



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİZ KAZA ANALİZİ KAPSAMINDA KULLANILAN**  
**MODELLERİN ANALİZİ**

**FATİH TONOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORDU 2023**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Fatih TONOĞLU**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### DENİZ KAZA ANALİZİ KAPSAMINDA KULLANILAN MODELLERİN ANALİZİ

Fatih TONOĞLU

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 87 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Özkan UĞURLU)

Bu çalışmanın amacı, deniz kazalarının analizinde kullanılan modelleri incelemektir. Çalışma kapsamında, Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarında 1970-2021 yılları arasında yayımlanan çatma/çatışma, karaya oturma, yangın/patlama ve batma kazalarını analiz eden toplam 351 makale ve bu makalelerde kullanılan modellerin analizleri yapılmıştır. Bu 351 çalışmada 174 farklı analiz modelinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Modeller, VOSviewer yazılımı kullanılarak her bir kaza türü için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu çalışmada incelenen makalelerin %49'u çatma/çatışma, %37'si karaya oturma, %30'u yangın/patlama ve %26'sı batma türündeki deniz kazalarının analizlerini içermektedir. Bayes Ağları (BN), Frekans Analizi, Simülasyon modelleri, Bulanık Mantık uygulamaları ve İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS), deniz kazalarının analizi kapsamında en sık kullanılan modeller olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma, deniz kazalarının analizi üzerine araştırma yapmak isteyen araştırmacılara kaynak sağlamakta ve uygun analiz modeli seçiminde yardımcı olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz Kazaları, Kaza Analiz Modelleri, Kombine Modeller, Metodoloji.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF MODELS USED IN THE SCOPE OF MARINE ACCIDENT ANALYSIS**

**Fatih TONOĞLU**

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**MARITIME TRANSPORTATION ENGINEERING**

**MASTER THESIS, 87 PAGES**

**(SUPERVISOR: Prof. Dr. Özkan UĞURLU)**

This study examines the models utilized in the analysis of marine accidents. In the study, a total of 351 articles analyzing collision/contact, grounding, fire/explosion, and capsizing accidents published between 1970-2021 in Web of Science (WoS) and Scopus databases and the models used in these articles were analyzed. It was found that 174 different analysis models were used in these 351 studies. The models were separately analyzed for each accident type using the VOSviewer software. 49% of the articles examined in this study include analysis of collision/contact, 37% of grounding, 30% of fire/explosion, and 26% of capsizing types of marine accidents. Bayesian Networks (BN), Frequency Analysis, Simulation models, Fuzzy Logic applications and Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) have been the most frequently utilized models in the analysis of marine accidents. This study provides resources for researchers intending to analyze maritime accidents, assisting them in selecting the appropriate analysis model.

**Keywords:** Marine Accidents, Accident Analysis Models, Combined Models, Methodology.

## TEŐEKKÖR

Tez konunun belirlenmesi, alıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında desteklerini esirgemeyen baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Őzkan UĐURLU'ya ve tez yazım aőamasında desteklerini her zaman yanımda hissettiĐim aileme teőekkűrű bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	VI
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	VII
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1 Deniz Kazaları.....	2
1.2 Deniz Kazalarının Araştırılması.....	4
1.3 Deniz Kaza Araştırmalarının ve Deniz Emniyetinin Tarihsel Gelişimi.....	4
1.4 Kaza Araştırması Yapan Kuruluşlar.....	6
1.5 Kaza Araştırma Modellerinin Gelişimi.....	7
1.6 Kaza Araştırma Modellerinin Sınıflandırılması.....	9
1.6.1 Sıralı Yöntemler.....	12
1.6.2 Epidemiyolojik Yöntemler.....	12
1.6.3 Sistemik Yöntemler.....	13
1.6.4 Kombine Yöntemler.....	14
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	15
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	27
3.1 Çalışmanın Amacı.....	27
3.2 Çalışmanın Kapsamı.....	27
3.3 Çalışmanın Özgün Değeri.....	28
3.4 Çalışmada Kullanılan Araç ve Yöntem.....	28
3.4.1 Web of Science Veri Tabanı.....	39
3.4.2 Scopus Veri Tabanı.....	39
3.4.3 VOSviewer.....	40
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	42
4.1 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Modeller.....	42
4.2 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller.....	46
4.3 Karaya Oturma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller.....	50
4.4 Yangın/Patlama Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller.....	54
4.5 Batma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller.....	58
4.6 Deniz Kazalarının Analizi Kapsamında Kombine Edilen Modeller.....	62
4.7 Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında Yer Alan Yazarlar.....	66
4.8 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kaza Veri Tabanları.....	70
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b> .....	74
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	80
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	87

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 Dünyadaki Ticaret Filosunun Yıllar İçindeki Değişimi .....	2
Şekil 1.2 Reason'un İsviçre Peyniri Modeli .....	8
Şekil 3.1 Veri Tabanı Taramasının Aşamaları.....	30
Şekil 3.2 Çalışmanın Akış Şeması .....	38
Şekil 4.1 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Tüm Modellerin İlişki Ağı ..	44
Şekil 4.2 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Tüm Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	45
Şekil 4.3 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı .....	48
Şekil 4.4 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	49
Şekil 4.5 Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı .....	52
Şekil 4.6 Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	53
Şekil 4.7 Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı .....	56
Şekil 4.8 Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	57
Şekil 4.9 Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı	60
Şekil 4.10 Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	61
Şekil 4.11 Kombine Edilen Modeller Arasındaki İlişki Ağı.....	64
Şekil 4.12 Kombine Edilen Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı.....	65
Şekil 4.13 Deniz Kaza Analizi Çalışmaları Yapan Yazarların İlişki Ağı.....	68
Şekil 4.14 Deniz Kaza Analizi Çalışmaları Yapan Yazarların Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	69
Şekil 4.15 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kaza Veri Tabanları Arasındaki İlişki Ağı.....	72
Şekil 4.16 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kaza Veri Tabanlarının Yıllara Göre Dağılım Ağı .....	73

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> Literatür Taraması .....	25
<b>Çizelge 3.1</b> Tek İsim Altında Toplanan Modeller .....	31
<b>Çizelge 3.2</b> Aynı Ülke Altında Gruplandırılan Kaza Veri Tabanları .....	33
<b>Çizelge 4.1</b> Deniz Kaza Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller .....	42
<b>Çizelge 4.2</b> Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı .....	43
<b>Çizelge 4.3</b> Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller.....	46
<b>Çizelge 4.4</b> Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi İçin En Sık Kombine Edilen Modeller.....	46
<b>Çizelge 4.5</b> Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı.....	47
<b>Çizelge 4.6</b> Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller.....	50
<b>Çizelge 4.7</b> Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller.....	51
<b>Çizelge 4.8</b> Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı.....	51
<b>Çizelge 4.9</b> Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller.....	54
<b>Çizelge 4.10</b> Yangın/Patlama Kazaları Analizinde En Sık Kombine Edilen Modeller .....	55
<b>Çizelge 4.11</b> Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı .....	55
<b>Çizelge 4.12</b> Batma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller .	58
<b>Çizelge 4.13</b> Batma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller.....	58
<b>Çizelge 4.14</b> Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı .....	59
<b>Çizelge 4.15</b> Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kombine Model Kullanan Makalelerde En Sık Karşılaşılan Modeller .....	62
<b>Çizelge 4.16</b> Deniz Kaza Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller ...	63
<b>Çizelge 4.17</b> Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kombine Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı .....	63
<b>Çizelge 4.18</b> Deniz Kaza Analizi Çalışan Yazarlar .....	66
<b>Çizelge 4.19</b> Deniz Kaza Analizi Çalışmalarda En Sık Birlikte Çalışan Yazarlar ....	66
<b>Çizelge 4.20</b> Deniz Kaza Analizi Çalışan Yazarların Yayım Yılları Ortalaması .....	67
<b>Çizelge 4.21</b> Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında En Sık Yararlanılan Veri Tabanları .....	70
<b>Çizelge 4.22</b> Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında En Sık Birlikte Kullanılan Veri Tabanları .....	71
<b>Çizelge 4.23</b> Kaza Veri Tabanlarının Kullanıldığı Çalışmaların Yayım Yılı Ortalaması .....	71



## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>4M (MOP)</b>	: 4M Ters Piramit (4M Overturned Pyramid)
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AHP</b>	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
<b>ANN</b>	: Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)
<b>ANOVA</b>	: Varyans Analizi (Analysis of Variance)
<b>ANP</b>	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
<b>ATSB</b>	: Avustralya Ulaşım Emniyet Bürosu (Australian Transport Safety Bureau)
<b>BK</b>	: Birleşik Krallık
<b>BILSTM</b>	: Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek (Bidirectional Long Short Term Memory)
<b>BN</b>	: Bayes Ağları (Bayesian Networks)
<b>CART</b>	: Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (Classification and Regression Tree)
<b>CAST</b>	: Sistem Teorisini Kullanarak Nedensel Analiz (Causal Analysis Using System Theory)
<b>CHAID</b>	: Ki-Kare Otomatik Etkileşim Dedektörü (Chi-Squared Automatic Interaction Detector)
<b>COLREG</b>	: Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü (Convention on The International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
<b>CREAM</b>	: Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yöntemi (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)
<b>CSB</b>	: Kimyasal Emniyet ve Tehlike Araştırma Kurulu (Chemical Safety and Hazard Investigation Board)
<b>CSRE</b>	: Kümeye Özgü Rastgele Etkiler (Cluster-Specific Random Effects)
<b>DBSCAN</b>	: Gürültülü Uygulamaların Yoğunluk Tabanlı Uzamsal Kümelenmesi (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)
<b>DC-STP</b>	: Yön Kısıtlamalı Uzay-Zaman Prizmaları (Direction-Constrained Space-Time Prisms)
<b>DEA</b>	: Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
<b>DGGS</b>	: Ayrık Küresel Izgara Sistemleri (Discrete Global Grid Systems)
<b>DMTS</b>	: Dinamik Deniz Trafiği Simülatörü (Dynamic Maritime Traffic Simulator)
<b>DST</b>	: Dempster-Shafer Teorisi (Dempster-Shafer Theory)
<b>DWT</b>	: Ölü Ağırlık Tonajı (Deadweight Tonnage)
<b>ECDIS</b>	: Elektronik Harita Görüntüleme ve Bilgi Sistemi
<b>EDA</b>	: Keşifsel Veri Analizi (Exploratory Data Analysis)
<b>EMSA</b>	: Avrupa Deniz Emniyet Ajansı (European Maritime Safety Agency)
<b>EPIS</b>	: Kanıt Yayılım Öncesi Önem Örnekleme (Evidence Pre-Propagation Importance Sampling)
<b>ESD</b>	: Olay Dizisi Diyagramı (Event Sequence Diagram)
<b>ETA</b>	: Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)
<b>FFTA</b>	: Bulanık Hata Ağacı Analizi (Fuzzy Fault Tree Analysis)
<b>FMEA</b>	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis)
<b>FRAM</b>	: Fonksiyonel Rezonans Analiz Yöntemi (Functional Resonance)

---

---

	Analysis Method)
<b>FSA</b>	: Resmi Emniyet Değerlendirmesi (Formal Safety Assessment)
<b>FTA</b>	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
<b>GEM-R</b>	: Genel Hata Modelleme Sistemi- Ray (Generic Error Modelling System- Rail)
<b>GIS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System)
<b>GISIS</b>	: Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (Global Integrated Shipping Information System)
<b>GL2U</b>	: Genelleştirilmiş Loopy 2U Algoritması (Generalized Loopy 2U Algorithm)
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
<b>GRA</b>	: Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis)
<b>GT</b>	: Gros Tonilato
<b>GTH</b>	: Gemi Trafik Hizmetleri
<b>HAZID</b>	: Tehlike Tanımlaması (Hazard Identification)
<b>HAZOP</b>	: Tehlike ve İşletilebilirlik (Hazard and Operability)
<b>HCR</b>	: İnsan İş birliği İlişkileri (Human Collaborative Relationships)
<b>HEART</b>	: İnsan Hatası Değerlendirme ve Azaltma Tekniği (Human Error Assessment and Reduction Technique)
<b>HET</b>	: İnsan Hatası şablonu (Human Error Template)
<b>HFACS</b>	: İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System)
<b>HFACS-MA</b>	: Deniz Kazaları İçin İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Marine Accident)
<b>HFACS-PV</b>	: Yolcu Gemisi İçin İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System for Passenger Vessel)
<b>HOF</b>	: İnsan ve Organizasyonel Faktörler (Human and Organisational Factors)
<b>IMCO</b>	: Hkumetler Arası Denizcilik Danışma rgt (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization)
<b>IMO</b>	: Uluslararası Denizcilik rgt (International Maritime Organization)
<b>IQPSO</b>	: Geliştirilmiş Kuantum Paracık Sr Optimizasyonu (Improved Quantum Particle Swarm Optimization)
<b>ISM Kodu</b>	: Uluslararası Emniyet Yönetim Kodu (International Safety Management Code)
<b>KDE</b>	: ekirdek Yoğunluğu Tahmini (Kernel Density Estimation)
<b>LNG</b>	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz (Liquefied Natural Gas)
<b>MAIB</b>	: Deniz Kazası Araştırma şubesi (Marine Accident Investigation Branch)
<b>MAIT</b>	: Deniz Kazası İnceleme Aracı (Marine Accident Investigation Tool)
<b>MEPC</b>	: Deniz evre Koruma Komitesi (Marine Environment Protection Committee)
<b>MKAK</b>	: Merkezli Kaza Araştırma Kuruluşları
<b>MLE</b>	: Maksimum Olasılık Tahmini (Maximum Likelihood Estimation)
<b>MSA</b>	: Deniz Emniyeti İdaresi (Maritime Safety Administration)
<b>MSC</b>	: Deniz Emniyet Komitesi (Maritime Safety Committee)

---

---

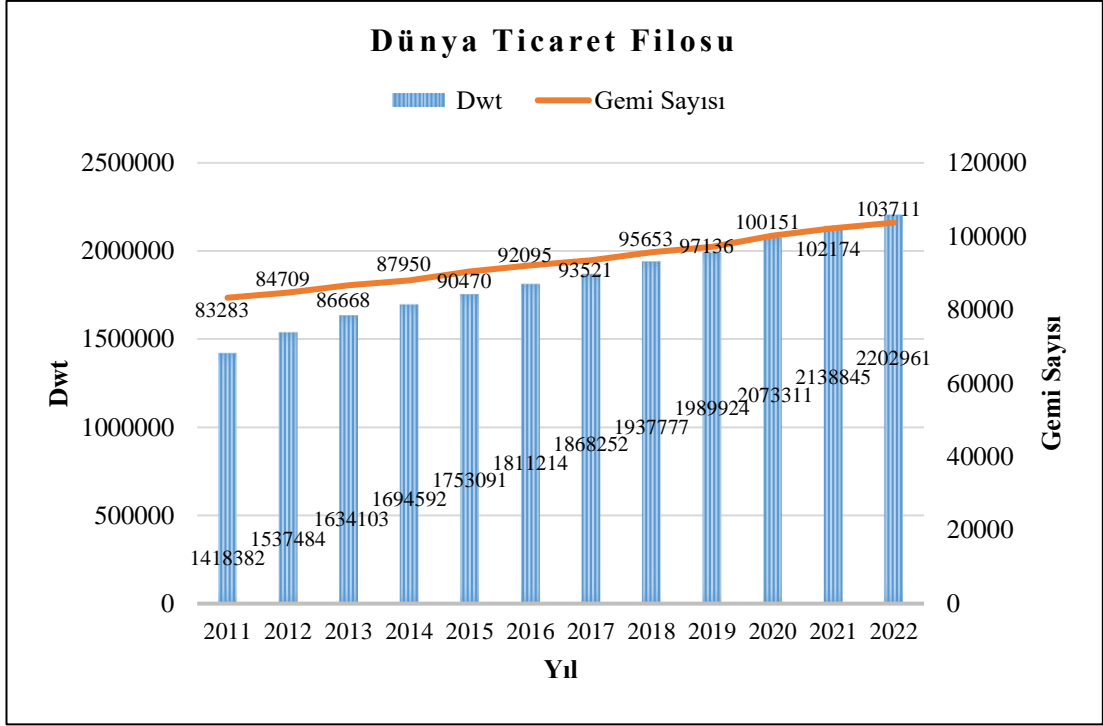
<b>MTSM</b>	: Deniz Trafiği Simülasyon Modeli (Maritime Traffic Simulation Model)
<b>NTSB</b>	: Ulusal Ulaşım Emniyet Kurulu (National Transportation Safety Board)
<b>OLR</b>	: Sıralı Lojistik Regresyon (Ordered Logistic Regression)
<b>PDF</b>	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function)
<b>QUEST</b>	: Hızlı, Tarafsız, Verimli İstatistiksel Ağaç (Quick, Unbiased, Efficient Statistical Tree)
<b>RNN</b>	: Tekrarlayan Sinir Ağı (Recurrent Neural Network)
<b>SCM</b>	: İsviçre Peyniri Modeli (Swiss Cheese Model)
<b>SEM</b>	: Yapısal Eşitlik Modellemesi (Structural Equation Modeling)
<b>SGBT</b>	: Stokastik Gradyan Artırılmış Ağaçlar (Stochastic Gradient Boosted Trees)
<b>SHEL</b>	: Yazılım-Donanım-Ortam-İnsan (Software-Hardware-Environment-Liveware)
<b>SHERPA</b>	: Sistematik İnsan Hatası Azaltma ve Tahmin Yaklaşımı (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach)
<b>SOLAS</b>	: Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for The Safety of Life at Sea)
<b>SPSS</b>	: Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi (Statistical Package for The Social Sciences)
<b>STAMP</b>	: Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreci (Systems Theoretic Accident Model and Process)
<b>STPA</b>	: Sistem Teorik Süreç Analizi (Systems Theoretic Process Analysis)
<b>SVM</b>	: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)
<b>SWOT</b>	: Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)
<b>TAN</b>	: Ağaç Artırılmış Ağ (Tree Augmented Network)
<b>TAR</b>	: Zamansal Birliklik Kuralı (Temporal Association Rule)
<b>THERP</b>	: İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (Technique for Human Error Rate Prediction)
<b>TOPSIS</b>	: İdeal Çözümlere Benzerlik Yoluyla Sipariş Tercihi Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions)
<b>TRACER</b>	: Bilişsel Hatanın Geriye Dönük ve Tahmine Dayalı Analizi Tekniği (Technique for The Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Error)
<b>UEİM</b>	: Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi
<b>UNCTAD</b>	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development)
<b>VAR</b>	: Vektör Otoregresyon (Vector Autoregression)
<b>VCRO</b>	: Gemi Çatışma Sıralama Operatörü (Vessel Conflict Ranking Operator)
<b>VSL</b>	: İstatistiksel Ömür Değeri (Value of Statistical Life)
<b>WBA</b>	: Neden-Çünkü Analizi (Why-Because Analysis)
<b>WoS</b>	: Web Of Science
<b>WTO</b>	: Dünya Ticaret Örgütü (World Trade Organization)
<b>ZINB</b>	: Sıfır Şişirilmiş Üstel Dağılım (Zero-Inflated Exponential Distribution)

---

## 1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı, uzun yıllardır küresel ticaretteki en büyük paya sahip taşımacılık türüdür. Sahip olduğu büyük taşıma kapasitesi gemilere büyük miktardaki yükleri tek seferde bir yerden başka bir yere taşıma imkânı sağlamaktadır. Buna bağlı olarak deniz taşımacılığının küresel ticaretteki payı ve önemi her zaman üst sıradaki yerini korumuştur (Dünya Ticaret Örgütü [WTO], 2023). Bununla birlikte, deniz kazaları küresel ticaretin bu önemli basamağındaki tehditlerden biri olarak sık sık kendini göstermektedir. Son olarak, dünyadaki ticaretin yaklaşık %12'sinin geçiş yaptığı Süveyş Kanalı'nda karaya oturan "Ever Given" isimli konteyner gemisi Akdeniz ve Kızıldeniz arasındaki bu kritik deniz yolu bağlantısının 6 gün boyunca trafiğe kapalı kalmasına neden olmuştur (Meade, 2021).

Geçmişten günümüze deniz kazalarının önlenmesine yönelik pek çok ulusal ve uluslararası düzenleme hayata geçirilmiştir. Bunun yanında, gelişen teknolojiye paralel olarak gemilerin seyir ve yardımcı sistemleri de gelişmektedir. Ancak tüm bu gelişmelere rağmen deniz kazaları istenilen düzeyde önlenememiş ve günümüzde bile sürdürülebilir deniz taşımacılığının önündeki en kritik risk faktörlerinden biri olarak durmaktadır (Akhtar ve Utne, 2014; Macrae, 2009; Uğurlu ve ark., 2017). Dünya ticaret filosu 2011 yılında 83 283 gemi ile 1 418 382 Dwt kapasiteye sahip iken 2022 yılı itibarıyla gemi sayısı %24.5 artışla 103 711 gemiye, kapasite ise %55.3 artışla 2 202 961 Dwt ulaşmıştır (Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı [UNCTAD], 2023) (Şekil 1.1). Artan gemi sayılarıyla beraber yoğunlaşan deniz trafiği ve büyüyen gemi boyutları potansiyel kaza risklerini de beraberinde getirmektedir (Aydogdu ve ark., 2012; Emecen Kara, 2016; Papanikolaou ve ark., 2014). Deniz Kazası Araştırma Şubesi (MAIB)'ne sadece 2021 yılında 1 622 geminin karıştığı 1 530 deniz kazasının raporlanması bunun bir göstergesidir (MAIB, 2021).



**Şekil 1.1** Dünyadaki Ticaret Filosunun Yıllar İçindeki Değişimi (UNCTAD, 2023)

Küresel ölçekte henüz hedeflenen düzeyde önlenememiş olan kazalar, kazaları önlemeye yönelik alınan tedbirlerin etkinliğini de sorgulanabilir hale getirmektedir (Chauvin ve ark., 2013; Schröder-Hinrichs ve ark., 2012; Uğurlu ve ark., 2020). Doğru ve daha etkin önleyici tedbirlerin alınmasında en önemli ve kritik aşamalardan biri, olayın gerçekleşmesinde rol oynayan tüm faktörlerin doğru bir şekilde tanımlanmasıdır. Böylece kaza sürecine giden yolda sorun çıkarabilecek faktörleri problem meydana gelmeden önce ortadan kaldıracak önleyici tedbirler geliştirilebilir. Bu amaçla geçmiş kazaların sistematik bir şekilde analiz edilerek olayın arkasındaki faktörlerin belirlenmesi için birçok kaza analiz modeli geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında bugüne kadar geliştirilmiş ve deniz kaza analizi kapsamında kullanılmış modellerinin bir analizi yapılmıştır.

### 1.1 Deniz Kazaları

“Deniz kazası” terimi, çoğunlukla denizde meydana gelen ve can, mal veya her ikisi de dahil olmak üzere maddi kayıpla sonuçlanan herhangi bir kazayı tanımlamak için kullanılır. Yaygın deniz kazaları birkaç gruba ayrılabilir: çatma/çatışma, alabora olma, batma, kırılma, karaya oturma, geminin arızalanması ve yangın/patlama (Gumusay, 2018).

Deniz kazaları, bir gemide meydana gelen ve genellikle gemideki herhangi bir kişinin hayatını kaybetmesine veya ağır yaralanmasına ve çeşitli türlerde mal hasarına neden olan istenmeyen anormal olaylardır ve denizciliğin başlamasından bu yana uluslararası denizcilik camiasındaki en önemli sorunlardan biridir (Luo ve Shin, 2019).

Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) “Kaza Araştırma Kodu (Casualty Investigation Code)” ve IMO Sirkülerinin (IMO, 2008a) Tanımlar başlığı altında deniz kazaları, bir kişinin ölümü veya ciddi şekilde yaralanması; bir gemiden bir kişinin kaybı; bir geminin kaybı, varsayılan kaybı veya terk edilmesi; bir gemide maddi hasar; bir geminin karaya oturması veya devre dışı kalması veya bir geminin bir çarpışmaya karışması; bir geminin dışındaki deniz altyapısına, geminin, başka bir geminin veya herhangi bir bireyin güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye atabilecek maddi hasar; bir gemi veya gemilere verilen hasarın neden olduğu kirlilik veya çevreye bu tür kirlilik potansiyeli olaylarından herhangi biriyle sonuçlanan ve doğrudan bir geminin işletilmesiyle veya bununla bağlantılı olarak meydana gelen bir olay veya olaylar dizisi olarak tanımlanmaktadır. Ancak, aynı kaynaklarda, bir geminin, bir kişinin veya çevrenin güvenliğine zarar verme niyetiyle kasıtlı bir eylem veya ihmalinin deniz kazaları kapsamında olmadığı da belirtilmiştir (IMO, 2008b).

İstatistiklere göre en sık meydana gelen deniz kazaları çatma/çatışma, karaya oturma, yangın/patlama ve batma türlerindeki kazalardır (Allianz, 2020; Avrupa Deniz Emniyet Ajansı [EMSA], 2023a). Bu nedenle bu çalışmada, en sık meydana gelen bu dört kaza türlü üzerinde durulmuştur.

**Çatma/Çatışma:** Bir geminin, seyirde, demirde veya bağlama alanlarında diğer gemilerle genellikle, gemilere zarar verecek şekilde kaçınılmaz olarak temasa geçtiği durumlar ile geminin sabit bir tesis veya engelle (liman tesisleri, şamandıralar, yetiştiricilikte kullanılan kafes sistemleri vb.) çarpışma sonucu hasar gördüğü durumlardır (Chen ve ark., 2019).

**Karaya oturma:** Geminin sığ bir su alanına geldiğinde, teknenin zemine temas ederek seyretmeyi imkânsız hale getirdiği durumları ifade eder (Chen ve ark., 2018).

Yangın/Patlama: Yükün yanlış istiflenmesi, hatalı paketlemeler vb. gibi çeşitli nedenlerle gemilerde meydana gelen yangınlar veya patlamalardır (Baalisampang ve ark., 2018).

Batma: Geminin kötü hava koşulları, ani sızıntılar, yanlış yükleme, ikiye bölünme ve benzeri nedenlerle yüzdürme kabiliyetini kaybederek batması durumlarıdır (Chen ve ark., 2020).

## **1.2 Deniz Kazalarının Araştırılması**

Kazalar birçok nedenden dolayı ve farklı düzeylerde araştırılırlar. Deniz kaza araştırmaları, genel olarak politikaları oluşturmak için performans göstergeleri olarak hizmet edebilir, bilimsel araştırmalar için veri sağlayabilir veya gemideki görevlilere karşı suçlama, sorumluluk veya disiplin cezası vermek için özel olarak mahkemelerde ele alınabilirler. Son olarak, benzer olayların tekrarlanmasını önlemek için dersler çıkarmak üzere deniz kazaları araştırılabilirler.

Kaza araştırmaları sırasında cevaplanması gereken beş temel soru vardır (Stoop, 2003):

- Ne oldu?
- Nasıl oldu?
- Kaza niçin meydana geldi?
- Tekrar oluşmasını önlemek için ne yapılabilir?
- Kaza sonuçlarını en aza indirmek için ne yapılabilir?

## **1.3 Deniz Kaza Araştırmalarının ve Deniz Emniyetinin Tarihsel Gelişimi**

Deniz kazalarının araştırılması, tarihsel olarak gemi ve denizcilik endüstrisinde meydana gelen gelişmeler, kazaların nedenleri ve sonuçları üzerine yapılan çalışmaların bir sonucudur. Bu alanda ilk çalışmalar, gemilerin denizdeki emniyeti ve gemi kazalarının önlenmesine yönelik yasal düzenlemelerin ortaya çıkmasıyla birlikte başlamıştır. Deniz kaza araştırmaları, deniz kazalarının incelenmesi ve nedenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmaları kapsar. Bu alandaki gelişim, denizcilik endüstrisindeki deneyimler ve teknolojik ilerlemelerle birlikte aşamalı olarak gerçekleşmiştir.

Ondokuzuncu yüzyılda önemli bir sorun haline gelen gemi kazaları sorununa çözüm bulmak için ilk olarak denizcilik sigortası sistemi geliştirilmiştir. Daha sonra,

gemi kazalarının nedenlerini ve önlenmesi için alınacak tedbirleri belirlemek amacıyla uluslararası düzeyde çeşitli komiteler ve kurumlar oluşturulmuştur. Bunlar arasında en önemlisi, 1948 yılında Hükümetler Arası Denizcilik Danışma Örgütü (IMCO) adıyla kurulan, 1982 yılında ismi Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) olarak değiştirilen kurumdur (IMO, 2023a). İkinci Dünya Savaşı'nın ardından, gemi kazalarına yönelik çalışmalar daha da artmıştır. 1950'lerde, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Donanması tarafından gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda, kazaların çoğunun insan hatası veya ihmali nedeniyle meydana geldiği ortaya çıkmıştır (McFarland, 1955). Bu dönemde, kazaların önlenmesi için insan faktörüne daha fazla dikkat edilmesi gerektiği konusunda farkındalık oluşturulmuştur. 1960'larda, deniz kazalarının analizi için çeşitli yöntemler ve teknikler geliştirilmiştir. Bu dönemde, kazaların nedenlerini belirlemek için yapılan araştırmalarda, kök neden analizi gibi modern teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknikler sayesinde, kazaların nedenleri daha doğru bir şekilde belirlenerek, önleyici stratejiler geliştirilmiştir (Vanden Heuvel ve ark., 2008). 1970'lerde, IMO tarafından gemi kazalarının önlenmesi ve deniz emniyetinin artırılması için yeni yasal düzenlemeler olan Denizde Çatışmaları Önleme İçin Uluslararası Kurallar (COLREG) ve Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (SOLAS) kabul edilmiştir (IMO, 2023a). 1980'lerde, deniz kazalarının analizi için bilgisayar teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede, büyük veri kümeleri hızlı bir şekilde analiz edilebilir hale gelmiş ve kazaların nedenleri daha etkili bir şekilde belirlenebilmiştir (IMO, 2022). Ayrıca, bu dönemde IMO tarafından yeni bir yasal düzenleme olan Uluslararası Emniyet Yönetim Kodu (ISM Kodu) kabul edilmiştir. Bu Kod, denizcilik işletmelerinin kazaları önleme ve emniyeti sağlama sorumluluğunu arttırmıştır. 1990'larda, deniz kazalarının önlenmesi için yeni teknolojiler geliştirilmeye başlanmıştır. Ayrıca Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (GISIS)'in ilk versiyonu tanıtılarak uluslararası düzeyde deniz kazaları için bir veri tabanı oluşturulmuş ve kazaların kaydedilmesi ve analizi için bir standart geliştirilmiştir. Bu dönemde, gemi trafik hizmetleri, Küresel Konumlama Sistemi (GPS) ve radar gibi teknolojiler kazaların önlenmesinde daha etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (IMO, 2023b). 2000'lerden sonra da deniz kazalarının önlenmesi için daha fazla çaba harcanmaya devam edilmiştir. Bugün, deniz



kazalarının analizi için yeni teknolojiler ve yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir. Ayrıca, IMO ve diğer uluslararası kuruluşlar, deniz kazalarının önlenmesi için çeşitli kurallar ve yasal düzenlemeler getirmeye devam etmektedir.

Deniz kazalarının analizi günümüzde, çeşitli araştırma yöntemleri ve teknolojik araçlar kullanılarak yapılmaktadır. Bunlar arasında, kazaların gerçekleştiği bölgede yapılan saha çalışmaları, gemi ve ekipmanlarda yapılan incelemeler, tanık ifadeleri, kayıtların analizi, simülasyon ve modelleme çalışmaları yer almaktadır (Goerlandt ve Kujala, 2011; Zhang ve Thai, 2016; Kang ve ark., 2018). Ayrıca, deniz kazalarının önlenmesi için yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin kullanımı da gündeme gelmektedir. Bu teknolojiler sayesinde, gemi hareketlerinin ve trafik akışının takibi yapılabilir, riskli durumlar önceden tespit edilebilir ve algoritmalara dayalı karar destek sistemleri geliştirilebilir. Bu yönde yapılan çalışmaların sayısı da her geçen gün artmaktadır (Liu ve ark., 2021; Rawson ve Brito, 2023).

Sonuç olarak, deniz kazalarının analizi tarihsel süreçte önemli bir gelişim göstermiş ve günümüzde de halen gelişmeye devam etmektedir. Bu kaza analizleri sayesinde, deniz kazalarının nedenleri ve sonuçları daha iyi anlaşılakta, böylece daha etkin önleyici tedbirler alınarak denizde emniyetin artırılması sağlanmaktadır.

#### **1.4 Kaza Araştırması Yapan Kuruluşlar**

Deniz kazalarının araştırılmasına yönelik en eski adımlar Birleşik Krallık (BK)'ta atılmış olmakla beraber günümüzde birçok ülkede kaza araştırma birimleri bulunmaktadır. Ülkeler, kendi karasularında ve/veya kendi bayraklarını taşıyan gemilerin karıştığı deniz kazalarının araştırılması süreçlerini yürütmektedirler. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Almanya, Avustralya, BK, Çin Halk Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İsveç, Japonya, Norveç, Yeni Zelanda gibi ülkelerin kaza araştırma birimleri tarafından sunulan geniş birer kaza veri tabanları bulunmaktadır. Türkiye'de ise kazaların araştırılması T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na bağlı Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi (UEİM) tarafından yürütülmektedir (UEİM, 2023). Ayrıca IMO ve Avrupa Birliği tarafından üye ülkelerden toplanan kaza verilerinin bir araya getirildiği GISIS ve EMSA kaza veri tabanları bulunmaktadır (GISIS, 2023; EMSA, 2023b).

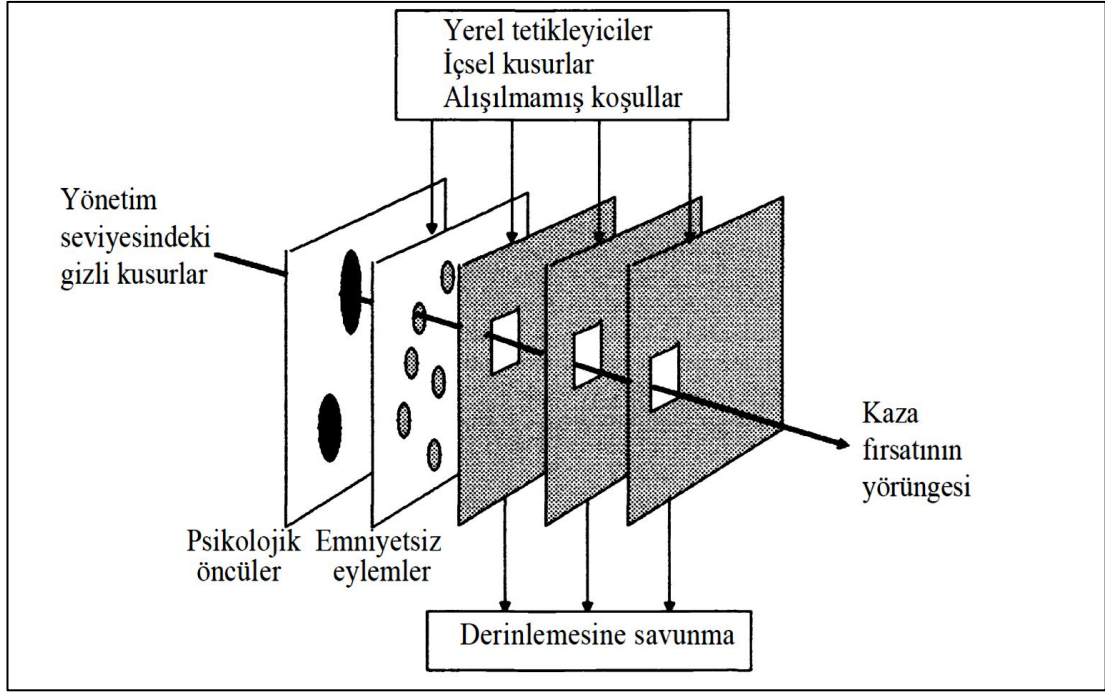
## 1.5 Kaza Araştırma Modellerinin Gelişimi

Bir kaza araştırmasında, kaza modelleri kaza dizisinin zihinsel bir resmini oluşturur. Kaza modelleri, doğru soruların sorulması ve toplanacak veri türlerinin tanımlanması, ilgili tüm verilerin toplanıp toplanmadığının kontrol edilmesi, verilerin değerlendirilmesi ve verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi ve özetlenmesi, bilgi parçaları arasındaki ilişkileri analiz etme ve karşılıklı ilişkileri görme, iyileştirici eylemlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi gibi konularda araştırmacılara destek olur (Kjellen, 2000).

Kaza araştırma modellerinin geliştirilmesi uzun ve karmaşık bir geçmişe sahiptir. Kazaların nedenlerini anlamaya yönelik ilk çalışmalar genellikle insan hatası veya teknik arızalar gibi bireysel faktörlere odaklanmaktaydı. Bu ilk modeller, kazaların meydana gelişini açıklamak için genellikle basit, neden-sonuç ilişkilerine dayanıyordu ve kazaların meydana geldiği sistemlerin karmaşıklığı ve birbirine bağımlılığı hesaba katılmıyordu (Hollnagel, 2014).

En eski ve en etkili kaza analizi modellerinden bazıları Domino Model (Heinrich, 1931), Hata Ağacı Analizi (Haasl, 1965) ve İsviçre Peyniri (Reason, 1990) modelleridir. İsviçre Peyniri modeli aynı zamanda kendisinden sonraki dönemlerde geliştirilecek birçok modele de temel oluşturmaktadır.

1990'larda James Reason tarafından geliştirilen İsviçre Peyniri modeli (Şekil 1.2), kazaların, bir kazanın meydana gelmesi için gerekli koşulları yaratmak üzere bir araya gelen ve hizalanan sistemdeki bir dizi arızanın veya "deliklerin" sonucu olduğunu ifade eder. Model, bu arızaların sistemdeki "delikleri tıkayarak" önlenebileceğini ve bunu yapmanın en iyi yolunun sistemin genel tasarımını ve yönetimini iyileştirmek olduğunu öne sürmektedir (Reason ve ark., 2006).



**Şekil 1.2** Reason'un İsviçre Peyniri Modeli (Reason ve ark., 2006)

Domino modelinin geliştirilmesinden bu yana geçen süreçte, kazaların nedenlerini anlamak için her biri kendine özgü yaklaşıma sahip birçok başka kaza analiz modeli geliştirilmiştir. Yeni yöntem ve yaklaşımların geliştirilmesinin nedenlerinden biri, mevcut yöntemlerin yeni kaza ve olay türlerini açıklayamamasıdır. Diğer bir neden, alışılmış açıklamalara dayalı tavsiye ve önlemlerin istenen etki ve iyileştirmelere yol açmamasıdır. Bu da etkinlik eksikliğine neden olmuştur (Underwood ve Waterson, 2013).

Genel olarak, kaza analizi modellerinin gelişimi, kazaların meydana gelmesinde sistemik faktörlerin öneminin giderek daha fazla fark edilmesi ve kazaları anlamak ve önlemek için daha etkili araçlar geliştirme isteği tarafından yönlendirilmiştir (Leveson, 2011). Analiz modeli ve yöntem sayılarındaki sürekli artışın temel itici güçlerinden biri, sosyoteknik sistemlerin sürekli artan karmaşıklığı ve bunun sonucunda kaza nedeni mekanizmalarındaki değişimdir. Araştırmacılar, bu değişiklikleri açıklamaya çalıştıklarından, analiz teknikleri de zaman içerisinde gelişmiştir. Sonuç olarak, modern kaza analizi modelleri genellikle öncekilerden çok daha karmaşıktır ve insan, teknik, organizasyonel ve çevresel faktörler de dahil olmak üzere çok çeşitli faktörleri içerir (Hollnagel ve Goteman, 2004; Underwood ve Waterson, 2013).

## 1.6 Kaza Araştırma Modellerinin Sınıflandırılması

Gelişen teknolojiye bağlı olarak sistemlerin karmaşıklaşması analiz yöntemlerinin de gelişerek çeşitlenmesine yol açmıştır. Bu gelişen ve çeşitlenen analiz yöntemleri, araştırmacıların kaza analizinde kullanabilecekleri araçların sayısını arttırmanın yanı sıra yeni bir problemin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. “Hangi analiz modelini kullanmalıyım?” sorusu kapsamında araştırmacılar kaza analiz modellerini sınıflandırmaya odaklanan yeni bir çalışma alanına yönelmişlerdir. Kaza araştırma modelleri farklı araştırmacılar tarafından birkaç farklı şekilde sınıflandırılmıştır.

Bu konudaki ilk çalışmalardan biri Kjellen (2000) tarafından yapılan sınıflandırmadır. Bu çalışmada, kaza analiz modelleri “Nedensel Dizi Modelleri”, “Süreç Modelleri”, “Enerji Modelleri”, “Mantıksal Ağaç Modelleri”, “İnsan Bilgi İşleme Modelleri” olmak üzere beş ana kategoriye ayrılmıştır. Nedensel Dizi Modelleri, eylemlerden kazalara dönüşümün ardışık ve doğrusal bir neden sonuç ilişkisine dayandığı yaklaşımını benimseyen modellerdir. Süreç Modelleri, sistem içerisindeki aksaklığın zaman içerisinde düzeltilmeden varlığını sürdürmesi nedeniyle kazaların meydana geldiğini temel alan modellerdir. Enerji Modellerinin temeli epidemiyolojiye dayanır. Eşik değerini aşan enerji transferlerinin kazaları meydana getirdiğini ifade eder. Mantıksal Ağaç Modelleri, olaylar ve koşullar arasındaki ilişkilerin ağaç diyagramları vasıtasıyla sunulduğu modellerdir. İnsan Bilgi İşleme Modelleri, bir sistemdeki insan ve çevre arasındaki etkileşime odaklanır.

Hollnagel (2002) tarafından analiz yöntemleri üç kategoriye ayrılmıştır. Bunlar “Sıralı Yöntemler”, “Epidemiyolojik Yöntemler” ve “Sistemik Yöntemler”dir. Sıralı Yöntemler kazaları neden sonuç ilişkisi olarak inceler. Epidemiyolojik Yöntemler, sıralı yöntemlere ek olarak doğrudan fark edilmeyen gizli koşulların da varlığını hesaba katar. Sistemik Yöntemler ise kazaları sistem içindeki tüm elemanlar arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak görür. Qureshi (2007) çalışmasında modelleri, “Geleneksel Yaklaşımlar”, “Karmaşık Sosyoteknik Sistemler”, “Sistemik Kaza Modelleri” ve “Resmi Kaza Analiz Metotları” olmak üzere dört ana kategoride incelemiştir. Geleneksel Yaklaşımlar altında Hollnagel (2002) tarafından tanımlanan sıralı ve epidemiyolojik modelleri tanımlamıştır. Karmaşık Sosyoteknik Sistemler, kazaların sadece insan veya sadece teknolojinin bir

sonucu değil insan ve teknolojinin etkileşimiyle meydana geldiği fikrine dayanmaktadır. Sistemik Kaza Modelleri altında sistem teorisi yaklaşımları, bilişsel sistem mühendisliği yaklaşımları, Rasmussen'in sosyo-teknik çerçevesini temel alan yaklaşımları sınıflandırmıştır. Resmi Kaza Analiz Metotları olarak ise kaza analizini destekleyen mantık yapılandırmaları, olasılıksal nedensellik modelleri ve neden-çünkü analiz yöntemini tanımlamıştır. Katsakiori ve ark. (2009) çalışmasında, kaza analiz modelleri “Bağımsız Modeller” ve “Kaza Nedensellik Modelleri” olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır. Bağımsız Teknikler altında ağaç modelleri bulunurken, Kaza Nedensellik Modelleri altında sıralı modeller, insan bilgi işleme modelleri ve sistemik modeller yer almaktadır. Stringfellow (2010) modelleri “Doğrusal Kaza Modelleri” ve “Doğrusal Olmayan Kaza Modelleri” olmak üzere iki kategoriye ayırmıştır. Doğrusal Kaza Modelleri, kazaların oluşumunu bir olaylar zincirinin veya doğrusal arıza dizilerinin sonucu olarak görür. Doğrusal Olmayan Kaza Modelleri, kazaları sistem emniyet kısıtlamalarının ihlaliyle sonuçlanan bileşenler arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak görülür. Marhaviyas ve ark., (2011) risk analizi ve risk değerlendirmesi için kullanılan teknik ve modelleri “Kalitatif”, “Kantitatif” ve “Kombine” teknikler olmak üzere üç kategoriye ayırmışlardır. Kalitatif Teknikleri tamamen uygulayıcının tecrübe ve yeteneklerine dayalı olarak tanımlar. Kantitatif Teknikleri riski sayısal değer olarak ifade ettiği ve matematiksel olarak hesaplanabilirliği ile tanımlar. Kombine Yöntemleri ise bu iki tekniğin özelliklerini de taşıyan yöntemler olarak tanımlar. Toft ve ark., (2012) tarafından yapılan çalışmada modeller, “Basit Doğrusal Modeller”, “Karmaşık Doğrusal Modeller” ve “Karmaşık Doğrusal Olmayan Modeller” olarak sınıflandırılmıştır. Basit Doğrusal Modeller, kazaların bir dizi olay veya koşulların doğrusal bir şekilde birbirleriyle etkileşime girmesinin bir sonucu olduğunu varsayar. Karmaşık Doğrusal Modeller, kazaların sistemin içindeki emniyetsiz eylem ve gizli tehlikeli koşulların bir kombinasyonu olduğunu varsayar ve bu faktörlerin doğrusal bir yol izlediğini öngörür. Karmaşık Doğrusal Olmayan Modeller, kazaların, gerçek dünya ortamlarında birbirleriyle etkileşime giren değişkenlerin kombinasyonlarından kaynaklandığı düşünür. Underwood ve Waterson (2013) çalışmalarında Hollnagel (2002) tarafından yapılan sınıflandırmayı kullanmışlardır. Wienen ve ark., (2017) ise Hollnagel'in sınıflandırmasına dördüncü kategori olarak “Diğer Modeller”

kategorisini eklemiştir. Diğer kategorisini ise çok yüzeysel olarak tanımlanmış ya da kendi başına analiz yöntemleri olmayan yöntem ve modeller olarak tanımlamışlardır. Kjellen ve Albrechtsen (2017)'de Kjellen'nin 2000'de yaptığı sınıflandırmanın son kategorisi olan "İnsan Bilgi İşleme Modelleri"ni "Sistemik Modeller" şeklinde değiştirerek güncellemişlerdir. Folch-Calvo ve ark., (2020) kaza analizinde kullanılan metodolojileri altı kategoride sınıflandırmıştır. "Standartlar, Direktifler ve Yönetmelikler", "Önleyici Metodolojiler", "Olasılık Metodolojileri", "Geleneksel Metodolojiler", "Modern Metodolojiler", "Dinamik Metodolojiler". İlk grup, risk yönetimiyle ilgili en önemli standartları ve düzenlemeleri içerir. İkinci grup, büyük tehlike durumlarına ilişkin direktiflerin ve yönergelerin uygulanması sonucu ortaya çıkan önleyici metodolojileri kapsar. Üçüncü grup, domino etkisi senaryosunun üç özelliğine (aşırı basınç, yangından kaynaklı ısı radyasyonu ve parça salınımı) dayanan olasılıksal metodolojileri içerir. Dördüncü grup, ardışık ve epidemiyolojik modelleri de içeren geleneksel metodolojilerden oluşur. Beşinci grup, sistemik, bulut tabanlı, belirsizlik tabanlı, resmi tabanlı, endüstri 4.0 ve emniyet bariyeri tabanlı olmak üzere beş modeli içeren modern metodolojileri kapsar. Altıncı grup, modern metodolojilerde yer alan dinamik risk modellerini ele alır. Rad ve ark., (2021) kaza analiz modellerini "Ağ Tabanlı" ve "Yapay Zekâ Tabanlı" olmak üzere iki kategori altında incelemiştir. Ağ Tabanlı kaza analiz modelleri altında Bayes Ağları ve Petri Ağları yer alırken, Yapay Zekâ Tabanlı modeller makine öğrenmesi ve metin madenciliği uygulamalarını kapsamaktadır. Farooqi ve ark., (2022) analiz yöntemlerini "Tahmine Dayalı Risk Değerlendirme Yöntemleri", "İnsan Hatası Ölçüm Araçları", "Taksonomik Yöntemler" ve "Sistemik Yöntemler" olmak üzere dört kategoriye ayırmıştır. Tahmine Dayalı Risk Değerlendirme Yöntemleri altında Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), Tehlike ve İşletilebilirlik (HAZOP)/ Tehlike Tanımlaması (HAZID) yer alırken, İnsan Hatası Değerlendirme ve Azaltma Tekniği (HEART), İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (THERP) metotları İnsan Hatası Ölçüm Araçları olarak sınıflandırılmıştır. Taksonomik Yöntemler olarak Genel Hata Modelleme Sistemi- Ray (GEM-R), İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS), Bilişsel Hatanın Geriye Dönük ve Tahmine Dayalı Analizi Tekniği (TRACER), Sistematik İnsan Hatası Azaltma ve Tahmin Yaklaşımı (SHERPA) modelleri tanımlanmıştır. AcciMap, Sistem Teorik Kaza Modeli ve

Süreci (STAMP) ve Fonksiyonel Rezonans Analiz Yöntemi (FRAM) modelleri ise Sistemik Yöntemler altında yer almaktadır.

2000'lerden bu yana pek çok sınıflandırma yapılmış olmasına rağmen Hollnagel (2002) tarafından yapılan sınıflandırma literatürde en sık kullanılan ve kabul görmüş sınıflandırma yöntemi durumundadır. Bu sınıflandırmaya göre kaza analiz yöntemleri üç kategoriye ayrılabilir: “Sıralı Yöntemler”, “Epidemiyolojik Yöntemler”, “Sistemik Yöntemler”.

### **1.6.1 Sıralı Yöntemler**

Sıralı kaza analizi yöntemleri, bir kazayı adım adım veya kronolojik bir sırada analiz etmeyi içeren bir kaza araştırma tekniğidir. Bu yöntemler, olayları sırasına göre değerlendirirler. Sıralı kaza modelleri, kazayı bir dizi nedenin son noktası olarak tanımlar. Sıralı yöntem kullanan bir analizin anlaşılması daha kolay ve uygulanması daha hızlı olabilir. Ancak, daha sonra benzer kazaları tetikleyebilecek hayati temel nedenleri gözden kaçırabilirler (Wienen ve ark., 2017).

Bu yöntemler, teknik arızaların neden olduğu sorunlar veya nispeten basit sistemlerdeki insanların eylemleri için iyi çalışır ve genellikle bir kazaya yol açan olayların iyi bir tanımını sunar (Leveson, 2004). Ancak, bir sistemdeki yönetim, örgütsel ve insan unsurları arasındaki neden-sonuç ilişkisi bu yöntemler tarafından zayıf bir şekilde tanımlanmıştır. Bu yüzden, bu nedensel faktörlerin kazayı nasıl tetiklediğini gösteremezler (Rathnayaka ve ark., 2011; Underwood ve Waterson, 2013).

### **1.6.2 Epidemiyolojik Yöntemler**

Epidemiyolojik yöntemler de sıralı yöntemler gibi olaylar etrafında modellenir, ancak modele bir gizli koşullar katmanı ekler. Gizli koşullar, bir kazanın başlamasından çok önce sistemde bulunan, ancak fiili kaza meydana gelmeden önce yönetim tarafından uygunsuz veya emniyetsiz olarak tanımlanmayan koşullardır. Örneğin kötü veya yetersiz bakım-tutum, sprinkler sistemine ihtiyaç duyulduğu bir durumda sistemin çalışmayı durdurmasına neden olabilir. Bu durum uzun süre mevcut olabilir, ancak yalnızca bir yangın başladığında ve sprinkler sistemi arızalandığında ortaya çıkacaktır (Wienen ve ark., 2017).

Bu yöntem sınıfının temel yararı, sosyoteknik bağlama ciddi bir şekilde bakmalarıdır. Epidemiyolojik yöntemler, sıralı yöntemlerle karşılaştırıldığında, örgütsel faktörlerin kaza nedeni üzerindeki etkisini daha iyi temsil eder (Underwood ve Waterson, 2013). Epidemiyolojik yöntemler, daha fazla zaman almasına rağmen, çözüldükten sonra, gelecekte, araştırılan türden olayların azaltılmasına büyük ölçüde yardımcı olabilecek gizli faktörleri bulma eğilimindedir (Wienen ve ark., 2017).

### **1.6.3 Sistemik Yöntemler**

Sistemik kaza analiz yöntemleri, bir organizasyon veya sistem içindeki karmaşık ilişki ve bağımlılıkları dikkate alarak, kazaları veya olayları bütüncül ve kapsamlı bir şekilde araştırmak ve analiz etmek için kullanılan tekniklerdir. Sistemik yöntemler, birbirini doğrudan etkileyen, sistemin farklı bileşenleri arasındaki güçlü bağlarla karakterize edilirler (Wienen ve ark., 2017). Kazaları bir dizi neden-sonuç olayları olarak ele almak yerine, bileşen parçaları arasındaki kontrolsüz ilişkilerden kaynaklanan, bir sistemin beklenmedik davranışı olarak tanımlarlar. Yani, kazalar gizli ve aktif arızaların bir kombinasyonu ile oluşmaz. Normal görünen ancak farkında olmadan sistem içinde düzeltilmemiş kalan emniyetsiz koşullar içinde çalışan insanların ve teknolojinin sonucudur. Bu açıdan bakıldığında, bir sistemden bir “temel nedeni” kaldırmak, kazanın tekrar etmesini engellemeyecektir. Bütün sistemdeki emniyet eksikliklerinin tanımlanması ve ele alınması gereken bütüncül bir yaklaşım gereklidir (Underwood ve Waterson, 2013).

Sistemik yöntemlerin uygulanması, diğer yöntem sınıflarından daha fazla çaba gerektirir. Bu ekstra çaba, çoğu durumda, böyle bir analizin faydaları düşünüldüğünde verimli görülmeyebilir. Özellikle olayların sonuçlarının nispeten küçük olduğu durumlarda, bu yöntemler fazla ağır gelebilir (Wienen ve ark., 2017).

Tüm bu gelişmeler ışığında sistemik yöntemlerin benimsenmesi kaza analizinde son nokta gibi görünse de uygulamada sistemik yöntemlerin zorluğu ve maliyetli olması bu modellerin her zaman kullanılmasının önündeki en büyük engel olarak durmaktadır (Wienen ve ark., 2017). Bu yüzden araştırmacıların sistemik yöntemler kadar etkin, aynı zamanda da pratik yeni yöntemler arayışı, mevcut yöntemlerin bir arada kullanıldığı kombine yöntemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.



Bu yöntemler kazaların analizi için birden fazla yöntemi birlikte veya ardışık olarak kullanmaktadırlar.

#### **1.6.4 Kombine Yöntemler**

Son yıllarda, kaza soruşturması için bir dizi yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin her birinin farklı uygulama alanları, farklı nitelikleri ve eksiklikleri vardır. Karmaşık bir kazanın kapsamlı bir incelemesinde birkaç yöntemin bir kombinasyonu kullanılmalıdır (Sklet, 2004).

Kombine kaza analizi modelleri, kaza araştırmalarında son zamanlarda yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu modeller, bir kazanın sebebini belirlemek için birden fazla araştırma tekniğini bir araya getirir ve bu tekniklerin avantajlarını birleştirir. Kombine kaza analizi modelleri, bir kazayı inceleme sürecini daha etkin ve doğru bir şekilde yürütmek için kullanılır. Örneğin, bir kaza araştırmacısı, bir kazayla ilgili veri toplamak için veri analizi tekniğini kullanabilir, ancak bu verilerin anlamlı bir şekilde yorumlanabilmesi için de istatistiksel analiz gibi diğer teknikleri kullanabilir. Bu sayede, kaza araştırmacısı daha geniş bir veri setiyle çalışarak daha kapsamlı ve doğru sonuçlar elde edebilir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kaza analiz araştırmaları, adli soruştırmalarda kullanılma, gelecekteki benzer kazaları önlemek için alınacak emniyet tedbirlerini belirleme, yasal düzenlemeler için referans olmak gibi farklı amaçlara hizmet edebilen, kıymetli çalışmalarlardır. Bu nedenle deniz kazalarının analizine yönelik pek çok akademik çalışma mevcuttur. Aşağıda, mevcut literatürde deniz kazalarının araştırıldığı bazı çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan metotlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Sklet (2004), kaza analizi kapsamında kullanılan metotların bir karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada, kaza analizi kapsamında yaygın olarak kullanılan ve iyi tanınmış 14 metodu farklı özelliklere göre kıyaslamıştır. Kıyaslama için seçtiğı özellikler, “olay dizisinin grafiksel olarak verilip verilmediğı, modelin nereye odaklandığı, kaç aşamadan oluştuğı, hangi yöntemi kullandığı (tümevarım, tümdengelim, vb.), uygulanması için gereken ön bilgi seviyesi”dir. Çalışma, kaza araştırmacılarına, inceleyecekleri kaza yapısına göre kullanacakları modeli belirlemek için bir referans niteliğindedir.

Vanem ve ark., (2008) IMO tarafından benimsenen Resmi Emniyet Değerlendirmesi (FSA)’nin, Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG) gemilerine uygulanması durumunda, FSA’nın ikinci adımı olan risk analizi için bir çalışma yapmışlardır. Analiz, LNG gemilerinin en sık karıştığı 5 farklı kaza türünü içermektedir: çatma, çatışma, karaya oturma, yangın/patlama, yükleme/tahliye operasyonları sırasındaki olaylar. Her kaza türü için olay ağacı yardımıyla olası senaryolar oluşturulmuştur. Olay ağaçlarının oluşturulması ve analizinde farklı kaynaklardan (literatür, geçmiş kaza verileri, uzman görüşleri) yararlanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, LNG gemilerinde gemi başına yıllık can kaybı riskinin en fazla olduğu kaza türü çatışma olarak belirlenmiştir. Çatışmayı, karaya oturma, çatma ve yangın/patlama takip etmektedir.

Arslan ve Turan (2009), İstanbul Boğazı’nda kaza oluşumunda etkili olan faktörleri belirlemek için Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler (SWOT) analizi metodunu uygulamışlardır. Belirlenen faktörlerin ağırlıklarını hesaplamak için ise Analitik Hiyerarşı Süreci (AHP) yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonuçları, İstanbul Boğazı için negatif faktörlerin (Zayıf Yönler ve Tehditler) pozitif

faktörlerden (Güçlü Yönler ve Fırsatlar) daha etkili olduğunu göstermiştir. En baskın negatif faktörler insana ilişkin faktörler, Orkoz akıntısı, yerel trafik ve karanlık olurken, en etkili pozitif faktörler Gemi Trafik Hizmetleri (GTH)'nin varlığı, kılavuzluk hizmetleri ve gelişen teknoloji olmuştur.

Macrae (2009), çatışma ve karaya oturma kazalarına neden olan ortak faktörleri belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, ATSB (Kanada) veri tabanından aldığı kaza raporlarını (15 çatışma, 15 karaya oturma) iki ayrı yöntem ile analiz etmiştir. Bu yöntemler Deniz Kazası İnceleme Aracı (MAIT) ve Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yöntemi (CREAM) yöntemleridir. Bu yöntemlerle kazaların oluşumunda rol oynayan faktörler belirlenmiştir. Ardından olay ağacı üzerinde kazaların genelleştirilmiş bir senaryosunu oluşturmuştur. Bu senaryolar göstermiştir ki, her iki tür kaza da tek bir sebeple meydana gelmez; kazalar birden çok faktörün birleşimi ile oluşur. Çalışma sonuçları, bu iki kaza türünde en sık karşılaşılan ortak nedenin sefer planlamasındaki hata olduğunu da göstermiştir.

Akhtar ve Utne (2014), yorgunluk faktörünün karaya oturma kazaları üzerindeki etkisini incelemek için HFACS ile Bayes Ağlarını bir araya getiren kombine bir yöntem kullanmışlardır. HFACS yöntemi, kaza raporlarında yer alana yorgunlukla ilgili faktörleri sınıflandırmak için kullanılırken; Bayes Ağları, sınıflandırılan bu faktörler arasındaki ilişkileri tanımlamak için kullanılmıştır. Çalışma, yorgun bir köprüüstü takımının karaya oturma olasılığının, yorgun olmayan bir takıma göre yaklaşık %16 daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Aydogdu (2014), uzmanların İstanbul Boğazı'ndaki risk algısı ile kaza verilerinden elde ettiği istatistiklerin bir kıyaslamasını yapmıştır. Uzmanlara göre İstanbul Boğazı'nda mevcut risk faktörlerini önceliklendirmek için Jenerik Bulanık AHP (Generic Fuzzy AHP) yöntemini uygulamıştır. Çalışma, uzmanların risk öncelikleri ile verilere dayalı kaza istatistiklerinin farklı olduğunu göstermiştir. Uzmanlar boğazın en dar ve kıvrımlı bölgesini (Ortaköy-Emirgan arası) en riskli bölge olarak görürken, kaza verilerine göre boğazın güney girişi ilk sıradadır. Çalışmada, "Boğaz'ın güney girişinde kaza verilerinin yüksek olmasının nedeni, yerel trafiği düzenleyici bir kurumun olmamasıdır" değerlendirmesi yapılmıştır.

Akyuz (2015), karaya oturma kazalarının analizi için AcciMap ile Analitik Ağ Süreci (ANP) birleşiminden oluşan kombine bir yöntem geliştirmiştir. AcciMap yöntemi ile kazaların nedensel faktörleri belirlenmiştir. ANP yöntemi ile de belirlenen nedensel faktörler ağırlıklandırılmıştır. Böylece, karaya oturma kazalarına katkıda bulunan en önemli nedensel faktörler tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda en önemli faktörler, sırasıyla, kötü ve uygunsuz çalışma ortamı, zaman sınırlaması, olumsuz hava durumu, kötü görüş, çevre kontrolünün ihmali olarak belirlenmiştir.

Uğurlu ve ark., (2015) karaya oturma kazalarında insan hatalarını analiz için AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada, 1993-2011 yılları arasında gerçekleşen 131 adet insan hatasına dayalı karaya oturma kazası incelenmiştir. Çalışmada insan hatasına dayalı bu kazaların nedenleri 4 kategoriye ayrılmış (Ekip Yönetimi Hataları, Sefer Yönetimi Hataları, Uygulama Hataları ve Bireysel Hatalar) ve bu 4 kategori hiyerarşik yapıda ana kriterler olarak yer almıştır. Bu 4 ana kriter altındaki 18 alt kriterler kazaların temel nedenleri olarak tanımlanmıştır. Çalışmada alternatifler olarak 6 adet önleyici tedbir yer almıştır. Çalışma sonuçlarına göre, insan hatasına dayalı karaya oturma kazalarının en önemli nedenleri, köprüüstü ekibi iletişim eksikliği, konum belirleme hataları, gözcülük hataları, yorumlama hataları, uygun olmayan haritaların kullanımı, köprüüstü seyir ekipmanlarının verimsiz kullanımı ve yorgunluk olarak belirlenmiştir. Alternatifler arasında ise en önde gelen tedbirin eğitim öğretimin iyileştirilmesi olduğu tespit edilmiştir.

Kee ve ark., (2016) yakın tarihin en büyük deniz kazalarından biri olan Sewol Feribot kazasının analizini yapmıştır. Bu analiz için Rasmussen'in AcciMap yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada hem geminin batması hem de kurtarma operasyonlarının başarısızlığı AcciMap tekniği ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Çalışma, AcciMap yönteminin karmaşık sosyo-tekni sistemlerdeki kazaların analizinde sorumluluğun adil dağıtılmasını ve kazaya neden olan dağınık faktörlerin tek çatı altında incelenmesini mümkün kıldığını göstermiştir.

Erol ve ark., (2018) İstanbul Boğazı'ndaki gemi kazalarının analizini yapmak için yapay zekâ tabanlı nöro-bulanık sınıflandırıcılar ve genetik olarak optimize edilmiş bulanık sınıflandırıcıları kullanmıştır. Çalışmada gemi boyu, gros tonajı, dalga yüksekliği ve rüzgâr hızı değişkenler olarak alınmıştır. Bu değişkenlerin kaza

sonuçları üzerindeki etki dereceleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, artan gemi boyu ve kötü hava şartlarının Boğaz'daki kaza şiddetini arttırdığı gözlenmiştir.

Uğurlu ve ark., (2018) yolcu gemilerindeki çatma ve çatışma kazalarını analiz için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 22 farklı veri tabanından elde edilen, 1991-2015 yılları arasında meydana gelmiş toplam 70 adet (29 çatma, 41 çatışma) kaza raporu incelenmiştir. Araştırmacılar, kazalara neden olan faktörlerin sınıflandırılması için klasik HFACS yapısında değişiklikler yaparak yolcu gemileri için özelleştirilmiş olan Yolcu Gemisi İçin İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS-PV) yapısını tanıtmışlardır. Yeni yapının klasik HFACS yapısından temel farkı, emniyetsiz eylemlerin kazaya dönüşmesinde tamamlayıcı rol oynadığı ifade edilen yeni bir “operasyonel koşullar” seviyesi tanımlamasıdır. Çalışmada, kazaya neden olan faktörler üzerinde frekans analizi uygulanmıştır. Sonuçlar, yolcu gemisi çatma/çatışma kazalarında en etkili seviyelerin emniyetsiz eylemler, emniyetsiz eylemler için ön koşullar ve operasyonel koşullar olarak sıralandığını göstermiştir. En sık karşılaşılan nedensel faktörler ise, regülasyon ihlalleri, yerel kısıtlamalar ve fiziksel/zihinsel kısıtlamalar olarak sıralanmıştır.

Yousefi ve ark., (2018) sistem yaklaşımı ile kazaları analiz eden 3 ayrı yöntemin (AcciMap, STAMP ve FRAM) bir karşılaştırmasını yapmışlardır. Bu amaçla, Chevron Richmond rafineri kazası STAMP ve FRAM yöntemleri ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, bu kaza için ABD Kimyasal Emniyet ve Tehlike Soruşturma Kurulu (CSB) tarafından yapılan AcciMap sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tarafsızlığı sağlamak için STAMP ve FRAM analizleri ayrı yazarlar tarafından ve CSB'nin AcciMap raporundan sadece kaza tanımı bölümünde verilen bilgiler kullanılarak yapılmıştır. Çalışmaya göre, AcciMap yöntemi kazaya hem yakın hem de uzakta olan, sistemin farklı seviyelerinde kazaya katkıda bulunan faktörleri belirlemiştir. STAMP, sistem içindeki kontrol ve geri bildirim yetersizliklerini ve her seviyede kazaya katkıda bulunan emniyet tedbirleriyle ilgili faktörleri belirlemiştir. FRAM, kazaya hem yakın hem de uzakta olan faktörleri belirlemiş ancak bunların hangi seviyede olduğunu tanımlamamıştır.

Kuzu ve ark., (2019) gemi bağlama operasyonları sırasındaki risklerin analizi için Bulanık Hata Ağacı Analizi (FFTA) yöntemini kullanmışlardır. Hata ağacı yöntemi ile kazaya neden olan faktörlerin analizi yapılırken, bulanık mantık ve uzman değerlendirmeleri ile bu nedensel faktörlerin olasılıklarının sayısal değerleri hesaplanmıştır. Çalışma, gemi bağlama operasyonları sırasında meydana gelen kazaların en olası nedenlerinin, yanlış anlaşılma ve geri tepme bölgesinde (snap-back zone) durmak olduğunu ortaya koymuştur.

Yıldırım ve ark., (2019) çatışma ve karaya oturma kazalarında rol oynayan insan faktörlerinin analizine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada uluslararası kaza araştırma kuruluşlarının veri tabanından elde edilen toplam 257 adet (68 çatışma, 189 karaya oturma) kaza raporu incelenmiştir. Kazalara neden olan faktörler Deniz Kazaları İçin İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS-MA) yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. HFACS yapısı üzerinde uygulanan frekans analizi sonucunda en yüksek değere sahip iki kategori (emniyetli olamayan eylemler ve emniyetli olamayan eylemler için ön koşullar) Ki-Kare tekniği ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, karaya oturma ve çatışma kazalarında en sık karşılaşılan nedensel faktörler, karar hataları, kaynak yönetimi ve ihlaller olarak belirlenmiştir. Ayrıca, analiz sonuçları köprüüstü ekip üyelerinin sayı ve niteliğindeki değişikliklerin kazalar üzerinde etkisi olduğunu da ortaya koymuştur.

Sarialioğlu ve ark., (2020) gemi makine dairesindeki yangın/patlama kazalarının kombine bir yöntemle analizini yapmışlardır. Çalışmada, 20 farklı uluslararası kaza araştırma kuruluşunun veri tabanından elde edilen 49 adet gemi makine dairesindeki yangın/patlama kazası incelenmiştir. Bu kazalara neden olan faktörleri belirlemek ve sınıflandırmak için HFACS-PV yöntemi kullanılmıştır. Kazaların oluşumunda rol oynayan faktörler arasındaki ilişkileri tanımlamak için ise FFTA yöntemi benimsenmiştir. Çalışma sonucunda, gemi makine dairesi yangın/patlama kazaları için önemli faktörler, yaşlı gemilerdeki mekanik yorgunluk, makine dairesindeki sıcak yüzeyler, uygun yalıtımın olmaması, eğitim aşinalık eksikliği olarak bulunmuştur. Bunun yanında, insansız makine dairelerinde, vardiya saatleri dışında görevli bulunmamasının da yangın riskini arttırdığı görülmüştür.

Uğurlu ve ark., (2020) Karadeniz’de meydana gelen deniz kazalarının analizini yapmışlardır. Bu amaçla, GISIS veri tabanında kayıtlı, Karadeniz’de meydana gelen 89 adet çok ciddi ve ciddi kategorideki çatma/çatışma, karaya oturma ve batma kazasını incelemişlerdir. Çalışmada, kazalara neden olan faktörleri belirlemek için HFACS-PV ile Bayes Ağlarını entegre eden kombine bir yöntem uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, her kaza türünün gerçekleşmesi en muhtemel senaryolar ortaya konmuştur. Buna göre, “yük kayması veya uygunuz stabilite, arızalar, kıyıya yakın sular, ağır hava/deniz şartları ve demirleme” kombinasyonu batma ihtimalinin en yüksek olduğu senaryodur. Karaya oturma için en olası senaryo “geminin tasarım sınırlarını aşan kullanımı, demirleme, yaşlı ve iç su gemileri” kombinasyonudur. “Kaptanın veya köprüüstü ekibinin manevra hatası, düşük görüş ve arızalar” kombinasyonu da çatma/çatışma kazalarının meydana gelme ihtimalinin en yüksek olduğu senaryodur. Bunun yanında kazaların konumsal analizi sonucunda, Karadeniz’deki kazaların Kerç Boğazının kuzeyi ve güneyi, Novorossisk, Kilyos, Köstence, Riva ve Batum bölgelerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Wang ve ark., (2020) gemi yangınlarındaki kritik risk faktörlerini belirlemek için Hata Ağacı Analizi (FTA) ile Bayes Ağlarını (BN) birleştiren bir çerçeve önermişlerdir. Çalışma kapsamında incelenen raporlar MAIB ve Ulusal Ulaşım Emniyet Kurulu (NTSB) veri tabanından alınmış 100 gemi yangın kazasına aittir. Kaza raporları yerleşik teoriye (grounded theory) dayalı olarak yapılandırılmıştır. Yerleşik teori sonuçları hata ağacı ve bayes ağları için girdi olasılıkları olarak kullanılmıştır. Çalışmada, yangın olayı 3 aşama olarak ele alınmıştır: yangının başlaması, yangının yayılması, yangının kontrolden çıkması. Bu aşamalardan her biri, hata ağacı analizinde en önemli olay (top event) olarak ele alınmış ve üç ayrı hata ağacı yapısı kurulmuştur. Bayes ağını kurmak için de hata ağacındaki düğümler kullanılmıştır. İlişkilendirme yapılırken yangının başlaması, yangının yayılmasının ebeveyn düğümü olurken, yangının yayılması da yangının kontrolden çıkmasının ebeveyni olmuştur. Bayes ağlarındaki koşullu olasılıkların hesaplanmasında ise hata ağacındaki mantık kapıları kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, gemi yangının başlamasında en kritik faktör yanıcı sıvı; yangının yayılmasını etkileyen en kritik faktörler alarmın erken çalınmaması ve yangının erken tespit edilememesi; yangının

kontrolden çıkmasında en kritik faktör ise yangın mahalinin zamanında kapatılmamasıdır.

Salihoglu ve Beşikçi (2021), Prestige tankerinin batması ve petrol sızıntısını FRAM modeli ile incelemişlerdir. Çalışmada, Bahamalar Denizcilik Otoritesi'nin veri tabanından aldıkları kaza raporunu kullanmışlardır. Araştırmacılar analizi, kaza raporunun ışığında, kazanın öncesini de kapsayacak şekilde 4 aşamaya ayırarak yapmışlardır (kaza öncesi, kaza ve kurtarma operasyonu, yedekleme, batma). Her aşama için fonksiyonlar belirlendikten sonra, bir fonksiyondaki değişikliğin diğerlerini nasıl etkilediği ve kaza sonucuna ne gibi bir etkisi olduğunu incelemişlerdir. Sonuca pozitif etki eden değişiklikler korunarak, negatif etkilerin azaltılması için ne gibi değişikliklerin yapılabileceği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kazanın etkisini en aza indirebilecek fonksiyonlar ve değişiklikler belirlenmiştir.

Wang ve ark., (2021) deniz kazalarının ciddiyetini etkileyen faktörleri araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, önde gelen uluslararası kaza araştırma kuruluşlarının veri tabanından elde ettikleri toplam 1 207 deniz kaza raporunu (1 294 ayrı gemiyi içeren) kullanmışlardır. Çalışmada 10 farklı gemi türü incelenmiştir. Bunlar dökme yük gemisi, konteyner gemisi, petrol tankeri, yolcu gemisi, kimyasal tanker, genel kargo gemisi, balıkçı gemisi, römorkör ve liman iş botu, yat ve yelkenli gemi, diğer gemi türleridir. Kaza türleri ise 7 kategoriye ayrılmıştır: çatma, çatışma, karaya oturma, yangın/patlama, batma, makine arızası, diğerleridir. Kazaların ciddiyeti için IMO tarafından yapılan sınıflandırma kullanılmıştır. Bunlar çok ciddi, ciddi, az ciddi, deniz olayıdır. Çalışmada, 31 farklı değişkenin kaza ciddiyeti üzerindeki etkisi Sıralı Lojistik Regresyon (OLR) yöntemi ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kaza ciddiyetini en çok etkileyen faktörler, geminin batması, limandan uzak olması, kuvvetli rüzgâr, sertifikasız veya geçersiz sertifikalı gemi adamları olarak belirlenmiştir. Ayrıca balıkçı gemilerinin kaza ciddiyeti en yüksek olan gemi türü olduğu görülmüştür.

Yildiz ve ark., (2021) deniz kazalarını etkileyen insan ve organizasyon faktörlerini (HOF) tanımlamak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 17 farklı uluslararası kaza araştırma kuruluşunun veri tabanından alınan, 1991-2017 yılları



arasında meydana gelmiş 51 yolcu gemisi karaya oturma kazası incelenmiştir. Tamamı kaza raporlarından elde edilen 115 farklı HOF, HFACS-PV yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada tanımlanan HOF'ların frekans analizi yöntemi ile kaza durumunda görülme sıklıkları belirlenmiştir. Buna göre, yolcu gemilerinde karaya oturma kazalarında en sık görülen HOF'ların, seyir cihazlarına aşinalık ve eğitim eksikliği, uygun olmayan sefer planı, gece vardiyası, köprüüstü ekibinin durumsal farkındalık eksikliği, kaptanın yorumlama hatası, liman ve kısıtlı sular olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada, aynı zamanda, HFACS-PV yapısının çatma ve batma kaza türleriyle uyumluluğu da örnek kazaların analizi ile test edilmiştir. Çalışma sonuçları, HFACS-PV yapısının farklı deniz kaza türlerinde uygulanabileceğini de göstermiştir.

Chen ve ark., (2022) kanıta dayalı bir Bulanık Bayes Ağı yaklaşımı önererek deniz kazalarının olasılıksal modellerini oluşturmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, NTSB veri tabanından elde ettikleri 2001-2020 yılları arasında meydana gelen 261 deniz kazası raporunu Keşifsel Veri Analizi (EDA) yöntemi ile incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda kaza raporlarına dayanarak en sık meydana gelen beş kaza türü (çatma, çatışma, karaya oturma, yangın/patlama ve batma) için Bulanık Bayes Ağları oluşturmuşlardır. Kazaların neden olduğu faktörlerin nicel ilişkilerini belirlemek için dört farklı uzmanın görüşüne başvurmuşlardır. Çalışma sonuçları, dikkatsizlik, ağır hava koşulları, yetersiz emniyet/risk farkındalığı ve bakım-tutum hatasının deniz kazalarıyla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, ağır hava koşullarının çatışma, karaya oturma ve batma kazaları üzerinde daha yüksek bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Wu ve ark., (2022) deniz taşımacılığında insan ve organizasyonel faktörlere yönelik çalışmalar ve bu çalışmalardaki yöntemlere odaklanan, literatür araştırması niteliğinde bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla WoS veri tabanında yer alan 72 makale veri seti olarak kullanılmıştır. Çalışmada insan ve organizasyonel faktörlere odaklanan makalelerin kıyaslamaları yapılmıştır ve bu çalışmalarda kullanılan modeller değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre deniz taşımacılığındaki HOF'ların analizi için sıklıkla tercih edilen modeller HFACS, CREAM, SHERPA, TRACER, İnsan Hatası Şablonu (HET), HEART modelleridir. Ayrıca HFACS modelinin farklı kazalara yönelik değiştirilmiş pek çok çeşidi olduğu gösterilmiştir. Bu farklı HFACS yapıları ile yapılan çalışmaların sonuçlarının kıyaslaması yapılmıştır. Sonuçlar

HFACS yapısına göre öncelikli faktörlerin de değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. İncelenen yedi farklı HFACS yapısından dördü kazalar üzerinde en etkin kategorinin ön koşullar olduğunu tespit ederken, üçü emniyetsiz eylemler kategorisini en etkin rol oynadığı sonucuna ulaşmıştır.

Zaib ve ark., (2022) deniz kazalarında insan faktörünün rolünü tespit etmek için Bulanık Hata Ağacı Analizi yöntemini kullanmışlardır. Analizi bir örnek olay incelemesi şeklinde yapmışlardır. Örnek olay olarak MAIB veri tabanından aldıkları Key Bora isimli tanker gemisinin karaya oturma ve akabinde batması olayının kaza raporunu analiz etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre kaza ile en yakın ilişkili insan faktörleri bilgi eksikliği, iletişim problemleri ve Elektronik Harita Görüntüleme ve Bilgi Sistemi (ECDIS) cihazının kullanım hataları olarak tespit edilmiştir.

Sheng ve ark., (2023) deniz kazalarında insan hatalarının meydana gelme olasılığı ile karmaşık ortamlardaki unsurlar arasındaki nicel ilişkiyi araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın veri setini Fujian Deniz Emniyeti İdaresi (MSA) tarafından elde edilen 2000-2014 yılları arasındaki toplam 1 243 deniz kaza raporu oluşturmuştur. Çalışmada insan hatası bağımlı değişken olarak alınırken çevresel faktörler ve kazanın özelliklerinden oluşan 9 bağımsız değişken ile 4 farklı senaryo üzerinde analizler yapılmıştır. Sonuçlar, iyi görüş koşulları altında ve şiddetli rüzgâr veya dalga olmadığında meydana gelen kazalarda insan hatalarının daha fazla olduğunu göstermiştir. Mevsimlerin ve gün durumunun ise kazalardaki insan hatalarında önemli bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir. Kazaların tüm senaryolarda seyir durumu ve gemi tipi ile ilişkisi yüksek çıkmıştır. Seyir halindeki ve kargo/konteyner tipi gemilerin karıştığı kazaların insan hatalarıyla ilişkilendirilme olasılığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sui ve ark., (2023) Yangtze Nehri'nin 22 yetki alanında meydana gelen kazaların zaman serisi analizini yapmışlardır. Analizlerinde, Ulaştırma Bakanlığı Changjiang Hangwu Yönetim Bürosu tarafından 2011-2020 yılları arasında yayımlanan 3 285 deniz kazası raporunu kullanmışlardır. Çalışma sonuçları, kazaların ilkbahar ve yaz aylarında daha fazla meydana geldiğini göstermiştir. Ayrıca sabah 02:00 ile 06:00 saatleri arasında kazaların daha sık meydana geldiği tespit edilmiştir. Bölgesel incelemede kazaların daha çok Yangtze Nehri'nin alt

kesimlerinde yer alan yetki alanlarında gerçekleştiği görülmüştür. Çatma/atışma kazalarının çoğu yetki alanında en büyük kaza oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca en çok kazanın meydana geldiği ilk beş yetki alanı için de zaman serileri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları faklı yetki alanlarında faklı zaman serisi özellikleri olduğunu göstermiştir. Böylece bölgesel farklılıkları kazalardaki zaman serilerinin özelliklerini de değiştirdiği ortaya konmuştur.

Çizelge 2.1 literatür taraması bölümünde bahsi geçen çalışmaların bir zeti niteliğindedir.

Deniz kazalarının analizine yönelik literatürde oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan kaza analiz modelleri de hemen hemen her çalışmada farklılık göstermektedir. Araştırmacılar birçok analiz modeli içinden araştıracakları kaza türüne uygun analiz modelini seçmekte zorluk yaşamaktadırlar. Bu tez çalışması deniz kaza analizi kapsamında literatürde kullanılmış modelleri kaza türlerine göre inceleyerek araştırmacılara referans olacak bir kaynak sunmaktadır.

**Çizelge 2.1** Literatür Taraması

Makale	Amaç	Kullanılan veri seti	Kullanılan model	Sonuç
Sklet (2004)	Kaza analiz modellerinin kıyaslanması	14 farklı analiz modeli	İnceleme	Her yöntemin farklı faydaları ve eksiklikleri olduğundan karmaşık bir kazanın incelemesi için yöntemlerin bir kombinasyonu kullanılmalıdır.
Vanem ve ark., (2008)	LNG gemilerinde risk analizi	158 LNG kazası	FSA	LNG gemilerinde can kaybı riski çatışma kazalarında en yüksektir.
Arslan ve Turan (2009)	İstanbul boğazındaki kazalarda etkin faktörlerin belirlenmesi	-	SWOT, AHP	İstanbul Boğazında negatif faktörler pozitif faktörlere oranla daha baskındır.
Macrae (2009)	Çatışma ve karaya oturma kazalarına neden olan ortak faktörlerin belirlenmesi	15 çatışma, 15 karaya oturma kazası raporu	MAIT, CREAM, ETA	En sık görülen ortak faktör sefer planlamasındaki hatadır.
Akhtar ve Utne (2014)	Karaya oturma kazalarında yorgunluğun etkisinin incelenmesi	93 karaya oturma kaza raporu	HFACS, BN	Yorgun bir köprüüstü takımının karaya oturma olasılığının, yaklaşık %16 daha yüksektir.
Aydogdu (2014)	Uzmanların İstanbul Boğazındaki risk algısı ile kaza istatistiklerinin kıyaslanması	232 deniz kaza raporu	Jenerik Bulanık AHP	Uzmanların riskli gördüğü bölgelerin sıralaması ile kaza istatistiklerine göre riskli bölge sıralaması farklıdır.
Akyuz (2015)	Karaya oturma kazalarının analizi için bir yöntem geliştirmek	1 karaya oturma kaza raporu	AcciMap, ANP	Karaya oturma kazalarında en etkin faktörler, sırasıyla, kötü ve uygunsuz çalışma ortamı, zaman sınırlaması, olumsuz hava durumu, kötü görüş, çevre kontrolünün ihmalidir.
Uğurlu ve ark., (2015)	Karaya oturma kazalarında insan hatalarının analizi	131 karaya oturma kaza raporu	AHP	İnsan hatasına dayalı karaya oturma kazalarının en önemli nedenleri, köprüüstü ekibinin iletişim eksikliği, konum belirleme hataları, gözcülük hataları, yorumlama hataları, uygun olmayan haritaların kullanımı, köprüüstü seyir ekipmanlarının verimsiz kullanımı ve yorgunluktur.
Kee ve ark., (2016)	Sewol Feribot kazasının analizi	1 batma kaza raporu ve 35 makale	AcciMap	AcciMap yöntemi karmaşık sosyo-tekni sistemlerdeki kazaların analizinde sorumluluğun adil dağıtılmasını ve kazaya neden olan günlük faktörlerin tek çatı altında incelenmesini mümkün kılar.
Erol ve ark., (2018)	İstanbul Boğazı'ndaki gemi kazalarının analizi	135 deniz kaza raporu	Yapay zekâ algoritmaları	Artan gemi boyu ve kötü hava şartları İstanbul Boğaz'daki kazaların şiddetini artırır.
Uğurlu ve ark., (2018)	Yolcu gemilerindeki çatma ve çatışma kazalarının analizi	29 çatma ve 41 çatışma kaza raporu	HFACS-PV	Yolcu gemilerinde en sık karşılaşılan nedensel faktörler, regülasyon ihlalleri, yerel kısıtlamalar ve fiziksel/zihinsel kısıtlamalar olarak sıralanır.
Yousefi ve ark., (2018)	Sistemik kaza analiz yöntemlerinin kıyaslanması	1 adet kaza raporu	AcciMap, STAMP, FRAM	AcciMap yöntemi kazaya hem yakın hem de uzakta olan, sistemin farklı seviyelerinde kazaya katkıda bulunan faktörleri belirlemiştir. STAMP, sistem içindeki kontrol ve geri bildirim yetersizliklerini ve her seviyede kazaya katkıda bulunan emniyet tedbirleriyle ilgili faktörleri belirlemiştir. FRAM, kazaya hem yakın hem de uzakta olan faktörleri belirlemiş ancak bunların hangi seviyede olduğunu tanımlamamıştır.
Kuzu ve ark., (2019)	Gemi bağlama operasyonlarındaki risklerin analizi	1 adet kaza raporu	FFTA	Gemi bağlama operasyonları sırasında meydana gelen kazaların en olası nedenleri, yanlış anlaşılma ve geri tepme bölgesinde durmaktır.

## Çizelge 2.1 Literatür Taraması (devamı)

Makale	Amaç	Kullanılan veri seti	Kullanılan model	Sonuç
Yıldırım ve ark., (2019)	Çatışma ve karaya oturma kazalarında rol oynayan insan faktörlerinin analizi	68 çatışma, 189 karaya oturma kaza raporu	HFACS-MA, Ki-kare	Karaya oturma ve çatışma kazalarında en sık karşılaşılan nedensel faktörler, karar hataları, kaynak yönetimi ve ihlallerdir.
Sarialioğlu ve ark., (2020)	Gemi makine dairesindeki yangın/patlama kazalarının analizi	49 yangın/patlama kaza raporu	HFACS-PV, FFTA	Gemi makine dairesi yangın/patlama kazalarında en önemli faktörler, yaşlı gemilerdeki mekanik yorgunluk, makine dairesindeki sıcak yüzeyler, uygun yalıtımın olmaması, eğitim aşinalık eksikliğidir.
Uğurlu ve ark., (2020)	Karadeniz'de meydana gelen deniz kazalarının analizi	89 çatma/çatışma, karaya oturma ve batma kaza raporu	HFACS-PV, BN, GIS	Çatma/çatışma, karaya oturma ve batma kaza türleri için meydana gelme ihtimallerinin en yüksek olduğu senaryolar ortaya oluşturulmuştur.
Wang ve ark., (2020)	Gemi yangınlarındaki kritik risk faktörlerinin belirlenmesi	100 gemi yangını kaza raporu	GT, FTA, BN	Gemi yangının başlamasında en kritik faktör yanıcı sıvı; yangının yayılmasını etkileyen en kritik faktörler alarmın erken çalınmaması ve yangının erken tespit edilememesi; yangının kontrolden çıkmasında en kritik faktör ise yangın mahalının zamanında kapatılmamasıdır.
Salihoglu ve Beşikçi (2021)	Pestige tankerinin batması ve petrol sızıntısının etkisini en aza indirebilecek koşulların araştırılması	1 batma kaza raporu	FRAM	Kazanın etkisini en aza indirebilecek fonksiyonlar ve değişiklikler belirlenmiştir.
Wang ve ark., (2021)	Deniz kazalarının ciddiyetini etkileyen faktörlerin araştırılması	1 207 deniz kaza raporu	OLR	Kaza ciddiyetini en çok etkileyen faktörler, geminin batması, limandan uzak olması, kuvvetli rüzgâr, sertifikasız veya geçersiz sertifikalı gemi adamlarıdır.
Yıldız ve ark., (2021)	Deniz kazalarını etkileyen HOF'ların tanımlanması	51 deniz kaza raporu	HFACS-PV	En sık görülen HOF'lar, seyir cihazlarına aşinalık ve eğitim eksikliği, uygun olmayan sefer planı, gece vardiyası, köprüüstü ekibinin durumsal farkındalık eksikliği, kaptanın yorumlama hatası, liman ve kısıtlı sulardır.
Chen ve ark., (2022)	Deniz kazalarının olasılıksal modellerini oluşturmak	261 deniz kaza raporu	EDA-Bulanık BN	Dikkatsizlik, ağır hava koşulları, yetersiz emniyet/risk farkındalığı ve bakım-tutum hataları deniz kazalarıyla yakından ilişkilidir
Wu ve ark., (2022)	Denizcilikte HOF'lara yönelik çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin tespiti	WoS'daki 72 makale	İnceleme	Deniz taşımacılığındaki HOF'ların analizi için sıklıkla tercih edilen modeller HFACS, CREAM, SHERPA, TRACEr, HET, HEART modelleridir.
Zaib ve ark., (2022)	Deniz kazalarında insan hatalarının etkisini tespit etmek	1 karaya oturma kaza raporu	FFTA	Kaza ile en yakın ilişkili insan faktörleri bilgi eksikliği, iletişim problemleri ve ECDIS cihazının kullanım hataları olarak tespit edilmiştir.
Sheng ve ark., (2023)	İnsan hataları ile çevre arasındaki nicel ilişkiyi ortaya koymak	1 243 deniz kaza raporu	Bayes'e dayalı mekansal çok terimli lojistik	İyi görüş koşullarında ve şiddetli rüzgâr veya dalga olmadığında meydana gelen kazalarda insan hataları daha fazla mevcuttur.
Sui ve ark., (2023)	Yangtze Nehri'nde meydana gelen deniz kazalarını zaman serisi ile analiz etmek	3 285 deniz kazası raporu	Zaman Serileri	Kazalar ilkbahar ve yaz aylarında, sabah 02:00 ile 06:00 saatleri arasında daha sık meydana gelmiştir. Ayrıca bölgesel farklılıklar, kazalardaki zaman serilerinin özelliklerini de değiştirmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı, özgün değeri ve çalışmada kullanılan araç ve yöntemler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

#### 3.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, deniz kaza analizi kapsamında kullanılan modellerin bir incelemesi yapılmıştır. Çalışma, deniz kazalarının analizinde kullanılan modelleri inceleyerek, hangi kaza türlerinde hangi modellerin daha etkin ve yaygın kullanıldığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bunun için çalışma kapsamındaki her bir kaza türünün analizi için kullanılan modeller tespit edilmiştir. Kaza analiz modellerinin hangi yıllarda ilgili kazaların analizi için kullanıldığı ortaya konmuş ve ilgili kazanın analizi için hangi modellerin kombine edildikleri belirlenmiştir. Çalışmanın, deniz kaza analizi yapan araştırmacılara, farklı tür kazalar için kullanacakları analiz modelini seçme aşamasında bir referans olması hedeflenmektedir.

#### 3.2 Çalışmanın Kapsamı

Bu tez çalışmasında, literatürdeki çalışmalar incelenerek deniz kazaları için kullanılan yöntemler belirlenmiştir. Literatür taraması için yararlanılan kaynaklar “Scopus” ve “Web of Science (WoS)” veri tabanları ile sınırlandırılmıştır. Scopus ve WoS bilimsel literatür taramaları için kullanılan en kapsamlı ve tutarlı akademik veri tabanlarıdır (Chadegani ve ark., 2013; Zhu ve Liu, 2020). Bu incelemede uygun kaynaklar için aranan kriterler:

- ✓ çalışma kapsamı dahilindeki deniz kazalarından en az birini analiz etmesi,
- ✓ en az bir kaza analiz modeli kullanması ve
- ✓ İngilizce dilinde yayımlanmış olmasıdır.

Literatür taraması sonucunda belirlenen modellerin hangi tür deniz kazalarının analizi için uygun oldukları görsel araçlar yardımıyla sunulmuştur. Birden çok modelin beraber kullanıldığı çalışmalarda, bu modellerin birbirleri ile uyumluluğu incelenmiştir. Çalışmada, sadece denizcilik endüstrisindeki kazalarının analizinde kullanılmış modeller irdelenmiş, diğer endüstrilerdeki kaza türleri için kullanılan modeller çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma kapsamındaki deniz

kazaları “çatma/çatışma”, “karaya oturma”, “yangın/patlama” ve “batma” kazaları ile sınırlandırılmıştır.

### **3.3 Çalışmanın Özgün Değeri**

Bu çalışma, araştırmacılara, deniz kaza analizi için kullanılan farklı modellerin bir arada değerlendirildiği bir kaynak sunmaktadır. Kaza türlerine göre uygun modelleri belirleyerek, araştırmacılara, ilgili deniz kazalarının analizi için benimseyecekleri modeli seçerken kullanabilecekleri bir referans olabilme özelliğine sahiptir. Mevcut literatürde kaza analizi kapsamında kullanılan yöntemlerin araştırıldığı çalışmalar olmasına rağmen, denizcilik sektöründe uygulanan modellerle sınırlandırılmış çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Aynı zamanda deniz kazalarının analizi için hangi modellerin kombine edildiğini ortaya çıkaran çalışmaların eksikliği de dikkat çekmektedir. Bu tez çalışması, denizcilik sektörü özelinde sınırlandırılmış, deniz kazaları analizi kapsamında kullanılan yöntemlerin incelendiği öncü çalışmalardan olacaktır.

### **3.4 Çalışmada Kullanılan Araç ve Yöntem**

Bu tez çalışmasında deniz kaza analizi yapan akademik çalışmalarda kullanılan modellerin bir analizi yapılmıştır. Çalışma beş aşamadan oluşmaktadır ve aşamalar aşağıda açıklanmıştır.

1. Aşama. Deniz kaza analizi yapan çalışmaların belirlenmesi: Bu aşamada Web of Science ve Scopus veri tabanlarının doküman arama özellikleri kullanılmıştır. Web of Science Çekirdek Koleksiyon’da yapılan aramada “Title” ve “Author Keywords” kategorilerinde tarama yapılmıştır. Scopus veri tabanında yapılan aramada ise “Article Title” ve “Keywords” kategorilerinde tarama yapılmıştır. Yapılan taramalarda “marine accident” or “maritime accident” or “marine incident” or “maritime incident” or “ship accident” arama kelimeleri kullanılmıştır. Doküman türünde “Articles” or “Review Articles” or “Early Access” seçilmiştir. Son olarak Dil “English” seçilerek taramalar gerçekleştirilmiştir. Taramalar 04.11.2021 arama tarihinde yapılmıştır. Web of Science veri tabanında “Title” kategorisinde yapılan taramada 329, “Author Keyword” kategorisinde yapılan taramada 308 sonuç listelenmiştir. Scopus veri tabanında “Article Title” kategorisinde yapılan taramada 304, “Keywords” kategorisinde yapılan taramada 169 sonuç listelenmiştir. Toplamda iki veri tabanından elde edilen 1 110 çalışma

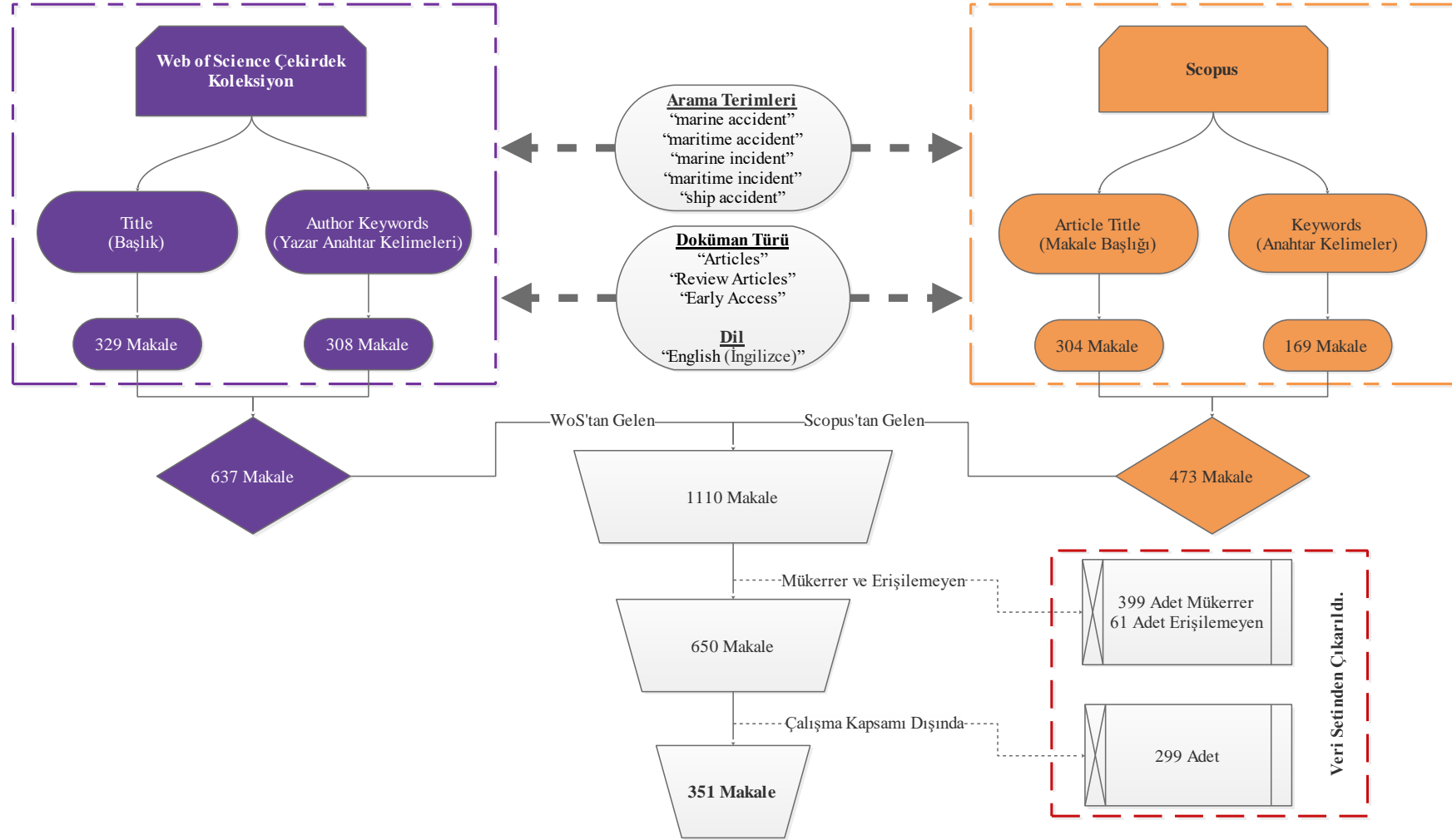
Microsoft Excel’de listelenmiştir. 1 110 adet çalışmadan mükerrer olanlar elendikten sonra toplamda 711 adet münferit makale kalmıştır. Bu 711 makaleden 61 adedine ulaşılamamıştır. Diğer 650 makale tek tek incelemeye alınmıştır. İncelemenin amacı eldeki makalelerin tam olarak çalışmanın kapsamında olup olmadıklarının belirlenmesidir. Çalışma kapsamına alınacak makalelerde kapsamdaki deniz kazalarından en az birinin analizini yapması ve en azından bir analiz yöntemi kullanması aranmıştır. İnceleme sonucunda 650 makaleden 351 adedinin bu kriterleri sağladığı tespit edilmiş ve çalışmanın ana veri setini oluşturmuştur. Sürecin akış şeması Şekil 3.1’de detaylı olarak sunulmuştur.

2. Aşama. Deniz kazalarını analiz eden çalışmalarda kullanılan analiz yöntemlerinin ve kaza türlerinin belirlenmesi: Akademik literatür tarama veri tabanları, listelenen çalışmalar hakkındaki bazı meta verileri içeren dosyaları indirme imkânı sunmaktadır. Bu dosyalar “Yayın Türü, Yazarlar, Makale Başlığı, Kaynak Başlığı, Dil, Doküman Türü, Yazar Anahtar Kelimeleri, Özet, Adresler, Kuruluşlar, Atıflar, Yaptığı Atıf Sayısı, Yapılan Atıf Sayısı, Yayıncı, Dergi Adı, Yayın Yılı, Sayfa Sayısı” vb. gibi birçok bilgiyi içermektedir. Ancak bu tez çalışması için kaza türleri ve modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler akademik veri tabanlarından doğrudan elde edilemediğinden, bu aşamada çalışma kapsamındaki 351 adet makale detaylı olarak incelenmiştir. Her bir makalenin hangi kaza türünü analiz ettiği, bu analizleri hangi model veya modellerle yaptığı, hangi veri tabanlarından yararlandığı gibi bilgiler oluşturulan Excel tabanlı dosyaya kaydedilmiştir.

Çalışmada literatür taraması sonucunda kullanılan 142 analiz modelinden bazıları, altında bir grup benzer modeli barındırmaktadır. Bunun nedeni farklı makalelerde aynı veya benzer yapıdaki modellerin farklı isimlerle yer almasıdır. Bu yüzden bazı modellerin ortak bir isim altında temsil edilmesi gerekliliği doğmuştur. Bu şekilde aynı grup altında toplanarak tek isim olarak sunulan modellerin listesi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çalışmanın 4.8 bölümünde incelenen kaza veri tabanları, kurum ve kuruluşların bağlı oldukları ülkelere göre gruplandırılmıştır. Çizelge 3.2’de her ülke grubunun altında bulunan kaza veri tabanlarını sunulmaktadır.





Şekil 3.1 Veri Tabanı Taramasının Aşamaları

**Çizelge 3.1** Tek İsim Altında Toplanan Modeller

<b>Ana Grup</b>	<b>Altındaki Modeller</b>	<b>Ana Grup</b>	<b>Altındaki Modeller</b>
ANOVA	Varyans Analizi (ANOVA)	Evidence Theory	Kanıt Teorisi (Evidence Theory)
Big Data Analysis	Genelleştirilmiş F Dağılımı (Generalized F Distribution)	Frekans Analizi	Dempster-Shafer Teorisi (DST)
	Büyük Veri Analizi (Big Data Analysis)		Frekans Analizi (Frequency Analysis)
Birliktelik Kuralı	Keşifsel Veri Analizi (EDA)	GIS	Anlamlılık Testi (Significance Test)
	Birliktelik Kuralı (Association Rule)		Anlamlılık Analizi (Significance Analysis)
	Karar Kuralı (Decision Rule)		Eşzamanlılık Analizi (Co-Occurrence Analysis)
	Muhakeme Modülü (Reasoning Modüle)		Frekans Dağılımı (Frequency Distribution)
	Apriori Algoritması (Apriori Algorithm)		Oluşum Analizi (Occurrence Analysis)
BN	Kural Tabanlı Teknik (Rule Base Technique)	Linear Regression	Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS)
	Zamansal Birliktelik Kuralı (TAR)		Çekirdek Yoğunluğu Tahmini (KDE)
	Bayes Ağları (BN)		Ayrık Küresel Izgara Sistemleri (DGGS)
	Ağaç Artırılmış Ağ (TAN)		Yön Kısıtlanmalı Uzay-Zaman Prizmaları (DC-STP)
Clustering Analysis	Markov Modeli (Markov Model)	Logistic Regression	Doğrusal Regresyon (Linear Regression)
	Genelleştirilmiş Loopy 2U Algoritması (GL2U Algorithm)		Tobit Regresyon (Tobit Regression)
	Viterbi Algoritması (Viterbi Algorithm)		Bootstrap-Tobit Regresyonu (Bootstrap-Tobit Regression)
	Kanıt Yayılım Öncesi Önem Örnekleme (EPIS) Algoritması		Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression)
	Kümeleme Analizi (Clustering Analysis)		Lojistik Regresyon (Logistic Regression)
	K-Ortalamalar Kümeleme (K-Means Clustering)		Logit Regresyon (Logit Regression)
	C-Ortalamalar Kümeleme (C-Means Clustering)		Çoklu Sıralı Logit (Multinomial Ordered Logit)
	Hiyerarşik Kümeleme (Hierarchical Clustering)		Çok Değişkenli Lojistik Regresyon (Multivariate Logistic Regression)
Spektral Kümeleme (Spectral Clustering)	İkili Lojistik Regresyon (Binary Logistic Regression)		
Cost-Benefit Analysis	Gürültülü Uygulamaların Yoğunluk Tabanlı Uzamsal Kümelmesi (DBSCAN)	Matematiksel Model	Matematiksel Model (Mathematical Model)
	Maliyet-Fayda Analizi (Cost-Benefit Analysis)		Gemi Çatışma Sıralama Operatörü (VCRO)
	Maliyet-Fayda Yaklaşımı (Cost-Benefit Approach)		Çok Değişkenli Polinom Oranı (Multivariate Ratio of Polynomials)
Data Mining	İstatistiksel Ömür Değeri (VSL)	Optimizasyon	Optimizasyon (Optimization)
	Veri Madenciliği (Data Mining)		Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
	Görsel Veri Madenciliği (Visual Data Mining)		Rastgele Arama (Random Search)
	Kaba Küme Kuramı (Rough Set Theory)		Açgözlü Kalın İnceleme Algoritması (Greedy Thick Thinning Algorithm)
Decision Tree	Formal Kavram Analizi (Formal Concept Analysis)	Optimizasyon	Izgara Arama (Grid Search)
	Karar Ağacı (Decision Tree)		Düzleştirme A* Algoritması (Smoothing A* Algorithm)
	Ki-Kare Otomatik Etkileşim Dedektörü (CHAID)		NPC Algoritması (NPC Algorithm)
	Hızlı, Tarafsız, Verimli İstatistiksel Ağaç (QUEST)		Geliştirilmiş Kuantum Parçacık Sürü Optimizasyonu (IQPSO)
	Stokastik Gradyan Artırılmış Ağaçlar (SGBT)		
	Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (CART)		

**Çizelge 3.1 Tek İsim Altında Toplanan Modeller (devamı)**

<b>Ana Grup</b>	<b>Altındaki Modeller</b>	<b>Ana Grup</b>	<b>Altındaki Modeller</b>
Poisson Regression	Poisson Regresyon (Poisson Regression) Poisson Dağılımı (Poisson Distribution) Stokastik Poisson Süreci (Stochastic Poisson Process)	Simülasyon	Namoto Modeli (Namoto Model) Moleküler Çarpışma Teorisi (Molecular Collision Theory) Deniz Trafikçi Simülasyon Modeli (MTSM) Nümerik Simülasyon (Numerical Simulation)
Regresyon Analizi	Regresyon Analizi (Regression Analysis) Sıfır Şişirilmiş Üstel Dağılım (ZINB) Çoklu Regresyon Analizi (Multiple Regression Analysis) Negatif Binom Regresyon (Negative Binomial Regression) Vektör Otoresresyon (VAR) Cox Orantılı Tehlike (Cox Proportional Hazard) Orantılı Olasılıklar (Proportional Odds) Sıfır Kesikli Binom Regresyonu (Zero-Truncated Binomial Regression) Sıralı Probit Tahmini (Ordered Probit Estimation) Otoresresif İstatistiksel Yöntem (Auto-Regressive Statistical Method)	Sinir Ağları	Hidrolik Modelleme (Hydraulic Modelling) Dinamik Deniz Trafikçi Simülatörü (DMTS) Sinir Ağları (Neural Networks) Yapay Sinir Ağları (ANN) Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN) Kapılı Tekrarlayan Birim (Gated Recurrent Unit) Dikkat Mekanizması (Attention Mechanism) Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek (BILSTM) Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreci (STAMP)
Simülasyon	Simülasyon (Simulation) Monte Carlo Simülasyonu (Monte Carlo Simulation) Gemi Manevra Simülatörü (Ship-Handling Simulator) Doğrusal Olmayan Sonlu Eleman (Non-Linear Finite Element) Yangın Dinamikleri Simülatörü (Fire Dynamics Simulator) Su Baskını ve Alabora Simülasyonu (Flooding and Capsize Simulation)	STAMP	Sistem Teorik Süreç Analizi (STPA) Sistem Teorisini Kullanarak Nedensel Analiz (CAST)
		Statistical Analysis	İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis) Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi (SPSS) İstatistiksel Anlamlılık Testi (Statistical Significance Test)

**Çizelge 3.2 Aynı Ülke Altında Gruplandırılan Kaza Veri Tabanları**

<b>Ülke</b>	<b>Kurum/Kuruluş İsmi</b>
Almanya	Allianz Global Corporate & Specialty SE (Allianz Global Corporate & Specialty SE) Almanya Demokratik Cumhuriyeti (German Democratic Republic) Federal Deniz Kaza Araştırma Bürosu (Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation) Uluslararası Deniz Sigortası Birliği (International Union of Marine Insurance)
Amerika Birleşik Devletleri (ABD)	Amerika Birleşik Devletleri Sahil Güvenlik (United States Coast Guard) Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Ulaşım Emniyeti Kurulu (United States National Transportation Safety Board) Amerikan Denizcilik Bürosu (American Bureau of Shipping) Countryman & McDaniel (Countryman & McDaniel) Deniz Kaza ve Kirlilik Veritabanı (Marine Casualty and Pollution Database) Tehlikeli Madde Olay Bildirim Sistemi (Hazardous Materials Incident Reporting System) Uluslararası Ulaşım Emniyeti Birliği (International Transportation Safety Association)
Antigua ve Barbuda Avrupa Birliği (AB)	Antigua ve Barbuda Deniz Hizmetleri ve Ticaret Nakliye Dairesi (Antique and Barbuda Department of Marine Services and Merchant Shipping) Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı (European Maritime Safety Agency) Avrupa Deniz Kaza Bilgi Platformu (European Marine Casualty Information Platform) Elektronik Kalite Denizcilik Bilgi Sistemi (Electronic Quality Shipping Information System)
Avustralya	Avustralya Deniz Emniyeti Otoritesi (Australian Maritime Safety Authority) Avustralya Ulaşım Emniyeti Bürosu (Australian Transport Safety Bureau)
Bahamalar	Bahamalar Denizcilik Otoritesi (Bahamas Maritime Authority)
Bangladeş	Bangladeş İç Su Taşımacılığı Kurumu (Bangladesh Inland Water Transport Authority) Denizcilik Bakanlığı (Department of Shipping)
Birleşik Krallık (BK)	Bilgi İşleme Hizmetleri Fairplay (Information Handling Services Fairplay) Bilgi İşleme Hizmetleri Lloyd's Register (Information Handling Services Lloyd's Register) Bilgi İşleme Hizmetleri Lloyd's Register (Information Handling Services Lloyd's Register) Bilgi İşleme Hizmetleri Markit (Information Handling Services Markit) Bilgi İşleme Hizmetleri Sea-Web (Information Handling Services Sea-Web) Clarkson Nakliye İstihbarat Ağları (Clarkson Shipping Intelligence Networks) CLARKSONS Clarkson's Nakliye Değerlendirme ve Görünüm Veritabanı (Clarkson's Shipping Review and Outlook Database) Deniz Kaza Araştırmacıları Uluslararası Forumu (Marine Accident Investigators' International Forum) Deniz Kaza İnceleme Birimi (Marine Accident Investigation Branch) Denizcilik Enstitüsü (The Nautical Institute) Gizli Tehlikeli Olay Bildirim Programı (Confidential Hazardous Incident Reporting Programme) Kraliyet Ulusal Cankurtaran Kurumu (Royal National Lifeboat Institution) Küresel Offshore Kaza Veritabanı (Worldwide Offshore Accident Database)

### Çizelge 3.2 Aynı Ülke Altında Gruplandırılan Kaza Veri Tabanları (devamı)

Ülke	Kurum/Kuruluş İsmi
Birleşik Krallık (BK)	Lloyd's Denizcilik Bilgi Servisi (Lloyd's Marine Information Service) Lloyd's Denizcilik İstihbarat Birimi (Lloyd's Maritime Intelligence Unit) Lloyd's Gemi Sicili (Lloyd's Register of Shipping) Lloyd's Haftalık Kaza (Lloyd's Weekly Casualty) Lloyd's Kaza Bilgi Sistemi (Lloyd's Casualty Information System) Lloyd's Kaza İadeleri (Lloyd's Casualty Returns) Lloyd's List İstihbaratı (Lloyd's List Intelligence) Lloyd's Register (Lloyd's Register) Lloyd's Register Fairplay (Lloyd's Register Fairplay) London Sigortacılar LLC (London Underwriters LLC) Man Adası Gemi Sicili (Isle of Man Ship Registry)
Brezilya	Brezilya Donanması Limanlar ve Sahiller Direktörlüğü (Brazilian Navy Directorate of Ports and Coasts)
Bulgaristan	Deniz ve Demiryolu Kaza Araştırması (Maritime and Railway Accident Investigation)
Çin Halk Cumhuriyeti	Chongqing Deniz Emniyeti İdaresi (Chongqing Maritime Safety Administration) Çin Halk Cumhuriyeti Deniz Emniyeti İdaresi (Maritime Safety Administration of People's Republic of China) Fujian Deniz Emniyeti İdaresi (Fujian Maritime Safety Administration) Hong Kong Denizcilik Departmanı (Hong Kong Marine Department) Hong Kong Denizcilik Departmanı (Marine Department Hong Kong) Hong Kong Nakliye Güvenlik Politikası Dairesi (Shipping Security Policy Branch of Hong Kong) Hong Kong Özel İdari Bölge Denizcilik Departmanı (The Government of Hong Kong Special Administrative Region Marine Department) Jiangsu Deniz Emniyeti İdaresi (Jiangsu Maritime Safety Administration) Shenzhen Deniz Emniyeti İdaresi (Shenzhen Maritime Safety Administration)
Danimarka	Danimarka Deniz Kaza İnceleme Kurulu (Danish Maritime Accident Investigation Board) Danimarka Denizcilik Otoritesi (Danish Maritime Authority) Tehlikeli Maddeler İçeren Deniz Kazaları Listesi (List of Marine Accidents involving Dangerous Goods)
Filipinler	Filipinler Sahil Güvenlik (Philippine Coast Guard)
Finlandiya	Emniyet Soruşturma Kurumu (Safety Investigation Authority) Finlandiya Denizcilik İdaresi (Finnish Maritime Administration) Finlandiya Kaza Araştırma Kurulu (Accident Investigation Board of Finland) Finlandiya Körfezi Gemilerin Trafik Hizmetleri (Gulf of Finland Vessel Traffic Services) Finlandiya Ulaşım Emniyeti Ajansı (Finnish Transportation Safety Agency) Finnpilot Pilotaj A.Ş. (Finnpilot Pilotage LTD) Helsinki Komisyonu (Helsinki Commission)

**Çizelge 3.2 Aynı Ülke Altında Gruplandırılan Kaza Veri Tabanları (devamı)**

Ülke	Kurum/Kuruluş İsmi
Fransa	Deniz Kazaları İnceleme Bürosu (Bureau d'enquêtessur les evenements de mer) Kazara Su Kirliliği Üzerine Belgeleme, Araştırma ve Deneş Merkezi (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution)
GISIS	Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (Global Integrated Shipping Information System)
Güney Kore	Incheon Gemi Trafik Merkezi (Incheon Vessel Traffic Center) Kore Deniz Emniyeti Mahkemesi (Korean Maritime Safety Tribunal) Kore Deniz Pilot Birliği (Korea Maritime Pilot Association) Kore Denizler ve Balıkçılık Bakanlığı (Ministry of Oceans and Fisheries Korea) Kore Kara Ulaşımı ve Deniz İşleri Bakanlığı (Ministry of Land Transport and Maritime Affairs Korea) Kore Sahil Güvenlik (Korean Coast Guard) Mokpo Gemi Trafik Hizmetleri (Mokpo Vessel Traffic Services)
Gürcistan	Gürcistan Deniz Kaza İnceleme Bürosu (Maritime Accident Investigation Bureau of Georgia)
Hırvatistan	Rijeka Deniz Kurtarma Koordinasyon Merkezi (Maritime Rescue Coordination Centre Rijeka)
Hollanda	Hollanda Emniyet Kurulu (Dutch Safety Board) Hollanda Ulaşım Emniyeti Kurulu (Dutch Transport Safety Board) Paris Anlaşması (Paris MoU)
İrlanda	Deniz Kaza İnceleme Kurulu (Marine Casualty Investigation Board)
İspanya	İspanya Deniz Kaza ve Olay Araştırma Komisyonu (Spanish Commission for Investigation of Maritime Accidents and Incidents)
İsveç	ForeSea Deneyim Veritabanı (ForeSea Experience Data Bank) İsveç Denizcilik Departmanı (Swedish Maritime Department) İsveç Kaza Araştırma Kurulu (Swedish Accident Investigation Board) İsveç Ulaştırma Ajansı (Swedish Transport Agency)
İtalya	Altyapı ve Ulaştırma Bakanlığı (Ministry of Infrastructures and Transports)
Japonya	Asya-Pasifik Bölgesi'nde Liman Devlet Kontrolüne İlişkin Mutabakat Zaptı (Memorandum of Understanding on Port State Control in the Asia-Pacific Region) Japonya Kara Altyapı ve Ulaştırma Bakanlığı (Ministry of Land Infrastructure and Transport of Japan) Japonya Ulaşım Emniyeti Kurulu (Japan Transport Safety Board)
Kanada	Arama ve Kurtarma için Bilgi Sistemi (System of Information for Search and Rescue) Kanada Ulaşım Emniyeti Kurulu (Transportation Safety Board of Canada)
Kıbrıs	Kıbrıs Deniz Kaza İnceleme Komitesi (Marine Accident Investigation Committee Cyprus)
Letonya	Ulaşım Kazası ve Olayı Araştırma Bürosu (Transport Accident and Incident Investigation Bureau)
Litvanya	Ulaşım Kazası ve Olayı Araştırmaları (Transport Accident and Incident Investigations)
Malta	Deniz Emniyeti İnceleme Birimi (Marine Safety Investigation Unit)

**Çizelge 3.2 Aynı Ülke Altında Gruplandırılan Kaza Veri Tabanları (devamı)**

Ülke	Kurum/Kuruluş İsmi
Norveç	Arktik Deniz Çevresinin Korunması (Protection of the Arctic Marine Environment) Deniz Kazaları Veritabanı (Database for Marine Accidents) Kuzey Deniz Sigortası İstatistikleri (Nordic Marine Insurance Statistics) Norveç Denizcilik Dairesi (Norwegian Maritime Directorate) Norveç Denizcilik Otoritesi (Norwegian Maritime Authority) Norveç Kaza Araştırma Kurulu (Accident Investigation Board Norway)
Panama	Deniz Kaza İnceleme Dairesi (Marine Accident Investigation Department) Panama Denizcilik Otoritesi (Panamanian Maritime Authority)
Polonya	Devlet Deniz Kaza Araştırma Komisyonu (State Marine Accident Investigation Commission)
Portekiz	Doğal Kaynaklar Emniyeti ve Denizcilik Hizmetleri Genel Müdürlüğü (Directorate General for Natural Resources Safety and Maritime Services)
Romanya	Romanya Deniz Kaza İnceleme Dairesi (Marine Accidents Investigation Department of Romania)
Tayvan	Tayvan Sahil Güvenlik (Taiwan Coast Guard) Tayvan Ulaştırma ve İletişim Bakanlığı (Taiwanese Ministry of Transportation and Communications)
Türkiye	Deniz Kazalarını İnceleme Komisyonu (Deniz Kazalarını İnceleme Komisyonu) Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu (Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu) Türk Deniz Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi (Turkish Maritime Search and Rescue Coordination Center) Türkiye Ulaştırma Bakanlığı (Ministry of Transport Turkey)
Yeni Zelanda	Denizcilik Yeni Zelanda (Maritime New Zealand) Ulaşım Kazası Araştırma Komisyonu (Transport Accident Investigation Commission) Yeni Zelanda Deniz Emniyeti Otoritesi (Maritime Safety Authority of New Zealand)
Yunanistan	Ulusal Ulaşım Emniyeti Komitesi (National Transportation Safety Committee) Yunan Deniz Kazaları Araştırma Bürosu (Hellenic Bureau for Marine Casualties Investigation) Yunan Sahil Güvenlik (Hellenic Coast Guard)

3. Aşama. Uygun analiz aracının seçilmesi: Bibliyometrik araştırmalarda yaygın olarak kullanılan iki tür harita bulunur. Bu haritalar mesafe tabanlı haritalar ve grafik tabanlı haritalardır. Mesafe tabanlı haritalar, iki öge arasındaki mesafenin ögeler arasındaki ilişkinin gücünü yansıttığı haritalardır. Daha küçük bir mesafe genellikle daha güçlü bir ilişkiyi gösterir. Grafik tabanlı haritalar, iki öge arasındaki mesafenin ögeler arasındaki ilişkinin gücünü yansıtması gerekmeyen haritalardır. Bunun yerine, ilişkileri belirtmek için ögeler arasında çizgiler çizilir. Mesafe tabanlı haritalarla karşılaştırıldığında grafik tabanlı haritaların bir dezavantajı, iki öge arasındaki ilişkinin gücünü görmenin daha zor olmasıdır (Van Eck ve Waltman, 2010). VOSviewer yazılımı, bir tür metin madenciliği uygulaması olup, bibliyometrik ağların görselleştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Shah ve ark., 2020). Yazılım, ögeler arasındaki benzerliklere dayalı bir noktasal analiz aracıdır. Ögeler arasındaki ilişki arttıkça aralarındaki mesafe azalırken, ilişki azaldıkça mesafe artmaktadır (Van Eck ve Waltman, 2010). Bu tez çalışmasında, kazalar ile modeller arasındaki bağlantılar incelendiğinden ilişkilerin görselleştirilmesinde VOSviewer yazılımı tercih edilmiştir. VOSviewer yazılımı, WoS, Scopus, Dimensions, Lens ve PubMed veri tabanlarından indirilen bibliyometrik verileri doğrudan analiz edebilmektedir. Ancak yazılım iki farklı kaynaktan elde edilen verileri tek seferde analiz etmeye imkân vermemektedir (Arruda ve ark., 2022). Bunun yanında bu tez çalışmasındaki veriler iki farklı veri tabanından elde edilmiştir. Dolayısıyla iki farklı kaynaktan elde edilen verilerin birlikte analiz edilebilmesi için tek veri seti şeklinde düzenlenmesi gerekliliği doğmuştur. Scopus veri tabanından indirilen dosya, WoS veri tabanından indirilen dosyaya göre daha kolay elleçlenebilmektedir. Ayrıca VOSviewer yazılımı Scopus veri tabanından elde edilen dosya için daha geniş analiz yelpazesi sunmaktadır. Bu nedenle, verileri tek veri seti şeklinde birleştirmek için referans olarak Scopus veri tabanından indirilen dosya kullanılmıştır.

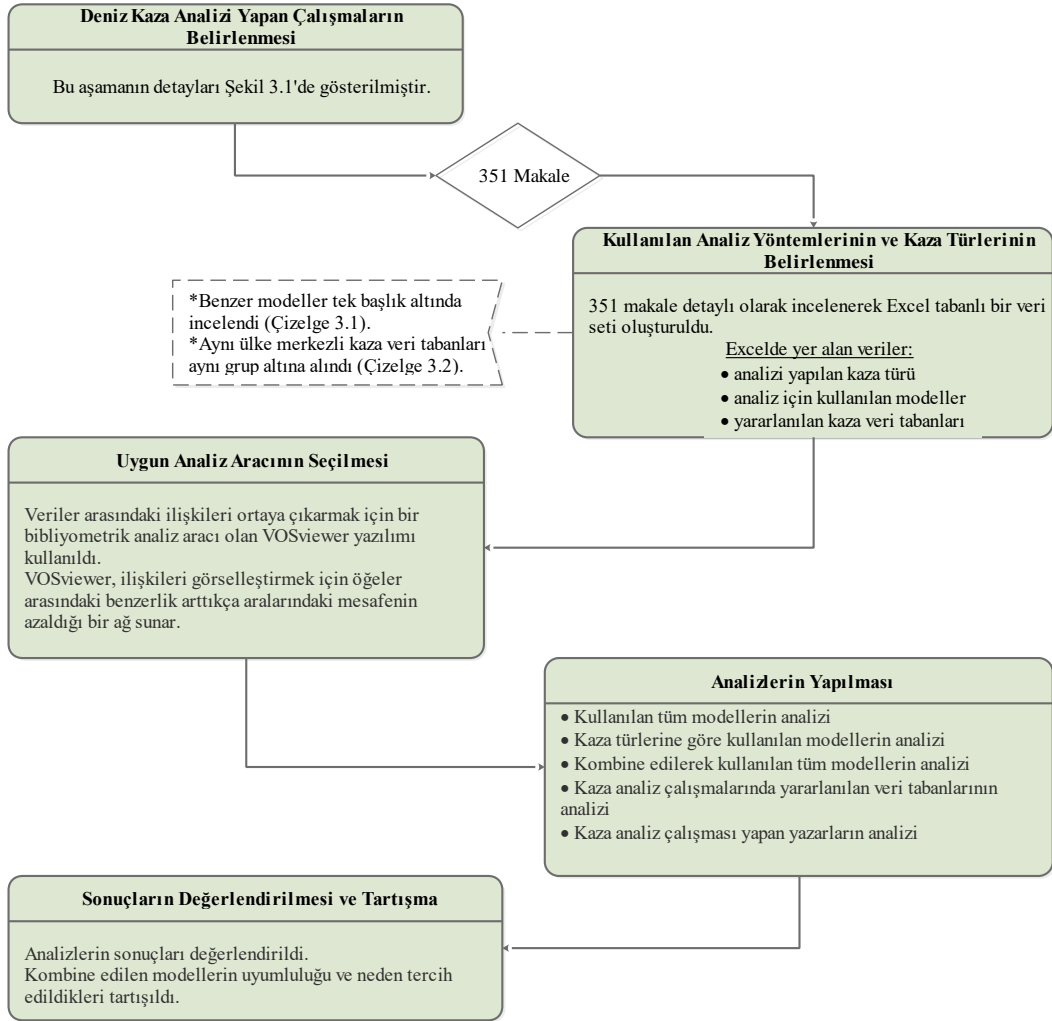
4. Aşama. Analizlerin yapılması: Bu aşamada, deniz kaza analizi kapsamında kullanılan modeller, VOSviewer yazılımı ile analiz edilmiştir. İlk olarak veri setindeki makalelerde kullanılan tüm modellerin analizi yapılmıştır. Sonrasında her bir kaza türü için kullanılan modeller analiz edilmiştir. Böylece farklı kaza türlerinin analizinde kullanılan modeller arasında bir benzerlik veya farklılık olup olmadığı



değerlendirilebilir hale gelmiştir. Ardından kombine modellerin analizi yapılmıştır. Bu analizdeki amaç hangi modellerin daha sık kombine edildiğini ortaya koymaktır. Bu analiz kombine edilen modellerin uyumluluğu hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Ayrıca çalışmalarda yararlanılan kaza veri tabanlarının arasındaki ilişkileri anlamak için kaza veri tabanlarının analizi de yapılmıştır. Buradaki amaç ise hangi kaza veri tabanlarının daha sık ve bir arada çalışmaya dahil edildiğini ortaya koymaktır.

5. Aşama. Sonuçların değerlendirilmesi ve tartışma: Bu aşamada, analizler sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirildi. Aynı zamanda, kombine modeller oluşturulurken birlikte kullanılan modellerin uyumluluğu ve neden bu modellerin kombine edildiği tartışılmıştır.

Çalışmanın beş aşamasındaki genel akış şeması Şekil 3.2’de verilmiştir.



**Şekil 3.2** Çalışmanın Akış Şeması

### **3.4.1 Web of Science Veri Tabanı**

WoS, akademik araştırmaların izlenmesi, yayınlanması ve değerlendirilmesi için kullanılan bir bilimsel bilgi kaynağıdır. WoS, çok disiplinli bir veri tabanıdır ve bilimsel literatürdeki önemli makaleleri, dergi yayınlarını, konferans bildirilerini ve diğer akademik kaynakları kapsar. WoS, Thomson Reuters tarafından geliştirilen ve günümüzde Clarivate Analytics tarafından işletilen bir veri tabanıdır. Dünya genelinde yayınlanan binlerce dergiden gelen bilgileri toplayarak araştırmacıların erişebileceği bir platform sağlar. WoS, sosyal bilimler, doğa bilimleri, mühendislik, sağlık bilimleri, tarım, beşerî bilimler ve diğer birçok disiplini kapsayan geniş bir alan yelpazesine sahiptir (Clarivate Analytics, 2023).

WoS'un en önemli özelliği, makalelerin atıf analizini yapabilmesidir. Bu, bir makalenin kaç kez atıf aldığı ve hangi diğer makalelere atıfta bulunduğunu takip etmek için kullanılır. Atıf analizi, bir araştırmanın etkisini ve önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir metriktir. Bunun yanında WoS, belirli bir konuyla ilgili en etkili veya en sık alıntılanan makaleleri bulmamıza yardımcı olan alıntı indeksini de sunar. WoS'un kullanıcı dostu arayüzü, kullanıcılara araştırma konularında derinlemesine arama yapma, makaleleri filtreleme ve sıralama, atıf bilgilerini görüntüleme ve makalelere tam metin erişim gibi bir dizi işlevi kullanma imkânı sunar. Böylece, araştırmacıların güncel literatüre erişim sağlamasını ve araştırmalarını bilimsel topluluğa sunmasını kolaylaştırır (Mikki, 2009).

WoS, akademik dünyadaki yenilikleri ve gelişmeleri takip etmek, araştırma iş birliği yapmak ve alanlarında uzmanlaşmış kişilerle iletişim kurmak isteyen araştırmacılar için vazgeçilmez bir kaynaktır. Bilimsel çıktıları değerlendirmek, araştırma eğilimlerini belirlemek ve yeni keşifler yapmak için kullanıcılarına geniş bir bilgi tabanı sunmaktadır.

### **3.4.2 Scopus Veri Tabanı**

Scopus, Elsevier tarafından sağlanan bir bibliyografik veri tabanıdır ve akademik araştırmaları takip etmek, değerlendirmek ve keşfetmek için kullanılan önemli bir kaynaktır. Geniş kapsamıyla, disiplinler arası bilimsel literatürdeki bilgileri bir araya getirir. Bu sayede araştırmacılar, akademisyenler, yayıncılar ve

diğer ilgili paydaşlar için değerli bir araştırma aracı haline gelmiştir (Pranckute, 2021).

Scopus, dünyanın dört bir yanındaki binlerce dergi, bildiri ve patent gibi kaynaklardan elde edilen makaleleri içerir. Makaleler, bilim, teknoloji, tıp, sosyal bilimler ve diğer çeşitli akademik alanlardaki araştırma konularını kapsar. Veri tabanı, sürekli güncellenen ve genişletilen bir içeriğe sahiptir, bu nedenle yeni yayınlar ve araştırmaların en son haline erişim sağlar. Scopus da WoS gibi akademik dünyadaki araştırmaların kalitesini değerlendirmek için sıklıkla kullanılan bir araçtır. Bir makaleye atıfta bulunan diğer makalelerin sayısını takip etmek, makalenin etkisini ölçmek ve bilimsel yayınlardaki araştırma eğilimlerini belirlemek için kullanıcılar tarafından kullanılabilir. Bu nedenle, Scopus akademik itibarı ve etki faktörlerini değerlendirmek için sıkça başvurulmuş bir kaynaktır (Scopus, 2023a).

Araştırmacılar, Scopus veri tabanını kullanarak kendi alanlarındaki güncel araştırmaları bulabilir, bilimsel ağları analiz edebilir, araştırmalarını diğer çalışmalarla karşılaştırabilir ve iş birliği yapabilecek potansiyel işbirlikçileri keşfedebilirler. Scopus, çeşitli filtreleme seçenekleri ve analiz araçları sunar, bu da kullanıcıların araştırma sonuçlarını daha derinlemesine incelemelerine ve anlamlı sonuçlar çıkarmalarına yardımcı olur (Scopus, 2023b).

Scopus, akademik araştırmaları takip etmek, yeni çalışmaları keşfetmek, araştırmaların etkisini değerlendirmek ve araştırmacılar arasında iş birliği potansiyellerini bulmak için kullanılan kapsamlı bir bibliyografik veri tabanıdır. Araştırma topluluğunun bir parçası olan akademisyenler için değerli bir kaynaktır ve bilimsel bilgiyi ilerletmek ve keşfetmek için önemli bir araçtır.

### **3.4.3 VOSviewer**

VOSviewer, bilimsel araştırmaların bibliyometrik analizinde kullanılan bir yazılımdır. Bu yazılım, makalelerin, yazarların ve diğer bilimsel birimlerin etkileşimlerini görselleştirmek için kullanılır. Yazılımın altyapısı, veri analizi, veri görselleştirme ve ağ analizi işlemlerini gerçekleştirmesine yardımcı olan çeşitli matematiksel teknikleri içerir. VOSviewer, temel olarak üç matematiksel teknik kullanır: çok değişkenli veri analizi, graf teorisi ve kümeleme analizi. Çok değişkenli veri analizi, makalelerin ve yazarların farklı özellikleri arasındaki ilişkileri

belirlemeye yardımcı olan istatistiksel bir yöntemdir. Graf teorisi, bilimsel birimlerin ağ yapısını tanımlamak ve bu ağda yer alan düğümler ve bağlantılar arasındaki ilişkileri analiz etmek için kullanılır. Kümeleme analizi ise, benzer özelliklere sahip birimleri gruplandırmak ve bu gruplar arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılır (Van Eck ve Waltman, 2010).

VOSviewer, bu teknikleri kullanarak, makalelerin, yazarların, dergilerin ve diğer bilimsel birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerini görselleştirmek için ağ grafikleri, yoğunluk haritaları ve çizgi grafikleri gibi çeşitli görsel araçlar sağlar. Bu görsel araçlar, bilimsel araştırmaların bibliyometrik analizinde kullanılan verilerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında, 01.01.1970 ile 04.11.2021 tarihleri arasında yayımlanmış makalelere dayalı olarak deniz kazalarının analizinde kullanılan modellerin bir incelemesi yapılmıştır. Analizler VOSviewer 1.6.19 yazılımı kullanılarak yapılmıştır (VOSviewer, 2023). Çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

##### 4.1 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Modeller

Çalışmanın bu aşamasında deniz kaza analizi kapsamındaki çalışmalarda kullanılan tüm modellerin analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında analiz edilen 351 adet makalede toplamda 142 farklı analiz modeli kullanıldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.1’de, 142 modelden 115’ini içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. En sık kullanılan analiz modelleri 52 kez kullanılan BN, 35’er kez kullanılan Frekans Analizi ve Simülasyon modelleri, 32 kere ile Bulanık Mantık uygulamaları ve 28 defa kullanılan HFACS modelidir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1** Deniz Kaza Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	52
Frekans Analizi	35
Simülasyon	35
Bulanık Mantık	32
HFACS	28
AHP	18
FTA	18
İstatistiksel Analiz	18
GIS	16
Regresyon Analizi	16
Ki Kare	12
Lojistik Regresyon	11
Kümeleme Analizi	10
Optimizasyon	10

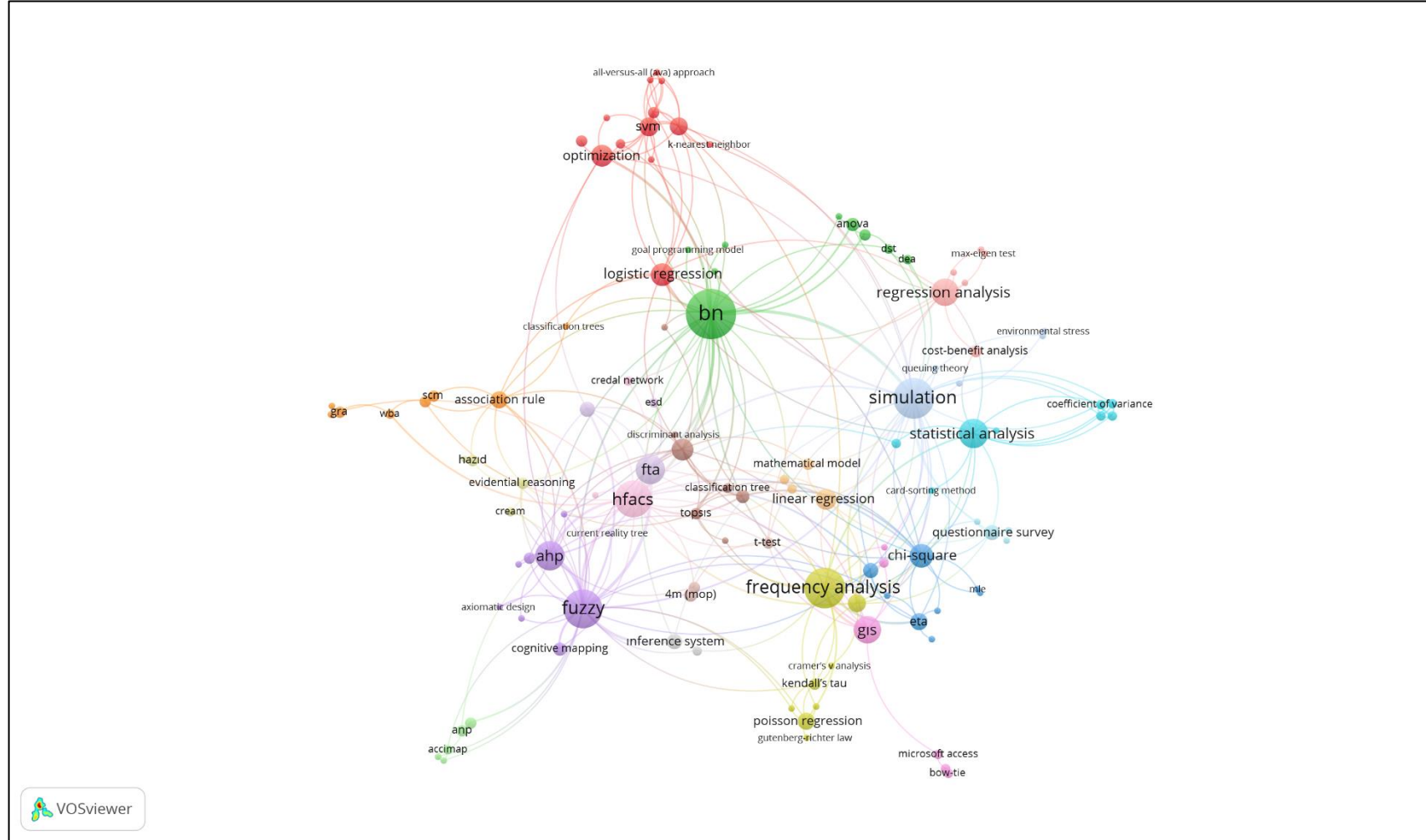
Ağdaki düğümler arası bağlantılar detaylı incelendiğinde Bulanık Mantık ve AHP modelinin beraber kullanıldığı 9 çalışma bulunurken, Bulanık Mantık ve FTA ile BN ve Simülasyon modellerinin beraber kullanıldıkları 6’şar çalışma olduğu tespit edilmiştir. BN’nın 5’er çalışmada FTA ve HFACS modelleri ile birlikte kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında Bulanık Mantık uygulamalarının Çıkarım

Sistem uygulamaları ile birlikte kullanıldığı 5 çalışma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).

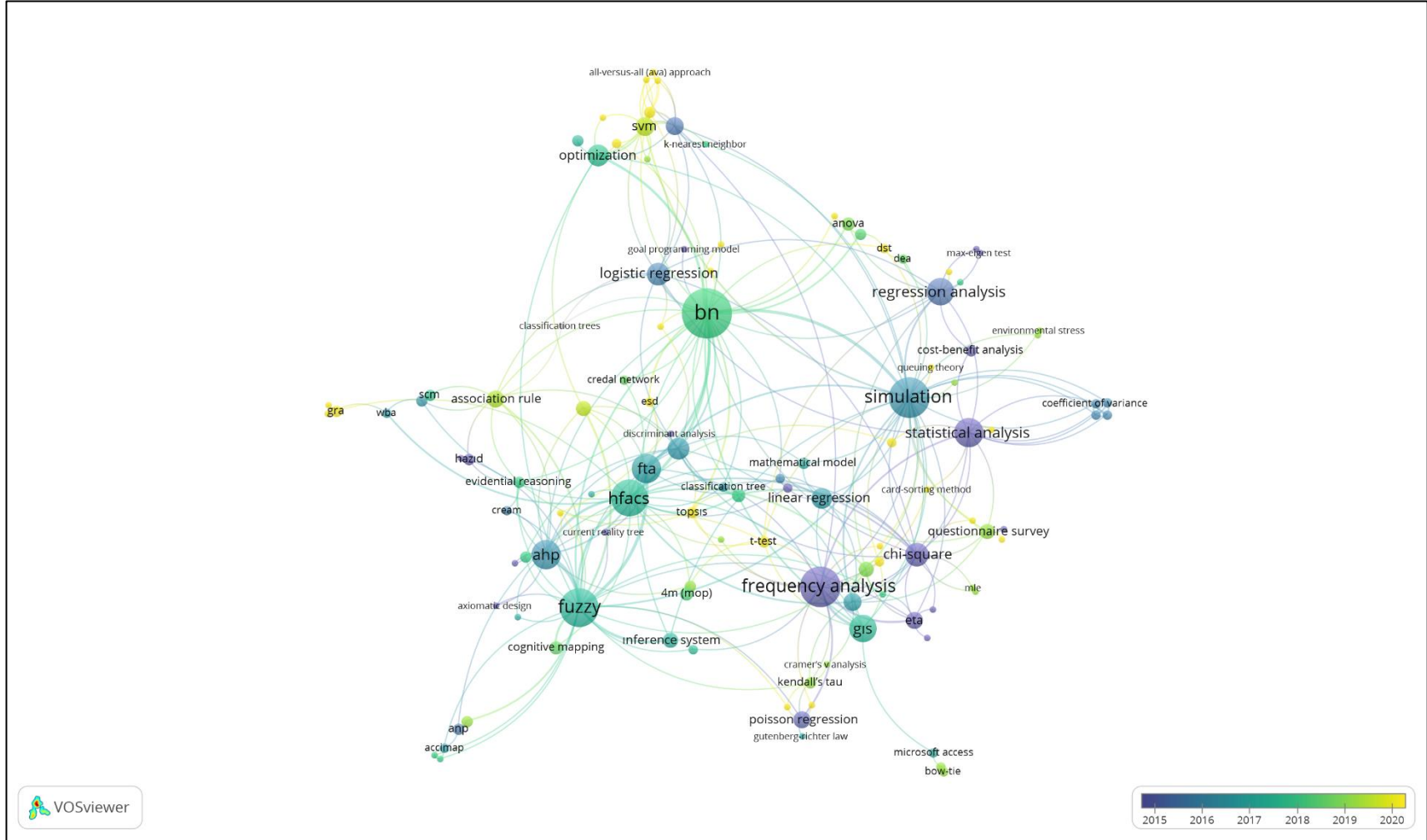
Şekil 4.2, analiz modellerin ortalama kullanılma yıllarını göstermektedir. Şekil 4.2'ye göre Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Ki Kare, Olay Ağacı Analizi (ETA) modelleri 2015 ve öncesindeki çalışmalarda kullanılmıştır. AHP, FTA, Simülasyon modelleri ortalama 2016 yıllarındaki çalışmalarda kullanılmıştır. Bulanık Mantık uygulamaları, HFACS, Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS), Optimizasyon teknikleri gibi modellerinin kullanıldığı çalışmaların ortalama yayımlanma tarihi 2017 yılı olarak tespit edilmiştir. BN kullanan çalışmaların yayımlanma yılı ortalaması 2018 olarak belirlenmiştir. Birliktelik Kuralı, Sinir Ağları ve Destek Vektör Makinesi (SVM) modellerini kullanan çalışmaların yayımlanma yılı ortalaması 2019 olurken, 2020 ve sonrasındaki çalışmalarda Gri İlişkisel Analiz (GRA), Rastgele Orman (Random Forest), DST, Olay Dizisi Diyagramı (ESD), TOPSIS modellerinin kullanıldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2** Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Ki Kare, ETA
2016	AHP, FTA, Simülasyon
2017	Bulanık Mantık, HFACS, GIS, Optimizasyon
2018	BN
2019	Birliktelik Kuralı, Sinir Ağları, SVM
2020 ve sonrası	GRA, Rastgele Orman, DST, ESD, TOPSIS



Şekil 4.1 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Tüm Modellerin İlişki Ağı



Şekil 4.2 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Tüm Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı



## 4.2 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller

Çalışmanın bu aşamasında sadece çatma/çatışma kazalarının analizinde kullanılan modeller incelenmiştir. Çalışma kapsamındaki 351 adet makaleden 171 tanesi çatma/çatışma kazalarının analizini içermektedir. Bu 171 makalede toplam 93 farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil 4.3'te, 93 modelden 81'ini içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Çatma/çatışma kazalarının analizinde en sık kullanılan modeller 36 kez kullanılan BN, 23 kez kullanılan Frekans Analizi, 19 kez kullanılan Simülasyon modelleri, 15 kere ile HFACS ve 13'er defa kullanım ile Bulanık Mantık uygulamaları ve GIS modelleridir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3** Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	36
Frekans Analizi	23
Simülasyon	19
HFACS	15
Bulanık Mantık	13
GIS	13
İstatistiksel Analiz	10
Kümeleme Analizi	9
Ki Kare	8
FTA	8
Regresyon Analizi	8

Ağ yapısı detaylı incelendiğinde 4'er çalışmada Bulanık Mantık ve AHP modelinin, BN ve Simülasyon modellerinin beraber kullanıldıkları görülmüştür. Üçer çalışmada birlikte kullanılan modellerin ise Bulanık Mantık ve Çıkarım Sistemleri, Bulanık Mantık ve Sinir Ağları, BN ve FTA, BN ve HFACS, Frekans Analizi ve GIS, Frekans Analizi ve ETA olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.4).

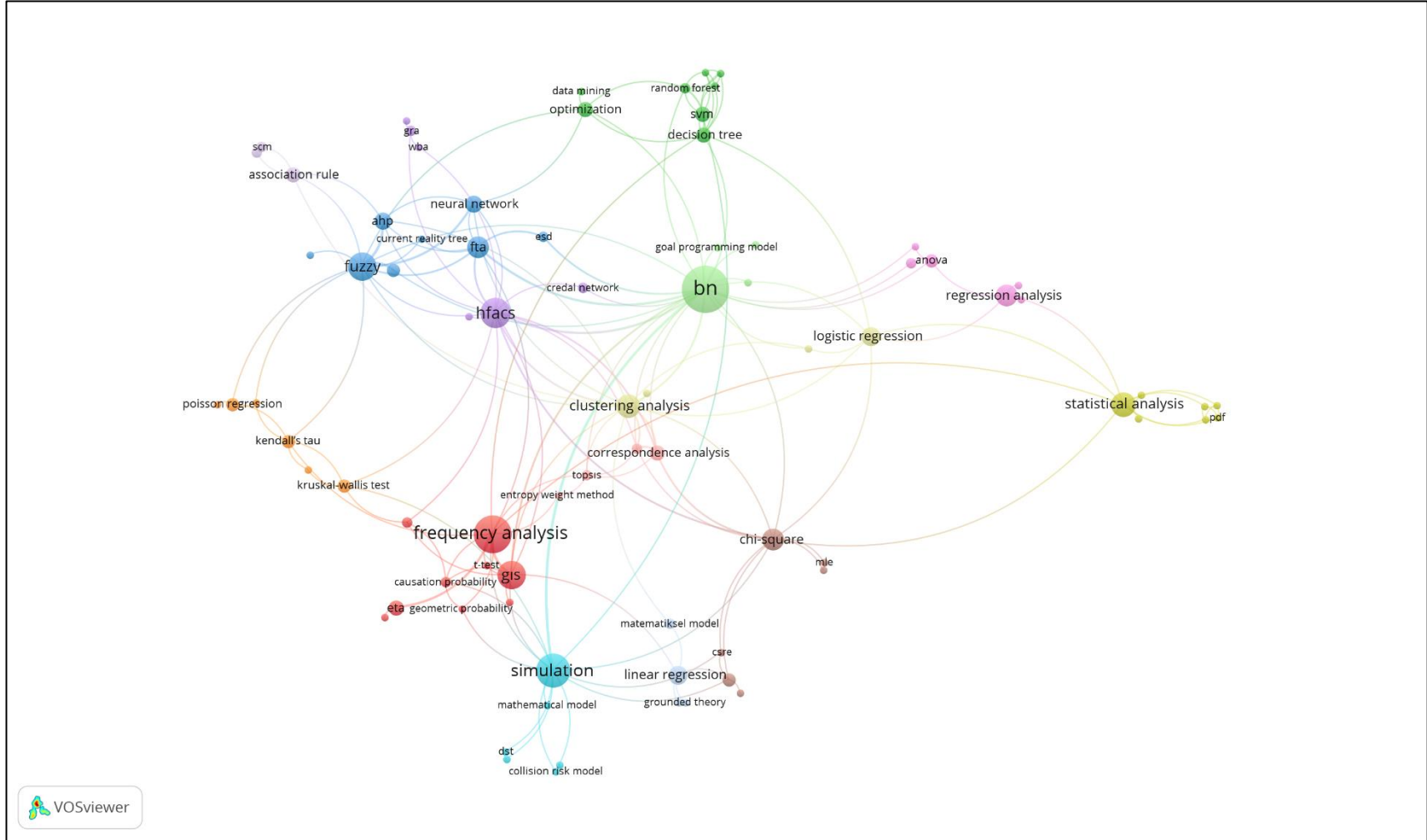
**Çizelge 4.4** Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi İçin En Sık Kombine Edilen Modeller

Kombine Kullanılan Modeller	Kombine Kullanıldığı Makale Sayısı
Bulanık Mantık – AHP	4
BN – Simülasyon	4
Bulanık Mantık – Çıkarım Sistemleri	3
BN – Sinir Ağları	3
BN – FTA	3
BN – HFACS	3
Frekans Analizi – GIS	3
Frekans Analizi – ETA	3

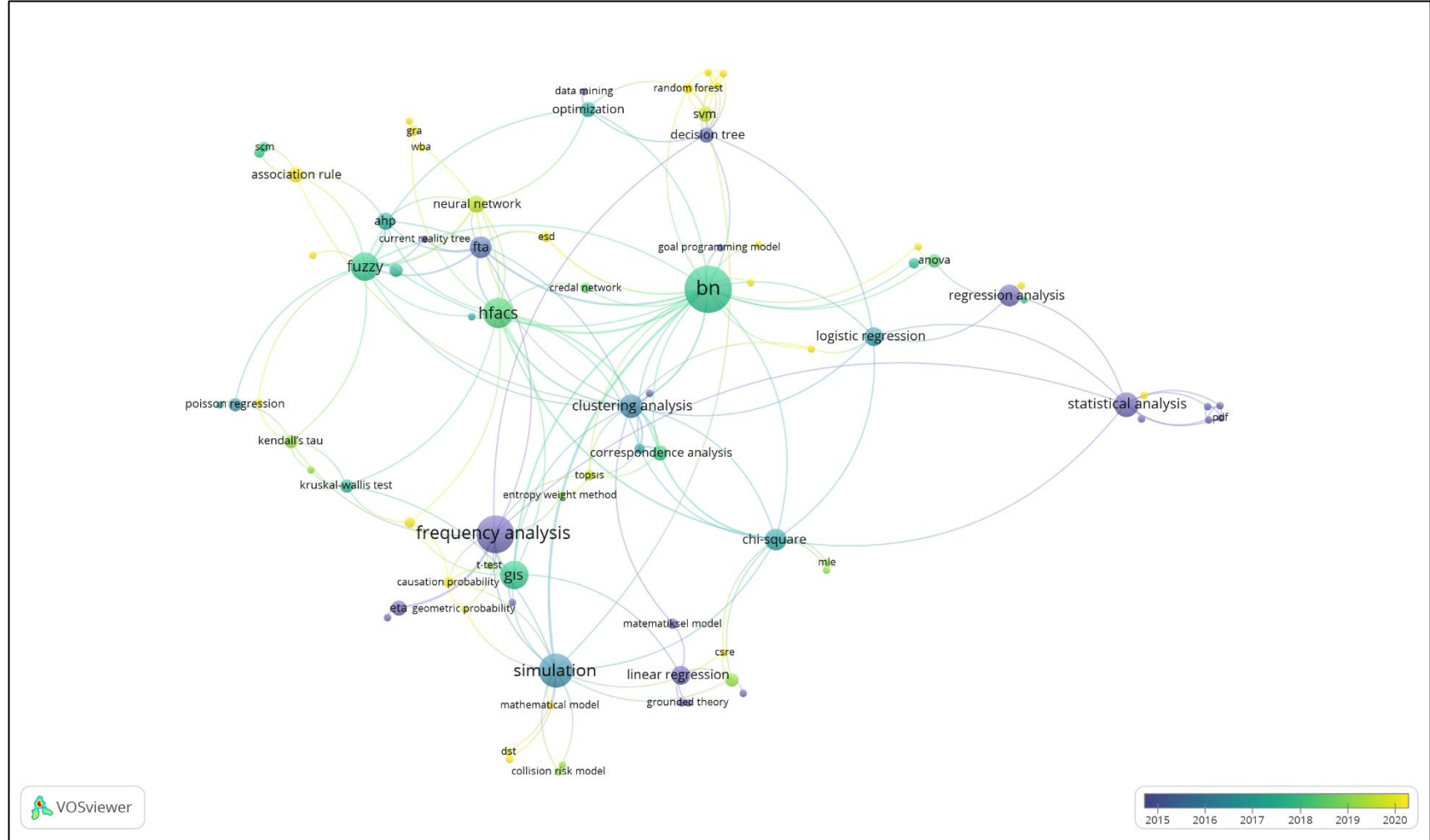
Çatma/çatışma kazalarının analizinde kullanılan modellerin ortalama yıllarının dağılımı Şekil 4.4'te verilmiştir. Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, Karar Ağacı (Decision Tree) ve Doğrusal Regresyon (Linear Regression) modelleri 2015 ve öncesindeki çalışmalarda sıklıkla kullanılmıştır (Şekil 4.4). Kümeleme Analizi (Clustering Analysis), Ki Kare, Simülasyon ve Lojistik Regresyon (Logistic Regression) modellerinin kullanıldığı makalelerin ortalama yayımlanma yılları 2016 olmuştur. AHP, Optimizasyon teknikleri ve GIS modellerini kullanan makalelerde ortalama yayım yılı 2017 olarak tespit edilmiştir. HFACS, Uyum Analizi (Correspondence Analysis), Yazılım–Donanım–Ortam–İnsan (SHEL), Varyans Analizi (ANOVA) modellerinin kullanıldığı çalışmaların yayım yılı ortalaması 2018'dir. Sinir Ağları, SVM, TOPSIS, Anket Çalışmaları yöntemlerini kullanan makalelerin ortalama yayım yılı 2019 olurken, 2020 ve sonrasındaki çalışmalarda Birliktelik Kuralı, GRA, Pearson Korelasyonu (Pearson Correlation), Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama (Cognitive Mapping) gibi modellerin kullanıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5** Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, Karar Ağacı, Doğrusal Regresyon
2016	Kümeleme Analizi, Ki Kare, Simülasyon, Lojistik Regresyon
2017	AHP, Optimizasyon, GIS
2018	HFACS, Uyum Analizi, SHEL, ANOVA
2019	Sinir Ağları, SVM, TOPSIS, Anket Çalışmaları
2020 ve sonrası	Birliktelik Kuralı, GRA, Pearson Korelasyonu, Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama



Şekil 4.3 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı



Şekil 4.4 Çatma/Çatışma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı

### 4.3 Karaya Oturma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller

Çalışmanın ayrıca karaya oturma kazalarının analizinde kullanılan modeller de incelenmiştir. Çalışmadaki 351 adet makaleden 131 tanesi karaya oturma kazalarının analizini içermektedir. Belirlenen 131 makalede toplam 85 farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil 4.5'te, 85 modelden 71'ini içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Karaya oturma kazalarının analizinde en sık kullanılan modeller 25 kez kullanılan BN, 20 kez kullanılan Frekans Analizi, 11 kez kullanılan HFACS, 10 kere ile Bulanık Mantık uygulamaları ve 9'ar defa kullanım ile Simülasyon ve GIS modelleridir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6** Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	25
Frekans Analizi	20
HFACS	11
Bulanık Mantık	10
GIS	9
Simülasyon	9
İstatistiksel Analiz	8
Regresyon Analizi	7
Kümeleme Analizi	6
Lojistik Regresyon	6
FTA	6

Ağın düğümleri arasındaki bağlantılar detaylı incelendiğinde 4 çalışmada Frekans Analizi ve GIS modellerinin beraber kullanıldıkları belirlenmiştir. Üçer çalışmada ise BN ve HFACS, Frekans Analizi ve ETA modellerinin bir arada kullanıldıkları görülmüştür. İkişer çalışmada birlikte kullanılan modeller Bulanık Mantık ve AHP, Bulanık Mantık ve Bilişsel Haritalama, BN ve FTA, BN ve Kümeleme Analizi, Rastgele Orman ve Karar Ağacı, HFACS ve Pearson Korelasyonu, Pearson Korelasyonu ve Kruskal-Wallis Testi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5 ve Çizelge 4.7).

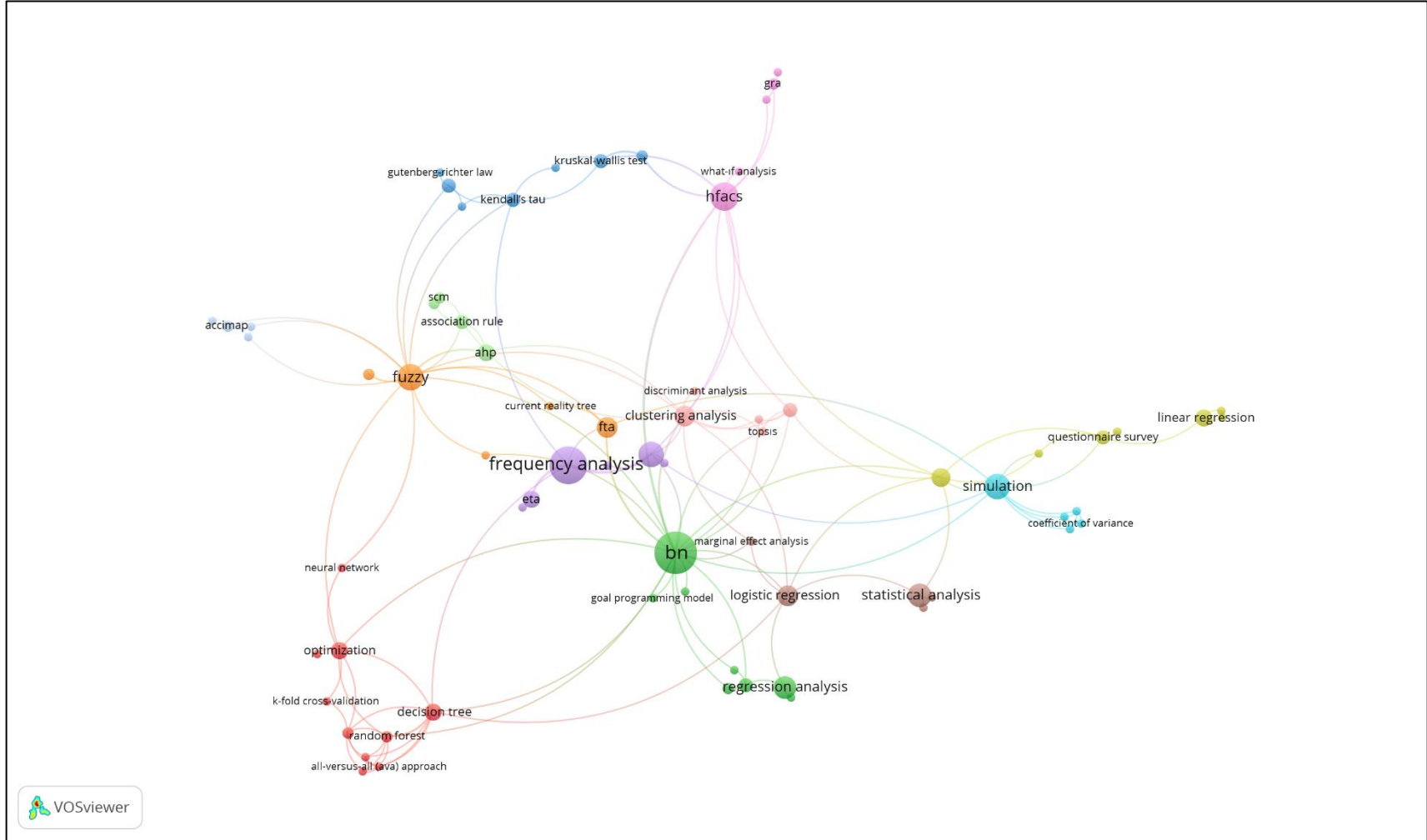
**Çizelge 4.7** Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller

<b>Kombine Kullanılan Modeller</b>	<b>Kombine Kullanıldığı Makale Sayısı</b>
Frekans Analizi – GIS	4
BN – HFACS	3
Frekans Analizi – ETA	3
Bulanık Mantık – AHP	2
Bulanık Mantık – Bilişsel Haritalama	2
BN – FTA	2
BN – Kümeleme Analizi	2
Rastgele Orman – Karar Ağacı	2
HFACS – Pearson Korelasyonu	2
Pearson Korelasyonu – Kruskal-Wallis Testi	2

Şekil 4.6’da karaya oturma kazalarının analizinde kullanılan modellerin ortalama yıllarının dağılımı verilmiştir. Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, FTA, ANP, Karar Ağacı ve Doğrusal Regresyon modelleri karaya oturma kazalarının analizi için daha çok 2015 ve öncesindeki çalışmalarda kullanılmıştır (Şekil 4.6). Ki Kare, Simülasyon, Lojistik Regresyon, AHP ve GIS modellerinin kullanıldığı makalelerin ortalama yayımlanma yılları 2016 olmuştur. HFACS, Ne-Eğer Analizi (What-If Analysis) ve Beklenti Maksimizasyon Algoritması (Expectation Maximization Algorithm) modellerini kullanan makalelerde ortalama yayım yılı 2017 olarak tespit edilmiştir. BN, Optimizasyon teknikleri, Bulanık Mantık uygulamaları, Sinir Ağları modellerinin kullanıldığı çalışmaların yayım yılı ortalaması 2018’dir. Kendall’s Tau, Birliktelik Kuralı, Anket Çalışmaları yöntemlerini kullanan makalelerin ortalama yayım yılı 2019 olurken, 2020 ve sonrasındaki çalışmalarda SVM, GRA, TOPSIS, Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama gibi modellerin kullanıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8** Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, FTA, ANP, Karar Ağacı, Doğrusal Regresyon
2016	Ki Kare, Simülasyon, Lojistik Regresyon, AHP, GIS
2017	HFACS, Ne-Eğer Analizi, Beklenti Maksimizasyon Algoritması
2018	BN, Optimizasyon teknikleri, Bulanık Mantık, Sinir Ağları
2019	Kendall’s Tau, Birliktelik Kuralı, Anket Çalışmaları
2020 ve sonrası	SVM, GRA, TOPSIS, Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama



Şekil 4.5 Karaya Oturma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı





#### 4.4 Yangın/Patlama Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller

Çalışmada yangın/patlama kazalarının analizinde kullanılan modellerin incelemesi de yapılmıştır. Belirlenen 351 adet makaleden 105 tanesi yangın/patlama kazalarının analizini içermektedir. Bu 105 makalede toplam 72 farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil 4.7’de 72 modelden 59’unu içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Yangın/patlama kazalarının analizinde 19 kez kullanılan BN en sık kullanılan model olmuştur. Ardından 16 kez kullanılan Frekans Analizi, 12 kere ile Bulanık Mantık uygulamaları ve 10’ar kez kullanılan FTA ve Regresyon Analizleri gelmektedir (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.9** Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	19
Frekans Analizi	16
Bulanık Mantık	12
FTA	10
Regresyon Analizi	10
HFACS	7
GIS	7
İstatistiksel Analiz	7
AHP	5
Lojistik Regresyon	5

Ağın düğümleri arasındaki bağlantılar detaylı incelendiğinde 5 çalışmada FTA ve Bulanık Mantık modellerinin beraber kullanıldıkları belirlenmiştir. Üçer çalışmada ise Bulanık Mantık ve AHP, Frekans Analizi ve ETA, GIS ve Frekans Analizi modellerinin bir arada kullanıldıkları görülmüştür. İkişer çalışmada birlikte kullanılan modeller Bulanık Mantık ve HFACS, BN ve FTA, BN ve Kümeleme Analizi, Rastgele Orman ve Karar Ağacı olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7 ve Çizelge 4.10).

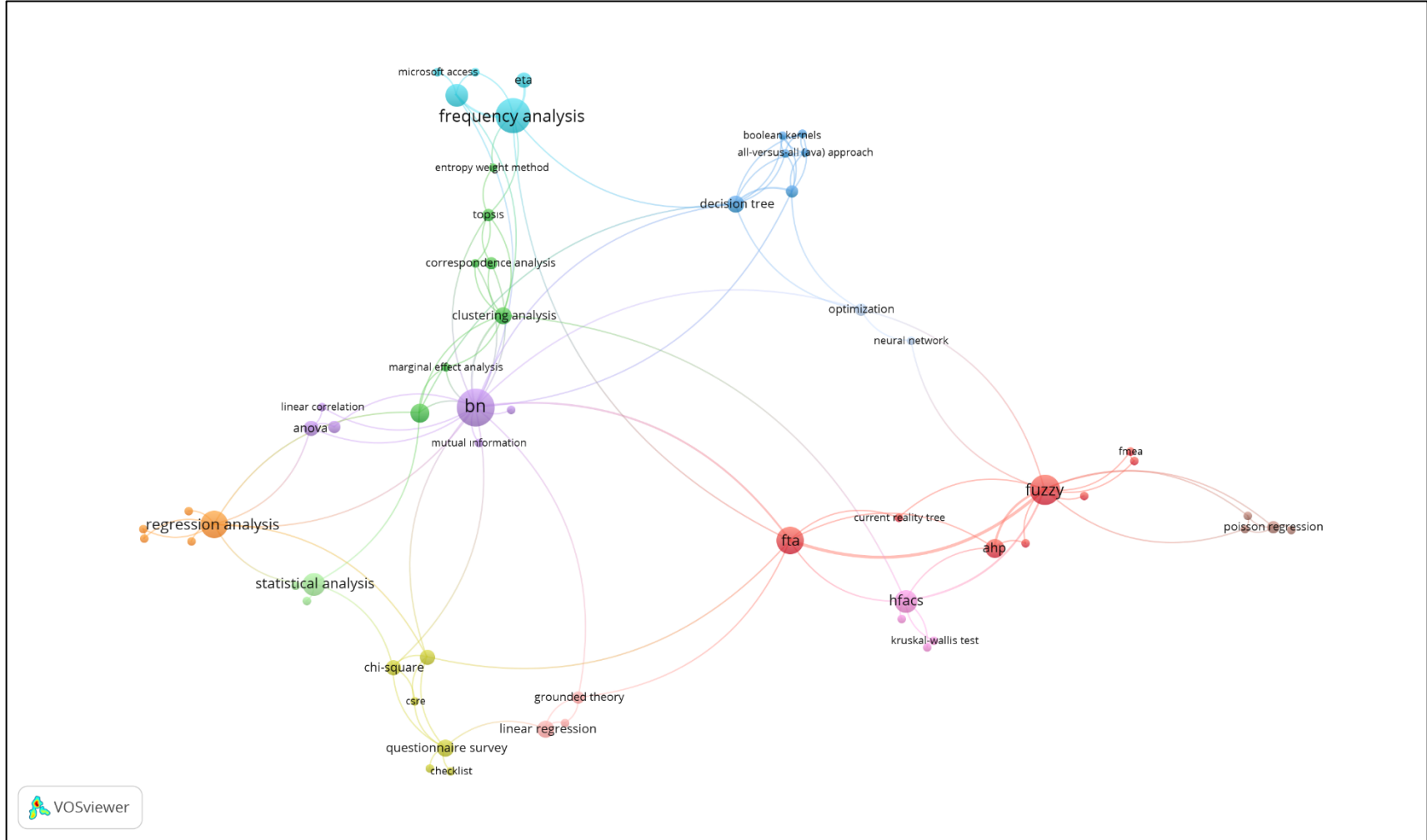
**Çizelge 4.10** Yangın/Patlama Kazaları Analizinde En Sık Kombine Edilen Modeller

<b>Kombine Kullanılan Modeller</b>	<b>Kombine Kullanıldığı Makale Sayısı</b>
FTA – Bulanık Mantık	5
Bulanık Mantık – AHP	3
Frekans Analizi – ETA	3
Frekans Analizi – GIS	3
Bulanık Mantık – HFACS	2
BN – FTA	2
BN – Kümeleme Analizi	2
Rastgele Orman – Karar Ağacı	2

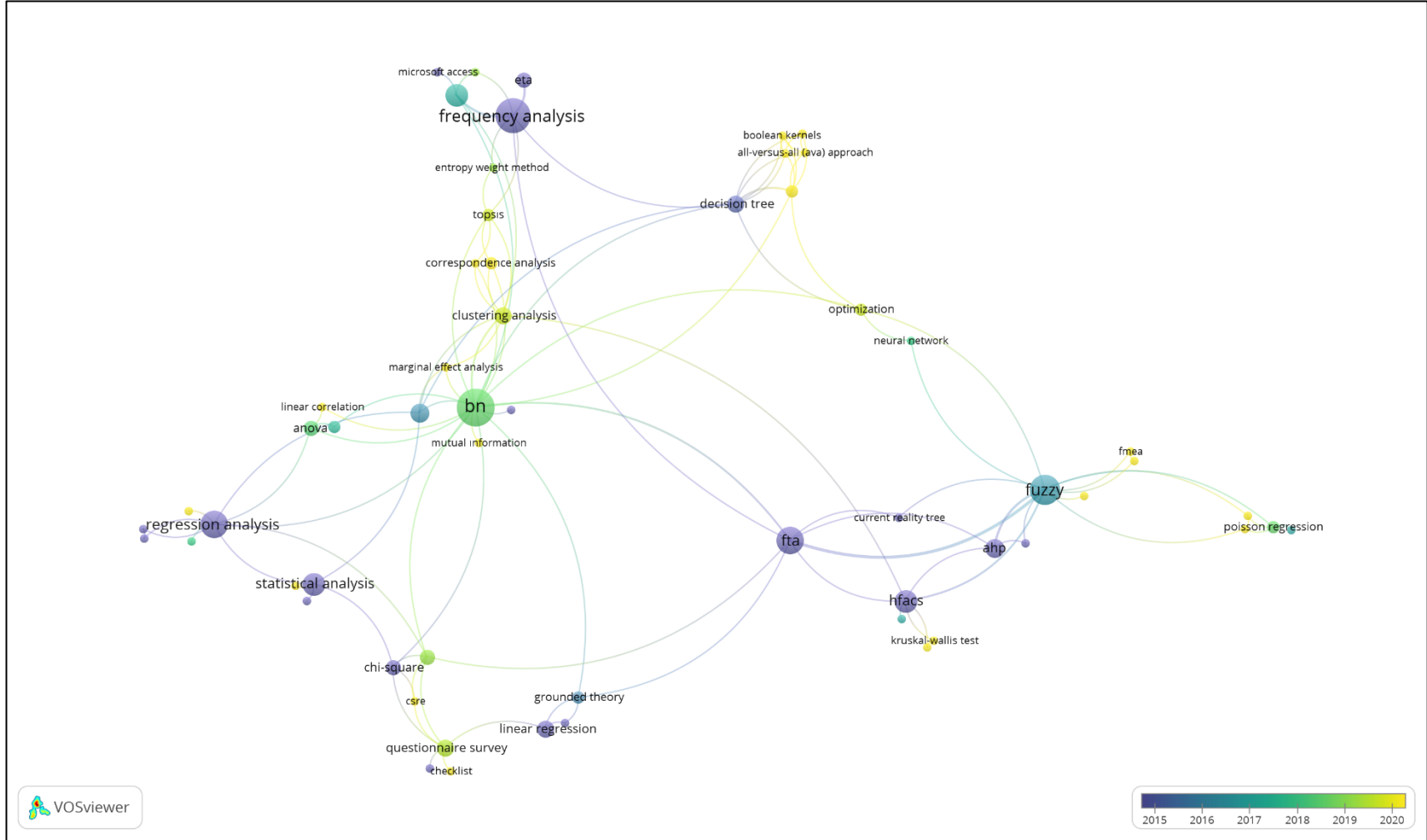
Şekil 4.8’de yangın/patlama kazalarının analizinde kullanılan modellerin ortalama yıllarının dağılımı verilmiştir. Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, FTA, AHP, Karar Ağacı ve Doğrusal Regresyon modelleri yangın/patlama kazalarının analizi için 2015 ve öncesindeki çalışmalarda daha çok kullanılmıştır (Şekil 4.8). Lojistik Regresyon ve Bulanık Mantık uygulamalarının kullanıldığı makalelerin ortalama yayımlanma yılları 2016 olmuştur. Ne-Eğer Analizi, Beklenti Maksimizasyon Algoritması ve GIS modellerini kullanan makalelerde ortalama yayım yılı 2017 olarak tespit edilmiştir. BN, Sinir Ağları, Poisson Regresyon (Poisson Regression), ANOVA modellerinin kullanıldığı çalışmaların yayım yılı ortalaması 2018’dir. Simülasyon, Kümeleme Analizi, Optimizasyon teknikleri, Anket Çalışmaları ve TOPSIS modellerini kullanan makalelerin ortalama yayım yılı 2019 olurken, 2020 ve sonrasındaki çalışmalarda Çıkarım Sistemleri, Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama, Uyum Analizi gibi modellerin kullanıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11** Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	Frekans Analizi, İstatistiksel Analiz, Regresyon Analizi, ETA, FTA, AHP, Karar Ağacı, Doğrusal Regresyon
2016	Lojistik Regresyon, Bulanık Mantık
2017	Ne-Eğer Analizi, Beklenti Maksimizasyon Algoritması, GIS
2018	BN, Sinir Ağları, Poisson Regresyon, ANOVA
2019	Simülasyon, Kümeleme Analizi, Optimizasyon, Anket Çalışmaları, TOPSIS
2020 ve sonrası	Çıkarım Sistemleri, Rastgele Orman, Bilişsel Haritalama, Uyum Analizi



Şekil 4.7 Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı



Şekil 4.8 Yangın/Patlama Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı

#### 4.5 Batma Kazalarının Analizinde Kullanılan Modeller

Çalışmanın bu aşamasında sadece batma kazalarının analizinde kullanılan modeller incelenmiştir. Çalışmadaki 351 adet makaleden 93 tanesi batma kazalarının analizini içermektedir. Bu 93 makalede toplam 70 farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil 4.9’da 70 modelden 57’sini içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Batma kazalarının analizinde en sık kullanılan modeller 17 kere kullanılan BN, 10 kez kullanılan Frekans Analizi, 9 kez kullanılan GIS, 8 kez kullanılan Regresyon Analizi ve 7’şer kez kullanılan HFACS ve Simülasyon modelleridir (Çizelge 4.12).

**Çizelge 4.12** Batma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kullanılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	17
Frekans Analizi	10
GIS	9
Regresyon Analizi	8
HFACS	7
Simülasyon	7
İstatistiksel Analiz	6
Kümeleme Analizi	5
Bulanık Mantık	5

Ağın düğümleri arasındaki bağlantılar detaylı incelendiğinde batma kazalarının analizi için 3 çalışmada Frekans Analizi ve GIS modellerinin beraber kullanıldıkları tespit edilmiştir. 2’şer çalışmada ise BN ve GIS, Frekans Analizi ve ETA, BN ve Kümeleme Analizi, Rastgele Orman ve Karar Ağacı, SHEL ve İsviçre Peyniri Modeli (SCM) modellerinin bir arada kullanıldıkları görülmüştür (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.13).

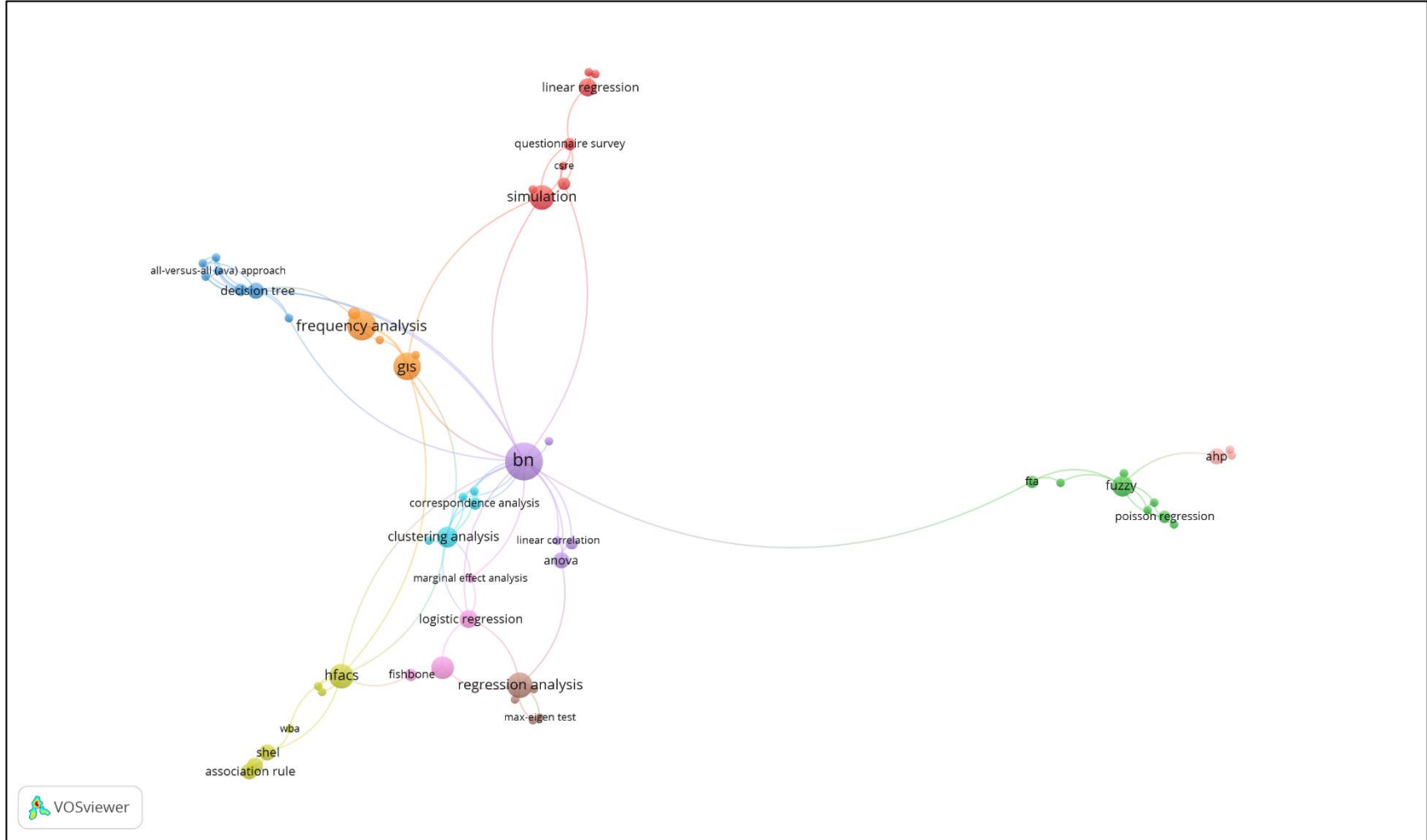
**Çizelge 4.13** Batma Kazalarının Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller

Kombine Kullanılan Modeller	Kombine Kullanıldığı Makale Sayısı
Frekans Analizi – GIS	3
BN – GIS	2
Frekans Analizi – ETA	2
BN – Kümeleme Analizi	2
Rastgele Orman – Karar Ağacı	2
SHEL – SCM	2

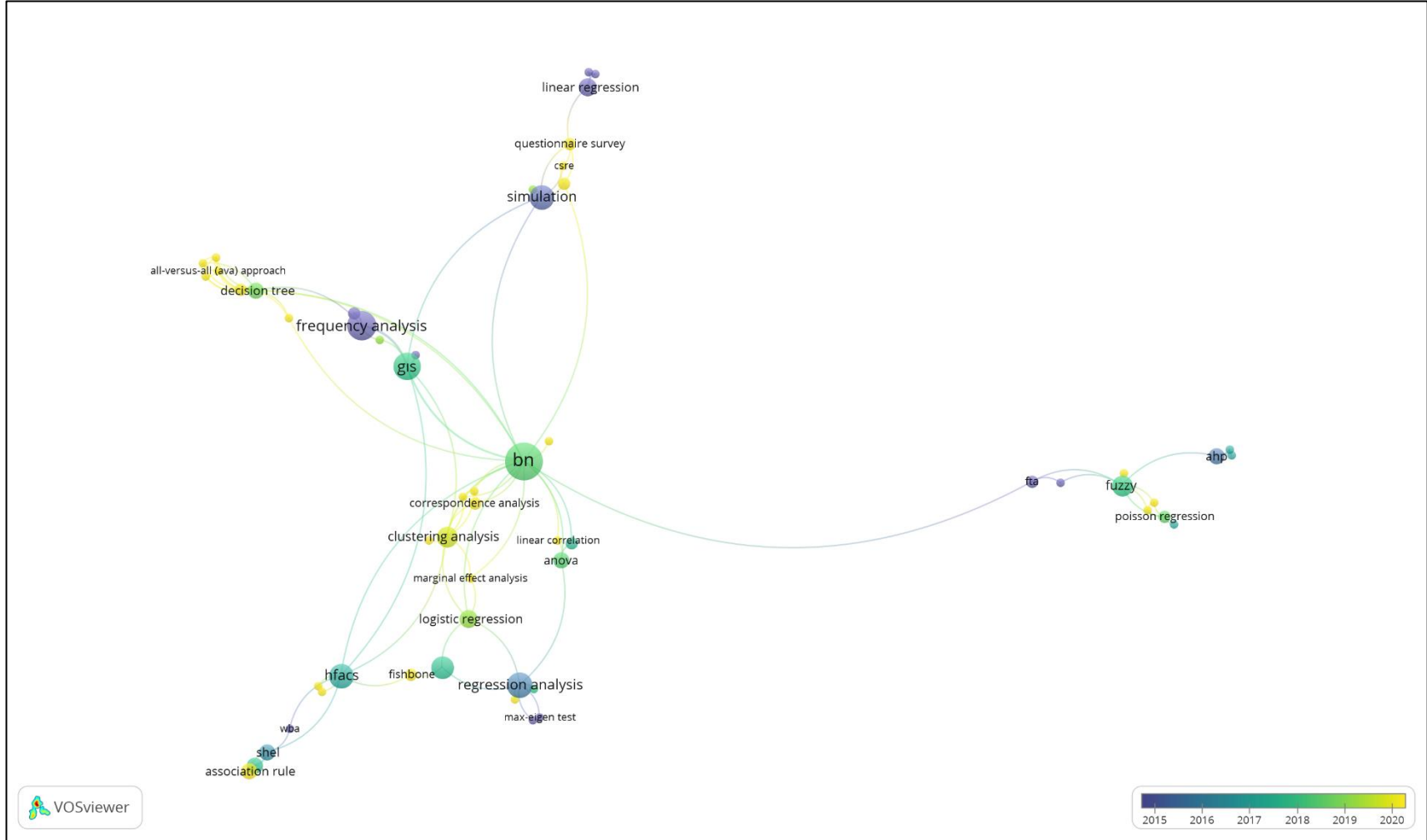
Şekil 4.10, batma kazalarının analizinde kullanılan modellerin ortalama yıllarının dağılımını göstermektedir. Frekans Analizi, Regresyon Analizi, ETA, FTA, AHP ve Doğrusal Regresyon modelleri batma kazalarının analizi için daha çok 2015 ve öncesindeki çalışmalarda kullanılmıştır (Şekil 4.10). SHEL modelinin kullanıldığı makalelerin yayımlanma yılı ortalaması 2016 olmuştur. HFACS, SCM, İstatistiksel Analiz, GIS, CREAM ve Kanıtsal Muhakeme (Evidential Reasoning) modellerini kullanan makalelerde ortalama yayım yılı 2017 olarak tespit edilmiştir. BN, Bulanık Mantık uygulamaları, ANOVA ve Karar Ağacı modellerinin kullanıldığı çalışmaların yayım yılı ortalamasının 2018 olduğu belirlenmiştir. Lojistik Regresyon, Kümeleme Analizi modellerini kullanan makalelerin ortalama yayım yılı 2019 olurken, 2020 ve sonrasındaki çalışmalarda Birliktelik Kuralı, Rastgele Orman, Balık Kılçığı (Fishbone), Ki Kare, DEMATEL ve Anket Çalışmaları gibi modellerin kullanıldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.14** Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	Frekans Analizi, Regresyon Analizi, ETA, FTA, AHP, Doğrusal Regresyon
2016	SHEL
2017	HFACS, SCM, İstatistiksel Analiz, GIS, CREAM, Kanıtsal Muhakeme
2018	BN, Bulanık Mantık, ANOVA, Karar Ağacı
2019	Lojistik Regresyon, Kümeleme Analizi
2020 ve sonrası	Birliktelik Kuralı, Rastgele Orman, Balık Kılçığı, Ki Kare, DEMATEL, Anket Çalışmaları



Şekil 4.9 Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin İlişki Ağı



Şekil 4.10 Batma Kazalarının Analizi Kapsamında Kullanılan Modellerin Yıllara Göre Dağılım Ağı



#### 4.6 Deniz Kazalarının Analizi Kapsamında Kombine Edilen Modeller

Çalışmada ayrıca deniz kazalarının analizinde kullanan kombine modellerin incelemesi de yapılmıştır. Çalışmadaki 351 adet makaleden 179 tanesi kazalarının analizi için birden fazla yöntemi kombine etmiştir. Belirlenen 179 makalede toplam 128 farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Şekil 4.11’de 128 modelden 115’ini içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Kombinasyonlarda en sık kullanılan modellerin BN (37 kez), Bulanık Mantık uygulamaları (31 kez), Simülasyon modelleri (25 kez), HFACS (24 kez), Frekans Analizi (18 kez), FTA (15 kez), AHP (12 kez), GIS (11 kez), Regresyon Analizi (11 kez) ve Ki Kare (10 kez) modelleri olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.15** Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kombine Model Kullanan Makalelerde En Sık Karşılaşılan Modeller

Model	Yer Aldığı Makale Sayısı
BN	37
Bulanık Mantık	31
Simülasyon	25
HFACS	24
Frekans Analizi	18
FTA	15
AHP	12
GIS	11
Regresyon Analizi	11
Ki Kare	10
Kümeleme Analizi	10
İstatistiksel Analiz	10

Ağdaki düğümler arası bağlantılar detaylı incelendiğinde Bulanık Mantık ve AHP modelinin beraber kullanıldığı 9 çalışma bulunurken, Bulanık Mantık ve FTA ile BN ve Simülasyon modellerinin beraber kullanıldıkları altışar çalışma olduğu tespit edilmiştir. BN’nın beşer çalışmada FTA ve HFACS modelleri ile birlikte kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında Bulanık Mantık uygulamalarının Çıkarım Sistem uygulamaları ile birlikte kullanıldığı 5 çalışma olduğu belirlenmiştir. Dörder çalışmada BN ve Optimizasyon tekniklerinin, HFACS ve AHP’nin, HFACS ve Bulanık Mantık uygulamalarının, Frekans Analizi ve GIS uygulamalarının beraber kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4.11 ve Çizelge 4.16).

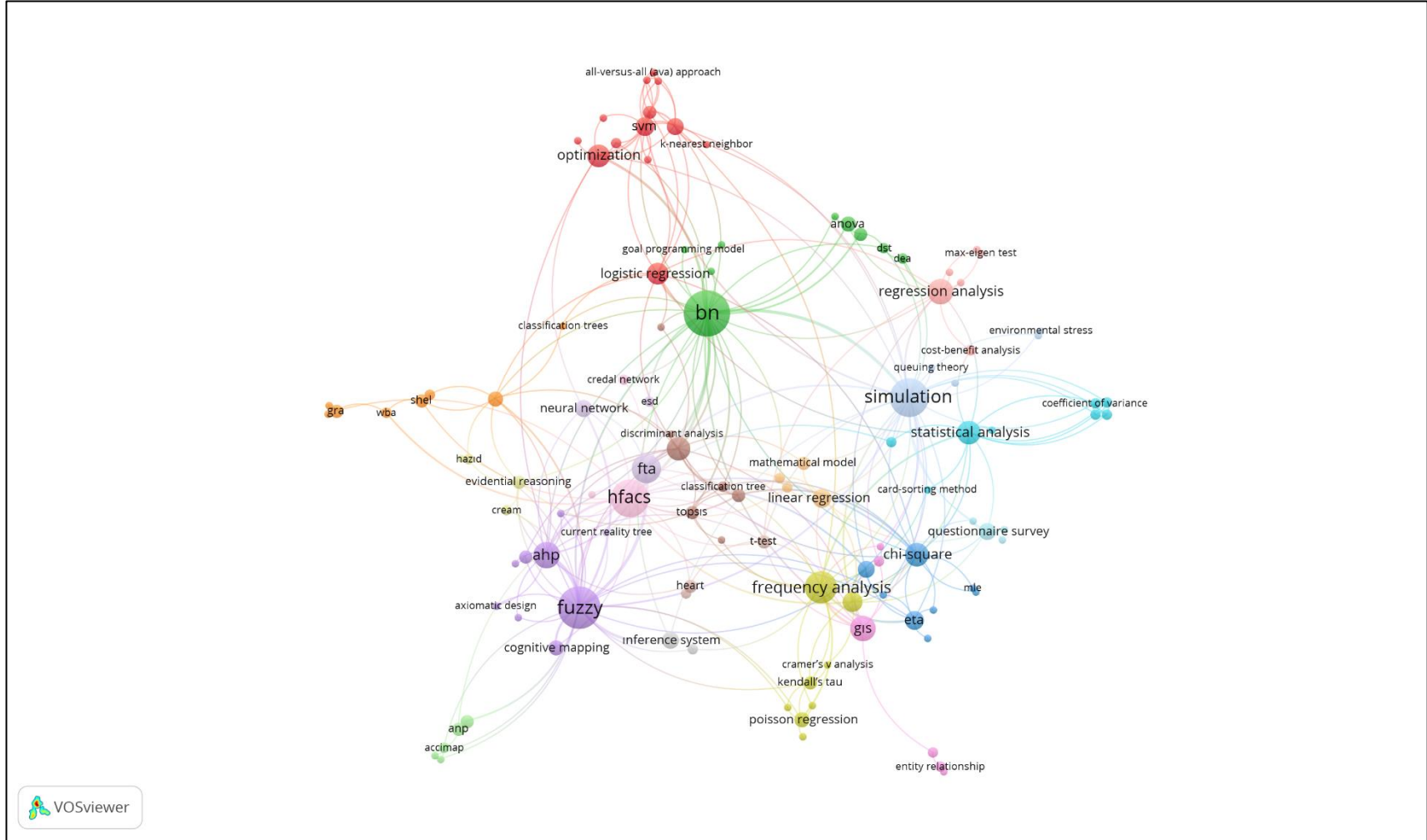
**Çizelge 4.16** Deniz Kaza Analizi Kapsamında En Sık Kombine Edilen Modeller

<b>Kombine Kullanılan Modeller</b>	<b>Kombine Kullanıldığı Makale Sayısı</b>
Bulanık Mantık – AHP	9
Bulanık Mantık – FTA	6
BN – Simülasyon	6
BN – FTA	5
BN – HFACS	5
Bulanık Mantık – Çıkarım Sistemleri	5
BN – Optimizasyon	4
HFACS – AHP	4
HFACS – Bulanık Mantık	4
Frekans Analizi – GIS	4

Kombine modellerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, 2015 ve öncesinde deniz kazalarının analizi için kombine edilen modeller içinde en sık yer alanlar İstatistiksel Analiz, Frekans Analizi, Ki Kare, ETA, Karar Ağacı ve Poisson Regresyon bulunmaktadır. AHP, Kümeleme Analizi, FTA, AcciMap, Neden-Çünkü Analizi (WBA) modellerinin kombinasyonlarda kullanım ortalaması 2016 yılıdır. HFACS, Simülasyon modelleri, Regresyon Analizi ve GIS modellerinin kombinasyonlarda kullanıldığı makalelerin ortalama yayım yılı 2017 olmuştur. Optimizasyon teknikleri, BN, Kanıtsal Muhakeme, Bilişsel Haritalama, Birliktelik Kuralı modellerini kullanan makaleler ortalama 2018 yılında yayımlanmıştır. SVM, DEMATEL, HEART, Sinir Ağları, Çevresel Stres modellerinin kombinasyonlarda kullanım yılı ortalaması 2019'dur. 2020 ve sonrasındaki makalelerde kombine edilen modeller Rastgele Orman, GRA, ESD, Doğrusal Korelasyon (Linear Correlation), TOPSIS modelleri olmuştur (Şekil 4.12 ve Çizelge 4.17).

**Çizelge 4.17** Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kombine Modellerin Yer Aldığı Makalelerin Ortalama Yayım Yılı

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>
2015 ve öncesi	İstatistiksel Analiz, Frekans Analizi, Ki Kare, ETA, Karar Ağacı, Poisson Regresyon
2016	AHP, Kümeleme Analizi, FTA, AcciMap, WBA
2017	HFACS, Simülasyon modelleri, Regresyon Analizi, GIS
2018	Optimizasyon, BN, Kanıtsal Muhakeme, Bilişsel Haritalama, Birliktelik Kuralı
2019	SVM, DEMATEL, HEART, Sinir Ağları, Çevresel Stres
2020 ve sonrası	Rastgele Orman, GRA, ESD, Doğrusal Korelasyon, TOPSIS



Şekil 4.11 Kombine Edilen Modeller Arasındaki İlişki Ağı



#### 4.7 Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında Yer Alan Yazarlar

Çalışma kapsamında deniz kaza analizi yapan 351 adet makale tespit edilmiştir. Tespit edilen 351 makalenin yazarları ve bu yazarlar arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Makalelerde toplam 722 farklı yazar yer almaktadır. Şekil 4.13'te 722 yazardan 243'ünü içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Çalışma kapsamındaki deniz kazalarının analizine yönelik en fazla çalışması olan yazarlar 16'şar makalesi olan Jin Wang ve Özkan Uğurlu, 14 makale ile Pentti Kujala, 11 makale ile Floris Goerlandt ve 9 makalesi olan Zaili Yang'tır (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.18** Deniz Kaza Analizi Çalışan Yazarlar

Yazar	Makale Sayısı
Jin Wang	16
Özkan Uğurlu	16
Pentti Kujala	14
Floris Goerlandt	11
Zaili Yang	9
Xinping Yan	8
Jakub Montewka	8
Jinfen Zhang	7
Bing Wu	7
Yang Wang	7

Yazarlar arası ilişki incelendiğinde en çok beraber çalışan yazarlar 8 ortak makalesi olan J. Wang ve Ö. Uğurlu olmuştur. P. Kujala ve F. Goerlandt yayımladıkları 7 makalede birlikte çalışmışlardır. P. Kujala ve J. Montewka ile R. E. Kurt ve B. Navas de Maya birlikte altışar makale yayımlamışlardır. Beşer makalede bir arada görülen yazarlar ise Ö. Uğurlu ve U. Yıldırım, S. Yıldız ve J. Wang, S. Yıldız ve Ö. Uğurlu'nun yanı sıra Z. Yang, X. Yan ve J. Zhang üçlüsü de 5 adet makalede bir arada yer almaktadır (Şekil 4.13 ve Çizelge 4.19).

**Çizelge 4.19** Deniz Kaza Analizi Çalışmalarda En Sık Birlikte Çalışan Yazarlar

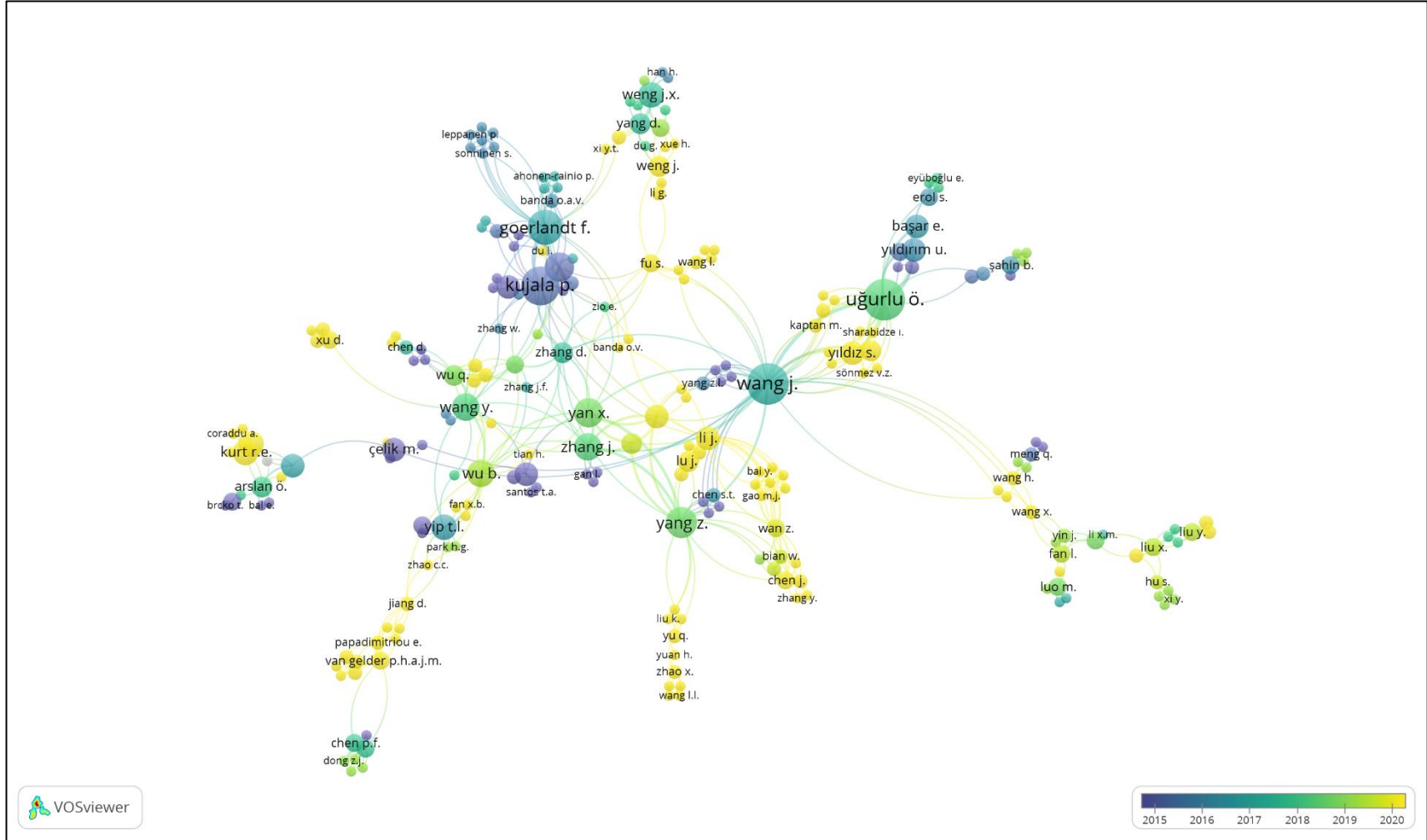
Birlikte Çalışan Yazarlar	Makale Sayısı
J. Wang – Ö. Uğurlu	8
P. Kujala – F. Goerlandt	7
P. Kujala – J. Montewka	6
R. E. Kurt – B. Navas de Maya	6
Ö. Uğurlu – U. Yıldırım	5
S. Yıldız – J. Wang	5
S. Yıldız – Ö. Uğurlu	5
Z. Yang – X. Yan – J. Zhang	5

Makalelerin yayımlanma yıllarına göre yazarlar incelendiğinde P. Kujala, J. Montewka, M. Çelik ve C. G. Soares yazarlarının çalışmalarının 2015 ve öncesinde yayımlandığı ortaya çıkmıştır. F. Goerlandt, E. Akyüz, T. L. Yip, U. Yıldırım ve E. Başar tarafından yapılan çalışmaların ortalama yayım yılları 2016 olmuştur. J. Wang, J. X. Weng, D. Zhang ve D. Chen yazarlarının makalelerinde ortalama yayımlanma yılı 2017'dir. Ö. Uğurlu, Z. Yang, X. Yan, Y. Wang, Ö. Arslan yazarlarının makaleleri 2018 yayım yılı ortalamasına sahiptir. 2019 yılı yayım ortalamasına sahip makalelerde B. Wu, T. Chai, E. Blanco-davis, L. Fan, X. Liu ve Y. Liu isimleri görülmektedir. 2020 ve sonrasında yayımlanmış makalelerde en sık karşılaşılan yazarlar ise R. E. Kurt, B. Navas de Maya, S. Yıldız, S. Loughney, J. Li, J. Weng ve S. Fu'dur (Şekil 4.14 ve Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.20** Deniz Kaza Analizi Çalışan Yazarların Yayım Yılları Ortalaması

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Yazarlar</b>
2015 ve öncesi	P. Kujala, J. Montewka, M. Çelik, C. G. Soares
2016	F. Goerlandt, E. Akyüz, T. L. Yip, U. Yıldırım, E. Başar
2017	J. Wang, J. X. Weng, D. Zhang, D. Chen
2018	Ö. Uğurlu, Z. Yang, X. Yan, Y. Wang, Ö. Arslan
2019	B. Wu, T. Chai, E. Blanco-davis, L. Fan, X. Liu, Y. Liu
2020 ve sonrası	R. E. Kurt, B. Navas de Maya, S. Yıldız, S. Loughney, J. Li, J. Weng, S. Fu





Şekil 4.14 Deniz Kaza Analizi Çalışmaları Yapan Yazarların Yıllara Göre Dağılım Ağı



#### 4.8 Deniz Kaza Analizi Kapsamında Kullanılan Kaza Veri Tabanları

Çalışmanın bu aşamasında deniz kaza analizine yönelik çalışmalarda yararlanılan kaza veri tabanları incelenmiştir. Çalışmadaki 351 adet makalede deniz kazalarının analizi için yararlanılan 40 farklı uluslararası kaza veri tabanı tespit edilmiştir. Şekil 4.15'te 40 veri tabanından 36'sını içeren en büyük ilişki ağı verilmiştir. Birleşik Krallık (BK) Merkezli Kaza Araştırma Kuruluşlarına (MKAK) ait veri tabanları 92 makalede kullanılarak en sık yararlanılan kaza veri tabanları olmuştur. Ardından 34 makalede yararlanılan IMO'nun GISIS veri tabanı en sık başvurulan ikinci kaza veri tabanıdır. Amerika Birleşik Devletleri MKAK'ye ait veri tabanları 28 çalışmada, Çin Halk Cumhuriyeti MKAK'ye ait veri tabanları 27 çalışmada ve Avustralya MKAK'ye ait veri tabanları 25 çalışmada kullanılarak diğer en sık yararlanılan kaza veri tabanları olarak ön plana çıkmışlardır. Ayrıca Kanada (23), Avrupa Birliği (20), Finlandiya (19), Almanya (17), Japonya (16), Norveç (16), Danimarka (14), İsveç (13), Türkiye (11) ve Güney Kore (10) MKAK'ye ait veri tabanları da 10 ve üzerinde makalede yararlanılan veri tabanlarıdır (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21** Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında En Sık Yararlanılan Veri Tabanları

<b>Kaza Veri Tabanı</b>	<b>Makale Sayısı</b>
BK	92
GISIS	34
ABD	28
Çin Halk Cumhuriyeti	27
Avustralya	25
Kanada	23
AB	20
Finlandiya	19
Almanya	17
Norveç	16
Japonya	16

Düğümmler arasındaki ilişki incelendiğinde BK MKAK'nin GISIS ve Avustralya MKAK ile 22'ser kez, Kanada MKAK ile 21 kez, ABD MKAK ile 17 kez, Avrupa Birliği ve Almanya MKAK ile 15'er kez beraber kullanıldığı belirlenmiştir. Avustralya ve Kanada MKAK 14 çalışmada beraber kullanılırken, BK MKAK ve Japonya MKAK 13 çalışmada birlikte yararlanılan veri tabanları olmuştur (Şekil 4.15 ve Çizelge 4.22).

**Çizelge 4.22** Deniz Kaza Analizi Çalışmalarında En Sık Birlikte Kullanılan Veri Tabanları

<b>Birlikte Kullanılan Kaza Veri Tabanı</b>	<b>Makale Sayısı</b>
BK – GISIS	22
BK – Avustralya	22
BK – Kanada	21
BK – ABD	17
AB – Almanya	15
Avustralya – Kanada	14
BK – Japonya	13

Çalışmaların yayım yıllarına göre yararlandıkları veri tabanları arasındaki ilişki incelendiğinde, BK, ABD, Norveç, Finlandiya, Danimarka MKAK 2015 ve öncesinde yayımlanmış makalelerde sıklıkla kullanılmıştır. Hollanda MKAK veri tabanlarından yararlanan makalelerin yayım yılı ortalaması 2016’dır. Avustralya, Kanada, Almanya, Avrupa Birliği, Güney Kore MKAK ve GISIS veri tabanlarını kullanan makalelerin yayım yılı ortalaması 2017 olmuştur. Çin Halk Cumhuriyeti, Türkiye, Japonya ve Fransa MKAK kaza veri tabanlarının kullanıldığı makalelerin ortalama yayım yılı 2018’dir. Malta, Bahamalar, Letonya MKAK veri tabanları 2019 yayım yılı ortalaması olan makalelerde görülmektedir. Romanya, Bulgaristan, Gürcistan ve Polonya MKAK veri tabanlarının makalelerde kullanım ortalaması 2020 ve sonrasıdır (Şekil 4.16 ve Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23** Kaza Veri Tabanlarının Kullanıldığı Çalışmaların Yayım Yılı Ortalaması

<b>Yayım Yılı Ortalaması</b>	<b>Kaza Veri Tabanı</b>
2015 ve öncesi	BK, ABD, Norveç, Finlandiya, Danimarka MKAK
2016	Hollanda MKAK
2017	Avustralya, Kanada, Almanya, Avrupa Birliği, Güney Kore MKAK, GISIS
2018	Çin Halk Cumhuriyeti, Türkiye, Japonya, Fransa MKAK
2019	Malta, Bahamalar, Letonya MKAK
2020 ve sonrası	Romanya, Bulgaristan, Gürcistan, Polonya MKAK





## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında deniz kaza analizi kapsamında kullanılan modeller, Hollnagel (2002) tarafından tanımlanan sıralı, epidemiyolojik ve sistemik yöntemler kategorileri altında sınıflandırılmak istenmiştir. Bazı modeller için bu sınıflandırma sistemi iyi çalışmaktadır. Ancak modellerin çeşitliliğinin yanında yapılarının da oldukça farklı olması tüm modelleri tanımlanan üç kategori altına dağıtmak için yetersiz kalmaktadır. Literatürdeki diğer sınıflandırma yöntemlerinde de aynı yetersiz tanımlamanın olduğu görülmüştür (bakınız Bölüm 1.6). Nitekim, Sklet (2004), 14 modeli beş kategoriye göre sınıflandırmıştır ancak bazı modeller birden fazla kategori altına dahil edilmiştir. Katsakiori ve ark., (2009) dört kategori altında 13 modeli sınıflandırmıştır. Marhavilas ve ark., (2011) ise yaptıkları sınıflandırmada üç kategori altında 18 modeli sınıflandırabilmiştir. Bu tez çalışmasında ise 142 analiz modeli bulunmaktadır. Dolayısıyla modellerin bir sınıflandırması yapılamamıştır.

Bu tez çalışmasında incelenen deniz kaza analizi çalışmalarının %49'u çatma/çatışma kazalarının analizini içermektedir. Bunun yanında çalışmaların %37'sinde karaya oturma, %30'unda yangın/patlama, %26'sında batma kazalarının incelemesi yer almaktadır. Wang ve ark., (2021) çalışmasında batma kazalarının %85 oranında çok ciddi kazalar olarak sonuçlandığını ortaya koymuştur. Aynı çalışma, yangın/patlama kazalarının %38, çatma/çatışma kazalarının %20 ve karaya oturma kazalarının ise %13 oranında çok ciddi kazalar olarak sonuçlandığını tespit etmiştir. Batma kazalarının sonuçları karaya oturma veya yangın/patlama kazalarına oranla daha ciddi olmasına rağmen karaya oturma ve yangın/patlama kazalarına yönelik çalışmaların sayısının batma kazalarından fazla olduğu görülmüştür. Bu çıktı, kazaların analizine yönelik çalışmaların kazaların ciddiyetinden ziyade kaza sayılarına paralel olarak şekillendiğini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamındaki 52 makalede kullanılan BN modelinin 33 farklı modelle kombine edildiği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle 19 makalede BN tek analiz modeli olarak deniz kazalarının analizi için kullanılmıştır. Bu sonuç BN modelinin kaza analizi kapsamında çok yönlü bir model olduğunu göstermektedir. Verileri tek başına analiz edebildiği gibi farklı modellerle iş birliğine yatkın olduğunu ortaya koymaktadır. BN gerek geçmiş verilerden gerekse uzman görüşlerinden

yararlanabildiğinden (Uusitalo, 2007; Arora ve ark., 2019; Wu ve ark., 2022) deniz kazaları gibi salt bilginin yanında uzman tecrübelerinin de son derece kıymetli olduğu karmaşık sistemlerde önemli kullanım avantajlarına sahiptir. Bu özelliklerin, BN'nin deniz kaza analizi kapsamında en sık kullanılan model olmasının arkasındaki neden olduğu değerlendirilmektedir. Bunun yanında, Chen ve ark., (2021) petrol ve gaz boru hattı endüstrisine yönelik trendleri inceledikleri çalışmada petrol ve gaz boru hatlarında risk değerlendirmesi için BN'nin en sık tercih edilen analiz yöntemi olduğunu ortaya koymuştur.

Simülasyon modelleri, kullanıldığı 35 makaleden 33'ünde başka modellerle kombine edilmiştir. Benzer şekilde Bulanık Mantık 32 makaleden 30'unda, HFACS 28 makaleden 25'inde, AHP 18 makalenin 16'sında farklı modellerle beraber kullanılmıştır. Bu sonuç, bu modellerden elde edilen çıktıların tek başına yetersiz olduğu ve anlamlandırılması için bir başka modele daha ihtiyaç duyulduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim HFACS yöntemi ile yapılan bir analiz kazanın nedensel faktörlerini etkili bir şekilde ortaya koymasına rağmen bu nedensel faktörlerin etki derecelerini göstermemektedir. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla HFACS modelinin BN, AHP ve FTA gibi nicel değerler üretebilen modellerle kombine edilerek kullanımı yaygın haldedir (Celik ve Cebi, 2009; Zhang ve ark., 2019; Kaptan ve ark., 2021).

Frekans Analizinin kullanıldığı 35 çalışmadan 17'sinde farklı modellerle kombine edildiği görülmüştür. Bu sonuç, 18 çalışmada yalnızca Frekans Analizi yapıldığını belirtmektedir. Frekans Analizinin kullanıldığı makalelerin ortalama yayım yılınının 2010 olması bu modelin nispeten eski çalışmalarda kullanıldığını ortaya koymaktadır. Ancak modelin kullanımının eski olmasına rağmen güncel makalelerde de destekleyici ve açıklayıcı olarak kullanımının devam ettiği görülmektedir (Lozowicka ve Kaup, 2015; Ventikos ve ark., 2018; Chou ve ark., 2019). Bu, Frekans Analizinin basit ve hemen her olaya uygulanabilirliğinin bir sonucudur. Buradan yola çıkarak Frekans Analizinin geçmişte olduğu gibi gelecekte de kullanılmaya devam edeceği söylenebilir.

BN ve Frekans Analizi tüm kaza türlerinde en sık kullanılan model olmuştur. Bu iki yöntemi takip eden diğer modeller ise kazanın türüne göre değişiklik

göstermektedir. Çatma/çatışma kazalarında Simülasyon ve HFACS, karaya oturma kazalarında HFACS ve Bulanık Mantık, yangın/patlama kazalarında Bulanık Mantık ve FTA, batma kazalarında ise GIS ve Regresyon Analizi yöntemleri öncelikli olarak kullanılmıştır. Bu sonuçlar, çalışmanın amaçlarından olan “Kaza türü değiştiğinde kullanılan analiz modeli de değişmekte midir?” soruna “EVET” şeklinde yanıt vermektedir.

Simülasyon modelleri deniz kazaları gibi dinamik ortamlarda meydana gelen kazaların gelişimini verilerin ışığında yeniden canlandırabildiğinden ne olduğunu anlamak için kazayı yeniden deneyimleme imkânı sunmaktadır. Bu sayede olayın bizzat öznesi olan kişilerin kaza sürecindeki duygu ve stres düzeylerini deneyimleme imkânı da vermektedir. Ancak Simülasyon modellerinde olayın gerçekliğini azami düzeyde yansıtabilmek için büyük miktarda veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Kaza raporlarında ise bu verilere istenilen düzeyde ulaşılamadığı da bir gerçektir (Psarros ve ark., 2010; Hassel ve ark., 2011). Veri tabanları üzerinde yapılan analiz göstermiştir ki, BK merkezli kaza araştırma kuruluşlarına ait veri tabanları kaza analizi çalışmalarında en çok başvurulan veri tabanlarıdır. Bunu takiben GISIS, ABD, Çin Halk Cumhuriyeti ve Avustralya merkezli kaza araştırma kuruluşlarına ait veri tabanları en sık yararlanılan veri tabanlarıdır. En sık kullanılan veri tabanlarının ortak özelliği kaza raporlarında kaza öncesi şartlar ve kazanın gelişimiyle ilgili detaylı bilgiler sunulmasıdır. Bu sonuç kaza analizi için kaza raporlarından elde edilebilecek verilerin önemini ortaya koymaktadır. Farklı ülkelerdeki kaza araştırma kuruluşlarının raporları arasındaki farklar da bu alanda bir düzenleme yapılması ve kaza raporları için bir standart geliştirilmesi gerekliliğini de akıllara getirmektedir.

Deniz kaza analizi kapsamında kullanılan 142 modelden 14 adedi tek analiz modeli olarak kullanılmıştır. Bu modellerden STAMP 6 çalışmada, FRAM 4 çalışmada kullanılmıştır. Geri kalan 12 adet model ise yalnızca birer çalışmada kullanılmışlardır. STAMP modelinin kullanıldığı makalelerin ortalama yayım yılı 2019 iken FRAM modelinin kullanıldığı makalelerin ortalama yayım yılı 2020’dir. Bu iki modelin de başka modellerle kombine olarak kullanıldığı çalışma bulunmamaktadır. Her iki modelin de uygulamasının tek başına yeterince zaman alıcı olması nedeniyle bu modellerin kombine olarak kullanılmadığı düşünülmektedir. Bu

sonuç Wiene ve ark., (2017) tarafından sistemik modellerin uygulanmasındaki zorluğun tercih edilmemesine neden olacağı yönündeki çıkarımları desteklemektedir.

Luo ve Shin (2019), 1973-2013 arasındaki 50 yıllık süreçte deniz kaza araştırmalarında öncü yazarın Liverpool John Moores Üniversitesi'nden Profesör Jin Wang olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde 2021 yılı itibarıyla Jin Wang'ın hala bu alandaki öncü yazar olduğu ortaya konmuştur. Bunun yanında Özkan Uğurlu, Floris Goerlandt ve Zaili Yang gibi daha genç araştırmacıların gelecekte bu alandaki öncü yazarlar olma potansiyeli bulunmaktadır. Jin Wang makalelerinde 38 farklı yazarla çalışmışken, F. Goerlandt 28, P. Kujala ve Z. Yang 22, Ö. Uğurlu 21 farklı yazarla çalışmıştır. Yazarların makale sayıları ile ortak yazarlar arasındaki paralellik deniz kaza analizi çalışmalarına yönelik makalelerin hazırlanmasındaki zorluğun bir sonucu olabilir.

Deniz kazaları sürdürülebilir deniz taşımacılığı önündeki en önemli risk faktörlerinden biri olarak varlığını uzun süredir devam ettirmektedir. Bu nedenle geçmişten günümüze kadar deniz kazalarını önlemeye yönelik birçok politika, düzenleme, uygulama ve önlem devreye alınmıştır. Bu önlemlerin geliştirilmesi sürecinde de geçmiş kazalardan elde edilen verilerin büyük katkısı olmuştur. Ancak mevcut bilgi birikimi ile istenilen düzeyde önlenemeyen deniz kazalarına karşı mevcut bilgilerin üzerine yenilerinin de eklenmesi bir gereklilik olarak görülmektedir. Aynı deneyi uygulayarak farklı sonuçlar elde edilemeyeceği gibi aynı modelleri tekrar tekrar kullanarak mevcut sorunun üstesinden gelinemeyeceği de bir aşıkardır. Bu bakımdan deniz kazalarına dair elde edilen verilerin ve mevcut bilgi birikiminin üzerine çıkmak için yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Böylece deniz kazalarına karşı daha etkili önleyici tedbirler alınabilmesi mümkün olabilir. Gelişen bilgi birikimi ve ilerleyen teknolojiye paralel olarak deniz kazalarının analizine yönelik yeni teknikler ve yöntemler geliştirilmeye devam etmektedir. Günümüzde deniz kazalarının analizi kapsamında kullanılan yöntemlerin sayısı 100'lerle ifade edilebilmektedir. Model sayılarındaki bu artış, deniz kazalarının analizi ile ilgilenen uzmanlar için kullanabilecekleri araç sayısını arttırmanın yanı sıra hangi yöntemi tercih edeceklerine dair yeni bir problemin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu tez çalışmasında, ortaya çıkan bu yeni problemin çözümüne katkı sağlamak için deniz kazalarının analizinde kullanılmış yöntemlerin bir incelemesi yapılmıştır.



Çalışmada WoS ve Scopus veri tabanlarında bulunan 351 adet bilimsel makalede kullanılan 142 analiz modeli incelenmiştir. Sonuçta, BN, Frekans Analizi, Simülasyon modelleri, Bulanık Mantık uygulamaları ve HFACS modellerinin deniz kazalarının analizi için en sık kullanılan modeller olduğu anlaşılmıştır. Bayes Ağlarının çok yönlü yapısı, Frekans Analizinin ise basit ve kullanışlı olması bu yöntemleri deniz kaza analizi kapsamında ön plana çıkarmıştır. Ayrıca sistemik yöntemler olarak değerlendirilen FRAM ve STAMP modellerinin uygulanmasının zahmetli olması nedeniyle deniz kaza analizlerinde tercih edilirliliğinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında, yenilikçi yöntem arayışlarının bir sonucu olarak araştırmacılar mevcut yöntemleri kombine ederek kullanmaya başlamıştır. Öyle ki bu çalışmada yer alan analiz modellerinin %90 oranında kombine olarak kullanıldığı görülmüştür.

Kaza analiz çalışmalarının neredeyse yarısı çatma/çatışma kazalarının analizlerini içermektedir. Yapılan analizler bu tür kazaların analizine yönelik olarak Simülasyon modellerinin sıklıkla kullanıldığını ortaya koymuştur. Simülasyon modellerinin uygulanabilmesi için ise büyük miktarda ve detaylı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylesine detaylı verilerin olduğu kaza raporları ise BK, ABD, Avustralya MKAK gibi kısıtlı sayıda kaza veri tabanında mevcuttur. Kaza raporlarının yeterli veriye sahip olması ve küresel çapta bir standardın oluşturulması, daha etkin kaza analizlerinin yapılmasının yanında bu verileri analiz edecek yeni modellerin geliştirilmesine de yardımcı olacaktır.

Hollnagel (2002) ve diğer bazı araştırmacıların yaptığı gibi, modellerin bazı kategoriler oluşturularak gruplandırılması, eğer uygulanabilirse, kaza analiz modellerini değerlendirmek için kullanışlı olabilir. Ancak bu konuya yönelik çalışmaların henüz yetersiz olduğu görülmüştür. Sınıflandırma için kullanılacak tanımlamaların daha açık, daha kapsayıcı yapılması gerekliliği ilk etapta göze çarpmaktadır. Bunun yanında mevcut modellerin de birbirlerinden çok farklı yapılarının olması bu sınıflandırmayı zor kılmaktadır. Gelecekte bu konuda yapılacak yeni çalışmalarla sınıflandırmaların mümkün olması kaza araştırmacılarının uygun analiz modellerini belirlemeleri için yapacakları değerlendirmelere yardımcı olabilir.

Genel anlamda kaza analizi kapsamında kullanılan modellerdeki çeşitlilik deniz kazaları için kullanılan modellerin de çeşitlenmesine ve sayılarının artmasına yol açmıştır. Bu sonuç kaza analiz modellerinin farklı endüstriler için kullanılabilirliğini göstermektedir. Buradan yola çıkarak henüz deniz kazaları analizi kapsamında kullanılmamış modellerin de denizcilik endüstrisine uyarlanabileceği ve kazaların analizinde yeni açıklayıcı etkileri olabileceği değerlendirilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Akhtar, MJ. & Utne, IB. (2014). Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings – A Bayesian Network modeling approach. *Safety Science*, 62, 427-440.
- Akyuz, E. (2015). A hybrid accident analysis method to assess potential navigational contingencies: The case of ship grounding. *Safety Science*, 79, 268-276.
- Anonim, (2008a). MSC-MEPC.3/Circ.3, Casualty-Related Matters–Reports on Marine Casualties and Incidents. International Maritime Organization (IMO), London. Erişim adresi: <https://www.imo.org/en/OurWork/MSAS/Pages/Casualties.aspx>.
- Anonim, (2008b). Resolution MSC.255(84), Adoption of the Code of The International Standards and Recommended Practices for A Safety Investigation into A Marine Casualty or Marine Incident (Casualty Investigation Code). International Maritime Organization (IMO), London.
- Anonim, (2020). Safety and Shipping Review 2020. Allianz Global Corporate & Specialty (Allianz), Munich, Germany. Erişim adresi: <https://www.iims.org.uk/wp-content/uploads/2020/07/AGCS-Safety-Shipping-Review-2020.pdf>.
- Anonim, (2021). Marine Accident Recommendations and Statistics 2021. Marine Accident Investigation Branch (MAIB), Southampton, United Kingdom. Erişim adresi: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1080967/MAIBAnnualReport2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1080967/MAIBAnnualReport2021.pdf).
- Anonim, (2023a). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2022. European Maritime Safety Agency (EMSA). Erişim adresi: <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/download/7362/4867/23.html>.
- Anonim, (2023b). European Maritime Safety Agency (EMSA). Erişim adresi: <https://portal.emsa.europa.eu/emcip-public/#/dashboard>.
- Anonim, (2023). Global Integrated Shipping Information System (GISIS). Erişim adresi: <https://gisis.imo.org/Public/Default.aspx>.
- Anonim, (2023). It's time to get the facts. Clarivate Analytics. Kaynak adresi: [https://clarivate.com/webofsciencegroup/wp-content/uploads/sites/2/2019/08/d6b7faae-3cc2-4186-8985-a6ecc8cce1ee\\_Crv\\_WoS\\_Upsell\\_Factbook\\_A4\\_F\\_A\\_LR\\_edits.pdf](https://clarivate.com/webofsciencegroup/wp-content/uploads/sites/2/2019/08/d6b7faae-3cc2-4186-8985-a6ecc8cce1ee_Crv_WoS_Upsell_Factbook_A4_F_A_LR_edits.pdf).
- Anonim, (2023). Merchant fleet by flag of registration and by type of ship, annual. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Erişim adresi: <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=93>.
- Anonim, (2023). World Trade Organization (WTO). Erişim adresi: [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/serv\\_e/transport\\_e/transport\\_maritime\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/serv_e/transport_e/transport_maritime_e.htm).
- Arora, P., Boyne, D., Slater, JJ., Gupta, A., Brenner, DR., & Druzdzal, MJ. (2019). Bayesian networks for risk prediction using real-world data: a tool for precision medicine. *Value in Health*, 22(4), 439-445.

- Arruda, H., Silva, ER., Lessa, M., Proença Jr, D. & Bartholo, R. (2022). VOSviewer and bibliometrix. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 110(3), 392.
- Arslan, O. & Turan, O. (2009). Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT–AHP method. *Maritime Policy & Management*, 36(2), 131-145.
- Aydogdu, YV. (2014). A comparison of maritime risk perception and accident statistics in the Istanbul Strait. *The Journal of Navigation*, 67(1), 129-144.
- Aydogdu, YV., Yurtoren, C., Park, JS. & Park, YS. (2012). A study on local traffic management to improve marine traffic safety in the Istanbul Strait. *The Journal of Navigation*, 65(1), 99-112.
- Balisampang, T., Abbassi, R., Garaniya, V., Khan, F. & Dadashzadeh, M. (2018). Review and analysis of fire and explosion accidents in maritime transportation. *Ocean Engineering*, 158, 350-366.
- Celik, M. & Cebi, S. (2009). Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 66-75.
- Chadegani, AA., Salehi, H., Yunus, MM., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M. & Ebrahim, NA. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18-26.
- Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, JP. & Langard, B. (2013). Human and organisational factors in maritime accidents: analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 26-37.
- Chen, C., Li, C., Reniers, G. & Yang, F. (2021). Safety and security of oil and gas pipeline transportation: A systematic analysis of research trends and future needs using WoS. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123583.
- Chen, J., Bian, W., Wan, Z., Wang, S., Zheng, H. & Cheng, C. (2020). Factor assessment of marine casualties caused by total loss. *International journal of disaster risk reduction*, 47, 101560.
- Chen, J., Bian, W., Wan, Z., Yang, Z., Zheng, H. & Wang, P. (2019). Identifying factors influencing total-loss marine accidents in the world: Analysis and evaluation based on ship types and sea regions. *Ocean Engineering*, 191, 106495.
- Chen, J., Zhang, W., Li, S., Zhang, F., Zhu, Y. & Huang, X. (2018). Identifying critical factors of oil spill in the tanker shipping industry worldwide. *Journal of Cleaner Production*, 180, 1-10.
- Chen, P., Zhang, Z., Huang, Y., Dai, L. & Hu, H. (2022). Risk assessment of marine accidents with Fuzzy Bayesian Networks and causal analysis. *Ocean & Coastal Management*, 228, 106323.
- Chou, CC., Li, RF., Su, YL., Tsai, CL. & Chang, KY. (2019). A study of the distribution of marine incidents in the harbours and waters surrounding

- Taiwan. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 233(3), 809-824.
- Emecen Kara, EG. (2016). Risk assessment in the Istanbul Strait using Black Sea MOU port state control inspections. *Sustainability*, 8(4), 390.
- Erol, S., Demir, M., Çetişli, B. & Eyüboğlu, E. (2018). Analysis of ship accidents in the Istanbul Strait using neuro-fuzzy and genetically optimised fuzzy classifiers. *The Journal of Navigation*, 71(2), 419-436.
- Farooqi, A., Ryan, B. & Cobb, S. (2022). Using expert perspectives to explore factors affecting choice of methods in safety analysis. *Safety Science*, 146, 105571.
- Folch-Calvo, M., Brocal-Fernández, F., González-Gaya, C. & Sebastián, MA. (2020). Analysis and characterization of risk methodologies applied to industrial parks. *Sustainability*, 12(18), 7294.
- Goerlandt, F. & Kujala, P. (2011). Traffic simulation based ship collision probability modelling. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(1), 91-107.
- Gumusay, MU. (2018). Web-based GIS for safe shipping in Istanbul Bosphorus Strait. *Technical Gazette*, 25(2), 316-324.
- Haasl, DF. (1965). Advanced concepts in fault tree analysis. In System Safety Symposium, 8-9 June, The Boeing Company, Seattle, Washington, USA.
- Hassel, M., Asbjørnslett, BE. & Hole, LP. (2011). Underreporting of maritime accidents to vessel accident databases. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2053-2063.
- Heinrich, HW. (1931). *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Hollnagel, E. (2002). Understanding accidents - From root causes to performance variability. Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants, 15-19 September, Scottsdale, Arizona, USA.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I And Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. Ashgate Publishing Limited, Farnham, England.
- Hollnagel, E. & Goteman, O. (2004). The Functional Resonance Accident Model. Proceedings of Cognitive System Engineering in Process Plant, 155-161.
- IMO, (2022). IMO Global Integrated Shipping Information System (GISIS). Erişim adresi: <https://www.imo.org/en/OurWork/InformationManagement/GISIS/Pages/About.aspx>-(Erişim tarihi: 24.06.2022).
- IMO, (2023a). Brief History of IMO. Erişim adresi: <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>-(Erişim tarihi: 29.01.2023).
- IMO, (2023b). Vessel Traffic Services. Erişim adresi: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/VesselTrafficServices.aspx>-(Erişim tarihi: 29.01.2023).
- Kang, SY., Kim, KS., Kim, HB. & Rho, BS. (2018). An analysis of causes of marine incidents at sea using big data technique. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 24(4), 408-414.

- Kaptan, M., Uğurlu, Ö. & Wang, J. (2021). The effect of nonconformities encountered in the use of technology on the occurrence of collision, contact and grounding accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 215, 107886.
- Katsakiori, P., Sakellaropoulos, G. & Manatakis, E. (2009). Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science*, 47(7), 1007-1015.
- Kee, D., Jun, GT., Waterson, P. & Haslam, R. (2017). A systemic analysis of South Korea Sewol ferry accident—Striking a balance between learning and accountability. *Applied Ergonomics*, 59, 504-516.
- Kjellen, U. (2000). *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*. Taylor & Francis, London, England.
- Kjellen, U. & Albrechtsen, E. (2017). *Prevention of Accidents and Unwanted Occurrences Theory, Methods, and Tools in Safety Management*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Kuzu, AC., Akyuz, E. & Arslan, O. (2019). Application of fuzzy fault tree analysis (FFTA) to maritime industry: a risk analysing of ship mooring operation. *Ocean Engineering*, 179, 128-134.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety science*, 42(4), 237-270.
- Leveson, NG. (2011). *Engineering a Safer World: System Thinking Applied to Safety*. The MIT Press, London, England.
- Liu, K., Yu, Q., Yuan, Z., Yang, Z. & Shu, Y. (2021). A systematic analysis for maritime accidents causation in Chinese coastal waters using machine learning approaches. *Ocean & Coastal Management*, 213, 105859.
- Lozowicka, D. & Kaup, M. (2015). Analysis of the cause and effect of passenger ship accidents in the Baltic Sea. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*, 44(116), 68-73.
- Luo, M. & Shin, SH. (2019). Half-century research developments in maritime accidents: Future directions. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 448-460.
- Macrae, C. 2009. Human factors at sea: common patterns of error in groundings and collisions. *Maritime Policy & Management*, 36(1), 21-38.
- Marhavilas, PK., Koulouriotis, D. & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 477–523.
- McFarland, RA. (1955). Research in the field of accidental trauma. *Military Medicine*, 116(6), 426-435.
- Meade, R. (2021). Suez blockage extends as salvors fail to free Ever Given. [https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1136246/Suez-blockage-e-extends-as-salvors-fail-to-free-Ever-Given-\(Erişim tarihi: 25.03.2021\)](https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1136246/Suez-blockage-e-extends-as-salvors-fail-to-free-Ever-Given-(Erişim tarihi: 25.03.2021)).

- Mikki, S. (2009). Google scholar compared to web of science. A literature review. *Nordic Journal of Information Literacy in Higher Education*, 1(1), 41-51.
- Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E. & Ventikos, NP. (2014). Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990–2012 and assessment of safety level of ship types: Maritime Technology and Engineering, Editörler: Guedes Soares, C. & Santos, TA., CBC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands, 227-233.
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, 9(1), 12.
- Psarros, G., Skjong, R. & Eide, MS. (2010). Under-reporting of maritime accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 42(2), 619-625.
- Qureshi, ZH. (2007). A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Socio-Technical Systems. Proceeding 12th Australian Conference on Safety-Related Programmable Systems, 30-31 August, Adelaide, Australia, 47–60.
- Rad, MA., Lefsrud, LM. & Hendry, M. (2021). Applications of innovative accident analysis methods in railways: A review. Canadian & Cold Regions Rail Research Conference, 9-10 November, 241-250.
- Rathnayaka, S., Khan, F. & Amyotte, P. (2011). SHIPP methodology: Predictive accident modeling approach. Part I: Methodology and model description. *Process Safety and Environmental Protection*, 89(3), 151-164.
- Rawson, A. & Brito, M. (2023). A survey of the opportunities and challenges of supervised machine learning in maritime risk analysis. *Transport Reviews*, 43(1), 108-130.
- Reason, J. (1990). The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 327(1241), 475-484.
- Reason, J., Hollnagel, E. & Paries, J. (2006). Revisiting the Swiss cheese model of accidents. *Journal of Clinical Engineering*, 27(4), 110-115.
- Salihoglu, E. & Beşikçi, EB. (2021). The use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM) in a maritime accident: A case study of Prestige. *Ocean Engineering*, 219, 108223.
- Sarialioğlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B. & Wang, J. (2020). A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA. *Ocean Engineering*, 217, 107992.
- Schröder-Hinrichs, JU., Hollnagel, E. & Baldauf, M. (2012). From Titanic to Costa Concordia—a century of lessons not learned. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 11 (2), 151-167.
- Scopus, (2023a). Scopus Facts Sheet 2022. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>.
- Scopus, (2023b). Why Choose Scopus. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/why-choose-scopus>.

- Shah, SHH., Lei, S., Ali, M., Doronin, D. & Hussain, ST. (2020). Prosumption: bibliometric analysis using HistCite and VOSviewer. *Kybernetes*, 49(3), 1020-1045.
- Sheng, T., Weng, J., Shi, K. & Han, B. (2023). Analysis of human errors in maritime accidents: A Bayesian spatial multinomial logistic model. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1-17.
- Sklet, S. (2004). Comparison of some selected methods for accident investigation. *Journal of Hazardous Materials*, 111(1-3), 29-37.
- Stoop, JA. (2003). Maritime accident investigation methodologies. *Injury Control and Safety Promotion*, 10(4), 237-242.
- Stringfellow, MV. (2010). Accident analysis and hazard analysis for human and organizational factors. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts, USA.
- Sui, Z., Wen, Y., Huang, Y., Song, R. & Piera, MA. (2023). Maritime accidents in the Yangtze River: A time series analysis for 2011–2020. *Accident Analysis & Prevention*, 180, 106901.
- Toft, Y., Dell, G., Klockner, KK. & Hutton, A. (2012). Models of Causation: Safety, The Core Body of Knowledge for Generalist OHS Professionals, HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance). Tullamarine, Safety Institute of Australia.
- Uğurlu, Ö., Köse, E., Yıldırım, U. & Yüksekıldız, E. (2015). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy & Management*, 42(2), 163-185.
- Uğurlu, Ö., Kum, S., Aydoğdu, YV. (2017). Analysis of occupational accidents encountered by deck cadets in maritime transportation. *Maritime Policy & Management*, 44(3), 304-322.
- Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S. & Wang, J. (2018). Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS-PV). *Ocean Engineering*, 161, 47-61.
- Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., Wang, J., Kuntchulia, S. & Sharabidze, I. (2020). Analyzing collision, grounding, and sinking accidents occurring in the Black Sea utilizing HFACS and Bayesian networks. *Risk Analysis*, 40(12), 2610-2638.
- Underwood, P. & Waterson, P. (2013). Accident analysis models and methods: guidance for safety professionals. Loughborough University.
- Uusitalo, L. (2007). Advantages and challenges of Bayesian networks in environmental modelling. *Ecological Modelling*, 203(3-4), 312-318.
- Van Eck, N. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.
- Vanden Heuvel, LN., Lorenzo, DK., Jackson, LO., Hanson, WE., Rooney, JJ. & Walker, DA. (2008). Root Cause Analysis Handbook: A Guide to Efficient



and Effective Incident Investigation, Rothstein Associates Inc., Brookfield, Connecticut, USA.

- Vanem, E., Antao, P., Østvik, I. & de Comas, FDC. (2008). Analysing the risk of LNG carrier operations. *Reliability Engineering & System Safety*, 93(9), 1328-1344.
- Ventikos, NP., Papanikolaou, AD., Louzis, K. & Koimtzoglou, A. (2018). Statistical analysis and critical review of navigational accidents in adverse weather conditions. *Ocean Engineering*, 163, 502-517.
- VOSviewer, (2023). VOSviewer 1.6.19 [Bilgisayar yazılımı]. Erişim adresi: <https://www.vosviewer.com>.
- Wang, H., Liu, Z., Wang, X., Graham, T. & Wang, J. (2021). An analysis of factors affecting the severity of marine accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 210, 107513.
- Wang, L., Wang, J., Shi, M., Fu, S. & Zhu, M. (2020). Critical risk factors in ship fire accidents. *Maritime Policy & Management*, 48(6), 895-913.
- Wienen, HCA., Bukhsh, FA., Vriezokolk, E. & Wieringa, RJ. (2017). Accident Analysis Methods and Models—A Systematic Literature Review. Centre for Telematics and Information Technology (CTIT). Enschede, The Netherlands.
- Wu, B., Yip, TL., Yan, X. & Soares, CG. (2022). Review of techniques and challenges of human and organizational factors analysis in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 219, 108249.
- Yıldırım, U., Başar, E. & Uğurlu, Ö. (2019). Assessment of collisions and grounding accidents with human factors analysis and classification system (HFACS) and statistical methods. *Safety Science*, 119, 412-425.
- Yildiz, S., Uğurlu, Ö., Wang, J. & Loughney, S. (2021). Application of the HFACS-PV approach for identification of human and organizational factors (HOFs) influencing marine accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 208, 107395.
- Yousefi, A., Rodriguez Hernandez, M. & Lopez Peña, V. (2019). Systemic accident analysis models: A comparison study between AcciMap, FRAM, and STAMP. *Process Safety Progress*, 38(2), 1-16.
- Zaib, A., Yin, J. & Khan, RU. (2022). Determining role of human factors in maritime transportation accidents by fuzzy fault tree analysis (FFTA). *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3), 381.
- Zhang, G. & Thai, VV. (2016). Expert elicitation and Bayesian Network modeling for shipping accidents: A literature review. *Safety Science*, 87, 53-62.
- Zhang, M., Zhang, D., Goerlandt, F., Yan, X. & Kujala, P. (2019). Use of HFACS and fault tree model for collision risk factors analysis of icebreaker assistance in ice-covered waters. *Safety Science*, 111, 128-143.
- Zhu, J. & Liu, W. (2020). A tale of two databases: The use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321-335.

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Kişisel Bilgiler</b>	
Adı Soyadı	Fatih TONOĞLU
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	T.C.
Telefon	
E-Posta Adresi	
<b>Eğitim Bilgileri</b>	
<b>Lisans</b>	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fakülte	Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi
Bölümü	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	09.08.2012
<b>Yüksek Lisans</b>	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Deniz Ulaştırma Mühendisliği
<b>Yayınlar</b>	
<p>Tonoğlu, F., Atalar, F., Başkan, İ.B., Yıldız, S., Uğurlu, Ö. &amp; Wang, J. (2022). A new hybrid approach for determining sector-specific risk factors in Turkish Straits: Fuzzy AHP-PRAT technique. <i>Ocean Engineering</i>, 253, 111280.</p> <p>Yıldız, S., Uğurlu, Ö., Loughney, S., Wang, J. &amp; Tonoğlu, F. (2022). Spatial and statistical analysis of operational conditions influencing accident formation in narrow waterways: A Case Study of Istanbul Strait and Dover Strait. <i>Ocean Engineering</i>, 265, 112647.</p> <p>Yıldız, S., Tonoğlu, F., Uğurlu, Ö., Loughney, S. &amp; Wang, J. (2022). Spatial and statistical analysis of operational conditions contributing to marine accidents in the Singapore Strait. <i>Journal of Marine Science and Engineering</i>, 10(12), 2001.</p>	