



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**Gemi Kazalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
ile Neden-Sonuç Analizi**

Doktora Tezi
Murat Ramazan İltar

Mayıs 2025



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**Gemi Kazalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
ile Neden-Sonuç Analizi**

Doktora Tezi

Murat Ramazan İltar

Danışman

Prof. Dr. Emine Can

Eş Danışman

Prof. Dr. Kaan Keçeci

Mayıs 2025

TEZ JÜRİSİ ONAYI

Murat Ramazan İltar tarafından hazırlanan “Gemi Kazalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Neden-Sonuç Analizi” başlıklı bu Doktora Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı’nda hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Emine Can

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Üyeler:

Prof. Dr. Ercan Ertürk

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Prof. Dr. Hayriye Sundu Pamuk

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Prof. Dr. Murat Baydoğan

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Adil Güler

Marmara Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 28/Mayıs/2025

BEYANLAR

Yazım ve Kaynak Gösterme Kılavuzu Beyanı

Danışmanlığımda yazılan bu tezin APA yazım ve kaynak gösterme kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak yapılandırıldığı ve bu kılavuzun APA kaynak gösterme standartlarının bu tezde tutarlı olarak uygulandığı tarafımdan incelenerek teyit edilmiştir.

İmza

Danışmanın Unvanı Adı Soyadı

Prof. Dr. Emine Can

İmza

Eş Danışmanın Unvanı Adı Soyadı

Prof. Dr. Kaan Keçeci

Etik İlkeler Sadakat Beyanı

Hazırladığım bu tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İmza

Öğrencinin Adı Soyadı

Murat Ramazan İltar

ÖZET

Gemi Kazalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Neden-Sonuç Analizi

Murat Ramazan İltar

Doktora Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Emine Can

Mayıs 2025

Denizcilik sektörü, küresel ticaretin temel taşlarından biri olup, milyonlarca insanın geçim kaynağını oluşturmakta ve uluslararası ekonomik dengelerde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bu çok yönlü sektör, çeşitli riskler ve tehlikelerle dolu bir işletim ortamı sunmaktadır. Deniz kazaları, sadece insan hayatını tehlikeye atmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel tahribatlara ve ekonomik kayıplara da yol açabilir. Bu kazalar genellikle birden fazla faktörün bir araya gelmesiyle meydana gelir ve bu faktörlerin neden-sonuç ilişkilerinin analiz edilmesi, gelecekteki kazaları önlemek için kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmanın temel amacı, gemilerde meydana gelen kazalarda etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörler arasındaki neden-sonuç ilişkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesidir. Deniz kazalarının karmaşık yapısı, birden fazla etmenin etkileşimi sonucu ortaya çıktığından, bu etkileşimlerin sistematik bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Bu tezde, özellikle insan faktörleri, gemiye ait yapısal riskler, dış etkenler, eğitim eksiklikleri ve navigasyon hataları gibi birçok unsur ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Deniz kazalarının neden-sonuç ilişkilerinin açığa çıkarılması, bu kazaların ardındaki dinamikleri anlamamıza yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda etkili önleme stratejileri geliştirilmesini de mümkün kılar. Bu kapsamda, tezde Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP ve Fuzzy TOPSIS gibi çok kriterli karar verme

yöntemleri kullanılarak, kazalara yol açan faktörlerin birbirleri üzerindeki etkileri ve öncelik sıralamaları detaylı bir şekilde ortaya konmuştur.

Çalışma, hem teorik hem de uygulamalı bir yapıya sahiptir. Teorik bölümde, Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulaşım Emniyeti Başkanlığı tarafından 2013-2024 yılları arasında yayımlanan 86 deniz kazası incelenerek bu kazaların nedenleri tespit edilmiştir. Ayrıca, 10 yıllık mesleki tecrübeye sahip 3 gemi adamıyla yapılan görüşmeler sonucunda kazalara yol açan faktörler belirlenmiş ve 5 ana faktör ile 17 alt faktör tanımlanmıştır. Uygulamalı bölümde ise bu faktörler, 3 karar verici tarafından verilen puanlarla Fuzzy DEMATEL yöntemiyle değerlendirilmiş; faktörlerin etkileşimleri ve ağırlıkları analiz edilerek sıralamaları yapılmıştır. İkinci aşamada, 3 karar verici gemi adamı Fuzzy AHP yöntemi kullanılarak en çok karşılaşılan 5 kaza türünü puanlamış ve bu türlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Ardından, Fuzzy AHP ile elde edilen ağırlıkları temel alarak, 5 ana faktör ve bu faktörlere ait 5 alt faktör Fuzzy TOPSIS yöntemiyle sıralanmış ve Fuzzy DEMATEL ile karşılaştırılmıştır.

Bu analizlerin sonunda, deniz kazalarını önlemeye yönelik öneriler sunularak sektördeki paydaşlar için rehber niteliğinde çıkarımlar yapılmıştır. Denizcilik sektöründeki güvenliği ve sürekliliği sağlamak adına önemli bir katkı sağlayacak olan bu tez, deniz kazalarının etkilerini minimize etmeye yönelik yenilikçi bir bakış açısı sunmayı hedeflemektedir. Bu sayede, ekonomik kayıpları azaltmanın ötesinde, insan hayatını koruma ve çevresel felaketlerin önüne geçme gibi kritik hedeflere ulaşılması mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gemi, Denizcilik, Kaza, AHP, TOPSIS, DEMATEL, Deniz Kazaları, Risk Yönetimi, Denizcilik Güvenliği, İnsan Faktörü, Bulanık Mantık

ABSTRACT

Cause-Effect Analysis Of Ship Accidents Using Multi-Criteria Decision-Making Methods

İltar, Murat Ramazan

Ph. D. Thesis, Department of Occupational Health and Safety

Consultant: Prof.Dr., Emine Can

May 2025

The maritime sector, being one of the cornerstones of global trade, constitutes a livelihood for millions of people and plays a significant role in international economic balances. However, this multifaceted sector presents an operational environment full of various risks and dangers. Maritime accidents not only endanger human life but can also lead to environmental damage and economic losses. These accidents generally occur through the combination of multiple factors, and analyzing the cause-effect relationships of these factors is critical for preventing future accidents.

The main purpose of this study is to identify the factors that are effective in accidents occurring on ships and to examine the cause-effect relationships between these factors in detail. Since the complex structure of maritime accidents results from the interaction of multiple factors, these interactions need to be addressed with a systematic approach. In this thesis, many elements such as human factors, structural risks related to ships, external factors, training deficiencies, and navigation errors are examined in detail.

Revealing the cause-effect relationships of maritime accidents not only helps us understand the dynamics behind these accidents but also enables the development of effective prevention strategies. In this context, the effects of factors causing accidents on each other and their priority rankings are presented

in detail using multi-criteria decision-making methods such as Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP, and Fuzzy TOPSIS.

The study has both theoretical and practical structures. In the theoretical section, the causes of 86 maritime accidents published by the Transport Safety Department of the Ministry of Transport and Infrastructure of the Republic of Turkey between 2013-2024 were identified. Additionally, factors leading to accidents were determined through interviews with 3 seafarers with 10 years of professional experience, and 5 main factors with 17 sub-factors were defined. In the practical section, these factors were evaluated using the Fuzzy DEMATEL method with scores given by 3 decision-makers; the interactions and weights of the factors were analyzed and ranked. In the second stage, 3 decision-maker seafarers scored the 5 most common accident types using the Fuzzy AHP method, and the weights of these types were calculated. Then, based on the weights obtained with Fuzzy AHP, 5 main factors and 5 sub-factors belonging to these factors were ranked using the Fuzzy TOPSIS method and compared with Fuzzy DEMATEL.

At the end of these analyses, recommendations for preventing maritime accidents were presented, providing guiding insights for stakeholders in the sector. This thesis, which will make an important contribution to ensuring safety and continuity in the maritime sector, aims to present an innovative perspective on minimizing the effects of maritime accidents. In this way, it will be possible to achieve critical goals such as protecting human life and preventing environmental disasters beyond reducing economic losses.

Keywords: Ship, Maritime, Accident, AHP, TOPSIS, DEMATEL, Maritime Accidents, Risk Management, Maritime Safety, Human Factor, Fuzzy Logic

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında akademik yolculuğum boyunca bilgi ve deneyimiyle bana rehberlik eden, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışmanım, hocam Prof. Dr. Emine Can'a ve eş danışmanım Prof. Dr. Kaan Keçeci'ye yol göstericiliği, sabrı ve teşvik edici tutumu nedeni ile sonsuz teşekkür ederim.

Her aşamada yanımda olan, motivasyonumu artıran ve bu süreci benim için daha anlamlı hale getiren, doktora sürecimin bana kattığı güzel iki insan ve dost değerli arkadaşlarım Fırat Aydın ve Hüseyin Enis Kara'ya da ayrıca teşekkür ederim. Yorucu süreçlerde gösterdiğiniz anlayış, sabır ve dostluğunuz için minnettarım. İyi ki varsınız.

Doktora tezimin oluşumuna katkı sağlayan, bilgi ve deneyimlerini paylaşan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ercan Ertürk ve Prof. Dr. Murat Baydoğan'a en kalbi şükranlarımı sunarım.

Mesleki bilgileriyle beni yönlendiren ve katkılarını sunan değerli üstatlarım İş Başmüfettişi Dr. Muhammed Çelik, İş Başmüfettişi Hasan Kuzey Ünüvar'a teşekkürü bir borç bilirim.

Saha tecrübelerinden çok faydalandığım değerli arkadaşlarım Recep Kuşcu ve Yunus Ferit Ergin'e destekleri için çok teşekkür ederim.

Bu zorlu doktora öğrenimi sürecinde sabırları, sevgileri ve destekleriyle her zaman yanımda olan değerli eşim Fatma İltar'a, sevgili oğlum Ali Kemal İltar'a ve kıymetli aileme en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Eşimin anlayışı ve desteği, çocuğumun varlığıyla verdiği motivasyon, ailemin iyi dilekleri ve bana olan güveni bu sürecin en büyük dayanağı olmuştur. Bu çalışma, yalnızca akademik bir emek değil, aynı zamanda bir ailenin fedakârlık ve sevgiyle ördüğü bir yolculuğun ürünüdür.

Murat Ramazan İltar

28/05/2025

İÇİNDEKİLER

TEZ JÜRİSİ ONAYI.....	III
BEYANLAR.....	IV
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLO DİZİNİ	xi
GRAFİK DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tespiti ve Önemi.....	5
1.2. Tezin Amacı ve Motivasyonu	6
1.3. Araştırma Sorusu ve Araştırmanın Hipotezleri.....	6
1.4. Tezin Özgün Değeri ve Literatüre Katkıları	7
1.5. Tezin Mimarisi	7
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
2.1. Gemi Kazalarının Çok Boyutlu Risk Analizi – CAN (Criterion-Accident Network) Modeli Yaklaşımı	9
2.2. Denizcilik Kaza Verilerinin Toplanması.....	11
2.3. Bulanık DEMATEL Yöntemi	16
2.4. Bulanık AHP Yöntemi	19
2.5. Bulanık TOPSIS Yöntemi	22

3. BULGULAR	25
3.1. Ana Faktörlerin Analizi.....	25
3.1.1. Ana Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Analizi...	25
3.1.2. Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Kaza Ağırlıklarının Analizi.....	35
3.1.3. Ana Faktörlerin Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Analizi.....	42
3.2. Alt Faktörlerin Analizi	48
3.2.1. Alt Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Analizi	49
3.2.2. Alt Faktörlerin Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Analizi	54
3.2.3. Alt Faktörlerin Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Analizi	54
 4. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME	 61
 5. SONUÇ VE ÖNERİ.....	 66
 KAYNAKÇA.....	 72
 Ek-1	 76
 Ek-2	 105

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Ana Faktörler.....	9
Tablo 2. Ana Faktörlere Bağlı Alt Faktörler.....	9
Tablo 3. 2013-2024 Yılları Arasında Yayınlanan Kaza Raporlarına İlişkin Bilgiler.....	11
Tablo 4. Kaza Türleri.....	14
Tablo 5. Kaza türlerinin yıllara göre dağılımı	15
Tablo 6 Dilsel Terim- Üçgen Bulanık Sayı	17
Tablo 7 Önem Derecesi	20
Tablo 8 Rastgele Tutarlılık İndeksi	21
Tablo 9 TOPSIS Uygulama Adımları.....	22
Tablo 10 Dilsel Değişkenler	23
Tablo 11 Linguistic Terms.....	25
Tablo 12. 1.Uzmana ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı	25
Tablo 13 1. Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu	26
Tablo 14 1. Uzmana ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması.....	26
Tablo 15 1.Uzmana Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması.....	26
Tablo 16 1.Uzmana Ait Crisp değerlerin hesaplanması	27
Tablo 17 2.Uzmana ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı	27
Tablo 18 2. Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu	27
Tablo 19 2. Uzmana ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması.....	27
Tablo 20 2.Uzmana Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması.....	28
Tablo 21 2.Uzmana Ait Crisp değerlerin hesaplanması	28
Tablo 22 3.Uzmana ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı	28
Tablo 23 3.Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu	29
Tablo 24 3. Uzmana ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması.....	29
Tablo 25 3.Uzmana Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması.....	29
Tablo 26 3.Uzmana Ait Crisp değerlerin hesaplanması	29
Tablo 27 Ortalama Tablosu	30
Tablo 28 Normalizasyon Tablosu.....	30
Tablo 29 Birim Matris	30
Tablo 30 Birim-Normalize İşlemi.....	30
Tablo 31 Ters (Birim-Normalize) İşlemi.....	31
Tablo 32 Normalize*Ters İşlemi (Kriterlerin Birbirlerini Etkileme Durumları)	31
Tablo 33 Neden Sonuç Grupları, Kriter Ağırlıkları.....	31
Tablo 34 Kaza Türlerinin Ağırlıkları.....	36
Tablo 35 Random index.....	36
Tablo 36 Dilsel Terimler ve Bulanık Üçgen Sayı Karşılıkları	36
Tablo 37 1.Karar Verici Dilsel Terimler	37
Tablo 38 1.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları	37
Tablo 39 2.Karar Verici Dilsel Terimler	37
Tablo 40 2.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları	38
Tablo 41 3.Karar Verici Dilsel Terimler	38
Tablo 42 3.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları	38
Tablo 43. Kesirli Karşılaştırma Matrisi	39
Tablo 44 Sütun Normalleştirme.....	39
Tablo 45. Tutarlılık Oranı Hesaplaması	40

Tablo 46 Bulanık Karşılaştırma Matrisi	40
Tablo 47 Bulanık karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalamaları ve normalizasyon işlemi.....	41
Tablo 48. Defuzzification ve Ağırlık Sıralaması	41
Tablo 49 Dilsel Terimlerin Bulanık Sayı Karşılıkları	42
Tablo 50 Uzmanlara ait Dilsel Terimler	43
Tablo 51 Uzmanlara ait Dilsel Terimlerin Bulanık Sayı Karşılıkları	44
Tablo 52 Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi	45
Tablo 53 Normalize Edilmiş Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi.....	45
Tablo 54 F-AHP'den elde edilen ağırlıkların çatpılmasıyla elde edilmiş nihai bulanık ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi.....	45
Tablo 55 Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri.....	46
Tablo 56 Negatif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri	46
Tablo 57 Benzerlik Dereceleri ve Sıralama	46
Tablo 58 5 Ana Kriterin Yakınlık Katsayıları	47
Tablo 59 Uzmanlara ait Dilsel Terimler	54
Tablo 60 Uzmanlara ait Dilsel Terimlerin Bulanık Sayı Karşılıkları	55
Tablo 61 Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi	56
Tablo 62 Normalize Edilmiş Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi.....	57
Tablo 63 F-AHP'den elde edilen ağırlıkların çatpılmasıyla elde edilmiş nihai bulanık ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi.....	57
Tablo 64 Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri.....	58
Tablo 65 Negatif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri	58
Tablo 66 Benzerlik Dereceleri ve Sıralama	58
Tablo 67 5 Alt Kriterin Yakınlık Katsayıları (CCi).....	59
Tablo 68 DEMATEL ve TOPSIS Sırası ana kriter sıralaması	61
Tablo 69 Alt faktörlerin karşılaştırılması.....	63
Tablo 70 AHP Sıralaması	64
Tablo 71 2. Uzman a ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması	86
Tablo 72 2.Uzman a ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması	88
Tablo 73 2.Uzman a ait Crisp değerlerin hesaplanması	89
Tablo 74 3.Uzman a ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı	91
Tablo 75 3. Uzman a ait Normalizasyon Tablosu	93
Tablo 76 3. Uzman a ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması	94
Tablo 77 3.Uzman a ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması	95
Tablo 78 3.Uzman a ait Crisp değerlerin hesaplanması	97
Tablo 79 Ortalama Tablosu	99
Tablo 80 Normalizasyon Tablosu.....	99
Tablo 81 Birim-Normalize (I-S).....	100
Tablo 82 Ters(Birim-Normalize) (I-S) ⁻¹	101
Tablo 83 Kriterlerin birbirlerini etkileme durumları	101
Tablo 84 Neden-sonuç grupları, kriter ağırlıkları.....	102
Tablo 85 Kriter durumu	103

GRAFİK DİZİNİ

Grafik 1 Ana Kriterler Neden Sonuç Rolü Grafiği.....	32
Grafik 2 Ana Kriterler Toplam Etki Grafiği.....	32
Grafik 3 Ana Kriterler Neden-Sonuç Diyagramı.....	33
Grafik 4 Alt Kriter Neden Sonuç Rolü Grafiği.....	50
Grafik 5 Alt Kriter Toplam Etki Grafiği.....	50
Grafik 6 Alt Kriterler Neden Sonuç Grafiği	51
Grafik 7 Ana Faktörler Karşılaştırma	62
Grafik 8 Alt Faktörler Karşılaştırma.....	63
Grafik 9 Kaza Türlerinin Ağırlıkları.....	64

KISALTMALAR

AHP: Analitik Hiyerarşi Yöntemi

CAN: Criterion-Accident Network

CCi: Yakınlık Katsayıları

ÇKKV: Çoklu Kara Verme Yöntemleri

DEMATEL: The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

EU-OSHA: Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı

FPIS: Bulanık Pozitif İdeal Çözümü

FNIS: Bulanık Negatif İdeal Çözümü

İSG: İş Sağlığı ve Güvenliği

TFN: Triangular Fuzzy Numbers

TOPSIS: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği

1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı küresel dünyanın en önemli ağlarından birisidir. Günümüzde taşımacılık sistemleri; karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu, boru hatları ve birden fazla ulaşım türünün entegre biçimde kullanıldığı modlar arası taşımacılığı içermektedir (Abdullayev, 2013). Bu sistemler arasında, dünya ticaret hacminin yaklaşık %80'i ve Türkiye'nin dış ticaretinin yaklaşık %90'ı denizyolu taşımacılığı yoluyla gerçekleştirilmektedir (Topaloğlu, 2007). Gerek maliyet gerekse taşınan yükün tonajı açısından rakipsiz konumda olan deniz taşımacılığı (Çalışkan, 2019) milyonlarca insanın geçim kapısı olmakla beraber uluslararası ekonomik etkileri açısından da paha biçilemez kıymettedir. Denizlerin başlı başına güvenlik riskleri oluşturmasının yanı sıra taşımacılığı yapılan yüklerin ve taşınma biçimlerinin getirdiği risklerinde büyüklüğü göz önüne alındığında denizcilik sektörü başlı başına tehlikeli ortam olarak nitelenmektedir. Denizyolu taşımacılığı, 'İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'nde de ifade edildiği üzere, iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeli sınıf kapsamında değerlendirilmektedir (Kayıran & Çaylan, 2019). İşletme ortamı uluslararası kati kurallar silsilesi ile yönetilse de deniz kazalarının meydana gelmesini bazı durumlarda önleyememektedir. Denizciliğin zorluğu, tavizsiz talimatlarla yönetilmesi ve dış otoriteye başvurmadan kararlar alınması, gemilerde sıkı bir disiplin anlayışı ile hiyerarşik kırılması güç bir yapılanmaya sebep olmaktadır (Çulha, 2021). Kaptan ve mürettebat kaynaklı deniz kazaları, sadece insan hayatını riske atması açısından değil aynı zamanda çevresel ve ekonomik krizleri de beraberinde getirmektedir. Deniz taşımacılığı sonucu oluşan petrol kirliliği, yalnızca insan sağlığını tehdit etmekle kalmaz; aynı zamanda ciddi ekonomik zararlara yol açar, kıyı bölgelerine zarar verir ve ekosistemler üzerinde kalıcı olumsuz etkiler yaratır (Buber & Köseoğlu, 2020). İster gemi kazası isterse iş kazası olsun, kazalar iş sağlığı ve güvenliği ilkelerine göre birden fazla etmenin bir araya gelmesi ile göz göre göre meydana gelebileceği gibi kaçınılmaz bir halde de zuhur bulabilir. Denizcilik sektöründe son yıllarda yaşanan çok sayıda gelişmelere rağmen, kaza sayıları görece yüksek seviyede seyretmeye devam etmektedir (Çulha, 2021). Kazaların ekosistem üzerine uzun vadeli etkileri düşünüldüğünde, çevresel iyileşmenin ne kadar süreceği kazanın etki katsayısına göre değişkenlik gösterir. Etkilenen bölgelerde balıkçılık, kıyı habitatları, sosyo-ekonomik ve rekreasyonel faaliyetlerin olumsuz etkileneceği göz önünde bulundurulduğunda petrol kirliliği müdahale çalışmalarının yanı sıra kaza nedenlerinin ve acil durum eylem planlamalarının

dikkatli ve öngörülü yapılması önem arz etmektedir (Lan vd., 2015). Birden fazla faktörün sonucu etkilemesi ile ortaya çıkan kazalar veya ramak kala olaylar aslında uygun yöntemler kullanılarak teorik açıdan %98 oranında (Demir & Öz, 2018) ortaya çıkmadan bertaraf edilebilir. Ortaya konulan yöntem güvenilir, geçerli ve güçlü risk analizleri ile tespit edilmesinde hareketle; gerekli bakım-onarım ve eğitim görevlerini yerine getirerek, dikkati üst düzeyde tutarak, iyi acil durum eylem planları oluşturularak hem önlenabilir hem de meydana gelmesi neticesinde ortaya çıkacak sonuçların minimize edilmesini sağlayabilir. Kazaları önleyebilmek için en kritik ilişkilerin doğru ve anlaşılır neden-sonuç analizlerinin yapılması sağlanarak bu durumun üstesinden gelinebilir.

Gemi kazalarının başlıca nedenleri arasında zorlayıcı hava ve deniz koşulları, kılavuzsuz seyr-ül sefer, kaptan veya yetkili subayın yanlış kararları, yanlış manevra gibi etmenler sıralanabilir (Uğurlu, 2022). Ayrıca Büyük ve Bayer'ın 2022 yılında 30' a yakın kazayı inceledikleri kaza raporuna dayalı çalışmalarında yangın kazalarının önemli yer tuttuğu görülmüştür. Yangın ile ilgili risklerin kök sebepler boyutunda hata zincirlerini özellikle ham petrol, kimyasal ve ürün taşıyan tanker gemilerinde oluşabilecek operasyonel risklerde belirleyici özellikler taşımacılık türüne göre de şekillenebilmektedir (Büyük ve Bayer, 2022). Tanker taşımacılığı başlı başına riskli ve tehlikeli bir taşımacılık türüdür (Yorulmaz, 2009). Diğer yandan kazalar yalnızca gemi mürettebatı veya gemi ya da geminin taşıdığı yük açısından olumsuz ve katlanılamaz sonuçlar verdiği düşünülmemelidir (Akyüz ve Çelik, 2015). Deniz kazalarındaki insan hata faktörünün etkisini azaltmak için bilimsel çalışmalar arttırılması gerekirken aynı zamanda denizcilik sektörü paydaşları tarafından da bu çalışmalar desteklenmelidir. Emniyet kültürünün yaygınlaştırılması ve daha etkin hale getirilmesi sayesinde risk değerlendirmeleri daha etkin ve gerçekçi yapılarak hem teorik hem de uygulamalı yöntemler geliştirilebilmelidir (Büyük ve Bayer, 2022).

Uluslararası ticarete sıklıkla tercih edilen denizyolu taşımacılığının güvenilirliğinin artırılması açısından, gemilerde meydana gelen iş kazalarının Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle analiz edilmesi büyük önem arz etmektedir (Tantan, El & Yorulmaz, 2023). Denizyolu taşımacılığı faaliyetlerin aksamaması ve sürdürülebilir deniz taşımacılığı için tehlikeli çalışma ortamının olduğu gemilerde, iş güvenliği ilkelerine uyulması ve iş kazalarının önlenmesi için; kaptan, başmühendis ve gemi işletmelerinin emniyet ve kalite departmanlarının yöneticileri gibi çalışanlardan elde edilen veriler kullanıldığı AHP, TOPSIS ve MOORA gibi ÇKKV yöntemleri ile analiz

edilebilir (Özdemir, 2016; Yorulmaz ve Öztürk, 2018). Kazaların nedenselliğinin de araştırılması için de ÇKKV kullanılabilir (Çiçek & Çağdaş, 2020).

ÇKKV ve denizcilik güvenliği açısından ele alındığında gerek teknolojik yenilikler olsun gerekse otomasyon sistemlerinin modernleşmesi ve dijitalizasyonu açısından önemi artmaktadır (Özdemir, 2016). Denizcilik sektöründe güvenliği artırmak ve kazaları önlemek için farklı analiz yöntemlerinin kullanılması önemlidir. ÇKKV yöntemleri, çeşitli faktörlerin etkilerini dikkate alarak doğru kararlar alınmasını sağlar. Bu yöntem, denizcilik sektöründe karşılaşılan karmaşık sorunların çözülmesine yardımcı olmakta ve risklerin minimize edilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Yorulmaz & Öztürk, 2018). ÇKKV, özellikle karar vericilerin farklı faktörleri göz önünde bulundurmasını sağlayarak, denizcilik güvenliğini artırmaya yönelik stratejilerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Çiçek & Çağdaş, 2020).

Teknolojik yenilikler ve otomasyon sistemlerinin denizcilik sektöründe kazaların önlenmesindeki rolü, giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Otomasyon teknolojilerinin kullanımı, insan hatalarını azaltarak, operasyonel süreçleri daha güvenli hale getirebilmektedir. Özellikle, gemi içi otomasyon sistemleri ve dijital izleme teknolojileri, denizcilik güvenliğini artırmada önemli bir etkiye sahiptir (Büyük & Bayer, 2022). Bu sistemler, gemi personelinin iş yükünü hafifleterek, insan kaynaklı hataların minimize edilmesini sağlar. Ayrıca, gemi operasyonlarının dijital ortamda izlenmesi, anlık veri analizleri ile erken müdahaleye olanak tanır ve potansiyel kazaların önlenmesine katkı sağlar (Yorulmaz, 2009).

ÇKKV yöntemlerinin teknolojik yeniliklerle birleşmesi, denizcilik sektöründe risklerin daha etkili bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. ÇKKV, otomasyon sistemlerinden elde edilen verileri entegre ederek, daha doğru ve güvenilir risk analizleri yapmayı mümkün kılmaktadır. Bu birleşim, hem insan hatalarını minimize etmeyi hem de operasyonel süreçlerin daha verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır (Büyük & Bayer, 2022). Gelişen teknolojiler ve otomasyon sistemlerinin entegrasyonu, sadece riskleri azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda daha sürdürülebilir ve verimli bir deniz taşımacılığı için de temel bir adım oluşturmaktadır. Bu sistemler, denizcilik sektöründe uzun vadeli güvenlik kültürünün oluşmasına katkı sağlamaktadır (Buber & Köseoğlu, 2020).

Hibrit algoritmalar, birden fazla optimizasyon ve/veya arama algoritmasının güçlü yönlerinin bir araya getirilmesiyle, en iyi çözüme hızlı ve etkili biçimde ulaşmayı amaçlayan yöntemlerdir (İnan & Baba, 2020). Günümüzde, bu algoritmalar optimizasyon odaklı çalışmalarda önemli ve ilgi gören bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Bu algoritmalar, özellikle karmaşık problemlerin çözümünde etkili olup, denizcilik sektöründeki risk yönetimi gibi alanlarda büyük avantajlar sunmaktadır (Tamer, Barlas, & Günbeyaz, 2021). ÇKKV yöntemleriyle birleşen melez algoritmalar, deniz kazalarının önlenmesi için daha hızlı ve doğru analizler yapılmasını mümkün kılar. ÇKKV'nin melez algoritmalarla entegrasyonu, karar alma süreçlerinin doğruluğunu artırırken, denizcilik sektöründe güvenliğin güçlendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu yöntemler, riskleri daha etkin bir şekilde analiz ederek, kazaların önlenmesine yönelik stratejilerin daha etkili bir şekilde uygulanmasına olanak tanımaktadır (Özdemir & Yılmaz, 2019). Deniz kazalarının neden-sonuç ilişkilerini ortaya koymak amacıyla kullanılan çok çeşitli analiz yöntemleri detaylı şekilde incelenen çalışmalar dâbulunmaktadır. Deniz kazaları Hata Ağacı, Olay Ağacı, Papyon Analizi, SHELL Modeli, HFACS, FRAM, Bilişsel Hataların Geriye Dönük ve Tahmine dayalı Analizi Tekniği, Bayes Ağları, Beş Neden gibi yöntemlerin deniz kazalarının kök nedenlerini belirlemede etkili olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu analiz yöntemlerinin birbiriyle entegre edilerek kullanılması gerektiği, kazaların önlenmesine yönelik proaktif yaklaşımların daha faydalı olacağı ifade edilmiştir. Verilerin eksiksiz kaydedilmesinin ve uygun terminolojinin kullanılmasının önemine dikkat çekilmektedir (Olgaç,2021)

Zadeh'in öncülüğünü yaptığı kabul edilen bulanık küme teorisi, zaman içerisinde araştırmacıların değişik yaklaşımları ile genişletilmiştir. ÇKKV, riskleri belirlemek, değerlendirmek ve buna göre aksiyon almak için literatürde sıklıkla kullanılan tekniklerden biridir (Yildiz et al., 2022). İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralaması Tekniği (TOPSIS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci(AHP) diğer ÇKKV yöntemleriyle entegre olma esnekliğine sahiptir (Nazim et al., 2022).

Klasik AHP, karar vericilerin kesin yargılarını dikkate alır. Klasik AHP, uzmanların görüşlerini içermesine ve çok kriterli bir değerlendirme yapmasına rağmen, insanın muğlak düşüncelerini yansıtacak nitelikte değildir (Seçme et al., 2009). Bu nedenle uzmanlar, belirli yargılardan ziyade ara yargıları tercih edebilirler. Böylece bulanık küme teorisi, karşılaştırma sürecini daha esnek hale getirir ve uzmanların tercihlerini açıklayabilir (Kahraman et al., 2003).

F-AHP, üç risk faktörünün ağırlık vektörünü belirlemek için kullanılır; şiddeti, oluşumu ve saptanabilirliği. Daha sonra, her başarısızlık modu için risk faktörlerinin dilsel puanları ve risk faktörlerinin ağırlık vektörü kullanılarak Chen'in (2000) bulanık TOPSIS'i kullanılır. Sonuçlara göre en önemli arıza modları elde edilir (Kutlu & Ekmekçioğlu, 2012).

TOPSIS, bir dizi sonlu alternatiften çözümü belirlemek için çok kriterli bir yöntemdir. Temel prensip, tercih edilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede konumlanması gerektiğidir. TOPSIS'te kriterlerin performans derecelendirmeleri ve ağırlıkları kesin değerler olarak verilmektedir (Ashtiani et al., 2009).

F-TOPSIS, Hwang ve Yoon (Hwang & Yoon, 1981) tarafından önerilen ÇKKV problemlerine popüler bir yaklaşımdır . Bu yöntem literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sistemlerin karmaşıklığına göre F-TOPSIS fonksiyonları sıralamak için kullanılırken, F-AHP farklı etkilerin ağırlık tahmini için kullanılır. F-AHP ve F-TOPSIS, ağırlık ve sıralamayı değerlendirmek için en uygun yöntemlerdir. Bulanık karar verme, bulanık ortamda karar vermek için güçlü bir araçtır (Chamoli, 2015).

Gemi kazalarına yol açan etmenlerden 5 ana faktörün belirlenmesi ve bu ana faktörlerin derinlemesine incelenmesi sayesinde odaklanılarak, sonuçta ortaya çıkan gemi kazalarının nedenselliğinin belirlenmesi sağlanmıştır. 5 Ana faktörün, 17 alt faktör açısından incelenmesine; 10 yıllık iş tecrübesine sahip 3 karar verici ile karar verilmiştir. Belirlenen ana ve alt faktörler odak noktasına alınmıştır. 10-20 yıl/iş tecrübesindeki 3 karar verici gemi adamıdır.

1.1. Problemin Tespiti ve Önemi

Denizcilik sektörü, küresel ticaretin en önemli bileşenlerinden biri olmasına rağmen, ciddi güvenlik riskleri ve kazalarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu kazaların büyük bir kısmı, insan hataları, teknik arızalar, çevresel faktörler ve operasyonel eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Literatürde, deniz kazalarının azaltılmasına yönelik çok sayıda çalışma ve çözüm önerisi bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmaların büyük kısmı daha çok kaza sonrası iyileştirme yöntemlerine odaklanırken, risklerin önceden tespit edilmesi ve etkili stratejilerle yönetilmesi gerektiği konusunda önemli bir eksiklik gözlemlenmektedir. Bu durum, kazaların önlenmesi için gerekli risk analizlerinin eksik

yapıldığına ve gerekli önlemlerin alınmadığına işaret etmektedir. Bu bağlamda, ÇKKV yöntemlerinin devreye girmesi büyük önem taşımaktadır. ÇKKV, deniz kazalarına yol açan faktörlerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini sağlayarak, çeşitli risklerin daha etkin bir şekilde değerlendirilebilmesine olanak tanır. Böylece, kazaların önlenmesi için daha güvenilir ve objektif çözüm stratejileri geliştirilebilir. Bu nedenle, deniz kazalarının daha doğru bir şekilde tespit edilmesi ve önlenmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi, hem sektörel hem de akademik açıdan büyük bir öneme sahiptir. ÇKKV yöntemlerinin uygulanması, denizcilik güvenliğini artırmakla kalmayıp, ekonomik kayıpların ve çevresel zararların da azaltılmasına katkı sağlayacaktır. 2021 yılında yapılan çalışmada gemi inşaatı ve gemi makineleri mühendisliğinde kullanılan ÇKKV yöntemlerini incelemiştir (Tamer, Barlas & Günbeyaz. 2021). En sık kullanılan yöntemler arasında AHP ve TOPSIS yer almıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Motivasyonu

Bu çalışmanın temel amacı gemilerde meydana gelmiş ya da meydana gelebilme ihtimali olan kazalara etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin uzman gözü ile neden-sonuç ilişkisi içerisinde detayları gözden kaçırmadan inceleyerek denizcilik kazalarının karmaşık yapısının analizini mümkün hale getirmeye çalışmaktır. Kazaların meydana gelmeden önlenmesi kayıpların minimize edilebilmesini sağlayan doğru seçeneklerin varlığının tespitinin sağlanması da tezin motivasyonlarından bir diğeridir.

Deniz kazalarındaki karmaşık yapı, birden çok etmenin etkileşmesi ve ortaya çıkması neticesinde zincirleme biçimde etkisini göstermektedir. Bu karmaşıklık içerisinde bulunan insan faktörü, dış etkenler, eksik eğitim, navigasyon hatalarının yanı sıra diğer minimum etkiye sahip etmenlerin sistematik biçimde ele alınması ile gemiye ait yapısal kusurlarında dâhil edildiği ayrıntılı, titiz bir çalışma tezde ele alınmıştır.

1.3. Araştırma Sorusu ve Araştırmanın Hipotezleri

ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, deniz kazalarının önlenmesinde etkin risk analizleri yaparak denizcilik güvenliğini artırabilir mi?

H₀: ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, deniz kazalarının önlenmesinde önemli bir etkisi yoktur.

H₁: ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, deniz kazalarının önlenmesinde etkin risk analizleri yaparak denizcilik güvenliğini artırır.

1.4. Tezin Özgün Değeri ve Literatüre Katkıları

Deniz kazalarının nedensellik ilişkilerinin ortaya çıkarılması için, kazalar etki eden dinamik etmenlerin anlaşılması önem arz etmektedir. Bu dinamikleri hem anlayıp hem de etkin önleme yöntemlerinin geliştirilmesini mümkün kılmak amacı ile F-DEMATEL, F-AHP ve F-TOPSIS ÇKKV kullanılmıştır. Doktora çalışmasının özgün değeri olarak Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulaşım Emniyet Başkanlığı tarafından 2013-2024 yılları arasında yayımlanan 83 deniz kazası incelenerek bu kazaların nedenleri tespit edilmiş, hem teorik hem de uygulamalı bir yapıya sahip olan yöntem geliştirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda deniz kazalarını önlemeye yönelik rehber niteliğinde çıkarımlar yapılmıştır. Denizcilik sektöründe güvenliğe katkı sunulurken aynı zamanda kayıpları minimize etmek için çizilmesi gereken yol haritası da belirlenmiştir. Bu sayede ekonomik kayıpların azaltılmasının da ötesinde insan hayatının korunması ve çevre felaketlerinin önüne geçilmesi gibi kritik hedeflerin yerine getirilmesine olanak sağlayabilecektir.

1.5. Tezin Mimarisi

Şekil 1 'de tezin mimarisi gösterilmektedir. Tez yedi bölümden oluşmaktadır. Her bölüm aşağıda özetlenmiştir:

Bölüm 1 'de, Giriş kısmında, tez çalışmasının amaçları ve motivasyonu, tezin özgün değeri ve literatüre katkıları ve tezin mimarisi yer almaktadır.

Bölüm 2 'de, tezin araştırma konularına genel bir bakış, literatüre ait kavramsal ve terminolojik açıklamalar konuları yer almaktadır.

Bölüm 3 'te, tez çalışmasında kullanılan veriler ve çalışma yapılan yöntem metodolojileri ve yöntemleri açıklanmaktadır.

Bölüm 4 'te, Elde edilen verilere son yıllarda en çok tercih edilen çoklu karar verme yöntemlerinden olan F-AHP, F-TOPSIS ve F-DEMATEL yöntemleri kullanılarak 3 karar verici tarafından değerlendirilen 5 ana faktör ve 17 alt faktör göre ortaya çıkan hesaplamalar ve sıralama yer almaktadır.

Bölüm 5 'te, tezin çalışma evreni ve limitleri dâhilinde elde edilen bulgulara göre yapılan tartışma ve değerlendirmeler yer almaktadır.

Bölüm 6 'da çalışmanın katkıları tartışılır ve değerlendirildikten sonra iş sağlığı ve güvenliğinin temeli olan proaktif yaklaşıma göre elde edilen sonuç ve öneriler yer

almaktadır. Gelecekte deniz kazalarının önlenmesine yönelik potansiyel çalışmaların ana hatları verilir ve kazaları önleyecek hangi temel faktörlere odaklanması hakkında güvenlik mühendisliği yaklaşımı önerilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Gemi Kazalarının Çok Boyutlu Risk Analizi – CAN (Criterion-Accident Network) Modeli Yaklaşımı

Bu araştırmada, denizcilik sektöründeki gemi kazalarının karmaşık etkileşimlerini ve risk faktörlerini kapsamlı biçimde analiz etmek amacıyla CAN (Criterion-Accident Network) adını taşıyan ileri düzey, çok katmanlı bir metodolojik yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışma, deniz taşımacılığında görülen kazaların altında yatan çok boyutlu risk yapısını üç entegre analitik yöntemle çözümlemeyi hedeflemektedir.

Metodolojik çerçevenin ilk aşamasında, DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi kullanılarak deniz kazalarını etkileyen Tablo 1.'de gösterirken 5 ana faktör ile bunlara bağlı geliştirilen ve Tablo 2.'de gösterilen 17 alt faktör arasındaki karmaşık nedensellik ilişkileri modellenmiştir.

Tablo 1. Ana Faktörler

Psikososyal Riskler
Geminin Yapısal Riskleri
Dış Faktörlerden Kaynaklanan Riskler
Eğitim ve Deneyimle İlgili Riskler
Seyirle İlgili Riskler

Tablo 2. Ana Faktörlere Bağlı Alt Faktörler

Psikososyal Riskler	Gemiye Uyum Sağlama Sorunları Sosyal Yaşamdan Uzaklık Yetersiz Kumanya
Geminin Yapısal Riskleri	İnşa Yılı Yetersiz Bakım Teknik Hatalar
Dış Faktörlerden Kaynaklanan Riskler	Yetersiz Denetim Olumsuz Meteorolojik Durumlar Gemi Trafığı Yoğunluğu Açıkta Bekleme/Yükleme Boşaltma Süreleri
Eğitim ve Deneyimle İlgili Riskler	Eğitim/Tatbikat Eksikliği Yetersiz Deneyim Liyakatsiz Çalışanlar
Seyirle İlgili Riskler	Sefer Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler

Bu analiz bakım yetersizliklerinin teknik arızalara katkısı, eğitim tatbikat yetersizliklerinin yeteriz bakım üzerindeki etkisi gibi faktörler arasındaki doğrudan ve dolaylı etkileşim ağını matematiksel olarak haritalandırmıştır. DEMATEL'in özgün katkısı, hangi risk faktörlerinin sistemde "etkileyici" (generator) ve hangilerinin "etkilenen" (receiver) konumda olduğunu belirleyerek, deniz kazalarına yönelik proaktif müdahale stratejileri geliştirmeye olanak sağlamasıdır.

İkinci aşamada, AHP metodolojisi ile denizcilik sektöründe en kritik beş kaza türü (çarpma/çatışma, yangın/patlama, karaya oturma, ölümlü iş kazası, yaralanmalı iş kazası) için risk ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu kapsamda, gemi adamları tarafından yapılan değerlendirmeler, tutarlılık oranları kontrol edilerek matematiksel dönüşümlere tabi tutulmuştur.

Son aşamada, TOPSIS yöntemi kullanılarak, DEMATEL'den elde edilen en kritik beş alt faktör (yetersiz bakım, teknik hatalar, eğitim/tatbikat eksikliği, yetersiz deneyim, liyakatsiz çalışanlar) ve beş ana faktör matematiksel olarak sıralanmıştır. Bu entegre yaklaşım, deniz kazalarının önlenmesinde öncelikli müdahale alanlarını belirlerken, hem faktörlerin birbirleri üzerindeki etkilerini (DEMATEL sonuçları) hem de kaza türlerinin göreceli önemlerini (AHP ağırlıkları) eşzamanlı olarak dikkate almaktadır.

CAN modeli, denizcilik emniyeti literatüründe genellikle ayrı ayrı ele alınan risk faktörlerini bütünleşik bir sistem perspektifiyle değerlendirerek, gemi kazalarına yönelik daha kapsamlı ve dinamik bir risk analizi sunmaktadır. Çalışmanın özgün değeri, yalnızca gemi kazalarının olasılık ve şiddet derecelerini tanımlamakla kalmayıp, bu kazalara yol açan faktörler arasındaki karmaşık etkileşim ağını ve nedensellik ilişkilerini de matematiksel olarak modellemesidir. Bu yaklaşım, denizcilik otoriteleri ve gemi işletmecileri için proaktif risk yönetimi stratejileri geliştirilmesinde değerli bir analitik çerçeve sunmaktadır.

2.2. Denizcilik Kaza Verilerinin Toplanması

Deniz taşımacılığı, düşük birim maliyetiyle dünya ticaretinin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Bu durum, denizyolunu sanayileşmiş ülkeler için vazgeçilmez kılarken, taşınan yük hacmi ve değeri arttıkça, deniz kazalarının yol açtığı zararlar da büyümektedir. Özellikle dar ve işlek suyollarında meydana gelen kazalar, ciddi can ve mal kayıpları ile çevresel felaketlere yol açmaktadır. Bu kazalar çevreyi ve deniz canlılarını ciddi şekilde etkilemiş, denize yayılan petrol felaket boyutuna ulaşmıştır(Kodak & Acarer, 2021).

Bu kazaların nedenlerini araştırmak üzerine yapılan bu tez çalışması Ulaşım güvenliği ile ilgili analiz ve değerlendirmeler, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde faaliyet gösteren Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi tarafından yürütülmektedir. 2013-2024 yılları arasında yayınlanan 86 deniz kazası raporunun incelemesiyle oluşturulmuştur. Tablo 3.'de ilgili birim tarafından yayınlanan raporların yayınlandığı yıl, kaza türü, kaza yeri, ölü, yaralı ve kayıp sayısına ilişkin bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 3. 2013-2024 Yılları Arasında Yayınlanan Kaza Raporlarına İlişkin Bilgiler

No	Rapor Yılı	Kaza Tarihi	Kaza Türü	Kaza Yeri	Kaza Yeri Detay	Ölü	Yaralı	Kayıp
1	2013	20.10.2011	Çatışma	Arnavutluk	Durres Limanı	0	0	8
2	2013	19.05.2012	Batma	Yunanistan	Zakintos Adası	3	0	1
3	2013	28.05.2012	Denize Araç Düşmesi	Tekirdağ	Açıkları	4	0	0
4	2013	26.12.2011	Çatışma	Marmara	Eski İskele	0	0	0
5	2013	17.09.2011	Çatma	Denizi	Sivri Ada Açıkları	0	0	0
6	2013	26.04.2011	Çatma	Zonguldak	Muslu	0	0	0
7	2013	29.03.2011	Çatma	İstanbul	Galata Köprüsü	0	10	0
8	2013	20.02.2011	Çevre Kirliliği	İzmit	Rota Limanı	0	0	0
9	2013	05.02.2011	Karaya Oturma	Sinop	Kumkapı	0	0	0
10	2013	17.12.2010	Denize Adam Düşmesi	İzmir	Aliaga Limanı	1	0	0
11	2013	17.12.2010	Karaya Oturma	Antalya	Adrasan Koyu	0	0	0
12	2014	20.01.2014	Karaya Oturma	Antalya	Konyaaltı Falezler	0	1	0
			Patlama	İstanbul	Tuzla Demir Yeri	1	1	0

13	2015	20.02.2015	Ambara Düşme	Hatay	İskenderun Demir Sahası	1	0	0
14	2015	21.08.2013	İş Kazası Karaya	Muğla	Güllük Limanı	0	1	0
15	2015	04.12.2012	Oturma	İstanbul	Şile İskenderun DENBİRPORT	4	1	0
16	2015	14.01.2015	Gemide Yangın	Hatay	Limanı	0	0	0
17	2015	13.06.2013	İş Kazası	Ordu	Ünye Limanı	1	0	0
18	2015	11.01.2015	Batma	Samsun	Bafra Gıcı Gölü	7	0	0
19	2015	15.03.2014	Denize Araç Düşmesi	İstanbul	Sirkeci İskelesi	2	0	0
20	2015	18.12.2014	Çatışma	İstanbul	Sarayburnu	0	1	0
21	2015	11.09.2014	Çatışma	Marmaris Marmara	Bozburun Açıkları	1	2	0
22	2015	17.08.2014	Hava Hasarı Denize Adam	Denizi	Bozburun Açıkları	0	10	0
23	2015	04.04.2014	Düşmesi	İstanbul	Eminönü İskelesi	0	1	0
24	2016	22.07.2015	Çatışma	İstanbul	Şile Açıkları	1	0	0
25	2016	13.12.2013	Batma	İstanbul	Sivri Ada Açıkları	0	0	0
26	2016	19.04.2015	Karaya Oturma	Çanakkale	Gökçeada Kuzu Limanı	0	0	0
27	2016	28.12.2014	Çatışma	İtalya	Ravenna Limanı	5	0	1
28	2016	14.01.2015	Çatışma	Kocaeli	İzmit Eskihsar Açıkları	0	0	0
29	2017	17.08.2016	Çatışma	İstanbul	Haydarpaşa Kuzey Mendirek Önleri	4	3	0
30	2017	03.09.2016	Batma	Antalya	Kaleiçi Açıkları	2	0	0
31	2017	18.12.2016	Karaya Oturma	İzmir	Çeşme Ildır Körfezi	0	0	0
32	2017	23.09.2014	Denize Adam Düşmesi	İstanbul	Rumeli Feneri Açıkları	1	1	0
33	2017	03.04.2016	Çatışma	Çanakkale	Çanakkale Feribot İskelesi Açıkları	0	0	0
34	2017	19.09.2016	Batma	Antalya	Alanya Limanı Açıkları	0	0	0
35	2018	31.01.2018	Denize Adam Düşmesi	Kocaeli	Derince SAFİPORT Limanı Açıkları	1	0	0
36	2018	27.04.2017	Patlama	Kocaeli	Yarımca HABAS	1	9	0
37	2018	01.11.2017	Batma	İstanbul	Şile Açıkları	7	0	2
38	2018	14.05.2017	Alabora	Balıkesir	Bandırma Çelebi Limanı	0	3	0
39	2018	16.03.2017	Batma	Libya	Misurata Limanı	5	0	1
40	2019	03.06.2014	Yük Çarpması	İstanbul	Ahırkapı Demir Yeri	1	0	0

			Denize Adam			0	0	1
41	2019	22.03.2018	Düşmesi	Samsun	Alaçam Açıkları			
42	2019	12.08.2018	Çatışma	Muğla	Fethiye Körfezi	1	1	0
			Yaliya					
43	2019	07.04.2018	Çarpma	İstanbul	İstanbul Boğazı	0	0	0
					Mersin Limanı			
44	2019	22.03.2018	Çatışma	Mersin	Açıkları	0	0	0
45	2019	06.03.2017	Zehirlenme	Tekirdağ	Martaş Limanı	1	6	0
					Gelibolu GESTAŞ			
46	2019	07.12.2017	Çatışma	Çanakkale	İskelesi Önü	1	1	0
47	2020	20.11.2018	Yangın	Yunanistan	Matapan Burnu	0	0	0
48	2020	01.07.2019	Yangın	İzmir	PETKİM Tesisleri	1	0	0
			Halat					
49	2020	24.09.2019	Çarpması	Bitlis	Tatvan	0	2	0
50	2020	13.03.2019	Batma	Balıkesir	Marmara Adası	0	0	0
					Fethiye Killebükü			
51	2020	16.09.2019	Yangın	Muğla	Koyu	1	4	0
			Yük					
52	2020	10.01.2018	Kayması	Kocaeli	Derince	1	0	0
			Yük Telinin					
53	2020	05.12.2017	Kopması	Tekirdağ	Martaş Limanı	1	0	0
54	2020	02.08.2017	Batma	Muğla	Marmaris Bozburun	3	2	0
55	2021	03.11.2020	Batma	Antalya	Alanya Kalesi Önleri	1	0	0
56	2021	15.09.2020	İş Kazası	Sinop	Ayancık	1	0	0
57	2021	17.09.2019	Batma	Mısır	Kızıldeniz	0	0	0
					Tekirdağ Liman			
58	2021	30.12.2018	İş Kazası	Tekirdağ	İşletmesi	1	0	0
			Yüksekten					
59	2021	10.03.2020	Düşme	Mersin	Mersin Limanı	1	0	0
			Yüksekten		Karabiga Belediye			
60	2021	26.11.2019	Düşme	Çanakkale	Rıhtımı	1	0	0
					Nouadhibou Limanı			
61	2021	26.11.2019	Batma	Moritanya	Açıkları	0	0	0
			Halat		Antalya Limanı			
62	2021	11.09.2019	Çarpması	Antalya	Açıkları	0	0	0
63	2022	11.02.2021	Yangın	Çanakkale	Bozcaada	0	0	0
64	2022	31.03.2021	İş Kazası	İzmir	Nemrut Körfezi	1	0	0
65	2022	03.07.2021	Batma	Muğla	Fethiye Ölüdeniz	1	2	0
			Denize Adam			1	1	0
66	2022	03.10.2020	Düşmesi	Liberya	Liberya Açıkları			
			Denize Adam		Hacıağzı Sahili	1	0	0
67	2022	16.09.2019	Düşmesi	İstanbul	Açıkları			
68	2022	08.09.2021	İş Kazası	Kocaeli	Diliskelesi	1	0	0
69	2022	15.08.2021	Yangın	Alanya	Türkler	0	0	0
					Karataş Limanı			
70	2022	11.11.2020	Çatışma	Adana	Açıkları	5	0	0
71	2023	25.08.2022	Çatışma	Çanakkale	Çanakkale Boğazı	0	0	0

72	2023	17.06.2021	Çatışma	İstanbul	İstanbul Boğazı Kuzey Çıkışı	2	0	0
73	2023	23.06.2013	Batma	Antalya	Yarımca Burnu Açıkları	0	0	0
74	2023	24.11.2010	Patlama	İngiltere	Dover Boğazı	1	2	0
75	2023	28.08.2022	Patlama	Balıkesir	Bandırma Çelebi Limanı	0	2	0
76	2023	24.10.2021	Çatışma	Çanakkale	Çanakkale Boğazı Kuzey Girişi	0	0	0
77	2023	02.03.2023	Yangın	Tekirdağ	CEYPORT Limanı	0	0	0
78	2023	19.09.2013	İş Kazası	Antalya	Açıkları	1	2	0
79	2023	03.03.2022	Denize Adam Düşmesi	İstanbul	Antalya Limanı	1	0	0
80	2023	10.01.2020	Çatışma	İstanbul	İstanbul Boğazı Güney Girişi	2	0	1
81	2023	09.02.2022	İş Kazası	Mersin	Rumeli Feneri	1	0	0
82	2024	19.11.2023	Karaya Oturma	Zonguldak	Mersin Limanı Demir Sahası	0	0	0
83	2024	16.02.2024	İş Kazası	Rusya	Karadeniz Ereğli Limanı	3	2	0
84	2024	31.08.2022	Halat Çarpması	İstanbul	Soçi Demir Yeri	1	0	0
85	2024	15.01.2024	İş Kazası	Sinop	Tuzla Tersaneler	1	0	0
86	2024	21.06.2013	Yangın	İtalya	Bölgesi	1	0	0
					Akliman Açıkları	0	0	0
					Adriyatik Denizi	91	71	15

Tablo 4.'de Kaza türlerinin gruplandırılması ve en çok karşılaşılan kaza türlerinin sıralaması yapılmıştır. Buna göre en çok karşılaşılan kaza türleri sırasıyla Çarpma/Çatışma/Çarpma, Yangın/Patlama, Karaya Oturma/Alabora, Batma, Denize Araç Düşmesi ile İş Kazası olarak sıralanmıştır.

Tablo 4. Kaza Türleri

Kaza Türü	Kaza Sayısı	Sıralama
Çarpma Çatışma Çatma	20	1
Karaya Oturma/Alabora	11	3
Batma	11	3
Denize Araç Adam Düşmesi	10	5
Çevre Kirliliği	1	9
Yüksekten Düşme	3	8
İş Kazası	10	5
Yangın Patlama	12	2
Hava Hasarı	1	9

Zehirlenme	1	9
Yükle İlgili Kazalar	5	7
Halatla İlgili Kazalar	1	9

Tablo 5.'de ise kaza raporlarının yıllara göre dağılımı bulunmakta olup kaza raporlarının yıllara göre bir düzen içinde yayınlanmadığı, en az rapor yayınlanan yılın 1 kaza raporuyla 2014 yılı olduğu, en çok kaza raporu yayınlanan yılın ise 11 kaza raporuyla 2013, 2015 ve 2023 yılları olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Kaza türlerinin yıllara göre dağılımı

Kaza Türü	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Toplam
Çatma	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Çatışma	2	0	2	3	2	0	3	0	0	1	4	0	17
Çarpma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karaya													
Oturma	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0	0	1	10
Batma	1	0	1	1	2	2	0	2	0	1	1	0	11
Denize													
Araç													
Düşmesi	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Denize													
Adam													
Düşmesi	1	0	1	0	1	1	1	0	0	2	1	0	8
Çevre													
Kirliliği	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Yüksekten													
Düşme	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
İş Kazası	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	10
Patlama	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	4
Yangın	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	1	1	8
Hava													
Hasarı	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Zehirlenme	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Alabora	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Yük													
Telinin													
Kopması	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Yük													
Kayması	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Yalıya														
Çarpma	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Halat														
Çarpması	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Yük														
Çarpması	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
Toplam	11	1	11	5	6	5	7	8	8	8	11	5	5	86

2.3. Bulanık DEMATEL Yöntemi

F-DEMATEL yöntemi, kriterler arası etkileşimleri ve ağırlıkları belirleyerek, daha sağlıklı kararlar alma imkânı sunar. Karar vericilere yüzeysel kriterlere değil, daha stratejik ve etkileşimli kriterlere odaklanmaları sağlanmaktadır (Chang et al., 2011). DEMATEL yöntemi, karmaşık problemlerdeki kriterler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini analiz etmek için kullanılan güçlü bir tekniktir. 1970'lerde Fontela ve Gabus tarafından geliştirilen bu yöntem, özellikle ÇKKV süreçlerinde etkili olup, sistemdeki faktörler arasındaki etkileşimleri matrisler ve yönlü grafiklerle (digraph) görselleştirir. Klasik DEMATEL yaklaşımı, sadece net (crisp) değerlerle çalışır ve karar vericilerden 0 ile 4 arası sayısal değerlendirme isterken gerçek hayatta karar verme senaryolarındaki belirsizlikleri tam olarak yansıtamaz. Bu nedenle, klasik DEMATEL yönteminin genişletilerek bulanık mantıkla (fuzzy logic) bütünleştirildiği bir yapının kullanılması daha derinlemesine bir sonuç elde edilmesinde faydalı olmaktadır (Sankar & Augustin, 2016).

DEMATEL'in temel adımları içerisinde doğrudan ilişki matrisinin oluşturulması ilk sırayı almaktadır. Bu aşamada uzmanlar, kriterler arası etki düzeyini DEMATEL için belirlenen dilsel terimlerle ifade eder. Takip eden aşamada ise normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisinin hesaplanması gelmektedir. Bu matris oluşturulduktan sonra toplam ilişki matrisinin (T) oluşturulması ile dolaylı etkiler de hesaba katılır.

Neden ve sonuç gruplarının ayrılması aşamasında ise her bir kriterin sebep mi yoksa sonuç mu olduğu belirlenir. Elde edilen veriler digraph yöntemi ile kriterlerin birbirine olan etkisi görselleştirilir.

Bu yöntemle, karmaşık sistemlerdeki kriterler arası etkileşimler sadece tanımlanmakla kalmaz, aynı zamanda etki dereceleri ölçülerek karar vericilerin daha etkin stratejiler geliştirmesi sağlanır.

DEMATEL yönteminde öncelikle dilsel değerlendire matrisleri oluşturulur.

$$\hat{X}_k = [\hat{x}_{kij}]_{n \times n}, k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\hat{X}_k = [\hat{x}_{kij}]_{n \times n} = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \begin{bmatrix} - & \hat{x}_{k12} & \cdots & \hat{x}_{k1n} \\ \hat{x}_{k21} & - & \cdots & \hat{x}_{k2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{kn1} & \hat{x}_{kn2} & \cdots & - \end{bmatrix}, k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

Daha sonra dilsel ifadeler üçgensel bulanık sayılara Tablo 6. Yardımı ile yardımıyla çevrilir.

Tablo 6 Dilsel Terim- Üçgen Bulanık Sayı

Dilsel Terim	Üçgen Bulanık Sayı (l, m, u)
Çok Düşük (VL)	(0, 0, 0.25)
Düşük (L)	(0, 0.25, 0.5)
Orta (M)	(0.25, 0.5, 0.75)
Yüksek (H)	(0.5, 0.75, 1)
Çok Yüksek (VH)	(0.75, 1, 1)

Bulanık sayıları kesin değere indirmek için sırasıyla normalizasyon (3), sol ve sağ normalize değerler (4), toplam normalize değer (5) için gereken işlemler yapıldıktan sonra kesin değer (6) elde edilir.

$$\begin{aligned} zr_{ij}^k &= \frac{r_{ij}^k - \min l_{ij}^k}{\Delta_{min}^{max}} \\ zm_{ij}^k &= \frac{m_{ij}^k - \min l_{ij}^k}{\Delta_{min}^{max}} \\ zl_{ij}^k &= \frac{l_{ij}^k - \min l_{ij}^k}{\Delta_{min}^{max}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta_{min}^{max} &= \max r_{ij}^k - \min l_{ij}^k \\ zrs_{ij}^k &= \frac{zr_{ij}^k}{1 + zr_{ij}^k - zm_{ij}^k} \\ zls_{ij}^k &= \frac{zm_{ij}^k}{1 + zm_{ij}^k - zl_{ij}^k} \end{aligned} \quad (4)$$

$$z_{ij}^k = \frac{zls_{ij}^k(1-zls_{ij}^k)+zrs_{ij}^k \times zrs_{ij}^k}{1-zls_{ij}^k+zrs_{ij}^k} \quad (5)$$

$$x_{ij}^k = minl_{ij}^k + z_{ij}^k \times \Delta_{min}^{max} \quad (6)$$

Tüm uzmanların değerlendirmelerinin ortak bir matris haline getirildiği Doğrudan ilişki matrisini elde etmek için (7) ve (8) kullanılır.

$$\bar{X}_k = [\bar{x}_{kij}]_{n \times n} \quad (7)$$

$$\bar{X}_k = \frac{1}{m} (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m) \quad (8)$$

Elde edilen matrisi normalize etmek için (9) ve (10) kullanılır.

$$\bar{Z}_k = [\bar{z}_{kij}]_{n \times n} \quad (9)$$

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |x_{ij}|}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Doğrudan ve dolaylı etkileşimi modellemek için (11), (12) ve (13) kullanılır

$$\bar{T} = \lim_{s \rightarrow \infty} ((\bar{Z})^1 + (\bar{Z})^2 + \dots + (\bar{Z})^s) \quad (11)$$

$$S = K \times T \quad (12)$$

Başlangıçtaki doğrudan ilişki matrisi T, kriterler arasındaki etkileşimlerin yönü ve şiddeti dikkate alınarak yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen $n \times n$ boyutunda bir matristir. Burada T_{ij} , i kriterinin j kriterini etkileme derecesini ifade eder, yani $T = [T_{ij}]_{nn}$. Daha sonra, aşağıdaki (1) ve (2) numaralı formüllerle tüm ana köşegen (diagonal) elemanları sıfıra eşit olan ve $0 \leq S_{ij} \leq 1$ koşulunu sağlayan normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi $S = [S_{ij}]_{nn}$ elde edilir.

Toplam ilişki matrisi M, (3) numaralı formül kullanılarak elde edilebilir. Bu formülde I, birim matrisi olarak ifade edilir.

$$M = X \times (I - X)^{-1} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
M &= [m_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \\
D &= \left[\sum_{j=1}^n m_{ij} \right]_{n \times 1} \\
R &= \left[\sum_{i=1}^n m_{ij} \right]_{1 \times n}
\end{aligned} \tag{14}$$

Toplam ilişki matrisi M içerisinde satırların toplamı D, sütunların toplamı ise R olarak (14) numaralı formüllerle ayrı ayrı ifade edilir. Burada D, kriterin diğer kriterler üzerindeki toplam etkisini; R ise diğer kriterlerden aldığı toplam etkiyi temsil eder.

Son olarak, (D + R, D - R) veri kümesi haritalanarak nedensellik ve etki grafiği elde edilir. Bu grafikte:

Yatay eksen (D + R), kriterin hem etkilediği hem de etkilendiği toplam etkiyi,

Dikey eksen (D - R), kriterin nedensel rolünü (pozitifse neden, negatifse sonuç) gösterir.

2.4. Bulanık AHP Yöntemi

Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP), klasik AHP yönteminin bulanık mantıkla genişletilmiş halidir ve Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP'nin, karar verici yargılarındaki belirsizliği ele almak üzere uyarlanmış şeklidir. Bu yöntem, ÇKKV problemlerinde çeşitli kriterlerin önceliklendirilmesinde kullanılır. Fuzzy AHP, karar vericilerin değerlendirmelerini sayısal değil, üçgen bulanık sayılar (Triangular Fuzzy Numbers, TFN) ile ifade eder. Bu sayede, insan yargılarındaki belirsizlik ve belirsiz tanımlar (örneğin "biraz daha önemli", "çok daha önemli") modellenenabilir. Karşılaştırmalar, bulanık karşılaştırma matrisleri aracılığıyla kaydedilir. Bu çalışmada, kriter ağırlıklarının hesaplanmasında çeşitli algoritmalar arasından özellikle Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, özellikle az sayıda kriterin karşılaştırıldığı durumlarda diğer yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği için tercih edilmiştir. Temel alınan bulanık küme teorisi, ilk kez Zadeh (1965) tarafından ortaya konmuş ve karar verme süreçlerindeki belirsizlikleri ifade etmek için kullanılmıştır. Üçgen bulanık sayılar, bir (a, b, c) üçlüsü ile tanımlanır ve bunlar üzerinde toplama, çarpma, skalerle çarpma ve ters alma gibi temel matematiksel işlemler tanımlanmıştır (Ahmad & Qahmash, 2020).

Bu çalışmada, kriterlerin göreceli önem düzeylerini belirlemek amacıyla F-AHP yöntemi uygulanmıştır. Yöntem, klasik AHP'nin karar verici belirsizliklerini modellemede yetersiz kalmasını aşmak üzere, bulanık mantık ile geliştirilmiş bir ÇKKV yaklaşımıdır.

Uygulamada, Buckley (1985) tarafından geliştirilen Geometrik Ortalama Yöntemi esas alınmıştır.

Adım 1: Hiyerarşik Yapının Kurulması

İlk olarak, karar problemi çok düzeyli bir hiyerarşik yapıya dönüştürülmüştür.

$$\widetilde{A}^k = \begin{bmatrix} \check{a}_{11}^k & \cdots & \check{a}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \check{a}_{n1}^k & \cdots & \check{a}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 2: Karar Verici Görüşlerinin Toplanması

Uzmanlar tarafından kriterler, ikili karşılaştırmalar şeklinde değerlendirilmiştir. Karşılaştırmalar, bulanık üçgensel sayılar TFN ile yapılmış ve Tablo 7’deki dilsel ölçek kullanılmıştır.

Tablo 7 Önem Derecesi

Önem Derecesi	Tanım	TFN
1	Eşit önem	(1,1,1)
3	Zayıf öncelik	(2,3,4)
5	Güçlü öncelik	(4,5,6)
7	Çok güçlü öncelik	(6,7,8)
9	Mutlak öncelik	(9,9,9)
2,4,6,8	Ara Dereceler	(1, 2, 3), (3, 4, 5), (5, 6, 7), (7, 8, 9)

Adım 3: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Bulanık karşılaştırma matrisindeki değerler, aşağıdaki formülle keskin sayılara (crisp) dönüştürülmüştür:

$$M_{\text{crisp}} = \frac{a+4b+c}{6} \quad (16)$$

Kriter ağırlıkları:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{x=1}^n a_{xi}}}{n} \quad (17)$$

Ardından tutarlılığı sağlamak amacıyla konsistensi oranı (CR) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{w_i}}{n} \quad (18)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1} \quad (19)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Tablo 8 Rastgele Tutarlılık İndeksi

Değişken Sayısı (n)	3	4	5	6	7	8	9
RI İndeksi	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Burada RI, Tablo 8’deki Rastgele Tutarlılık İndeksi olup karşılaştırılan kriter sayısına göre belirlenmiştir. $CR < 0.1$ ise kararlar tutarlıdır.

Adım 4: Bulanık Ağırlıkların Hesaplanması

Bulanık ağırlıklar, aşağıdaki geometrik ortalama yöntemiyle hesaplanmıştır:

$$r_i = \left(\prod_{j=1}^n d_{ij} \right)^{1/n}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_n)^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i) \quad (21)$$

Adım 5: Ağırlıkların Keskinleştirilmesi ve Normalize Edilmesi

Bulanık ağırlıkların tek sayıya indirgenmesi için ağırlık merkez metodu (COA) kullanılmıştır:

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3}$$

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (22)$$

Bu adım sonucunda her alt kriterin ağırlığı $[0,1]$ aralığında normalize edilerek öncelik sırası belirlenmiştir.

2.5. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Fuzzy TOPSIS, ÇKKV yöntemlerinden biridir ve karar alternatiflerinin, pozitif ideal çözüme (FPIS) olan yakınlıklarına ve negatif ideal çözüme (FNIS) olan uzaklıklarına göre sıralanmasına dayanır. Yöntem ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş, daha sonra Chen ve Hwang (1992) tarafından bulanık mantık entegrasyonu ile genişletilmiştir. Klasik TOPSIS, kesin (crisp) değerlerle çalışırken, Fuzzy TOPSIS, karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizlikleri ve sübjektifliği TFN kullanarak modele dahil eder. Bu sayede, belirsiz, dilsel veya eksik bilgi içeren karar verme süreçlerine daha uygun hale gelir (Shukla et al., 2014). Tablo 9’da uygulama adımları verilmiştir.

Tablo 9 TOPSIS Uygulama Adımları

Adım 1.Uzman Komitesi Kurulması <i>Karar vericiler belirlenmesi</i>
Adım 2.Alternatifler ve Kriterlerin Belirlenmesi <i>(Değerlendirme kriterleri ve karar seçenekleri tanımlanması)</i>
Adım 3.Dilsel Değişkenlerin Belirlenmesi <i>("Çok iyi", "orta", "zayıf" gibi dilsel ifadeler, üçgen bulanık sayılarla ifade edilir.)</i>
Adım 4.Bulanık Değerlendirme Matrisi Oluşturulur <i>(Her karar vericinin kriterlere göre verdiği puanlar birleştirilerek bulanık karar matrisi elde edilir.)</i>
Adım 5.Normalizasyon: Kriter değerleri karşılaştırılabilir hale getirilir. <i>Bulanık karar matrisi normalize edilir.</i>
Adım 6.Ağırlıklı Normalize Matris <i>Her kriterin önemi/ ağırlığı dikkate alınarak matris yeniden düzenlenir.</i>
Adım 7.Uzaklık Hesaplama <i>Her alternatifin FPIS ve FNIS’e olan bulanık uzaklıkları hesaplanır.</i>
Adım 8.Yakınlık Katsayısı (CCi) <i>Her alternatif için ideal çözüme yakınlık derecesi hesaplanır.</i>
Adım 9.Sıralama <i>CCi değeri 1'e en yakın olan alternatif en iyi seçenektir.</i>

Adım 2:

$$\widetilde{D} = \begin{bmatrix} \widetilde{x}_{11} & \widetilde{x}_{12} & \cdots & \widetilde{x}_{1n} \\ \widetilde{x}_{21} & \widetilde{x}_{22} & \cdots & \widetilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{x}_{m1} & \widetilde{x}_{m2} & \cdots & \widetilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (23)$$

Adım 3: Tablo 10'daki dilsel terim karşılıkları belirlenir.

Tablo 10 Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar (TFN)
Very Poor (VP)	(0, 0, 2)
Poor (P)	(1, 2, 3)
Medium Poor (MP)	(2, 3.5, 5)
Fair (F)	(4, 5, 6)
Medium Good (MG)	(5, 6.5, 8)
Good (G)	(7, 8, 9)
Very Good (VG)	(8, 10, 10)

Adım 4:

$$a = \min_k(a_k), \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, \quad c = \max_k(c_k), \quad K=\text{Uzman sayısı} \quad (24)$$

Adım 5:

$$\widetilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j}, \frac{b_{ij}}{c_j}, \frac{c_{ij}}{c_j} \right), \quad C_j = \max_i(C_{ij}) \quad (25)$$

Adım 6:

$$\widetilde{v}_{ij} = \widetilde{r}_{ij} \cdot W \quad (26)$$

Adım 7: FPIS ve FNIS Tanımı:

$$FPIS(\widetilde{P}^+) = (V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_n^+), \quad V_j^+ = \max_i(\widetilde{v}_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (27)$$

$$FNIS(\widetilde{P}^-) = (V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_n^-), \quad V_j^- = \min_i(\widetilde{v}_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (28)$$

Adım 8:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\widetilde{v}_{ij}, V_j^+), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (29)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\widetilde{v}_{ij}, V_j^-), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (30)$$

Adım 9:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (31)$$

3. BULGULAR

3.1. Ana Faktörlerin Analizi

Gemi kaza raporlarının incelemesinde ve gemi adamlarıyla yapılan görüşmelerden sonra tespit edilen 5 ana faktör ve barındırdıkları riskler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

A1: Psikososyal Risk: Gemi personelinin psikolojik ve sosyal durumlarından kaynaklanan risk faktörlerini içerir.

A2: Yapısal Risk: Geminin yapısal özellikleri ve teknik durumundan kaynaklanan risk faktörlerini içerir.

A3: Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk: Gemi ve personel dışındaki çevresel ve dış etkenlerden kaynaklanan risk faktörlerini içerir.

A4: Eğitim ve Deneyim: Gemi personelinin eğitim düzeyi ve deneyiminden kaynaklanan risk faktörlerini içerir.

A5: Seyir: Geminin seyir planlaması ve uygulamasından kaynaklanan risk faktörlerini içerir.

3.1.1. Ana Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Analizi

Tablo 11'deki Dilsel terimler belirlenir. Tablo 12'de 1.Uzman'a ait dilsel terimlerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları verilmiştir.

Tablo 11 Linguistic Terms

Linguistic Terms	Triangular Fuzzy Numbers
Very Low Influence	(0, 0, 0.25)
Low Influence	(0, 0.25, 0.50)
Medium	(0.25, 0.50, 0.75)
High Influence	(0.50, 0.75, 1)
Very High Influence	(0.75, 1, 1)

Tablo 12. 1.Uzman'a ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

1.Uzman	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0	0	0	0
A2	0,25	0,5	0,75	0	0
A3	0,25	0,5	0,75	0	0
A4	0,25	0,5	0,75	0	0
A5	0,25	0,5	0,75	0	0

A3	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0	0	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1
A4	0	0,25	0,5	0,75	1	1	0,75	1	1	0	0	0	0,75	1	1
A5	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0	0	0

min	0
max	1
Delta	1

Tablolar 13'te uzmanların DEMATEL yöntemine göre analizi verilmiştir.

Tablo 13 1. Uzman Ait Normalizasyon Tablosu

		A1				A2				A3				A4				A5	
A1	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0	0,25			
A2	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5			
A3	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0	0	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1				
A4	0	0,25	0,5	0,75	1	1	0,75	1	1	0	0	0	0,75	1	1				
A5	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0	0	0	0			

Tablo 14 1. Uzman a ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması

	A1		A2		A3		A4		A5	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
A1	0	0	0	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0	0,2
A2	0,4	0,6	0	0	0,6	0,8	0,4	0,6	0,2	0,4
A3	0,4	0,6	0,2	0,4	0	0	0,4	0,6	0,6	0,8
A4	0,2	0,4	0,8	1	0,8	1	0	0	0,8	1
A5	0,2	0,4	0	0,2	0,6	0,8	0,2	0,4	0	0

Tablo 15 1.Uzman Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,033	0,5	0,267	0,033
A2	0,5	0	0,733	0,5	0,267
A3	0,5	0,267	0	0,5	0,733
A4	0,267	0,967	0,967	0	0,967
A5	0,267	0,0333	0,733	0,267	0

Tablo 16 1.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,033	0,5	0,267	0,033
A2	0,5	0	0,733333	0,5	0,267
A3	0,5	0,267	0	0,5	0,733
A4	0,267	0,967	0,966667	0	0,967
A5	0,267	0,033	0,733333	0,267	0

Tablo 17 2.Uzman a ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

2. Uzman	A1			A2			A3			A4			A5		
A1	0	0	0	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75
A2	0	0,25	0,5	0	0	0	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5
A3	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75
A4	0,25	0,5	0,75	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0	0,25	0,5
A5	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0	0

Tablo 18 2. Uzman Ait Normalizasyon Tablosu

	A1			A2			A3			A4			A5		
A1	0	0	0	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75
A2	0	0,25	0,5	0	0	0	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5
A3	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75
A4	0,25	0,5	0,75	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0	0,25	0,5
A5	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0	0

Tablo 19 2. Uzman a ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması

	A1		A2		A3		A4		A5	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
A1	0	0	0,8	1	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,6
A2	0,2	0,4	0	0	0,6	0,8	0,6	0,8	0,2	0,4

A3	0,6	0,8	0,6	0,8	0	0	0,6	0,8	0,4	0,6
A4	0,4	0,6	0	0,2	0,4	0,6	0	0	0,2	0,4
A5	0,6	0,8	0,8	1	0,6	0,8	0,6	0,8	0	0

Tablo 20 2.Uzman Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,967	0,733	0,5	0,5
A2	0,267	0	0,733	0,733	0,267
A3	0,733	0,733	0	0,733	0,5
A4	0,5	0,033	0,5	0	0,267
A5	0,733	0,967	0,733	0,733	0

Tablo 21 2.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,967	0,733	0,5	0,5
A2	0,267	0	0,733	0,733	0,267
A3	0,733	0,733	0	0,733	0,5
A4	0,5	0,033	0,5	0	0,267
A5	0,733	0,967	0,733	0,733	0

Tablo 22 3.Uzman a ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

3. Uzman	A1				A2				A3				A4				A5			
A1	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	1					
A2	0	0,25	0,5	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75					
A3	0,75	1	1	0	0	0,25	0	0	0	0,75	1	1	0,75	1	1					
A4	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,75	1	1					
A5	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0	0	0					

Tablo 23 3.Uzman Ait Normalizasyon Tablosu

		A1				A2				A3				A4				A5			
A1	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	1						
A2	0	0,25	0,5	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75						
A3	0,75	1	1	0	0	0,25	0	0	0	0,75	1	1	0,75	1	1						
A4	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,75	1	1						
A5	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0	0	0						

Tablo 24 3. Uzman a ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması

	A1		A2		A3		A4		A5	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
A1	0	0	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	0,6	0,8
A2	0,2	0,4	0	0	0,2	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6
A3	0,8	1	0	0,2	0	0	0,8	1	0,8	1
A4	0,8	1	0,2	0,4	0,4	0,6	0	0	0,8	1
A5	0,8	1	0,2	0,4	0,8	1	0,6	0,8	0	0

Tablo 25 3.Uzman Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,033	0,5	0,967	0,733
A2	0,267	0	0,267	0,5	0,5
A3	0,967	0,033	0	0,967	0,967
A4	0,967	0,267	0,5	0	0,967
A5	0,967	0,267	0,967	0,733	0

Tablo 26 3.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	0,033	0,5	0,967	0,733
A2	0,267	0	0,267	0,5	0,5
A3	0,967	0,033	0	0,967	0,967
A4	0,967	0,267	0,5	0	0,967
A5	0,967	0,267	0,967	0,733	0

Tablo 27 Ortalama Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	Toplam	
A1	0,000	0,344	0,578	0,578	0,422	1,922	
A2	0,344	0,000	0,578	0,578	0,344	1,844	
A3	0,733	0,344	0,000	0,733	0,733	2,544	
A4	0,578	0,422	0,656	0,000	0,733	2,389	
A5	0,656	0,422	0,811	0,578	0,000	2,467	2,544

Tablo 28 Normalizasyon Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0,000	0,135	0,227	0,227	0,166
A2	0,135	0,000	0,227	0,227	0,135
A3	0,288	0,135	0,000	0,288	0,288
A4	0,227	0,166	0,258	0,000	0,288
A5	0,258	0,166	0,319	0,227	0,000

Tablo 29 Birim Matris

Birim Matris (I Matris)					
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1

Tablo 30 Birim-Normalize İşlemi

Birim-Normalize					
	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1,000	-0,135	-0,227	-0,227	-0,166
A2	-0,135	1,000	-0,227	-0,227	-0,135

A3	-0,288	-0,135	1,000	-0,288	-0,288
A4	-0,227	-0,166	-0,258	1,000	-0,288
A5	-0,258	-0,166	-0,319	-0,227	1,000

Tablo 31 Ters (Birim-Normalize) İşlemi

Ters(Birim-Normalize)					
	A1	A2	A3	A4	A5
A1	2,344	1,041	1,637	1,571	1,454
A2	1,413	1,887	1,582	1,520	1,384
A3	1,921	1,282	2,833	1,970	1,876
A4	1,797	1,247	1,949	2,661	1,796
A5	1,859	1,273	2,030	1,889	2,610

Tablo 32 Normalize*Ters İşlemi (Kriterlerin Birbirlerini Etkileme Durumları)

Normalize*Ters			Sx(I-S) ⁻¹		
	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1,344	1,041	1,637	1,571	1,454
A2	1,413	0,887	1,582	1,520	1,384
A3	1,921	1,282	1,833	1,970	1,876
A4	1,797	1,247	1,949	1,661	1,796
A5	1,859	1,273	2,030	1,889	1,610

Ort:1,593

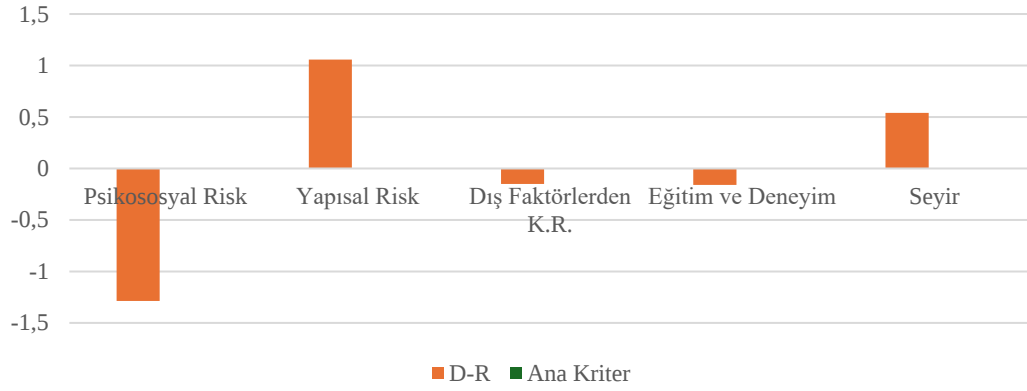
Tablo 33 Neden Sonuç Grupları, Kriter Ağırlıkları

Wi					
	D	R	D+R	D-R	(Ağırlıklar)
A1	7,046	8,334	15,380	-1,287	0,194
A2	6,786	5,729	12,516	1,057	0,157
A3	8,881	9,031	17,911	-0,150	0,225
A4	8,449	8,609	17,058	-0,160	0,214
A5	8,661	8,120	16,781	0,540	0,211

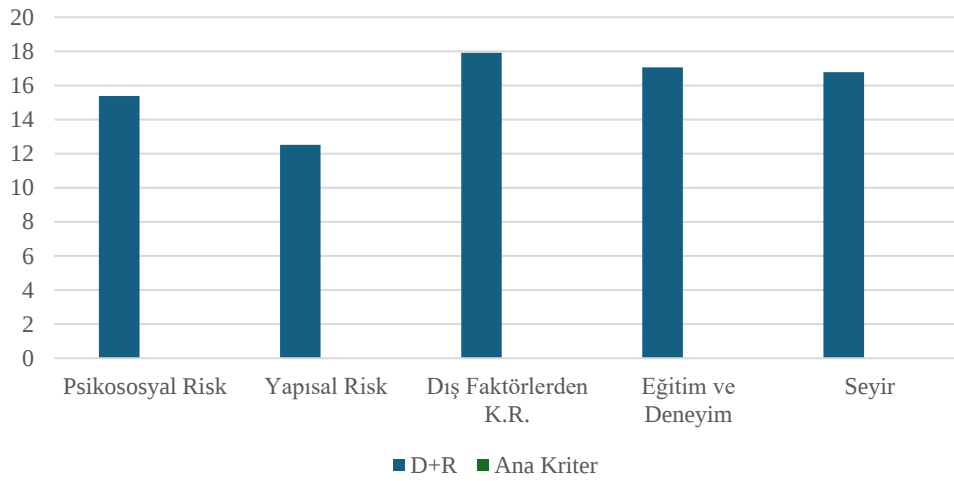
Psikososyal Risk 4
Yapısal Risk 5
Dış Faktörlerden K.R. 1
Eğitim ve Deneyim 2
Seyir 3

D-R değerlerine göre, kriterler neden (cause) ve sonuç (effect) gruplarına ayrılmıştır. D-R değeri pozitif olan kriterler neden grubunda, negatif olan kriterler ise sonuç grubunda yer almaktadır. 5 ana kriter için neden ve sonuç grupları Grafikler 1-3'te verilmiştir.

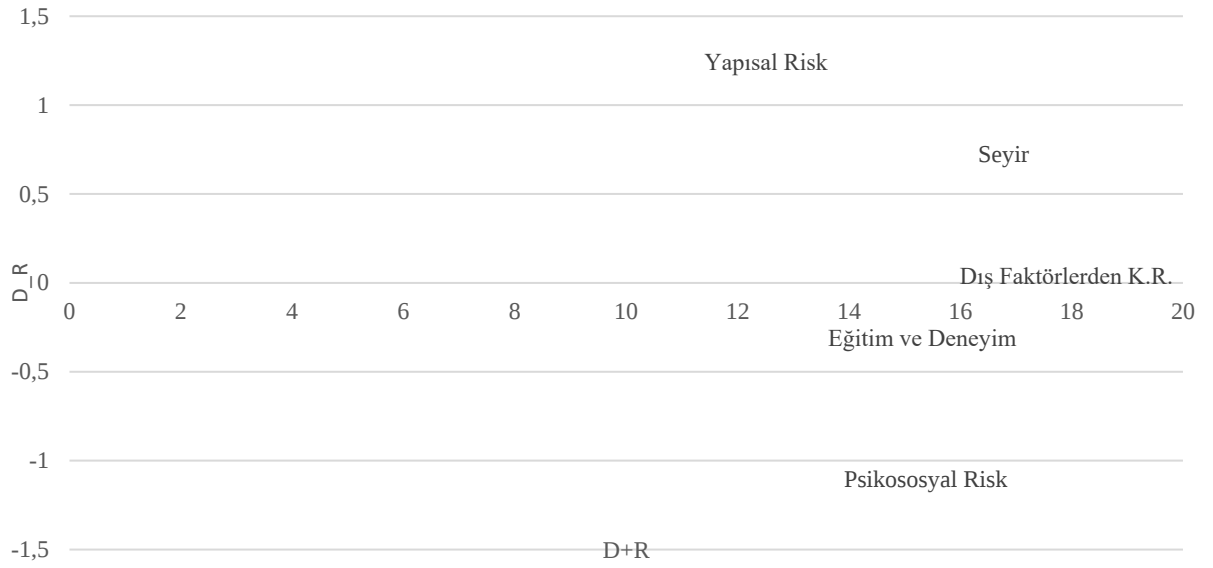
Grafik 1 Ana Kriterler Neden Sonuç Rolü Grafiği



Grafik 2 Ana Kriterler Toplam Etki Grafiği



Grafik 3 Ana Kriterler Neden-Sonuç Diyagramı



Neden (Cause) Grubu:

- A2: Yapısal Risk
- A5: Seyir

Sonuç (Effect) Grubu:

- A3: Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk
- A4: Eğitim ve Deneyim
- A1: Psikososyal Risk

Neden grubundaki kriterler, diğer kriterleri daha fazla etkilemekte ve sistemde daha aktif rol oynamaktadır. Bu nedenle, deniz kazalarını önlemek için öncelikle bu kriterlere odaklanılması gerekmektedir. Özellikle "Yapısal Risk" kriteri, en yüksek net etki değerine sahip olup, sistemdeki diğer kriterleri en fazla etkileyen faktör olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç grubundaki kriterler ise, diğer kriterlerden daha fazla etkilenmekte ve sistemde daha pasif rol oynamaktadır. Bu kriterler, diğer kriterlerdeki iyileştirmeler sonucunda olumlu yönde etkilenecektir.

Neden grubunda yer alan "Yapısal Risk", "Seyir" kriterleri, sistemdeki diğer kriterleri daha fazla etkilemekte ve deniz kazalarının önlenmesi için öncelikli olarak ele alınması gereken faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Yapısal Risk (A2): En yüksek net etki değerine ($D-R = 1.056994$) sahip olan bu kriter, sistemdeki diğer kriterleri en fazla etkileyen faktör olarak belirlenmiştir. Geminin yapısal özellikleri ve teknik durumu, diğer tüm risk faktörlerini doğrudan etkilemektedir. Geminin inşa yılı, bakım durumu ve teknik sistemlerinin işleyişi, deniz kazalarının önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, deniz güvenliğinin artırılması için öncelikle gemilerin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi ve düzenli bakımlarının yapılması gerekmektedir.

Seyir (A5): İkinci en yüksek net etki değerine ($D-R = 0.540349$) sahip olan bu kriter, geminin seyir planlaması ve uygulamasıyla ilgili risk faktörlerini içermektedir. Seyir planının doğru yapılması, haritaların güncellenmesi, vardiya düzenlemeleri ve vardiyalar arası iletişim, deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu faktörlerin iyileştirilmesi, diğer risk faktörlerini de olumlu yönde etkileyecektir.

Sonuç grubunda yer alan "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" ve "Eğitim ve Deneyim" kriterleri, sistemdeki diğer kriterlerden daha fazla etkilenmekte ve bu kriterlerdeki iyileştirmeler, diğer kriterlerdeki iyileştirmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk (A3): En düşük net etki değerine ($D-R = -0.14988$) sahip olan bu kriter, sistemdeki diğer kriterlerden en fazla etkilenen faktör olarak belirlenmiştir. Olumsuz meteorolojik durumlar, gemi trafiği yoğunluğu ve açıkta bekleme süreleri gibi dış faktörler, diğer risk faktörlerinden etkilenmektedir. Örneğin, geminin yapısal özellikleri ve teknik durumu iyileştirildiğinde, olumsuz meteorolojik koşullardan daha az etkilenecektir. Benzer şekilde, seyir planlaması ve uygulaması iyileştirildiğinde, gemi trafiği yoğunluğunun olumsuz etkileri azalacaktır.

Eğitim ve Deneyim (A4): İkinci en düşük net etki değerine ($D-R = -0.16023$) sahip olan bu kriter, gemi personelinin eğitim düzeyi ve deneyimiyle ilgili risk faktörlerini içermektedir. Personelin eğitim/tatbikat eksikliği, yetersiz deneyim ve liyakatsiz çalışanlar gibi faktörler, diğer risk faktörlerinden etkilenmektedir. Örneğin, psikososyal risk faktörleri iyileştirildiğinde, personelin eğitim ve tatbikatlara katılım motivasyonu artacak ve performansı yükselecektir. Benzer şekilde, geminin yapısal özellikleri ve teknik durumu iyileştirildiğinde, personelin deneyim kazanması ve yetkinliklerini geliştirmesi daha kolay olacaktır.

Psikososyal Risk (A1): En yüksek net etki sırada yer alan bu kriter ($D-R = -1.28723$), gemi personelinin psikolojik ve sosyal durumlarından kaynaklanan risk faktörlerini

içermektedir. Personelin gemiye uyum sorunları, sosyal yaşamdan uzaklık ve yetersiz kumanya gibi faktörler, personelin performansını ve dolayısıyla deniz güvenliğini etkilemektedir. Bu faktörlerin iyileştirilmesi, personelin motivasyonunu ve performansını artırarak, deniz kazalarının önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Ana kriterlerin toplam önem derecelerini gösteren D+R değerleri incelendiğinde, "Eğitim ve Deneyim" ($D+R = 17,05842$) ve "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" ($D+R = 17,9112$) kriterlerinin en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, bu kriterlerin sistemdeki toplam etkileşimlerinin (hem etkileme hem de etkilenme) en yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, bu kriterler sistemin merkezinde yer almakta ve diğer kriterlerle yoğun bir etkileşim içindedir.

"Yapısal Risk" kriteri ise en düşük D+R değerine ($12,51559$) sahip olmasına rağmen, en yüksek net etki değerine ($D-R = 1,056994$) sahiptir. Bu durum, bu kriterin sistemdeki diğer kriterlerle daha az etkileşim içinde olduğunu, ancak bu etkileşimlerin çoğunlukla bu kriterden diğer kriterlere doğru olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, "Yapısal Risk" kriteri, sistemde daha izole bir konumda olmasına rağmen, diğer kriterleri güçlü bir şekilde etkilemektedir.

3.1.2. Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Kaza Ağırlıklarının Analizi

Bu çalışmada, F-AHP yöntemi deniz kazalarına etki eden faktörlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. İlk olarak, 5 kaza türü (Çarpma/Çatışma, Yangın/Patlama, Karaya Oturma, Ölümlü İş Kazası ve Yaralanmalı İş Kazası) için F-AHP analizi yapılmıştır.³ uzmanın değerlendirmeleri doğrultusunda, 5 kaza türü için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler, kesirli karşılaştırma matrisi olarak ifade edilmiştir. Daha sonra, bu matris bulanık sayılara dönüştürülerek bulanık ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden bulanık sentetik değerler hesaplanmış ve bu değerlerden bulanık ağırlıklar elde edilmiştir. Son olarak, bulanık ağırlıklar durulaştırılarak kesin ağırlıklar belirlenmiştir. F-AHP analizi sonucunda, 5 kaza türünün ağırlıkları ve sıralamaları aşağıdaki Tablo 34'teki gibi belirlenmiştir.

Tablo 34 Kaza Türlerinin Ağırlıkları

Ölümlü İş Kazası	0.4068	1
Yangın, Patlama	0.3977	2
Yaralanmalı İş Kazası	0.0868	3
Karaya Oturma	0.0605	4
Çarpma, Çatışma	0.0482	5

Bu sonuçlara göre, deniz kazaları arasında en önemli kaza türleri Ölümlü İş Kazası ve Yangın/Patlama olarak belirlenmiştir. Bu iki kaza türü, toplam ağırlığın yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu durum, deniz kazalarının önlenmesinde bu iki kaza türüne özellikle odaklanılması gerektiğini göstermektedir.

Ölümlü İş Kazasının en yüksek ağırlığa sahip olması, deniz taşımacılığında insan hayatının korunmasının en önemli öncelik olduğunu vurgulamaktadır. Yangın/Patlamamanın ikinci sırada yer alması ise, bu tür kazaların hem insan hayatı hem de çevre ve ekonomi üzerindeki ciddi etkilerini yansıtmaktadır. Yaralanmalı İş Kazası, Karaya Oturma ve Çarpma/Çatışma kaza türleri ise daha düşük ağırlıklara sahiptir. Bu durum, bu kaza türlerinin göreceli olarak daha az önemli olduğunu göstermektedir. Ancak, bu kaza türlerinin de deniz güvenliği açısından önemli olduğu ve önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması gerektiği unutulmamalıdır. Tablolar 35-42'de ise kaza ağırlık analizleri verilmiştir.

Tablo 35 Random index

n	3	4	5	6	7	8	9
RI(n)	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Tablo 36 Dilsel Terimler ve Bulanık Üçgen Sayı Karşılıkları

Önem Yoğunluğu	Dilsel Tanım	Bulanık Üçgensel Sayılar
1	Eşit önem (EI)	(1, 1, 1)
3	Birinin diğerine zayıf üstünlüğü (WI)	(2, 3, 4)
5	Güçlü önem (SI)	(4, 5, 6)

7	Çok güçlü önem (VSI)	(6, 7, 8)
9	Mutlak önem	(9, 9, 9)
2, 4, 6, 8	Ara ölçekler	(1, 2, 3), (3, 4, 5), (5, 6, 7), (7, 8, 9)

Tablo 37 1.Karar Verici Dilsel Terimler

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	1	1/7	1	1/9	1
Yangın, Patlama	7	1	9	1	3
Karaya Oturma	1	1/9	1	1/5	1
Ölümlü İş Kazası	9	1	5	1	5
Yaralanmalı İş Kazası	1	1/3	1	1/5	1

Tablo 38 1.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Çarpma, Çatışma	1	1	1	1/8	1/7	1/6	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1
Yangın, Patlama	6	7	8	1	1	1	9	9	9	1	1	1	2	3	4
Karaya Oturma	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1	1	1
Ölümlü İş Kazası	9	9	9	1	1	1	4	5	6	1	1	1	4	5	6
Yaralanmalı İş Kazası	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1	1	1

Tablo 39 2.Karar Verici Dilsel Terimler

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	1	1/9	1/3	1/7	1

Yangın, Patlama	9	1	9	1	7
Karaya Oturma	3	1/9	1	1/9	1
Ölümlü İş Kazası	7	1	9	1	5
Yaralanmalı İş Kazası	1	1/7	1	1/5	1

Tablo 40 2.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Çarpma, Çatışma	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/4	1/3	1/2	1/8	1/7	1/6	1	1	1
Yangın, Patlama	9	9	9	1	1	1	9	9	9	1	1	1	6	7	8
Karaya Oturma	2	3	4	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1
Ölümlü İş Kazası	6	7	8	1	1	1	9	9	9	1	1	1	4	5	6
Yaralanmalı İş Kazası	1	1	1	1/8	1/7	1/6	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1	1	1

Tablo 41 3.Karar Verici Dilsel Terimler

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	1	1/9	1	1/9	1/7
Yangın, Patlama	9	1	9	1	3
Karaya Oturma	1	1/9	1	1/9	1
Ölümlü İş Kazası	9	1	9	1	7
Yaralanmalı İş Kazası	7	1/3	1	1/7	1

Tablo 42 3.Karar Verici Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Çarpma, Çatışma	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6
Yangın, Patlama	9	9	9	1	1	1	9	9	9	1	1	1	2	3	4
Karaya Oturma	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1	1	1

Ölümlü İş Kazası	9	9	9	1	1	1	9	9	9	1	1	1	6	7	8
Yaralanmalı İş Kazası	6	7	8	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/8	1/7	1/6	1	1	1

Bulanık sayıların ağırlıklı ortalamasının alındığı kesirli karşılaştırma matrisi Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. Kesirli Karşılaştırma Matrisi

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	1	0,122	0,782	0,122	0,715
Yangın, Patlama	8,333333	1,000	9,000	1,000	4,333
Karaya Oturma	1,666667	0,111	1,000	0,142	1,000
Ölümlü İş Kazası	8,333333	1,000	7,667	1,000	5,667
Yaralanmalı İş Kazası	3	0,279	1,000	0,183	1,000
Crisp (A)					

Sütun toplamlarının 1 olması için yapılan sütun normalleştirme işlemi Tablo 44'te gösterilmiştir.

Tablo 44 Sütun Normalleştirme

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	0,045	0,049	0,040	0,050	0,056
Yangın, Patlama	0,373	0,398	0,463	0,409	0,341
Karaya Oturma	0,075	0,044	0,051	0,058	0,079
Ölümlü İş Kazası	0,373	0,398	0,394	0,409	0,446

Yaralanmalı İş					
Kazası	0,134	0,111	0,051	0,075	0,079
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Satır ortalamalarından elde vektör (W), bir kriterin ne kadar önemli olduğunu gösterir. Ağırlıklı toplam kriterler(X) her kriterin toplam etkisini gösterirken, özdeğer (λ) tutarlılık hesaplaması için önemlidir.CI değeri (20), CR değeri de (21) ile hesaplanmış ve Tablo 45.'de gösterilmiştir.

Tablo 45. Tutarlılık Oranı Hesaplaması

W	X=AW	λ
Özvektör	Ağırlıklı toplam kriterler	Özdeğer
priority vector (W)	weighted sum criteria X=AW	AW= λ W
0,048	0,258	5,383
0,397	2,143	5,402
0,061	0,333	5,421
0,404	2,181	5,399
0,090	0,480	5,329
1,000	λ max	5,387
	CI	0,097
	CR	0,086

Tablo 46.'de bulanık karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.

Tablo 46 Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
Çarpma, Çatışma	1,000 1,000 1,000 0,116 0,122 0,130 0,750 0,778 0,833 0,116 0,122 0,130 0,708 0,714 0,722				
Yangın, Patlama	8,000 8,333 8,667 1,000 1,000 1,000 9,000 9,000 9,000 1,000 1,000 1,000 3,333 4,333 5,333				
Karaya Oturma	1,333 1,667 2,000 0,111 0,111 0,111 1,000 1,000 1,000 0,130 0,141 0,157 1,000 1,000 1,000				

Ölümlü İş																
Kazası	8,000	8,333	8,667	1,000	1,000	1,000	7,333	7,667	8,000	1,000	1,000	1,000	4,667	5,667	6,667	
Yaralanmalı																
İş Kazası	2,667	3,000	3,333	0,208	0,270	0,389	1,000	1,000	1,000	0,153	0,181	0,222	1,000	1,000	1,000	

Tablo 47.'de bulanık karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalamaları ve normalizasyon işlemleri gösterilmektedir. R inverse sütun toplamlarıdır. Normalleştirilmiş ağırlıklar w_i bölümünde gösterilmektedir.

Tablo 47 Bulanık karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalamaları ve normalizasyon işlemi

	ri (Fuzzy GM matrix)			wi (fuzzy weights)		
Çarpma, Çatışma	0,372	0,383	0,399	0,044	0,048	0,053
Yangın, Patlama	2,993	3,180	3,341	0,354	0,399	0,445
Karaya Oturma	0,454	0,482	0,511	0,054	0,060	0,068
Ölümlü İş Kazası	3,072	3,249	3,412	0,364	0,407	0,455
Yaralanmalı İş Kazası	0,611	0,681	0,780	0,072	0,085	0,104
r inverse	0,118	0,125	0,133			

Her bir satırda yer alan w_i değerleri ortalaması alınarak defuzzification yöntemiyle tek bir sayıya indirgenmiş ve ardından normalize edilerek sıralanmış ve Tablo 48'de gösterilmiştir.

Tablo 48. Defuzzification ve Ağırlık Sıralaması

Defuzzy w_i (CoA)	Normalized w_i		
0,048	0,048	5	Çarpma, Çatışma
0,400	0,398	2	Yangın, Patlama
0,061	0,061	4	Karaya Oturma

0,409	0,407	1	Ölümlü İş Kazası
0,087	0,087	3	Yaralanmalı İş Kazası
1,005	1,000		

3.1.3. Ana Faktörlerin Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Analizi

Bu çalışmada, F-TOPSIS yöntemi deniz kazalarına etki eden faktörlerin sıralanması için kullanılmıştır. F-AHP yöntemi ile elde edilen kaza türlerinin ağırlıkları, F-TOPSIS yönteminde kriter ağırlıkları olarak kullanılmıştır. Böylece, 5 ana kriter (Psikososyal, Yapısal, Dış Faktör, Eğitim/Deneyim ve Seyir) ve 5 alt kriter (Yetersiz Bakım, Teknik Hatalar, Eğitim/Tatbikat Eksikliği, Yetersiz Deneyim ve Liyakatsiz Çalışanlar) için FTOPSIS analizi yapılmıştır. 3 uzmanın değerlendirmeleri doğrultusunda, 5 ana kriter ve 5 alt kriter için kriter-alternatif karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar, dilsel ifadeler kullanılarak yapılmış ve daha sonra bu ifadeler bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Daha sonra, bu değerlendirmeler bulanık sayılara dönüştürülerek bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. F-AHP yöntemi ile elde edilen kaza türlerinin ağırlıkları kullanılarak bulanık ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuş ve bu matris normalize edilmiştir. Daha sonra, FPIS ve FNIS belirlenmiştir. Her bir kriterin FPIS ve FNIS'e olan uzaklıkları hesaplanmış ve bu uzaklıklardan CCI elde edilmiştir. Tablolar 49-57' de TOPSIS analizleri verilmiştir.

Tablo 49 Dilsel Terimlerin Bulanık Sayı Karşılıkları

	Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler		
Çok kötü (VP - Very Poor)	0	0	2
Kötü (P - Poor)	1	2	3
Orta kötü (MP - Medium Poor)	2	3,5	5
Orta (F - Fair)	4	5	6
Orta iyi (MG - Medium Good)	5	6,5	8
İyi (G - Good)	7	8	9
Çok iyi (VG - Very Good)	8	10	10

Tablo 50 Uzmanlara ait Dilsel Terimler

1. UZMA N	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Psikososyal	VG	VG	VG	VG	VG
	Yapısal	F	MG	G	G	F
	Dış Faktör	VG	VG	VG	G	G
	Eğitim/Deneyi m	G	G	VG	VG	G
	Seyir	VG	F	G	F	F
2. UZMA N	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Psikososyal	F	MG	MG	G	VG
	Yapısal	VG	G	VG	VG	G
	Dış Faktör	VG	G	VG	G	G
	Eğitim/Deneyi m	VG	G	VG	VG	VG
	Seyir	VG	VG	VG	G	G
3. UZMA N	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Psikososyal	VG	G	G	VG	VG
	Yapısal	G	MG	VG	VG	G
	Dış Faktör	VG	VG	G	G	G
	Eğitim/Deneyi m	VG	VG	G	VG	G
	Seyir	VG	VG	VG	VG	G

Tablo 51 Uzmanlara ait Dilsel Terimlerin Bunaık Sayı Karşılıkları

		Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
1.																
UZMAN	Cr	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	Psikososyal	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
	Yapısal	4,0	5,0	6,0	5,0	6,5	8,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	4,0	5,0	6,0
	Dış Faktör	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Deneyim	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Seyir	8,0	10,0	10,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0
		Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
2.																
UZMAN	Cr	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	Psikososyal	4,0	5,0	6,0	5,0	6,5	8,0	5,0	6,5	8,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0
	Yapısal	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Dış Faktör	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Deneyim	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
	Seyir	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
		Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
3.																
UZMAN	Cr	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	Psikososyal	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
	Yapısal	7,0	8,0	9,0	5,0	6,5	8,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Dış Faktör	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Deneyim	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0

Seyir	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
-------	-----	------	------	-----	------	------	-----	------	------	-----	------	------	-----	-----	-----

Tablo 52 Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi

	Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
Cr	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Psikososyal	4,0	8,3	10,0	5,0	8,2	10,0	5,0	8,2	10,0	7,0	9,3	10,0	8,0	10,0	10,0
Yapısal	4,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,3	10,0	7,0	9,3	10,0	4,0	7,0	9,0
Dış Faktör	8,0	10,0	10,0	7,0	9,3	10,0	7,0	9,3	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
Eğitim/Deneyim	7,0	9,3	10,0	7,0	8,7	10,0	7,0	9,3	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,7	10,0
Seyir	8,0	10,0	10,0	4,0	8,3	10,0	7,0	9,3	10,0	4,0	7,7	10,0	4,0	7,0	9,0

Tablo 53 Normalize Edilmiş Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi

	Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Psikososyal	0,400	0,833	1,000	0,500	0,817	1,000	0,500	0,817	1,000	0,700	0,933	1,000	0,800	1,000	1,000
Yapısal	0,400	0,767	1,000	0,500	0,700	0,900	0,700	0,933	1,000	0,700	0,933	1,000	0,400	0,700	0,900
Dış Faktör	0,800	1,000	1,000	0,700	0,933	1,000	0,700	0,933	1,000	0,700	0,800	0,900	0,700	0,800	0,900
Eğitim/Deneyim	0,700	0,933	1,000	0,700	0,867	1,000	0,700	0,933	1,000	0,800	1,000	1,000	0,700	0,867	1,000
Seyir	0,800	1,000	1,000	0,400	0,833	1,000	0,700	0,933	1,000	0,400	0,767	1,000	0,400	0,700	0,900
Wİ	0,0482			0,3977			0,0605			0,4068			0,0868		

Tablo 54 F-AHP’den elde edilen ağırlıkların çatpılmasıyla elde edilmiş nihai bulanık ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

	Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Psikososyal	0,019	0,040	0,048	0,199	0,325	0,398	0,030	0,049	0,061	0,285	0,380	0,407	0,069	0,087	0,087
Yapısal	0,019	0,037	0,048	0,199	0,278	0,358	0,042	0,056	0,061	0,285	0,380	0,407	0,035	0,061	0,078

Dış Faktör	0,039	0,048	0,048	0,278	0,371	0,398	0,042	0,056	0,061	0,285	0,325	0,366	0,061	0,069	0,078
Eğitim/Deneyim	0,034	0,045	0,048	0,278	0,345	0,398	0,042	0,056	0,061	0,325	0,407	0,407	0,061	0,075	0,087
Seyir	0,039	0,048	0,048	0,159	0,331	0,398	0,042	0,056	0,061	0,163	0,312	0,407	0,035	0,061	0,078

min	0,019	0,159	0,030	0,163	0,035
max	0,048	0,398	0,061	0,407	0,087

Tablo 55 Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri

D*						
	W1	W2	W3	W4	W5	D*
Psikososyal	0,017	0,122	0,019	0,072	0,010	0,240
Yapısal	0,018	0,136	0,011	0,072	0,034	0,271
Dış Faktör	0,006	0,071	0,011	0,088	0,019	0,194
Eğitim/Deneyim	0,009	0,075	0,011	0,047	0,017	0,158
Seyir	0,006	0,143	0,011	0,151	0,034	0,344

Tablo 56 Negatif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri

D-						
	W1	W2	W3	W4	W5	D-
Psikososyal	0,021	0,169	0,021	0,201	0,047	0,459
Yapısal	0,020	0,136	0,024	0,201	0,029	0,410
Dış Faktör	0,026	0,197	0,024	0,166	0,035	0,449
Eğitim/Deneyim	0,024	0,188	0,024	0,220	0,041	0,497
Seyir	0,026	0,170	0,024	0,165	0,029	0,415

Tablo 57 Benzerlik Dereceleri ve Sıralama

	D*	D-	CC	Sıralama
Psikososyal	0,240	0,459	0,656	3
Yapısal	0,271	0,410	0,602	4
Dış Faktör	0,194	0,449	0,699	2
Eğitim/Deneyim	0,158	0,497	0,759	1
Seyir	0,345	0,415	0,546	5

F-TOPSIS analizi sonucunda, 5 ana kriterin CCI değeri ve sıralamaları Tablo 58'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 58 5 Ana Kriterin Yakınlık Katsayıları

Eğitim/Deneyim	0,759	1
Dış Faktör	0,699	2
Psikososyal	0,656	3
Yapısal	0,602	4
Seyir	0,546	5

Bu sonuçlara göre, deniz kazalarının önlenmesinde en önemli ana kriter Eğitim/Deneyim olarak belirlenmiştir. Bu durum, deniz taşımacılığında personelin eğitim düzeyi ve deneyiminin, kazaların önlenmesinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Eğitim/Deneyim kriterinin yüksek öneme sahip olması, deniz kazalarının büyük bir kısmının insan hatalarından kaynaklandığını ve bu hataların eğitim ve deneyim ile azaltılabileceğini vurgulamaktadır. Dış Faktör kriterinin ikinci sırada yer alması, deniz kazalarının önlenmesinde dış etkenlerden kaynaklanan risklerin de önemli olduğunu göstermektedir. Bu faktörler arasında olumsuz meteorolojik durumlar, gemi trafiği yoğunluğu ve açıkta bekleme süreleri gibi etkenler yer almaktadır. Psikososyal, Yapısal ve Seyir kriterleri ise sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci sırada yer almaktadır. Bu kriterler de deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır ve ihmal edilmemelidir.

F-TOPSIS analizi sonucunda, 5 ana kriterin sıralaması Eğitim/Deneyim, Dış Faktör, Psikososyal, Yapısal ve Seyir şeklinde belirlenmiştir. Bu sıralama, deniz kazalarının önlenmesinde hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır.

Eğitim/Deneyim kriterinin en yüksek öneme sahip olması, deniz taşımacılığında personelin eğitim düzeyi ve deneyiminin, kazaların önlenmesinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, deniz kazalarının büyük bir kısmının insan hatalarından kaynaklandığını ve bu hataların eğitim ve deneyim ile azaltılabileceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, deniz taşımacılığı sektöründe personelin eğitimine ve deneyim kazanmasına önem verilmesi gerekmektedir.

Dış Faktör kriterinin ikinci sırada yer alması, deniz kazalarının önlenmesinde dış etkenlerden kaynaklanan risklerin de önemli olduğunu göstermektedir. Bu faktörler arasında olumsuz meteorolojik durumlar, gemi trafiği yoğunluğu ve açıkta bekleme süreleri gibi etkenler yer almaktadır. Bu faktörlerin kontrol edilmesi zor olsa da, bu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Psikososyal, Yapısal ve Seyir kriterleri ise sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci sırada yer almaktadır. Bu kriterler de deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır ve ihmal edilmemelidir. Özellikle, personelin psikolojik ve sosyal durumlarının iyileştirilmesi, gemilerin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi ve seyir planlamasının doğru yapılması, deniz kazalarının önlenmesine katkı sağlayacaktır.

3.2. Alt Faktörlerin Analizi

Gemi kaza raporlarının incelemesinde ve gemi adamlarıyla yapılan görüşmelerden sonra tespit edilen 17 alt faktör ve barındırdıkları riskler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

A1: Gemiye Uyum Sorunları: Personelin gemiye ve çalışma ortamına uyum sağlama sürecinde yaşadığı sorunlar.

A2: Sosyal Yaşamdan Uzaklık: Uzun süreli deniz yolculuklarında personelin sosyal yaşamdan uzak kalması.

A3: Yetersiz Kumanya: Gemide yeterli ve kaliteli gıda bulunmaması.

A4: İnşa Yılı: Geminin inşa edildiği yıl ve yaşı.

A5: Yetersiz Bakım: Geminin düzenli ve yeterli bakımının yapılmaması.

A6: Teknik Hatalar: Geminin teknik sistemlerinde meydana gelen arızalar ve hatalar.

A7: Yetersiz Denetim: Geminin ve personelin yeterli düzeyde denetlenmemesi.

A8: Olumsuz Meteorolojik Durumlar: Kötü hava koşulları, fırtına, sis gibi olumsuz meteorolojik şartlar.

A9: Gemi Trafiği Yoğunluğu: Seyir yapılan bölgedeki gemi trafiğinin yoğunluğu.

A10: Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri: Geminin limanda veya açıkta bekleme süreleri ve yükleme-boşaltma işlemlerinin süresi.

A11: Eğitim/Tatbikat Eksikliği: Personelin yeterli eğitim ve tatbikat almaması.

A12: Yetersiz Deneyim: Personelin deniz taşımacılığı ve gemi operasyonları konusunda yeterli deneyime sahip olmaması.

A13: Liyakatsiz Çalışanlar: Görev ve sorumlulukları yerine getirebilecek yetkinliğe sahip olmayan personel.

A14: Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler: Geminin seyir planının doğru ve eksiksiz hazırlanmaması.

A15: Haritaların Güncellenmemesi: Seyir haritalarının güncel tutulmaması.

A16: Vardiya Yoğunluğu: Personelin vardiya sürelerinin uzun ve yoğun olması.

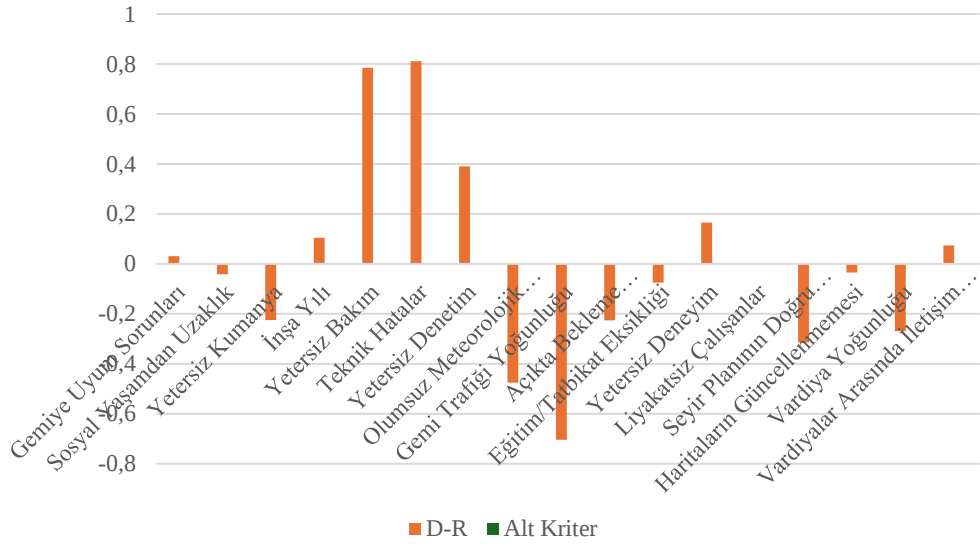
A17: Vardiyalar Arasında İletişim Eksikliği: Vardiya değişimlerinde yeterli bilgi aktarımının yapılmaması.

3.2.1. Alt Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Analizi

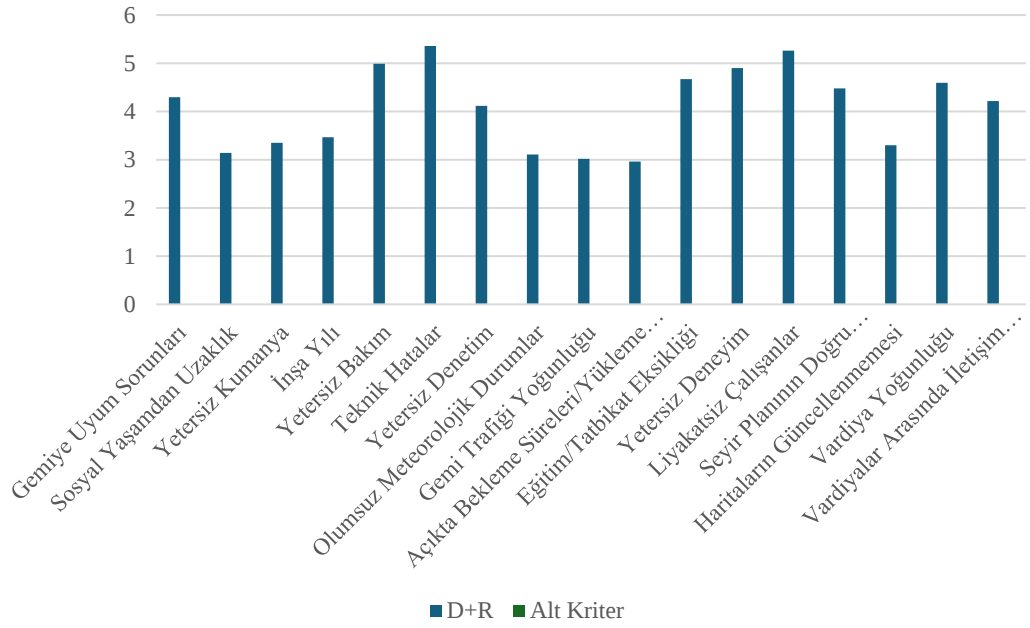
3 uzman tarafından puanlanan 17 alt faktör Ek-1’de sunulmuştur. Ek-1’de 17 alt faktöre ilişkin dilsel terimlerin bulanık sayı karşılıkları, normalize edilmiş değerleri, sağ ve sol normalizasyon değerleri, toplam normalize crisp değerleri tablolarda gösterilmiştir. 3 uzman tarafından değerlendirilen kriterlere ait ortalama tablosu, normalizasyon tablosu, kriterlerin birbirini etkileme durumları ve neden sonuç grupları ile kriter ağırlıkları Ek-1’de yer alan tablolarda sunulmuştur.

Her uzmanın toplam normalize crisp değerleri bulunmuş olup, matris ortalamaları alınarak ortalama karar matrisi elde edilmiştir. Normalizasyon işlemi için satır toplamaları bulunmuş ve maksimum değer her bir matris elemanı ile çarpılarak doğrudan etki matrisi elde edilerek birim matristen doğrudan etki matrisi çıkarılıp tersi alınarak elde edilen matrisin doğrudan etki matrisiyle çarpılmasından elde edilen toplam etki matrisiyle de her bir faktörün birbiriyle etkileşimleri elde edilmiştir. Faktörlerin satır toplamaları (D:Etki Düzeyi) ve sütun toplamaları (R:Etkilenme Düzeyi), Önem Derecesi (D+R:Hem etkileyen hem etkilenen kriter olarak toplam etkisi), Neden–Sonuç İlişkisi ($D - R > 0$, neden, $D - R < 0$ sonuç) ve W_i (Ağırlık: Her bir kriterin toplam etkisine göre normalize edilmiş öncelik ağırlığı) hesaplanmış ve ilgili tablolarda gösterilmiştir. Grafikler 4-6’da alt kriterlerin DEMATEL yöntemine göre gösterimi verilmiştir.

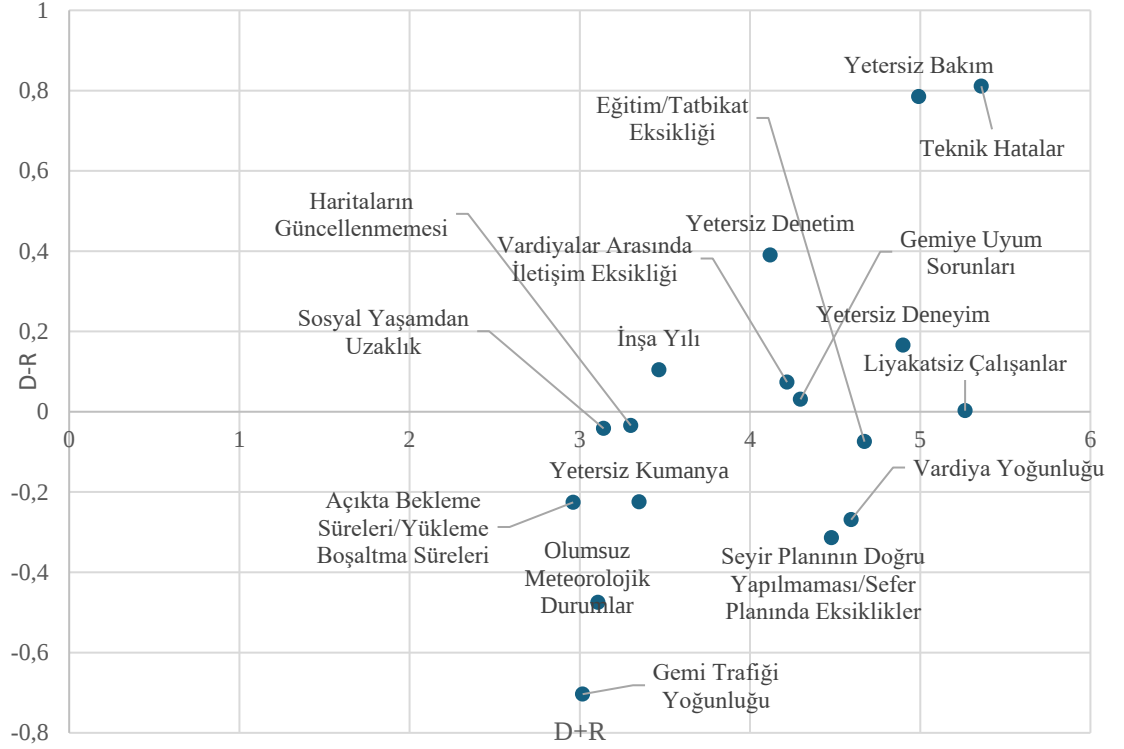
Grafik 4 Alt Kriter Neden Sonuç Rolü Grafiği



Grafik 5 Alt Kriter Toplam Etki Grafiği



Grafik 6 Alt Kriterler Neden Sonuç Grafiği



D-R değerlerine göre, alt kriterler neden (cause) ve sonuç (effect) gruplarına ayrılmıştır. 17 alt kriter için neden ve sonuç grupları aşağıda verilmiştir:

Neden (Cause) Grubu:

A6: Teknik Hatalar (D-R = 0.8110)

A5: Yetersiz Bakım (D-R = 0.7850)

A7: Yetersiz Denetim (D-R = 0.3902)

A12: Yetersiz Deneyim (D-R = 0.1655)

A4: İnşa Yılı (D-R = 0.1042)

A17: Vardiyalar Arasında İletişim Eksikliği (D-R = 0.0737)

A1: Gemiye Uyum Sorunları (D-R = 0.0309)

A13: Liyakatsiz Çalışanlar (D-R = 0.0026)

Sonuç (Effect) Grubu:

A9: Gemi Trafîği Yoğunluğu (D-R = -0.7037)

A8: Olumsuz Meteorolojik Durumlar (D-R = -0.4751)

A14: Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler (D-R = -0.3141)

A16: Vardiya Yoğunluğu (D-R = -0.2691)

A10: Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri (D-R = -0.2258)

A3: Yetersiz Kumanya (D-R = -0.2249)

A11: Eğitim/Tatbikat Eksikliği (D-R = -0.0746)

A2: Sosyal Yaşamdan Uzaklık (D-R = -0.0416)

A15: Haritaların Güncellenmemesi (D-R = -0.0343)

Neden grubundaki alt kriterler, diğer alt kriterleri daha fazla etkilemekte ve sistemde daha aktif rol oynamaktadır. Özellikle "Teknik Hatalar" ve "Yetersiz Bakım" kriterleri, en yüksek net etki değerlerine sahip olup, sistemdeki diğer kriterleri en fazla etkileyen faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç grubundaki alt kriterler ise, diğer alt kriterlerden daha fazla etkilenmekte ve sistemde daha pasif rol oynamaktadır. Özellikle "Gemi Trafîği Yoğunluğu" ve "Olumsuz Meteorolojik Durumlar" kriterleri, en düşük net etki değerlerine sahip olup, sistemdeki diğer kriterlerden en fazla etkilenen faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Neden grubunda yer alan alt kriterler, sistemdeki diğer alt kriterleri daha fazla etkilemekte ve deniz kazalarının önlenmesi için öncelikli olarak ele alınması gereken faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Teknik Hatalar (A6): En yüksek net etki değerine (D-R = 0.8110) sahip olan bu kriter, sistemdeki diğer kriterleri en fazla etkileyen faktör olarak belirlenmiştir. Geminin teknik sistemlerinde meydana gelen arızalar ve hatalar, diğer tüm risk faktörlerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, deniz güvenliğinin artırılması için öncelikle gemilerin teknik sistemlerinin düzenli bakımının yapılması ve olası arızaların önceden tespit edilip giderilmesi gerekmektedir.

Yetersiz Bakım (A5): İkinci en yüksek net etki değerine ($D-R = 0.7850$) sahip olan bu kriter, geminin düzenli ve yeterli bakımının yapılmamasıyla ilgili risk faktörlerini içermektedir. Yetersiz bakım, teknik hataların ortaya çıkmasına neden olmakta ve geminin genel performansını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, gemilerin düzenli ve kapsamlı bakımlarının yapılması, deniz kazalarının önlenmesinde kritik öneme sahiptir.

Yetersiz Denetim (A7): Üçüncü en yüksek net etki değerine ($D-R = 0.3902$) sahip olan bu kriter, geminin ve personelin yeterli düzeyde denetlenmemesiyle ilgili risk faktörlerini içermektedir. Yetersiz denetim, diğer risk faktörlerinin tespit edilmesini ve giderilmesini engellemekte ve deniz güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, gemilerin ve personelin düzenli ve kapsamlı denetimlerinin yapılması, deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Diğer neden grubundaki alt kriterler arasında "Yetersiz Deneyim" ($D-R = 0.1655$), "İnşa Yılı" ($D-R = 0.1042$), "Vardiya Arasında İletişim Eksikliği" ($D-R = 0.0737$), "Gemiye Uyum Sorunları" ($D-R = 0.0309$) ve "Liyakatsiz Çalışanlar" ($D-R = 0.0026$) yer almaktadır. Bu kriterler de sistemdeki diğer kriterleri etkilemekte ve deniz kazalarının önlenmesi için dikkate alınması gerekmektedir.

Sonuç grubunda yer alan alt kriterler, sistemdeki diğer alt kriterlerden daha fazla etkilenmekte ve bu kriterlerdeki iyileştirmeler, diğer kriterlerdeki iyileştirmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Gemi Trafik Yoğunluğu (A9): En düşük net etki değerine ($D-R = -0.7037$) sahip olan bu kriter, sistemdeki diğer kriterlerden en fazla etkilenen faktör olarak belirlenmiştir. Seyir yapılan bölgedeki gemi trafiğinin yoğunluğu, diğer risk faktörlerinden etkilenmektedir. Örneğin, seyir planlaması ve uygulaması iyileştirildiğinde, gemi trafiği yoğunluğunun olumsuz etkileri azalacaktır.

Olumsuz Meteorolojik Durumlar (A8): İkinci en düşük net etki değerine ($D-R = -0.4751$) sahip olan bu kriter, kötü hava koşulları, fırtına, sis gibi olumsuz meteorolojik şartlarla ilgili risk faktörlerini içermektedir. Bu faktörler, diğer risk faktörlerinden etkilenmektedir. Örneğin, geminin yapısal özellikleri ve teknik durumu iyileştirildiğinde, olumsuz meteorolojik koşullardan daha az etkilenecektir.

Diğer sonuç grubundaki alt kriterler arasında "Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler" (D-R = -0.3141), "Vardiya Yoğunluğu" (D-R = -0.2691), "Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri" (D-R = -0.2258), "Yetersiz Kumanya" (D-R = -0.2249), "Eğitim/Tatbikat Eksikliği" (D-R = -0.0746), "Sosyal Yaşamdan Uzaklık" (D-R = -0.0416) ve "Haritaların Güncellenmemesi" (D-R = -0.0343) yer almaktadır. Bu kriterler de sistemdeki diğer kriterlerden etkilenmekte ve bu kriterlerdeki iyileştirmeler, diğer kriterlerdeki iyileştirmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Alt kriterlerin toplam önem derecelerini gösteren D+R değerleri incelendiğinde, "Teknik Hatalar" (D+R = 5.4203), "Liyakatsiz Çalışanlar" (D+R = 5.2637) ve "Yetersiz Bakım" (D+R = 5.0529) kriterlerinin en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, bu kriterlerin sistemdeki toplam etkileşimlerinin (hem etkileme hem de etkilenme) en yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, bu kriterler sistemin merkezinde yer almakta ve diğer kriterlerle yoğun bir etkileşim içindedir.

En düşük D+R değerlerine sahip olan "Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri" (D+R = 2.9697), "Gemi Trafiği Yoğunluğu" (D+R = 3.0978) ve "Sosyal Yaşamdan Uzaklık" (D+R = 3.1401) kriterleri ise sistemdeki diğer kriterlerle daha az etkileşim içindedir. Bu durum, bu kriterlerin sistemde daha izole bir konumda olduğunu göstermektedir.

3.2.2. Alt Faktörlerin Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Analizi

F-AHP yönteminde denizde en sık karşılaşılan kazaların sıralaması yapılmış olup Bölüm 3.1.2’de elde edilen kaza ağırlıkları burada da kullanılmıştır.

3.2.3. Alt Faktörlerin Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Analizi

Tablolar 59-66’da ait alt faktörlere uygulanan TOPSIS yöntemi verilmiştir.

Tablo 59 Uzmanlara ait Dilsel Terimler

1. UZMAN	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Yetersiz Bakım	VG	VG	VG	VG	VG
	Teknik Hatalar	VG	VG	G	VG	G

	Eğitim/Tatbikat Eksikliği	VG	VG	VG	G	G
	Yetersiz Deneyim	G	G	VG	VG	G
	Liyakatsiz Çalışanlar	VG	F	G	F	F
2. UZMAN	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Yetersiz Bakım	F	MG	MG	G	VG
	Teknik Hatalar	VG	G	VG	VG	G
	Eğitim/Tatbikat Eksikliği	P	F	G	G	VG
	Yetersiz Deneyim	F	VG	MG	G	MP
	Liyakatsiz Çalışanlar	VG	VG	VG	G	G
3. UZMAN	Cr	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
	Yetersiz Bakım	VG	G	G	VG	VG
	Teknik Hatalar	G	MG	VG	VG	G
	Eğitim/Tatbikat Eksikliği	G	G	VG	MG	VG
	Yetersiz Deneyim	VG	VP	MG	VG	VG
	Liyakatsiz Çalışanlar	VG	VG	VG	VG	G

Tablo 60 Uzmanlara ait Dilsel Terimlerin Bunaık Sayı Karşılıkları

	Çarpma, Çatışma	Yangın,Patlam a	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
1. UZMAN	Cr	l m u l m u	l m u l m u	l m u l m u	l m u
	Yetersiz Bakım	8, 0 10, 0 10, 0 8,0	10,0 10,0 10,0 8,0 0 0	10, 0 10, 0 8,0 0 0	8,0 10,0 10,0

	Teknik Hatalar	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Tatbikat	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Eksikliği	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Yetersiz Deneyim	8,0	10,0	10,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0
	Liyakatsiz Çalışanlar	8,0	10,0	10,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0
2. UZMAN	Cr															
	Yetersiz Bakım	4,0	5,0	6,0	5,0	6,5	8,0	5,0	6,5	8,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0
	Teknik Hatalar	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Tatbikat	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0
	Eksikliği	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	10,0	5,0	6,5	8,0	7,0	8,0	9,0	2,0	3,5	5,0
	Yetersiz Deneyim	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Liyakatsiz Çalışanlar	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
3. UZMAN	Cr															
	Yetersiz Bakım	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
	Teknik Hatalar	7,0	8,0	9,0	5,0	6,5	8,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
	Eğitim/Tatbikat	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	5,0	6,5	8,0	8,0	10,0	10,0
	Eksikliği	8,0	10,0	10,0	-	-	2,0	5,0	6,5	8,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
	Yetersiz Deneyim	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0
	Liyakatsiz Çalışanlar	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0

Tablo 61 Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi

Fuzzy weighted decision
table

	Çarpma, Çatışma	Yangın,Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası
--	--------------------	----------------	------------------	------------------	--------------------------

Cr	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Yetersiz Bakım	4,0	8,3	10,0	5,0	8,2	10,0	5,0	8,2	10,0	7,0	9,3	10,0	8,0	10,0	10,0
Teknik Hatalar	7,0	9,3	10,0	5,0	8,2	10,0	7,0	9,3	10,0	8,0	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
Eğitim/Tatbikat															
Eksikliği	1,0	6,7	10,0	4,0	7,7	10,0	7,0	9,3	10,0	5,0	7,5	9,0	7,0	9,3	10,0
Yetersiz															
Deneyim	4,0	7,7	10,0	-	6,0	10,0	5,0	7,7	10,0	7,0	9,3	10,0	2,0	7,2	10,0
Liyakatsiz															
Çalışanlar	8,0	10,0	10,0	4,0	8,3	10,0	7,0	9,3	10,0	4,0	7,7	10,0	4,0	7,0	9,0

Tablo 62 Normalize Edilmiş Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisi

Fuzzy NORMALİZE weighted
decision table

	Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Yetersiz Bakım	0,400	0,833	1,000	0,500	0,817	1,000	0,500	0,817	1,000	0,700	0,933	1,000	0,800	1,000	1,000
Teknik Hatalar	0,700	0,933	1,000	0,500	0,817	1,000	0,700	0,933	1,000	0,800	1,000	1,000	0,700	0,800	0,900
Eğitim/Tatbikat															
Eksikliği	0,100	0,667	1,000	0,400	0,767	1,000	0,700	0,933	1,000	0,500	0,750	0,900	0,700	0,933	1,000
Yetersiz															
Deneyim	0,400	0,767	1,000	0,000	0,600	1,000	0,500	0,767	1,000	0,700	0,933	1,000	0,200	0,717	1,000
Liyakatsiz															
Çalışanlar	0,800	1,000	1,000	0,400	0,833	1,000	0,700	0,933	1,000	0,400	0,767	1,000	0,400	0,700	0,900
Wi	0,0482			0,3977			0,0605			0,4068			0,0868		

Tablo 63 F-AHP’den elde edilen ağırlıkların çatpılmasıyla elde edilmiş nihai bulanık ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

	Çarpma, Çatışma			Yangın, Patlama			Karaya Oturma			Ölümlü İş Kazası			Yaralanmalı İş Kazası		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Yetersiz Bakım	0,019	0,040	0,048	0,199	0,325	0,398	0,030	0,049	0,061	0,285	0,380	0,407	0,069	0,087	0,087
Teknik Hatalar	0,034	0,045	0,048	0,199	0,325	0,398	0,042	0,056	0,061	0,325	0,407	0,407	0,061	0,069	0,078
Eğitim/Tatbikat															
Eksikliği	0,005	0,032	0,048	0,159	0,305	0,398	0,042	0,056	0,061	0,203	0,305	0,366	0,061	0,081	0,087
Yetersiz															
Deneyim	0,019	0,037	0,048	0,000	0,239	0,398	0,030	0,046	0,061	0,285	0,380	0,407	0,017	0,062	0,087

Liyakatsiz Çalışanlar	0,039	0,048	0,048	0,159	0,331	0,398	0,042	0,056	0,061	0,163	0,312	0,407	0,035	0,061	0,078
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

min	0,005	0,000	0,030	0,163	0,017
max	0,048	0,398	0,061	0,407	0,087

Tablo 64 Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri

D*	D*					D*
	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası	
Yetersiz Bakım	0,0173	0,1223	0,0186	0,0722	0,0100	0,24041
Teknik Hatalar	0,0086	0,1223	0,0107	0,0470	0,0188	0,20728
Eğitim/Tatbikat Eksikliği	0,0267	0,1478	0,0107	0,1334	0,0154	0,33403
Yetersiz Deneyim	0,0179	0,2473	0,0193	0,0722	0,0425	0,39918
Liyakatsiz Çalışanlar	0,0056	0,1430	0,0107	0,1512	0,0340	0,34447

Tablo 65 Negatif İdeal Çözüm Uzaklık Dereceleri

D-	D-					D-
	Çarpma, Çatışma	Yangın, Patlama	Karaya Oturma	Ölümlü İş Kazası	Yaralanmalı İş Kazası	
Yetersiz Bakım	0,0334	0,3179	0,0207	0,2013	0,0642	0,63739
Teknik Hatalar	0,0380	0,3179	0,0241	0,2203	0,0526	0,65292
Eğitim/Tatbika t Eksikliği	0,0296	0,3035	0,0241	0,1453	0,0599	0,56242
Yetersiz Deneyim	0,0323	0,2677	0,0198	0,2013	0,0477	0,56883
Liyakatsiz Çalışanlar	0,0404	0,3126	0,0241	0,1652	0,0443	0,58664

Tablo 66 Benzerlik Dereceleri ve Sıralama

	D*	D-	CC	Sıralama
Yetersiz Bakım	0,2404	0,6374	0,7261	2
Teknik Hatalar	0,2073	0,6529	0,7590	1
Eğitim/Tatbikat Eksikliği	0,3340	0,5624	0,6274	4

Yetersiz Deneyim	0,3992	0,5688	0,5876	5
Liyakatsiz Çalışanlar	0,3445	0,5866	0,6300	3

F-TOPSIS analizi sonucunda, 5 alt kriterin CCI ve sıralamaları Tablo 67'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 67 5 Alt Kriterin Yakınlık Katsayıları (CCI)

Teknik Hatalar	0.7590	1
Yetersiz Bakım	0.7261	2
Liyakatsiz Çalışanlar	0.6300	3
Eğitim/Tatbikat Eksikliği	0.6274	4
Yetersiz Deneyim	0.5876	5

F-TOPSIS analizi sonucunda, 5 alt kriterin sıralaması Teknik Hatalar, Yetersiz Bakım, Liyakatsiz Çalışanlar, Eğitim/Tatbikat Eksikliği ve Yetersiz Deneyim şeklinde belirlenmiştir. Bu sıralama, deniz kazalarının önlenmesinde hangi spesifik faktörlere odaklanılması gerektiği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır.

Bu sonuçlara göre, deniz kazalarının önlenmesinde en önemli alt kriter Teknik Hatalar olarak belirlenmiştir. Bu durum, gemilerin teknik sistemlerinde meydana gelen arızaların ve hataların, deniz kazalarının önemli bir nedeni olduğunu göstermektedir. Teknik Hatalar kriterinin yüksek öneme sahip olması, gemilerin teknik sistemlerinin düzenli bakımının ve kontrolünün, kazaların önlenmesinde kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Teknik Hatalar kriterinin en yüksek öneme sahip olması, gemilerin teknik sistemlerinde Bu bağlamda, gemilerdeki teknik sistemlerin düzenli denetim ve bakıma tabi tutulması zorunluluk arz etmektedir.

Yetersiz Bakım kriterinin ikinci sırada yer alması, gemilerin düzenli ve yeterli bakımının yapılmamasının da deniz kazalarının önemli bir nedeni olduğunu göstermektedir. Bu durum, gemilerin bakımının düzenli ve kapsamlı bir şekilde yapılmasının, kazaların önlenmesinde önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle, gemilerin bakım programlarının düzenli olarak uygulanması ve bakım kayıtlarının tutulması gerekmektedir.

Liyakatsiz Çalışanlar, Eğitim/Tatbikat Eksikliği ve Yetersiz Deneyim kriterleri ise sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci sırada yer almaktadır. Bu kriterler, personel ile ilgili faktörlerin de deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Bu nedenle, deniz taşımacılığı sektöründe personelin seçiminde liyakate önem verilmesi, personelin düzenli olarak eğitim ve tatbikatlara katılımının sağlanması ve deneyim kazanması için gerekli fırsatların sunulması gerekmektedir.

4. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

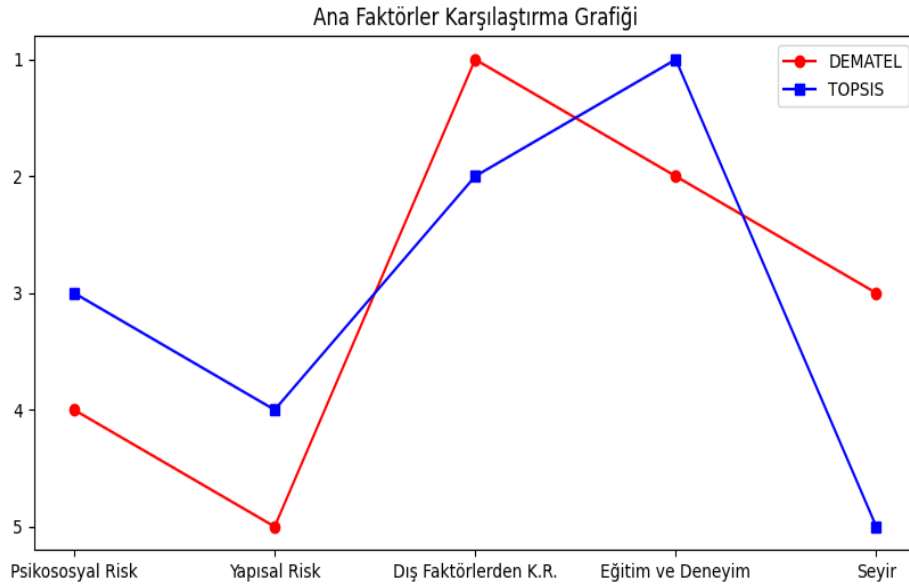
Bu çalışmada, deniz kazalarına sebep olan temel faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin önem derecelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan analizlerde ÇKKV yöntemlerinden DEMATEL, AHP ve TOPSIS teknikleri kullanılmıştır. Belirlenen faktörlerin birbirlerini etkileme durumları ve ağırlıkları ile neden sonuç gruplandırmaları için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin sıralamalarını karşılaştırmak için TOPSIS yöntemi belirlenmiş ve kriterlerin en sık karşılaşılan 5 kaza türündeki durumlarının tespiti için ağırlık hesaplaması AHP yöntemiyle elde edilmiş ve buradan elde edilen ağırlar TOPSIS yönteminde kullanılmıştır. 2016 yılında yapılan çalışmada limanlarda meydana gelen iş kazalarını bulanık DEMATEL ve TOPSIS yöntemleriyle analiz edildiği çalışmada F-DEMATEL ve F-TOPSIS yöntemleri kullanılarak limanlarda yaşanan iş kazalarının incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada; “İnsan hatasına bağlı kazalar”, “yönetimsel sebeplere bağlı kazalar”, “uygunsuz ve yetersiz ekipman kullanımına bağlı kazalar” ilk üç sırada sonuçlanmıştır (Özdemir, 2016).

Her iki yöntemle elde edilen bulgular, "Eğitim ve Deneyim" ile "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" ana kriterlerinin deniz kazalarının önlenmesi açısından en yüksek önceliğe sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, denizcilik sektöründe personel yeterliliğinin artırılmasının ve çevresel koşullardan kaynaklanan risklerin etkin bir şekilde yönetilmesinin kritik önemini vurgulamaktadır. Tablo 68’de, DEMATEL ve TOPSIS yöntemlerine göre ana kriter sıralamaları verilmiş olup, Grafik 7’de ise Ana Faktörler Karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 68 DEMATEL ve TOPSIS Sırası ana kriter sıralaması

Ana Kriter	DEMATEL Sırası	TOPSIS Sırası
Psikososyal Risk	4	3
Yapısal Risk	5	4
Dış Faktörlerden K.R.	1	2
Eğitim ve Deneyim	2	1
Seyir	3	5

Grafik 7 Ana Faktörler Karşılaştırma



DEMATEL analizi sonuçlarına göre, "Yapısal Risk", "Seyir" ve kriterleri diğer kriterler üzerinde etkileyici bir role sahip olup, "neden grubu" içinde yer almaktadır. Buna karşın, "Psikososyal Risk", "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" ve "Eğitim ve Deneyim" kriterleri ise "sonuç grubu" içerisinde konumlanmıştır. Bu ayırım, risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda önemli bir perspektif sunmaktadır.

Her iki yöntemin bulgularına göre de "Eğitim ve Deneyim" ile "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" kriterlerinin öne çıktığı görülmüştür. Bu da, deniz kazalarının önlenmesinde hem insan kaynağı kalitesinin artırılmasının hem de çevresel faktörlere karşı önlem alınmasının önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

DEMATEL yönteminde, D-R değerlerine göre ana kriterlerin neden-sonuç grupları şu şekildedir:

Neden Grubu ($D-R > 0$): Yapısal Risk, Seyir

Sonuç Grubu ($D-R < 0$): Psikososyal Risk, Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk, Eğitim ve Deneyim.

Bu sonuçlar, Yapısal risk ve seyir riskinin ve kriterlerinin diğer kriterler üzerinde etkili olduğunu; "Psikososyal Risk", "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" ve "Eğitim ve Deneyim" kriterlerinin ise diğer kriterlerin etkisinde kaldığını göstermektedir. 2023 yılında yapılan araştırmada kılavuz kaptan eşliğinde gerçekleşen gemi kazalarında 32

faktörü belirleyerek DEMATEL yöntemiyle neden-sonuç ilişkilerini analiz etmiştir (Demirci, Canımoğlu ve Elçiçek, 2023). İnsan ve gemi ile ilgili faktörlerin en etkili kategoriler olduğu sonucuna varılmıştır.

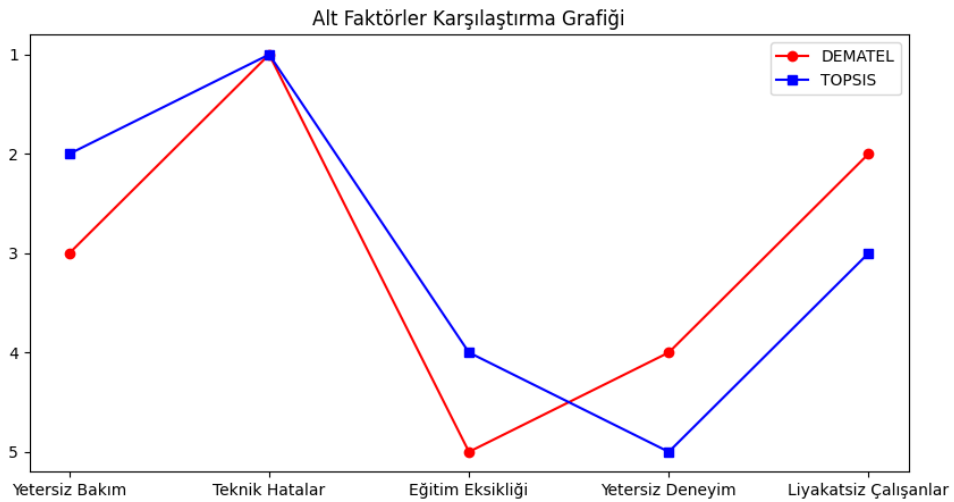
Alt kriterler düzeyinde yapılan analizlerde ise, "Teknik Hatalar" en önemli risk faktörü olarak belirlenmiş, onu "Yetersiz Bakım" takip etmiştir. Bu bulgular, deniz araçlarının teknik donanımının düzenli kontrol ve bakımının potansiyel kaza risklerinin minimize edilmesinde merkezi bir rol oynadığını desteklemektedir. Ayrıca "Liyakatsiz Çalışanlar" ve "Eğitim/Tatbikat Eksikliği" gibi insana dayalı faktörler de dikkate alınması gereken önemli risk kaynakları olarak öne çıkmıştır. Tablo 69 te alt kriterlerin sıralaması verilmiştir.

Tablo 69 Alt faktörlerin karşılaştırılması

Alt Kriter	Dematel Sırası	TOPSIS Sırası
Yetersiz Bakım	3	2
Teknik Hatalar	1	1
Eğitim/Tatbikat Eksikliği	5	4
Yetersiz Deneyim	4	5
Liyakatsiz Çalışanlar	2	3

Her iki yöntemde de teknik faktörler (Teknik Hatalar, Yetersiz Bakım) ve insan faktörleri (Liyakatsiz Çalışanlar, Eğitim/Tatbikat Eksikliği) öne çıkmaktadır. Alt faktörler için yapılan her iki yöntemin karşılaştırılması Grafik 8’de verilmiştir.

Grafik 8 Alt Faktörler Karşılaştırma



Çalışmada ayrıca, farklı deniz kazası türlerinin göreceli öneminin belirlenmesi amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP analizi sonuçlarına göre, "Ölümlü İş Kazası" ve "Yangın/Patlama" türleri en yüksek ağırlıklara sahip kaza türleri olarak belirlenmiştir. 20223 yılında yapılan çalışmada, ticaret gemilerinde meydana gelen iş kazalarının nedenleri AHP, TOPSIS ve MOORA yöntemleriyle analiz edilmiştir (Yorulmaz & Tantan, 2023). En yüksek kaza nedenleri arasında ISM kodu gerekliliklerine uymama, yönetim yetersizliği ve makine-ekipman arızası yer almıştır.

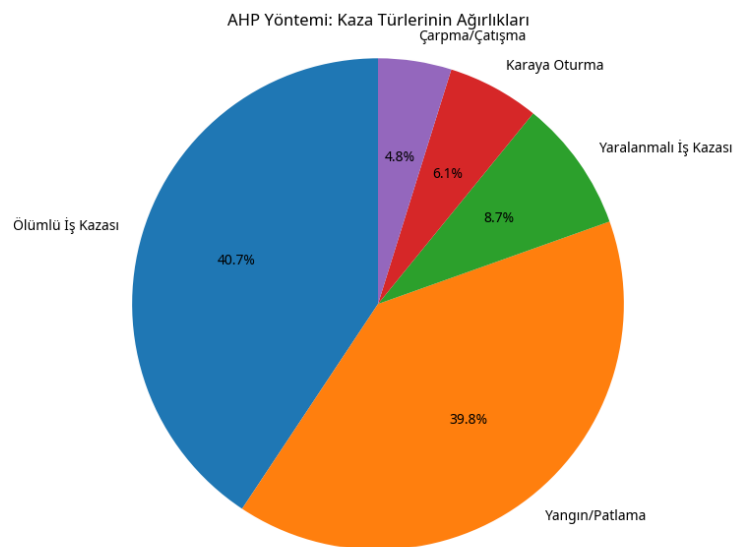
5 kaza türü için AHP analizi yapılmış ve bu kaza türlerinin ağırlıkları belirlenmiştir. Kaza türlerinin AHP ağırlıklarına göre sıralaması Tablo 70’ de şu şekildedir:

Tablo 70 AHP Sıralaması

Ölümlü İş Kazası	(0.4068)	1
Yangın/Patlama	(0.3977)	2
Yaralanmalı İş Kazası	(0.0868)	3
Karaya Oturma	(0.0605)	4
Çarpma/Çatışma	(0.0482)	5

Bu sonuçlar, "Ölümlü İş Kazası" ve "Yangın/Patlama" kaza türlerinin en yüksek ağırlıklara sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, deniz kazaları içinde en ciddi sonuçlara yol açan kaza türlerinin bu iki tür olduğunu vurgulamaktadır. Grafik 9’da kaza türlerinin ağırlıkları verilmiştir.

Grafik 9 Kaza Türlerinin Ağırlıkları



Çalışmanın metodolojik sınırlılıkları arasında, yalnızca üç uzman görüşüne dayanılması ve kullanılan bulanık sayıların hesaplamaları karmaşıktırarak sonuçların yorumlanmasını zorlaştırması yer almaktadır. Gelecek çalışmalarda, daha fazla uzman katılımının sağlanması, farklı ÇKKV yöntemlerinin uygulanarak sonuçların karşılaştırılması, ayrıca farklı gemi türleri ve deniz alanlarına yönelik ayrı analizlerin yapılması önerilmektedir.

Bu sonuçlar, özellikle "Ölümlü İş Kazası" ve "Yangın/Patlama" türlerinin, deniz kazaları arasında en ciddi sonuçlara yol açan türler olduğunu ortaya koymakta ve bu alanlara yönelik güvenlik önlemlerinin önceliklendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, deniz kazalarına etki eden faktörleri sistematik bir yaklaşımla analiz ederek risk yönetimi ve güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bulgular sunmuştur. Hem teknik faktörlerin (Teknik Hatalar, Yetersiz Bakım) hem de insan faktörlerinin (Liyakatsiz Çalışanlar, Eğitim/Tatbikat Eksikliği) deniz kazalarının önlenmesinde birbirini tamamlayan kritik roller üstlendiği açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİ

Bu çalışmada, deniz kazalarına etki eden faktörlerin analizi için kullanılan DEMATEL ve AHP-TOPSIS yöntemleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Her iki yöntem de karmaşık karar problemlerini sistematik bir şekilde ele almak ve faktörler arasındaki ilişkileri analiz etmek için geliştirilmiş olup, deniz kazalarının analizinde farklı bakış açıları sunmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle deniz kazalarına etki eden ana ve alt faktörler DEMATEL yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, 5 ana kriter ve 17 alt kriter arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve bu kriterler neden (cause) ve sonuç (effect) gruplarına ayrılmıştır. Elde edilen bulgular, deniz kazalarının önlenmesi ve deniz güvenliğinin artırılması için hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır.

Ana kriterler arasında "Yapısal Risk", "Seyir" kriterleri neden grubunda yer alırken, "Dış Faktörlerden Kaynaklanan Risk" "Eğitim ve Deneyim" ve "Psikososyal Risk" kriterleri sonuç grubunda yer almaktadır. Alt kriterler arasında ise "Teknik Hatalar", "Yetersiz Bakım" ve "Yetersiz Denetim" kriterleri en yüksek net etki değerlerine sahip olup, neden grubunda yer almaktadır. "Gemi Trafik Yoğunluğu", "Olumsuz Meteorolojik Durumlar" ve "Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler" kriterleri ise en düşük net etki değerlerine sahip olup, sonuç grubunda yer almaktadır.

Daha sonra yapılan AHP analizinden en sık karşılaşılan 5 kaza türünün ağırlıkları hesaplanmış ve en sık karşılaşılan kaza türleri sırasıyla ölümlü iş kazası, yangın/patlama, yaralanmalı iş kazası, karaya oturma ve çarpma/çatışma olarak bulunmuştur.

AHP yönteminden elde ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılmış ve TOPSIS yöntemiyle yapılan öncelik sıralamasıyla DEMATEL yönteminden elde edilen sıralamanın karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre;

Eğitim ve Deneyim kriteri AHP-TOPSIS analizinde birinci sırada yer alırken, DEMATEL analizinde ikinci sırada konumlanmıştır. Bu durum, AHP-TOPSIS yönteminin daha çok doğrudan önem düzeyine odaklanarak bireysel değerlendirmelere dayandığını; buna karşın DEMATEL'in, kriterler arasındaki nedensellik ilişkilerini ve karşılıklı etkileşimleri de göz önünde bulundurduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, eğitim eksikliği ve yetersiz deneyim hem doğrudan hem de dolaylı etkileriyle kritik bir belirleyici olarak ön plana çıkmaktadır. Eğitim ve deneyim kaynaklı riskleri azaltmak için

sürekli eğitim programları oluşturulmalı ve düzenli tazeleme eğitimleri verilmesi, simülâtör tabanlı gerçekçi eğitimlerin düzenlenmesi, özellikle riskli durumlar için deneyimli personelin daha az deneyimli personele mentorluk yapması sağlanmalıdır. Çok uluslu mürettebat için kültürlerarası eğitimler düzenlenmeli ve düzenli performans değerlendirmeleri ve yapıcı geri bildirimler çalışanlarla paylaşılmalıdır.

DEMATEL analizine göre Dış Faktörlerden Kaynaklanan Riskler birinci öncelikli kriter olarak belirlenmiştir. AHP-TOPSIS yönteminde ise ikinci sırada yer almıştır. Bu farklılık, DEMATEL'in sistem düzeyindeki etkileri daha etkili bir şekilde modellemesiyle açıklanabilir. Meteorolojik koşullar, yetersiz denetim ve yoğun gemi trafiği gibi dış faktörlerin, diğer kriterleri de tetikleyici nitelikte olması, bu kriterin DEMATEL açısından daha yüksek öncelik almasına neden olmuştur. Olumsuz meteorolojik durumlar, gemi trafiği yoğunluğu ve açıkta bekleme süreleri gibi dış faktörler, deniz güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Bu faktörlerin doğrudan kontrol edilmesi mümkün olmasa da, bu faktörlerin olumsuz etkilerinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Örneğin, olumsuz meteorolojik koşullarda seyir yapılmaması, gemi trafiği yoğun olan bölgelerde daha dikkatli olunması ve açıkta bekleme sürelerinin optimum şekilde planlanması gibi önlemler alınabilir. Geminin ve personelin yeterli düzeyde denetlenmemesi, diğer risk faktörlerinin tespit edilmesini ve giderilmesini engellemekte ve deniz güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, gemilerin ve personelin düzenli ve kapsamlı denetimlerinin yapılması, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve denetim sonuçlarının etkin bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Dış faktörlerden kaynaklanan riskleri azaltmak için gelişmiş gemilere meteorolojik tahmin sistemleri entegre edilmeli, yoğun deniz trafiği olan bölgelerde trafik ayırım düzenlemeleri geliştirilmeli, radar ve AIS teknolojileri etkin kullanılmalı, deniz güvenliği konusunda uluslararası işbirliği artırılmalıdır, farklı dış faktörler için detaylı acil durum müdahale planları hazırlanmalıdır.

Seyirle ilgili riskler DEMATEL analizinde üçüncü sırada, AHP-TOPSIS analizinde ise beşinci sırada yer almıştır. Bu durum, seyir güvenliğine ilişkin unsurların (örneğin sefer planlama hataları, iletişim eksiklikleri) kazalara neden olma potansiyelinin karar vericiler tarafından farklı düzeylerde algılandığını göstermektedir. DEMATEL'in bu faktörün diğer kriterler üzerindeki etkisini daha belirgin biçimde ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Seyir planının doğru yapılması, haritaların güncellenmesi, vardiya düzenlemeleri ve vardiyalar arası iletişimin güçlendirilmesi, deniz kazalarının önlenmesinde önemli rol

oynamaktadır. Bu nedenle, seyir planlaması ve uygulaması konusunda personelin eğitilmesi, haritaların düzenli olarak güncellenmesi ve vardiya düzenlemelerinin optimum şekilde yapılması gerekmektedir. Seyir kaynaklı kazaları önlemek için elektronik seyir sistemleri düzenli olarak güncellenmeli, her sefer için potansiyel riskleri içeren detaylı seyir planları hazırlanmalı, köprüüstü kaynak yönetimi (BRM) eğitimleri verilmeli, otomatik seyir sistemleri geliştirilmeli, ancak insan kontrolünde kullanılmalı, düzenli seyir güvenliği denetimleri yapılmalı, riskli alanlar için özel eğitimler düzenlenmelidir.

Psikososyal faktörler (örneğin dikkatsizlik, stres, gemiye uyum sorunu) DEMATEL analizinde dördüncü, AHP-TOPSIS analizinde ise üçüncü sırada değerlendirilmiştir. Bu benzer sıralama, her iki yöntemin de bu faktörlerin orta düzeyde etkili olduğu konusunda örtüşüğünü göstermektedir. Ancak karar vericilerin, bu faktörlerin diğer kriterler üzerindeki etkisinden ziyade doğrudan sonuçlara odaklandığı söylenebilir. Personelin gemiye uyum sorunları, sosyal yaşamdan uzaklık ve yetersiz kumanya gibi faktörler, personelin performansını ve dolayısıyla deniz güvenliğini etkilemektedir. Bu nedenle, personelin psikolojik ve sosyal ihtiyaçlarının karşılanması, gemiye uyum sürecinin kolaylaştırılması ve sosyal yaşamdan uzaklığın olumsuz etkilerinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Psikososyal risklerden kaynaklı kazaları engellemek için aşırı yorgunluğu önlemek için çalışma saatleri ve vardiya düzenlemeleri optimize edilmeli, gemi personeline psikolojik destek programları sunulmalı, personelin aileleriyle iletişim kurabilmesi için gemilerde iletişim imkanları iyileştirilmeli, gemide moral ve motivasyonu yüksek tutmak için sosyal aktiviteler düzenlenmeli, ekip uyumunu ve işbirliğini artıracak eğitimler verilmeli, stres yönetimi, çatışma çözümü ve duygusal zeka konularında eğitimler düzenlenmelidir.

Yapısal riskler (örneğin gemi yaşı, uzunluğu, teknik yetersizlik) her iki yöntemde de görece düşük önceliğe sahip kriterler arasında yer almıştır (DEMATEL: 5, AHP-TOPSIS: 4). Bu sonuç, yapısal etkenlerin deniz kazaları üzerindeki dolaylı etkisinin sınırlı olduğu ya da bu faktörlerin göreceli olarak daha iyi kontrol edilebildiği şeklinde yorumlanabilir. Yapısal risklerden kaynaklı kazaları önlemek için gemilerin yapısal bütünlüğü için düzenli bakım ve kontrol programları uygulanmalı, yapısal hasarları erken tespit için ileri teknolojiler kullanılmalı, yaşlı gemilerin modernizasyonu teşvik edilmeli ve sıkı denetimler uygulanmalı, yeni gemi tasarımlarında yapısal dayanıklılığı artıracak iyileştirmeler yapılmalı, gemi yapımında ve onarımında yüksek kaliteli malzemeler

kullanılmalı, her gemi için detaylı yapısal risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

Alt kriterler için DEMATEL yönteminde belirlenen ilk 5 kriter için TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Buna göre;

Her iki yöneme göre Teknik Hatalar, en yüksek öneme sahip alt kriter olarak belirlenmiştir (DEMATEL: 1., TOPSIS: 1. sıra). Bu bulgu, deniz kazalarının meydana gelmesinde sistemsel ve donanımsal eksikliklerin kritik rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır. Teknik hataların hem doğrudan kazaya neden olması hem de diğer risk faktörlerini tetiklemesi, bu kriterin DEMATEL yöntemiyle neden-sonuç bağlamında en öncelikli olarak değerlendirilmesini desteklemektedir. AHP-TOPSIS yönteminde de uzmanlar, teknik yeterlilik eksikliğini doğrudan tehdit olarak algılamıştır. Alt kriterler arasında kazalara sebep olan ilk beş faktörden teknik hatalardan kaynaklı kazaları önleyebilmek için kapsamlı önleyici bakım programları uygulanmalı, erken arıza tespiti için ileri teknoloji sistemleri kullanılmalı, teknik personele düzenli eğitimler verilmeli, teknik operasyonlar için kalite yönetim sistemleri uygulanmalı, kritik yedek parçaların gemide bulundurulması sağlanmalı, meydana gelen teknik hatalar detaylı analiz edilmelidir.

Liyakatsiz çalışanlar DEMATEL analizinde ikinci, AHP-TOPSIS analizinde üçüncü sırada yer almıştır. Bu sonuç, insan kaynağının niteliksel yetersizliğinin, hem dolaylı (DEMATEL) hem de doğrudan (TOPSIS) etkiler açısından yüksek öneme sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle kritik operasyonların liyakat sahibi olmayan personel tarafından yürütülmesi, hatalı karar alma riskini artırmakta ve sistemin güvenliğini zayıflatmaktadır. Liyakatsiz çalışan kaynaklı kazaları önleyebilmek için gemi personelinin işe alım süreçleri iyileştirilmeli, personelin yeterliliği düzenli aralıklarla değerlendirilmeli, objektif kriterlere dayalı performans yönetim sistemi uygulanmalı, personelin sürekli mesleki gelişimi teşvik edilmeli, terfi kararları liyakat ve performansa dayalı olmalı, etik değerler ve profesyonellik konusunda eğitimler verilmelidir. Gemi cüzdanı yeterliliği uygun olsa dahi, seyrüseferi kontrol eden cihazlarının sorumluluğunun, bu konuda yetkinleşmemiş başka bir gemi adamına verilmesi liyakat kavramı içinde ele alınmalıdır.

Yetersiz bakım kriteri DEMATEL yöntemine göre üçüncü, AHP-TOPSIS'e göre ise ikinci sırada yer almaktadır. Bu durum, bakım süreçlerinin sürekliliği ve etkinliğinin denizcilik güvenliği açısından yaşamsal önem taşıdığını göstermektedir. AHP-TOPSIS'te

daha öncelikli çıkmasının nedeni, karar vericilerin bu kriterin kazaya neden olan doğrudan etkisini vurgulamaları olabilirken; DEMATEL analizinde bu kriterin daha çok sonuçlardan ziyade nedenler zincirinin bir halkası olarak konumlandığı görülmektedir. Yetersiz bakım kaynaklı kazaları önleyebilmek için kapsamlı bakım yönetim sistemleri kurulmalı, bakım faaliyetleri için detaylı standartlar ve prosedürler oluşturulmalı, bakım personeline düzenli eğitimler verilmeli, yeterli bakım bütçesi ve kaynakları ayrılmalı, gerekirse düzenli bakımların yapılıp yapılmadığının takibi açısından hizmet alımı yapılmalı, bakım verileri sistematik olarak toplanmalı ve analiz edilmelidir. Gemilerin inşa yılı, bakım durumu ve teknik sistemlerinin işleyişi, deniz kazalarının önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, gemilerin düzenli ve kapsamlı bakımlarının yapılması, teknik sistemlerinin düzgün çalışmasının sağlanması ve olası arızaların önceden tespit edilip giderilmesi gerekmektedir. Sektörün karlılığının düşmesi, navlun bedellerinin düşüklüğü, gemi filolarının yaş ortalamasının yüksek olması, ekonomik nedenlerle personel giderlerinin, finans maliyetlerinin ve amortisman giderlerinin yüksek olması nedeniyle bakım onarımına ayrılan bütçenin yetersiz kalması ve kalifiye, yeterli deniz tecrübesine sahip personelin maddi açıdan tatmin olmaması da önemli nedenler arasındadır.

Yetersiz deneyim alt kriteri DEMATEL analizine göre dördüncü, AHP-TOPSIS analizine göre beşinci sırada yer almıştır. Bu görece düşük sıralama, deneyim eksikliğinin diğer kriterlerle kıyaslandığında daha dolaylı ve ikincil bir etki oluşturduğuna işaret etmektedir. Ancak bu durum, deneyim eksikliğinin önemsiz olduğu anlamına gelmemekte; aksine, liyakatsizlik ve eğitim eksikliği gibi diğer insan faktörü riskleriyle birlikte değerlendirildiğinde bütünsel bir etki yaratmaktadır. Yetersiz deneyimden kaynaklı kazaların azaltılması için deneyimli personelin, daha az deneyimli personele mentorluk yapması sağlanmalı, yeni personele kademeli olarak artan sorumluluklar verilmeli, personelin deneyimlerini kaydetmek için sistematik bir yaklaşım geliştirilmeli, simülatörler ve sanal gerçeklik teknolojileri kullanılarak simüle edilmiş deneyim imkânları sunulmalı, kritik görevler için minimum deneyim şartları belirlenmeli, deneyim paylaşım platformları oluşturulmalıdır.

Eğitim/tatbikat eksikliği her iki analizde de görece daha düşük öncelikli bir kriter olarak değerlendirilmiştir (DEMATEL: 5., TOPSIS: 4. sıra). Bu sonuç, kısa vadede doğrudan etkisinin sınırlı görüldüğü ancak uzun vadede sistemde ciddi bilgi ve beceri açıklarına neden olabilecek bir risk alanı olduğunu göstermektedir. DEMATEL yöntemi bu kriterin

sistem üzerinde daha az neden etkisine sahip olduğunu öne sürerken, TOPSIS yöntemi uzmanların bu kriterin bireysel etkilerini orta düzeyde değerlendirdiğini ortaya koymaktadır. Personelin eğitim/tatbikat eksikliği, yetersiz deneyim ve liyakatsiz çalışanlar gibi faktörler, deniz güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, personelin düzenli olarak eğitim ve tatbikatlara katılımının sağlanması, deneyim kazanması için gerekli fırsatların sunulması ve liyakatli personelin istihdam edilmesi gerekmektedir. Eğitim/tatbikat eksikliği kaynaklı kazaların azaltılması için acil durumlar için düzenli ve gerçekçi tatbikat programları uygulanmalı, personelin eğitim ihtiyaçları düzenli olarak analiz edilmeli, gerçekçi simülasyonlar kullanılarak farklı senaryolarda deneyim kazandırılmalı, personelin farklı görevler için çapraz eğitim alması teşvik edilmeli, eğitim ve tatbikatların etkinliği düzenli olarak değerlendirilmeli, eğitim ve tatbikat konusunda sektör içi iş birliği teşvik edilmelidir.

Bu bulgular, deniz kazalarının önlenmesi için öncelikle gemilerin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, düzenli bakımlarının yapılması ve teknik sistemlerinin düzgün çalışmasının sağlanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, seyir planlamasının doğru yapılması, haritaların güncellenmesi, vardiya düzenlemeleri ve vardiyalar arası iletişimin güçlendirilmesi de önemlidir. Gemi personelinin psikolojik ve sosyal durumlarının iyileştirilmesi, gemiye uyum sorunlarının giderilmesi ve sosyal yaşamdan uzaklığın olumsuz etkilerinin azaltılması da deniz güvenliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu öneriler, deniz kazalarının önlenmesi için bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle Yapısal Risk, Seyir kaynaklı ana faktörler ve en önemli alt kriterler olarak karşımıza çıkan teknik hatalar ve yetersiz bakım kaynaklı faktörlere odaklanılması, sistemdeki diğer faktörleri de olumlu yönde etkileyecektir. Çalışma kapsamında gemi kazalarının azaltılması amacıyla sektörün faydalanması için de Ek-2’de yer alan kontrol listesi hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler 3 uzmanın değerlendirmelerine dayanmaktadır. Daha fazla uzmanın değerlendirmelerinin alınması, belli coğrafi bölgelerde yaşanan kazaların incelenmesi, belirlenen gemi türleri üzerinde incelemelerin yapılması ileride yapılacak çalışmalarda daha detaylı sonuç alınmasına katkı sağlayabilir. Kamu otoritesi tarafından daha fazla gemi kazası raporunun kamuya açılması araştırmacılar için faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdullayev, B. (2013). Türkiye-Rusya arasındaki mevcut ulaştırma ağının analizi ve çoklu ulaştırma sistemleri alternatiflerinin geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi)
- Ahmad, N., & Qahmash, A. (2020). Implementing Fuzzy AHP and FUCOM to evaluate critical success factors for sustained academic quality assurance and ABET accreditation. PLOS ONE, 15(9), e0239140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239140>
- Ashtiani, B., Haghighirad, F., Makui, A., & Montazer, G. a. (2009). Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets. Applied Soft Computing, 9(2), 457-461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.05.005>
- Buber, M., & Köseoğlu, B. (2020). Gemi Kaynaklı Petrol Kirliliği Kazalarında Net Çevresel Fayda Analizine Yönelik Bir Literatür Çalışması.
- Büyük, N. ve Bayer, D. (2022). Tanker Gemilerinde Kargo İşlemleri Esnasındaki Yangın Risklerinin Kök Sebeplerinin Tespiti ve Bow-Tie ile Analizi, DOI: <http://dx.doi.org/10.29228/jomaramphora.62290> Denizcilik Araştırmaları Dergisi: Amfora, 2022, 1(1): 79-87 , ISSN: 2822-504X
- Çalışkan, N. (2019). Uluslararası denizyolu taşımacılığının Türkiye dış ticaretine etkisinin analizi Ve diğer taşıma modlarıyla rekabeti (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Çiçek, H., & Çağdaş, A. (2020). Ergonomik Faktörlerin Çalışan Performasına Olan Etkileri . OHS ACADEMY , 3(2), 135-143.
- Çulha, H. S. (2021). Beş Faktör Kişilik Envanterinin Türkçe ‘Ye Uyarlanması, Denizcilik Sektöründeki Liderlerin Kişilik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kazalara Olan Etkisi.
- Chang, B., Chang, C. W., & Wu, C. H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. Expert Systems with Applications, 38(3), 1850–1858. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.114>
- Chamoli, S. (2015). Hybrid FAHP (fuzzy analytical hierarchy process)-FTOPSIS (fuzzy technique for order preference by similarity of an ideal solution) approach for

- performance evaluation of the V down perforated baffle roughened rectangular channel. *Energy*, 84, 432-442. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.007>
- Demir, A., & Öz, A. (2018). Teolojik Açıdan İş Kazalarının İncelenmesi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(14), 189-197. <https://doi.org/10.31590/ejosat.459848>
- Demirci, S. E., Canımoğlu, R., & Elçiçek, H. (2023). Analysis of causal relations of marine accidents during ship navigation under pilotage: A DEMATEL approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 237(2), 308-321.
- Hwang, C., & Yoon, K. (1981). Multiple attributes decision making methods and applications, berlin, heidelberg. In: Springer Berlin, Heidelberg.
- İnan, T., & Baba, A. F. (2020). Gemi çarpışmalarının önlenmesi için melez algoritma tabanlı bir karar destek sisteminin oluşturulması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(3), 1213-1230.
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*.
- Kayıran, E. B. & Çaylan, D. Ö. İş Sağlığı ve Güvenliği Konulu Bilimsel Çalışmalarda Denizcilik Sektörünün Yeri. IV. Ulusal Liman Kongresi “Küresel Eğilimler-Yerel Stratejiler” 7-8 Kasım 2019 – İzmir, Doi: 10.18872/0.2019.14
- Kodak, G., & Acarer, T. (2021). İstanbul Boğazı’nda deniz trafik düzenlemelerinin kaza oranına etkisinin değerlendirmesi. *Aquatic Research*, 4(2), 181–207. <https://doi.org/10.3153/AR21015>
- Kutlu, A. C., & Ekmekçioğlu, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 61-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.044>
- Lan, D., Liang, B., Bao, C., Ma, M., Xu, Y., and Yu, C., (2015) “Marine Oil Spill Risk Mapping for Accidental Pollution and Its Application in A Coastal City.” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 96(1-2), pp.220–225.
- Nazim, M., Mohammad, C. W., & Sadiq, M. (2022). A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection. *Alexandria*

- Engineering Journal, 61(12), 10851-10870.
- Olgaç, T. (2021). Deniz Kazaları ve Deniz Olaylarını İnceleme Çalışmalarında Kullanılan Analiz Yöntemleri Üzerine Bir Değerlendirme. *Journal of Maritime Transport and Logistics*, 2(2), 101-112. <https://doi.org/10.52602/mtl.885205>
- Özdemir, Ü. (2016). Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Limanlarda Yaşanan İş Kazalarının İncelenmesi. *Journal of ETA Maritime Science*, 4(3), 235-247.
- Özdemir, A., & Yılmaz, B. (2019). Melez algoritmaların denizcilik sektöründeki güvenlik yönetim sistemlerine etkisi. *Journal of Maritime Safety*, 15(3), 45-60.
- Sankar, J., & Augustin, F. (2016). An improved fuzzy dematel technique and its applications. 8, 19122–19134.
- Seçme, N. Y., Bayrakdaroglu, A., & Kahraman, C. (2009). Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11699-11709.
- Shukla, R. K., Dixit, G., & and Agarwal, A. (2014). An integrated approach of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS in modeling supply chain coordination. *Production & Manufacturing Research*, 2(1), 415–437. <https://doi.org/10.1080/21693277.2014.919886>
- Tamer, S., Barlas, B., & Günbeyaz, S. A. (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliğinde Uygulamaları. *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, 220, 54-65.
- Tantan, El, Yorulmaz, M. (2023). Gemilerde Meydana Gelen İş Kazalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İncelenmesi. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi*, 7(2):132-158
- Topaloğlu, H. (2007) Dış Ticaret Yüklerimizin Taşınmasındaki Terminal Durumları ve Liman Yeterliliklerinin Değerlendirilmesi. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Y. Lisans Tezi.
- Uğurlu, H. (2022). Gemi Çatışma Kazalarının Nedenlerinin Ve Sonuçlarının Sistematik İncelemesi. 4th International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2022) December 14-16, 2022

- Yildiz, A., Guneri, A. F., Ozkan, C., Ayyildiz, E., & Taskin, A. (2022). An integrated interval-valued intuitionistic fuzzy AHP-TOPSIS methodology to determine the safest route for cash in transit operations: a real case in Istanbul. *Neural Computing and Applications*, 1-16.
- Yorulmaz, M. (2009). *Deniz Taşımacılığı ve Deniz Sigortaları*. İstanbul: Akademi Denizcilik.
- Yorulmaz, M., & Öztürk, M. A. (2018). Tersanelerdeki İş Kazası Nedenlerinin Önem Düzeylerine Göre Belirlenmesi . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , (41), 132-143.

Ek-1

Tablo 59 1.Uzmana ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

[illegible]

[illegible]

Tablo 60 1. Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu

	A1			A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10		A11		A12		A13		A14		A15		A16		A17	
A 1			0	0,5	1	0	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,25	0	0	0,25	0,5	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25
A 2	0,5	0,75	1	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0,25
A 3	0,75	1	1	1	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0,25
A 4	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0,25
A 5	0	0,25	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,75	1	0,25	0	0,25	0,5	0,75	1	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	

Tablo 61 1. Uzmanla ait Sağ ve Sol normalize değerklerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
A1	0	0	0,6	0,8	0	0,4	0	0,4	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,2
A2	0,6	0,8	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,2
A3	0,8	1	0,8	1	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,2
A4	0,4	0,6	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,2
A5	0,2	0,4	0	0,2	0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6
A6	0,2	0,4	0	0,2	0,8	0	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,4	0,6	0,6
A7	0,2	0,4	0	0,2	0,6	0,6	0	0,6	0,4	0,2	0,8	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6
A8	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0	0	0	0,4	0,6	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2
A9	0	0,2	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0,4	0	0,2	0,4
A10	0	0,2	0,6	0,8	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2
A11	0	0,2	0	0,2	0,6	0,8	0,6	0,4	0	0,2	0	0	0	0,2	0,4	0	0,2

Tablo 63 1.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,733	0,033	0,500	0,267	0,267	0,033	0,500	0,033	0,033	0,033	0,267	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A2	0,733	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A3	0,967	0,967	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A4	0,500	0,033	0,033	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A5	0,267	0,033	0,033	0,967	0,000	0,967	0,967	0,733	0,733	0,033	0,733	0,733	0,733	0,500	0,500	0,733	0,500
A6	0,267	0,033	0,033	0,267	0,967	0,000	0,967	0,733	0,733	0,033	0,967	0,733	0,967	0,500	0,500	0,500	0,500
A7	0,267	0,033	0,733	0,267	0,733	0,733	0,000	0,733	0,500	0,033	0,733	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
A8	0,500	0,267	0,033	0,733	0,267	0,033	0,033	0,000	0,500	0,500	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A9	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033	0,500	0,033	0,033	0,500
A10	0,033	0,733	0,967	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
A11	0,033	0,033	0,033	0,033	0,733	0,733	0,733	0,500	0,733	0,033	0,000	0,733	0,500	0,733	0,500	0,033	0,033

0,500	0,500	0,733	0,033	0,033	0,000
0,500	0,500	0,733	0,033	0,000	0,033
0,967	0,967	0,033	0,000	0,033	0,033
0,967	0,967	0,000	0,033	0,033	0,033
0,000	0,967	0,033	0,033	0,033	0,033
0,500	0,500	0,033	0,033	0,267	0,033
0,033	0,033	0,500	0,033	0,033	0,033
0,033	0,033	0,733	0,033	0,033	0,033
0,033	0,033	0,733	0,033	0,033	0,033
0,967	0,967	0,033	0,033	0,733	0,033
0,967	0,967	0,033	0,033	0,733	0,033
0,500	0,500	0,033	0,033	0,033	0,033
0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,500	0,500	0,033	0,033	0,033	0,033
0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,500	0,500	0,033	0,033	0,033	0,033
A12	A13	A14	A15	A16	A17

Tablo 64 2.Uzmana ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A ₁	0	0,25	0,75	0,5	0,75	0,5	0	0,75	0,25	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75	1
A ₂	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	1	0,25	1	0	0,5	0,25	0,5	0	0,5	0,25
A ₃	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0,5	0,75	0	0	0,75	0,25	0	0	0,5

0.75	0.75	1	1	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0
0.5	0.5	0.75	0.75	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.75	0.25	0.25	0
0.25	0.25	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
1	1	1	1	0.25	0.5	0.5	1	0.5	0.75	1	0.5	0.75	0.75	1	0	0	1	1
1	0.75	1	0.75	0	0.25	0.25	1	0.25	0.25	1	0.25	0.5	0.5	0.25	1	0	0	1
0.75	0.5	0.75	0.5	0	0	0	0.75	0	0.25	0.25	0.75	0	0.25	0.25	0.75	0	0.75	0.75
0.25	0.25	0.25	0.25	1	1	0.5	1	0.5	0.25	0.25	0.5	0.5	0.25	0.25	0	0.75	0.25	0.25
0	0	0	0	0.75	0.75	0.25	0	0.75	0.75	0.25	0.25	0	0.5	0	0	0.5	0	0
0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0.25	0	0.25	0	0
0.25	0.25	0.25	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.75	0.5
0	0	0	0.25	0.5	0.75	0.25	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.75	0.5
1	1	1	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.75	0.75	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.75	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0.75	0.75	0	0.75	1	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.75	0.75	0.5	0.5	0	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.5	0.5
0.5	0.5	0.25	0.25	0	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0	0	0.25	0	0	0.25	0.25
0	0.25	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0
1	1	0.75	0.75	0	0.75	1	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.75	0.75	0.5	0.5	0	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.5	0.5
0.5	0.5	0.25	0.25	0	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0	0	0.25	0	0	0.25	0.25
0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0	0.25	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0
0.75	0.75	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.25	0.25	0	0	0	0.75	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25
0.25	1	1	0.5	0.25	0.25	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	0.75	0.5	0.25	0.25	1	1
0	0.75	0.75	0.25	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	0.25	0	0	1	1
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Tablo 65 2. Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A 1	0	0.25	0.75	0.5	1	0.5	0	0.75	0.25	0.25	0.5	1	0.75	0.5	0.75	1	1
A 2	0	0	0.5	0	0.25	0.25	0.25	0.75	0.25	0.5	0	0.5	1	0.75	0	0.75	0.25
A 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.75	0	0	1	0.5	0	0.25	0.5
A 4	0	0	0.25	0	0.75	1	0.5	1	0.25	0.25	0.5	1	1	0.25	0	0.25	0.75
A 5	0.5	0.25	0.75	0.5	1	0.75	0.75	0.75	0.5	0.75	0.75	1	1	0.25	0.25	0.75	0.75
A 6	0.5	0.25	0.75	0.5	1	0.75	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	1	1	0.25	0.25	1	1
A 7	0	0	0.5	0	0	0	0	0.25	0.75	0.5	0.75	0.25	1	0.5	0	0.25	0.75
A 8	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0.25	0.5	0	0	0	0.75	0.5	0	0.25
A 9	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0.75	0.5	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5
A 10	0.25	0.75	1	0.5	0	0	0	1	0.5	0	0	0.25	0.25	1	0.75	0.25	0.25
A 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 13	0.75	0.25	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
A 14	0.5	0.25	0.25	0	0	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
A 15	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 16	1	0.75	0.25	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	0.75	1	1	1	1	1	1
A 17	0.75	0	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

0.5	0.5	1	0.5	0
0.25	0.25	0.75	0.25	0
0	0	0.5	0	0
0.75	0.75	1	0	1
0.5	0.5	1	0	1
0.25	0.25	0.75	0	0.75
0.5	1	0	0.75	0.25
0.25	0.75	0	0.5	0
0.5	0	0	0.5	0.25
0	1	1	1	1
0	1	1	1	1
0	1	1	0.75	1
0	0.75	0.75	0.5	0.75
1	1	1	1	1
0.75	0.75	0.5	0.5	0.5
1	1	1	0.75	0.75
0.75	0.5	0.5	0.25	0.25
0.25	1	0.25	0.5	0.5
0	1	0	0.25	0.25
0	0.75	0	0	0
0.25	1	0.25	1	0.5
0	0.25	0	0	0.25
1	0.5	1	1	1
0.75	0.25	0.75	0.75	0.75
0.5	0	0.5	0.5	0.5
0.5	0.25	0.25	1	1
0.25	0	0	0.75	0.75
0	0	0	0.5	0.5
0.5	0.25	0.25	1	1
0.25	0	0	0.75	0.75
0	0	0	0.5	0.5
1	0.25	0.25	1	1
0.75	0	0	0.75	0.75
0.5	0	0	0.5	0.5
1	0.5	0.75	0.25	1
0.75	0	0.25	0	0.5
0.25	0.25	0.25	0	0.5
0	0	0	0	0.25
0.5	0.25	0	0	0.25
0.75	0.5	0.25	0	1
1	0.75	0.5	0.25	1
0.75	0.5	0.25	0	1
0.5	0.25	0	0	0.75
A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇

Tablo 71 2. Uzmana ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
A1	0	0	0.4	0.6	0.6	0.8	0.2	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8
A2	0.2	0.4	0	0	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	1	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.6	0.2
A3	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.8	0	0.6	0.8	0.2	0	0.8	0.2	0	0.2	0.2
A4	0	0.2	0	0.2	0	1	0.6	0.6	0.6	0.4	0.8	0.6	0.8	0.2	0	1	0.4
A5	0.6	0.8	0.4	0.6	0	1	0.8	0.8	0.6	0.2	0.6	0.8	0.8	0.2	0	0.8	0.6
A6	0.6	0.8	0.4	0.6	0	1	0.8	0.8	0.6	0.4	0.8	0.8	0.8	0.2	0	0.8	0.6

	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0
	0,6	0	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0
	0,8	0,2	0,4	0,4	1	0,4	0,6	0,6	0,6	1	0	1
	0,6	0	0,2	0,2	0,8	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	0	0,8
	0,2	0,8	0,8	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0	0,6	0,2
	0	0,6	0,6	0,2	0	0,4	0,2	0,2	0,6	0	0,4	0
	0,6	0,8	0,8	1	0,8	0,6	0,8	0,8	0	0,4	0,8	0,6
	0,4	0,6	0,6	0,8	0,6	0,4	0,6	0,6	0	0,2	0,6	0,4
	1	0,2	0,6	0,4	1	1	0	1	1	1	0,8	1
	0,8	0	0,4	0,2	0,8	0,8	0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8
	0,6	0,2	0,4	0,4	0,8	0	1	1	1	0,8	0,8	0,8
	0,4	0	0,2	0,2	0,6	0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
	1	0,2	0,4	0,4	0	1	1	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
	0,8	0	0,2	0,2	0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4
	0,8	0,6	0,8	0	0,8	0,2	0,2	1	0,2	0,4	0,4	0,4
	0,6	0,4	0,6	0	0,6	0	0,8	0,8	0	0,2	0,2	0,2
	0,8	0,8	0	0,8	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0,8	0,4	0,4
	0,6	0,6	0	0,6	0,6	0	0	0,6	0	0,6	0,2	0,2
	0,6	0	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,6	0,6
	0,4	0	0,4	0,6	0,4	0	0	0,4	0	0,2	0,4	0,4
	0	0,2	0,2	0,2	1	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8
	0	0	0	0	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	0,4	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8
	0	0	0	0	0,6	0,2	0	0	0	0,6	0,6	0,6
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	0,2	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8
	0	0	0	0	0,6	0,2	0	0	0	0,6	0,6	0,6
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	0,2	0,2	0,2	0,8	0,8	0,8
	0,4	0	0	0	0,6	0,2	0,8	0,2	0,4	0	0,6	0,6
	0,4	0,2	0,2	1	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	0,6
	0,2	0	0	0,8	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0	0,4	0,4
	0,4	0,2	0,2	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,4	0,2	1	1
	0,2	0	0	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	0,2	0	0,8	0,8

Tablo 72 2.Uzman Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,500	0,967	0,733	0,733	0,733	0,267	0,733	0,500	0,500	0,500	0,733	0,967	0,733	0,733	0,967	0,967
A2	0,267	0,000	0,733	0,267	0,500	0,500	0,500	0,733	0,500	0,967	0,267	0,500	0,500	0,500	0,033	0,733	0,267
A3	0,033	0,033	0,000	0,033	0,033	0,033	0,967	0,033	0,733	0,733	0,033	0,033	0,967	0,267	0,033	0,267	0,267
A4	0,033	0,033	0,033	0,000	0,967	0,967	0,733	0,733	0,733	0,267	0,733	0,733	0,967	0,267	0,033	0,967	0,500
A5	0,733	0,500	0,733	0,733	0,000	0,967	0,733	0,733	0,500	0,267	0,733	0,967	0,967	0,267	0,033	0,733	0,500
A6	0,733	0,500	0,733	0,967	0,967	0,000	0,733	0,500	0,267	0,267	0,733	0,967	0,967	0,267	0,033	0,967	0,733
A7	0,267	0,267	0,500	0,033	0,033	0,033	0,000	0,500	0,733	0,733	0,967	0,500	0,967	0,500	0,033	0,733	0,733
A8	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,000	0,733	0,500	0,033	0,033	0,033	0,733	0,733	0,033	0,033
A9	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,500	0,000	0,733	0,267	0,267	0,500	0,733	0,733	0,267	0,267
A10	0,500	0,967	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,733	0,733	0,000	0,267	0,267	0,267	0,967	0,267	0,267	0,033

0,267	0,267	0,267	0,267	0,733	0,967	0,500	0,967	0,733	0,733	0,000	0,733	0,967	0,733	0,033	0,967	0,267	0,267
0,967	0,267	0,500	0,500	0,500	0,267	0,267	0,733	0,033	0,033	0,967	0,033	0,967	0,500	0,500	0,033	0,267	0,267
0,733	0,500	0,733	0,733	0,733	0,267	0,033	0,267	0,033	0,033	0,967	0,733	0,000	0,733	0,267	0,967	0,733	0,267
0,033	0,500	0,267	0,733	0,000	0,733	0,033	0,267	0,967	0,733	0,967	0,733	0,967	0,267	0,000	0,500	0,500	0,267
0,733	0,500	0,967	0,033	0,267	0,033	0,033	0,733	0,033	0,733	0,733	0,267	0,733	0,733	0,733	0,033	0,967	0,000
0,967	0,267	0,500	0,033	0,033	0,733	0,733	0,733	0,267	0,500	0,500	0,267	0,500	0,500	0,500	0,033	0,967	0,000
0,000	0,967	0,967	0,733	0,733	0,267	0,033	0,733	0,733	0,733	0,733	0,267	0,733	0,733	0,733	0,033	0,967	0,000
0,733	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,500	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,967	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
0,733	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
0,500	0,500	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17											

Tablo 73 2.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,500	0,967	0,733	0,733	0,733	0,267	0,733	0,500	0,500	0,500	0,733	0,967	0,733	0,733	0,967	0,967
A2	0,267	0,000	0,733	0,267	0,500	0,500	0,500	0,733	0,500	0,967	0,267	0,500	0,500	0,500	0,033	0,733	0,267

0,733	0,267	0,000
0,967	0,000	0,967
0,000	0,500	0,033
0,267	0,733	0,500
0,967	0,733	0,967
0,733	0,733	0,733
0,733	0,500	0,500
0,033	0,267	0,267
0,033	0,733	0,267
0,033	0,267	0,500
0,733	0,733	0,733
0,033	0,733	0,733
0,033	0,733	0,733
0,500	0,033	0,733
0,267	0,033	0,500
0,267	0,033	0,967
A15	A16	A17

Tablo 74 3.Uzman a ait Dilsel Terimlerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
A2	0,75	1	0,75	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,25
A3	0,75	1	1	0	0	0,75	0	0,75	0,75	1	1	0,75	0,75	0,75	0	1	1
A4	0,5	0,75	0,5	0	0,5	0,75	0	1	0,5	1	0,25	0	0,5	0	0,75	1	1
A5	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A6	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A7	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A8	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A9	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A10	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A11	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A12	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A13	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A14	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A15	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A16	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A17	0,5	0,75	0,5	0,75	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Tablo 75 3. Uzmana Ait Normalizasyon Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A ₁	0	0.75	0.75	0.5	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₂	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₃	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₄	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₅	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₆	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₇	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₈	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₉	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₀	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₁	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₂	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₃	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₄	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₅	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₆	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75
A ₁₇	0	0	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75

0,75	0,75	1	0
0,5	0,5	1	0
0,25	0,25	0,75	0
0,75	0,75	0	1
0,5	0,5	0	1
0,25	0,25	0	0,75
1	0	0,25	0,75
1	0	0	0,5
0,75	0	0	0,25
0	1	1	1
0	1	1	0,75
0	0,75	0,75	0,5
1	1	1	1
1	0,75	1	1
0,75	0,5	0,75	0,75
1	1	1	1
1	0,5	0	0
0,75	0,25	0	0
1	0,75	0,75	0,25
1	0,5	0,5	0
0,75	0,25	0,25	0
1	1	0,75	0,25
1	1	0,5	0
0,75	0,75	0,25	0
1	0,75	1	1
0,75	0,5	0,75	0,75
0,5	0,25	0,5	0,5
0,75	1	1	1
0,5	1	1	1
0,25	0,75	0,75	0,75
0,75	1	1	1
0,5	0,75	1	1
0,25	0,5	0,75	0,75
0,25	1	1	1
0	0,75	0,75	0,75
0	0,5	0,5	0,5
1	0,25	1	1
1	0	1	1
0,75	0	0,75	0,75
1	0,25	1	1
0,75	0	1	1
0,5	0	0,75	0,75
1	0,25	1	1
0,75	0	1	1
0,5	0	0,75	0,75
A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇

Tablo 76 3. Uzmana ait Sağ ve Sol normalize değerlerin hesaplanması

	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10		A11		A12		A13		A14		A15		A16		A17	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ		
A1	0	0	0,6	0,8	0,6	0,8	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8	1	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,8	0,8	1	0,8	
A2	0,8	1	0	0	0,8	0	0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0	0,2	0	0,6	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	
A3	0,8	1	0	0,2	0	0	0,2	0,4	0,2	0,4	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,6	0,8	
A4	0,6	0,8	0,8	1	0,6	0,8	0	0	0,6	0,8	0,8	1	0	0,2	0,8	1	0,6	0	0,2	0	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	1	0,8	0,8	0,4	0,6	0,8	
A5	0,6	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8	0	0	0,8	1	0	0,2	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,6	1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	
A6	0,8	1	0,8	1	0	0,2	0,8	1	0,8	1	0	0	0,8	1	0,8	1	0,6	0,8	0,8	0,8	1	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
A7	0	0,2	0	0,2	0,6	0,8	0	0,2	0,8	1	0,8	1	0	0	0,2	0,8	0,6	0,8	0	0,4	0,6	1	0,8	0,6	0,8	0,2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	

A8	0,8	0,6	0,8	0,4	1	1	0,6	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0
A9	0,6	0,4	0,6	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0
A10	0,8	0,4	0,4	0,6	1	1	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0	1
A11	0,6	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
A12	0,6	0,2	0,6	0,6	1	1	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
A13	0,4	0	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A14	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A15	0,4	0,6	0,2	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A16	0,6	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
A17	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A8	0,8	0,6	0,8	0,4	1	1	0,6	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0
A9	0,6	0,4	0,6	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0
A10	0,8	0,4	0,4	0,6	1	1	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0	1
A11	0,6	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
A12	0,6	0,2	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
A13	0,4	0	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A14	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A15	0,4	0,6	0,2	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A16	0,6	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
A17	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A8	0,8	0,6	0,8	0,4	1	1	0,6	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0
A9	0,6	0,4	0,6	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0
A10	0,8	0,4	0,4	0,6	1	1	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0	1
A11	0,6	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
A12	0,6	0,2	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
A13	0,4	0	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A14	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A15	0,4	0,6	0,2	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A16	0,6	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
A17	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A8	0,8	0,6	0,8	0,4	1	1	0,6	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0
A9	0,6	0,4	0,6	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0
A10	0,8	0,4	0,4	0,6	1	1	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0	1
A11	0,6	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
A12	0,6	0,2	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
A13	0,4	0	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A14	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A15	0,4	0,6	0,2	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A16	0,6	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
A17	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A8	0,8	0,6	0,8	0,4	1	1	0,6	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0
A9	0,6	0,4	0,6	0,2	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0
A10	0,8	0,4	0,4	0,6	1	1	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0	1
A11	0,6	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
A12	0,6	0,2	0,6	0,6	1	0,8	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,6
A13	0,4	0	0,4	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A14	0,8	0,2	0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A15	0,4	0,6	0,2	0,6	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
A16	0,6	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
A17	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Tablo 77 3.Uzmana Ait Toplam Normalize Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,733	0,733	0,267	0,500	0,267	0,267	0,500	0,500	0,733	0,733	0,967	0,500	0,267	0,267	0,967	0,967
A2	0,967	0,000	0,967	0,033	0,267	0,267	0,267	0,033	0,033	0,967	0,733	0,500	0,733	0,500	0,267	0,500	0,500

0,500	0,967	0,000
0,500	0,000	0,967
0,000	0,033	0,500
0,967	0,967	0,733
0,733	0,967	0,967
0,733	0,967	0,967
0,500	0,033	0,033
0,500	0,733	0,967
0,500	0,033	0,033
0,967	0,500	0,033
0,967	0,967	0,967
0,733	0,967	0,967
0,733	0,733	0,733
0,033	0,967	0,967
0,033	0,967	0,967
0,033	0,967	0,967

Tablo 78 3.Uzman Ait Crisp değerlerin hesaplanması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,733	0,733	0,267	0,500	0,267	0,267	0,500	0,500	0,733	0,733	0,967	0,500	0,267	0,267	0,967	0,967
A2	0,967	0,000	0,967	0,033	0,267	0,267	0,267	0,033	0,033	0,967	0,733	0,500	0,733	0,500	0,267	0,500	0,500
A3	0,967	0,033	0,000	0,267	0,267	0,967	0,267	0,733	0,733	0,967	0,733	0,500	0,733	0,967	0,033	0,967	0,733
A4	0,733	0,967	0,733	0,000	0,733	0,967	0,033	0,967	0,733	0,033	0,033	0,033	0,500	0,033	0,967	0,967	0,500
A5	0,733	0,733	0,500	0,733	0,000	0,967	0,033	0,733	0,500	0,500	0,967	0,733	0,733	0,733	0,733	0,967	0,967
A6	0,967	0,967	0,033	0,967	0,967	0,000	0,967	0,967	0,733	0,733	0,967	0,967	0,967	0,500	0,967	0,967	0,967
A7	0,033	0,033	0,733	0,033	0,967	0,967	0,000	0,267	0,033	0,033	0,967	0,733	0,267	0,733	0,733	0,967	0,733

0,733	0,500	0,733	0,267	0,967	0,967	0,500	0,500	0,967	0,000
0,733	0,267	0,267	0,500	0,967	0,967	0,500	0,500	0,000	0,967
0,500	0,033	0,500	0,500	0,967	0,967	0,000	0,033	0,033	0,500
0,733	0,967	0,967	0,500	0,967	0,500	0,967	0,000	0,967	0,733
0,033	0,500	0,967	0,967	0,967	0,000	0,967	0,733	0,967	0,967
0,267	0,033	0,033	0,967	0,000	0,967	0,967	0,733	0,967	0,967
0,733	0,733	0,500	0,000	0,967	0,733	0,500	0,500	0,733	0,967
0,967	0,967	0,000	0,033	0,500	0,967	0,500	0,033	0,033	0,033
0,000	0,033	0,033	0,033	0,967	0,967	0,967	0,967	0,500	0,033
0,033	0,733	0,267	0,033	0,967	0,733	0,500	0,733	0,733	0,733
0,967	0,267	0,033	0,967	0,967	0,500	0,967	0,967	0,967	0,967
0,267	0,033	0,033	0,500	0,967	0,733	0,733	0,733	0,967	0,967
0,733	0,033	0,033	0,267	0,967	0,033	0,500	0,033	0,733	0,733
0,500	0,500	0,733	0,033	0,733	0,967	0,033	0,967	0,967	0,967
0,267	0,500	0,967	0,033	0,500	0,733	0,033	0,967	0,967	0,967
0,267	0,500	0,967	0,967	0,967	0,733	0,033	0,967	0,967	0,967
A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17

Tablo 79 Ortalama Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,656	0,578	0,500	0,500	0,422	0,189	0,578	0,344	0,422	0,422	0,656	0,500	0,344	0,344	0,656	0,656
A2	0,656	0,000	0,578	0,111	0,267	0,267	0,267	0,267	0,189	0,656	0,344	0,344	0,422	0,344	0,111	0,422	0,267
A3	0,656	0,344	0,000	0,111	0,111	0,344	0,422	0,267	0,500	0,578	0,267	0,189	0,578	0,422	0,033	0,422	0,344
A4	0,422	0,344	0,267	0,000	0,578	0,656	0,267	0,578	0,500	0,111	0,267	0,267	0,500	0,111	0,344	0,656	0,344
A5	0,578	0,422	0,422	0,811	0,000	0,967	0,578	0,733	0,578	0,267	0,811	0,811	0,811	0,500	0,422	0,811	0,656
A6	0,656	0,500	0,267	0,733	0,967	0,000	0,889	0,733	0,578	0,344	0,889	0,889	0,967	0,422	0,500	0,811	0,733
A7	0,189	0,111	0,656	0,111	0,578	0,578	0,000	0,500	0,422	0,267	0,889	0,578	0,578	0,578	0,422	0,733	0,656
A8	0,267	0,189	0,189	0,500	0,189	0,344	0,033	0,000	0,733	0,656	0,267	0,111	0,033	0,500	0,422	0,267	0,267
A9	0,189	0,189	0,189	0,033	0,033	0,111	0,267	0,189	0,000	0,578	0,344	0,111	0,344	0,733	0,267	0,189	0,422
A10	0,500	0,889	0,578	0,033	0,033	0,033	0,111	0,267	0,578	0,000	0,267	0,111	0,422	0,656	0,267	0,189	0,267
A11	0,500	0,111	0,267	0,344	0,656	0,811	0,578	0,344	0,656	0,267	0,000	0,811	0,811	0,656	0,344	0,500	0,189
A12	0,656	0,189	0,267	0,500	0,811	0,733	0,578	0,344	0,033	0,189	0,811	0,000	0,889	0,811	0,578	0,578	0,578
A13	0,733	0,422	0,578	0,656	0,656	0,733	0,500	0,033	0,033	0,189	0,811	0,967	0,000	0,733	0,733	0,656	0,578
A14	0,422	0,344	0,422	0,033	0,189	0,189	0,344	0,733	0,811	0,811	0,500	0,656	0,656	0,000	0,578	0,578	0,500
A15	0,111	0,111	0,189	0,267	0,267	0,344	0,422	0,344	0,189	0,189	0,422	0,500	0,578	0,733	0,000	0,500	0,422
A16	0,344	0,344	0,344	0,500	0,811	0,811	0,500	0,267	0,422	0,111	0,500	0,578	0,578	0,578	0,189	0,000	0,422
A17	0,656	0,500	0,578	0,500	0,578	0,578	0,500	0,189	0,111	0,111	0,500	0,578	0,656	0,422	0,189	0,656	0,000

Tablo 80 Normalizasyon Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,000	0,060	0,053	0,046	0,046	0,039	0,017	0,053	0,032	0,039	0,039	0,060	0,046	0,032	0,032	0,060	0,060
A2	0,060	0,000	0,053	0,010	0,025	0,025	0,025	0,025	0,017	0,060	0,032	0,032	0,039	0,032	0,010	0,039	0,025
A3	0,060	0,032	0,000	0,010	0,010	0,032	0,039	0,025	0,046	0,053	0,025	0,017	0,053	0,039	0,003	0,039	0,032
A4	0,039	0,032	0,025	0,000	0,053	0,060	0,025	0,053	0,046	0,010	0,025	0,025	0,046	0,010	0,032	0,060	0,032
A5	0,053	0,039	0,039	0,075	0,000	0,089	0,053	0,067	0,053	0,025	0,075	0,075	0,075	0,046	0,039	0,075	0,060

A6	0,060	0,046	0,025	0,067	0,089	0,000	0,082	0,067	0,053	0,032	0,082	0,082	0,089	0,039	0,046	0,075	0,067
A7	0,017	0,010	0,060	0,010	0,053	0,053	0,000	0,046	0,039	0,025	0,082	0,053	0,053	0,053	0,039	0,067	0,060
A8	0,025	0,017	0,017	0,046	0,017	0,032	0,003	0,000	0,067	0,060	0,025	0,010	0,003	0,046	0,039	0,025	0,025
A9	0,017	0,017	0,017	0,003	0,003	0,010	0,025	0,017	0,000	0,053	0,032	0,010	0,032	0,067	0,025	0,017	0,039
A10	0,046	0,082	0,053	0,003	0,003	0,003	0,010	0,025	0,053	0,000	0,025	0,010	0,039	0,060	0,025	0,017	0,025
A11	0,046	0,010	0,025	0,032	0,060	0,075	0,053	0,032	0,060	0,025	0,000	0,075	0,075	0,060	0,032	0,046	0,017
A12	0,060	0,017	0,025	0,046	0,075	0,067	0,053	0,032	0,003	0,017	0,075	0,000	0,082	0,075	0,053	0,053	0,053
A13	0,067	0,039	0,053	0,060	0,060	0,067	0,046	0,003	0,003	0,017	0,075	0,089	0,000	0,067	0,067	0,060	0,053
A14	0,039	0,032	0,039	0,003	0,017	0,017	0,032	0,067	0,075	0,075	0,046	0,060	0,060	0,000	0,053	0,053	0,046
A15	0,010	0,010	0,017	0,025	0,025	0,032	0,039	0,032	0,017	0,017	0,039	0,046	0,053	0,067	0,000	0,046	0,039
A16	0,032	0,032	0,032	0,046	0,075	0,075	0,046	0,025	0,039	0,010	0,046	0,053	0,053	0,053	0,017	0,000	0,039
A17	0,060	0,046	0,053	0,046	0,053	0,053	0,046	0,017	0,010	0,010	0,046	0,053	0,060	0,039	0,017	0,060	0,000

Tablo 81 Birim-Normalize (I-S)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	1,000	-0,060	-0,053	-0,046	-0,046	-0,039	-0,017	-0,053	-0,032	-0,039	-0,039	-0,060	-0,046	-0,032	-0,032	-0,060	-0,060
A2	-0,060	1,000	-0,053	-0,010	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	-0,017	-0,060	-0,032	-0,032	-0,039	-0,032	-0,010	-0,039	-0,025
A3	-0,060	-0,032	1,000	-0,010	-0,010	-0,032	-0,039	-0,025	-0,046	-0,053	-0,025	-0,017	-0,053	-0,039	-0,003	-0,039	-0,032
A4	-0,039	-0,032	-0,025	1,000	-0,053	-0,060	-0,025	-0,053	-0,046	-0,010	-0,025	-0,025	-0,046	-0,010	-0,032	-0,060	-0,032
A5	-0,053	-0,039	-0,039	-0,075	1,000	-0,089	-0,053	-0,067	-0,053	-0,025	-0,075	-0,075	-0,075	-0,046	-0,039	-0,075	-0,060
A6	-0,060	-0,046	-0,025	-0,067	-0,089	1,000	-0,082	-0,067	-0,053	-0,032	-0,082	-0,082	-0,089	-0,039	-0,046	-0,075	-0,067
A7	-0,017	-0,010	-0,060	-0,010	-0,053	-0,053	1,000	-0,046	-0,039	-0,025	-0,082	-0,053	-0,053	-0,053	-0,039	-0,067	-0,060
A8	-0,025	-0,017	-0,017	-0,046	-0,017	-0,032	-0,003	1,000	-0,067	-0,060	-0,025	-0,010	-0,003	-0,046	-0,039	-0,025	-0,025
A9	-0,017	-0,017	-0,017	-0,003	-0,003	-0,010	-0,025	-0,017	1,000	-0,053	-0,032	-0,010	-0,032	-0,067	-0,025	-0,017	-0,039
A10	-0,046	-0,082	-0,053	-0,003	-0,003	-0,003	-0,010	-0,025	-0,053	1,000	-0,025	-0,010	-0,039	-0,060	-0,025	-0,017	-0,025
A11	-0,046	-0,010	-0,025	-0,032	-0,060	-0,075	-0,053	-0,032	-0,060	-0,025	1,000	-0,075	-0,075	-0,060	-0,032	-0,046	-0,017
A12	-0,060	-0,017	-0,025	-0,046	-0,075	-0,067	-0,053	-0,032	-0,003	-0,017	-0,075	1,000	-0,082	-0,075	-0,053	-0,053	-0,053

A13	-0,067	-0,039	-0,053	-0,060	-0,060	-0,067	-0,046	-0,003	-0,003	-0,017	-0,075	-0,089	1,000	-0,067	-0,067	-0,060	-0,053
A14	-0,039	-0,032	-0,039	-0,003	-0,017	-0,017	-0,032	-0,067	-0,075	-0,075	-0,046	-0,060	-0,060	1,000	-0,053	-0,053	-0,046
A15	-0,010	-0,010	-0,017	-0,025	-0,025	-0,032	-0,039	-0,032	-0,017	-0,017	-0,039	-0,046	-0,053	-0,067	1,000	-0,046	-0,039
A16	-0,032	-0,032	-0,032	-0,046	-0,075	-0,075	-0,046	-0,025	-0,039	-0,010	-0,046	-0,053	-0,053	-0,053	-0,017	1,000	-0,039
A17	-0,060	-0,046	-0,053	-0,046	-0,053	-0,053	-0,046	-0,017	-0,010	-0,010	-0,046	-0,053	-0,060	-0,039	-0,017	-0,060	1,000

Tablo 82 Ters(Birim-Normalize) (I-S)⁻¹

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	1,093	0,126	0,127	0,118	0,135	0,136	0,097	0,126	0,109	0,105	0,138	0,158	0,156	0,132	0,101	0,161	0,145
A2	0,124	1,052	0,107	0,061	0,087	0,092	0,080	0,078	0,074	0,107	0,102	0,103	0,117	0,104	0,061	0,111	0,087
A3	0,124	0,082	1,057	0,061	0,075	0,099	0,094	0,078	0,101	0,101	0,097	0,090	0,130	0,112	0,055	0,111	0,095
A4	0,112	0,086	0,086	1,063	0,128	0,140	0,091	0,114	0,109	0,066	0,109	0,109	0,137	0,095	0,090	0,144	0,105
A5	0,173	0,127	0,138	0,171	1,126	0,217	0,160	0,167	0,156	0,112	0,208	0,209	0,222	0,180	0,135	0,211	0,177
A6	0,187	0,139	0,133	0,171	0,217	1,145	0,193	0,173	0,162	0,124	0,225	0,225	0,245	0,184	0,148	0,221	0,191
A7	0,113	0,080	0,136	0,088	0,147	0,155	1,087	0,123	0,121	0,094	0,185	0,160	0,171	0,159	0,113	0,173	0,150
A8	0,077	0,060	0,062	0,084	0,068	0,085	0,050	1,047	0,115	0,101	0,082	0,068	0,070	0,106	0,080	0,084	0,076
A9	0,066	0,055	0,059	0,039	0,049	0,059	0,065	0,057	1,044	0,089	0,084	0,064	0,090	0,120	0,062	0,071	0,084
A10	0,102	0,122	0,101	0,044	0,055	0,060	0,058	0,070	0,100	1,048	0,084	0,072	0,105	0,122	0,067	0,080	0,078
A11	0,141	0,082	0,104	0,110	0,157	0,177	0,139	0,114	0,142	0,095	1,113	0,182	0,193	0,168	0,111	0,157	0,115
A12	0,165	0,096	0,114	0,134	0,182	0,184	0,148	0,123	0,098	0,094	0,194	1,127	0,213	0,190	0,138	0,177	0,157
A13	0,177	0,119	0,143	0,148	0,173	0,188	0,146	0,100	0,099	0,097	0,198	0,213	1,143	0,188	0,152	0,188	0,161
A14	0,124	0,096	0,111	0,071	0,101	0,108	0,105	0,134	0,146	0,137	0,140	0,152	0,163	1,102	0,119	0,147	0,128
A15	0,080	0,060	0,075	0,079	0,094	0,106	0,099	0,089	0,077	0,068	0,116	0,124	0,137	0,143	1,056	0,124	0,105
A16	0,124	0,098	0,107	0,120	0,165	0,172	0,128	0,103	0,117	0,078	0,150	0,156	0,167	0,153	0,091	1,107	0,129
A17	0,150	0,112	0,128	0,119	0,145	0,152	0,126	0,095	0,088	0,076	0,148	0,156	0,172	0,138	0,089	0,164	1,090

Tablo 83 Kriterlerin birbirlerini etkileme durumları

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A1	0,093	0,126	0,127	0,118	0,135	0,136	0,097	0,126	0,109	0,105	0,138	0,158	0,156	0,132	0,101	0,161	0,145
A2	0,124	0,052	0,107	0,061	0,087	0,092	0,080	0,078	0,074	0,107	0,102	0,103	0,117	0,104	0,061	0,111	0,087
A3	0,124	0,082	0,057	0,061	0,075	0,099	0,094	0,078	0,101	0,101	0,097	0,090	0,130	0,112	0,055	0,111	0,095
A4	0,112	0,086	0,086	0,063	0,128	0,140	0,091	0,114	0,109	0,066	0,109	0,109	0,137	0,095	0,090	0,144	0,105
A5	0,173	0,127	0,138	0,171	0,126	0,217	0,160	0,167	0,156	0,112	0,208	0,209	0,222	0,180	0,135	0,211	0,177
A6	0,187	0,139	0,133	0,171	0,217	0,145	0,193	0,173	0,162	0,124	0,225	0,225	0,245	0,184	0,148	0,221	0,191
A7	0,113	0,080	0,136	0,088	0,147	0,155	0,087	0,123	0,121	0,094	0,185	0,160	0,171	0,159	0,113	0,173	0,150
A8	0,077	0,060	0,062	0,084	0,068	0,085	0,050	0,047	0,115	0,101	0,082	0,068	0,070	0,106	0,080	0,084	0,076
A9	0,066	0,055	0,059	0,039	0,049	0,059	0,065	0,057	0,044	0,089	0,084	0,064	0,090	0,120	0,062	0,071	0,084
A10	0,102	0,122	0,101	0,044	0,055	0,060	0,058	0,070	0,100	0,048	0,084	0,072	0,105	0,122	0,067	0,080	0,078
A11	0,141	0,082	0,104	0,110	0,157	0,177	0,139	0,114	0,142	0,095	0,113	0,182	0,193	0,168	0,111	0,157	0,115
A12	0,165	0,096	0,114	0,134	0,182	0,184	0,148	0,123	0,098	0,094	0,194	0,127	0,213	0,190	0,138	0,177	0,157
A13	0,177	0,119	0,143	0,148	0,173	0,188	0,146	0,100	0,099	0,097	0,198	0,213	0,143	0,188	0,152	0,188	0,161
A14	0,124	0,096	0,111	0,071	0,101	0,108	0,105	0,134	0,146	0,137	0,140	0,152	0,163	0,102	0,119	0,147	0,128
A15	0,080	0,060	0,075	0,079	0,094	0,106	0,099	0,089	0,077	0,068	0,116	0,124	0,137	0,143	0,056	0,124	0,105
A16	0,124	0,098	0,107	0,120	0,165	0,172	0,128	0,103	0,117	0,078	0,150	0,156	0,167	0,153	0,091	0,107	0,129
A17	0,150	0,112	0,128	0,119	0,145	0,152	0,126	0,095	0,088	0,076	0,148	0,156	0,172	0,138	0,089	0,164	0,090

Tablo 84 Neden-sonuç grupları, kriter ağırlıkları

	D	R	D+R	D-R	Wi (Ağırlıklar)	Sıralama	Kriter Adı
A1	2,164	2,133	4,297	0,031	0,062	8	Gemiye Uyum Sorunları
A2	1,549	1,591	3,140	-0,042	0,045	15	Sosyal Yaşamdan Uzaklık
A3	1,562	1,787	3,349	-0,225	0,048	12	Yetersiz Kumanya
A4	1,785	1,680	3,465	0,104	0,050	11	İnşa Yılı
A5	2,888	2,103	4,992	0,785	0,073	3	Yetersiz Bakım

A6	3,085	2,274	5,359	0,811	0,078	1	Teknik Hatalar
A7	2,254	1,864	4,119	0,390	0,060	10	Yetersiz Denetim
A8	1,316	1,791	3,107	-0,475	0,045	14	Olumsuz Meteorolojik Durumlar
A9	1,157	1,860	3,017	-0,704	0,045	16	Gemi Trafiği Yoğunluğu
A10	1,368	1,593	2,961	-0,226	0,043	17	Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri
A11	2,299	2,374	4,673	-0,075	0,067	5	Eğitim/Tatbikat Eksikliği
A12	2,533	2,367	4,900	0,165	0,071	4	Yetersiz Deneyim
A13	2,633	2,631	5,264	0,003	0,076	2	Liyakatsiz Çalışanlar
A14	2,082	2,397	4,479	-0,314	0,065	7	Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler
A15	1,633	1,667	3,300	-0,034	0,047	13	Haritaların Güncellenmemesi
A16	2,163	2,432	4,594	-0,269	0,066	6	Vardiya Yoğunluğu
A17	2,146	2,072	4,218	0,074	0,061	9	Vardiyalar Arasında İletişim Eksikliği

Tablo 85 Kriter durumu

Kriter	Kriter Adı	Kriter Durumu
A1	Gemiye Uyum Sorunları	Etkileyen Kriter
A2	Sosyal Yaşamdan Uzaklık	Etkilenen Kriter
A3	Yetersiz Kumanya	Etkilenen Kriter
A4	İnşa Yılı	Etkileyen Kriter
A5	Yetersiz Bakım	Etkileyen Kriter

A6	Teknik Hatalar	Etkileyen Kriter
A7	Yetersiz Denetim	Etkileyen Kriter
A8	Olumsuz Meteorolojik Durumlar	Etkilenen Kriter
A9	Gemi Trafîği Yoğunluğu	Etkilenen Kriter
A10	Açıkta Bekleme Süreleri/Yükleme Boşaltma Süreleri	Etkilenen Kriter
A11	Eğitim/Tatbikat Eksikliği	Etkilenen Kriter
A12	Yetersiz Deneyim	Etkileyen Kriter
A13	Liyakatsiz Çalışanlar	Etkileyen Kriter
A14	Seyir Planının Doğru Yapılmaması/Sefer Planında Eksiklikler	Etkilenen Kriter
A15	Haritaların Güncellenmemesi	Etkilenen Kriter
A16	Vardiya Yoğunluğu	Etkilenen Kriter
A17	Vardiya Arasında İletişim Eksikliği	Etkileyen Kriter

Ek-2

Kontrol Sorusu	Uygun mu? (E/H)	Risk Seviyesi (D/O/Y)	Alınacak Aksiyon
AIS/VTs sistemleri aktif mi? Acil durum tatbikatları düzenli yapılıyor mu? Aksiyonlar kayıt altına alınıyor mu? Açıkta bekleme süreleri için risk analizi yapıldı mı? Açıkta bekleme süresi kabul edilebilir düzeyde mi? Bakım kayıtları dijital olarak izlenebilir durumda mı? Dikkatsizlik kaynaklı riskler analiz edildi mi? Emniyet kültürü mürettebat tarafından benimsenmiş mi? Eğitim eksikliği olan personel için eylem planı var mı? Fiziksel ve zihinsel sağlık takibi yapılıyor mu? Gemi inşa yılına göre risk profili değerlendirmesi yapıldı mı? Gemi inşa yılına göre teknik değerlendirme yapılmış mı? Gemi klas sertifikaları ve belgelendirmeleri güncel mi? Gemi trafiği analizi yapıp çakışmalar önleniyor mu? Görev yerleştirmelerinde liyakat esas alındı mı? Haritalar ve rota bilgileri güncel mi? Hava koşullarına göre rota/sefer iptali planlanabiliyor mu? Kaza ve ramak kala olay kök neden analizi yapılıyor mu? Kritik görevlerdeki personel deneyimli mi?			

Kritik sistemlerin son bakım tarihleri izlendi mi? Köprü üstünde iletişim eksikliği yaşanıyor mu? Kılavuz kaptan alımı zorunlu alanlarda gerekli talep yapıldı mı? Liyakatsiz çalışanlar görev dışı bırakılıyor mu? Meteorolojik durumlara karşı sefer öncesi değerlendirme yapılıyor mu? Meteorolojik veri sistemleri çalışıyor mu? Mürettebat arası bilgi aktarımında iletişim sorunu yaşanıyor mu? Navigasyon sistemlerinin (GPS, radar, AIS) çalışırılığı kontrol edildi mi? Periyodik bakım planları uygulandı mı? Personel değişim sıklığı risk oluşturacak düzeyde mi? Planlı duruş süreleri yeterli mi? Sefer planı uluslararası gerekliliklere uygun hazırlandı mı? Sefer planında eksiklik olup olmadığı kontrol edildi mi? Seyir sırasında dikkat dağıtıcı unsurlar kontrol altında mı? Simülatör tabanlı eğitimler uygulanıyor mu? Sosyal izolasyonu azaltıcı önlemler var mı? Stres ve dikkat dağınıklığı izleniyor mu? Teknik arızalar için erken uyarı sistemleri aktif mi? Teknik hata potansiyeline karşı arıza önleme sistemleri mevcut mu? Tüm cihazların kalibrasyonları ve sertifikaları kontrol edildi mi? Vardiya değişim protokolleri uygulanıyor mu?			
--	--	--	--

Vardiya listeleri uluslararası standartlara uygun mu? Vardiya sırasında dikkatsizlik riskine karşı önlemler var mı? Vardiya ve dinlenme süreleri MLC 2006'ya uygun mu? Yedekli sistemlerin işlevselliği kontrol edildi mi? Yeni gelen personelin gemiye uyum süreci destekleniyor mu? Yeni gelen personelin uyum süreci destekleniyor mu? Yeni katılan personel için oryantasyon eğitimi verildi mi? Yetersiz bakım kaynaklı geçmiş arızalar analiz edildi mi? Yetersiz bakım kaynaklı riskler analiz edildi mi? Yetersiz tecrübeye sahip personel gözetim altında mı? Yükleme-boşaltma süresi personel üzerindeki baskıyı artırıyor mu? Yükleme/boşaltma sırasında iş yükü uygun mu? Çevresel riskler sefer planına yansıtıldı mı?			
--	--	--	--