

Gemilerin Halat ve Demirleme Manevralarındaki Risklerinin Analizi

Timuçin Öncü^{1*}, Murat Yorulmaz²

^{1*} Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı /Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye (timurccconcu@gmail.com)
(ORCID: 0009-0007-2709-937X)

²Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü/Denizcilik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye (muratyor@gmail.com)
(ORCID: 0000-0002-5736-9146)

Özet – Deniz taşımacılığının başrolünde yer alan gemiler tarafından her seyir operasyonu için en az bir kez limana bağlama ve ayrılma manevrası yapılmakta dolayısıyla halat manevrası bu süreçte devamlı faaliyet olarak yer almaktadır. Yine bu operasyonlarda liman durumuna bağlı olarak demirleme manevrası da icra edilmektedir. Her iki manevra da büyük kuvvetlere ulaşan yükün bindiği donanımların kullanılması nedeniyle, bu manevralar kaza risklerini barındırmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, gemilerin halat operasyonları ve demirleme manevraları sırasında ortaya çıkabilecek riskleri belirlemek, bu risklerin önem derecelerini değerlendirmek ve emniyetli manevra operasyon süreçlerine katkı sağlamaktır. Gemilerin yanaşma, kalkış ve demirleme süreçlerinde meydana gelen kazalar hem can ve mal kayıplarına hem de çevresel zararlara yol açabilmektedir. Bu bağlamda çalışma, denizcilik operasyonlarında insan faktörü, çevresel koşullar ve ekipman kaynaklı risklerin sistematik olarak analiz edilmesini hedeflemektedir. Literatürden ve uygulamalardan yola çıkarak belirlenen risklerin analiz edilmesi amacıyla, denizcilik alan uzmanlarına anket uygulanarak, kazaya yol açan risklerin birbirlerine göre karşılaştırılması AHP yöntemiyle yapılmıştır. Risklerin önlenmesine yönelik olarak seçilen alternatifler ise 4E kuralına göre; A1. Eğitim, A2. Mühendislik, A3. Çevre ve A4. Denetim olarak belirlenmiş ve bu önlemlerin bahse konu risklere yönelik etkisi uzmanlardan anket tekniği ile elde edilen verilere TOPSIS yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu çalışma gemilerde emniyetli operasyon süreçlerine ve risk düzeyi yüksek manevralardan halat ve demirlemeye ilişkin kazaların önlenmesi açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler – Denizcilikte Emniyet, Halat Manevrası, Demirleme, Manevra kazası, AHP, TOPSIS.

Citation: Öncü, T., Yorulmaz, M. (2026). Gemilerin Halat ve Demirleme Manevralarındaki Risklerinin Analizi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 10(1): 1-8.

Risk Analysis of Ship Mooring and Anchoring Maneuvers

Extended Abstract

Accidents occurring during ships' berthing, unberthing, or anchoring operations may cause crew injuries or fatalities, damage to the ship or pier, and environmental pollution. This study aims to identify the risks in mooring and anchoring maneuvers, evaluate their significance, and support safer maneuvering operations.

Research Problem/Questions – The primary objective is to identify potential risks during mooring and anchoring maneuvers, evaluate their significance levels, and contribute to the enhancement of safe maneuver operational processes. The second objective is to prioritize the alternatives for preventing these risks, categorized according to 4E rule as: A1. Education, A2. Engineering, A3. Environment, and A4. Enforcement.

Short Literature Review – Academic publications and reported accident records were reviewed to examine the risks in mooring and anchoring operations, to determine preventive measure. The literature review revealed that a limited number of studies about both mooring and anchoring together. Li H. et al. [10] analyzed the evolution of maritime risks and accident development models based on marine accident data from 2017 to 2021. Öztürk [8] analyzed accident risks during mooring operations using the Fine-Kinney Method, identifying 'lack of attention,' 'competence,' and 'fatigue' as the highest risks, while emphasizing the importance of training and inspection in mitigating these factors. In a study on the M/T Zarga accident using Fuzzy Fault Tree Analysis, Kuzu et al. [6] concluded that accidents could be prevented by training personnel to avoid snap-back zones, clearly marking these areas on deck, and maintaining safe maneuvering speeds to prevent excessive tension on lines; the necessity of clear communication was also highlighted. Sezer [11] evaluated personnel effectiveness in mooring operations using the Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) within a real-life with a multinational crew, highlighting the importance of training, effective communication between stations, and regularly reviewed checklists. Zhao et al. [12] aimed to develop a system

for the real-time detection of unsafe acts during line handling using computer vision and emphasize the engineering aspect and marked the importance of enforcement.

A metallurgical investigation conducted by Sridhar vd. [13] revealed that structural vulnerabilities in anchor chains, such as cracks and corrosion, lead to the failure of chain links when subjected to sudden loads. Using the Fuzzy Bow-Tie method, Kaptan [5] identified that anchor loss is primarily caused by improper anchorage selection (depth, seabed type, etc.) and excessive loading on the chain during maneuvers; the study concluded that planning and training activities prior to anchoring operations must be improved. Kuzu [7] analyzed the risks leading to anchor loss using Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) method and identified environmental conditions and personnel training levels as the main drivers of these risks. Furthermore, Tunçel et al. [14] analyzed risks in anchoring maneuvers and the results identified 'steering/propeller/maneuvering system failure,' 'overcrowded anchorage areas,' and 'cracks or kinks in the anchor chain' as the highest risks.

Methodology – The study uses an hybrid model, Analytic Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) together. Risk criteria were identified through a literature review, expert consultation, and surveys, and their weights were determined using AHP. TOPSIS was then applied to rank the alternatives for risk mitigation. Data were gathered from surveys and interviews with ship masters, deck officers, and maritime scholars.

Results and Conclusions – AHP and TOPSIS methods were utilized together in the analysis process. Through the application of AHP, a hierarchy of seven risks associated with mooring and anchoring maneuvers was established, and their weights were calculated. Based on the pairwise comparisons, the criterion "Overloading and breaking of the anchor chain" (K4) was identified as the highest priority risk (weight value: 0.309). Second was "Entanglement of the rope in the propeller" (K6) and the third one was "Overloading and snapping of the mooring rope" (K5). The initial assessment indicates that the surveyed personnel perceive physical injury as a primary concern. Using the risk criteria weights calculated through AHP, TOPSIS was applied to rank the alternatives (4E: Education, Enforcement, Engineering, and Environment) to prevent these risks. "Education" was ranked first, followed by "Environment" in second place, "Enforcement" in third, and "Engineering" in fourth. The findings indicate that the identified risks and the measures to mitigate them align with existing studies on mooring and anchoring maneuvers.

As a result, although mooring and anchoring maneuvers involve equipment subjected to high forces, the results demonstrate that the human element plays the most critical role in risk mitigation. Personnel education like training e.g. and the verification of these trainings through safety controls during maneuvers-in other words, the concept of enforcement-stand out in risk prevention. Increasing the knowledge and awareness of relevant personnel, from management levels to company executives, through training, along with ensuring the maintenance of equipment, will significantly prevent accident risks.

Furthermore, regular monitoring of these issues is beneficial. Future studies are recommended to focus on technology-oriented research regarding the enforcement of behaviors that constitute risks in anchoring and mooring maneuvers.

Keywords –Maritime Safety, Mooring, Anchoring, Maneuvering Accident, AHP, TOPSIS

Citation: Öncü, T., Yorulmaz, M. (2026). Risk Analysis of Ship Mooring and Anchoring Maneuvers. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 10(1): 1-8.

I. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı, uluslararası ticaret ve küresel ekonomi açısından hayati bir öneme sahip olan ve hâlihazırda uluslararası ticaretin değer olarak %50'sinden, hacim olarak ise %80'inden fazlasının taşınmasını sağlayan taşımacılık modelidir [1]. Yaşamın ve bu yaşamı sürdürmek üzere ekonominin, denizler ve okyanuslarda yürütülen faaliyetler olmaksızın aynı olması düşünülemez. Bu nedenle mavi ekonomi olarak da adlandırılabilen deniz ticareti, gıda ve diğer kaynakların sağlanması, turizmin desteklenmesi, taşımacılığın kolaylaştırılması ve yenilenebilir enerjinin üretimi ile kullanımının teşvik edilmesi yoluyla, Avrupa ekonomisinin olduğu gibi küresel ekonominin de çok önemli bir parçasını oluşturmaktadır [2]. Günümüzde deniz ticareti, ekonomik sistemin sürdürülebilirliği açısından giderek daha önemli hâle gelmiştir [3]. Deniz ticaretinin yüklenmiş olduğu bu role paralel olarak, 1 Ocak 2025 itibarıyla denizcilik küresel filosunun her biri en az 100 GT (Gross Ton) olmak üzere 112.500 ticari gemiden oluştuğu ve bu gemilerin deadweight tonlarının kapasitesinin %3,4 oranında artış gösterdiği UNCTAD verilerinde yer almaktadır [4]. Küresel ekonomideki bu baskın rolü yadsınamaz olan denizcilik sektörünün temel unsurları gemiler ve limanlardır. Herhangi bir kaza ya da olay sonucunda seyir operasyonlarının

aksaması, boğaz, kanal ya da geçitler ile limanların kapanmasının deniz ticaretinin belirtilen yoğunluğuna sekte vuracağı görülmektedir. Gemi operasyonları seyir, yükleme, boşaltma, gemi bağlama operasyonları (rıhtıma/iskeleye yanaşma-ayırılma manevrası) ya da başka bir deyişle halat manevrası ve demirleme gibi birçok faaliyeti içermektedir [5].

Gemiler limanlar arasında seyir yaparken, seferlerini tamamladıktan sonra rıhtım veya iskelelere yanaşma ve ayrılma döngüsüne girerler. Halat manevrası ya da demirleme duruma göre bu sürecin başlangıcı sonucu olarak sürekli bir faaliyet olarak yer almaktadır.

Halat manevrası deniz taşımacılığının başlangıcından bu yana gerçekleştirilen en eski işlemlerden birisi olmakla birlikte, günümüzde çoğu sistem ya da cihazda teknolojik gelişmeler ve iyileştirmeler yaşansa da bağlama operasyonlarının yöntemleri ve sistemleri genel olarak neredeyse aynı şekilde kalmıştır. Bu operasyonlar çoğu zaman yoğun insan gücüne dayalı olarak yerine getirilmektedir [6]. Demirleme de halat manevrası gibi deniz taşımacılığında en sık tekrarlanan rutin operasyonlardan biridir. Bu amaçla, gemi inşa sürecinde gemiler için özel olarak tasarlanan demirleme donanımları ve sistemleri özellikle demirler, demir zincirleri, ırgatlar, hidrolik veya elektrikli motorlar ve fren sistemleri kullanılmaktadır. Gemilerde bulunan diğer tüm donanım ve

sistemler gibi Denizde Can Emniyeti (SOLAS) sözleşmesine göre, tüm gemiler uluslararası kurallar çerçevesinde tam donanımlı demir ve zincir sistemlerine sahip olmalıdır [7]. Gemi işletmecilerinin ve kaptanların, gemi demir ve zincir ekipmanlarının bakımını sürekli kontrol altında tutmaları ve olası liman veya klas denetimlerine karşı da her an sistemlerin kullanıma hazır halde bulundurulması gereklidir.

Halat manevrası ve demirlemenin yüksek kaza riskini barındırması nedeniyle, denizcilikteki en tehlikeli operasyonlardan kabul edilmektedir. Gemi operasyonlarında yaşananı kazalarla ilişkin bilgiler incelendiğinde, özellikle büyük kuvvetlerin etki ettiği halat ve demirleme manevralarında oluşan kaza oranının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Kuzu vd.[6] tarafından yapılan bir çalışmada uluslararası bir sigorta kuruluşu olan Birleşik Krallık Koruma ve Tazminat Kulübü (UK P&I Club) ortaya konan raporlarda; 1987-2013 yılları arasında bağlama operasyonlarından kaynaklanan kazaların 100.000 ABD dolarını aşan tazminat taleplerine neden olduğu belirtilmiştir. UK Club'un verilerine istinaden hazırlanan bir çalışmada son 20 yılda bağlama ekipmanlarını içeren büyük kazaların birçok denizcinin yaralanmasına ve adı geçen sigorta şirketine 34 milyon ABD dolarından fazla maliyete yol açtığı belirtilmiştir [8].

Dolayısıyla gemi ekipmanlarının bakım ve tutumu sürekli bir faaliyet olarak ele alınmalı, manevralar için her türlü koşul (meteorolojik koşullar, coğrafi koşullar, römorkör durumları, personelin yetkinliği vb.) değerlendirilerek uygun stratejiler belirlenmeli ve risklerin önlenmesi için acil durum planları gözden geçirilmelidir.

Demir ve zincirler ile ilgili SOLAS'ta yer alan hususlara ilave olarak bağlama donanımlarına yönelik olarak; Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), SOLAS II-1/3-8 sayılı maddesinde değişiklik yapmıştır. 1 Ocak 2024 tarihinde yürürlüğe giren bu değişiklik ile yayımlanan "Bağlama Donanımının (Halatlar Dahil) Muayene ve Bakımına İlişkin Kılavuz" (MSC.1/Circ.1620) daha önce "Mooring Equipment Guidelines, 4th Edition (MEG4)" gibi kaynaklarda yer alan iyi uygulamaların bir kısmını resmîleştirmiştir. Bu değişikliğin amacı, bağlama donanımının izlenmesi ve bakım standartlarının geliştirilmesi ile güvenliği artırmaktır [9]. Belirtilen kılavuzlar dikkate alındığında konunun denetim ve mühendislik olguları üzerinden de ele alınması gerekmektedir.

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bağlama ve demirleme operasyonlarındaki riskler ile bu risklerin önlenmesine yönelik alınabilecek tedbirlerin analiz edilebilmesi amacıyla akademik yayınlar ile yaşanmış kaza raporları incelenmiştir. Literatür araştırması sonucunda her iki manevrayı da birlikte inceleyen sınırlı sayıda çalışmaya rastlanılmıştır.

Li H. vd. [10] tarafından 2017-2021 yılları arasında yaşanan deniz kazası verilerine dayanarak denizcilikte risklerin değişimi ve kaza gelişim modelleri analiz edilmiştir. Veriye dayalı Bayes Ağı ile yapılan analizde, kazaları etkileyen faktörler ortaya konarak, demirleme ve manevra operasyonları sırasındaki risklerde ciddi bir artışın gözlemlendiği belirtilmiştir. Öztürk [8] tarafından gemi bağlama operasyonları sırasında meydana gelen kaza risklerinin Fine-Kinney Yöntemi ile analiz edilmesi sonucunda en yüksek riskler, "dikkat eksikliği" "yetkinlik" ve "yorgunluk" olarak belirtilmiş, bu riskleri önlemede eğitim ve denetim

faaliyetlerinin önemi vurgulanmıştır. Kuzu vd. [6] M/T Zarga kazası üzerinden Bulanık Hata Ağacı Analizi yöntemi ile yaptığı çalışmada, kazaları önlemek için personelin halatın koparak geri fırlaması bölgesinde durmamasına yönelik eğitilmesi ve bu bölgelerin güvertede net olarak markalanması ile manevra için emniyetli süratin uygulanması dolayısıyla halata aşırı yük bindirilmemesi sonucuna varılmıştır. Ayrıca eksiksiz iletişimin sağlanması da ön plana çıkmıştır. Sezer [11], gemi bağlama operasyonlarındaki insan güvenilirliğini Z-sayısı yaklaşımını genişletilmiş İnsan Hatası Değerlendirme ve Azaltma Tekniği ile değerlendirmiştir. Deniz durumunun düşük olduğu akşam saatlerinde 3 farklı uyruktan personelin katılımıyla gerçekleşen gerçek bir senaryoda insan güvenilirliğini en çok düşüren manevra görevleri belirlenmiş, söz konusu riskleri önlemede eğitim, manevra istasyonları arası iletişim ve kontrol listelerinin denetimi ile bu listelerin güncellenmesinin ön plana çıktığı sonucuna varılmıştır. Gemi bağlama operasyonları sırasında mürettebatın gerçekleştirdiği güvensiz davranışları bilgisayarlı görü teknolojisi ile gerçek zamanlı olarak tespit etmeyi amaçlayan bir sistem geliştirmektedir. Zhao vd. [12], halat manevralarında personelin emniyet kurallarını ihlal eden hareketlerinin, bilgisayarlı görü (YOLO-v4 nesne algılama algoritması) teknolojisi ile gerçek zamanlı olarak tespit edilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesini amaçladığı çalışmada; personelin manevra esnasında yaptığı 7 emniyetsiz fiil belirlenmiş, sistemin bu riskleri tanıyacak şekilde eğitilmesi hedeflenmiştir.

Sridhar vd. [13] tarafından yapılan metalürjik inceleme ile demir zincirlerindeki yaşanabilecek çatlak ve korozyon gibi yapısal zafiyetlerin, zincire ani yük binmesi durumunda zincir baklalarının kopmasına yol açtığı ortaya konulmuştur. Kaptan [5] bulanık bow-tie yöntemi ile demir kaybına, demir yeri seçimleri (derinlik, deniz tabanı vb.) ve demir yerine inişte manevra ile zincire aşırı yük bindirilmesinin öncelikle neden olduğunu ortaya koyarak, demirleme operasyonları öncesindeki planlama ve eğitim faaliyetlerinin geliştirilmesi sonucuna varmıştır. İlave olarak zincire binmesi muhtemel aşırı yükün izlenmesi için kontrol maksadıyla otomasyon sistemlerine ihtiyacın oluşabileceğini belirtmiştir. Kuzu [7] tarafından Bulanık Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada, demir kaybına yol açan riskler incelenmiş, çalışma sonucunda bu riskleri ortaya çıkaran temel nedenler çevresel koşullar ve personelin eğitim seviyesi olarak belirlenmiştir. Tunçel vd. [14] demirleme manevralarına yönelik risklerin analizini kanıtsal akıl yürütme (ER) modellemesi, kural tabanlı bir Bayes Ağı ile Hata Türü Etkileri ve Kritiklik Analizi ile üçlü bir modelle yaptığı çalışma sonucunda, "Gemi dümen/pervane/manevra sistemi arızası", "Demirleme sahasının aşırı kalabalık olması" ve "Demir zincirinde çatlak veya bükülme" gerçekleşme olasılığı en yüksek riskler olarak ortaya çıkmıştır.

III. YÖNTEM

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS'i bir arada kullanan bir model benimsenmiştir. Öncelikle literatür taraması ile uzman görüşleri doğrultusunda risk kriterleri belirlenmiş; ardından AHP yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra, TOPSIS yöntemi kullanılarak risk faktörleri önem derecelerine göre sıralanmış ve en kritik risk alanları tespit

edilmiştir. Veriler, anket tekniği ile 13-20 Şubat 2026 tarihleri arasında denizcilik sektöründe görev yapan gemi kaptanları, güverte zabıtları ve denizcilik alanı akademisyenleriyle yapılan görüşmelerden elde edilmiştir. Araştırmaya katılan uzmanların demografik bilgileri Tablo-1’de, belirlenen kriterlerin literatür ilişkisi Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Anket Uygulanan Alan Uzmanı Personele İlişkin Bilgiler

Kriter Adı	Grup Adı	Değer	Yüzde %
Yaş Aralığı	26-40 Yaş	5	45,5
	41-55 Yaş	6	54,5
Cinsiyet	Erkek	10	90,9
	Kadın	1	9,1
Eğitim Durumu	Lisans	6	54,5
	Yüksek Lisans	1	9,1
	Doktora	4	36,4
Görevi-Ünvanı	Vardiya Zabiti	3	27,3
	Birinci Zabıt	3	27,3
	Kaptan	3	27,3
	Diğer	2	18,2
Denizde Çalışma Süresi	1-5 Yıl	3	27,3
	6-10 Yıl	3	27,3
	11-15 Yıl	3	27,3
	16-20 Yıl	1	9,1
	20 Yıl Üzeri	1	9,1

Tablo 1 incelendiğinde ankete katılım sağlayarak kriterleri ve alternatifleri değerlendiren uzmanların görev ve unvanları, eğitim durumları ile konuya ilişkin tecrübeleri dikkate alınarak alan uzmanları arasında ağırlıklandırma yapılmamıştır.

Tablo 2. Kriter Literatür İlişkisi

Kriter Adı	Kaynaklar
Manevra sahasının dağınık olması	[6], [11], [12], [14], [15], [16]
Manevra alanında yanlış yerde durma	[6], [12], [15], [6]
Halatı ve zinciri kontrol ederken denize düşme	[8], [11], [14], [17]
Zincire aşırı yük bindirilmesi ve kesilmesi	[5], [7], [13], [14]
Halata aşırı yük bindirilmesi ve kopması	[6], [11], [15], [16]
Halatın pervaneye dolaştırılması	[6], [11], [15], [16]
İletişim eksikliği	[5], [6], [11], [14], [16]

Tablo 2’deki kriterlere yönelik literatür araştırması için Web of Science (WoS) veri tabanında; halat manevrası (mooring), demirleme (anchoring) ve risk kelimeleri birlikte aratılmış ve bu suretle kaynaklar taranmıştır. Kriterlerin yaşanmış kazalara dayandırılmasına da olanak sağlamak amacıyla; Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi veri tabanında yer alan deniz kazaları inceleme raporları ile IMO bünyesinde Deniz Emniyeti Soruşturma Raporları ve alınan dersler bültenleri incelenmiştir.

A. AHP Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP, Thomas Saaty [19] tarafından 1980 yılında geliştirilerek takdim edilmiştir [20]. Hem rasyonel hem de sezgisel unsurları dikkate alarak, birden fazla alternatif arasından çeşitli kriterler

açısından değerlendirilen en uygun seçeneği belirlemeyi amaçlayan yöntemde; karar verici, basit ikili karşılaştırmalar yaparak alternatiflerin sıralanmasına yönelik genel önceliklerin geliştirilmesini sağlamaktadır [21]. Bu yöntem karar vericilere, çözümü yapılacak ya da karar verilecek problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatiflerinin hiyerarşik olarak karşılaştırılması ile sıralanmasına imkân tanır [22]. Samut [20] tarafından Saaty’nin çalışmalarından derlendiği üzere AHP’nin işlemleri aşağıdaki şekilde incelenebilir [19], [23], [24].

İşlem 1: Problem tanımlanır ve hangi tür bir bilginin arandığını belirlenir. Karar hiyerarşisi, en üstte kararın amacı (hedefi) belirlenerek başlatılır; ardından geniş bir bakış açısından hedefler (ana amaçlar) sıralanır; bu hedeflerin altında, bir sonraki unsurların bağlı olduğu ara düzeydeki kriterler tanımlanır ve en altta, genellikle karar seçeneklerinden (alternatiflerden) oluşan düzey oluşturulur.

İşlem 2: İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matris üst düzeydeki her bir öge, bir alt düzeydeki öğeleri kendi açısından birbiriyle karşılaştırmak için kullanılır. “n” adet kritere sahip olan bir problemde, her bir “i” kriterinin “j” kriterine göre kıyaslanması için karşılaştırma matrisi (A matrisi) oluşturulur. Söz konusu matriste köşegen üzerindeki değerler (i = j olduğundan) 1 olarak kaydedilir. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulurken, göreceli üstünlüklerin belirlenmesi için Saaty [23] tarafından geliştirilen önem ölçeği kullanılmaktadır.

İşlem 3: Önem vektörünü (W) hesaplamak maksadıyla ikili karşılaştırmalı matrisler kullanılır. Bu vektör başka bir deyişle kriter ağırlıklarını ifade eder.

İşlem 4: Yapılan karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülmesi gereklidir. Tutarlılık oranının (CR), 0,10’dan küçük değer alması tutarlılığın göstergesidir, bu oran 0,10’dan büyük olduğunda ise karşılaştırmalar tutarsız kabul edilerek gözden geçirilir.

CR değerinin hesaplanmasına yönelik formül aşağıda belirtilmiştir. Bu formülü incelersek CR değeri; tutarlılık indeksinin (CI), rassal indekse (RI) oranıdır. CI’nin hesaplanmasında kullanılan λ_{max} , en büyük özdeğeri ifade eder ve A matrisi ile W vektörünün çarpımı sonucu elde edilen vektörün bileşenlerinin, ilgili w değerlerine bölünmesiyle bulunan değerler arasından en büyük olanın alınmasıyla belirlenir. RI verileri sabit değerler olup Saaty [19] tarafından geliştirilen tablodan alınmaktadır.

$$CI = \left(\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \right) ; CR = \frac{CI}{RI}$$

İşlem 5: İşlem 1,2,3 ve 4 hesaplanır. Kriterler ağırlıklarının bulunması sonucunda sıralama elde edilerek, en büyük değere sahip kriter, en uygun karar olarak seçilir.

B. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS, 1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemidir. Basit yapıda, karmaşık algoritmalar ve matematiksel modeller içermeyen yöntemde; alternatiflerin, ideal ve negatif ideal çözümlere olan mesafelerinin bulunması suretiyle ideal çözüme göre sıralanması amaçlanmaktadır [26].

TOPSIS yönteminin uygulanmasında, karar verilecek sorunun çözümünde belirlenen hedefler değerlendirilecek

kriterlerin belirlenmesinin ardından karar matrisi düzenlenir. Müteakip işlemler aşağıda belirtilmiştir [20].

İşlem 1: Karar matrisi düzenlenir

İşlem 2: Standart karar matrisi oluşturulur

İşlem 3: Ağırlıklı standart karar matrisi düzenlenir

İşlem 4: İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanır

İşlem 5: Ayırım ölçüleri bulunur

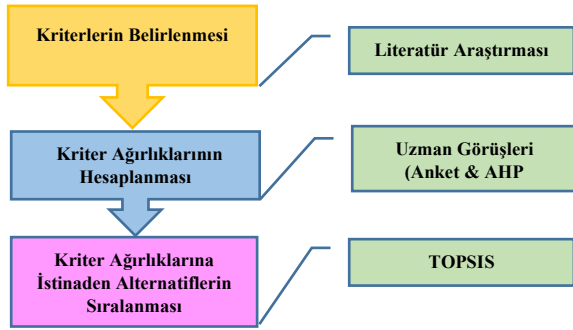
İşlem 6: İdeal Çözüme Göre Yakınlık hesapları yapılır

Elde edilen sıralamada büyük değer alan alternatifin daha iyi olduğu kabul edilir [16].

Bir sonraki bölümde araştırmanın bulgularına ulaşmak amacıyla elde edilen verilere AHP ve TOPSIS uygulanmıştır.

C. Uygulama

Bu çalışmada, gemilerin halat ve demir manevralarındaki karşılaşılabilecek riskler ile bu risklerin önlenmesine yönelik olarak alınabilecek tedbirlerin değerlendirilmesi amacıyla AHP-TOPSIS yöntemlerini içeren ve detayları Şekil 1'de gösterilen bir model uygulanmıştır.



Şekil 1. Uygulama Modeli

Şekilde belirtildiği üzere belirlenen kriterlere AHP ve TOPSIS uygulanmıştır. Literatürden yola çıkarak gemilerin halat ve demir manevralarındaki karşılaşılabilecek 7 tane risk belirlenmiş ve katılımcı uzmanlara değerlendirme yapmaları amacıyla anket uygulanmıştır. Bu kriterler Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Kriter Listesi (Riskler)

Kriter Adı	Açıklama
K-1	Manevra sahasının dağınık olması
K-2	Manevra alanında yanlış yerde durma
K-3	Halatı ve zinciri kontrol ederken denize düşme
K-4	Zincire aşırı yük bindirilmesi ve kesilmesi
K-5	Halata aşırı yük bindirilmesi ve kopması
K-6	Halatın pervaneye dolaştırılması
K-7	İletişim eksikliği

Kriterlerin bağlama ve demirleme operasyonlarındaki risklere yönelik önem dereceleri diğer bir deyişle ağırlıklandırılmaları amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. Proaktif bir yaklaşım doğrultusunda kazaların önlenmesi, nitelikli eğitim programlarının sunulması, kapsamlı mühendislik çözümlerinin geliştirilmesi, uygun çalışma ortamının sağlanması ve etkin denetim mekanizmalarının uygulanması ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda risklerin iş kazalarına yol açmaması için alternatifler önlemler 4E kuralına göre belirlenerek Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4. Alternatif Listesi

Alternatif Adı	Açıklaması
A-1	Eğitim
A-2	Denetim
A-3	Mühendislik
A-4	Çevre

AHP ile ağırlıkları belirlenen kriterlere TOPSIS yöntemi uygulanması ile alternatif önlemlerin manevralardaki kazalara etkisine ilişkin sıralama elde edilmiştir.

D. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Halat manevrası ve demirleme ile ilgili alan uzmanı personele anket uygulanması ve yapılan değerlendirmelerin geometrik ortalamalarının alınması neticesinde Tablo 5'te görülen karar matrisi oluşturulmuş, bu matristen normalize matris hesaplanmıştır. Kriterlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasında AHP önem ölçeği kullanılmıştır. İkili karşılaştırmalı matrisin düzenlenmesiyle birlikte önem vektörü hesaplanarak kriterler ağırlıkları elde edilmiştir. Söz konusu değerler Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 5. Karar Matrisi

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7
K-1	1	0,467	0,628	0,296	0,487	0,314	1,126
K-2	2,141	1	1,071	0,213	0,433	0,433	1,000
K-3	1,593	0,934	1	0,844	0,763	1,311	1,733
K-4	3,380	4,703	1,185	1	2,233	3,028	5,337
K-5	2,052	2,310	1,311	0,448	1	0,975	2,903
K-6	3,187	2,310	0,763	0,330	1,025	1	4,360
K-7	0,888	1,000	0,577	0,187	0,344	0,229	1

Tablo 6. Normalize Karar Matrisi

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7
K-1	0,070	0,037	0,096	0,089	0,077	0,043	0,064
K-2	0,150	0,079	0,164	0,064	0,069	0,059	0,057
K-3	0,112	0,073	0,153	0,254	0,121	0,180	0,099
K-4	0,237	0,370	0,181	0,301	0,355	0,415	0,306
K-5	0,144	0,182	0,201	0,135	0,159	0,134	0,166
K-6	0,224	0,182	0,117	0,099	0,163	0,137	0,250
K-7	0,062	0,079	0,088	0,056	0,055	0,031	0,057

Tablo 7. Kriter Ağırlıkları

Kriter Adı	Hesaplanan Ağırlık
K-1	0,068
K-2	0,092
K-3	0,142
K-4	0,309
K-5	0,160
K-6	0,167
K-7	0,061

Buna göre kriterlerin önem sıralaması büyükten küçüğe olacak şekilde K-4, K-6, K-5, K-3, K-2, K-1 ve K-7 olarak elde edilmiştir.

A. Tutarlılık Hesabının Yapılması

Kriterlerin karşılaştırmaların tutarlılığının ölçülebilmesi amacıyla CR değerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için faktör sayısı ile temel değerin (λ) karşılaştırılması gerekir. Tutarlılık hesabı için karşılaştırma matrisi (Tablo 5) ile hesaplanan ağırlık vektörü (Tablo 7) çarpılır. Ağırlıklı Toplam Vektör: [0,491, 0,659, 1,045, 2,331, 1,178, 1,238, 0,447]. Bulunan ağırlıklı vektör değerleri, o kriterin kendi ağırlığına bölünerek, her bir kriterin tutarlılığı hesaplanmış olur, Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Kriter Özdeğerleri

Kriter Adı	Özdeğer
Kriter-1	7,205
Kriter-2	7,176
Kriter-3	7,366
Kriter-4	7,533
Kriter-5	7,358
Kriter-6	7,399
Kriter-7	7,289

$$\lambda_{\max} = \frac{7,205+7,176+7,366+7,533+7,358+7,399+7,289}{7} = 7,332$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{7,332 - 7}{7 - 1} = 0,055$$

Tutarlılık Oranı başka bir deyişle CR’nin bulunması maksadıyla CI değeri RI değerine bölünür. 7 kriter için standart RI değeri 1,32’dir. 0,042 olarak hesaplanan CR değerinin 0,10’un altında olması nedeniyle çalışmada gerçekleştirilen AHP işlemleri tutarlıdır.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,055}{1,32} = 0,042$$

B. Kriterlere TOPSIS Yönteminin Uygulanması

Alternatiflerin (4E: Eğitim, Denetim, Mühendislik, Çevre) kriterlere (Tablo 3) olan etkisini ortaya koyan anket sonuçlarına istinaden düzenlenen karar matrisi Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. Karar Matrisi

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7
A-1	8,64	9,00	8,27	8,36	8,64	8,73	9,18
A-2	6,09	5,82	5,82	6,09	7,45	7,00	5,91
A-3	5,55	5,27	5,82	6,27	5,91	5,82	6,27
A-4	8,73	8,82	7,64	8,00	7,36	8,18	7,64

Her bir değer, yer aldığı sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünmüş ve bu sayede düzenlenen normalize karar matrisi Tablo 10’da belirtilmiştir.

Tablo 10. Normalize Karar Matrisi

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7
A-1	0,5842	0,6062	0,5930	0,5765	0,5835	0,5807	0,6233
A-2	0,4118	0,3920	0,4173	0,4200	0,5031	0,4656	0,4013
A-3	0,3752	0,3550	0,4173	0,4324	0,3991	0,3871	0,4258
A-4	0,5903	0,5941	0,5478	0,5517	0,4971	0,3871	0,5188

Bir önceki bölümde AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak oluşturulan ağırlıklı standart karar matrisi Tablo 11’de belirtilmiştir.

Tablo 11. Ağırlıklı Normalize Standart Karar Matrisi

	K-1 (0,068)	K-2 (0,092)	K-3 (0,142)	K-4 (0,309)	K-5 (0,160)	K-6 (0,167)	K-7 (0,061)
A-1	0,0397	0,0558	0,0842	0,1781	0,0934	0,0970	0,0380
A-2	0,0280	0,0361	0,0593	0,1298	0,0805	0,0778	0,0245
A-3	0,0255	0,0327	0,0593	0,1336	0,0639	0,0647	0,0260
A-4	0,0401	0,0547	0,0778	0,1705	0,0795	0,0647	0,0316

İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Çözüm Kümesi

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7
A ⁺	0,0401	0,0558	0,0842	0,1781	0,0934	0,0970	0,0380
A ⁻	0,0255	0,0327	0,0593	0,1298	0,0639	0,0647	0,0245

Her bir alternatifin ideal noktalara olan uzaklığı "Öklid Uzaklığı" formülü ile hesaplanır. İdeal Uzaklık (S_i^+)’ın sıfıra yakın olması en iyi, negatif ideal uzaklık (S_i^-)’ın büyük olması en iyidir. İdeal noktalara olan uzaklık değerleri Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. İdeal Noktalara Uzaklık

	S_i^+	S_i^-
Eğitim	0,0004	0,0761
Denetim	0,0649	0,0216
Mühendislik	0,0736	0,0041
Çevre	0,0192	0,0607

TOPSIS’in final skorunu hesaplamak üzere aşağıda yer alan formül kullanılarak ideal çözüme göre yakınlık (C_i^*) hesaplanmış ve Tablo 14’te belirtilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

Tablo 14. İdeal Çözüme Göre Yakınlık

Sıralama	Alternatifler	C_i^*
1	Eğitim	0,9946
2	Çevre	0,7592
3	Denetim	0,2496
4	Mühendislik	0,0530

“Eğitim” alternatifi A-1, 0,004 değeri ile ideal çözüme en yakın ve 0,0761 değeri ile kötü çözüme en uzak değerlere sahiptir dolayısıyla birinci sırada yer almaktadır. “Çevre” A-4 ise onu takip eden en güçlü ikinci alternatif olarak hesaplanmıştır. “Denetim” 3’üncü sırada, genel konu itibarıyla “Mühendislike” son sırada yer almıştır.

Araştırma için seçilen AHP-TOPSIS karma yönetiminin kriter ağırlıklarının sonuçlara etkisini ölçmek amacıyla Duyarlılık Testi yapılmıştır. Bu maksatla K4 kriter ağırlığı 0,309 değeri yerine sırasıyla 0,10 ve 0,55 olarak uygulanmış ve sıralamanın değişmediği görülmüştür. Söz konusu sıralama sonuçları Tablo 15’te belirtilmiştir.

Tablo 15. Duyarlılık Testi Sonuçları

Sıralama	Alternatifler	C_i^*	C_i^* K4 ağırlığı 0,45	C_i^* K4 ağırlığı 0,10
1	Eğitim	0,9946	0,9950	0,9924
2	Çevre	0,7592	0,8078	0,7489
3	Denetim	0,2496	0,1563	0,3019
4	Mühendislik	0,0530	0,0675	0,0393

Tablo 15’te görüldüğü üzere en yüksek ağırlığa sahip K4 kriterinin ağırlık değerinin artması ya da azalmasına bağlı olarak diğer kriter ağırlıklarının da değiştirilmesine istinaden yapılan test sonucunda sıralamanın değişmediği görülmüştür.

IV. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, gemilerin halat ve demirleme manevraları sırasında karşılaşılan riskleri belirlemek ve söz konusu risklere karşı en etkili tedbirleri saptamak amacıyla yapılmıştır. Analiz sürecinde AHP ve TOPSIS birlikte kullanılmıştır.

AHP uygulanarak kriterlerin analizi sonucunda gemilerin halat ve demirleme manevralarında karşılaşılabilecek 7 adet riskin hiyerarşisi belirlenmiş ve ağırlıkları hesaplanmıştır. Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; “Zincire aşırı yük bindirilmesi ve kesilmesi” (K4) kriteri 0,309 ağırlık değeri ile en yüksek öncelikli risk olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla “Halatın pervaneye dolaştırılması” (K6) ve “Halata aşırı yük bindirilmesi ve kopması” (K5) takip etmektedir. Bu sıralamanın, ankete katılım sağlayan uzmanların konuya ekipman güvenliği ve fiziksel olarak yaralanmaya daha yatkın riskler açısından yaklaştığı değerlendirilmiştir. AHP ile elde edilen bu ağırlıklar, TOPSIS yönteminde kullanılarak ve 4 farklı; “Eğitim, Mühendislik, Çevre ve Denetim” alternatifinin, risklerin gerçekleşmesini önlemeye yönelik etkisi sıralanmıştır. Bu riskleri önlemede “Eğitim” ilk sırada “Çevre” takiben ikinci sırada, “Denetim” 3’üncü sırada ve “Mühendislik” 4’üncü sırada hesaplanmıştır.

Bulgular incelendiğinde, ortaya konan riskler ve önlenmesi için alınabilecek tedbirlerin, halat manevrası ve demirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Demirlemedeki riskleri inceleyen çalışmalarda zincirde yaşanan gerilme ve bükülmeler ile ırgat freninin kontrolsüz hareketi [14], [13], demiri bırakırken kontrolsüz şekilde akışının sağlanması [5], demirlemede görevli personelin eğitimi ve yetkinliği [7] “K4: Zincire aşırı yük bindirilmesi ve kesilmesi” kriteri ile eğitim, çevre ve denetim alternatifleri ile paralellik göstermektedir. Halat manevrasında

ise halata aşırı yük bindirilmesi [11], halat geri tepme bölgelerinde bulunma, personelin dikkat eksikliği ve yorgunluğu [6], [8], manevradaki riskleri teknolojik sistemlerle denetlenmesi [12] konularını içeren çalışmalar mevcuttur. Manevra yapılan alana ilişkin olumsuz fiziksel koşullar ve personelin halat tehlike bölgelerinde ya da yanlış bölgede durması ve durumsal farkındalığın kaybı gibi riskler çevre alternatifinin önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmalarda ortak önlem ve önerilerin öncelikle “eğitim” “çevre” ile “denetim” olarak öne çıktığı görülmektedir. Her iki manevra için de uygun fiziki nitelikte materyal seçimi ve kullanımı bu çalışmada belirtilen mühendislik alternatifini desteklemektedir. İncelenen çalışmalarda sıklıkla vurgulanan iletişim eksikliği ya da başka bir deyişle köprü üstü ile manevra sahaları arasında sağlıklı ve kesintisiz muhabere ile bunu destekleyen standart terimlerin kullanımı çalışmamızda önem derecesi en düşük kriter olarak hesaplanmıştır. önleyici Bu hususun ankete katılan uzman personelin belirtilen riskin fiziki yaralanmaya direkt katkısı olmaması ya da diğerlerine göre daha kolay önlenilebileceğinden hareketle gerçekleştirildiği değerlendirilmektedir.

Çalışmada yer alan veriler her tipte ve teknolojiye gemiler için değerlendirilerek analizler yapılmıştır. Ayrıca gemi dışında oluşan riskler (demir sahasının kalabalık olması ya da demir yeri planlaması vb.) çalışma kapsamına alınmamıştır. Söz konusu hususlar çalışmanın sınırlılığı olarak yer almaktadır.

Sonuç olarak halat ve demirleme manevraları her ne kadar yüksek kuvvete maruz kalan donanımları içerse de çalışma sonuçları dâhilinde risklerin bertaraf edilmesindeki en önemli unsur insan faktörüdür. Personelin eğitimi ve manevralar esnasında emniyet kontrolü yapılması ile yapılan eğitimlerin kontrol edilmesi başka bir deyişle denetim olgusu risklerin önlenmesinde öne çıkmaktadır. Manevra istasyonunda yer alan operasyonel düzeydeki personelden başlamak üzere üst yönetim kademesine kadar ilgili personelin, manevralar konusundaki bilgi birikiminin artırılması ve eğitimlerle farkındalığın yükseltilmesi, ile donanımların bakım ve tutumlarının sağlanması ile birlikte kaza riskleri önemli bir ölçüde önlenilebilecektir. Ayrıca bu hususların düzenli olarak kontrol edilmesinde de fayda bulunmaktadır. İleriki çalışmalarda demirleme ve halat manevralarındaki riskleri oluşturan davranışların denetimine yönelik teknoloji odaklı araştırmaların yapılması önerilmektedir.

BİLGİLENDİRME

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışmanın etik kurul onayı, Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulunun 12/02/2026 tarih ve 2026/02 no lu toplantısında alınan 2 sıra sayılı kararı ile alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] UN Conference On Trade and Development, “The Review of Maritime Transport”, 2021.
- [2] Fratila, A., Gavril, I. A., Nita, S. C., & Hrebenciuc, A. (2021). The Importance of Maritime Transport for Economic Growth in the European Union: A Panel Data Analysis. Sustainability, 13(14), 7961. <https://doi.org/10.3390/su13147961>

- [3] Jesse M. Lane, Michael Pretes. (2020). Maritime Dependency and Economic Prosperity: Why Access to Oceanic Trade Matters. *Marine Policy*, 121, 104180. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104180>
- [4] UNCTAD. (2025). The Review of Maritime Transport. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2025>.
- [5] Kaptan, M. (2021). Risk assessment of ship anchorage handling operations using the fuzzy bow-tie method. *Ocean Engineering*, 236, 109500. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109500>
- [6] Kuzu, A. C., Akyüz, E., & Arslan, Ö. (2019). Application of Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA) to maritime industry: A risk. *Ocean Engineering*, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.03.029>
- [7] Kuzu, Ali. (2023). Application of fuzzy DEMATEL approach in maritime transportation: A risk analysis of anchor loss. *Ocean Engineering*, 273, 113786. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113786>
- [8] Öztürk, O. B. (2024). A Risk Assessment for Accidents of Ship Mooring Operations from FineKinney Method Perspective. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 115-125. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.1475210>
- [9] International Maritime Organization (2025) IMO homepage. [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/safemooring.aspx>.
- [10] Li, H., Zhou, K., Zhang, C., Bashir, M.A., & Yang, Z. (2024). Dynamic evolution of maritime accidents: Comparative analysis through data-driven Bayesian Networks. *Ocean Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117736>
- [11] Sezer, S. I. (2025). A human reliability prediction for ship mooring operational process applying improved Z-number extended HEART approach. *Ocean Engineering*, 337, 121864. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.121864>
- [12] Zhao, C., Zhang, W., Chen, C., Yang, X., Yue, J., & Han, B. (2023). Recognition of Unsafe Onboard Mooring and Unmooring Operation Behavior Based on Improved YOLO-v4 Algorithm. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 291. <https://doi.org/10.3390/jmse11020291>
- [13] Sridhar, I., Akisanya, A. R., Loh, K., & Yeo, S. (2018). Failure analysis of a failed anchor chain link. *Engineering Failure Analysis*, 89, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.03.007>
- [14] Tunçel, Ahmet & Sezer, Sukru & Elidolu, Gizem & Uflaz, Esmâ & Akyuz, Emre & Arslan, Ozcan. (2024). A rule-based Bayesian network modelling under evidential reasoning theory for risk analysis of anchoring operation in maritime transportation. *Ocean Engineering*. 292, 116521. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116521>
- [15] UK Maritime Accident Investigation Branch (MAIB), “Mooring line failure on board the LNG carrier Zarga resulting in serious injury to a deck officer”, Southampton, UK, Safety Bulletin, 01/15, 2015.
- [16] UK P&I Club, “Risk focus: Moorings”, London, UK, 2016.
- [17] International Marine Contractors Association (IMCA), “Man overboard from anchor handler tug”, London, UK, 17/22, 2022.
- [18] International Marine Contractors Association (IMCA), “Mooring rope fouled the propeller and parted”, 17/16, London, 2016.
- [19] Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- [20] Samut, P. K. (2014). İki Aşamalı Çok Kriterli Karar Verme ile Performans Değerlendirmesi: AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Entegrasyonu. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57-67. <https://doi.org/10.18037/ausbd.16327>
- [21] Saaty, T., & Vargas, L. (2012). *Models, Methods, Concepts & Application of the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburg: Springer.
- [22] Öztürk, D., & Keleş, M. K. (2020). AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Motorlu Kurye Seçimi: İlaç Sektöründe Bir Uygulama. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 275-291. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.673712>
- [23] Saaty, T. L. (1990). How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 9-26.
- [24] Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 83-98.
- [25] Hwang, C., & Yoon, K. (1981). Methods for Multiple Attribute Decision Making. In: *Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Berlin: Springer.