

Araştırma Makalesi

Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile çatma kusur oranlarının belirlenmesi

Oğuzhan Gürel^{1, *}, Yunus Emre Şenol¹, Serdar Kum¹

¹ Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Maritime Faculty, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

*Correspondence: gurelo@itu.edu.tr

DOI: 10.51513/jitsa.1143303

Özet: Çatışma kazaları deniz kazalarının önemli bir yüzdesini oluşturmakta olup, uluslararası ve ulusal kurallar dahilinde birçok önlem alınmasına rağmen halen yaşanmaya devam etmektedir. Çatışma kazaları sonrası gemilerin kusur dağılımının belirlenmesi aşaması mahkemeler tarafından görevlendirilen bilirkişilerce yürütülmektedir. Bu süreç çatışmayı önleme kurallarının uygulanmasındaki ihlallerin tespit edilerek yüzdesel kusur oranının belirlenmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Oldukça karmaşık ve çok fazla değerlendirme kriterinin aynı anda göz önünde bulundurulması gereken bu geleneksel yöntem ile problemin karmaşıklığından dolayı objektif karar vermek oldukça zor olabilmektedir. Bu çalışmada bilirkişilere bu noktada karar desteği sağlayabilmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak model algoritması oluşturulmuştur. Çatışma kazası analizinde çatışma için uygulamada olan kural kriterlerinin ağırlıklandırılması AHP yöntemi ile yapılandırılmış, aynı kriterler üzerinden gemilerin kusurlarının tespiti için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bilirkişilerin çok kriterli karar verme yöntemini kullanacağı Excel tabanlı arayüz oluşturulmuş ve emsal karar verilen mahkeme kararları üzerinden model uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalar sonucunda emsal karar verilen mahkeme kararları ile model çıktıları benzer sonuç vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çatışmayı önleme kuralları, çok kriterli karar verme, emsal dava sonuçları, kusur oranı

Determining the collision apportionment of fault by using Multi-Criteria Decision Making Approach

Abstract: Collision accidents constitute a significant percentage of maritime accidents, and they still continue to occur despite many precautions taken within international and national rules. The stage of determining the fault distribution of ships after collision accidents is carried out by experts appointed by the courts. This process is carried out by detecting the violations in the implementation of the collision prevention rules and determining the apportionment of fault. Due to the complexity of the problem, it could be challenging to make an objective decision with this traditional method, which is quite complex and requires many evaluation criteria to be considered at the same time. In this study, a model algorithm was proposed by using multi-criteria decision making methods in order to provide decision support to the experts. In the collision accident analysis, the weighting of the rule criteria applied for the collision was structured with the AHP method, and the TOPSIS method was used to detect the faults of the ships over the same criteria. An excel-based interface was created in which experts will employ the multi-criteria decision-making method where a model application was created based on precedent decisions. As a result of these applications, the model outputs were validated with the court decisions and observed similar results.

Keywords: Collision regulations, multi-criteria decision making, apportionment of fault, precedent decisions

* Corresponding author.

E-mail address: gurelo@itu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7534-855X -0000-0001-7592-72470000-0002-6705-4076

Received 12.07.2022; accepted 27.07.2022

Peer review under responsibility of Bandirma Onyedi Eylül University.

1. Giriş

Gemiler tüm dünya sularında seyir yaparken yürürlükteki kanunlar, kurallar doğrultusunda, tüm önleyici tedbirlerin alınmasına rağmen birçok deniz kazası yaşanmakta ve sonucunda ölüm, yaralanma ve maddi hasarlarla karşılaşmaktadır. Bu kazaların önemli bir kısmı da çatışma kazaları olup 2014 - 2020 yılları arasında 2003 çatışma kazası yaşanmıştır (EMSA, 2021). Çatma iki veya daha fazla geminin doğrudan veya dolaylı olarak çarpışmasıyla oluşur. Dünyada küresel ticaretin gün geçtikçe artması nedeniyle deniz trafiği yoğunlaşmış ve çevreye, gemilere, gemilerde taşınan yükler ve denizcilere yönelik kaza riski oldukça artmıştır. Çatma kazalarını engellemek ve zararları önlemek amacıyla çatma hukuku oluşturulmuş ve yıllar içinde yapılan güncellemelerle en iyi sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Türk Ticaret Kanunu'nda bu ifade çatma olarak geçmesine rağmen, uygulamada denizciler çatışma ifadesini kullanmaktadır (TTK, 2011). Bunun da sebebinin Uluslararası Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü'nün resmi tercümesinde "Collision" ifadesinin "çatışma" olarak çevrilmesinden kaynaklandığı görülmektedir. 6102 sayılı TTK'da çatmanın tanımı yapılmış olmamasına rağmen çatmanın unsurları açıklanmaktadır. Çatmanın oluşabilmesi için araçların her birinin gemi olması gerekmekte ve taraflar arasında hukuki sözleşmeden doğan herhangi bir bağ olmamalıdır.

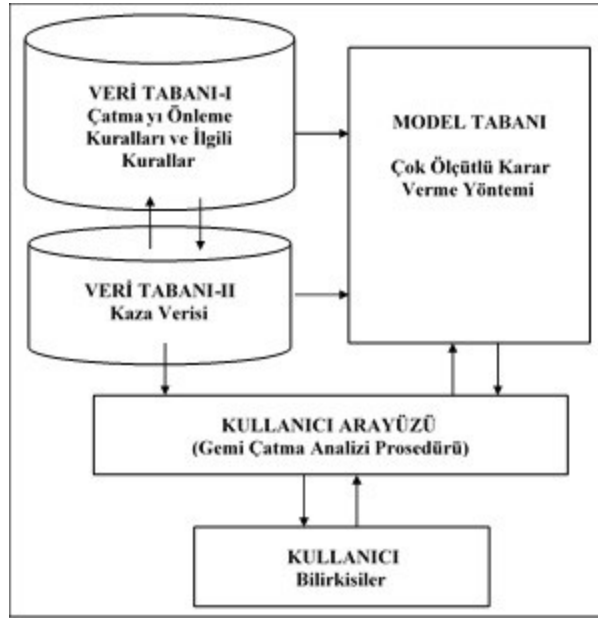
Çatışma kazaları sonrasında tarafların kazadaki kusur dağılımlarının belirlenmesi yetkili mahkeme ve görevlendirilen bilirkişi heyetleri tarafından çatma hukuku çerçevesinde geleneksel olarak gerçekleştirilmektedir. Hava ve çevre şartları, insan faktörü, seyir alanı, gemi karakteristikleri gibi birçok etkeninin göz önünde bulundurulması gereken bu süreçte kompleks bir karar problemi ile karşılaşmaktadır. Bu konuda verilen kararların tutarlılığı göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu eksiklik, bilirkişilerin subjektif kararlar verme ihtimalini artırmaktadır. Bu nedenle söz konusu problemin çözümüne yönelik sistematik, akılcı, karara etki edebilecek tüm faktörlerin birer birer göz önünde bulundurulduğu metodolojik bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak çatışmaya etki eden faktörlerin sistematik şekilde önceliklendirilmesi ve kazaya karışan gemiler arasında bu faktörlerin ağırlıklandırılması ve nihai olarak tarafların kusur dağılımlarının bilimsel yaklaşımla belirlenmesi hedeflenerek literatürdeki önemli bir boşluk doldurulacaktır.

Detaylı literatür çalışması neticesinde, denizde çatışma sonrası kusur oranlarının belirlenmesi problemine yönelik kısıtlı sayıda çalışma olduğu ve söz konusu problemin çözümüne yönelik sistematik, akademik açıdan güçlü bir yöntem ya da model önerilmediği görülmektedir. Hald (2007) 1973-2007 yılları arasında Kuzey Denizi'nde yaşanan kazaların mahkeme sonuçlarını incelemiş, kazalarda etkin olan kuralların ortaya konmasına odaklanmıştır. Ayrıca bu çalışmada mahkemelerin kusur oranlarına karar verirken karar verme eğilimleri ve alışkanlıkları tespit etmiştir. Buna göre çatışma kazalarında %50-%50 kusur oranı dağılımının kazaların %12'sinde gerçekleştiği, %60-%40 ya da %75-%25 oranlarının çok tercih edilmediği, %80-%20 oranının nispeten daha çok tercih edildiği ve %90-%10 oranının hiç tercih edilmediği ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar da çatışmada kusur oranlarının tespit edilmesi sürecinin hakimlerin bilgi, tecrübe ve olayı ele alış şekillerine bağlı olarak öznel yargılardan etkilenebileceğini göstermektedir. Sıklıkla tercih edilen oranlardan olan %50-%50 oranı ile kusurun dağıtıldığı kazaların bazılarında çok küçük oranlarda da olsa farklılıklar olabileceği aşıkardır. Fakat bu farklılık geleneksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmesi oldukça zor ve bilimsellikten uzak olacaktır. Bu nedenle söz konusu problemin çözümünde objektif, sistematik ve akademik yaklaşımlarla daha hassas karar süreci yürütülmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Şenol ve diğ. (2013) çatışma kazalarının sorumluluk oranlarının belirlenmesinde metodolojik bir yaklaşım önermişlerdir. AHP yönteminin kullanıldığı çalışma daha sonra geliştirilmiştir (Senol & Sahin, 2016). Generic Fuzzy-AHP (GF-AHP) yönteminin kullanıldığı, bir örnek vakanın simülasyon ortamında canlandırılması, GF-AHP sorveyine katılan uzmanlara senaryonun simülasyonda yaşatılması ve ardından kazaya etki eden kural ihlallerinin önceliklendirilmesi ile sorumluluk oranlarının belirlenmesi esasına dayanan bir yöntem önermişlerdir. Ancak çalışmada önerilen çözüm yöntemi yalnızca ele alınan örnek vaka için uygun olduğundan tüm çatışma kazalarının değerlendirilmesi hususunda yetersiz kalabilmektedir. Bu makalede önerilen AHP-TOPSIS hibrit yaklaşımı ve sunulan modelin tüm çatışmalara uygulanabilir olması sayesinde literatürdeki diğer çalışmalardan akademik yaklaşımı ve tüm kaza analizlerine genel çözüm sunması özellikleri ile ayrılmaktadır. Ayrıca emsal dava sonuçları ile kıyaslanarak sonuçlarının doğrulanmış olması objektif ve rasyonel çözüm anlamında avantajı hale gelmesini sağlamaktadır.

Qveim- Leikander (2018) İskandinav sularında 1918-2018 yılları arasında yaşanan 315 farklı çatışmanın mahkeme sonuçlarını incelemiş ve sorumluluk oranlarının belirlenmesinde karara etki eden faktörleri ortaya koymuştur. Fakat söz konusu çalışmada sorumlulukların ve hata oranlarının belirlenmesi konusunda bir çözüm geliştirilmemiştir. Bambulyak ve Ehlers (2020) arktik seyir bölgesinde yaşanabilecek çatışma sonrasında denize petrol sızıntısı olması halinde sorumlulukların belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada denize sızan petrol miktarı ve yayılım oranına göre cebirsel bir hesaplama yapılmıştır ancak, çatışma sorumlulukların ve hata oranlarının belirlenmesi konusunda bir çözüm geliştirilmemiştir. Qi (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Çin yerel kurallarına göre çatışma olaylarının incelenmiş, mahkeme heyetinin ve hakimlerin çatışmadaki kusur oranlarının belirlenmesinde bilgili ve tecrübeli olması gerektiği vurgulanmış fakat hata oranlarının belirlenmesi konusunda yöntemsel alternatif bir çözüm sunulmamıştır.

Bu çalışmada kusur oranlarının belirlenmesi için hibrit çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Kazadaki kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, ağırlıkları tespit edilen kriterler ağırlıkları ile kazaya karışan gemiler için kusur oranları ise İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. AHP yöntemi karara etki eden faktörlerin ikili kıyaslamaları ile oluşturulan matrislerden oluşmaktadır ve bu matrislerin tutarlılıklarının analiz edilebilmesine imkan sağlaması sayesinde şeffaf, objektif ve nesnel bir çözüm sunabilmektedir. TOPSIS yöntemi ise basit, rasyonel, anlaşılabilir her bir alternatif seçim hesaplamalarındaki verimliliği nedeniyle karar verme amacıyla birçok alanda tercih edilmektedir.

Şekil 1’de çalışma kapsamında oluşturulan modelin algoritması gösterilmiştir. Buna göre bilirkişiler çatışma kazası ile ilgili veri toplama süreci ile başlayacak ve bunun için tanıdıkların ifadesi, elektronik seyir cihazları gibi kazaya ilişkin verileri kullanacaktır. Toplanan veri ile kazaya özel uygulanması gereken ilgili kural ve düzenlemeler eşleştirilecektir. Ardından kullanıcı arayüzü ile bilirkişiler tarafından modele veri girişi sağlanarak model uygulaması gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. Model algoritması.

2. Metodoloji

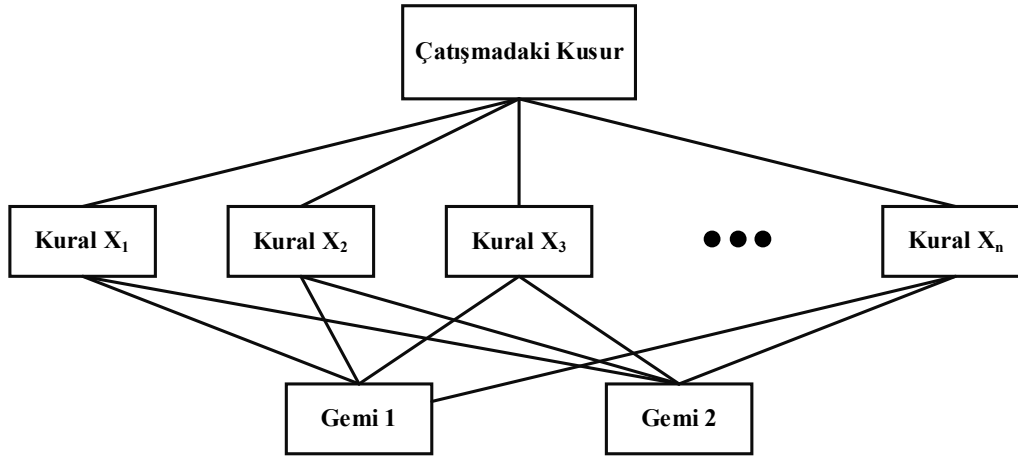
Bu çalışmada kriter olarak belirlenen ve analiz edilecek çatışma kazası için uygulamada olan kuralların ağırlıklarının belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ve önceliklendirilen kriterler için kazaya karışan her bir geminin kusur oranlarının hesaplanması için İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) yöntemi kullanılmıştır.

2.1. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

AHP, karar vermeye etki eden çok fazla faktörün söz konusu olduğu kompleks sistemlerde alan uzmanlarının görüşlerinden faydalanarak subjektif etkinin en aza indirildiği Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metotları arasında sıklıkla tercih edilen yöntemlerdendir (Ho, 2008; Pereira & Bamel, 2022). Alan uzmanlarının bilgi, tecrübe, düşünce ve ön sezilerinin mantıksal bir çerçevede karar verme sürecine aktarılabilmesini sağlamaktadır (Ömürbek ve diğ., 2015). Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen yöntem günümüze kadar mühendislik, tıp, üretim, işletme yönetimi, ekonomi ve psikoloji gibi pek çok alanda karar verme amacıyla kullanılmıştır. Yöntem karara etki eden faktörlerin ikili kıyaslamaları ile oluşturulan matrislerden oluşmaktadır ve bu matrislerin tutarlılıklarının analiz edilebilmesine imkan sağlaması sayesinde şeffaf, objektif ve nesnel bir çözüm sunmaktadır (Awan ve diğ., 2022; Gupta ve diğ., 2022; Pathan ve diğ., 2022; Pereira & Bamel, 2022). Karmaşık karar verme süreçlerinde ana karar (çatışmadaki kusur), karara etki eden kriter ve alt kriterleri (DÇÖT kuralları) ile karar alternatifleri (çatışan gemiler) arasındaki ilişkiyi ve hiyerarşik etkileşimi dikkate alarak model oluşturma imkanı sağlamaktadır. Denizcilik alanında; gemi ekipmanları teknoloji seçimi (Sahin ve diğ., 2015), gemi sicili seçimi (Celik ve diğ., 2009), denizcilerin kariyer planlaması (Kaya ve diğ., 2018), liman yeri seçimi (Uçdu & Kılıç, 2022), deniz kazaları analizi (Şenol ve diğ., 2013), otonom gemilerin güçlü-zayıf-fırsat-tehdit (SWOT) analizi (Şenol ve diğ., 2017) ve deniz turizm alanlarının belirlenmesi (Butowski, 2018) gibi pek çok problemin çözümünde sıklıkla tercih edilen ÇKKV yöntemi olmuştur. AHP yöntemine ait metodolojik işlem basamakları aşağıda sunulmuştur;

1) Hiyerarşik yapının oluşturulması

Ana karar hiyerarşik ağacın en üstünde olacak şekilde karar hiyerarşisinin oluşturulması aşamasıdır. Aralarında korelasyon bulunmayan karara etki eden kriterler ve varsa ilgili alt kriterlerin belirlenmesi ve yapının en altında alternatiflerin konumlandırılması sürecini ifade etmektedir. Söz konusu hiyerarşik ağacın çalışma özelinde bir örneği Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. AHP hiyerarşik yapısı.

2) Önceliklerin oluşturulması

1. adımda oluşturulan kriterlerin ikili karşılaştırması için Saaty (1990) tarafından önerilen, Çizelge 1’de gösterilen 1-9 aralıklı önem ölçeği kullanılmaktadır. Bu ölçeğin tercih edilmesinin sebebi, karar vericilerin ara karar değerlerini daha doğru ve hassas şekilde ifade edebilmesine izin vermesidir.

Çizelge 1. Önem ölçeği.

Öncelik Dereceleri	Tanım
1	Kriterler eşit önemdedir veya kayıtsız kalınıyor
3	1. kriter 2. kriter göre biraz daha önemli
5	1. kriter 2. kriter göre daha fazla önemli
7	1. kriter 2. kriter göre çok daha fazla önemli
9	1. kriter 2. kriter göre aşırı derecede daha önemli
2-4-6-8	Ara değerler

Görüşleri alınan uzmanlar her bir kriter ikili karşılaştırması için fikirlerini yansıtan öncelik derecesine göre kıyaslama yaparlar. Elde edilecek bu rakamsal karşılaştırmalar 3. adımda kullanılacaktır.

3) İkili karşılaştırma matrislerinin (A) oluşturulması

2. adımda gösterilen öncelik derecelerine göre uzmanların gerçekleştirdikleri ikili kıyaslamaları içeren ($n \times n$) boyutunda matrislerin oluşturulması aşamasıdır. (n : kriter sayısı)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} & \dots & \dots \\ 1/x_{21} & 1 & x_{23} & \dots & \dots \\ 1/x_{31} & 1/x_{32} & 1 & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/x_{n1} & 1/x_{n2} & 1/x_{n3} & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (1)$$

4) Öncelik Vektörünün (W) oluşturulması

Öncelik vektörlerinin hesaplanması için bu aşamada ilk olarak matrisin normalleştirilmesi işlemi gerçekleştirilir. Her bir sütun değerinin ilgili sütun elemanlarının toplamına bölünmesi sonucunda normalize edilmiş değerler (x'_{ij}) hesaplanır. Normalize edilmiş matrisin her bir sütununun toplamı 1 olur.

$i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere;

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

Normalize edilmiş değerlerden oluşan matrisin her bir satırının toplamının aritmetik ortalaması alınarak ilgili kriterin yüzdelik önem değerleri (w_i) hesaplanır;

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n x'_{ij} \quad (3)$$

Hesaplanan yüzdelik önem değerlerine göre oluşturulan öncelik vektörü aşağıdaki gibidir;

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

5) Tutarlılık oranının hesaplanması

Bu aşamada uzmanların gerçekleştirdiği her bir kriter ikili kıyaslamalarının tutarlılığı kontrol edilmektedir. Tutarlılık oranının (CR) hesaplandığı bu süreç kriter sayısı ile Temel Değer (λ) adı verilen katsayının kıyaslanması ile gerçekleştirilir. λ değerinin hesaplanması için öncelikle A ve W vektörünün matris çarpımı gerçekleştirilir ve C sütun vektörü elde edilir;

$$C = \begin{bmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} & \dots & \dots \\ 1/x_{21} & 1 & x_{23} & \dots & \dots \\ 1/x_{31} & 1/x_{32} & 1 & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/x_{n1} & 1/x_{n2} & 1/x_{n3} & \dots & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

C sütun vektörü elemanlarının W sütun vektörünün elemanlarına karşılıklı olarak bölünmesi ile her bir kriter için temel değer vektörü (E) elde edilir;

$$E_i = \frac{c_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (6)$$

Elde edilen E vektörüne ait elemanların aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değer olan λ değerinin hesaplanmasını sağlar;

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (7)$$

Bu aşamadan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI) değeri hesaplanır;

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (8)$$

Son olarak, tutarlılık oranı (CR) hesaplaması için elde edilen CI değeri kriter sayısına (n) göre değişiklik gösteren ve Çizelge 2’de verilen standart düzeltme değeri olan Rassallık İndeksi (RI) değerine bölünerek hesaplanır (Saaty, 1986);

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

Çizelge 2. Rassallık indeksi (Saaty, 1986).

n	RI	n	RI
1	0	6	1,24
2	0	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,9	9	1,45
5	1,12	10	1,49

Hesaplanan CR değerinin 0,10’dan küçük olması uzmanın gerçekleştirdiği değerlendirmenin tutarlı olduğunu, büyük olması ise uzman cevaplarında tutarsızlık olduğu anlamına gelmektedir.

6) Kriterler önceliklerinin hesaplanması

Bu aşamada her bir kriterin alternatifler (çatışan gemiler) üzerindeki ağırlıkları hesaplanmaktadır. Bu çalışmada karara etki eden kriterlerin sıralaması için AHP yöntemi, ağırlıkları belirlenen kriterlerin alternatifler üzerindeki ağırlıklarının hesaplanması için TOPSIS yöntemi kullanıldığı için tutarlı sonuçlar elde edilmesi halinde 4. basamakta hesaplanan kriter ağırlıkları ile TOPSIS yöntemi kullanarak alternatifler üzerindeki ağırlıkları hesaplanmıştır.

2.2. İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tekniği (TOPSIS)

İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (TOPSIS) Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme yöntemi olarak önerilmiştir. Basit, rasyonel, anlaşılabilir her bir alternatif seçim hesaplamalarındaki verimliliği nedeniyle karar verme amacıyla çok farklı disiplinlerde sıklıkla tercih edilen yöntemlerden birisidir (Roszkowska, 2011). TOPSIS yöntemi tedarik zincir yönetimi (Nazim ve diğ., 2022), savunda endüstrisi (Dağdeviren ve diğ., 2009), enerji endüstrisi (Amiri, 2010), inşaat endüstrisi (İqbal ve diğ., 2021), tıp (Khambhati ve diğ., 2021), ekonomi (Gao ve diğ., 2022) ve denizcilik (Kara, 2022) gibi alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. TOPSIS yöntemine ait metodolojik işlem basamakları aşağıda sunulmuştur;

1) Karar matrisinin oluşturulması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Oluşturulacak olan karar matrisinin satırlarında alternatifler, sütununda ise kriterler yer almaktadır. Buna göre $m \times n$ boyutunda karar matrisi elde edilir. (m alternatif sayısı, n kriter sayısı) Her bir kriterin her bir alternatif açısından ağırlıkları belirlenmiş bir skala aralığında uzmanlar tarafından karar verilerek değerleri y_{mn} belirlenir.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 x_1 & x & x_3 & \dots
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 a_1 \\
 a_2 \\
 a_3 \\
 \vdots \\
 a_m
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{cccc}
 y_{11} & y_{12} & y_{13} & \dots \\
 y_{21} & y_{22} & y_{23} & \dots \\
 y_{31} & y_{32} & y_{33} & \dots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\
 y_{m1} & y_{m2} & y_{m3} & \dots
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \end{array} \quad (10)$$

2) Karar matrisinin normalizasyonu (R_{ij})

Karar matrisindeki her bir elemanın ilgili sütundaki tüm elemanların karelerinin toplamının kareköküne bölünmesi ile elde edilen değerler matristir. Aşağıdaki formül ile elde edilir;

$$R_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}} \quad (11)$$

3) Değerlerin ağırlıklı normalizasyonu (V_{ij})

AHP süreci sonunda belirlenen her bir kriter ağırlığı ile elde edilen normalize karar matrisi sütun elemanlarının çarpımı sonucunda elde edilen matrisi ifade etmektedir.

$$V_{ij} = w_j \cdot y_{ij} \quad (12)$$

Elde edilen matris aşağıdaki gibidir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix}
 w_1 y_{11} & w_2 y_{12} & w_3 y_{13} & \dots & \dots \\
 w_1 y_{21} & w_2 y_{22} & w_3 y_{23} & \dots & \dots \\
 w_1 y_{31} & w_2 y_{32} & w_3 y_{33} & \dots & \dots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 w_1 y_{m1} & w_2 y_{m2} & w_3 y_{m3} & \dots & \dots
 \end{bmatrix} \quad (13)$$

4) İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) çözüm değerlerinin elde edilmesi

İdeal çözüm değeri elde edilen ağırlıklı normalize matrisinde her bir kriter özelinde en yüksek değere sahip alternatifin değerini ifade ederken Negatif İdeal çözüm değeri ağırlıklı normalize matrisinde her bir kriter özelinde en düşük değere sahip alternatifin değerini ifade etmektedir.

$$A^* = \left\{ \left(\max v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (14)$$

$$A^* = \{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_j^+, \dots, V_k^+\}$$

$$A^- = \left\{ \left(\min v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (15)$$

$$A^- = \{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_j^-, \dots, V_k^-\}$$

J : fayda (maksimizasyon) değerini, J' kayıp (minimizasyon) değerini ifade etmektedir.

5) İdeal (S_i^*) ve ideal olmayan (S_i^-) noktalara olan uzaklık değerinin elde edilmesi

Her bir alternatif için S_i^* değeri 3. basamakta elde edilen matristeki sütun elemanlarının her bir alternatife karşılık gelen değerler ile ideal çözüm değeri arasındaki farkın karelerinin toplamının karekökü olarak ifade edilir. Her bir alternatif için S_i^- değeri ise 3. basamakta elde edilen matristeki sütun elemanlarının her bir alternatife karşılık gelen değerler ile negatif ideal çözüm değeri arasındaki farkın karelerinin toplamının karekökü olarak ifade edilir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^*)^2}, \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^-)^2} \quad (16)$$

6) İdeal çözüm göre nispi yakınlığın (D_i^*) hesaplanması

Her bir alternatif için D_i^* değeri 5. adımda ilgili alternatif için hesaplanan S_i^- değerinin S_i^* ve S_i^- değerleri toplamına bölünmesi ile hesaplanır.

$$D_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^*)} \quad (17)$$

Her bir alternatif için elde edilen D_i^* değerleri AHP yöntemi ile ağırlıkları tespit edilen kriterlerin TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin tercih önceliği değerlerini vermektedir. Elde edilecek bu D_i^* değerlerine göre çatışmada hangi geminin hangi kural bakımından ne derece kusurlu olduğu ortaya konmuş olacaktır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemi ile karar destek sistemi oluşturulurken bilirkişilerin kazanın oluşmasına sebep olan faktörleri değerlendirip nihai kusur oranını belirlerken, bu süreci kolaylaştırmak amacıyla, bilirkişi kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Bilirkişilerin yaşanan çatışma kazası için her bir faktörün kazayı ne kadar etkilediğini oluşturulan formlar aracılığıyla sisteme girmesini sağlayarak AHP yöntemi ile faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşaması yapılandırılmıştır. Ardından kazayı yaşayan gemiler için faktör ağırlıkları göz önüne alınarak TOPSIS yöntemi ile her bir geminin kusur oranının belirlenmesi için karar destek sistemi yapılandırılmıştır. Bu amaçla toplam 16 genel faktör belirlenmiştir. Denizde çatışmayı önleme kurallarında tüm kurallar aynı anda çalışmamaktadır. Örneğin hem yetişme hem de pruva pruvaya geliş kuralı aynı anda çalışmayacaktır. Bu nedenle 16 faktör ve akıntı, rüzgar, diğer seyir koşulları ile birlikte 9 grupta toplanarak karar verme süreci daha basit hale getirilmiştir. Şekil 3, 16 genel faktörü ve 9'a indirgenen grupları göstermektedir.

Genel Faktörler	Gruplar
Sorumluluk	1
Gözcülük	2
Enniyetli Hız	3
Çatışma Riskinin Tespiti	2
Çatışmayı Önleme Hareketi	4
Dar Kanallar	5
Trafik Ayrım Düzeni	5
Yelkenli Tekneler	6
Yetişme	6
Pruva Pruvaya	6
Aykırı Geçiş	6
Yol Verme Durumu	7
Yol Verilme Durumu	7
Tekneler Arası Sorumluluklar	6
Fenerler ve Şekiller	8
Ses ve Işık İşaretleri	8
Akıntı, Rüzgar ve Seyir Koşulları	9

Şekil 3. 16 genel faktör ve 9'a indirgenen gruplar.

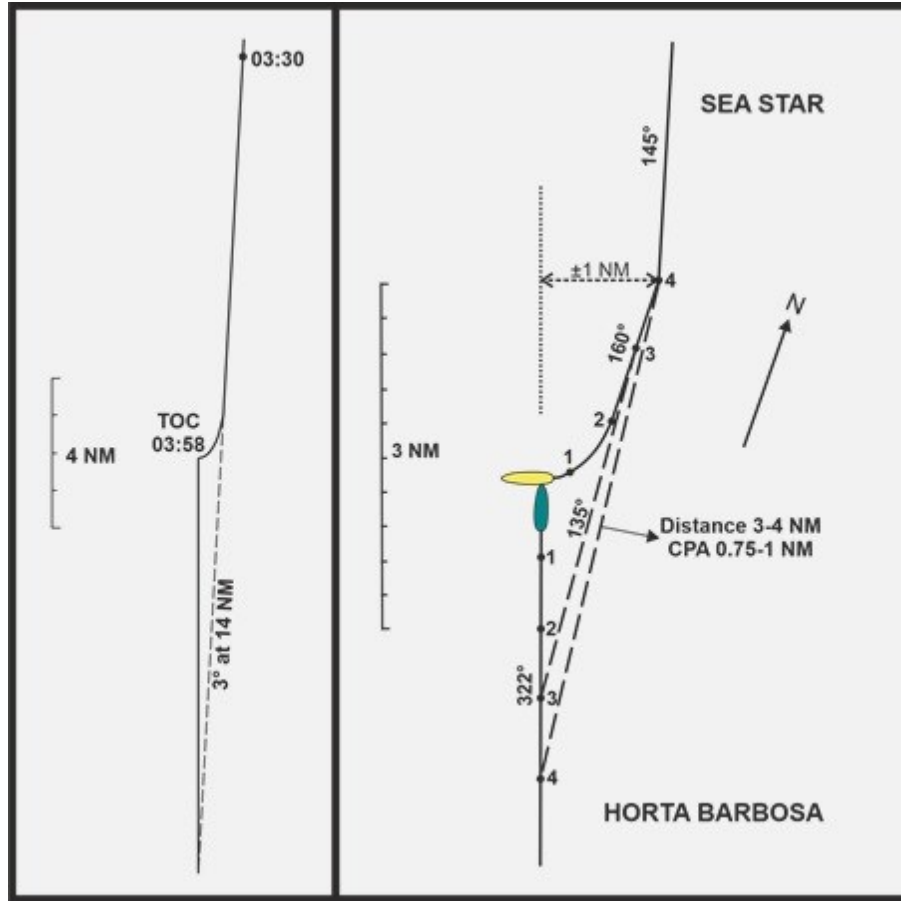
3. Örnek vaka incelemesi

Gemilerin sancak sancağa geçecek şekilde bir teknenin diğerini sancak başomuzlukta görmesi ve karşılıklı rotada olmaları hali çatışma riskinin en fazla olduğu durumlardandır. Böyle bir karşılaşmada teknelerden birisi çatışmayı önleme kuralları gereği sancağa alırsa, diğeri ise kuralı uygulanabilir şekilde değerlendirmese çatışma olma ihtimali çok yüksektir.

62.619 GRT'lik Horta Barbosa tankeri ile 63.988 GRT'lik Sea Star tankeri Oman Körfezi'nde 1972 tarihinde gece koşullarında bu şekilde karşılaştılar. Hava ve akıntı şartları oldukça uygun ve normal görüş koşullarında seyir yapmaktaydılar. Gece vardiyası sonuna yaklaşıldığında karşılaştıklarında da durum böyleydi. Sea Star gemisinde 2. Zabit vardiyada bir stajyer ve iki gemici ile 142° rotası üzerinde suya nazaran 16 knot'a yakın bir hız ile seyretmekteydi. Saat 03.30'da 2. Zabit bir radar kerterizi ile mevki atarken yaklaşık olarak 14 mil uzaklıkta biraz sancak baş omuzlukta radarda hedef geminin ekosunu tespit etti. Gözle de bunu teyit etmek için dürbünle bakınca hedef gemi Horta Barbosa'yı silyon

fenleri bir hat üzerinde veya buna yakın bir durumda görüp rotayı 145° 'ye değiştirmişti. 3° lik bu rota değişimi Horta Barbosa gemisini yaklaşık olarak pruvada olması sonucunu doğurdu.

Horta Barbosa gemisi 16 knot'luk deniz hızı ile 322° rotasında 2. Zabit vardiyasında seyir halindeydiler. Gemi otomatik dümenle olup bir stajyer ve gözcü olarak bir gemici köprüüstünde bulunmaktaydı. Horta Barbosa diğer gemiyi yaklaşık olarak 03.30'da 16 mil uzaklıkta ve 10° kadar sancak baş omuzlukta gördüğünü iddia etmişti. Uzaklık 8 mile düştüğünde, diğer geminin silyon fenerlerinin sancağa doğru açmağa başladığını görmüştü fakat kerterizi yaklaşık aynıydı. Plotlama yapılmadan en yakın yaklaşma noktasının (CPA) 0,75-1 mil arasında olacağını tahmin edilmişti. Saat 03.45'te zabit, Sea Star'ın yeşil borda fenerini 3 ile 4 mil kadar uzaklıkta görmüş ve aslında bunun üçte biri kadar olması gerekirken, pruvadan yaklaşık 30° olması gereken bir kerterizde olduğunu tahmin ederek diğer geminin kendi sancak tarafından yaklaşık olarak 1 mil açıktan geçeceğini düşünerek harita kamarasına girmişti. Saat 04.00 civarında vardiya değişimi nedeniyle gözcü köprüüstüne geri döndüğünde Sea Star'ı silyon fenerlerini sancağa açık olarak gösterir şekilde bulduğunu iddia etmişti. Stajyer kahve içmek için köprüüstünden ayrılmış ve köprüüstüne geri döndüğünde Sea Star'ın kırmızı borda feneri ve pruva silyonunu görmüştü. Bu da Sea Star gemisinin sancaktan iskeleye aykırı olarak geçmeye çalıştığını gösteriyordu. 2. Zabit harita üzerinde çalışıyordu karşıdaki geminin pruvasından geçmeye çalıştığını fark edince hemen makinayı tam yol tornistana geçip dümenin ele alınmasını istedi. Fakat buna rağmen, kısa süre sonra Horta Barbosa gemisi Sea Star'ın köprüüstünün ön kısmından dik şekilde çarptı. Sea Star çarpmanın ardından patlamalar yaşadı ve ardından yangınla birlikte 11 kişi hayatını kaybetti. Şekil 4'te Horta Barbosa ve Sea Star gemileri arasında yaşanan çatışma kazasının gelişim süreci gösterilmiştir.



Şekil 4. Çatışma kazasının gelişim süreci.

Sea Star gemisinde olaylara şahit olan stajyer harici herkesin canını kaybetmesi nedeniyle stajyerin tanıklığına ve jurnal kayıtlarına bakılmıştı. Saat yaklaşık 03.50'de 1. zabit vardiya değişimi için 2. zabitin yanına gelmişti. Sea Star 145° rotasında ilerlerken stajyer Horta Barbosa'nın radarla uzaklığına bakmış ve yaklaşık 1,3 ile 1,4 mil arasında, kerterizinin 25 derece iskele başomuzlukta olduğunu bulmuştu. Fakat değerlendirmeler yapıldığında Horta Barbosa'nın kerterizinin 3° - 4° arasında olması

muhtemeldi. 2. Zabit önce bir miktar sancağa almış ardından, sancak alabanda komutu vermiştir. Çatışmadan hemen öncede iskele alabanda komutu verilmişti. 2. Zabit Horta Barbosa'yı ilk gördüğünde sancağa 3° derece rota değiştirmesi onun iskele iskeleye geçmeyi beklediğini gösteriyordu. 1. Zabit'in köprüüstüne gelmesi ve bu geçişin riskli olduğunu değerlendirmesinin ardından 2. Zabit iskele iskeleye geçiş için ısrar etmiş 15° sancağa almıştı. Yapılan bu rota değişikliğinin etkili olmaması 2. Zabitin sancak alabanda vermesiyle devam etti ve kısa süre sonra çatışma yaşandı.

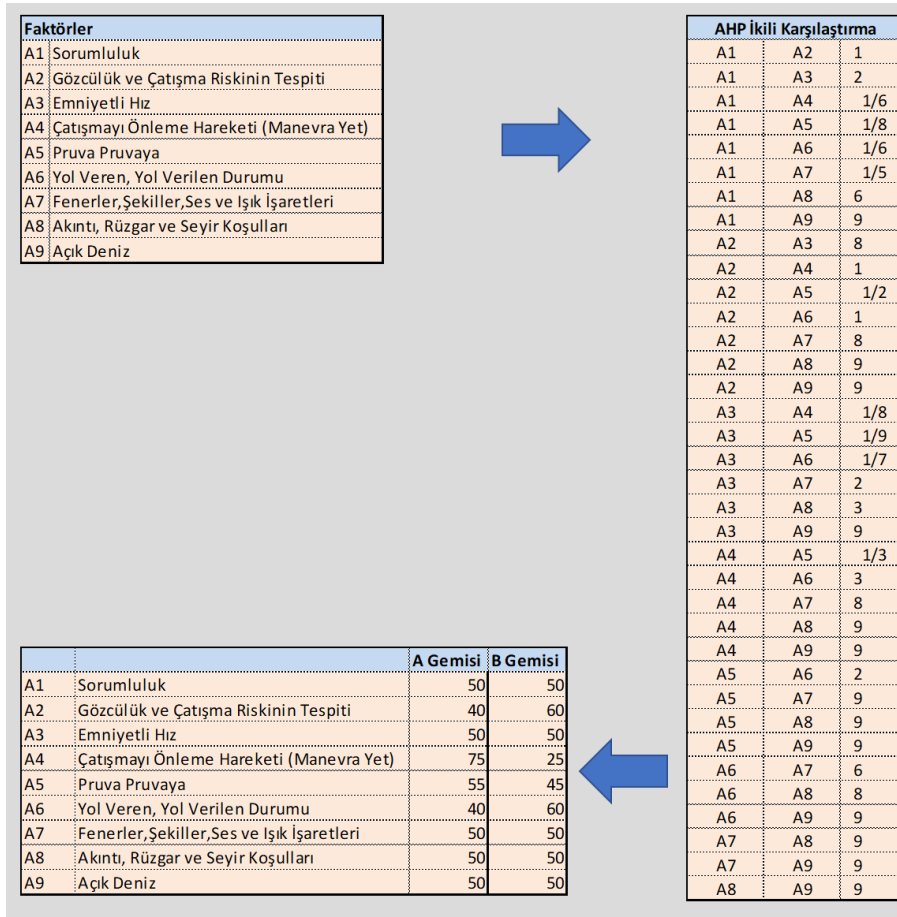
Sea Star ağır şekilde kural ihlalleri ile yargılanmış ve %75 kusurlu bulunmuştu. Sea Star'ın 2. Zabiti'nin çok geç aşamada Horta Barbosa'nın pruvadan aykırı şekilde geçmeye çalışması çok önemli bir kusurdu. Kurallardaki çatışmayı önleme hareketinin olumlu, zamanında ve iyi denizcilik kurallarına uygun şekilde yapılması gereği yerine getirilmemişti. Mahkeme Horta Barbosa gemisinin 2. Zabiti'ni değerlendirdiğinde harita kamarasında geçirdiği 6-7 dakika konusunda görevini ihmalle suçlamıştı. 2. Zabitin tespitleri kadarıyla emniyetli bir rota üzerinde olduğu gözlenen Sea Star gemisinin rotasını koruyacağını varsayıp, bu gemini neta olana kadar gözlemlememek büyük bir hata idi. Her iki geminin de en yakın yaklaşma mesafesini tespit edilmesi ve karşıdaki geminin kerterizlerini sağlıklı şekilde alınması konusunda ihmalkâr davranmışlardı. Sea Star'ın 1. zabitinin vardiyayı teslim almadan harita üzerinde çalışması, Horta Barbosa'nın 2. Zabitinin harita kamarasına geçtiğinde hem gözcüyü hem stajyerin köprüüstünden ayrılmasına izin vermesi gözcülük açısından çok önemli kusurlardı. Bu çatışma kazasında olduğu gibi gemilerden birisi sancak sancağa geçiş yapacağını düşünürken diğer gemi karşılıklı rotada olduğunu düşünüp kuralı uygulayıp iskele iskeleye geçişi düşündüğünde, çok tehlikeli bir karşılaşma ortaya çıkabilir.

Denizde çatışmayı önleme kuralları, çatışma riski söz konusu olacak şekilde pruva pruvaya yakın karşılaşan tekneler için, Kural 14 gereği sancağa rota değişikliği ile çatışmayı önleme hareketinin yapılmasını istemektedir. Böyle bir karşılıklı rota durumunda bulunan gemilerin kaptan ve zabitleri en yakın yaklaşma mesafesini artırmak için iskeleye rota değişikliği yapmak isteyebilirler. Çatışma riski bulunmadığı durumlarda kurallar çalışmaya başlamayacağı için denizcilerin yaptığı bu hareket haklı görülebilir. Literatürde açık denizde çatışma riskinin 5-8 mil aralığında başladığı öngörülmekte olup çatışma riskinin ne zaman başladığı her bir karşılaşma için özel değerlendirilmelidir. Gemi trafiğinin yoğun olduğu seyir alanlarında denizcilik uygulamaları açısından hem iskele hem de sancağa rota değiştirme seçeneklerinin avantajını kullanmalıdır (Cahill, 1983). Böyle durumlarda 1 millik en yakın yaklaşma mesafesi genellikle yeterli sayıldığı gibi trafiği çok yoğun olan bölgelerde durum kendine özel değerlendirilip yarım millik mesafeye kadar tekneler haklı görülebilir.

3.1. Model uygulaması

Şekil 4'de ikili ağırlıklandırma değerleri ve çatışma yaşamış gemilerin seçilmiş kriterlerdeki kusur oranları girilmiştir. Şekil 4'te hesaplama arayüzü gösterilmektedir. Şekil 5'de ise AHP yöntemi Şekil 6'da ise TOPSIS ile nihai kusur oranının hesaplamaları gösterilmektedir.

Sea Star ve Auriga gemileri arasında yaşanan kazadan sonra mahkemede alınan kararlar emsal niteliği taşımaktadır. Emsal olan kararlar denizde çatışmayı önleme kurallarının gelişiminde önemli rol oynamakta daha sonraki mahkeme kararlarını da etkilemektedir. Özellikle pruva pruvaya geçiş durumunda gemilerden birinin sancağa alarak iskele iskeleye geçişi tercih etmesi, diğerinin çatışma riskini yok varsayıp sancak sancağa geçişi tercih etmesi ile oluşan çelişki durumu, bu mahkeme kararıyla açıklığa kavuşturulmuştur. Model uygulaması için bu kazanın seçilme sebebi hem emsal bir karar olması hem de çelişkili karşılaşmalara örnek olmasıdır. Modelin uygulanma aşamasında, bilirkişi ara yüzü ile çatışma kazasındaki çatışmayı önleme kurallarının uygulanmasındaki faktör ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş, ardından aynı faktörler ile gemilerin kusur oranları TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir.



Şekil 4. Hesaplama arayüzü.

[A]	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1	1,000	1,000	2,000	0,167	0,125	0,167	0,200	6,000	9,000
A2	1,000	1,000	8,000	1,000	0,500	1,000	8,000	9,000	9,000
A3	0,500	0,125	1,000	0,125	0,111	0,143	2,000	3,000	9,000
A4	6,000	1,000	8,000	1,000	0,333	3,000	8,000	9,000	9,000
A5	8,000	2,000	9,000	3,000	1,000	2,000	9,000	9,000	9,000
A6	6,000	1,000	7,000	0,333	0,500	1,000	6,000	8,000	9,000
A7	5,000	0,125	0,500	0,125	0,111	0,167	1,000	9,000	9,000
A8	0,167	0,111	0,333	0,111	0,111	0,125	0,111	1,000	9,000
A9	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	1,000
Σ	27,777778	6,47222	35,9444	5,97222	2,90278	7,7123	34,4222	54,1111	73

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Σ	[B]
A1	0,036	0,15451	0,05564	0,02791	0,04306	0,02161	0,00581	0,11088	0,12329	0,57871	0,06
A2	0,036	0,15451	0,22257	0,16744	0,17225	0,12966	0,23241	0,16632	0,12329	1,40445	0,16
A3	0,018	0,01931	0,02782	0,02093	0,03828	0,01852	0,0581	0,05544	0,12329	0,3797	0,04
A4	0,216	0,15451	0,22257	0,16744	0,11483	0,38899	0,23241	0,16632	0,12329	1,78636	0,20
A5	0,288	0,30901	0,25039	0,50233	0,3445	0,25933	0,26146	0,16632	0,12329	2,50462	0,28
A6	0,216	0,15451	0,19474	0,05581	0,17225	0,12966	0,17431	0,14784	0,12329	1,36841	0,15
A7	0,18	0,01931	0,01391	0,02093	0,03828	0,02161	0,02905	0,16632	0,12329	0,61271	0,07
A8	0,006	0,01717	0,00927	0,0186	0,03828	0,01621	0,00323	0,01848	0,12329	0,25053	0,03
A9	0,004	0,01717	0,00309	0,0186	0,03828	0,01441	0,00323	0,00205	0,0137	0,11453	0,01

[B]	[C]	[D]
0,06	0,69	10,779
0,16	1,96	12,5423
0,04219	0,50549	11,9817
0,19848	2,53643	12,779
0,27829	3,3618	12,0801
0,15205	1,94022	12,7607
0,06808	0,87631	12,8721
0,02784	0,26403	9,48499
0,01273	0,12242	9,62041

$\lambda_{max} = 11,6556$
 $CI = 0,33195$
 $RI = 1,45$
 $CR = 0,22893$

Şekil 5. AHP hesaplamaları.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
A	50	40	50	75	55	40	50	50	50
B	50	60	50	25	45	60	50	50	50
WEIGHTS	0,06	0,16	0,04	0,20	0,28	0,15	0,07	0,03	0,00
STEP1: CALCULATE NORMALIZED RATINGS (RIJ=XIJ/KARAKÖK İÇİNDE TOPLAM(XIJ^2))									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
A	0,7071	0,5547	0,7071	0,9487	0,7740	0,5547	0,7071	0,7071	0,7071
B	0,7071	0,8321	0,7071	0,3162	0,6332	0,8321	0,7071	0,7071	0,7071
STEP2: CALCULATE WEIGHTED NORMALIZED RATINGS (VIJ=WJ*RIJ)									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
A	0,0455	0,0866	0,0298	0,1883	0,2154	0,0843	0,0481	0,0197	0,0000
B	0,0455	0,1298	0,0298	0,0628	0,1762	0,1265	0,0481	0,0197	0,0000
STEP3: IDENTIFY POSITIVE-IDEAL AND NEGATIVE-IDEAL SOLUTIONS									
MAXIMUM	0,0455	0,1298	0,0298	0,1883	0,2154	0,1265	0,0481	0,0197	0,0000
MINIMUM	0,0455	0,0866	0,0298	0,0628	0,1762	0,0843	0,0481	0,0197	0,0000
STEP4: CALCULATE SEPERATION MEASURES									
	MAX		MIN				STEP5		
A	0,0604		0,1315				0,6852		
B	0,1315		0,0604				0,3148		
A GEMİSİ KUSUR ORANI	69%								
B GEMİSİ KUSUR ORANI	31%								

Şekil 6. TOPSIS hesaplamaları ve nihai kusur oranı sonuçları.

Bilirkişi değerlendirmeleri ve model uygulamasının sonucunda;

Sea Star gemisinin çatışma olayındaki kusur oranının %69, Auriga gemisinin çatışma olayında kusur oranının ise %31 olduğu görüşüne varılmıştır.

Mahkemenin kararlarına benzer sonuçlar tespit edilmiş ve modelin tutarlı çalıştığı görülmüştür.

4. Sonuç

Çatışma, gemi kazalarında sıklıkla görülen ve en önemli vakalardan birisidir. Gemi çatışmalarının analizi konusunda özellikle insan faktörü, çevre şartları ve teknik ve ticari kusurlar göz önünde bulundurulmaktadır. Bu sayede gemi çatışmalarını en aza indirmek için gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetler belirlenmektedir. Bu noktada, gemi çatışma araştırmalarının, hukuki mevzuatlar ve uluslararası kural gereksinimleri göz önünde bulundurularak yürütülmesi daha etkin önlemler geliştirilmesini sağlayacaktır.

Son yıllarda, uluslararası denizcilik otoritelerinin çabaları, sürekli güncellenen uluslararası kurallar, ilerleyen deniz teknolojisi imkanlarına rağmen, gemi kaza oranları istenilen seviyelere indirilememiştir. Bu nedenle denizcilik endüstrisinde operasyonel seviyede meydana gelen tehlikeli oluşumlar ve kazalar konusunda yürütülen çalışmalar ve çözüm arayışları hızla devam etmektedir. Gemi çatışmalarında en önemli unsurlardan birisi çatma sorumluluklarının belirlenmesidir. Bu süreç konu ile ilgili operasyonel hakimiyetin yanı sıra, hukuki mevzuatlarında yorumlanmasını gerektirmektedir.

Özellikle, gemi çatışmalarından sonra izlenen hukuki süreçte çatma sorumluluklarının belirlenmesi aşaması, hakimlerin belirlediği bilirkişiler tarafından yürütülmektedir. Hava ve çevre şartları, insan faktörü, seyir alanı, gemi karakteristikleri gibi birçok etkeninin göz önünde bulundurulması gereken bu süreçte kompleks bir karar problemi ile karşılaşmaktadır. Bu konuda verilen kararların tutarlılığı göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu eksiklik, bilirkişilerin subjektif kararlar verme ihtimalini artırmaktadır. Çatmada kusur oranlarının belirlenmesi kararı, tek faktörün değil, çok sayıda iç ve dış faktörün etkisi ile oluşmakta, dolayısıyla karmaşık bir yapı göstermektedir. Bu nedenle bu süreç, sadece tek değişkene veya tek kritere göre değil, çok sayıda değişkene ve bunların ortak etkilerine göre tanımlanmalıdır.

Bu noktada bilirkişilere karar desteği sağlamak amacıyla, çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak model algoritması oluşturulmuştur. İlk aşamada çatışma kazası için uygulamada olan kuralların ağırlıklandırılması AHP yöntemi ile yapılmış, ardından aynı kriterler üzerinden gemilerin kusur oranları TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan vaka analizi ile de emsal kararlar üzerinden model uygulaması yapılmış ve emsal mahkeme kararlarıyla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Amiri, M. P. (2010). Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, 37(9), 6218-6224.

Awan, U., Hannola, L., Tandon, A., Goyal, R. K., ve Dhir, A. (2022). Quantum computing challenges in the software industry. A fuzzy AHP-based approach. *Information and Software Technology*, 147, 106896.

Bambulyak, A., ve Ehlers, S. (2020). Oil spill damage: a collision scenario and financial liability estimations for the Northern Sea Route area. *Ship technology research*, 67(3), 148-164.

Butowski, L. (2018). An integrated AHP and PROMETHEE approach to the evaluation of the attractiveness of European maritime areas for sailing tourism. *Moravian Geographical Reports*, 26(2), 135-148.

Cahill, R. A. (1983). *Collisions and their causes*: Fairplay Publications.

Celik, M., Deha Er, I., ve Ozok, A. F. (2009). Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 190-198. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.09.004>

Dağdeviren, M., Yavuz, S., ve Kılınç, N. (2009). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8143-8151.

EMSA. (2021). *An overview of marine casualties and incidents 2021*. Retrieved from <https://www.emsa.europa.eu>

Gao, Q., Peng, S., Lu, X., ve Yin, Y. (2022). *Evaluation of the economic vitality of the nine cities and prefectures in Guizhou Province based on the entropy weight-TOPSIS method*. Paper presented at the 2022 IEEE 6th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC).

Gupta, S., Khanna, R., Kohli, P., Agnihotri, S., Soni, U., ve Asjad, M. (2022). Risk evaluation of electric vehicle charging infrastructure using Fuzzy AHP—a case study in India. *Operations Management Research*, 1-14.

Hald, H. J. (2007). *Apportionment of Collision Liability: A Survey of Nordic Maritime Collision Case Law*. (Doctoral dissertation)

Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review. *European Journal of operational research*, 186(1), 211-228.

Hwang, C.-L., ve Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191): Springer.

- Iqbal, M., Ma, J., Ahmad, N., Ullah, Z., ve Ahmed, R. I.** (2021). Uptake and adoption of sustainable energy technologies: Prioritizing strategies to overcome barriers in the construction industry by using an integrated AHP-TOPSIS approach. *Advanced Sustainable Systems*, 5(7), 2100026.
- Kara, E. G. E.** (2022). Determination of maritime safety performance of flag states based on the Port State Control inspections using TOPSIS. *Marine Policy*, 143, 105156.
- Kaya, A. Y., Asyali, E., ve Ozdagoglu, A.** (2018). Career decision making in the maritime industry: research of merchant marine officers using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*.
- Khambhati, R., Patel, H., ve Kumar, S.** (2021). A performance evaluation and comparison model for urban public healthcare service Quality (Urbpubhcservqual) By fuzzy TOPSIS Method. *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, 1-20.
- Nazim, M., Mohammad, C. W., ve Sadiq, M.** (2022). A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 10851-10870.
- Ömürbek, N., Makas, Y., ve Ömürbek, V.** (2015). AHP ve TOPSIS yöntemleri ile kurumsal proje yönetim yazılımı seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(21), 59-83.
- Pathan, A. I., Girish Agnihotri, P., Said, S., ve Patel, D.** (2022). AHP and TOPSIS based flood risk assessment-a case study of the Navsari City, Gujarat, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7), 1-37.
- Pereira, V., ve Bamel, U.** (2022). Charting the managerial and theoretical evolutionary path of AHP using thematic and systematic review: a decadal (2012–2021) study. *Annals of Operations Research*, 1-17.
- Qi, J.** (2022). Ship collision in Chinese Maritime Law: Legislation and Judicial Practice. *Journal of Navigation and Port Research*, 46(2), 99-109.
- Qveim-Leikanger, S.** (2018). *From Manual to Autonomous: One-Hundred Years of Maritime Ship-to-Ship Collision Liability. On the Material Rules and Evaluation of Fault in Collisions between Vessels: Scandinavian Maritime Collision Liability from 1918 to 2018.* (Doctoral dissertation)
- Roszkowska, E.** (2011). Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. *Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice*, 6(1), 200-230.
- Saaty, T. L.** (1980). *The Analytic Hierarchy Process* McGraw Hill, New York. *Agricultural Economics Review*, 70.
- Saaty, T. L.** (1986). Absolute and relative measurement with the AHP. The most livable cities in the United States. *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(6), 327-331.
- Saaty, T. L.** (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Sahin, B., Senol, Y. E., Bulut, E., ve Duru, O.** (2015). Optimizing technology selection in maritime logistics. *Research in Logistics & Production*, 5.
- Senol, Y. E., ve Sahin, B.** (2016). A novel real-time continuous fuzzy fault tree analysis (RC-FFTA) model for dynamic environment. *Ocean Engineering*, 127, 70-81.
- Şenol, Y., Gökçek, V., ve Seyhan, A.** (2017). *SWOT-AHP analysis of autonomous shipping*. Paper presented at the 4th International Multidisciplinary Congress of Eurasia Proceedings.
- Şenol, Y. E., Şahin, B., ve Kum, S.** (2013). Marine accident analysis by using pairwise comparison. *Journal of ETA Maritime Science*, 1(2), 59-64.
- TTK.** (2011). Kanun No: 6102. *Resmi Gazete*(27846).

Uçdu, G., ve Kılıç, A. (2022). Investigation of Turkish Ports Within the Scope of Port Location Selection and Green Port. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 3(1), 35-49.