

Otonom Gemilerinin Seyir Emniyeti Açısından Risklerinin İncelenmesi

Murat YORULMAZ ¹, Faruk KÖSEOĞLU ²
Özet

Otonom gemiler; insan müdahalesi olmadan ya da minimum müdahale ile belirli görevleri yerine getirebilen ileri teknoloji ürünü deniz ulaştırma araçlarıdır. Bu tür gemilerin deniz ulaştırmasında yaygınlaşması, operasyonel verimlilik, hız ve maliyet avantajları sunmakla birlikte, deniz emniyeti açısından çeşitli riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, otonom gemilerin emniyetli bir şekilde işletilmesi için öncelikle kapsamlı bir risk analizi yapılmalı ve buna göre teknolojik altyapıları güçlendirilerek gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, otonom gemilerinin deniz ulaştırmasında seyir emniyeti açısından ortaya çıkabilecek risklerinin belirlenmesi ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (BAHP) tekniği kullanılarak söz konusu bu risklerin analiz edilmesi ve değerlendirilmesidir. Yapılan literatür araştırması sonucunda elde edilen kriterler, anket formu kullanılarak denizcilik sektörü uzmanı 15 katılımcı tarafından değerlendirilmiştir. Analiz bulgularına göre, "C₂. Siber riskler" %31,03 oran ile en önemli risk unsuru olarak bulunmuştur. C₂. Siber riskleri %25,75 ile "C₁. Sistemsel ve donanımsal arızalar" %24,07 ile "C₃. Gemi operasyonuna ilişkin veri hataları" %19,14 ile "C₄. Diğer riskler" in takip ettiği ortaya çıkmıştır. Literatürde yapılan incelemelerde BAHP tekniği kullanılarak, otonom gemilerin deniz emniyeti açısından risk yönetimi ile ilgili yapılmış olan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yönüyle bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Otonom Gemiler, Deniz Ulaştırması, Deniz Emniyeti, Risk Analizi, Bulanık AHP.

Jel Kodu: L91, L92, M10

An Investigation of The Risks of Autonomous Ships in Terms of Safety of Navigation

Abstract

Autonomous ships are advanced technology maritime transportation vehicles that can perform certain tasks without human intervention or with minimal intervention. While the proliferation of such vessels in maritime transportation offers operational efficiency, speed and cost advantages, it also brings with it various risks in terms of maritime safety. Therefore, for the safe operation of autonomous ships, a comprehensive risk analysis should be conducted and necessary arrangements should be made by strengthening their technological infrastructure accordingly. In this context, the aim of this study is to determine the risks that may arise in terms of safety of navigation in maritime transportation of autonomous ships and to analyze and evaluate these risks using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (BAHP) technique, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. The criteria obtained as a result of the literature research were evaluated by 15 maritime industry experts using a questionnaire form. According to the findings of the analysis, "C₂. Cyber risks" was found to be the most important risk factor with a rate of 31.03%. C₂. Cyber risks are followed by "C₁. System and hardware failures" with 25.75%, "C₃. Data errors related to ship operation" with 24.07% and "C₄. Other risks" with 19.14%. In the literature review, there is no study on the risk management of autonomous ships in terms of maritime safety using the BAHP technique. In this respect, it is thought that this study will contribute to the literature.

Keywords: Autonomous Ships, Maritime Transport, Maritime Safety, Risk Analysis, Fuzzy AHP.

Jel Codes: L91, L92, M10

ATIF ÖNERİSİ (APA): Yorulmaz, M., Köseoğlu, F. (2025). Otonom Gemilerinin Seyir Emniyeti Açısından Risklerinin İncelenmesi. *İzmir Yönetim Dergisi*, 6 (Özel Sayı), 1-14. Doi: 10.56203/iyd.1619030

¹Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Karamürsel / KOCAELİ, **EMAIL:** murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr, **ORCID:** 0000-0002-5736-9146

²Yüksek Lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Ana Bilim Dalı, Karamürsel / KOCAELİ, **EMAIL:** 235297008@kocaeli.edu.tr, **ORCID:** 0000-0002-3529-9618

1. GİRİŞ

Dünyanın dörtte üçünün sularla kaplı olması nedeniyle birçok alanda denizlerin kullanımı kaçınılmazdır. Deniz ulaştırması beş bin yıllık bir tarihi geçmişe sahip olan ve büyük ölçekli yüklerin kıtalar arası taşınmasına olanak sağlayan en ekonomik taşımacılık modelidir.

Denizyolu taşımacılığının en yakın rakibi olan demiryolu taşımacılığına göre 3,5 kat daha ucuz olması, bu taşımacılık türünün önemini gözler önüne sermektedir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2007).

Denizyolu taşımacılığı genel anlamda üç sac ayağının üzerine inşa edilmiş olup bunlar; yük, gemi ve limandan oluşmaktadır (Kılıcı, 2017). Bu kapsamda gemiler deniz ticaretinin en önemli aktörlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmanın amacı, otonom gemilerinin deniz ulaştırmasında seyir emniyeti açısından ortaya çıkabilecek risklerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda; ulusal ve uluslararası literatürden faydalanılarak elde edilen risk unsurları; ana ve alt kriterlere ayrılarak, anket formu vasıtasıyla denizcilik sektörü uzmanı 15 katılımcıya ulaştırılmıştır. Bu 15 katılımcı aynı zamanda çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Literatürde karar verici grubun görüş sayısı ile ilgili bir genelleme bulunmamakla birlikte yapılan uygulamaların genel olarak 5 ile 17 kişi arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir (Chang vd, 2011; Shahraki ve Paghaleh, 2011; Hwang vd, 2014; Özdemir, 2016). Katılımcıların ortalama mesleki tecrübe süresi 22,33 yıl olup yaklaşık çeyrek asırlık bir tecrübeye denk gelmektedir. Katılımcılardan elde edilen veriler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Bulanık AHP (BAHP) tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Literatürde yapılan incelemeler sonucunda, BAHP tekniği kullanılarak otonom gemilerin deniz emniyeti açısından risklerinin analizi ve yönetimi ile ilgili yapılmış olan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

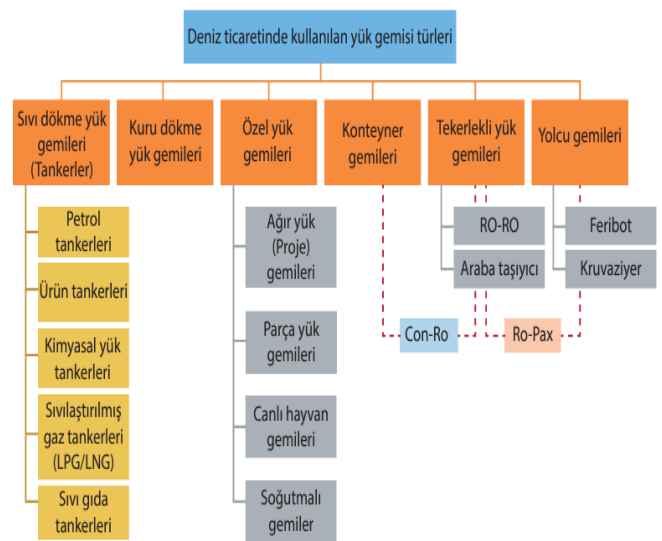
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1. 2.1. Deniz Ulaştırması ve Otonom Gemileri

Denizyolu taşımacılığı; ülkelerin ve ekonomilerin en önemli taşımacılık metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise denizyolu taşımacılığının diğer taşıma modlarına göre çok daha avantajlı olmasıdır. Denizyolu taşımacılığı sayesinde büyük hacimli yükler kıtalar arası taşınabilmektedir.

Binlerce yıllık geçmişe sahip olan denizyolu taşımacılığı, zaman içerisinde gelişip dönüşerek bugünkü halini almıştır. Buna paralel olarak denizyolu taşımacılığının en önemli unsurlarından biri olan gemilerde de hayal edilemeyecek derecede değişim ve gelişimler kaydedilmiştir.

Deniz ticaretinde kullanılan yük gemisi çeşitleri Şekil 1'de gösterildiği gibi genel olarak 6 başlıkta toplanmakta olup bunlar; sıvı dökme yük gemileri (tankerler), kuru dökme yük gemileri, özel yük gemileri, konteyner gemileri, tekerlekli yük gemileri ve yolcu gemileri.



Şekil 1: Deniz Ticaretinde Kullanılan Yük Gemisi Türleri.

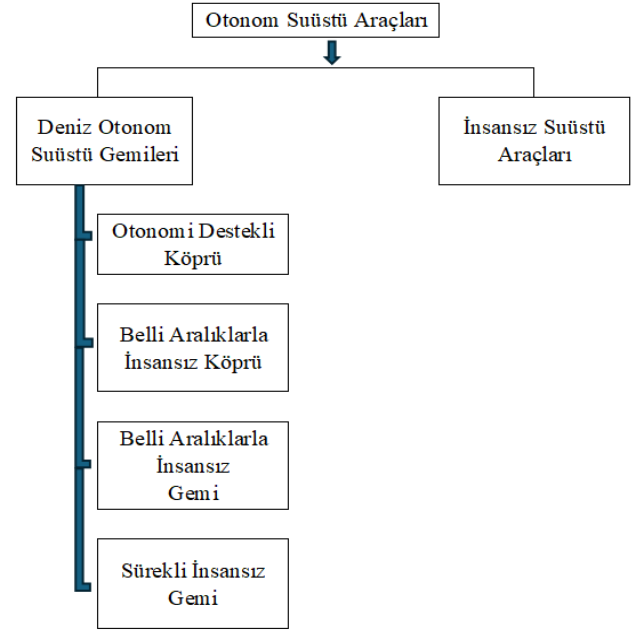
Kaynak: Esmer, 2019.

Henüz gemi çeşitleri arasında yeri tam olarak belirli olmayan otonom gemiler ve otonom ulaşım sistemleri onlarca yıl önce geliştirilmiş olsa da ancak yakın tarihte gerçeğe dönüşmüştür (Wahlström ve diğerleri, 2015). Buna bağlı olarak otonom gemilerin gelişim hızı son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Bunun başlıca sebepleri teknolojik gelişmeler, bilgisayar bilimi ve otomasyon teknolojisi gibi alanlarda meydana gelen deneyimlerdir. Ayrıca otonom ticaret gemilerinin gelişimini destekleyen başlıca nedenler şunlardır: denizcilikte sürekli artan güvenlik gereksinimleri, navlun fiyatlarını düşürme baskısı, çevreye zararlı emisyonları azaltmaya yönelik küresel ihtiyaç ve geleneksel gemilerdeki çalışma ortamının cazip olmaması nedeniyle yakın gelecekte denizci sıkıntısı yaşanmasıdır (Porathe, 2014; Porathe, 2016; Petersen, 2016; Kretschmann ve diğerleri, 2017; Ramos ve diğerleri, 2018; Fan ve diğerleri, 2020). Birçok araştırma ve proje (Laurinen, 2016; Jalonen ve diğerleri, 2017; Safety4sea, 2017; Maritimecyprus, 2018; Condliffe, 2017; Li, 2018; Marex, 2018; Vincent, 2018; Fan ve diğerleri, 2020) otonom gemilerin yakın gelecekte denizlerde kaçınılmaz bir gerçeklik haline geleceğini iddia etmektedir.

Veal ve Ringbom'a (2017) göre insansız gemi; üzerinde gemi insanı bulunmadığı zamanlarda su üzerinde kontrollü olarak hareket edebilen gemilerdir (Yenginar, 2024). IMO tarafından yapılan tanıma göre ise insansız gemiler; farklı derecelere göre insan etkileşiminden bağımsız olarak hareket edebilen gemilerdir (IMO, 2018). Rodseth ve Nordahl (2017) otonom gemi ile insansız gemi kavramlarının birbirinden ayrı kavramlar olduğunu savunmakta olup otonom gemi için tanınmış birtakım işlemi köprüüstü tayfasının müdahalesi olmadan ya da azaltarak gerçekleştirebilen gemi olduğunu dolayısıyla gemide gemi insanı olmadığı anlamına gelmediğini, insansız geminin ise köprüüstünde operasyonları gerçekleştirecek

veya denetleyecek bir insanın bulunmadığı anlamına geldiğini ve bunun gemi insanlarının hala gemide olabileceğini ifade etmektedir.

Rodseth ve Nordahl'a (2017) göre otonom suüstü araçları, deniz otonom suüstü gemileri ve insansız suüstü araçları olarak 2'ye ayrılmakta olup Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Otonom Suüstü Araçlarının Sınıflandırması.

Kaynak: Rodseth ve Nordahl, 2017.

Deniz otonom suüstü gemileri IMO tarafından 4 ayrı derecede sınıflandırılmakta olup bunlar şu şekilde belirtilmektedir.

Birinci derece (Otomatik süreçlere ve karar desteğine sahip gemi): Gemiadamları gemi sistemlerini ve işlevlerini çalıştırmak ve kontrol etmek için gemidedir. Bazı işlemler otomatikleştirilebilir ve zaman zaman denetimsiz olabilir ancak gemiadamları kontrolü ele almaya hazır bir şekilde gemide bulunurlar.

İkinci derece (Gemide denizcilerin bulunduğu uzaktan kumandalı gemi): Gemi başka bir yerden kontrol edilir ve işletilir. Gemiadamları kontrolü ele almak ve gemideki sistemleri ve fonksiyonları çalıştırmak için gemide bulunurlar.

Üçüncü derece (Gemide denizciler olmadan uzaktan kontrol edilen gemi): Gemi başka bir yerden kontrol edilir ve işletilir. Gemide denizci bulunmamaktadır.

Dördüncü derece (Tamamen otonom gemi): Geminin işletim sistemi kendi başına kararlar alabilir ve eylemleri belirleyebilir.

Son zamanlarda teknolojik gelişimlere bağlı olarak ticari alanda otonom gemilerinin kullanımına başlanmıştır. Bu kapsamda özellikle üç proje karşımıza çıkmaktadır: Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN), Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA) ve Yara Birkeland.

MUNIN, büyük oranda Avrupa birliği tarafından desteklenen ve 2015 yılının Ağustos ayında tamamlanan önemli bir projedir. Bu projede düşük hızda seyir ile yakıt tasarrufu sağlayarak olası personel masraflarından kaçınabilmek için insansız olarak ticari bir geminin işletilebilmesi ve ekonomik, teknik ve yasal fizibilitenin gerçekleştirilmesi amaç olarak karşımıza çıkmaktadır (Bolat ve Koşaner, 2021).

AAWA ise Finlandiya hükümetinin tarafından desteklenerek Rolls Royce ve FinFerries şirketlerinin katkılarıyla ortak sürdürülen bir projedir. Bu projede amaç ileri nesil gelişmiş gemilerin teknik özelliklerini belirleyerek tasarımlarını yapmaktır (Komianos, 2018; Bolat ve Koşaner, 2021; Feyzioğlu ve Yorulmaz, 2023).

Yara Birkeland ise Yara denizcilik ve Kongsberg teknoloji firmalarının ortak olarak 2017 yılında dünyadaki ilk otonom ve tamamen elektrikli konteyner gemisini yapmak amacıyla ortaklık kurarak 2020 yılında denize indirdikleri otonom bir ticari gemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Skredderberget, 2018).

2. 2.2. Otonom Gemilerinin Seyir Emniyeti Açısından Barındırdığı Risklerin Belirlenmesi

Otonom gemiler, operasyonel verimlilik, hız ve maliyet anlamında her ne kadar avantajlı olarak görünse de yapısı itibarıyla içerisinde bazı riskleri de barındırmaktadır.

Jalonen ve diğerleri'nin (2017) hazırlamış olduğu bir raporda; otonom gemilerde gemi adamının bulunmayacak olmasının deniz emniyetinde bazı kaygılara yol açacağı belirtilmiştir.

Yine Wrobel ve Krata'ya (2016) göre; insansız gemilerde meydana gelebilecek başlıca kaza çeşitlerinin seyir ile ilgili kazalar olduğu, sensör veya sistemsel arızaların ya da yetersiz/eksik bakım işlemlerinin bu gemilerin kaza yapmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Ece, 2018).

Rolls-Royce (2016) tarafından paylaşılan raporda "uzaktan kumandalı ve otonom gemiler insan kaynaklı hataları azaltma potansiyeline sahiptir ancak aynı zamanda mevcut bazı riskleri değiştirebilir ve yeni risk türleri yaratabilir" ifadesi yer almaktadır.

Dolayısıyla otonom gemiler deniz ulaştırmasında yeni fırsatlar sunmakla birlikte, deniz emniyeti açısından çeşitli risklerde barındırmaktadır. Yapılan literatür araştırmasına göre belirlenen otonom gemilerde meydana gelebilecek seyir emniyeti ile ilgili riskler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Otonom Gemilerde Seyir Emniyeti Açısından Belirlenen Ana ve Alt Kriterler.

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Kaynak
C1. Sistemsel ve Donanımsal Arızalar		IMO (International Maritime Organization), 2018; KIMST (Korea Institute of Marine Science and Technology), 2018
	C1.1 Seyir Sistemlerindeki Arızalar	IMO, 2018; KIMST, 2018; Fan vd., 2020
	C1.2 İletişim Cihazlarının Arızalanması	IMO, 2018; KIMST, 2018
C2. Siber Riskler		Dyravyy, 2015; Jones vd., 2016; KIMST, 2018; IMO, 2018; Hadi, 2019; Wang, 2020; Androina vd., 2020; Akpan vd., 2022
	C2.1 Hacker Saldırıları	IMO, 2018; KIMST, 2018
	C2.2 Gizli Bilgilerin Sızması	IMO, 2018; KIMST, 2018
	C2.3 Yazılım Maliyeti	Rodseth ve Tjora, 2014; Yılmaz ve Önaçan, 2019
C3. Gemi Operasyonuna İlişkin Veri Hataları		IMO, 2018; KIMST, 2018
	C3.1 Merkezden İletilen Hatalı Bilgiler	Jalonen vd., 2017; IMO, 2018; KIMST, 2018
	C3.2 Yetersiz Kıyı Desteği	IMO, 2018; KIMST, 2018; Fan vd., 2020
C4. Diğer Riskler		IMO, 2018; KIMST, 2018
	C4.1 Yüksek İşletme Maliyeti	Yılmaz ve Önaçan, 2019
	C4.2 Olumsuz Hava Koşulları	Rodseth ve Tjora, 2014; Yılmaz ve Önaçan, 2019
	C4.3 Yoğun Deniz Trafikliği	Burmeister vd., 2014; Yılmaz ve Önaçan, 2019

Tablo 1’de belirtilen kriterlere ait tanımlar sırasıyla aşağıda ifade edilmiştir.

“C1. Sistemsel ve Donanımsal Arızalar” ana kriterinin alt kriterleri olan;

Seyir sistemlerindeki arızalar (C1.1) Tahrik sistemi de dâhil olmak üzere temel işletim sistemlerinin arızalanması nedeniyle geminin arızalanması durumunu belirtmektedir.

İletişim cihazlarının arızalanması (C1.2) Bu kriter iletişim arızası gibi otonom operasyon için gerekli bilgi ve iletişim sisteminin arızalanması durumunu ifade etmektedir.

“C2. Siber Riskler” ana kriterinin alt kriterleri olan;

Hacker saldırıları (C2.1) Gemi veya yükü kaçırmaya yönelik hacker saldırılarını belirtmektedir.

Gizli bilgilerin sızması (C2.2) Yük ve müşteri ile ilgili gizli bilgilerin sızması gibi durumları ifade etmektedir.

Yazılım maliyeti (C2.3) Gerekli yazılım altyapısı için ihtiyaç duyulacak yüksek yatırım maliyetini belirtir.

“C3. Gemi Operasyonuna İlişkin Veri Hataları” ana kriterinin alt kriterleri olan;

Merkezden iletilen hatalı bilgiler (C3.1) Gemi operasyonuna ilişkin bilgiler de dahil olmak üzere kıyıdaki kontrol merkezine iletilen bilgilerin hatalı olması anlamına gelmektedir.

Yetersiz kıyı desteği (C3.2) Kıyıdaki gemi operatörünün gemide meydana gelebilecek bir kazayı fark etmemesi durumu veya müdahalede gecikmesi durumunu ifade etmektedir.

“C4. Diğer Riskler” ana kriterinin alt kriterleri olan;

Yüksek işletme maliyeti (C4.1) Meydana gelebilecek fazla işletme maliyeti olasılığını ifade etmektedir.

Olumsuz hava koşulları (C4.2) Uzak mesafelere seyirlerde meydana gelebilecek kötü hava ve deniz şartları gibi problemleri içermektedir.

Yoğun deniz trafiği (C4.3) Bu kriter deniz trafiğinin yoğun (Türk Boğazları gibi) olduğu yerlerde meydana gelebilecek kazaları ifade etmektedir.

Araştırma kapsamında; ulusal ve uluslararası literatürden faydalanılarak elde edilen risk unsurları ana ve alt kriterlere ayrılarak, anket formu vasıtasıyla denizcilik sektörü uzmanı 15 katılımcıya ulaştırılmış olup katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2: Katılımcılara Ait Demografik Bilgiler.

SIRA NO	MESLEĞİ	TECRÜBE	EĞİTİM
K1	GEMİ KAPTANI	24	YL
K2	KAPTAN/GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	14	YL
K3	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	24	YL
K4	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	31	YL
K5	GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	19	YL
K6	GEMİ KAPTANI / GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	20	DR
K7	GEMİ KAPTANI / GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	29	DR
K8	GEMİ KAPTANI / GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	22	YL
K9	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	28	DR
K10	GEMİ KAPTANI / EMEKLİ ALBAY	24	DR
K11	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	16	DR
K12	GEMİ FİLO MÜDÜRÜ	25	YL
K13	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	19	DR
K14	GEMİ KAPTANI / ÖĞRETİM GÖREVLİSİ	21	DR
K15	GEMİ ACENTESİ	19	YL

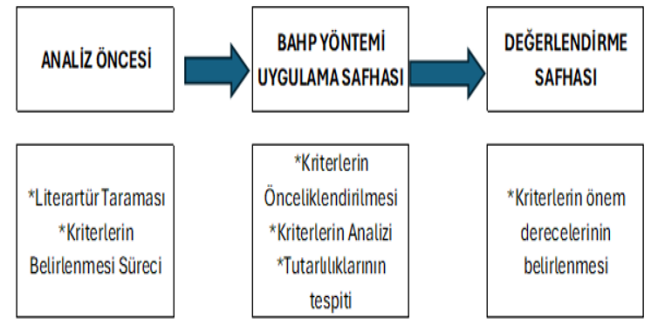
Tablo 2'yi incelediğimizde; araştırma kapsamında bilgisine başvurulmuş 12 katılımcının "Gemi Kaptanı", 2 katılımcının "Gemi Filo Müdürü", 1 katılımcının da "Gemi Acentesi" olarak görev yaptığı görülmektedir.

Katılımcıların eğitim durumunu incelediğimizde; 7 katılımcının doktora (DR) mezunu, 8 katılımcının yüksek lisans (YL) mezunu olduğu görülmektedir. Katılımcıların mesleki tecrübelerini incelediğimizde ise; en düşük tecrübeli katılımcının 14 yıllık mesleki tecrübesinin olduğu, en yüksek tecrübeli katılımcının 31 yıllık mesleki tecrübeye sahip olduğu görülmektedir. Katılımcıların ortalama mesleki tecrübeleri ise % 22,33 olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da yaklaşık çeyrek asırlık bir tecrübeye denk gelmektedir.

3. YÖNTEM

Otonom gemilerin seyir emniyeti açısından barındırdığı riskler için literatür taraması yapılmış ve oluşturulan kriterler hazırlanan anket formu vasıtasıyla denizcilik sektör uzmanlarına ulaştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda; her biri alanında uzman olan

katılımcıların görüşlerini içeren detaylı bir veri setinin incelenmesi hedeflenmiştir. İkinci safhada ise ulusal ve uluslararası literatürden elde edilen risk türleri (kriterler) çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (BAHP) yöntemi ile değerlendirilmiş ve en önemli kriterin hangisi olduğu bulunmaya çalışılmıştır. Çalışmanın modeli Şekil 3'te belirtilmiştir.



Şekil 3: Çalışmanın Modeli.

3.1. BAHP Yöntemi ve Uygulaması

BAHP, Thomas L. Saaty tarafından 1970'li yıllarda geliştirilen, içerisinde çoklu kriterleri barındıran karmaşık karar verme problemleri için tasarlanmıştır. AHP, alternatifler arasında seçim yapmamıza yarayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu yöntemin asıl amacı; ana kriterler, alt kriterler ve değişkenlerden (alternatifler) oluşan yapının hiyerarşik bir modelle analiz edilerek en uygun çözüme ulaşılması olarak ifade edilebilir (Acer, 2009). AHP karar noktasında sözel ifadelerden yararlanarak kriter veya kriterlere göre alternatifleri birbirleri arasında karşılaştırmayı mümkün kılan bir teknik olarak da ifade edilebilir (Karakul, 2019).

AHP'nin uygulamasında öncelikle kriterlerin hiyerarşik yapılarının oluşturulması, karar vericiler tarafından ikili karşılaştırmalar yapılması ve tutarlılığın hesaplanması gerekmektedir. Karar vericilerin, karar problemini birbirleri arasında hiyerarşik ilişki

olarak ayırması AHP'nin en önemli özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır ve hiyerarşinin en üstünde karar vericinin ana hedefi bulunur. Hiyerarşide daha aşağı seviyelerde ise bu ana hedefe ulaşmak için göz önünde bulundurulması gereken kriterler sıralanır (Buede, 1986).

AHP karar alma sürecinde, bireylerin ya da grupların önceliklerini de göz önünde bulunduran, nitel ve nicel değişkenleri birlikte değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Dağdeviren ve diğerleri, 2004). Ayrıca yöneticiler tarafından anlaşılması ve uygulanması kolay olan ve aynı zamanda karar verme sürecinin iyileştirilmesine de olanak sağlayan bir yöntemdir (Dağdeviren ve Eren, 2001).

Saaty (1990) ye göre, AHP'de karşılaştırma yapılırken karar vericilerin vermiş olduğu cevapların tutarlı olması gereklidir. Tutarlılık bir oran kullanılarak tespit edilmekte olup bu oranın 0,10'a eşit veya 0,10'dan küçük olması durumunda karar vericilerin vermiş olduğu cevapların geçerli olduğu sonucuna varılır. Tutarlılık oranını belirleyebilmek için "Rassal Indeks (Random Index-RI)" değerinin bilinmesi gerekmektedir. RI değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Boyutlara Göre RI Değerleri.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Kaynak: Saaty, 1990:104.

BAHP, bulanık ilişki ile ikili karşılaştırma kavramlarının birleşmesiyle ortaya çıkan bir

teknik olarak ifade edilebilir. Bulanık dilsel yaklaşım, katılımcıların olumlu/olumsuz düşüncelerini hesaba katabildiği için geleneksel AHP tekniğine alternatif olarak kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmada rastgele değerlerin seçilmesinde AHP yeterli olmamakta böylece belirsizlik ikili karşılaştırma değerlerinin bazılarında ya da tamamında kabul edilmek durumunda kalınmaktadır. BAHP tekniğinde tüm alternatiflerin kriterlere göre değerlendirme değerlerini belirlemek amacıyla, genelde bulanık sayılar ile ifade edilebilen sözel ifadeler kullanılmaktadır. Dolayısıyla net olmayan sayısal değerlerin net olmayan değerlendirmeleri bulanık sayılarla ifade edilmektedir (Kuo ve diğerleri, 2006).

Acer (2009) tarafından BAHP uygulama adımları aşağıda belirtilmiştir.

* Birinci aşamada kriter hiyerarşisi oluşturulmalıdır. Problem hiyerarşik bir yapıya dönüştürüldükten sonra hedeflenen amaç ve bu amaca ait alt hedefler belirlenmektedir.

* İkinci aşamada kriterlerin ağırlıkları hesaplanmaktadır. Eşit seviyedeki kriterlerin önem dereceleri ve ağırlıkları ikili karşılaştırmalar yardımıyla belirlendikten sonra tutarlılık analizi yapılır. Var ise tutarsızlıklar düzeltilerek tutarlı bir ikili karşılaştırma matrisi elde edilir ve bu matrise girilen veriler üçgen sayılara dönüştürülecektir.

* İkili karşılaştırma matrisinde ağırlık vektörü, geometrik ortalamalar yöntemi kullanarak belirlenir. Sonrasında her bir alternatifin ağırlık değerleri bulanık sayılar yardımıyla hesaplanır ve bu bulanık sayıların durulanması sonucu normal ağırlık değerleri elde edilir.

* Değerlendirme matrisi oluşturulurken dilsel değişkenler kullanılır. Matris oluşturulurken farklı değerler kullanıldığı zaman toplama işlemi yapılırken bu değerlerin aynı birim cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir.

* Son olarak üyelik değerleri analiz edildikten sonra alternatiflere ait öncelik değerleri

hesaplanmakta, böylece alternatiflerin öncelik sıraları da belirlenmektedir.

3.2. BAHP Yöntemi Kullanılarak Denizcilik Alanında Yapılan Çalışmalar

Literatüre bakıldığında, denizcilik alanında risk analizi özelinde AHP tekniği kullanılarak yapılmış olan birçok ulusal çalışmanın bulunduğu görülmekte olup bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir:

Yorulmaz ve Avcı, (2024) tarafından yapılan başka bir çalışmada gemilerin makine dairelerinde meydana gelebilecek tehlikelerin ve iş kazalarının belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi ve emniyetli çalışma ortamının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda literatürden ve uzmanlardan elde edilen 11 adet tehlike, Fine Kinney ve AHP yöntemleri birlikte uygulanarak analiz edilmiştir. Yavuz, (2017) yüksek lisans tez çalışmasında limanlarda meydana gelen İSG sorunlarına çözüm üretmek ve ortaya farklı bir bakış açısı koymak için Oransal Risk Değerlendirme Tekniği (PRAT), Bulanık PRAT ve AHP teknikleri kullanarak limanlar özelinde risk değerlendirmesi yapmıştır. Yorulmaz ve Öztürk, (2024) ise çalışmasında tersanelerde gemilerin havuzlama operasyonlarına yönelik risklerin analizini belirlemek amacıyla AHP ve Fine Kinney yöntemlerini kullanmıştır.

Uluslararası literatürde otonom gemilerde risk analizi kapsamında yapılan tarama sonucunda; Li, ve diğerleri (2024) tarafından yapılan bir çalışmada; otonom gemilerde operasyonel teknoloji sistemlerinin alt teknoloji sistemleriyle ilişkili olan siber riskleri ve bunun etkilerini inceleyen bir vaka çalışması olarak karşımıza çıkmaktadır. Amro ve Gkioulos (2022) tarafından yapılan çalışmada ise otonom yolcu gemilerine yönelik siber riskleri yönetebilmek için bir risk yönetimi yaklaşımı önerilmektedir. Choi ve Qi (2023) ise çalışmasında deniz otonom yüzey gemilerinde (MASS) güvenlik ile alakalı mevcut uluslararası düzenleyici sorunları tanımlamakta ve siber risklerin etkili bir

şekilde önlenmesi ve kontrolü için gerekli iyileştirmeleri incelemiştir. Yoo ve Park (2021) çalışmasında siber riskler ile ilgili IMO kılavuzlarında ek olarak sunulan endüstri ve uluslararası standartlara dayalı olarak idari, teknik ve fiziksel güvenlik risk bileşenleri için nitel risk değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Yöntem olarak denizcilik sektöründeki siber güvenlik açıklarının iyileştirilmesine yönelik bir anket yapılmış olup sonuçları analiz etmek ve iyileştirme planı öncelik önlemlerini türetebilmek için analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Kardakova, ve diğerleri (2019) çalışmasında yeni nesil denizcilik “mürettebatsız” gemilerindeki bilgi sistemlerinin siber güvenlik durumunun bir analizini yapmışlardır. Ehlers, ve diğerleri (2022) konu ile ilgili olarak denizcilik alanındaki uzmanların, gemilerin otomasyonunu (tamamen veya kısmen insansız) ve uyumlaştırılmış bir Denizcilik Siber Risk Yönetimi ile navigasyonda daha fazla güvenlik için yapay zekanın (AI) kullanılmasını önermektedir. Bir teknoloji geliştirme platformunda, bu tür son derece karmaşık denizcilik sistemleri gerçekçi koşullar altında doğrulanabilir ve test edilebilir olduğunu bildirerek, GPS, GLONASS veya Galileo gibi uydu tabanlı Küresel Navigasyon Uydu Sistemlerinin (GNSS) hassasiyeti ve kırılganlığı göz önünde bulundurularak konumların daha güvenilir ve esnek bir şekilde belirlenmesi sağlanabileceğini önermişlerdir. Virginia, (2019) yapmış olduğu çalışmada ampirik kanıtlar aracılığıyla, siber sistemlere yasadışı müdahalelere karşı korunmada denizcilik endüstrisinin hakları ve görevleri de dahil olmak üzere yasal sonuçları araştırırken, aynı zamanda Siber Deniz'de emniyet ve güvenliği sağlamak için gerekli yasal çerçeveler ve düzenlemeler için önerilerde bulunmuştur. Yine Amro ve Gkioulos (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada gizli kanallar kurmak için önde gelen bir denizcilik sistemi olan Otomatik Tanımlama Sistemini (AIS) kullanan denizcilik altyapısına yönelik yeni bir tehdidi araştırmaktadır. Mevcut ve gelecekteki

denizcilik sistemlerine uygulanabilirliği ve fizibilitesi hakkında ampirik kanıtlar sunmanın yanı sıra buna karşı hafifletme önlemlerini tartışmaktadır.

4. BULGULAR

BAHP tekniği kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre ana ve alt kriterlerin öncelik değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. BAHP Analizi Sonucu Kategorilerin Öncelik Değerleri.

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlıkları	Yüzdesi (%)
C2. Siber Riskler	0,31032	31,03%
C2.3 Yazılım Maliyeti	0,5874	58,74%
C2.2 Gizli Bilgilerin Sızması	0,24687	24,69%
C2.1 Hacker Saldırıları	0,16566	16,57%
C1. Sistemsel ve Donanımsal Arızalar	0,25754	25,75%
C1.2 İletişim Cihazlarının Arızalanması	0,61463	61,46%
C1.1 Seyir Sistemlerindeki Arızalar	0,38537	38,54%
C3. Gemi Operasyonuna İlişkin Veri Hataları	0,24074	24,07%
C3.1 Merkezden İletilen Hatalı Bilgiler	0,50277	50,28%
C3.2 Yetersiz Kıyı Desteği	0,49723	49,72%
C4. Diğer Riskler	0,19138	19,14%
C4.1 Yüksek İşletme Maliyeti	0,4992	49,92%
C4.3 Yoğun Deniz Trafiği	0,28295	28,30%
C4.2 Olumsuz Hava Koşulları	0,21775	21,78%

Ana kriterlerin kriter ağırlıkları incelendiğinde; siber risklerin % 31,03 ile birinci sırada, sistemsel ve donanımsal arızaların % 25,75 ile ikinci sırada, gemi operasyonuna ilişkin veri hatalarının % 24,07 ile üçüncü sırada, diğer risklerin ise % 19,14 ile dördüncü sırada yer aldığı görülmektedir.

C₁.Sistemsel ve donanımsal arızaların alt kategorileri incelendiğinde; % 61,46 ile iletişim cihazlarının arızalanması birinci sırada, % 38,54 ile seyir sistemlerindeki arızaların ikinci sırada yer aldığı görülmektedir.

C₂.Siber risklerin alt kategorileri incelendiğinde; % 58,74 ile yazılım maliyeti

birinci sırada, % 24,69 ile gizli bilgilerin sızması ikinci sırada, % 16,57 ile hacker saldırıları üçüncü sırada yer almaktadır.

C₃.Gemi operasyonuna ilişkin veri hatalarının alt kriterleri incelendiğinde; % 50,28 ile merkezden iletilen hatalı bilgiler birinci sırada, % 49,72 ile yetersiz kıyı desteği ikinci sırada yer almaktadır.

C₄.Diğer risklerin alt kategorilerini incelediğimizde ise; % 49,92 ile yüksek işletme maliyeti birinci sırada, % 28,30 ile yoğun deniz trafiği ikinci sırada, % 21,78 ile olumsuz hava koşulları üçüncü sırada yer almaktadır.

Katılımcıların vermiş olduğu cevaplara göre belirlenen tutarlılık oranları 0,10 değerinin altında olup Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Katılımcıların Cevaplarına Ait Tutarlılık Oranları.

SIRA NO	ANA KRİTERLER	C2. SİBER RİSKLER	C4. DİĞER RİSKLER
K1	0,09	0,09	0,06
K2	0,05	0,05	0,09
K3	0,09	0,09	0,06
K4	0,07	0,06	0,03
K5	0,08	0,02	0,06
K6	0,09	0,03	0,01
K7	0,08	0,08	0,09
K8	0,01	0,07	0,09
K9	0,08	0,07	0,08
K10	0,09	0,07	0,05
K11	0,02	0,05	0,01
K12	0,09	0,09	0,09
K13	0,07	0,03	0,05
K14	0,06	0,08	0,04
K15	0,06	0,07	0,05

Saaty (1990) ye göre ikili karşılaştırmalarda tutarlılık oranı aranmamaktadır. Bu nedenle katılımcıların; C₁. Sistemsel ve donanımsal arızalar ve C₃. Gemi operasyonuna ilişkin veri hataları ana kriterlerine ait alt kriterlerindeki ikili karşılaştırmalarda vermiş oldukları cevaplar için tutarlılık oranı hesaplanmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Otonom gemiler, ileri teknolojiye sahip deniz taşıma araçları olarak, insan müdahalesine gerek duymadan ya da en az düzeyde müdahaleyle belirli görevleri yerine getirebilmektedir. Bu tür gemilerin deniz taşımacılığında yaygınlaşması; operasyonel verimlilik, hız ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlasa da deniz emniyeti açısından birtakım riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, otonom gemilerin emniyetli bir şekilde işletilebilmesi için öncelikli olarak kapsamlı risk analizlerinin yapılması, ardından teknolojik altyapılarının bu doğrultuda güçlendirilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, otonom gemilerin deniz taşımacılığında seyir emniyeti açısından karşılaşılabilecek risklerinin belirlemesi ve söz konusu bu risklerin BAHP yöntemiyle analiz edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, literatür araştırmasıyla tespit edilen 4 ana ve 10 alt kriter denizcilik uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Kocaeli Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulunun 19/11/2024 tarih ve 2024/12 no'lu toplantısında alınan 32 sıra sayılı kararı ile etik kurul onayı sonrasında çalışmaya katılmak isteyen 15 denizcilik uzmanının anket formlarında vermiş oldukları cevaplar BAHP tekniği kullanılarak analiz edilmiş olup, elde edilen verilere göre ana kriter kategorisinde "C₂. Siber riskler" %32,03 oran ile otonom gemilerde seyir emniyeti açısından en önemli risk unsuru olarak tespit edilmiştir. Literatürde bulunan diğer çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların genellikle otonom gemilerde siber risklerin önemine vurgu yaptıkları görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma literatürde yer alan

diğer çalışmalarla örtüşmektedir. Aynı zamanda araştırmacıların çalışmalarında farklı yöntem ve teknikleri kullanmış oldukları da görülmektedir. C₂. Siber riskleri %25,75 oran ile "C₁. Sistemsel ve donanımsal arızalar" %24,07 oran ile "C₃. Gemi operasyonuna ilişkin veri hataları" %19,14 oran ile "C₄. Diğer riskler" in takip ettiği görülmektedir. "C₄. Diğer riskler" en düşük orana sahip risk unsuru olarak bulunmuştur. Dolayısıyla; yüksek işletme maliyeti, olumsuz hava koşulları ve yoğun deniz trafiği alt kategorilerini içeren "C₄. Diğer riskler" ana kategorisi, katılımcılar tarafından otonom gemilerinin seyir emniyeti açısından en düşük risk unsuru olarak değerlendirilmiştir. İlgili kriter her ne kadar en düşük risk unsuru olarak tespit edilsede alt kriterlerde bulunan C_{4.1} Yüksek İşletme Maliyeti kriteri yaklaşık %50 gibi bir oran ile en önemli alt kriter olarak ortaya çıkmaktadır. Bu da gemilerin otonoma dönüşüm veya otonom olarak üretimlerinin büyük maliyet gerektirdiği göstermektedir. Durum her ne kadar böyle olsa da otonom gemilerin uzun vadede büyük maliyet avantajı sağlayacağı öngörülmektedir.

Denizcilik sektörde yer alan karar vericilerin; otonom gemilerinin en önemli risk unsuru olan siber riskler için gerekli önlemleri alarak alt yapılarını (yazılım, donanım, vb.) yapay zekayı da kullanarak güçlendirmeleri otonom gemilerinin seyir emniyeti açısından büyük fayda sağlayacaktır.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde deniz taşımacılığında otonom gemilerin yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Otonom gemilerin teknolojik gelişimlere paralel olarak geliştirilmesi ortaya çıkması muhtemel insan hatalarının, maliyetlerin ve çevresel etkilerin azaltılmasına destek olacaktır. Dolayısıyla daha güvenli, ekonomik ve karbon ayak izi düşük bir gelecek vadetmektedir.

Literatürde BAHP tekniği kullanılarak, otonom gemilerinin deniz emniyeti açısından riskleri ile ilgili yapılmış olan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Böylece yapılan bu

çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca ileriki araştırmalarda çalışmada yer alan risklere ait ana/alt kriterlerin veya katılımcı uzman sayılarının çoğaltılması olmak üzere tüm sektör

unsurlarını kapsayacak şekilde başka çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Acer, A. (2009). Bulanık AHP yöntemi ile lojistik yönetimine çözüm yaklaşımı ve bir uygulama. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Akpan, F., Bendiab, G., Shiaeles, S., Karamperidis, S., & Michaloliakos, M. (2022). Cybersecurity challenges in the maritime sector. *Network*2022, (2), 123-138. <https://doi.org/10.3390/network2010009>

Amro, A., & Gkioulos, V. (2022). Cyber risk management for autonomous passenger ships using threat-informed defense-in-depth. *International Journal of Information Security*, (22), 249-288.

Androjna, A., Brcko, T., Pavic, I., & Greidanus, H. (2020). Assessing cyber challenges of maritime navigation. *Journal of marine science and engineering*, 8(10), <https://doi.org/10.3390/jmse8100776>

Bolat, F., & Koşaner, Ö. (2021). İnsansız gemilerin güncel statüleri. *Avrupa bilim ve teknoloji dergisi*, (23), 341-358. <https://doi.org/10.31590/ejosat.870875>

Buede, D. M., (1986). Structuring value attributes. *Journal of Interfaces*, 16(2), 52-62.

Burmeister, H. C., Bruhn, W. C., Rødseth, Ø. J., & Porathe, T. (2014). Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation implementation: the MUNIN perspective. *International journal of e-navigation and maritime economy*, (1), 1-13.

Chang, B., Chang, W. C., & Wu, C. H. (2011). "Fuzzy DEMATEL Method for Developing Supplier Selection Criteria". *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.

Choi, J. & Qi, J. (2023). Regulating Cyber Security of Maritime Autonomous Surface Ship: New Challenges and Improvements. *Journal of East Asia & International Law*, 16(2), 233-250.

Condliffe, J. (2017, Haziran). Shipping giants are looking to self-piloting boats to shift cargo. Erişim Adresi: <https://www.technologyreview.com/2017/06/09/4577/shipping-giants-are-looking-to-self-piloting-boats-to-shift-cargo/> Erişim Tarihi: 13.10.2024.

Dağdeviren, M., & Eren, T. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi üniversitesi mühendislik ve mimarlık fakültesi dergisi*, 16(2), 41-52.

Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt, M. (2004). İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması. *Gazi üniversitesi mühendislik ve mimarlık fakültesi dergisi*, 19(2), 131-138.

DPT (2007). 9. Kalkınma planı. Denizyolu ulaşımı özel ihtisas komisyon raporu. s.8

Dyryavyy, Y. (2015). Preparing for cyber battleships-electronic chart display and information system security. Erişim Adresi: <https://www.nccgroup.com/uk/our-research/preparing-for-cyber-battleshipselectronic-chart-display-and-information-system-security/> Erişim Tarihi: 11.10.2024.

Ece, J. N. (2018). Uluslararası ticaretin geleceği insansız gemiler: GZFT analizi ve hukuki boyutları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 10(2), 279-302.

- Ehlers, T., Portier, M., & Thoma, D. (2022). Automation of maritime shipping for more safety and environmental protection. *Automatisierungstechnik*, 70(5), Doi: <https://doi.org/10.1515/auto-2022-0003>
- Esmer, S. (2019). Liman ve terminal yönetimi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Fan, C., Wrobel, K., Montewka, J., Gil, M., Wan, C., & Zhang, D. (2020). A framework to identify factors influencing navigational risk for maritime autonomous surface ships. *Ocean Engineering*, (202), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107188>
- Feyzioğlu, İ., & Yorulmaz, M. (2023). Otonom gemilerin stcw sözleşmesindeki mevcut düzenlemelere etkisi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 394-424. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1297852>
- Hadi, G. (2019). Autonomous technologies in short sea shipping: trends, feasibility and implications. *Transport Reviews*, (39), 152-173.
- Hwang, B., Pai, N., Lu, C., & Ken, Y. (2014). "The design decision of online game development based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP Method". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 63(2), 486-498.
- IMO (International Maritime Organization-Uluslararası Denizcilik Örgütü), (2018). IMODOCS MSC 100/INF.10 - Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Results of technology assessment on Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) Submitted by Republic of Korea. Erişim Adresi: <https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=112690>, Erişim Tarihi: 11.10.2024.
- Jalonen, R., Tuominen, R., & Wahlström, M. (2017). Safety of unmanned Ships. Finland: Aalto University.
- Jones, K., Tam, K., & Papadaki, M. (2016). Threats and impacts in maritime cyber security. *Engineering & Technology Reference*, 1-11. <https://doi.org/10.1049/etr.2015.0123>
- Karakul, A. (2019). Bulanık ahp yöntemi ile yenilenebilir enerji kaynağı seçimi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (19), 127-149.
- Kardakova, M., Shipunov, I., Nyrkov, A., & Knysh, T. (2019). Cyber Security on Sea Transport. *EMMFT-2018*, (982), 481-490.
- Kılıcı, H. (2017). Taşımacılık faaliyetlerinin rekabet üstünlüğü oluşturmada işletmecilikte yeri ve önemi: Türkiye örneği ve Türkiye'de taşımacılığın gelişimi. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 74-86.
- KIMST (Korea Institute of Marine Science and Technology), (2018). Technology assessment: autonomous ships. Republic of Korea. https://www.researchgate.net/publication/328090361_Technology_Assessment_-_Autonomous_Ships, Erişim Tarihi: 11.10.2024.
- Komianos, A. (2018). The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges. *Transnav*, 12(2), 335-348.
- Kretschmann, L., Burmeister, H. C., & Jahn, C. (2017). Analyzing the economic benefit of unmanned autonomous ships: an exploratory cost-comparison between an autonomous and a conventional bulk carrier. *Research in Transportation Business & Management*, (25), 76-86.
- Kuo, M. S., Liang, G. S., & Huang, W. C. (2006). Extensions of the multicriteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment. *International Journal of Approximate Reasoning*, (43), 268-285.
- Laurinen, M. (2016). Remote and autonomous ships: The next steps. AAWA: Advanced autonomous waterborne applications. AAWA: Advanced autonomous waterborne applications, London, UK: AAWA Position Paper, Rolls Royce Plc.
- Li, M., Yousaf, A., Goh, M., Zhou, J., & Chattopadhyay, S. (2024). Guidelines for cyber

risk management in autonomous shipping. Andreoni, M. (Ed.), Applied Cryptography and Network Security Workshops içinde (143-161. Ss.). UAE; LNCS.

Li, Y. (2018). China begins work on largest unmanned cargo ship test field. Erişim Adresi: <https://www.ecns.cn/2018/02-13/292694.shtml> Erişim Tarihi: 12.10.2024.

Marex (2018). China to build autonomous ship test-bed. Erişim Adresi: <https://www.maritime-executive.com/article/china-to-build-autonomous-ship-test-bed> Erişim Tarihi: 12.10.2024.

Maritimecyprus (2018). UK issues code of practice for maritime autonomous surface ships. Erişim Adresi: <https://maritimecyprus.com/2018/03/07/uk-issues-code-of-practice-for-maritime-autonomous-surface-ships/> Erişim Tarihi: 13.10.2024.

Özdemir, Ü. (2016). Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak limanlarda yaşanan iş kazalarının incelenmesi. Journal of ETA Maritime Science, 4(3), 235-247.

Petersen, L. (2016). BIMCO/ICS Manpower report, Erişim Adresi: https://www.bimco.org/news/pressreleases/20160517_bimco_manpower_report. Erişim Tarihi: 13.10.2024.

Porathe, T. (2014). Remote monitoring and control of unmanned vessels – the MUNIN shore control centre. Compit, 14,

Porathe, T. (2016). A navigating navigator onboard or a monitoring operator ashore? Towards safe, effective, and sustainable maritime transportation: findings from five recent EU projects. Transportation Research Procedia, (14), 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.060>

Ramos, M. A., Utne, I. B., Vinnem, J. E., & Mosleh, A. (2018). Safety and reliability – safe societies in a changing world. London: CRC Press.

Rodseth O. J., & Tjora, A. (2014). A system architecture for an unmanned ship. Compit 2014. Redworth UK.

Rodseth, O. J. & Nordahl, H. (2017). Definitions for Autonomous Merchant Ships. Norwegian Forum for Autonomous Ships (NFAS), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22209.17760>

Rolls-Royce (2016). Safety and Security. Autonomous ships The next step. Erişim Adresi: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/%20customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf> Erişim Tarihi: 25.05.2025.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48, 75-105.

Safety4sea (2017). Autonomous vessels from a legal perspective. Erişim Adresi: <https://safety4sea.com/autonomous-vessels-from-a-legal-perspective/>. Erişim Tarihi: 13.10.2024.

Shahraki, A., & M. Paghaleh. (2011). Ranking the voice of customer with Fuzzy DEMATEL and Fuzzy AHP. Indian Journal of Science and Technology, 4(12), 1763-1772.

Skredderberget, A. (2018). The first ever zero emission autonomous ship. Erişim Adresi: <https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-forthe-environment/> Erişim Tarihi: 12.10.2024.

Veal, R., & Ringbom, H. (2017). Unmanned ships and the international regulatory framework. JIML, 23(2), 100-118.

Vincent, J. (2018). The US Navy's new autonomous warship is called the sea hunter. Erişim Adresi: <https://www.theverge.com/2016/4/8/11391840/us-navy-autonomous-ship-sea-hunter-christened> Erişim Tarihi: 13.10.2024.

Virginia, G. (2019). Navigating the cyber sea: dangerous atolls ahead. Cowling, N. V. D. & Leenen, N. (Ed.), ICCWS, 2019. 87-93.

Wahlström, M., Hakulinen, J., Karvonen, H., & Lindborg, I. (2015). Human factors challenges in unmanned ship operations-insights from other domains. *Procedia Manufacturing* (3), 1038-1045.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.167>

Wang, X., Park, J. H., Liu, H., & Zhang, X. (2020). Cooperative output-feedback secure control of distributed linear cyber-physical systems resist intermittent DoS attacks. *IEEE transactions on cybernetics*, 51(10),

Wrobel, K., Krata, P., Montewka, J., & Tomasz, H. (2016). Towards the development of a risk model for unmanned vessels design and operations. *International journal on marine navigation and safety of sea transportation*, 10(2), 267-274.

Yavuz, H. (2017). Liman sektöründe iş güvenliği analizi ve uygulamaları: risk analizinde pratik tekniği, bulanık mantık ve ahp yaklaşımı. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Denizli.

Yenginar, A. (2024). İnsansız gemilerin iş yeri örgütlenmesi üzerindeki etkileri: ticaret

gemileri özelinde bir değerlendirme. Yorulmaz, M. (Ed.), *Denizcilikte Yeşil ve Dijital Dönüşüm içinde* (223-237. ss.). İstanbul ; Efeakademi Yayınları.

Yılmaz, F., & Önaçan, M. B. K. (2019). Otonom gemi teknolojilerine dair gelişmeler ile Türk denizcilik ve gemi inşa sektörüne etkileri üzerine nitel bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 11(1),

Yoo, Y., & Park, H. S. (2021). Qualitative risk assessment of cybersecurity and development of vulnerability enhancement plans in consideration of digitalized ship. *Journal of Marine Science and Engineering*, (9), 1-14. <https://doi.org/10.3390/jmse9060565>

Yorulmaz, M., & Avcı, S. (2024). Gemi makine dairesi için fuzzy kinney ve ahp yöntemleri ile risk analizi ve yönetimi. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(25), 17-28. <https://doi.org/10.55589/bsbd.1422049>

Yorulmaz, M., & Öztürk, M. A. (2024). Tersanelerde gemilerin havuzlama operasyonlarının risk analizi ve yönetimi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 58-104.