

Deniz Taşımacılığında Risk Analizi ve Yapay Zekâ Uygulamaları: Literatür İncelemesi

Yazar: Meriç Özcan

Tarih: 28 Ağustos 2025

Özet

Bu sistematik ve kapsamlı literatür incelemesi, küresel ticaretin %80'inden fazlasını taşıyan deniz taşımacılığı sektöründeki risk yönetimi ve yapay zekâ (YZ) entegrasyonu üzerine odaklanmaktadır. Çalışma, denizcilik operasyonlarını etkileyen başlıca risk türlerini (doğal, operasyonel, teknik, güvenlik ve hukuki-politik) kapsamlı bir şekilde analiz etmektedir. Makale ayrıca, uluslararası nakliye süreçlerindeki anahtar performans göstergelerini (KPI'lar) ve geleneksel risk analiz yöntemlerini (FMEA, SWOT) detaylandırmaktadır. En önemlisi, YZ ve makine öğrenmesi teknolojilerinin rota optimizasyonu, öngörücü bakım, çarpışma önleme ve liman operasyonlarında sağladığı dönüştürücü etkileri vurgulamaktadır. Elde edilen bulgular, geleneksel yöntemlerin hâlâ geçerliliğini koruduğunu, ancak YZ ve veri analitiğiyle desteklenerek risk yönetiminin daha proaktif ve öngörücü hale geldiğini göstermektedir. Bu çalışma, denizcilik sektörünün dijital geleceğine dair bir yol haritası sunarken, entegrasyonun önündeki engelleri, etik sorunları, siber güvenlik tehditlerini, insan faktörünün rolünü ve gelecekteki potansiyel araştırma alanlarını da kapsamlı bir şekilde tartışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deniz Taşımacılığı, Lojistik Risk Yönetimi, Yapay Zekâ, Dijitalleşme, Tedarik Zinciri.

1. Giriş

Kısa Özet: Bu bölüm, deniz taşımacılığının küresel ekonomideki merkezi rolünü ve bu sektörün karşı karşıya olduğu çok katmanlı riskleri ele alarak, çalışmanın amacını ve kapsamını belirler.

Deniz taşımacılığı, dünya ticaretinin hacim bazında %80'inden fazlasını taşıyarak küresel ekonominin can damarı olmaya devam etmektedir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) gibi uluslararası kuruluşların raporları, deniz ticaretinin büyüklüğünü ve stratejik önemini her geçen gün daha da vurgulamaktadır. Ancak bu hayati sektör, doğası gereği fırtınalardan siber saldırılara, politik istikrarsızlıklardan çevresel felaketlere kadar uzanan geniş bir risk yelpazesine maruz kalmaktadır. Bu risklerin etkin bir şekilde yönetimi, sadece operasyonel verimlilik ve güvenlik açısından değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik ve çevresel uyumluluk açısından da kritik bir zorunluluktur.

Geleneksel risk yönetimi yaklaşımları, genellikle geçmiş verilere dayalı olarak reaktif çözümler sunarken, günümüzün hızla değişen ve dijitalleşen dünyasında bu yöntemler giderek yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ (YZ) ve veri analitiği gibi ileri teknolojilerin sunduğu proaktif ve öngörücü çözümlere olan ilgi artmıştır. Bu makalenin temel amacı, mevcut literatürü sistematik bir biçimde inceleyerek, deniz taşımacılığındaki risk türlerini, risk analiz yöntemlerini ve bu alanda YZ'nin dönüştürücü rolünü ortaya koymaktır. Çalışma, geleneksel yöntemlerin modern teknolojiyle nasıl harmanlandığını, sektörün geleceğini

şekillendirebilecek potansiyel YZ uygulamalarını ve dijitalleşmenin önündeki temel zorlukları kapsamlı bir şekilde tartışacaktır. Bu kapsamlı inceleme, sektördeki karar alıcılara, akademisyenlere ve araştırmacılara güncel bir perspektif sunmayı hedeflemektedir.

2. Teorik Çerçeve ve Kavramsal Yaklaşım

Kısa Özet: Bu bölüm, çalışmanın dayandığı temel kavramları ve teorik modelleri açıklayarak, risk yönetimi ve dijital dönüşümün deniz taşımacılığı bağlamındaki yerini detaylandırır.

Risk yönetimi, belirsizliğin hedefler üzerindeki etkisini azaltmayı amaçlayan sistematik bir süreçtir. Uluslararası Standardizasyon Örgütü'nün (ISO) **ISO 31000:2018** standardı, risk yönetimini, bir kuruluşun strateji, yönetim, operasyon ve raporlama süreçlerine entegre edilmesi gereken temel bir fonksiyon olarak tanımlar. Deniz taşımacılığı bağlamında bu süreç, risklerin tanımlanması, analiz edilmesi, değerlendirilmesi, ele alınması ve izlenmesi aşamalarını içerir. Geleneksel olarak kullanılan **Bow-tie analizi** (olayların nedenlerini ve sonuçlarını görselleştiren bir yöntem) ve **İsviçre Peyniri Modeli** (bir dizi engelin yetersizliğinden kaynaklanan hataları açıklayan bir model), bu alanda risklerin anlaşılmasında önemli araçlardır.

Tedarik zinciri risk yönetimi ise, lojistik operasyonlardaki olası aksaklıkları ve tehditleri yönetmeye odaklanır. Deniz taşımacılığı, küresel tedarik zincirinin kritik bir parçası olduğundan, bu risklerin yönetimi, sadece tek bir geminin güvenliği değil, tüm zincirin esnekliği ve sürekliliği için hayati öneme sahiptir.

Çalışmanın ana hipotezi, **dijital dönüşümün** risk yönetiminde bir paradigmanın değişimine yol açtığıdır. Bu değişim, reaktif bir yaklaşımdan (olay sonrası analiz) proaktif ve öngörücü bir yaklaşıma (olay öncesi tahmin ve önleme) geçişi ifade eder. Yapay zekâ, bu dönüşümün temelini oluşturur. YZ sistemleri, büyük veri setlerini işleyerek insan gözünden kaçabilecek korelasyonları ve paternleri tespit edebilir, böylece risklerin henüz oluşmadan önce tahmin edilmesini ve yönetilmesini mümkün kılar.

3. Sistematik Literatür Taraması Metodolojisi

Kısa Özet: Bu bölüm, çalışmanın akademik sağlamlığını sağlamak için kullanılan araştırma yöntemini, veri toplama stratejisini ve analiz prosedürlerini açıklamaktadır.

Bu çalışma, deniz taşımacılığı, risk yönetimi ve yapay zekâ konularını kapsayan bir sistematik literatür incelemesi metodolojisini benimsemiştir.

Arama Stratejisi: İlgili literatür, başlıca akademik veritabanları olan **Scopus**, **Web of Science**, **ScienceDirect** ve **Google Scholar** üzerinden taranmıştır. Arama için kullanılan anahtar kelime kombinasyonları şunlardır:

- "maritime risk management" AND "artificial intelligence"
- "shipping logistics" AND "machine learning"
- "supply chain risk" AND "digital twin" OR "blockchain"
- "maritime safety" AND "predictive maintenance"
- "port operations" AND "AI"

Dahil Etme ve Hariç Tutma Kriterleri:

- **Dahil Edilenler:** 2020-2025 yılları arasında yayımlanmış, hakemli dergilerdeki makaleler, konferans bildirileri ve saygın kuruluşlar tarafından yayımlanmış teknik raporlar.
- **Hariç Tutulanlar:** Konuyla doğrudan ilgili olmayan makaleler, blog yazıları, gazete makaleleri ve tez özetleri.

Veri Analizi: Toplanan literatür, tematik bir analiz yaklaşımıyla incelenmiştir. Her bir makale, aşağıdaki temalara göre sınıflandırılmış ve sentezlenmiştir: (1) incelenen risk türleri, (2) kullanılan risk analiz yöntemleri, (3) YZ teknolojilerinin uygulama alanları, (4) elde edilen sonuçlar ve (5) tespit edilen gelecekteki araştırma boşlukları.

4. Bulgular ve Tartışma

Kısa Özet: Bu bölümde, literatür taramasından elde edilen temel bulgular sunulur ve geleneksel yöntemlerle YZ tabanlı yaklaşımların entegrasyonu ele alınır.

4.1 Deniz Taşımacılığındaki Risk Faktörlerinin Detaylı Analizi

Literatür taraması, deniz taşımacılığı risklerinin sandığımızdan çok daha karmaşık ve birbirine bağımlı olduğunu göstermektedir.

- **Doğal ve Çevresel Riskler:** Fırtına ve kasırgalar gibi bilinen risklere ek olarak, **iklim değişikliğinin** rota ve seyir güvenliği üzerindeki etkileri giderek daha fazla araştırılmaktadır. Arktik Okyanusu'ndaki buzulların erimesiyle açılan **Kuzey Denizi Rotası**, yeni bir ticaret potansiyeli sunarken, aynı zamanda buzdağı çarpışmaları ve ani hava değişiklikleri gibi yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. **Ever Given** olayında olduğu gibi, aşırı hava koşulları ve insan faktörünün birleşimi, küresel tedarik zincirinde milyonlarca dolarlık zarara yol açabilmektedir.
- **Operasyonel ve Teknik Riskler:** Bu riskler, çoğunlukla gemideki makine arızalarından, liman operasyonlarındaki insan hatalarından ve hatalı navigasyon kararlarından kaynaklanmaktadır. Modern gemilerdeki **otomasyon sistemleri**, bu hataları azaltmayı amaçlasa da, siber güvenlik açıkları yeni bir tehdit katmanı oluşturmaktadır. Literatürde, gemi motoru sensörlerinden gelen titreşim, sıcaklık ve yakıt tüketim verilerinin analiziyle arızaların önceden tahmin edilmesine olanak tanıyan **öngörücü bakım** modelleri üzerine yoğunlaşan çalışmalar öne çıkmaktadır.
- **Güvenlik Riskleri:** Geleneksel korsanlık tehditleri azalırken, siber korsanlık ve yasadışı ticarete yönelik yeni tehditler ortaya çıkmaktadır. Liman otoriteleri ve lojistik şirketleri, yük manifestolarında manipülasyonu önlemek ve yasadışı yüklerin takibini sağlamak için **blockchain** gibi teknolojileri araştırmaktadır. **Kızıldeniz'deki Husi saldırıları** gibi son dönemdeki jeopolitik olaylar, askeri ve politik risklerin ne kadar hızlı bir şekilde ticareti aksatabileceğini ve rota değişikliğine yol açabileceğini gözler önüne sermiştir.

4.2 Uluslararası Nakliye Süreçlerinde KPI'lar ve Dijitalleşme

Geleneksel KPI'lar (Transit Süresi, Gecikme Oranı) artık tek başına yeterli değildir. Dijitalleşme, lojistik zincirinin daha derinlemesine analiz edilmesini sağlayan yeni KPI'ları beraberinde getirmektedir.

- **Dwell Time (Bekleme Süresi):** Bir konteynerin limana gelmesinden gemiye yüklenmesine kadar geçen süreyi ölçer. Yüksek bekleme süreleri, liman tıkanıklığını ve operasyonel verimsizliği gösterir. YZ destekli **liman yönetim sistemleri**, vinç hareketlerini ve depo planlamasını optimize ederek bu süreyi kısaltmayı hedeflemektedir.
- **First-Time Fix Rate (İlk Seferde Çözüm Oranı):** Bakım ve onarım işlerinin ilk denemede başarılı olma oranını ölçer. Öngörücü bakım modelleri, bu oranı doğrudan artırarak bakım maliyetlerini düşürür ve gemi arıza sürelerini minimize eder.

Yorum: Bu bulgular, denizcilik sektörünün, basit izleme sistemlerinden **öngörücü analitik ve optimizasyon sistemlerine** doğru evrildiğini göstermektedir.

5. Yapay Zekâ ve Veri Analitiği ile Risk Yönetimi Uygulamaları

Kısa Özet: Bu bölüm, YZ teknolojilerinin deniz taşımacılığındaki belirli uygulamalarını, teknik detaylarını ve operasyonel faydalarını ele alır.

5.1 Öngörücü Bakım (Predictive Maintenance)

Öngörücü bakım, gemi ekipmanlarındaki potansiyel arızaları, sensörlerden gelen gerçek zamanlı verileri (IoT) kullanarak YZ algoritmalarıyla tahmin etme sürecidir.

- **Veri Kaynakları:** Gemideki motorlardan, pompalarından ve navigasyon sistemlerinden gelen titreşim, sıcaklık, basınç ve yakıt tüketim verileri.
- **Kullanılan Algoritmalar:** Genellikle **makine öğrenmesi** algoritmaları olan **Random Forest**, **XGBoost** ve **derin öğrenme** (LSTM) modelleri kullanılır. Bu modeller, geçmiş arıza verileriyle mevcut sensör verilerini ilişkilendirerek arıza olasılığını hesaplar.
- **Faydaları:** Planlanmamış arıza kaynaklı duruş sürelerini %20-30 oranında azaltabilir, yedek parça envanter yönetimini optimize eder ve bakım maliyetlerini düşürür.

5.2 Akıllı Rota Optimizasyonu

Geleneksel rota planlaması, meteoroloji verilerine dayalı olsa da YZ destekli sistemler, çok daha fazla değişkeni (akıntılar, trafik yoğunluğu, siber güvenlik tehditleri, yakıt fiyatları) hesaba katabilir.

- **Kullanılan Algoritmalar:** **Pekiştirmeli öğrenme** (Reinforcement Learning) modelleri, geminin en verimli rotayı bulması için ödül/ceza sistemleri kullanarak öğrenir.
- **Faydaları:** Orca AI gibi şirketlerin geliştirdiği sistemler, hem yakıt tüketimini hem de karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Daha güvenli rotalar belirleyerek çarpışma ve kaza risklerini de minimize ederler.

5.3 Çarpışma Önleme ve Otonom Seyir Sistemleri

AIS, radar, **Lidar** ve **bilgisayarlı görü** (Computer Vision) sistemlerinden gelen veriler, **sensör füzyonu** tekniğiyle birleştirilerek çevrenin 3D modelini oluşturur. YZ algoritmaları, bu modeli analiz ederek olası çarpışma risklerini öngörür ve mürettebatı uyarır.

- **Gelişmiş Uygulamalar: Otonom gemiler**, bu teknolojilerin en ileri uygulamasıdır. YZ sistemleri, geminin dümenini ve hızını otomatik olarak yöneterek insan hatasını ortadan kaldırmayı hedefler.

6. Güncel Sorunlar, Engeller ve Yapılması Gerekenler

Kısa Özet: Bu bölüm, dijital dönüşümün önündeki pratik engelleri ve sektörün bu zorlukların üstesinden gelmek için atması gereken adımları inceler.

Dijitalleşme ve YZ entegrasyonu, denizcilik sektöründe önemli fırsatlar sunsa da, bu süreçte karşılaşılan ciddi zorluklar bulunmaktadır.

6.1 Teknolojik ve Operasyonel Engeller:

- **Yüksek Başlangıç Maliyetleri:** YZ sistemlerinin, sensörlerin ve entegrasyon altyapısının kurulumu, özellikle küçük ve orta ölçekli şirketler için önemli bir finansal yük oluşturur.
- **Veri Yönetimi Zorlukları:** Sektörde veri paylaşımına yönelik standartların eksikliği ve veri silolarının varlığı, YZ modelleri için gerekli olan büyük ve kaliteli veri setlerinin toplanmasını engellemektedir.
- **Siber Güvenlik Tehditleri:** Gemi sistemlerinin internete bağlanması, siber saldırı riskini artırmaktadır. Navigasyon sistemlerinin hacklenmesi veya operasyonel verilerin çalınması, kritik güvenlik zafiyetleri yaratabilir.

6.2 Hukuki ve Düzenleyici Engeller:

- **Regülasyon Eksikliği:** Otonom gemilerin operasyonları ve siber güvenlik protokolleri için uluslararası alanda kabul görmüş net düzenlemeler henüz bulunmamaktadır. Bu durum, teknolojik gelişmeleri yavaşlatmaktadır.
- **Hukuki Sorumluluk:** Bir otonom gemi kazaya karıştığında hukuki sorumluluğun kimde olduğu (gemi sahibi, YZ sistemi sağlayıcısı, operatör) belirsizdir.

6.3 İnsan Faktörü ve Kurumsal Kültür:

- **İnsan-Teknoloji Etkileşimi:** Gemi mürettebatının yeni YZ sistemlerine uyumu ve bu sistemlere güveni önemli bir konudur.
- **Beceri Eksikliği:** Denizcilik sektöründe veri analitiği, YZ mühendisliği ve siber güvenlik gibi alanlarda yetenekli personel bulmakta zorlanılmaktadır.

7. Gelecek Araştırma Alanları ve Öneriler

Kısa Özet: Bu son bölüm, makalede ele alınan konuların ışığında, denizcilik sektörünün geleceğini şekillendirecek potansiyel araştırma alanlarını ve pratik önerileri sunmaktadır.

Denizcilik sektörünün YZ ve dijitalleşmeden tam olarak faydalanabilmesi için aşağıdaki alanlarda daha fazla araştırmaya ve uygulamaya ihtiyaç vardır:

- **Dijital İkiz (Digital Twin) Uygulamaları:** Bir geminin veya limanın fiziksel varlığının sanal bir kopyasını oluşturmak, operasyonların gerçek zamanlı simülasyonunu ve risk analizini mümkün kılar. Bu, bakım ve rota planlaması gibi kritik kararların daha verimli alınmasını sağlayacaktır.
- **Blockchain Teknolojisinin Entegrasyonu:** Blockchain'in, yükleme manifestolarını, gümrük belgelerini ve faturaları şeffaf ve güvenli bir şekilde saklamak için kullanılması, sahteciliği önleyebilir ve lojistik süreçlerini hızlandırabilir.

- **Otonom Gemiler için Hukuk ve Güvenlik Çerçevesi:** Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve diğer regülasyon kurumları, otonom gemilerin seyri ve güvenliği için gerekli yasal altyapıyı oluşturmaktadır.
- **İnsan-YZ İş Birliği Modelleri:** Gemi mürettebatının, YZ sistemleriyle en iyi şekilde nasıl iş birliği yapabileceğini ve bu süreçte beceri eksikliklerinin nasıl giderilebileceğini inceleyen araştırmalara ihtiyaç vardır.

8. Sonuç

Bu sistematik literatür incelemesi, deniz taşımacılığında risk yönetiminin dinamik bir süreç olduğunu ve teknolojik gelişmelerle sürekli evrildiğini göstermektedir. Geleneksel risk analiz yöntemleri hâlâ geçerli olmakla birlikte, dijitalleşme ve YZ tabanlı sistemlerle birleştirilerek etkinlikleri ve öngörü yetenekleri önemli ölçüde artmaktadır. Yapay zekâ uygulamaları, güvenlik, operasyonel verimlilik, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet optimizasyonu gibi alanlarda sektöre büyük faydalar sağlamaktadır.

Denizcilik sektörünün dijitalleşme dalgasını başarıyla yakalaması, sadece operasyonel verimliliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda daha güvenli, esnek ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmasını sağlayacaktır. Bu dönüşüm, tüm paydaşların (şirketler, regülatörler, akademisyenler) iş birliğiyle, veri odaklı bir strateji ve insan kaynağına yatırımla mümkün olacaktır.

9. Kaynakça

Durlik, I., Miller, T., Kostecka, E., & Tuński, T. (2024). Artificial Intelligence in Maritime Transportation: A Comprehensive Review of Safety and Risk Management Applications. *Applied Sciences*, 14(18), 8420.

Huang, X. (2023). A review on risk assessment methods for maritime transport. *ScienceDirect*.

Jahin, M. A., Naife, S. A., Saha, A. K., & Mridha, M. F. (2023). AI in Supply Chain Risk Assessment: A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *arXiv*.

Orca AI. (2024, June 18). AI can help shipping industry cut down emissions, report says. *Reuters*.

Xu, M. (2023). A Systematic Literature Review of Maritime Transportation Safety Management. *MDPI*.

Zeng, F., Chen, A., Xu, S., Chan, H. K., & Li, Y. (2025). Digitalization in the Maritime Logistics Industry: A Systematic Literature Review of Enablers and Barriers. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(4), 797.