



Uçaklarda KBRN Tehditleri Algılama ve Müdahale Teknolojileri ve Taşımacılıktaki Yeni Konseptler: Havayolu Endüstrisinde Risk Analizi ve Değerlendirmesi

Halil Sariaslan¹

¹ Türk Hava Yolları A.Ş., 34100, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Makale, global havacılık sektörünün dinamiklerini ve özellikle Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) tehditlere karşı geliştirilen algılama ve müdahale teknolojilerinin entegrasyonunu ele almaktadır. Havacılık endüstrisi, milyonlarca insan ve tonlarca yükün uluslararası seyahatini sağlayarak küresel ekonomi için hayati bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, sektördeki güvenlik protokolleri ve risk yönetimi stratejileri, özellikle yüksek risk taşıyan KBRN tehditlerine karşı büyük önem taşımaktadır. Makale, KBRN tehdit algılama ve müdahale sistemlerinin uçaklarda nasıl entegre edildiğini ve bu teknolojilerin etkinliğini artırmak için yapılan araştırmaları inceler. Gelişmiş algılama teknolojileri ve müdahale mekanizmaları, tehditleri erkenden tespit etmeye ve hızlı müdahalede bulunmaya olanak tanırken, bu sistemlerin maliyet, ağırlık ve operasyonel verimlilik açısından getirdiği zorluklar da tartışılmaktadır. Özellikle, yanlış alarmların minimize edilmesi ve sistemlerin aviyonik yapıya entegrasyonu gibi teknik ve operasyonel zorluklar, sektörün bu teknolojileri benimseme sürecinde karşılaştığı başlıca engeller arasında yer almaktadır. Ayrıca, makale, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi ileri teknolojilerin, algılama ve müdahale sistemlerinin doğruluğunu ve operasyonel uyumluluğunu artırmak için nasıl kullanılabileceğini tartışmaktadır. Eğitim programlarının güçlendirilmesi ve uçuş ekiplerine bu teknolojiler hakkında derinlemesine bilgi sağlanması, olası KBRN olaylarında hızlı ve etkili müdahale için kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, havacılık sektörü, KBRN tehditleriyle mücadelede yüksek düzeyde güvenlik sağlayan teknolojilerin entegrasyonunu sürekli geliştirmeli ve optimize etmelidir. Bu çabalar, havacılık güvenliğini önemli ölçüde artıracak ve global taşımacılık operasyonlarının daha güvenli hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Alınma

13 Eylül 2024

Kabul

16 Ekim 2024

* Sorumlu yazar.

e-mail:

sariaslan_halil@hotmail.com

Anahtar Kelimeler:

- KBRN Tehdit Algılama
- Havacılık Güvenliği
- Teknolojik Entegrasyon
- Risk Yönetimi

Risk Analysis and Evaluation in The Airline Industry, Technologies for Detecting and Responding to CBRN Threats in Aircraft, and New Concepts in Transportation

Halil Sariaslan¹

¹ Turkish Airlines 34100, İstanbul, Türkiye

Received

13 September 2024

Accepted

16 October 2024

* Corresponding author.

e-mail:

sariaslan_halil@hotmail.com

Keywords:

- CBRN Threat Detection
- Aviation Security
- Technological Integration
- Risk Management

ABSTRACT

The article addresses the dynamics of the global aviation sector and specifically the integration of detection and response technologies developed against Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) threats. The aviation industry plays a vital role in the global economy by facilitating the international travel of millions of people and tons of cargo. Therefore, security protocols and risk management strategies in the sector are of great importance, especially against high-risk CBRN threats. The article examines how CBRN threat detection and response systems are integrated into aircraft and the research conducted to enhance the effectiveness of these technologies. Advanced detection technologies and response mechanisms enable early threat detection and rapid intervention, while the challenges posed by these systems in terms of cost, weight, and operational efficiency are also discussed. Technical and operational challenges, such as minimizing false alarms and integrating the systems into the avionics structure, are among the main obstacles the sector faces in adopting these technologies. Additionally, the article discusses how advanced technologies such as artificial intelligence and machine learning can be used to improve the accuracy and operational compatibility of detection and response systems. Strengthening training programs and providing flight crews with in-depth knowledge about these technologies are crucial for quick and effective response in potential CBRN incidents. In conclusion, the aviation sector must continually develop and optimize the integration of technologies that provide high-level security against CBRN threats. These efforts will significantly enhance aviation security and contribute to making global transportation operations safer.

1. Giriş (Introduction)

Küresel havayolu sektörü, dünya çapında geniş bir hizmet ağı sunarak, küresel ekonomide entegre ve önemli bir rol oynamaktadır. Sektör, kendi operasyonlarının yanı sıra uçak imalatı ve turizm gibi ilgili alanlarda da büyük bir ekonomik etkiye sahiptir. Havayolu sektörüne olan ilgi, sadece doğrudan sektörde çalışanlar tarafından değil, politika yapıcılar, medya ve hava taşımacılığı deneyimlerinden etkilenen milyonlarca kullanıcı tarafından da yoğun bir şekilde hissedilmektedir (Belobaba, Odoni, & Barnhart, 2009). Havayolu endüstrisi, dünya çapında milyonlarca insanın ve tonlarca yükün seyahat etmesine olanak tanıyan dinamik ve sürekli gelişen bir sektördür. Bu endüstride güvenlik her zaman en yüksek önceliklerden biri olmuştur, çünkü potansiyel riskler yalnızca yolcular ve mürettebat için değil, aynı zamanda geniş çapta toplumsal ve ekonomik sonuçlar doğurabilir. Risk analizi ve değerlendirme, havayolu şirketlerinin olası tehditleri belirlemelerine, bunlara öncelik vermelerine ve uygun müdahale stratejileri geliştirmelerine olanak tanır. Özellikle KBRN tehditler gibi yüksek etkili riskler, bu analizin kritik unsurlarıdır. Bu tür tehditlere karşı koymak için uçaklarda gelişmiş algılama ve müdahale teknolojileri geliştirilmekte ve entegre edilmektedir (Markovskaya, Smolina, Merzlikin, & Pryadko, 2023). Aynı zamanda, havayolu taşımacılığında yeni konseptlerin araştırılması ve uygulanması da sektörün gelişimini şekillendiriyor. Yenilikçi uçak tasarımları, daha verimli ve çevre dostu yakıt alternatifleri, otomatik pilot sistemler ve yapay zekâ destekli operasyonel çözümler, bu yeni konseptlerin bazı örnekleridir. Bu yenilikler, risk yönetimini daha da karmaşık hale getirir de, havayolu endüstrisini daha güvenli, daha verimli ve daha sürdürülebilir bir geleceğe taşıma potansiyeline sahiptir (Adam, Wing, & Cloutier, 2023).

Rabajczyk ve diğeri (2020), sanayi bölgelerindeki KBRN tehditlerinin havadan izlenmesi ve insansız hava araçlarının (İHA) bu süreçteki rolüne odaklanmıştır. Araştırma, İHA'ların yangın ve kimyasal kontaminasyon gibi acil durumlarda zehirli gazlar ve tozların yayılmasını izleme konusundaki etkinliğini vurgulamış, uygun sensörler ve kameralarla donatıldığında anlık hava kalitesi bilgileri sağlayabildiklerini belirtmiştir. Ancak, bazı elementlerin asidik koşullarda kullanımı adaptasyon gerektirmektedir. İHA'lar, çevresel izleme ve güvenlik alanlarında kritik bir öneme sahip olmaya devam etmektedir (Rabajczyk, Zboina, Zielecka, & Fellner, 2020).

Demir (2021), Erzurum Havalimanı personelinin KBRN olaylarına hazırlık algılarını ve bilgi düzeylerini incelemiştir. Çalışma, personelin KBRN risk algılarının yüksek olduğunu ancak bilgi düzeylerinin ve KBRN eğitimi alma oranlarının düşük olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, üniversite müfredatına KBRN derslerinin eklenmesi ve düzenli KBRN eğitimlerinin verilmesi önerilmektedir.

Hellenberg ve Visuri (2011), Avrupa Birliği'nin kriz koordinasyon ve karar alma mekanizmalarının hava yolcu taşımacılığını KBRN terörizme karşı nasıl koruduğunu incelemiştir. Araştırma, AB'nin mevcut kriz yönetimi yapılarını ve bilgi paylaşımı mekanizmalarının etkinliğini değerlendirmiş, ulusal ve kurumsal uyum zorluklarını tartışmıştır. AB'nin kriz yönetimi kapasitesini artırma ve üye devletler arası koordinasyonu güçlendirme ihtiyacı vurgulanmıştır. Normark (2011), KBRN tehditlere yönelik terörizm eğilimleri ve bu tehditlerin uluslararası sivil havacılık sektörüne potansiyel etkilerini değerlendirmiştir. Araştırma, teröristlerin CBRN maddelerini edinme potansiyellerini ve bu tür saldırıları gerçekleştirme kabiliyetlerini analiz etmiş, KBRN maddelerini kullanma olasılığının düşük olduğu ancak uluslararası iş birliği ve etkin önlem stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Rautjärvi ve diğeri (2011), nükleer ve radyolojik tehditlerin sivil havacılık üzerindeki potansiyel etkilerini ve terör saldırıları formunda bu tehditlerin nasıl kullanılabileceğini araştırmışlardır. Çalışma, teröristlerin bu tür materyalleri edinme ve kullanma zorluklarını analiz etmiş, sivil havacılık güvenliğini artırma ihtiyacını vurgulamıştır. Terörist grupların CBRN malzemelerini kullanma potansiyeline sahip olduğu, ancak bu tür saldırıların gerçekleştirilmesinin zor olduğu belirtilmiştir.

Rautjärvi ve diğeri (2011), nükleer ve radyolojik tehditlerin sivil havacılığa karşı kullanılma potansiyelini ve bu tür tehditlere karşı alınabilecek önlemleri incelemiştir. Araştırma, terörist grupların bu materyalleri nasıl kullanabileceğini ve güvenlik sistemlerinin nasıl geliştirilebileceğini tartışmıştır. Terörist tehditlerin henüz bu materyalleri kullanmamış olmasının nedenleri üzerinde durulmuş ve erken tespit için gerekli göstergeler vurgulanmıştır. Visuri ve Hellenberg (2011), Finlandiya'nın kriz yönetimi sistemlerinin gelişimini ve bu sistemlerin hava yolcu taşımacılığını KBRN terörizme karşı nasıl koruduğunu ele almıştır. Çalışma, kriz yönetiminde karar alma süreçleri ve erken uyarı sistemlerine odaklanmış, Finlandiya'nın modern tehdit senaryolarına adaptasyon çabalarını detaylandırmıştır. Hava taşımacılığına yönelik terör saldırılarına karşı alınan önlemler tartışılmıştır.

Cohen (2011), ABD'deki havayolu terörizmi tehditlerine karşı savunma stratejilerini ve KBRN saldırılarını önleme yöntemlerini tartışmıştır. Araştırma, 11 Eylül saldırıları sonrasında ABD'nin bu tehditlere karşı hazırlık ve yanıt kapasitesini geliştirme çabalarını değerlendirmiştir. Homeland Security'nin kurulması ve çeşitli federal ajanslarla koordinasyon konuları ele alınmıştır. Silvennoinen ve diğerleri (2011), KBRN durumlarında hasta yönetimi ve dekontaminasyon süreçlerini incelemiştir. Çalışma, KBRN tehditlerine karşı kullanılan yöntemleri ve ekipmanları tanıtmış, kriz ve barış zamanlarında uygulanacak dekontaminasyon prosedürlerini detaylandırmıştır. KBRN tehditlerine karşı hazırlıklı olmanın ve bu tür olaylarda hızlı ve etkili müdahalenin önemi vurgulanmıştır.

Bu çalışma, havayolu endüstrisinde kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) tehditlerin algılanması ve bu tehditlere karşı geliştirilen müdahale teknolojilerinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Araştırmanın ana amacı, mevcut teknolojilerin yeterliliğini ve bu alanlarda geliştirilmesi gereken yönleri belirlemektir. Soru, havayolu şirketleri, havalimanları ve güvenlik teknolojisi sağlayıcıları aracılığıyla farklı coğrafi bölgelerdeki etkilerin analiz edilmesi yoluyla ele alınmaktadır.

Araştırma, havayolu endüstrisinde kullanılan KBRN tehdit algılama ve müdahale teknolojilerinin etkinliğini değerlendirmek için geniş kapsamlı bir risk analizi metodolojisi kullanmaktadır. Bu süreç, dünya genelinde havayolu şirketleri, havalimanları ve güvenlik teknolojisi sağlayıcıları üzerinde yürütülmüş ve çeşitli araçlardan, saha araştırmaları ve mevcut veri analizinden yararlanılmıştır. Araştırmanın analiz derinliğini ve stratejik karar verme süreçlerine olan katkısını belirlemekte önemli rol oynamaktadır.

2. Temel Kavramlar (Basic Concepts)

Havacılık sektöründe, tehlike bir olayın veya kazanın potansiyel nedenini belirtirken, risk bu tehlikeli durumların gerçekleşme ihtimalini ifade eder. Kazalar genellikle uçak çarpışmaları sonucu ölüm veya ciddi yaralanmalarla sonuçlanırken, olaylar genellikle can kaybı olmaksızın yapısal hasarla sonuçlanır. Öte yandan, Kırım olayları, uçak operasyonları ve darbe güvenliğiyle ilgilidir ve yapısal hasar veya kayba yol açabilir. Hatalar ise bireylerin beklenen eylemlerden istemeden sapmalarıyla iki sınıfa ayrılır. Genel olarak, bu ayrımların anlaşılması, havacılık güvenliği ve risk yönetiminin geliştirilmesi açısından büyük önem taşır (Kleinn, 2022).

Emniyet, tehlike, risk veya yaralanmadan korunmuş olma durumu olarak tanımlanır. Havacılık faaliyetleri, hava araçlarının işletilmesiyle doğrudan ilgili veya bunun yararına yönelik olduğunda, bu faaliyetlerle ilgili risklerin azaltılması ve kabul edilebilir bir seviyede kontrol altına alınması gerekmektedir. ICAO Emniyet Yönetimi Annex-19'a göre emniyet, havacılık faaliyetlerinde risklerin kabul edilebilir düzeye indirilip kontrol altına alınmış olması durumudur. Riskler tamamen ortadan kaldırılamayacağı için, mutlak emniyet yerine kabul edilebilir bir emniyet seviyesi hedeflenir (Ustaömer & Şengür, 2020).

Havacılıkta "Önce Emniyet" ilkesi, emniyetin öncelikli olduğunu vurgular. Bu ilke, havacılık endüstrisinde "dur, düşün, hareket et" düsturuyla desteklenmektedir. Dünya genelinde havacılık otoriteleri, emniyetin sağlanması görevini üstlenir. Türkiye'de, Sivil Havacılık Genel

Müdürlüğü, 13 Ocak 2012 tarih ve 28172 sayılı Resmî Gazete'de "Sivil Havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi Yönetmeliği (SHY-SMS)" adı altında bir yönetmelik yayınlamıştır, bu yönetmelikle ülkemizdeki havacılık emniyetini düzenlemeyi amaçlamaktadır (SHGM, 2024). Havacılık emniyeti, doğrudan uçuş güvenliği ile ilişkilidir. Güvenli bir uçuş gerçekleştirmek için, insan, makine ve çevre unsurlarını kapsayan risklerin en düşük seviyede olması gerekmektedir. Bu üç temel bileşen arasındaki etkileşim, havacılıkta emniyetin sağlanmasında kritik bir role sahiptir (Ustaömer & Şengür, 2020).

Havacılık güvenliği, sivil havacılığı kanunsuz eylemlerden korumak amacıyla alınan çeşitli önlemleri kapsar. Bu önlemler, insan ve malzeme kaynaklarının birleştirilmesiyle tanımlanır ve uluslararası düzenleyici kuruluşlar tarafından geniş çapta ele alınmıştır. Havacılık açısından tehditlerin kaynakları ve türleri ise belirli bir yapıda, genellikle tablolar aracılığıyla sınıflandırılır (FAA, 2024).

Havacılık güvenliği, uluslararası sivil havacılığın kanunsuz eylemlerden korunmasını sağlamak için alınan çeşitli önlemleri ve insan kaynaklarının kombinasyonunu ifade eder. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO) gibi düzenleyici kuruluşlar tarafından belirlenen standartlara uyum, sivil havacılık güvenliğinin sağlanması için zorunludur. Güvenlik stratejileri, teknolojik gelişmeler, insan faktörü ve kurumsal değişikliklerle desteklenmelidir. Ayrıca, tüm taraflar tarafından benimsenecek bir güvenlik kültürünün oluşturulması gerekmektedir. Stratejik yönetim, havaalanı ve hava araçlarının güvenliğini sürekli olarak değerlendirir ve geliştirir (SHGM, 2024).

Güvenlik personeli, havaalanı güvenliğinin temel unsurlarından biridir. Nitelikli ve iyi eğitilmiş güvenlik görevlileri, teknolojik araçların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar ve güvenlik önlemlerinin uygulanmasında kritik bir rol oynar. Bu personelin sürekli eğitimi ve motivasyonu, güvenlik standartlarının sürekli yüksek seviyede tutulmasını sağlamak için büyük önem taşır (Pilot18, 2017).

Havacılık güvenliği, karmaşık ve çok yönlü bir alandır ve uluslararası iş birliği ile sürekli teknolojik yenilikleri gerektirir. Etkili bir güvenlik yönetimi stratejisi hem insan hem de teknolojik kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlayarak hava yolu taşımacılığının güvenliğini artırır. Her ülke, sivil havacılık güvenliğini sağlamak için kendi özel durumlarına uygun stratejiler geliştirmeli ve uluslararası standartlara uygun hareket etmelidir.

2.1. Risk Yönetimi (Risk Management)

Risk, bir olayın gerçekleşme olasılığı ve bu olayın olası sonuçları olarak tanımlanmaktadır. Riskler, kötü sonuçları minimize ederek veya olayın gerçekleşme olasılığını azaltarak yönetilebilir (Finkelstein & Ayyub, t.y.). Risk yönetim süreci, tehditlerin ve potansiyel risk senaryolarının kesin bir şekilde tanımlanmasını içeren beş basamaktan oluşur: risk tanımlaması, ilgili personelin analizi, risk analizi, risk değerlendirmesi ve riski hafifletme (Matsika, O'Neill, Battista, Khosravi, Laporte, & Munoz, 2016).

Havacılıkta risk yönetimi, stratejilerimizi etkileme potansiyeline sahip davranış veya aksiyonları, bugünden planlanarak yönetilebilir hale getirme sürecine verilen isimdir. Risk

yönetiminin amacı, riskleri belirlemek ve onları ortadan kaldırmak ya da etkilerini azaltmak üzere gerekli stratejileri geliştirmek, aynı zamanda fırsatları arttıracak adımları atmaktır (Kurnaz & Sunar, 2015).

2.2. KBRN ve Tehditlerinin Yönetimi (CBRN and Its Threats Management)

KBRN tehditler, insanlık tarihinde büyük bir güvenlik sorunu olarak karşımıza çıkar. Askeri ve sivil kullanımların her ikisi için de büyük bir risk oluşturan KBRN maddeleri, özellikle çatışma bölgelerinde, terör eylemlerinde veya endüstriyel kazalarda ortaya çıkabilir. KBRN maddelerinin doğru şekilde yönetilmesi, halk sağlığı ve çevre güvenliği için hayati önem taşır.

Etkili bir KBRN tehdit yönetimi, öncelikle bu tehlikelerin tespiti ile başlar. İleri teknolojiye dayalı algılama ve izleme sistemleri, potansiyel tehditleri erken aşamada tespit ederek, hızlı ve koordine bir şekilde müdahale etmeyi mümkün kılar. Bu süreç, aşağıdaki adımları içerir:

- Erken Uyarı ve Haber Alma: Tehditlerin erken tespiti için sensörler ve izleme ağları kullanılır.
- Acil Müdahale: KBRN olayına hızlı müdahale için hazır ekiplerin ve ekipmanların bulundurulması.
- Değerlendirme ve Karar Verme: Tehdit ve etkilerinin değerlendirilmesi, uygun müdahale stratejilerinin belirlenmesi.
- Kamu ve Çevre Sağlığına Müdahale: KBRN etkilerinin hızla azaltılması ve toplum sağlığının korunması için gerekli tedbirler.
- Uzun Vadeli Rehabilitasyon ve Kurtarma: Etkilenen alanların dekontaminasyonu ve toplumun normal yaşamına dönüşü.

3. Yöntem (Method)

Bu araştırma, havayolu endüstrisinde risk yönetimi, KBRN tehditlerine karşı müdahale teknolojileri ve yeni taşımacılık konseptlerinin değerlendirilmesini ele almaktadır. Araştırma süreci, geniş çaplı bir literatür taraması ile başlamış, bu tarama havayolu güvenliği ve KBRN tehditleri hakkında temel bilgiler sağlamıştır. İkincil veri analizi, sektör raporları ve önceki araştırmalardan elde edilen verilerle zenginleştirilmiş, bu verilerle havayolu endüstrisindeki mevcut risk yönetimi uygulamaları incelenmiştir. Durum çalışmaları, önemli güvenlik olaylarını ve bu olaylara verilen tepkileri detaylandırmış, müdahale stratejilerinin etkinliğini değerlendirmiştir. Ayrıca, KBRN tehditlerine karşı geliştirilen teknolojilerin etkinlikleri, mevcut durumları ve uygulanabilirlikleri teknoloji değerlendirmesi ile incelenmiştir. Araştırmanın sonuçları, havayolu endüstrisinde risk yönetimi ve güvenlik stratejilerinin nasıl geliştirilebileceği, KBRN tehditlerine karşı etkili teknolojilerin nasıl tasarlanabileceği ve yeni taşımacılık konseptlerinin etkileri hakkında değerli bilgiler sunmuştur.

4. Bulgular ve Yorumlar (Findings and Comments)

Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) tehditler, küreselleşen dünyamızda hem sivil hem de askeri havacılık için önemli güvenlik riskleri oluşturur. Uçaklar, uluslararası

hareketlilikleri ve yoğun kullanımları nedeniyle bu tür tehditlere karşı hassastır. Bu nedenle, uçaklarda KBRN tehditlerinin erken algılanması, bu tehditlerin yol açabileceği zararları en aza indirmek ve güvenliği maksimize etmek açısından büyük önem taşımaktadır (Dana & Shea, 2004).

KBRN tehditlerinin algılanması, teknolojik yenilikler sayesinde giderek daha etkin hale gelmektedir. Ancak bu sistemlerin entegrasyonu, teknik zorluklar ve yüksek maliyetler gibi önemli sorunları da beraberinde getirir. Bu giriş bölümü, uçaklarda KBRN tehditlerini algılama teknolojilerinin önemini, kapsamını ve uygulanabilirliğini vurgulayarak konunun derinlemesine anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Ivančik, Nečas, & Lancik, 2023).

Havacılık sektöründe KBRN tehditler, uçakların güvenliğini tehdit eden ciddi risklerdir. Bu tehditler insan sağlığına ve çevreye zarar verebilecek potansiyele sahiptir:

- Kimyasal tehditler: Zehirli gazlar ve kimyasallar yoluyla ortaya çıkar.
- Biyolojik tehditler: Virüsler ve bakteriler gibi patojen mikroorganizmalar içerir.
- Radyolojik tehditler: Radyoaktif materyallerin yayılması ile ilgilidir.
- Nükleer tehditler: Nükleer patlamalar ve etkileri ile tanımlanır.

Bu tehditlerin erken algılanması ve müdahale edilmesi, havacılık güvenliği açısından kritik öneme sahiptir (Dana & Shea, 2004).

Havacılık sektöründe KBRN tehditlerinin algılanması için çeşitli teknolojiler ve sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, tehditlerin erken tespitini sağlayarak uçuş güvenliğinin artırılmasında kritik rol oynar (Sovetov, Tatarnikova, & Cehanovsky, 2019).

4.1. Kimyasal Algılama Teknolojileri (Chemical Sensing Technologies)

İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan zehirli gazlar (NO_x, CO, HC...vb.) çalışanların ve havaalanlarının yanında yaşayanlara risk oluşturmaktadır (Öztürk & Taştan, 2024). Emisyon gazlarını azaltmak için uçaklarda ve diğer hava araçlarında elektrikli itki sistemleri kullanılması gerekmektedir (Yıldız, 2021). Sera gazlarını azaltmanın diğer bir yolu ise sürdürülebilir havacılık yakıtları kullanmaktır (Öztürk & Göktepe, 2024). Kimyasal tehditler için kullanılan algılama sistemleri, hava örneklerindeki potansiyel zararlı kimyasalları tespit edebilen sensörler ve analiz cihazlarından oluşur. Bu cihazlar genellikle gaz kromatografisi, kütle spektrometrisi ve spektroskopi tekniklerini kullanır. Bunlar, havadaki kimyasal bileşenleri hızlı ve doğru bir şekilde sınıflandırmak ve kantitatif ölçüm yapmak için idealdir.

4.2. Biyolojik Algılama Teknolojileri (Biological Sensing Technologies)

Biyolojik tehditlere yönelik algılama sistemleri, patojenlerin ve toksinlerin varlığını belirlemek için immünolojik testler ve moleküler diagnostik yöntemler kullanır. Bu yöntemler arasında polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), immünoassaylar ve biyosensör teknolojileri bulunur. Bu teknolojiler, hızlı ve hassas tespit sağlayarak, biyolojik tehditlerin yayılmasının önlenmesine yardımcı olur.

4.3. Radyolojik ve Nükleer Algılama Teknolojileri (Radiological and Nuclear Detection Technologies)

Radyolojik ve nükleer tehditler için algılama sistemleri, radyasyonu tespit edebilen ve ölçebilen cihazlardan oluşur. Bu cihazlar arasında Geiger-Müller tüpleri, sintilasyon sayıcıları ve yarı iletken detektörler yer alır. Bu sistemler, radyoaktif materyallerin varlığını ve yoğunluğunu tespit ederek, uçuş güvenliğinin sağlanmasında hayati öneme sahiptir (Saito et al., 2018).

4.4. Entegrasyon ve Uygulama (Integration and Implementation)

Bu algılama sistemlerinin uçaklara entegrasyonu hem teknik hem de operasyonel zorlukları beraberinde getirir. Sistemlerin uçak aviyonik sistemlerine entegre edilmesi, ağırlık ve hacim optimizasyonu gerektirirken, operasyonel zorluklar arasında hızlı ve doğru sonuçların yanı sıra, düşük yanlış alarm oranı sağlama zorunluluğu yer alır.

Havacılıkta KBRN algılama teknolojileri, daha hafif, daha hızlı ve daha hassas sistemler için sürekli araştırma ve geliştirme, uçuş genişletme genişletme potansiyeline sahiptir. Genel programlar (GA) ABD'deki ayrılma ölümlerinin önemli bir bölümü oluşurken, RPD (Gerçek Zamanlı Uçak Algılama) gibi gerçek zamanlı uçak algılama ağlarındaki gelişmeler, gelişmiş algılama özellikleri ve hız için çözümler sunar. Ek olarak, optik uzaktan algılama görüntülerinde dalgalanmalar için özel hafif CNN'lerin açılması, uçuş konforunda verimli ve etkileyici algılama çerçevelerinin güçlendirilmesi güçlenmektedir. GA'da gelişmiş bileşenler veya otomatik güvenlik testleri gösterir, arazi çarpması önleme ve bozulma önleme gibi sistemler dahil olmak üzere genel ölümlerde %66,5 azalma potansiyeli ile ölümleri önemli ölçüde azalır.

Genel olarak, havacılıkta kullanılan KBRN algılama teknolojileri ve sistemleri, uçuş güvenliğini artırma potansiyeline sahip olmakla birlikte, bu sistemlerin daha da geliştirilmesi, daha hafif, daha hızlı ve daha doğru algılama sistemlerinin üretimi için sürekli araştırma ve geliştirme gerektirir (Hook, Ryan, Skoog, & Fuller, 2023).

Özetle, KBRN algılama teknolojileri, bu tehditleri erken aşamada tespit ederek, etkili müdahalelerin yapılmasını sağlar:

- Kimyasal Algılama: Kimyasal sensorlar, spektroskopi cihazları ve kromatografik sistemler geniş kullanım alanına sahiptir.
- Biyolojik Algılama: Patojen ve toksinlerin belirlenmesi için biyosensörler, PCR kiti ve immünolojik testler kullanılır.
- Radyolojik ve Nükleer Algılama: Radyasyon detektörleri, dozimetreler ve radyasyon izleme cihazları, radyolojik tehditlerin tespitinde kullanılır.

4.5. Havacılıkta Algılama Teknolojilerinin Uçaklara Entegrasyonu ve Operasyonel Zorluklar (Integration of Aviation Sensing Technologies into Aircraft and Operational Challenges)

Uçaklarda KBRN algılama teknolojilerinin entegrasyonu, havacılık güvenliğini artırsa da teknik ve operasyonel zorlukları beraberinde getirir. Bu zorlukların üstesinden gelinmesi, etkin sistemlerin geliştirilmesini sağlar (Hook, Ryan, Skoog, & Fuller, 2023).

4.5.1. Teknik Zorluklar (Technical Challenges)

- Sistem Entegrasyonu: KBRN algılama sistemlerinin uçak aviyonik sistemlerine entegrasyonu mühendislik zorluğu oluşturur ve sistemlerin uçakların elektrik, kontrol sistemleri, aerodinamik yapısı ve ağırlık dengesine uygun çalışması gerekir.
- Güç ve Ağırlık Yönetimi: Algılama sistemleri ekstra güç tüketir ve ağırlık ekler, bu da yakıt verimliliği ve yük kapasitesine etki eder. Enerji tüketimini minimize etmek ve hafif malzemeler kullanmak önemlidir.
- Sistem Güvenilirliği ve Bakımı: Bu sistemlerin düzenli bakım ve testleri, yanlış alarmları azaltmak ve yüksek performans sağlama için kritiktir (De Breuker et al., 2022).

4.5.2. Operasyonel Zorluklar (Operational Challenges)

- Yanlış Alarmlar: Yanlış pozitif veya negatif alarmlar operasyonel zorluklara yol açar, gereksiz panik veya acil durum protokollerine neden olabilir.
- Eğitim ve Protokoller: Uçuş ekipleri ve bakım personelinin KBRN algılama sistemlerinin kullanımı ve müdahale protokolleri konusunda iyi eğitilmesi gerekmektedir.
- Hukuki ve Düzenleyici Uyum: Bu sistemlerin entegrasyonu, ulusal ve uluslararası düzenlemelere uyum gerektirir ve çeşitli düzenleyici kurumların standartlarına uygun olmalıdır.

4.5.3. Uçaklarda KBRN Tehditlere Müdahale Teknolojilerinin Önemi ve Gelişimi (Importance and Development of CBRN Threat Response Technologies in Aircraft)

KBRN tehditlerine karşı etkili müdahale mekanizmaları, küresel ölçekte zorunludur. Bu teknolojiler, tehdit algılandığında hızla devreye girer ve tehdidi minimize eder veya ortadan kaldırır. Müdahale sistemlerinin entegrasyonu, teknolojik inovasyonlar ve operasyonel uygulanabilirlik konularında önemlidir. Bu sistemler, uçuş güvenliği ve emniyetine büyük katkı sağlar (Dana & Shea, 2004).

4.6. Uçaklarda KBRN Tehditlerine Yönelik Müdahale Stratejileri ve Yöntemleri (Intervention Strategies and Methods for CBRN Threats on Aircraft)

KBRN tehditler, havacılık sektöründe ciddi güvenlik endişeleri yaratır. Bu tehditlere karşı uygulanan müdahale stratejileri ve yöntemleri, tehdit türüne göre farklılık gösterir ve her biri, potansiyel zararları minimize etmek ve yolcu ile mürettebat güvenliğini korumak için özelleştirilmiştir.

4.6.1. Kimyasal Tehditlere Müdahale (Response to Chemical Threats)

Kimyasal tehditlere müdahale, tehlikeli maddelerin nötralize edilmesi, yayılmasının engellenmesi ve kontamine olmuş alanların temizlenmesini içerir. Bu amaçla kullanılan teknikler arasında:

- Kimyasal Absorbanlar: Tehlikeli kimyasalları emerek, bunların çevreye yayılmasını engeller.
- Nötralizasyon Kimyasalları: Zehirli kimyasalları zararsız hale getirebilmek için kimyasal reaksiyonlar kullanır.
- Havalandırma Sistemleri: Kontamine havanın filtre edilip güvenli bir şekilde dışarı atılmasını sağlar, böylece iç mekânın temiz kalmasına yardımcı olur (Leung, 2023).

4.6.2. Biyolojik Tehditlere Müdahale (Response to Biological Threats)

Biyolojik tehditler, özellikle hastalık taşıyan patojenler nedeniyle, hızlı ve etkili müdahale gerektirir. Bu tür tehditlere yönelik stratejiler

- Yüksek Verimlilikte Hava Filtreleri: HEPA filtreleri gibi sistemler, havadaki patojenleri etkili bir şekilde süzerek ortamın güvenliğini sağlar.
- UV Işınlama: Mikroorganizmaların DNA'sını bozarak onları etkisiz hale getirir.
- Biyositler: Virüsler, bakteriler ve diğer mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etki gösteren kimyasal ajanlar kullanır (Sovetov, Tatarnikova, & Cehanovsky, 2019).

4.6.3. Radyolojik Tehditlere Müdahale (Response to Radiological Threats)

Radyolojik tehditlerde müdahale, radyasyonun yayılmasını kontrol altına almayı ve maruz kalan bireyleri korumayı amaçlar:

- Kurşun Bazlı Bariyerler: Radyasyonu etkili bir şekilde bloke edebilir.
- Radyasyon Sızdırmazlık Malzemeleri: Radyoaktif maddelerin çevreye sızmasını önler.

4.6.4. Nükleer Tehditlere Müdahale (Response to Nuclear Threats)

Nükleer tehditlere müdahale, genellikle kapsamlı önlemleri gerektirir:

- Koruyucu Kabuklar: Radyoaktivitenin yayılmasını engellemek için özel malzemelerden yapılmıştır.
- Dekontaminasyon Kitleri: Radyoaktif kontaminasyondan etkilenen yüzeylerin ve bireylerin temizlenmesi için kullanılır.

Her müdahale stratejisi, uçaklar gibi yüksek riskli ortamlarda uygulandığında, yalnızca teknik kapasiteyi değil, aynı zamanda hızlı ve etkin bir uygulama yeteneğini de gerektirir. Bu yüzden, müdahale sistemlerinin doğru şekilde entegre edilmesi ve sürekli olarak test edilmesi, uçaklarda güvenlik standartlarının en üst düzeye çıkarılması için elzemdir. Bu stratejilerin başarılı uygulanması, havacılık sektöründeki KBRN tehditlerine karşı koymanın anahtarıdır (Parihar & Parihar, 2023).

4.7. Teknolojik Çözümler ve İnovasyonlar (Technological Solutions and Innovations)

Müdahale teknolojilerindeki yenilikler, uçaklarda KBRN tehditlerine daha hızlı ve etkin bir şekilde müdahale edilmesini sağlamaktadır:

- Entegre Tehdit Algılama ve Müdahale Sistemleri: Tehdit tespit edildiğinde otomatik olarak aktif hale gelen müdahale mekanizmaları.

- Akıllı Filtrasyon Sistemleri: Tehdit tespitinde havanın temizlenmesi için otomatik olarak devreye giren gelişmiş filtreleme teknolojileri.
- Robotik Dekontaminasyon Üniteleri: Potansiyel olarak tehlikeli bölgelerde dekontaminasyon işlemlerini gerçekleştirmek üzere tasarlanmış robotlar.

4.8. Müdahale Sistemlerinin Uygulanabilirliği ve Etkinliği (Applicability and Effectiveness of Intervention Systems)

Müdahale sistemlerinin uygulanabilirliği ve etkinliği, bir dizi faktöre bağlıdır:

- Teknolojik Entegrasyon: Sistemlerin mevcut uçak yapılarına ve operasyonel protokollere entegrasyonu.
- Maliyet-Etkinlik Analizi: Yüksek maliyet gerektiren sistemlerin uygulanabilirliği ve bütçe üzerindeki etkileri.
- Operasyonel Testler: Müdahale sistemlerinin gerçek dünya koşullarında test edilmesi ve validasyonu.

Uçaklarda KBRN tehditlerine yönelik müdahale teknolojileri, yolcu ve ekipman güvenliğini sağlamada hayati bir rol oynar. Sürekli teknolojik gelişmeler, bu alandaki müdahale kapasitesini artırmakta ve daha güvenli havacılık operasyonlarına olanak tanımaktadır. Ancak, bu sistemlerin etkinliğini sürekli olarak değerlendirmek ve iyileştirmek önemlidir (Lancaster & Herrmann, 2021).

5. Sonuç (Conclusion)

Havacılık sektöründe, Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) tehditlere yönelik algılama ve müdahale teknolojilerinin entegrasyonu, yolcu ve uçuş ekibi güvenliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu teknolojiler, tehditleri erken tespit etmeyi ve etkili müdahalelerde bulunmayı sağlar. KBRN algılama sistemlerinin geliştirilmesi sürekli araştırma ve yenilik gerektirir ve bu sistemlerin uçaklara entegrasyonu teknik ve operasyonel zorluklar doğurur. Müdahale teknolojileri, tehditlere hızlı tepki verebilmek için yenilikçi çözümler sunar ve bu sistemlerin etkinliği, gerçek dünya koşullarında yapılan sıkı testlerle ölçülür. Havacılık endüstrisi, bu teknolojilerin entegrasyonunu sürekli geliştirerek, KBRN tehditlerine karşı daha yüksek bir güvenlik düzeyi sağlamalı ve yanlış alarm oranını azaltacak, sistem doğruluğunu artıracak teknolojileri entegre etmelidir. Bu süreçte, eğitim programlarının güçlendirilmesi, ekiplerin bu sistemleri etkin kullanabilmelerini sağlar ve havacılık sektörünü KBRN tehditlerine karşı daha dirençli hale getirir.

Bu araştırma, havacılık sektöründe KBRN (Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer) tehditlerine karşı geliştirilen algılama ve müdahale teknolojilerinin etkinliğini değerlendirmiştir. Bulgular, bu tehditlerin erken tespit edilmesinin ve etkili müdahale stratejilerinin uygulanmasının, yolcu ve mürettebat güvenliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir. Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer tehdit algılama sistemlerinin entegrasyonu teknik ve operasyonel zorluklar içermekle birlikte, bu sistemlerin doğru entegrasyonu ve sürekli geliştirilmesi, havacılık güvenliğine katkıda bulunmaktadır. Yapılan çalışma, müdahale sistemlerinin teknolojik yeniliklerle nasıl geliştirilebileceğine ve operasyonel uygulanabilirliğinin nasıl artırılacağına

dair değerli ięęörüler sunmuştur. Sonuç olarak, KBRN tehditlerine karşı proaktif müdahalelerin ve teknolojik ilerlemelerin, global havacılık güvenliğini önemli ölçüde güçlendirebileceği vurgulanmalıdır. Bu nedenle, sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yanı sıra, ulusal ve uluslararası düzenlemelere uyum sağlanarak bu teknolojilerin entegrasyonu ve uygulaması hayati önem taşımaktadır.

Kaynaklar (References)

[1] Belobaba, P., Odoni, A., & Barnhart, C. (2009). *The global airline industry* (2nd ed.). Wiley Publishers.

[2] Markovskaya, E., Smolina, E. G., Merzlikin, I., & Pryadko, I. (2023). Risk modeling in the aviation industry as a factor of sustainable development. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338102008>

[3] Wing, A. K., & Cloutier, R. (2023). Risks in change: A review of risks facing the aviation industry and a method of examining impacts. <https://doi.org/10.2514/6.2023-1114>

[4] Rabajczyk, A., Zboina, J., Zielecka, M., & Fellner, R. (2020). Monitoring of selected CBRN threats in the air in industrial areas with the use of unmanned aerial vehicles. *Atmosphere*, 11(12), 1373. <https://doi.org/10.3390/atmos11121373>

[5] Demir, A. (2021). Havalimanı personelinin KBRN olaylarına karşı hazırlık algıları ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi: Erzurum ili örneği [Yüksek lisans tezi]. Yök Tez veri tabanından erişildi (Tez no: 698289).

[6] Hellenberg, T., & Visuri, P. (2011). Overview of the European Union crisis coordination arrangements: Securing air traffic. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[7] Normark, M. (2011). Understanding CBRN terrorism threat: An overall assessment. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[8] Rautjärvi, J., Valkonen, M., & Annanmäki, M. (2011). Threat of nuclear and radiological terrorism to air transport. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[9] Rautjärvi, J., Valkonen, M., & Annanmäki, M. (2011). Prevention measures and consequence management of radiological threats. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[10] Visuri, P., & Hellenberg, T. (2011). Finnish crisis management: A case securing of air passenger transports against CBRN terrorism. *Securing air traffic*. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[11] Cohen, A. A. (2011). U.S. homeland security policy approaches to defenses against airline terrorism: Prevention of a CBRN attack. *Securing air traffic*. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[12] Silvennoinen, H., Lairio, T., & Jalasvirta, P. (2011). Patient handling: Decontamination of CBRN situations: Description of the process. *Securing air traffic*. Aleksanteri Institute, University of Helsinki.

[13] Kleinn, J. (2022). Characteristics of risk. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08568-0_2

- [14] Ustaömer, T. C., & Şengür, F. (2020). Havacılıkta emniyet kültürü: Reason'ın emniyet kültürü modelinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 95-104. <https://doi.org/10.18506/anemon.520721>
- [15] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2024). SHY-SMS. <http://web.shgm.gov.tr/doc4/SHY-SMS.pdf> (Erişim Tarihi: 11.09.2024)
- [16] Federal Aviation Administration. (2024). General aviation safety. <https://www.faa.gov/newsroom/general-aviation-safety> (Erişim Tarihi: 11.09.2024)
- [17] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2024). SHY-SMS. <http://web.shgm.gov.tr/doc4/SHY-SMS.pdf> (Erişim Tarihi: 11.09.2024)
- [18] International Civil Aviation Organization. (2017). ICAO annex 17: Security. *Pilot18*. <https://www.pilot18.com/wp-content/uploads/2017/10/Pilot18.com-ICAO-Annex-17-Security.pdf>
- [19] Finkelstein, R., & Ayyub, B. M. (t.y.). Memetics for threat reduction in risk management. In *Wiley handbook of science and technology and homeland security* (pp. 301-308). John Wiley & Sons.
- [20] Matsika, E., O'Neill, C., Battista, U., Khosravi, M., Laporte, A. de S., & Munoz, E. (2016). Development of risk assessment specifications for analysing terrorist attacks vulnerability on metro and light rail systems. *Transportation Research Procedia*, 14, 1345-1354. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.207>
- [21] Kurnaz, S., & Sunar, O. (2015, Ekim 23-24). Havacılıkta risk yönetimi: Türk sivil havacılık sistemi açısından bir değerlendirme. III. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi (UHAT-2015), İzmir, Türkiye.
- [22] Dana, A. S. (2004). Terrorism: Background on chemical, biological, and toxin weapons and options for lessening their impact.
- [23] Ivančík, R., Nečas, P., & Lancik, B. (2023). On unmanned aircraft as a security threat. *INCAS Bulletin*, 15(1), 121-132. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2023.15.1.11>
- [24] Sovetov, B. Y., Tatarnikova, T. M., & Cehanovsky, V. V. (2019). Detection system for threats of the presence of hazardous substances in the environment. *IEEE Systems Conference*, <https://doi.org/10.1109/SCM.2019.8903771>
- [25] Öztürk, O., & Taştan, M. (2024). 2015-2021 yılları arasında muğla ilinde lto döngüsü esnasında b737-800 ve a320 tip uçaklardan kaynaklanan emisyonun gerçek zamanlı hesaplanması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 40(1), 20-33.
- [26] Yıldız, M. (2021). Electric Energy Use in Aviation, Perspective and Applications. *Politeknik Dergisi*, 24(4), 1605-1610. <https://doi.org/10.2339/politeknik.852272>
- [27] Öztürk, O., & Göktepe, H. (2024). Modern Havacılık Sektöründe Alternatif Enerji Kaynakları: Sürdürülebilirlik Hedeflerine Doğru Adımlar. *Journal of Aerospace Science and Management*, 2(1), 21-42.
- [28] Saito, M., Uchida, N., Furutani, S., Murahashi, M., Espulgar, W., Nagatani, N., Nagai, H., Inoue, Y., Ikeuchi, T., Kondo, S., Uzawa, H., Seto, Y., & Tamiya, E. (2018). Field-deployable rapid multiple biosensing system for detection of chemical and biological warfare agents. *Microsystems & Nanoengineering*, 4(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/MICRONANO.2017.83>

[29] Hook, L. R., Ryan, W., Skoog, M. A., & Fuller, J. (2023). Exploring the potential of automatic safety systems in general aviation. *2023 IEEE Aerospace Conference*, Big Sky, MT, USA. <https://doi.org/10.1109/AERO55745.2023.10115864>

[30] De Breuker, R., Mkhoyan, T., Nakash, N., Stuber, V. L., Wang, X., Mkhoyan, I., Groves, R. M., van der Zwaag, S., & Sodja, J. (2022). Overview of the SmartX wing technology integrator. *Actuators*. <https://doi.org/10.3390/act11100302>

[31] Leung, Y. K. (2023). A silent threat: Exploring the impact of endocrine disruption on human health. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms24129790>

[32] Parihar, J. K. S., & Parihar, A. K. S. (2023). Ocular manifestations and management strategies in CBRN warfare. In S. Waikar (Ed.), *Ocular trauma in armed conflicts* (pp. 323-335). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4021-7_19

[33] Lancaster, G., & Herrmann, J. W. (2021). Computer simulation of the effectiveness of novel cardiac arrest response systems. *Resuscitation Plus*, <https://doi.org/10.1016/J.RESPLU.2021.100153>