

ÖZET

Bu makalede, yapay zekanın havacılık sektöründeki mevcut ve potansiyel kullanım alanları incelenmiştir. Yapay zeka, havacılık endüstrisinde emniyet, verimlilik ve inovasyon odaklı çözümler sunarak sektörü dönüştürme potansiyeline sahiptir. Çalışmada, emniyet risk yönetimi, hava trafik yönetimi, bakım süreçleri ve drone/İHA teknolojileri olmak üzere dört temel başlık ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Emniyet risk yönetiminde proaktif yaklaşımlar geliştirilmesi, hava trafik yönetiminde otonom ve optimize çözümlerin hayata geçirilmesi, bakım süreçlerinde tahmine dayalı analizlerin kullanımı ve drone teknolojilerinde yapay zekanın sağladığı yenilikler vurgulanmıştır. Ayrıca, yapay zekanın gelecekteki gelişmelerine dair olasılıklar ve bu teknolojilerin havacılık sektöründe nasıl daha geniş çaplı uygulamalara olanak sağlayabileceği tartışılmıştır. Yapay zekanın havacılık endüstrisine entegrasyonu, hem operasyonel süreçlerin geliştirilmesi hem de uçuş emniyetinin artırılması açısından kritik bir rol üstlenmektedir.

1. Giriş

Günümüzde yapay zeka, makine öğrenmesi ve büyük veri, hayatımızın her alanında giderek daha büyük bir rol oynayarak iş süreçlerinden günlük yaşantımıza kadar pek çok alanda dönüşüm sağlamaktadır. Yapay Zeka (YZ, AI), insan zekasını taklit eden ve öğrenme, problem çözme, karar verme, dil anlama gibi bilişsel işlevleri yerine getirebilen sistemlerin geliştirilmesi olarak tanımlanır. Günümüzde YZ, tıp, finans, ulaşım ve eğlence gibi birçok sektörde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Makine Öğrenmesi (MÖ, ML) ise, yapay zekanın bir alt alanı olup, bilgisayarların büyük miktarda veriyi analiz ederek kalıpları ve ilişkileri tespit etmesi ve bu bilgileri kullanarak gelecekteki olayları tahmin etmesi sürecidir. Makine öğrenmesi, tıbbi teşhis, finansal piyasa tahmini ve müşteri davranış analizi gibi alanlarda etkili çözümler sunmaktadır. Bu süreçlerde kullanılan Büyük Veri (BD, BV), geleneksel yöntemlerle işlenemeyecek kadar büyük, hızlı, çeşitli ve karmaşık veri kümelerinden oluşur. Büyük Veri analizi, işletmelerin ve organizasyonların daha iyi kararlar almasını, daha etkili stratejiler geliştirmesini ve yenilikçi çözümler üretmesini sağlar [1].

Tüm bu teknolojiler, havacılık sektöründe de devrim niteliğinde yeniliklere öncülük etmektedir. Örneğin, yapay zeka tabanlı sistemler uçuş operasyonlarının optimize edilmesi, bakım süreçlerinin öngörülü bir şekilde planlanması ve yolcu deneyiminin iyileştirilmesi gibi alanlarda uygulanmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları, uçuş verilerini analiz ederek uçuş güvenliğini artıran tahminler yapabilirken, büyük veri kullanımı sayesinde hem operasyonel hem de ticari süreçler daha etkin bir şekilde yönetilebilmektedir.

Havacılık sektöründe yapay zeka, uçuş rotalarının optimize edilmesi, yakıt tasarrufu sağlanması, bakım ihtiyaçlarının öngörülmesi, uçuş operasyonları, hava trafiğinin yönetimi ve yolcu memnuniyetinin artırılması, yolcu deneyimi ve müşteri hizmetleri, bagaj idaresi ve takibi, güvenlik ve risk değerlendirmesi, havayolu gelir yönetimi, kestirimci bakım vb. alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Birtakım uygulama grupları Şekil 1’de paylaşılmıştır. Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı’na (EASA) göre, yapay zeka uygulamaları uçuş operasyonları, emniyet risk yönetimi, bakım ve onarım, çevre, hava trafiği yönetimi, havaalanları, insansız hava araçları, sibergüvenlik vb. alanlarda fayda sağlayabilmektedir [2].

Şekil 1 Havacılıkta YZ Kullanım Alanları [3](Uyarlanmış)



2. Emniyet Risk Yönetimi

Uçuş emniyeti, havacılık sektöründe can ve mal kaybını önlemek, operasyonel kesintileri en aza indirmek ve genel havacılık emniyetini sağlamak amacıyla alınan önlemler bütünüdür. Bu kavram, sadece uçuş operasyonlarını değil, hava aracı bakımını, hava trafiği yönetimini ve yer hizmetlerini de kapsayan geniş bir alanı içerir. Havacılık endüstrisinin karmaşık ve yüksek riskli yapısı göz önüne alındığında, uçuş emniyetinin sağlanması ulusal ve uluslararası düzeyde kritik bir öneme sahiptir. Emniyet standartlarının ihmal edilmesi, ciddi kazalara, mali kayıplara ve operasyonel aksaklıklara yol açabilir.

Havacılıkta emniyet risk faktörleri, insan hatası, teknik arızalar, çevresel koşullar ve operasyonel zorluklar gibi çeşitli unsurlardan kaynaklanabilir. İnsan faktörü, pilotaj hataları, hava trafik kontrolündeki iletişim sorunları ve bakım personelinin yanlış uygulamaları gibi durumları içerirken, teknik faktörler hava araçlarının mekanik ve elektronik sistemlerindeki arızalardan oluşur. Çevresel koşullar ise olumsuz hava durumu, kuş çarpması ve pist koşulları gibi dış etkenleri kapsar. Bu faktörlerin her biri, tek başına veya bir arada, uçuş emniyetini tehlikeye atabilecek riskler oluşturabilir [4].

Emniyet risk yönetimi, bu risklerin tanımlanması, analiz edilmesi, değerlendirilmesi ve kontrol altına alınması süreçlerini içerir. Etkin bir emniyet risk yönetimi sistemi, proaktif bir yaklaşımla potansiyel

risklerin henüz gerçekleşmeden belirlenmesini ve bertaraf edilmesini hedefler. Bu bağlamda, yapay zeka ve makine öğrenmesi teknolojileri emniyet yönetiminde devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Örneğin, makine öğrenmesi algoritmaları, uçuş verilerini analiz ederek bakım ihtiyaçlarını önceden tahmin edebilir ve arıza riski taşıyan bileşenlerin belirlenmesini sağlayabilir. Bu sayede, kritik arızalar meydana gelmeden önleyici bakım planları oluşturulabilir.

Makine öğrenmesi, ayrıca, geçmiş kaza raporları ve uçuş güvenliği verilerini inceleyerek benzer olayların gelecekte tekrar yaşanma olasılığını öngörebilir. Örneğin, pistten çıkma veya türbülans kaynaklı emniyet olayları gibi risk faktörlerini analiz ederek, belirli koşullarda alınması gereken önlemleri otomatik olarak önerebilir. Yapay zeka tabanlı sistemler ise, hava trafiği yönetiminde tehlikeli hava olaylarını tahmin ederek pilotları ve kontrolörleri zamanında bilgilendirebilir ve çarpışma önleme sistemlerini destekleyebilir.

Bu teknolojiler, aynı zamanda eğitim programlarının daha etkili hale getirilmesinde de kullanılabilir. Örneğin, pilotların ve bakım personelinin eğitimi için, yapay zeka simülasyonları gerçek uçuş senaryolarına dayalı risk faktörlerini modelleyebilir ve personelin bu durumlara nasıl tepki vereceğini değerlendirebilir. Yapay zeka ve makine öğrenmesi sayesinde, emniyet risk yönetimi sistemleri yalnızca mevcut riskleri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda gelecekte oluşabilecek tehlikeleri proaktif bir şekilde önlemeye olanak tanır.

3. Hava Trafik Yönetimi (Hava Trafik Kontrolü)

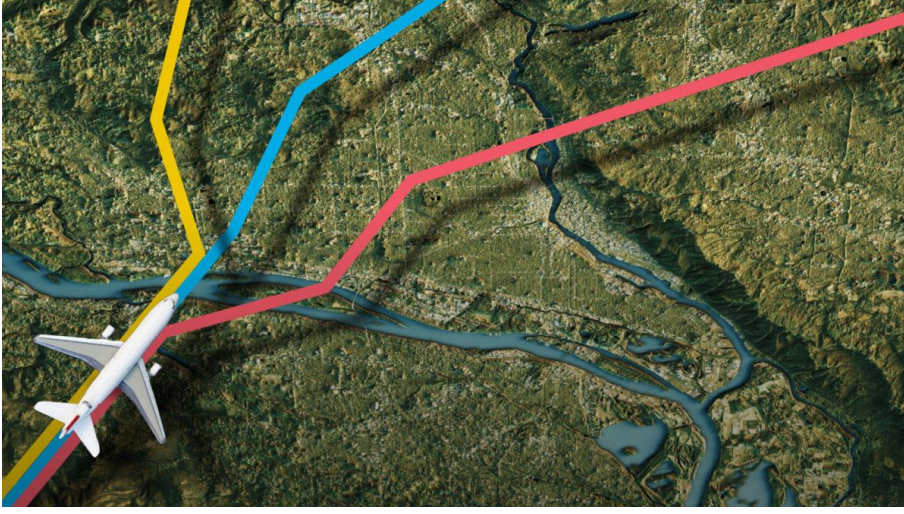
Hava trafik yönetimi ve kontrolü, hava sahası ve havaalanı operasyonlarının güvenli, düzenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla uygulanan bir dizi planlama, koordinasyon ve denetim sürecidir. Bu süreç, hem havaalanı zemin operasyonlarını hem de hava sahasındaki uçuşları kapsamaktadır. Hava trafik kontrolü, uçakların kalkıştan inişe kadar olan tüm hareketlerini yönlendirerek çarpışma riskini önler ve uçuş operasyonlarının zamanında gerçekleştirilmesini sağlar. Hava sahasının giderek artan yoğunluğu, bu süreçlerin daha karmaşık hale gelmesine neden olmuş, bu da hava trafik yönetimi ve kontrolünde ileri teknolojilerin kullanımını gerekli kılmıştır [5].

Havaalanı ve zemin operasyonlarında yapay zeka, uçakların taksi yolları üzerindeki hareketlerini optimize etmek ve trafik akışını düzenlemek için kullanılabilir. Örneğin, yapay zeka sistemleri, havaalanındaki mevcut uçak hareketlerini analiz ederek en uygun taksi yollarını belirleyebilir ve uçakların bekleme sürelerini en aza indirebilir. Bunun yanı sıra, hava trafik modelleme ve simülasyonları, yapay zeka algoritmalarıyla geliştirilebilir; bu da havaalanı operasyonlarının verimliliğini artırırken zemin kazalarını önlemeye yardımcı olur. Otomatik karar destek sistemleri, havaalanındaki trafik yoğunluğunu analiz ederek operasyonel kararları daha hızlı ve doğru bir şekilde alabilir.

Makine öğrenmesi, uçuş rotalarının ve planlarının optimize edilmesinde güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Büyük veri analitiği ve geçmiş uçuş verileri kullanılarak, makine öğrenmesi algoritmaları her bir uçuş için hava durumu, trafik yoğunluğu ve yakıt tüketimi gibi faktörleri göz önünde bulundurarak en uygun rotaları (Şekil 2) oluşturabilir. Örneğin, uçakların kalkış sırasında ve uçuş sırasında karşılaşılabileceği türbülans bölgeleri veya yoğun trafik alanları yapay zeka tarafından tahmin edilip alternatif güzergahlar önerilebilir. Ayrıca, bu algoritmalar uçaklar arasındaki minimum ayırma mesafesini optimize ederek hava sahasının daha verimli kullanılmasını sağlar. Yapay zeka

sayesinde, hava trafik yönetiminde hem operasyonel maliyetler düşürülmekte hem de uçuş emniyeti artırılmaktadır [6].

Şekil 2 Alternatif Uçuş Rotaları [7]



4. Bakım Faaliyetleri

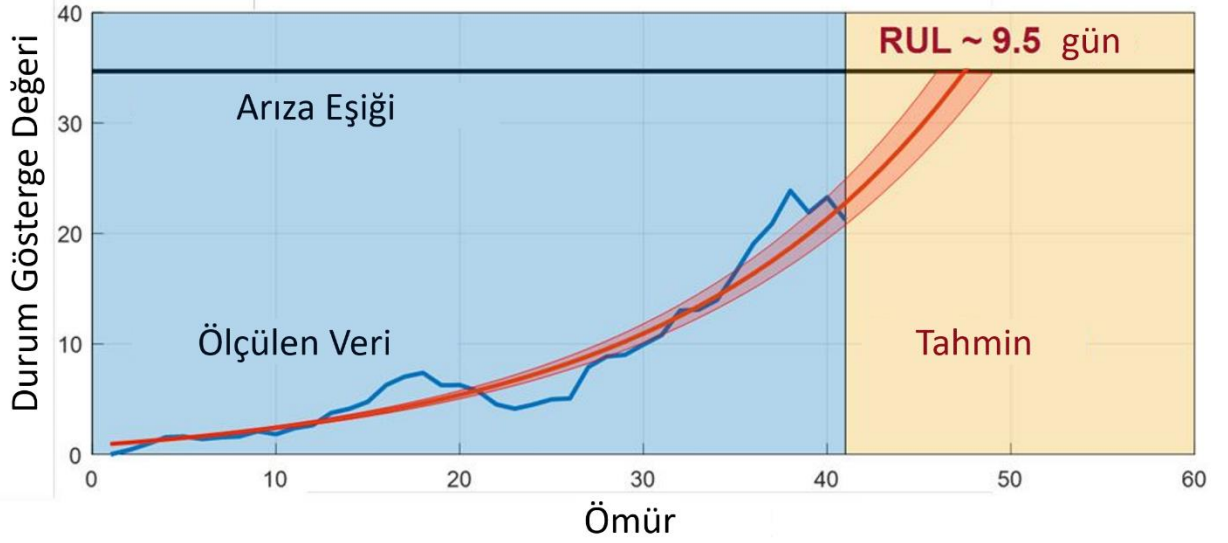
Bakım, makinelerin, ekipmanların veya sistemlerin güvenilir ve sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlamak için yapılan düzenli inceleme, onarım ve iyileştirme süreçlerini ifade eder. Havacılık sektöründe bakım, uçakların uçuş emniyetini sağlamak, operasyonel verimliliği artırmak ve arıza risklerini en aza indirmek amacıyla kritik bir role sahiptir. Hava aracı bakımı, periyodik kontroller, onarımlar ve gerektiğinde bileşen değişimlerini kapsayan karmaşık ve detaylı bir süreçtir. Bu süreçte gecikmeler veya hatalar, operasyonel aksaklıklara ve emniyet risklerine yol açabileceğinden bakım faaliyetleri büyük bir titizlikle yürütülmelidir [8].

Yapay zeka, kestirimci bakım (predictive maintenance) uygulamalarında devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Geleneksel bakım yöntemlerinin aksine, tahmine dayalı bakım, sistemin çalışma verilerini analiz ederek arıza belirtilerini erken aşamada tespit etmeyi ve arızaların meydana gelmeden önlenmesini amaçlar. Örneğin, bilgisayar görüşü (computer vision) teknolojileri, hava aracının dış yüzeyinde oluşabilecek korozyon gibi hasarları tespit etmek için kullanılabilir. Yapay zeka destekli kameralar ve görüntü işleme algoritmaları, korozyonun başlangıç aşamalarını tespit ederek bakım ekiplerini zamanında uyarabilir. Bu yaklaşım, maliyetli onarımların önüne geçerken aynı zamanda emniyeti artırır [9].

Kalan faydalı (kullanım) ömrü (Remaining Useful Life/Lifetime - RUL), bir bileşenin veya sistemin ne kadar süreyle sorunsuz bir şekilde çalışmaya devam edebileceğini tahmin eden bir metriktir. RUL tahmini, arızaların doğru bir şekilde öngörülmesini sağlayarak bakım süreçlerini optimize eder. Makine öğrenmesi algoritmaları, sensörlerden elde edilen verilerle birlikte geçmiş arıza kayıtlarını analiz ederek RUL değerlerini hesaplayabilir (Şekil 3). Örneğin, uçak motorlarında oluşan titreşim, sıcaklık veya basınç gibi parametrelerin makine öğrenmesi modellerine entegre edilmesi, motorun ne zaman bakıma ihtiyaç duyacağını tahmin edebilir. Bu sayede, gereksiz bakım işlemlerinden kaçınılabilir ve operasyonel süreklilik sağlanabilir. Yapay zeka ve makine öğrenmesinin bu tür uygulamaları, havacılık

bakım süreçlerinde hem maliyetleri azaltmakta hem de uçuş emniyetini en üst düzeye çıkarmaktadır [10].

Şekil 3 RUL Tahmin Modeli Çıktısı [11](Uyarlanmış)



5. Drone ve İnsansız Hava Araçları (İHA)

Drone ve insansız hava araçları (İHA), uzaktan kontrol edilen veya otonom olarak hareket edebilen, genellikle uçuş yeteneklerine sahip teknolojik cihazlardır. Bu araçlar, savunma, tarım, lojistik, enerji, inşaat ve daha birçok alanda geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır. İHA'lar, hem askeri hem de sivil operasyonlarda maliyetleri düşürmek, verimliliği artırmak ve insan müdahalesine duyulan ihtiyacı en aza indirmek için tercih edilmektedir. Gelişen sensör teknolojileri, yapay zeka ve makine öğrenmesi algoritmaları, İHA'ların yeteneklerini artırarak onları daha akıllı ve otonom hale getirmektedir.

Yapay zeka, özellikle bilgisayarlı görü (computer vision) teknolojileri, İHA'ların çevrelerini algılamasında ve doğru kararlar alabilmesinde kritik bir rol oynar. Örneğin, İHA'lar üzerindeki kameralar sayesinde, nesneleri tespit edebilir, sınıflandırabilir ve engellerden kaçınabilir. Bu sayede, karmaşık ve dinamik ortamlarda güvenli bir şekilde otonom uçuş gerçekleştirilebilir. Bilgisayarlı görü, ayrıca izleme ve gözetim gibi görevlerde de kullanılmaktadır; örneğin, bir İHA, belirli bir bölgedeki insan veya araç hareketlerini tespit edip (Şekil 4) analiz ederek güvenlik operasyonlarına katkı sağlayabilir. Tarım alanlarında ise mahsul durumunu değerlendiren ve zararlı bitkileri algılayan yapay zeka modelleri, İHA'ların etkinliğini artırmaktadır.

Şekil 4 Havadan Havaya (D2D) Takip ve Pozisyon Belirleme [12]



Lidar ve benzeri görsel olmayan sensörlerden elde edilen verilerin yapay zeka ile işlenmesi, İHA'ların çevresel farkındalığını daha da artırmaktadır. Lidar verileri, İHA'ların üç boyutlu haritalar oluşturmasını ve çevredeki engelleri detaylı bir şekilde algılamasını sağlar. Makine öğrenmesi algoritmaları, bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkararak İHA'nın rotasını optimize edebilir ve olası tehlikelerden kaçınmasını sağlayabilir. Örneğin, bir İHA, lidar verileri ile oluşturulan harita sayesinde ormanlık bir alanda engellere çarpmadan otonom bir şekilde uçabilir. Yapay zeka ayrıca, dinamik bir ortamda hareket eden nesneleri algılayarak İHA'nın güvenli bir şekilde manevra yapmasını ve belirlenen hedefe ulaşmasını mümkün kılar. Bu teknolojiler, İHA'ların hem otonom uçuş yeteneklerini geliştirmekte hem de güvenli ve etkili görev performanslarını sağlamaktadır [13].

6. Sonuç

Bu makalede, yapay zekanın havacılık sektöründeki mevcut ve potansiyel kullanım alanlarına genel bir bakış sunulmuştur. Yapay zeka, uçuş emniyeti, operasyonel verimlilik ve yenilikçi çözümler açısından havacılık endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Emniyet risk yönetimi, hava trafik yönetimi, bakım faaliyetleri ve drone/İHA teknolojileri gibi dört temel başlık altında yapay zekanın sektöre başlıca katkıları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Emniyet risk yönetiminde proaktif yaklaşımların geliştirilmesi, hava trafik yönetiminde otonom çözümlerle verimliliğin artırılması, bakım süreçlerinde tahmine dayalı uygulamaların kullanımı ve drone/İHA'ların yapay zeka ile otonom hale getirilmesi gibi konular, yapay zekanın havacılık endüstrisine nasıl değer kattığını göstermektedir.

Gelecekte, yapay zeka teknolojilerinin gelişimiyle birlikte havacılık sektöründe daha ileri seviyede uygulamalar mümkün hale gelecektir. Özellikle derin öğrenme ve yapay sinir ağları gibi teknolojiler, daha karmaşık veri setlerini analiz edebilecek ve daha doğru tahminler yapabilecek sistemlerin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır. Hava trafiğinin tamamen otonom olarak yönetildiği sistemler, hava araçlarının uçuş rotalarını optimize eden algoritmalar ve bakım süreçlerini gerçek zamanlı verilerle yöneten yapılar, gelecekte yapay zekanın sunduğu yenilikler arasında yer alabilir. Ayrıca, yapay zeka destekli İHA'lar, arama kurtarma operasyonlarından kargo taşımacılığına kadar geniş bir yelpazede daha etkin çözümler sunabilecektir. Yapay zekanın havacılık sektöründeki bu ilerlemeleri, hem emniyet hem de operasyonel verimlilik açısından yeni bir çağın kapılarını aralayacaktır.

7. Kaynakça

1. Hunt, E. B. (2014). Artificial intelligence. Academic Press.
2. Artificial Intelligence and aviation. EASA. (n.d.). <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0>
3. Flying into the Future: How AI is Redefining the Future of Aviation. Futurism Technologies. (2024). <https://www.futurismtechnologies.com/blog/flying-into-the-future-how-ai-is-redefining-the-future-of-aviation/>
4. Kızıldoğan, G. A. (2023). Yapay Zeka İle Sivil Havacılıkta Uçuş Emniyeti Ve Risk Tahmini. XII. Ulusal, Uçak Havacılık Ve Uzay Mühendisliği Kurultayı
5. Degas, A., Islam, M. R., Hurter, C., Barua, S., Rahman, H., Poudel, M., Ruscio, D., Ahmed, M. U., Begum, S., Rahman, M. A., Bonelli, S., Cartocci, G., Di Flumeri, G., Borghini, G., Babiloni, F., & Aricó, P. (2022). A Survey on Artificial Intelligence (AI) and eXplainable AI in Air Traffic Management: Current Trends and Development with Future Research Trajectory. İçinde Applied Sciences (C. 12, B. 3, s. 1295)
6. Borhani, M., Akbari, K., Matkan, A., & Tanasan, M. (2020). A multicriteria optimization for flight route networks in large-scale airlines using intelligent spatial information.
7. Kwon, K. (2023), AI: how it's delivering sharper route planning <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/ai-how-its-delivering-sharper-route-planning/>
8. Van den Bergh, J., De Bruecker, P., Beliën, J., & Peeters, J. (2013). Aircraft maintenance operations: state of the art. HUB Research Paper, 9, 2013.
9. Brandoli, B., de Geus, A. R., Souza, J. R., Spadon, G., Soares, A., Rodrigues Jr, J. F., ... & Matwin, S. (2021). Aircraft fuselage corrosion detection using artificial intelligence. Sensors, 21(12), 4026.

10. Karaoğlu, U., Mbah, O., & Zeeshan, Q. (2023). Applications of machine learning in aircraft maintenance. *J. Eng. Manag. Syst. Eng*, 2(1), 76-95.
11. Baru, A., Johnson, R. Three Ways to Estimate Remaining Useful Life for Predictive Maintenance. <https://www.mathworks.com/company/technical-articles/three-ways-to-estimate-remaining-useful-life-for-predictive-maintenance.html>
12. Upadhyay, J., Rawat, A., & Deb, D. (2021). Multiple Drone Navigation and Formation Using Selective Target Tracking-Based Computer Vision. In *Electronics* (Vol. 10, Issue 17, p. 2125). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/electronics10172125>
13. Miera, P., Szolc, H., & Kryjak, T. (2023). LiDAR-based drone navigation with reinforcement learning (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2307.14313>