



Ekonomi Yönetim Politika

Economics Management Politics



Derleme Makalesi • Review Article

LOJİSTİKTE İNSANSIZ ARAÇLAR: TEKNOLOJİK EVRİM VE PAZAR TRENDLERİ

UNMANNED VEHICLES IN LOGISTICS: TECHNOLOGICAL EVOLUTION AND MARKET TRENDS

Tayfun VARNALI *

Özet: Bu çalışma, derleme niteliğinde olup insansız hava, kara ve deniz araçlarının lojistik ve kargo taşımacılığındaki kullanımını incelemektedir. Amaç, bu sistemleri tarihsel gelişim, sınıflandırma, operasyonel mimari ve pazar eğilimleri çerçevesinde değerlendirmektir. Çalışmanın çıkış noktası, İHA'ların çoğunlukla askeri bağlamda ele alınmasına karşın lojistikteki stratejik rollerinin bütüncül biçimde incelenmemiş olmasıdır. Yöntem olarak 2000–2024 arasında yayımlanan akademik makaleler, sektör raporları ve kurum belgeleri Scopus ve Web of Science veri tabanlarında taranmış; kaynaklar PRISMA ilkelerine göre seçilip tematik olarak sentezlenmiştir. Bulgular, insansız sistemlerin kargonun ötesinde çeşitli lojistik ve altyapı süreçlerinde hız, maliyet ve erişilebilirlik açısından önemli kazanımlar sağladığını göstermektedir. Yapay zekâ, sensör teknolojileri ve uydu iletişimi operasyonel güvenilirliği artırmaktadır. Buna karşılık düzenleyici çerçeve, hava sahası entegrasyonu ve veri güvenliği temel kısıtlar olarak öne çıkmaktadır. Türkiye’de yürütülen pilot uygulamalar yaygınlaşma potansiyelini doğrulamaktadır. İHA tabanlı lojistik çözümlerinin sürdürülebilir biçimde yaygınlaştırılması, geleceğin kargo mimarisini şekillendirecek kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca alana ilişkin ek politika ve uygulama önerileri sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kargo taşımacılığı, Otonom sistemler, Lojistik teknolojileri

Abstract: This study reviews the use of unmanned aerial, ground, and maritime vehicles in logistics and cargo transportation. The aim is to evaluate these systems in terms of their historical development, classification, operational architecture, and market trends. The starting point of the study is that, although UAVs are primarily considered in a military context, their strategic roles in logistics have not been comprehensively examined. As a method, academic articles, industry reports, and institutional documents published between 2000 and 2024 were searched in the Scopus and Web of Science databases; sources were selected according to PRISMA principles and synthesized thematically. The findings show that unmanned systems provide significant gains in terms of speed, cost, and accessibility in various logistics and infrastructure processes beyond cargo. Artificial intelligence, sensor technologies, and satellite communications enhance operational reliability. In contrast, the regulatory framework, airspace integration, and data security emerge as key constraints. Pilot applications conducted in Turkey confirm the potential for widespread adoption. The sustainable rollout of UAV-based logistics solutions is considered a critical element that will shape the cargo architecture of the future. Additional policy and implementation recommendations related to this field are also presented.

Keywords: Freight transport, Autonomous systems, Logistics technologies

* Yüksek Lisans, Kırklareli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Bölümü
ORCID: 0000-0003-3895-8620, tayfun_kkk@hotmail.com

Geliş/Received: 4 Ekim 2025

Kabul/Accepted: 6 Ocak 2026



Giriş

Son yıllarda dijitalleşme, otomasyon ve yapay zekâ uygulamalarındaki hızlı ilerleme, ulaştırma ve lojistik sektörlerinde köklü dönüşümlere yol açmıştır. Bu dönüşümün merkezinde insansız sistemler yer almakta; insan müdahalesini azaltarak görevlerin daha güvenli, hızlı ve düşük maliyetle gerçekleştirilmesini hedeflemektedir. İnsansız hava araçları (İHA), insansız kara araçları (İKA) ve insansız deniz araçları (İDA) artık yalnızca askeri veya güvenlik amaçlı kullanılmayıp; kargo taşımacılığı, acil medikal sevkiyat, depo yönetimi, envanter kontrolü ve afet lojistiği gibi alanlarda da görev üstlenmektedir. Özellikle e-ticaret hacmindeki artış ve teslimat sürelerine ilişkin beklentiler, bu teknolojileri lojistik ekosisteminde stratejik bir alternatif haline getirmiştir. Tedarik zincirlerinde yaşanan kırılganlıklar ise bu eğilimi güçlendirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, insansız hava, kara ve deniz araçlarının lojistik ve kargo taşımacılığındaki kullanım alanlarını bütüncül bir bakış açısıyla incelemektir. Ayrıca teknolojik gelişmeler, pazar eğilimleri ve düzenleyici çerçeveler doğrultusunda ortaya çıkan fırsat ve sınırlılıklar değerlendirilmektedir. Literatürde İHA'lar genellikle askeri ve güvenlik bağlamında ele alınmakta, lojistik odaklı çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle araştırma, farklı ulaşım modlarındaki insansız sistemlerin kargo operasyonlarına entegrasyonunu karşılaştırmalı bir yaklaşımla ele almaktadır.

Araştırma aşağıdaki sorulara odaklanmaktadır:

- İnsansız araçların lojistikteki temel kullanım senaryoları nelerdir ve hangi teknolojik kabiliyetlere dayanmaktadır?
- Yapay zekâ destekli kontrol sistemleri, sensör mimarileri ve haberleşme altyapıları operasyonel güvenilirliği ve verimliliği nasıl etkilemektedir?
- Küresel pazar projeksiyonları ve yatırım eğilimleri, insansız kargo taşımacılığının geleceğine dair hangi fırsat ve riskleri göstermektedir?
- Ulusal ve uluslararası düzenlemeler, güvenlik standartları ve etik tartışmalar bu teknolojilerin yaygınlaşmasını hangi yönlerden desteklemekte veya sınırlamaktadır?

Çalışma, 2000–2024 yılları arasında yayımlanan akademik makaleler, sektör raporları ve uluslararası kurum belgelerini kapsamaktadır. Literatür taraması, Scopus ve Web of Science (WoS) veri tabanlarında; başlık, özet ve anahtar kelime alanlarında “drone logistics”, “cargo UAV”, “autonomous freight transport”, “unmanned ground vehicle logistics” ve “autonomous shipping” gibi terimler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boolean operatörleriyle yapılan aramalar, konu kapsamını genişletecek biçimde yapılandırılmıştır. Dahil edilen yayınlar, insansız araçların lojistik ve kargo süreçleriyle doğrudan ilişkili olması, hakemli akademik dergilerde veya güvenilir sektör raporlarında yayımlanmış olması ve teknolojik, operasyonel, ekonomik ya da düzenleyici boyutlardan en az birini ele alması kriterlerine göre seçilmiştir. Buna karşılık, yalnızca askeri amaçlı çalışmalar, editöryal yazılar, kısa görüş notları ve tam metnine erişilemeyen yayınlar kapsam dışı bırakılmıştır. Seçim süreci PRISMA akış diyagramına uygun yürütülmüş ve olası yanlılıkları azaltmak için sistematik bir yaklaşım benimsenmiştir. Veri çıkarımı sürecinde yayın yılı, ülke/bölge bilgisi, insansız araç türü, kullanım alanları, teknolojik altyapılar, operasyonel avantajlar ve sınırlılıklar, düzenleyici ve etik değerlendirmeler ile pazar ve yatırım eğilimleri sistematik olarak derlenmiştir. Bulgular, teknolojik gelişmeler, operasyonel uygulamalar, düzenleyici çerçeveler ve pazar trendleri olmak üzere dört ana tema altında sınıflandırılmıştır.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları mevcuttur. Ticari projeksiyonlara ilişkin veriler bölgesel farklılıklar gösterebilir; bazı sektör raporları metodolojik açıdan sınırlıdır ve insansız sistem teknolojilerinin hızlı gelişimi elde edilen bulguların zamanla güncellenmesini gerektirebilir. Buna rağmen sistematik literatür taraması, mevcut bilgilerin dengeli ve bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır.

Türkiye özelinde, PTT ve bazı kamu-özel sektör iş birlikleriyle yürütülen pilot uygulamalar, İHA tabanlı lojistik çözümlerinin operasyonel olarak uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmaların sistematik biçimde ele alınmadığı ve genellikle sınırlı vaka örneklerine dayandığı görülmektedir (Turgut ve Şeker, 2022:169-187; Aycil, 2023: 22-45; UTİKAD, 2018). Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurarak insansız sistemlerin lojistikteki rolünü hem küresel hem de ulusal ölçekte analiz etmeyi ve politika yapıcılar, uygulayıcılar ile araştırmacılar için kapsamlı bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir. Araştırma, önce insansız araçların sınıflandırılması ve teknolojik altyapısını ele almakta, ardından lojistik ve kargo taşımacılığındaki uygulama alanlarını incelemekte; pazar trendleri, düzenlemeler ve güvenlik boyutlarını tartışmakta ve son bölümde stratejik sonuçlar ile politika önerilerini sunmaktadır.

1. İnsansız Hava Araçları (İHA): Tarihsel Gelişimi ve Sınıflandırması

1.1. İnsansız Hava Araçları (İHA): Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

İnsansız hava araçları (İHA), içinde pilot bulunmadan uçabilen, uzaktan kumanda edilebilen veya önceden belirlenen rotalarda otonom olarak hareket edebilen hava araçlarıdır (ICAO, 2015; Dikmen, 2015: 145-176). GPS veya yer kontrol istasyonlarıyla yönlendirilen bu sistemler, genellikle motor gücüne sahip, silah taşımayan ve kontrol edilebilen platformlardır (Kahveci ve Can, 2017: 511-535). Akademik literatürde İHA'lar, sensörler ve faydalı yükler eklenerek keşif, gözetleme, lojistik veya araştırma amaçlı kullanılabilen otonom veya yerden kontrol edilebilen hava platformları olarak tanımlanmaktadır (Glover, 2014: 978; Akkurt, 2014; Kurt ve Ün, 2015: 195-213; Şkrinjar vd., 2018: 359-366; Can, 2013: 9-16; UN, 2015; EASA, 2018).

İHA'ların yeni bir teknoloji olduğu düşünülse de kökenleri oldukça eskidir. Pilotlu uçakların keşfinden 54 yıl öncesine, 1849 yılına kadar uzanan örnekler bulunmaktadır (Baştürk, 2015: 62). Bununla birlikte “uçabilen makine” fikri yazılı kaynaklarda yaklaşık 2500 yıl öncesine kadar öncesine dayandırılmaktadır. M.Ö. 4. yüzyılda Tarentli Archytas tarafından geliştirilen, su buharıyla çalışan ve yaklaşık 200 metre uçabilen “Uçan Güvercin” adlı mekanik cihaz, İHA'ların öncüsü olarak kabul edilmektedir. Benzer şekilde, eski Çin kaynaklarında sopaların bükülüp bırakılmasıyla uçuşa geçen araçlardan da söz edilmektedir (Özge, 2009: 60). Leonardo da Vinci'nin 1483 tarihli “hava burgusu” tasarımı ise dikey kalkış/iniş fikrinin erken örneklerinden biri olup helikopterlerin atası sayılmaktadır (Özbek, 2010: 8; Doğan, 2019: 130).

Günümüz İHA'larına benzer işlevler 19. yüzyılda belirginleşmeye başlamıştır. 1863'te Charles Perley, düşman birlikleri üzerine zaman ayarlı bomba bırakabilen bir balon tasarlamıştır (Akyürek, Yılmaz ve Taşkiran, 2012: 4). 1883'te Douglas Archibald, uçurtmaya anemometre monte ederek meteorolojik ölçümler yapmış; 1887'de ise uçurtmaya kamera ekleyerek gözlem amaçlı ilk İHA uygulamasını gerçekleştirmiştir. 1898'de William Eddy, uçurtmalara fotoğraf makinesi yerleştirerek Amerikan-İspanyol savaşlarında ilkel istihbarat yetenekleri kazandırmıştır. 1907'de Fransa'da Louis Breguet'in geliştirdiği dört rotorlu helikopter (quadrotor'un öncüsü), 4,5 metre yüksekliğe çıkabilmiş ve 20–22 metre yol kat edebilmiştir (Stamp, 2013; Doğan, 2019: 131).

Birinci Dünya Savaşı sırasında insansız uçuş denemeleri artmış, “drone” terimi ise İngiltere'de geliştirilen Queen Bee adlı insansız uçaktan türemiştir. Çift kanatlı yapısı, çıkardığı vızıltıya benzer ses ve “kraliçe arı” çağrışımı, günümüzdeki “drone” kavramının kökenini açıklamaktadır. 20. yüzyılın başlarından itibaren elektrik motorlarıyla dikey kalkış/iniş yapabilen tasarımlar üzerinde çalışmalar yürütülmüş, 1990–1999 döneminde NASA tarafından gerçekleştirilen ERAST projesiyle güneş enerjili Helios, Altus, Proteus ve Pathfinder gibi uzun süre havada kalabilen ileri teknoloji sivil İHA'lar geliştirilmiştir (Degarmo, 2004: 71; Nonami, 2007: 121; Cox vd., 2004: 10; Nonami vd., 2010: 9; Şahin, 2011). Avustralya yapımı Aerosonde Lamia ise kalkış ve iniş dışında 7.000 m irtifada 10–30 saat görev yapabilmekte ve 2.000–3.000 km menzil sunabilmektedir (Madrigal, 2009; Nonami, 2007: 122; Cox vd., 2004: 10).

2000’li yıllardan itibaren İHA teknolojileri hızla gelişmiş, özellikle 2013 yılı sivil İHA’ların kullanımında bir dönüm noktası olmuştur. 20 Haziran 2013’te Avrupa Komisyonu, 7 Kasım 2013’te ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve 30 Aralık 2013’te belirlenen altı araştırma ve test bölgesiyle birlikte, sivil İHA’ların hava sahasına entegrasyonu hız kazanmıştır (Vachtsevanos vd., 2015: 94–95). General Atomics Systems tarafından geliştirilen Altair ve Altus I-II platformları, 15,2 km irtifada 24–30 saate varan görev süreleriyle yüksek faydalı yük kapasitesi sunmuştur (Nonami, 2007: 122; Cox vd., 2004: 10; Şahin, 2011). Japonya’da Yamaha Motor tarafından geliştirilen R-50 ve Rmax insansız helikopterleri ise tarımsal ilaçlamada kullanılmakta ve GPS destekli otonom sistemler sağlamaktadır (Nonami, 2007: 124; Hanlon, 2004; Şahin, 2011).

Günümüzde İHA’lar; askeri, sivil ve kolluk faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. AeroVironment Inc. tarafından geliştirilen Global Observer, 16.764-19.812 m irtifada 5-7 gün boyunca görev yapabilen HALE sınıfı bir platformdur ve sınır güvenliği, uzun süreli gözetleme ile haberleşme rölesi görevlerinde kullanılabilir. Hummingbird mini İHA ise 19 gramın altındaki ağırlığıyla sinekkuşu davranışını taklit ederek görüntüleme yapabilmektedir. Kolluk faaliyetlerinde kullanılan bazı İHA’lara Uzun Menzilli Akustik Cihaz (LRAD), ölümcül olmayan silahlar veya baskılayıcı ekipmanlar entegre edilebilmektedir (Şahin, 2011). Sivil alanda ise İHA uygulamaları; arktik bölgelerin izlenmesi, depremzedelerin tespiti ve aranması, deniz memelilerinin gözetimi, bilimsel araştırmalar, atmosferik ve oşinografik veri toplama, tarımsal izleme, manyetik ve radyolojik jeolojik haritalama gibi çok geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Vachtsevanos vd., 2015: 100-101).

1.2. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sınıflandırması

İnsansız hava araçları (İHA’lar), kullanım amaçlarına bağlı olarak sivil, askerî ve terörle mücadele alanlarında sınıflandırılmaktadır. Sivil uygulamalarda tarım, lojistik ve afet yönetimi öne çıkarken; askerî alanda kara, hava ve deniz harekâtlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Terörle mücadele ise bu iki alanın dışında, bağımsız bir kategori oluşturmaktadır. Kontrol sistemleri açısından İHA’lar; doğrudan kontrol, gözlenen kontrol ve otonom (uyumlu veya uyumsuz) sistemler şeklinde ayrılmaktadır (Tablo 1). Uçuş kuralları ise görerek uçuş (VLOS), aletli uçuş (IFR) ve hibrit yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Hava sahası niteliğine göre İHA’lar, ayrılmış veya ayrılmamış sahalarda faaliyet gösterebilmektedir (Korchenko ve Illyash, 2013: 28-34). Araç tipi, motor ve yakıt sistemi de sınıflandırmada belirleyici ölçütlerdir. Sabit kanatlı, döner kanatlı ve hibrit modeller farklı görevleri yerine getirirken, pistonlu, gaz türbinli veya elektrikli motorlarla donatılabilmektedir. Yakıt sistemleri tek kullanımlıktan tekrar ikmalle çalışabilen modellere kadar çeşitlilik göstermektedir (Tablo 1). Performans kriterleri bakımından İHA’lar, maksimum kalkış kütlesi, menzil, havada kalış süresi ve irtifa parametrelerine göre mikro, mini, taktiksel, MALE (orta irtifa–uzun havada kalışlı) ve HALE (yüksek irtifa–uzun havada kalışlı) kategorilerine ayrılmaktadır (Tablo 1). Görev menziline ve uçuş irtifasına göre ek sınıflandırmalar yapılabilmektedir. İşlevsel kullanım açısından ise keşif ve gözetleme faaliyetleri askerî, tarımda ilaçlama ve afet bölgelerinde arama-kurtarma operasyonları sivil uygulamalara örnek teşkil etmektedir. Bu çerçevede, İHA sınıflandırması yalnızca teknik özelliklere değil, aynı zamanda görev profillerine ve kullanım amaçlarına dayanan çok boyutlu bir yapıya sahiptir (Korchenko ve Illyash, 2013: 28-34).

Tablo 1. İHA’ların Teknik ve Görev Bazlı Sınıflandırması

No	Kriter	Alt Sınıflar / Açıklama
1	Kullanım alanına göre	- Sivil: Tarım, lojistik, yangın söndürme, haberleşme, haritalama, arama-kurtarma - Askerî: Keşif, gözetleme, elektronik harp, taarruz, hedefleme - Anti-terör: İstihbarat toplama, sınır güvenliği, operasyon desteği

2	Kontrol sistemine göre	- Doğrudan kontrol: Yer kontrol istasyonundan anlık yönlendirme - Gözlenen kontrol: Görüş hattında kumanda - Uyumsuz-otonom: Önceden yüklenen görevlerle sınırlı - Uyumlu-otonom: Yapay zekâ destekli karar alma
3	Uçuş kurallarına göre	- VLOS (Görerek uçuş): Operatör görüş alanı - IFR (Enstrümantasyona dayalı): Sensör ve cihazlarla yönlendirme - BVLOS (Görüş hattı dışında uçuş): Görüş hattı ötesinde
4	Hava sahası kullanımına göre	- Ayrılmış alan: Yasaklı, kısıtlı, özel kullanım - Ayrılmamış alan: Ortak hava trafiği, izin/lisanslı uçuş
5	Hava aracı tipine göre	- Uçak tipi (sabit kanat) - Helikopter tipi (tek/çift rotor) - Döner kanat (multikopter) - Güdümlü sistemler (füze benzeri) - Hibrit sistemler (VTOL, tiltrotor)
6	Kanat tipine göre	- Sabit kanat - Döner kanat (quad, hexa, octo) - Değişken kanat (açı, pozisyon, form değiştirilebilir)
7	Kaldırma kuvvetine göre (kalkış/iniş)	- Kalkış: Yatay (pist), dikey (VTOL) - İniş: Pist, dikey, paraşüt, kanca sistemi, durmaksızın yakalama, hibrit
8	Kalkış – iniş tipine göre	- Kalkış: Pist, güverte, su yüzeyi, elle fırlatma, katapult - İniş: Pist, suya iniş, güverte ağı/kancası, paraşüt, ağ yakalama
9	Motor tipine göre	- Gaz türbinli: Turbojet, turboprop, turboşaft, ramjet, scramjet, pulsejet - Pistonlu: İçten yanmalı - Elektrikli: Bataryalı/hibrit
10	Yakıt sistemine göre	- Tek kullanımlık - İkmal yapılabilen
11	Yakıt tankı tipine göre	- Temel yakıt tankı - Ekstra yakıt tankı
12	Yakıt sistemi kullanımına göre	- Tek görevlik - Çok görevlik (ikmal yapılabilir)
13	Ağırlık, mesafe, süre, irtifaya göre	- Mikro: < 2 kg, 1–2 km, < 1 saat, < 1.000 ft ($\approx$ 300 m) - Mini: 2–20 kg, 10–20 km, 1–2 saat, 3.000–5.000 ft - Taktiksel: 20–150 kg, 150+ km, 10–12 saat, 10.000–15.000 ft - MALE: 1.000–1.500 kg, 24+ saat, ~30.000 ft - HALE: 2.000+ kg, 2.000+ km, 36+ saat, ~60.000–65.000 ft
14	Görev menziline göre	- Çok yakın: 0–5 km - Kısa: 5–50 km - Orta: 50–200 km - Uzun: 200+ km
15	Uçuş irtifasına göre	- Düşük: 0–3.000 m - Orta: 3.000–9.000 m - Yüksek: 9.000 m+
16	Fonksiyon ve uygulama alanına göre	- Askerî: Keşif, saldırı, elektronik harp - Sivil: Tarım, lojistik, harita, haberleşme, yangın söndürme - Özel: Bilimsel araştırma, meteoroloji, afet yönetimi

Kaynak: Korchenko ve Illyash, 2013: 28-34

Türkiye’de sivil İHA’larla ilgili tanım ve sınıflandırma, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) kapsamında yapılmaktadır (Fidan ve Ulvi, 2021: 28-35). Bu talimata göre İHA; üzerinde pilot bulunmayan, kontrol ünitesinden uzaktan kumanda edilerek veya belirli otonom fonksiyonlarla uçabilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır. Tanımda, aracın uçuş kontrolünün tamamen kullanıcı tarafından sağlanabileceği belirtilmektedir. Bunun kısmi ya da tam otonom sistemler aracılığıyla, yazılım ve sensör tabanlı kontrol mekanizmalarıyla da gerçekleştirilebileceği ifade edilmektedir. Dolayısıyla SHGM yaklaşımı, İHA’yı yalnızca insansız bir uçuş platformu olarak görmemektedir. Bunun yerine, uzaktan komuta, otonom karar alma ve görev icra yeteneklerini kapsayan bütünleşik bir hava aracı sistemi şeklinde ele almaktadır (Kahveci ve Can, 2017: 511-535; Yiğit vd., 2018: 10-19; Yardımcı, 2019: 61-80; Kurt ve Ün, 2015: 195-213).

Türkiye’de sivil İHA tanım ve sınıflandırmaları, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan SHT-İHA Talimatı ile belirlenmektedir. Bu talimata göre İHA; üzerinde pilot bulunmayan, uzaktan kumanda veya otonom fonksiyonlarla uçabilen bir hava aracı olarak ele alınmaktadır. Sınıflandırma ise azami kalkış ağırlığı (MTOW) esasına dayanmaktadır. SHGM’ye göre sınıflar aşağıdaki gibidir (Tablo 2):

Tablo 2. Türkiye’de İHA’ların Sınıflandırması ve Kullanım Alanları

Sınıf	Azami Kalkış Ağırlığı (MTOW)	Tipik Kullanım
İHA0	500 g (dâhil) – 4 kg	Genellikle hobi ve hafif sivil kullanım.
İHA1	4 kg (dâhil) – 25 kg	Sivil/komple ticari uygulamalar.
İHA2	25 kg (dâhil) – 150 kg	Endüstriyel/kurumsal uçuşlar.
İHA3	150 kg (dâhil) ve üstü	Büyük ölçekli, ağır sivil veya özel operasyonlar.

Kaynak: SHGM, 2020

Başlangıçta ağırlıklı olarak güvenlik ve askerî operasyonlarda konumlanan İHA teknolojileri, zaman içinde farklı alanlara yayılmıştır. Sensör mimarilerindeki gelişmeler, otonom kontrol yazılımları ve iletişim altyapılarındaki iyileşmeler sayesinde lojistik süreçlerde de önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Rota güvenliği, teslimat hızı, operasyonel verimlilik ve risk yönetimi gibi lojistik kriterler üzerinde doğrudan değer üretmesi, İHA’ların önemini artırmaktadır. Bu durum, İHA’ların yalnızca güvenlik merkezli bir araç olarak değil, lojistik ekosistemin geneline yayılan stratejik bir unsur olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Kahveci ve Can, 2017: 511-535; Yiğit vd., 2018: 10-19; Yardımcı, 2019: 61-80; Kurt ve Ün, 2015: 195-213).

1.3. İnsansız Hava Araçlarının Lojistikte Uygulama Alanları ve Türkiye’de Lojistikte İnsansız Hava Araçlarının Uygulanabilirliği

İnsansız hava araçları (İHA’lar), keşif veya güvenlik uygulamalarının ötesine geçerek lojistik sistemlerin dönüşümünde stratejik bir teknoloji haline gelmiştir. E-ticaret hacmindeki artış, erişimi güç bölgelerdeki hizmet ihtiyacı, afet koşullarında hızlı müdahale gereksinimi ve maliyet baskıları önemli bir talep doğurmaktadır (Turgut ve Şeker, 2022: 169-187; Yıldız, 2025: 2012-232). Bu dinamikler, İHA tabanlı çözümleri geleneksel lojistik yöntemlere alternatif bir seçenek haline getirmektedir. Otonom uçuş kabiliyetleri, gerçek zamanlı izleme sistemleri ve sensör destekli güvenlik altyapıları teslimat sürelerini kısaltmaktadır. Aynı zamanda insan kaynağına bağımlılığı azaltarak operasyonel riskleri de minimize etmektedir (Çalışkan ve Erturgut, 2022: 1-16).

Lojistik süreçlerde İHA kullanımı yalnızca kargo taşımacılığıyla sınırlı değildir. İHA’lar; son kilometre teslimat operasyonları, acil tıbbi sevkiyatlar (kan, ilaç, organ, numune) ve afet yönetiminde insani yardım aktarımı gibi kritik görevlerde kullanılmaktadır (Fırat ve Dabak, 2023: 35-58; Uysal, 2018:219-224). Ayrıca depo içi stok ve envanter kontrolü, tesis izleme ve bakım-denetim faaliyetleri ile ulaştırma ağlarına veri aktarımı gibi çok yönlü alanlarda da aktif rol üstlenmektedir. RFID/barkod temelli sistemler, envanter takibinin dijitalleşmesine önemli katkı sağlamaktadır. Görüntü işleme tabanlı denetim mekanizmaları ise hata oranlarını azaltarak verimlilik artışı yaratmaktadır. Bununla birlikte; hava sahası entegrasyonu, veri güvenliği ve siber tehditler, sigorta–sorumluluk mekanizmaları ve toplumsal kabul gibi faktörler kritik önem taşımaktadır. Bu unsurlar, geniş ölçekli yaygınlaşmanın önündeki temel sınırlayıcı etkenler olarak varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle İHA tabanlı lojistik uygulamalarının değerlendirilmesi yalnızca teknik yeterlilikle sınırlı kalmamalıdır. Ekonomik, hukuki ve etik boyutların da birlikte

ele alınmasını gerektirmektedir (Çalışkan ve Erturgut, 2022: 1-16; Gündem vd., 2025: 21-31; Ateş, 2021: 7-16; Turgut ve Şeker, 2022: 169-187; Yıldız, 2025: 2012-232).

Türkiye’de ise kamu kurumları ve özel sektör tarafından yürütülen çalışmalar, İHA lojistiğinin uygulanabilirliğine yönelik olumlu bir ivme göstermektedir. PTT tarafından gerçekleştirilen pilot teslimat projeleri, özellikle erişimi güç bölgelerde posta ve küçük paket taşımacılığında başarılı sonuçlar üretmiştir. Bu projeler, uçuş güvenliği, rota optimizasyonu ve operasyonel uygulanabilirlik açısından önemli göstergeler sunmuştur. Üniversite–sanayi iş birlikleri kapsamında test edilen prototipler; acil tıbbi hizmetler, afet lojistiği ve kritik yedek parça taşımacılığı gibi senaryolarda denenmiştir. Bu çalışmalar, özellikle büyükşehirlerde trafik kaynaklı gecikmelerin azaltılmasında potansiyel bir çözüm olarak dikkat çekmiştir (Turgut ve Şeker, 2022: 169-187; Aycil, 2023: 22-45; UTİKAD, 2018).

Bununla birlikte Türkiye’de İHA lojistiğinin yaygınlaşması, mevzuat ve altyapıya bağlı gelişmelerle doğrudan ilişkilidir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) mevzuatının güncellenmesi, uçuş izin süreçlerinin sadeleştirilmesi ve test uçuş koridorlarının artırılması önem taşımaktadır. Ayrıca veri güvenliği standartlarının netleştirilmesi ile sigorta–sorumluluk mekanizmalarının tanımlanması, geniş çaplı uygulamalar için temel gereklilikler arasında yer almaktadır. Bu durum, Türkiye’deki deneyimlerin uluslararası eğilimlerle karşılaştırmalı olarak incelenmesi ihtiyacını güçlendirmektedir (Kahveci ve Can, 2017: 511-535; Yiğit vd., 2018: 10-19; Yardımcı, 2019: 61-80; Kurt ve Ün, 2015: 195-213). Genel olarak, İHA teknolojisi lojistikte yalnızca taşıyıcı bir araç olmanın ötesine geçmiştir. Karar destek, izleme, bakım–denetim ve envanter yönetimi gibi süreçlerde katma değer üreten tamamlayıcı bir unsur haline gelmiştir. Türkiye’de mevcut uygulamalar operasyonel açıdan umut vericidir. Ancak yaygınlaşma, mevzuat uyumu, güvenlik standartları ve kurumsal entegrasyon süreçlerinin gelişmesine bağlıdır. Bu bağlamda yapılacak çalışmaların hem Türkiye’deki deneyimlerin sistematik biçimde değerlendirilmesine hem de küresel lojistik eğilimleriyle entegrasyonuna katkı sunması beklenmektedir.

2. İnsansız Deniz Araçları ve Kargo Gemileri: Tarihsel Gelişim ve Sınıflandırma

2.1. İnsansız Deniz Araçları (İDA) ve İnsansız Kargo Gemileri: Tanımı ve Tarihçesi

İnsansız Deniz Araçları (İDA), içinde herhangi bir personel bulunmadan, kontrollü biçimde kendi kendine hareket edebilen araçlar olarak tanımlanmaktadır (Veal, Tsimplis ve Serdy, 2019: 23). Comité Maritime International ise insansız gemileri, güvertesinde personel bulunmayan ve suda kontrollü seyir yeteneğine sahip araçlar olarak açıklamaktadır (Bolat ve Koşaner, 2021: 341-358).

İDA’ların tarihsel gelişiminde önemli dönüm noktaları bulunmaktadır. İlk örneklerden biri, 1944 yılında Kanada’da geliştirilen ve Normandiya Operasyonu sırasında kullanılan Comox adlı insansız su üstü aracıdır. Bu aracın denemeleri başarılı olmasına rağmen pratik kullanım alanı bulamamıştır (Bae ve Hong, 2023: 1-35). 1950’li yıllarda ABD, kutup bölgelerini keşfetmek amacıyla ilk Otonom Su Altı Araçlarını (AUV) geliştirmiştir (Nicholson ve Healey, 2008: 44-51). Bu araçlardan biri olan SPURV (Self-Propelled Underwater Research Vehicle), 1957’de Washington Üniversitesi Uygulamalı Fizik Laboratuvarı tarafından üretilmiş ve 10.000 feet’e kadar dalış yapabilme kapasitesiyle dönemin en ileri teknolojilerinden biri olmuştur (Ura, 2020: 713-721). 1970’lerde Japonya, AUV teknolojileri üzerine yoğun bir araştırma ve geliştirme süreci başlatmıştır (Ura, 2020: 713-721; Yuh, 2000: 7-24). 1990’larda İngiltere’de geliştirilen Autosub araçları, 1997’de ilk görevlerini gerçekleştirmiş ve bilimsel araştırmalara önemli katkılar sunmuştur (Von Alt, 2003; Murphy, Landamore ve Birmingham, 2008: 195-205). 2000’li yıllarda AUV’ler, ticari alanda da yaygınlaşmaya başlamış ve satışları artmıştır. Örneğin DARPA ve PacMar Technologies tarafından 2020 yılında geliştirilen Manta Ray, düşman sularında tespit edilmeden görev yapabilme kapasitesiyle dikkat çekmiştir (Zhao vd., 2023: 314).

Kritik projeler, İDA'ların gelişiminde stratejik etkiler yaratmıştır. ABD Donanması'nın Ghost Fleet ve Overlord projeleri, insansız deniz araçlarının askeri alanda kullanımını hızlandırmış ve yeni operasyonel konseptlerin oluşmasına katkı sağlamıştır (Winstead, 2018). Bu projeler, deniz üstünlüğünün korunmasında otonom filoların potansiyelini göstermiştir. Benzer şekilde ABD Donanması tarafından test edilen orta ölçekli Sea Hunter, uzun menzilli keşif ve gözetleme görevlerinde insansız sistemlerin rolünü güçlendirmiştir. Sivil alanda ise Zyvex Marine tarafından 2010'da geliştirilen Piranha adlı 16 metrelik İDA, 600 deniz milini aşan test görevlerini başarıyla tamamlamış ve ticari deniz taşımacılığında insansız gemilerin uygulanabilirliğini göstermiştir (Liu, 2021). Genel olarak, İDA'ların tarihsel gelişimi hem askeri hem de sivil alanda kritik projelerin yarattığı etkilerle şekillenmiştir. Comox'tan Sea Hunter'a, SPURV'dan Manta Ray'a uzanan bu süreç, insansız deniz teknolojilerinin yalnızca teknik bir ilerleme değil, aynı zamanda denizcilik ve savunma stratejilerinde köklü bir paradigma değişiminin de öncüsü olduğunu ortaya koymaktadır. Paragraflar ve başlıklar arasında boşluk olmamalıdır.

2.2. İnsansız Deniz Araçlarının Kullanım Alanları ve Sınıflandırması

İnsansız deniz araçları, su üstü ve su altı platformlarında çeşitli görevlerin yerine getirilmesine yönelik olarak tasarlanmaktadır. Bu araçların temel bileşenleri arasında gövde yapısı, tahrik ve güç sistemleri, kontrol mekanizmaları, iletişim altyapısı ile veri toplama cihazları yer almaktadır (Liu vd., 2016: 71-93) (Tablo 3). Özerklik seviyelerine göre, manuel kontrollü sistemlerden tamamen bağımsız ve yüksek derecede özerk görev icra edebilen sistemlere kadar dört farklı kategoriye ayrılmaktadır (Gao vd., 2024: 1-14). Sualtı araçları, derin deniz araştırmaları, mayın tespiti, enkaz çıkarma ve boru hattı denetimi gibi sivil ve askerî görevlerde kullanılmakta; su üstü araçları ise deniz güvenliği, gözetleme ve haritalama faaliyetlerinde ön plana çıkmaktadır (Li, Wu ve Cao, 2022: 264-271). İnsansız kargo gemileri, ticari yük taşımacılığı ve lojistik alanlarında önemli bir rol üstlenmektedir. Otonom veya yarı otonom yapı sayesinde, uzun mesafeli taşımacılık faaliyetleri minimum insan müdahalesi ile gerçekleştirilebilmektedir (Tablo 3). Bu gemilerin başlıca kullanım alanları arasında limanlar arası taşımacılık, açık deniz lojistiği ve tedarik zinciri destek operasyonları yer almaktadır (Acarer, 2023: 122-153). İnsansız deniz araçlarının sınıflandırılması, kontrol yöntemine göre (denetimli, otonom, karma), hareket alanına göre (su üstü, su altı) ve görev tipine göre (askerî, sivil, ticari) yapılmaktadır (Rodseth ve Nordahl, 2017; Bolat ve Koşaner, 2021: 341-358). Bilişim ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, bu araçların açık denizlerde yönetimini kolaylaştırmakla birlikte, yoğun deniz trafiği ve ulusal/uluslararası düzenlemeler, güvenli ve etkin operasyonlar için kritik öneme sahiptir (Feyizoğlu ve Yorulmaz, 2023: 393-424) (Tablo 3).

Tablo 3. Deniz ve Suüstü Araçları Sınıflandırması

Alt Kategori	Alt Sınıf / Detaylı Alt Kategori	Görev	Yakıt / Enerji	Boyut / Uzunluk	Taşıma Kapasitesi	Hız	Sensör / Donanım
Sualtı Araçları	Otonom, Uzaktan Kumandalı	Keşif, Araştırma, Patlayıcı Tespit, Taşıma	Elektrik (batarya), Dizel, Hibrit	Mini, Orta, Büyük	10 kg – 1 ton	-	Kamera, Lidar, Sonar, GPS
Suüstü Araçları	İnsansız Tekneler	Keşif, Askerî, Ticari Taşıma	Dizel, Benzin, Elektrik, Hibrit	Küçük (3–8 m), Orta (8–20 m), Büyük (>20 m)	100 kg – 50 ton	5–80 knot	Radar, Lidar, GPS
Gemiler	Belli Aralıklarla İnsansız, Otonomi Destekli, Sürekli İnsansız	Ticari Taşıma, Askerî Görev, Araştırma	Dizel, LNG, Hibrit	50–400 m	500 ton – 200.000 ton	10–25 knot	Radar, Lidar, GPS

Kargo Gemileri	Otonom, Yarı Otonom	Ticari Yük Taşıma, Lojistik	Dizel, LNG, Hibrit	60–300 m	500 ton – 20.000 ton	10– 22 knot	Radar, Lidar, AIS, GPS, Otomatik Yük Yönetim Sistemi
---------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------------	----------	-------------------------	-------------------	--

Kaynak: Li, Wu ve Cao, 2022: 264-271; Gao vd., 2024: 1-14; Acarer, 2023: 122-153; Rodseth ve Nordahl, 2017; Bolat ve Koşaner, 2021: 341-358; Feyizoglu ve Yorulmaz, 2023: 393-424

3. İnsansız Kara Araçlarının Tarihsel Gelişimi ve Fonksiyonel Sınıflandırması

3.1. İnsansız Kara Araçları (İKA): Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

İnsansız Kara Aracı (İKA), üzerinde insan bulunmadan kara üzerinde hareket edebilen, farklı görevler için modüler olarak uyarlanabilen platformlar şeklinde tanımlanmaktadır (ASELSAN, 2021; Li, Gao ve Zhou, 2022). Ayarlanabilir otonomi düzeyleri ve kontrol sistemleri sayesinde uzaktan yönetilebilen bu araçlar, özellikle tehlikeli ve insan varlığının kısıtlı olduğu ortamlarda kullanılmaktadır. Günümüzde askeri görevlerin yanı sıra lojistik ve kargo taşımacılığında da yaygın olarak değerlendirilmektedir (Demir ve Bozdemir, 2019: 32-45).

Mobil otonom robotların kökeni 1950'lere uzanır. Greywaller'in ışık ve dokunma sensörlü "Elsie" robotu ile başlayan bu süreç, 1960'larda Stanford Research Institute tarafından geliştirilen ve kendi ortamında karar verme yeteneğine sahip ilk mobil robotlardan biri olan "Shakey" ile ivme kazanmıştır (Nilsson, 1969: 509–520). 1970'lerden itibaren robot kontrol mimarileri gelişmiş, 1980'lerde kişisel bilgisayarlar ve donanım teknolojilerindeki ilerlemelerle robotik daha pratik hale gelmiştir (Brooks, 1991).

Modern İKA teknolojisinin temelleri Shakey projesi ile atılmış, ardından 1970–80'lerde Japonya'daki çalışmalar ve Avrupa'daki PROMETHEUS programı otonom araç araştırmalarına yön vermiştir. 1990'larda Carnegie Mellon Üniversitesi gibi kurumlar ileri seviye sistemler geliştirerek günümüz İKA'larının altyapısını oluşturmuştur. 2000'li yıllarla birlikte İKA'lar askeri alanda sahaya inmiş; ABD ve İsrail, keşif, mayın temizleme ve sınır güvenliği görevlerinde bu araçları kullanmaya başlamıştır. Sivil alanda ise otonom kara taşımacılığı 2010'lu yıllarda hız kazanmıştır. Volvo ve Mercedes-Benz'in 2014-2015 dönemindeki otonom kamyon testleri, sensör ve kontrol teknolojilerinin ticari taşımacılığa entegrasyonunda öncü olmuştur (Ballarin ve Zeilinger, 2017). Bunu Tesla'nın 2016'da Autopilot sistemini tanıtması, Uber'in 2018'de otonom kamyon testleri ve Türkiye'de Ford Otosan'ın platooning çalışmaları takip etmiştir. 2021 sonrası ise ABD ve Kanada'da Kodiak Robotics, Aurora ve Gatik gibi firmaların ticari operasyonları, otonom taşımacılığın olgunluk seviyesine ulaştığını göstermektedir. 2025 itibarıyla Aurora'nın Dallas–Houston hattında sürücüsüz taşımacılık operasyonları başlatması ve Dubai'nin beş ana lojistik rotada otonom tırları devreye alma planı, teknolojinin küresel ölçekli bir dönüşüm sürecine girdiğini kanıtlamaktadır. Günümüzde İKA'lar, askeri ve güvenlik operasyonlarının yanı sıra lojistik ve kargo taşımacılığında güvenli, hızlı ve maliyet etkin çözümler sunan önemli araçlar haline gelmiştir (Jones, Lu ve Tolliver, 2025:1-49).

3.2. İnsansız Kara Araçlarının Kullanım Alanları ve Sınıflandırması

İnsansız Kara Araçları (İKA'lar), özellikle lojistik ve kargo taşımacılığı alanında giderek artan bir öneme sahiptir. Hafif sınıf araçlar, kompakt ve taşınabilir yapıları sayesinde küçük paketlerin ve malzemelerin hızlı ve esnek biçimde taşınmasında kullanılmaktadır. Orta sınıf araçlar hem kargo taşımacılığı hem de lojistik destek görevlerinde etkin bir şekilde tercih edilmekte olup, operasyonel esnekliği artırmaktadır (Tablo 4). Ağır sınıf araçlar ise yüksek taşıma kapasiteleri ve dayanıklılıkları sayesinde büyük hacimli yüklerin limanlar arası veya uzun mesafeli taşınmasında kritik rol oynamaktadır. Bu sınıflar, farklı lojistik ve endüstriyel ihtiyaçlara uygun şekilde tasarlanmakta ve kullanıldıkları süreçlerde verimliliği önemli ölçüde artırmaktadır

(Montanari vd., 2015: 253-258; Tachinina, Lysenko ve Kutieпов, 2022: 79-86; Czapla ve Wrona, 2013: 293-209; Liu vd., 2021: 1354; Ao, 2023: 77689-77702; Zanchin, 2017: 2631-2636). Kontrol açısından İKA'lar uzaktan kumandalı, otonom veya hibrit sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Yüksek özerkliğe sahip araçlar bağımsız rota planlaması yapabilmekte ve çevresel koşullara uyum sağlayabilmektedir. Kamera, Lidar, Radar, ultrasonik sensörler ve robotik manipülatörler çevresel algılamada; GPS ve yapay zekâ tabanlı sistemler rota planlama ve karar vermede kullanılmaktadır (Tablo 4). Ağırlık, özerklik seviyesi, sensör teknolojisi ve görev türüne göre yapılan sınıflandırma, operasyonel güvenliği ve lojistik verimliliği artırmaktadır (Demir ve Bozdemir, 2019: 32-45; Sonugür, 2016; Yazıcılar, 2021).

Tablo 4. İnsansız Kara Araçlarının Sınıflandırılması

Sınıflandırma Kriteri	Alt Kriter / Sınıf	Açıklama / Kullanım
Ağırlık / Boyut	Hafif (≤ 10 kg)	Keşif, gözetleme, bomba imha, küçük kargo, hızlı taşınabilir
	Orta (100–500 kg)	Keşif, gözetleme, lojistik destek, orta ölçekli kargo
	Ağır (≥ 500 kg)	Ağır yük taşıma, lojistik destek, saldırı ve savunma görevleri
Görev Türü	Keşif / Gözetleme	Harita çıkarma, alan tarama, düşman veya hedef izleme
	Lojistik / Kargo Taşıma	Malzeme ve ekipman taşımacılığı, insansız kargo operasyonları
	Saldırı / Savunma	Silah entegreli araçlar, stratejik ve taktik görevler
	Kurtarma / Acil Müdahale	Arama-kurtarma operasyonları, afet ve acil durum lojistiği
	Endüstriyel / Sivil	Tarım, madencilik, inşaat ve üretim destek görevleri
Kontrol Tipi	Uzaktan Kumandalı	Operatör tarafından doğrudan kontrol edilen araçlar
	Otonom / Yarı Otonom	Belirli görevleri kendi başına tamamlayabilen araçlar
	Karma (Hybrid)	Hem uzaktan kumanda hem otonom özelliklere sahip araçlar
Hız / Hareket Kabiliyeti	Düşük Hızlı (≤ 10 km/saat)	Sabit veya sınırlı hareket gerektiren görevler
	Orta Hızlı (10–40 km/saat)	Genel görevler, orta menzilli operasyonlar
	Yüksek Hızlı (> 40 km/saat)	Kritik hızlı müdahale ve operasyon gerektiren görevler
Taşıma Kapasitesi	Mini (0–10 kg)	Küçük kargo, malzeme, ekipman
	Orta (10–500 kg)	Orta ölçekli lojistik ve malzeme taşıma
	Büyük (≥ 500 kg)	Ağır yükler, endüstriyel malzeme, büyük lojistik görevleri
Sensör / Donanım	Görsel / Kamera Tabanlı	Keşif, gözetleme ve haritalama
	Lidar / Radar Tabanlı	Engelleri algılama, güvenli navigasyon
	Robotik Ekipman	Taşıma, manipülasyon ve örnek toplama
	AI Destekli Navigasyon / Karar Verme	Otonom görev yürütme, çevresel adaptasyon

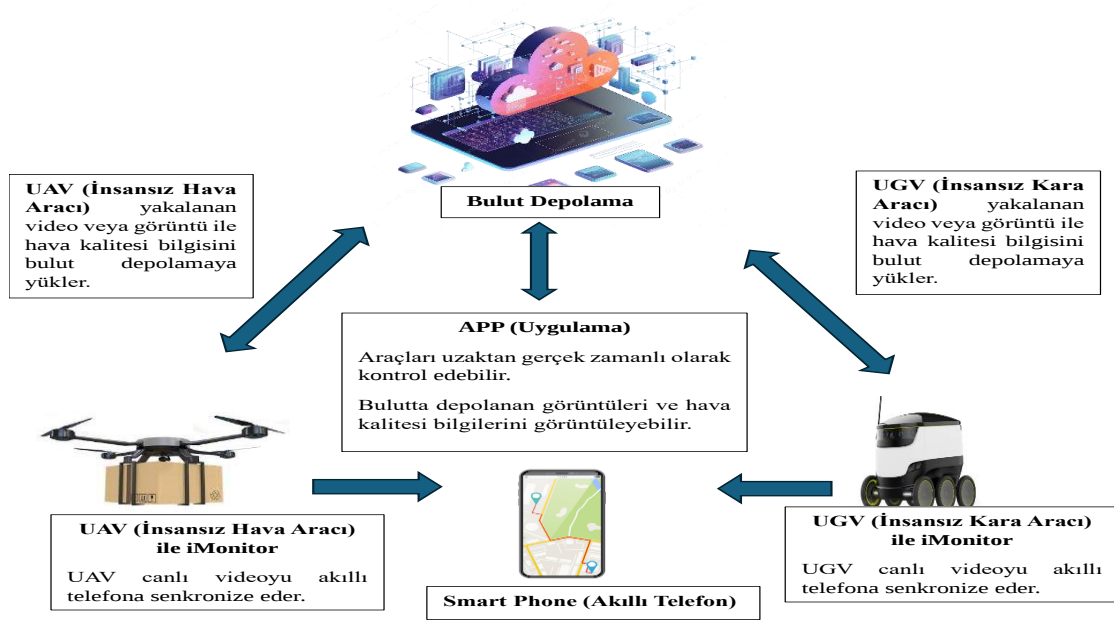
Kaynak: Montanari vd., 2015: 253-258; Tachinina, Lysenko ve Kutieпов, 2022: 79-86; Czapla ve Wrona, 2013: 293-209; Liu vd., 2021: 1354; Ao, 2023: 77689-77702; Zanchin, 2017: 2631-2636; Demir ve Bozdemir, 2019: 32-45; Sonugür, 2016; Yazıcılar, 2021

4. Küresel İnsansız Araç Teknolojileri Pazarının Büyüme Trendleri ve Bölgesel Analizi

4.1. Küresel İnsansız Hava Araçları ve Kargo Uçakları: Operasyonel İşleyiş ve Pazar Analizi

İnsansız hava aracı (İHA) çalışma planı, çevresel veri toplama, bulut tabanlı depolama ve mobil uygulama entegrasyonu çerçevesinde tasarlanmıştır (Dursun, 2022; Yıldırım, 2022: 98-111). İHA'lar aracılığıyla elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler ve hava kalitesi verileri, kablosuz iletişim teknolojileri kullanılarak bulut altyapısına aktarılmakta ve merkezi sistem üzerinden çoklu kullanıcıların eş zamanlı erişimine imkân tanımaktadır (Özkan, 2023; Yiğit ve Orhan, 2025: 183-209; Şin ve Kadioğlu, 2019: 211-221; Arslan, 2023: 59-71) (Şekil 1). Bulut tabanlı yapı, verilerin mobil uygulama üzerinden gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlarken, İHA'ların uzaktan kontrolünü de mümkün kılmaktadır. iMonitor entegrasyonu sayesinde canlı görüntüler doğrudan akıllı cihazlara senkronize edilmekte; bu durum operasyonel etkinliği ve çevresel izleme doğruluğunu artırmaktadır. Söz konusu yapı, nesnelerin interneti (IoT), siber-fiziksel sistemler ve bulut bilişim teknolojilerinin İHA'lara entegrasyonuna tipik bir örnek oluşturarak, lojistik, güvenlik ve çevresel izleme alanlarında stratejik katkılar sağlamaktadır (Demircan, 2019; Biskin ve İnağ, 2025: 236-258; Turan, 2023; Bozkurt, 2023) (Şekil 1).

Şekil 1. Drone'lar ile Gerçek Zamanlı Çevresel İzleme ve Operasyonel Yönetim Süreci Örneği



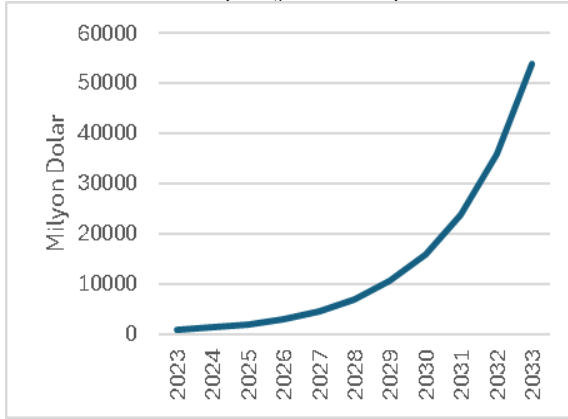
Kaynak: Özkan, 2023; Yiğit ve Orhan, 2025: 183-209; Şin ve Kadioğlu, 2019: 211-221; Arslan, 2023: 59-71; Demircan, 2019; Biskin ve İnağ, 2025: 236-258; Turan, 2023; Bozkurt, 2023 kaynaklarından yararlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 2, insansız hava araçları (İHA) lojistiği ve taşımacılığı pazarına yönelik 2023–2033 dönemi projeksiyonlarını göstermektedir. 2023 yılında 903,1 milyon dolar olan pazar gelirinin, yıllık artışlarla 2027’de 4.633,2 milyon dolara, 2030’da 15.794,4 milyon dolara ve 2033’te 53.839,7 milyon dolara ulaşması beklenmektedir (Şekil 2). Bu hızlı büyüme, e-ticaret ve lojistik sektörlerinde artan talep, teslimat sürelerinin kısaltılması gerekliliği ve İHA teknolojilerindeki maliyet düşüşleri ile desteklenmektedir. Uzun vadeli projeksiyonlar, İHA’ların lojistik ve taşımacılık alanında stratejik bir dönüşüm unsuru olarak küresel pazarda giderek daha belirleyici bir rol üstleneceğini ortaya koymaktadır (Market.us, 2024) (Şekil 2).

Şekil 3, 2014–2033 dönemine ilişkin projeksiyonların, İHA sektöründe hem yatırım sayısı hem de sermayede istikrarlı bir büyüme öngördüğünü göstermektedir. Buna göre, 2014’te 12 anlaşma ve 54 milyon dolarlık yatırım yapılmışken, 2023’te bu sayı 46 anlaşma ve 1.073 milyon dolara, 2030’da 70 anlaşma ve 1.940 milyon dolara, 2033’te ise 80 anlaşma ve 2.312 milyon dolara ulaşması beklenmektedir. Bu büyüme, artan yatırım ilgisi, ticari ve savunma alanlarındaki

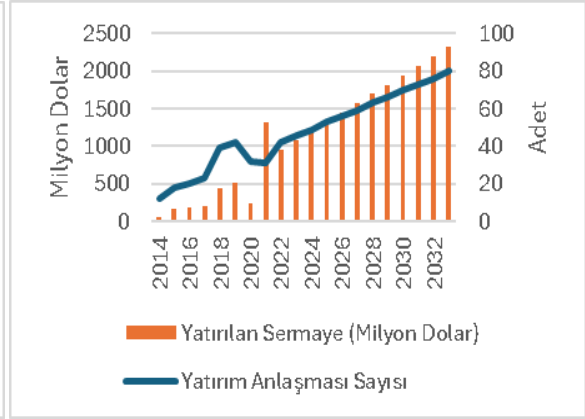
kullanımın genişlemesi ve teknolojik yeniliklerle desteklenmektedir. Söz konusu durum, İHA sektörünün küresel ölçekte stratejik ve sürdürülebilir bir yatırım alanı olduğunu göstermektedir (Baur, 2022) (Şekil 3).

Şekil 2. 2023–2033 Döneminde İnsansız Hava Araçları Lojistiği ve Taşımacılığı Pazar Geliri (Milyon Dolar)



Kaynak: Market.us, 2024

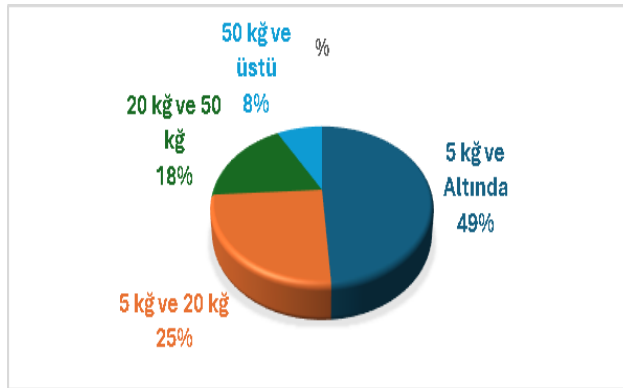
Şekil 3. 2014–2033 Döneminde İHA Sektörüne Yatırım Anlaşmaları ve Yatırılan Sermaye (Milyon Dolar)



Kaynak: Baur, 2022

2024 yılına ait İHA pazarının ağırlık segmentlerine incelendiğinde, 5 kg ve altındaki insansız hava araçları %48,9 ile pazarın neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Bunu 5–20 kg arası %25,1, 20–50 kg arası %18 ve 50 kg ve üzeri %8 ile daha ağır sınıflar takip etmektedir. Bu dağılım, hafif İHA'ların lojistik, ticari ve kişisel kullanım alanlarında yüksek talep gördüğünü, orta ve ağır sınıf İHA'ların ise daha spesifik ve profesyonel operasyonlarda kullanıldığını göstermektedir. Dolayısıyla pazarın büyük kısmı taşınabilirlik ve kullanım kolaylığı öncelikli hafif sistemlerden oluşmaktadır (Global Market Insights, 2025) (Şekil 4).

Şekil 4. 2024 Yılı İHA Pazarının Ağırlık Segmentlerine Göre Dağılımı (%)

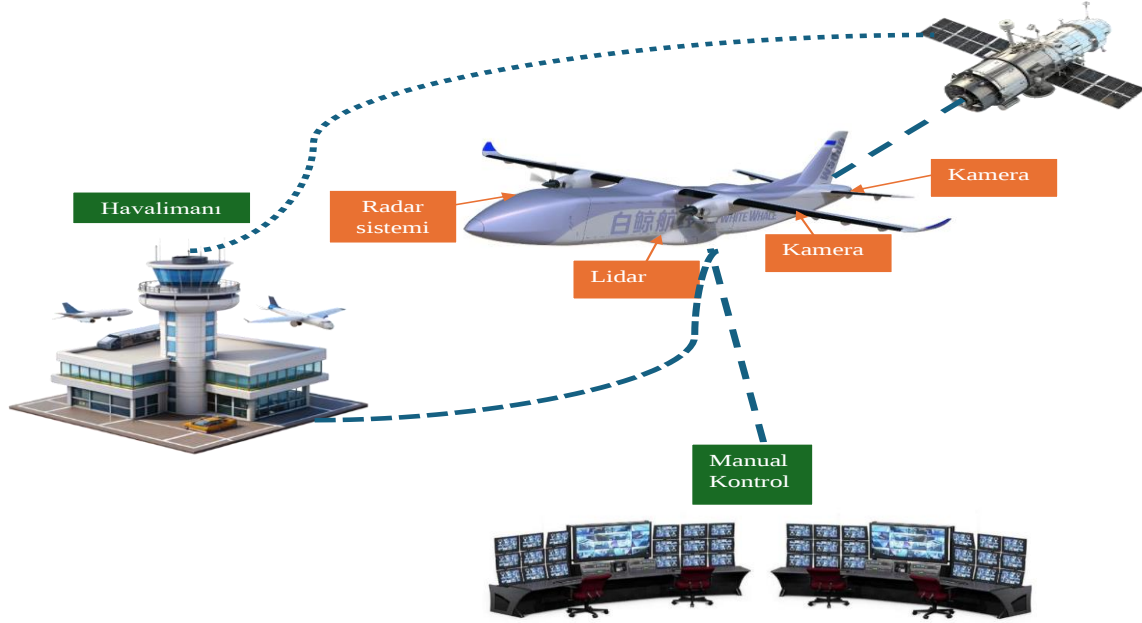


Kaynak: Global Market Insights, 2025

İnsansız kargo uçaklarının (UKA) işleyişi, algılama, iletişim ve kontrol sistemlerinin bütünleşik bir mimarisi üzerine inşa edilmektedir (Austin, 2011; Ciolponea, 2022: 108; Ariante ve Del Core, 2025). Radar ve lidar tabanlı sensörler, uçakların çevresel farkındalığını artırarak engel tespiti, konumlandırma ve mesafe ölçümü gibi kritik fonksiyonları yerine getirirken; kamera ve uydu sistemleri, operasyonel doğruluk ve veri bütünlüğünü sağlamaktadır (Şekil 5). Sistem, gerekli durumlarda manuel kontrol merkezleri aracılığıyla insan müdahalesine imkân veren hibrit bir kontrol paradigması benimsemekte olup, bu yaklaşım beklenmeyen koşullarda operasyonel güvenliği artırmaktadır (Ariante ve Del Core, 2025; Yue, 2024: 1-12; Sahoo, 2024: 21-39;

Ramalingam, 2017; Ramasamy, 2024). Ayrıca, havaalanı altyapısı ve sürekli iletişim mekanizmaları, hava trafiği entegrasyonunu mümkün kılmakta ve operasyonel süreçlerin düzenli yürütülmesini desteklemektedir (McGee vd., 1998; Li vd., 2018: 135-144; Perry, 1997:18-35) (Şekil 5). Bu çok katmanlı entegrasyon, UKA'ları hem uçuş güvenliği hem de lojistik operasyon verimliliği açısından stratejik bir teknolojik yenilik olarak konumlandırmaktadır (Spandonidis vd., 2022: 95-112; Jiang vd., 2016:123-135; Sampigethaya ve Poovendran, 2013: 1834-1855).

Şekil 5. İnsansız Kargo Uçaklarının Çalışma Prensipleri ve Sistem Entegrasyonu Örneği

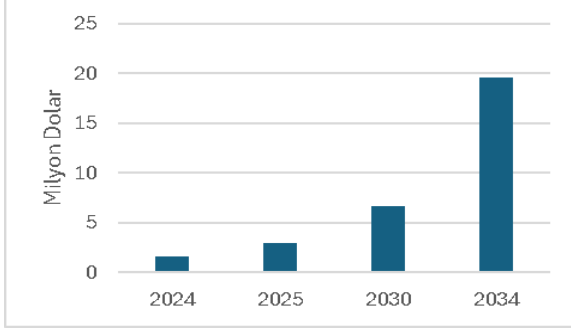


Kaynak: Austin, 2011; Ciolponea, 2022:108; Ariante ve Del Core, 2025:59

Şekil 6, insansız kargo uçakları pazarına ilişkin 2024–2034 dönemi projeksiyonları, sektörün hızlı ve sürekli bir büyüme trendine sahip olduğunu göstermektedir. 2024 yılında 1,6 milyon dolar olarak belirlenen pazar geliri, 2025 yılında 2,92 milyon dolar, 2030 yılında 6,7 milyon dolar ve 2034 yılında 19,6 milyon dolar seviyesine ulaşması öngörülmektedir. Bu büyüme, insansız kargo uçaklarına yönelik lojistik ve taşımacılık taleplerinin artması, maliyet optimizasyonları ve operasyonel verimlilik arayışları ile desteklenmektedir. Uzun vadeli projeksiyonlar, insansız kargo uçaklarının lojistik sektöründe stratejik bir dönüşüm aracı olarak önemini pekiştirmektedir (Global Market Insights, 2024; Research and Markets, 2025).

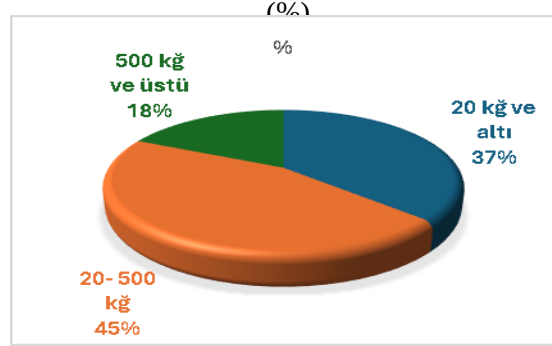
Şekil 7 incelendiğinde, 2024 yılına ait insansız kargo uçakları pazarının ağırlık segmentleri ortaya çıkmaktadır. Buna göre, 20 kg ve altındaki uçaklar %36,8 ile pazarın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunu %45 ile 20–500 kg arası orta ağırlık segmenti ve %18,1 ile 500 kg ve üzeri ağır segment takip etmektedir. Bu dağılım, orta ağırlık sınıfının lojistik ve taşımacılık operasyonlarında hâkim olduğunu, hafif sınıfın taşınabilirlik ve kullanım kolaylığı nedeniyle tercih edildiğini, ağır sınıfın ise büyük yük taşıma kapasitesi gerektiren özel operasyonlar için kullanıldığını göstermektedir (Global Market Insights, 2024).

Şekil 6. 2024–2034 Döneminde İnsansız Kargo Uçakları Pazar Geliri (Milyon Dolar)



Kaynak: Global Market Insights, 2024; Research and Markets, 2025

Şekil 7. 2024 Yılı İnsansız Kargo Uçakları Pazarının Ağırlık Segmentlerine Göre Dağılımı

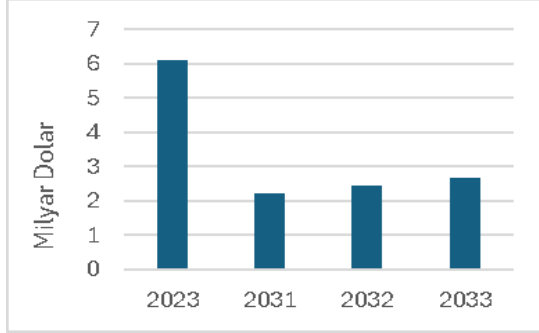


Kaynak: Global Market Insights, 2024

4.2. Küresel İnsansız Kargo Gemi Araçları: Operasyonel İşleyiş ve Pazar Analizi

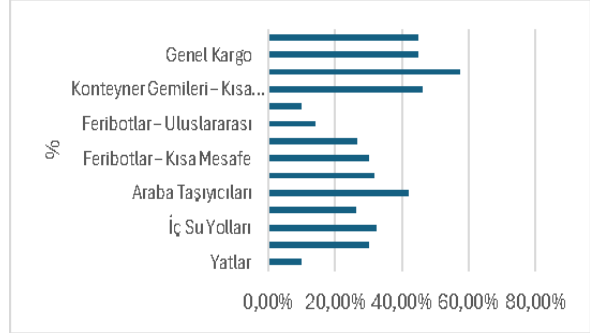
İnsansız kargo gemilerinin (İKG) çalışma prensibi, yapay zekâ destekli otonom kontrol mekanizmaları, küresel uydu haberleşmesi ve kıyı tabanlı izleme altyapısının entegre bir mimari içerisinde işletilmesine dayanmaktadır (Görgülü, 2023) (Şekil 8). Sistem, gemide bulunan yapay zekâ tabanlı kontrol birimi aracılığıyla rotalama, hız optimizasyonu, engel algılama ve yük güvenliği gibi operasyonel fonksiyonları otonom olarak yönetmektedir (Zhang, Zhang ve Jiang, 2023; Kamal, 2024: 140-174; Scarlet, Ioanid. ve Andrei, 2023: 19-30). Uydu antenleri ve kıyı tabanlı baz istasyonları, gemi ile kara merkezleri arasında çift yönlü veri akışı sağlayarak yüksek bant genişliği ve düşük gecikme süreleri ile iletişimi garanti altına almaktadır (Hoeft vd., 2021: 62697-62718; Hasbi, 2020). Elde edilen veriler, uzaktan izleme merkezlerinde analiz edilmekte ve geminin seyri, yük durumu ile çevresel koşulları gerçek zamanlı olarak takip edilerek operasyonel güvenlik ve lojistik şeffaflık artırılmaktadır (Şekil 8). Bu yapı, insansız kargo gemilerinin yapay zekâ tabanlı otonom karar mekanizmaları ile küresel iletişim ve kıyı izleme altyapısını birleştirerek maliyet etkin, güvenli ve verimli bir deniz taşımacılığı sistemi oluşturmasını sağlamaktadır (Zhang, Zhang ve Jiang, 2023; Kamal, 2024: 140-174; Scarlet, Ioanid. ve Andrei, 2023: 19-30) (Şekil 8).

Şekil 9. 2023–2033 Döneminde Küresel İnsansız Gemi Pazar Geliri (Milyar Dolar)



Kaynak: Pangarkar, 2025

Şekil 10. Farklı Denizcilik Sektörlerinde İnsansız Gemi Teknolojilerinden Yararlanma Oranları (%)

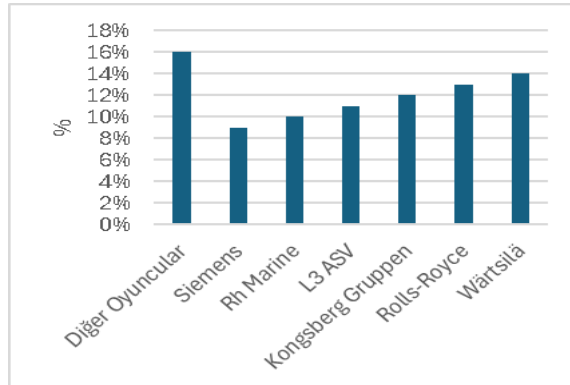


Kaynak: Pangarkar, 2025

Şekil 11, 2023–2024 dönemi itibarıyla insansız gemi pazarındaki lider oyuncuların dağılımını göstermektedir. Buna göre, ABB %15, Wärtsilä %14, Rolls-Royce %13 ve Kongsberg Gruppen %12 ile en yüksek pazar payına sahip şirketler olarak öne çıkmaktadır. Bunu L3 ASV %11, Rh Marine %10 ve Siemens %9 izlemektedir. Pazarın geri kalanını ise diğer oyuncular %16 ile oluşturmaktadır. Bu dağılım, sektörde birkaç büyük firmanın öncülüğünde yoğun bir rekabetin mevcut olduğunu ve teknolojik yeniliklerin genellikle bu öncü şirketler tarafından yönlendirildiğini göstermektedir. (Pangarkar, 2025) (Şekil 11).

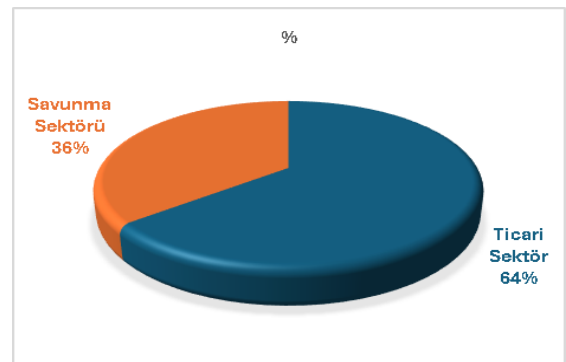
Şekil 12’de insansız gemi pazarının sektörel dağılımı incelendiğinde, ticari sektör %64,2 ile pazarda hâkim konumda bulunmaktadır. Bunu savunma sektörü %35,8 ile takip etmektedir. Bu dağılım, insansız gemi teknolojilerinin öncelikli olarak lojistik, taşımacılık ve ticari deniz operasyonlarında yoğun şekilde benimsendiğini, savunma uygulamalarının ise nispeten daha sınırlı olmakla birlikte stratejik bir rol oynadığını göstermektedir (Pangarkar, 2025) (Şekil 12).

Şekil 11. 2023–2024 Dönemi İnsansız Gemi Pazarında Başlıca Şirketlerin Pazar Payları (%)



Kaynak: Pangarkar, 2025

Şekil 12. 2023–2024 Dönemi İnsansız Gemi Pazarının Sektörel Dağılımı (%)

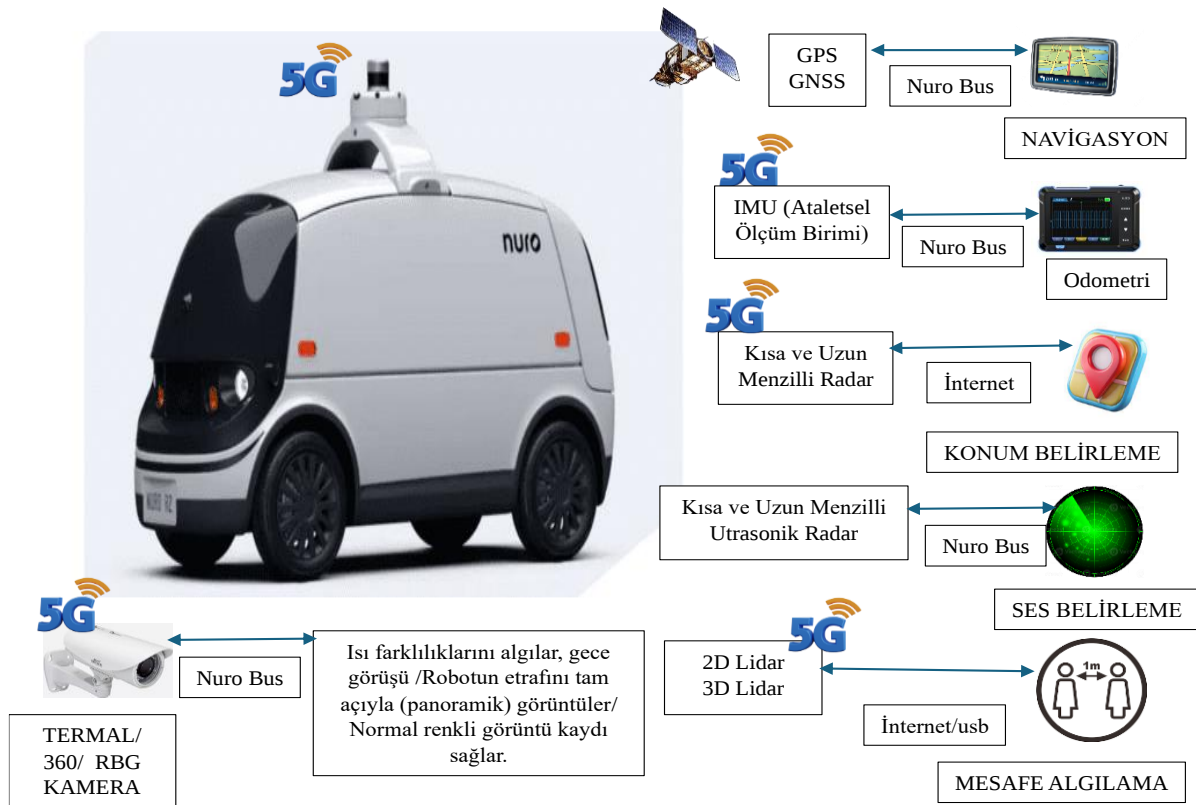


Kaynak: Pangarkar, 2025

4.3. İnsansız Kara Araçları ve Kamyonlar: Çalışma Prensipleri ve Küresel Pazar Analizi

İnsansız kara araçlarının (İKA) çalışma prensibi, çoklu sensör entegrasyonu, yapay zekâ tabanlı karar mekanizmaları ve 5G destekli iletişim altyapısı çerçevesinde yapılandırılmıştır (Ji vd., 2025: 2133–2153; Eskandarian, Wu ve Sun, 2019: 683-711). Sistem, araç üzerindeki termal, RGB ve 360° kameralar aracılığıyla ısı farklılıklarını, gece görüşünü ve panoramik görüntüleri elde ederek çevresel farkındalık sağlar (Rankin vd., 2011: 19-44; Mohammed vd., 2020; Nowakowski ve Kurylo, 2023). Ayrıca 2D ve 3D Lidar sensörleri mesafe ölçümünde yüksek doğruluk sunarken, kısa ve uzun menzilli radarlar ile ultrasonik radar sistemleri engel tespiti ve konum belirleme süreçlerinde kritik bir rol üstlenmektedir (İlas, 2013:1-6; Mohammed vd., 2020) (Şekil 13). Araç, GPS/GNSS tabanlı konumlandırma ve ataletsel ölçüm birimi (IMU) desteğiyle hassas navigasyon gerçekleştirmekte, odometri sistemleriyle hareket dinamiklerini hesaplamaktadır. Bütün sensör verileri, merkezi işlem ve kontrol birimi olan “Nuro Bus”ta toplanarak işlenmekte ve internet tabanlı ağlar üzerinden bulut sistemleri veya kontrol merkezlerine iletilmektedir. Bu yapı, otonom kara araçlarının sensör füzyonu, yapay zekâ destekli karar süreçleri ve 5G tabanlı iletişim ile güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Söz konusu sistemler, geleceğin akıllı lojistik, kentsel ulaşım ve çevresel izleme uygulamalarında stratejik bir rol oynamaktadır (Rankin vd., 2011: 19-44; Mohammed vd., 2020; Nowakowski ve Kurylo, 2023; İlas, 2013) (Şekil 13).

Şekil 13. İnsansız Kara Araçlarının Çalışma Prensipleri ve Sistem Entegrasyonu Örneği

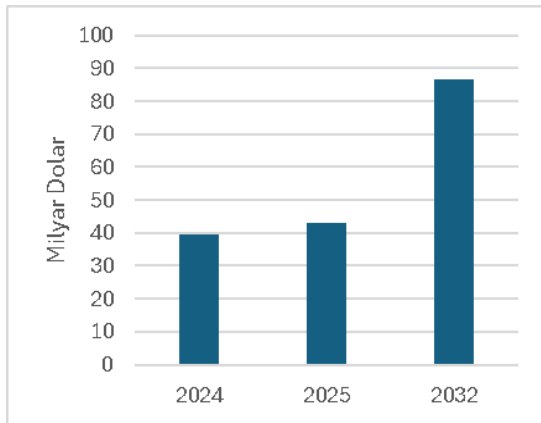


Kaynak: Fortune Business Insights, 2025

Şekil 14, insansız kamyon pazarına ilişkin 2024–2032 dönemi projeksiyonlarının, sektörün istikrarlı ve sürekli bir büyüme eğilimi sergilediğini göstermektedir. 2024 yılında 39,46 milyon dolar olarak belirlenen pazar gelirinin, 2025'te 42,91 milyon dolara ve 2032'de 86,78 milyon dolara ulaşması öngörülmektedir. Bu büyüme, otonom sürüş teknolojilerindeki ilerlemeler, lojistik sektörde verimlilik artışı talebi ve sürücü maliyetlerinin azaltılması gibi faktörlerle desteklenmektedir. Uzun vadeli projeksiyonlar, insansız kamyonların ticari taşımacılık ve lojistik operasyonlarda stratejik bir dönüşüm aracı olarak önemini pekiştirmektedir (Fortune Business Insights, 2025) (Şekil 14).

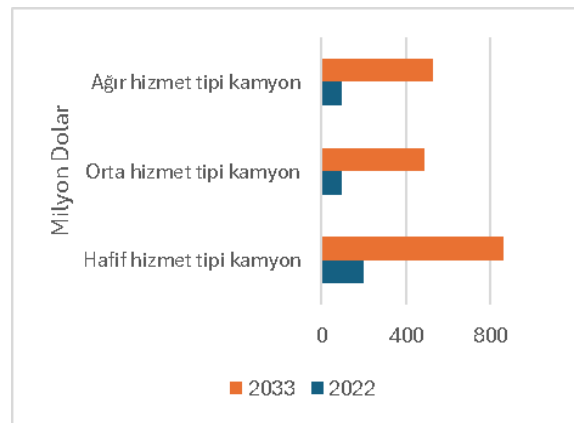
Şekil 15, 2022–2033 dönemi projeksiyonlarının, insansız kamyon pazarının hizmet tipine göre farklı büyüme eğilimleri sergilediğini göstermektedir. Buna göre, hafif kamyonların gelirinin 197,5 milyon dolardan 862,8 milyon dolara, orta kamyonların 95,6 milyon dolardan 486,5 milyon dolara ve ağır kamyonların 93,4 milyon dolardan 526,9 milyon dolara yükselmesi beklenmektedir. Bu durum, hafif kamyonların kısa mesafe taşımacılıkta, orta ve ağır kamyonların ise uzun mesafe ve yüksek kapasite gerektiren operasyonlarda giderek daha önemli bir rol üstleneceğini ortaya koymaktadır (Transparency Market Research, 2023) (Şekil 15).

Şekil 14. 2024–2032 Döneminde İnsansız Kamyon Pazar Geliri (Milyon Dolar)



Kaynak: Fortune Business Insights, 2025

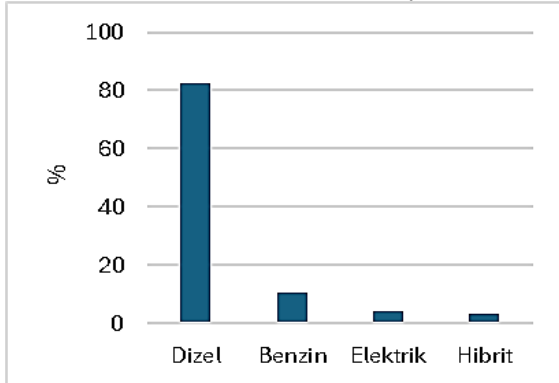
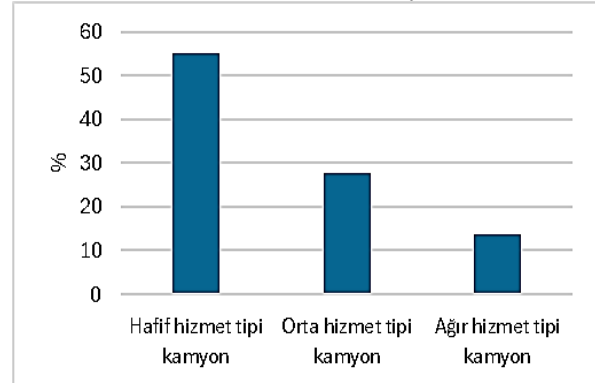
Şekil 15. 2022–2033 Dönemi İnsansız Kamyon Pazar Gelirleri: Hafif, Orta ve Ağır Hizmet Tipleri (Milyon Dolar)



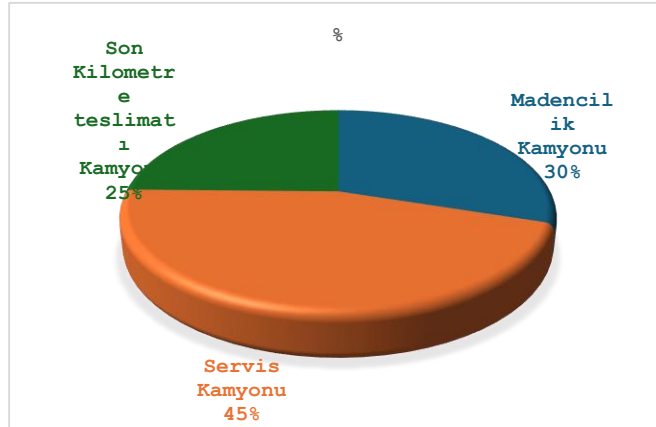
Kaynak: Transparency Market Research, 2023

Şekil 16, 2022 yılı insansız kamyon pazarının yakıt tiplerine göre dağılımını göstermektedir. Buna göre, dizel yakıtlı kamyonlar %82,5 ile pazarın baskın segmentini oluşturmaktadır. Bunu %10,6 ile benzinli, %3,9 ile elektrikli ve %3,1 ile hibrit kamyonlar takip etmektedir. Bu dağılım, dizel kamyonların yüksek taşıma kapasitesi ve uzun menzil avantajları nedeniyle hâkim olduğunu, elektrikli ve hibrit teknolojilerin ise henüz pazar payı açısından sınırlı olmakla birlikte artan bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Transparency Market Research, 2023) (Şekil 16).

Şekil 17, 2025 yılı itibarıyla insansız kamyon pazarının hizmet tipi segmentlerini göstermektedir. Buna göre, hafif hizmet tipi kamyonlar %55 ile pazarın çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bunu %27,7 ile orta ve %13,7 ile ağır hizmet tipi kamyonlar takip etmektedir. Bu dağılım, hafif kamyonların kısa mesafe taşımacılık ve lojistik operasyonlarda hâkim olduğunu, orta ve ağır sınıf kamyonların ise daha spesifik ve yüksek kapasite gerektiren taşımacılık operasyonlarında kullanıldığını ortaya koymaktadır (Fortune Business Insights, 2025) (Şekil 17).

Şekil 16. 2022 Yılı İnsansız Kamyon Pazarının**Kaynak:** Transparency Market Research, 2023**Şekil 17.** 2025 Yılı İnsansız Kamyon Pazarının**Kaynak:** Fortune Business Insights, 2025

2025 yılı itibarıyla insansız kamyon pazarının kullanım amacına göre dağılımı incelendiğinde, servis kamyonları %45,3 ile pazarın en büyük payına sahiptir. Bunu madencilik kamyonları %30 ve son kilometre teslimatı kamyonları %24,7 izlemektedir. Bu dağılım, insansız kamyon teknolojilerinin özellikle hizmet ve operasyonel lojistik alanlarında yoğun olarak benimsendiğini, madencilik ve son kilometre teslimatı segmentlerinde ise artan bir uygulama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Fortune Business Insights, 2025) (Şekil 18).

Şekil 18. 2025 Yılı İnsansız Kamyon Pazarının Kullanım Amacına Göre Dağılımı (%)**Kaynak:** Fortune Business Insights, 2025

5. Yük Taşımacılığında İnsansız ve Sürdürülebilir Teknolojiler

Günümüz lojistik sektöründe verimlilik ve sürdürülebilirlik hedefleri, insansız ve otonom taşıma teknolojilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Hava, kara ve deniz platformlarında kullanılan hibrit ve elektrikli sistemler, operasyonel esnekliği artırırken karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bu teknolojiler, zor coğrafi koşullardan uzun mesafeli taşımacılığa kadar geniş bir yelpazede uygulanabilmekte ve modern lojistiğin güvenli, verimli ve çevre dostu bir geleceğe doğru evrilmesinde kritik rol oynamaktadır. Orta kapasiteli insansız hava araçları, 200 kg'a kadar yük taşıma kapasitesi ve yaklaşık 100 km menzili ile lojistik operasyonlarda yüksek verimlilik sunmaktadır (Şekil 19). Dağlık ve erişimi güç bölgelerde malzeme taşımacılığı için kritik öneme sahip bu sistemler,

optimize edilmiş rotor ve aerodinamik yapıları sayesinde değişken irtifa ve hava koşullarında dahi stabil ve güvenli uçuş gerçekleştirebilmektedir. Rotor çapı 5 m ve toplam yüksekliği 1,9 m olan araç, taşınabilirlik ile performans arasında dengeli bir tasarım sunarak ileri seviye insansız taşımacılık uygulamaları için uygun bir platform oluşturmaktadır (Unmanned Network, 2022).

SKY-TRUCK, hibrit tahrik sistemi ile donatılmış ileri düzey bir insansız kargo platformudur. Havacılık gazyağıyla çalışan Rolls-Royce turbo şaft motor ve 250 kW elektrik motorunu içeren esnek güç aktarma sistemi, uluslararası havacılık standartlarına uygunluğu ve küresel operasyonları mümkün kılmaktadır. Eş eksenli rotor tasarımı kuyruk rotor ihtiyacını ortadan kaldırarak gövdeyi basitleştirirken aerodinamik verimliliği artırmaktadır. Sistem, 3.000 kg azami kalkış ağırlığı, 600 kg yük kapasitesi, 480 km menzil ve 180 km/sa azami seyir hızı ile uzun mesafeli taşımacılık görevlerini desteklemekte ve helikopter altına entegre edilen AIRBOX konteyner tasarımı sayesinde güvenli ve verimli yükleme-boşaltma süreçleri sunmaktadır (Ruavia.su, 2025) (Şekil 19).

Chaparral, 300 deniz mili menzile sahip ve 225 kg yük taşıyabilen uçtan uca otonom VTOL (dikey iniş-kalkış) kargo taşıma sistemidir. Başlangıçta dağıtılmış elektrikli tahrik sistemiyle desteklenen türbin tabanlı hibrit-elektrikli güç aktarma organları, operasyonel esnekliği artırırken enerji verimliliğini optimize etmektedir. Modüler aerodinamik kargo bölmeleri, yükleme ve boşaltma süreçlerini güvenli ve verimli hâle getirmektedir (Simpson, 2023) (Şekil 19).

Black Swan, hafif kompozit malzemeler ve benzinle çalışan piston motoruyla tasarlanmış bir hava taşıma platformudur. Uzun kanat yapısı yakıt verimliliğini artırırken operasyonel menzili optimize etmektedir. 20.000 ft irtifada, yoğun yolcu trafiğinden uzak bölgelerde uçacak şekilde planlanan sistem, sentetik havacılık yakıtı ile karbon nötr operasyonlara uygundur. 350 kg kargo kapasitesiyle şehirler arası lojistik görevlerine odaklanan Black Swan, hızlı ve verimli malzeme taşımacılığı için tasarlanmıştır (STAT Times, 2023) (Şekil 19).

Macro Cloud Bear, Çin'de tam otonom olarak geliştirilmiş ve testlerini başarıyla tamamlamış büyük ölçekli bir insansız nakliye uçağıdır. Kendi uçuş kontrol yazılımı ve çift yedekli tasarımı sayesinde yüksek operasyonel güvenilirlik sunmaktadır. Yakıtle çalışan sistemin azami kalkış ağırlığı 1,5 ton olup, 5 m³ kabin hacmi ve 500 kg kargo kapasitesi ile 500 km menzil sağlayabilmektedir. Performans versiyonu 7.000 m hizmet tavanına ulaşabilmekte ve sistem hâlihazırda uçuş kontrol testleri ile prototip üretim süreçlerini tamamlamış olup, uçuşa elverişlilik sertifikasyon aşamasındadır (Liu, 2024) (Şekil 19).

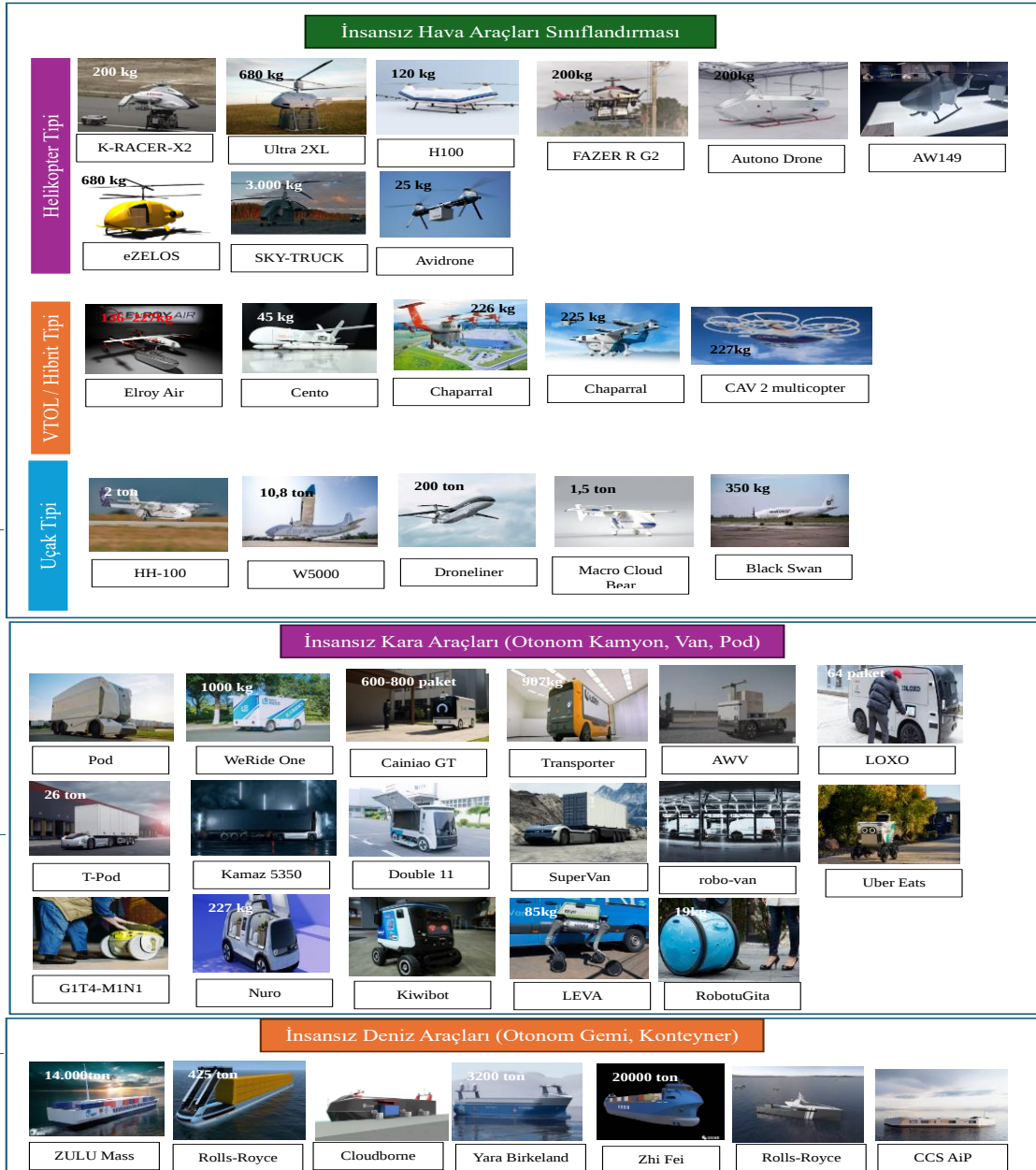
İsveç, otonom kara taşımacılığında öncü bir rol üstlenmekte olup, DB Schenker ve Einride iş birliğiyle yenilikçi uygulamalar geliştirmektedir. T-Pod, sürücü kabini bulunmayan ve kamu yollarında onaylı tamamen elektrikli bir otonom kamyon olup, 26 ton brüt ağırlığa kadar yük taşıyabilmekte ve radar, lidar ile kamera verileri sayesinde yüksek hassasiyetli konumlandırma sağlamaktadır. Arazi tipi versiyonu T-Log, odun taşımacılığı için tasarlanmıştır. Benzer şekilde, Volvo Vera, Göteborg limanında ağır yük lojistiği için kullanılmakta olup, tamamen elektrikli yapısı ve enerji verimliliği ile kısa mesafeli operasyonlarda optimize edilmiş performans sunmaktadır (VDO Magazine, 2025).

Kiwibot Cargo Ultra, yüksek taşıma kapasitesi ve geniş depolama alanı sunan otonom bir kara lojistik platformudur. Araç, 80 litre hacme ve 15 kg ağırlığa kadar yük taşıyabilmekte, uyarlanabilir bölmeler ve raflar sayesinde farklı paket boyutlarına ve teslimat ihtiyaçlarına esnek çözümler sunmaktadır. Esnek kiralama seçenekleri ve kısa süreli kullanım imkânı, ticari operasyonlara kolay entegrasyon sağlarken, özelleştirilebilir reklam alanları ve etkileşimli ekranlar ile yoğun kentsel alanlarda lojistik ve pazarlama entegrasyonunu desteklemektedir (Allinson, 2024).

Zulu MASS, Zulu Associates tarafından geliştirilen 100 metre uzunluğunda ve 200 TEU kapasiteye sahip, otonom ve sıfır emisyonlu bir kısa deniz kargo gemisidir. Gemi, hidrojen, amonyak veya metanol yakıtlı motor ve jeneratör ile 650 kW'lık elektrikli tahrik motorunu

entegre edebilmekte; ayrıca yakıt hücresi veya batarya kullanımı da mümkündür. Lloyd's Register tarafından verilen Prensip Onayı (AiP), geminin enerji dönüşümü ve denizcilik dijitalleşmesi açısından standartlara uygun şekilde tasarlandığını teyit etmekte olup, otonom ve sürdürülebilir deniz taşımacılığında önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir (MASSworld.news, 2022) (Şekil 19).

Şekil 19. İnsansız Kargo Araçlarının Türlerine Göre Sınıflandırılması



Kaynak: Unmanned Network, 2022; Simpson, 2023; Allinson, 2024; MASSworld.news, 2022 kaynaklarından yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Sonuç

Bu çalışma, insansız hava, kara ve deniz araçları ile insansız kargo taşımacılığının teknolojik evrimi ve küresel pazar dinamiklerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmiştir. Bulgular, insansız araçların askeri kökenlerden sivil ve ticari uygulamalara doğru genişleyen çok

boyutlu bir dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır. Bu araçlar, özerklik düzeyi ve yük kapasitesi açısından önemli bir gelişim sergilemektedir. Ayrıca kullanım alanları giderek çeşitlenmektedir.

Çalışmanın özgün katkısı, insansız araç teknolojilerini askeri ve ticari bağlamlarda eş zamanlı olarak analiz etmesidir. Bu kapsamda Sea Hunter, Piranha ve Manta Ray gibi kritik projelerin operasyonel ve stratejik etkileri değerlendirilmektedir. Ayrıca teknolojik gelişmelerin ekonomik, çevresel ve lojistik boyutları bütüncül bir perspektifle ortaya konmaktadır. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren hız kazanan teknolojik yenilikler dikkat çekmektedir. Bu gelişmeler, insansız araçların güvenilirlik, operasyonel verimlilik ve maliyet optimizasyonu açısından sağladığı avantajları ortaya koymaktadır.

Küresel pazar projeksiyonları, insansız araç teknolojilerinin önümüzdeki on yıl içinde çok boyutlu bir büyüme göstereceğini işaret etmektedir. İnsansız hava araçlarının lojistik ve kargo taşımacılığında, insansız deniz araçlarının uzun mesafe ticari seferlerde ve insansız kara araçlarının şehir içi ve şehirler arası taşımacılıkta stratejik dönüşümler yaratacağı öngörülmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca ekonomik verimlilik açısından değil, aynı zamanda karbon emisyonlarının azaltılması, çevresel sürdürülebilirlik ve güvenli lojistik ağlarının oluşturulması bakımından da kritik öneme sahiptir. Bölgesel dağılımlar incelendiğinde, Kuzey Amerika ve Avrupa pazarlarının olgun ve düzenleyici açıdan gelişmiş olduğu görülmektedir. Asya-Pasifik bölgesi ise hızlı büyüme potansiyeliyle öne çıkmaktadır. Orta Doğu, Afrika ve Latin Amerika'da ise gelecekteki düzenlemelerle birlikte önemli bir büyüme potansiyeli bulunmaktadır.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, pazar projeksiyonları ve büyüme tahminleri büyük ölçüde ticari raporlara dayandığı için, ekonomik dalgalanmalar ve beklenmeyen teknolojik gelişmeler sonuçları etkileyebilir. Ayrıca, çalışma insansız hava, kara ve deniz araçlarını kapsamakla birlikte, bazı spesifik alt teknolojiler veya yerel inovasyon projeleri ayrıntılı olarak ele alınmamıştır. Küresel regülasyon farklılıkları ve yapay zekâ tabanlı karar sistemlerinin etik boyutları kapsamlı bir şekilde analiz edilmemiştir. Bunun yanı sıra, lojistik ve taşımacılık alanında farklı bölgelerdeki veri eksiklikleri, karşılaştırmalı analizlerin sınırlı olmasına neden olmaktadır.

Genel olarak, insansız araç teknolojileri, askeri ve sivil kullanım alanlarında dönüşüm potansiyeline sahip olup, lojistik, taşımacılık, çevresel izleme ve güvenlik sektörlerinde stratejik bir rol oynayacaktır. Sektörel yatırımların artırılması, uluslararası regülasyonların uyumlaştırılması ve çok paydaşlı iş birliklerinin güçlendirilmesi, bu teknolojilerin sürdürülebilir ve güvenli entegrasyonu için kritik öneme sahiptir. Gelecek çalışmalarda, bölgesel yasal ve kurumsal yaklaşımların karşılaştırmalı analizi, yapay zekâ tabanlı karar sistemlerinin etik ve güvenlik boyutları ile küresel tedarik zincirlerine entegrasyon süreçleri üzerine odaklanılması önerilmektedir.

Çalışmanın genel bulguları, İHA tabanlı çözümlerin Türkiye dâhil birçok ülkede lojistik operasyonlara hız, erişilebilirlik ve maliyet açısından belirgin katkılar sunduğunu göstermektedir. Türkiye'de PTT ve sağlık lojistiği odaklı pilot projeler, ölçeklenebilir uygulamalar için önemli birer laboratuvar niteliği taşımaktadır. Bununla birlikte mevzuat uyumlaştırması, test altyapılarının yaygınlaştırılması ve veri güvenliği standartlarının belirlenmesi, sürdürülebilir yaygınlaşma için kritik önceliklerdir.

Stratejik ve Politika Önerileri

Uluslararası Düzenlemelerin Uyumlaştırılması: İnsansız hava, kara ve deniz araçlarının güvenli ve etkin biçimde yaygınlaşabilmesi için uluslararası havacılık, denizcilik ve kara taşımacılığı otoriteleri arasında standartların uyumlaştırılması kritik önemdedir. ICAO, IMO ve bölgesel düzenleyici kurumlar arasında iş birliği artırılarak lisanslama, sertifikasyon ve operasyon kuralları küresel ölçekte bütünleştirilmelidir.

Güvenlik ve Veri Koruma Standartlarının Güçlendirilmesi: Otonom araçların yaygın kullanımıyla birlikte siber güvenlik riskleri ve veri gizliliği endişeleri artmaktadır. Bu nedenle

ulusal ve uluslararası düzeyde güçlü siber güvenlik protokolleri geliştirilerek, yapay zekâ tabanlı kontrol mekanizmalarının dış müdahalelere karşı korunması sağlanmalıdır.

Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkilerin Yönetimi: İnsansız araçların lojistik sektöründe yaygınlaşması, karbon emisyonlarının azaltılması için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak batarya üretimi, enerji tüketimi ve geri dönüşüm süreçleri çevresel açıdan yönetilmelidir. Karbon ayak izini azaltmaya yönelik teşvikler ve yeşil enerji kullanımını destekleyen politikalar uygulanmalıdır.

Altyapı Yatırımlarının Planlanması: İnsansız kargo uçakları için özel iniş-kalkış pistleri, insansız kamyonlar için akıllı otoyol entegrasyonları ve insansız deniz araçları için liman otomasyon sistemleri geliştirilmelidir. Bu tür altyapı yatırımları, teknolojilerin operasyonel verimliliğini artıracaktır.

Toplumsal Kabul ve Eğitim: İnsansız araç teknolojilerinin yaygınlaşabilmesi için kamuoyunun güvenini artıracak politikalar geliştirilmelidir. Eğitim programları, test bölgeleri ve pilot projeler aracılığıyla toplum bu teknolojilere uyumu desteklenmeli, aynı zamanda istihdam etkilerine yönelik dönüşüm politikaları uygulanmalıdır.

Araştırma, Geliştirme ve İnovasyon Teşvikleri: Kamu ve özel sektör iş birliğiyle Ar-Ge yatırımları desteklenmeli, üniversite-sanayi iş birliği güçlendirilmelidir. Özellikle yapay zekâ, sensör teknolojileri, batarya ve enerji verimliliği konularında devlet destekli teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Kaynakça

Acarer, T. (2023). Endüstri'deki gelişmelerin denizcilik işletmelerine ait gemilerin yönetiminde temin ettiği yeni olanaklar ve insansız gemiler. *Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 122-153. <https://doi.org/10.54410/denlojad.1364567>

Akkurt, S. S. (2014). *Türk sivil havacılık mevzuatı ve uluslararası konvansiyonlar kapsamında sivil havayolu ile yolcu taşımacılığından kaynaklanan hukuki sorumluluk*. Ankara: Seçkin Yayınları.

Akyürek, S., Yılmaz, M. A., & Taşkıran, M. (2012). *İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm* (BİLGESAM Değerlendirme Raporu No. 53, ss. 1-65). Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi (BİLGESAM).

Allinson, M. (2024). Kiwibot modifies its robot for ads, delivery and cargo needs. *Robotics and Automation News*. (Erişim: 04.10.2025), <https://roboticsandautomationnews.com/2024/11/14/kiwibot-modifies-its-robot-for-ads-delivery-and-cargo-needs/86976/>

Ao, X., Wang, L. M., Hou, J. X., Xue, Y. Q., Rao, S. J., Zhou, Z. Y., Li, L. M. (2023). Road recognition and stability control for unmanned ground vehicles on complex terrain. *IEEE Access*, 11, 77689-77702. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3297511>

Ariante, G., & Del Core, G. (2025). Unmanned aircraft systems (UASs): Current state, emerging technologies, and future trends. *Drones*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.3390/drones9010059>

Arslan, O. (2023). Bir fotogrametrik bilgisayarlı görü tekniği olarak İHA fotogrametrisi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 5(2), 59-71. <https://doi.org/10.51534/tiha.1392600>

ASELSAN. (2021). İnsansız kara araçlarının tarihçesi. (Erişim: 02.01.2024), <https://www.aselsan.com/tr/blog/detay/11/insansiz-kara-araclarinin-tarihcesi>

- Ateş, E. (2021). Türkiye'nin insansız hava aracı (İHA) ihracat rekabet gücünün analizi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 7-16. <https://doi.org/10.51534/tiha.884468>
- Austin, R. (2011). *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*. John Wiley & Sons.
- Aycil, S. (2023). Türk savunma sanayi'nde yaşanan gelişmelerin posta pulları üzerinden değerlendirilmesi. *Tykhe Sanat ve Tasarım Dergisi*, 8(14), 22-45. <https://doi.org/10.55004/tykhe.1172988>
- Bae, I., & Hong, J. (2023). Survey on the developments of unmanned marine vehicles: Intelligence and cooperation. *Sensors*, 23(10), 4643, 1-35. <https://doi.org/10.3390/s23104643>
- Ballarin, C., & Zeilinger, M. (2017). The truck of the future: Autonomous and connected driving at Daimler Trucks (SAE Technical Paper No. 2017-01-1931). *SAE Technical Paper*. <https://doi.org/10.4271/2017-01-1931>
- Baştürk, R. (2015). Kolluk kuvvetlerinin istihbarat temininde başvurabileceği insansız hava araçları (İHA) ve bu açıdan uygun İHA özelliklerinin araştırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). T.C. Harp Akademileri Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, İstanbul.
- Baur, S. (2022). Cargo drones: A potential gamechanger in the logistics industry. Roland Berger. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Cargo-drones-A-potential-gamechanger-in-the-logistics-industry.html>
- Biskin, B., & İnağ, T. (2025). İHA'lar ile trafik izleme ve akıllı ulaşım: 2020 sonrası gelişmeler ve uygulamalar. *Ulaştırma ve Altyapı*, 2, 236-258. <https://izlik.org/JA42UZ63UB>
- Bolat, F., & Koşaner, Ö. (2021). İnsansız gemilerin güncel statüleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23, 341-358. <https://doi.org/10.31590/ejosat.870875>
- Bozkurt, M. U. (2023). Silahlı çatışmalar hukuku kapsamında yapay zekâ otonom silah sistemleri ve komuta sorumluluğu (Yayımlanmamış doktora tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Brooks, R. A. (1991). *Intelligence without reason* (MIT A.I. Memo No. 1293). Massachusetts Institute of Technology, Artificial Intelligence Laboratory.
- Can, N. (2013). Sivil havacılığa yön veren kuruluş Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü: ICAO. *Kokpit'ten Bakış Dergisi*, 5(27), 9-16.
- Ciolponea, C. A. (2022). The integration of unmanned aircraft system (UAS) in current combat operations. *Land Forces Academy Review*, 27(4), 333-347. <https://doi.org/10.2478/raft-2022-0042>
- Cox, T. H., Nagy, C. J., Skoog, M. A., & Somers, I. A. (2004). Civil UAV capability assessment: Draft version (Report No. 1-103). NASA. Abstract retrieved from https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2017/05/111761main_uav_capabilities_assessment.pdf?emrc=624b35
- Czapla, T., & Wrona, J. (2013). Technology development of military applications of unmanned ground vehicles. In *Vision Based Systems for UAV Applications* (pp. 293-309). Springer International Publishing. Abstract retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00369-6_1
- Çalışkan, T. B., & Erturgut, R. (2022). Lojistik faaliyetlerde İHA kullanımı: İHA pilotları üzerinde bir araştırma. *Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-16. <https://izlik.org/JA35SS45YP>

DeGarmo, M. T. (2004). Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace (Report No. 1-98). The MITRE Corporation & FAA. Abstract retrieved from https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04_1232.pdf

Demir, C., & Bozdemir, M. (2019). İnsansız kara aracı tasarımında ağırlık oranı metodu kullanımı. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 32-45. <https://izlik.org/JA69CG72BK>

Demircan, B. (2019). Endüstriyel tabanlı sistem için bulut bilişim tabanlı nesnelerin interneti uygulaması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Dikmen, M. (2015). İnsansız hava aracı (İHA) sistemlerinin hava hukuku bakımından incelenmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 14(1), 145-176.

Doğan, İ. (2019). İnsansız hava araçlarının geleceği ve muharebe sahasında kullanımı (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). T.C. Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.

Dursun, İ. (2022). Akıllı şehirler için 3 boyutlu veri modellerinin oluşturulması ve yapı bilgi modellerine entegrasyonu: Köyceğiz Kampüs örneği (Yayımlanmamış doktora tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

EASA. (2018). *Safe operation of drones in Europe: Update on EASA's activities*. European Union Aviation Safety Agency (EASA).

Eskandarian, A., Wu, C., & Sun, C. (2019). Research advances and challenges of autonomous and connected ground vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(2), 683–711. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2958352>

Feyizoğlu, İ., & Yorulmaz, M. (2023). Otonom gemilerin STCW sözleşmesindeki mevcut düzenlemelere etkisi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 393-424. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1297852>

Fırat, S., & Dabak, R. (2023). Afetlerde yardım malzemeleri ulaştırmasında insansız hava aracı kullanımı. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 7(Özel Sayı), 35-58. <https://doi.org/10.54707/meric.1325462>

Fidan, Ş., & Ulvi, A. (2021). Türk hukuk mevzuatında sivil insansız hava araçları hukukunun güncel durumu. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 28-35. <https://doi.org/10.51534/tiha.898558>

Fortune Business Insights. (2025). Autonomous Trucks Market Size and Share Forecast Outlook 2025 to 2035. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.fortunebusinessinsights.com/autonomous-truck-market-103590>

Gao, K., Gao, M., Zhou, M., & Ma, Z. (2024). Artificial intelligence algorithms in unmanned surface vessel task assignment and path planning: A survey. *Swarm and Evolutionary Computation*, 86, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2024.101505>

Global Market Insights. (2024). Autonomous cargo aircraft market size – By aircraft type, payload capacity, range, autonomy level, applications analysis, share, growth forecast, 2025–2034. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.gminsights.com/industry-analysis/autonomous-cargo-aircraft-market>

Global Market Insights. (2025). Cargo drones market – By drone type, by payload capacity, by range, by technology, by end use application, growth forecast, 2025–2034. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.gminsights.com/industry-analysis/cargo-drones-market>

Glover, J. M. (2014). *Drone University* (Edition). Drone University.

Görgülü, O. (2023). Otonom su yüzeyi temizleme aracının tasarım ve Ar-Ge süreci (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İzmir Ekonomi Üniversitesi, İzmir.

Gündem, R., Pazarcık, Y., Kara, M., & Eroğlu, U. (2025). Lojistik sektöründe insansız hava araçlarının (İHA) kullanımının önündeki engellere dair uzman görüşlerinin incelenmesi. *Yönetim ve Siyaset Bilimi İncelemesi*, 7(1), 21–31. <https://doi.org/10.57082/mpsr.1612909>

Hanlon, M. (2004). Yamaha's RMAX - The world's most advanced non-military UAV. New Atlas. (Erişim: 14.08.2025), <https://newatlas.com/go/2440/>

Hasbi, W. (2020). Maritime surveillance with small satellites (Unpublished doctoral dissertation). Technische Universität Berlin, Berlin, Germany.

Hoeft, M., Gierlowski, K., Rak, J., Wozniak, J., & Nowicki, K. (2021). Non-satellite broadband maritime communications for e-navigation services. *IEEE Access*, 9, 62697–62718. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3074476>

ICAO. (2015). Manual on remotely piloted aircraft systems (RPAS) (ICAO Doc 10019). Montréal, Canada: ICAO. (Erişim: 20.03.2025), <https://skybrary.aero/bookshelf/books/4053.pdf>

Ilas, C. (2013, May). Electronic sensing technologies for autonomous ground vehicles: A review. Paper presented at the 2013 8th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) (pp. 1–6). IEEE. Abstract retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6563528>

Ji, Q., Zhang, K., Bi, Y., Zhang, G., & Pang, H. (2025). A review of decision-making and planning technologies for unmanned driving in mining environments: Current status, applicability, and future directions. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 42, 2133-2153. <https://doi.org/10.1007/s42461-025-01306-0>

Jiang, T., Geller, J., Ni, D., & Collura, J. (2016). Unmanned aircraft system traffic management: Concept of operation and system architecture. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 5(3), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.01.004>

Jones, R., Lu, P., & Tolliver, D. (2025). The market potential of autonomous trucks in the United States: An industry review. *Transportation Research Record*, 2679(9), 1-49. <https://doi.org/10.1177/03611981251315683>

Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2017.109>

Kamal, C. M. M. (2024). Autonomous vessels: Towards a new phase in maritime transportation. *PowerTech Journal*, 48(4), 140-174.

Korchenko, A. G., & Illyash, O. S. (2013, January). The generalized classification of unmanned air vehicles. In *2013 IEEE 2nd International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments* (pp. 28–34). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6705275>

Kurt, Ş., & Ün, O. (2015). İnsansız hava araçları (İHA) üzerine hava hukuku açısından bir değerlendirme. *Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 10(2), 195–213. <https://izlik.org/JA95FF56EH>

Li, R., Wu, J., & Cao, L. (2022). Ship target detection of unmanned surface vehicle base on efficient Det. *Systems Science & Control Engineering*, 10(1), 264–271. <https://doi.org/10.1080/21642583.2021.1990159>

Li, W. C., Kearney, P., Braithwaite, G., & Lin, J. J. (2018). How much is too much on monitoring tasks? Visual scan patterns of single air traffic controller performing multiple remote

tower operations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 67, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.05.005>

Li, X., Gao, Y., & Zhou, S. (2022). Multi-GNSS PPP-RTK/INS/image integration for autonomous navigation. *GPS Solutions*, 26(3), Article 62. <https://doi.org/10.1007/s10291-022-01306-3>

Liu, J. (2024). Building the ‘Wuling Hongguang’ in the sky: Weizhi Aviation, a cargo drone R&D and manufacturing company, completes nearly 100 million yuan Pre-A round of financing. 36Kr. (Erişim: 04.10.2025), <https://eu.36kr.com/en/p/3265001429467268>

Liu, Q., Li, Z., Yuan, S., Zhu, Y. ve Li, X. (2021). Review on vehicle detection technology for unmanned ground vehicles. *Sensors*, 21 (4), 1354. <https://doi.org/10.3390/s21041354>

Liu, X. (2021). Piranha: An autonomous water surface robot (Unpublished master's thesis). University of Cincinnati, Cincinnati, OH, United States.

Liu, Z., Zhang, Y., Yu, X., & Yuan, C. (2016). Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges. *Annual Reviews in Control*, 41, 71–93. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.04.018>

Madrigal, A. (2009). Scientific drones take flight at Earth’s icy poles. *Wired*. (Erişim: 14.01.2020), <http://www.wired.com/wiredscience/2009/12/scientific-uavs>

Market.us. (2024). Global Drone Logistics and Transportation Market 2024-2033. (Erişim: 04.10.2025), <https://market.us/report/drone-logistics-and-transportation-market/>

MASSworld.news. (2022). Lloyd’s Register awards AiP for ZULU Associates autonomous container ship. (Erişim: 04.10.2025), <https://massworld.news/lr-grants-aip-to-zulu-mass/>

McGee, J. P., Parasuraman, R., Mavor, A. S., & Wickens, C. D. (Eds.). (1998). *The future of air traffic control: Human operators and automation*. National Academies Press.

Mohammed, A. S., Amamou, A., Ayevide, F. K., Kelouwani, S., Agbossou, K., & Zioui, N. (2020). The perception system of intelligent ground vehicles in all weather conditions: A systematic literature review. *Sensors*, 20(22), 6532. <https://doi.org/10.3390/s20226532>

Montanari, R., Tozadore, D. C., Fraccaroli, E. S., & Romero, R. A. (2015, October). Ground vehicle detection and classification by an unmanned aerial vehicle. Paper presented at the *2015 12th Latin American Robotics Symposium and 2015 3rd Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR)* (pp. 253–258). IEEE. Abstract retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7402174>

Murphy, A. J., Landamore, M. J., & Birmingham, R. W. (2008). The role of autonomous underwater vehicles for marine search and rescue operations. *Underwater Technology*, 27(4), 195–205. <https://doi.org/10.3723/ut.27.195>

Nicholson, J. W., & Healey, A. J. (2008). The present state of autonomous underwater vehicle (AUV) applications and technologies. *Marine Technology Society Journal*, 42(1), 44–51. https://www.researchgate.net/profile/Steve-Cohan/publication/233659965_Trends_in_ROV_development/links/57d96f6608ae5f03b49a06ad/Trends-in-ROV-development.pdf#page=46

Nilsson, N. J. (1969, January). A mobile automaton: An application of artificial intelligence techniques. Paper presented at the First International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) (pp. 509–520). Abstract retrieved from <https://apps.dtic.mil/sti/html/tr/ADA459660/>

Nonami, K. (2007). Prospect and recent research & development for civil use autonomous unmanned aircraft as UAV and MAV. *Journal of System Design and Dynamics*, 1(2), 120–128. <https://doi.org/10.1299/jsdd.1.120>

Nonami, K., Kendoul, F., Suzuki, S., Wang, W., & Nakazawa, D. (2010). *Autonomous flying robots: Unmanned aerial vehicle and micro aerial vehicles*. Tokyo, Japan: Springer.

Nowakowski, M., & Kurylo, J. (2023). Usability of perception sensors to determine the obstacles of unmanned ground vehicles operating in off-road environments. *Applied Sciences*, 13(8), 4892. <https://doi.org/10.3390/app13084892>

Özbek, N. S. (2010). İnsansız hava araçlarında farklı kontrol tekniklerinin performans karşılaştırması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özge, İ. (2009). İç güvenlikte kullanılacak insansız hava aracı seçiminde analitik hiyerarşi metodunun kullanılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Özkan, M. (2023). İHA tabanlı NDVI ile mısır bitkisinin verim tahmini (Yayımlanmamış doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Pangarkar, T. (2025). Autonomous ships statistics 2025 by direct control systems. Scoop.Market. (Erişim: 04.10.2025), <https://scoop.market.us/autonomous-ships-statistics/>

Perry, T. S. (1997). In search of the future of air traffic control. *IEEE Spectrum*, 34(8), 18-35. <https://doi.org/10.1109/6.609472>

Ramalingam, K. (2017). System elements required to guarantee the reliability, availability and integrity of decision-making information in a complex airborne autonomous system (Unpublished doctoral dissertation). Loughborough University, Loughborough, United Kingdom.

Ramasamy, S. (2024). Next generation flight management systems for manned and unmanned aircraft operations: Automated separation assurance and collision avoidance functionalities (Unpublished doctoral dissertation). RMIT University, Melbourne, Australia.

Rankin, A., Huertas, A., Matthies, L., Bajracharya, M., Assad, C., Brennan, S., ... & Sherwin, G. W. (2011, May). Unmanned ground vehicle perception using thermal infrared cameras. In *Unmanned Systems Technology XIII* (Vol. 8045, pp. 19-44). Spie. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/8045/804503/Unmanned-ground-vehicle-perception-using-thermal-infrared-cameras/10.1117/12.884349.short>

Research and Markets. (2025). Unmanned cargo aircraft market – Global forecast 2025–2032. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.researchandmarkets.com/reports/5460247/unmanned-cargo-aircraft-market-global-forecast>

Rodseth, O. J., & Nordahl, H. (Eds.). (2017). *Definition for autonomous merchant ships* (Version 1.0, October 10, 2017). Norwegian Forum for Autonomous Ships. Abstract retrieved from <http://nfas.autonomous-ship.org/resources-en.html>

Ruavia.su. (2025). Hybrid-Powered Heavy Cargo UAV Undergoes Flight Testing in Belarus. (Erişim: 04.10.2025), <https://ruavia.su/hybrid-powered-heavy-cargo-uav-undergoes-flight-testing-in-belarus/>

Sahoo, S. (2024). Sensor fusion and virtual sensor design for enhanced multi-sensor data accuracy in autonomous systems. *International Journal on Smart & Sustainable Intelligent Computing*, 1(2), 21-39. <https://doi.org/10.63503/j.ijssic.2024.31>

Sampigethaya, K., & Poovendran, R. (2013). Aviation cyber-physical systems: Foundations for future aircraft and air transport. *Proceedings of the IEEE*, 101(8), 1834–1855. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2235131>

Scarlat, C., Ioanid, A., & Andrei, N. (2023). Use of the geospatial technologies and its implications in the maritime transport and logistics. *International Maritime Transport and Logistics Journal*, 12, 19-30. https://www.researchgate.net/profile/Steve-Cohan/publication/233659965_Trends_in_ROV_development/links/57d96f6608ae5f03b49a06ad/Trends-in-ROV-development.pdf#page=46

SHGM. (2020). SHT-İHA Rev-04 Talimatı. (Erişim: 04.10.2025), http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/SHTIHA_Rev-04.pdf

Simpson, S. (2023). *Agreement for Autonomous VTOL Cargo Delivery Systems. Unmanned Systems Technology*. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2023/01/agreement-signed-for-autonomous-vtol-cargo-delivery-systems/>

Škrinjar, J. P., Škorput, P., & Furdić, M. (May 2018). Application of unmanned aerial vehicles in logistic processes. Paper presented at the International Conference “New Technologies, Development and Applications,” Cham, Switzerland. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 42, pp. 359-366). Springer. Abstract retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-90893-9_43

Sonugür, G. (2016). İnsansız kara araçları için dinamik nesnelerin tanınması amacıyla görüntü işleme tabanlı bir sistem geliştirilmesi (Yayımlanmamış doktora tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Spandonidis, C., Sedikos, E., Giannopoulos, F., Petsa, A., Theodoropoulos, P., Chatzis, K., & Galiatsatos, N. (2022). A novel intelligent IoT system for improving the safety and planning of air cargo operations. *Signals*, 3(1), 95–112. <https://doi.org/10.3390/signals3010008>

Stamp, J. (2013). Unmanned drones have been around since World War I. *Smithsonian Magazine*. (Erişim: 14.09.2025), <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/unmanned-drones-have-been-around-since-world-war-i-16055939/>

STAT Times. (2023). Dronamics cargo drone takes first flight. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.stattimes.com/drones/dronamics-cargo-drone-takes-first-flight-1348810>

Şahin, M. (2011). Sabit kanatlı mini insansız hava aracının geliştirilmesi ve ağaçlandırma çalışmalarında kullanımı (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Şin, B., & Kadioğlu, İ. (2019). İnsansız hava aracı (İHA) ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı ot tespiti yapılıması. *Türk Ot Bilimi Dergisi*, 22(2), 211-217. <https://izlik.org/JA33SE24SA>

Tachinina, O., Lysenko, A., & Kutieпов, V. (2022). Classification of modern unmanned aerial vehicles. *Electronics and Control Systems*, 4(74), 79–86. <https://orcid.org/0000-0001-7081-0576>

Transparency Market Research. (2023). Automated trucks market size, share | Industry growth 2031. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.transparencymarketresearch.com/automated-truck-market.html>

Turan, F. A. (2023). İnsansız hava araçlarının Türkiye'nin güvenlik konseptinin belirlenmesindeki etkileri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.

Turğut, M., & Şeker, B. (2022). İnsansız hava araçlarının (İHA) taşımacılıkta kullanımına yönelik keşfedici bir araştırma: Drone taşımacılığı ve uygulamaları. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 169–187. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1146992>

UN. (2015). Study on Armed Unmanned Aerial Vehicles: Prepared on the Recommendation of the Advisory Board on Disarmament Matters. New York: United Nations Publication. 1-76. <https://front.un-arm.org/wp-content/uploads/assets/publications/more/drones-study/drones-study.pdf>, (07.12.2023).

Unmanned Network. (2022). Kawasaki Unmanned Cargo System Combines Aircraft with Mobile Wheeled Robot. (Erişim: 04.10.2025), <https://unmanned-network.com/kawasaki-unmanned-cargo-system-combines-aircraft-with-mobile-wheeled-robot/>

Ura, T. (2020). Development timeline of the autonomous underwater vehicle in Japan. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 32(4), 713-721. <https://doi.org/10.20965/jrm.2020.p0713>

UTİKAD. (2018). PTT ‘drone’ ile 20 km’ye kadar kargo taşıyacak. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/24738/ptt-%E2%80%98drone--ile-20-km-ye-kadarkargo-tasiyacak>

Uysal, M., Yılmaz, M., Tiryakioğlu, İ., & Polat, N. (2018). İnsansız hava araçlarının afet yönetiminde kullanımı. *Estuscience - Theory*, 6, 219-224. <https://izlik.org/JA83LH28CS>

Vachtsevanos, G. J., & Valavanis, K. S. (2015). Military and civilian unmanned aircraft. In K. S. Valavanis & G. J. Vachtsevanos (Eds.), *Handbook of unmanned aerial vehicles* (pp. 93-103). Springer.

VDO Magazine. (2025). The Future of the Truck Part 2: Automated Driving. (Erişim: 04.10.2025), <https://www.fleet.vdo.com/vdo-magazine/the-future-of-the-truck-part-2/>

Veal, R., Tsimplis, M., & Serdy, A. (2019). The legal status and operation of unmanned maritime vehicles. *Ocean Development & International Law*, 50(1), 23-48. <https://doi.org/10.1080/00908320.2018.1502500>

Von Alt, C. (2003, March). Autonomous underwater vehicles. In *Autonomous Underwater Lagrangian Platforms and Sensors Workshop* (Vol. 3, p. 2). Abstract retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/0d7d/6f00a3f58048e2588350f025f4e66380f23f.pdf>

Winstead, P. J. (2018). Implementation of unmanned surface vehicles in the distributed maritime operations concept (Unpublished doctoral dissertation). Naval Postgraduate School, Monterey, CA, United States.

Yardımcı, G. (2019). İnsansız hava araçlarına Türk mevzuatından bir bakış. *Havacılık Dergisi*, 3(1), 61-80. <https://doi.org/10.30518/jav.555568>

Yazıcılar, T. T. (2021). Otonom araçların kullanımından doğan cezai sorumluluk (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yıldırım, A. (2022). Kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında akıllı kent uygulamalarının rolü. *Yakın Doğu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 98-124.

Yiğit, A. Y., & Orhan, O. (2025). Multispektral İHA görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı görüntü analizi ile ağaç tespiti ve NDVI tabanlı bitki sağlığı analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 27(2), 183–209. <https://doi.org/10.24011/barofd.1639471>

Yiğit, E., Yazar, İ., & Karakoç, T. H. (2018). İnsansız hava araçları (İHA)'nın kapsamlı sınıflandırması ve gelecek perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 10-19. <https://izlik.org/JA33PT44RM>

Yue, K. (2024). Multi-sensor data fusion for autonomous flight of unmanned aerial vehicles in complex flight environments. *Drone Systems and Applications*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.1139/dsa-2024-0005>

Yuh, J. (2000). Design and control of autonomous underwater robots: A survey. *Autonomous Robots*, 8(1), 7–24. <https://doi.org/10.1023/A:1008984701078>

Zanchin, B. C., Adamshuk, R., Santos, M. M., & Collazos, K. S. (2017, October). On the instrumentation and classification of autonomous cars. In *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 2631-2636). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8123022>

Zhang, Y., Zhang, D., & Jiang, H. (2023). A review of artificial intelligence-based optimization applications in traditional active maritime collision avoidance. *Sustainability*, 15(18), 13384. <https://doi.org/10.3390/su151813384>

Zhao, Q., Zhang, L., Zhu, Y., Liu, L., Huang, Q., Cao, Y., & Pan, G. (2023). Real-time relative positioning study of an underwater bionic manta ray vehicle based on improved YOLOX. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 314. <https://doi.org/10.3390/jmse11020314>

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Araştırmacıların katkı oranı beyanı / Contribution rate statement of researchers: Birinci yazar /First author: Tayfun VARNALI %100

2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).