OTONOM SAVAŞ ÇAĞINA GEÇİŞ:
Rusya–Ukrayna Savaşında İnsansız Hava Araçları, Yapay Zekâ Destekli Hedefleme ve Robotik Sistemlerin Askerî İnovasyon Teorisi Açısından İncelenmesi

THE TRANSITION TO AUTONOMOUS WARFARE:

An Examination of Unmanned Aerial Vehicles, AI-Enabled Targeting and Robotic Systems in the Russia–Ukraine War through the Lens of Military Innovation Theory

Bilişim Teknolojileri ve Savunma Çalışmaları Alanında Derleme Makale

Temmuz 2026

Öz

Bu çalışma, Şubat 2022'de başlayan Rusya–Ukrayna savaşını, insansız hava araçları (İHA), yapay zekâ destekli hedefleme sistemleri ve kara robotiği açısından bir "otonom savaş" dönüşümü olarak inceler. Çalışmanın temel amacı, bu dönüşümün I. Dünya Savaşı'nda tankın savaş alanına girişiyle başlayan mekanikleşme dalgasıyla karşılaştırılabilir bir askerî-teknolojik eşik olup olmadığını, askerî inovasyon teorisi (Revolution in Military Affairs – RMA) çerçevesinde değerlendirmektir. Açık kaynaklı raporlar, düşünce kuruluşu (CSIS, Atlantic Council, Carnegie Endowment, UNIDIR) yayınları ve hakemli dergi makaleleri taranarak; (i) Ukrayna'nın 2025–2026 döneminde yıllık üç ila yedi milyon drone üretim kapasitesine ulaştığı, (ii) yapay zekâ destekli terminal kılavuzlamanın isabet oranlarını yaklaşık %10–20 bandından %70–80 bandına yükselttiği, (iii) buna karşılık sahadaki sistemlerin büyük çoğunluğunun hâlâ "insan-döngü-içinde" (human-in-the-loop) ya da "insan-döngü-üzerinde" (human-on-the-loop) modellerle çalıştığı tespit edilmiştir. Çalışma, mevcut durumun tam anlamıyla "tam otonom savaş" değil, "kademeli otonomiye geçiş" olarak adlandırılmasının daha isabetli olduğu sonucuna varmaktadır. Ayrıca uluslararası insancıl hukuk (İHH) çerçevesinde ölümcül otonom silah sistemlerinin (LAWS) hesap verebilirlik, ayırt etme ilkesi ve orantılılık ilkesi bakımından doğurduğu sorunlar tartışılmakta, elektronik harp–otonomi arasındaki karşı-inovasyon döngüsünün savaşın seyrini nasıl şekillendirdiği analiz edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: otonom silah sistemleri, insansız hava aracı, yapay zekâ, Rusya–Ukrayna savaşı, askerî inovasyon teorisi, uluslararası insancıl hukuk, elektronik harp

Abstract

This study examines the Russia–Ukraine war, which began in February 2022, as a transition toward "autonomous warfare" through the lens of unmanned aerial vehicles (UAVs), AI-enabled targeting systems, and ground robotics. The paper evaluates whether this transformation constitutes a military-technological threshold comparable to the mechanization wave initiated by the tank's introduction in World War I, using the Revolution in Military Affairs (RMA) framework. Drawing on open-source reporting, think-tank publications (CSIS, Atlantic Council, Carnegie Endowment, UNIDIR) and peer-reviewed journal literature, the study finds that (i) Ukraine reached an annual production capacity of three to seven million drones during 2025–2026, (ii) AI-assisted terminal guidance has raised strike success rates from roughly 10–20% to 70–80%, and (iii) the large majority of fielded systems nonetheless remain human-in-the-loop or human-on-the-loop rather than fully autonomous. The paper concludes that the current state of the battlefield is more accurately described as a graduated transition toward autonomy rather than fully autonomous warfare, and further discusses the accountability, distinction, and proportionality challenges that lethal autonomous weapon

systems (LAWS) pose under international humanitarian law, alongside the innovation–counter-innovation cycle between electronic warfare and autonomy.

Keywords: autonomous weapon systems, unmanned aerial vehicle, artificial intelligence, Russia–Ukraine war, military innovation theory, international humanitarian law, electronic warfare

1. Giriş

24 Şubat 2022'de başlayan Rusya'nın Ukrayna'ya karşı tam ölçekli işgali, klasik anlamda bir kara-hava-deniz savaşı olarak başlamış, ancak dört yıllık süreç içerisinde savaş alanının teknolojik doku bakımından köklü bir dönüşüm geçirdiğine tanıklık edilmiştir. Bu dönüşümün en görünür unsuru, ucuz ticari kökenli çeyrek kopterlerden (FPV – first-person-view) uzun menzilli saldırı dronelarına, yapay zekâ destekli terminal kılavuzlama sistemlerinden kara robotik platformlarına kadar uzanan geniş bir insansız sistem yelpazesidir.

Popüler söylemde sıklıkla "drone savaşı" olarak anılan bu olgu, teknik literatürde daha isabetli biçimde "otonomiye kademeli geçiş" (graduated transition to autonomy) olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmanın çıkış noktası, giriş bölümünde de ima edilen tarihsel bir analojidir: I. Dünya Savaşı'nda 1916 yılında Somme Muharebesi'nde ilk kez sahaya sürülen tank, siper savaşının yarattığı stratejik tıkanıklığa mekanik bir çözüm sunmuş ve 20. yüzyıl boyunca kara harekâtının doktrinini yeniden şekillendirmiştir. Bu çalışma, insansız hava araçları ve yapay zekâ destekli hedefleme sistemlerinin Rusya–Ukrayna savaşındaki rolünün, benzer bir askerî-teknolojik eşiği temsil edip etmediğini sorgulamaktadır.

Çalışmanın araştırma sorusu şu şekilde formüle edilebilir: Rusya–Ukrayna savaşında gözlemlenen insansız ve yapay zekâ destekli sistemlerin yaygınlaşması, askerî inovasyon teorisi çerçevesinde bir "Askerî İşlerde Devrim" (Revolution in Military Affairs – RMA) ya da daha geniş kapsamlı bir "Askerî Devrim" (Military Revolution – MR) olarak nitelendirilebilir mi; yoksa mevcut veriler bu iddiayı destekleyecek ölçüde olgunlaşmamış mıdır? Bu soruya yanıt aranırken çalışma, teknik (bilişim ve sistem mimarisi), tarihsel-kavramsal (askerî inovasyon teorisi) ve hukuki-etik (uluslararası insancıl hukuk) olmak üzere üç eksende ilerlemektedir.

Çalışmanın yöntemi, açık kaynak istihbaratı (OSINT) niteliğindeki güncel haber analizleri, düşünce kuruluşu raporları (CSIS, Atlantic Council, Carnegie Endowment, UNIDIR, RAND benzeri kurumlar), ve hakemli dergilerde (Journal of Strategic Studies, Nordic Journal of International Law, Security Studies) yayımlanmış akademik makalelerin sistematik bir derlemesine dayanmaktadır. Bu bakımdan çalışma, birincil askerî veriye erişimi olmayan bir akademik gözlemcinin yapabileceği türde bir derleme (review) makalesi niteliğindedir ve iddialarını buna göre temkinli biçimde temellendirmektedir.

2. Yöntem

Bu çalışma, birincil askerî verilere (istihbarat raporları, muharebe kayıtları) doğrudan erişimi olmayan bir akademik derleme (narrative review) niteliğindedir. Kaynak taraması üç katmanda yürütülmüştür: (i) düşünce kuruluşu ve politika analiz raporları (Atlantic Council, CSIS,

Carnegie Endowment, UNIDIR, US Army War College War Room, Modern War Institute); (ii) hakemli akademik dergi makaleleri (Journal of Strategic Studies, Nordic Journal of International Law, Security Studies, Springer Nature koleksiyonu); (iii) 2024–2026 dönemine ait, saha muhabirliğine dayanan güncel haber analizleri (Bloomberg, Forbes, Reuters, RFE/RL, Lawfare, Business Insider). Bu üçüncü katman, konunun güncelliği ve akademik literatürün olayların hızına yetişmekte güçlük çekmesi nedeniyle bilinçli olarak dahil edilmiştir; ancak bulgular yorumlanırken bu kaynakların hakemli olmadığı ve doğrulama standartlarının akademik yayınlardan farklı olabileceği göz önünde bulundurulmuştur.

Kaynak seçiminde üç dışlama kriteri uygulanmıştır: (a) doğrulanamayan, tek kaynaklı iddialar içeren yayınlar; (b) açıkça taraflı propaganda amaçlı içerik üreten kanallar; (c) 2022 öncesi tarihli, savaşın mevcut evresini yansıtmayan eski veriler (yalnızca tarihsel/kavramsal bağlam için istisnai olarak kullanılmıştır). Çalışma, nicel bir meta-analiz değil, niteliksel bir tematik sentezdir; bu nedenle istatistiksel anlamlılık testleri yerine, birden fazla bağımsız kaynakta tutarlı biçimde tekrarlanan bulgulara ağırlık verilmiştir (örneğin isabet oranlarındaki artış, hem CSIS hem de saha gazeteciliği kaynaklarında birbirini teyit eder biçimde raporlanmıştır).

Çalışmanın sınırlılıkları arasında şunlar sayılabilir: açık kaynaklı verinin doğası gereği sahadaki gerçek kullanım oranlarını tam olarak yansıtmaması, her iki tarafın da operasyonel güvenlik gerekçesiyle bilgi paylaşımını kısıtlaması ve savaşın devam ediyor olması nedeniyle bulguların hızla güncelliğini yitirebilme riski. Bu sınırlılıklar, çalışmanın 8. bölümünde eleştirel biçimde yeniden ele alınmaktadır.

3. Kavramsal Çerçeve: Otonom Silah Sistemleri Nedir?

"Otonomi" kavramı askerî literatürde tek bir ikili (var/yok) durum değil, bir spektrum olarak ele alınmaktadır. Uluslararası Kızılhaç Komitesi'nin (ICRC) tanımına göre bir otonom silah sistemi, kritik işlevlerinde otonomiye sahip olan; yani hedef seçme (arama, tespit, tanımlama, izleme veya seçme) ve hedefe saldırma (güç kullanma, etkisiz hale getirme, hasar verme veya imha etme) işlevlerini insan müdahalesi olmaksızın yerine getirebilen bir silah sistemi olarak tanımlanır.

Literatürde bu spektrum genellikle üç kategoriye ayrılır:

- İnsan-döngü-içinde (human-in-the-loop): Sistem hedef önerir, ancak nihai angajman kararını bir insan operatör verir.
- İnsan-döngü-üzerinde (human-on-the-loop): Sistem otonom olarak hareket eder, ancak bir insan operatör süreci izler ve gerektiğinde müdahale ederek durdurabilir.
- Tam otonom / döngü-dışı (human-out-of-the-loop): Sistem, insan müdahalesi olmaksızın hedef seçer ve angaje olur.

Temple Üniversitesi Uluslararası Hukuk Enstitüsü bünyesinde yürütülen bir incelemeye göre, güdümlü mühimmatların ("fire-and-forget" silahlar) çoğu tarihsel olarak yarı-otonom kategoride kalmış, tam otonom öldürücü sistemlerin sahaya sürülmesi ise nispeten yeni bir gelişmedir; nitekim 2021 yılında Libya'da STM Kargu-2 tipi pusu mühimmatlarının geri çekilen güçlere karşı kullanıldığına dair Birleşmiş Milletler raporlarına atıf yapılmaktadır. Bu, tam otonom öldürücü sistemlerin sahada fiilen kullanıldığına dair ilk resmi belgelenmiş örneklerden biri olarak literatürde sıklıkla anılmaktadır.

Rusya–Ukrayna savaşı bağlamında bu kavramsal ayrım kritik önemdedir: aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacağı üzere, sahada gözlemlenen sistemlerin ezici çoğunluğu "insan-döngü-içinde" ya da "insan-döngü-üzerinde" kategorisinde kalmakta, tam otonom sistemler ise sınırlı ve büyük ölçüde "son yaklaşma" (terminal guidance) evresiyle sınırlı bir uygulama alanı bulmaktadır.

4. Tarihsel Bağlam: Askerî İnovasyon Teorisi ve Tank Analojisi

Askerî inovasyon teorisi literatüründe iki temel kavram ayırt edilir: "Askerî İşlerde Devrim" (RMA) ve daha kapsamlı, toplumsal düzeyde etkileri olan "Askerî Devrim" (Military Revolution – MR). Small Wars Journal'da yayımlanan bir çalışmaya göre askerî devrimler, savaşı yürütenler için tanımlayıcı dönüm noktalarıdır; toplumda sistemik değişim yaratan, savaşın karakterini yeniden şekillendiren ve devletlerin güç projeksiyon kapasitesini değiştiren nadir ama kapsamlı olaylardır. Buna karşılık RMA'lar, toplumsal-askerî düzeydeki bu "depremlerden" çok daha sınırlı etkiye sahiptir.

Bu ayrım, tank örneğiyle somutlaştırılabilir: Tankın 1916'da sahaya sürülmesi başlı başına bir askerî devrim değil, daha geniş bir mekanikleşme ve motorlu savaş dalgasının parçası olan bir RMA unsuru olarak okunabilir; ancak bu unsurun 1920-30'lar boyunca doktrin (blitzkrieg), örgütlenme (zırhlı tümen) ve endüstriyel üretim ile birleşmesi, II. Dünya Savaşı'na gelindiğinde kara harekâtını kalıcı biçimde dönüştüren bir askerî devrime evrilmiştir. Bu tarihsel örnek, tek bir teknolojinin savaş alanına girişinin başlı başına "devrim" ilan edilmesinin metodolojik olarak aceleci olabileceğini göstermektedir – teknolojinin doktrin, örgütlenme ve endüstriyel taban ile bütünleşmesi süreç almaktadır.

Carnegie Endowment for International Peace bünyesinde 2026 yılında yayımlanan bir analiz, Rusya–Ukrayna savaşının bu bağlamda "yeni bir Askerî İşlerde Devrim" olarak adlandırılabileceğini öne sürmektedir. Bu analize göre her iki taraf da hız kazandırılmış inovasyon ve adaptasyon yoluyla üstünlük elde etmeye çalışmakta, sürekli olarak yeni insansız sistem türleri, karşı-tedbirler ve operasyon yöntemleri devreye sokmaktadır; bu gelişme, uzun menzilli dronelerin yalnızca "ucuz seyir füzeleri" olduğu yönündeki yaygın görüşe meydan

okumaktadır, çünkü seyir füzeleri sürekli durumsal farkındalık ve FPV-destekli yeniden görevlendirme imkânı sunmamaktadır.

Buna karşılık Modern War Institute'de yayımlanan bir başka analiz daha temkinli bir tez savunmaktadır: son çatışmalardan çıkarılabilecek daha sofistike sonuç, dronelerin savaş kurallarını yeniden tanımladığı değil, uzun süredir var olan bir dinamiği – askerî inovasyon ile karşı-inovasyon arasındaki sürekli etkileşimi – hızlandırdığıdır. Bu görüşe göre dronlar durumsal farkındalığı, hedeflemeyi, iletişimi ve hassas vuruş kapasitesini artırmakta, buna karşılık rakipler elektronik harp, kamuflaj, dağılma ve hava savunmasına yatırım yapmaktadır; dronlar daha otonom hale geldikçe karşı-tedbirler otonomiyi bozmaya, sürüler (swarm) daha ağ-bağlantılı hale geldikçe iletişim ve seyrüsefer sistemlerini bozma çabaları yoğunlaşmaktadır. Bu bakış açısına göre gözlemlenen olgu, tarihsel örüntüden bir kopuş değil, örüntünün ta kendisidir.

Journal of Strategic Studies'te yayımlanan "Robot Wars: Autonomous Drone Swarms and the Battlefield of the Future" başlıklı makale de benzer bir temkinli çizgi izlemektedir. Yazar, otonom drone sürülerinin savaş alanını kısa vadede "ele geçireceği" yönündeki akademik tartışmalarda üç yaygın hatanın tespit edildiğini belirtmektedir: araştırmacılar otonom drone sürülerinin kapasitesini abartmakta, bu sistemlerin diğer silah sistemlerine olan bağımlılığını hafife almakta ve otonom silahların saldırıyı (offence) sistematik olarak avantajlı kılacağını varsaymaktadır. Makale bu üç iddiayı da reddetmekte ve ampirik temkinliliğin gerekli olduğunu vurgulamaktadır.

4.1 Tank (1916) ile Otonom Drone (2022–2026) Dönüşümlerinin Karşılaştırılması

Boyut	Tank – I. Dünya Savaşı (1916–1918)	Otonom/Yarı-Otonom Drone – Rusya-Ukrayna Savaşı (2022–2026)
Çözülmeye çalışılan stratejik sorun	Siper savaşının yarattığı hareketsizlik ve kitlesel insan kaybı	Modern hava savunması/EW altında canlı gücün korunması ve hassas hedeflemenin sürdürülmesi
İlk operasyonel etki	Sınırlı, mekanik güvenilirlik sorunları yaygın (Somme, 1916)	Sınırlı otonomi, hedef tanımlama sorunları yaygın (2022–2024)
Olgunlaşma süreci	~15-20 yıl (doktrin: blitzkrieg, örgütlenme: zırhlı tümen)	Devam ediyor; 2024-2026'da isabet oranı %10-20'den %70-80'e yükseldi
Devrimci eşiğe ulaşma koşulu	Teknoloji + doktrin + endüstriyel taban bütünleşmesi	Aynı üçlü bütünleşme; üretim ölçeği (milyonlarca birim/yıl) sağlandı, doktrin ve hukuki çerçeve olgunlaşma sürecinde
Karşı-inovasyon	Panzerabwehrkanone (anti-tank topu), mayın	Elektronik harp (jamming/spoofing), fiber-optik karşı önlem, kısa menzilli hava savunması

Tablo 1'de özetlenen karşılaştırma, çalışmanın 8. bölümünde ayrıntılandırılan temel tezi görsel olarak desteklemektedir: her iki vaka da tek bir teknolojik icadın değil, teknoloji-doktrin-

endüstri üçlüsünün zaman içindeki bütünleşme derecesinin devrimci sonucu belirlediğini göstermektedir.

5. Rusya–Ukrayna Savaşında Drone ve Robotik Teknolojilerin Evrimi

5.1 FPV Drone ve Kamikaze Sistemler

Savaşın ilk evresinde (2022) sahada baskın olan sistem, ticari kökenli, birinci şahıs görüş açılı (FPV) çeyrek kopterlerin patlayıcı yükle donatılarak intihar/kamikaze mühimmatı olarak kullanılmasıdır. RFE/RL muhabiri Amos Chapple'ın 2024 tarihli röportaj temelli incelemesine göre, insan hedeflerini avlayan otonom katil drone sürülerinden oluşan distopik bir gelecek yaklaşmakta olsa da, tam otonom yapay zekâ dronları Ukrayna savaş alanlarında hâlâ ulaşılması güç bir teknoloji olarak kalmaktadır; Ukrayna hükümetine bağlı askerî teknoloji geliştirme kurumu Brave1 sözcüsü Viktoria Kovalçuk, dronlar tarafından düşman hedeflerinin doğru tanımlanması sorununun hâlâ devam ettiğini belirtmiştir.

Lawfare'de yayımlanan bir analiz de bu dönemi "algoritmalar savaşı"na dönüşen bir çatışma olarak tanımlamakta ve Rusya Savunma Bakanı Andrei Belousov'un yapay zekâ destekli dronların savaş alanında merkezi bir rol oynadığını, Rusya Devlet Başkanı Vladimir Putin'in ise drone üretimini yaklaşık on kat artırarak yılda 1,4 milyona çıkarmayı hedeflediğini açıkladığına dikkat çekmektedir. Aynı analize göre Çasiv Yar Muharebesi'nde stabilizasyon noktasına ulaşan yaralı Ukraynalı askerlerin yaklaşık %90'ı FPV drone ya da drone tarafından bırakılan patlayıcılar nedeniyle yaralanmıştır — bu veri, insansız sistemlerin cephedeki fiili can kaybı üzerindeki etkisinin somut bir göstergesidir.

5.2 Yapay Zekâ Destekli Hedefleme ve Otonom Terminal Kılavuzlama

2024–2026 döneminde gözlemlenen en belirgin teknolojik sıçrama, dronların uçuşun "son yaklaşma" (terminal) evresinde otonom hedef kilitleme kapasitesi kazanmasıdır. CSIS Wadhwani Yapay Zekâ Merkezi araştırmacısı Kateryna Bondar'ın bir raporuna göre, yapay zekânın konuşlandırılması şu ana kadar kapsam bakımından kısmi kalmakta, sistemin tamamının otonomisini sağlamaktan çok belirli işlevleri geliştirmekte ve bazı operasyonel zorlukları gidermektedir; ancak drone seyrüsefer ve hedeflemesindeki otonomi, isabet oranlarını yaklaşık %10-20 bandından %70-80 bandına yükselterek belirgin bir etki yaratmaktadır.

Aynı rapora göre Ukrayna 2024 yılında yaklaşık 10.000 yapay zekâ destekli drone satın almış, toplamda ise yaklaşık 2 milyon drone edinmiştir; bu da Ukrayna'nın Rusya'ya karşı kullandığı dronların büyük çoğunluğunun hâlâ tamamen insan operatör kontrolünde olduğu anlamına

gelmektedir. Yapay zekâ destekli dronlar büyük ölçüde son yaklaşma seyrüseferiyle sınırlı kalmakta; bu sistemler pilotlardan çok daha az beceri talep etmekte, dronun operatörle bağlantısını kesebilecek elektronik harbi aşabilmekte ve görev başarısı için gereken drone sayısını azaltmaktadır. Bondar'a göre bazı durumlarda iki otonom drone, sekiz ya da dokuz geleneksel dronun yapabileceği işi görebilmektedir.

2026 yılına gelindiğinde bu eğilim belirgin biçimde derinleşmiştir. Bloomberg'de Haziran 2026'da yayımlanan bir haberde, Ukrayna komutanlarının orta menzilli saldırı dronlarını yükseltmeye odaklandığı; en yeni modellerin elektronik parazite karşı daha dayanıklı hale geldiği ve cephe hattının 150 kilometre ötesindeki yakıt depoları, cephanelik ve komuta merkezlerini vurabilecek otonom hedefleme kapasitesine sahip olduğu bildirilmektedir. Forbes'ta Mayıs 2026'da yayımlanan bir saha raportajında ise Harkiv Oblastı'ndaki bir ileri karargâhta gözlemlenen bir yapay zekâ destekli drone saldırısı anlatılmakta; dronun son saniyelerde kendiliğinden hedefe kilitlendiği, ardından ikinci bir aracın ekranda belirmesi üzerine ikinci bir dronun daha fırlatıldığı ve birkaç dakika içinde hedefi vurduğu aktarılmaktadır. Ukrayna'nın 13. Hartia Tugayı'na bağlı Yasni Oçi drone biriminin komutanı Heorhii Volkov'un ifadesiyle, teknoloji ilerlemiş ve savaş alanını yeniden şekillendirmiştir.

Reuters kaynaklı bir habere göre Ukrayna Savunma Bakan Yardımcısı Kateryna Çernohorenko, ülkenin dronlarının pilotsuz biçimde hedeflere ulaşmasını sağlayan, yerli üretim onlarca yapay zekâ destekli sistemi kullandığını açıklamıştır; halihazırda Ukraynalı üreticilerden piyasada birkaç düzine çözüm bulunduğu, bunların satın alınıp silahlı kuvvetlere ve diğer savunma güçlerine teslim edildiği belirtilmektedir.

5.3 Elektronik Harp ve Karşı-İnovasyon Döngüsü

Otonom hedefleme teknolojisinin yükselişi, tesadüfi değil, doğrudan elektronik harbin (EW) etkinliğine bir yanıt niteliğindedir. RFE/RL'nin analizine göre drone ile sinyal kesici "jammer"lar arasındaki silahlanma yarışında, savunma tedbirleri şimdilik üstün gözükmektedir; bu durum, operatör bağlantısının kesilmesi riskine karşı bağışık, kendi kendine hedef bulabilen sistemlere olan talebi artırmaktadır.

Atlantic Council'ın 2026 tarihli "hesaplama savaşı" (compute war) analizine göre, Rusya'nın parazit veya siber saldırı yoluyla aralıklı erişim engellemesi uyguladığı durumlarda, bulut merkezli (cloud-centric) mimariler yalnızca performans kaybetmemekte, tamamen işlevsiz hale gelebilmektedir. Bu nedenle Ukraynalı geliştiriciler, işlemeyi bulut sunuculardan drone üzerindeki uca (edge) taşıyan mimarilere yönelmektedir – bu, aşağıda 5. bölümde teknik olarak ele alınacak bir tasarım tercihidir. Aynı analiz, Çin'in Rus dronlarında kullanılan kritik teknolojilerin yaklaşık %80'ini tedarik ettiğini ve iki ülkeden mühendislerin otonom sistemler, sensör işleme ve algoritmik hedefleme konusunda yakın işbirliği yaptığını aktarmaktadır;

Çin'in bilgisayarlı görü ve örüntü tanıma alanındaki dünya lideri konumunun, Rusya'nın Batılı sistemlere kıyasla teknolojik farkı Batılı analistlerin şu anda öngördüğünden daha hızlı kapatmasına imkân tanıyabileceği değerlendirilmektedir.

5.4 Endüstriyel Ölçek ve Üretim Kapasitesi

Otonom savaş tartışmasının teknik boyutu kadar önemli olan bir diğer unsur, üretim ölçeğidir. Atlantic Council'ın verilerine göre Ukrayna, hava, kara ve deniz kategorilerinde toplamda yılda üç milyonun üzerinde drone üretmekte olup 2026 için hedef yedi milyona çıkarılmıştır. Small Wars Journal'da yayımlanan bir değerlendirmeye göre Ukrayna savaşında altı binin üzerinde farklı drone platformunun çeşitli konfigürasyonlarda kullanıldığı bildirilmiş; yazarlar bu ölçeği, ticari hazır bileşen (COTS) teknolojisi ile askerî-sanayi kompleksinin yakınsamasının kalıcı bir olgu haline geldiğinin ve Nükleer Çağ'dan bu yana görülen ilk askerî devrim olabileceğinin göstergesi olarak yorumlamaktadır.

5.5 Ekonomik Asimetri: Maliyet-Etkinlik Boyutu

Otonom ve yarı-otonom sistemlerin savaş ekonomisi üzerindeki etkisi, teknik performanslarından bağımsız olarak ele alınamayacak kadar merkezi bir unsurdur. Birim maliyeti birkaç yüz ile birkaç bin dolar arasında değişen bir FPV dronu ile milyonlarca dolarlık bir zırhlı araç, hava savunma sistemi ya da lojistik varlığın imha edilebilmesi, klasik maliyet-etkinlik dengesini kökten değiştirmektedir. Bu asimetri, Atlantic Council'ın "hesaplama savaşı" çerçevesinde vurguladığı gibi, tarafları düşük maliyetli, kitlesel üretilebilir sistemlere yatırım yapmaya güçlü biçimde teşvik etmekte; bu da yukarıda aktarılan yılda milyonlarca birimlik üretim ölçeğinin altında yatan ekonomik mantığı oluşturmaktadır.

Ancak bu asimetri tek yönlü değildir: elektronik harp sistemleri ve kısa menzilli hava savunma çözümleri de görece düşük maliyetle devreye alınabildiğinden, saldırgan ve savunmacı taraflar arasında sürekli yenilenen bir maliyet dengesi ortaya çıkmaktadır. Bu dinamik, 4. bölümde tartışılan inovasyon–karşı-inovasyon döngüsünün ekonomik boyutunu oluşturmakta ve otonom sistemlerin savaş alanındaki nihai etkisinin yalnızca teknik kapasiteyle değil, üretim ölçeği ve tedarik zinciri dayanıklılığıyla da belirlendiğini göstermektedir.

6. Teknik Mimari: Sensör Füzyonu, Bilgisayarlı Görü ve Uç Nokta İşleme

Bir bilişim mühendisliği perspektifinden bakıldığında, sahadaki "otonomi" iddialarının teknik temeli üç bileşene dayanmaktadır: (i) sensör füzyonu, (ii) uç noktada (on-device / edge) çalışan bilgisayarlı görü modelleri ve (iii) düşük bant genişlikli ya da bağlantısız çalışabilen karar algoritmaları.

Geleneksel uzaktan kumandalı drone mimarisinde görüntü verisi bir radyo bağlantısı üzerinden operatöre iletilir, hedefleme kararı insan tarafından verilir ve komut yeniden drona gönderilir. Bu mimarinin en zayıf halkası, iletişim bağlantısının kendisidir: elektronik harp sistemleri bu bağlantıyı bularak bastırabilir (jamming) ya da sahte sinyallerle yanıltabilir (spoofing). CSIS'in Ukraynalı savaşçılar ve savunma üreticileriyle yaptığı görüşmelere dayanan bir vaka incelemesine göre, Skydio firmasının eski nesil X2 dronu sabit frekanslarla çalıştığından elektronik harbe karşı son derece savunmasız kalmış; bu drone başlangıçta 2010'ların başındaki ABD askerî tedarik gereksinimlerine göre, elektronik harp tehdidinin sınırlı olduğu Irak ve Afganistan gibi ortamlar için tasarlandığından, 2022'de Ukrayna savaşı patlak verdiğinde Rus parazitine karşı zorlanmıştır.

Bu zafiyete verilen mühendislik yanıtı, karar verme yükünün bir kısmının drone üzerindeki gömülü işlemciye (edge computing) taşınmasıdır. Bu mimaride, drone kameradan gelen görüntü akışını yerel bir sinir ağı (genellikle hafifletilmiş bir evrişimli sinir ağı – CNN – ya da nesne tespiti için optimize edilmiş bir mimari) üzerinden işleyerek hedefi tanımlar ve son saniyelerde iletişim bağlantısı tamamen kesilse dahi kilitlenmeyi sürdürebilir. Bu, tam anlamıyla bir "otonom karar" değil, sınırlı bir görev kapsamında (son yaklaşma açısı, hedef sınıfı tanıma) çalışan dar yapay zekâdır (narrow AI); ancak operasyonel etkisi, yukarıda aktarılan isabet oranı artışında somutlaşmaktadır.

Fiber-optik kablo ile kontrol edilen drone sistemlerinin ortaya çıkışı da aynı karşı-inovasyon mantığının bir başka ürünüdür: Bloomberg'in haberine konu olan fiber-optik kontrollü saldırı dronu, radyo frekansı tabanlı iletişimi tamamen devre dışı bırakarak elektronik harbe karşı bağışıklık kazanmakta, ancak menzil ve manevra kabiliyeti bakımından farklı kısıtlar getirmektedir. Bu örnek, otonomi ile bağlantı güvenliğinin birbirini ikame eden değil tamamlayan iki farklı mühendislik stratejisi olduğunu göstermektedir.

Starlink gibi uydu tabanlı düşük yörünge (LEO) iletişim altyapısı da bu mimaride kritik bir katman oluşturmaktadır. Forbes'un saha raporuna göre bu bağlantı, drone operatörlerinin bağlantıyı sürdürmesine, muharebe alanı verisini aktarmasına imkân tanıyan zincirin kritik bir parçası haline gelmiştir. Bu, otonom işlem ile merkezi/bulut destekli işlem arasında hibrit bir mimarinin – tam bağlantı kesintisinde uç noktada otonomiye geçen, bağlantı mevcutken merkezi komuta ve daha yüksek hesaplama gücünden yararlanan bir sistemin – sahada fiilen uygulandığını göstermektedir.

7. Hukuki ve Etik Boyut: Uluslararası İnsancıl Hukuk ve LAWS Tartışması

Otonom silah sistemlerinin uluslararası insancıl hukuk (İHH) ile uyumu, on yılı aşkın süredir Birleşmiş Milletler Belirli Konvansiyonel Silahlar Sözleşmesi (CCW) çerçevesinde tartışılan,

ancak devletler arası fikir ayrılığı nedeniyle bağlayıcı bir düzenlemeye kavuşmamış bir alandır. UNIDIR'in (Birleşmiş Milletler Silahsızlanma Araştırma Enstitüsü) 2026 tarihli raporuna göre, ölümcül otonom silah sistemleri (LAWS) alanındaki teknolojilerin karmaşıklığı, İHH'nin geleneksel yorumlama biçimlerine meydan okumakta; devletler, akademisyenler ve diğer uzmanlar İHH'nin LAWS'ın geliştirilmesi ve kullanımına ne tür sınırlar getirdiği ve bu kuralların ihlal edilmemesini sağlamak için hangi pratik tedbirlerin alınabileceği konusunda görüş üretmeye çalışmaktadır.

Bu tartışmanın merkezinde üç klasik İHH ilkesi yer almaktadır: ayırt etme ilkesi (combatant/sivil ayrımının makinece doğru yapılabilmesi), orantılılık ilkesi (beklenen askerî kazancın sivil zarara oranının bir algoritma tarafından değerlendirilebilmesi) ve hesap verebilirlik (bir otonom sistemin hatalı angajmanı durumunda cezai/hukuki sorumluluğun kime ait olacağı). Springer Nature'da yayımlanan güncel bir derlemeye göre literatür bu konuda ikiye bölünmüş durumdadır: bazı akademisyenler otonom sistemlerin insancıl hukuk ilkelerine uyumda insandan daha iyi performans gösterebileceğini savunurken, diğerleri bu sistemlerin insan-dışı doğaları gereği bu ilkelere içkin biçimde uyum sağlayamayacağını ileri sürmektedir.

2013 yılında Birleşmiş Milletler yargısız, muhakemesiz ya da keyfi infazlar özel raportörü Christof Heyns'in erken uyarı niteliğindeki raporu, bu tartışmanın temel referans noktalarından biri olmaya devam etmektedir. Temple Üniversitesi'nin incelemesine göre Heyns, hedef angajmanı ve icrasının izlenmesinde insanı döngü dışına çıkarmanın, insanlığı da döngü dışına çıkarma riski taşıdığını vurgulamış; bu argümanını uluslararası insancıl hukukun köklü bir teamül kuralı olan Martens Klozu'na, yani silahlı çatışmada "insanlık ilkesi"nin uygulanması gerekliliğine dayandırmıştır.

ICRC'nin (Uluslararası Kızılhaç Komitesi) konuya ilişkin resmî hukuki görüşü, otonom silah sistemini, insan müdahalesi olmaksızın hedef arayabilen, tespit edebilen, tanımlayabilen, izleyebilen ya da seçebilen ve bu hedeflere güç kullanabilen, etkisiz hale getirebilen, hasar verebilen ya da imha edebilen herhangi bir silah sistemi olarak tanımlamaktadır; bu tanıma göre insan operatör tarafından başlatılan ya da etkinleştirilen bir sistem, sonrasında kendi sensörlerini ve bilgisayar mantığını kullanarak işlemi sürdürüyorsa dahi otonom kategorisine girebilmektedir. Bu geniş tanım, Ukrayna savaş alanında gözlemlenen "son yaklaşma otonomisi" sistemlerinin de İHH tartışmasının kapsamına girdiğini göstermektedir; zira bu sistemler, insan tarafından etkinleştirildikten sonra hedef seçme ve/veya angajman kararının bir kısmını kendi başına vermektedir.

Nordic Journal of International Law'da yayımlanan bir makalenin de içinde bulunduğu geniş bir literatür, "üçlü mercek" (triple lens) yaklaşımıyla LAWS'ı hukuki, etik ve teknik açıdan bir arada değerlendirmenin gerekliliğini vurgulamaktadır; zira yalnızca hukuki normların incelenmesi, altta yatan teknik gerçekliği (örneğin bir sistemin fiilen ne kadar "otonom"

olduğunu) gözden kaçırma riski taşımaktadır. Bu çalışmanın 4. ve 5. bölümlerinde sunulan teknik bulgular, tam da bu nedenle hukuki tartışmayla birlikte okunmalıdır: sahadaki sistemlerin çoğunun sınırlı, görev-özel otonomiye sahip olması, hukuki hesap verebilirlik zincirinin tamamen kopmadığı, ancak belirsizleştiği bir ara durum yaratmaktadır.

8. Askerî İnovasyon Teorisi Çerçevesinde Değerlendirme

Bu çalışmanın 3. bölümünde sunulan kavramsal çerçeveye dönüldüğünde, Rusya–Ukrayna savaşındaki gelişmelerin RMA ile MR arasındaki hangi kategoriye daha yakın durduğu sorusu yeniden gündeme gelmektedir. ABD Kara Harp Akademisi (US Army War College) bünyesindeki War Room platformunda yayımlanan bir değerlendirmeye göre, otonom drone sürüleri insan kontrolünden bağımsız çalışarak kesintiye uğrayan iletişim hatları ya da operatör eksikliğinin yarattığı zafiyetleri ortadan kaldırabilecek olsa da, ABD'nin bu alanda ilk yenilikçi olması beklenmemektedir; zira ABD Savunma Bakanlığı'nın 3000.09 sayılı direktifi, yalnızca komutanların ve operatörlerin güç kullanımı üzerinde "uygun düzeyde insan muhakemesi" uygulayabileceği LAWS tasarımlarını taahhüt etmektedir. Aynı değerlendirmeye göre küçük insansız hava sistemlerinin (sUAS) şu anki hâliyle "devrimci" olmadığı, ancak ölümcül otonomiye kayış yönünde bir eşik aşıldığında devrimci potansiyele sahip olabileceği sonucuna varılmaktadır.

Bu bulgu, çalışmanın 3. bölümünde aktarılan Modern War Institute değerlendirmesiyle örtüşmektedir: gözlemlenen olgu, savaşın kurallarını kökten yeniden yazan bir kopuş değil, inovasyon–karşı-inovasyon döngüsünün hızlandırılmış ve dijitalleştirilmiş bir versiyonudur. Bununla birlikte, Carnegie Endowment analizinin işaret ettiği ölçek – üç ilâ yedi milyon drone/yıl üretim kapasitesi, altı binin üzerinde platform çeşidi, isabet oranlarında dört-beş katlık artış – salt niceliksel bir büyümenin ötesinde, niteliksel bir eşiğe yaklaşıldığına dair güçlü işaretler sunmaktadır.

Bu çalışmanın vardığı ara sonuç şudur: Rusya–Ukrayna savaşı, RMA teorisi çerçevesinde "tamamlanmış" bir askerî devrim değil, aktif olarak süren bir RMA sürecinin en yoğun ampirik laboratuvarını temsil etmektedir. Tank örneğinde olduğu gibi, tek başına teknoloji (drone/otonomi) değil, bu teknolojinin doktrin (asimetrik, dağıtık, düşük maliyetli saturasyon taktikleri), örgütlenme (Ukrayna'nın gönüllü/devlet ortaklığı temelli üretim modeli, Brave1 gibi kurumlar) ve endüstriyel taban (yılda milyonlarca birim üretim) ile bütünleşmesi, nihai devrimci potansiyeli belirleyecektir. Bu bütünleşme süreci 2026 itibarıyla tamamlanmamış, ancak hızla ilerlemektedir.

9. Sınırlılıklar ve Eleştirel Bakış: "Otonom Savaş" mı, "Yarı-Otonom Savaş" mı?

Bu bölüm, çalışmanın başlığında ima edilen "otonom savaş" kavramının literatürde ne ölçüde doğrulandığını eleştirel biçimde değerlendirmektedir. Toplanan kaynaklar ışığında üç temel sınırlılık öne çıkmaktadır.

Birincisi, terminolojik enflasyon riski. Gazetecilik ve popüler söylemde "yapay zekâ drone", "otonom silah" gibi ifadeler sıklıkla, sistemin yalnızca dar bir işlevinde (örneğin son yaklaşma açısında hedef kilitleme) otonomi barındırdığı durumlarda dahi kullanılmaktadır. CSIS'in Bondar raporunun da açıkça belirttiği gibi, yapay zekânın konuşlandırılması şu an için kapsam bakımından kısmi olup, belirli işlevleri geliştirmekte, tam sistem otonomisi sağlamamaktadır. Akademik titizlik açısından bu ayrımın korunması önemlidir.

İkincisi, ölçek ile nitelik arasındaki fark. Ukrayna'nın ürettiği milyonlarca dronun büyük çoğunluğu, hâlâ insan tarafından uçurulan, hedeflenen ve tetiklenen FPV sistemleridir. Yapay zekâ destekli/otonom hedefleme kapasitesine sahip sistemler, toplam envanterin küçük ama hızla büyüyen bir alt kümesini oluşturmaktadır (Bondar'ın 2024 verisine göre yaklaşık 10.000/2.000.000 birim, yani yaklaşık %0,5). Bu oran 2025-2026'da artmış olsa da, "savaşın tamamen otonom hale geldiği" iddiası mevcut veriyle desteklenmemektedir.

Üçüncüsü, Journal of Strategic Studies makalesinin vurguladığı gibi, otonom drone sürülerinin kapasitesi akademik ve popüler söylemde sıklıkla abartılmakta, bu sistemlerin diğer silah sistemlerine (hava savunması, elektronik harp, lojistik) olan bağımlılığı hafife alınmaktadır. Otonomi, savaş alanındaki insan unsurunu ortadan kaldıran bağımsız bir güç değil, daha geniş bir silah-sistemi ekosistemi içinde işlev gören bir bileşendir.

Bu üç sınırlılık ışığında, çalışmanın önerdiği daha isabetli terminoloji, "tam otonom savaş" değil, "kademeli/kısmi otonomiye geçiş" (partial/graduated autonomy transition) ya da "insan-makine hibrit savaş" (human-machine hybrid warfare) ifadeleridir. Bu ifadeler, hem sahadaki teknik gerçekliği hem de İHH tartışmasının halihazırda insan sorumluluğu zincirinin tamamen kopmadığı varsayımına dayanan yapısını daha doğru yansıtmaktadır.

10. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Rusya–Ukrayna savaşının insansız ve yapay zekâ destekli sistemler bakımından geçirdiği dönüşümü, tank analojisinden yola çıkarak askerî inovasyon teorisi, teknik sistem mimarisi ve uluslararası insancıl hukuk perspektiflerinden incelemiştir. Bulgular, savaşın "tam otonom" bir evreye henüz ulaşmadığını, ancak isabet oranlarındaki dört-beş katlık artış, endüstriyel üretim ölçeğindeki patlama ve elektronik harp–otonomi arasındaki hızlanan karşı-inovasyon döngüsünün, aktif ve yoğun bir RMA sürecine işaret ettiğini göstermektedir.

Tank analojisi bakımından vardığımız sonuç şudur: 1916'daki tank gibi, günümüzün otonom/yarı-otonom dronları da tek başına bir devrim değil, daha büyük bir dönüşümün öncü unsurudur; bu dönüşümün askerî devrim düzeyine ulaşıp ulaşmayacağı, teknolojinin doktrin, örgütlenme ve uluslararası hukuki çerçeve ile nasıl bütünleşeceğine bağlı olacaktır. Bu bütünleşme süreci, 2026 yılı itibarıyla tamamlanmamış, aktif ve hızla ilerleyen bir süreçtir.

Gelecekteki araştırmalar için üç yön önerilmektedir: (i) sahadaki otonom sistemlerin gerçek kullanım oranlarına ilişkin daha sistematik, doğrulanabilir veri toplanması; (ii) LAWS'ın İHH ile uyumuna dair CCW müzakerelerinin somut düzenleyici çıktılara dönüşüp dönüşmeyeceğinin izlenmesi; ve (iii) elektronik harp–otonomi karşı-inovasyon döngüsünün bilgisayar mühendisliği açısından (özellikle uç nokta işleme, federe öğrenme ve düşük güç tüketimli sinir ağı çipleri bağlamında) daha derinlemesine teknik analizi. Bu çalışma, disiplinlerarası bir derleme sunarak bu gelecekteki araştırmalara bir zemin oluşturmayı amaçlamaktadır.

Kaynakça

Atlantic Council (2026). The coming compute war in Ukraine. Erişim: https://www.atlanticcouncil.org/content-series/the-big-story/the-coming-compute-war-in-ukraine/

Bo, M. Three Individual Criminal Responsibility Gaps with Autonomous Weapon Systems. Opinio Juris.

Carnegie Endowment for International Peace (2026). The New Revolution in Military Affairs. Erişim: https://carnegieendowment.org/research/2026/04/ukraine-russia-war-changing-warfare-practice-military-strategy

Chapple, A. (2024, 14 Ağustos). Swarm Wars: The Shaky Rise Of AI Drones In Ukraine. Radio Free Europe/Radio Liberty.

Egeland, K. (2016). Lethal autonomous weapon systems under international humanitarian law. Nordic Journal of International Law, 85, 89–118.

Gunawan, Y. ve ark. (2022). Command responsibility of autonomous weapons under international humanitarian law. Cogent Social Sciences, 8, Makale 2145594.

International Committee of the Red Cross (ICRC). A legal perspective: Autonomous weapon systems under international humanitarian law. UNODA Occasional Papers, No. 30. Erişim: https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file_list/autonomous_weapon_systems_under_international_humanitarian_law.pdf

Kania, E. (2017). Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution, and China's Future Military Power. Center for a New American Security.

Kirichenko, D. (2024, 5 Aralık). The Rush for AI-Enabled Drones on Ukrainian Battlefields. Lawfare.

Kirichenko, D. (2026, 12 Mayıs). Ukraine's AI Drones Are Hunting Russian Supply Lines. Forbes.

Kudrytski, A. ve Post, K. (2026, 12 Haziran). Ukraine's AI Drones Have Given Kyiv a Fresh Edge on Battlefield. Bloomberg.

Lethal Autonomous Weapon Systems under International Humanitarian Law: A Triple Lens Approach. Academia.edu. Erişim: https://www.academia.edu/29285128/

Marsili, M. (2024). Lethal autonomous weapon systems: ethical dilemmas and legal compliance in the era of military disruptive technologies. International Journal of Robotics and Automation Technology.

Panella, C. (2024, 25 Eylül). Ukrainian unit commander predicts drone warfare will be truly unmanned in a matter of months and won't need human pilots. Business Insider.

Raska, M. (2022). The Sixth RMA Wave in Military Affairs? Journal of Strategic Studies, 44(4), 456–497.

Reuters (2024). Ukraine rolls out dozens of AI systems to help its drones hit targets. Erişim: Deccan Herald aracılığıyla.

Robot Wars: Autonomous Drone Swarms and the Battlefield of the Future (2024). Journal of Strategic Studies, 47(2). Erişim: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01402390.2024.2302585

Small Wars Journal / Arizona State University (2022, 11 Kasım). Revolution in Military Affairs vs Military Revolution: The Emergence of Drones and Robotics as a driver in Societal Change.

Temple University Institute for Law, Innovation & Technology (iLIT). Lethal Autonomous Weapon Systems (LAWS): Accountability, Collateral Damage, and the Inadequacies of International Law.

UNIDIR (Birleşmiş Milletler Silahsızlanma Araştırma Enstitüsü) (2026). The Interpretation and Application of International Humanitarian Law in Relation to Lethal Autonomous Weapon Systems.

US Army War College, War Room (2025). Unmanned Systems Are Not Revolutionary (But Could Be).

Zerbe, Y. (2019). Autonomous Weapons Systems and International Law: Aspects of International Humanitarian Law, Individual Accountability and State Responsibility. Nomos.

Autonomous Weapons Systems Under International Humanitarian Law: A Legal–Ethical and Data-Driven Analysis of Modern Warfare (2026). Springer Nature Link.



Digitally signed by ÖMER DOĞU
DN: serialNumber=29096292908, c=TR, title=Mühendis, cn=ÖMER DOĞU
Reason: I am the author of this document
Location: KARABÜK
Date: 2026.10.30 22:40:48 +03'00'
Adobe Acrobat version: 2021.007.20099

ÖMER DOĞU BİLİŞİM MÜH. PRO.ÇİF.ALIŞ VERİŞ EĞİTİM DANIŞMANLIK HİZMETLERİ

https://www.omerdogu.com

omerdogu@omerdogu.com