



**SAVUNMA SANAYİ VE TEKNOLOJİ
PERSPEKTİFİNDEN RUSYA UKRAYNA SAVAŞI:
RUSYA UKRAYNA SAVAŞI BAĞLAMINDA
ELEKTRONİK HARP VE OTONOM SİSTEMLER**

TREND ANALİZİ AĞUSTOS 2023



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



1. GİRİŞ

Şubat 2022’de başlayan Rusya Ukrayna Savaşı tüm şiddetiyle devam etmektedir. Küresel jeopolitikte yeni bir güvensizlik dalgası yaratan ve kısa zaman öncesine kadar tarihe gömüldüğü düşünülen “Soğuk Savaş” kaygılarını tekrar hatırlatan savaş, aynı zamanda küresel savunma sanayiinde ulaşılan teknolojik boyutun test laboratuvarı görünümüne kavuşmuştur.

Savaşın başladığı günlerde küresel kamuoyu tarafından Rusya’nın kısa sürede güçlü bir zaferle amaçlarına ulaşacağı düşünülse de, aradan geçen bir buçuk yıldan uzun zaman, harp sahasının her sonuca açık olduğunu göstermiştir. 21’inci yüzyılda savaşları her tür sürprize açık hâle getiren unsurların başında ise geleneksel harbin yerini alan teknolojik harp konseptinin ulaştığı boyutlar gelmektedir. Özellikle drone’lar, yapay zekâ destekli sistemler, uydu iletişim sistemleri, sinyal karıştırıcılar (jammer) gibi pek çok elektronik harp sistemini başarıyla kullanan Ukrayna’nın modern harpte edindiği adaptasyon yeteneği, Kiev yönetimini kolay lokma olarak gören Rusya’nın ummadığı sonuçlarla karşılaşmasına yol açmıştır. Rusya ve Batı’nın teknolojik inovasyonlarının çarpıştığı muharebe sahası adeta gelecekte sık sık karşılaşılabilecek elektronik savaşların bir çeşit prova sahnesi konumuna ulaşmıştır. Analizimizde Rusya Ukrayna Savaşı’nda etkili olan elektronik harp unsurları, elektronik harbin iki ülke arasındaki savaşın kaderine etkileri ve elektronik harbin ulaştığı seviyenin ülkelerin savunma sanayii politikalarını nasıl dönüştürdüğü değerlendirilecektir.

2. ELEKTRONİK HARBİN UNSURLARI

Elektronik harp, modern savaşın görünmez olsa da çok önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir. Askeri kuvvetler, operasyonları koordine etmek ve düşmanı bulmak için telsizlere, radarlara ve kızılötesi dedektörlere güvenmektedir. Spektrumu kontrol etmek, kendi algılamalarını ve iletişimlerini korumak için elektronik harbi kullanmakta ve düşman birliklerinin elektromanyetik spektruma erişimini engellemektedirler.

Literatürde elektronik harp, Elektronik Taarruz (ET), Elektronik Koruma (EK) ve Elektronik Destekten (ED) oluşan savaş olarak tanımlanmaktadır^[1].

- **Elektronik Taarruz:** “Düşmanın muharebe kabiliyetlerini azaltmak, etkisiz kılmak ve yok etmek amacıyla elektromanyetik enerji, yönlendirilmiş enerji veya anti-radyasyon silahlarını kullanarak personel, tesis ve ekipmana saldırmak” olarak açıklanmaktadır.
- **Elektronik Koruma:** “Dost ve müttefik unsurların elektronik harp kabiliyetlerinin personel, tesis ve ekipmanlarının etkisiz hâle getirilmesi veya yok edilmesini önlemek” olarak nitelendirilmiştir.
- **Elektronik Destek:** “Elektromanyetik enerji radyasyonunun taranması, yakalanması ve tanımlanması görevlerinin ifasıyla gecikmesiz olarak tehdit tanımlama, hedefleme, planlama ve ileri operasyonların sevk ve idaresi faaliyetleri” olarak tanımlanmaktadır.

Bunlardan en tanınan olanı, bir vericinin düşmanın bir radar veya telsizinin dalga biçimini aşırı güçlendirdiği veya bozduğu karıştırmayı (jamming) içeren elektronik taarruzdur. Aldatma aynı zamanda elektronik taarruzun bir parçasıdır ve bir sistem beklenen bir radar veya radyo iletimi için kendi sinyalinin değiştirilmesidir^[2].

Elektronik saldırının tersi olan, düşman iletişimlerini pasif olarak tespit ve analiz etmek için kullanılan elektronik destek ise düşmanın radarlarının veya telsizlerinin potansiyel güvenlik açıklarını anlamak için gereklidir. Örneğin Ukrayna’da kullanılan çoğu Rus elektronik taarruz sistemi, potansiyel karıştırma hedeflerini bulmalarını ve hızlı bir şekilde karakterize etmelerini sağlayan elektronik destek yeteneklerine sahiptir. Çoğu elektronik destek sistemi, düşman telsiz ve cep telefonu yayınlarını da coğrafi olarak konumlandırabilmekte, daha sonra bu bilgileri topçu veya roket ateşini yönlendirmek için kullanılabilir şekilde yıkıcı etkiler yaratabilmektedir^[2].

Ordular, elektronik saldırı ve elektronik desteğe karşı savunma için ise elektronik karşı önlemler olarak da bilinen elektronik korumayı kullanmaktadır. Soğuk Savaş’tan sonra Batılı güçler tarafından uzun zamandır üzerinde düşünüldüğü kabul edilen elektronik koruma, Rusya ve Çin’in giderek daha sofistike karıştırıcılar ve sensörler üretmesiyle elektronik savaşın belki de en önemli yönü olarak yeniden yükselmiştir. Elektronik koruma, telsiz yayınlarının algılanmasını veya karıştırılmasını önlemek için taktik ve teknolojiler içermektedir^[2].

3. RUSYA UKRAYNA SAVAŞI’NDA ELEKTRONİK HARBİN KULLANIMI

Rusya Devlet Başkanı Vladimir Putin’in 24 Şubat 2022’de televizyondan “Ukrayna’da özel askeri operasyon” emri verdiğini açıklamasıyla başlayan savaşın ilk günlerinde, Kremlin yönetiminin hızlı bir operasyonla zafere ulaşacağına inananların temel argümanlarının başında iki ülke arasındaki orantısız güç dengesi gelmekteydi. İki ülkenin savunma bütçeleri arasındaki devasa fark bu düşüncüyü destekliyordu. 2021 yılında Ukrayna’nın askeri harcamaları 4,7 milyar dolar iken, Rusya’nın savunma bütçesi ise 45,8 milyar dolar civarındaydı^[3]. Dünyanın en büyük beşinci ordusuna sahip olan Rusya’nın asker sayısı, Ukrayna’nın asker sayısının dört katıydı. Rusya ordusunun envanterindeki 4.200 uçağa karşılık, Ukrayna’nın sadece 310 uçağı bulunuyordu. Rusya’nın deniz kuvvetleri, Ukrayna filosunun 16, tank sayısı ise Ukrayna’nın tank sayısının altı katıydı^[4].

Ancak Rus ordusunun savaşın ilk günlerindeki hızlı ilerleyişi çok geçmeden Ukrayna’nın güçlü direnişiyi dengelenmiş, hatta kimi stratejistlere göre üstünlük Ukrayna’dan yana geçmiştir. İki ülkenin savunma sanayiileri arasındaki devasa farklara rağmen Ukrayna’nın sergilediği direnme gücünün temelinde Batı’nın güçlü teknoloji ve ekipman desteği yanında, teknolojik harbi başarıyla uygulayabilmesi yatmaktadır. Ukrayna’nın inovasyonu cepheye aktarmakta sergilediği olağanüstü performans, sadece bu ülkenin savaş meydanında

parlak bir konuma ulaşmasını sağlamakla kalmamış, bundan daha önemli olarak, gelecekte yaşanabilecek savaşların karakterine dair de tüm dünya ülkelerine derin öngörüler sağlamıştır.

Rusya Ukrayna Savaşı’nın en belirgin özelliği, tartışmasız biçimde elektronik harbin olağanüstü kullanımı olmuştur. Savaşın başlamasından sadece bir ay sonra 2022’nin Mart ayında Ukrayna birlikleri, Rusya’nın en sofistike elektronik harp sistemlerinden biri olan terk edilmiş bir Krasukha-4’ü ele geçirmiştir. Krasukha-4, öncelikle E-8 Müsterek Gözetleme Hedef Saldırı Radarı Sistemi (Joint Surveillance Target Attack Radar System -JSTAR) ve Havadan Uyarı ve Kontrol Sistemi (Airborne Warning And Control System -AWACS) uçakları gibi ABD keşif platformlarında kullanılan X ve Ku bantlarındaki havadan veya uydu tabanlı atış kontrol radarlarını karıştırmak için tasarlanmıştır. Krasukha-4’ün ele geçirilmesi, stratejistler tarafından Rusya’nın savaşın ilk aşamalarında elektronik harp kaynaklarını toplama ve konuşlandırma konusundaki başarısızlığının belirtilerinden biri olarak kabul edilmiştir. Elektronik harp, Rus ordusunun güçlü yanlarından biri olduğu ve 2014 yılında Rusya’nın Kırım’ı işgali sırasında etkili bir şekilde kullanıldığı için bu durum daha da şaşırtıcı olarak karşılanmıştır^[5]. 2014’te Kırım’ın işgali sırasında Rusya, Ukrayna birimlerini elektromanyetik imzalarına dayanarak coğrafi olarak konumlandırma ve daha sonra füzelerle hedefleme yeteneğini göstermiştir^[6]. 2022’nin Şubat ayında başlayan savaşın ilk günlerinde elektronik harbin Ukrayna’da yıkıcı bir etki yaratmak için tekrar kullanılacağı varsayılmış, ancak çoğu analist Rusya’nın bu açıdan düşük performans gösterdiği görüşünde birleşmiştir^[5].

3.1 Rusya’nın Elektronik Harp Tugayları

Rusya’nın her ordu grubunun kendi entegre elektronik harp taburu bulunmaktadır^[5]. Rusya, bu özel elektronik harp birimlerini elektronik taarruz ve elektronik destek operasyonlarını yürütmek için kullanmaktadır. 2022’nin Temmuz ayında Rus kara kuvvetlerinde görevli birkaç yüz askerden oluşan özel Elektronik Harp Tugayları, yüzlerce kilometre boyunca Ukrayna’nın gözetleme radarlarını ve uydu iletişim ağlarını bozmayı içeren bölgesel elektronik harp operasyonlarını desteklemek için beş Rus askeri bölgesinde (Batı, Güney, Kuzey, Orta ve Doğu) konuşlanmıştır^[2].

Elektronik Harp Tugayları, Rus askerleri ve sistemleri gibi kritik unsurların geniş alanda korunmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Belirli operasyonları destekleyebilir veya belirtilen karmaşık hedeflere karşı görev organize edilebilirler. 1RL257 Krasukha-4 ve 1L260 Krasukha-2’ye sahiplerdir. Krasukha-2, S-bandı (2.3 GHz ila 2.5 GHz ve 2.7 GHz ila 3.7 GHz) hava radarlarını karıştırmak için kullanılırken, Krasukha-4 ise X-bandı ve Ku-bant hava radarlarına (sırasıyla 8.5 GHz ila 10.68 GHz ve 13.4 GHz ila 14 GHz / 15.7 GHz ila 17.7 GHz) karşı etkilidir. İkincisi, geniş bant aktif karıştırma kullanır ve komuta noktalarını, yer tabanlı hava savunma sistemlerini ve kilit iletişim noktalarını düşman radar keşiflerinden ve hassas silahlardan korumak içindir. Krasukha-4 ayrıca, hava ve



Şekil 1: Rusya Federasyonu elektronik harp tugayları^[7].

Elektronik Savaş Sistemi	Amaç	Sahaya İlk Çıkışı	Notlar
1RL257 Krasukha-4	X-band ve Ku-band radarlarını, özellikle uçaklarda, dronlarda, füzelerde ve alçak yörüngeli uydularda kullanır.	2014	Biri komuta merkezi diğeri sensörlerle donatılmış iki KamAZ-6350 kamyonundan oluşur.
1L269 Krasukha-2	Özellikle hava platformlarında S-bandı radarlarını hedefler. Genellikle Krasukha-4 ile eşleştirilmiş olarak kullanılır.	2011	Ayrıca iki KamAZ-6350 kamyonuna dayanmaktadır.
RB-341V Leer-3	Hücreli iletişim ve askeri telsizler de dahil olmak üzere VHF ve UHF iletişimini yüzlerce kilometre boyunca kesintiye uğratar.	2015	Menzilini uzatmak için Orlan-10 dronları ile çalışan kamyon tabanlı bir komuta merkezinden oluşur.
RH-330Zh Zhitel	Jammer; GPS ve uydu iletişimini onlarca kilometrelik bir yarıçap boyunca kapatabilir.	2011	Bir kamyon komuta direği ve dört teleskopik direkli faz dizinli antenden oluşur.
Murmansk-BN	HF askeri telsizlerinin uzun menzilli tespiti ve karıştırması.	2020	Rus kaynakları, binlerce kilometre uzaktaki iletişimi engelleyebileceğini iddia etmektedir.
R-934B	Kablosuz ve kablolu iletişimi hedefleyen VHF/UHF karıştırıcı.	1996	Bir kamyon veya paletli bir araç ve çekilebilir jeneratörden oluşur.
SPN-2, 3, 4	Hava radarlarını ve havadan yüzeye güdüm-kontrol radarlarını hedef alan X veya K u-bant karıştırıcılar.	Bilgi yok.	Bir savaş kontrol aracı ve bir anten aracından oluşur.
Repellent-1	Antidrone sistemi.	2016	20 tondan daha ağırdır.
Moéskva-1	Düşman gemilerinin ve uçaklarının pasif tutarlı konumu için hassas HF/VHF alıcısı.	2015	Yayınlanan kaynaklara göre 400 kilometreye kadar bir menzili bulunmaktadır.

Tablo 1: Ukrayna'da konuşlandırılan önemli Rus elektronik harp sistemleri^[2].

gemi kaynaklı hedefleme sistemlerinden gelen radar sinyallerini ve gemisavar füzeleri tespit edip karıştırabilen elektronik harp sistemi TK-25 ile de kullanılabilir^[5].

Elektronik Harp Tugayları daha büyük olan Krasukha-2 ve Krasukha-4 yanında, Moéskva -1 ve Murmansk-BN, Pole-21, R-330H Zhitel ve RB-341V Leer-3 sistemleri ile donatılmıştır. Murmansk bir iletişim, istihbarat ve karıştırma sistemidir ve havadaki HF sinyallerine karşı geniş alan istihbaratı ve karıştırması sağlamak için kullanılmaktadır. Pole-21 veya R-330H Zhitel, GPS'i karıştırmak veya bastırmak için kullanılmaktadır. Bunun iki etkisi vardır: GPS güdümlü silahların doğruluğunu düşürür ve düşman hedefleme hücrelerinin kendi konumlarını tespit etmelerini önler. RB-341V Leer-3, bir Orlan-10 İHA kullanır ve GSM-900 ve GSM-1800 cep telefonu şebekeleriyle etkileşime girmek ve karıştırmak için tasarlanmış, İHA'ya yerleştirilmiş bir cep telefonu kule simülatörüne sahiptir^{[2], [5]}. Her Rus ordusu manevra tugayı, R-330Zh Zhitel gibi daha küçük sistemler kullanarak yaklaşık 50 kilometre içindeki eylemleri desteklemek için eğitilmiş yaklaşık 100 personelden oluşan bir elektronik harp birimini de içermektedir^[2].

Rusya Ukrayna Savaşı'nda kullanılan birkaç Rus sistemi ise yalnızca elektronik destek görevi yürütmektedir. Bunun bir örneği, pasif tutarlı konum veya pasif radar operasyonları yürütmek için TV ve radyo sinyallerinin yansımalarını kullanabilen hassas bir HF/VHF alıcısı olan Moéskva-1'dir. Sistem temel olarak, bir bölgedeki ticari TV ve radyo vericilerinin radyo dalgalarını alarak gemiler veya uçaklar gibi hedefleri yansıtmakta, böylece izlemek ve gerekirse ateş etmek için hedef yeterli doğrulukla belirlenebilmektedir^[2].

Rusya'nın Ukrayna'da konuşlandırdığı önemli elektronik harp sistemleri ve özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir^[2].

Savaşın ilk günlerinde elektronik harbin Rusya tarafından kullanılması, Ukrayna'nın yanıt verme kabiliyetini ciddi şekilde etkilemiş, Ukrayna füze savunma sistemlerini engellemiş ve Rus kuvvetlerinin Hostomel Havaalanı'nı ele geçirmek için havadan bir saldırı başlatmasına imkân tanımıştır. Mart 2022'de *Newsweek*'te yayınlanan bir haberde, "Rusya sistemlerinin ulaşabileceği her şeyi karıştırdığı" iddia edilmiştir^[8].

Rusya, uzmanlar tarafından dünyanın en deneyimli ve en iyi donanımlı elektronik harp birimlerinden bazılarına sahip kabul edilmektedir. Tam da bu nedenle savaşın ilk günlerinde analistlerin genel beklentisi Rus kuvvetlerinin elektromanyetik spektrumun kontrolünü hızla ele geçirip, ardından hâkim olması yönündeydi. Zira Kırım'ın 2014'te ilhakından bu yana, elektronik harp Donbas'taki Rus operasyonlarının önemli bir parçası olarak rol oynamıştır. Leer-3 elektronik savaş araçlarını ve Orlan-10 insansız hava araçlarını kullanan Moskova destekli ayrılıkçılar ve paralı askerler, Rus kuvvetleri saldırmaya hazır olduğunda kara ve hava sistemlerini kullanarak Ukrayna telsizlerini tespit etmeyi ve roket saldırılarıyla hedef almayı planlamıştır. Ancak Ukrayna'nın doğusunda yaklaşık 10 yıl süren provalardan sonra, 2022'nin Şubat ayında işgal başladığında Rus kuvvetleri bazı radyo ve televizyon kulelerini havaya uçursa da, Ukrayna liderleri

Rus elektronik harp sistemleri tarafından engellenmeden dış dünyaya ulaşmaya devam etmiştir^[2].

İlerleyen günlerde, Rusya'nın elektronik harp kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmada bazı sorunlarla karşı karşıya kalmasının taktiksel nedenleri de vardı. Rus manevra tugayları, 300 ila 800 personelden oluşan daha küçük Taktik Tabur Gruplarına (BTG'ler) bölünmüştür. Ukrayna iletişim ağlarının karıştırılması Rus ağlarını da etkileyeceği için BTG'lerin konuşlanması kısıtlanmıştır. Rus elektronik harp birlikleri, savaş alanının her tarafına yayılmış olsalar bile, bu nedenle büyük çaplı karıştırmalara başvurmamışlardır. Ayrıca, drone'ların menzili, radyo bağlantıları ile sınırlandırılmış ve Ukrayna ağlarını derinlemesine karıştırmak için etkin bir şekilde kullanılamamışlardır^[5].

Daha sonra Rus birlikleri elektronik harp sistemlerini topçu ve roket saldırılarının doğruluğunu ve etkinliğini artırmak için kullanmaya daha çok önem vermiştir^[2]. Kiev'de yaşanan başarısızlıkla Ukrayna'ya yönelik saldırı tıkandığında, Donbas'taki ve Güneydoğu'daki Ukrayna mevzilerine karşı yeniden örgütlenilmiş, böylece elektronik harp varlıklarının kapsamlı bir şekilde konuşlandırılması, optimum şekilde kullanılabilmesi ve kara operasyonlarıyla çok daha iyi koordine edilebilmesi mümkün olmuştur. Rusya, cephenin her 20 km'si başına 10 kadar elektronik harp kompleksi kurmuş, bu kompleksler toplu olarak cephe boyunca navigasyonu etkili bir şekilde bozmuş ve Ukrayna uçak ve İHA'larına karşı topçu saldırısını ve elektronik saldırıyı yönlendirmek için yön bulma işlemi gerçekleştirmiştir^[5].

Böylece Kiev'e yapılan saldırı sırasında kullanışlı olmayacak kadar güçlü ve hantal olan Krasukha-4, tekrar kullanılabilir hâle gelmiştir. Krasukha-4 Elektronik Savaş Tugayları tarafından, Ukrayna insansız hava araçlarının radarlarını karıştırıp, iletişim bağlantılarına müdahale ederek Ukrayna kuvvetlerinin Rus topçu mevzilerini bulmasını önlemek için kullanılmıştır. Güney ve Doğu Ukrayna'da, R-330Zh Zhitel gibi daha kısa menzilli VHF-UHF elektronik saldırı sistemleri, Ukrayna insansız hava araçlarının devre dışı bırakılmasında etkili olmuştur. Ukrayna tarafından Tek Kanallı Kara ve Hava Telsiz Sistemi SINGGAR'ların kullanılmasına rağmen, Rus elektronik harp birlikleri R-934B VHF ve SPR-2 VHF/UHF karıştırıcı kullanarak Ukrayna iletişimde saldırıyı engelleyici bazı başarılar elde etmiştir. Sonuç olarak, Rus elektronik harbinin etkisi oldukça şiddetli hâle gelmiştir^[5].

Rusya Ukrayna Savaşı'nda Rus R-330Zh Zhitel jammer sistemi, VHF ve UHF bantlarındaki GPS, uydu iletişimi ve cep telefonu ağlarını onlarca kilometrelik bir yarıçap içinde kapatabilmektedir^[2]. R-330Zh, 100 MHz'den 2 GHz'e kadar radyo sinyali algılama ve saldırı yeteneklerine sahiptir ve bazı kaynaklara göre, teknoloji 10 kW güç seviyesinde karıştırıcı sinyalleri gönderebilmektedir^[9].

Ukrayna hava savunmasını bastırmak için Ruslar, Ukrayna SAM sistemlerini açılmaya zorlamak amacıyla Orlan-10 İHA'larının kullanımını koordine etmiş ve ardından topçu ve füze saldırılarını takip eden bir elektronik harp saldırısı ile bastırmıştır. Bu, Ukrayna'yı kayıp oranlarını

azaltmak için orta ve kısa menzilli SAM sistemlerini geri çekmeye zorlamış, Rus Hava Kuvvetleri için hava sahasını açmış ve cephe hatlarının yakınında orta ve yüksek irtifalarda faaliyet gösterme konusunda önemli ölçüde serbestlik sağlamıştır. Rus elektronik harp kompleksleri, Ukrayna Hava Kuvvetlerinin havadan karaya ve havadan havaya iletişimini engellemiş, aynı zamanda navigasyon ekipmanlarını da karıştırmıştır. Bununla birlikte en büyük etkileri, Ukrayna'nın insansız hava araçlarını elektronik saldırılarla etkili bir şekilde karıştırarak, savaşın ilk aylarında Kiev'in en büyük avantajlarından birini köreltmesi olmuştur. Böylece Ukrayna tarafından kullanılan insansız hava araçlarının yaklaşık yüzde 90'ı imha edilmiştir. Bir quadcopter'in ortalama yaşam beklentisi üç uçuş civarında kalmış ve sabit kanatlı bir İHA'nın ortalama ömrü altı uçuş civarına düşmüştür. Bir drone görevinin başarısızlığının en yaygın nedeni, drone'un elektronik harp aracılığıyla bozulması, sensörlerinin veya navigasyon sistemlerinin bir hedefin doğru yerini belirlemesini engellemesidir. Ruslar ayrıca İHA'nın yer kontrol istasyonlarını başarıyla vurmuştur. Bundan en çok etkilenen ise "gökyüzündeki gözleri" olmadan kör bırakılan ve artık çok daha az isabet sağlayabilen Ukrayna topçu birlikleri olmuştur. Ukrayna'nın topçu bataryaları zaman zaman kör atış yapmak zorunda kalırken, mühimmat harcamaları artmış ve lojistik üzerinde baskı oluşturmaya başlamıştır^[5].

Rus elektronik harp birimleri, topçuların düşman hedeflemesinden korunmasıyla görevlendirilmiştir ve hava savunması veya topçu birliklerinin faaliyetlerini gözetlemek için Sinyal İstihbaratı (Signals Intelligence -SIGINT) ile yakın koordinasyon içinde hareket etmektedir. Topçu hedeflemesinde Rus taktik elektronik harp sistemleri kullanılmaktadır^[7].

Savaş Araştırmaları Enstitüsü (ISW) de Rus elektronik harp sistemlerinin, Ukrayna birliklerinin GPS kullanılarak yönlendirilen hassas güdümlü mühimmatları kullanmasını engellediğini ve Ukrayna telsiz iletişimini ciddi şekilde bozduğunu belirtmiştir^[10].

ISW'ye göre, Rus birlikleri Ukrayna hava keşif vasıtalarının sensörlerini devre dışı bırakmak için Murmansk-BN elektronik savaş sistemlerini ve 300 km'lik yarıçap içinde uydu sinyalleriyle iletişimi bastırmak için Krasukha-4 elektronik harp sistemlerini kullanmaktadır.

2022'nin Mart ayında Ukrayna Savunma Bakanı Olexsiy Reznikov, *Financial Times*'a verdiği röportajda Rus elektronik harp sistemlerinin GPS güdümlü mühimmatları ve Yüksek Hareket Yetenekli Topçu Roket Sistemi (High Mobility Artillery Rocket System -HIMARS) Çoklu Fırlatma Roket Sistemi'ni (MLRS) bastırabileceğini belirtmiştir. Rusya, ABD yapımı HIMARS MLRS'nin saldırılarını, roketin GPS güdümlü hedefleme sistemini karıştırmak için elektronik karıştırıcılar kullanarak düzenli olarak engellemekte ve hedeflerini şaşırmasına neden olmaktadır. Başka bir deyişle, oyun değiştirici ekipmanlardan biri olarak kabul edilen HIMARS sistemleri de her zaman istenen verimliliği sağlayamamaktadır^[11]. HIMARS sistemlerinin savaş esnasında giderek azalan etkisi Ukrayna ve Batı tarafında endişe yaratmıştır, zira sistem

Rusları ilk konuşlandıkları andan itibaren ekipmanlarını cephe hatlarından daha da uzağa çekmeye zorlayan bir unsur olmuştur.

Sızdırılan bazı Pentagon belgeleri HIMARS'tan önce de Rusların ABD'nin sağladığı Müşterek Doğrudan Saldırı Mühimmatı (Joint Direct Attack Munition -JDAM) akıllı bombalarını da karıştırdığını ve bunların başarısız olmalarına neden olduğunu ortaya koymuştur. Ukrayna Silahlı Kuvvetleri tarafından fırlatılan güdümlü roketlerin ve bombaların etkinliği, Rusya'nın karışırması nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır. ABD, Ukrayna Hava Kuvvetlerine köprüler ve sertleştirilmiş tahkimatlar gibi büyük boyutlu Rus hedeflerini uzun mesafelerden vurmak için kullanılabilecek Uzun Menzilli Müşterek Doğrudan Saldırı Mühimmatı (Joint Direct Attack Munition -JDAM-ER) bombaları da sağlamıştır. Standart JDAM'lar, bombanın rotasını yönlendirilebilir kuyruk kanatçıkları aracılığıyla belirlemek için, Atalet Navigasyon Sistemi (Inertial Navigation System -INS) ve GPS güdümlü bir otomatik pilota birlikte kombinasyonuna dayanmaktadır^[11].

JDAM kitlerinin kullandığı ABD GPS uydularından gelen sinyaller, 1.164GHz'den 1.575 GHz'e kadar dalga boylarında iletilmektedir. Bunlar doğrudan R-330Zh'nin etki alanına girmektedir ve sistemin 30 km'ye kadar bir karıştırma menziline sahip olduğu belirtilmektedir. İngiliz düşünce kuruluşu Royal United Services Institute (RUSI) tarafından yayınlanan bir rapora göre bu, uzaydan gelen GPS sinyalinden önemli ölçüde daha güçlüdür. Üstelik, GPS alıcısı R-330Zh'nin karıştırıcı antenine ne kadar yakınsa, karıştırma sinyali de o kadar güçlü olmaktadır. RUSI raporu, Rus elektronik harp birliklerinin Ukrayna telsiz yayınlarını yakalama ve şifrelerini çözme konusunda "oldukça yetenekli" olduğunu iddia etmektedir^[11].

HIMARS ve JDAM füzelerini etkisiz hâle getiren Rus elektronik karıştırıcıları Ukrayna'nın artan insansız hava aracı saldırılarını engellemeyi de başarmaktadır. Rus kaynaklarından edinilen bilgiye göre, 10 kilometre arayla konuşlandırılan bu sistemler sayesinde (teyide muhtaç bilgilere göre) ayda 10 bin Ukrayna drone'u etkisiz hâle getirilmektedir. RUSI araştırmacısı Thomas Withington'a göre karıştırma, JDAM'ların çalışmayı durdurmasına neden olmamakta, ancak doğruluklarını riske atmaktadır. JDAM'a yapılan karıştırma önleyici iyileştirmeler sorunu hafifletebilmekte, bu sayede JDAM, karıştırmaya rağmen etkili olmaya devam etmektedir^[12]. RUSI'nin raporu, ABD'li mühendislerin Ukrayna'da yaşanan çatışmalara dayanarak, geleceğin savaşları için JDAM'ların korunmasını yeniden düşünmek zorunda kalabileceklerine dikkat çekmektedir^[9].

3.2 Ukrayna'nın Elektronik Harp Hamleleri

Rusya, elektronik harpte üstün bir güç olsa da Ukrayna, Batı tarafından sağlanan güçlü sistem ve ekipmanlarla da savaşmaktadır. Bu sistemlere, GPS sinyallerini karıştırarak ve hatta elektronik ünitelerine yüksek güçlü mikrodalga ışınlarıyla zarar vererek yüzlerce Rus insansız hava aracını düşüren ABD tarafından sağlanan SDR alıcı-vericilerini içeren karşı drone sistemleri de dahildir^[5].

Ukrayna birlikleri, GPS sinyallerini karıştırarak veya yüksek güçlü mikrodalga ışınlarıyla elektronik ünitelerine zarar vererek yüzlerce Rus insansız hava aracını düşürmüştür. NATO'nun Stinger omuzdan fırlatılan karadan havaya füzelerinin hızla sahneye çıkması, Ukrayna işgali sırasında Rus jetlerini ve helikopterlerini büyük ölçüde engellemiştir. Bu nedenle hava gücünü etkin kullanamayan Rusya tank ve askeri nakliye sürecinde sorun yaşamaya başlamıştır. Rus insansız hava araçları, Ka ve Ku bantlarında çalışan telsizler tarafından kontrol edildiğinden, araçların yerdeki operatörlerinden çok uzaklaşmaları mümkün olamamıştır^[2].

Rus Elektronik Harp Tugayları, telsiz ve cep telefonu sinyallerine göre Ukrayna topçu mevzilerini tespit etmek için, Ukrayna ordusunun mobil iletişimini onlarca saat boyunca 30 km'lik bir yarıçap içinde karıştırabilen Leer-3'ün Orlan-10 insansız hava araçlarını kullanmaktadır^[13]. Rus kuvvetleri, Doğu Ukrayna'daki 2014-2022 ayaklanmaları sırasında da RB-341V Leer-3 sistemi ile yerel hücrel ağ ele geçirerek asker ve sivillere propaganda yayınları ve sahte emirler göndermiştir. Kamyona monte edilmiş bir kontrol sistemi tarafından yönetilen ve bir asker tarafından taşınabilir Orlan-10 drone'ları kullanan Leer-3, menzilini uzatabilmekte ve VHF ve UHF iletişimini daha geniş alanlarda etkileyebilmektedir^[2]. Ekipman, belirli frekans bantlarındaki herhangi bir cihazın çalışmasını engellerken, hücrel ağlar tamamen engellenmemektedir. Bununla birlikte, Leer-3 sisteminin asıl görevi, ormanlarda, nehir yataklarında, köylerde ve diğer dikkat çekici yerlerde hücrel abone yoğunluklarını tespit etmektir^[13]. Başka bir deyişle, Leer-3, cep telefonu abonelerinin belirli bir şebekeye kitlesel olarak birikmesini gerçek zamanlı olarak algılamaktadır. Koordinat verileri bulunduktan sonra, en yakın mobil elektronik harp biriminin karargâhına gönderilmekte; bu birimler,

keşfedilen GSM terminalleri ve kümelerini karıştırma, tamamen kesme veya kısa mesajlar iletmek için kullanma kararı vermektedir. Orlan-10'u Leer-3 ile birlikte kullanan Rusya Silahlı Kuvvetleri kritik bölgelerdeki iletişimi engellemeye çalışarak, Ukrayna komuta kademesinin etkinliğinin yanı sıra Ukrayna birliklerinin ve silah sistemlerinin yönetimini de azaltmayı hedeflemektedir^[14].

Ancak askeri iletişimle karıştırılan sivil cep telefonu iletişimleriyle, Rus elektronik destek sistemleri, askeri vericileri belirleyememiş ve bu bilgileri Ukrayna birliklerini hedeflemek için kullanamamıştır. Ruslar için işleri daha da kötüleştiren, Ukrayna kuvvetlerinin NATO Tek Kanallı Kara ve Hava Telsiz Sistemi'ni (Single Channel Ground and Airborne Radio System -SINCGARS) kullanmaya başlamasıdır. Ruslar askeri iletişimle karıştırılmış, iyi düzenlenmiş bir sivil cep telefonu iletişim ağına sahip olan yerleşik bölgelerde askeri ağları ve vericileri izole edememişlerdir. Saldırının ilk haftasının sonunda Ukrayna SAM sistemlerini etkili bir şekilde bozan aynı elektronik savaş yetenekleri, SINCGARS ciddi elektronik sorunlara neden olduğu için etkili bir şekilde iletişim kuramamıştır. Böylece Rusya, elektronik harp operasyonlarını azaltmak zorunda kalmıştır. Rusya'nın elektronik harp kapasitesinin düşük performans göstermesinin muhtemel nedenlerinden birinin, bu kadar büyük bir operasyonu destekleyecek ekipman, personel ve uzmanlık açısından yetersizliği olduğu tahmin edilmektedir. Başka bir deyişle, başarısızlığın ana nedeni zayıf planlama, elektronik harp ve kara birlikleri arasındaki koordinasyon eksikliği ve Rus komutanların kayıtsızlığı olarak değerlendirilmiştir^[5].

Ukrayna, Rus elektronik harp sistemlerinin zayıflığından yararlanmış. Rus taktik telsiz iletişimi, ABD tarafından tedarik edilen elektronik harp sistemleri kullanılarak engellenmektedir. İletişim karıştırması, Rusya'nın

Sistem	İmha Edilen	Hasarlı	Ele geçirilen	Toplam
R-330BMV Borisoglebsk-2B	6	1	2	9
R-330ZH Zhitel	5	1	-	6
R-934UM	1	-	-	1
1L262E Rtut	1	-	-	1
Torn (-MDM)	-	-	1	1
Silok-01 counter-UAV system	2	1	1	4
1RL257 Krasukha-4	-	-	1	1
Leer-2 electronic warfare system	1	-	-	1
Leer-3 electronic warfare system	-	-	1	1
RLK-MC-A (ROSC-1) counter-UAV system	1	-	-	1
RB-636AM2 Svet-KU EW system	-	-	1	1
R-934B 'Sinitisa' automated jamming station	2	-	-	2
Palantin electronic warfare system	1	-	-	1
Unknown EW system	1	-	-	1
Toplam	21	3	7	31

Tablo 2: Ukrayna'da kaybedilen Rus elektronik harp vasıtaları^[5].

SINGGARS gibi bir sisteme sahip olmaması ve büyük ölçüde cep telefonlarına veya şifrelenmemiş telsizlere dayanması nedeniyle kolaylaşmaktadır. Ukrayna, ABD elektronik destek sistemlerini kullanarak, Rus elektronik harp sistemlerinin büyük bir alanda karıştırma yaratan yüksek güçlü iletişimlerini bulmak ve karşı koymak için kullanmaktadır. Bu sistemler bulunduktan sonra, roketler, toplar ve drone'lar ile yok edilmektedir^[5].

İmha edilen veya ele geçirilen Rus elektronik harp ekipmanlarının ayrıntıları Tablo 2'de yer almaktadır.

Ukrayna birlikleri 10 yıl boyunca SINGGARS ile eğitim almış olsalar da taşınabilir VHF telsizleri, NATO'nun güçlü desteğine kadar sayıca az miktarda kalmıştır. Yerleşik şifrelemeye sahip olan SINGGARS, karıştırma ve müdahaleye karşı koruma sağlamak için, 30 ila 88 megahertz'lik genel kapsama alanı boyunca saniyede 100 kata kadar frekanslar arasında otomatik geçiş yapabilmektedir. SINGGARS 25 kilohertz bantlarındaki sinyalleri kontrol edebildiğinden, kullanıcı 2.000'den fazla kanal arasından seçim yapabilmektedir^[2].

Rus kuvvetlerinin Kuzey Ukrayna'nın kentsel bölgelerine doğru ilerleyişindeki yavaşlık, karıştırıcılarını önemli etkilere sahip olabilecekleri konumlara getirmek için değişen geometrilerden yararlanamamalarına yol açmıştır. Sahada konumlanmada yaşanan bu başarısızlık, NATO radarlarını havada ve uzayda körleştirmek için Krasukha-4 gibi büyük bir sistem kurmalarını engellemiştir^[2].

Stratejik ve Uluslararası Çalışmalar Merkezinin (Center for Strategic and International Studies -CSIS) bir analizine göre, savaştan önceki birkaç yıl boyunca Rusya, savaş alanında Komuta, Kontrol, İletişim, Bilgisayar, İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance -C4ISR) sistemleri geliştirmiş ve daha yüksek bir hava saldırısı verimi sağlamak için veri sağlamıştır. Bu sistemler, Rusya'nın gerçek zamanlı istihbarat verilerine ve doğru hedeflemeye bağlı yüksek hassasiyetli, uzun menzilli silahların koordineli kullanımı için tasarlanmış kapsamlı "keşif ve saldırı kompleksleri" sistemlerine entegre edilmiştir^[15]. Ancak Rus siber operasyonları ve elektronik harbi, Ukrayna'nın komuta ve kontrol çabalarını körleştirememiş veya kritik altyapıyı uzun süre tehdit edememiştir. Rus askeri ve istihbarat kurumları, Ukrayna Hükümetine ve kritik altyapı sistemlerine yönelik yıkıcı siber saldırılar da dahil olmak üzere yüzlerce siber saldırı düzenlemiş ve Ukrayna hedeflerine karşı elektronik harp kullanmıştır, ancak bu saldırılar Ukrayna'nın iradesini veya savaşma ve iletişim kurma yeteneğini önemli ölçüde etkilemeyi başaramamıştır. Ukrayna, bu siber saldırıların etkilerinin çoğunu, özel şirketlerin, Batılı hükümetlerin ve diğer devlet ve devlet dışı aktörlerin yardımıyla agresif bir siber savunma yoluyla köreltmeyi başarmıştır^[15].

3.3 Rusya'nın Stratejisindeki Hatalar

Savaşın başından günümüze dek, gelişmiş elektronik harp taktik ve araçlarına başvuran Rusya ve Ukrayna arasındaki güç dengesi dönem dönem farklı tarafların lehinde şekillenerek devam etmektedir. Her iki taraf da

birbirlerine yönelik karşı önlemler geliştirerek mücadeleyi sürdürmektedir. Savaşın diğer unsurları gibi elektronik harp de, her hareketin ardından bir karşı hamlenin takip edildiği bir satranç oyununa benzemektedir. Bir Pentagon yetkilisi bu durumu "süregiden bir kedi fare oyunu" olarak tanımlamaktadır^[9].

Ancak Ukrayna'nın başarılı direnişi açıkça Rusya'nın işgal girişiminde hedeflerinin çok gerisinde kalmasına yol açmıştır. Rus kuvvetleri taktik gözetleme ve keşif için quadcopter drone'ları kullanmış ve Ukraynalılar gibi bazılarını el bombalarıyla donatmış, İran yapımı Shahed-136 insansız hava araçlarıyla sivil ve askerleri hedef almıştır. Ancak temelde Rusya, orta düzey teknolojiyi benimsemiş, Su-57 savaş uçağı veya Ukrayna'da yakın zamanda konuşlandırılan T-14 Armata tankı gibi en gelişmiş silah sistemlerini kullanmakta tereddüt etmiştir. Rusya, hava üstünlüğünü sağlayamamış veya Ukrayna'nın hava savunmasını veya uzun menzilli topçularını yok edememiştir. Cephane stoklarının büyüklüğüne rağmen, Rus kuvvetleri teknolojik avantajlarını boşa harcamaya ve Shahed gibi düşük kaliteli, yabancı seçeneklere güvenmeye devam etmiş ve Ukrayna'nın güçlü savunmasını bastırmakta başarısız olmuştur^[16].

Rusya açısından sorun yaratan bir başka nokta ise modern elektronik harp ünitelerinin hareket hâlinde kalmaları zorunluluğunun doğması ve bunun da daha büyük ve daha etkili elektronik harp sistemlerinin faydasını azaltması olmuştur. Moéskva-4 gibi uzun menzilli sistemlerin sınırlı stokları başka bir kısıtlayıcı faktöre dönüşmüştür. Konuşlandırıldığında bile, bu sistemler onları kolayca bulup ortaya çıkaran Ukrayna elektronik harp sistemlerinin hedefi hâline gelmiştir. Hasarlı veya servis yapılamayan Rus elektronik harp sistemleri için bileşen veya yedek parçaları temin etme zorlukları lojistik sorunlara eklenmiş, ekipmanlar bu nedenle bakım ve onarım yetersizliği nedeniyle uzun süre bekletilmiştir^[16].

4. RUSYA UKRAYNA SAVAŞINDA DRONE KULLANIMI

Son 30 yılda, drone olarak bilinen Uzaktan Pilotlu Uçaklar (Remotely Piloted Aircraft -RPA) modern savaşta giderek artan bir önem kazanmıştır. Başlangıçta Soğuk Savaş sırasında gözetleme görevlerini yerine getirmek için tasarlanan drone'lar, Soğuk Savaş sonrası dönemde, özellikle insani müdahaleleri desteklemek için çatışmaya eğilimli bölgeler üzerinde gerçek zamanlı istihbarat toplama yetenekleriyle öne çıkmıştır. Teröre karşı küresel savaşın başlamasının ardından, insansız hava araçları daha da önemli bir işlev kazanmış; hassas güdümlü mühimmatlarla donatılmış vaziyette Batı silahlı kuvvetlerinin hedefleri uzaktan tanımlamasına, izlemesine ve doğru bir şekilde vurmasına olanak tanıyarak karadaki birliktelere olan ihtiyacı azaltmıştır. Aynı zamanda, insansız hava araçlarının düşük maliyetleri, sınırlı teknolojik karmaşıklığı ve istihdam kolaylığı da dünya çapında düzinelerce ülkeye hızla yayılmasını sağlamıştır^[17].

Rusya Ukrayna Savaşı'nın en karakteristik özelliklerinden birinin ise drone'ların sıradışı kullanımı olarak savaş tarihinde yerini alacağı söylenebilir. Zira drone'lar bir savaşta ilk kez bu kadar sonuç alacak ve oyun değiştirici şekilde kullanılmıştır. Rand Corporation askeri araştırmacısı John Parachini, bu durumu "Eskiden savaşın kaderini tanklar belirlerdi, şimdi ise drone'lar belirliyor" şeklinde tarif etmektedir^[18]. Gerçekten de drone'lar, Ukrayna'nın düşük bütçeli güçleri ile Rusya'nın devasa ordusu arasındaki asimetrik savaşta üstlendikleri rolü nadiren oynamıştır. Minyatürleştirme, ticari drone'ların maliyetini, uçuş süresini ve menzilini iyileştirirken, Ukraynalılar milyonlarca dolara mal olabilecek Rus zırhlı araçlarına karşı askeri drone'ları başarıyla kullanmıştır^[18]. Öncelikle istihbarat ama aynı zamanda da saldırı amaçlı drone kullanımının kendisine sağladığı faydayı erken fark eden Ukrayna'da özel gruplar devletin de desteğiyle son bir yıl içerisinde 10.000 drone operatörü eğitmiştir. Önümüzdeki dönemde 10.000 operatörün daha eğitilmesi planlanmaktadır.

Ukrayna, Batılı ülkelerin şimdiye kadar kendisine sağlamayı reddettiği uzun menzilli jet avcı uçaklarına ve füzelere alternatif olarak ülkesinde ürettiği drone'lara da başvurmuş ve bu tür drone'ları kendi topraklarından Rusya'nın yüzlerce kilometre içindeki hedeflere fırlatabilmiştir. Ukraynalı yetkililer, yaklaşık 1.000 kilometre uçacak bir model üzerinde çalıştıklarını belirtmişlerdir^[19].

Rusya Hava Kuvvetleri ise, uzun menzilli, hassas güdümlü mühimmat stoklarının azalması da dahil olmak üzere tekrarlayan lojistik zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Örneğin, savaştan üç hafta sonra, Rus Hava Kuvvetlerinin, lazer ve uydu güdümlü bombalar gibi hassas güdümlü mühimmatlarında azalma başlamış, bu da Rusya Kara Kuvvetlerinin giderek artan sayıda güdümlü topçu mermisi, roket ve füze kullanmasına neden olmuştur. İskender-M kısa menzilli balistik füze sistemi gibi silah sistemleri söz konusu olduğunda, Rus ordusu NATO ve diğer tehditlere karşı savunma için ihtiyaç duyduğu stokunun bir kısmını harcamakta tereddüt etmiştir. Buna ek olarak, Orlan-10, Orlan-20, Orlan-30, Eleron-3 ve Forpost gibi düzinelerce Rus İHA'sı savaş alanında vurulmuş veya elektronik karıştırmaya maruz kalmıştır. Bu zorluklar, Rusya'nın yerli silah endüstrisinin bu İHA'ları hızlı bir şekilde değiştirememesi nedeniyle daha da şiddetlenmiştir. Bu zorluklar, Moskova'nın Ukrayna üzerinde hava hâkimiyeti kurma, etkili hassas saldırılar yürütme ve ilerleyen Rus Kara Kuvvetlerini destekleme girişimini baltalamıştır^[15].

Ukrayna'nın bu savaşta drone kullanmadaki başarısı Batılı bir askeri danışman tarafından, "Ukrayna Soğuk Savaş döneminden kalma işe yaramaz metal parçalarını bir ağa bağlı, algoritmik savaşın bir parçası hâline getirmeyi başardı" şeklinde yorumlanmaktadır^[20]. Drone'lar Ukrayna tarafından elektronik harbin entegre bir parçası olarak kullanılmaktadır. Ukraynalı teknoloji meraklıları tarafından geliştirilen Delta uygulaması drone'ların topladığı istihbarattan, Rus sosyal mediasındaki gönderilere dek pek çok unsuru bir araya getirmektedir. Amerikan Ulusal Jeouzamsal İstihbarat Ajansı ile de entegre olan

sistem, her türlü kaynaktan gelen verilerden yararlanarak Rus birliklerinin konumunu belirlemektedir^[21]. Drone'lardan elde edilen veriler Kropyva adında, Ukrayna tarafından geliştirilen bir uygulamaya da girilmektedir. Böylece bir Rus tankı tespit edildiği anda Ukrayna'daki tüm topçu ve tanksavar birlikleri anında haberdar olabilmektedir. Teknolojinin bu akıllı kullanımı Ukrayna birliklerine NATO'nun henüz ulaşamadığı bir hız ve isabet kazandırmaktadır. Bu durum Ukrayna'nın asker sayısı bakımından dezavantajını da ortadan kaldırmaktadır. Cephede çok sayıda Rus askerine karşılık az sayıda Ukrayna birliği olmasına rağmen, Ruslar toplandığı anda Ukrayna'nın bundan anında haberi olmaktadır. Bu da savunmada olan ülkeye büyük avantaj sağlamaktadır^[20].

4.1 Rusya Ukrayna Savaşı'nda Öne Çıkan Drone Çeşitleri

The Conversation'da yayınlanan bir analize göre Rusya Ukrayna Savaşı'nda kullanılan drone teknolojileri, silahlı çatışmaların büyük ölçüde uzaktan kumanda ile ve belki de bir gün yapay zekâ tarafından yürütüldüğü bir dünyanın habercisi konumundadır.

Ukrayna'da kullanılan drone türlerini dört kategoride ele almak mümkündür^[22].

4.1.1 Ticari ve Taşınabilir Drone'lar: Ukrayna'da, "Kendin Yap (Do it Yourself -DIY) hobi grupları küçük, ucuz ticari drone'ları yüksek çözünürlüklü kameralar ve patlayıcılarla donatarak modifiye etmiş ve silahlandırmıştır. Ukrayna'nın Aerorozvidka hava keşif birimi personeli, örümcek benzeri hezkakopterler, oktokopterler ve diğer uzaktan kumandalı cihazları silah olarak kullanmaktadır. Bu araçlar tipik olarak düşük irtifalarda (2,4 kilometreden daha az) ve sınırlı mesafelerde (31 kilometreden az) uçmaktadır. Rusya'nın savaş uçakları, bu tür küçük insansız hava araçlarından gelen saldırıları önlemek için tasarlanmamıştır.

4.1.2 İntihar (Kamikaze) Drone'ları: Savaşta her iki taraf da, bazen "intihar drone'ları" olarak adlandırılan dolanan (loitering) mühimmatlarını serbest bırakmıştır. Bu kendini imha eden cihazlar, saldırmadan uzun süre hedefin etrafında dönebilmektedir. Ukrayna'nın envanterinde ABD yapımı Switchblade ve Phoenix Ghost modelleri bulunurken, Rus kuvvetleri ise yerli üretim Lancet-3 insansız hava araçlarını kullanmaktadır. Bu silahlardan bazıları bir sırt çantasına sığacak kadar küçüktür. Ukrayna kuvvetleri ayrıca, kullanıma hazır quadcopterlere patlayıcılar takarak DIY gezici mühimmatlarını da şekillendirmiştir. Rus birlikleri, yakın zamanda Kiev'i teröze eden İran yapımı Shahed-136 insansız hava araçlarını da kullanmıştır. Yaklaşık 11 feet (3,5 metre) uzunluğundaki bu sabit kanatlı drone'lar küçük bir uçağa benzemektedir. Dolanan mühimmatların her biri 10.000-20.000 dolara mal olmaktadır ve ucuz ticari drone'lardan daha uzun bir menzile sahiptir (1.500 kilometre veya daha fazla). Çoğu, birden fazla drone'un bir hedefe saldırmasına ve daha fazla hasar vermesine izin veren sürü yeteneğine sahiptir. Rusya Ukrayna Savaşı'nda, dolanan mühimmatları

durdurmak, onları konuşlandırmaktan çok daha pahalı durumdadır. Bu drone'ları durdurmak için MiG-29 jet avcı uçaklarını, C-300 seyir füzelerini ve diğer Soğuk Savaş dönemi silahlarını kullanmak, tek kullanımlık robotların maliyetini çok aşmaktadır. Bu bakımdan yeni yüksek teknoloji yıpratma savaşları, her iki tarafın da düşmanının kaynaklarını tüketmeye çalıştığı gelecekteki çatışmaların düzenli bir özelliği hâline gelme potansiyeli taşımaktadır. Sivillere karşı kullanıldığında alçak irtifa drone'ları bütün bir şehri terörize edebilmektedir. Rusya'nın Ekim 2022'de Kiev'e düzenlediği insansız hava aracı saldırıları sadece dört kişiyi öldürmekle kalmamış, aynı zamanda binlerce kişiyi daha terörize etmiştir. Stanford ve New York üniversitelerinin, ABD'nin Pakistan'daki insansız hava aracı savaşının uzun vadeli etkisi konulu bir araştırma projesi, bu drone'ların sivil nüfusu derinden travmatize ettiğini ortaya koymaktadır.

4.1.3 Uzaktan Pilotlu Uçaklar: Başka bir drone sınıfı ise, daha uzun mesafelerde (200 kilometre veya daha fazla) ve daha yüksek irtifalarda (4 ila 8 kilometre) uçabilenleri içermektedir. Ayrıca lazer güdümlü füzelerle silahlandırılabilir ve ölümcüllüklerini artırabilirler. Ukrayna'nın sıklıkla kullandığı Türk yapımı Bayraktar TB2'ler bu sınıfa girmektedir. Rus kuvvetleri, özellikle yerli üretim Orion serisi olmak üzere benzer drone'ları kullanmaktadır. Bu sınıftaki diğer drone'lar (hiçbiri Ukrayna'da kullanılmadı) İsrail yapımı Hermes 450, Amerikan yapımı MQ-1C Gray Eagle, Çin'in yakın zamanda tanıttığı Wing Loong 3 gibi drone'ları içermektedir.

4.1.4 Yüksek İrtifa Drone'lar: Bu drone'ların yakın zamanda Ukrayna'da kullanılması muhtemel görünmektedir. Ancak ABD Hükümetinin Ukrayna'ya her biri yaklaşık 50 milyon dolara mal olan RQ-9 Reaper'ları sağlayabileceğini savunanlar da vardır. Ayrıca Çin'in şimdiye kadar Rus kuvvetlerine silah gönderme konusunda isteksiz olmasına rağmen, son teknoloji ürünü CH-5 Rainbow saldırı uçaklarının savaşın gidişatını önemli ölçüde değiştirebileceği iddia edilmektedir. Bu gelişmiş uçak, Rus birliklerine mevcut insansız hava araçlarından çok daha fazla ateş gücü, dayanıklılık ve menzil sağlayabilecektir.

Ukrayna'da, her iki taraf da savaş alanı gözetlemesi, topçu hedef tespiti, zırhlı araçlara ve füze rampalarına saldırmak da dahil olmak üzere bir dizi görev için drone teknolojisini kullanmıştır.

4.2 Drone Savaşlarında Maliyet Boyutu

Ukrayna, savaşın başlarında Amerikan yapımı Reaper ve Türkiye'de üretilen Bayraktar gibi büyük insansız hava araçları kullanmıştır^[19]. Ancak bu tür insansız hava araçları çok daha uzun mesafeler katetmelerine ve çok daha fazla silah ve cephaneye taşımalarına rağmen, yüksek maliyetleri nedeniyle riskli görevlerde çok fazla tercih edilmemektedir^[23]. Oysa çok daha ucuza mal olan ve üç boyutlu yazıcılarla cepheye bile üretilen mini drone'lar operatörlerinin maharetinin de katkısıyla sipperlere, hatta bir tankın açık kapağından içeriye minik

bombalar bırakabildiklerinden sayıca daha fazla kullanılmışlardır^[24]. Ucuz ticari ve askeri teknolojinin yenilikçi kombinasyonlarıyla Ukrayna, oldukça pahalı Rus araçlarını yok edebilecek kullanışlı bir yetenek sağlamıştır^[23]. Dördüncü Sanayi Devrimi, 3D baskı, kolay ve kablosuz bağlantılar ve tabii ki yapay zekânın tükettiği büyük veri bu tür araçların erişilebilirliğini artırmış; verimli, etkin ve düşük maliyetli kullanımları ise muharebe sahalarında oyun değiştirici etki yaratmıştır. Örneğin hem Rusya hem de Ukrayna tarafından gözetim ve bombalama için kullanılan Çin'in DJI Mavic 3'ü yaklaşık 2.000 dolara mal olmaktadır. Başka bir deyişle bu drone'dan tek bir F-35 fiyatına 55.000 tane alınabilmektedir^[19].

Çinli DJI Mavic ve benzeri drone'lar topçular için hedefleri tespit edebilmekte, birlikleri pusulara karşı uyandırılmakta, bombalar atabilmekte ve hatta çevrimiçi propaganda için video çekebilmektedir. Ukrayna bu drone'lardan ayda ortalama 10 bin tanesini, karıştırma faaliyetleri, vurulma ve düşme sonucu kaybetmektedir^[25].

4.3 Drone'ların Savaş Meydanlarındaki Geleceği

Drone teknolojisinin gelecekteki gelişimi hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı uzmanlara göre mini drone silahlanma yarışında bir sonraki adım drone'ları elektronik harp saldırılarına karşı güçlendirmek olacaktır. Bunun yanında gelecekte özellikle bilgi işlem gücü ve yapay zekâda yaşanacak ilerlemeler küçük, ucuz bir platforma daha fazla yetenek sıkıştırılmasına izin verebilecektir. Teorik olarak, yapay zekâ destekli bir drone bir insan operatöre canlı bir bağlantı olmadan uçabilir: Fırlatmadan önce talimatlarını alabilir, belirlenen alanın etrafında uçabilir, potansiyel hedefleri tanımak için nesne tanıma yazılımı kullanabilir ve canlı video yerine kısa, sıkıştırılmış ve şifrelenmiş raporları geri gönderebilir^[25].

Buna karşılık bir başka grup güvenlik uzmanı ise yapay zekânın özellikle bilgisayar görüşü modellerinin, bir operatöre sürekli bir bağlantı olmadan çalışacak performans düzeyinde olmadığını savunmaktadır. Bu uzmanlara göre, Ukrayna'da kullanılan COTS drone'larının çoğu, her şeyden önce en son teknolojiye sahip bilgisayarlı görüş modellerini etkin bir şekilde çalıştırmak için yeterli yerleşik işlem gücüne sahip değildir. Aynı grubun ikinci argümanı ise yapay zekâ destekli bir drone'un, kontrol bağlantılarının karıştırılmasına karşı daha dayanıklı olsa da, sensörlerini kör eden elektronik harbe karşı aynı derecede savunmasız olacağı yönündedir ve tamamen karmaşık yazılımlar tarafından kontrol edileceğinden, bilgisayar korsanlığına karşı da daha savunmasız olacaktırlar. Zürih'teki Güvenlik Çalışmaları Merkezinde kıdemli bir araştırmacı olan Mauro Gilli bu durumu, "Bazı elektronik harp türlerine karşı çok daha dirençli olursunuz, ancak mutlaka hepsine karşı değil. Elektronik harp tarafından sağlanan kötü amaçlı yazılımlara gelince; otonom bir sistem, uzaktan kumandalı bir sistemden daha savunmasız olabilir" diyerek tarif etmektedir^[19].

Drone'ların Rusya Ukrayna Savaşı'nda kapsamlı bir şekilde kullanılması, zayıf ve güçlü yanlarını ortaya

çıkarak geleceğin savaşlarına da şekil verecek gibi görünmektedir.

Birçok ülke şu anda drone'ları etkisiz hâle getirecek lazerler ya da mikro dalga silahlar üzerinde çalışmaktadır^[19]. Drone'ların da yapay zekâ ve bilgisayarlı görü kullanarak bu sistemleri tespit etmesi ve atlatması, hatta yok etmesi mümkündür. Ancak çok ciddi bir işlem gücü ve yüksek bir maliyet anlamına gelen bu önlemlerin yapılacağı harcamalara değip değmeyeceği konusunda soru işaretleri bulunmaktadır^[25].

Modern harp sahasının geleceğinin vazgeçilmezlerinden biri olacağı düşünülen teknolojilerden biri de sürü drone'lardır (swarm drones). Sürü drone konseptinde tek bir drone modeli yerine birden çok drone, ortak hedefler oluşturarak birbirleriyle uzaktan iletişim kurabilmektedir. Bir arı sürüsü gibi, bu drone'lar, ölümcül bir hava ordusu oluşturmaktadır^[26].

Drone sürüleri, birbirine bağlı olan ve otonom veya yarı özerk olarak çalışabilen küçük İHA gruplarıdır. İstihbarat, gözetleme ve keşiften (ISR) elektronik savaşa ve hatta kinetik saldırılara kadar çok çeşitli görevler için kullanılabilirler. Bununla birlikte, drone sürülerinin en önemli engellerden biri, İHA'ların özerk bir şekilde çalışmasını ve eylemlerini minimum insan müdahalesiyle koordine etmesini sağlayabilecek gelişmiş yapay zekâ algoritmalarına duyulan ihtiyaçtır. Ayrıca, drone'ların rakiplerin iletişimlerini karıştırmaya veya bozmaya çalıştıkları ortamlarda dahi birbirleriyle güvenli ve güvenilir bir şekilde iletişim kurabilmeleri gerekir. Siper savaşı ve statik bir cephe hattı ile karakterize edilen bir çatışmada, istihbarat toplamak, düşman iletişimini bozmak ve hatta hassas saldırılar gerçekleştirmek için çok sayıda İHA'yı hızla konuşlandırma yeteneği önemli bir avantaj sağlayabilmektedir^[27].

Koordineli bir şekilde birlikte çalışan çok sayıda küçük, ucuz ve otonom İHA'dan oluşan insansız hava aracı sürülerinin geliştirilmesi, savaş alanını dönüştürme ve ülkeler arasındaki güç dengesini değiştirme potansiyeline sahiptir. Dahası, insansız hava aracı sürülerinin merkezi olmayan doğası, onları düşman karşı önlemlerine karşı oldukça dirençli hâle getirmektedir. Merkezi bir komuta ve kontrol yapısına dayanan geleneksel askeri varlıkların aksine, sürü hâlindeki insansız hava araçları otonom olarak çalışır ve savaş alanındaki değişen koşullara uyum sağlayabilir. Bir drone çıkarılırsa, diğerleri çalışmaya devam edebilir ve görevlerini tamamlayabilir. Bu fazlalık ve uyarlanabilirlik, insansız hava aracı sürülerini savaş alanında zorlu bir güç hâline getirmektedir. Ayrıca, yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojilerinin geliştirilmesi, insansız hava aracı sürülerinin yeteneklerini önemli ölçüde ilerletme potansiyeline sahiptir. Yapay zekâ algoritmalarını dahil ederek sürü hâlindeki drone'lar daha özerk hâle gelebilir ve eylemlerini daha iyi koordine edebilir; bu da onları savaş alanında daha da etkili kılar. Örneğin, yapay zekâ destekli drone'lar, hedefleri belirleyip öncelik sırasına koyabilir, uçuş yollarını optimize edebilir ve hatta gelecekteki görevlerde performanslarını iyileştirmek için önceki angajmanlardan öğrenebilir^[28].

Modern savaşta kalabalık insansız hava araçlarının yükselişi, dünya çapındaki askeri güçler için hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır. Bu İHA'lar, savaş alanında devrim yaratma ve saldırı ve savunma yetenekleri açısından önemli avantajlar sağlama potansiyeline sahip olsa da, geliştirilmeleri ve konuşlandırılmaları, ortaya çıkardıkları etik, yasal ve güvenlik bazlı kaygıları gidermek için dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Teknoloji gelişmeye devam ederken, karar verici ve askeri liderlerin İHA sürülerinin faydalarından sorumlu ve etkili bir şekilde yararlanılmasını sağlamak için sürekli bir diyaloga girmeleri çok önem taşımaktadır^[28].

2020 yılında, Ukrayna Savunma Bakanlığı, 2023 yılına kadar faaliyete geçmesi beklenen "Sokil (Falcon) adlı yeni bir drone sürü sistemi geliştirme planlarını açıklamıştır. Sokil sistemi, ISR'den elektronik savaşa ve hatta düşman hedeflerine doğrudan saldırılara kadar çeşitli görev profillerine uyarlanabilen modüler bir platform olarak öngörülmektedir. Drone sürüleri, devam eden savaşta yeteneklerini modernize etmeye ve güçlendirmeye çalışan Ukrayna ordusu için potansiyel olarak oyun değiştiren bir teknolojiyi temsil etmektedir. Bu sistemlerin geliştirilmesi ve konuşlandırılması, Rusya ile savaşta kritik bir avantaj sağlayabilir ve 21'inci yüzyılda savaşın geleceğini şekillendirmeye yardımcı olabilir^[27].

Drone sürüleri hızla modern askeri stratejinin önemli bir bileşeni hâline gelmekte ve dünyanın dört bir yanındaki ülkeler bu ileri teknolojilerin geliştirilmesine ve konuşlandırılmasına büyük yatırımlar yapmaktadır. Bu bakımdan Ukrayna drone sürüsü teknolojisi arayışında yalnız değildir. ABD, Çin ve Rusya gibi ülkeler de bu alana büyük yatırımlar yapmaktadır^[27].

5. UKRAYNA'NIN TEKNOLOJİ İNOVASYONUNDAKİ BAŞARISI

Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmeye başladığı tarih olan 24 Şubat 2022'de, Ukrayna ordusu henüz çoğu eski olan Rus yapımı askeri teçhizata bağımlı bir ülkeyken, bugün HIMARS ve anti-radar füzeleri gibi yüksek teknoloji Batı silah sistemlerini kullanan bir ülkeye dönüşmüştür. Ukrayna, çok çeşitli NATO ekipmanlarını almayı, nasıl kullanılacağını öğrenerek etkileyici bir hız ve etkinlikle savaş alanına getirmeyi, uyumlu bir stratejiyi desteklemek için farklı teknoloji seviyelerini birleştirerek teknik bir savaş gücü hâline gelebilmeyi başarmıştır. Buna karşılık Rusya, modern teknolojiye ve silahlara sahip olmasına rağmen, zayıf liderlik, kötü strateji ve yetkinlik eksikliği nedeniyle görünüşteki teknolojik avantajını kullanamamıştır^[16].

Ukrayna savaş alanında farklı düzeydeki teknolojilerin karışımında ustalaşmaya devam ederken, üç katmanlı bir teknoloji stratejisi izlemiştir. Bu katmanlar üst, orta ve alt seviye teknolojiler olarak üç başlıkta ele alınabilir.

- **Üst Düzey Teknolojik Sistemler:** Batı ülkeleri tarafından Ukrayna'ya sağlanan HIMARS, Yüksek Hızlı

Anti-Radyasyon Füzesi (HARM) ve Javelin taşınabilir tanksavar füzesi, Stinger taşınabilir hava savunma füzesi ve diğer hassas tanksavar silahları gibi silahlar üst düzey sistemler arasında yer alırken, bu sistemler maliyet ve eğitim gereksinimleri nedeniyle sınırlı faydaya sahiptir. Bu faktörler Ukrayna kuvvetlerinin kullanabileceği sistem sayısını sınırlamaktadır. 20 günde HIMARS kullanan Ukrayna'nın ABD'den temin etmeyi planladığı Patriot sistemlerinin kullanımı ise ABD'de birkaç aylık eğitim gerektirmektedir. Eğitim yüküne ek olarak, bu silahlar son derece uzmanlaşmış parçalardan ve bakım ekipmanından oluşan büyük bir destek sistemi de gerektirmektedir. En yüksek teknoloji sistemler için uzun lojistik arka planı faydalarını da azaltmaktadır. Dolayısıyla bu üst düzey sistemler Ukrayna'nın mücadelesi için kritik öneme sahip olsa da, çok sayıda orta ve düşük seviyeli sistemlerle desteklenmeye ihtiyaç duymaktadır

- **Orta Düzey Teknolojik Sistemler:** Orta seviye sistemler arasında Türkiye'nin Bayraktar TB2 ve Amerikan yapımı Switchblade ve ScanEagle gibi drone'ları bulunmaktadır. Bu sistemler savaş alanında anında avantaj sağlarken, teknoloji seviyeleri daha az eğitim gerektirmekte, bu da savaş alanına çok daha hızlı girebilecekleri ve aynı zamanda da daha fazla elde edilebilecekleri anlamına gelmektedir. Üstelik üst düzey teknolojik sistemlere nazaran daha uygun maliyetli olmaları diğer bir avantajlarıdır. Ukrayna, yüksek teknoloji sistemleri kullanmaya hazırlanırken orta düzey teknoloji ile acil Rus tehditlerini karşılayabilmektedir.
- **Düşük Düzey Teknolojik Sistemler:** Bu katman, Ukrayna'da oyunun kurallarını değiştirdiği kanıtlanmış, ticari olarak temin edilebilen hazır ürünleri, quadcopter drone'ları ve Starlink uydu internet terminalleri gibi ürünleri içermektedir. Bu nedenle diğer yetenek sınıflarından daha az değerli olarak değerlendirilmemelidir.

Ukrayna'nın başarısı, bu üç silah ve teknoloji katmanının uyumlu bir savaş alanı stratejisine nasıl entegre edileceğini bulmasıyla somutlaşmıştır. Komutanlar, hedefleri belirleyen personel ve bu hedeflere saldıran ön cephe birimleri arasında bağlantı sağlamak için Starlink kullanılmış, askeri kullanım için güçlendirilmiş ticari quadcopter'lar ve orta seviye drone'lar gerçek zamanlı olarak kritik hedefleme ve gözetim verileri sağlamış, bu bağlantı ve havadan gelen istihbarat, küçük, mobil birimlerin sınırlı hassasiyete sahip üst düzey mühimmat tedariklerini en yüksek etkiyi sağlamak için kullanmalarını sağlamıştır. Ukrayna'nın bu teknoloji ve yetenekler yığınının entegrasyon ve kullanımında gösterdiği ustalasma hızı dikkat çekicidir^[16].

Ukrayna drone'lar, yapay zekâ ve uydu iletişim sistemlerini ustalıklı kullanmayı başararak muharabede

kendi lehine muazzam bir fark yaratabilmiştir. Drone'ların yanı sıra yapay zekâ bu savaşta başka roller de oynamıştır. Örneğin Rusya'nın şifrelenmemiş iletişiminin yaygın kullanımından yararlanan bir yapay zekâ şirketi olan Primer, ele geçirilen Rus iletişimlerini dinlemek ve aranabilir bir metin veritabanında Ukrayna kuvvetlerine ilgili bilgileri otomatik olarak sağlamak için ticari yapay zekâ özellikli ses transkripsiyon ve çeviri hizmetlerini modifiye etmiştir. Tek bir kanalı izlemek için uzman bir askeri dilbilimci kadar iyi olmasa da, yapay zekâ özellikli sistemler, küçük bir maliyetle binlerce analist gerektirecek hızlarda ve ölçekte çalışabilmektedir^[23]. Primer'in ticari kullanıma hazır ses tanıma sistemi, makine öğrenmesi modelini yeni verilerle başarılı bir şekilde yeniden eğitebilmiştir. Primer, en alakalı olan ses dosyalarını ve bilgileri anında ortaya çıkararak karar vericiler için güvenilir, neredeyse gerçek zamanlı istihbarat geliştirmektedir^[29].

İleri uydu ve uzay teknolojileri de savaşta büyük rol oynamıştır. Savaşın başlamasından itibaren, Ukrayna Başbakan Yardımcısı Mykhailo Fedorov, ticari uzay uzaktan algılama ve uydu iletişim şirketlerine sık sık doğrudan yardım için acil yardım çağrısında bulunmuştur. Bu şirketlerin sağladığı destek, Rus birliklerinin hareketleri hakkında zamanında istihbarat sağlamada ve Ukrayna askeri iletişim ağlarını operasyonel tutmada kritik öneme sahip olmuştur. Çatışma, ticari uydu ve uzay şirketlerinin eskiden en gelişmiş askeri ve istihbarat uzay programlarıyla sınırlı olan yetenekleri sağlamada ne kadar ilerlediklerinin çarpıcı bir örneğini vermiştir^[23].

Örneğin SpaceX'in 2.000'den fazla operasyonel Starlink uydusundaki hızlı yazılım güncellemeleri, Rusya'nın siber saldırısını savuşturmada dikkate değer bir hız göstermiştir. Genel olarak, Ukrayna'ya yardım sağlayan ticari teknoloji şirketleri, yazılım güncelleme hızlarında neredeyse hiç duyulmamış esneklik ve çeviklik göstermiştir^[23]. Starlink, Ukrayna ordusu mensuplarının Rus mevzilerine karşı sofistike istihbarat toplama ve ateş destek operasyonları yürütmelerini sağlamış; Rusya'nın sinyalleri karıştırma, interneti engelleme ve Ukrayna'nın komuta ve kontrol yeteneklerini baltalama girişimini köreltmeye yardımcı olmuştur^[15].

Uydu iletişimi, Ukrayna'nın rekabet avantajlarından birine dönüşmüş, ön saflarda ve ülkenin kurtarılmış bölgelerinde bağlantılar sağlarken, elektrik kesintileri sırasında dahi işlev görmüştür. Rus işgalinin başlamasından bu yana, Ukrayna 30.000'den fazla Starlink terminali almıştır^[21]. Ukrayna Başbakan Yardımcısı ve Dijital Dönüşüm Bakanı Mykhailo Fedorov, "Bu hızlı tempolu teknolojik savaşta kazanmak için, hükümetin bir teknoloji şirketi olarak düşünmesi ve hareket etmesi, çevik olması, hızlı kararlar alması ve daha hızlı hareket etmesi gerekiyor" diyerek savaşın yeni tanımlarından birini vurgulamaktadır^[24].

6. RUSYA UKRAYNA SAVAŞI'NDA KULLANILAN ELEKTRONİK HARP SİSTEMLERİNİN DÜNYA SAVUNMA SANAYİNE ETKİLERİ

Rusya ile Ukrayna arasındaki savaşta drone'ların ve elektronik harbin diğer unsurlarının milyarlarca dolar değerinde büyüklüğe sahip ileri sistemler üzerindeki beklenmedik etkisi, dünyanın önde gelen ülkelerinin savunma anlayışlarını sorgulamalarına yol açmıştır. Hatta bir analize göre, şu anda dünya orduları, lazerlere veya mikrodalgalara dayanan yönlendirilmiş enerji silahlarıyla küçük drone'ları vurmanın yolları üzerinde çalışmaktadır^[19]. Ancak belki de en rahatsız edici olasılık, ABD, Çin, Rusya, İran, İsrail, Avrupa Birliği ve diğer bazı ülkelerin tamamen özerk insansız hava araçları geliştirmek için acele ettiği yeni bir küresel silahlanma yarışı olasılığıdır. Kaldı ki ABD Hava Kuvvetleri zaten yapay zekâ kontrollü bir savaş uçağını test etmektedir. GPS ve kontrol sinyali bozucuları daha sofistike hâle geldikçe, drone'ların eşzamanlı konum ve haritalama, LiDAR teknolojisi ve göksel navigasyon gibi yapay zekâyı içeren sistemleri kullanarak uzaktan kumandaya daha az bağımlı ve daha özerk hâle geleceği beklentisi bu süreci yönlendiren çeşitli faktörler arasındadır. Ukrayna savaşı uzadıkça ve özerk silah araştırmaları ilerledikçe ufukta bir robot savaşı olasılığı daha da güçlenmektedir^[15].

Ukrayna ordusunun milyarlarca dolara değil, sadece binlerce dolara mal olan ticari teknolojinin yenilikçi kullanımlarıyla ne kadar çok şeyin başarılabilirliğini kanıtlanması ABD, Avrupa ve Çin başta olmak üzere pek çok ülkenin gelecek stratejileri üzerinde tekrar düşünmelerine yol açmıştır.

6.1 Çin Üzerindeki Etkisi

Nikkei'nin eski Çin büro şefinin raporuna göre, Rusya Ukrayna Savaşı, Çin donanmasının uçak gemilerine yaptığı milyarlarca dolarlık yatırıma olan güvenini sarsmıştır^[23].

6.2 Rusya Üzerindeki Etkisi

CSIS'in savaşın başlamasından bir süre sonra yayınlanan bir analizi Rusya'nın, zayıf askeri planlama, önemli lojistik sorunlar, düşük savaş hazırlığı ve Rus askeri etkinliğini zayıflatan diğer eksiklikler nedeniyle Ukrayna'daki hedeflerinin çoğuna ulaşamadığına dikkat çekmektedir. Analize göre Ukrayna'nın askeri çabaları ve Batı yardımı da dahil olmak üzere diğer zorluklar, Rus hava, kara, siber ve deniz operasyonlarını ciddi şekilde etkilemiştir. Bunun yanında Rusya'nın başarısızlıkları, Rus ordusunu eğitim uygulamalarını, örgütsel yapısını, kültürünü, lojistiğini, askere alım ve elde tutma politikalarını ve planlama çabalarını temelden yeniden düşünmeye zorlayacaktır^[15].

6.3 ABD Üzerindeki Etkisi

CSIS'te yayınlanan bir başka analiz; onlarca hatta bazen yüz milyonlarca dolara mal olan en tanınmış ABD

askeri drone'larından bazıları çok daha ağır, daha yüksek performanslı yükler taşımalarına ve ticari drone'lardan çok daha uzun menzillerde ve zaman dilimlerinde çalışabilmelerine karşın, askeri yetkililerin bu sistemleri yüksek maliyetleri nedeniyle genellikle yüksek riskli görevlerde kullanmak konusundaki isteksizliklerine dikkat çekmektedir^[23].

6.4 AB Üzerindeki Etkisi

Avrupa Birliği de Rusya Ukrayna Savaşı'ndan çıkarılacak dersler" adlı raporunda Ukrayna'nın esnekliğinden ve teknolojiyi inovatif bir şekilde kullanma becerisinden ders alınması gerektiğini vurgulamaktadır^[30].

Avrupa Savunma Ajansının (European Defence Agency -EDA) savaşın savunma yeteneklerinin geleceği üzerindeki etkilerine ilişkin yayınladığı bir analize göre Avrupa'nın savaştan çıkarabileceği en büyük derslerden biri, Ukrayna ordusunun dünyanın en büyük ordularından birine direnirken başarılı bir şekilde uyum sağlama konusundaki olağanüstü yeteneğidir. Avrupa Birliği Dış İlişkiler ve Güvenlik Politikası Yüksek Temsilcisi ve Avrupa Komisyonu Başkan Yardımcısı Josep Borrell, Avrupa olarak bu savaştan edindikleri deneyimi şöyle anlatmaktadır: "Ukraynalılar ayrıca komuta ve kontrolde çok yenilikçi ve başarılı olmuşlardır. Durumu hızlı bir şekilde değerlendirmeye ve buna tepki vermeye izin veren komuta ve kontrol sistemlerini sağlamak için mevcut veya yeni yeteneklere daha fazla yatırım yapmalıyız. Teknoloji önemli olduğunu kanıtladı, ancak kullanım şekilleri değişiyor. Ukrayna'nın düşman telsiz sinyallerini ve radarlarını bozmak, insansız hava araçlarını ve füzeleri devre dışı bırakmak için elektronik harbi ne kadar iyi kullandığı her geçen gün daha da netleşiyor. Siber dahil elektronik harp yetenekleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Hava ve füze savunması veya hassas kara tabanlı ateş desteğinin de hayati öneme sahip olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle modern hava savunma sistemleri, sivilleri ve kritik altyapıyı korumak ve operasyonel düzeyde manevra özgürlüğünü sağlamak için gerekli olmaya devam etmektedir."

Borrell'e göre bir diğer önemli ders; Avrupa'nın teknolojik üstünlüğünü açıkça koruması gerekirken, bazı alanlarda nicelik ve kaliteyi nasıl dengeleyeceğini dikkatlice düşünmesi gerektiğidir. Ukrayna'nın, sınırlı yeteneklerini ve eski silahlarını, ticari teknolojileri ve varlıkları da kullanarak, karşılaştığı tehditlere tam olarak uyarlayarak başarılı bir şekilde kullanmasından da öğrenilecekler olduğuna dikkat çeken Borrell, savaşın endüstriyel ve teknolojik etkilerini ise şöyle özetlemiştir: "Operasyonel derslerin ötesinde, bu savaş aynı zamanda daha geniş, daha esnek ve daha reaktif bir endüstriyel ve teknolojik temele ihtiyacımız olduğunu açıkça ortaya koydu. Bu gerçekten de Avrupa savunmasının temel bir yapıtaşdır. Böyle bir yapı, Avrupa ordularının hazırlık durumunu arttırmaya yardımcı olmalı ve NATO çerçevesinde birlikte çalışabilmek için üye devletlerin birlikte kullanabileceği silahlar üretmelidir. Savunma sanayimiz ve askeri kabiliyetlerimiz için daha fazla inovasyona ihtiyacımız var." Bu çerçevede, Avrupa Konseyi, Avrupa Savunma İnovasyonu için bir merkez kurmuştur^[30].

6.5 Ukrayna Üzerindeki Etkisi

Ukrayna Başbakan Yardımcısı ve Dijital Dönüşüm Bakanı Mykhailo Fedorov ise Rusya'nın Ukrayna'nın devam etmekte olan tam kapsamlı işgali için hazırlıklarını son 20 yılın büyük bir bölümünde devam ettirirken zırh, topçu ve hava gücü olmak üzere geleneksel askeri düşünceye odaklandığına; buna karşılık, hızla modernleşen Ukrayna ordusunun ise 12 aydan kısa bir sürede teknolojik bir sıçrama gerçekleştirdiğine dikkat çekmektedir. Fedorov'a göre, Ukrayna'nın uluslararası ortakları tarafından sağlanan modern silahlar, savaşın ilk yılında Ukrayna ordusunun savaş alanındaki zaferlerinde çok önemli bir rol oynamış, aynı şekilde, Batılı ülkeler de Ukrayna'yı bir dizi teknik çözüm ve yardımla desteklemiş; Ukraynalılar da Rusya işgalinin özel koşullarına uygun yeni teknolojiler geliştirme ve uyarlama yeteneklerini defalarca göstermiştir: "Ukrayna, Ukraynalı askeri personelin ve sivillerin hayatlarını korurken Rus kuvvetlerine maksimum zarar vermek için drone'lardan ve uydu görüntülerinden yapay zekâya ve durumsal farkındalık araçlarına kadar her şeyi kullandı. Drone'lar, Rusya'nın Ukrayna'daki savaşının en büyük oyun değiştiricileri olarak özel bir ilgiyi hak ediyor. Hava keşif uçaklarının yaygın ve ustaca kullanımı sayesinde, Ukrayna ordusu geniş cephe hattı alanlarını izleyebildi ve topçuları koordine edebildi. Bu arada, saldırı drone'ları da düşman pozisyonlarını doğrudan vurmaya başarabildi."

Fedorov'un 2023'ün Şubat ayında verdiği bilgilere göre, Rusya'nın işgali hızla dünyanın ilk robot savaşına dönüşmektedir ve son altı ayda, İHA üreten Ukraynalı şirketlerin sayısı beş kattan fazla artmıştır. Bu genişleme de devam edecektir. Drone ordusu girişimi, on milyonlarca dolar değerinde 1.700'den fazla drone'un satın alınmasıyla sonuçlanmış, bu da 76 ülkedeki bireylerin ve işletmelerin başlıkları sayesinde mümkün olmuştur. Ukrayna bir yandan da kendi drone türlerini geliştirmeye devam etmektedir. Örneğin, ülkenin Rus savaş gemilerinden yapılan sık füze saldırılarına karşı korunmasına yardımcı olmak için yeni tür deniz uçağı üretilmektedir. Ukraynalı teknoloji yenilikçileri, yüz binlerce dolara mal olan savaş gemilerini potansiyel olarak hedef alabilen ve caydırabilen veya devre dışı bırakabilen insansız deniz ve hava araçlarının geliştirilmesinde önemli ilerleme kaydetmektedir. Ukraynalı Bilgi Teknoloji uzmanları ise ülkenin silahlı kuvvetlerinin savaş zamanı performansını artırmak için yazılım ürünleri oluşturmaktadır. Fedorov'a göre bunun iyi bir örneği, Ukrayna Savunma Bakanlığı bünyesindeki İnovasyon Merkezi tarafından geliştirilen kapsamlı bir durumsal farkındalık sistemi olan Delta'dır. Bu araç "ordu için Google haritaları" olarak tanımlanabilir. Delta, hava keşifleri, uydu görüntüleri ve drone görüntüleri de dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen verileri entegre ederek NATO standartlarına uygun olarak savaş alanının gerçek zamanlı görüntülerini sağlamaktadır. Bu tür sistemler Ukrayna ordusunun giderek daha fazla veri odaklı hâle gelmesine izin vermekte, Ukraynalı komutanların koşullara hızla uyum sağlamasına ve gerektiğinde taktik değiştirmesine olanak tanımaktadır.

Sistem, Ukrayna'nın yararlanabileceği potansiyel fırsatları vurgularken, hayat kurtarmış ve mühimmat tasarrufu sağlamış, bu yaklaşım Kiev'in savunmasında ve Harkov Oblast'ı ile Herson'daki mücadelelerde başarılı karşı saldırılar sırasında etkinliğini kanıtlamıştır^[21].

Ukrayna ayrıca, mücadeleye katılan sivillerin düşman birliklerinin ve askeri gemilerinin hareketleri hakkında rapor vermelerini sağlayan özel bir chatbot başlatmıştır. Yaygın olarak kullanılan Diia uygulamasına entegre edilen bu araçla, 460.000'den fazla Ukraynalı kullanıcının sağladığı raporlar, düzinelerce Rus askeri mevzisinin tank ve topçularla birlikte imha edilmesine yardımcı olmuştur. Fedorov, Ukrayna'nın 2023'te, güçlü bir araştırma ve geliştirme bileşeninin yanı sıra canlı bir startup sektörüne sahip bir askeri teknoloji ekosisteminin geliştirilmesine odaklanacağını belirtmektedir. Fedorov'a göre Ukrayna'nın dikkate değer başarısı, önümüzdeki on yıllar boyunca incelenecek askeri strateji ve güvenlik politikası için dersler sunmaktadır^[21].

7. SONUÇ

Rusya Ukrayna Savaşı stratejistler tarafından gelecekteki savaşlara açılan bir pencere olarak görülmektedir. Gelecekteki savaşların sonucu hangi tarafın tüm teknoloji seviyelerini daha iyi kullanabileceğine ve bunları tutarlı bir stratejiye entegre edebileceğine bağlı olacaktır. Teknolojinin muharebe sahasındaki oyun değiştirici niteliği bu savaşla kendini ispat etmiştir. Ancak Rusya'nın güçlü elektronik harp kabiliyetine rağmen, Ukrayna'ya karşı giriştiği savaşta hedeflerinin oldukça gerisinde kalması, teknolojiye sahip olmanın yanında onu kullanabilme kararlılığının ve becerisinin de ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermiştir. Rusya stratejik hatalarla elindeki üstün teknolojileri kullanmakta sıkıntı yaşarken, Ukrayna yaratıcı yöntemlerle "ilkel" olarak adlandırılabilir teknolojilerden ustalıkla verim almayı başarmıştır. Ukrayna Batı ülkelerinin sağladığı teknolojilere adapte olmuş, Sovyet döneminden kalma eski silah ve teknolojilerini günümüz koşullarına uyarlamayı ve esnek bir yaklaşımla elektronik harbi sahaya ustalıkla yansıtmayı başarmıştır. Bu da sadece modern silahlara ve ileri teknolojiye sahip olmanın başarıyı garantilemediğini, bunları çevik ve esnek şekilde entegre etmek gerektiğini göstermiştir.

Rusya Ukrayna Savaşı'nın en önemli sonuçlarından biri de elektronik harpte dahi geleneksel askeri temellerin hâlâ önemli olduğunun bir kere daha belirginleşmesidir. Eğitim ve planlamanın, sevk ve idare kabiliyetinin, komuta kademesinin liderlik yeteneği ile yaratıcılığının orduların sahip olduğu teçhizat kadar önemli olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır. Zira en iyi ve en yeni ekipmanlarla donatılmış Rus elektronik harp birimleri, sahadaki komutanlar iyi planlamadığı için operasyonların seyrini etkileyememiştir. Rusya Ukrayna Savaşı'nda elektronik harp, drone kullanımı, teknolojik inovasyonu sahaya yansıtabilme kabiliyetinin belirleyiciliği, geleceğin muharebe sahalarında bu niteliklerin oyun değiştirici özellikler olacağını tartışma götürmez biçimde ortaya koymuştur.

KAYNAKÇA

- [1] STM ThinkTech, (2019), “Elektronik Harbin Yeniden Yükselişi ve Geleceği”, (5 Ağustos 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/elektronik-harbin-yeniden-yukselisi-ve-gelecegi>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [2] Clark, Bryan; (2022), “The Fall and Rise of Russian Electronic Warfare”, *IEEE Spectrum*, (30 Temmuz 2022), <https://spectrum.ieee.org/the-fall-and-rise-of-russian-electronic-warfare>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [3] Dewan, Angela; (2022), “Ukraine and Russia’s militaries are David and Goliath. Here’s how they compare”, *CNN*, (25 Şubat 2022), <https://edition.cnn.com/2022/02/25/europe/russia-ukraine-military-comparison-intl/index.html>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [4] Statista, (2023), “Comparison of the military capabilities of Russia and Ukraine as of 2023”, <https://www.statista.com/statistics/1296573/russia-ukraine-military-comparison/#:~:text=Russia's%20naval%20fleet%20was%20nearly,largest%20inventory%20of%20nuclear%20warheads>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [5] Singh, Mandeep; (2023), “Russian Electronic Warfare in Ukraine 2022-2023”, *Indian Defence*, (7 Temmuz 2023), <http://www.indiandefencereview.com/news/russian-electronic-warfare-in-ukraine-2022-2023/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [6] POMERLEAU, MARK; (2022), “Army lesson from Ukraine war: cyber, EW capabilities not decisive on their own”, *FEDSCOOP*, (16 Ağustos 2022), <https://fedscoop.com/us-army-lesson-from-ukraine-war-cyber-ew-capabilities-not-decisive-on-their-own/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [7] *International Centre for Defence and Security*, (2017), “Russia’s Electronic Warfare Capabilities to 2025 - Challenging NATO in the Electromagnetic Spectrum”, (Eylül 2017), https://icds.ee/wp-content/uploads/2018/ICDS_Report_Russias_Electronic_Warfare_to_2025.pdf. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [8] THOMAS, JAKE; (2022), “‘They’re Jamming Everything’: Putin’s Electronic Warfare Turns Tide of War”, *Newsweek*, (6 Mart 2022), <https://www.newsweek.com/theyre-jamming-everything-putins-electronic-warfare-turns-tide-war-1712784>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [9] JB Babu, Sunil; Williams, Huw; (2022), “Ukraine conflict: Ukraine’s electronic warfare systems in focus”, *Janes*, (4 Mart 2022), <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/ukraine-conflict-ukraines-electronic-warfare-systems-in-focus>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [10] *Ukrainska Pravda*, (2023), “Efficiency of Russian electronic warfare complicating Ukraine’s counteroffensive – ISW”, (16 Haziran 2023), <https://news.yahoo.com/efficiency-russian-electronic-warfare-complicating-024255882.html>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [11] Tiwari, Sakshi; (2023), “US Precision-Guided Missiles ‘FLOP’ In Ukraine; Kyiv Admits Russia’s Electronic Warfare Systems Taking A Toll”, *Eurasian Times*, (6 Temmuz 2023), <https://www.eurasiantimes.com/new-supplied-precision-guided-missiles-lose-their-sheen/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [12] Peck, Michael; (2023), “Russia’s electronic warriors are intercepting Ukrainian troops’ communications and jamming their GPS-guided bombs, experts say”, *Business Insider*, (4 Temmuz 2023), <https://www.businessinsider.com/russian-electronic-warfare-interfering-with-ukrainian-radios-bombs-2023-7>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [13] *Army Recognition*, (2022), “Russian troops using Leer-3 able to jam Ukrainian army mobile phone signals within 30 km”, (20 Ekim 2022), https://www.armyrecognition.com/defense_news_october_2022_global_security_army_industry/russian_troops_using_leer-3_able_to_jam_ukrainian_army_mobile_phone_signals_within_30_km.html. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [14] Nikolov, Boyko; (2022), “Russian Leer-3 jams GSMs in Ukraine and sends SMS for provocation”, *Bulgarian Military*, (19 Ekim 2022), <https://bulgarianmilitary.com/2022/10/19/russian-leer-3-jams-gsms-in-ukraine-and-sends-sms-for-provocation/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [15] G. Jones, Seth; (2022), “Russia’s Ill-Fated Invasion of Ukraine: Lessons in Modern Warfare”, *Center for Strategic & International Studies*, (1 Haziran 2022), <https://www.csis.org/analysis/russias-ill-fated-invasion-ukraine-lessons-modern-warfare>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [16] Jones, Laura; (2023), “Russia’s Technological Advantage Has Been No Match for Ukraine’s Ingenuity”, *Gizmodo*, (5 Mart 2023), <https://gizmodo.com/ukraine-russia-war-tech-drones-missiles-no-match-1850170615>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [17] Gilli, Andrea; (2022), “Drone warfare: an evolution in military affairs”, *NATO*, (21 Ekim 2022), <https://www.ndc.nato.int/news/news.php?icode=1754>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [18] Shankland, Stephen; (2022), “Ukraine Is Fighting Russia With Drones and Rewriting the Rules of War”, *CNET*, (19 Nisan 2022), <https://www.cnet.com/news/ukraine-is-fighting-russia-with-drones-and-rewriting-the-rules-of-war/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [19] E. ROSS, PHILIP; (2023), “Budget Drones in Ukraine Are Redefining Warfare”, *IEEE Spectrum*, (17 Mayıs 2023), <https://spectrum.ieee.org/drone-warfare-ukraine>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [20] *The Economist*, (2023), “The war in Ukraine shows how technology is changing the battlefield”, (3 Temmuz 2023), <https://www.economist.com/special-report/2023/07/03/the-war-in-ukraine-shows-how-technology-is-changing-the-battlefield>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [21] Fedorov, Mykhailo; (2023), “Tech innovation helps Ukraine even the odds against Russia’s military might”, *Atlantic Council*, (28 Şubat 2023), <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/tech-innovation-helps-ukraine-e>

- ven-the-odds-against-russias-military-might/. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [22] J. González, Roberto; (2023), "Drones over Ukraine: What the war means for the future of remotely piloted aircraft in combat", *The Conversation*, (23 Şubat 2023), <https://theconversation.com/drones-over-ukraine-what-the-war-means-for-the-future-of-remotely-piloted-aircraft-in-combat-197612>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [23] C. Allen, Gregory; (2022), "Across Drones, AI, and Space, Commercial Tech Is Flexing Military Muscle in Ukraine", *Center for Strategic & International Studies*, (13 Mayıs 2022), <https://www.csis.org/analysis/across-drones-ai-and-space-commercial-tech-flexing-military-muscle-ukraine>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [24] Myre, Greg; (2023), "How Ukraine created an 'Army of Drones' to take on Russia", *npr*, (20 Haziran 2023), <https://www.npr.org/2023/06/20/1183050117/how-ukraine-created-an-army-of-drones-to-take-on-russia>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [25] J. FREEDBERG JR., SYDNEY; (2023), "Dumb and cheap: When facing electronic warfare in Ukraine, small drones' quantity is quality", *Breaking Defense*, (13 Haziran 2023), <https://breakingdefense.com/2023/06/dumb-and-cheap-when-facing-electronic-warfare-in-ukraine-small-drones-quantity-is-quality/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [26] Sonenshine, Tara; (2023), Military drones are swarming the skies of Ukraine and other conflict hot spots – and anything goes when it comes to international law", *The Conversation*, (19 Mayıs 2023), <https://theconversation.com/military-drones-are-swarming-the-skies-of-ukraine-and-other-conflict-hot-spots-and-anything-goes-when-it-comes-to-international-law-205898>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [27] Frackiewicz, Marcin; (2023), "Drone Swarms in Ukrainian Military Strategy: The Next Big Thing?", *TS2*, (20 Haziran 2023), <https://ts2.space/en/drone-swarms-in-ukrainian-military-strategy-the-next-big-thing/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [28] Frackiewicz, Marcin; (2023), "The Rise of Swarming Drones in Modern Warfare", *TS2*, (25 Nisan 2023), <https://ts2.space/en/the-rise-of-swarming-drones-in-modern-warfare/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [29] Gourley, Sean; (2022), "A New Era of Warfare: How AI Unlocks Intelligence from Russian Radio Chatter in Minutes", *Primer*, (4 Nisan 2022), <https://primer.ai/public-sector/a-new-era-of-warfare-how-ai-unlocks-intelligence-from-russian-radio-chatter-in-minutes/>. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)
- [30] Borrell, Josep; (2023), "Lessons from the war in Ukraine for the future of EU defence", *European Union External Action*, (29 Mayıs 2023), https://www.eeas.europa.eu/eeas/lessons-war-ukraine-future-eu-defence_en. (Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2023)



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

