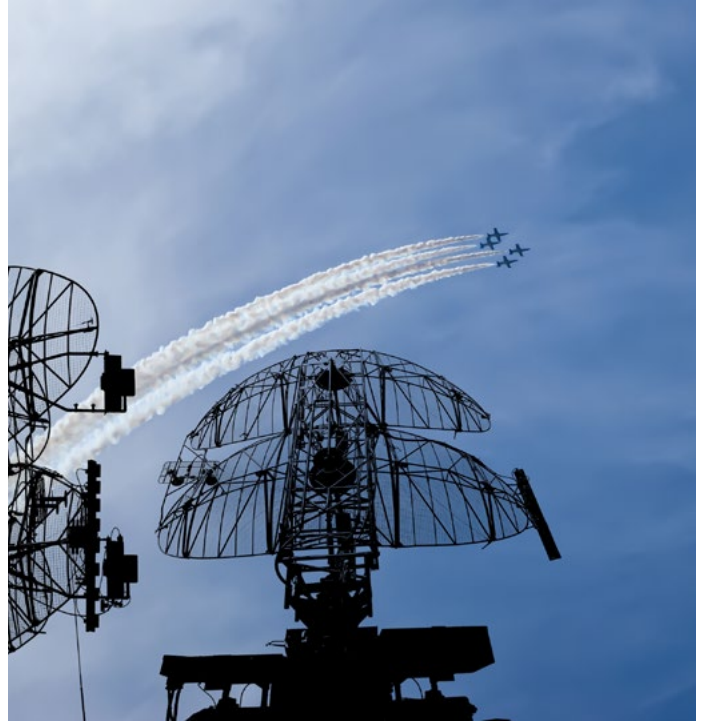


2023 ve Sonrasında Savunma Sanayii Trendleri ve Teknolojileri



Tüm dünyada savunma sanayii tarafından önceliklendirilerek yürütülen çalışmalar, sivil hayatı da dönüştüren ileri teknolojilerin gelişimini ciddi boyutta etkilemiş ve hızlandırmıştır. Bu durum özellikle son yıllarda dikkat çeken yeni buluş, keşif ve silahlarla daha da hız kazanmış görünüyor.

Hızlanan teknolojik gelişim savunmadaki bütçe yarışını da etkilemeye devam ediyor. ABD Savunma Bakanı Lloyd Austin, Savunma Bakanlığının 2023 mali yılı bütçesinde araştırma ve geliştirmeye (Ar-Ge) 130,1 milyar dolarlık rekor bir pay ayrılmasının nedenini, “ileri teknoloji, siber, uzay ve yapay zekâ alanlarındaki hazırlıkların ilerletilmesi” olarak açıklıyor¹.

ABD ordusu silahlı çatışmalarda potansiyel avantaj sağlayabilecek teknolojik çözümlere giderek daha fazla odaklanırken, dünyanın dört bir yanındaki diğer ordular da teknoloji rekabetinde geride kalmamak için hamlelerine devam ediyor¹. Robotik, yapay zekâ, siber savaş inovasyonun ön saflarında yer alırken², ordular ortaya çıkan mevcut ve olası tehditlere karşı koymak için daha sofistike ve gelişmiş savunma ekipmanları geliştiriyor. Hipersonik sistem ve füzelerden yönlendirilmiş enerji silahlarına, elektronik harp sistemlerinden kuantum teknolojilerine kadar çeşitli geliştirmeler devam ediyor³.

2023 yılı itibarıyla savunma sanayiinde öne çıkması muhtemel teknoloji ve trendler:

Yapay Zekâ

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi, teknolojinin daha akıllı ve hızlı hâle gelmesiyle savunma sanayiinde uygulama alanı buluyor.

Devasa veri kümeleri kullanan ve çok çeşitli sensörlerle entegre olan yapay zekâ savunma sistemleri, gerçek bir tehdit ile düşman olmayan bir aktör arasında bağımsız olarak ayırım yapabilir hâle geldi. Hâlihazırda çoğu savunma sisteminde insan operatörler kontrolü elinde tutsa da yakın gelecekte tehditlerin daha akıllı ve çevik hâle gelmesiyle bu dengenin yapay zekâ lehine değişmesi bekleniyor⁴.

¹ <https://explodingtopics.com/blog/military-technology-trends>

² <https://getoutpatient.com/blog/top-10-military-technology-trends-going-into-2023/>

³ <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-military-technology-trends-2022/>

⁴ <https://www.clearb2b.com/news-views/Defencetechtrendstolookoutforin2023>

Genel olarak yapay zekâ terimi üç kategoriye ayrılıyor: Dar yapay zekâ, genel yapay zekâ ve yapay süper zekâ. Dar yapay zekâ sistemleri yalnızca gerçekleştirmek için eğitildikleri belirli görevleri yerine getirebilirken, genel yapay zekâ sistemleri, özel olarak eğitilmedikleri de dahil olmak üzere çok çeşitli görevleri yerine getirme yeteneğine sahip kabul ediliyor. Yapay süper zekâ ise, neredeyse tüm ilgi alanlarında insanların bilişsel performansını büyük ölçüde aşan bir sistem anlamına geliyor.

Dar yapay zekâ, şu anda hem ABD hem de rakipleri tarafından bir dizi askeri uygulamaya dahil ediliyor. ABD Kongre Araştırma Servisi tarafından 2022'nin Kasım ayında hazırlanan “Gelişen Askeri Teknolojiler” başlıklı bir rapora göre, bu tür uygulamalar arasında istihbarat, gözetleme ve keşif, lojistik, siber operasyonlar, komuta ve kontrol ile yarı otonom ve otonom araçlar bulunuyor. Bu teknolojiler, kısmen insan operatörleri daha karmaşık ve bilişsel olarak zorlu işler yapma özgürlüğüne kavuşturmayı amaçlıyor⁵.

Ayrıca, yapay zekâ özellikli sistemler;

1. Operatör girdisine dayanan sistemlerden önemli ölçüde daha hızlı tepki verebilir,
2. Analiz için mevcut veri miktarındaki üstel artışla başa çıkabilir,
3. Sürü oluşturma gibi yeteneklerle düşman savunma sistemlerini yenerek savaş alanında avantaj sağlayabilecek yeni operasyon konseptlerini mümkün kılabilir.

Siber Savaş ve Siber Savunma

Son yıllarda siber saldırıların giderek daha fazla konvansiyonel savaş benzeri bir hâl aldığı ve tüm dünyada bir ulusal güvenlik sorununa dönüştüğü göze çarpıyor. Zira resmi sıfatlarla veya kendi başlarına hareket eden bilgisayar korsanları ve siber teröristlerin çeşitli bölgelerde elektrik şebekeleri ve iletişim sistemleri gibi kritik altyapıları yıkmayı başardıkları biliniyor. Örneğin siber suçluların ABD'nin tamamının elektrik şebekesini devre dışı bırakmak için yalnızca dokuz trafo merkezini kapatmasının yeterli olacağı belirtiliyor¹.

Bu tehditler karşısında ABD ordusu, hem siber saldırılara karşı savunma yapabilecek hem de ülkenin başka ülkelere karşı kendi resmi siber saldırılarını organize edecek çeşitli birimler ve bu birimlerde görev yapacak çok sayıda personel istihdam ediyor. Örneğin ABD Deniz Piyadeleri, kısa süre önce Etkileşimli Ağ Operatörü, İstismar Analisti, Ana Bilgisayar Analisti ve Ağ Analisti olmak üzere, siber odaklı dört yeni pozisyonun oluşturulduğunu duyurdu. ABD Siber Komutanlığı da 2017'de Müşterek Harekât Komutanlığı adıyla yeniden organize edildi ve hâlihazırda bu birimde 6.000'den fazla askeri personel istihdam ediliyor¹.

Askeri teçhizatı üretmek, işletmek ve desteklemek için dijital teknolojilerin artan kullanımı, siber saldırılara karşı daha fazla potansiyel güvenlik açığı yaratıyor. Örneğin yeni otonom gemiler, yeni dijital üretim ve işletim ortamları da daha büyük siber riskleri beraberinde getiriyor.

Deloitte'un “2023 Havacılık ve Savunma Endüstrisi Görünümü” raporunda⁶, havacılık ve savunma sanayii şirketlerinin tedarik zincirlerindeki sektör oyuncularından da kaynaklanabilecek risklere karşı bu şirketlerden siber güvenlik, bulut gizliliği ve otomasyonun esnekliği konularında güçlendirmeler talep etmesi gerektiği vurgulanıyor⁷.

Ekllemeli İmalat (Üç Boyutlu Baskı)

Dördüncü Sanayi Devriminin temel teknolojilerinden birini oluşturan ekllemeli imalatın (üç boyutlu baskı ile üretim), savunma sanayiindeki önemi giderek artıyor. Geleneksel askeri malzemeler metal, yani ağır olduklarından hız, kapasite ve yakıt tüketiminde performansı azaltıcı etki yapar². Üç boyutlu baskı ise,

5 <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R46458.pdf>

6 <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/aerospace-and-defense-industry-outlook.html>

7 <https://www.adsadvance.co.uk/defence-frontiers-in-2023.html>

geleneksel imalattan önemli ölçüde daha az malzeme kullanırken, bileşenlerin ve parçaların üretimini sağlıyor ve yerelleştirilmiş talebe yönelik üretim sağlayarak lojistik yükünü azaltıyor. Ayrıca zırhlar, kendiliğinden ısınan askeri giysiler ve mühimmat için yeni malzeme kombinasyonlarının oluşturulmasını da kolaylaştırıyor. Üstelik üç boyutlu baskı, üretim maliyetlerini ciddi oranda düşürüyor³.

3D baskı, silahlı kuvvetler tarafından araç, gemi ve uçakların hızlı onarımına destek olmak için giderek daha fazla kullanılıyor, yeni güvenlik ekipmanları ve tıbbi malzemeler tasarlanıp prototipleri üretiliyor. 3D baskının kullanımındaki büyümenin yakın zamanda yavaşlaması beklenmediği gibi endüstri uzmanlarının yüzde 75'i, bu teknolojinin önümüzdeki 10 yıl içinde küresel savunma endüstrisinde temel bir protokol hâline gelmesini bekliyor. Yedek parça ve bileşenlerin gerektiği yerde üç boyutlu olarak yazdırılabilmek özelliği bakım yapılmaması için bekleme sürelerini de azaltıyor. Bu durum ileri operasyon üslerinin lojistik ayak izini en aza indirecek, yani kapsamlı ikmal hatlarına erişim ihtiyacının azalması nedeniyle kuvvetler daha uzak bölgelere konuşlandırılacaktır⁷.

Robotik ve Otonom Sistemler

Silahlı kuvvetleri korumak, durumsal farkındalığı artırmak, askerlerin fiziksel ve bilişsel iş yükünü azaltmak ve zorlu arazilerde hareket kabiliyetini artırmak orduların günümüzdeki en önemli hedefleri arasında yer alıyor. Robotik ve Otonom Sistemler (Robotics and Autonomous Systems -RAS) teknolojilerinin entegrasyonu, orduların bu hedeflere ulaşmasına, araziye kontrol etmesine, personelin hayatını güvence altına almasına ve sahadaki kazanımları pekiştirmesine olanak tanıyor. RAS, askerler için mümkün olan en az riskle manevra özgürlüğü sağladığı gibi, birden fazla görev yürütebilen robotlar kara mayınlarının temizlenmesini, arama kurtarma operasyonlarını, patlayıcı madde imhasını ve lojistik desteği kolaylaştırmakta hayati roller üstleniyor³.

ABD Savunma Bakanlığının 2022 yılında robotik platform ve teknolojilere 7,5 milyar dolar harcadığı belirtiliyor. Teknolojideki hızlı gelişimle birlikte küresel askeri robot pazarının 2025 yılına kadar 24,2 milyar dolara ulaşması bekleniyor. Bu rakam, yaklaşık yüzde 11'lik bir yıllık bileşik büyüme oranı anlamına geliyor.

Dünyada robotik ve otonom silah sistemlerinin kullanımına karşı çıkan ülkeler de mevcut. Örneğin Yeni Zelanda ve Avusturya'nın da aralarında bulunduğu 30 ülke ölümcül otonom silahların yasaklanmasını desteklerken, ABD ordusu bu robotların en büyük kullanıcısı olmaya devam ediyor. Çin ve Rusya gibi ülkeler ise robotik alanında ABD ile aralarındaki farkı kapatmalarına olanak sağlayacak Ar-Ge faaliyetlerine milyarlarca dolar yatırım yapmaya devam ediyor⁸.

İnsansız Hava Araçları

Ukrayna'nın işgalinin gösterdiği gibi, 2023'te ve geleceğin muharebelerinde insansız hava araçları çok önemli bir kuvvet çarpanı olmayı sürdürecektir⁴. İHA'lar hedeflerin konumları, arazi ve düşman hareketleri hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlayarak daha iyi keşif, gözetleme ve hedef tespiti imkânı sağlıyor. Giderek daha fazla ülkede ordular ve güvenlik güçleri savaş ve gözetleme kapasitelerini artırmak için İHA'ları kullanmak isterken, sivil ve ticari uygulamalarda da İHA ve drone'ların daha fazla kullanılmaları bekleniyor⁹.

Yakın gelecekte 6G teknolojisindeki gelişmelerle entegre olarak, İHA teknolojisinin oyun değiştirici niteliklerinin artması bekleniyor. 6G ağı kapsamında, İHA iletişiminin, çoklu bağlantıyı kolaylaştıracağı, geniş kapsama alanlarına hizmet vereceği, farklı uygulamalara katkıda bulunacağı ve daha iyi hizmet kalitesi sağlayacağı öngörülüyor. İHA'lar, kara, deniz ve yüksek doğrulukta verileri kolayca toplayabiliyor. Termal görüntüleme sistemlerine sahip robotlar ve İHA'lar zaten yaygın olarak kullanılıyor; hatta COVID-19'un yayılmasını en aza indirmeye dahi önemli katkı sağladılar. Gelecekte blockchain teknolojisinin ve 6G kablosuz

⁸ <https://bit.ly/31Y7i16>

⁹ <https://www.zenadrone.com/drones-impact-the-future-of-military-warfare/>

ağ platformlarının uygulanmasının ardından İHA ve drone'ların tıbbi tedarik ve kurtarma operasyonlarında daha büyük bir rol oynaması bekleniyor. İHA'lar ayrıca bilgi toplamak, ekipmanı hareket ettirmek, gözetleme ve keşif yapmak ve silahlandırıldığında doğrudan saldırılar başlatmak için askeri operasyonlarda düzenli olarak kullanılıyor. 6G ağına uygulanırsa, İHA iletişimi, veri bant genişliğiyle birlikte artan kapsama alanları sayesinde daha yüksek hizmet kalitesi sağlayabilir ve görevleri daha sorunsuz yerine getirebilir¹⁰.

2022'de 26,03 milyar dolar olarak gerçekleşen küresel İHA pazar büyüklüğünün 2023'te yüzde 15,0 yıllık bileşik büyüme oranıyla 29,93 milyar dolara, 2027'de ise yüzde 14,9'luk bir artışla 52,21 milyar dolara çıkması bekleniyor¹¹.

Hipersonik Sistemler

Hipersonik, ses hızının beş kat veya daha üzerinde hareket eden herhangi bir nesneyi tanımlıyor. Temel hipersonik teknolojisi onlarca yıldır mevcut olsa da gelişmiş hipersonik askeri sistemler şu anda test ediliyor ve piyasaya sürülüyor. Hipersonik füzelerin alçak irtifalarda uçabilmesi, havada manevra yapabilmesi ve mevcut füze savunma sistemleri ile takip edilmesinin neredeyse imkânsız olması bu yeni teknolojinin en önemli özelliği olarak ifade ediliyor.

Günümüzde Rusya, Çin ve ABD hem saldırı amaçlı füzelere hem de yabancı saldırılara karşı savunma sistemlerine odaklanarak kendi hipersonik silah sistemlerini oluşturmak için yarış hâlinde. Hipersonik füzelerin savaşta ilk kez kullanımı ise Mart 2022'de Rusya tarafından Ukrayna'ya fırlatılmasıyla gerçekleşti¹.

“Süpersonik ve Hipersonik Füze Pazarı Raporu 2023-2033” başlıklı rapora göre¹², süpersonik ve hipersonik füzelerin geliştirilmesinde bir dizi önemli ilerleme kaydedilmiş durumda. Süpersonik ve hipersonik hızlarda verimli bir şekilde çalışabilen yeni tahrik sistemleri üzerinde geliştirmelerin devam ettiğine dikkat çekilen raporda; hafif, güçlü ve yüksek ısıya dayanıklı özel alaşımların ve kompozitlerin geliştirildiği vurgulanıyor. Yönlendirme ve kontrol sistemlerindeki gelişmeler, süpersonik ve hipersonik hızlarda daha hassas ve duyarlı bir navigasyona izin veriyor. Bu durum kontrol algoritmalarındaki ilerlemelerin yanı sıra yeni sensörlerin ve iletişim sistemlerinin kullanımını içeriyor. Rapora göre süpersonik ve hipersonik füze çalışmaları şu konularda yoğunlaşmış durumda:

- **Gizlilik:** Füzeyi düşman radarı tarafından daha az algılanabilir hâle getirmek için, tasarımcılar ve mühendisler füzenin radar kesiti alanını küçülterek algılama ve izlemeyi zorlaştırmanın yollarını geliştirmeye çalışıyorlar.
- **Çok İşlevlilik:** Atmosferde seyir, süzülme ve manevra gibi birden çok işlevi yerine getirebilen hipersonik füze tasarımları çalışılıyor.
- **Minyatürleştirme:** Füzelerin daha küçük ve daha çevik hâle getirilmesi için bileşenlerin, tahrik ve güdüm sistemlerinin minyatürleştirilmesi yönünde araştırmalar yürütülüyor.

Ancak bu kritik savunma yeteneklerinin geliştirilmesiyle ilgili aşırı maliyetler, küresel süpersonik ve hipersonik silah ticareti için önemli bir engel oluşturuyor. 2022'de hipersonik araştırmalara 3,8 milyar dolar ayıran ABD Savunma Bakanlığı, 2023 yılı için bu bütçenin 4,7 milyar dolara çıkarılmasını talep ediyor. ABD'nin geliştirme aşamasında olan birkaç hipersonik silahı bulunuyor ve Mart 2022'de başarılı bir test füzesi fırlattı. Ayrıca Füze Savunma Ajansı hipersonik savunma için 247,9 milyon dolarlık bir bütçe ayırmış bulunuyor¹.

10 <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/24/4140>

11 <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/uav-drones-global-market-report>

12 https://www.reportlinker.com/p06383483/Supersonic-and-Hypersonic-Missiles-Market-Report-2033.html?utm_source=GNW

ABD’de özel şirketler de hipersonik teknoloji geliştirmek için yarış hâlinde. Örneğin yeni kurulan Hermeus, hipersonik hızda seyahat edebilen uzaktan kumandalı bir uçak geliştirmeye çalışıyor ve ABD Hava Kuvvetleri, 2020’de bu teknolojinin Başkanlık uçak filosunda nasıl kullanılabileceğini değerlendirmek için Hermeus’la 1,5 milyon dolarlık bir sözleşme imzaladı. 2021’de ordu, 60 milyon dolarlık bir ortak sözleşme yoluyla yeniden yatırım yaptı. Mart 2022’de şirket, 100 milyon dolarlık bir finansman turunu duyurdu ve prototipinin 2023’te piyasaya sürüleceğini açıkladı¹.

Son olarak Pentagon, 2023’te sıcak hava balonlarına yapılan harcamaları yedi kat artırmayı planlamış durumda. Hâlihazırda yüksek irtifada uçan düşük teknolojlili bu balonlar uyuşturucu kaçakçıları izlemek için kullanılıyor. Ancak 18.000 ile 27.000 metrede süzülen bu balonların, Rusya ve Çin tarafından geliştirilenler gibi hipersonik füzeleri tespit etmek için uydularla işbirliği yapacağı umut ediliyor. Üstelik balonlardaki teknoloji güneş enerjisiyle çalışıyor¹³.

Hipersonik teknolojileri, Rusya ve Çin’in hipersonik yeteneklerini geliştirme hızlarından dolayı NATO’nun dokuz öncelikli teknoloji alanından birini oluşturuyor. Hipersonikler, İngiltere’nin Bilim ve Teknoloji Portföyünde yer alan 25 teknoloji arasında 17’nci sırada yer alıyor ve bu da hipersoniklere daha fazla ivme kazandırılacağını gösteriyor. 2023, muhtemelen gelişmiş ve giderek daha hızlı hâle gelen füzelerin daha fazla test edildiği bir yıl olacak¹⁴.

Yönlendirilmiş Enerji Silahları

Yönlendirilmiş enerji silahları, elektriksel veya kimyasal enerjiyi yoğunlaştırılmış, yayılan enerjiye dönüştürüyor. Başka bir ifadeyle yönlendirilmiş enerji, mikrodalga cihazları, radyo dalgaları, lazerler vb. dahil olmak üzere konsantre elektromanyetik enerji ışını üreten bir teknoloji. Bu teknoloji, düşman ekipmanını, tesislerini ve personelini devre dışı bırakmak, hasar vermek veya yok etmek için yaygın olarak benimsenen silahlarda kullanılıyor. Bu silahlar, öldürücü gücün yüksek hızda iletilmesi, yerçekiminin veya atmosferik sürtünmenin etkisinin minimuma indirilmesi, sessiz ve görünmez ışınlarla gizlilik sağlaması başta olmak üzere, geleneksel mühimmatlara nazaran çok sayıda avantaja sahip. Bu silahlar askeri gemilere, kara araçlarına, uçaklara ve insansız araçlara entegre edilerek kullanılabilir¹⁵.

Yönlendirilmiş enerji silahlarına artan ilginin ardında pek çok faktör bulunuyor. Savaş ortamlarında gelişmiş askeri cihazlara yönelik artan talebin yanı sıra, artan çatışmalar yönlendirilmiş enerji silahları için küresel pazarı harekete geçiriyor. Buna ek olarak, çeşitli savunma kuruluşlarının ulusal güvenliği artırmak üzere altyapıların modernizasyonuna yönelik hızlanan yatırımları da pazarın büyümesini sağlıyor. Ayrıca, füzeler başta olmak üzere hipersonik silahlardan kaynaklanan tehditler, füzenin yörüngesinde erken imhası için yönlendirilmiş enerji silahlarına olan talebi artırıyor. Sivilleri çok sayıda kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer acil duruma karşı korumak için doğrudan enerji silahlarının giderek daha fazla benimsenmesi de pazarın büyümesini destekliyor. Bunun yanı sıra, uzun menzilli hassas hedefleme ve uzaktan operasyonlar yürütmek için yönlendirilmiş enerji silahlarıyla entegre edilmiş insansız hava araçlarının ortaya çıkışı küresel pazarı daha da büyütüyor. Önümüzdeki yıllarda, seyir füzelerini engellemek için yüksek enerjili lazer gücü gibi çeşitli gelişmiş çözümlerin piyasaya sürülmesi, küresel düzeyde yönlendirilmiş enerji silahları pazarını harekete geçirmeye devam edecek¹⁵.

Örneğin ABD’nin önemli savunma şirketlerinden Lockheed Martin’in kısa bir süre önce ABD donanması muhriplerine kurduğu Yönlendirilmiş Enerji Silahı sistemi (HELIOS) 60-kW yönlendirilmiş bir enerji lazeridir, ancak daha güçlü 100 kW ve 150 kW lazerler de mevcuttur. ABD Savunma Bakanlığı, 300 kW lazerlerin 2022’de, 500 kW lazerlerin 2024’te ve 1 MW lazerlerin ise 2030’da piyasaya sunulmasını bekliyor¹.

13 <https://spectrum.ieee.org/engineering-milestones>

14 <https://www.defence-engage.com/knowledge-1/big-5-defence-trends-2023>

15 <https://www.giiresearch.com/report/imarc1206604-directed-energy-weapons-market-global-industry.html>

Yönlendirilmiş enerji silahlarının teknolojik gelişiminin bu tür silahlar için mevcut finansman düzeylerini makul kılıp kılmayacağı, askeri saha testlerinin ne kadar başarılı olduğu, yönlendirilmiş enerji silahlarının ordular tarafından kullanılmasına hangi durumlarda ve hangi amaçlarla izin verilmesi gerektiği gibi bazı sorulara verilecek yanıtlar 2023 ve sonrasında yönlendirilmiş enerji silahlarının eğilimlerini belirleyecektir¹⁶.

Yönlendirilmiş enerjiyi bir silah olarak kullanmanın yanı sıra, lazer teknolojisinin de bir savunma stratejisi olarak kullanımı araştırılıyor. 2022 Milli Savunma Yetki Yasası ile ABD Füze Savunma Teşkilatına, lazer teknolojisini araştırma ve geliştirme izni verildi. ABD Savunma Bakanlığı, 2022’de yönlendirilmiş enerji araştırması için en az 578 milyon dolar ve yönlendirilmiş enerji silahları tedariki için de ayrıca 331 milyon dolar talep etti¹.

Küresel yönlendirilmiş enerji silahları pazarı büyüklüğü 2022’de 6,2 milyar dolara ulaştı. IMARC Group, pazarın 2023-2028 döneminde yüzde 19,1’lik bir büyüme oranı ile 2028 yılına kadar 17,8 milyar dolara ulaşmasını bekliyor¹⁵.

Elektronik Harp ve İletişim Karıştırıcıları

Birkaç ülke arasında devam eden siyasi çatışma ve bölgesel anlaşmazlıkların da etkisiyle, yapay zekâ ve sinir ağları gibi ileri teknolojilerin elektronik harp sistemleriyle entegrasyonu olan bilişsel elektronik destek segmentinin 2023-2028 döneminde en yüksek büyümeye ulaşması bekleniyor.

Tehditlerin tanınması ve hedef alınmasına yönelik İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance -ISR), İstihbarat, Gözetleme, Hedef Belirleme ve Keşif (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance -ISTAR), Sinyal İstihbaratı (Signals Intelligence -SIGINT) sistemleri ve diğer benzer yöntemlerin, hem yapılacak saldırılara destek olması hem de savunma sistemlerini güçlendirerek koruma sağladıkları için en yüksek talebi kaydetmesi bekleniyor. İnsansız hava araçları ve mürettebatsız deniz araçları gibi askeri robotların SIGINT ve ISTAR sistemleri ile kullanımı da son yıllarda giderek artıyor¹⁷.

ABD ordusu, elektronik savaşın bir parçası olarak iletişimi bozmak amacıyla karıştırıcılar kullanıyor, ancak programların çoğu gizlilik içinde yürütülüyor¹. Örneğin, bir askeri iletişim bozucu ilk olarak 2004’te uzayda konuşlandırılan “Anti İletişim Sistemi (Counter Communications System -CCS)” taşınabilir bir elektronik harp sistemidir ve düşmanın uydu iletişimini engelleyebilir. ABD Uzay Kuvvetleri, CCS’yi 2025’e kadar güncellemek için L3Harris Technologies ile 120,7 milyon dolarlık bir sözleşmeyle ortaklık kurdu.

ABD ordusunda önümüzdeki iki yıl içinde elektronik harp alanındaki çalışan sayısının 180’den 500’e çıkması bekleniyor.

Beyin-Bilgisayar Arayüzleri

Günümüzde savunma planlaması ve uygulaması ile ilgilenen personel her zamankinden daha fazla veri ve veri kaynağı ile uğraşiyor. Bu durum, hızlı ve doğru kararlar gerektiriyor ve kritik durumlarda muhakemeyi gölgeleyebilen veya performansı engelleyebilen bilişsel aşırı yüklenmeye neden olabiliyor. Bir operatörün ihtiyaçlarına yanıt verme yeteneğine sahip “uyarlanabilir” beyin-bilgisayar arayüzleri (BCI’lar), bu tür bilişsel aşırı yükten kaçınmaya yardımcı olabilir. Örneğin, sistem bir operatörün bunaldığını bilirse, bilgi gösterimini azaltabilir. BCI’lar aynı zamanda bir kontrol mekanizması da sağlayabilir, örneğin “düşünce hızında” çalışmaya izin vererek reaksiyon sürelerini azaltabilir. Böyle bir yetenek, hızlı tepkiler vermesi gereken savaş pilotları veya cephe hattında savaşan personel için paha biçilmez olacaktır¹⁸.

16 <https://www.aljundi.ae/en/the-file/emerging-military-technologies-trends-for-2023-beyond/>

17 <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/electronic-warfare-market>

18 https://cnda.condenast.co.uk/wired/WIRED%202022/WIRED%20x%20QinetiQ%20report_Transforming%20Defence.pdf

Kuantum Teknolojisi

Genel olarak kuantum teknolojisi henüz olgunluğa ulaşmamış olsa da askeri algılama, şifreleme ve iletişimin geleceği için önemli sonuçlar doğurma potansiyeli taşıyor. Kuantum bilişim, düşmanın sınıflandırılmamış, sınıflandırılmış veya hassas bilgilerin şifresini çözmesine izin verebilir. Ayrıca kuantum teknolojisi ve kuantum algılama, okyanuslardaki denizaltıların tespitinde önemli iyileştirmeler sağlayabilecek çeşitli askeri uygulamalara sahip olabilir. Kuantum algılama aynı zamanda, GPS ile bozulmuş ortamlarda teorik olarak orduların tam performansla çalışmaya devam etmesine izin verebilecek alternatif navigasyon ve zamanlama seçenekleri sağlayabilir⁵.

Öte yandan, kuantum teknolojilerini kullanan gelecekteki cihazların çok düşük sıcaklıklara kadar soğutulmalarının gerekmesi, onları pahalı ve hantal hâle getirebilir. Dolayısıyla kuantum teknolojilerinin savunmada yaygın olarak benimsenmesi, malzeme bilimi ve üretim tekniklerinde önemli ilerlemeler gerektirecektir.

ABD İç Güvenlik Ajansı, Eylül 2022’de ulusal güvenlik sistemlerinin kuantum direnç algoritmalarına geçişinin 2035 yılına kadar tamamlanmasını beklediğini belirten bir siber güvenlik bildirisi yayınladı. Çin Hükümeti de 2030 yılına kadar bu alanda büyük atılımlar gerçekleştirme hedefiyle, kalkınma planlarında kuantum teknolojisi araştırmalarına giderek daha fazla öncelik veriyor. Çin 2016 yılında kuantum şifreli küresel iletişim sağlamak için dünyanın ilk kuantum uydusu “Micius”u fırlattı ve Pekin ile Şangay arasında 2.000 kilometre uzunluğundaki bir kuantum ağının inşasını tamamlayarak karasal kuantum iletişim ağlarına büyük yatırımlar yaptı. Bu ağı ülke çapında genişletmeyi planlayan Pekin, özel askeri-sivil projeler entegrasyonu için askeri uygulamalarda kuantum teknolojisini kullanma niyetini sürdürüyor¹⁶.

Ticari kuantum teknolojisindeki gelişmelerin askeri uygulamalar için ne ölçüde kullanılabileceği, mevcut yöntemlerle şifrelenmiş verileri korumak için yeterli önlemlerin alınıp alınmadığı, kuantum teknolojilerinin askeri uygulamalarındaki gelişimin düzeyi ve kuantum askeri uygulamalarının geliştirilmesi için katlanılan finansmanın makul olup olmadığı gibi sorulara verilecek yanıtlar, 2023 ve sonrasında kuantum teknolojisine dayalı savunma sistemlerinin gelişim trendlerini belirleyecektir¹⁶.

Yakın vadede kuantum biliminin özellikle hava kuvvetleri için başarabileceği en önemli husus ise, pahalı ve eskiyen küresel konumlandırma sistemini geride bırakmasını sağlamak olarak görülüyor¹⁹. Kuantum navigasyon sistemleri çok yüksek doğruluğa izin verebilir ve karıştırılmazlar. Sürüklenme oranları, geleneksel (ataletsel) ölçüm birimlerinin sahip olduğundan çok daha düşüktür ve bu da hava kuvvetlerine GPS’in yasak olduğu bir ortamda çalışırken çok önemli bir fayda sağlıyor. Aslında, prototip kuantum navigasyon ve zamanlama sistemleri zaten mevcut, ancak bunlar birçok uçak, füze ve insansız hava aracı için çok büyük boyuttalar. Uzmanlar yakın zamanda küçülmeleri için hava kuvvetlerinin mütevazı sayılabilecek bir düzeyde yatırım yapmasının yeterli olacağı görüşündeler.

Denizcilik 4.0

Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde Denizcilik 4.0 da hızla ilerliyor. Gemiler Denizcilik 4.0 teknolojileri çerçevesinde daha iyi koordinasyon ve bakım ile tasarlanıp inşa edilebiliyor ve bu sayede verimlilik artışı yaşanıyor. 2022’de 693 milyon dolar değerinde olan dijital tersane pazarının 2030’da yüzde 19’luk yıllık bileşik büyüme oranı ile 3,9 milyar dolara çıkması bekleniyor⁷.

Denizcilik 4.0’ın gelişiminde üç temel teknoloji -yapay zekâ, makine öğrenmesi ve dijital ikiz teknolojileri- rol alıyor. Küresel profesyonel hizmetler firması Lloyd’s Register, “gemi inşa değer zincirinin, yapay zekâ ve

19 http://cdn.govexec.com/media/gbc/docs/do_ebook_oct15%282%29.pdf

makine öğrenmesi tabanlı teknolojilerin akışından gelen verileri paylaşarak ve entegre ederek daha iyi kararlar alma ve daha akıllı varlıklar sunma konusunda güçlendirilebileceğini” düşünüyor.

Uluslararası Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretim Konferansı’nda yayınlanan *Procedia Manufacturing* dergisinde yakın zamanda yapılan bir araştırmaya göre, Denizcilik 4.0 şunları sağlıyor²⁰:

- Gerçek verilerin karar vermeye otomatik entegrasyonu,
- Tasarım, üretim ve operasyon için bağlantılı teknolojilerin benimsenmesi ve uygulanması,
- Emisyonlar, sualtı gürültüsü ve malzeme kullanımı dahil olmak üzere üretim, işletme ve imha ile ilgili gemilerin çevresel etkisinin azaltılması,
- Uygun fiyatlı ve sürdürülebilir operasyon,
- Riskin azaltılması, emniyet ve güvenliğin artırılması.

Türkiye’nin Savunma Sanayii 2023 Hedefleri

2023 yılında 6 milyar dolar ihracat hedefi belirleyen Türkiye savunma sanayii son yıllarda yakaladığı ivmeyi sürdürme azmiyle çalışmayı sürdürüyor. T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığına (SSB) gerçekleştirilen “Savunma Sanayii 2023 Hedefleri” başlıklı basın toplantısında verilen bilgilere göre, 2023’te Türkiye savunma sanayiinin hedefleri arasında şunlar yer alıyor²¹:

Havacılık ve uzayda;

- Milli Muharip Uçak hangardan çıkarılıp tüm dünyaya gösterilecek.
- Jet Eğitim ve Hafif Taarruz Uçağı **Hürjet** ilk uçuşunu yapacak.
- Muharip İnsansız Savaş Uçağı **Bayraktar Kızılelma**’nın çeşitli uçuş manevra testleri ve mühimmat entegrasyonları gerçekleştirilecek.
- ÖZGÜR projesi kapsamında aviyonik modernizasyonu tamamlanacak ilk F-16 uçakları teslim edilecek.
- Özgün helikopterimiz **Gökbey**’in ilk teslimatları Jandarma Genel Komutanlığına gerçekleştirilecek.
- **BOYGA**, **TOGAN** gibi çeşitli fonksiyonlara sahip Mini İHA’lar geliştirilerek İHA ailemize kazandırılmıştır ve kısa zamanda yeni ürünler ile bu ailemiz genişleyecek.
- Çok Maksatlı Amfibi Hücum Gemisi **Anadolu**’da konuşlandırılacak **Bayraktar TB3 SİHA** ilk uçuşunu yapacak.
- 6’ncı ve son P-72 Deniz Karakol Uçağı teslimatıyla **Meltem-3** projesi tamamlanacak.
- Milli ve yerli üretim LNA modülüne uzayda tarihe kazandırılıp gemilerin konum ve rota bilgilerinin elde edilmesini sağlayacak **KILIÇSAT** Küp Uydusu uzaya fırlatılacak.
- **İMECE** Yer Gözlem Uydusu uzaya fırlatılacak.

Deniz projelerinde;

- En büyük askeri gemimiz olacak Çok Maksatlı Amfibi Hücum Gemisi **Anadolu** kullanıma sunulacak.
- Denizde İkmal Muharebe Destek Gemisi (DİMDEG) **Derya** teslim edilecek.
- İ sınıfı fırkateynlerin ilki olan **İstanbul** hizmete alınacak.
- Yeni tip denizaltıların ilki olan **Piri Reis** hizmete alınacak.

Kara araçları, silah ve mühimmat projelerinde;

- Zırhlı Amfibi Hücum Aracı **ZAHA**’nın ilk teslimatı gerçekleştirilecek.
- Yerli Motorlu **Vuran**, 8x8 Tekerlekli Konteyner Taşıyıcı Araçlar ve **Amazon** zırhlı araçlarının ilk teslimatları yapılacak.

20 <https://www.naval-technology.com/homepage/maritime-4-0-shapes-the-digital-shipyard-of-the-future/>

21 <https://www.aa.com.tr/tr/savunma-sanayisi/guclenen-turkiyenin-yukselen-yildizi-savunma-sanayisinden-6-milyar-dolarlik-ihracat-hedefi/2782242#>

- Yurtdışı ihracat lisansına tabi bazı alt sistemlerin yerleştirilmesinin ardından ilk **Altay** tankının üretimi tamamlanacak.
- Hava savunma, silah, füze ve mühimmat alanında uzun menzilli hava ve füze savunma sistemimiz **Siper** hizmete verilecek.
- **Bozdoğan** Görüş İçi ve **Gökdoğan** Görüş Ötesi hava-hava füzelerinin ilk teslimatları yapılacak. **Gökdeniz** Yakın Hava Savunma Sistemi gemilere entegre edilmeye başlanacak.
- **Karaok** tanksavar füzeleri ilk kez envantere girecek.
- **Şimşek** Hedef Uçağı seyir füzesi konfigürasyonu ile ilk kez teslim edilecek.
- Denizaltı torpidosu **Akya**'nın seri üretimine başlanacak.
- Elektronik sistemlerde, AESA Burun Radarı ilk kez AKINCI TİHA'da kullanılacak ve radarın ilk defa F-16'lara entegrasyonuna başlanacak.
- Yerli ve milli Elektronik Harp Podu ve Elektronik Destek Podu F-16'lara entegre edilerek kullanılmaya başlanacak.
- Erken İhbar Radar Sistemi **Eralp**'in ilk teslimatları yapılacak.
- **Mert** Taşınabilir Elektronik Taarruz Sistemleri ilk kez kullanıma sunulacak.
- Kent Güvenlik Yönetim Sistemi ve Plaka Tanıma Sistemi Projesi kapsamında bütün kurulumlar tamamlanacak. 