



## NAVİGASYON SAVAŞLARI





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

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) Başkanı Prof. Dr. İsmail Demir, Kasım 2019’da Türk savunma sanayii açısından kilometre taşı olabilecek bir projeyi duyurmuştur. Söz konusu proje, STM Savunma Teknolojileri, Mühendislik ve Ticaret A.Ş. (STM) tarafından geliştirilecek Küresel Konumlanma Sistemi Bağımsız Otonom Seyrüsefer Sistemi’dir (KERKES). KERKES bir “sürü İHA” projesidir ancak projenin asıl önemli özelliği İHA’ların GPS olmayan ortamlarda da görevlerini sürü konseptinde icra edebilecek olmasıdır.

Prof. Dr. İsmail Demir projenin önemini şöyle özetlemiştir: “Geleceğin harekât ortamına bugünden hazırlanıyoruz. Yapay zekâ destekli sürü İHA kabiliyetinden sonra, İHA’ların GPS olmayan ortamda da görev yapacağı KERKES Projesi’ni başlattık. Dünyada sayılı ülkenin üzerinde çalıştığı bu teknolojiyle, haberleşmenin olmadığı durumda sensörlerden alınan veri ve görüntüler işlenerek konum kestirimi yapılacak, yapay zekâ ve derin öğrenme teknikleriyle tespit edilen hedef vurulacak.”

SSB Başkanı’nın altını çizdiği gibi geleceğin harekât ortamında bu tür sistemlere büyük görev düşebilir. Zira dünyada “Navigasyon Savaşı” denilen görece yeni bir kavram giderek yaygınlaşmaktadır. GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou gibi Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems –GNSS) gelişmiş savunma sistemlerinde hayati rol oynamaya başladığından beri, savunma alanında tedbir ve karşı

tedbirlerin geliştirilmesi için büyük bir rekabet başlamıştır. Bugün Türkiye dahil belli ülkelerin savunma sanayileri düşman silah sistemleriyle GNSS arasında bağlantıyı kesen, karıştıran ve aldatan onlarca sistem geliştirmiştir. Bu nedenle KERKES gibi GNSS’den bağımsız sistemlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu analizde Elektronik Savaşın önemli bir unsuru olan “Navigasyon Savaşı” konusunda atılan adımlar ve bu alandaki gelecek planları gözden geçirilecektir. Bu amaçla ikinci bölümde Navigasyon Savaşının tanımı yapılacak ve GNSS sistemlerinin mevcut durumu aktarılacaktır. Üçüncü bölümde ise dünyada ve Türkiye’de Navigasyon Savaşında savunma ve saldırı amaçlı geliştirilen sistemlerin yanı sıra alternatif çözümler incelenecektir. Dördüncü ve son bölümde ise Navigasyon Savaşının geleceğine ilişkin olası senaryolara göz atılacaktır.

## 2. BİR ELEKTRONİK SAVAŞ YÖNTEMİ OLARAK “NAVİGASYON SAVAŞI”

Dünyada Navigasyon Savaşına yönelik ilk kurum olan ABD Müşterek Navigasyon Savaşı Merkezi (Joint Navigation Warfare Center –JNWC), Navigasyon Savaşını şöyle tanımlamaktadır: “Uzay, Siber Uzay ve Elektronik Savaş



operasyonlarının koordineli kullanımı yoluyla konumlama, navigasyon ve zamanlama bilgilerini sağlamak ve önlemek için planlı savunma ve saldırı eylemi<sup>[1]</sup>. Daha basit bir ifadeyle Navigasyon Savaşı, küresel navigasyon uydu sistemi (GNSS) sinyallerine erişebilirken düşmanların buna erişimine izin vermeme mücadelesidir.

Bu tanımdan yola çıkıldığında Navigasyon Savaşı, Elektronik Savaşın bir alt bileşenidir. Elektronik Savaş, “Elektromanyetik ve yönlendirilmiş enerjiyi kullanarak elektronik spektrumu kontrol altına almak ve düşmana saldırmak amacıyla gerçekleştirilen askeri harekât<sup>[2]</sup> olarak tanımlanmaktadır. Elektromanyetik spektrum ise tanım itibarıyla “Elektromanyetik radyasyon frekanslarının sıfırdan sonsuzluğa uzanan aralığıdır”. Fakat bu sonsuz aralık kullanım kolaylığı ve standardizasyon açısından 26 harf ile bölümlendirilmiştir<sup>[3]</sup>. Ayrıca bu geniş aralık ticari kullanıma açıktır ve başta mobil teknolojiler olmak üzere, ticari açıdan kullanılmaktadır.

Sivil ve askeri alanda kullanımının yaygınlaşmasıyla elektromanyetik spektrum her geçen gün daha karmaşık hâle gelmekte, yoğun olarak kullanılmakta ve daha fazla talep görmektedir. Bu durum yarattığı veya yaratabileceği teknik sıkıntılarının yanı sıra güvenlik endişelerini de beraberinde getirmiştir. Nitekim savunma açısından bakıldığında, teröristler ve terör örgütlerinden büyük devletlere kadar hemen her türlü silahlı güç odağının bu modern teknolojiye yararlandığı görülmektedir. Bu nedenle elektromanyetik spektrumun korunması ve mümkünse bu alana hâkim olunması gerekliliği düşüncesi ön plana çıkmaktadır<sup>[3]</sup>. Ancak elektromanyetik spektrum radyo dalgalarından mikro dalgalara, kızılötesinden morötesine ve gama ışınlarına kadar uzanan geniş bir aralıktadır ve kontrol altına almak o kadar da kolay bir iş değildir.

GNSS ise elektromanyetik spektrumun sadece L-bandında sinyallerini iletmektedir. L-Bandi dalgaları, bulut, sis, yağmur, fırtına ve bitki örtüsünden geçebildiği için tüm hava koşullarında gece-gündüz doğru veri aldığı için tercih edilmektedir<sup>[4]</sup>.

Bu açıdan bakıldığında Navigasyon Savaşı, Elektronik Harbin sadece bir unsurudur. Zira nihayetinde Navigasyon Savaşı, elektromanyetik spektrumun sadece belli bir bandında yürütülen bir mücadeledir. Ancak söz konusu bant üzerinde yürütülen mücadele, Elektronik Harbin önemli bir kesimini kapsamakta ve bu alan gide-rek genişlemektedir.

Çünkü askeri sistemler günümüzde Komuta, Kontrol, Haberleşme, Bilgisayar, İstihbarat, Keşif ve Gözetleme (C4ISR) operasyonlarının ve hassas güdümlü mühimmatların yönlendirilmesinde hiç olmadığı kadar GNSS’e güvenmektedir. Bu nedenle düşman faaliyetlerinin de odak noktası hâline gelmiştir. Nitekim ABD Savunma Bakanlığı artan tehditler üzerine, 2014 yılında Elektronik Savaş stratejisine Navigasyon Savaşını da eklemiştir<sup>[5]</sup>.

## 2.1 Küresel GNSS Sistemleri

Navigasyon Savaşının önem kazanmasının nedeni, GNSS sistemlerinin belli ülkelerin ve ülke gruplarının kontrolünde olmasıdır. Bu bölümde söz konusu

sistemlerin özellikleri incelenecektir. Hâlen dört küresel, iki adet de bölgesel navigasyon uydu sistemi aktif hâdedir. Söz konusu sistemlerin sahip olduğu uydu sayısı toplamda 100’ü aşmıştır<sup>[6]</sup>. Bunların dışında Güney Kore<sup>[7]</sup> ve İngiltere<sup>[8]</sup> gibi bazı ülkeler bölgesel navigasyon sistemi kurma çalışmaları başlatacağını duyurmuşlardır. Türkiye de Milli Uzay Programı’na “Türkiye’ye ait bir “Bölgesel Konumlama ve Zamanlama Sistemi” (BKZS) geliştirmeyi almıştır<sup>[9]</sup>. TÜRKSAT ve TUSAŞ da bölgesel bir konumlama ve navigasyon sistemi üzerinde çalışmalar yürütmektedir<sup>[10]</sup>.

### 2.1.1 GPS

#### KÜNYE: Küresel Konumlama Sistemi (GPS)<sup>[11]</sup>, [12], [13]

Menşe Ülkesi: ABD

İşletici Kuruluş: ABD Uzay Kuvvetleri

Kullanım Tipi: Askeri-Sivil

Kapsama Alanı: Küresel

Aktif Uydu Sayısı: 31

İlk Uydu Fırlatma: 1978

Yörünge Yüksekliği: 20.180 km

Yörünge Sayısı: 6

Ana Frekans Bandı: L5

Hassasiyet: 30 cm-5 metre

Maliyeti: 12 milyar dolar

Yıllık İşletim Maliyeti: 750 milyon dolar

Tarihte geliştirilen ilk GNSS olan GPS en yaygın kullanılan konumlama sistemidir. GPS, sürekli kapsama alanı sağlamak için yaklaşık 20.000 kilometre irtifada altı farklı yörüngede sürekli aktif 24 (Dünya’yı günde iki kez turlamaktadırlar) ve 7 yedek uydudan oluşan bir takım uydudur. ABD, sistemi sürekli aktif tutmak için ömrünü tamamlamış uyduları yenileriyle değiştirmektedir. Bu yüzden GPS farklı teknolojilere sahip uydu ailelerinden oluşmaktadır. Hâlen Blok II R, II RM ve II F ailelerinden uydular faaliyet göstermektedir<sup>[14]</sup>. Blok II serisinin sonuncusu olan Blok II F, Boeing tarafından geliştirilmiş 12 uydudan oluşmaktadır. Bu serinin ilk uydusu 2001, sonuncusu ise 2016 yılında uzaya gönderilmiştir. 2.51x2.06x1.8 m boyutlarında ve 1.633 kilogram ağırlığındaki Blok II F uyduları ortalama 12 yıl ömürlüdür ve 60 gün boyunca otonom operasyonlar yapabilmektedir. Askeri ve sivil kullanıma göre esnek yapıya sahip uydular yeryüzündeki nesnelerin yerini 30 santimetre sapmayla tespit edebilmektedir<sup>[13]</sup>.

ABD, GPS’in üçüncü nesil uydularını da yörüngeye yerleştirmeye başlamıştır. Lockheed Martin tarafından geliştirilen GPS III uydularının ilki 2018 yılında yörüngeye yerleştirilmiştir. Beşincisi Temmuz 2021’de uzaya gönderilen GPS III, 10 adet uydudan oluşacaktır. GPS III’ün son uydusunun 2023 veya 2024’te uzaya gönderilmesi planlanmıştır. Lockheed Martin ile ABD Uzay Kuvvetleri arasındaki anlaşma serinin 30 uyduya kadar çıkabileceği yönündedir<sup>[15]</sup>.

GPS III uydularının 10-12 yıl ömürlü önceliklere göre daha uzun ömürlü (15 yıl) ve daha düşük maliyetli, daha

hassas ve daha güvenli olması planlanmıştır. Çift frekanslı iletim sistemiyle iyonosferik hata paylarını ortadan kaldıran GPS III, sinyal bozma girişimlerine karşı M-code adı verilen özel bir sinyal kullanmaktadır. Yeni uyduların sinyal gücünün ilk GPS uydularına göre 100 kat daha fazla olduğu kaydedilmektedir<sup>[16]</sup>.

GPS faaliyetleri için kullanıcıların veri göndermesi gerekmemektedir. Sistemin çalışması için yeryüzünde telefon veya internet gibi bir telekom altyapısına ihtiyaç yoktur, bunlardan tamamen bağımsız olarak faaliyet göstermektedir. Bu özellikleri GPS'in konumlama bilgilerini daha kullanışlı hâle getirmektedir. Bu nedenle kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Cep telefonlarından navigasyon cihazlarına ve liman vinçlerine kadar pek çok cihaz ve araçta GPS verileri kullanılmaktadır. GPS'in kullanıcı sayısının dört buçuk milyarı geçtiği ifade edilmektedir<sup>[17]</sup>.

Askeri amaçlarla geliştirilmiş olmasına rağmen 1980'lerden itibaren sivil kullanıma açılmıştır. GPS alıcısı olan tüm cihazlar bu GNSS'in hizmetinden ücretsiz olarak yararlanabilir. Ancak ABD hükümeti 1999'da Kargil Savaşı'nda Hindistan ordusuna karşı başvurduğu gibi erişimi engelleyebilir<sup>[18]</sup>. Bu nedenle bazı ülkeler ve ülke grupları kendi GNSS sistemini geliştirmiş veya geliştirmeyi planlamaktadır.

## 2.1.2 GLONASS

### KÜNYE: GLONASS Küresel Navigasyon Uydu Sistemi<sup>[19], [20], [21]</sup>

Menşe Ülkesi: Rusya  
 İşletici Kuruluş: Roscosmos  
 Kullanım Tipi: Askeri-Sivil  
 Kapsama Alanı: Küresel  
 Planlanan Uydu Sayısı: 26  
 Aktif Uydu Sayısı: 24  
 İlk Uydu Fırlatma Tarihi: 12 Ekim 1982  
 Son Fırlatma Tarihi: 25 Ekim 2020  
 Yörünge Yüksekliği: 19.130 km  
 Yörünge Sayısı: 3  
 Frekans Bantları: L1 ve L2  
 Hassasiyet: 2,8 metre-7.38 metre  
 Maliyeti: 11.81 milyar dolar  
 Yıllık İşletim Maliyeti: Belirsiz<sup>[20]</sup>, NaviPedia<sup>[21]</sup>

GLONASS, Sovyetler Birliği'nin, ABD'nin GPS sistemine yanıt olarak geliştirdiği ve ilk olarak 1995 yılında aktif hâle gelen küresel konumlama sistemidir. Hâlen birinci neslinin çeşitli varyantlarını kullanan takımuydu sistemi, 2022 yılından itibaren GLONASS K2 adı verilen yeni nesil uydu sistemine geçecektir. Yeni nesil uyduların ilkinin 2022 yılında fırlatılacağı belirtilmektedir<sup>[22]</sup>. Daha güçlü, daha büyük ve iki kat daha ağır (1.800 kg) olacağı belirtilen ve daha önceki uyduların en çok eleştirilen zafiyeti olan 3-5 metrelik hassasiyeti 1 metrenin altına indireceği söylenen yeni neslin 2030 yılında tamamıyla eskisinin yerini alması beklenmektedir<sup>[23]</sup>.

GPS gibi başlangıçta askeri amaçla geliştirilen GLONASS, Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra

sivil amaçlarla da kullanılmaya başlanmış ancak dar kapsama alanı, düşük hassasiyeti ve Rusya'nın pazarlama konusundaki isteksizliği nedeniyle GPS kadar geniş bir kullanıcı ağına ulaşamamıştır. Rusya hükümeti 2011'den başlayarak bir dizi tedbir alarak GLONASS'ın ticari kullanımını yaygınlaştırmaya çalışmaktadır. Buna göre özellikle ülke topraklarında deniz, kara, demiryolu ve hava ulaşımında kullanılan tüm araçların ve ülkede satılan akıllı cep telefonlarının GLONASS bağlantılı olması zorunlu kılınmıştır. Ancak araçlar ve cep telefonlarında başka GNSS servislerinin de kullanılması mümkündür.

GLONASS, özellikle GPS'in erişiminin sınırlı olduğu kutup bölgelerinde etkilidir. Ancak Rus hükümeti sistemin küresel kullanıma açılması için bir dizi yatırım yapmış, Brezilya ve Endonezya'ya kurulan istasyonlar, GPS ve BeiDou ile yapılan sözleşmelerle GLONASS'ı tam anlamıyla küresel bir servis hâline getirmiştir.

## 2.1.3 Galileo

### KÜNYE: Galileo Küresel Navigasyon Uydu Sistemi<sup>[24], [25], [26]</sup>

Menşe: Avrupa Birliği  
 İşletici Kuruluş: EUSPA, ESA  
 Kullanım Tipi: Sivil-Ticari  
 Kapsama Alanı: Küresel  
 Aktif Uydu Sayısı: 24  
 Planlanan Uydu Sayısı: 30  
 İlk Uydu Fırlatma Tarihi: 2011  
 Son Fırlatma Tarihi: 25 Ekim 2020  
 Yörünge Yüksekliği: 23.222 km  
 Yörünge Düzlemi Sayısı: 3  
 Frekans Bandı: E1 E5a, E5s, E6\*  
 Hassasiyet: 1 metre (halka açık)-1 cm (şifrelenmiş)  
 Maliyeti: Yaklaşık 16,2 milyar avro  
 Yıllık İşletim Maliyeti: Belirsiz  
 \* Söz konusu frekans bantları L bantlarıdır. Avrupa'da bu harfle adlandırılması tercih edilmiştir.

Avrupa Birliğinin geliştirdiği Galileo Küresel Navigasyon Uydu Sistemi, tümüyle sivil kullanıma açılmış tek GNSS sistemidir. 18 uydusuyla 2016'da hizmet vermeye başlayan Galileo bugün yedek uydularıyla birlikte 24 uydudan oluşan bir takımuyduya sahiptir. Galileo, GPS'den daha yüksek hassasiyeti ile dikkat çekmektedir<sup>[27]</sup>. Çok hassas atomik saatlere, dijital sinyal işlemeye ve uzun bir ömre sahip uydunun inşası için büyük çaba harcanmıştır. Yoğun referans istasyonları ağı ve yedekli kontrol istasyonlarıyla birlikte Galileo, gelecekte diğer sistemlerden daha iyi konumlama performansı sunma potansiyeline sahiptir<sup>[25]</sup>.

Galileo'nun yeni nesli için de harekete geçilmiştir. Thales ile Airbus işbirliğinde geliştirilen yeni nesil uydular, 2,3 ton ağırlığında, 15 yıl ömürlü, elektrik tahrikli olacaktır. Görev yükü farklı ihtiyaçlara göre uyarlanabilir şekilde tasarlanan yeni nesil uyduların altı uyduluk ilk partisinin fırlatılmasına 2024 yılında başlanacaktır. Yakında arama-kurtarma hizmeti vermeye başlayacaktır<sup>[28]</sup>.

Yeni nesil uydulara aktarıcılar da konulacak ve bunlar Dünya'dan gelen acil durum sinyallerini alarak ilgili kuruluşlara bildirecektir<sup>[29]</sup>.

Galileo'nun E1, E5 ve E6 olarak adlandırılan başlıca üç farklı frekans bandı üzerinden hizmet vermesi planlanmıştır. E bandında gibi görünse de aslında bunlar da L bandında bulunmaktadır. E1 bandında bulunan E1 ve E2 sinyalleri ile Kamu Hizmeti (PRS) sağlanmaktadır. 1575,42 MHz frekanslı L1 sinyali ise Açık Hizmet (OS), Hayat Güvenliği (SoL) ve Ticari Hizmet (CS) sunmaktadır<sup>[10]</sup>.

Galileo görece yeni bir servis olmasına rağmen yüksek hassasiyeti nedeniyle hızla popülerlik kazanmaktadır. Nisan 2021 itibarıyla Galileo yüklü cihaz kullanıcılarının sayısının iki milyarı geçtiği bildirilmektedir<sup>[30]</sup>.

Galileo gelecekte daha da yaygın kullanım bulabilir. Çünkü Galileo'nun diğer sistemlere göre en büyük avantajı bağımsız olmasıdır. Diğer sistemlerin her biri ülkenin ordusunun bir parçasını oluşturduğundan, siyasi çatışmalar sırasında her sistem kullanılamaz. GNSS birçok uygulamada kritik bir altyapı hâline geldiğinden, bir uydu navigasyon sisteminin kontrolünün sürekliliği büyük önem taşımaktadır. Bu sayede tüm Galileo servisleri diğer GNSS uygulamalarından bağımsız olarak kullanılabilir.

Galileo sivil kullanıcılar için daha geniş bir hizmet yelpazesine de sahiptir. Galileo, açık hizmetine (OS) ek olarak, gelişmiş performans garantileri için ticari bir hizmet (CS), devlet kurumları için kamu tarafından düzenlenen bir hizmet (PRS) ve acil durum müdahaleleri için bir arama ve kurtarma hizmeti (SAR) sunmaktadır. Bu şekilde Galileo, belirli performans seviyeleri gerektiren çeşitli alanlarda farklı uygulamaları destekleyebilir<sup>[25]</sup>.

### 2.1.4 BeiDou

#### **KÜNYE: BeiDou Küresel Navigasyon Uydu Sistemi**<sup>[31], [32], [33]</sup>

Menşe Ülke: Çin  
İşletici Kuruluş: CNSA  
Kullanım Tipi: Askeri, Ticari  
Kapsama Alanı: Tüm Dünya  
Aktif Uydu Sayısı: 35  
İlk Uydu Fırlatma Tarihi: Ekim 2000  
Son Fırlatma Tarihi: Haziran 2016  
Yörünge Yüksekliği: 5 uydu 35,785 km / 27 Uydu 21,528 km  
Yörünge Düzlemi Sayısı: 3  
Frekans Bandı: L1, L2, L3/L5  
Hassasiyet: 2,6-3,6 metre (halka açık)-10 cm (şifrelenmiş)  
Maliyeti: 12 milyar avro  
Yıllık İşletim Maliyeti: Belirsiz

Haziran 2020'de tümüyle aktif hâle gelen Çin'in Küresel Navigasyon Uydu Sistemi BeiDou, ülkenin askeri ve sivil amaçlı GNSS sistemidir. Çin'in böyle bağımsız bir GNSS hizmetine ihtiyacı olduğu görüşü, ABD'nin 1996'daki Üçüncü Tayvan Boğazı Krizi sırasında GPS sistemini

Çin'in askeri kullanımına geçici olarak kapatmasından sonra gündeme gelmiştir. Çin'in uyarı amaçlı attığı üç füzeden ikisi GPS sinyallerinin aniden kaybolması nedeniyle isabetli olmamıştır<sup>[34]</sup>. Bunun üzerine Çin kendi GNSS sistemini kurma kararı almış, ABD'nin teknoloji transferine izin vermemesi üzerine AB ile Galileo GNSS sistemi kurulumunda işbirliğine giderek sistem için gerekli atomik saat gibi çift kullanımlı teknolojileri transfer edebilmiştir. BeiDou'nun yüzde 40 kapasitesinin askeri faaliyetlere ayrıldığı belirtilmektedir. Tamamen sivil amaçlı Galileo'yu teknoloji transferi için kullanması Çin ile AB ilişkilerinin gerginleşmesine yol açmıştır<sup>[35]</sup>.

Avrupa Birliği'nin Galileo GNSS sistemi ile hemen hemen aynı dönemde geliştirilen BeiDou, üç aşamada küresel bir servis hâline gelmiştir. Sistem öncelikle Çin'in coğrafi konumundan ötürü Asya-Pasifik bölgesi odaklıdır. Daha sonra yer istasyonları ve uyduların sayıları artırılarak küresel hâle getirilmiştir. Üç fazdaki gelişme BeiDou'nun farklı irtifalarda üç farklı yörünge düzlemi üzerinde uydulardan oluşan bir takımuydu hâline gelmesine yol açmaktadır. BeiDou'nun bazı uyduları Orta Dünya Yörüngesi'nde (MEO), bazıları Eğik Yer Eş Zamanlı Yörüngede (IGEO), bazıları ise Yer Eşzamanlı Yörüngede (GEO) bulunmaktadır. Yüksek irtifadaki uydular BeiDou'nun küresel hizmet sağlamasına yöneliktir.

En yeni GNSS olmasına rağmen, BeiDou'nun kullanımını her geçen gün artmaktadır. Mayıs 2021 itibarıyla servisin 120 ülkede 100 milyondan fazla cihazda kullanıldığı ifade edilmektedir<sup>[36]</sup>. Çin'in 2025 yılına kadar servisten sadece iç pazarda 156 milyar dolarlık gelir elde etmeyi planlandığı belirtilmektedir<sup>[37]</sup>.

## 2.2 Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemleri

### 2.2.1 QZSS

#### **KÜNYE: Quasi-Zenith Uydu Sistemi (QZSS)**<sup>[33], [38], [39]</sup>

Menşe Ülke: Japonya  
İşletici Kuruluş: JAXA  
Kullanım Tipi: Sivil  
Kapsama Alanı: Bölgesel  
Aktif Uydu Sayısı: 4 (Gelecekte 7 olacak)  
İlk Uydu Fırlatma Tarihi: Eylül 2010  
Yörünge Yüksekliği: Yaklaşık 32.000 km-40.000 km  
Yörünge Düzlemi Sayısı: 2  
Frekans Bandı: L1 C/A, L1C, L2C, L5, L1-SAIF, LEX  
Hassasiyet: 1-7,5 metre  
Maliyeti: 1,57 milyar dolar  
Yıllık İşletim Maliyeti: Belirsiz

GPS'i yoğun olarak kullanan Japonya, yoğun kentsel alanlarda GNSS kullanımı sırasında karşılaşılan sorunları gidermek ve kendi uydu tabanlı konumlama kabiliyetini oluşturmak için Quasi-Zenith Uydu Sistemi (QZSS) adı verilen bir bölgesel konumlama sistemi kurma çalışmalarına devam etmektedir. Japonya'nın QZSS projesine başlamasındaki temel amaç, özellikle şehirlerde GPS

kullanımı sırasında karşılaşılan sinyal gölgelenmesinden ve yansımalarından kaynaklı hataları azaltmaktır. Doğu Asya ve Okyanusya'yı kapsama alanına alan QZSS, tek başına hareket etmemekte ancak diğer GNSS servislerine ek uydu görevi üstlenmektedir.

## 2.2.2 NavIC

**KÜNYE:** NavIC<sup>[33], [39], [40], [41]</sup>

Menşe Ülke: Hindistan

İşletici Kuruluş: ISRO

Kullanım Tipi: Askeri, Ticari

Kapsama Alanı: Bölgesel (Hindistan sınırlarından itibaren 1.500 kilometre çapındaki bölge)

Aktif Uydu Sayısı: 8 (Gelecekte 11 olacak)

İlk Uydu Fırlatma Tarihi: Temmuz 2013

Son Uydu Fırlatma Tarihi: 12 Nisan 2018

Yörünge Yüksekliği: Yaklaşık 36.000 km

Yörünge Düzlemi Sayısı: 2

Frekans Bandı: L1 C/A, L1C, L2C, L5, L1-SAIF, LEX

Hassasiyet: 1 metre (şifresiz), 10 cm (şifreli)

Maliyeti: 315 milyar dolar

Yıllık İşletim Maliyeti: Belirsiz

Eski adı Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS) olan NavIC (Hindistan Takımyılduzu ile Navigasyon) özerk bölgesel uydu navigasyon sistemidir. Hindistan ve 1.500 km çapındaki çevre ülkeleri kapsayan hassas gerçek zamanlı konumlama ve zamanlama hizmetidir. Sistemin kapsadığı alan kuzeybatıda Türkiye'nin Anadolu topraklarından güneybatıda Kore yarımadasına, güneydoğuda Batı Avustralya eyaleti topraklarından batıda Afrika'nın doğu kıyısının neredeyse tamamına kadardır<sup>[42]</sup>. Bu kapsamın daha da geliştirilmesi planlanmaktadır.

NavIC, 1999 yılındaki Kargil Savaşı'nda ABD'nin bölge hakkında GPS bilgisi talebini reddetmesi üzerine Yeni Delhi hükümetinin kararıyla geliştirilmesine karar verilmiş bir sistemdir. Dolayısıyla özellikle askeri amaçlarla hayata geçirilen bir sistemdir. Diğer GNSS'lerden konumlama, navigasyon ve zamanlama (PNT) hizmeti alınmadığı durumlarda özellikle güdümlü füzelerin NavIC sinyalleriyle hedefe yönlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Buna rağmen Hindistan sistemin ticari kullanımının yaygınlaşması için de adımlar atmaktadır. NavIC'in, ticari araçlarda kullanımı Hindistan'da zorunlu hâle getirilmiştir. 2020 yılının ilk yarısında cep telefonlarında kullanımına izin verilmiştir. Sistemin 11 uyduya çıkarılması planlanmaktadır.

## 2.3 Navigasyon Uydu Sistemlerinin Ticari ve Askeri Alanlarda Kullanımı

Günümüzde pek çok ürün ve hizmet esasında konumlama, navigasyon ve zamanlamaya (Positioning, Navigation, Timing -PNT) dayanmaktadır. Konumlama, dünyadaki belirli noktaları belirleme kabiliyetini; navigasyon, insanları ve malları bir yerden bir yere doğru bir

şekilde yönlendirme yeteneğini; zamanlama ise olayları ve eylemleri farklı şekillerde senkronize etme olanağını ifade etmektedir. Devletler ekonomik istikrar ve özellikle ulusal savunma ve askeri operasyonları etkin bir şekilde yürütmek için bu yeteneklerin sürmesi yönünde tedbirleri almakla yükümlüdür.

PNT kabiliyetlerini sağlayan çeşitli çözümler bulunmaktadır ve GNSS bunlardan sadece birisidir. Ancak GNSS, istenilen bilgiyi gezegenin herhangi bir yerindeki herkese anında ve ücretsiz olarak güvenilir bir şekilde ve yüksek doğrulukta sağladığı için büyük avantaj sağlamakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır. GNSS'lerin zaman, konum ve hızı aktaran sinyalleri ticari faaliyetlerde, elektrik şebekesi gibi kritik öneme sahip altyapı tesislerinde; başta taşımacılık (kara, hava, deniz, demiryolu) ve depolama olmak üzere askeri ve sivil lojistik operasyonlarında, dijital hizmetlerde ve daha birçok etkinlik ve hizmet için önem taşımaktadır.

Bu bölümde GNSS sistemlerinin kullanım alanları sivil-ticari ve askeri olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

### 2.3.1 Navigasyon Uydu Sistemlerinin Sivil ve Ticari Amaçlı Kullanımı

GNSS sinyalleri kamu kuruluşlarında akademik kuruluşların bilimsel araştırmalarında ve ekonominin hemen her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. GNSS hizmetleri büyük bir ekosistem yaratmıştır. Bu nedenle bu hizmetlerin kötücül müdahalelerden korunması ekonomik ve sosyal açıdan da büyük önem taşımaktadır.

GNSS'in pazarına ilişkin rakamlar bu önemi daha net anlatmaktadır:

- Küresel gayrisafi hâsılanın yaklaşık yüzde 7'sinin GNSS bağlantılı sistemlerce üretildiği tahmin edilmektedir<sup>[43]</sup>.
- Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin toplam gayrisafi hâsılanın yüzde 11'inin, bir başka deyişle 1,3 trilyon avroluk kısmının GNSS uydularından gelen sinyallere bağlı olduğu tahmin edilmektedir<sup>[44]</sup>.
- GNSS pazarı 2019 yılı sonunda 150 milyar avroya ulaşmıştır. Bu rakamın 2029 yılında 325 milyar avroya çıkması beklenmektedir<sup>[45]</sup>.
- GNSS cihazlarının sayısı 2013'te 3,6 milyarken<sup>[46]</sup> bu sayı 2019'da 6,4 milyara<sup>[45]</sup> çıkmıştır. GNSS uyumlu cihazların sayısının 2020'de 8 milyarı geçtiği<sup>[47]</sup> ve 2029 yılında 9,6 milyara<sup>[45]</sup> ulaşacağı tahmin edilmektedir.
- İngiliz hükümeti için yapılan bir araştırmaya göre beş gün boyunca herhangi bir GNSS sinyali alınamaması hâlinde ekonominin uğrayacağı zarar 5,2 milyar poundu bulabilir<sup>[46]</sup>.
- ABD'de yapılan bir araştırma, tarımda ekim zamanı olan nisan veya mayıs aylarında GPS sinyallerinin alınmaması günde 1 milyar dolar zarara yol açabilir<sup>[48]</sup>.
- ABD'de yakın tarihte yapılan bir başka araştırmaya göre, GPS sinyallerinin bir günlük kesintisi sadece acil yardım çağrılarındaki artışla 72 milyon dolara mal



## GNSS İLE BİR GÜN

İngiliz hükümeti için London School of Economics tarafından yürütülen “GNSS Kesintisinin Ekonomiye Etkisi” başlıklı araştırmada, GNSS’in günlük yaşamdaki önemine ilişkin çarpıcı bir tablo ortaya konulmuştur<sup>[50]</sup>:

### Evdeyken:

- Güne GNSS’den kesin zaman bilgisi sağlayan bir akıllı telefondaki alarmla uyanılır.
- GNSS kullanılarak senkronize edilmiş internet veri merkezleri kullanılarak e-posta, sosyal medya ve çevrimiçi haberler kontrol edilir.
- GNSS zamanı kullanılarak senkronize edilmiş radyo sinyalleri alınarak dijital bir radyo açılır.
- GNSS ile senkronize şebekeden gelen elektrikle su ısıtıcıları çalıştırılır.
- GNSS kullanılarak kullanıcıyı takip eden bir akıllı cep telefonu uygulaması eşliğinde bir sabah koşusuna çıkılır.
- GNSS destekli geliştirilmiş hava durumu raporuna bakılır.

### Hareket Hâlindeyken:

- Sürücüler, trafik yoğunluğunu navigasyon cihazlarından kontrol eder ve en uygun rotayı seçer.
- Toplu taşımayı kullananlar GNSS tabanlı otobüs/tren takip ve yolcu bilgi sistemlerinden yararlanır.
- Yayalar ve bisikletliler GNSS tabanlı arama, rota planlama ve navigasyon kullanır.
- Akıllı telefon kullanıcıları, çeşitli popüler uygulamaları kullanarak GNSS’den türetilen konumlarına uygun olarak paylaşımlı bir aracı çağırabilir.
- Uçak, tren ve teknelerdeki yolcular, bu taşıma türlerini verimli ve güvenli bir şekilde çalıştırmak için kullanılan GNSS’den dolaylı olarak faydalanır.

### Başkalarıyla Beraberken:

- “Konumumu paylaş” işlevi kullanılarak dostlarla veya yeni tanışılan bir kişiyle buluşulur.
- Çocukların, Alzheimer hastası yakınlarının, evcil hayvanların ve bagaj, bisiklet, anahtar, cüzdan vb. kişisel eşyaların konumları izlenebilir.
- GNSS’den yararlanan artırılmış gerçeklik oyunları ve seyahat rehberleri eğlence ve kolaylık sunar.

### İşyerinde:

- Rol ve önem mesleğe göre değişse de, çoğu çalışan bir dereceye kadar GNSS kullanır.
- Tüccarlar GNSS sinyalleri sayesinde taşınan yüklerinin yerini takip edebilir, maliyet analizi yapabilir ve ürünlerini en iyi fiyata satabilir.
- Çiftçiler hassas tarım<sup>[51]</sup> için GNSS kullanmaktadır.
- İnşaat işçileri, GNSS’e güçlü bir şekilde güvenen arazi mühendislerinin girdilerini kullanarak ağır makineleri kontrol eder.

- Balıkçıların mevzuata uymak ve bol balık bulunan sulara dönmek için GNSS’e ihtiyaçları vardır.
- Ticari gemiler, GNSS’i konumlama, rota planlama, ETA tahmini ve liman programlarını güncellemek için “gökyüzündeki deniz feneri” olarak kullanırlar.
- Karayolu taşımacılığı operatörleri, operasyonları optimize eden ve arıza süresini azaltan navigasyon ve filo yönetim sistemleri için GNSS’i kullanır.
- Dükkânlar ve fabrikalar, operasyonları sürdürmek ve rafları dolu tutmak için zamanında gelen verilere güvenmektedir.
- Bilim adamları, GNSS sinyallerini çeşitli araştırmalar (örneğin, nadir bulunan vahşi yaşamın izlenmesi, tektonik plaka izleme) ve test (örneğin iyonosferik sintilasyonlar) için kullanabilirler.

### Mağazalarda:

- Süpermarketler, tam zamanında stok yönetim sistemlerini ve zamanında teslimat için GNSS tabanlı filo yönetim sistemlerini kullanır.
- GNSS daha verimli hassas tarım üretimi ve balıkçılığı mümkün kıldığı için gıda fiyatları daha düşüktür.
- İnternette satın alınan ürünler, GNSS kullanılarak verimli bir şekilde sevk edilir, planlanır ve teslim edilir.
- GNSS, yüksek değerli ve tehlikeli malların (örneğin nakit, kimyasallar) taşınmasını izlemek ve güvence altına almak için kullanılır.

### Bir Şeyler Ters Gittiğinde:

- Polis, ambulans, itfaiye, sahil güvenlik gibi kamu güvenliği hizmetleri acil durumu bulmak için GNSS kullanır, en uygun aracı gönderir ve mümkün olan en kısa sürede oraya ulaşır.
- GNSS güdümlü uydu görüntüleri ve konumlama, risk izleme ve afet müdahale planlaması için kullanılmaktadır.
- GNSS ile kişisel alarmlar, yalnız çalışanlar için güvenlik koruması ve gönül rahatlığı sağlar.

### Eve Dönüşte:

- GNSS’den türetilen bir kullanıcı konumuna bağlı akıllı ev teknolojisi (örneğin termostat), enerji tüketimini en aza indirirken evin ısıtılmasını sağlar.
- İşyerinde geçen bir günün ardından, GNSS navigasyon ve konumlama kullanılarak temel ihtiyaçlar sipariş edilebilir veya paket servisinden talepte bulunulabilir.
- TV izlemek, GNSS kullanılarak senkronize edilen yayın sinyallerine dayanır.
- Bir telefon görüşmesi için standart bir sabit hattın kullanılması, GNSS ile senkronize edilmiş şebekeye bağlıdır.



### 2.3.2 GNSS'in Askeri Amaçlarla Kullanımı

GPS ve GLONASS başta olmak üzere GNSS sistemlerinin büyük bölümü başlangıçta askeri amaçlar için geliştirilmiştir. Bugün GNSS sayesinde sağlanan doğru konumlama, navigasyon ve zamanlama hizmeti askeri faaliyetler için vazgeçilmez hâle gelmiştir. Örneğin ABD Kara Kuvvetlerinde GPS verilerine bağımlı 250.000'in üzerinde sistem bulunmaktadır<sup>[52]</sup>.

Mevcut kullanımda olan askeri seyir uygulamaları aşağıdaki faaliyetleri kolaylaştırmaktadır:

#### 2.3.2.1 Kuvvetlerin Konumlandırılması ve Konuşlandırılması

Kuvvetlerin konum bilgisi askeri süreçlerde esastır. Askeri kuvvetler, kendi birimlerinin yanı sıra düşman kuvvetlerinin konumlarını ve düşman tesislerinin konumlarını doğru bir şekilde belirlemek için geleneksel yöntemler (pusula vb.) yerine GNSS'e güvenmektedir. Bu konum koordinatları, arazi durumu hakkında farkındalığı artırmak için büyütülebilir, iki veya üç boyutlu hâle getirilebilir ve diğer birimlerle paylaşılabilir. GNSS sistemleri, uygun ekipmanlarla müttefik ve düşman birimlerinin yerlerinin belirlenmesini basit bir göreve dönüştürebilir.

#### 2.3.2.2 Kuvvetlerin Seyri

Uydu navigasyonu, düşman topraklarında seyrüsefer amacıyla askeri görevlere uygulanır ve özellikle gece görevlerinde yeterli ışığın olmadığı durumlarda önemlidir. Uydu navigasyonu aynı zamanda konvoyların hareketlerini planlamak ve izlemek için kullanılırken, yaralı askerlerin arama ve kurtarma operasyonlarında müdahale süresini de önemli ölçüde kısaltmaya yarar. Uydu navigasyonu, askeri kuvvetler tarafından kara navigasyonu, havacılık navigasyonu ve deniz navigasyonu için kullanılır.

#### 2.3.2.3 Komuta Kontrol

GNSS'in komuta ve kontrol üzerinde, telsizden icadından bu yana görülmeyen, oyunun kurallarını değiştiren bir etkisi olmuştur. Kesin konum ve zaman bilgilerinin erişilebilir olmasıyla gerçek zamanlı durumsal farkındalık ve zamana duyarlı hedef angajmanları yürütme yeteneği artık komutanlara verilmektedir<sup>[53]</sup>. GNSS teknolojisi özellikle coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS) köklü değişikliğe yol açmakta ve gelişmiş görselleştirme olanakları sunarak komuta kontrole etkili durumsal farkındalık sağlamaktadır<sup>[54]</sup>.

Gelişmiş gerçek zamanlı CBS uygulamaları, komuta kontrol ve savaş yönetim sistemlerine seyir doğruluğu ve etkili durumsal farkındalık sağlamaktadır.

#### 2.3.2.4 Gündümlü Mühimmatın Yönlendirilmesi

Gündümlü silahlar bir hedefi yok ederken sivil zayıtı azaltmayı hedefleyen silahlardır. Uçak ve gemilerden atılan füzeler, çoklu namlulu roketatarlar ve gündümlü bombalar bu kapsama girebilir. Bu tip mühimmat genellikle GNSS sinyalleri, lazer güdüm veya ataletsel navigasyon sistemi<sup>[55]</sup> kullanarak silahın isabet hassasiyetini üç metrenin altına indirebilmektedir.

### 2.3.2.5 Arama ve Kurtarma

Arama, kurtarma ve acil müdahale, GNSS'in ordu için çok değerli olduğunu kanıtlayabileceği başka bir alandır. Operasyonlar sırasında mahsur kalan birliklerin, yaralıların, kazazedelerin yerini tespit eden acil müdahale ekipleri, müdahale süresini kısaltmak için GNSS verilerini kullanabilir.

#### 2.3.2.6 Tesis Yönetimi

Dünyanın hemen hemen tüm ülkelerinde ordu, geniş alanları kapsayan büyük üsleri yönetmekte ve işletmektedir. Bu tesislerin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için doğru bir altyapı haritasının hazırlanması esastır. Mevcut haritalar düzenli olarak güncellenmediğinden GNSS verileri burada çok yardımcı olabilir. GNSS destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri<sup>[56]</sup> bu görevin üstesinden etkin bir şekilde gelebilir.

## 3. NAVİGASYON SAVAŞLARINDA GELİŞTİRİLEN SAVUNMA VE SALDIRI ARAÇLARI İLE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER

GNSS sistemleri sivil ve askeri alanda getirdiği sayısız faydadan ötürü savunma ve güvenlik alanının odaklarından biri hâline gelmiştir. Zira GNSS sistemleri ve onların ürettiği sinyallere yönelik sayısız tehdit bulunmaktadır. Bu bölümde söz konusu tehditler ve bu tehditlere karşı geliştirilen silah, sistem ve çözümlere göz atılacaktır.

### 3.1 GNSS Sistemlerinin Zayıf Yönleri ve Karşı Karşıya Olduğu Riskler

Ekonomik ve askeri açıdan çok sayıda yararı bulunan GNSS sistemleri çok sayıda teknik zafiyet ve riskle karşı karşıyadır. Bu zafiyet ve risklerin önemli bir bölümü sistemlerin teknik doğasından kaynaklanmaktadır.

GNSS uyduları yeryüzünden çok yüksek irtifalarda (en az 20.000 kilometre) bulunduğu için Dünya'ya çok düşük güçte sinyaller gönderebilmektedir. Dünya'ya ulaştığında "bir buzdolabı ampulünden daha kuvvetli olmayan"<sup>[57]</sup> bu sinyaller dünyaya gelene kadar zayıflamakta, zorlu yeryüzü koşulları (vadiler, dağlık araziler vb.) ve yoğun şehirleşmeden etkilenmektedir.

Ayrıca giderek daha fazla uydunun ve GNSS takımuydularının operasyonel hâle gelmesi özellikle elektromanyetik spektrumun ultra yüksek (UHF) frekansına talebin artmasına neden olmuştur. Frekans tahsisi konusunda henüz uluslararası bir anlaşma yapılamamıştır<sup>[58]</sup>. Bunların dışında GNSS sinyallerinin tümünden veya kısmen yitirilmesine yol açabilecek riskler bulunmaktadır.

#### 3.1.1 Uzay Koşullarının Getirdiği Riskler

Güneş patlamaları veya 1859'da yaşandığı gibi güneş fırtınaları<sup>[59]</sup> uyduları kullanılmaz hâle getirebilir. Güneş patlamaları ve diğer güneş bağlantılı anomaliler GNSS sistemlerini kullanılmaz hâle getirirse büyük güvenlik sorunları da ortaya çıkabilir. Örneğin bir güneş fırtınası

23 Mayıs 1967’de ABD Hava Kuvvetlerinin Füze Uyarı Sistemini aniden çalışmaz hâle getirmiştir. ABD bunu SSCB’nin nükleer füze saldırısına giriştiğine yormuş ve savaş hazırlıklarına girmiştir. Olayın güneş fırtınası kaynaklı olduğu kısa süre sonra anlaşılmış ve dünya nükleer savaşın eşliğinden dönmüştür<sup>[60]</sup>.

### 3.1.2 Yeryüzündeki Büyük Felaketlerin Getirdiği Riskler

Kasırgalar, hortumlar ve büyük depremler GNSS sistemlerinin yer istasyonlarını ve bunlara alternatif yer tabanlı PNT sistemlerinin yer istasyonlarını tahrip edebilir. Üstelik bu felaketlerin oluşma olasılığı güneş kaynaklı felaketlerden daha yüksektir<sup>[49]</sup>.

### 3.1.3 Uzay Çöpleri

Sayısının 100 milyonu aştığı ileri sürülen uzay çöpleri tüm aktif uydu sistemleri gibi GNSS sistemleri için tehdit oluşturmaktadır. GNSS uyduları MEO ve GEO gibi yüksek irtifadaki yörüngelerde olduğu için alçak dünya yörüngesinde (LEO) bulunan uydular kadar büyük bir riskle karşı karşıya değildir. Yine de Mart 2021’de bir Galileo uydusunun uzay çöpüyle çarpışmamak için manevra yapmak zorunda kalması riskin yabana atılmaması gerektiğini göstermiştir<sup>[61]</sup>.

### 3.1.4 İstemsiz Eylemler ve İhmal

Zaman zaman kişisel sinyal karıştırma cihazlarının istemsiz olarak sivil ve askeri GNSS erişimini dar bir alanda olumsuz etkilediği görülmektedir. Dünyada sinyal karıştırma cihazlarına erişim, katı sınırlamalara tabi tutulmakla birlikte bu tür cihazların sayısı gittikçe artmakta ve fiyatları daha makul hâle geldiği için erişim de kolaylaşmaktadır. Ancak bu cihazların kullanımı havaalanları ve diğer kritik altyapı tesisleriyle askeri tesislerin GNSS sinyallerine erişimine engel olabilmektedir. Örneğin 2013 yılında ABD’nin New Jersey eyaletinde patronunun aracını takip etmesini istemeyen bir kamyon şoförü araca karıştırıcı koymuş ancak aracın Newark Havaalanı yanından her geçişinde uçakların GPS sinyallerini bozduğu tespit edilmiştir<sup>[62]</sup>. Aralık 2019’daki daha yakın tarihli bir vakada ise, Çin’in Harbin kentinde bir uçak aniden kesilen GNSS sinyalinden ötürü inişte büyük tehlike atlattır. Yapılan araştırmada havaalanı yakınlarındaki bir domuz çiftliğine yerleştirilen karıştırıcının uçak trafiğini etkilediği anlaşılmıştır. Domuz çiftliğinin ise, “İHA ile çiftliğe hastalık yapıcı tozlar atıp çiftliğin etini ucuz satmaya zorlayan çeteye karşı çare olarak” karıştırıcı edindiği anlaşılmıştır<sup>[63]</sup>.

### 3.1.5 Terör ve Suç Saldırıları

Terör ve suç örgütlerinin siyasi veya suç amaçlı olarak karıştırma ve sahte sinyal gönderme faaliyetlerine giderek daha fazla giriştiği gözlemlenmektedir. 2020 yılında binlerce karıştırma ve yanıltma vakasının kayıtlara geçtiği ve bunların büyük bölümünün suç amaçlı olduğu belirtilmektedir<sup>[64]</sup>. Örneğin 2020 yılında yayınlanan bir raporda Meksika’daki kargo araçlarına yönelik soygunların yüzde 85’inde karıştırıcı kullanıldığı tespit edilmiştir<sup>[65]</sup>.

### 3.1.6 Navigasyon Savaşı Tehdidi

Bu çalışmanın asıl konusu, tarafların GNSS sinyallerini almayı sürdürürken, bu sinyallere birbirlerinin küresel, bölgesel veya kısıtlı alanlarda erişimini kasıtlı olarak engellemeye yönelik faaliyetlerdir. Navigasyon Savaşında başvurulan ve başvurulabilecek yöntemlerden bazıları şunlardır:

#### 3.1.6.1 Uydusavar Füzesiyle Saldırı

Uydusavar füzeler bir süredir dünya gündemindedir. ABD<sup>[66]</sup> ve Hindistan<sup>[67]</sup> uydusavar füze denemesi yaptığını resmen açıklayan iki ülke olmuşlardır. ABD, Rusya<sup>[68]</sup> ve Çin’in<sup>[69]</sup> gizli uydusavar füze denemesi yaptığını da iddia etmektedir. Denenen füzelerin hepsi alçak irtifa (LEO) uydularına yöneliktir. GNSS uyduları ise orta yörüngede (MEO) bulunmaktadır ve kısa vadede 20.000 kilometre irtifadaki bir uyduyu vurabilecek füze teknolojisinin geliştirilmesi beklenmemektedir. Ancak bu riskin var olmadığı da söylenemez.

#### 3.1.6.2 Karıştırma (Jamming)

Sinyal karıştırmak, “düşmanın muharebe kapasitesini azaltmak veya etkisiz kılmak; bir başka deyişle düşmanın elektromanyetik spektrumu etkin biçimde kullanmasını önlemek veya azaltmak amacıyla radyasyon, yeniden ışımaya veya elektromanyetik enerjiyi kasten kullanma faaliyeti” olarak tanımlanmaktadır<sup>[2]</sup>.

GNSS sinyali karıştırması ise GNSS sinyallerini engellemek veya müdahale etmek için bir frekans verici cihaz kullanma işlemidir<sup>[70]</sup>. Bir alıcı, yörüngedeki uyduları ve radyo sinyallerini kullanarak, herhangi bir GNSS özellikli cihazın veya aracın kesin konumunu belirleyebilir. Karıştırma, söz konusu cihaz GNSS özellikli cihazla aynı frekansta radyo sinyalleri yaydığı anda meydana gelir. GNSS karıştırıcısı, tipik olarak, beş ila 10 metre aralığında bir parazit sinyali gönderebilen küçük, bağımsız bir frekans vericisidir. Bu, GPS özellikli cihazın konumunu belirleyememesine neden olur ve bağlantısını kurmasını veya sürdürmesini engelleyebilir<sup>[71]</sup>.

GNSS karıştırıcıları, başlangıçta ordu tarafından düşmanı coğrafi konum ve hedefler hakkında yanlış yönlendirmek için geliştirilmiştir. Cihazlar daha sonra mahremiyetlerini sağlamak veya izlemeyi önlemek isteyen tüketiciler için uyarlanmıştır. Bununla birlikte, uygun teknik bilgi olmadan veya yanlış ellere verildiğinde, GNSS bozucuları iletişimde potansiyel olarak zarar verici kesintilere neden olabilir. Bu nedenle bazı ülkelerde kişisel jammer kullanımı yasaklanmıştır. GPS karıştırma cihazları, sivil alanda aşağıdaki gibi çeşitli uygulamalar için kullanılabilir:

- GNSS birimlerinden gelen konumlama sinyallerini gizleme, değiştirme veya engelleme,
- Mobil cihazların arama yapmasını, metin mesajı veya e-posta almasını engelleme,
- Wi-Fi özellikli cihazların internete başarıyla bağlanmasını engelleme,
- Acil bir durumda olduğu gibi, bir cihazın yerini belirleme yeteneğini engelleme,



- Bir cihazın veya aracın konumunu gizleme.  
Askeri alanda ise GNSS karıştırıcı cihazlar düşmanın;
- İletişimini kanallarını bozmak,
- Hedef isabet kabiliyetini engellemek,
- Gözetleme ve keşif faaliyetlerini engellemek,
- Seyir güvenliğini olumsuz etkilemek için kullanılmaktadır.

GNSS karıştırma, operasyonların verimliliği ve etkinliğinin yanı sıra moral faktörünü de önemli ölçüde etkileyebilir. Ayrıca tartışmalı bölgelerde veya yakın bölgelerde yapılan askeri tatbikatları taciz etmek ve yıldırım amacıyla saldırganca veya siyasi araç olarak kullanılmaktadır<sup>[72]</sup>.

GPS karıştırma özellikle Birinci Körfez Savaşı sırasında ABD'nin hassas güdümlü füzelerle sağladığı başarı üzerine dikkat çekmiş ve bu tür silahlara karşı çözüm olarak kısa sürede gelişme göstermiştir.

İkinci Körfez Savaşı'nda Irak yönetimi Rusya'dan aldığı jammer cihazlarını hassas tesislerine yerleştirmiştir. ABD bu karıştırıcıların etkisiz kaldığını ileri sürse de ABD Silahlı Kuvvetlerinin hassas güdümlü mühimmatlarda lazer güdümüne yönelmesi ve PNT kabiliyetleri için GPS sinyallerine alternatif arayışına girmesi durumun aksi yönde olduğuna işaretler<sup>[72]</sup>.

Bugüne gelindiğinde ise, karıştırıcı sinyal yayımı Elektronik Savaşın standart yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Alternatif karıştırma türleri de çıkmıştır. Spoofing ve Meaconing bunlardan sadece ikisidir.

### 3.1.6.3 Yanıltıcı/Sahte Sinyal Yayararak Karıştırma (Spoofing)

Yanıltıcı sinyal yayımı, bir hedefin kontrolünü ele geçirmek amacıyla GPS sinyalinin tahrif edilmiş bir versiyonunu üretme eylemidir<sup>[72]</sup>.

Bu karıştırma tipinde karıştırıcı kendi içerisinde yer alan sinyal üretici ile hatalı navigasyon verisi (konum, hız ve zaman) kullanarak ürettiği karıştırma sinyalini alıcıya (İHA, hassas güdümlü mühimmat, füze vb.) doğru yaymaktadır. Alıcı GPS sinyalinden daha yüksek güçte gelen bu sinyale GPS sinyaline uyguladığı teknikleri uygulayarak navigasyon verisini çıkarır fakat elde ettiği navigasyon verisi hatalı olduğu için alıcı karışmış olur. Alıcıya hatalı navigasyon verisi vererek aldatmak da bu yolla mümkün olmaktadır. Ayrıca, elektrik kontrol sistemlerine yanlış bir zaman sinyali göndererek ekipmanın arızalanmasına ve hasar görmesine neden olmak da bu kapsamda değerlendirilmektedir.

GPS alıcıları için oldukça tehlikeli olan bu karıştırma alıcının algılaması ve karşı koyması da oldukça zordur. Çünkü karıştırma, GNSS sinyallerini alma yeteneğini ortadan kaldırırken; yanıltma, yanlış konumlama ve zamanlama verisi üretmek karar verme ve eylemleri etkileme potansiyeliyle daha sinsi bir eylemdir<sup>[73]</sup>.

Askeri alanda bilinen en çarpıcı yanıltma vakası 2011'de İran'da yaşanmıştır. İran, ABD'ye ait RQ-170 Sentinel insansız hava aracını yanıltıcı sinyallerle İran sınırlarının içine yöneltmiştir. İran ABD'yi İran hava

sahasında casusluk faaliyeti yürütmekle suçladığı gibi, iddialara göre İHA'nın bir kopyasını da çıkartmıştır<sup>[74]</sup>. İran 2020 yılında ise bir RQ-4 Global Hawk İHA'sını da benzer yöntemle düşürmüştür ve bunun da kopyasını çıkarmak için harekete geçtiği ileri sürülmektedir<sup>[75]</sup>.

Haziran 2019'da İsrail, en önemli uluslararası havalimanı Ben Gurion'da uçakların GPS sinyallerine erişemesi ile yaşanan krizden, Suriye'de Navigasyon Savaşı faaliyetleri yürüttüğünü ileri sürdüğü Rusya'yı sorumlu tutmuştur. İsrail'e göre Rusya sadece GPS sinyallerini karıştırmakla kalmamış, uçaklara yanıltıcı konum bilgileri vererek uçuş güvenliğini olumsuz şekilde etkilemiştir. Rusya ise iddiaları reddetmiştir<sup>[76]</sup>.

### 3.1.6.4 GPS Sinyalini Tekrar Yayararak Karıştırma (Meaconing)

Geleneksel karıştırma teknikleri, şifreleme anahtarı hakkında önceden bilgi sahibi olmadan GPS'in P(Y) versiyonu gibi şifreli askeri GNSS sistemlerine karşı etkili değildir. Ancak bu sinyaller, meaconing olarak bilinen başka bir karıştırma tipine karşı savunmasız olabilir. Bu tür karıştırma tipinde, gerçek GNSS sinyali uydulardan normal bir GNSS alıcısı gibi alındıktan sonra geciktirilerek tekrar yayınlanmakta ve bu sayede alıcıları karıştırmak hedeflenmektedir. Karıştırma sinyalinin üretilmesi veya içerisindeki bilgilerin değiştirilmesi gerekmediği için hızlıca uygulanabilmektedir. Bu tür karışımlar hem askeri hem de sivil GNSS alıcıları için tehdit oluşturmaktadır.

### 3.1.6.5 Siber Saldırı

Literatürde çoğunlukla spoofing ve meaconing gibi aldatmaya yönelik karıştırma saldırıları birer siber saldırı olarak tanımlanmaktadır. Ancak klasik anlamda özel yazılımlarla GNSS ve diğer PNT sistemlerine yönelik doğrudan siber saldırı da düzenlemek mümkündür.

Teorik olarak mümkün olsa da, GNSS sistemine yapılan siber saldırıların pratikte gerçekleştirilmesi oldukça zor görünmektedir. Zira Galileo hariç GNSS sistemleri aynı zamanda askeri sistemlerdir. Bu yüzden çoğu sistemden hem daha iyi korunur hem de siber saldırılara karşı daha bağışık kılınmışlardır. Yine bu sistemlere karşı siber saldırı olmayacağı anlamı gelmez. Bir siber saldırının ilgili tüm GNSS'i bozması ve uzaydan uzun bir PNT hizmetleri kesintisi ile sonuçlanması prensipte mümkündür. Ne var ki bu tür saldırıları terörist veya diğer küçük gruplar değil ülkelerin siber güçleri düzenleyebilir ve sonuçları hayli karmaşık olabilir<sup>[49]</sup>.

## 3.2 Navigasyon Savaşının Yöntemleri

Navigasyon Savaşında ülkelerin silahlı kuvvetlerinin başvurduğu yöntemler karıştırma, yanıltma ve sinyal geciktirme yanıltmasıdır. Bugün belli başlı orduların hemen hepsinde hem taarruz hem de savunma amaçlı çeşitli tip ve güçte Navigasyon Savaşı silah ve sistemleri bulunmaktadır.

### 3.2.1 Navigasyon Savaşı Taarruz Sistemleri

Sinyal karıştırmak (jamming) ve yanıltıcı sinyal göndermek (spoofing), düşmanın GNSS sinyallerine erişim

kabiliyetini azaltmak, bu sinyalleri kullanan silah ve sistemlerini etkisiz kılmak veya başka konumlara yönlendirmek için kullanılmaktadır.

Ayrıca tartışmalı bölgelerde veya yakın askeri eğitim tatbikatlarında yıldırma amacıyla taciz etmek ve siyasi mesaj vermek amacıyla da kullanılmaktadır. Örneğin Norveç Rusya'nın<sup>[77]</sup>, ABD Çin'in<sup>[78]</sup>, Güney Kore ise Kuzey Kore'nin<sup>[79]</sup> kendi topraklarına yönelik sık sık karıştırma ve yanıltma sinyalleri gönderdiğini ileri sürmektedir.

GNSS sistemleri dahil düşmanın Elektronik Savaş kabiliyetlerine karşı kullanılabilecek sistemler hemen her orduda bulunmaktadır. Türkiye'de SSB'nin Türk Savunma Sanayii Kataloğu'nda taarruz amaçlı kullanılabilecek 15 sistem bulunmaktadır. ASELSAN tarafından geliştirilen HAVA-SOJ<sup>[80]</sup>, KARA-SOJ (KORAL)<sup>[81]</sup> ve Milli Deniz Elektronik Harp Suihi<sup>[82]</sup> bunlar arasında bulunmaktadır.

GNSS sinyallerine yönelik taarruzların kısa vadede son bulması beklenmemektedir. Navigasyon Savaşları ve genel olarak Elektronik Savaş büyük önem kazanmıştır. Pek çok ülke savunma amaçlı önlemler almaktadır. Bu da özellikle hassas güdümlü mühimmat stoku fazla olan ülkeleri karşı çözümler aramaya yöneltmektedir. Bunların başında ABD gelmektedir.

Aslında hassas güdümlü mühimmatlar özellikle GNSS sistemlerinin sayısının artmasıyla tüm dünyada hızlı biçimde yaygınlık kazanmaktadır<sup>[83]</sup>. Dünyada en çok hassas güdümlü mühimmat ise bu tür silahları yaklaşık 30 yıldır yoğun biçimde kullanan ABD'de bulunmaktadır. ABD Silahlı Kuvvetlerinin her bir birimi bu tür silah sistemlerine sahiptir. Sadece 2022 yılı için 15 mühimmat programı kapsamında 16.000'den fazla hassas güdümlü mühimmat tedarik etmek için yaklaşık 3,5 milyar dolar bütçe talep edilmiştir<sup>[84]</sup>.

Bu nedenle ABD, Elektronik Savaş taarruz sistemlerini hassas güdümlü silahlarına entegre etmenin yolunu aramaktadır. ABD Hava Kuvvetleri, HOG-J adını verdiği GPS karıştırıcılarını tespit edip yok eden bir hassas güdümlü mühimmat üzerinde çalışmaktadır<sup>[62]</sup>. ABD ayrıca savaş uçakları ve insansız hava araçları dahil hava platformları için taarruz amaçlı karıştırma önleyici çözümler geliştirmektedir.

Türkiye'de de METEKSAN<sup>[85]</sup> ve TUALCOM<sup>[86]</sup> bu tür çözümler üretmiştir. HAVELSAN ise insansız hava araçlarının, yoğun karıştırma sinyallerinin bulunduğu alanlarda seyrini sürdürebilmesi için Konumbul adını verdiği bir sistem geliştirmiştir<sup>[87]</sup>.

### 3.2.2 Navigasyon Savaşı Savunma Sistemleri

Savunma amaçlı Navigasyon Savaşı savunma sistemleri, müttefik güçlerin personel, tesis, kabiliyet ve ekipmanlarını Elektronik Savaş ve siber savunma yöntemlerine başvurarak korumaktadır.

Navigasyon Savaşı alanında geliştirilen savunma amaçlı çözümler taarruz amaçlı olanlardan çok daha geniş bir yelpededir. Çoğu taarruz amaçlı sistem aynı zamanda savunma amaçlı olarak kullanılabilir. Söz konusu sistem türlerinden bazıları şunlardır:

- Karıştırma/aldatma köreltilici sistemler (Anti-jamming)<sup>[88]</sup>,
- İHA-Savar sistemler<sup>[89]</sup>,
- El Yapımı Patlayıcıları (EYP) önleyen sistemler,
- Alan koruma sistemleri.

Dünyada dost ve müttefik güçlerin GNSS tabanlı konumlama, navigasyon ve zamanlama (PNT) kabiliyetlerinin korunması için gelişmiş çözümler sunulmaya başlanmıştır. Örneğin Rusya hassas güdümlü füze ve mühimmat saldırılarını önlemek için ülkedeki 250.000 GSM verici kulesine karıştırıcılar yerleştirmiştir<sup>[90]</sup>. Rusya ayrıca düşman insansız hava araçları ve hassas güdümlü mühimmatlara karşı Ural Dağları'nda kurduğu ve Pole-21 adını verdiği bir savunma amaçlı karıştırıcı sistemini Şubat 2021'de operasyonel hâle getirmiştir. Sistemin, karıştırma yoluyla düşman iletişimine müdahale etmenin yanı sıra, yanıltıcı sinyaller gönderebildiği (spoofing) belirtilmektedir. Aynı tipteki sistemlerden farklı olarak, Pole-21, birbirinden oldukça uzak mesafelere kurulmuş yüzlerce radyo parazit vericisine sahiptir. Vericilerin her biri uzaktan kontrol edilebilir ve bu da elektronik savunmanın yüzlerce kilometrekarelik bir alanda çalışmasına izin vermektedir. Pole-21'deki her bir istasyonun, 25 kilometre çapındaki bir alandaki GNSS alıcısını etkileyebildiği ileri sürülmektedir<sup>[91]</sup>.

Yanıltıcı sinyal yayımına (spoofing) karşı çözüm arayışları da hızlanmıştır. Septentrio adlı Belçikalı bir yazılım, gökten gelen sinyallerle sahte sinyalleri birbirinden ayırtabildiğini ileri sürmektedir<sup>[92]</sup>.

ABD'de bir teknoloji firması, TRX Systems, harekâtlara katılan askerlerin aşırı karıştırma ortamlarında bile GNSS sinyallerine ulaşabilmesi için üniformaya monte edilebilen küçük bir cihaz geliştirmiştir<sup>[93]</sup>.

Türkiye'de GNSS savunması için çözümler üretilmektedir. Örneğin HAVELSAN'ın GNSS Koruma sistemi KASK<sup>[94]</sup>, askeri ve sivil sistemlerin üzerindeki GNSS alıcılarının karıştırıcılara rağmen ihtiyaç duyulan konum bilgisini üretebilmelerini ve görevlerini sürdürebilmelerini sağlamaktadır. METEKSAN Savunma tarafından geliştirilen KEMENT Taktik Datalink (TDL) Sistemi<sup>[95]</sup> ile Anti-Jam GNSS Sistemi ve ASELSAN tarafından geliştirilen İşlemsel EHF Uydu Aktarıcısı<sup>[96]</sup>, Türk savunma sanayii tarafından geliştirilen Anti-Jam ürünleri arasındadır.

### 3.3 Navigasyon Savaşında Alternatif Çözümler

Navigasyon Savaşında dost kuvvetlerin GNSS sinyallerine erişimini sürdürürken düşmanın bunlara erişimini engellemek için klasik savunma ve taarruz sistemlerinin yanı sıra alternatif çözümlere de başvurulmaktadır. Bu bölümde söz konusu çözümlerden bazıları sıralanacaktır.

#### 3.3.1 Şifreli Sinyal Kullanımı

GNSS sinyallerine müdahaleler artınca geliştirilen savunma yöntemlerinden biri şifreli (kriptolu) sinyal kullanımıdır. GPS'in yeni nesil uydularındaki M-Kodu, bu tür bir sinyaldir. Aralık 2020'de aktif hâle getirilen<sup>[97]</sup>, M-Kodu programlama dili ile oluşturulan bir şifreye askeri birliklerin düşman, sinyali engellemeye veya gücünü azaltmaya çalışsa bile erişebileceği ileri sürülmektedir.

#### 3.3.2 LORAN'a Dönüş

Navigasyon Savaşında GNSS sinyallerin yitirilmesi durumunda alternatif olarak düşünülen sistemlerden biri de LORAN'dır. İkinci Dünya Savaşı sırasında ABD ve İngiliz donanmaları tarafından kullanılan LORAN (uzun menzilli



navigasyon) kulelerine benzer kara tabanlı radyo frekanslı navigasyon fenerlerinin yeniden kullanılması giderek daha fazla destek bulmaktadır<sup>[49]</sup>. LORAN'ın güçlendirilmiş modern versiyonu olan eLORAN giderek yaygınlık kazanmaktadır. eLORAN, iki boyutlu, bölgesel bir teknolojidir. GNSS kadar hassasiyete sahip değildir. Ancak sinyalleri GNSS sinyallerine göre çok güçlüdür ve sinyal karıştırmasına ve yanıltıcı sinyallere karşı caydırıcıdır.

İngiltere, İrlanda, Çin, İran, Rusya, Suudi Arabistan ve Güney Kore eLORAN ağı kuran ülkeler arasında bulunmaktadır<sup>[57]</sup>.

### 3.3.3 Alternatif Uydu Ağının Kullanılması

GNSS sinyallerine yönelik saldırıların artması alternatif uydu ağlarının olası kesintilerde devreye alınması olasılığını da gündeme getirmiştir. Bu konuda açık kaynaklara yansıyan önerilerden bazıları şunlardır:

ABD'nin GPS sinyallerinin kesintiye uğraması hâlinde Space X'in kurmaya hazırlandığı uydu iletişimi amaçlı LEO takımuydusu Starlink'ten yararlanabileceği belirtilmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre karıştırılması imkânsız olan Starlink sinyalleri, GPS'e tam bir alternatif olarak da kullanılabilir<sup>[98]</sup>.

ABD Uzay Kuvvetlerinin NTS-3 adı verilen yeni konumlama, navigasyon ve zamanlama (PNT) takımuydusu, savaş alanındaki birliklere karıştırmaya dirençli yetenekler sağlamak ve en çok ihtiyaç duyulan yerde kapsama yaratmak için tasarlanmıştır. Sistemin 2023'te aktif hâle geleceği belirtilmektedir<sup>[99]</sup>.

ABD merkezli savunma şirketi Northrop Grumman, DARPA için küçük LEO uydularından oluşan ve GPS'e alternatif olabilecek bir sistemi kurmak için anlaşma imzalamıştır<sup>[100]</sup>.

ABD merkezli Satelles firması, yeryüzünden sadece 800 km uzaklıktaki bir yörüngede bulunan Iridium takımuydusunu kullanarak bir tür GNSS görevi görmektedir. Satelles, yeryüzünde yüksek hassasiyetli bir saat ağına sahiptir. Bunlardan gönderilen şifreli zaman verilerini ve konumları müşterilerine aktarmaktadır. Satelles'in sinyalleri GNSS sinyallerinden hassasiyet açısından daha kötü olmasına rağmen 1.000 kat daha güçlüdür ve bu da sinyallerin karıştırılmasını hayli güçleştirmektedir. Bu nedenle bu güvenli PNT hizmeti telekomünikasyon firmaları, veri merkezleri, borsalar ve bankalar dahil olmak üzere çok sayıda müşteriyi kendisine çekmiştir<sup>[101]</sup>.

## 4. NAVİGASYON SAVAŞINDA YENİ TEKNOLOJİ VE YÖNTEM ARAYIŞLARI

GNSS sinyallerinin zafiyetleri ve bunların engellenmesi veya yanıltılması için yürütülen yoğun Elektronik Savaş faaliyetleri; konumlama, navigasyon ve zamanlama (PNT) hizmetlerinin kesintisiz sürmesi için alternatif arayışlarını gündeme getirmiştir. Günümüzde çok sayıda ülkede alternatif çözümler üretilmektedir. PNT hizmetlerinden birine ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürerken

savunma çevreleri tümüyle GNSS hizmetlerinin yerine geçebilecek yöntemler üzerinde de durmaktadır. Bu bölümde söz konusu çalışmalardan bazıları incelenecektir.

### 4.1 GNSS'den Bağımsız Çözüm Arayışları

GNSS sinyallerine karşı geliştirilen Elektronik Savaş yöntemlerinin yaygınlığı ve gücü ülkeleri askeri alanda PNT hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması için bu sistemlere tümüyle alternatif olabilecek sistemlerin araştırılması ve geliştirilmesine yönelmektedir.

GNSS sistemlerinin güvenliğine ilişkin kaygılar artık somutlaşmaktadır. Artık pek çok ülke GNSS hizmeti almadan savaşıma hazır olması gerektiğini kabul etmekte ve kuvvetlerini buna göre hazırlamaktadır. Örneğin ABD Hava Kuvvetlerinin, 2018 yılından itibaren her yıl düzenlediği "Red Flag" tatbikatlarına, "GPS bağlantısının tümüyle kesintiye uğradığı ortam" da eklenmiştir. Tatbikatın bu kısmında GPS sinyalleri kapatılmakta ve muharip unsurların başka yöntemlerle konumlama ve seyir kabiliyetleri sınanmaktadır<sup>[102]</sup>.

Karasal radyo frekansı ve atomik saat kullanımı; gökssel navigasyon, manyetik navigasyon, yeryüzü görüntü analizi, ataletsel navigasyon ve ataletsel sensörler düşünülen çözümler arasındadır.

#### 4.1.1 Mevcut Karasal Radyo Frekanslarından Yararlanılması

Konumlama, navigasyon ve zamanlama hizmetleri için mevcut radyo frekanslı sistemlerden yararlanılabileceği ileri sürülmektedir. Günümüzde kullanılan Wi-Fi/WLAN ağları, LTE/4G ve 5G mobil iletişim ağları ile deniz yolu taşımacılığında kullanılan MF DGNSS ve AIS sistemleri aracılığıyla PNT hizmetinin hayli geniş bir alana verilebileceği belirtilmektedir.

Ancak söz konusu ağlar ve sistemler PNT için tasarlanmamışlardır. Yine de her yerde bulunabilen, GNSS sinyallerine göre son derece güçlü olan ve karıştırılması zor olan bu sinyaller; bazı hesaplamalar ve tahminlerle navigasyon ve zamanlama için kullanılabilirler. Ancak bu sistemlerle konumlama ancak sinyali yayanın yerinin bilinmesi hâlinde mümkün olabilmektedir. Radyo frekanslı sistemleri PNT hizmetlerinde kullanmanın bir diğer zayıf yönü, hassasiyetlerinin GNSS'e göre çok daha düşüktür<sup>[49]</sup>.

#### 4.1.2 GNSS'den Bağımsız Zamanlama Hizmetleri ve Atomik Saatler

Zamanlama hizmetlerinin GNSS hizmetlerinden ayrılması ve güvence altına alınması için de çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin İngiliz hükümeti, GNSS sistemlerine müdahalelerin artması üzerine atom saatlerini kullanarak hassas bir ulusal saat sistemi oluşturmak üzere harekete geçmiştir<sup>[103]</sup>. Kablosuz (Kuzey Amerika'da WWNB, Almanya'da DCF77 gibi) ve kablolu (NPT ve PTP protokollü) radyo sinyalleriyle zamanlama hizmetinin yaygınlaştırılması da gündemdedir<sup>[49]</sup>.

ABD ordusunun araştırma laboratuvarı DARPA, 2000'li yılların başında 1 cm<sup>3</sup> boyutlarında bir atom saati geliştirmiş<sup>[104]</sup>, bu cihaz daha sonra çeşitli firmalar tarafından sivil kullanıma da açılmıştır. GNSS sinyallerine ihtiyaç

duymadan hassas zamanlama hizmeti veren cihaz, askeri birlik, teçhizat ve sistemlere yerleştirilebilmektedir. Söz konusu sistemlerin hassas güdümlü mühimmatlarda ve özellikle uzun menzilli füzelerde (800 km ve üstü), ataletsel navigasyon sistemlerinin hassasiyetinin yetersiz kalması nedeniyle kullanımı yaygınlaşmaktadır.

### 4.1.3 Yeni Nesil Ataletsel Navigasyon (Inertial Navigation)

GNSS tabanlı navigasyonun geleneksel alternatiflerinden biri ataletsel navigasyondur. Ataletsel navigasyon, “ölü hesap” ilkesine dayanır ve konum, hız ve yön almak için ivmeölçerler, jiroskoplar ve manyetometreler gibi atalet sensörlerini kullanır. Herhangi bir yer istasyonundan alınan sinyaller söz konusu olmadığı için sinyal karıştırma sabotajına kapalıdır. Gerekli başlangıç değerleri girildikten sonra sistem dışarıdan sürekli veri almaya ihtiyaç duymaz.

Ataletsel navigasyonun avantajı, tüm ortamlarda çalışabilmesidir. Dezavantajı ise ataletsel navigasyonda hataların meydana gelmesi ve zamanla söz konusu hataların artmasıdır. Düzeltilmezlerse büyük konum ve tutum hatalarına yol açabilir. Bu hataları düzenli aralıklarla düzeltmek için GNSS sinyallerine ihtiyacımız vardır. Bu nedenle, atalet navigasyon hâlâ GNSS’e bağlıdır ve uzun süreli GNSS kesintileri ataletsel navigasyonu etkisiz hâle getirebilir.

Sensör teknolojisindeki ve hesaplama gücündeki gelişmelerle birlikte, atalet navigasyon düzeltmeleri için GNSS’e bağımlılığı azaltmak için daha yeni sistemler geliştirilmektedir. Bu sistemler, eylemsiz navigasyonu artırmak ve/veya yardımcı olmak için kameralar, radarlar, lidarlar, telsiz ve yıldız izleyiciler gibi sensörler kullanmaktadır. Bu sistemlerin amacı, GNSS sinyalleri bozulduğunda veya mevcut olmadığında ataletsel navigasyon sistemine düzeltmeler sağlamaktır.

Bunlardan biri **Görme Destekli Ataletsel Navigasyondur (Visual-aided İnetial Navigation)**. Bu teknolojiye, bir optik veya kızılötesi kameranın canlı olarak sağladığı görüntüler kullanılır. Bu görüntüler görsel odyometri denilen yöntemle işlenir. Görsel odyometri, hareketi belirlemek için sıralı kamera görüntülerini kullanarak hem 3D konumunu hem de yönünü tahmin edebilir ve bir eylemsizlik sensörüyle hemen hemen aynı bilgileri sağlar.

ROKETSAN’ın geliştirdiği bazı hassas güdümlü mühimmatlarda bu sistem kullanılmaktadır<sup>[105]</sup>. Ancak görüntü destekli ataletsel navigasyon sistemleri karasal yer işaretlerini takip ettiğinden denizlerde, bulutlu havalarda, ormanlarda ve çöllerde etkinliği sınırlıdır<sup>[106]</sup>.

Ataletsel navigasyon sistemlerinin GNSS sinyali almadan PNT sinyallerini almasını sağlamak için geliştirilen bir diğer yöntem **Manyetik Anamoli Destekli Navigasyondur (Magnetic Anamoly-Aided Navigation)**. Bu navigasyon teknolojisi, sensörleri kullanarak manyetik gücü ölçmekte ve bu verileri, uçağın Dünya’ya göre konumunu doğru bir şekilde belirlemek için bilinen coğrafi manyetik haritalarla karşılaştırmaktadır. Bu yöntem, özellik içermeyen arazi (Deniz, orman, çöl vb) üzerinde uçuş sırasında veya havadan görüntülerin başka şekilde

kullanılmadığı durumlarda görüş destekli bir navigasyon sistemine yardımcı olabilir.

GNSS sinyallerinin engellendiği, özellikle denizler, çöller, karlı ve buzlu arazilerde ataletsel navigasyon sistemlerine yardımcı olmak üzere geliştirilen sistemlerden biri, aslında denizcilerin binlerce yıldır başvurduğu bir yöntem olan **Göksel Navigasyon**’dur. Yıldızların konumlarına bakarak konum belirlenmesi ve seyrin devamının sağlanması için kullanılan Göksel Navigasyon modern teknolojiyle birlikte harmanlanarak yeniden kullanıcılar sunulmaya hazırlanmaktadır. Örneğin ABD’nin Honeywell şirketi Celestial-Aided Navigation System adını verdiği, yıldızlar ve gök cisimlerinin konumlarını optik olarak izleyerek kullanıcının yorumlamasına yardımcı yazılımla birlikte sunan pasif, dolayısıyla karıştırılması mümkün olmayan bir sistem geliştirdiğini duyurmuştur. Honeywell, sistemin bir kara aracında denendiğini ve 30 metre hassasiyete ulaşıldığını belirtmektedir<sup>[107]</sup>.

Türkiye’de ise ROKETSAN benzeri bir sistemi geliştirip 2020 yılında tanıtmıştır. Yıldız Takipli Navigasyon Sistemleri (YTNS) “titreşim, yüksek dönü hızı gibi dinamik koşullarda da çalışabilen, yüksek doğrulukta yönelim bilgisi oluşturan navigasyon sistemi” olarak tanımlanmaktadır. YTNS’ler sahip oldukları optik bileşenler ve dedektörleri ile aldıkları görüntülerdeki yıldızları tespit etmekte, yıldızların birbirlerine göre konumlarını bilinen yıldız haritalarındaki konumlarla karşılaştırmakta ve derece altı doğrulukta hassas yönelim bilgisi oluşturmaktadır<sup>[108]</sup>. Göksel Navigasyon sistemlerinin zayıf yönü açık bir gökyüzü gerektirmesidir. Bu nedenle genellikle yüksek irtifa uçuşlarına uygundur<sup>[109]</sup>.

Mikro elektronik ve sensör teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde konum bilgisi sağlayan ve navigasyon desteği sunan cihazlar giderek küçülmekte ve kullanışlı hâle gelmektedir. Örneğin ABD merkezli Robotic Research, piyadeler için “Warlock” adını verdiği postala takılan ve askerlerin GPS sinyallerinin karıştırıldığı ortamlarda birliklerin konumunu ve hızını hassasiyetle takip etmelerini sağlayan radyo dalgalı küçük bir ataletsel navigasyon sistem geliştirmiştir<sup>[110]</sup>.

Daha gelişmiş ataletsel sistemler de bulunmaktadır. Örneğin İngiliz ordusunun GNSS sisteminden bağımsız navigasyon sağlayabilecek bir “Kuantum pusulası” üzerinde çalıştığı belirtilmektedir<sup>[111]</sup>. Lazer ışınlarıyla soğutulan atomların Dünya’nın manyetik ve yerçekimsel alanından etkilendiği ve bunlardaki değişimler izlenerek konumlama ve navigasyon bilgisinin üretilebileceği fikri üzerinden geliştirilen kuantum pusulasıyla, özellikle denizaltıların, uydu sinyallerine gerek kalmadan hassas biçimde konum belirleyebileceği ileri sürülmektedir.

Fransız şirketi iXblue, iXatom adını verdiği bir kuantum atalet sensörü üzerinde çalışmaktadır. iXatom’un, İngilizlerin üzerinde çalıştığı “Kuantum Pusulası” ile benzer bir çalışma prensibine sahip olduğu anlaşılmaktadır. iXatom’un daha kompakt bir jiroskop ve üç eksenli bir ivmeölçere sahip olacağı belirtilmektedir<sup>[112]</sup>.

## 4.2 Sensör Füzyonu

Navigasyon Savaşında GNSS sinyallerine müdahale olsun olmasın, toplanabilen her türlü veriyi gelişmiş



algoritmalarla analiz ederek konumlama, navigasyon ve zamanlamanın sürekliliğinin sağlanması giderek yaygınlık kazanan bir yaklaşımdır. Bu amaçla askeri, endüstriyel ve eğitim amaçlı pek çok uygulamada kullanılan sensör füzyonu teknolojisi ön plana çıkmaktadır.

Bu yöntemde çok sayıda sensörden elde edilen veriler kullanılarak, tek bir sensörden elde edilecek verilerden daha isabetli sonuçlar elde edilmektedir. Sensörler birleştirilerek oluşturulan sensör füzyonu ile elde edilen veriler algoritma, Kalman filtresi ve yapay zekâ ile değerlendirilir.

Kalman filtresi sensörden alınan verilerin birleştirilerek değerlendirilmesinde ve durum tahmini yapılmasında kullanılmaktadır<sup>[113]</sup>. Bir başka deyişle Kalman filtresi, sistem içinde ölçülemeyen verilerin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

ABD Kara Kuvvetleri bir sensör füzyonu sistemi geliştirmek için harekete geçmiştir. Gömülü Güvenceli Konum Navigasyonu ve Zamanlama (Mounted Assured Position Navigation and Timing -MAPS) adı verilen sistem ile piyadelerin zamanlama, barometrik ölçümleme, ataletsel navigasyonu ve benzeri sensörlerden elde edilen verileri birleştirerek her türlü hava, Elektronik Savaş ve arazi koşulunda PNT hizmeti alabilmesi hedeflenmektedir. MAPS GNSS bağımsız bir çözüm değildir ve kriptolu GNSS sinyalleri de alabilmelidir. Sistemin karıştırmaya karşı önlem sistemleriyle donatılması da istenmektedir<sup>[114]</sup>.

### 4.3 Otonom Bilgisayar Navigasyonu

Otonom Bilgisayar Navigasyonu, GNSS sinyallerine gerek kalmadan PNT hizmetlerine ulaşmada sinyal füzyonundan bir sonraki aşamadır. Teorik olarak bu sistemler, GNSS'in olmadığı, engellendiği, karıştırıldığı veya yanıltıldığını fark ederek sinyal füzyonu sayesinde alternatif çözümleri derhal devreye almakta ve seyirin devamını kesintisiz olarak sağlamaktadır.

Gelişmiş bilgisayar donanımları, video işleme, yazılım algoritmaları, veritabanı oluşturma ve sensör çoklu görevlerindeki ilerlemeler, otonom bilgisayar navigasyonunu uygulanabilir bir çözüm hâline getirmiştir. Sensörleri (görsel, termal, lazer, telsiz), yeraltı (deniz ve tünel), iç mekânlar ve ayrıntılı haritalanmamış ortamlar gibi bozulmuş GPS ortamlarında otonom navigasyonu kolaylaştırmaktadır. Bir sonraki adım, daha çeşitli veritabanlarını entegre etmek ve bir navigasyon bilgisayarının büyük ölçekte konum farkındalığını sürdürmesine izin vermektir.

Otonom bilgisayar navigasyonuna geçiş, çoğu savaş sistemine nispeten basit bir yükseltme olacaktır. Birçok deniz, kara, hava ve uzay aracında çeşitli multispektral sensörler kuruludur. Bu sistemler, analiz için normal çalışma sırasında görüntülenen arka plan görüntülerini sağlayacaktır. Ayrıca, sürekli konum farkındalığı için bir navigasyon bilgisayarı kullanılmayan sensörleri de harekete geçirebilir. Radyo, kızılötesi ve görsel sensörler dahil olmak üzere araç bekasıyla ilgili ekipman, navigasyon verileri sağlayan çevreye bakmak için çifte görev üstlenebilir. Bu işlem, yalnızca mevcut sensörlerden yararlanmak için uygun veritabanları ve yazılımlara sahip özel bir navigasyon bilgisayarının eklenmesini gerektirecektir.

Örneğin ImageNav yazılımı, kayıtlı dijital arazi yükseklik verilerini kamera görüntüleriyle eşleştirmek için ataletsel navigasyon sistemi bilgilerini kullanan GPS'den bağımsız hassas bir navigasyon yazılımıdır<sup>[115]</sup>. ABD ordusu, ImageNav'ı kullanarak rotasını görsel olarak takip edebilen GPS'den bağımsız bir akıllı bombayı test etmiş ve başarılı olmuştur<sup>[116]</sup>.

Türkiye'de de bağımsız otonom seyir sistemleri üzerinde çalışılmaktadır. GPS'in devre dışı kaldığı muharebe ortamlarında otonom seyrüsefer yeteneklerinin geliştirilmesi maksadıyla SSB ile STM arasında 23 Ağustos 2019 tarihinde Küresel Konumlama Sistemi Bağımsız Otonom Seyrüsefer Sistemi Geliştirme Projesi (KERKES) Sözleşmesi imzalanmıştır.

Dünyada sayılı ülkenin üzerinde çalıştığı bu teknolojiyle, haberleşmenin olmadığı durumda sensörlerden alınan veri ve görüntüler işlenerek konum kestirimi yapılacak, yapay zekâ ve derin öğrenme teknikleriyle tespit edilen hedef vurulacaktır.

Proje kapsamında geliştirilen sürü İHA sistemi, konum bulma, bağımsız otonom seyrüsefer, derin öğrenme ile belirli nokta tanıma, sürü bölünmesi, görüntü tabanlı mesafe ölçümü, hedef önceliklendirme ve görev planlama özelliklerine sahip olacaktır<sup>[117]</sup>.

### 4.4 Navigasyon Savaşında Daha Fazla Siber Kabiliyetlerin Kullanılması

Gelecekte Navigasyon Savaşının en önemli eğilimlerden biri, siber alanla elektronik alanın birbirine karıştığı bir ara alan hâline gelmesidir. Zira Navigasyon Savaşında kullanılan yöntemler giderek daha fazla dijital hâle gelmektedir ve bununla mücadele için siber kabiliyetlerden daha fazla yararlanmak gerekecektir<sup>[118]</sup>.

Siber Savaş, bilgi sistemleri ve İnternet aracılığıyla düşmanların siber kabiliyetlerine zarar veren veya yok eden operasyonları kapsamaktadır. Bu operasyonlara, düşman bilgisayar ağlarına saldırma ve bozma yeteneği de dahil olmak üzere, genellikle bilgisayar ağı operasyonları denir. Askeri bilgi sistemlerini savunmak ve istihbarat toplama yoluyla düşman bilgisayar ağlarından yararlanır. Bilgisayar ağı işlemleri genellikle bilgisayar kodu ve bilgisayar uygulamaları kullanılarak gerçekleştirilir.

Elektronik Savaş ise bir düşmanı aldatmak veya ona saldırmak veya dost sistemleri benzer eylemlerden korumak için elektromanyetik spektrumu kontrol etmek için yönlendirilmiş enerjinin kullanılmasını içeren askeri eylemlerdir. Yönlendirilmiş enerji silahları bir elektromanyetik alanı güçlendirebilir veya bozabilir, bu da bilgisayarlı sistemler veya gözetim veya telekomünikasyon uyduları gibi elektronik platformlar tarafından yönetilen bilgilerin karışmasına ve aldatılmasına neden olabilir. Yeterli güçle, bu silahlar, bilgisayarlı veya bilgisayarsız hemen hemen her ekipmanın elektrik devresini aşırı ısıtabilir ve bu da bir makinenin elektrik tabanlı işlevlerinin ve bileşenlerinin tahrip olmasına veya karışmasına neden olabilir.

Öte yandan askeri bilgi ve iletişim sistemleri, radar sistemleri ve navigasyon ekipmanları ve bunların kontrol bilgisayarları gibi elektromanyetik spektruma erişen kablosuz bağlantılar aracılığıyla siber uzayda faaliyet

göstermektedir. Bu sistemler, verileri kablosuz olmayan ağlar üzerinden diğer cihazlara veya işlem merkezlerine taşımaktan sorumlu altyapıya ek olarak veri toplama, işleme ve depolamayı gerçekleştiren bilgi yönetimi teknolojilerini de içerir. Spektruma erişimin engellenmesi, kuvvetlerin taktik ve stratejik düzeyde saldırı veya savunma amaçlı siber görevler yürütmesini önemli ölçüde engelleyebilir. Sonuç olarak, ordunun bilgisini yalnızca siber veya bilgisayar tabanlı ağlarda ikamet ederken değil, aynı zamanda bilgi elektromanyetik spektrumda dolaşırken de korumak için yetenekler geliştirilmeli ve bu yetenekler ortaklaşa koordine edilmelidir.

Geleneksel olarak, elektronik saldırı ve karıştırma yetenekleri, düşmanın radarını aldatmak için elektromanyetik spektrumdaki bir sinyali zorlamakla sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, günümüzün sistemleri daha dijitaldir. Elektronik saldırı teknolojisi hem bu sistemleri, hem de bunlara entegre veri kodlamayı içeren yazılımları karıştırabilmelidir.

Öte yandan genellikle IP protokolleri üzerinde yürütülen Siber Savaş teknikleri de giderek daha fazla Elektronik Savaş içermeye başlamıştır<sup>[19]</sup>. C4ISR teknikleri ve haberleşme için giderek daha fazla elektromanyetik spektrum, özellikle radyo frekansları kullanılmakta, bu da Siber Savaş birimlerinin giderek daha fazla Elektronik Savaş tekniklerine kaymasına yol açmaktadır<sup>[18]</sup>.

Gelecekte navigasyon alanında Siber ve Elektronik Savaş arasında çizginin silikleştiği sistemlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olacaktır.

## 5. SONUÇ

21'inci yüzyıl teknolojileri savaş alanını hızla değiştirmeye devam ederken yeni tehditler ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş teknolojiler, hassas güdümlü füze ve

mühimmatlar, yarı otonom (insansız hava, kara ve deniz araçları) ve otonom sistemler giderek yaygınlık kazanırken bunların birer Aşıl Topuğu olduğu giderek daha net ortaya çıkmaktadır. Bu zayıf nokta geliştirilen sistemlerin hemen hepsinin konumlama, navigasyon ve zamanlama hizmetini küresel navigasyon uydu sistemlerinden (GNSS) almasıdır.

Günümüzde Rusya, Çin ve Avrupa Birliği'nin geliştirdiği küresel sistemlere rağmen ABD'nin GPS sistemi hem sivil hem de askeri alanda en çok kullanılan GNSS hizmetidir ve ABD'nin müdahalelerine açıktır.

Buna karşılık çoğunlukla GPS sistemlerine yönelik karıştırma ve yanıltıcı sinyal gönderme gibi Elektronik Savaş yöntemleri geliştirilmiş, terör ve suç örgütleri ve ülkelerin silahlı kuvvetleri tarafından bunların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bu ortamda dost ve müttefik güçlerin GNSS erişimini sürekli kılarken düşmanın bunlara erişimini engelleme faaliyeti olarak Navigasyon Savaşı kavramı giderek geçerlilik kazanmıştır. Ülkeler geleneksel yöntemlerle saldırılara yanıt vermeye çalışırken, GNSS'den bağımsız konumlama, navigasyon ve zamanlama yöntemleri geliştirmeye yönelmiştir.

Yapılan çalışmalar gelecekte özellikle askeri navigasyon alanında otonom sistemlerin yaygınlık kazanacağı ve Navigasyon Savaşında Siber Savaş yöntemlerine daha fazla başvurulacağını göstermektedir.

Tüm bu gelişmeler yaşanırken, modern harbin tüm unsurlarında milli olanaklarıyla özgün çözümler sunan Türk savunma sanayii de Navigasyon Savaşına kayıtsız kalmamıştır. Bugün SSB'nin Savunma Sanayii Ürün Kataloğu'nda Navigasyon Savaşına yönelik önerilen hemen her çözümü bulmak mümkündür. Bu alanda araştırma ve geliştirme çalışmalarını sürdürmek, SSB Başkanı Prof. Dr. İsmail Demir'in belirttiği üzere, "Türkiye'yi geleceğin harekât ortamına bugünden hazırlayacaktır."

## KAYNAKÇA

- [1] *KIRTLAND AIR FORCE BASE*, "JOINT NAVIGATION WARFARE CENTER", <https://www.kirtland.af.mil/Units/Joint-Navigation-Warfare-Center/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [2] *Joint Chiefs of Staff*, (2021), "DOD Dictionary of Military and Associated Terms", (Ağustos 2021), <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/dictionary.pdf?ver=2018-07-25-091749-087>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [3] *STM ThinkTech*, (2019), "ELEKTRONİK HARBİN YENİDEN YÜKSELİŞİ VE GELECEĞİ", (Ağustos 2019), [https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/682019113141917\\_stm\\_elektronik\\_harbin\\_yeniden\\_yukselisi.pdf](https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/682019113141917_stm_elektronik_harbin_yeniden_yukselisi.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [4] *ASCE Library*, (2021), "Why GPS Carrier Signals Are in the L-Band", (26 Ağustos 2021), <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784411506.ap02>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [5] *McCaney, Kevin*; (2014), "Pentagon gives weight to electronic warfare", *Defense Systems*, (2 Nisan 2014), <https://defensesystems.com/articles/2014/04/02/pentagon-electronic-warfare-policy.aspx>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [6] *European Global Navigation Satellite Systems Agency*, (2020), "GNSS User Technology Report", [https://www.euspa.europa.eu/simplecount\\_pdf/tracker?file=uploads/technology\\_report\\_2020.pdf](https://www.euspa.europa.eu/simplecount_pdf/tracker?file=uploads/technology_report_2020.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [7] *GNNS Asia*, (2018), "South Korea to launch its own satellite positioning system", (6 Şubat 2018), <https://gnns.asia/new/korea-to-launch-its-own-satellite-positioning-system/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [8] *Fernholz, Tim*; (2018), "The UK's plan for its own GPS is Brexit in a nutshell", *Quartz*, (29 Ağustos 2018), <https://qz.com/1373693/the-uk-plan-for-its-own-gps-is-brexit-in-a-nutshell/#:~:text=Today%2C%20the%20UK%20government%20announced,could%20cost%20several%20billion%20pounds>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [9] *Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü*, "Milli Uzay Programı Lansmanı Gerçekleştirildi", <https://tusside.tubitak.gov.tr/tr/haber/milli-uzay-programi-lansmani-gerçekleştirildi>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [10] *İçen, Emre*; (2018), "Küresel Ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri Ve Uygulamaları", *Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı*, (Haziran 2018), <https://pgm.uab.gov.tr/uploads/pages/tezler/emre-icen-kuresel-ve-bolgesel-konumlama-sistemleri-teknolojileri-ve-uygulamaları.pdf>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [11] *GPS*, "GPS: The Global Positioning System", <https://www.gps.gov/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [12] *Wikipedia*, "Global Positioning System", [https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [13] *Army Technology*, "US Military GPS", <https://www.army-technology.com/projects/gps-block-iiif-satellites/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [14] *Wikipedia*, "GPS Block IIF", [https://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_Block\\_IIF](https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_Block_IIF). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [15] *Lockheed Martin*, "GPS III/IIIF: The Next Generation of Positioning, Navigation and Timing", <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/gps.html>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [16] *STM ThinkTech*, "GPS'in En Gelişmiş Kullanım Alanları", [https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/4122019154139921\\_stm\\_blog\\_gps\\_gelismis\\_kullanim.pdf](https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/4122019154139921_stm_blog_gps_gelismis_kullanim.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [17] *Aerospace*, (2020), "POSITIONING, NAVIGATION AND TIMING", (1 Ekim 2020), <https://aerospace.org/fact-sheet/positioning-navigation-and-timing>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [18] *Srivastava, Ishan*; (2014), "How Kargil spurred India to design own GPS", *Times of India*, (5 Nisan 2014), <https://timesofindia.indiatimes.com/home/science/how-kargil-spurred-india-to-design-own-gps/articleshow/33254691.cms>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [19] *Darozes, José*; (2016), "The Reflected Global Navigation Satellite System (GNSS-R): from Theory to Practice", *Science Direct*, <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/glonass>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [20] *Wikipedia*, "GLONASS", <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [21] *Army Technology*, "US Military GPS", [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS\\_Future\\_and\\_Evolutions](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [22] *Cozzens, Tracy*; (2021), "Launch of first Glonass-K2 satellite postponed until 2022", *GPS World*, (26 Temmuz 2021), <https://www.gpsworld.com/launch-of-first-glonass-k2-satellite-postponed-until-2022/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [23] *Cameron, Alan*; (2019), "K2 will drive GLONASS under 1M", *GPS World*, (20 Haziran 2019), <https://www.gpsworld.com/k2-will-drive-glonass-under-1m/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [24] *Vikipedi*, "Galileo konumlandırma sistemi", [https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_konumland%C4%B1rma\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumland%C4%B1rma_sistemi). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [25] *European Parliamentary Research Service*, (2018), "European Parliamentary Research Service", (Ekim 2018), [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/614560/EPRS\\_STU\(2018\)614560\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/614560/EPRS_STU(2018)614560_EN.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [26] *Galile GNSS*, "Galileo Frequency bands", <https://galileognss.eu/galileo-frequency-bands/#:~:text=The%20Galileo%20Navigation%20Signals%20are,transmission%20of%20the%20Galileo%20signals>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [27] *Missile Threat*, (2021), "DF-17", (2 Ağustos 2021), <https://missilethreat.csis.org/missile/df-17/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [28] *European Union Agency for the Space Programme*, "Search and Rescue (SAR) / Galileo Service", <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/services/search-and-rescue-sar-galileo-service>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [29] *Airbus*, "New Airbus satellites will navigate Galileo into the future", <https://www.airbus.com/newsroom/news/en/2021/06/New-Airbus-satellites-will-navigate-Galileo-into-the-future.html>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [30] *European Union Agency for the Space Programme*, (2021), "Smartphone users put their trust in Galileo with 2 billion Galileo-enabled devices sold.", (14 Nisan 2021), <https://www.euspa.europa.eu/newsroom/news/smartphone-users-put-their-trust-galileo-2-billion-galileo-enabled-devices-sold>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [31] *Beidou*, <http://en.beidou.gov.cn/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [32] *Army Technology*, "US Military GPS", <https://www.army-technology.com/projects/gps-block-iiif-satellites/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [33] *Straits Times*, (2018), "China is building Beidou, a \$12 billion rival to the American-run GPS", (26 Kasım 2018), <https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/china-is-building-beidou-a-12-billion-rival-to-the-american-run-gps>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [34] *Goswami, Namrata*; (2020), "The Economic and Military Impact of China's BeiDou Navigation System", *The Diplomat*, (1 Temmuz 2020), <https://thediplomat.com/2020/07/the-economic-and-military-impact-of-chinas-beidou-navigation-system/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [35] *Lague, David*; (2013), "SPECIAL REPORT-In satellite tech race, China hitched a ride from Europe", *Reuters*, (22 Aralık 2013), <https://www.reuters.com/article/breakout-beidou-idUSL4N0JJ0J320131222>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [36] *China Daily*, (2020), "China exports Beidou system products to over 120 countries and regions", (7 Ağustos 2020), <https://global.chinadaily.com.cn/a/202008/07/WS5f2d13cca31083481725efcb.html>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [37] *Reuters*, (2021), "China's Beidou navigation system to serve \$156 bln home market by 2025", (26 Mayıs 2021), <https://www.reuters.com/world/china/chinas-beidou-navigation-system-serve-156-bln-home-market-by-2025-2021-05-26/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [38] *Wikipedia*, "Quasi-Zenith Satellite System", [https://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith\\_Satellite\\_System#QZSS\\_and\\_positioning\\_augmentation](https://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith_Satellite_System#QZSS_and_positioning_augmentation). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [39] *European Space Agency*, "QZSS", <https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/QZSS>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [40] *Indian Space Research Organisation*, "Satellite Navigation", <https://www.isro.gov.in/spacecraft/satellite-navigation>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [41] *Wikipedia*, "Indian Regional Navigation Satellite System", [https://en.wikipedia.org/wiki/Indian\\_Regional\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [42] *Indian Space Research Organisation*, "Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) : NavIC", <https://www.isro.gov.in/irns-programme>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)



- [43] Eppert, Sven; "The Rising Need for Cybersecurity in Global Navigation Satellite Systems", *Medium*, <https://medium.com/brains-to-ventures/the-rising-need-of-cybersecurity-in-the-gnss-related-ecosystem-2adb9aa56840>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [44] *European Union*, "Implementation and exploitation of European satellite navigation systems (EGNOS and Galileo)", [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/about\\_the\\_european\\_commission/eu\\_budget/db\\_2021\\_programme\\_statement\\_egnos\\_and\\_galileo.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/about_the_european_commission/eu_budget/db_2021_programme_statement_egnos_and_galileo.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [45] *European Global Navigation Satellite Systems Agency*, "GSA GNSS Market Report", [https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/market\\_report\\_issue\\_6.pdf](https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/market_report_issue_6.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [46] *London School of Economics*, (2017), "The economic impact on the UK of a disruption to GNSS Full Report", (Haziran 2017), [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/619544/17.3254\\_Economic\\_impact\\_to\\_UK\\_of\\_a\\_disruption\\_to\\_GNSS\\_-\\_Full\\_Report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/619544/17.3254_Economic_impact_to_UK_of_a_disruption_to_GNSS_-_Full_Report.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [47] *European GNSS Service Centre*, "FAQ", <https://www.gsc-europa.eu/galileo/faq>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [48] *RTI International*, (2019), "Economic Benefits of the Global Positioning System (GPS)", (Haziran 2019), [https://www.rti.org/sites/default/files/gps\\_finalreport.pdf](https://www.rti.org/sites/default/files/gps_finalreport.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [49] Mason, Richard; (2021), "Analyzing a More Resilient National Positioning, Navigation, and Timing Capability", [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR2970.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2970.html). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [50] *London School of Economics*, (2017), "Economic impact to the UK of a disruption to GNSS Showcase Report", (Nisan 2017), [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/619545/17.3254\\_Economic\\_impact\\_to\\_UK\\_of\\_a\\_disruption\\_to\\_GNSS\\_-\\_Showcase\\_Report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/619545/17.3254_Economic_impact_to_UK_of_a_disruption_to_GNSS_-_Showcase_Report.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [51] *STM ThinkTech*, (2019), "Akıllı Tarım Devrimi", (28 Mart 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=216>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [52] *Army.mil*, (2016), "Navigation Warfare", (7 Eylül 2016), <https://www.army.mil/standto/archive/2016/09/07/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [53] *STM ThinkTech*, (2021), "YENİ TİP DENİZALTIYARIN KOMUTA KONTROL SİSTEMLERİ VE AĞ MERKEZLİ HARP", (Mayıs 2021), [https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/2552021152532975\\_stm\\_yeni\\_tip\\_denizaltiyarin\\_komuta\\_kontrol.pdf](https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/2552021152532975_stm_yeni_tip_denizaltiyarin_komuta_kontrol.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [54] *Army Technology*, (2009), "Geospatial Battles Gain Global Dominance", (8 Aralık 2009), <https://www.army-technology.com/features/feature71262/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [55] *ASELSAN*, "ANS-530K Kara Ataletsel Navigasyon Sistemi", <https://www.aselsan.com.tr/cozumlerimiz/aviyonik-ve-seyrusefer-sistemler/ataletsel-seyrusefer-sistemleri/ans530k-kara-ataletsel-navigasyon-sistemi>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [56] *Başarsoft*, "Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Nedir?", <https://www.basarsoft.com.tr/coğrafi-bilgi-sistemleri-cbs-nedir/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [57] *The Economist*, (2021), "Satellite-navigation systems such as GPS are at risk of jamming", (8 Mayıs 2021), <https://www.economist.com/science-and-technology/2021/05/06/satellite-navigation-systems-such-as-gps-are-at-risk-of-jamming>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [58] J. Gray, Brandon; (2017), "The Post GPS-Only Era: Positioning, Navigation, and Timing (PNT) in 21st Century Warfare", *National Security Archive*, (Ağustos 2017), <https://nsarchive.gwu.edu/document/19434-national-security-archive-maj-brandon-j-gray>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [59] Hambling, David; (2020), "What would the world do without GPS?", *BBC*, (5 Ekim 2020), <https://www.bbc.com/future/article/20201002-would-the-world-cope-without-gps-satellite-navigation>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [60] Demircan, Kozan; (2021), "GÜNEŞ FIRTINALARI NEDİR VE NE KADAR TEHLİKELİDİR?", *KOZANDEMİRCAN*, (11 Temmuz 2021), <https://khosann.com/gunes-firtinalari-nedir-ve-ne-kadar-tehlikelidir/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [61] Eppens, Ken; (2021), "Space debris endangers GPS", *GPS World*, (25 Mayıs 2021), <https://www.gpsworld.com/space-debris-endangers-gps/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [62] Gould, Joe; (2015), "Guided-Bomb Makers Anticipate GPS Jammers" *Defense News*, (31 Mayıs 2015), <https://www.defensenews.com/air/2015/05/31/guided-bomb-makers-anticipate-gps-jammers/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [63] Zuo, Mandy; (2019), "China flight systems jammed by pig farm's African swine fever defences", *South China Morning Post*, (20 Aralık 2019), <https://www.scmp.com/news/china/society/article/3042991/china-flight-systems-jammed-pig-farms-african-swine-fever>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [64] Buesnel, Guy; (2020), "Thousands of GNSS jamming and spoofing incidents reported in 2020", *LinkedIn*, (2 Aralık 2020), <https://www.linkedin.com/pulse/thousands-gnss-jamming-spoofing-incidents-reported-2020-guy-buesnel>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [65] *Resilient Navigation and Timing Foundation*, (2020), "GPS Jammers Used in 85% of Cargo Truck Thefts - Mexico Has Taken Action", (30 Ekim 2020), <https://rntfnd.org/2020/10/30/gps-jammers-used-in-85-of-cargo-truck-thefts-mexico-has-taken-action/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [66] Paul George, Justin; (2019), "History of anti-satellite weapons: US tested 1st ASAT missile 60 years ago", *The Week*, <https://www.theweek.in/news/sci-tech/2019/03/27/history-anti-satellite-weapon-us-asat-missile.html>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [67] Foust, Jeff; (2019), "India tests anti-satellite weapon", *Space News*, (27 Mart 2019), <https://spacenews.com/india-tests-anti-satellite-weapon/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [68] Weitering, Hanneke; (2020), "Russia has launched an anti-satellite missile test, US Space Command says", *Space.com*, (16 Aralık 2020), <https://www.space.com/russia-launches-anti-satellite-missile-test-2020>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [69] Keck, Zachary; (2014), "China Conducted Anti-Satellite Missile Test", *The Diplomat*, (29 Temmuz 2014), <https://thediplomat.com/2014/07/china-conducted-anti-satellite-missile-test/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [70] Lewis, Sarah; (2019), "GPS jamming", (Temmuz 2019), *TechTarget*, <https://searchsecurity.techtarget.com/definition/GPS-jamming>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [71] GEOTAB, (2020), "What are GPS jammers and how do you combat them?", (19 Ekim 2020), <https://www.geotab.com/blog/combatting-gps-jammers/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [72] Westbrook, Tegg; (2019), "The Global Positioning System and Military Jamming", *JSTORE*, <https://www.jstor.org/stable/pdf/26696257.pdf>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [73] Bowman, Peter; (2018), "Navigation warfare: the battle lines", *International Institute for Strategic Studies*, (21 Aralık 2018), <https://www.iiss.org/blogs/military-balance/2018/12/navigation-warfare-battle-lines>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [74] Opal, Barbara; (2018), "Israel Air Force says seized Iranian drone is a knockoff of US Sentinel", *Defense News*, (12 Şubat 2018), <https://www.defensenews.com/global/mideast-africa/2018/02/12/israel-air-force-says-seized-iranian-drone-is-a-knockoff-of-us-sentinel/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [75] Hambling, David; (2020), "Clone Wars: Why Iran Will Copy Captured U.S. Global Hawk Drone", *Forbes*, (16 Temmuz 2016), <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/07/16/clone-wars-why-iran-will-copy-captured-us-global-hawk-drone/?sh=7f1118b7540f>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [76] Cameron, Alan; (2019), "Israel accuses Russia of spoofing in its airspace", *GPS World*, (29 Haziran 2019), <https://www.gpsworld.com/israel-accuses-russia-of-spoofing-in-its-airspace/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [77] Staalesen, Atle; (2018), "Norway requests Russia to halt GPS jamming in borderland", *The Barents Observer*, (27 Nisan 2018), <https://thebarentsobserver.com/en/security/2018/04/norway-requests-russia-halt-gps-jamming-borderland>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [78] *Resilient Navigation and Timing Foundation*, (2016), "China Jamming US Forces' GPS", (26 Eylül 2016), <https://rntfnd.org/2016/09/26/china-jamming-us-forces-gps/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [79] Mizokami, Kyle; (2016), "North Korea Is Jamming GPS Signals", *Popular Mechanics*, (5 Nisan 2016), <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a20289/north-korea-jamming-gps-signals/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [80] *ASELSAN*, (2018), "HAVA SOJ İle Elektronik Harpte Yeni Dönem" (Eylül 2018), [https://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/Brosurler/Elektronik-Harp-Sistemleri/HAVASOJ\\_TR.pdf](https://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/Brosurler/Elektronik-Harp-Sistemleri/HAVASOJ_TR.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)

- [81] ASELSAN, "ASELSAN'DAN KORAL TESLİMİ", <https://www.aselsan.com.tr/tr/basin-odasi/haber-detay/aselsandan-koral-teslimati>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [82] *Millisavunma.com*, (2017), "ASELSAN Milli Elektronik Harp Suihi (MEHS)", (2 Mart 2017), [http://www.millisavunma.com/aselsan-milli-elektronik-harp-suihi-mehs/#:~:text=Milli%20Deniz%20Elektronik%20Harp%20\(EH,Harp%20Kendini%20Koruma%20Sistemi\)dir](http://www.millisavunma.com/aselsan-milli-elektronik-harp-suihi-mehs/#:~:text=Milli%20Deniz%20Elektronik%20Harp%20(EH,Harp%20Kendini%20Koruma%20Sistemi)dir). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [83] Huiss, Randy; (2012), "Proliferation of Precision Strike: Issues for Congress", *Congressional Research Service*, (14 Mayıs 2012), <https://fas.org/sgp/crs/nuke/R42539.pdf>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [84] *Congressional Research Service*, (2021), "Proliferation of Precision Strike: Issues for Congress", (11 Haziran 2021), <https://fas.org/sgp/crs/weapons/R45996.pdf>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [85] *METEKSAN SAVUNMA*, "AGNOSIS Anti-Jamming GNSS", <https://www.meteksan.com/tr/urunler/haberlesme-sistemleri/anti-jamming-gnss>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [86] *TUALCOM*, "GPS-GNSS ANTI-JAM SYSTEMS", [https://tualcom.com.tr/en/gps-gnss-anti-jam-crpa?gclid=CjwKCAjw0921BhAwEiwAxR1IRilUeMSe0eSfQ6upUWq5hvmSqs9Iz5fW7sIOfWloQx6AlbxrLD6UxxoCw9AQAvD\\_BwE](https://tualcom.com.tr/en/gps-gnss-anti-jam-crpa?gclid=CjwKCAjw0921BhAwEiwAxR1IRilUeMSe0eSfQ6upUWq5hvmSqs9Iz5fW7sIOfWloQx6AlbxrLD6UxxoCw9AQAvD_BwE). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [87] Yıldırım, Gökse; (2018), "GPS karıştırıcılarını 'Konumbul' durduracak", *Anadolu Ajansı*, (14 Ocak 2018), <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/gps-karistiricilarini-konumbul-durduracak/1030459>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [88] *METEKSAN SAVUNMA*, "Anti-Jamming GNSS Sistemi", <https://www.meteksan.com/tr/haberler/anti-jamming-gnss-sistemi>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [89] *STM ThinkTech*, (2019), "ANTI-DRONE SAVUNMA SİSTEMLERİ", (Mayıs 2019), [https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/165201912515566\\_stm\\_anti\\_drone\\_savunma\\_sistemleri.pdf](https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/165201912515566_stm_anti_drone_savunma_sistemleri.pdf). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [90] A. Goward, Dana; M. Thomas, Gary; (2020), "Russia's new navigation plan reveals a fear of jamming", *C4ISRNET*, (20 Nisan 2020), <https://www.c4isrnet.com/opinion/2020/04/20/russias-new-navigation-plan-reveals-a-fear-of-jamming/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [91] *Resilient Navigation and Timing Foundation*, (2021), "Russian Electronic Warfare System Is Capable Of Neutralizing GPS, Galileo and BeiDou Systems – Sputnik International", (4 Şubat 2021), <https://rntfnd.org/2021/02/04/russian-electronic-warfare-system-is-capable-of-neutralizing-gps-galileo-and-beidou-systems-sputnik-international/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [92] *septentrio*, "OSNMA: the latest in GNSS anti-spoofing security", <https://www.septentrio.com/en/learn-more/insights/osnma-latest-gnss-anti-spoofing-security>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [93] *Inside GNSS*, (2021), "Anti-Jamming Kits for Dismounted Soldiers", (2 Haziran 2021), <https://insidengnss.com/trx/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [94] *HAVELSAN*, "HAVELSAN KASK GNSS KORUMA SİSTEMİ", <https://www.havelsan.com.tr/sectorler/savunma-ve-guvenlik/hava/gnss-koruma-sistemleri/havelsan-kask>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [95] *METEKSAN SAVUNMA*, "KEMENT TDL Taktik Veri Bağı Sistemi", <https://www.meteksan.com/tr/urunler/haberlesme-sistemleri/ms-tdl-taktik-veri-bagi-sistemi>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [96] *ASELSAN*, "EHF-Bant", <https://www.aselsan.com.tr/cozumlerimiz/uzay-teknolojileri/haberlesme-uydusu-gorev-yukleri/ehfbant>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [97] Strout, Nathan; (2020), "Space Force declares anti-spoofing GPS signal operational", *C4ISRNET*, (7 Aralık 2020), <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/12/07/new-anti-spoofing-gps-signal-declared-operational/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [98] Harris, Mark; (2020), "SpaceX's Starlink satellites could make US Army navigation hard to jam", *MIT Technology Review*, <https://www.technologyreview.com/2020/09/28/1008972/us-army-space-x-musk-starlink-satellites-gps-unjammable-navigation/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [99] HITCHENS, THERESA; (2020), "New GPS Sats Can Maneuver & Resist Jamming", *Breaking Defense*, (26 Şubat 2020), <https://breakingdefense.com/2020/02/new-gps-sats-can-maneuver-and-resist-jamming/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [100] HITCHENS, THERESA; (2021), "Northrop Breaks Into DARPA's Blackjack", *Breaking Defense*, (10 Mayıs 2021), <https://breakingdefense.com/2021/05/northrop-breaks-into-darpas-blackjack/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [101] *Satelles*, <https://satelles.com/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [102] Tegler, Eric; (2018), "The Air Force Turned Off GPS To Rehearse a War Without It", *Popular Mechanics*, (1 Şubat 2018), <https://www.popularmechanics.com/military/aviation/a15949440/air-force-no-gps-red-flag/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [103] *NPL*, <https://www.npl.co.uk/ntc>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [104] *DARPA*, "Chip-Scale Atomic Clock", <https://www.darpa.mil/about-us/timeline/chip-scale-atomic-clock>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [105] *ROKETSAN*, "HASSAS GÜDÜMLÜ FÜZELER", <https://www.roket-san.com.tr/urun/som-jjsf-uyumlu-stand-off-muhimmat/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [106] *Institute of Navigation*, "Session C1a: Navigation Using Environmental Features", <https://www.ion.org/gnss/abstracts.cfm?paperID=10523>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [107] *Honeywell*, "Alternative Navigation Systems", <https://aerospace.honeywell.com/us/en/learn/products/sensors/alternative-navigation-systems>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [108] Mehmet, Fatih; (2020), "Roketsan Yıldız Takipli Navigasyon Sistemi Çalışmaları", *Defence Türk*, (7 Şubat 2020), <https://www.defenceturk.net/roket-san-yildiz-takipli-navigasyon-sistemi-calismalari>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [109] Güner, Levent; (2013), "Küresel Konumlama Sistemlerinin Kullanılmadığı Durumlarda Ataletsel Navigasyon Sistemlerinin Başarımının Korunması", *EMO*, [https://www.emo.org.tr/ekler/550eab3567ac7c2\\_ek.pdf?dergi=933](https://www.emo.org.tr/ekler/550eab3567ac7c2_ek.pdf?dergi=933). (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [110] J. Freedberg, Sydney; (2020), "WarLoc: A GPS Alternative On Your Boot", *Breaking Defense*, (17 Ocak 2020), <https://breakingdefense.com/2020/01/warloc-a-gps-alternative-on-your-boot/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [111] Whitwam, Ryan; (2014), "UK military creates quantum compass that could be the successor to GPS", *Extreme Tech*, (23 Mayıs 2014), <https://www.extremetech.com/extreme/182973-uk-military-creates-quantum-compass-that-could-be-the-successor-to-gps>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [112] *iXblue*, "iXatom - LP2N and iXblue Cold Atoms joint laboratory", <https://photonics.ixblue.com/labcom/ixatom>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [113] *elektrik port*, (2017), "Sensör Füzyonu Nedir?", (21 Şubat 2017), <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/sensor-fuzyonu-nedir/18921#ad-image-0>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [114] Strout, Nathan; (2020), "Army to award contract for GPS alternative by end of September", *C4ISRNET*, (15 Eylül 2020), <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/09/14/army-to-award-contract-for-gps-alternative-by-end-of-september/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [115] *Scientific Systems*, "IMAGENAV", <https://www.ssci.com/products/imagenav/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [116] Keller, John; (2016), "Air Force tests technology that could enable smart munition to see the way to its target", *Military & Aerospace Electronics*, (14 Ocak 2016), <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/16714636/air-force-tests-technology-that-could-enable-smart-munition-to-see-the-way-to-its-target>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [117] *Savunma Sanayii Dergilik*, (2019), "Türkiye'nin yapay zeka destekli sürü İHA'ları", (16 Kasım 2019), <https://www.savunmasanayiidergilik.com/tr/HaberDergilik/Turkiye-nin-yapay-zeka-destekli-suru-iha-lari>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [118] Pomerleau, Mark; (2019), "Does Cyber Command need more electronic warfare tools?", *C4ISRNET*, (22 Mayıs 2019), <https://www.c4isrnet.com/dod/2019/05/21/does-cyber-command-need-more-electronic-warfare-tools/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)
- [119] Pomerleau, Mark; (2021), "US military to blend electronic warfare with cyber capabilities", *C4ISRNET*, (14 Nisan 2021), <https://www.c4isrnet.com/electronic-warfare/2021/04/14/us-military-to-blend-electronic-warfare-with-cyber-capabilities/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2021)



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

