

MUHAREBE SAHASININ DÖNÜŞÜMÜ VE ASKERİ TEKNOLOJİ

HASAN BASRİ YALÇIN | KADİR DOĞAN | BEKİR İLHAN



MUHAREBE SAHASININ DÖNÜŞÜMÜ
ve
ASKERİ TEKNOLOJİ

Bu araştırma projesine katkılarından dolayı Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığına teşekkür ederiz.

Türkiye Araştırmaları Vakfı Yayınları : 10

© Türkiye Araştırmaları Vakfı İktisadi İşletmesi

Birinci Baskı, Şubat 2024, İstanbul

Yayıncı Sertifika No: 72319
ISBN 978-625-98522-0-1

Muharebe Sahasının Dönüşümü ve Askeri Teknoloji

İçdüzen & Kapak Tasarımı
Mürettibhane

Baskı & Cilt
Sena Ofset Ambalaj Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
Yakuplu Mh. 194. Sk. Blok No: 1 İç Kapı No: 465 Beylikdüzü / İstanbul
Matbaa Sertifika No: 45030

Türkiye Araştırmaları Vakfı iktisadi işletmesi,
Türkiye Araştırmaları Vakfı'nın bir markasıdır.

Bu yayının tüm hakları Türkiye Araştırmaları Vakfı'na aittir. TAV'ın izni olmaksızın yayının tümünün veya bir kısmının elektronik veya mekanik (fotokopi, kayıt ve bilgi depolama, vd.) yollarla basımı, yayımı, çoğaltılması veya dağıtımı yapılamaz. Kaynak göstermek suretiyle alıntı yapılabilir.



Türkiye Araştırmaları Vakfı Yayınları

Hırka-i Şerif Mah. Eski Ali Paşa Cad. No: 33 Fatih / İstanbul
<https://turkiyearastirmalari.org> • info@turkiyearastirmalari.org

MUHAREBE SAHASININ DÖNÜŞÜMÜ *ve* ASKERİ TEKNOLOJİ

HASAN BASRİ YALÇIN, KADİR DOĞAN, BEKİR İLHAN

Yazarlar Hakkında

HASAN BASRİ YALÇIN

Prof. Dr. Hasan Basri Yalçın İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi öğretim üyesidir. 2013-2021 yılları arasında İstanbul Ticaret Üniversitesi öğretim üyeliği görevinde bulunmuştur. Lisans derecesini 2004 yılında Beykent Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü'nden almıştır. Yüksek Lisansını Koç Üniversitesi'nde "Tek Kutuplu Sistemde İttifakların Kökenleri" başlıklı teziyle 2006 yılında tamamlamıştır. Doktorasını University of Cincinnati'de Siyaset Bilimi alanında "International Politics as a Struggle for Autonomy" (Bir Otonomi Mücadelesi Olarak Uluslararası Siyaset) başlıklı teziyle 2011 yılında tamamlamıştır. Prof. Dr. Yalçın uluslararası ilişkiler teorisi, uluslararası güvenlik ve strateji, NATO ve sosyal bilimler felsefesi gibi alanlarda araştırma ve yayınlar yapmaktadır. Farklı vakıf ve düşünce kuruluşlarında araştırmacı ve direktör olarak çalışmıştır. 2018 ve 2023 yılları arasında T.C. İletişim Başkanlığı'nda danışmanlık görevini yürütmüş ve Sabah gazetesinde köşe yazarlığı yapmıştır. Türkiye Araştırmaları Vakfı başkanıdır.

KADİR DOĞAN

Lisans öğrenimini Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. Yüksek Lisans eğitimine İstanbul Teknik Üniversitesi Savunma Teknolojileri alanında devam eden Doğan, Türkiye'nin ilk milli turboşaft motoru olan TS-1400 motorunun ve Türkiye'nin ilk turbojet motoru olan KTJ-3200'ün tasarımında görev aldı. Eğitim hayatı sonrasında savunma sanayi alanında kurucusu olduğu Blitz Teknoloji girişimi ile Türkiye tarihinde ilk kez bir görüntüleme sistemini NATO üyesi bir ülkeye doğrudan ihraç etme başarısı gösteren Doğan, hem mühendislik hem de savunma teknolojileri alanında çeşitli çalışmalarda bulundu. Gaz Türbinli Motorlarda dönel diskler arasındaki akışkanlar, ikincil akış sistemleri ve kontrol sistemleri alanında çeşitli tasarımları bulunan Doğan aynı zamanda özellikle görüntüleme sistemleri, İnsansız Sistemler ve Anti-İHA sistemleri alanında çeşitli raporlar yazmış ve Savunma Teknolojileri ile Savunma Stratejileri konularında çalışmalarını sürdürmektedir.

BEKİR İLHAN

University of Cincinnati School of Public and International Affairs'te Siyaset Bilimi alanında doktora adayıdır. Genel olarak uluslararası güvenlik, savaş, askeri strateji ve caydırıcılık teorisi konularında araştırmalar yapmaktadır. Türkiye'nin silahlanma stratejisi ve askeri kapasitesi, Çin'in askeri doktrini ve ABD'nin dış politika ve güvenlik stratejisi konularında başta makale, kitap bölümü ve raporlar olmak üzere yayınları bulunmaktadır. Lisans eğitimini Yıldız Teknik Üniversitesi Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Bölümü'nde, yüksek lisans eğitimini de Sabancı Üniversitesi Siyaset Bilimi Bölümü'nde tamamlamıştır.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	9
TAKDİM	11
ÖNSÖZ	13
1. ASKERİ TEKNOLOJİ VE MUHAREBE SAHASI	15
1.1. Muharebe Sahasının Dönüşümü ve Askeri Teknoloji	15
2. TEKNOLOJİNİN DAĞILIMI VE ASKERİ DÖNÜŞÜM	29
2.1. Askeri Devrim Kavramının Niteliği	29
2.2. Nükleer Silahlar ve Askeri Devrim	34
2.3. Askeri Dönüşümün Mantığı	37
2.4. Literatüre Bakış: Askeri İnovasyon ve Etkinlik Teorileri	40
2.4.1. Askeri İnovasyon Teorileri	40
2.4.2. Askeri Etkinlik Teorileri	43
2.4.3. Modern Sistem	47
2.5. Askeri Teknoloji ve Savaş İlişkisi	50
2.6. Askeri Teknoloji ve Doktrin İlişkisi	54
2.7. Erişilebilirlik ve Askeri İnovasyon	57
2.8. Modern Muharebe Sahasının Dönüşümü	60
2.9. Enformasyon Teknolojilerinin Gelişi ve “Askeri İşlerde Devrim” Tartışması	64
2.10. Enformasyon Üstünlüğü ve Teknolojinin Dağılımı	67
2.11. Enformasyon Merkezli Yeni Savaş Konseptleri	73

3. AĞ MERKEZLİ HARP: SİSTEM ÜSTÜ SİSTEM	77
3.1. Günümüzün Gerçeği Ağ Merkezli Harp	77
3.1.1. AMH Tanımı ve Genişlemesi	77
3.1.2. AMH'nin Görev Profillerinin Gelişmesi ve Uygulanması	80
3.1.3. Teknolojik Yeterliliğin Ötesinde AMH	83
3.1.4. Farklı Etki Alanlarının Kesişimi ve Görev Profillerinin Genişlemesi	87
3.1.4.1. Sonuç	92
3.2. Sistem Mimarisi	95
3.2.1. Sistem Mimarisi ve Sistemden Bileşene	96
3.2.2. Türk Tipi Taarruz Kompleksi	101
4. AĞ MERKEZLİ HARBİN ÖNEMLİ YAPILARI	123
4.1. Sistem Üstü Sistem	123
4.1.1. Komuta Kontrol Sistemleri	138
4.1.1.1. Komuta Kontrol Alt Sistemleri	152
4.1.2. İstihbarat, Keşif ve Gözetleme Sistemleri	161
4.1.2.1. İstihbarat, Keşif ve Gözetleme Sistemi Alt Sistemleri	177
4.1.3. Güdüm Sistemi	190
4.1.3.1. Güdüm Alt Sistemi	198
4.1.4. Haberleşme Sistemi	210
4.1.4.1. Haberleşme Alt Sistemleri	218
4.2. Platformlar	228
4.2.1. Motor	236
4.3. Bileşenler	247
4.3.1. Lazerler	259
4.3.2. Kameralar	263
4.3.3. Radar	267
SONUÇ	275
KAYNAKÇA	281

KISALTMALAR

İHA	: İnsansız Hava Aracı
İHS	: İnsansız Hava Sistemi
SİHA	: Silahlı İnsansız Hava Aracı
AÖB	: Ataletsel Ölçüm Birimi
UKB	: Uçuş Kontrol Birimi
KAY	: Kullanıcı Arayüz Yazılımı
YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu
KKİ	: Komuta Kontrol İstasyonu
ISR	: Intelligence, Surveillance, Reconnaissance
IKG	: İstihbarat, Keşif ve Gözetleme
EH	: Elektronik Harp
RF	: Radyo Frekansı
EO/IR	: Electro-Optical/Infrared
MALE	: Medium Altitude Long Endurance
HALE	: High Altitude Long Endurance
SWIR	: Short Wavelength Infrared
LWIR	: Long Wavelength Infrared
MWIR	: Medium Wavelength Infrared

- GPS : Global Positioning System
GNSS : Global Navigation Satellite Systems
CCD : Charge Coupled Device
CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor
ASIC : Application Specific Integrated Circuit
FPGA : Field Programmable Gate Array
SSB : Savunma Sanayii Başkanlığı
KKK : Kara Kuvvetleri Komutanlığı
HvKK : Hava Kuvvetleri Komutanlığı
DzKK : Deniz Kuvvetleri Komutanlığı
MEMS : Microelectromechanical systems
KMO : Kundağı Motorlu Obüs
IIR : Imaging Infrared
C2 : Command and Control
AMH : Ağ Merkezli Harp
SYS : Savaş Yönetim Sistemi

TAKDİM

Askeri teknoloji ve muharebe sahası arasındaki ilişki üzerine birçok tartışma sürmektedir. Bu tartışmalar çok temel bir soru altında özetlenebilir: “Muharebe sahasındaki değişen ihtiyaçlar doğrultusunda mı askeri teknoloji evrilmektedir yoksa askeri teknoloji kendi dinamikleri içinde dönüşürken sahayı bağımsız bir biçimde mi etkilemektedir?” Bu soruya verilen cevap, yerine göre bir ülkenin savunma sanayii hamlesinin temelini teşkil edecek nitelikte etki doğuracaktır. Çünkü bu cevap bir ülkenin ulusal güvenlik siyasetinden askeri stratejisine kadar uzanan skalada birçok alandaki yaklaşımını etkileyecektir.

Muharebe sahasından elde edilen tecrübelerle ihtiyaç ve eksikliklerin belirlenip yeni muharebelere hazırlanıldığı fikri makul gözükebilir. Ancak askeri tarihteki örnekler dikkate alındığında yeni muharebelerin önceki muharebelere benzeyeceği kesin değildir. Yine bir önceki muharebeden de dersler çıkarmak sanıldığı kadar kolay değildir. Askeri ve siyasi kurumlar da her zaman doğru dersleri çıkarıp sağlıklı değerlendirmeler yapmayabilir.

Bu anlamda elinizdeki çalışmanın yukarıdaki soruya verdiği yanıt oldukça nettir: Tehditler ve ihtiyaçlardan ziyade teknolojinin maddi ve teknik olarak nelere imkan sağladığı muharebe sahasında belirleyicidir. İster sivil olsun ister askeri, teknoloji kendi bağımsız yolunda ilerleyip gitmektedir. Teknolojideki değişim ve dönüşüm kolektif olarak bazı taktik ve operasyonları avantajlı veya dezavantajlı kılabilir. Bu noktada teknolojik seviyenin sağladığı imkan ve şartlar hedef tespitinden gücüne, istihbarattan hassas vuruşa kadar muharebe sahasındaki askeri faaliyetleri şekillendirmektedir. Bu neden-

le genel olarak teknolojinin neye müsaade ettiği ve bir devletin bu teknolojilere erişip erişemediği muharebe sahasındaki askeri davranışını etkilemektedir. Özetle bu çalışma askeri teknolojilerdeki değişimin ne yönde ve derecede olduğunu tespit edip muharebe sahasındaki olası etkilerini buna göre değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmektedir.

Çalışmada da belirtildiği üzere modern savaşın en ayırt edici niteliği olan ateş gücüyle bağlantılı olarak, günümüz muharebe sahasında enformasyonun önemi daha belirgin bir hale gelmiştir. Özel olarak, son dönemdeki gelişmelerin sonucunda dijital, bilişim, kamera, gözetleme ve güdüm teknolojilerinin muharebe sahasında bir fark yaratmakta olduğu gözlemlenmektedir. Söz konusu teknolojilerde ülkemizin çağı yakalaması Savunma Sanayii Başkanlığı olarak öncelikli hedeflerimiz arasındadır. Amacımız ülkemizi savunma sanayii alanında dünyada hak ettiği noktaya ulaştırmaktır. Cumhurbaşkanımız Sayın Recep Tayyip Erdoğan liderliğinde siyasi iradeden bürokrasiye, silahlı kuvvetlerimizden sektörün mühendis ve çalışanlarına kadar tüm paydaşların katkı sağladığı bu ideale ülkemiz akademisinin de üzerine düşeni yapma çabalarına şahitlik etmekten mutluluk duyuyoruz.

Bu bağlamda Türkiye'nin önümüzdeki dönemdeki savunma sanayii politikalarının ne yönde ilerlemesi gerektiğine yönelik son derece kıymetli tartışma ve çabalar vardır. Mevcut silah teknolojisinin dağılımı dikkate alınarak bir ülkenin erişebildiği askeri teknolojiler üzerinden bir silahlanma stratejisi kurgulanabileceği fikrini merkeze alan bu çalışmanın söz konusu çabalara bir katkı sunacağına inanıyorum.

Prof. Dr. Haluk Görgün
T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanı
Ankara, Ocak 2024

ÖNSÖZ

Bu kitap askeri teknoloji ve muharebe sahası arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Bu ilişkinin niteliği üzerinde birçok tartışma olmuştur. Bu tartışmalar iki temel soru altında özetlenebilir: “Muharebe sahasındaki değişen ihtiyaçlar doğrultusunda mı askeri teknoloji evrilmektedir?” “Yoksa askeri teknoloji kendi dinamikleri içinde dönüşürken sahayı bağımsız bir biçimde mi etkilemektedir?”. Çalışmamızın bu sorulara verdiği yanıt oldukça nettir: Tehditler ve ihtiyaçlardan ziyade teknolojinin maddi ve teknik olarak nelere imkân sağladığı muharebe sahasında belirleyicidir.

Muharebe sahasından elde edilen tecrübelerle ihtiyaç ve eksikliklerin belirlenip yeni muharebelere hazırlanıldığı fikri makul gözükebilir. Ancak askeri tarihteki örnekler dikkate alındığında yeni muharebelerin önceki muharebelere benzeyeceği kesin değildir. Yine bir önceki muharebeden de dersler çıkarmak sanıldığı kadar kolay değildir. Askeri ve siyasi kurumlar her zaman doğru değerlendirmeleri yapmayabilir.

İster sivil olsun ister askeri, teknoloji kendi bağımsız yolunda ilerleyip gitmektedir. Teknolojideki değişim ve dönüşüm kolektif olarak bazı taktik ve operasyonları avantajlı veya dezavantajlı kılabilir. Bu noktada teknolojik seviyenin sağladığı imkân ve şartlar hedef tespitinden gücüne, istihbarattan hassas vuruşa kadar muharebe sahasındaki askeri faaliyetleri şekillendirmektedir. Bu nedenle genel olarak teknolojinin neye müsaade ettiği ve bir devletin bu teknolojilere erişip erişemediği muharebe sahasındaki askeri davranışını etkilemektedir.

Bu çalışmada öncelikle askeri dönüşüm ve askeri devrim kavramları detaylandırılacaktır. Bu anlamda askeri devrim olgusunun kavramsal çerçevesi çizilecektir. Ateşli silahların icat edilip yaygınlaşmasından stratejik seviyede nükleer silahlara kadar uzanan tarihsel süreç içinde devrim literatürüne değinilecektir. Burada amaç neyin askeri devrim olup olmadığına yönelik tanımların yapılmasıdır.

Ardından büyük kırılmaları işaret eden askeri devrimden farklı olarak daha evrimsel ama lineer olmayan askeri dönüşüm mantığı ele alınacaktır. Bu bağlamda ateş gücü, dayanıklılık, sürat, menzil ve isabet unsurları üzerinde durulacaktır. Modern savaşın en büyük problemi olan ateş gücünü üretmek ve maruz kalmamak meselesine değinilecektir. Günümüz savaşının en ayırt edici niteliği olan ateş gücüyle bağlantılı olarak enformasyonun önemi ortaya konacaktır. Bu noktada bu kitap bilgisayar, enformasyon, gözetleme, güdüm teknolojilerinin, son dönemdeki gelişmelerin sonucu olarak, muharebe sahasında bir fark yaratmakta olduğunu öne sürmektedir.

Bu noktada spesifik olarak ağ merkezli savaş kavramı üzerinde durulacaktır. Ardından günümüz muharebe sahasındaki başat sistem mimarisinin niteliklerine değinilecektir. Burada sistem üstü sistemlerden sistemlere, alt-sistemlerden bileşenlere kadar teknik imkânların nelere olanak sağladığı irdelenecektir. Bu bağlamda çeşitli sistem ve platformlar da incelenecektir.

Özetle bu kitap askeri teknolojilerdeki değişimin ne yönde ve derecede olduğunu tespit edip muharebe sahasındaki olası etkilerini buna göre değerlendirmesi gerektiğini öne sürmektedir. Kitap hem teorik hem de teknik olarak tüm okuyucu ve karar alıcılar için anlaşılır ve açık bir üslupla yazılmaya çalışılmıştır. Kitabın yazılma aşamasında fikir ve değerlendirmeleriyle katkı sunan Fatih Mehmet Küçük'e teşekkür ediyoruz.

Türkiye'nin önümüzdeki dönemdeki savunma sanayii politikalarının ne yönde ilerlemesi gerektiğine yönelik son derece kıymetli tartışma ve çabalar vardır. Mevcut silah teknolojisinin dağılımı dikkate alınarak Türkiye'nin erişebildiği askeri teknolojiler üzerinden bir silahlanma stratejisi kurgulanabileceği fikrini merkeze alan bu çalışmanın söz konusu çabalara bir katkı sunacağına inanıyoruz.

Hasan Basri Yalçın
Kadir Doğan
Bekir İlhan
İstanbul, Aralık 2023

ASKERİ TEKNOLOJİ VE MUHAREBE SAHASI

1.1. MUHAREBE SAHASININ DÖNÜŞÜMÜ VE ASKERİ TEKNOLOJİ

Bu çalışma muharebe sahasının dönüşümü ile askeri teknoloji arasındaki ilişki üzerinedir. Gayet pratik bir mantık çerçevesinde savaş sahasında ihtiyaçların değişmesi nedeniyle askeri teknolojide de değişimlerin yaşanabileceği düşünülebilir. Aynı mantıkla teknolojinin değişimiyle muharebe sahasının da değişim göstereceği kesindir. Aslında askeri teknoloji ile savaş meydanı arasında kaçınılmaz bir ilişki vardır. Ancak bu ilişkinin ne yönde olduğu veya nereden başlayıp nerede son bulduğu sorusunu cevaplamak pek de kolay değildir. Askeri teknoloji değiştiği için mi savaşın karakteri değişir yoksa savaşın karakteri değiştiği için mi askeri teknoloji ona ayak uydurur?

Cevap kolay görünür. Tabii ki her ikisi de birbirini etkilemektedir. Savaş sahasındaki ihtiyaç ve hedefler değiştikçe askeri teknoloji de buna uyum sağlamak zorunda kalır. Askeri teknoloji değiştikçe savaş sahası da değişim gösterir. Ateşli silahların ortaya çıkması kuşatma savaşlarının doğasını değiştirmiştir. Veya askeri ihtiyaçların da askeri teknolojik gelişmelere neden olduğuna dair tonlarca örnek okumuş olabiliriz. Bu nedenle kolayca tabii ki her ikisi de birbirini etkilemiştir demek en doğrusu. Fakat bu doğruyu keşfetmek bize yeni bir bilgi sunmaz. Bu cevabı bulmak için çok aramaya da gerek yoktur. Tabii ki bu çok doğru bir cevaptır. Ancak doğru bir cevap olduğu kadar işlevsel olmayan bir cevaptır.

Pratik bir zemin üzerinden düşünecek olursak orduyu yapılandırma planı yaptığınızı düşünelim. Hangi silah sistemlerine yatırım yaptığınızda ordunuzun daha iyi teçhizat sahibi olduğunu bilmek istersiniz. Bir uzmana konuyu sorduğunuzda size her şey birbirini etkilediği gibi bir cevap verirse neyin diğerlerinden daha kıymetli olacağına dair daha doğrusu neyin vazgeçilmez ve hayati olduğuna dair size bir cevap sunmuş olmaz. Sonuç olarak aslında mantıken doğruymuş gibi görünen bu cevap stratejik olarak kaçınılmaz derecede yanlış cevaptır. Aslında cevap değil basmakalıp bir ezberdir.

Bu nedenle stratejik bir mantık çerçevesinde hangi silah türlerinin daha stratejik olduğuna karar vermek zorundasınız. Bunun için de askeri teknolojiler arasında bir sıralama yapmak ve bunların çağdaş savaşlarda hangilerinin daha verimli olduğunu tespit etmek zorundasınız. Bunun için de aslında muharebe sahasının mı teknolojiyi etkilediğine yoksa askeri teknolojinin mi muharebe sahasını dönüştürdüğüne dair bir kanaat oluşturmanız gerekir. Bu noktada ya önce sahaya bakacak ve en verimli olanları tespit edeceksiniz ya da sahayı göz ardı ederek örnek olaylara pek bakmadan askeri teknolojiye bakacak ve onlar arasında tercih yapacaksınız.

Birinci yol çok daha mantıklı görünür. Çünkü sahada hangi silahların daha kullanışlı olduğunu görmek tecrübeye dayanmak anlamına gelir. Dünya üzerindeki muharebe örneklerine bakarsınız, bunları ayrıntılı biçimde çalışırsınız ve bundan sonuçlar çıkartırsınız. Muharebenin gidişatını belirleyen silah türlerini belirleyip sonra o teknolojiye yatırım yapmaya yönelebilirsiniz. Böyle anlatınca gerçekten çok mantıklı ve kesin başarıya ulaşacak bir yol gibi görünür.

Buna yönelik iki eleştiri yapılabilir. Birincisi muharebe sahasına bakıp tecrübeden bilgi devşirmek o kadar da kolay bir iş değildir. Muharebe sahasının karmaşıklığı ve bu sahadan bilgi akışının güvenliği gibi sorunlar düşünüldüğünde sağlıklı veriye ulaşmak ve bu verilerden doğru sonuçlar üretmek o kadar kolay olsaydı tarih boyunca savaş alanlarını gözlemleyen uzman ve askerlerin hep doğru sonuçlara ulaşması gerekirdi. Ancak askeri tarihe bakıldığında bu durumun pek de geçerli olmadığı görülür. Örneğin, ateşli silahların etkisinin anlaşılması bile yüzyılları bulmuştur. Muharebe sahasında en zor işlerden biri doğru bilgiye ulaşmaktır. Uzmanlar bunu savaşın sisi gibi kavramlarla ifade ederler. Savaş insan oğlunun en fazla hesapladığı fakat en karmaşık uğraşdır. Öylesine karmaşıktır ki, ne sahadan gelen bilgidен emin olabilirsiniz ne de verdiğiniz talimatların uygulandığından. Birçok uzmana göre

komutanlar savaşın gidişatında ilk diziliş dışında neredeyse hiçbir safhasına doğru veriyle müdahale edemezler. Durum böyle olunca muharebe sahasının gözlemleri üzerinden doğru bilgiler üretmek ve bu bilgiler üzerinden askeri teknolojiyi şekillendirmek pek kolay görünmez.

İkincisi muharebe sahasından keskin bir gözlemlerle en doğru sonucu çıkardığınızı varsaysak bile bu doğru sonucun bir sonraki muharebede de geçerliliğini koruyacağını bilemezsiniz. Daha keskin bir şekilde ifade etmek gerekirse aslında savaş sahasından doğru dersler çıkarmak tarih boyunca kritik evrelerde çoğunlukla yanlış yatırımların ve hesapların yapılmasına neden olmuştur. Çok bilinen örnekler bakmak bu durumun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. 1870 Fransa-Prusya savaşını izleyen uzmanlar saldırı silahlarının büyük bir avantaja sahip olduğunu düşündükleri için 40 yıl boyunca o teknolojiler ve o teknolojilere uygun taktik ve stratejilere çalıştılar. En iyi savunmanın saldırı olduğu ezberini kurmaylar on yıllar boyunca tekrarladılar. Bu nedenle de Birinci Dünya Savaşı başladığında herkes savaşın kısa süreceğini ve ilk saldırıya geçenin kazanacağını düşünüyordu. Ancak siper, makinalı tüfek ve dikenli telin neler yapabileceğini görmediklerinden (çünkü bunlar henüz muharebe sahasında tecrübe edilmemişti) savunma savaşının artık daha avantajlı olduğunu da göremediler. Nitekim büyük savaş dört yıl sürdü ve saldıran kazanamadı. Dahası muharebelerde saldıran taraflar hep perişan oldu. Yani uzmanlar aslında muharebe sahasından doğru sonuçlar çıkarmış olmasına rağmen askeri teknolojiye son gelişmelere odaklanmadıkları ve bu gelişmeleri okuyamadıkları için hatalı yatırım ve planlamalara girdiler. Bedelini de ağır ödediler. Ancak bazı uzmanlar bir önceki savaşı çalışarak o savaştan sonuçlar çıkarma alışkanlıklarını bir kenara bırakmadılar. Aksine bu sefer de savunmanın avantajlı olduğunu düşünmeye başladılar. Birinci Dünya Savaşı'nda siperlerin geçilemediğini gören bazı uzmanlar bu sefer savunmanın avantajlı olduğu dersini çıkardılar. Bu nedenle Fransızlar yıllar boyunca Almanya sınırına siper kazdılar. Ancak Almanlar haftalar içinde Paris'e girdi. Çünkü Fransızlar İkinci Dünya Savaşı'na değil Birinci Dünya Savaşı'na hazırlanmıştı. Muharebe sahasından dersler çıkarmak ve teknolojik yatırımları ve stratejik planlamaları ona göre yapmak hiç işe yaramadı.

Bu anlamda bu çalışma stratejik tercihin yukarıda bahsedilen mantık olan saha tecrübesinden ziyade tımdengelimci bir mantıkla ele alınması gerektiğini ileri sürmektedir. Yani askeri teknoloji değerlendirmesini önce yapıp muharebe sahasının ona göre kurgulanmasının daha doğru olduğu kanaati üzerine inşa edilmiştir.

Bu noktada başka bir soru daha karşımıza çıkar: Askeri teknolojiler arasında nasıl bir değerlendirme yapılmalıdır ki stratejik anlamda daha başarılı bir yatırım yapılsın? Burada da kabaca iki yoldan bahsedilebilir: Birincisi sonuçlar mantığıdır. İkincisi uygunluk mantığıdır.

İlk olarak sonuçlar mantığına bakacak olursak askeri teknoloji yatırımlarını en iyi sonuç verecek silah sistemlerine doğru kaydırmak çok mantıklı görünür. Aslında strateji üzerine yapılan birçok çalışma bu mantık üzerine kuruludur. Herhangi bir aktörün elde etmek istediği hedefi göz önünde bulundurursak o hedefe ulaşmanın en uygun araçlarını ele geçirmek şeklinde tarif edilebilir. Bu yaklaşım klasik rasyonalite mantığına dayanır. Buna göre bir aktörün hedefi vardır. Aktör o hedefe ulaşmak için iki şeye ihtiyaç duyar. Biri o hedefe kendisini götürecektir yol bir diğeri o yolda kullanılacak araçlar. Örneğin Avrupa'ya seyahat etmek isteyen bir kimse öncelikle hangi yoldan gideceğine ve yolda ne tür bir araç kullanacağına karar vermelidir. Bu aktör deniz araçlarını da kara araçlarını da hava araçlarını da kullanabilir. Rasyonel aktörler bir stratejik değerlendirmede bulunur ve kendileri için en uygun yolu ve aracı tercih eder. Bu mantıkla bakıldığında aslında devletlerin de ne tür araçlara yani silah sistemlerine yatırım yapması gerektiği de oldukça basit bir şekilde cevaplanabilir gibi görünür. Eğer bir ülke güvenliğini sağlamak istiyorsa öncelikle kendine yönelik güvenlik tehditlerinin neler olduğunu tanımlamalı ve o güvenlik tehditleriyle başa çıkmak için ne tür araç ve yöntemlere ihtiyaç duyduğunu belirlemelidir. Ardından da belirlediği silah sistemlerine yatırımı artırmalıdır. Mesela bir devlet Soğuk Savaş gibi bir uluslararası düzen içinde kendi güvenliğini sağlamanın en iyi yolunun nükleer silahlar olduğunu düşünebilir. Bu nedenle de Soğuk Savaş esnasında ABD ve Sovyetler Birliği nükleer silah üretimine odaklı bir askeri teknoloji takip etmiştir. Süper güçlerin askeri yatırımlarını karşılayacakları veya karşılaşma ihtimali olan tehditler belirlemiştir. Hatta nükleer silah yatırımları öylesine bir noktaya ulaşmıştır ki, süper güçler dünyayı defalarca imha edebilecek nükleer kapasiteye ulaşmış olmalarına rağmen bu yarışı sonlandıramamıştır. O tarihlerde herhangi bir savaşın merkezinin Batı Avrupa olabileceği düşünülmüş ve askeri hazırlıklar ona göre düzenlenmiştir. Devasa konvansiyonel yapılar kurulmuştur. Soğuk Savaş'ın erken dönemlerinde iki süper gücün Batı Avrupa'da karşılaşacağı bir savaşın nasıl yürüyeceği üzerinden hesaplar yapılmış ve askeri teknoloji de buna göre şekillenmiştir. Ancak mesela Vietnam Savaşı sonrasında ABD tüm güvenlik sorunlarının Batı Avrupa'da olmadığı ve savaşların sadece konvansiyonel savaşlarla sınırlı kalmayacağını görmüştür. Bu ne-

denle ABD 1960'lardan sonra birçok farklı projeye Vietnam gibi gerilla savaşlarına dayalı bölgelerde yürütebileceği savaşlara da hazırlıklar yapma yoluna gitmiştir. Vietnam'da devasa Amerikan ordusunun en temel sorunu gerilla taktiklerine dayalı hedefleri bulmak olmuştur. Amerikan B-52 bombardıman uçakları muazzam patlamalar üretebilecek kapasitedeydi ve halı bombardımanı teknikleriyle Vietnam coğrafyasında korkunç bir ateş gücü üretebiliyordu. Fakat bu ateş gücü rakibi bulamıyor ve vuramıyordu. Bu nedenle Amerikan ordusu yeni şartlara uygun olarak hassas ve küçük hedefleri vuraabilecek sistemlere yatırım yapmaya başladı. DARPA gibi programlar geliştirildi ve askeri teknolojinin yenilenmesi ve dönüştürülmesi için bu tür komisyonlar on yıllarca çalışma yaptı. Sadece kaba güç değil hassas ayarlı bir güç üretme fikri ön plana çıkmıştı. Yani yeni tehditler askeri teknoloji yatırımlarını da dönüştürmeye başlamıştı. Termal kameralardan, bilgisayar merkezli sistemlere kadar birçok yatırım o tarihlerde başladı ve bu programların Amerikan askeri teknolojisini çok güçlü bir biçimde dönüştürdüğü 1991 Körfez Savaşı'nda ortaya çıktı. ABD'nin askeri teknolojisinin Irak kuvvetlerini bulma becerisi ve bilgisayar sistemli bir ağ savaşı yapmış olması askeri teknoloji çalışmalarında bir devrim gerçekleştiği fikrini doğurdu. Bugün hâlâ bu tür konular tartışılmaktadır.

Konuya dair başka örnekler de verilebilir. Mesela Almanya İkinci Dünya Savaşı öncesinde saldırgan bir hedef belirlemişti. Yıldırım Savaşı olarak tarif edilen bu hedeflere uygun olarak da askeri planlama ve yatırım yapılmıştı denir. Eğer Avrupa'nın merkezinde süratle ve aylar içerisinde işgal savaşı yürütecekseniz mantıken süratli ordulara yatırım yapmak zorundasınızdır. İşte bu minvalde Alman orduları bağımsız panzer birliklerini oluşturdu ve Fransa gibi devasa bir coğrafyayı haftalar içinde işgal edebilecek kadar hızlı silah sistemlerine yatırımı ön plana çıkarttı. Çünkü Avrupa'yı fethetmek isteyen Hitler'in savunmada avantaj sağlayan silah sistemlerine yatırım yapması pek de mantıklı olmazdı.

Bu örneklerin hepsi klasik bir rasyonalite mantığına dayanan anlatılardır. Devletlerin hedefleri neyse ona uygun araçlara yatırım yapmanın en doğru, en rasyonel, en stratejik davranış biçimi olduğu fikri yaygın biçimde kabul edilir. Ancak bu okumanın göz ardı ettiği çok basit ve çok önemli bir gerçek vardır. Klasik rasyonalite mantığı aktörlerin ellerinde her türlü imkânın bulunduğu ve asıl sorunun bu imkânlar arasında tercih yapmak olduğunu varsayar. Mesela caydırıcılık isteyen bir devletin nükleer silahlara yatırım yapmasının mantıklı olduğu söylenir. Fakat aynı devletin nükleer silahlara yatırım

yapabilecek bir kapasiteye sahip olup olmadığı meselesi neredeyse hiç tartışılmaz. Bu nedenle de pek gerçekçi değildir. Mesela nükleer silah gibi gelişmiş bir teknolojiye sahip olmayan bir devletin nükleer silahlar ne kadar işine yarayacak olursa olsun o alana yönelmesi stratejik anlamda mantıklı bir tercih değildir. Tabii ki her devlet en gelişmiş silah teknolojilerine sahip olmak ve elinde bulundurduğu bu silahların müsaade edeceği her türlü stratejik hedefe odaklanmak isteyebilir. Nihayetinde arzuların sınırı yoktur. Ancak eldeki imkân ve kapasite sınırlıdır. Bu nedenle de devletlerin kendi kapasitelerinden bağımsız bir stratejik hedef belirlemeye kalkışmaları gerçekçi olmayan bir planlama olarak kalacaktır.

Bu nedenle elinizde bulundurduğunuz bu çalışma askeri teknoloji değerlendirmelerinin ve buna bağlı stratejik hesaplamaların en gerçekçi başlangıç noktasının öncelikle askeri teknolojilerin erişilebilirliğine odaklanmaktan geçtiği iddiasını savunmaktadır. Buna da uygunluk mantığı denir. Devletler ancak ve ancak ellerindeki imkânlara uygun bir planlama yapabilirse stratejik açıdan anlamlı bir planlama yapmış olur. Bu da önümüze stratejik anlamda erişilebilirlik kavramını getirmektedir. Her devlet tabii ki muharebe sahasını gözlemlemektedir. Tabii ki bu sahada en etkin silah sistemlerini en iyi biçimde değerlendirme şansına da sahiptir. Fakat bu teknolojilerden hangisine erişebileceğini tespit etmek tüm planlamayı sağlam bir temele oturtmanın kaçınılmaz unsurudur. Devletler ancak erişebileceği teknolojiler içinden seçim yapma şansına sahiptir. Bu nedenle de stratejik kurgusu ancak bu temele dayandığında başarı şansına sahiptir.

Bu durum sadece tek bir devlet için de geçerli değildir. Devletler tabii ki planlamalar dahilinde yeni askeri teknolojileri geliştirmeye çalışır. Ancak önemli dönüşümlerin tamamının planlamalar çerçevesinde geliştiğini iddia etmek doğru da değildir. Tarih boyunca savaş teknolojilerinde yaşanan en büyük devrim tabii ki ateşli silahların devreye girmesidir. Ancak bu büyük devrimin bile devletler tarafından keşfedilmesi ve kabul edilmesi yüzyılları bulmuştur. Çoğunlukla da devletler bu devrim sürecini yönetmemiş aksine önlere buldukları bu teknolojik gelişmelerin içinde kendileri de dönüşerek bu dönüşümlere uyum sağlamıştır.

Bu nedenle aslında muharebe sahasının değerlendirmesini yapabilmek için öncelikle odaklanılması gereken nokta askeri teknolojilerdir. Askeri teknolojilerin içinde de hangilerinin erişilebilir olduğu konusu hayati önem taşımaktadır. Genelde muharebe sahası askeri teknolojileri dönüştürmez. Askeri teknolojideki dönüşüm muharebe sahasını dönüştürür. Yeni silah teknolo-

jileri ve onların kullanımı savaşın nasıl yapıldığını da etkiler. Dünya tarihinden birkaç örnekle konuyu biraz daha açabiliriz. Mesela atlı arabaların ortaya çıkması ile tarım imparatorlukları arasında ciddi bir ilişki vardır. Yunan şehir devletleri ile falanks sistemi arasında çok net bir ilişki vardır. Falanksa dayalı birlikler genelde savunma bakımından başarılı organizasyonlar olduğundan tarıma dayalı şehirlerin kendi bağımsızlıklarını korumalarını sağlamıştır. Ancak bu şehir devletlerinin tek bir bayrak altında toplanamamasının ve bir imparatorluğa dönüşmemesinin de temel sebebidir. Ancak Büyük İskender ve babası Filip falanks sistemine okçu birliklerini ve atlı birlikleri ekleyebildiği için önce Yunan dünyasını tek bir devlet haline getirebilmiş ardından da devasa bir imparatorluk inşa etmiştir. Mesela Atina'nın büyük komutanı Pericles elinde böylesi bir askeri teknoloji olmadığı için İskender'in kurduğu imparatorluk hayallerini kuramaz fetih savaşları yürütmezdi. O nedenle de Peleponnez Savaşları yaklaşık otuz yıl süren savunma ve yıpratma savaşlarına dönüşmüştür. Muhtemelen savaşan taraflar da bu gerçeğin farkındaydı fakat ellerinde saldırgan savaşları yürütecek bir teknoloji olmadığı için muharebe sahasından çıkarttıkları dersler de pek işlerine yaramamıştır.

Roma İmparatorluğu'nun bir şehir devletinden büyük bir dünya imparatorluğuna yürüyüşü de benzer bir sürece dayanır. Roma İmparatorluğu Roma lejyon düzenine dayanacak bir savaş sistemi geliştirmek istediği için bu sisteme geçip devasa bir imparatorluk inşa etmemiştir. Lejyon sistemine geçebildiği için yeni bir savaşa biçimi bulmuş ve bu sayede imparatorluğu inşa etmiştir. Orta Çağ Avrupası'nda üzengi teknolojisi yaygınlık kazandığı için ağır süvari güç kazanmış Avrupa'da yeni bir savaşa biçimi doğurarak yeni bir siyasi sistem (feodal düzen) inşa etmiştir. Benzer tarihlerde dünyanın geri kalanında atlı okçuların atla yaşanan bozkırlardan çıkması ve dünyanın büyük bir bölümünde hakimiyet kurması tesadüf değildir. Türkler ve Moğollar sekizinci yüzyıldan on altıncı yüzyıla kadar yani ateşli silahların yaygınlığı artana kadar neredeyse tüm dünyadaki farklı medeniyet havzalarını kontrolü altında almıştır. Bu da bir tesadüf değildir. Moğollar dünyayı fethetme hedefinden 16.yüzyıl itibarıyla uzaklaştıkları için kendi kabuklarına çekilmediler. Ateşli silah devrimine ayak uyduramadıkları için geri çekilmek zorunda kaldılar. Türk devletleri arasında ateşli silah devrimini gerçekleştirebilen Osmanlı'nın diğer Türk devletleri olan Safevileri ve Memlükleri yenmeleri de tesadüf değildir. Ancak Avrupa'daki piyade merkezli savaşa ayak uyduramayan Osmanlı'nın gerileme ve çöküşe doğru ilerlemesi de aynı mantıkla açıklanabilir. Ateşli silah devrimini, açık denizlere uygun gemi-

leri ve piyade merkezli savaş düzenini kullanan Avrupa'nın modern zamanlarda dünya çapında büyük sömürge imparatorluklar kurması da aynı mantığa dayanır. Başarılı askeri yatırımlar büyük hayallerin sonucu değildir. Büyük hayaller ancak askeri teknolojinin ele geçmiş olmasıyla kurulabilir hale gelmiştir. Yoksa muharebe sahasından çıkaracağınız ders veya elde etmek istediğiniz siyasi hedef o teknolojiye erişim sağlamaz. Bu nedenle askeri teknolojiyi anlamak için muharebe sahasına bakmak yerine muharebe sahasını anlamak için askeri teknolojiye bakmak daha stratejik bir mantıktır. Askeri teknolojiyi dönüştüren şey muharebe sahası değildir. Aksine askeri teknoloji muharebe sahasını dönüştürmektedir.

Askeri teknoloji ise oldukça geniş bir yelpazeye dayanıyor olabilir. Birçok askeri teknoloji aynı tarihlerde yaygın biçimde kullanılıyor olabilir. Oktan mızrağa, kaleden topa, füzeden rokete, dürbünden termal kameraya, kılıçtan otomatik silaha, tanktan uçağa tarih boyunca kullanıma girmiş birçok askeri teknolojiye bahsedilebilir. Bunların hangisinin hangi dönemlerde daha etkin teknolojiler olduğu konusunda farklı değerlendirmeler hep yapılmıştır. Tabii ki her türlü silah sistemi elinde bulunduran için avantajdır. Ancak yine tarihi birçok örnekten bilinir ki, bazı dönemlerde bazı silahlar diğerlerine oranla daha avantajlıdır. Hatta tarih içinde bazı teknolojik gelişmelerin muharebe sahasında devrimlere yol açtığı bile düşünülür.

Tarih boyunca askeri teknolojilerde yaşanan çeşitli gelişmeler silah sistemlerinin doğası adına önemli gelişmelere neden olmuştur. Mesela atlı okçuların savaş sahnesine çıktığı tarihlerde esneklik ve sürat öne çıkmıştır. Ateşli silahların devreye girdiği dönemlerde ateş gücü artış göstermiştir. Ateş gücünü üretme çabası muharebe sahasını büyük oranda şekillendirmiştir. Ateş gücündeki gelişme o noktaya gelmiştir ki artık bazı devletler dünyayı yok edecek kapasiteler bile geliştirmiştir. Modern savaş olarak tarif edilen bu dönemde ateş gücü üretme becerisi ön plana çıkmıştır. Ateş gücünün böylesi yükseldiği bir dönemde kendilerini muharebe sahasına en iyi uyarlayabilenler yani ateş gücünden kurtulmayı başarabilenler muharebe sahasında başarı üretmiştir. Eğer her taraf yüksek ateş gücü üretebiliyorsa bu anlamda aşağı yukarı bir eşitlik kurulmuş demektir. Bu eşitliği bozmanın ve fark yaratmanın yegâne unsuru o ateş gücünden kaçabilmektir. Bu nedenle de ordular dünya çağında gizlenme, kamuflaj, yayılma gibi taktiklere geçiş yapmıştır. Ateş gücünden kaçabilenler genel olarak savaşları kazanmıştır.

Ateş gücü yirminci yüzyılın ikinci yarısında zirvesine nükleer silahlarla ulaşmıştır. Ancak tam da aynı tarihlerde sanki bir diyalektik sürecin sonucu

gibi gerilla savaşları yaygınlık kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'nın hemen ardından sömürge-karşıtı bağımsızlık savaşları, devrimci mücadeleler hep gizlenmeye dayalı gerilla taktikleri sayesinde verilmiştir. Ateş gücü yeterli olduğu gibi mobil olduğu için de dağınık ve gizli hareket etmeyi sağlayabilecek otomatik ya da yarı otomatik hafif saldırı silahları muharebe sahasını şekillendirmiştir. Böylesi bir düzende asıl arayış da düşmanı muharebe sahasında bulma çabasına dönüşmüştür. Tam da bu tarihlerde teknolojiye yaşanan yeni gelişmeler düşmanı muharebe sahasında daha kolay bulabilmenin yollarını açıyordu. Uzay araştırmaları çerçevesinde ortaya çıkan uydu teknolojileri, GPS, lazer ve sensör teknolojileri gibi birçok teknolojik gelişme aynı zamanda bilgisayarın da 1960'lardan bu yana yoğun bir biçimde hayata geçmesiyle askeri teknolojiye düşmanı tespit etmek ve zaten elde mevcut olan ateş gücünün hedefi haline getirmek kolaylaşacaktır. Günümüz askeri teknolojileri tam da bu bakımdan hassas hedef tespit ve imha silahlarını ön plana çıkarmaktadır. Artık birçok silah sistemini aynı anda birbirine bağlayan bilgisayar sistemleri sahadan sürekli veri akışı sağlayan ve hedef tespitini kolaylaştıran tonlarca teknoloji sayesinde hedefler anlık diyebileceğimiz bir sürede tespit edilmekte ve bu hedefler yapay zekâ unsurları tarafından bile imha edilecek hale gelmektedir.

Bu dönüşüm muharebe sahasında yaşanan bir değişimin sonucu olarak ortaya çıkmadı. Aksine silah teknolojilerinde yaşanan gelişmeler muharebe sahasını dönüştürüyor. Mesela bu teknolojilere öncülük ettiği düşünülen 60'lı yıllarda yaşanan büyük gelişmelerin ne işe yaradığı aslında ancak 1990'lı yıllarda tespit edilebilmiştir. Mesela Körfez Savaşı'nda ABD'nin AWACS'ın yanı sıra kullandığı JSTAR gibi uçan radar sistemleri harp sahasına son bölümde dahil olmuş ve o derece işe yarayacakları hiç düşünülmemiştir. Ancak bu radar uçaklar anlık veriyi havadaki savaş uçaklarına geçtiği için Amerikan ordusu Irak hava sahasının anlık resimlerine sahip oluyordu. Buna benzer birçok teknolojik gelişme ancak sahaya uyarlandığında değer ve anlam kazandı. Bu bakımdan son yirminci yüzyılın ikinci yarısından bu yana yaşanan teknolojik gelişmeleri bir bütün halinde değerlendirecek olursanız ateş gücünün yoğunlaştığı sanayi çağından bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin merkeze oturduğu bilgi çağına doğru evrildiğini görürsünüz. Endüstri çağında ateş gücü muharebe sahasını şekillendiriyordu. Ancak bilgi çağında görülen o ki veri ve bilgi muharebe sahasını şekillendirecektir. Düşmanın anlık verisini üretebilen ve bu veriyi anlık olarak işleyip analiz edebilen sistemlere sahip taraflar savaşlarda başarılı olacaktır.

Tarihin her döneminde generallerin muharebe sahasında hayal ettiği unsurlar vardır. Mesela yüksek ateş gücüne sahip, esnek, mobil, dayanıklı ve hedefini tutturabilen silahlar ve ordular her generalin hayali olmuştur. Top ve mızrak ateş gücü ihtiyacını karşılamıştır. Diğer taraftan, atların savaş sahnesine girmesi sayesinde ordular daha esnek ve süratli hale gelmiştir. Zırh ve kaleler ordular ve devletler için dayanma kapasitesi sağlamıştır. Dürbünler, güdümlü füzeler hedefi tutturabilme becerilerini artırmıştır. Tabii ki hiçbir silah sistemi kusursuz değildir. Bazı silahlar aynı anda askeri beklentilerin birkaç unsurunu aynı anda karşılayabilir. Mesela tanklar hem dayanıklı hem süratli hem ateş gücü yüksek silahlardır. Ancak ateş gücü top kadar yüksek değildir. Sürat bakımından hafif muharebe araçları kadar hızlı değildir. Ama bunların optimum sevide birleşmiş bir halidir. Top atışına maruz kaldığında zayıf düşer. Hafif süvari araçlarıysa yetişemez. O nedenle de tank gibi birkaç önemli unsuru bile aynı anda bünyesinde barındırabilen silahlar dahi hava desteği, topçu desteği gibi desteklere muhtaçtır. Bu nedenle de silah sistemleri tek başına nadiren işe yarar. Bunların nasıl birleştirildiği de en az o silahların kendisi kadar önemlidir. Süvariye piyadeyle piyadeyi okçuyla okçuyu yine süvariyle desteklemek gerekir. Büyük İskender bu farklı sistemleri beraberce kullandığından bu yana generallerin çok önemli başka bir sorunu daha ortaya çıkmıştır. Bu unsurları birbiriyle ilişkilendirmek. Büyük İskender, Hannibal, Halid Bin Velid gibi büyük komutanlar o tarihlerde kendi muharebe sahalarını yakından gözlemleyebildikleri için ve savaşın aktif katılımcısı olarak ordu safalarında yer aldıkları için bu etkileşimi kendileri sahada çözme yoluna gidiyordu. Ancak modern zamanlarda savaş topyekün bir hal alınca endüstrileştikçe ve devasa ordular kurulduca bu senkronize hareketi sağlamak da başlı başına generalliğin temel sorunu haline geldi. Mesela Genelkurmay Başkanlığı modelinin tam da Napolyon Savaşlarından sonra Prusya'da ortaya çıkması ve merkezi planlama fikrinin o tarihlerde yerleşmesi bir tesadüf değildir. Modern savaşlarda milyonlarca askerden oluşan ordular kilometrelerce geniş alanlarda farklı ordu ve kolordular halinde ilerlemek zorunda kaldı. Bu nedenle de generaller başta postacılara, sonra telgrafa ve demiryoluna büyük önem verdiler. Dünya tarihinin en büyük generallerinden biri olarak bilinen Moltke'yi belki de ayrıcalıklı kılan tam da bu telgraf ve demiryoluna verdiği önemdir. Moltke bir önceki savaştan ders almak yerine eldeki teknolojiyi en iyi şekilde kullanmaya odaklanmış ve yıllarca tren yollarının işgal hareketlerinde nasıl kullanılacağına dair şaşmaz dakiklikte tatbikatlar yapmıştır. Sonuç olarak da haftalar içinde bitecek ve kendine büyük zaferler getirecek savaşlar yapabilmıştır.

Ancak bilgi ve haberleşme alanındaki gelişmeler orada kalmadı. Modern savaşlarda kuvvetler birbirinden ayrıldıkça yeni senkronizasyon sorunları da ortaya çıktı. Bu sefer sadece kara birliklerini değil aynı zamanda kara, deniz ve hava kuvvetlerini senkronize etmeyi gerekli kılan müşterek savaş modeli ortaya çıktı. Telsiz, radyo ve benzeri sistemler hep bu ihtiyaçları karşılayan başlıca savaş malzemeleri haline geldi. Ancak bu gelişmelerin hiçbiri bir generalin anlık veri ve bilgi ihtiyacını karşılayacak nitelikte olmadı. Günümüzde ise teknolojinin görünümü değişiyor. İlk kez askeri teknoloji karargâhlara anlık veri akışını sağlayabilecek konuma geliyor. Nasıl yirminci yüzyılda ordular ateş gücünde zirveye ulaştıysa bugünlerde de ordular hassas hedef tespiti, anlık haberleşme ve imha kapasitesine ulaşıyor. İşte bu büyük bir dönüşümdür. Günümüz muharebe sahasını şekillendiren askeri teknoloji tam da bu bilgi teknolojileriyle ilişkilidir.

Bu nedenle de yeni dönemin askeri teknolojilerinde sistem üstü sistem denilen bir savaş biçimi ön plana çıkmaktadır. Artık savaş sadece kara, deniz ve hava kuvvetlerinin müşterek harekâtına dayanmıyor. Bu kuvvetlerin her birinin sahip olduğu birçok sistemin aynı anda devreye girdiği bir savaş biçimi olarak ortaya çıkıyor. Tüm bu enformasyon ve ateş gücü kaynakları birbirleri ile haberleşmek ve nihayetinde bir karar verip, bu kararı uygulamak adına bir ağ üzerinden birbirleri ile etkileşim halinde buldukları için buna aynı zamanda ağ merkezli harp ismi de verilmektedir.

Sistem üstü sistem kavramı farklı çalışmalarda farklı biçimlerde tanımlanmaktadır. Bu çalışmada özellikle harp alanının dönüşümü ve bu dönüşüme getirilen teknolojik yaklaşımın daha iyi anlaşılması adına, bu kavrama farklı anlamlar yüklenecek ve bu sebeple bu kaynak bu konuda özel bir yer edinecektir. Buna göre bir harp alanında bulunan tüm yapıların oluşturduğu sistem piramidi temelde beş birimin dikey ve yatay hiyerarşisinden oluşur. En alt düzeyde bileşenler vardır. Yani mercekten lazere, mikroçipten kameranaya birçok parça günümüz askeri teknolojilerinin en kıymetli parçaları haline geliyor. Bu nedenle aslında stratejik bir değerlendirme tam da bu aşamadan başlayarak hangi parçaların askeri teknolojinin temelini oluşturduğuna dair fikir üretmelidir. İkinci aşama ise alt sistem aşamasıdır. Alt sistemler, bileşenlerin bir araya getirdikleri, bünyesinde bulunan birçok bileşenin özelliklerini bir araya getiren ve entegre edildiği platforma eşsiz kabiliyetler kazandırarak, bir görev yapmasına imkân tanıyan yapılardır. İHA'larda kullanılan görüntüleme sistemleri, gemilerde kullanılan silah sistemleri, tanklarda bulunan güç grupları birer alt sistem örneğidir. Sistem piramidinin üçün-

cü basamağında ise görevi yapacak olan ürünler yani platformlar bulunur. Platformdan kasıt insansız hava aracı, gemi, tank gibi savaş aletleridir, silah sistemlerinin kendisidir. Ancak bilgi teknolojilerine dayalı savaşın asıl özelliği işte bu silah sistemlerini, platformları birbirine bağlayabilme becerisidir. O nedenle günümüz teknolojik gelişmeleri platformları birbirine bağlayabilen sistemlere izin vermektedir. Dahası piramidin her bir elemanı bir üstündeki ve aynı zamanda yanındaki sisteme bağlanmaktadır. Bu nedenle dikey ve yatay bir bağlantı, hiyerarşi bulunur. Örneğin, birkaç platform görüntüleme ve haberleşme sistemleriyle birbirine bağlanır. Bunlar da bir üstteki komuta kontrol ve elektronik harp sistemleriyle birbirine bağlanır. En üstte ise sistem üstü sistem olarak sınıflandırılabilen bir yazılım bulunur. Bu noktada tüm veri platformlardan alt sistemlere, alt sistemlerden sistemlere, sistemlerden de tek bir kontrol merkezine aktarılır. Bu sayede savaş üzerindeki sis perdesi büyük oranda kaldırılmış olur. Yani karargâh sahadan anlık haber alma ve çeşitli yazılımlar sayesinde anlık karar verme ve kararı ilgili birliklere aktarma şansına sahip olur. İşte çağdaş muharebe sahasının belki de en yenilikçi tarafı budur. Ve askeri teknoloji bu sayede muharebe sahasını dönüştürmektedir.

Yukarıda bahsi geçen sistemleri Türk Silahlı Kuvvetleri için geliştirilen ve kullanımda olan sistemlerle örneklendirebiliriz. Türk Silahlı Kuvvetleri için en üst düzeyde (sistem üstü sistemi diyebileceğimiz) HARBİYE isminde bir savaş yönetimi görevi görecektir bir yazılımın geliştirilmesidir.. Herhangi bir hava aracından veya kara birliğinden gelen veriler diğer bütün sistemleri geçerek anında merkezdeki HARBİYE yazılımına erişmekte ve bu yazılım tespit edilen hedefe en yakın silahları ara sistemler aracılığıyla tespit ederek en hızlı ve en optimum silahı hedefe doğru yönlendirmektedir. HARBİYE en tepedeki yazılım sistemi olarak altındaki sistemlerden faydalanacaktır. Yine Türk Silahlı Kuvvetleri HERİKKS, ADOP2000 ve TASMUS gibi komuta kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Haberleşme için ise Link16 ve TAFICS gibi sistemler kullanılmaktadır. Görüntüleme için ise CATS, ASELPOD gibi sistemler kullanılmaktadır. KORAL ve REDET ise yine TSK'nın kullandığı elektronik harp sistemleridir. Bunların altında ise çeşitli EO/IR ve radar sistemlerinden oluşan çeşitli alt sistemler vardır. Bu alt sistemler verileri ise İHA'lar, radarlar, uydular gibi platformlardan toplamaktadır. Sahadaki bu savaş araçlarının topladığı verileri alt sistemlerden ve sistemlerden geçerek HARBİYE'ye kadar ulaşmakta ve hangi hedefe hangi silahın yönlendirileceğine HARBİYE gibi bir sistem üstü sistemin karar vermesi sağlanacaktır. Görüleceği gibi bu

mekanizma çok katmanlı bir görüntüleme, haberleşme ve analiz sürecidir. Bu nedenle de baştan sona çok güçlü yazılımlar gerektirmektedir.

Ancak iş sadece yazılımdan ibaret de değildir. Nihayetinde bu yazılımların hepsi sahadaki donanımlardan beslenmektedir. Günümüz askeri teknolojileri işte bu yazılımları besleyen bazı özel araçlardan yaşanan önemli gelişmeler sayesinde tetiklenmiştir. Bunlara da sistemlerin bileşenleri ismi verilir. Herhangi bir görüntüleme aygıtının merceğinden tutun da sahada hedef aydınlatmada kullanılan lazere kadar bütün süreçlerde etkin bir rol oynayan mikroçipten tutun da GPS'le çalışan güdüm kitlerine kadar geniş bir yelpazede birçok bileşen vardır. Eğer bu çalışmada dile getirilen iddialar doğruysa, gerçekten silah teknolojileri muharebe sahasını dönüştürüyorsa işte bu bileşenlerin gerçek anlamda günümüz savaşlarının sonuçlarını büyük oranda etkileyeceğini söyleyebiliriz. Hassas hedef tespitini mümkün kılan, bu veriyi merkeze anında aktarabilen ve aktarılan veriyi işleyerek sahadaki silah sistemlerine anında emirler verebilen ve hedefleri de en hassas biçimde vurabilen araçlar günümüz muharebe sahasının fark yaratan unsurlarıdır.

Ancak bileşen düzeyinde de yazılım düzeyinde de çok fazla sayıda teknolojiden bahsediyoruz. Herhangi bir devletin tek başına tüm bu donanım ve yazılımda uzmanlaşması pratik ve stratejik görünmüyor. Bu nedenle devletlerin stratejik tercih yapması ve bazı yazılımlarda ve bazı donanımlarda uzmanlaşmayı seçmekten başka çareleri yoktur. Bu noktada da gerçekçi olan yöntem yine erişilebilirlik ilkesine dayanır. Örneğin, bugün küresel çapta bir mikroçip mücadelesi veriliyor. Çin ve ABD gibi büyük güçlerin aslında Tayvan üzerinden büyük bir mikroçip hesaplaşmasına gireceğini öngörenler var. Ancak mikroçip üretiminin Türkiye gibi bir ülke için ne derece erişilebilir olduğunu iyi değerlendirmek gerekir. Bunun yerine mesela Türkiye örneğinde lazer ve optik gibi daha erişilebilir bileşenlere odaklanmak belki daha mantıklı, gerçekçi ve stratejiktir. İşte asıl düğüm noktası da burasıdır. Kitap ilerleyen bölümlerde tüm bu sistemleri ele almaya çalışacak ve bu sistemlerde bulunan alt sistem ve bileşenlerin hangilerine yapılacak yatırımların dönüşen muharebe sahasında daha büyük avantajlar üretebileceği incelenecektir. Günümüz muharebe sahasında etkinliği en fazla hissedilmesi beklenebilecek platform ve bileşenler ön plana çıkartılmaya çalışılacaktır.

Bu mantık üzerine kurgulanan kitap bir sonraki bölümde askeri teknoloji ve muharebe sahası arasındaki ilişkiyi daha ayrıntılı biçimde ele alacaktır. Uygunluk mantığı ve erişilebilirlik ilkeleri çerçevesinde günümüz askeri teknolojilerinin nasıl değerlendirilebileceği ve hangi alanlara hangi genel pren-

sipler çerçevesinde yatırım yapmanın daha stratejik olacağı tartışılacaktır. Kitabın üçüncü ve en geniş bölümü ise günümüz askeri teknolojilerinin ve bunların muharebe sahasına nasıl uygulanabileceğinin ayrıntılı bir tartışmasıdır. Sistemler sisteminden başlayarak bileşenlere kadar günümüz askeri teknolojinin yazılım ve donanım yenilikleri ele alınacak ve bunlar içinde stratejik değeri yüksek olanlar ön plana çıkartılacaktır. Dördüncü ve son bölümde genel bir değerlendirmenin ardında özellikle Türkiye için bir yol haritası çıkarılacak ve Türkiye'nin askeri teknolojilere yapacağı yatırımlar arasında günümüz koşullarında hangilerinin stratejik olarak öncelikli olabileceğine dair kısa değerlendirmeler sunulacaktır.

TEKNOLOJİNİN DAĞILIMI VE ASKERİ DÖNÜŞÜM

2.1. ASKERİ DEVRİM KAVRAMININ NİTELİĞİ

Askeri teknoloji, tarih içinde çok büyük değişiklikler göstermiştir. Çıplak elle boğuşmalardan taş ve sopalara, ok ve yaydan tüfek ve toplara, makineli tüfek ve tanklardan uçak ve İHA'lara kadar uzanan geniş bir skalada askeri teknoloji tarihinin okuması yapılabilir. Ancak bu daha çok askeri sistemlerin sadece kronolojik bir sıralaması olur. Bu durumdan kaçınmak için askeri tarih ve strateji çalışanlar askeri teknolojilerdeki değişimleri belli kriterlere göre dönemlere ayırarak çalışmayı daha uygun bulmuştur.

Bu tarz dönemlendirmelerin daha çok silah teknolojilerindeki devrimler üzerinden yapılması araştırmacılar arasında oldukça yaygındır. Bu da kendi içinde bir askeri devrimler literatürü doğmasına neden olmuştur. Buna göre söz konusu devrimler tarihsel süreç içinde askeri teknolojiye büyük sıçramaları ve kırılmaları ifade etmektedir. Yine literatürde askeri teknolojiye bu tarz büyük değişimlerin sadece askeri sonuçlar değil aynı zamanda büyük siyasi, ekonomik ve toplumsal dönüşümler getirdiği de öne sürülür. Ancak literatüre bakıldığında devrimlerin niteliği yani neyin neden ve nasıl devrim olarak değerlendirildiği konusunda ayrışmalar vardır. Her araştırmacı kendi geldiği tarihsel ve teorik gelenek açısından önemli gördükleri değişimler üzerinden askeri teknolojiyi çağlar üzerinden değerlendirmiştir.

Örneğin, Jeremy Black modern dönemi birbiriyle iç içe geçmiş beş ana başlık altında ele almaktadır. Bu dönemleri savaş gemileri çağı; barut teknolojisinin gelişi; ateş gücü, telgraf, demiryolu ve buharlı gemilerin yükseliş çağı; içten yanmalı motorların kullanım çağı; hava gücü çağı olarak sınıflandırmıştır.¹ Robert O’Connell ise askeri çağları kullanılan enerji kaynağı üzerinden üç döneme ayırır. Bunlar tarihsel sırasıyla mekanik silahlar çağı, kimyasal enerji bazlı silahlar çağı ve nükleer enerji bazlı silahlar çağıdır.² Diğer taraftan Martin Van Creveld enerjinin yanı sıra malzeme bilimini de dikkate alarak askeri çağları tarif etmiştir. Buna göre ahşaptan metale, çelikten alaşımlara, seramikten de sentetik maddelere uzanan bir metalürjik dönüşümün etkisi altında dört askeri çağdan bahsedilebilir. Bunlar enerjisini kas gücünden alan aletler çağı, enerjisini rüzgâr, su ve baruttan alan makineler çağı, sistemler çağı ve bilgisayar çağı olarak sıralanabilir.³ Trevor Dupuy da askeri teknoloji çağlarını kılıç ve kalkan gibi silahların hâkim olduğu kas gücü çağı, top ve tüfeğin hâkim olduğu barut çağı ve endüstri devriminin getirdiği makineli tüfek ve füze gibi silahların hâkim olduğu teknolojik değişim çağı olarak dönemlendirmektedir.⁴

Diğer taraftan askeri tarih büyük askeri liderlerin büyük fikirleri üzerinden de okunabilir. Bunlar general-hükümdarlar olarak ifade edilen ve savaş tarihine damga vurmuş isimlerin getirdiği yeniliklere vurgu yapan yaklaşımlardır. Diğer bir ifadeyle bu yaklaşım teknolojiden ziyade teknolojiye hükmeden liderlere odaklanır. Buna göre askeri tarih Büyük İskender’den Cengiz Han’a, Fatih Sultan Mehmet’ten Gustavus Adolphus’a, Büyük Friedrich’ten Napoleon’a uzanan bir süreçtir. Her bir komutan taktiksel ve stratejik seviyede getirdikleri inovasyonlarla tarihe geçen zaferler elde etmiştir. “Büyük adamlar” yaklaşımı olarak da ifade edilebilecek bu bakış açısı da sonuç olarak yine askeri tarihi büyük dönemlere ayırır. Ancak bu devrimlerin kaynağını teknolojiden ziyade liderlerde görür.

Sonuç olarak askeri teknoloji tarihini çağlara ayırıp bunun üzerinden okuyan geniş bir literatür söz konusudur. Bu tarz dönemlendirmeler kendi içinde tutarlı ve bütüncül olduğu sürece birçok analitik çıkarıma hizmet edebilir.

-
1. Black, Jeremy. *War and technology*. Indiana University Press, 2013.
 2. O’Connell, Robert L. *Of arms and men: A history of war, weapons, and aggression*. Oxford University Press, 1990, s. 12.
 3. Van Creveld, Martin. *Transformation of war*. Simon and Schuster, 2009.
 4. Dupuy, Trevor Nevitt. *The evolution of weapons and warfare*. Univ Microfilms Incorporated, 1984.

Bu çalışmada ise askeri devrim olgusu görece muhafazakâr bir şekilde kavramsallaştırılacaktır. Yukarıda özetlenen belli başlı çalışmaların da gösterdiği üzere tarih içinde birçok silah sistemi gerek askeri gerek siyasi değişimlere yol açmıştır. Ancak ne kadar büyük yenilikler getirirse getirsin her önemli gelişmeyi askeri devrim olarak nitelenecek gerçekten çok büyük ve geri dönüşüme zor kırımlar yaratan değişimlerin önemini gözden kaçırmaya neden olacaktır. Askeri tarih boyunca birçok önemli gelişme olmuştur. Bu değişimleri toptan şekilde devrim olarak ele almaktansa getirdikleri değişimin derecelerini ve niteliklerini kategorize etmek daha doğru olacaktır. Buna göre değişim türleri belirlenip bunların özellikleri ortaya çıkarılmalıdır.

Bu anlamda siyaset bilimci Paul Pierson'un neden-sonuç arasındaki süre ve etkiyi açıklamakta kullandığı metaforları askeri teknoloji tarihine uyarlayacak olursak dört ana değişim türünden bahsedilebilir: Tornado, meteor, deprem, küresel ısınma.⁵ "Tornado" tarz bir ilerlemenin sebep ve sonuçları arasında çok kısa süre (neredeyse eş zamanlı) bulunur. Tornado kısa sürede gelir ve hemen her şeyi sarsıp gider. "Meteor" tarzı bir değişim kısa sürede ortaya çıkan sebepleri ancak sonuçları uzun yıllar alan değişimleri ifade etmektedir. "Deprem" ise yavaş yavaş biriken sebepler ama ani sonuçları ifade eder. Fay hatları binlerce yıl birikebilir ama deprem birdenbire gelir ve kısa sürmesine rağmen yıkıcılığı büyük olur. Son olarak "küresel ısınma" tarzı değişimlerde ise hem sebebin hem de sonucun ortaya çıkması yüzyıllar alabilir. İklimin değişmesi nesiller boyu sürebilir. Hem nedenin ortaya çıkışı hem de sonuçlarının etkisi yüzyıllar hatta bin yıllar sürebilir.

Tablo 1:

	Kısa Dönemli Neden	Uzun Dönemli Neden
Kısa Dönemli Sonuç/Etki	Tornado	Deprem
Uzun Dönemli Sonuç/Etki	Meteor	Küresel ısınma

Kaynak: Pierson, Paul. "Politics in time." In *Politics in Time*. Princeton University Press, 2011. s. 81.

Askeri tarihe bakıldığında ise bahsedilen bu kategorilere girecek teknolojik gelişmelerden bahsedilebilir. Günümüzde yıkıcı (distruptive) teknolojiler olarak bilinen bazı teknolojiler "tornado" tarzı bir gelişme olarak nitelenebilir. Örneğin, hipersonik füzeler bu kategoriye girebilir. Bu tip silah sistemleri

5. Pierson, Paul. "Politics in time." In *Politics in Time*. Princeton University Press, 2011. ss. 79-82.

konjonktürel olarak önemli olmakla beraber etkisi kısa ömürlü olması beklenen teknolojilerdir. Ancak literatüre bakıldığında aslında “tornado” etkisi gösteren birçok silah sistemi için “devrim” muamelesi yapılmaktadır. Bu durum meselenin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bazı teknolojiler kısa sürede büyük etki gösterebilir. Ancak askeri tarih içindeki yerine bakıldığında etkisinin abartılmaması gerekmektedir.

Nükleer silahların gelişinin askeri tarih içinde “meteorik” bir etkiye neden olduğu söylenebilir. Görece kısa sürede geliştirilen bir teknoloji olmasına rağmen etkisi günümüzde de geçerli ve çok büyük olmuştur. Deprem tipi bir dönüşüme de örnek olarak dretnot (Dreadnought) gemileri örnek gösterilebilir. Yüzyıllardır gelişen gemicilik teknolojisinin bir ürünü olarak ortaya çıkmalarına rağmen görece kısa bir süre dominasyon sağlamışlardır.

Hem neden-sonuç açısından etkili olduğu zaman dilimi hem de yayıldığı coğrafi alan göz önüne alındığında askeri teknolojide “küresel ısınma” tipi bir değişimin ne olduğu sorusu önem kazanmaktadır. Bu noktada da diğer teknolojik gelişmelerle kıyaslandığında barut teknolojisinin bu tip bir etki gösterdiği söylenebilir. Barut gerek zaman açısından gerek gösterdiği etki açısından gerçek manada devrimci bir teknoloji olmuştur. Kas gücünden baruta geçiş ateş gücünde geri dönülemez şekilde muazzam bir artışa neden olmuştur. Bu anlamda barut teknolojisi kendinden sonraki birçok askeri gelişmeyi de etkilemiştir. Çünkü barut askeri olarak en başta ateşli silahlar devrini açmıştır. Bu ateşli silahlar devrimi ise çok hızlı bir şekilde yaşanmamıştır. Hatta tam anlamıyla etkisini göstermesi yüzyıllar almıştır. Ancak bir kere yerleştikten sonra bütün modern dönemi şekillendirmiştir.

Barut dünya genelinde çeşitli medeniyetler tarafından bilinip kullanılıyordu. Ama ateşli silahlarda kullanımı ve ilgili demir döküm teknolojisi Avrupa’da ortaya çıkmıştır. 13. yüzyılın ortalarında barutun kullanılarak Avrupa’da ateşli silah icat edildiği düşünülmektedir. Sonraki süreçte barutun ordular tarafından kullanılıp benimsenmesi çok yavaş ve gelgitlerle dolu bir şekilde olmuştur. Ancak gerek yavaş gerek kurumsal olarak sancılı olsa da barutun ateşli silahlarda kullanılması bir askeri devrim olmuştur. Sonraki süreçte silah sistemlerindeki gelişmeler aşağıda daha detaylı tartışılacağı üzere askeri teknolojinin kendi içindeki dönüşümü ifade etmektedir. Örneğin, doldurulmalı tüfeklerden otomatik tüfeklere geçiş hem endüstriyelleşme sonucu ortaya çıkması hem de ateş gücünde radikal bir artışa neden olması sebebiyle bir devrim olarak düşünülse de bu çalışmada ortaya konacak kriterlere göre devrim değil teknolojik dönüşümdür. Çünkü yine aşağıda da be-

lirtileceği üzere ateş gücü askeri teknolojinin önemli olmakla beraber sadece bir unsurdur.

Barutun gelişi top teknolojisini önemli ölçüde etkilemiştir. İlk zamanlarda kısa namlulu ve ağır toplar kullanılıyordu. Ancak bu silahların öldürücülük ve isabet oranları düşüktü. Toplar uzun namlulu ve hafif hale getirildiğinde ateş gücünün önemli bir unsuru oldu. Teknolojik gelişimle beraber topun taktik ve operasyonel seviyedeki kullanımı da evrim geçirdi. Toplar muhasara için kullanılmaktan ziyade artık meydan savaşı için de kullanılabilir hale geldi. Sahra topları artık önemli bir silah olmaya başladı. Sonuç olarak topçu sınıfı, destekçi bir sınıf olmaktan ziyade artık modern orduların ana bir sınıfa olarak dönüşmeye başladı. Artık piyade ve topçu sınıfının ana iki sınıf olduğu yardımcı sınıflarla desteklenen modern ordular dönemine geçilmiştir. Günümüzün çoğu askeri doktrin organizasyon ve eğitimi bu iki sınıf üzerinden şekillenmektedir.

Topun yanı sıra barutun etkilediği bir diğer teknoloji olan tüfekler de benzer bir süreçten geçmiştir. Barutla beraber gelen tüfekler de düşünülen aksine mevcut askeri düzenleri yıkıcı (disruptive) bir etki yaratmamıştır. Yani bir “tornado” etkisi göstermemiştir. Çünkü ilk ateşli silahlar (ilk tüfekler ve tabancalar) uzun ok ve tatar yayı gibi silahlara oranla çok daha etkiliydi. Örneğin, uzun yay, ilk tüfeklerden olan arkebüzden kâğıt üzerinde öldürücülük oranı itibarıyla 3 kat daha etkiliydi. Yine ateşli silahların öldürücülüğünde 1200’lerde kullanılan uzun oka yetişmesi 19. yüzyıl başını bulacaktı.⁶ Bu süreç içinde ateşli silahlarla kas gücüne dayalı silahlar hibrit bir şekilde ordular tarafından kullanıldı. Tüfek doldurmanın ilk dönemlerde uzun süre alması okçuları ve süvarileri hemen muharebe sahasından silip atmadı. Yani bu yüzyıllar alan sürecin nedeni ateşli silahların menzil, isabet, ağırlık ve hız konusundaki dezavantajlarıydı. Her bir kalemdeki teknolojik iyileşme ve standardizasyon yüzyıllar almıştır. Ancak ateşli silahların muharebe sahasındaki dominasyonu 19. yüzyıl itibarıyla başladı. Tüfekler artık modern dönemde ana piyade silahı olmuştur.

Sonuç itibarıyla barut askeri tarih açısından devrimci bir değişime neden olmuştur. Modern dönemde birçok yeni silah sistemi geliştirilmiştir. Bu yeni sistemlerin yanı sıra mevcut ateşli silahlar da oldukça ilerleme göstermiştir. Ancak hiçbirisi barut teknolojisinin askerileştirilmesi kadar devrimci etki

6. Karşılaştırma için bkz. Dupuy, *The evolution of weapons and warfare*, Tabel 1, *Theoretical Lethality Index*, s. 92.

göstermemiştir. Birçoğu muharebe sahasını önemli ölçüde etkilemiştir. Ancak bunların hepsi devrimden ziyade ateşli silahların kendi içindeki dönüşüm olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmada da ateşli silah devriminden sonraki değişimler askeri teknolojinin dönüşümü olarak ele alınmaktadır. Endüstriyel dönemde barut ve ateşli silah devrimi 20. yüzyılın ortalarındaki nükleer devrime kadar zirvesini görmüştür. Bir sonraki bölümde nükleer silah devrimin bu çalışma bağlamında niteliği ele alınacaktır.

2.2. NÜKLEER SİLAHLAR VE ASKERİ DEVRİM

Birçok çalışmada İkinci Dünya Savaşı sonunda nükleer silahların gelişi de savaş sonrası dönemi etkileyen bir devrim olarak nitelenmektedir. Bu görüşü savunanlara göre nükleer silahlar en hızlı sürede en çok insanı yok etme kapasitesi sebebiyle en büyük devrimdir. Nükleer silahlar artık birden fazla devlette olduğu için en başta karşılıklı yok etme garantisi (mutually assured destruction, MAD) olarak bilinen durumu ortaya çıkarmaktadır.⁷ Devletler nükleer silahları kullanmaya yeltenecekleri vakit karşı tarafta da benzer silahların olması durumunda karşılıklı yok oluş senaryosuyla karşılaşacaklardır. Bu da Soğuk Savaş döneminde olduğu gibi bir ihtiyat ve denge getirecektir. Yine nükleer silah öncesi dönemde olduğu gibi temel tartışma konusu savaşların nasıl kazanılacağı değil artık savaştan nasıl kaçınılacağı olmuştur.⁸

Nükleer silahların getirdiği yıkıcılığı yadsımak abesle iştilal olur. Nükleer silahların gerçekten askeri bir devrim olup olmadığı sorusu da getirdikleri bu yıkıcılıkla bağlantılıdır. Ancak bağlantının niteliği, genel olarak düşünülenenden farklıdır. Bu kıyametvari yıkıcılık düşünüldüğünde, aslında nükleer silahların icadı muharebe sahasından (taktik ve operasyonel seviye) daha çok politik ve stratejik seviyede çıktılar yaratan bir durum olmuştur. Yani karşılıklı yok etme garantisi devletlerin savaşa girip girmeme kararı ve barış zamanında ilişkilerin sürdürülmesi gibi konularda tayin edici bir role sahip olmuştur. Bu açıdan düşünüldüğünde nükleer teknoloji askeri olmaktan ziyade uluslararası politik seviyede bir devrim olmuştur.

Bu politik devrim iddiasına yönelik taktik nükleer silahların varlığı öne sürülebilir. Nükleer silahlar, kullanım amaçlarına göre stratejik ve taktik nükleer

7. Jervis, Robert. *The meaning of the nuclear revolution: Statecraft and the prospect of Armageddon*. Cornell University Press, 1989.

8. Brodie, Bernard. "The anatomy of deterrence." *World Politics* 11, no. 2 (1959): 173-191.

leer silahlar olarak ikiye ayrılabilir. Soğuk Savaş döneminde bir ülkenin şehirlerini ve sanayi altyapısını yok edebilecek kadar yıkıcı etkiye sahip stratejik nükleer silahların yanı sıra muharebe sahasında da kullanılacak düşük tonajlı nükleer silahlar da üretilmiştir. Sovyetler Birliği, konvansiyonel teknolojideki görece dezavantajını dikkate alarak bu bombalardan değişen adet ve niteliklerde üretmiştir. Yine Amerikalılar da olası bir sayısal dezavantaj ihtimalini düşünerek bu tarz bombaları geliştirmiştir. Aynı zamanda iki süper güç arasındaki çarpışmanın direkt stratejik nükleer seviyeden başlamayacağı ve kademe kademe tırmanma olacağı beklentisi de ilk etapta taktik nükleer kullanımını stratejik çalışmaların konusu yapmıştır.

Bu anlamda taktik nükleer kullanımıyla ilgili birçok deneysel ve teorik çalışma yapılmıştır.⁹ Genel olarak bakıldığında söz konusu silahların muharebe sahasındaki etkinliğinin (etik ve psikolojik faktörler dışlandığında) beklenen derecede olmadığı ortaya çıkmıştır. ABD ordusunun 1977 tarihli nükleer silahlarla ilgili el kitabına göre 100 kilometrelik bir cephe hattında bir kolduğu bir veya iki saat içinde yok etmek için 136 taktik nükleer silaha ihtiyaç vardır.¹⁰ Yapılan başka askeri değerlendirmelere göre taktik bir nükleer silahın (5 kilotonluk) muharebe sahasında iyi dağılmışsa ancak 13 tank yok edileceği hesaplanmıştır.¹¹ Yine yıkıcılık açısından bakıldığında örneğin 100 tonluk TNT gücünde bir taktik bomba sadece bir mahalle büyüklüğünde yeri ortadan kaldırmaktadır.¹² Ayrıca görece dar bir muharebe sahasında kullanılan bu tarz bir taktik nükleer silahın, kullanan devletin kendi kuvvetlerini etkileme potansiyeli vardır. Hem patlama şiddeti hem de radyasyon yayımı (bomba fisyon usulü çalışıyorsa) dost kuvvetleri aşırı derecede olumsuz etkileyebilir.

Anlaşılabileceği üzere muharebe sahasında taktik nükleer silah kullanımı konvansiyonel silahların yarattığından daha büyük etki göstereceği söylenemez. Diğer taraftan taktik kullanım yukarıda da belirtildiği üzere stratejik seviyede bir nükleer tırmandırma yaratabileceğinden yine askeri anlamından çok politik anlamı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca binlerce nükleer başlığa sahip

9. Cunningham, Fiona S., and M. Taylor Fravel. "Dangerous confidence? Chinese views on nuclear escalation." *International Security* 44, no. 2 (2019): 61-109.
10. Beller, Richard L. *A Primer on Nuclear Weapons Capabilities*. Army Nuclear Agency Fort Belvoir Va, 1977.
11. Sankaran, Jagannath. "Pakistan's battlefield nuclear policy: A risky solution to an exaggerated threat." *International Security* 39, no. 3 (2014), s. 144.
12. Nükleer simülasyon için bkz. <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/> (Erişim tarihi: 12 Ocak 2023).

ABD ve Rusya dışarıda bırakılsa bile nükleer silahlı bir devletle nükleer silaha sahip olmayan bir devletin askeri karşılaşmasında konvansiyonel kuvvetlerin caydırıcı gücü yeni teknolojilerle beraber yadsınamayacak seviyededir.¹³

Nükleer silahların konvansiyonel teknolojilerle ilişkisi yeni bir fikir değildir. Erken dönem Sovyet uzmanlara göre kullanılan ilk atom bombasının kendisi ne kadar etkili olursa olsun onu taşıyan bombardıman uçağı teknik olarak vurulabiliyorsa atom bombası bir devrim değildir. Çünkü böyle bir durumda önceki çağlardaki hava penetrasyonu mantığı hâlâ geçerli demektir.¹⁴ Sovyet uzmanlara göre termonükleer başlıklarla füzelerin birleşimi gerçek devrim olarak nitelenebilirdi. Ancak o zamanlar anti-balistik hava savunma sistemleri pek gelişmemiş olduğundan böyle düşünülmesi normaldi. Sonraki dönemde balistik füze savunma teknolojilerinin gelişmesi de teknik olarak füzelerin önlenebilmesini mümkün kılmıştır.

Sonuç olarak nükleer silahlar operasyonel açıdan aşığı (taktikleri) değil yukarıyı (strateji) değıştiren silahlar olarak değeriendirilmelidir. Bu açıdan kendi başına askeri değeriinin muharebe sahası için devrimci olduğunu söylemek güç olur. Burada nükleer silahların muharebe sahasında hiçbir etkisinin olmadığı gibi bir sonuç çıkarılmamalı. Aksine nükleer teknoloji son derece önemli ve her devletin isteyeceğı bir şeydir. Ancak “devrimci” niteliğı muharebe sahası açısından ziyade stratejik-politik seviyede aranmalıdır.

Bu bölümde askeri devrimin kavramsal çerçevesi çizilmiştir. Ateşli silahların icat edilip yaygınlaşmasından stratejik seviyede nükleer silahlara kadar uzanan tarihsel süreç içinde devrim olarak nitelenen teknolojik değışimlere değinilmiştir. Burada amaç neyin askeri devrim olup olmadığına yönelik tanımların yapılmasıdır. Buna göre barutun ateşli silahlarda kullanımın gerçek devrim olduğu iddiasından hareketle askeri tarihin büyük devrimler üzerinden okunmasından ziyade askeri teknolojinin kendi içindeki dönüşümü üzerinden okunması analitik olarak daha kullanışlıdır. Bu da askeri teknolojinin dönüşüm mantığını anlamayı gerekli kılmaktadır.

Çünkü devrim radikal bir kırılmaya veya geri dönülemez bir eşige işaret eder. Ancak ampirik olarak bakıldığında bu durum devrim olarak nitelenen

13. Bowers, Ian, and Henrik Stålhane Hiim. “Conventional counterforce dilemmas: South Korea’s deterrence strategy and stability on the Korean Peninsula.” *International Security* 45, no. 3 (2020): 7-39.

14. Kagan, Frederick. *Finding the target: The transformation of American military policy*. Encounter Books, 2007, s. xii.

birçok askeri gelişimle tezat teşkil etmektedir. Bazı silahlar belli bir dönem büyük etki göstermiştir. Kimi silahlar artık kullanılmamaktadır. Kimilerinin nesli tükenmiştir. Örneğin, kılıç bugün modern ordularda kullanılmamaktadır. Kimileri bir dönem çok kullanılırken bir dönem gözden düşmüştür. Bazıları bir dönem gözden düşmüşken başka bir dönemde geri dönüş yapmıştır. Örneğin, piyadeler bir dönem muharebe sahasını domine edebiliyorken bir dönem sönmük kalabilmektedir. Sonra başka bir dönem yine öne plana çıkabilmektedirler. Yine aynı durum süvariler için de geçerlidir. Diğer taraftan bazen zırh teknolojisi top teknolojisinin gerisinde kalırken bazen de üstünlük kurabilmektedir.

Özetle, barutun ateşli silahlardaki kullanımından sonraki bütün değişimler kendi içinde dönüşümdür. Kastan baruta geçiş burada belirtilen manada bir devrimi temsil etmektedir. Bunun dışında kalan ilerlemeler aslında birer dönüşüm hikayesi olarak okunabilir. Bu hem genel olarak silahlar arasında dönüşüm, hem de spesifik olarak bir silah teknolojisinin kendi içindeki dönüşümü ifade etmektedir. Her bir dönüşüm de muharebe sahasını değişen derecelerde etkilemiştir. Yani her bir önemli teknolojik değişim beraberinde taktikleri ve askeri sınıfları da değiştirmiştir. Bu bakımdan askeri tarih piyadeler, süvariler, hafif süvariler, zırhlı süvariler, topçu sınıfı, zırhlı birlikler ve mekanize kuvvetlerin sahneye girip çekilmesiyle doludur.

Barut devrimiyle beraber askeri teknolojideki gelişim ateş gücü lehine olmuştur. Bu durum uzun yıllar böyle devam edegelmiştir. Yüksek ateş gücü üretebilenler muharebe sahasında fark yaratmıştır. Ateş gücündeki bu büyük sıçrama endüstri devriminin bir sonucu olmuştur. Günümüz askeri teknolojilere bakıldığında ise ateş gücüne kıyasla bilgi teknolojilerinin ön plana çıktığı bir dönüşüm yaşandığını söylemek mümkündür. Yani askeri birliklerin nereye ve nasıl vuracağı meselesi önem kazanmaya başlamıştır. Bu dönüşüm mantığı bu çalışmada geniş şekilde vurgulanmaktadır. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için bir sonraki bölümde askeri dönüşümün mantığı ele alınacaktır.

2.3. ASKERİ DÖNÜŞÜMÜN MANTIĞI

Bir önceki bölümde de belirtildiği üzere askeri dönüşüm kendi içinde bir mantığa oturtulabilecek bir olgudur. Askeri devrim mantığının geri dönülemez kırılmalarından ziyade askeri dönüşüm evrimsel ama pek lineer olmayan bir mantıktır. Askeri teknolojinin ve sonuçlarının kendi içindeki gelgitlerini, iniş

çıkışlarını ifade eder. Bu varyasyonu anlamlandırmak için askeri teknolojilerin niteliğine dair kategorik değerlendirmelere ihtiyaç vardır. Bu bölümün amacı bu kategorileri açıklamaktır. Spesifik olarak hangi teknolojinin hangi yıllar arasında geliştirildiğinin hikayesini sunmak değildir.

Bir görüşe göre her bir savaş aleti ve silah temelde iki farklı hamle esasına dayanır. Darbe vurmak ve fırlatmak.¹⁵ Örneğin, kılıç, gürz ve mızrak gibi silahlar darbe vurma hamlesine dayanır. Diğer taraftan taş, ok ve füze gibi silahlar ise fırlatma esasına dayanır. Göğüs göğüse çarpışmanın olduğu ilk çağlarda fiziksel yakınlık şart olduğu için darbeye dayalı silahlar ön plandaydı. İlerleyen süreçte düşmana daha uzaktan saldırmaya yarayan aletler geliştirilmeye başlandı. Fırlatma mantığı günümüzde kurşundan akıllı bombalara kadar uzanan birçok mühimmatın temelini teşkil etmektedir.

Düşmana bir şey fırlatmak menzil kavramını ortaya çıkarmıştır. Menzil de isabet kavramını gündeme getirmiştir. İsabet de güdüm meselesini masaya getirmiştir. Düşman vurduğunda da hayatta kalmak veya en az zararla atlama gerekmektedir. Dayanıklılık kavramı da bunu ifade eder. Yine hedefin konumuna göre çeşitli hareketleri yapabilmek gerekmektedir. Hedefe yaklaşma, uzaklaşma, kaçma, kovalama gibi hareketleri de mobilite kavramını ortaya çıkarmıştır. Yine hedefin sadece vurulması da yetmemektedir. Hedefe zarar verilmesi (etkisizleştirmek, öldürmek, imha etmek vb.) gerekmektedir. Bu da öldürücülük (letalite/lethality) kavramını gündeme getirmektedir. Sonuç olarak askeri teknoloji, öldürücülük, menzil, mobilite, isabetlilik, dayanıklılık olarak değişen derecelerde askeri silahlarda bulunur.

Bir silah bu özelliklerden bir veya daha fazlasını karşılıyor olabilir. Ancak bu özelliklerin bazıları yer yer birbirini dışlayıcı etki de gösterebilir. Örneğin, tank hem ateş gücü hem de dayanıklılık getirebilir. Ancak menzili çok yüksek değildir. Bu örnekte kastedilen tankların kendi içindeki nominal menzili değildir. Tabii ki bir tank türü başka bir tank türünden daha etkili ve uzun menzile sahip olabilir. Ama menzil avantajı açısından tank, balistik bir füzeyle kıyaslanamaz. Çoğunlukla sabit rampalardan atılan kıtalararası balistik füzeler de bir İHA'nın mobilitesine sahip olamaz. Dolayısıyla bu özelliklere silah türleri üzerinden karşılaştırılmalı olarak bakılmasında fayda vardır.

Bir dönem spesifik bir teknoloji üstünlük gösterebilir. Ama bu aynı teknolojinin aynı derecede yaygınlık göstereceği anlamına gelmez. Söz konu-

15. Dupuy, *The evolution of weapons and warfare*. s. 2.

su teknoloji birçok devlet nezdinde yaygınlık da gösterebilir bir büyük devletin tekelinde de olabilir. Her iki durum da muharebe sahasını farklı şekillerde değiştirebilir. Yani önemli olan bir teknolojinin sistemik etki (konsantre veya dağınık) gösterip göstermemesidir. Bu anlamda bir silah sisteminin tek başına ne kadar sofistike bir teknolojiye sahip olduğu onun dönüştürücü etkisini anlamak için yeterli değildir. Sistem içindeki yaygınlığına da bakmak gerekmektedir.

Her bir teknolojinin bir özelliği bahsi geçen diğer özelliklere görece üstünlük gösterebilir. Bazı üstünlükler çok kısa süre içinde dengelenebilir. Bazen de bir teknolojinin üstünlüğü yıllar sürebilir. Bu dinamikler de söz konusu teknolojinin muharebe sahasını dönüştürüp dönüştürmemesini etkiler. Bu durum “askeri rejim” olarak da ifade edilebilir. Askeri rejim, temel olarak dönemin muharebe sahasındaki sistemik seviyede hâkim teknolojik, operasyonel ve doktriner yaklaşımı olarak tanımlanabilir.

Yine bir askeri teknoloji geldiğinde sadece askeri kurumların onu benimsemesi de yeterli olmamaktadır. Söz konusu silahın da biraz değişmesi gerekmektedir. Bu sadece teknik ilerleme anlamında değil morfolojik olarak da geçerlidir. Tank bu duruma iyi bir örnektir. Tank aslında ilk olarak traktörleri zırhlandırıp silah monte etme fikriydi. Ancak bu haliyle kullanılıp yaygınlaşmadı. Günümüzdeki bilinen genel formunu bulması için zaman geçti. Sonuç olarak gerek teknolojinin olgunlaşması (hem teknik hem şekilsel) gerek kurumsal direnişlerin kırılması belli bir süre istemektedir. Bu da söz konusu teknolojilerin yayılma hızını ve dönüşüm gücünü etkilemektedir.

Günümüzde de ateş gücünü yükseltmeyi amaçlayan teknolojiler gelişim göstermeye devam etmektedir. Ancak muharebe sahasını dönüştürmekte olan teknolojik birikim ve gelişimin başka bir sahadan geldiği söylenebilir: enformasyon, hassasiyet, güdüm, görüntüleme, ağ, yazılım ve bilgisayar teknolojileri.¹⁶ Bu teknolojilerdeki sıçramalar askeri teknolojide de etkisini göstermektedir. Muharebe sahasında da ateş gücü üretmekten ziyade bu teknolojiler fark yaratmaktadır. Bugün bu teknolojilerin sunduğu askeri imkânlarla örneğin atılan mühimmatın gittiği hedef artık daha iyi bilinebilmektedir. Askeri birlikler ve platformlar arasındaki koordinasyon daha hızlı ve güvenilir hale gelmeye başlamıştır. Sonuç olarak muharebe sahasında angajman daha kolay hale gelmiştir.

16. Kitabın bundan sonraki kısmında bu kavramlar daha sade olarak “enformasyon teknolojileri” olarak ifade edilecektir.

Genel olarak bakıldığında da zaten söz konusu teknolojiler silahın doğrudan öldürücülüğünden ziyade diğer unsurlarına etki eden teknolojilerdir. Bu teknolojiler taktik ve operasyonel seviyede komuta kontrol, güdüm, hassas vuruş ve görüntüleme sistemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamışlardır. Bu sistemler de genel olarak mobilite, hız, menzil ve isabet alanlarında silahlara gerek tekil gerek müşterek kullanımda büyük avantajlar sağlamaktadır.

Silah sistemleri ve onları besleyen askeri ve sivil teknolojiler kendi içinde dönüşürken muharebe sahasını da değişen derecelerde etkilemektedirler. Özellikle büyük dönüşümler getirdikleri fırsat ve risklerle beraber orduların harbe hazırlıktan tutun da organizasyon yapısına kadar birçok niteliğini etkilemektedir. Askeri kurumların dönüşümleri nasıl karşılayıp ne tür cevaplar ürettikleri önemli bir husustur. Bu anlamda orduların kendilerini yenileme (military innovation) ve muharebe etkinliğini (military effectiveness) belirleyen birçok dinamikten söz edilebilir. Bu konuları inceleyen literatürlerde birçok açıklama mevcuttur. Takip eden bölümde askeri inovasyon ve askeri etkinlik teorileri ele alınacaktır.

2.4. LİTERATÜRE BAKIŞ: ASKERİ İNOVASYON VE ETKİNLİK TEORİLERİ

Analitik açıdan farklı iki literatür olarak çalışılsa da askeri inovasyon ve askeri etkinlik konuları birbirleriyle doğrudan bağlantılıdır. Askeri inovasyon en başta zaten askeri etkinliği artırmak için gerçekleştirilir. Ancak doğal olarak her inovasyonun sahada askeri zaferi getirmesi garanti değildir. Aşağıda önce belli başlı mevcut inovasyon teorileri ardından da askeri etkinlik teorileri incelenecektir.

2.4.1. Askeri İnovasyon Teorileri

Askeri inovasyonun hangi şartlar altında nasıl gerçekleştiği askeri çalışmalar için önemli bir konudur. Askeri inovasyonda amaç bir silahlı kuvvetin askeri etkinliğini artırmaktır. Ancak bu amacın her zaman gerçekleştirileceği yani her askeri inovasyonun başarıyla sonuçlanması söz konusu değildir. Askeri inovasyon çeşitli şekillerde vuku bulabilir. Bir ordunun organizasyonel yapısı değişebilir. Yeni bir teknoloji tedarik edilmiş olabilir. Bazen bu ikisi beraber ortaya çıkmış olabilir. Sonuç olarak ilgili silahlı kuvvetin harp yürütme etkin-

liğini artırma amacının sonucu olarak önemli bir değişiklik olması beklenir. Askeri inovasyonu diğer değişimlerden ayıran da bu değişikliğin derecesi ve niteliğidir. Ordular birçok defa ve farklı alanlarda iyileştirmelere gidebilirler. Ancak askeri inovasyon özünde radikal bir değişikliğe işaret eder. Bu anlamda her askeri değişim askeri inovasyon olarak addedilemez.

Bazı askeri inovasyon jenerasyonel diyebileceğimiz bir süreçte gelişir. Kimisi de görece kısa bir zaman diliminde gelişir. Ancak ne olursa olsun ordular bu kadar önemli bir değişimden geçecekse öngörülebilir bir zaman dilimine ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle askeri inovasyonun süre isteyen boyutu da dikkate alınmalıdır. Bu noktada askeri inovasyonun daha çok barış döneminde gerçekleştirilen bir olgu olduğu söylenebilir. Savaş sırasında savaştan edinilen derslerin acilen uygulanması daha çok askeri “adaptasyon” konusudur. İnovasyon, adaptasyondan farklı olarak ortada savaşın anlık bilgi akışı yokken orduların geleceğe yönelik bir girişimi olarak değerlendirilebilir.

Askeri inovasyon literatürüne bakıldığı zaman birbiriyle rekabet halinde birçok teorinin varlığından söz edilebilir. Bu teorik açıklamalar nedenselliği vurguladıkları kaynağa bağlı olarak güç dengesi teorileri, organizasyon teorileri ve kültürelci teoriler olarak sınıflandırılabilir.

Güç dengesi merkezli açıklamalardan başlamak gerekirse Barry Posen askeri inovasyona uluslararası güç dengesindeki değişimlerin neden olduğunu vurgulamaktadır.¹⁷ Buna göre barış döneminde bir güç yükseliyorsa başka devletler bu güce karşı dengeleme davranışına gireceklerdir.¹⁸ Bu davranışın da bir yansıması olarak siyasi liderler için askeri kuvvetlerinin durumunu gözden geçirme motivasyonu doğacaktır. Posen, organizasyon teorilerinden hareketle normal şartlar altında orduların değişim geçirmek istemeyeceğini veya en azından değişime direneceklerini öne sürer. Ancak askeri tehdit ortamı arttığında sivil politikacılar silahlı kuvvetleri gerekli değişimler için harekete geçireceklerdir. Bunun sonucu olarak da silahlı kuvvetlerin harbe hazırlık durumunun gerektirdiği teknolojik ve kurumsal yenilikler ortaya çıkacaktır. Sonuç olarak Posen, askeri inovasyon için sivil müdahalenin rolünü vurgulamaktadır. Zaman olarak da savaş ihtimalinin yükseldiği dönemi işaret etse de yine barış (en azından çatışmasızlık) dönemine odaklanmaktadır.

17. Posen, Barry. *The sources of military doctrine: France, Britain, and Germany between the world wars*. Cornell University Press, 1984.

18. Bkz. Waltz, Kenneth. *Theory of International Politics*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.

Organizasyon merkezli yaklaşımlara bakıldığında da Stephen Rosen'in kuvvet içi rekabet (intra-service rivalry) teorisi ön plana çıkmaktadır. Rosen, Posen'in aksine sivillerin askeri inovasyonu gerçekleştirecek teknik eksper-tizine şüpheyle yaklaşmaktadır.¹⁹ Askeri inovasyon sonuçta askeri bir meseledir ve askerler gelecekteki ve mevcut önemli teknolojik gelişmeleri doğal olarak daha sağlıklı takip edeceklerdir. Sivillerin bu süreçte çok büyük bir rolünün olması beklenmemelidir. Buna göre temel olarak bir kuvvet içinde gelecekteki savaşların nasıl şekilleneceğine ilişkin vizyonlar hep olur. Ancak bu vizyonların fikirden eyleme geçmesi sancılı olabilir. Bu noktada aynı kuvvet içinde yüksek rütbeli subaylar vizyonlarını bir şekilde kabul ettirme yarışına girerler. Ancak bu yarış kazanmak kuvvet içindeki terfi dinamiklerini kontrol edebilmekle yakından ilgilidir. Kuvvet içinde benzer şekilde düşünülen subayların gelecekte etkili konumlara gelip askeri inovasyonu yavaş yavaş gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu noktada söz konusu kuvvet içinde bunu başarabilenler inovasyonu tamama erdirebilirler. Tüm bunlar uzun bir zaman alacağından Rosen da askeri inovasyonu barış zamanı meselesi olarak ele alır.

Bir başka organizasyon teorisi de Owen Cote'nin kuvvetler arası rekabet (inter-service rivalry) teorisidir. Rosen'in kuvvet içi dengelerinin aksine Cote kuvvetler arası dengelere odaklanır.²⁰ Buna göre her kuvvet bir şekilde kendi önemini ve devamlılığını korumak ister. Yine kendi askeri rollerinin ne gerektirdiği konusunda her bir kuvvet kendi proje ve vizyonlara sahiptir. Ancak bazen maliyetli olabilecek askeri projeler için maddi kaynağa gerek vardır. Diğer bir ifadeyle bu maddi kaynak gereksinimleri de her bir kuvveti bütçeden pay alma yarışına sevk edecektir. Daha fazla pay almak için de her zaman önemli bir askeri projenin olmasına ihtiyaç vardır. Bu da kuvvetleri yenilik için harekete geçirecek ve bürokratik hantallıklarını sınırlandıracak bir faktördür. Kendi projesi için yeterli bütçeyi alan kuvvet bu projenin teknolojik ve kurumsal gerekliliklerini yerine getirerek askeri yenilik yapmış olur. Bu süreç yeni silah sistemlerinin yanı sıra eski sistemlerin de terk edilmesini getirerek kuvvetlerin kendi içindeki dönüşümlerini sürdürecektir. Sonuç olarak var olma ve kaynak arayışı bir kuvveti askeri inovasyona sevk edecektir.

19. Rosen, Stephen Peter. *Winning the next war: Innovation and the modern military*. Cornell University Press, 1991.

20. Cote, Owen R. "The politics of innovative military doctrine: the US Navy and fleet ballistic missiles." PhD diss., Massachusetts Institute of Technology, 1996.

Diğer yaklaşımlar da odaklarına kültürü alırlar. Buna göre rasyonel saikler her ne kadar önemli olsa da kurumların yıllar içinde getirdikleri bir kültür vardır. Birer kurum olarak orduların da kendi çapında bir kültürü vardır. Bu kültürün izin verdiği ölçüde askeri yenilik söz konusudur. Bu noktada organizasyonel kültür yaklaşımı askeri yenilik için inançların ve geleneklerin rolünü vurgular. Theo Farrell, kültürün, organizasyonların yenilikleri algıladığı ve bunlara yanıt verdiği bağlamı belirlediğini iddia eder.²¹ Buna göre kurumlar, kültürlerine dayalı olarak yeni teknolojik ve doktrinsel gelişmelere tepki verirler. Örneğin, bazı ordu kültürleri, geleneksel savaş uygulamalarını geleneksel olmayan uygulamalara göre ayrıcalıklı bir yere koyabilir.²² Bununla birlikte, bu yaklaşıma göre kültür yapısal bir faktör değildir. Kıdemli askeri liderler, askeri yeniliği sağlamak için kültürü manipüle edebilirler. Kültürü yeniden şekillendirebilirlerse, inovasyonun gerçekleşmesi daha olasıdır.

Tüm bu teoriler literatüre önemli katkılar vermesine rağmen genel olarak bakıldığında teknolojinin rolünü biraz göz ardı etmektedirler. Nedensellik için odaklandıkları noktalar önemli olmakla beraber genelde Batı ordularını, büyük güçleri ve demokratik sivil-asker dinamiklerini varsayan teoriler olarak ön plana çıkmaktadırlar. Askeri inovasyon teorilerinin bir bakıma teknolojinin bilhassa da askeri teknolojinin kendisine ilişkin de önemli varsayımlar ve argümanlar ortaya koyması beklenir. Ancak mevcut belli başlı askeri inovasyon teorileri teknolojiyi ve teknolojiye erişimi verili olarak ele aldığını söylemek yanlış olmayacaktır.

2.4.2. Askeri Etkinlik Teorileri

Askeri etkinlik (military effectiveness) teorileri de bir ordunun muharebe sahasındaki performansına odaklanır. Diğer bir ifadeyle askeri zafere giden yolu açıklamaya çalışır. Bu zafer sorunsalı askeri çalışmaların en merkezi konularından biridir. Bu nedenle askeri etkinlik meselesi literatürde oldukça tartışılan bir olgudur. Ampirik olarak bakıldığında ise orduların muharebe performansı ile ilgili varyasyon çok yüksektir. Farklı ordulardan tutun da aynı ordunun farklı dönemleri arasında, aynı ordunun farklı kuvvetlerinden fark-

-
21. Farrell, Theo, and Terry Terriff, eds. *The sources of military change: Culture, politics, technology*. Lynne Rienner Publishers, 2002.
 22. Long, Austin. *The Soul of Armies*. Cornell University Press, 2016.

lı orduların aynı kuvvetlerine kadar uzanan geniş bir skalada askeri zafer olgusu varyasyon göstermektedir.

Literatür genel olarak birçok açıklamayı içinde barındırır da kabaca muharebe sahası ve saha dışı teoriler olarak ikiye ayrılabilir.²³ Saha dışı teoriler nedenselliği daha çok politik-stratejik seviyede arayan teoriler olarak ön plana çıkmaktadır. Muharebe teorileri ise operasyonel-taktik seviyede askeri etkinliğe sebep olan faktörlere odaklanırlar. Yani bir nevi harbin doğrudan kendisine odaklanırlar. Bu anlamda saha dışı teorilere kıyasla daha çok teknik ve kuvvet kullanımı değişkenlerine önem verirler.

Belli başlı saha dışı teorilere bakıldığında, rejim tipinin askeri etkinlik üzerindeki etkisi literatürde hep tartışılmalı bir konu olmuştur. Birçok çalışma demokratik devletlerin askeri zafer kazanmaya daha yatkın olduklarını öne sürmüştür.²⁴ Bu teorilerin merkezini “seçim etkisi” (selection effect) meselesi oluşturur. Seçmenlere hesap verilebilirlik ve devlet kurumları arasındaki enformasyonun daha sağlıklı işlenip iletilmesi iddiasından hareketle demokrasilerin kazanabilecekleri (ya da kaybetme riskinin düşük olduğu) çatışmaları seçtiği öne sürülür.²⁵ Ancak bu yaklaşımın gerek ampirik olarak gerek kendi içindeki teorik tutarlılık açısından sorunlu noktaları vardır.

Öncelikle otokratik devletlerin de muharebe performanslarına bakıldığında oldukça geniş bir zaferler listesi vardır. Otokrasiler gerek kendi aralarında gerek demokrasilere karşı olan savaşlarda askeri başarılar göstermiştir. Yine Irak Savaşı (2003) gibi neredeyse 21. yüzyılın ilk çeyreğini şekillendiren bir örnekte demokratik devletlerin enformasyonu her zaman sağlıklı işlemedikleri de ortadadır. Diğer taraftan teorik olarak da demokrasiler eğer gerçekten “kolay hedefleri” seçiyorsa aslında bir hedefi “kolay lokma” yapan nedir sorusu ortaya çıkmaktadır? Bu noktada askeri zaferde söz konusu olan faktör rejimden ziyade güç dengesi olduğu söylenebilir. Özetle demokrasi merkezli teoriler hesap verilebilirlik ve enformasyon akışının önemini vurgulasa da günün sonunda savaşın kazanılabileceği kararında hangi faktörün etkili olduğu konusunda ikna edici değillerdir.

23. Burada terörle mücadele ve nükleer operasyonlar dışarıda bırakılarak konvansiyonel savaşlara odaklanılmaktadır.

24. Merritt, Richard L., and Dina A. Zinnes. “Democracies and war.” In *On measuring democracy*, pp. 207-234. Routledge, 2017.

25. Reiter, Dan, and Allan C. Stam. *Democracies at War*. Princeton University Press, 2010.

Demokrasilerin yanı sıra otokrasilerin savaş kazanma becerilerine dair de teoriler vardır. Bu teoriler de genel olarak bazı otokrasilerin başarılı sonuçlar elde edip bazılarının elde edememesine odaklanırlar. Jessica Weeks sivil tek adam rejimleriyle askeri diktatörlüklerin askeri etkinlikte farklılık gösterdiğini öne sürer.²⁶ Ancak sivil tek adam rejimlerinin askeri elitlerle olan ilişkileri göz ardı edilir. Sivil bir idare olsa bile askeri güç kullanımını son tahlilde askeri kurumların elinde olan bir şeydir.

Sivil asker ilişkilerine odaklanan teoriler de askerlerle siyasetçiler arasındaki güç dengesine dikkat çekerler. Risa Brooks askerlerle sivillerin ulusal güvenliğe dair tercihlerindeki ayrışma varsa ve hiçbir taraf diğerine üstünlük kuramıyorsa savaşlara dair kötü değerlendirmelerin yapıldığını öne sürer. Diğer taraftan tercihlerin uyuşup özellikle de sivillerin askerleri kontrol ettiği durumlarda da savaşa dair optimal değerlendirmeler ortaya çıkmaktadır.²⁷ Bu da askeri zaferi getirmektedir. Ancak bu gibi teoriler de savaş değerlendirilmesi yapılmamasında hangi faktörlerin dikkate alındığını yeterince açıklamamaktadır. Yine savaştan kaçınmayı açıklasalar da savaşa girildiğinde etkili olacak çarpışma dinamiklerini göz ardı etmektedirler.

Sonuç olarak muharebe sahası dışındaki faktörlere odaklanan teoriler aslında belli açılardan orduların harbe hazırlık durumlarının anlaşılmasına katkı sunmaktadırlar. Askeri çarpışma ve muharebe başarısını açıklamakta yetersiz kalmaktadırlar. Muharebe sahasının kendine ait dinamiklerin asker ve silah sistemleriyle nasıl etkileşime geçtiğini anlamak için analitik olarak da “sahaya inmek” lazımdır. Bu noktada savaşın askeri-operasyonel boyutuna bakmak yararlı olacaktır. Muharebe sahası yaklaşımları bu boyuta odaklanmaktadır.

Muharebe sahasına odaklanan yaklaşımlar genel olarak üç ana grup altında toplanabilir. Bunlar sayısal üstünlük yaklaşımı, teknolojinin doğası ve modern sistem olarak sınıflandırılabilir. Saha dışı teorilere nazaran bu açıklamalar en azından doğrudan harbin kendisine odaklanır.

Sayısal üstünlük yaklaşımına bakılacak olursa, kısaca muharebe sahasında sayıca ezici olmak zafere giden en önemli faktör olarak öne çıkar. “Tanrı büyük taburların yanındadır” mantrasıyla özetlenebilecek bu yaklaşıma göre eğer söz konusu aşağı yukarı benzer niteliklerde modern ordularsa sayısal çoğunluk çok önemli bir faktördür.

26. Weeks, Jessica LP. *Dictators at War and Peace*. Cornell University Press, 2014.

27. Brooks, Risa. *Shaping strategy: The civil-military politics of strategic assessment*. Princeton University Press, 2008.

Muharebe hattı için düşünülecek olursa askeri tarih boyunca bir tür 1:3 kuralından bahsedilir.²⁸ Buna göre bir muharebe düşmana karşı kabaca üç kat üstünlük sağlanan anda yarma (breakthrough) yapıp düşmanı bozguna uğratmak daha olasıdır. Bu nedenle lokal konsantrasyon düşmana karşı 1'e 3 üstün gelme gayesiyle yapılmalıdır. Yığınak bu dengeyi sağlayacak yere yapılmalıdır. Bunu başarabilenlerin daha iyi bir askeri performans göstermiş olacağına ve zafere yakın olduğuna inanılır. Ancak ilginç bir şekilde bahsi geçen bu 1:3 kuralının nereden geldiği ve hangi faktörlere göre 1:3 avantajı sağlanacağına yönelik tutarlı ve sistematik bir açıklama yoktur. Diğer taraftan bu ve benzeri kuralların Amerikan ordusunda hesaplamalarda kullanılmaktadır. Buna göre eşitlik durumu (1:1), iki kat üstünlük (1:2) ve altı kat üstünlük (1:6) gibi çeşitli durumlara yönelik harekât planları oluşturulmuştur.²⁹

Teknolojik üstünlük tezi, tarafların silah sistemleri karşılaştırıldığında görece daha sofistike silahlara sahip tarafın daha iyi askeri performans göstereceğini öne sürer.³⁰ Ancak ABD'nin Vietnam, Sovyetler Birliği'nin Afganistan tecrübeleri üstün silahların askeri zaferi garanti etmediğini göstermektedir. Yine birçok anti-kolonyal mücadelede teknolojik olarak geri olan tarafların başarı elde etmesi de söz konusudur. Teknolojik üstünlüğün önemi yadsınmamakla beraber tek başına yeterli olmadığı sonucuna varılabilir. Bu bakımdan birçok araştırmacı teknolojinin sadece ileri veya geri olmasını değil ofansif veya defansif özellikler gösteren doğasına da eğilmeyi önemli bulmuştur. Bu yaklaşım görece daha sistematik bir seviyeden meseleyi ele alır. Buna göre ikili (dyadic) teknoloji kıyaslamasından ziyade belli bir dönemde yaygınlık gösteren özelliklerine bakmakta fayda vardır. Literatürde bu konu savunma saldırı dengesi altında incelenmektedir.³¹ Buna göre askeri teknolojinin doğası bazı dönemler savunmaya avantaj sağlarken bazı dönemlerde de saldırıya avantaj sağlamıştır. Örneğin, Birinci Dünya Savaşı genel olarak savunma sistemlerinin ağırlıkta olduğu bir dönem olarak gösterilir. Bundan dolayı da genel olarak savaşın muharebelerine bakıldığında saldıranların değil savunuların kazandığı görülür.

28. Mearsheimer, John J. "Assessing the conventional balance: The 3: 1 rule and its critics." *International Security* 13, no. 4 (1989): 54-89.

29. Christian, Joshua T. *An Examination of Force Ratios*. US Army Command and General Staff College Fort Leavenworth United States, 2019.

30. Bu konuyla bağlantılı olarak "teknolojik determinizm" meselesine aşağıda değinilmiştir.

31. Glaser, Charles L., and Chaim Kaufmann. "What is the offense-defense balance and can we measure it?." *International security* 22, no. 4 (1998): 44-82.

Ancak savunma saldırı dengesi yaklaşımda da bazı ölçüm sorunları görülür. Bazı silahlar daha açık bir şekilde savunmacı veya saldırgan kategoriye girerken bazıları için bu durum bu kadar net değildir. Yine bir silah örneğin savunmacı olsa bile ofansif bir doktrine avantaj sağlayabilir.³² Örneğin, füze savunma sistemleri bir devletin askeri gücünün bekâsını sağladığı için ofansif bir doktrin için orduları cesaretlendirebilir. Yine ölçüm meselesi dışında 20. yüzyıl savaşlarına bakıldığında savunma saldırı dengesine ampirik destek de yeterli görünmemektedir.³³

Özetle sayısal ve teknolojik üstünlük yaklaşımlarının muharebe sahasına odaklandıkları için saha dışı teorilere nazaran daha aydınlatıcı olduğu söylenebilir. Muharebe sahasında hem niteliksel hem de niceliksel üstünlüğe hiçbir komutan hayır demeyecektir. Bu iki şart gerekli olmakla beraber zafer için yeterli değil gibi görünmektedir. Bu anlamda sayısal üstünlük ve teknolojinin etkisini yadsımamakla beraber asıl faktörün kuvvet kullanımı (force employment) olduğu öne sürülebilir. Bu noktada Stephen Biddle'in ortaya koyduğu ve modern dönemdeki çatışmaları şekillendirdiği öne sürülen "modern sistem" olarak ifade edilen kuvvet kullanımı yöntemine ayrı bir parantez açmak gerekmektedir.³⁴

2.4.3. Modern Sistem³⁵

Temel olarak sayısal üstünlük ve teknolojik üstünlüğünün eleştirisi olarak ortaya çıksa da modern sistem bu iki faktörün kıymetini tamamen reddetmez. Bu ikisinin işini yapabilmesi için taktik ve operasyonel seviyede belli şeylerin yapılması gerektiğini söyler.

Biddle'a göre modern dönem muharebelerinin en ayırt edici özelliği endüstriyelleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan radikal ateş gücüdür. Silahlar artık daha öldürücü, daha hızlı ve daha yüksek yoğunlukta ateş gücü üre-

32. İlhan, Bekir. *Türkiye'nin Stratejik Füze Kapasitesi*, içinde Erboğa, Abdullah. (ed.), *Türkiye'nin Stratejik Silah Kapasitesi*. SETA Yayınları, 2019. ss. 239-241.

33. Biddle, Stephen. *Military power: Explaining victory and defeat in modern battle*. Princeton University Press, 2004.

34. *A.g.e.*

35. Bu yaklaşımın gerek literatürdeki yaygın kabulü gerek bu kitabın sonraki bölümlerdeki tartışmalardaki rolü göz önünde bulundurulduğunda bu bölümde geniş bir özeti yapılmıştır. Bu anlamda Biddle'in *Military Power* kitabının 1-4 arası bölümlerinin genel bir özeti sunulmuştur.

tebilmektedir. Bu nedenle kayda değer bir askeri operasyon yapabilmek için böylesi bir ateş gücüne maruz kalmayı azaltabilmek gerekir. Yani ilk aşamada sahadaki kuvvetlerin bekâsının sağlanması sonraki askeri hedefler için şarttır.

Biddle'a göre ateş gücünden kaçabilmek için savunma veya saldırı fark etmeksizin taktik seviyede korunma (cover), gizlenme (concealment), dağılma (dispersion), küçük-birlik manevrası (small-unit independent maneuver), bastırma (suppression), ve müşterek harekât kabiliyetine (combined arms integration) ihtiyaç vardır. Operasyonel seviyede ise taarruz edilirken “kopar ve tut” (bite-and-hold) ve “yarma ve istifade” (breakthrough and exploitation) harekâtlarının altını çizer.

Buna göre taarruz harekâtı icra edilirken operasyonel hızdan biraz feragat edilerek kademeli bir ilerleyiş hem bölge tutma hem de kayıpları azaltma anlamında daha faydalıdır. Düşman hattına doğru görece küçük, bağımsız ve dağıntık birlikler halinde arazi şartlarının el verdiği ölçüde korunarak ve gizlenerek orta bir tempoda ilerlemek gerekmektedir. Bu süreçte de düşman gerektiği yerde baskı ateşine alınmalıdır. Baskı ateşinde amaç düşman unsurlarını yok etmek değil dost birlikler ilerlerken düşmanın “kafasını kaldırmasını” engellemektir. Bundan dolayı baskı ateşi kısa ve yoğun olduğu için daha “ekonomik” bir yöntemdir. Baskı ateşi sayesinde karşı ateş gücünün etkisi azaltılmış olur. Tüm bu operasyonel süreç tabii ki piyade ve topçu sınıfının müşterek harekâtıyla daha efektif olacaktır. Topçular gerektiği zamanda baskı ateşi üretilip piyadenin lokal konsantrasyon yapmasına olanak verecektir. Cephede düşmana lokal üstünlük sağlandığında ise yarma harekâtı icra edilebilir. Ancak yine yukarıda belirtildiği üzere bu çok hızlı bir şekilde yapılmamalıdır. Çünkü her zaman tuzak ve sürpriz unsurunu akılda tutmak gerekmektedir. Yarma harekâtıyla düşman cephesinin arkasına (rear) geçilerek lojistik hatlarına zarar verilir ve artık düşman unsurları etkisiz hale getirilir.

Modern sistemin savunma operasyonlarına gelince derinlik, rezerv kuvvetler ve karşı taarruz yöntemleri başarılı bir savunma için elzemdir. Modern muharebe koşullarında statik savunmanın çok büyük bir risk olduğundan hareketle savunma pozisyonlarının derin ve dağıntık olması şarttır. Derin savunma olası bir yarılma riskine karşı zaman kazanılmasını sağlar.

Yine başarılı bir savunma için akılda tutulması gereken amaçlardan biri zaman kazandıktan sonra bir noktada artık ilerlemenin gerekli olduğudur. Yoksa düşman cephe hattından sökülüp atılamaz. Düşmanın yıgılma yapma-

sının önüne geçildikten sonra gelen rezerve kuvvetlerle beraber karşı taarruz safhası başlar.

Taktik seviyede de savunmacı taraf korunma ve gizlenmeyi sağlamak için birliklerini cephe hattına ve arkasına düzensiz yerleştirmelidir. Böylelikle düşman boşluk bulamayacaktır. Ayrıca düşmanın korunma ve gizlenmesini etkisiz hale getirmek için iç içe geçmiş ateş sektörlerinin oluşturulması gerekmektedir. Böylelikle düşman korunma ve gizlenme bulmaya çalışırken zorlanacaktır. Savunma operasyonlarında ilk amaç düşmanın topyekûn imhası değildir. Düşmanın yavaşlatılıp yarma yapmasının önüne geçilerek muharebeyi bir tür yıpratma (attrition) mücadelesine çevirmektir. Bu tarz kompleks taktik ve operasyonlar için yine muharip sınıfların müşterek harekât yapabilmesi gerekmektedir.

Biddle modern sistemi uygulamanın oldukça kompleks ve zor olduğunun sürekli altını çizer. Buna göre modern sistemin hem barış zamanında hem de savaş zamanında ayrı zorlukları vardır. Modern sistem yöntemine hazırlık barış zamanında zordur çünkü çok fazla maddi kaynak gerekmektedir. Aynı zamanda personelin modern sistemin gerektirdiği görevleri yerine getirmesi uygulanacak eğitim ve talim için de zaman gerekmektedir. Savaş zamanında ise modern sistem ilk aşamada kuvvet bekâsını öncelediği için düşmanın ateş gücüne asgari düzeyde maruz kalmak gerekmektedir. Bunun için de özellikle savunmada inisiyatif düşmandaymış gibi bir durum ortaya çıkabilir. Silahlı kuvvetlerin anlamlı askeri operasyonlar yapabilmesi ve modern sistemin gerektirdiği ölçüde sahada konuşlanması çok hızlı olmayacaktır. Tüm bunlar gerek savaş anındaki toplum psikolojisi gerek devlet yöneticilerinin ordudan talepleri düşünüldüğünde silahlı kuvvetlerin üzerinde baskı oluşturabilir.

Modern sistem merkezli kuvvet kullanımı yöntemi son yüz yılın en belirleyici yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır. Ordular bazen bilinçli olarak bazen de çok da bilinçli olmadan mükemmel seviyede olmasa da modern sistemi uygulamışlardır. Diğer taraftan burada bahsedilen tüm taktik ve operasyonel yöntemler tabii ki modern sisteme özgü değildir. Modern harp tarihinde tekil örnekleri çoktur. Ancak tutarlı, efektif ve entegre icrasının yolunu ve formülünü modern sistemin verdiğini söylemek mümkündür.

Bu çalışmanın buraya kadar olan kısmında incelenen askeri inovasyon ve askeri etkinlik literatürleri askeri teknolojinin rolünü ya görmezden gelmekte ya da yeterince vurgulamamaktadır. Ancak askeri teknoloji ve savaş arasında-

ki ilişki ister doğrusal ister dolaylı olarak kurulmaya çalışılsın göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir ilişkidir. Bir sonraki bölümde bu ilişkinin önemini yanı sıra niteliği de incelenecektir.

2.5. ASKERİ TEKNOLOJİ VE SAVAŞ İLİŞKİSİ

Savaşların yürütülmesi ve kazanılması konusunda askeri teknolojinin rolü başta çok aleni bir faktörmüş gibi görünmesine rağmen yukarıda ele alınan literatürler muharebenin kendisinden daha çok muharebe sahası dışındaki faktörlere odaklanmaktadır. Bu konuyu daha kolay anlaşılabilir kılmak için futbol maçları örneği üzerinden gidilebilir. Örneğin bir ülkenin veya kulübün futbol kurumları iyi yönetiliyor olabilir. Altyapı tesisleri çok güçlü olabilir. Dahası taraftarları ateşli olabilir. Ancak sonuçta futbol maçı sahada oynanmaktadır. Haklı olarak tüm bu saha dışı faktörlerin iyi bir oyuncu kadrosu getireceği de iddia edilebilir. Ancak düdüğü çaldıktan sonra oyunun oynanışı kendi içinde hem çok sayıda hem de sonuca saha dışındakilerden daha doğrudan etki eden değişkenleri barındırmaktadır. Bu nedenle oyunun oynanışı kendi içinde analitik olarak izole edilmesi gereken bir olgudur.

Savaş da aynı şekilde sahada cereyan eden ve kendi içinde daha önemli ve sonuca doğrudan etki eden değişkenleri barındıran bir olgudur. Muharebe sahası dışındaki faktörler bir devletin askeri kaynaklarına olumlu veya olumsuz etkide bulunabilir. Ancak bu faktörlerin muharebe sahasındaki etkisine literatürde çok fazla nedensel ağırlık atfedilmiştir. Bu anlamda bir önceki bölümde de vurgulandığı üzere literatür politik, kurumsal ve ekonomik faktörler gibi birçok muharebe sahası dışı faktörü merkeze alan açıklamalarla doludur. Bu da yapılan açıklamalarda savaşın doğasını kaçırma riskine neden olmaktadır. Muharebe sahasında olup bitenler yani gerçek zaman ve mekânda gerçekleşen çarpışma (combat/warfighting) eylemi ihmal edilemeyecek kadar önemlidir.

Çarpışma kavramı da doğrudan doğruya insan ve silah sistemleriyle ilintilidir. Silahlar hem birbirlerini hem de insanları yok etmek (aynı zamanda zarar vermek ve yaralamak) için vardır. Silah sistemleri de askeri teknolojiye bağımsız düşünülemez. Her muharebede angajmanlar vardır. Her angajman, silah sistemlerinin konuşması demektir. Eğer tüm bunlar yoksa zaten askeri anlamda savaş kavramı konuşulmuyor demektir. Söz konusu olan rekabet, politika, diplomasi, müzakere gibi kavramlardır. Savaş silahların, silahlar da

teknolojinin düşünülmesini zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak savaş, teknolojiden bağımsız düşünülemez.³⁶

Savaşla teknoloji arasındaki ilişki doğrusal olmak zorunda değildir. Bu konuyla ilgili genelde yanıltıcı bir görüş gündeme gelir. Bu görüş bir önceki bölümde de değinildiği üzere teknolojik üstünlüğün sonucu belirlediği iddiasından hareketle “teknolojik determinizm” altında tartışılır. Ancak bu görüş fazlasıyla da eleştirilir. Belki de teknolojik determinizme düşmek adına literatürdeki birçok yaklaşım teknolojinin rolünü fazla vurgulamamaktadır.

Gerçekten de teknoloji savaşta tüm dertlere deva formül değildir. Daha sofistike teknolojiye sahip devletler savaşları kesinlikle kazanacaktır iddiası yukarıda da belirtildiği üzere ampirik olarak da zayıftır. Böylesi bir görüş ancak silah sistemleri arasındaki farktan da öte neredeyse askeri çağ olarak aralarında fark bulunan aktörlerin karşılaşması için geçerli olabilir. Örneğin, İspanyollar karşısında Aztekler veya Portekizliler karşısındaki bazı Asya toplumları bu durumdaydı. Zaten bu çatışmalara muharebeden çok katliam demek daha doğru olacaktır. Teknoloji ancak bu gibi durumlarda deterministik bir etki gösterecektir. Bir tarafta ateşli silahlar bir tarafta da ateşli olmayan delici silahlar vardır. Bu durumlarda yenilgi zayıf olan tarafın taktik ve operasyonel beceresinden ziyade teknolojik olarak güçlü olan tarafın ölümcül hatalar yapmasına bağlıdır.

Ancak modern dönemde bu tür karşılaşmalar artık söz konusu değildir. Ordular güç dengesi açısından farklılık gösterse de kategorik olarak benzer durumdadır. Örneğin, bugün bir devletin tankları başka bir devletin tanklarından daha üstün veya zayıf ya da daha çok sayıda veya daha az olabilir. Ancak günün sonunda her iki tarafın da tankları vardır. Bu da belli bir seviyede ateş gücü üretebilmek demektir. Yine günümüzde muharebe sahasında örneğin ok kullanan modern ordular kalmamıştır. Yani artık asgari şartlarda da olsa mekanikleşmiş ve teknikleşmiş olarak ateşli silah kullanan modern ordular söz konusudur. Teknolojik determinizmin işaret ettiği kadar olmasa da teknolojinin sunduğu kuvvet imkânlarını efektif olarak benimseyip faydalanabilen tarafların zafer elde etmesi daha olasıdır. Teknoloji bir noktada yeter şart olmasa da gerekli şart olarak değerlendirilebilir. Bu anlamda teknolojik determinizm yanılığısından kaçmak için teknolojinin rolü de bir kenara atılamaz.

36. Crevel, *Transformation of War*.

Teknolojinin üretilebilmesinin yanı sıra, söz konusu teknolojinin askerileşip ordular tarafından benimsenmesi de ayrı bir meseledir. Yukarıda da belirtildiği üzere, barutun bilinmesiyle ateşli silahlarda da kullanılabilmesi arasında yüzlerce yıl geçmiştir. Dahası barutu ateşli silahlarda kullanma fikriyle, ordular arasında benimsenip sahada tam manasıyla kullanılması arasında yine yüzlerce yılın geçmesi gerekmiştir. Bu da iyimser bir tahminle en az altı yüzyıllık bir süre zarfına işaret etmektedir. Sonuç olarak bilimsel bilginin üretilmesiyle bilginin teknolojik uygulanması arasında büyük uçurumlar olabilir.

Yine askeri teknoloji söz konusu olduğunda tarihin büyük bir kısmında günümüzdeki anlamda bilimsellikten bahsetmek yanlış olur. Silahlar ve askeri teknoloji matematik ve hesaplamayla hep iç içe olagelmıştır. Ancak modern dönem öncesinde askeri teknoloji çoğunlukla ustalar ve mucitler tarafından geliştirilmiştir.³⁷ Bu da askeri teknolojilerin belli dönemlerde çok yavaş ilerlemesine neden olan bir diğer faktördür. Askeri teknolojilerdeki niceliksel ve niteliksel atılımlar bilimsel devrimden (scientific revolution) sonra yaşanmaya başlanmıştır. Özellikle Avrupa'da ortaya çıkan bu bilimsel devrim sonrasında modern anlamda bilimsel bilginin üretilip oradan hayatı (ve askeri dünyayı) şekillendiren ve kolaylaştıran teknolojik çıktılar elde edilmeye başlandı. Sonuç itibarıyla bildiğimiz anlamıyla bilimsel keşif ve sonrasında bilginin teknolojiye aktarımı askeri tarih göz önünde bulundurulduğunda görece yeni bir mesele olarak değerlendirilebilir.

Tabii bütün askeri teknolojilerin yayılması için yüzyıllar geçmemiştir. Bazı teknolojiler de beklenenden hızlı askerileşip yayılmıştır. Örneğin, modern uçakların mucidi kabul edilen Wright Kardeşlerin ilk uçuşu 1903 yılında gerçekleşmiştir. Sadece 11 yıl sonra yani 1914'te çıkan Birinci Dünya Savaşı'nda ise Almanların 200 uçağı vardı.³⁸ Hatta daha erken bir tarihte, 1911'de İtalyanlar uçakları Trablusgarp'ta Osmanlı Devleti'ne karşı keşif-gözetlemede kullandı. Uçaktan bomba bırakma, silah monte etme, sahanın fotoğrafını çekme, iletişim için kablosuz telgraf teknolojisi gibi fikirler de bu teknolojinin askerileşmesiyle ortaya çıkmıştır. Ama bunların efektif olarak uygulanabilmesi için Birinci Dünya Savaşı çok erken bir tarih sayılır. Yıllar süren bir araştırma ve geliştirmenin sonunda söz konusu fikirler taktik ve operasyonel anlamda uygulanabilir bir hale gelmektedir. Sonuç olarak bir tekno-

37. Brodie, Bernard, and Fawn M. Brodie. *From Crossbow to H-bomb*. No. 161. Indiana University Press, 1973.

38. *A.g.e.*

lojinin geliştirilip askeri alanda kullanımının aşamaları kabaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- i) Bilimsel bilginin üretilmesi (knowledge)
- ii) Teknolojiye uygulanması (application)
- iii) Kullanılabilir hale gelmesi (feasibility)
- iv) Askerileşmesi (militarization)³⁹
- v) Bir ordu tarafından benimsenmesi (inovation)
- vi) Daha çok ordu tarafından benimsenmesi (diffusion)

Günümüzde askeri teknolojinin üretimi veya bir teknolojinin askerileştirilmesi artık savunma sanayii gibi büyük yapıların meselesidir. Belli bir kapasitenin üstündeki savunma sanayileri de akademi-kamu-özel sektör-ordu gibi devasa ve organize yapıların kontrolindedir. Bugün savunma sanayileri bilim insanı, mühendis, girişimci, politikacı, bürokrat ve askerlerin etkileşimde olduğu, popüler tabirle, bir ekosistem olarak tarif edilebilir. Barış zamanında bir kısım kaynakların askeri teknoloji geliştirmek için mobilize edilmesi artık bir kamu politika konusudur. Devletler bu konular için önemli bütçeler ayırmakta ve ortaya vizyon ve strateji koyma konusunda kendilerini sorumlu hissetmektedirler.

Burada savunma sanayilerinin merkezileştiği anlamı çıkarılmamalıdır. Ülkelerin savunma sanayilerinin finansman, bürokratik ve politika anlamında merkezi olup olmaması başka bir tartışmanın konusudur. Bu daha çok ülkelerin siyaset ve kaynak yönetimiyle alakalı kurumsal bir meseledir. Örneğin, Çin çok merkezi, İsrail ise daha dağınık bir savunma sanayisine sahiptir. Burada vurgulanan konu askeri teknoloji üretiminin bireysel başarı hikayeleri üzerinden değil de kamu ve özel sektör gibi büyük oyuncuların kontrolünde olmasıdır. Antik çağlarda ballista (bir tür mancınık) yapan ustalardan günümüzün balistik bilimine gelene kadar aktörlerin hem niteliği hem niceliği değişmiştir. Ancak savaş ve teknoloji hep iç içe olmuştur.

Sivil teknoloji ve askeri teknoloji arasındaki ilişki bir diğer önemli konudur. Bu ilişki çoğunlukla simbiyotik ilerlemiştir. Bazen askeri teknoloji sivil sektörlerle aktarılır. Kimi zaman da önce sivil sektörler bir teknolojiyi geliştirir ve bu söz konusu teknoloji askeri uygulama bulur. Ancak geçişliliğin yönü iki taraflı olmakla beraber niteliği konusunda değişimler olabilir. Özellikle

39. Bazen teknolojiler önce askeri amaçlar için üretilip sonrasında da sivil hayatta kullanılabilir. Bazen de tam tersi olur.

le son dönemde üretilen silah sistemlerinin gelişmişlik seviyesi söz konusu olduğunda bazı askeri teknolojiler için farklı bir durumun ortaya çıkmakta olduğu söylenebilir. Askeri sistemlerdeki teknolojik “know-how” artık çok ileri bir seviyededir. Bu da eskiden olduğu gibi imitasyon, teknoloji hırsızlığı ve tersine mühendislik gibi yöntemleri daha az etkili kılmaktadır. Bugün özellikle binlerce bileşen içeren silah sistemleri söz konusu olduğunda ortaya çıkan kompleks askeri teknoloji bunu taklit etmeye çalışacak devletlerin edinmeleri çok zor olan bir bilgidir. Örneğin, 1930’larda araba fabrikaları tank fabrikasına görece kısa bir süre içinde dönüştürülebilirdi.⁴⁰ Diğer bir ifadeyle, teknolojiadaki sivil “know-how” ile askeri “know-how” arasındaki fark çok büyük değildi. Ancak günümüzde çoğu silahın gerektirdiği teknik donanım ve karmaşıklık bu tarz bir dönüşümü zor kılmaktadır.

Özetle, teknolojinin savaşla ayrılmaz bir ilişkisi vardır. Bu görüş, teknoloji bütün operasyonel dertlere çözüm olduğu anlamına gelmemektedir. Önemli olan teknolojinin nasıl kullanılacağıdır. Bu anlamda teknolojiyle savaş ilişkisinin en somut göstergelerinden biri askeri doktrinlerdir. Gerek resmi gerek ordu geleneği açısından askeri doktrinler orduların nasıl savaşacağını söyler. Bu anlamda askeri doktrinler kuvvet kullanımı bağlamında teknolojinin nasıl kullanılacağını da bildirirler. Bir sonraki bölümde doktrin ve askeri teknoloji arasındaki bağlantıya değinilecektir.

2.6. ASKERİ TEKNOLOJİ VE DOKTRİN İLİŞKİSİ

Askeri teknoloji ve doktrin arasındaki ilişkinin yönü ve niteliği, yukarıda tartışılan teknoloji ve savaş bağlantısı bağlamında önemli bir tartışma konusudur. Tartışma “doktrin mi teknolojiyi takip eder yoksa teknoloji mi doktrini” sorusu etrafında dönmektedir. Yaygın olarak askeri doktrinlerin teknolojiden önce geldiği düşünülür. Buna göre devletler önce ulusal güvenlik stratejilerini belirlerler. Ardından bu stratejiyle bağlantılı olarak savunma politikası geliştirirler. Savunma politikası bir anlamda sivil dünyayla askeri dünyayı birbirine bağlar. Ulusal güvenlik stratejisinin askeri dünyadaki izdüşümü de askeri doktrindir. Buna göre devletler, kuvvet planlaması yaparken ihtiyaç duydukları teknolojileri belirlerler. Nihai kertede de doktrin gerekliliği gördüğü tek-

40. Konu hakkında bir çalışma için bkz. Gilli, Andrea, and Mauro Gilli. “Why China has not caught up yet: military-technological superiority and the limits of imitation, reverse engineering, and cyber espionage.” *International Security* 43, no. 3 (2018): 141-189.

noloji alınır veya geliştirilir. Askeri teknolojinin de ilerlediği yol kuvvet ihtiyaçlarına göre şekillenmiş olur.

Bu sıralı mantık kendi içinde tutarlı görünmektedir. Ancak iki açıdan sorunludur. İlk olarak, bu mantık açıktan belirtilmese de büyük güç merkezlidir. Daha özel olarak Amerikan merkezli bile olduğu söylenebilir. Bol kaynak ve teknolojik imkânâna sahip devletlere yönelik bir yanlılığa (bias) sahiptir. İkinci olarak, bir devlet ne kadar büyük olursa olsun ihtiyaçlar her zaman imkân yaratmaz.⁴¹ Bir devlet ihtiyaçlarını mükemmel derecede belirse bile mevcut teknoloji veya yakın gelecekte geliştirilmesi öngörülen teknoloji bu ihtiyacı karşılayacak diye bir garanti yoktur. Bu durum hem büyük hem küçük devletler için farklı derecelerde olsa da geçerlidir.

Yukarıdaki soruya ihtiyaçlar mantığından ziyade imkânlar mantığından bakılınca doktrinin teknolojiyi takip ettiği sonucuna ulaşılabilir. Bu noktada “teknoloji neye müsaade ediyor?” sorusu önem kazanmaktadır. Mevcut teknolojik durum bazı doktrinlere zemin hazırlayabilir. Kimi doktrini diğerlerinin önüne geçirebilir veya gözden düşürebilir. Teknolojinin yanı sıra kurumsal, kültürel ve coğrafi şartlar da devletlerin askeri doktrinlerini etkileyebilir. Ancak savaş ve teknoloji arasındaki ilişkinin zorunluluğu düşünüldüğünde belli bir seviyede teknolojik kapasite tüm diğer değişkenlerin çalışması için ön şarttır. Bir devlet, söz gelimi, coğrafyası gereği derin savunmaya dayalı bir askeri planlama yapmak isteyebilir. Ancak ilk önce sahada böylesi bir çarpışmayı yürütüp kazanabilecek silah sistemlerinden yoksun olmaması gerekir.

Örneğin, radyo, uçak ve tank İkinci Dünya Savaşı öncesi dönemde gelişebildiği için Blitzkrieg⁴² mümkün olabilmişti. Almanlar zaten onlarca yıldır hızlı ve keskin zafer kazanmaları gerektiğini biliyorlardı. Ancak buna uygun doktrin ve planlamanın geliştirilip sahaya yansıtılması ancak teknolojik imkanlarla beraber mümkün olabilmişti. Hızlı zafer amacına imkân vermeyen dönem teknolojisi Birinci Dünya Savaşı’nda askeri planlarını suya düşürmüştü. 1870’te Sedan’da başarılan şey 1914’te Marne’da başarılammıştı. 1914’te başarılammayan şey bu sefer 1940’ta başarılabilmişti. Bu varyasyonu ortaya çıkaran faktör doktrinde amaç merkezli değil araç merkezli (teknolojik imkân) yaklaşımdır. Doktrinsel amaçları öncelemek Alman genelkurmayına pahalıya patlamıştır.

41. Waltz, Kenneth. *Theory of International Politics*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.

42. Alman askeri düşüncesinde Bewegungskrieg olarak geçer.

Teknolojik imkân değerlendirmesinin doktrinsel amaç ve ideallerden önce gelmesi gerekebile her devletin ilgili teknolojiyi mükemmel şekilde sahaya uygulayacak diye bir kaide yoktur. Mevcut ve erişilebilir teknolojiyi doktrin haline getirmek askeri ve siyasi kurumların yetenek meselesidir. Askeri yetenekler uygun kuvvet kullanımı (force employment) ile tamamlandığında efektif bir askeri güç üretilmiş olur. Teknoloji de böylesi bir durumda fark yaratır.

Özellikle günümüzde rakip devletler söz konusu olduğunda çoğu askeri değerlendirme daha çok ekipman kalitesi ve modernizasyonunu dikkate almaktadır. Doğrusu bunların niteliğinin muharebe sahasındaki önemi yadsınamaz. Ancak zaten aralarında ihtilaf olan veya güvenlik rekabetinde olan devletler dengeyi korumak adına aşağı yukarı birbirine denk (aynı veya birbirini söndüren) teknolojilere sahip olmaktadır. Burada da ekipmanın yanı sıra ekipmanın kullanılması daha bir önem kazanmaktadır. Bu da ilgili devletlerin askeri kurumları, eğitim ve harbe hazırlık durumlarının belirleyici olmasına neden oluyor.

Örneğin, kalyonlar etkin oldukları dönemde İngiliz ve İspanyollar tarafından farklı bir şekilde kullanılmıştır. İngilizler kalyonları gemi batırmak için kullanırken İspanyollar daha çok aborda edip (boarding) asker öldürmek için kullanmıştı. Bu da İngilizlere denizlerde üstünlük sağlamıştır. Almanların tankı ayrı bir zırhlı birlik olarak kullanması bu duruma verilebilecek başka bir örnektir. Tank ilk çıktığı dönemde daha çok piyadeye yardımcı olacak bir sistem olarak düşünülüp kullanılıyordu. Ancak bağımsız bir sınıf olarak kullanılması sahada fark yaratmıştır.

Birinci Dünya Savaşı'nda taraf devletlerin silah sistemleri genel olarak denk ve benzerdi. 1918 yılına kadar olan süreçte bir taktiksel sıkışma söz konusuydu. Bu durumu aşmak için İngilizler muharebe sahasına o dönemde yeni bir sistem olan tankı getirdi. Ancak tank beklenen etkiyi ilk etapta gösteremedi. Almanlar ise küçük birliklerle manevrayı (small unit maneuver) topçu ateşiyle destekleyerek sıkışıklığı aşmayı deniyordu. Belli bir başarı elde etseler de nihai yarmayı gerçekleştirebilecek sistemleri yani tankları yoktu. Lojistik problemler de cephe arkasına geçmeyi zorlaştırıyordu. Dolayısıyla sayılı ofansif başarılar elde ettiler ama savaşı bitirecek vuruşu yapamadılar. Bunu gören İngilizler ise bir şekilde topçu ateşiyle beraber hareket eden küçük birimleri kullanma fikrini tankla birleştirdiler ve yarmayı gerçekleştirebildiler. Bu da savaşın sonunu getiren müttefik taarruzuna zemin hazırladı.

Almanlar savaştan sonra bu konuyu çalıştılar. Tankı alıp 1918’de öncül-leri oldukları taktiklerle birleştirdiler. Tankın yanı sıra yakın hava desteği- ni de planlarına eklediler. Çünkü artık uçak teknolojisi de gelişmişti. Rad-yonun kullanılması da koordinasyonu epey kolaylaştırdı. Sonuç olarak orta-ya kamuoyunda Blitzkrieg diye bilinen doktrin çıktı. İkinci Dünya Savaşı’n- da da bu sefer Amerikalılar ve İngilizler de taktik hava desteği ve amfibi ha- rekâtı adapte ederek Almanları yeniden yendiler. İtalya ve Normandiya çı- karmaları bunun örneğidir.

Aslında operasyonel seviyede birçok meselenin aşağı yukarı çözümüne dair görüş birliğine varılabileceği söylenebilir. Mesele, yukarıda da bahsedil- diği üzere, bu çözümlerin uygulanması için gerekli teknolojiye erişimin olup olmamasıdır. Örneğin, düşmanın lokal konsantrasyon yapmasını önlemek için yığılma noktasına gelen düşman kuvvetlerini elimine etmek iyi bir fi- kirdir. Bunun için derin vuruş (deep strike) yapabilecek teknolojik kabiliyet- ler eksikse veya yeterli değilse bu fikir havada kalmaktadır. Hassas vuruş ya- pabilecek füze ve mühimmatların (precision guided munitions) veya gizlilik (stealth) teknolojisine sahip uçakların olmadığı bir dünyada düşmanın lojis- tik hatlarını cepheyi yarmadan (breakthrough) vurabilmek çok zordur. Ya da zırlı silahların olmadığı (eksik veya yetersiz olduğu) bir dünyada yarma ha- rekâtı yerini yıpratmaya bırakabilir.

Sonuç olarak bir teknolojinin öncelikle mümkün olması ve bir devletin o teknolojiye erişebiliyor olması (üretebilmesi veya satın alabilmesi) gerek- mektedir. Ardından o devletin erişebildiği teknolojiyi de efektif kullanabilme- si gerekmektedir. Bunların hepsi gerek bütüncül gerek kendi içinde ayrı ayrı incelenebilecek süreçlerdir. Her birine bu kitapta da değinildiği üzere fark- lı literatürler cevap vermektedir. Burada altı çizilen husus doktrinlerin (fikir- lerin) genel olarak teknolojiyi (materyal şartlar) takip ettiğiidir. Askeri dokt- rin kurgulanırken erişilebilir askeri teknolojileri dikkate almak daha az riskli bir yoldur. Sonraki bölümde bu bağlamda erişilebilirlik ve askeri inovasyon meselesi irdelenecektir.

2.7. ERİŞİLEBİLİRLİK VE ASKERİ İNOVASYON

Daha önce de bahsedildiği üzere mevcut inovasyon teorileri teknolojiye eri- şimi bir sabit olarak değerlendirmektedir. Sanki bir teknoloji ortaya çıkınca bütün devletler ona optimal bir şekilde ulaşabilecekmiş gibi düşünülmektedir.

Bu durum literatürde adeta üstü örtük bir varsayım olarak kabul görmektedir. Ancak teknolojiye erişim sabit olarak değerlendirilecek bir mesele değildir. Devletlerin mevcut teknolojilere erişimini bir değişken olarak değerlendirmek için birçok sebepten bahsedilebilir.

Öncelikle bütün devletler aynı kaynaklara sahip değildir. Bazı devletler devasa geniş kaynaklara sahipken bazı devletler çok daha sınırlı kaynaklara sahiptir. Aynı seviyede kaynaklara sahip devletler de farklı alanlarda mukayeseli üstünlüğe sahiptir. Büyük güçler bile bu konularda ayrılmaktadır. Yine kaynaklara sahip olmak da tek başına yeterli değildir. Kimi devletler kaynaklarını efektif bir şekilde askeri güce dönüştürebilirken kimileri de bol kaynaklarını heba edebilmektedir. Büyük güçler dışında sınırlı kaynaklara sahip bazı devletler de bazen çok daha nitelikli bir askeri güç üretebilmektedir. Hatta kimi zaman belli teknolojileri edinmek küçük devletler için daha kolay olmaktadır. Çünkü büyük devletlerin büyük askeri organizasyonları bazı alanlarda hantal kalabilmektedir. Küçük devletler bu konuda daha esnek olabilmektedir.

Teknoloji üretmenin yanı sıra teknolojiyi dışarıdan edinme yolu da erişilebilirliği belirleyen bir faktördür. Genelde büyük devletler önemli askeri teknolojiyi üretebilirken görece küçük devletler ilgili teknolojiyi satın alabilirler. Ancak bazen küçük devletler bir teknolojiyi satın alma veya üretme yoluyla edinmenin maliyetini kaldıramamaktadır. Bütçe burada önemli bir faktör olmakla beraber tek başına her kapıyı açan bir anahtar değildir. Bazen bir teknoloji küçük ve orta güçte olan devletler istese bile satıcı devletler tarafından verilmemektedir. Satılsa bile, alıcı devlete kısıtlı kullanım şartı veya değişik politik şartlar getirilmesi söz konusudur. Bu da alıcı devleti hem teknolojik anlamda hem de politik anlamda satıcıya bağımlı kılmaktadır. Bu durum da uluslararası ilişkilerde devletlerin çok tercih edeceği bir ilişki türü değildir.

Erişilebilirlik söz konusu olduğunda tekil olarak devletlerin kapasitesinin yanı sıra sistemik şartların da elverişliliği de önemli bir husustur. Bazı teknolojiler özellikle tek bir büyük devletin tekelinde kalmaktadır. Ya da büyük güçler bir nevi kartel oluşturarak kimi teknolojilerin yayılmasını engellemeye yönelik uluslararası kontrol rejimleri kurabilirler. Bu da oligopol bir piyasa mantığı ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, nükleer teknolojiler için gerekli materyallerin sistem içinde belli dönemlerde daha kolay yayıldığı söylenebilir. Çift kutuplu sistemlerde güvenlik rekabetinin görece az olduğu dönemlerde büyük güçler nükleer materyallerin dolaşımını engellemek için daha rahat işbirliği yapabilirken rekabetin yükseldiği dönemlerde de işbirliği şansı azdır.

Büyük devletler arası işbirliği az olunca diğer devletlerin söz konusu materyallere legal veya illegal yollardan ulaşması kolaylaşmaktadır.⁴³ Tüm bu faktörler nükleer materyallerin erişilebilirliğini etkilemektedir. Benzer durum birçok hassas teknoloji ve sistem için de geçerlidir.

Yine silah ve askeri teknoloji söz konusuysa serbest piyasa alışverişi mantığı pek de geçerli değildir. Silahlar devletler arasında stratejik bir alışverişin konusudur. Silah satın almak sadece ekonomik bir mesele değil aynı zamanda (hatta öncelikli olarak) politik bir meseledir. İttifak ilişkilerinden düşman tanımına kadar birçok şeyin hem sonucu hem nedeni olabilecek bir şeydir. Tüm bu faktörler ışığında, küçük ve orta ölçekli devletler için parasal maliyetini göze alsalar bile politik olarak götürüsü getirisinden çok olduğu için ilgili teknolojiye erişememektedirler.

Özetle, bazı yapısal şartlar tercih portföyünü belirlemektedir. Teknolojinin doğası, teknolojinin dağılımı gibi şartlarla ilgili devletin teknolojik altyapısı temel belirleyiciler olduğu söylenebilir. Özetle, sebebi ne olursa olsun teknolojiye erişim meselesi varyasyon içeren ve kesinlikle sabit olarak değerlendirilmemesi gereken bir durumdur. Tüm bu açılardan bakıldığında bir devletin silahlanma tercihi tam manasıyla “özgür” bir tercih değildir. Bu noktada erişilebilirlik söz konusu olduğunda devletler için yine de aşağıdaki gibi bir tercih sıralaması yapılabilir:⁴⁴

- I. Silah sistemi ve teknolojisinin öz kaynaklarla üretilmesi
- II. Benzer teknolojilerin taklit edilmesi
- III. Teknoloji transferi (Ortak üretim)
- IV. Silah sistemini ve teknolojileri doğrudan satın almak

Tercih sıralaması böyle olsa da erişim imkânı teknolojiden teknolojiye değişebilir. Yani platformda, sistemlerde ve alt sistem ve bileşenler seviyesinde teknolojilere erişilebilirlik değişiklik gösterebilir. Bu tercihlerden en az birine öngörülebilir bir vadede güvenilir ve istikrarlı olarak imkân tanıyan bir silah teknolojisi erişilebilirdir. Bu noktada burada bahsi geçen tercihlerin kombinasyonları imkân ve fırsatlar dahilinde yapılabilir. Teknolojik değerlendirme yapılırken erişilebilirlik merkezli yapılması askeri inovasyon için daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Yani amaç (yayıma ideali, spesi-

43. Konu hakkında detaylı bir çalışma için bkz. Gheorghe, Eliza. “Proliferation and the Logic of the Nuclear Market.” *International Security* 43, no. 4 (2019): 88-127.

44. Yalçın, Hasan Basri, *Stratejik Silah Kapasitesi*, içinde Erboğa, Abdullah, (ed.). *Türkiye'nin Stratejik Silah Kapasitesi*. SETA Yayınları, 2019, s. 55.

fik tehditleri bertaraf etmek vb.) odaklılıktan ziyade araç odaklı planlamaya önem verilmelidir.

Silah sistemlerinin öz kaynaklarla üretiminden doğrudan satın alınmasına kadar olan bu skala göz önünde bulundurulduğunda savunma sanayinin de önemi ortaya çıkmaktadır. Bir devletin mükemmel olmasa da belli bir standardın üstünde savunma sanayii kapasitesi olmalıdır. Savunma sanayiinde mutlak otonomi tüm devletlerin isteyebileceği ama büyük güçlerin bile ulaşamadıkları bir hedeftir. Bu anlamda önemli olan kritik bazı bileşen ve sistemlerde dışa bağımlılığın azaltılmasıdır. Yani stratejik olarak belirlenen alanlarda görece özerklik sağlamak bir devlet için daha gerçekçi bir hedeftir. Stratejik hedefler de burada bahsedilen teknolojiye erişim ilkesi çerçevesinde belirlenmelidir.

Sonuç olarak planlama yapılırken dikkat edilmesi gereken husus bir silah sisteminin ne derece ileri ve efektif olduğu değil erişilebilir olmasıdır. Buradan teknolojinin niteliğinin önemsiz olduğu sonucu çıkarılmamalıdır. Ancak erişilemediği sürece ne kadar ileri olursa olsun teknolojiden yararlanılamayacaktır. Kısa ve orta vadede erişilebilen teknolojilere odaklanmak zaten uzun vadede bir teknolojik yetkinlik ve altyapı getirecektir. Burada vurgulanan husus merdivenin son basamağına ilk adımda çıkılmaya çalışılmamasıdır.

2.8. MODERN MUHAREBE SAHASININ DÖNÜŞÜMÜ

Bu bölümde muharebe sahasını dönüştüren başat askeri teknolojinin nitelikleri incelenmektedir. Spesifik olarak ise son dönemdeki teknolojik dönüşümün özelliklerinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Muharebe sahasını dönüştüren teknolojilerden taktik ve operasyonel seviyede büyük değişime neden olan gelişmeler kastedilmektedir. Bu tarz bir değişim üç gösterge üzerinden gözlemlenebilir: silah sistemleri, hareket (movement), konuşlanma/dizilim (deployment). Yani kullanılan silah sistemleriyle beraber birliklerin sahadaki dağılımını yani hareket ve dizilimlerini değiştiren teknolojiler dönüştürücü teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Çünkü bu üç gösterge doğrudan doğruya kuvvet kullanımıyla (force employment) ilgilidir. Yani orduların muharebe sahasına kuvvet yansıtma biçimini ifade etmektedir.

Son dönemdeki teknolojik gelişimler muharebe sahasına ilişkin birçok soruyu gündeme getirmektedir. “Tankların devri geçti mi?” “İHA’lar oyun değiştirici mi?” “Teknoloji her şeye kadir mi?” gibi sorular savunma sanayii mühendislerinden siyasetçilere, askerlerden akademisyenlere kadar birçok kesi-

min zihnini kurcalamaktadır. Literatür ise çoğunlukla paradigmatik vakalar ve korkuluk mantık hatası (straw man) üzerinden karikatürize edilmiş argümanlara boğulmuş durumdadır.

Bu soruların platform merkezli sorulması cevapların da platform merkezli verilmesini gerektirmemektedir. Muharebe sahasında bir dönüşüm varsa bunu tekil silah sistemleri üzerinden açıklamaya çalışmak dönüşümün boyutunu anlamayı zorlaştırır. Bu çalışma, temel olarak, son dönemdeki askeri değişimlerin devrim değil belli askeri teknolojilerin dönüşümü olduğu iddiasından hareketle radikal ilerlemenin ateş gücünden ziyade enformasyon teknolojilerinde olduğunu öne sürmektedir. Buna göre genel olarak enformasyon teknolojilerindeki ilerleme de ordulara başta mobilite, hız, hedef tespit ve takibi ve hassas vuruş gibi imkanlar vermektedir. Bu bağlamda günümüzün başat askeri teknolojisinin nitelikleri “Ara-Bul-İsabet ettir-Etkisiz hale getir” zinciri üzerinden tarif edilebilir. Diğer bir ifadeyle günümüzdeki askeri teknoloji bu zinciri (kill chain) mümkün kılmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımında ustalaşan devletlerin de askeri zafere daha yakın olduğu söylenebilir.

Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere modern dönem diye tabir edilen ve yaklaşık olarak son 150 yıldaki savaşların en ayırıcı özelliği radikal ateş gücüdür. Böylesi bir ateş gücü de silahların öldürücülüğünü (letalite) teknik olarak muazzam derecede artırmıştır. Ateş gücünün şiddeti ve yoğunluğunun artması endüstriyelleşmeyle beraber gelen bir durumdur. Bu nedenle öncelikle ateş gücünden kaçabilen ordular sahada istedikleri askeri operasyonları yapabilmişlerdir. Bu noktada yukarıda belirtildiği gibi modern sistemin gerektirdiği başta dağılma (dispersion), korunma (cover) ve gizlenme (concealment) gibi taktik çözümlerle zayıf (casualty) en aza indirilebilmektedir.

Ancak günümüz teknolojilerinin enformasyon lehine getirdiği kümülatif avantajlardan dolayı artık düşman unsurları saklansa da gizlense de daha efektif olarak bulunabilmektedir. Bu durum da korunma, gizlenme ve dağılma gibi taktikleri daha az etkili kılmaktadır. Diğer bir ifadeyle günümüzün askeri teknolojileri gizlenerek ve dağılık olarak hareket eden unsurları daha etkili bir şekilde arayıp, bulup, imha edebilmektedir. Özellikle “modern sistemi” uygulamayan düşmanlar söz konusuysa yüksek ateş gücü yaratacak (high explosive) mühimmatlara bile çok da ihtiyaç kalmadığı söylenebilir. Bir ordunun, düşman unsurlarının yerini ve yönünü bilip kendi konumunun düşman tarafından bilinmemesi muharebe sahasında o orduya büyük bir enformasyon üstünlüğü getirmektedir. Çünkü düşmanın yerini bilmek muharebe sahasında lokal konsantrasyon yapmak açısından da büyük bir avantajdır. Bu

da taktik avantajın yanı sıra operasyonel bir avantaj da getirmektedir. Dahası bu durumsal farkındalığın getirdiği avantaj enformasyon teknolojileriyle beraber bir ordunun farklı birimleri arasında da eşzamanlı olarak paylaşılabilir (shared awareness). Bu da muharebe gücünü pekiştiren bir unsurdur.

Enformasyon teknolojilerindeki gelişim ve bunun muharebe sahasına etkisi özellikle 1990'lı yıllarda "Askeri İşlerde Devrim" literatürü altında işlendi. Bu kavram ise birçok açıdan ele alınıp eleştirildi. O dönemki teknolojiyle ne kadar uyumlu olduğu hep tartışıldı. Ancak o günden bugüne teknolojinin geliştiği de yadsınmaz. Burada önemli olan hangi tür teknolojilerin daha önemli ölçüde gelişip muharebe sahasındaki dönüşüme zemin hazırladığını ortaya koymaktır.

1990'lı yıllardan bugüne büyük değişim veya kimilerinin ifadesiyle "devrim" ateş gücünde olmamıştır. Ateş gücü endüstriyelleşme çağının ürünüydü. Bilgi çağı teknolojilerinin askerileşmesi de kendine has yeni bir askeri durum getirmektedir. Yakın ve orta vadede ateş gücünde radikal değişiklik yaratacak silahlardan ziyade, bilgi teknolojilerinde büyük değişimler getiren teknolojiler muharebe sahası için oyun değiştirici niteliktedir. Endüstriyelleşme ateş gücünü artırmışsa bilgi çağı da kör olan ateş gücünün gözlerini açmıştır.

Burada ateş gücü ve onun bir fonksiyonu olan öldürücülükte hiçbir ilerleme olmadığı iddia edilmemektedir. Tedrici ve kümülatif bir ilerleme tabii ki olmuştur. Bugünkü silahların dünkü silahlardan daha iyi olmadığı iddia edilemez. Yarının sistemleri de bugünkülerden daha iyi olacaktır. Ancak dönüştürücü etki anlamında öldürücülük, enformasyon teknolojisiyle kıyaslandığında çağımızda daha stabil kalmaktadır.

Yukarıda da belirtildiği üzere silahlar muharebe sahasında birçok işi yapabilir. Dolayısıyla birçok şekilde ayrışabilir. Kimi birliklere hız katar kimi manevrada mobilite sağlar. Bazı silahlar dayanıklılık bazıları ateş gücüyle fark yaratır. Ama hepsi tek bir amaçta birleşir: öldürmek.⁴⁵ Yani öldürücülük özelliği her zaman önemli olmuştur. Ancak bulamadığınız düşmanı öldüremezsiniz.

Öldürücülük konusunda teknik letalite ve operasyonel letalite ayırımına bakmakta yarar vardır.⁴⁶ Teknik letalite bir silahın birim zamanda öldürebileceği asker sayısını ifade eder. Diğer taraftan operasyonel letalite ise bu düş-

45. Burada kastedilen letalite kavramıdır. Sadece öldürücülük değil yaralamak, zarar vermek ve yok etmek anlamında da kullanılabilir.

46. Dupuy bunu "theoretical lethality" olarak tarif etmektedir ama teknik letalite diye Türkçeleştirme daha uygun olacaktır.

manın muharebe sahasında dağılımından hareketle ateş gücüne maruz kalıp kalmamasını da hesaba katarak bir öldürücülük oranı çıkarır. Eğer teknolojinin marjinal etkisi ölçülecekse teknik letaliteye bakmak daha uygun olacaktır. Çünkü silaha karşı birliklerin dağınık dizilimi (dispersion) taktik ve operasyonel bir meseledir.

Silahların öldürücülüğü artsa da ilginç bir şekilde modern muharebe sahasında zayıf (casualty) oransal olarak ateş gücünün aksine azalmaktadır. Çünkü muharebe sahasında birlikler artık daha dağınık halde hareket etmektedirler. Antik dönemde örneğin 10 metre kareye bir asker düşüyorken modern dönemde bazı hesaplamalara göre 40 bin metrekareye bir asker düşmektedir. Yine antik dünyada savaş 150 metre derinlikte geçerken 20. yüzyılın ikinci yarısı itibariyle ortalama 70 km derinlikte cereyan edecek seviyeye gelmiştir.⁴⁷ Yani muharebe sahasında dağınık konuşlanma çok yaygın bir hale gelmiştir. Sonuç olarak ateş gücüne maruz kalmak ateş gücünün aksine azalmıştır. Dahası erken modern dönemden bugüne ateş gücü sistemde yeterince yayılmıştır. Yani bir ayrıcalık olmaktan çıkmıştır. Artık her devlet birbirine zarar verecek bir kapasiteye sahiptir.

Ateş gücü üretme bağlamında öldürücülük bir silahın olmazsa olmazı bir özellik olsa da askeri tarihteki tüm ilerlemeler doğrudan doğruya silahların öldürücülüğüyle ilişkili olmamıştır. Yukarıda da değinilen menzil, mobilite, dayanıklılık, beka vb. özelliklere katkı vererek değişik taktik ve operasyonel anlayışlara zemin hazırlayan teknolojilerden de bahsetmek mümkündür. Bu tarz teknolojiler yardımcı teknolojiler olarak da tarif edilebilir.⁴⁸ Bunlar silahların doğrudan doğruya teknik öldürücülüğünü değil operasyonel öldürücülüğünü artıran teknolojik gelişmelerdir. Örneğin, silahların otomatikleşmesini sağlayan teknoloji teknik öldürücülüğü artırarak ateş gücünü direkt etkilemiştir. Diğer taraftan, örneğin üzengi tek başına bir askeri teknoloji değildir. Ama süvari taktiklerini dönüştüren bir etki yaratmıştır. Hafif süvariler atın üstünde daha istikrarlı kalarak daha güvenilir atışlar yapabilmektedir. Bu askeri gelişimin politik çıktısı tarım imparatorluklarının steplerden gelen göçebe kavimler karşısında zayıflaması olmuştur. Yani o dönemin ateş gücü sayılabilecek kılıçların keskinleşmesi değil üzengi dönüşüm yaratmıştır.

Örneğin buhar motoru, gemileri ve deniz savaşını dönüştürdü. İçten yanmalı motor sayesinde ise tank geliştirilebildi. Telefon ve radyo teknolojileri

47. Dupuy, *The Evolution of Weapons and Warfare*. s. 309.

48. *A.g.e.*

de muharebe sahasında koordinasyon meselesine önemli bir katkı sundu. Burada örnekleri verilen bu teknolojiler direkt olarak ateş gücünü artıran teknolojiler olmasa da değişik taktik ve operasyonel sonuçlar getirmiştir. Günümüzde de ateş gücünde radikal değişimden ziyade yardımcı teknolojiler sayılabilecek enformasyon teknolojilerinde önemli sıçramalar yaşanmaktadır.

Enformasyon teknolojileri muharebe sahası için yeni bir şey değildir. Örneğin, zamanında telefon ve telgraf teknolojisi muharebe sahasında birliklerin koordinasyonunun daha hızlanmasını sağladı. Yine bu bir ateş gücü dönüşümü değildi. Ama bu şekliyle de koordinasyon meselesine bir katkı sundu. Günümüzdeki enformasyon teknolojisi koordinasyonun da ötesinde hedef tespit ve takibinden hassas vuruşa kadar muharebe gücüne katkı sunmakta ve sahayı şekillendirmektedir.

2.9. ENFORMASYON TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞİ VE “ASKERİ İŞLERDE DEVRİM” TARTIŞMASI

Enformasyon teknolojilerinin modern harp sahasına etkisi bağlamında askeri işlerde devrim meselesi Soğuk Savaş sonrası dönemin önemli tartışmalardan biri olmuştur. Kavram söz konusu olduğunda çoğu kişinin aklına 1991’deki Körfez Savaşı’ndaki Amerikan ordusunun teknolojik üstünlüğe dayalı başarısı gelir. Saddam karşıtı uluslararası koalisyonun lideri olan Amerikan ordusunun kısa bir süre içinde enformasyon ve hassas güdümlü teknolojilerden yararlanarak zafer elde etmesi birçok askeri gözlemci tarafından bir devrim olarak nitelendi.

Her ne kadar Batılıların ilgisini bu savaş sırasında çekmiş olsa da söz konusu askeri gelişmelerin altyapısı tarihsel olarak Vietnam Savaşı sonrasında Amerikan ordusunun isabetlilik (accuracy) arayışına götürülebilir. Vietnam sonrası dönemde ABD’nin ateş gücü üstünlüğünün bir türlü askeri zaferi getirmemesi meselesi hem akademik hem askeri-teknik olarak çalışılmaya başlandı. Bu noktada Amerikan askeri-sınai kompleksi hedef tespit ve angajman meselesine odaklandı. Ateş gücü ne kadar yüksek olursa olsun eğer hedef bulunamıyorsa veya bulunsa da isabet ettirilemiyorsa etkin bir askeri güçten bahsedilemezdi. Vietnam Savaşı sırasındaki operasyonlar bunun örnekleriyle doluydu.

ABD, savaş sırasında Vietnam’a 8 milyon ton bomba atmıştır. Diğer taraftan ABD, teknolojik olarak görece zayıf olan Kuzey Vietnamlıların ateşi

sonucu ise yaklaşık 6 bin uçak ve helikopter kaybetmiştir.⁴⁹ Bu ABD'ye verilen toplam asker ve ekipman zayıtının sadece bir boyutudur. Görüleceği üzere muazzam bir ateş gücü üretilse de sahada hedefini bulamadığı sürece kör kalmaktadır. Yine teknolojik olarak zayıf bir düşman kısıtlı ateş gücünü uygun taktik ve operasyonel kabiliyetlerle birleştirebildiğinde beklenenden daha büyük zararlar verdirebilmektedir.

Vietnam'dan çıkarılan dersler ışığında Soğuk Savaş'ın sonuna kadar olan dönemde Amerikan ordusu büyük bir dönüşüm geçirmiş oldu. Amerikalıların bunu çok merkezi ve bilinçli bir program çerçevesinde yaptıkları da söylene- mezdi. Ama sonuç itibarıyla yer yer birbirinden bağımsız yer yer de iç içe gelişen sivil ve askeri teknolojilerin kümülatif bir etkileşimi olarak enformasyon, hassasiyet, güdüm vb. teknolojilere dayalı bir dönüşüm meyvesini vermişti. Hayalet hava araçlarının, termal sensörlerin, Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) navigasyonunun, lazer güdümlü bombaların, uydu iletişimlerinin, gece görüş ekipmanlarının ve JSTARS aracılığıyla savaş alanını radarla gözetlemenin, yer izleme ve hedefleme uçağının gelişi bu yeni çağın başlangıcını işaret etmekteydi.⁵⁰ Aslında bu durumun farkına ilk olarak yine Sovyet uzmanlar varmıştı. Enformasyona dayalı bu yeni askeri yaklaşımı “keşif saldırı kompleksi” (reconnaissance strike complex) diye ifade ettiler.⁵¹ Ancak dönemin Sovyet askeri-sınai kompleksi ABD'deki bu gelişmelere cevap verebilecek nitelikte değildi.

Söz konusu dönüşüme zemin hazırlayan teknolojilerin o dönem için yeni ortaya çıktığı söylenemez. Aslında olan şey mevcut teknolojilerin geliştirilip iyileştirilmesiydi. Örneğin, radar teknolojisi İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen önce de kullanılıyordu. Ancak radarların küçülmesi, daha alçak irtifalarda hareket eden nesnelere tespit edebilmesi, menzile tayin edebilmesi, hedeflerin daha iyi ayrıştırılabilmesini sağlaması uzun yıllar almıştır. Sonuç olarak zaten değerli bir teknoloji olan radar daha efektif hale gelmiştir. Yani çoğu sistemin, kökenleri İkinci Dünya Savaşı yıllarına kadar gitse de dönüşüm etkisi sağlayan şey bu teknolojilerin olgunlaşması ve entegre sistemler halinde ordu tarafından kullanılabilmesidir.

Farklı teknoloji kalemlerindeki bu tarz kümülatif iyileşme ve ilerlemeler muharebe sahasında enformasyona (sahayı daha iyi görme ve platform ve bir-

49. Kagan, *Finding the target*, s. 25.

50. Sapolsky, Harvey, Benjamin Friedman, and Brendan Green, eds. *US military Innovation since the cold War: Creation without Destruction*. Routledge, 2009.

51. Kagan, *Finding the Target*.

likler arası güvenilir iletişim) ulaşmayı ve aksiyon almayı daha verimli kıldı. Diğer bir ifadeyle teknolojiye denge ateş gücünden ziyade enformasyon teknolojilerine kaydı. Soğuk Savaş'ın bu teknolojik birikimi günümüzde bilgisayar-enformasyon devrimiyle birleşince bu yeteneklere sahip askeri kurumlar için büyük bir seçenekler havuzu sağladı.⁵² Bu noktada söz konusu teknolojilere sahip olup iyi bir doktrin ve organizasyon yapısıyla birleştirenlerin muharebelerde daha avantajlı olacaklarını söylemek yanlış olmayacaktır.

Ancak burada altı çizilmesi gereken husus bu yeni dönüşümün ilk etapta daha çok Amerikan merkezli olmasıdır. Askeri işlerde devrim olarak ifade edilmesine rağmen bu gelişmeler belli başlı dünya ordularını değil daha çok Amerikan ordusunu merkeze almıştır. Diğer taraftan birçok Batılı ordu ve Batı dışı önemli askeri güçler bu gelişmeleri yakalamaya çalışmıştır. Ancak Soğuk Savaş sonlarındaki Sovyet savunma sanayisinin bile başaramadığını başarmak için büyük kaynak, tecrübe birikimi ve zamana ihtiyaç olduğu açıktır. Bu nedenle 1990'lı yıllardaki bu devrim tartışmaları söz konusu olduğunda meselelerin Amerikan odaklı olması akıldan çıkarılmamalıdır. Yani bütün devletlerin Körfez Savaşı'ndan sonra kolayca söz konusu dönüşümü tamamlamış olduğu gibi bir sonuç çıkarılmamalıdır. Söz konusu teknolojilerin sistem içinde yayılması (difüzyon) zaman almıştır.

Daha çok erken bir dönemde o sıralarda etkisi daha çok Amerikan ordusuyla sınırlı olan gelişmelerin gereğinden fazla ön plana çıkarılması birçok eleştiriye zemin hazırlamıştır. Bu dönüşümü “devrim” olarak nitelemek de bu durumu beslemiştir. Eleştirilerin odağında yine Amerikan ordusunun yaptığı askeri operasyonlarda hassas güdüm ve enformasyon teknolojilerinin ne kadar rolünün olduğu yatmaktadır. Örneğin, bazı çalışmalar hassas güdümlü vuruların sanıldığından daha az olduğunu ortaya çıkarmıştır.⁵³ Yine ABD ordusunun 2001 Afganistan ve 2003 Irak işgallerinde bu devrim argümanlarının beklentilerinin aksine kara unsurlarının ağırlıklı olarak askeri başarılarına katkı verdiği bulguları da vardır.⁵⁴

Bu eleştirilerin o dönem için haklılık payı vardır. Ancak o dönemden günümüze teknolojinin hem kendi gelişimi hem de askerileşmesi göz ardı edil-

52. Sapolsky, Harvey, Benjamin Friedman, and Brendan Green, eds. *US military Innovation since the cold War*.

53. Cohen, Eliot A. “Gulf War Air Power Survey.” *Volume II, Operations and effectiveness, Part II, Department of the Air Force, Washington, DC* (1993): 39-43.

54. Bkz. Biddle, Stephen. “Speed kills? Reassessing the role of speed, precision, and situational awareness in the Fall of Saddam.” *Journal of Strategic Studies* 30, no. 1 (2007): 3-46.

memelidir. Askeri işlerde devrim, aslında teknoloji tek başına muharebe sahasındaki tüm problemleri çözer demek değildir. Bu yanıltıcı bir kavramı yine yanıltıcı bir şekilde özetlemek olur. Burada her ne kadar literatürde yaygın adıyla kullanılageldiği üzere askeri işlerde devrim ifadesi kullanılsa da söz konusu durum bu çalışmada bahsedilen anlamıyla bir devrim değildir. Bu çalışmanın da vurguladığı üzere teknolojinin kendi içindeki bir dönüşüm hikayesidir. Diğer bir ifadeyle, söz konusu olan bir devrim değil enformasyon teknolojileri lehine dönüşümün askeri sonuçlarıdır.

Enformasyonun elde edilmesi, işlenmesi ve karar alınıp harekete geçilmesinde teknolojinin oynadığı rolü artık daha çoktur. Teknoloji, bu kitapta sıklıkla belirtildiği üzere, muharebe sahasında her zaman merkezdedir. Ancak teknolojinin elde edilmesi ve etkili kullanımının nasıl olacağı da önemli bir husustur. Yani enformasyonun muharebe gücüne nasıl dönüştürüleceği konusu günümüz muharebe sahasındaki dönüşümü anlamak için ön plana çıkmaktadır.

2.10. ENFORMASYON ÜSTÜNLÜĞÜ VE TEKNOLOJİNİN DAĞILIMI

Günümüz başat teknolojisinin niteliğinin yanı sıra bu teknolojinin sistemik seviyede dağılımı önemlidir. Örneğin, on yıllar öncesinden gelişip sonuçları daha açık olarak 1990'lı yıllarda görülen enformasyon teknolojilerine kaç ülkenin ulaşabildiği sorusuna yukarıda değinilmişti. Bu tip askeri teknolojilerin çoğunluğuna o dönemde ABD sahipti. Diğer devletler söz konusu teknolojilere az ya da çok sahipken genel olarak geriden geliyorlardı. Dolayısıyla bu teknolojilerin gerektirdiği askeri operasyonları yapabilecek kapasitedeki devlet ABD olmuştur. Yani teknoloji konsantre (tek bir ana merkeze yoğunlaşmış şekilde) dağılmıştır.

Teknoloji ister istemez diğer devletlere de yayılma eğilimi (difüzyon) gösterecekti. Çünkü oldukça etkinlik gösterip fark yaratan bir teknolojiye belli başlı devletler bir şekilde ulaşmak isteyecektir. Başarılı örneklerin taklit edilmesi devletler sisteminde de görülen bir davranıştır. Ancak teknolojinin yayılma dinamikleri farklılık gösterebilir. Yani bazı teknolojiler çabuk yayılırken bazılarının diğer devletler tarafından benimsenip sindirilmesi yılları bulabilir. Yine bazı teknolojiler teknik anlamda oldukça kompleks olduğundan devletlerin bu teknolojileri özümseyecek altyapısı bulunmayabilir. Sonuç olarak sistemik seviyede teknolojinin niteliğiyle, birim düzeyinde bir devletin o

teknolojilere erişilebilme kapasitesi söz konusu teknolojinin yayılma hızını ve derecesini belirlemektedir.

Bu çalışmada sıkça ifade edildiği üzere modern savaşın en büyük özelliği radikal ateş gücüydü. Yüksek ateş gücünü üretebilen devletler oldukça avantajlıydı. İlk etapta böylesi bir ateş gücünü endüstriyel devletler üretebiliyordu. Yani ateş gücü operasyonel seviyede bir değişken olarak ön plana çıkmıştır. Ancak zaman içinde modern ateş gücünü üretebilecek seviyeye birçok devlet erişti. Sonuç olarak ateş gücü sadece belli başlı devletlerin sahip olduğu bir ayrıcalık olmaktan çıkıp devletler sistemi çapında bir yayılma göstermiş oldu. Dolayısıyla ateş gücünün kendisi çok büyük fark yaratan bir değişken olmaktan ziyade neredeyse bir sabit (constant) olma etkisi göstermiştir.

Bu çalışmanın aşağıdaki safhalarında da inceleneceği üzere mevcut ve yakın gelecekte de gelişmesi beklenen teknolojiler hedef bulma ve hassas vuruş kabiliyetlerine katkı veren teknolojilerdir. Birçok devlet için bu teknolojilere ulaşabilmek bir mesele olarak ortaya çıkmaktadır. Savaş alanı ve orduların kendisi artık çeşitli ağlarla birbirine bağlanmış bir sistem olarak görüldüğü ve ateş gücünden kaçmak için dağınıklık genel eğilim olduğu için hassas vuruşun önemi daha çok ön plana çıkmaktadır. Korunan ve gizlenen hedeflerin vurulabilmesi için doğal olarak önce bulunması yani tespit, teşhis ve takibi en önemli taktik meselelerin başında gelmektedir. Hassas vuruşu gerçekleştirmek için keşif, gözetleme ve istihbarat görevlerinin çok iyi icra edilmesi gerekmektedir. Tüm bu angajmanların “sensörden namluya” (sensor to shooter) olacak şekilde güvenilir bir biçimde gerçekleştirilebilmesi için enformasyon akışının da sağlıklı olması gerekmektedir.

Bu noktada muharebe sahasında enformasyonun dağılımı (distribution of information) önem arz etmektedir. Diğer bir ifadeyle muharebe sahasında kimin neyi ne kadar bildiği her zamankinden daha çok fark yaratan bir meseledir. Bu anlamda enformasyon üstünlüğü (information dominance) kavramı ön plana çıkmaktadır. Muharebede inisiyatifi elde tutmak ve hava üstünlüğünü ele geçirmek ne kadar önemliyse enformasyon üstünlüğü de benzer bir konumu işgal etmektedir. Bu nedenle günümüzde enformasyon üstünlüğünü verecek teknolojiler daha da önem kazanmaktadır. Bu da söz konusu teknolojilerin devletler (özel olarak ordular) arasında nasıl dağıldığı sorusunu gündeme getirmektedir. Yine enformasyona sahip olmak tek başına avantaj da değildir. Söz konusu enformasyonu muharebe gücüne (combat power) çevirebilecek doktrinsel, organizasyonel ve personel yeteneklerinin olması şarttır. Bu yetenekleri geliştirmek teknolojiyi edinmek kadar elzemdir.

Enformasyonu taktik ve operasyonel seviye olmak üzere iki boyutta ele almak doğru olacaktır. Bu anlamda keşif enformasyonu (surveillance information) operasyonel seviyede muharebe sahasında düşmanın durumunun genel bilgisini ifade eder. Diğer bir ifadeyle düşmanın varsa sıklet merkezinin neresi olduğu, potansiyel yığılma noktaları ve sahadaki genel pozisyon ve yönelimine dair bilgi bu kapsamdadır. Taktik seviyede ise hedef verisi (targeting data) düşmanın daha çok tekil olarak silah sistemlerinin gerçek zamanlı konumunu ifade eder. Örneğin, muharebe alanında bir tankın yeri bu kapsamda bir bilgidir.

İki tip bilgi de kâğıt üzerinde kıymetlidir. Her ordu her zaman ikisine de sahip olmak isteyecektir. Ancak bir noktada tercih yapılması gerekmektedir. Askeri başarı daha çok hedefi mi yok etmektir? Yoksa önemli birtakım hedefleri mi yok etmektir? Örneğin, sahada düşmanın tanklarının veya uçaklarının çoğunluğunu etkisiz hale getirmek düşmanın pozisyonunda ve hareket tarzında bir değişime neden olmuyorsa hedef verisi elde etmek arzu edilen avantajı sağlamamış demektir. Hedeflerin bulunup imha edilmesi önemli olmakla beraber bunun bir tür “hedef fetişizmi” haline gelmemesi gerekmektedir. Böylesi bir durum askeri organizasyonların tıpkı saldırı yanlısı (offensive bias) eğilimler göstermesi gibi organizasyonel körlük ve takıntılara neden olabilir. Bu tarz kurumsal önyargı ve eğilimler zaman zaman hayati hatalara yol açabilir.

Yine hedef bilgisi edinmek modern zamanlardaki muharebelerin en müşkil taktik meselelerinin başında gelmiştir. Modern sistem yaklaşımına göre yeryüzü şartlarının avantajıyla korunma ve gizlenme taktikleri hedef tespitini zorlaştırmaktadır. Dağlık ve engebeli araziler korunma, yeşil araziler ise gizlenme için 2000’li yılların ortalarına kadar bile oldukça işlevsel görülüyordu. Ancak günümüzdeki gelişmiş kamera ve merceklerinden gerçek zamanlı veri sağlayan uydu sistemlerine kadar yayılan ileri enformasyon teknolojileriyle bu avantajlar artık kaybolmaya başlamıştır.

Günümüzdeki keşif, gözetleme ve istihbarat sistemleriyle hem hedef verisi hem de alan taraması aynı anda yapılabilir. Yani söz konusu teknolojilere sahip askeri organizasyonlar muharebe sahasında spesifik bir hedefin tespit ve takibiyle geniş bir alanın tarama bilgisine aynı anda sahip olabilmektedir. Söz konusu sistemler tek bir pod üstünde çoklu görev (multi mission) icra edebilmektedir. Örneğin, AESA ve ÇAFRAD radarları hem hedef tespiti hem de alan taraması yapabilmektedir.

Hedef tespiti daha da kolay hale gelmesine rağmen önemli olan hangi hedeflerin ne kadar vurulacağıdır. Bu noktada sonuç alıcı bir başarı için düş-

manın pozisyonu ve dağılımına dair operasyonel bilginin elde edilip işlenmesi önemli hale gelmektedir. Zaten modern askeri düşüncede operasyon kavramının ortaya çıkışı da muharebe sahasına dair bilgi eksikliğinden kaynaklanmıştır. Buna göre meydan savaşlarından alansal olarak geniş cephe savaşlarına geçilen dönemde sahaya dair genel bilgi problemi “operasyonel sanat” ile kapatılmaya çalışılmıştır. O dönemlerdeki teknolojik imkanların kısıtlılığından dolayı düşmana dair sahadaki bilgiye tam anlamıyla ve sağlıklı ulaşamadığı için “önemli” olduğu düşünülen pozisyonların bulunup oraya hamle yapılması düşünüle gelmiştir. Sonuç olarak operasyonel seviye altında kurmay heyetinin sahada bilinmeyene dair yaptığı teorik bir açıklamadır. Günümüz muharebe alanında iletişim teknolojileri ne kadar ileri giderse gitsin mükemmel bilgi (perfect information) ortamında hareket edilmediği sürece operasyonel seviyenin “ölümü” gibi yorumlar abartılı betimlemelerden öteye gitmemektedir.

Günümüz muharebe sahasında önemli olan teknolojinin getirdiği bilgi avantajlarını uygun operasyonlarla birleştirebilme yeteneğidir. Yoksa yanlış ellerde en iyi teknoloji bile faydadan çok zarar getirebilir. Benzer enformasyon teknolojilerine sahip ve ateş gücü açısından aralarında çok büyük fark bulunmayan orduların karşılaşmasında teknolojinin niteliği ancak marjlarda bir fark yaratacaktır. Yukarıda da belirtildiği üzere teknolojinin kendisi değil onun kullanabilme yeteneği (skill) belirleyici role sahip olacaktır. Yine sadece teknolojiye donanım anlamında sahip olmanın yanı sıra söz konusu teknolojiden elde edilen bilgilerin kıymetlendirilmesi için gerekli kurum ve personel kalitesinin geliştirilmesi önemlidir. Çünkü kısa bir süre içinde çok fazla bilgiye maruz kalmak beraberinde bazı sorunlar da getirecektir. Özellikle görevli personelin bu bilgileri işlerken bazı insani hatalar yapması da olasıdır. Genelde mesleki önyargılar, zihinsel çarpıtmalar, yanlılıklar ve tecrübeden gelen farklı bilgi birikimi gibi etmenler bu hatalara neden olabilir. Birreylerden kaynaklanacak hatalar kurumsal süreçler içinde en aza indirilmedir. Tüm bunların hepsi barış zamanında önemli hazırlık, eğitim ve kurumsal beceri gerektirmektedir.

Sıklıkla ifade edilen “bilgi güçtür” tabiri aslında yanlış değerlendirilmeye müsaittir. Bilgi belki daha az hata yapılmasını sağlayabilir. Ancak muhakkak doğru şeylerin yapılacağını da garanti etmez. Bu noktada bilgiyi yeteneğe dönüştürmek daha doğru bir yaklaşım tarzı olacaktır. Bilginin yeteneğe, bu yeteneklerin de muharebe gücüne katkı verecek şekilde işlenmesi orduların kurumsal seviyede ele almaları gereken bir husustur. Sonuç olarak muha-

rebe sahasında teknolojinin rolü çok önemlidir demek insan faktörü tamamen ortadan kalktı demek değildir.⁵⁵

Özetle, bireysel yeteneklerle bağlantılı olarak enformasyonu güce çevirme konusunda kurumsal yetenekler de önemlidir. Zaten insan-kurum-teknoloji etkileşimi sonucu kaynaklar yeteneğe dönüşür. Bu noktada kurumsal beceri anlamda ise müşterek harekât yürütebilmek modern ordular için ayırt edici yeteneklerin başında gelmektedir. Temel haliyle müşterek harekât, muharip sınıfların (combat arms) ortak icra ettikleri bir harekât tipidir. Bunun için de kara, hava ve deniz kuvvetleri arasında etkin koordinasyon gerekmektedir. Daha detaylı ele alınacak olursa bilhassa kara-hava ile deniz-hava kuvvetleri arasındaki eşgüdüm meselesi modern müşterek harekâtlar için ön plana çıkmaktadır.

Muharebe sahasının hassas vuruş ve enformasyon merkezli dönüşümü hava gücünün rolünü Soğuk Savaş sonrası dönemde daha da ön plana çıkartmıştır. Operasyonel seviyede etkin bir hava gücü, hava üstünlüğü ve hava engelleme görevlerinin icrası için olmazsa olmazdır. Hava üstünlüğü konusu özellikle Vietnam Savaşı sonrasında ABD askeri çevrelerinin önemli gündem maddelerinden biri oldu. Çünkü İkinci Dünya Savaşı'ndan kalma stratejik bombardıman mantığına göre hazırlanan bombardıman uçakları taktik seviyede yakın hava desteği sunmakta zorlanmıştı. Tüm bunlar hava kuvvetlerinin rolünün yeniden değerlendirilmesine zemin hazırlamıştı. Bu da hava kuvvetlerinin hem kendi başına bir kuvvet olarak muharebe sahasında otonomisi hem de diğer kuvvetlerle olan ilişkisinin dönüşmesi anlamına gelmiştir.

Yapılan çalışmalarda hava araçlarının yer aldığı modern savaşlarda hava üstünlüğü sağlanmadan askeri zaferin elde edilemediği sonuçları ortaya çıkmıştır.⁵⁶ Hava üstünlüğü operasyonel anlamda gerekli bir şart olmakla beraber yeterli bir şart değildir. Hava kuvvetlerinin otonom gücünün yanı sıra kara unsurlarına destek vermesi günümüzde hâlâ en önemli fonksiyonlardandır. Yani hava üstünlüğünün önemi, kara unsurlarının rolünü azaltmamıştır. Enformasyon teknolojilerinin ve hassas vuruş kabiliyetlerinin kara kuvvetlerini sahada sadece keşif birliği (scout) konumuna düşüreceği gibi analizler yersizdir. Günümüzde de askeri zafere giden yolda alan (toprak/territory) elde etmek ve bunu belli bir zaman elde tutmak hâlâ en önemli askeri etkinlik kıs-

55. Horowitz, Michael C. *The Diffusion of Military Power*. Princeton University Press, 2010. s. 13.

56. Saunders, Richard, and Mark Souva. "Air superiority and battlefield victory." *Research & Politics* 7, no. 4 (2020).

taslarındandır. Tek başına hava gücünün savaş kazanmasını beklemek yakın ve orta vadede gerçekçi bir beklenti değildir.

Buraya kadar sürekli vurgulandığı üzere, enformasyon lehine fark yaratan teknolojiler birçok taktik ve operasyonel değişim getirerek muharebe sahasını dönüştürmektedir. 1990'lı yıllardan 2000'li yılların başına kadarki tartışmaları göz önüne alarak Biddle, o dönemki teknolojik gelişmelerin önemli olmakla beraber modern sistemi çok da etkilemediğini iddia etmiştir.⁵⁷ O dönemden günümüze istihbarat, gözetim, hedef tespiti ve keşif teknolojilerinde sistem, alt sistem ve bileşen seviyesindeki gelişmeler ışığında modern sistem taktikleri yeniden değerlendirilmelidir.

Öncelikle günümüzdeki teknolojik dönüşümün en çok korunma ve gizlenme taktiklerini etkilediği söylenebilir. Keşif ve gözetleme teknolojisindeki gelişmelerin sonucu olarak artık keşif ve gözetleme yapılırken gizlenme taktiklerini uygulamak düşman unsurları için daha zor hale gelmektedir. Gerek mercekle teknoloji gerek infrared dalgaları daha iyi yakalayan termal kamera teknolojileri sayesinde hedefler daha iyi tespit edilebilmektedir. Örneğin, ileri görüntüleme sistemleriyle donatılmış İHA'lar sayesinde sahadaki düşman unsurlarının bitki örtüsünden ayrıştırabilmesi daha kolaydır. Daha iyi termal kameralarla donatılmış piyadeler sahada daha güvenle hareket edebilmektedir.

Diğer taraftan insansız sistemler teknolojilerinin belli başlı devletlerin tekelinden çıkıp yaygınlaşması da insansız sistemlerin de rolünü teslim etmeyi gerektirmektedir. İnsansız sistemler gerek avcı gerek gözetleyici rollerde birçok görevi icra edebilmektedir. İnsansız sistemlerin daha güvenilir hale gelmesinden sonra insan hayatı riske atılmadan ve insani bazı kısıtlardan azade şekilde daha iyi alan taraması yapabilmektedir. Bu sadece taktik seviyede bir hedefin konum bilgisini elde etmenin yanı sıra düşmanın sahadaki genel durumuyla ilgili bilgi problemini de azaltmaktadır. Bu operasyonel anlamda bir orduya büyük katkı sunan bir gelişmedir. Yine operasyonel hız konusunda modern sistem, sürpriz ve tuzak ihtimaline karşı orta tempo bir hızın tercih edilmesine vurgu yaparken düşmanın cephe hattı ve gerisindeki dağılımına dair bilginin daha sağlıklı elde edilebilmesi operasyonun hızını istenildiğinde artırmak ve azaltmak konusunda inisiyatif imkânı verebilmektedir.

Korunma ve gizlenme meselesinin yanı sıra taktik anlamda bir diğer gelişmenin baskı ateşi (suppression) konusunda olduğu söylenebilir. Baskı ate-

57. Biddle, *Military Power: Explaining Victory and Defeat in Modern Battle*.

şi için kuvvetler arası gerekli olan koordinasyon, muharebe yönetim sistemleriyle beraber daha sağlıklı hale gelmiştir. Sahada dağınık hareket ederken, düşmanla ilk kontak öncesi yığılma aşamasında dost ateşinden korunmak için muharip sınıflar arası iletişim kolaylaşmıştır. Bu da müşterek harekât kapasitesine katkı veren bir faktördür.

Sonuç olarak teknolojik ilerlemeler modern sistemi tümünden ortadan kaldırmamıştır. Aksine yer yer modern sistem taktik ve operasyonlarına katkı sunarken bazılarını da daha az işlevsel hale getirmiştir. Operasyonel seviyede düşmanın muharebe sahasındaki genel durumuna dair bilgiye mükemmel derecede olmasa da erişebilmek operasyon hızından lokal konsantrasyon yapmaya kadar birçok alanda modern sistemi yeniden tartışmayı gerekli kılmaktadır. Taktik seviyede korunma ve gizlenme artık daha zordur. Baskı ateşini daha efektif yapma imkânı vardır. En önemlisi de müşterek harekâtlar enformasyon teknolojilerinin en önemli katkısı olan komuta kontrol ve emirlerin etkin yayılmasını daha kolay hale gelmiştir. Muharebe sahasında dost kuvvetler arasındaki iletişim daha etkin yürütülebilmektedir. Yine küçük birimler halinde karada dağınık hareket eden unsurların da aralarındaki koordinasyon güçlenmiştir. Sonuç olarak teknolojik gelişim modern sistemi nasıl etkilediği tartışmasına sadece siyah ve beyaz şekilde bakmamakta fayda vardır. Ancak burada da belirtildiği üzere işlevsizleşmeye başlayan bazı modern sistem taktileri askeri planlamacılar tarafından yeniden düşünülmelidir.

2.11. ENFORMASYON MERKEZLİ YENİ SAVAŞ KONSEPTLERİ

Günümüzde sadece askeri alanda değil enerjiden ticarete insan aktivitesinin olduğu her yerde enformasyon teknolojilerinin gelişiminin yeni çığır açtığı yaygın bir kanaattir. Bu anlamda bu çağın getirdiği fırsatlar ve tehditler sürekli tartışılmaktadır. David S. Alberts, Daniel S. Papp, and W. Thomas Kemp III enformasyon devrimi olarak ifade edilen bu durumun temel olarak altı ana alanda bilgi ve iletişim akışını etkilediğini öne sürmektedirler: artan hız, daha yüksek kapasite, daha fazla esneklik, daha çok erişim, daha çok mesaj ve artan talep.⁵⁸ Askeri anlamda ise modern muharebe koşulları düşünüldüğünde kesintisiz bir bilgi akışını toplama, işleme ve dağıtma yeteneği, aynı zaman-

58. Alberts, David S., Daniel S. Papp, and W. Thomas Kemp III. "The technologies of the information revolution." *The information age: An anthology of its impacts and consequences* 1 (1997): 36-50.

da rakibin aynı şeyi yapma becerisini önlemek askeri kurumların da önemli bir görevi olmaktadır.⁵⁹ Bir önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, enformasyona (daha çok ve daha kaliteli enformasyona) sahip olmak ve karşı tarafın sahip olmasını engellemek enformasyonu muharebe sahasında güce çevirmek (harekete geçmek) için elzemdır.

Bu noktada Soğuk Savaş'ın son dönemlerinden günümüze enformasyonun muharebe gücüne çevrilmesine ilişkin birçok muharebe kavramsallaştırması yapılmıştır. Ağ merkezli harp (network centric warfare) kavramı da 1990'lı yılların ortalarında o dönemki ABD ordusunda ileri teknolojiye dayalı dönüşümü ifade eden bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Kavram ekonomi ve iş dünyasından muharebe sahasına uyarlanmaya çalışılmıştır. Spesifik olarak Dell firmasının tam zamanlı üretim (just-in time production) metodundan ilham alınmıştır.⁶⁰ Buna göre depolarca üretim yapıp bunları stoklamak yerine anlık müşteri taleplerine göre gerektiği kadar üretim yapılması daha makuldür. Ancak bunun için söz konusu taleplerin doğru zamanlı olarak bilinmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle hassas imalat (precision manufacturing) yapmak daha verimli ve kârlıdır.⁶¹

Ağ merkezli bir savaşta komuta-kontrol yetenekleri dijital veri bağlantıları aracılığıyla güvenli bir şekilde ağa bağlanır. Ağ merkezli bir operasyonda muharebe gücünün kaynağı, ağdaki düğümler (nodes) arasında akan bilgilerin doğruluğundan ve güncelliği için bilgi akışı, ortak muharebe alanı farkındalığını (shared battlespace awareness) elde etmek ve bilgilerin doğruluğunu teyit etmek için gereklidir.⁶²

Aslında bu düşünce sistemi o dönem için çok yeni bir şey değildir. Öncüllerinden sadece bazı detaylarda ayrılmaktadır. Warden'in "paralel savaş" kavramı buna bir örnektir.⁶³ Buna göre enformasyon merkezli bir savaşta düşmanın sahadaki kuvvetlerini değil düşmanın sistemini özellikle de komuta ve kontrol altyapısını hedef alan saldırılar yapılmalıdır. Yani bir takım önemli he-

59. Scaparrotti, Curtis M. "Joint Publication 3-13 Information Operations." Joint Publication (2012).

60. Kagan, Finding the target, s. 257.

61. Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program) Washington DC, 2000., ss. 42-43.

62. A.g.e, s. 100.

63. Bkz. Warden III, John A. "Air theory for the twenty-first century." Challenge and Response: Anticipating US Military Security Concerns (1995): 326-29.

deflere yönelik ardışık (sequential) saldırılar değil de eş zamanlı paralel saldırılar düzenlemek askeri etkinlik için şarttır. Aslında düşmanı bir sistem olarak görüp bu sisteme saldırmanın Sovyet askeri düşüncesinde hep olan bir yaklaşım olduğunun da altını çizmek gerekir. Düşmanın cephe arkasını vuracak derin saldırı mantığı düşman sistemini felç etme üzerine kuruluydu.

“Şok ve dehşet” (shock and awe) kavramı da bir diğer örnektir. Bu yaklaşıma göre de savaşın özellikle açılış fazında olabildiğince çok hedefi en kısa sürede yok edip düşmanı şoklamak bozulmasına yol açacaktır. Bu başarıldıktan sonra, eğer gerekiyorsa kara operasyonları daha kolay olabilecektir.⁶⁴ 1990’lı yıllarda tartışılan bu kavrama 2003 yılında ABD’nin Irak’ı işgalinde yaygın olarak atıfta bulunulmuştur.

Günümüzde ağ merkezli savaşla bağlantılı olarak kullanılan bir tabir de sistemler savaşı olarak ön plana çıkmaktadır. Burada platform merkezli taktiklerden silah sistemleri arasındaki koordinasyon merkezdedir. Bu kavram özünde aslında bir tür müşterek kuvvet harekâtını ifade eder. Sadece kuvvet komutanlıkları arasındaki eş güdümden ziyade sahada platformlar arası eş güdümü de içerir. Operasyonel seviyede alınan kararlar zaten merkezi olmak durumundadır. Ancak merkezi karar almaktan ziyade yine merkezin bilgisi dahilinde taktik seviyede karar alma inisiyatifi de çeşitli birimlere dağıtılabilir.

Sonuç olarak muharebe gücü oluşturmak için muharebe alanındaki birliklerin arasındaki bağlantının güçlendirilmesi yeni nesil savaş konseptlerinin temel amaçlardandır. Yani burada amaç ortak muharebe farkındalığını yükseltmektir. Düşmanın pozisyonu (konumu, yönü ve gücü) ve dost kuvvetlerin pozisyonunu bilmek muharebe alanı farkındalığının özüdür. Böylelikle muharebe sahasındaki her bir birlik muharebe alanı farkındalığından, komut kontrol ve görevin icrasına kadar çeşitli seviyelerde operasyona katkı sağlayabilir.⁶⁵

Bu noktada sensör ağları, bağımsız ve tekil sensörlerin sınırlamalarını (kapsam, doğruluk ve hedef tanımlama özellikleri vb.) aşarak, önemli görev alanlarında bağımsız/tekil sensörlere göre daha çok avantaj sağlar.⁶⁶ Bu noktada veri kaynaştırma (data fusion) meselesi önemlidir. Birçok kaynaktan ge-

64. Ullman, Harlan K., James P. Wade, L. A. Edney, Fred M. Franks, Charles A. Horner, Jonathan T. Howe, and Keith Brendley. *Shock and awe. Achieving rapid dominance*. National Defense Univ Washington Dc, 1996.

65. Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*, s. 123.

66. A.g.e., s. 141.

len veriyi kıymetlendirip operasyonel ve taktik seviye için anlamlı ve tutarlı bir bütün haline getirmek enformasyonu güce dönüştürmenin olmazsa olmazlarındandır. Bunun için ordular etkin muharebe yönetim sistemleri geliştirmektedir.

Enformasyon çağı, savaşın sisini (fog of war) ve sürtünmesini (friction) ortadan kaldırmasa da önemli ölçüde azaltmakta veya en azından belirsizliklerin doğasını değiştirmektedir.⁶⁷ Çalışmanın bundan sonraki bölümünde burada bahsedilen ağ merkezli savaş kavramı daha detaylı ele alınacaktır. Bununla beraber, güncel askeri duruma zemin hazırlayan teknolojiler hem sistem, alt sistem ve bileşen seviyelerinde hem de platform bazında incelenecektir.

67. *A.g.e.*, s. 72.

AĞ MERKEZLİ HARP: SİSTEM ÜSTÜ SİSTEM

3.1. GÜNÜMÜZÜN GERÇEĞİ AĞ MERKEZLİ HARP

Bu bölümde Ağ Merkezli Harp (AMH) tanımının ortaya çıkışı kavramın genişleme ve dönüşümü anlatılmaktadır. AMH'nin çok yönlü bir bakış açısı ile değerlendirilmesi askeri ve stratejik dönüşümdeki etkileri ile geleceğe yönelik hedeflerin neresinde olması gerektiğine dair savlar açıklanmaktadır.

3.1.1. AMH Tanımı ve Genişlemesi

Harp alanında geçmişten günümüze muhabere öncelenmiş ve en hızlı ve güvenilir iletişim kaynakları kullanılmaya çalışılmıştır. Teknolojinin birçok alanında gelişim savunma endüstrisi arasında şekillenmiş savaşta kullanılması veya ülkeler arası güç mücadelesine sahne olmuş bu konulardaki gelişmeler sivil hayatı etkilemiştir. Ağ Merkezli Harp (AMH) tanımının ortaya çıkışı 20. yüzyılın sonlarında başlamış kavram olarak genişlemesi ve etkinliğinin sahnelenmesi 2015 sonrası yılları bulmuştur. Her ne kadar modern harp tarihi boyunca savunma sistemlerinin birbiri ile etkileşimli kullanılması istenmiş olsa da başta sistemlerin birbiri ile iletişimi sağlanarak sistemlerin kapsamı genişletilerek görevleri birleştirildi. Buna en güzel örnek hava savunma sistemleri ile verilebilir. Zaten AMH'nin ortaya çıkışının da hava savunma görevinin doğası ile doğrudan ilgili olduğunu savunmak yanlış olmayacaktır. Birinci Dünya Savaşı'nda İtalyanların uçakları ilk olarak Osmanlı Ordusu'na kar-

şı Libya'daki Trablusgarp Savaşı'nda kullanması ve Osmanlı Ordusu'nun buna karşı piyadenin tüfekleri dışında makineli tüfekleri havaya bakan kaidenin üstüne oturarak hava savunma sistemi kullanımının ilk örneğini sergilemesinin ardından İkinci Dünya Savaşı'nı da kapsayan uzun bir süre boyunca uçaklara karşı karadan farklı çaplarda makineli tüfekler ve hızlı beslenebilir toplar ile hava savunma görevleri icra edilmeye çalışıldı. Ardından İkinci Dünya Savaşı sırasında İngiltere'nin Alman hava akınlarına karşı radarı icat ederek kullanması ile hava savunma başka bir boyuta erişerek "erken ihbar" konusunda çok mühim bir değişim başladı. Hava savunma görevleri için radar kullanılmaya başlayarak hasım uçakların geliş zamanı ve yönleri öğrenilmeye başlandı. Başta manuel veya kablolu telsizler ile hava savunma topçularına haber verilmesi prensibi kullanılırken bu noktada sistemlerin görevlerinin birleştirilmesi hususu başladı. Radar ve hava savunmada kullanılan önleyicinin (top ve füze) ortak bir komuta kontrol biriminden yönlendirilebilmesi sağlanarak "hava savunma sistemi" denilen savuma unsurunun kabiliyetlerinin gelişmesi sağlandı. Zamanla ülke hava sahalarında daha büyük alanların korunması ihtiyacının karşılanabilmesi için çok büyük coğrafyaların savunulmasında farklı radarların çok farklı noktalarda kullanılması gerekti. Bu nedenle farklı hava savunma sistemlerinin sisteme dahil olmayan uzaktaki radarlardan da bilgi alarak çeşitli komuta merkezlerinden koordine edilmesi gerekliliği doğdu. Bu durum hava savunma sistemlerinde olduğu gibi diğer kara ve deniz sistemlerine ve birliklerine de yansdı. Farklı sistemlerin birbiri ile veri alışverişi gerçekleştirerek hem hasım unsurların erken tespiti hem de saldırı noktasında organize hareket edilmesi ihtiyaçları 20. yüzyılın sonuna doğru "Ağ Merkezli Harp" teriminin etrafında genişlemeye devam etti.

Ağ Merkezli Harp kavramının özü harp alanındaki varlıkların etkin bir şekilde birbirlerine bağlanarak bilgi üstünlüğünü savaş gücüne çevirmesidir.¹ İkinci Dünya Savaşı ile birlikte harp sistemlerindeki teknik komplikasyon bilgisayar ve mikroçip teknolojilerinin gelişimi ile birlikte Soğuk Savaş dönemi boyunca elektronik olarak gerçekleşmiş. Gerek sensörlerin kullanımının yaygınlaşması ve türlerinin artması gerek İkinci Dünya Savaşı sırasında ilk örnekleri görülen güdüm teknolojilerinin hızla ilerlemesi muharebe alanındaki dinamizmi artırdı. Çok daha uzaktan çok daha hızlı saldırı imkânı veren stratejik mühimmatların ve uçakların ortaya çıkması harp alanındaki strate-

1. Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program) Washington DC, 2000. s. 2.

jik vuruş imkanını oldukça hızlandırdığı gibi nükleer tehdidin genişlemesi ve kıtalararası balistik füze (ICBM) gibi tehditlerin soğuk savaşta başrolü olarak dünyayı bir “yok oluş” mücadelesinin kıyısına getirmesi özellikle ABD’yi “erken ihbar”, “dağıtık konuşlanma” ve “dağıtık yönetim” konusunda öncü çalışmalar yapmaya zorladı. Bölümün başında belirttiği üzere askeri teknolojilerin sivil teknolojileri doğrudan etkilediği geçmişten Soğuk Savaş’ın sonuna doğru başlayan ve günümüzde çok daha yüksek seviyeye ilerleyen şekilde sivil teknolojiler günümüzde savunma teknolojilerini geçmiştir. Bu doğrultuda da etkileşim tersine dönmüş sivil kaynaklı teknolojilerin savunma alanına kazandırılması söz konusu olmuştur. AMH’nin birincil konusu olan iletişim teknolojileri bu konuda önemli bir noktayı temsil etmektedir.

AMH kavramı çok eski bir anlayış olmamasına karşın kavram olarak betimlenmesi kolay ancak icra edilmesi zordur. Bunun en önemli nedeni bu noktaya kadar anlatıldığı üzere AMH’nin birincil amacı olan tüm sistemleri etkileşimli bir şekilde kullanma ve üst karar merkezlerinden çok daha fazla unsuru yönetme amacının harp tarihi boyunca sürekli olarak taşınmasıdır. Yani bu amaç her zaman olsa da ancak ve ancak 21. yüzyıl teknolojilerinin geldiği nokta ile gerçekten anlık olarak bunun yapılmasına olanak sağlanmıştır. Dolayısıyla askeri kurumlar AMH kavramının özü ile kullanımının amacını hep taşısa da ancak ve ancak tam anlamı ile icra etme fırsatını yakalayamamıştır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken hususu sadece AMH’yi etkileyen teknolojik gelişmeler sadece iletişim teknolojilerini değil, karar destek yazılımları, bilgisayar ve mikroçip teknolojileri, radar, kızılötesi sensörler gibi birçok alt teknolojinin gelişimi ile oluşmuştur.

AMH kapsamında değerlendirilen iletişim geçmişte gerçekleştirildiği gibi sadece radyo telsizler ile yapılan iletişimi değil çok daha geniş bir iletişim spektrumunu kapsamaktadır. Özellikle radar, elektronik harp sistemleri ve görüntü sensörlerinin (Gün Işığı Kamerası, IIR vb.) keşif gözetleme ve istihbarat kabiliyetlerinde yarattığı artışın merkezi komuta birimlerine dağıtılması ve diğer birliklerce de kullanılarak eldeki imkân ve kabiliyetlerin sahadaki optimum tüm noktalarda kullanılması AMH kapsamındaki en önemli kazanç noktasıdır.

AMH’nin gelişimi ile birlikte mevcut silah sistemlerinin dönüşümü veya kabiliyetlerinin daha farklı görevlerde daha etkin kullanımı da mümkün olmuştur. Özellikle ABD tarafından bu noktada çok yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Asli hava savunma sistemleri dışındaki (İHA, KMO, “Güdümlü Roket” vs.) unsurlar ile hava savunma görevleri icra edilmesi ve

farklı ağ sistemlerinin haberleşmesi ve ateş destek vasıtalarının daha uzun erimli daha hassas mühimmatlara sahip olması ve ağ ile kullanımı bu noktada en çok çalışılan konulardan biridir. Kavramın daha iyi anlaşılması ve AMH görevlerinin icra edilmesi noktasında bazı askeri örneklere bakmakta fayda vardır.

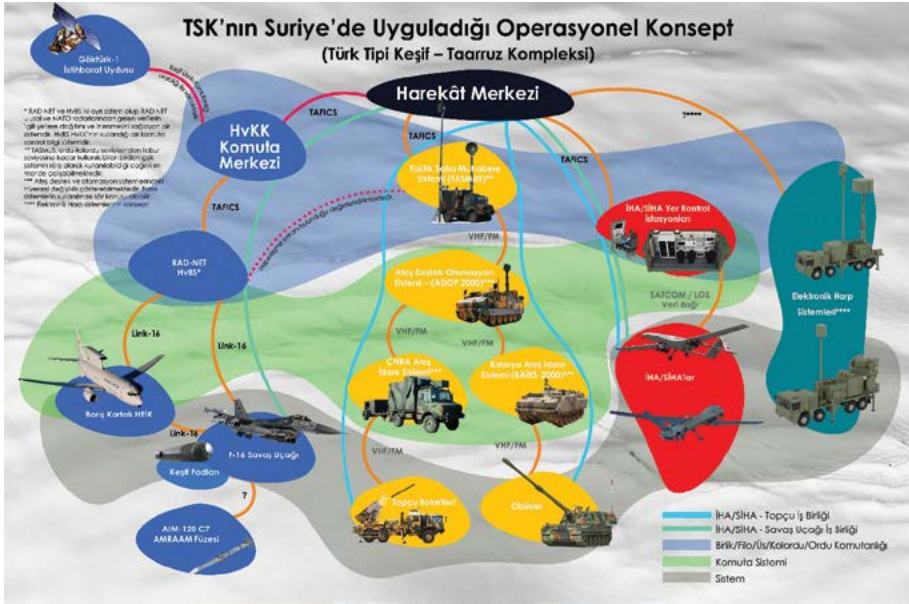
3.1.2. AMH'nin Görev Profillerinin Gelişmesi ve Uygulanması

AMH söz konusu olduğunda Türkiye'nin son dönemdeki başarılı askeri operasyonlarından söz edilebilir. Türkiye'nin yeni nesil SİHA bazlı harp doktrininde sistemlerin AMH ile etkinliğinin artması ve görev profillerinin gelişmesi ve genişlemesi yatmaktadır. Örneğin, Bahar Kalkanı Harekâtı'nda İHA/SİHA'ların sadece avcı olmadıkları, ISR (İstihbarat, Gözetleme, Keşif) rollerinin çok büyük kazançlar sağladığı unutulmamalıdır. Aynı şekilde özellikle Bahar Kalkanı Harekâtı'nda insansız hava aracı faaliyetleri yoğun bir şekilde topçu sistemleri ve savaş uçakları ile desteklenmiş, elektromanyetik spektrumda da (elektronik harp) harekâtı desteklemek için taarruz ve destek sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca Barış Kartalı HEİK (Havadan Erken Uyarı ve Kontrol) uçaklarının desteklediği F-16 savaş uçakları, rejim savaş uçaklarına karşı SİHA'ların operasyon yaptığı alanı güvenli hale getirmiştir. Yukarıdakiler göz önünde bulundurularak, sistem bazlı değerlendirmelerin yanı sıra aslında daha karmaşık olan operasyonel alanın yönetilmesinin zorluğunun değerlendirilmesi sonucuna varılmıştır.²

Şekil 1'e özel olarak bakıldığında, SİHA'ların başarısının sadece ürünlerle ilgili olmadığı, bu ürünleri kullanan komuta kontrol yapısının ve bunlara bağlı teknik altyapının da son derece önemli olduğu görülmektedir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin Suriye'deki operasyonları, Ordu Komutanlığına bağlı Harekât Merkezi tarafından yönetilmektedir. TSK Entegre Muharebe Sistemi (TAFICS) sayesinde, görev yapan birimlerin üs komutanlıklarından harekât merkezine bilgi akışı sağlanmaktadır. Topçu birlikleri gibi dinamik birimlerin bilgi akışı, taktik saha muharebe sistemi (TASMUS) tarafından ateş yönetim sistemi üzerinden harekât merkezine iletilebilir. Türkiye'nin uyguladığı özgün komuta kontrol yapısı sayesinde kara ve hava kuvvetlerinin unsurları haricinde

2. Fatih Mehmet Küçük, “İnternetin Silahları: Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek”, Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek> (Erişim Tarihi: 2 Eylül 2023).

Şekil 1: Sistemlerin Operasyonel Konumlandırılmaları



Kaynak: Fatih Mehmet Küçük, "İnternetin Silahları": Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek, Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek> (Erişim Tarihi: 2 Eylül 2023).

Deniz Kuvvetleri'ne ait SİHA'lar da bölgede görev yapmıştır. Türkiye topçu sistemlerinde ADOP-2000 ve hava savunma sistemlerine yönelik HERİKKS gibi elektronik harp sistemleri için de Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi-EHKKS'i geliştirmektedir.³

Yine Azerbaycan ve Ermenistan'ın arasında geçen Vatan Muharebesi'ne bakıldığında ise SİHA'ları destekleyen unsurlar olarak Kamikaze İHA sistemlerinin de öne çıktığı gözlemlenmektedir. Nitekim Azerbaycan Harop Kamikaze İHA ile Ermenistan S-300 hava savunma sistemini imha ederken bu anları Bayraktar TB2 SİHA görüntülemiştir. Yine Bayraktar TB2 SİHA Ermeni ateş destek vasıtalarını imha ederken kadrja Orbiter Kamikaze İHA girmiştir.⁴

3. Fatih Mehmet Küçük, "İnternetin Silahları": Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek, Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek>, (Erişim Tarihi: 14 Haziran 2023).

4. "Azerbaycan çok sayıda İHA'yı aynı anda kullanıyor!," Defence Turk Youtube Kanalı, <https://www.youtube.com/watch?v=GR9vassQFO0>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

Şekil 2: HAKİM Komuta Kontrol Sistemi Konsolları



Kaynak: Sənədli film: “Görünməyən qəhrəmanlar - Hərbi Hava Qüvvələri”, https://www.youtube.com/watch?v=d_VU-JboN6c, (Erişim Tarihi: 7 Haziran 2023).

Azerbaycan’ın gerçekleştirdiği harekât süresince kendi hava sahasını tek merkezden gözetleyerek tüm unsurlarını komuta ve koordine edebildiği bilgi-si doğrudan Azerbaycan Hava Kuvvetleri Komutanı Korgeneral Ramiz Tahirov tarafından açıklanmıştır.⁵ Tahirov’un konuk olduğu İCTİMAİ TV programında ASELSAN konsollarının olduğu komuta kontrol merkezinin görselleri de paylaşılmıştır. Azerbaycan Vatan Muharebesi’nin öncesinde Eylül 2018’de ASELSAN’ın HAKİM Hava Komuta Kontrol Sistemi’nin temini için sözleşme imzalamıştı. Yine Azerbaycan’ın askeri muhabere ihtiyaçları için AZRA-1 ve AZRA-2 projeleri ile toplam 60 TASMUS (Taktik Saha Haberleşme Sistemi) sistemi tedarik etmişti.⁶

Sonuç olarak Ağ Merkezli Harp ve Müşterek Harekât⁷ silah sistemlerinin, sensörlerin ve komuta kontrol sistemlerinin birbirileri ile iletişim halinde beraber kullanılmasını ve -göreceli olarak- daha yatay bir hiyerarşi oluşmasını içermektedir. Esas itibarıyla Ağ Merkezli Harp, savaş alanındaki bilgili varlıkları etkili bir şekilde birbirine bağlayarak bilgi üstünlüğünü savaş gücü-

5. İctimai TV, İkinci Karabağ Savaşı, <https://www.youtube.com/watch?v=3yIR-fKpgaM> (Erişim Tarihi: 2 Eylül 2023).

6. Süleyman Kaplan “Azerbaycan Radyolink Haberleşme Sistemi (AZRA-2) kabul faaliyetleri tamamlandı,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/azerbaycan-radyolink-haberlesme-sistemi-azra-2-kabul-faaliyetleri-tamamlandi> (Erişim Tarihi: 12 Eylül 2023).

7. Fatih Mehmet Küçük, “İnternetin Silahları’: Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek”, Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek>, (Erişim Tarihi: 14 Haziran 2023).

Şekil 3: Azerbaycan'ın Envanterindeki TASMUS Sistemi

Kaynak: Defence Turk, https://twitter.com/Defence_Turk/status/1568657060623007746, (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2023).

ne çevirir. Amiral Jay Johnson ağ merkezli harp ile ilgili “platform merkezli savaştan temel bir değişim” nitelendirmesi yapmıştır.⁸ Müşterek Harp kavramı ise merkezi bir birleşik komuta yapısı altında hizmet veren silahlı kuvvetlerin çeşitli kollarını içeren askeri bir doktrindir. Hava Kuvvetleri, Deniz Kuvvetleri, Özel Kuvvetler, Deniz Piyadeleri vb. Doktrinin önemli bir kısmı, bu tür unsurların hem ulusal hem de uluslararası olarak tamamlayıcı bir şekilde birleştirilebilmesidir.

3.1.3. Teknolojik Yeterliliğin Ötesinde AMH

AMH kapsamında değerlendirilen geleceğin harp ortamına yönelik olarak tüm sistemlerin belli bir ağ çerçevesinde haberleşmesi, onların harekât sırasında müşterek olarak kullanılabilmesi için yeterli değildir. Öncelikli olarak

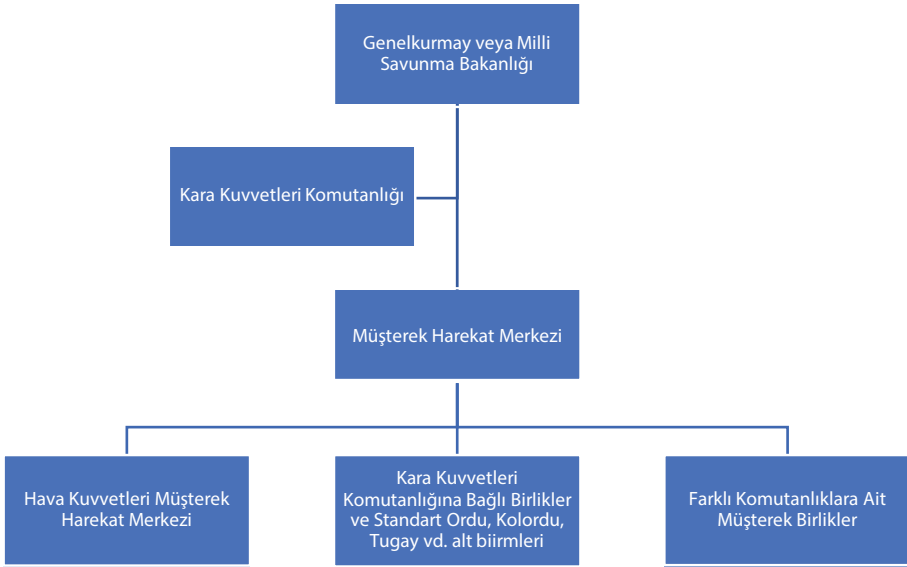
8. Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program) Washington DC, 2000.

orduların içerisindeki kurmay yapısının, komuta kontrol teşkilatının bunlara uygun olarak yeniden yapılandırılması veya düzeltilmesi gerekmektedir. Farklı kuvvetlerin (kara, hava, deniz) bir arada olduğu harp sahası kurgulandığında hangi komuta kontrol biriminin hangi bölgeden sorumlu olacağı çok net değildir. Silah sistemlerinin artan menzil değerleri, sensör kabiliyetlerinin artışı, platformların görev esnekliğinin artması nedeni ile kara, hava ve deniz olarak ayrılan domainlerin kesişimi de oluşmaktadır. Dolayısıyla ile deniz, hava ve kara olarak ayrılan harp alanları yerine görev sahaları kesişen kuvvetler karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, müşterek bir sahada deniz kuvvetleri tarafından algılanan bir tehdide en yakın unsurun hava kuvvetleri bağlı bir uçak olduğu değerlendirilerek doğrudan bilgilerin aktarıldığı senaryoda aradaki iletişim ve yönlendirmelerin hangi komutanlık (Deniz, Hava) tarafından yapılacağı tartışılabilir önemli bir sorudur. Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı tarafından Joint Concept Note 2/17 – Future of Command and Control ismiyle yayımlanan raporda Afganistan’daki müşterek Helmand Görev Gücü’nün komuta kontrol yapısının bölgenin karmaşık yapısına cevap veremediği belirtilmiştir. Raporda bölgenin ihtiyaçlarına göre resmi ve gayriresmi iki komuta kontrol yapısı olduğu aktarılmaktadır. Yine raporda bölgenin yapısına göre gayriresmi komuta kontrol yapısının daha etkin olduğu belirtilmiştir. Birleşik Krallık Savunma Bakanlığına göre yeni nesil komuta kontrol yapısı oluşturulurken müttefik ülkeler ile eş güdümün ve muhtemel müşterek harekât alanlarının düşünülmesinin önemli olduğu belirtilmektedir.⁹ Nitekim Türk Silahlı Kuvvetleri hâlihazırda AMH kapsamındaki anlayışını harekât sahasına yakın komutanlıkların “müşterek yetkilere” sahip harekât merkezlerinde icra etmektedir. Örneğin, Suriye’deki harekâtlar Hatay’da bulunan harekât merkezinden yönetilmektedir. Harekâta katılan hava kuvvetleri unsurları için ise Balıkesir’de bulunan müşterek komutanlık kullanılmaktadır. Dolayısıyla ile Kara Kuvvetleri Komutanlığı 2. Ordu Komutanlığı liderliğinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığı (SİHA’lar, SAT Komandoları, Amfibi Komandolar), Hava Kuvvetleri Komutanlığının katıldığı harekâta müşterek harekât merkezi üzerinden farklı birlikler yönlendirilmektedir. Türk Silahlı Kuvvetleri hâlihazırda uyguladığı stratejide operasyonun asli unsuruna ait komutanlık dahilinde müşterek harekât merkezi oluşturarak gerekli birimleri bu merkez-

9. Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, “Joint Concept Note 2/17 – Future of Command and Control,” https://www.gov.uk/government/collections/joint-concept-note-jcn?utm_source=9dbf8002-2c41-415c-8e4d, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023), ss. 4-5.

den yönetmektedir. Ancak bununla birlikte kendi içerisinde çok fazla unsurdan oluşan birimler kullanılacağı zaman bunlara da ait müşterek yapılar (Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın müşterek harekât merkezinin kullanımı gibi) da kullanılmaktadır. Ayrıca Türkiye hareketlarda İçişleri Bakanlığı'na bağlı Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı'na ait birlikleri de kullanmaktadır.

Şekil 4: Türk Silahlı Kuvvetleri Tarafından Uygulanan Müşterek Harekât Yapısı

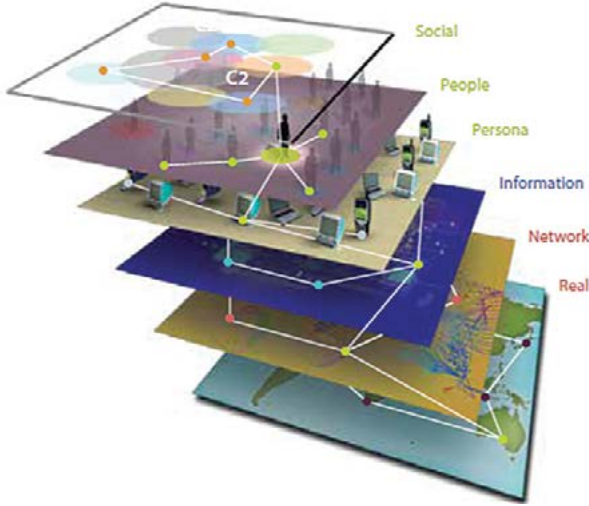


Geleceğin harp sahasının en önemli noktalarından birini önceki paragrafta yer verilen komuta kontrol yapıları ve bunlara uygun siyasi-askeri kuvvet yapıları oluşturacaktır. Bu bölümün genelinde de aktarılan komuta kontrol yapıları birbiri ile çakışan yetki alanlarına sahip farklı birimleri içeren yapılardır. Şekil 4'te bir komuta kontrol yapısında kesişen unsurlar ve birbirinden bağımsız katmanlar aktarılmıştır. Bu şekilde komuta kontrolün sanal ve gerçek girdilerinin ağ yapısına geçişi bilgi haline gelmesi, değerlendirilmesi ve sanaldan gerçeğe ve gerçekten sanala aktarımı anlatılmıştır. Şekil komuta kontrolün ne kadar karmaşık olduğunu anlatırken geleceğe yönelik kurgunun oluşturulurken sanal ve gerçek alan geçişkenliğinin zorluğunu anlatmaktadır.

Özellikle sahada fiziki olarak gerçekleşen olayların komuta kontrolde doğru ve net biçimde aktarılması bunun sanallaştırıldıktan sonra harekât

merkezinde tekrar insan kararlarını etkileyecek şekilde okunması süreçleri doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aksi halde komuta kontrolün sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi mümkün değildir. AMH kapsamında muharebenin tek veya tek merkeze bağlı birkaç alt merkezden yönetilmesinin en büyük zorluklarından biri de devasa miktarda alınan ve gönderilen komut ve veri setinin değerlendirilmesidir. Bu nedenle komuta kontrol sistemlerinin ve yapılarının karar-destek mekanizmaları ile desteklenmesi gerekmektedir. Örneğin, X mesafede belirlenen hedefin bilgisinin komuta kontrol merkezine aktarıldıktan sonra hangi birim tarafından hangi yöntem ile bertaraf edileceğine yönelik kararın verilmesinde onlarca alt seçenek olabilir. Bu seçenekler kombinasyon mantığı ile birbiri içerisinde farklı seçenekleri ve alt seçenekleri doğurabilir. İşte bu noktada karar destek mekanizmaları önem kazanmaktadır. İçerisinde bulunduğumuz yüzyılda ise bu karar destek mekanizmalarının belirli yapay zekâ modelleri ile desteklenmesi konuları çalışılmaktadır. Özellikle en optimum seçeneklerin hızlı biçimde bulunması, yeni nesil muharebe sahasında öngörülmeleyen seçeneklerin de çok sayıda gerçekleştiği bilgisi ile birlikte yapay zekâ tabanlı bir karar destek mekanizması gerekliliği artmaktadır.

Şekil 5: Komuta ve kontrolün kesişen doğası



Kaynak: Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, "Joint Concept Note 2/17 – Future of Command and Control," https://www.gov.uk/government/collections/joint-concept-note-jcn?utm_source=9dbf8002-2c41-415c-8e4d, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023), ss. 4-5.

Geleceğe yönelik olarak komuta kontrol yapılarının oluşumu kurgulanırken sivil-siyasi ve askeri yapılan etkileşimi ile bu yapıların da yapıda yer alacak olması karar mekanizmasındaki etkinliğinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Komuta kontrolü karmaşık hâle getiren unsurlardan biri de budur. Ayrıca çok farklı yapılardaki veri bağı ve iletişim sistemlerinin ortak bir ağda veri alışverişi yapabilmesi teknik anlamdaki önemli zorlukların başında gelmektedir. Silahlı kuvvetler bünyesindeki her sistem aynı veri bağı yapısını kullanmaz. Örneğin, birçok hava sisteminde Link-16 kullanılırken insansız hava araçlarımız kendilerine özel farklı bir veri bağı sistemi kullanmaktadır. Nitekim kara ve deniz sistemlerinde de bu şekilde farklı veri bağları kullanan sistemler bulunmaktadır. Tüm bu sistemlerden verileri toplamak ve dağıtmak onlarca farklı protokolde haberleşmeyi anlayan verileri işleyebilen ve yeni oluşturulan verileri de bu sistemlere geri gönderebilecek karmaşık altyapılar inşa etmeyi gerektirmektedir. Nitekim Link-16'nın bile içerisinde farklı sürümleri olduğu temel geliştirici ülke ABD'nin geçmişte bazı aynı veri bağı sistemlerinin çalışmasında çok ciddi aksaklıklar ile uğraştığı bilinmektedir.

3.1.4. Farklı Etki Alanlarının Kesişimi ve Görev Profillerinin Genişlemesi

Bölümün birçok yerinde farklı etki alanlarının (kuvvet komutanlıkları sorumluluk sahaları / etki alanları) AMH yapısı kapsamında birbirini alanlarına girdiğini bu nedenle ayırımın azaldığını belirttik. İngiliz Savunma Bakanlığı tarafından hazırlanan Şekil 5'te özellikle Deniz, Kara ve Hava arasındaki kesişimin büyüklüğü dikkat çekmektedir. Bu alanların da sadece Deniz, Kara ve Hava arasında kalmadığı Siber Uzay, Uzay ve elektromanyetik spektrumun bahse konu tüm alanları kapsadığını göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Özellikle doksanlı yılların sonunda somutlaşmaya başlayan Ağ Merkezli Harp konseptinin kavramsal temellerinin önce hava ve ardından füze savunma mimarisi üzerinden şekillendiğinden bahsederken bunun temelini iki kutuplu Batı ve Sovyet eksenli güç mücadelesi ışığında gerçekleştirdiğinden bahsettik. Günümüzde AMH'nin kapsam olarak genişlemesi ve sistemlerin rol ve görev profillerini genişletmesi ise ABD'nin özellikle Çin ile giriştiği güç mücadelesinde önemli bir rol kapsıyor. Tabii bu konuda tek etken Çin değildir. Rusya'nın da bu konuda önemli etkisi bulunmakta. Rusya ve Çin'in çok farklı sistemler ile destekledikleri (hava savunma sistemleri, elektronik harp vasıtaları, seyir füzeleri, topçu roketleri, kıyı savunma bataryaları, savaş uçakları

vd.) A2/AD (Anti Access/Area Denial – Erişimi Engelleme/Bölgeden Men Etme) stratejisi¹⁰ ABD’yi katmanlı, tümleşik, maliyet etkin ve hızlı saldırı ile savunma konseptleri oluşturma konusunda zorunlu tutmakta. Ancak madalyonun diğer yüzünde; Yemen bölgesindeki çatışmalar, Bahar Kalkanı Harekâtı ve 2020 Karabağ bölgesi Azerbaycan-Ermenistan çatışmaları incelendiğinde katmanlı ve tümleşik saldırı ve savunma organlarının gerekliliğinin sadece Çin ve Rusya gibi hasımlara karşı olmadığı ortaya çıkmıştır. Tüm bu sahalarla bakıldığında savunma ve saldırı sistemlerini görev odaklı biçimde hızlı ve etkin kullanmak ve ayrıca mobil tutmak hasmın karşı saldırısını başarısızlığa uğratmak açısından önemlidir. Bu nedenle ABD’nin bahse konu çalışmaları da AMH kapsamında sistemlerin rol ve görev profillerinin genişlemesi hususunda ilerlemektedir. Özellikle Çin’in Pasifik bölgesindeki geniş saldırı potansiyeline karşı ABD’nin bölgede çok yaygın bir savunma ve saldırı kapasitesini koruması için sistemlerini hızlı nakledebilir ve yüksek hassasiyette yönetebilir olması gerekmektedir. Bu kapsamda tüm unsurların savunmasını yapmak için eldeki tüm kabiliyetlerin en verimli şekilde kullanılması gerektiğinde yan rolleri icra edebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamdaki çalışmalara örnek olarak şunları verebiliriz:

- Seyir füzelerini simüle eden hedef uçağın Kundağı Motorlu Obüs (KMO) ile vurulması:
- Eylül 2020’de ABD Ordusu tarafından yapılan testte M109 obüsünden atılan Hypervelocity Projectile (HPV) mühimmatı ile seyir füzelerini simüle eden BQM-167 hedef uçağı vuruldu. Gelişmiş Savaş Yönetim Sistemi (GSYS – Advanced Battle Management System/ABMS) denemelerinin bir parçası olarak icra edilen testte sistemin uydular, kara ve deniz konuşlu radarlar ve savaş uçaklarından gelen çok sayıda sensör verisini birleştirilerek harp sahasının dijital haritası çıkartılmıştır. Testin gerçekleşmesini sağlayan en önemli unsurlardan biri BAE Systems tarafından geliştirilen HPV mühimmatıdır. Şimdilik obüs ile görece düşük hıza sahip bir seyir füzesi vurulurken geliştirici şirketin iddiasına göre daha yüksek irtifadan gelen daha hızlı balistik füzelerin vurulması da mümkün.¹¹

10. Arda Mevlütoğlu, “Ateş Gücünün Dağıtılması – Distributed Lethality”, SiyahGriBeyaz, <https://www.siyahgribeyaz.com/2017/02/ates-gucunun-dagtilmas-distributed.html>, (Erişim Tarihi: 14 Nisan 2023).

11. David Axe, “Sci-Fi Awesome’—A U.S. Army Howitzer Just Shot Down A Cruise Missile,” Forbes, <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2020/09/06/sci-fi-awesome-a-us-ar>

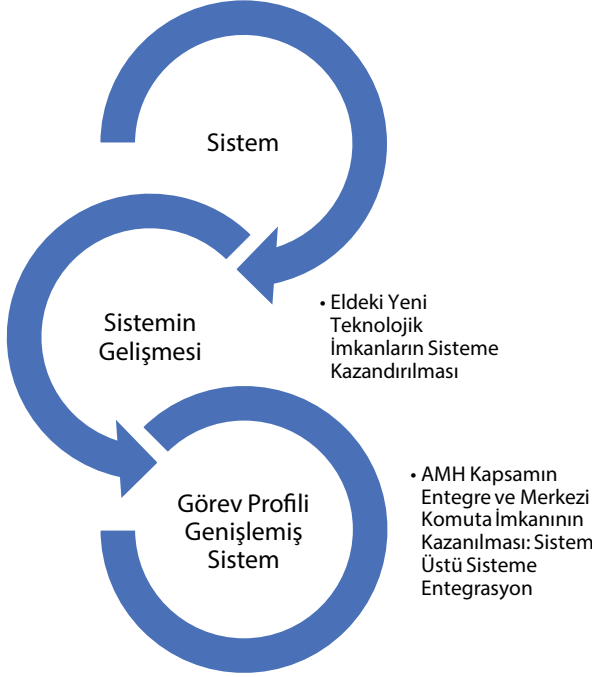
- Seyir füzelerini simüle eden hedef uçağın SİHA ile vurulması:
- Eylül ayında ABD Ordusu tarafından MQ-9 Reaper SİHA ile gerçekleştirilen testte görüş içi hava-hava füzesi AIM-9X Block II ile yine BQM-167 tipi bir hedef uçak vurulmuştur. Yine ABMS (İleri Savaş Yönetim Sistemi, Advanced Battle Management System)'nin kullanıldığı testte MQ-9 hedef bölgesine yönlendirilerek çift yönlü veri bağı bulunan AIM 9X Block II füzesi seyir füzelerini simüle eden hedefe fırlatıldı. ABD Hava Kuvvetleri test ile ilgili, “Müşterek Tümlleşik Komuta ve Kontrol (Joint All Domain Command and Control/JADC2) sistemi tarafından yer kontrol istasyonuna kritik bilgiler sağlandı. ABMS sistemi entegrasyon ve hedef keşfinden operasyon hasar değerlendirme aşamasına kadar geçen süreçteki toplam süreyi kısalttı.” açıklamasında bulundu.¹²
- İtke destekli mühimmatlar ile mevcut ve yeni obüslerin etkisinin artırılması:
- ABD'nin Genişletilmiş Menzilli Topçu Silahı (ERCA) programı kapsamında yaptığı denemede XM155 Uzun Menzilli Topçu Mühimmatı ERAP (Extended-Range Artillery Projectile) projesi kapsamında ortaya çıkacak olan ürününün 100 km menzilli ramjet itkili obüs mühimmatı geliştirilmektedir. ERAP kapsamındaki merminin hareketli hedeflere angaje olabilmesi beklenirken projede Raytheon, Boeing, Northrop Grumman ve General Dynamics firmaları yarışmaktadır.¹³
- Ateş destek vasıtasının savaş uçağı yönlendirmesi ile hava savunma sistemini imha etmesi:
- ABD tarafından gerçekleştirilen testte ABD Hava Kuvvetleri'ne ait F-35 Lightning II savaş uçağı tarafından hasım hava savunma sistemini simüle eden hedef tespit edilerek karadaki topçu birimine hedef bil-

my-howitzer-just-shot-down-a-cruise-missile/?sh=27cfef33209e, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

12. The Aviationist “MQ-9 Reaper Drone Fires Live AIM-9X Block II AAM At BQM-167 Target Drone Simulating a Cruise Missile” – David Cenciotti, <https://theaviationist.com/2020/09/11/mq-9-reaper-drone-fires-live-aim-9x-block-ii-aam-at-bqm-167-target-drone-simulating-a-cruise-missile/>, (Erişim Tarihi:07 Mayıs 2023).
13. Fatih Mehmet Küçük, “İnternetin Silahları’: Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek”, Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek> (Erişim Tarihi:07 Mayıs 2023).

gileri aktarıldı ve hedefin imhası sağlandı. Topçu birimi HIMARS füzesini kullanarak F-35'in sağladığı bilgiler ile hedefi imha etti.¹⁴

Şekil 6: Sistemin ve Görev Profiline Gelişmesi

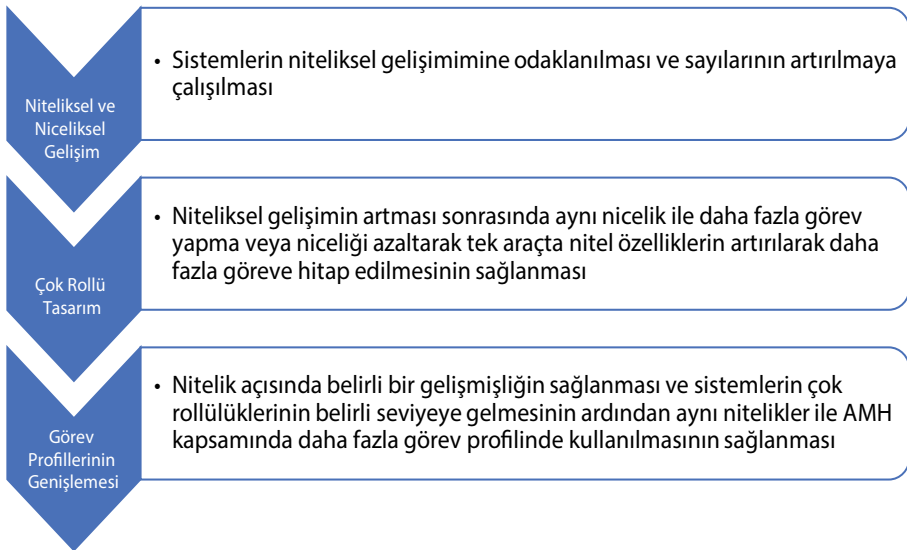


Soğuk Savaş sırasında meydana gelen büyük rekabet özellikle güvenlik gerekçeli olarak savunma teknolojilerinde çok etkin biçimde görülmüştür. Doğu bloğu ile Batı bloğu arasındaki yarışta savunma sistemleri sürekli daha sofistike hale gelmiş maliyetler artmış ve günün teknolojisinin yetemeyeceği kadar ileri projeler planlanmıştır. Lockheed Martin'in SR-71 uçağı bunun örneklerinden biridir. Çok uzun menzilde keşif görevleri icra edebilen çok yüksek hızlı bir uçak olan SR-71 Soğuk Savaş'ın bitiminin ardından 1998 yılında görevden çıkmıştır. Görevden çıktıktan sonra selefi geliştirilmemiştir. Bunda her ne kadar özellikle insansız sistemler ile daha düşük risk ile keşif faaliyetlerinin yürütülebilmesi önemli bir etkene sahip olsa da SR-71'in

14. Cansu Varlı, "F-35 ve topçu birliklerinin 'Müşterek Harekat' kabiliyeti," Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/f-35-ve-topcu-birliklerinin-musterek-harekat-kabiliyeti> (Erişim Tarihi: 05 Temmuz 2023).

hem üretim hem de işletim zorluğu ile çok yüksek maliyetleri aslan payına sahiptir. ABD'nin Soğuk Savaş sonrası hâkim güç noktasına geri dönmesi ile birçok çalışma yavaşlamış mevcut sistemlerin daha uygun maliyet ile idamesi ve özellikle asimetrik unsurlara karşı harekât sistemleri öncelenmiştir. Günümüzde Çin'in ABD'nin karşısında daha ağır bir oyuncu olarak öne çıkması oyunu yeniden şekillenmektedir. Önceki paragraflarda saydığımız gelişmeler yani sistemlerin görev profillerinin genişlemesi bu çerçevede değerlendirilmelidir. ABD cephesinde salt bir nitelik yarışından ziyade simetrik ve asimetrik tehditlerin ayrıık veya bir arada var olduğu tehdit ortamlarına yönelik mevcut kabiliyetlerin yüksek etkinlikli kullanımı ve yeni gelişmiş sistemlerin bunlara entegrasyonu noktasında çalışmalar aktif olarak sürüyor. Nitekim Türk Silahlı Kuvvetleri gelecek stratejik doktrinini ABD gibi açık şekilde ilan etmediği için bu konuda resmi yol haritasını haiz değiliz. Ancak Türk Silahlı Kuvvetleri'nin 1996 yılında başlanan TAFICS projesinden bugüne muhabere teknolojilerine yaptığı yatırımlar, TASMUS projesinin geldiği nokta, RADNET, HvBS ve ADVENT gibi altyapıları ile önceki paragraflarda bahsedilen harekât konseptleri ışığında dünyada Ağ Merkezli Harp konseptini en çok benimseyen ve en etkin biçimde fiili olarak kullanan ordulardan biri olduğu değerlendirilebilir.

Şekil 7: Nitelik - Nicelik ve Görev Profili İlişkisi



3.1.1.5. Sonuç

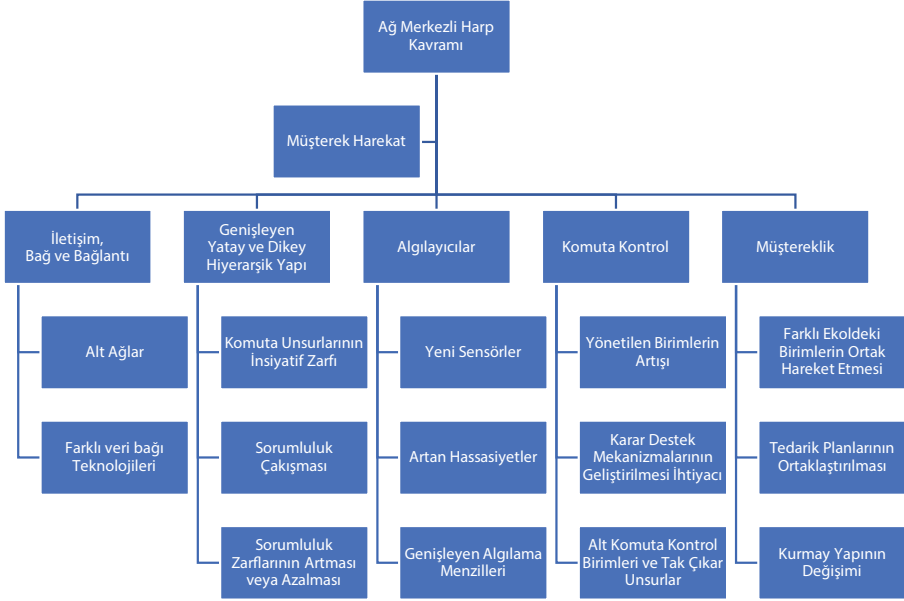
AMH tek başına bir operasyonel konsepti ima etmemektedir. Başlangıçta “tüm sistemlerin birbiri ile iletişim ve etkileşim içerisinde olması” anlayışı çerçevesinde değerlendirilse de AMH muharebe stratejilerini idrak etme ve uygulama noktasında bir düşünme biçimi olarak oluşmuştur.

AMH, “Gerasimov Doktrini” gibi belirli bir muharebe doktrinini temsil etmemektedir. Yeni nesil muharebe anlayışının oluşturulmasında birer dayanak noktası olarak öne çıkmaktadır. Kavram çerçevesindeki ilk örnekler ABD tarafından ortaya atılarak uygulansa da belirli bir mülkiyeti yoktur. Birleşik Krallık, NATO ve hatta AMH isimlendirmesini kullanmasa dahi Çin bile bu çerçevede yeni nesil savunma yapılarını inşa etmektedir. Dolayısı ile AMH ezberlenerek üzerine çalışılabilecek bir kavram olmayıp dinamik bir şekilde güncel savunma organizasyonları ve faaliyetlerinin takibinin yapılarak sürekli bu çerçevede düşünsel çaba gerektirmektedir.

1999 yılında ilk basımı yapılan “NETWORK CENTRIC WARFARE: Developing and Leveraging Information Superiority” kitabının önsözünde “Ağ Merkezli Harp hakkındaki fikirlerin ve deneyimlerin evriminin hızı göz önüne alındığında, bir ‘yazılı medyanın’ buna ayak uydurması imkânsızdır.” diyen dönemin ABD Savunma Bakan Yardımcısı / Ağlar ve Bilgi Entegrasyonu (OASD / NII) Ofisinde Araştırma Direktörü David S. Alberts haklı çıkmıştır.¹⁵ Kavram halen aynı dinamizmini sürdürmektedir. Her ne kadar içerisinde bulunduğumuz süreçte kavramın uygulanması noktasında çok daha fazla veriyi haiz olsak da kavramı her detayı ile açıklamak halen mümkün değildir. Hem stratejik yani işin sosyal bilimler yönünün sonsuz alt başlıklara gebe olması hem de teknik yönünün tüm savunma sistemlerini içine aldığı devasa bir inceleme alanı sunması kavramın tam anlamı ile incelenmesini mümkün kılmamaktadır.

AMH kapsamında ele alınabilecek alt başlıklar bu kapsamda değerlendirmelerin sosyal ve teknik yönlerinin fazla olması ile doğrudan ilgilidir. AMH’nin bir anlayış olarak bugüne gelişinde ansiklopedik net bir açıklama olmamasında bunun da etkisi vardır. Bu bölümün temel amacı AMH’nin geçmişten bugüne gelişindeki bulanık noktaların çerçeve itibarıyla kısmen giderilmesi ve gelecek başlıklarda bu anlayış kapsamında Ağ Merkezli Harp kavramı anlayı-

15. Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program) Washington DC, 2000. ss. 1-2.

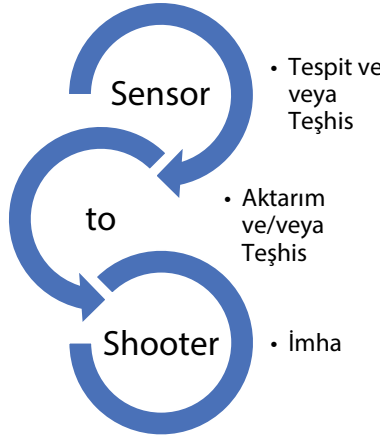
Şekil 8: Ağ Merkezli Harp Kavramı Altındaki Çeşitli Konu Başlıkları

şına uygun olarak günümüz ve gelecek ortamlarına yönelik savunma anlayışının teknolojik çerçevesi aktarılmaya çalışılacaktır. Özellikle optimum bir sistem üstü sistem konfigürasyonu sağlanarak somut örnekler daha detaylıca anlatılacak bu sayede anlayışın uygulama geçişi ve gelecekte uygulanmasının uygun bulunduğu alanlar aktarılarak bir ülkemiz için hedef seti oluşturulacaktır.

Ağ Merkezli Harp Kavramı Etrafında Bazı Terimler

Sensor to Shooter: Terim özellikle AMH kapsamında ortaya konmasa da bu kapsamdaki basit ama en önemli hususlardan birini açıklamaktadır. “Sensor to shooter” kill chain olarak da geçen ölüm zincirinin benzeri olarak hedefin İstihbarat, Gözetleme, Keşif ve Hedef Tespit (ISTAR) birimi tarafından tespit edilerek “imha ediciye” bilginin paylaşılması ve hedefin imhası sürecinin bir bütün olarak kesintisiz bir süreç olarak ilerleyişini temsil etmektedir. Özellikle bulanık çatışma ortamlarında çok dinamik hedeflerin etkisiz hale getirilmesinde hedefin tespit, teşhis, imha ve hasar tespit süreçlerinin hızlı ve kesintisiz olması çok kritiktir. AMH kapsamında sistemlerin entegre ve merkezi yönetiminde “Sensor to Shooter” uygulaması taktik düzeyden stratejik düzeye kadar dikkat çekmektedir.

Şekil 9: Sensor To Shooter Terimi



Precision Strike: Türkçeye çevirisi “hassas vuruş” olan Vietnam Savaşı döneminde yaygın kullanımına başlanan ancak Körfez Savaşı sırasındaki yoğun güdümlü mühimmat kullanımı sırasında popüler olan terimdir. Yine AMH kapsamında oluşan bir terim değildir ancak AMH etrafında şekillenen yeni nesil harp anlayışının en önemli adımudur. Özellikle Mühimmatların akıllandırılması (bakınız Akıllı Mühimmat) sonrasında AMH etrafında tespit edilen hedeflerin hızlıca imhası süreçlerindeki “sensor to shooter” sürecinin imha kısmında sürecin başarı ile gerçekleştirilmesinde hassas vuruş kabiliyeti çok önemlidir.

Blurred boundaries: *Bulanık sınırlar* terimi Birleşik Krallık savunma bakanlığı tarafından şu kapsamda¹⁶ tanımlanmaktadır; harp sahalarında ISR kabiliyetlerinin ve hassas güdümlü teknolojilerinin gelişimi sayesinde kara, hava ve deniz sahalarında yönelik etki etme kabiliyetinin uzun menzillerden gerçekleştirilmesi sayesinde alanlar arasındaki bulanıklığın artması ile ortaya çıkmıştır.

Time compression: *Zaman sıkışması* terimi genişleyen savaş alanlarına rağmen artan entegrasyon ve iletişim nedeniyle sınırlı bölgelerdeki etkilerin dahil tüm coğrafyada fark edilmesi ve etkilenmesi sürecinin hassaslaşması ve buna karşı tepkinin daha süratli verilebilmesini ifade etmektedir.

16. Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, “Joint Concept Note 1/20 Multi-Domain Integration,” https://www.gov.uk/government/collections/joint-concept-note-jcn?utm_source=9d-bf8002-2c41-415c-8e4d-64d4021d684c&utm_medium=email&utm_campaign=govuk-notifications&utm_content=daily, (Erişim Tarihi: 07 Mayıs 2023). s. 7.

Human-Machine Teaming: *İnsan-Makine Takımı* olarak doğrudan çevrilebilen terim daha çok “İnsan-Makine İş Birliği” olarak kullanılmaktadır. İnsan Makine İş Birliği insan ve makinenin birlikte çalışmasını ifade eden bir terimdir. İnsanların görevleri gerçekleştirmek için makine sistemlerine entegre edildiği ve makine sistemlerinin de insanların görevlerine yardımcı olduğu bir yaklaşımdır.

Man in the loop: “Döngüdeki insan” olarak doğrudan çevrilebilen terim bu hali ile kullanılmaz. Daha çok İngilizce hali ile kullanılır. Bu terim bir bilgisayar sistemi veya otomasyon sistemi tarafından gerçekleştirilen bir işlem veya kararın, insan denetiminde veya kontrolünde olması anlamına gelir. Bu terim, özellikle askeri ve havacılık sistemlerinde kullanılan otonom veya yarı otonom sistemlerde önemlidir, çünkü bu sistemlerin doğru çalışmasını sağlamak ve hataları önlemek için insan denetimi gereklidir.

Integrated Operating Concept: *Entegre Operasyon Konsepti*, bir ordu veya savunma gücü tarafından belirlenen stratejik hedeflere ulaşmak için kullanılacak taktik, doktrin, teknoloji ve süreçlerin bütünlük bir şekilde planlanmasını ve uygulanmasını ifade eden bir kavramdır.

Multi Domain Integration: Çoklu Etki Alan Entegrasyonu askeri operasyonlarda farklı alanlardaki silah, sensör, araç ve personelin birbirleriyle işbirliği yaparak operasyonların daha etkili ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini hedefleyen bir kavramdır. Bu alanlar arasında hava, deniz, kara, uzay ve siber gibi farklı bölgeler yer alabilir.,

Gerçek Zamanlı Çalışma: Gerçek Zamanlı çalışma, herhangi bir sistemin veri üretirken veya üretilen bir veriyi farklı noktalara aktarırken veyahut kendisine aktarılan bir veriyi çok düşük işleme süreleri ve gecikmeler ile işleyerek görev yapmasına verilen isimdir. Yarı-gerçek zamanlı çalışmadan kasıt ise gecikme ve işleme sürelerinin biraz daha yüksek olduğu durumlara verilen addır. Gerçek zamanlı veya yarı gerçek zamanlı için belirli bir işlem/gecikme süresi standardı bulunmazken, sistemden sisteme bu süre değişebilmektedir.

3.2. SİSTEM MİMARİSİ

Bu bölümde sistem mimarisinin genel tanımıyla beraber, alt sistemler ile sistem ilişkisinden ve bileşenlere uzayan sürecin AMH ile nasıl etkileşime girdiği açıklanmıştır. Özellikle bileşen seviyesindeki gelişmelerin genel doktrine etkisi ve askeri yapıların gelişmelere vermesi gereken reaksiyonu irdelenerek somut muharebe konsepti üzerinden örneklendirilmiştir.

3.2.1. Sistem Mimarisi ve Sistemden Bileşene

Tüm aktörler belirli kurallar, ilkeler ve diğer tüm çevresel şartlar ile altında hareket ederler. Kuralların, ilkelerin ve somut veya soyut tüm bu çevresel şartlar bir sistematik içerisinde, her biri kendi içinde sahip olduğu, kendine özgü davranışlar ile bilinir. Örneğin, eğitim bir sistemdir. Her birey doğumu itibarıyla kendi ailesine, kültürüne, doğduğu ortama, zamana ve daha nice parametreye bağlı olarak bir sistematige göre yetiştirilir. Bu sistematik yapı hem aile içerisinde hem de sonrasında çeşitli eğitim kurumlarında devam eder. Bu yapı içerisinde sahip olunan kurallar, ilkeler ve davranışlar bir sistematik içerisinde gerçekleşir ve bu nedenle bir sistemi oluşturur.

Sistemler çeşitli alt sistemlerden ve bileşenlerden oluşur. Örneğin, yukarıdaki örnekten yola çıkacak olursak, bir bireyin aile içerisinde aldığı eğitim bir alt sistem olarak irdelenebilir. Keza aynı şekilde ilkokul, lise ve üniversite eğitimleri de birer alt sistem olarak sayılabilir. Alt sistemler ise çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Alt sistem olarak irdelenebilecek olan bir üniversite eğitimi, dersler, kurslar, ödevler, projeler, staj çalışmaları ve daha birçok bileşenden oluşur. Bileşenlerin her biri kendine has fonksiyonlara sahip, özel unsurlardır. Bir yapının bileşen olarak kabul edilebilmesi için kendine has bir fonksiyonunun olması ve tek başına bu fonksiyonu icra etme kabiliyetine sahip olması gerekmektedir. Bileşenlerin sayısının fazla olması, en azından nicel olarak alt sistemin, dolayısıyla sistemin kompleksliğini artırır. Örneğin, bir üniversite eğitiminde ilkokula göre daha fazla bileşen bulunur. Bu nedenle üniversite eğitimi, ilkokulda alınan bir eğitime göre çok daha kompleks bir formdadır.

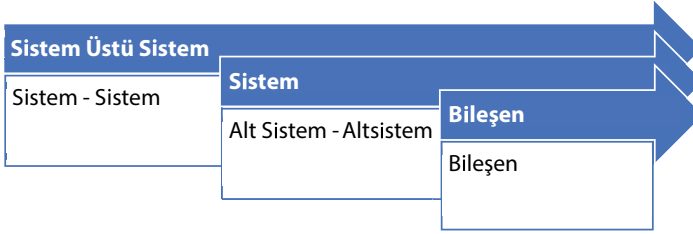
Her aktör çeşitli sistemler ile uğraşmak zorundadır. Örneğin; eğitim sistemi, ekonomik sistem, siyasal sistem, mekanik sistemler vb. birçok sistem insanların hayatının bir parçasını oluşturur. Bu sistemler aynı zamanda birbirleri ile de sürekli bir şekilde etkileşim içerisinde. Aynı zamanda bu etkileşimler sadece sistemler arasında değil, her bir sistem içerisinde yer alan alt sistemler ve alt sistemler arasında yer alan bileşenler için de geçerlidir. Tüm bu etkileşimlere ise arayüz adı verilir.

Sistemlerin, alt sistemlerin ve bileşenlerin birbirleri ile olan etkileşimleri ne kadar etkin, efektif, hızlı ve tutarlı olursa, sistemin verimliliği o ölçüde artar. Örneğin, yine eğitim sisteminden yola çıkacak olursak, lise ve üniversite eğitimleri arasında birçok arayüz bulunmaktadır. Lise eğitimi boyunca, ki özellikle son yıllarda, alınan dersler ile üniversite eğitimine bir hazırlık oluşturulur. Liseden mezun olan öğrencilerin, üniversite eğitimine başla-

dıkları süreçte ilgili eğitime sahip oldukları kabul edilir ve üniversite eğitimi ona göre başlar. Örneğin, bir mühendislik eğitimi alacak olan öğrenciden türev ve integral gibi kalkülüsün temellerini bilmesi beklenir. Lise eğitimi sürecinde de öğrenciye bir altyapı oluşturması adına kalkülüsün temelleri öğretilir. Eğer öğrenci bu temellere bir hakimiyet sağlamadan mezun olup üniversite eğitimine başlar ise üniversite eğitimi belirli bir ölçüde verimsiz bir şekilde başlayacaktır. Bunun temel sebebi ise iki farklı alt sistem arasındaki arayüzün, ki bu örnekte kalkülüs eğitiminin doğru bir şekilde öğrenilmesi/öğretilmesi, doğru bir şekilde yönetilmemesi ve alt sistemler arasında entegrasyonun sağlanamamasıdır.

Sistemlerin ve sistemlere ait tüm alt sistem ve bileşenler arasındaki etkileşimler yatay veya dikey bir hiyerarşi içerisinde yönetilmesi gerekebilir. Burada yatay ve dikey hiyerarşiyi biraz daha açmak gerekirse yatay hiyerarşi ile söz edilen bileşen-bileşen veya alt sistem-alt sistem arasındaki etkileşimken, dikey hiyerarşi ile söz edilen bileşen-alt sistem veya alt sistem- sistem arasındaki arayüzler olabilir.

Şekil 10: Sistemden Bileşene Etkileşim



Tabii ki alt sistemler ve bileşenlerin birbirleri arasında olduğu kadar sistemler de birbirleri ile bir etkileşim halindedir ve arayüzler sayesinde bir bütün olarak ele alınabilir. Farklı sistemlerin birbirleri arasında çeşitli arayüzler ile etkileşim halinde oldukları ve bu etkileşim sebebi ile entegre bir yapı halinde, adeta tek bir bütüncül yapı şeklinde hareket edebildikleri duruma ise sistemler üstü sistemi adı verilir. Örneğin; eğitim sistemi, ekonomik sistem, sosyal, siyasi vb. birçok sistemin birbirleri arasında bir etkileşim halinde oldukları, birbirlerine çeşitli arayüzler ile entegre oldukları sistemler üstü sistemi bir yapıya devletler örnek verilebilir. Devlet denilen yapılar, çeşitli sistemlerin birbirleri ile çalıştıkları, farklı alt sistemlerden ve bileşenlerden meydana gelen sistemler üstü sistemlerdir. Devletleri oluşturan çeşitli sistemlerin birbirleri etkileşimi yani arayüzleri yönetmek ise hükümetlerin başlıca görevidir.

Sistemler üstü sistemi yukarıdaki örnekten de anlaşılacağı üzere, çeşitli sistemlerin bir araya gelerek, tek bir bütüncül yapı içerisinde, içerisinde yer alan tüm sistemlerin avantajlarını maksimize eden, dezavantajlarını ise minimize eden, en azından bu amacı güden, bir bütün halinde eşsiz kabiliyetlere sahip olan yapılara denir. ABD Savunma Bakanlığı ise sistemler üstü sistemi kavramını, birbirinden bağımsız ve kullanılabilir sistemlerin, benzersiz yetenekler sağlayan daha büyük bir sisteme entegre edildiğinde ortaya çıkan bir dizisine veya sistem bütünü olarak tanımlar.¹⁷

Günümüz dünyasında hemen her şey geçmişten günümüze gelen ve çeşitli evrimler geçirmiş olan sistemler ile etkileşim halindedir. Teknolojik gelişim ile birlikte sistemler çok daha karmaşık bir yapı almakta, sistemler içerisindeki alt sistem ve doğal olarak bileşenlerin sayısının artması ile birlikte sistemler yönetilmesi çok daha zor bir hal almaktadır. Bu sistemlerin yönetilmesi için de çeşitli süreçler bulunmaktadır. Özellikle endüstride bu sistemlerin yönetilme görevi sistem mühendislerine aittir.

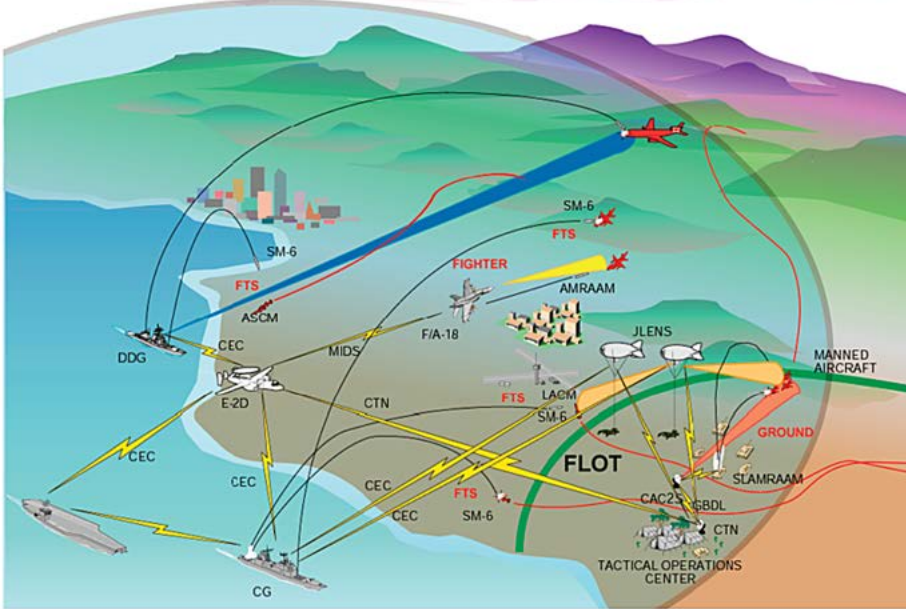
Sistem mühendisliği, bir sisteme ait tüm temel öğeleri tek bir genel sistemde entegre etmeye ve bu yapıları tüm yaşam döngüsü boyunca yönetmeye odaklanan mühendislik disiplindir. Sistem mühendisliği belirli süreçleri takip ederek, ihtiyaç makamları ile çözüm makamları arasında, tüm paydaşları kapsayacak şekilde izlenebilir iletişimlere veya etkileşimlere dayanan bir sistemin genel geliştirme sürecine odaklanır. Sistemlerin planlanması, organize edilmesi, ikame edilmesi, optimize edilmesi, sahip olunan kabiliyetlerin ilgili sistemler içerisinde değerlendirilmesi de sistem mühendisliğinin kapsamındadır.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, sistemleri yönetmek çok daha zor bir hale gelmiştir. Zira teknolojik gelişimin temel amacı sistemleri daha efektif hale getirecek alt sistemler ve bileşenlerin geliştirilmesidir. Örneğin, mikroişlemci teknolojilerindeki her bir gelişme, daha ufak boyutlarda daha fazla işlem gücünün daha az güç ihtiyacı ile karşılama felsefesine dayanmaktadır. Bunun temel sebebi bileşenlerin çok daha küçük ve efektif/verimli bir hale getirilmesidir. Bileşenlerin daha verimli bir hale getirilmesi ile birlikte alt sistemler daha verimli bir hale gelmiş en azından gelmesi için gerekli ortam sağlanmış olur. Alt sistemlerin daha verimli hale gelmesi ile birlikte sistemlerin de verimliliği artmaktadır.

17. Systems Engineering Guide for Systems of Systems, Director, Systems and Software Engineering Deputy Under Secretary of Defense (Acquisition and Technology) Office of the Under Secretary of Defense (Acquisition, Technology and Logistics), Ağustos 2008.

Şekil 11: Sistem Üstü Sistemin Operasyonel gösterimi

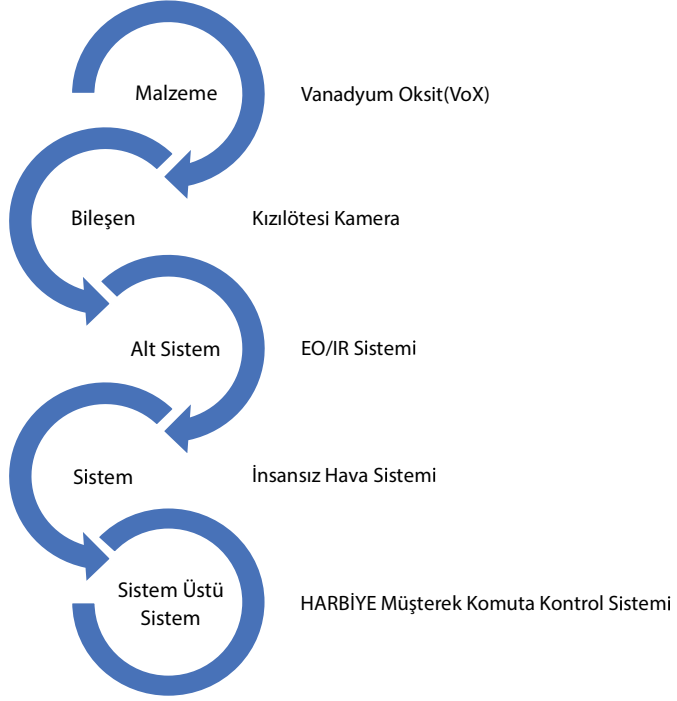
NAVAL INTEGRATED FIRE CONTROL - COUNTER AIR



Kaynak: Paige, Rear Admiral Kathleen K., ve Scott C. Truver. "The future of AEGIs: to the horizon and beyond." Naval Engineers Journal 121.3 (2009): 173-182.

Bununla birlikte sistemlerin verimliliğinin artırılması aslında teknolojik yarışında temelini oluşturmaktadır. Günümüzde hemen her devlet, şirket ve hatta bireyler sahip oldukları veya içerisinde buldukları sistemleri daha verimli, etkin ve çevik bir yapıya büründürmek için çalışırlar. Sistemlerin "daha iyi" bir hale getirilmesi için yapılan tüm bu çalışmalarda teknolojik gelişim yarışına sebep olur. Örneğin, birçok ülke günümüzde malzeme teknolojilerine ciddi yatırımlar yapmaktadır. Bu yatırımların temel amacı daha yüksek sıcaklık veya darbe dayanımına, daha uzun ömre sahip olurken, daha ucuz ve hafif yapılar geliştirmektedir. Bu alandaki yarışta önde olan ülkelerin örneğin gaz türbinleri, uydular veya mikroişlemciler ve sensörler gibi malzeme biliminin çok önemli olduğu alanlarda rakiplerine üstünlük sağlayabildiklerini görebiliriz. Bunun temel sebebi bileşen seviyesinde, yani en alt ve en derin düzeyde yaptıkları çalışmalar ile bileşenleri, dolayısıyla alt sistemleri ve sistemleri daha verimli bir hale getirdikleri içindir.

Örneğin, seramik matrisli kompozit, tek kristal yapıda malzeme veya blisk gibi özel malzeme ve üretim teknolojilerine uzun yıllar boyunca ciddi yatırım-

Şekil 12: Malzemedan Sistem Üstü Sistem Katmanlar

lar yapan ABD, bu alanlarda dünya lideri konumundadır. Bu alandaki başarısı sayesinde gaz türbinlerinde bu teknolojileri kullanabilir, bu teknolojiler sayesinde örneğin türbin bıçaklarında rakiplerine kıyasla daha yüksek türbin giriş sıcaklıklarına, dolayısıyla daha yüksek itki oranlarına, daha verimli bir şekilde ulaşabilir. Rakiplerine kıyasla daha yüksek itkiye sahip olması sebebiyle, rakiplerinden çok daha çevik savaş uçaklarına sahip olabilir ve bu uçakları bir sistem içerisinde, rakiplerinin kullanmadığı kadar etkin ve verimli bir şekilde kullanabilir. Buradaki örnekten de anlaşılacağı üzere, bileşen seviyesinde ister sivil ister savunma amaçlı olsun, yapılan tüm geliştirmeler, ki özellikle devlet destekli geliştirmeler, savunma sanayii içerisinde kendine yer bulabilir ve ilgili devletin rakiplerine çeşitli avantajlar sağlamak amacıyla farklı sistemleri daha etkin ve verimli bir noktaya götürmesi amaçlanır.

Bununla birlikte teknolojik gelişimin odak kaynağı bileşen olsa da bileşenler etrafında şekillenen tüm doktrin, sistem üstü sistem, sistem ve alt sistemlerin bu gereklilikler ve imkânlar doğrultusunda kurgulanması da hem gerçekçi hem de akılcı bir yaklaşım olacaktır.

Tüm bu gereklilikleri alt alta koyduğumuz takdirde ise karşımıza anlamlı bir denklem çıkmaktadır. Bu denklemin anlattığı en temel unsur, her ülkenin kendine has özellikleri olduğu, ülkenin ekonomik, siyasi, coğrafik, sosyal vb. birçok altyapısının hem o ülkenin ideallerini hem de bu idealler dolayısıyla ortaya çıkan risk ve tehditleri derinden etkilediğidir. Yine bu risk ve tehditler ile idealler arasındaki denklemde ise ülkelerin savunma doktrinleri gelişir ve bu doktrinler sayesinde risk ve tehditlerin ortadan kaldırılması, ideallere ulaşılması amaçlanır. Bunu yapmak için de gereken teknolojik gelişim bileşen seviyesinden başlayarak, alt sistem, sistem ve sistemler üstü sistemler üzerinden bir zincir şeklinde ilerlerken, bu gelişimin çıktısı doktrin üzerinde nihayete ermiş olur. Doktrin sahadaki yansıması ve ülkenin değişen risk ve tehdit algısı ile idealleri sebebiyle doğal bir geri besleme mekanizması oluşmuş olur. Bu geri besleme mekanizması ile birlikte sahada karşılaşılan durumlar ve değişen koşullara göre bu kez sistemler üstü sistemler, sistemler, alt sistemler ve nihayetinde bileşenler üzerinden bir teknolojik gelişim beklenir. Buradan da anlaşılacağı üzere teknolojik gelişim süreci aslında tekrarlayan ve geri beslemeli kapalı bir döngüdür. Bu döngü içerisinde ülkelerin savunma doktrinleri değişir ve gelişir. Bu değişim ve gelişime paralel olarak kuşkusuz sistemler üstü sistemler, sistemleri, alt sistemleri ve bileşenler de bir gelişim ve değişim gösterir.

Bu durumun en iyi açıklanabileceği örnek ise “Türk Tipi Taarruz Kompleksi” adı verilen, Türk Silahlı Kuvvetleri’nin adım adım birçok operasyonda kullandığı, 27 Şubat 2020 tarihinde başlayan, Suriye’nin İdlib bölgesinde Suriye rejim güçlerine karşı Türk Silahlı Kuvvetleri ve Suriye Milli Ordusunun birlikte icra ettiği Bahar Kalkanı Harekâtı’dır. Bahar Kalkanı Harekâtı’nda ilk kez tam anlamıyla, bütünleşik bir şekilde icra edilen bu doktrin sonrasında Türkiye’nin kısmen veya dolaylı olarak müdahil olduğu Libya, Karabağ ve Ukrayna gibi çeşitli çatışma bölgelerinde de uygulanmıştır.

3.2.2. Türk Tipi Taarruz Kompleksi

Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde yerli ve milli imkânlarla geliştirilmiş olan çeşitli sistemler üstü sistemlerini, sistemleri, alt sistemleri, bileşenleri barındıran bir taarruz doktrinidir. Bu doktrin içerisinde Taktik Saha Muharebe Sistemi (TASMUS), Hava Savunma Erken İkaz ve Komuta Kontrol Sistemi (HERİKKS), Elektronik Harp Komuta Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS) sistemler üstü sistemler bağlı olarak yer alan Komuta ve Kontrol

tem, alt sistem ve platformlara yer verilmiştir. Söz konusu gösterim içerisinde yer alan her bir yapı, bu doktrin içerisinde önemli bir yer ediniyor olsa da Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde, tüm bu sistemlere ek olarak birçok farklı sistemler üstü sistem, sistem ve alt sistem de bulunmaktadır. Tüm bu yapıların kuşkusuz bu doktrin içerisinde bir önemi vardır ancak sahada aktif olarak en fazla iş yükü olan sistemler Şekil 13’te belirtilen yapılar olduğu ve aynı zamanda TSK envanterinde yer alan veya alması planlanan tüm yapıların bu kitapta incelenmesi mümkün olmayacağı için doktrin söz konusu bu yapılar üzerinden irdelenecektir.

Tüm bu yapılar bir mimari içerisinde yani bir operasyonel konsept/doktrin içerisinde birbirleri ile mükemmele yakın bir uyum içerisinde çalışmaları gerekir. Zira tehdidin ne zaman, nereden, ne şekilde geleceği, tehdidin geldiği durumda çevresel şartların ne ölçüde elverişli olacağı her zaman bir bilinmezdir. Böyle bir doktrin içerisinde azami ölçüde yerli ve milli yapıların kullanılması ise değişen şart ve koşullara göre daha hızlı adapte olabilme yeteneği sağlar. Türk Tipi Taarruz Konseptinde sözü edilen yapılarda sistemler üstü sistemler, sistemler ve alt sistemler konusunda yerlilik düzeyi maksimum seviyededir. Bileşen seviyesine kadar belirtilen tüm yapılarda Türkiye ya ilgili yapıları yerli veya milli bir şekilde geliştirmiş ve envantere kazandırmış ya da yerleştirme faaliyetleri devam etmektedir. Bu da bu doktrin ve dolayısıyla içerisinde barındırdığı tüm bu yapıları Türkiye sınırlarından uzaktaki çatışma ortamlarına da aktarabilme konusunda ciddi bir avantaj sağlamış ve bu avantajı da Karabağ, Libya ve Ukrayna’da kısmen veya dolaylı olarak uygulama imkânı bulmuştur. Gözden kaçırılmaması gereken detay bu konsept TSK’nın günümüz tehditlerine karşı ortaya koyduğu konsepttir. Tehdidin değiştiği durumlarda genişleme ve değişim potansiyeli yüksektir.

Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde yer alan çeşitli sistemler üstü sistemler, sistemler, alt sistemler ve bileşenler bulunur. Bu yapıların birbirleri ile etkileşimleri yine çeşitli arayüzler aracılığı ile sağlanır. İlgili bu arayüzlerin entegrasyonundaki en önemli yapılar ise söz konusu arayüzleri birbirlerine bağlayan haberleşme yapılarıdır. Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde yaygın olarak kullanıldığı bilenen temelde iki farklı yapı mevcuttur. Bu yapılardan ilki TAFICS (Türk Silahlı Kuvvetleri Entegre Haberleşme Sistemi), karasal olarak neredeyse tüm askeri üst bölgelerinde hatta sınır ötesindeki bazı üstlerde bile bulunan, yüksek veri iletişim hızı, güvenlik ve gizlilikte veri paylaşımı yapılmasına olanak sağlayan entegre bir haberleşme altyapısıdır.

TAFICS sayesinde, bu altyapıya sahip herhangi bir askeri üsse aktarılan veri, TAFICS altyapısının bulunduğu tüm üslere aktarılabilir, ki aynı zamanda bu durum operasyonların merkezden yönetilmesine de olanak sağlar. Bununla birlikte aynı altyapı üzerinden sesli konuşmalar da yapılabilir ve yüksek güvenlikte kapalı bir hat üzerinden görüşme gerçekleştirilmiş olur. TAFICS sayesinde yüksek paket boyutundaki veriler bile tüm bu altyapı içerisinde etkin bir şekilde ilgili noktalar ile paylaşılabilir. Bu durumun getirdiği avantajları daha iyi anlamak adına harp ortamına biraz daha yakından bakmak gerekebilir.

21. yüzyıl ile birlikte harp koşullarının değişmesi, tehditlerin çeşitlenmesi ve çok daha dinamik bir hale varması ile birlikte bu tehdit ve riskleri ortadan kaldırmak için kullanılan teknolojilerin sayısı, çeşitliliği ve bu teknolojilerin ürettikleri veri boyutu eksponansiyel bir şekilde artmıştır. Bu artış her ne kadar tehdit ve risklerin ortadan kaldırılması için bir avantaj gibi gözükse de ilgili veriyi temizlemek, tasnif etmek ve işlemek oldukça önemli bir teknolojik zorluktur. Bu zorlukla başa çıkmak için ilgili ülkeler çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Bu stratejilerden bir tanesi 11 Ekim 2022 tarihinde ABD ordusunun Enformasyon Ofisi (Chief Information Office) tarafından yayımlanan “Army Data Plan” belgesidir. Bu belgede üretilen veri miktarının ve veri akışının çok hızlı bir şekilde artmasının ciddi bir sorun olduğu belirtilmiş, bu sorunu çözmek için ABD savunma bakanlığının atması gereken stratejik adımlar ve hedefler sıralanmıştır. Bu hedefler VAULTIS olarak karakterize edilmiştir. VAULTIS ile hedeflenen veri karakteristikleri, görünürlük, erişilebilirlik, anlaşılabilirlik, bağlantılı, güvenilir, müşterek ve güvenlidir.¹⁸

Bu plan ile amaçlanan şey aslında üretilen verilerin tasnif edilmesini ve işlenmesini kolaylaştırmak ve dolayısıyla karar verme sürecini hızlandırmaktır. Karar verme sürecinin hızlandırılması günümüzde, başta ABD olmak üzere, dünyanın önde gelen ülkelerinin odaklandığı en temel meselelerin başında gelmektedir. Öyle ki geçmişte ABD Genelkurmay Başkanı olan Joseph Dunford bu konu ile ilgili, “Savaşın hızı değişmiş durumda. Bu değişimlerin doğası küresel güvenlik ortamını daha az öngörülebilir daha tehlikeli ve hata kabul etmez hale getiriyor. (...) savaşın hızına ayak uydurmalıyız. Bu da tehditlere karşı ortak bir anlayış geliştirmek; müşterek kuvvet ye-

18. Army Data Plan, Office of the Chief Information Officer, 2022, <https://api.army.mil/e2/c/downloads/2022/10/13/16061cab/army-data-plan-final.pdf>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023).

tenek ve sınırlılıklarımıza net bir anlayış sunmak ve üst düzey liderlerin zamanında karar verebilmeleri için bir çerçeve oluşturmakla başlıyor.” açıklamalarında bulunmuştur.¹⁹

Günümüz harp ortamında karar verme sürecinin hızlandırılması birçok ordunun önceliği arasındadır. Bunun temel sebebi tehdidin nereden ne şekilde ve ne ölçüde geleceğinin çok daha dinamik bir hal alması ve bu sebeple tehdit algısının değişmesidir. Bu algının değişmesi ile birlikte karar verme süreci ne kadar hızlı olursa tehlide cevap verme süreci de o kadar hızlı ilerleyecek ve tehdit kaynağa en yakın noktada imha edilebilecektir. Karar verme sürecinin artırılmasının ise bazı gereklilikleri vardır. Bu gerekliliklerin başında ise ilgili unsurların, verilerin ve hatta makinelerin birbirleri ile olan iletişimlerinin hızlı, güvenli, güvenilir ve efektif bir şekilde gerçekleştirilmesi gelmektedir.

Harp ortamında veri her nerede veya kim tarafından üretiliyorsa en hızlı şekilde toplanmalı, ayıklanmalı, tasnif edilmeli ve işlenmelidir. Bu işlemlerin yapılması sürecinde verinin toplandığı kaynaktan tüm bu işlemlerin yapılacağı kaynaklara aktarılması için veri iletişimi gerekmektedir. Veri iletişimi ne kadar güvenli, hızlı ve efektif ise verinin işlenmesi için gereken tüm bu işlemleri yapmak için o kadar esnekliğe sahip olduğu anlamına gelir. Özellikle veri iletişiminin dağıtık ve yaygın mimariler ile tüm ilgili kaynaklara hızlı ve güvenli bir şekilde aktarılması toplam işlem sürecinde önemli bir etken olduğu için veri iletişimi karar verme sürecinin en önemli parçasıdır.

Şekil 14: Bilginin Geçirdiği Komuta Kontrolde Geçirdiği Süreç



Tüm bu gereklilikler aslında bir doktrin içerisinde kendine yer bulduğu ölçüde doktrin başarılıdır. Bu gereklilikleri daha iyi irdelemek adına takip eden bölümde Türk Tipi Taarruz Kompleksinin unsurları teker teker incelenecektir. Bu anlamda ilk olarak iletişim altyapısına imkân veren TAFICS gibi sistemler daha detaylı bir şekilde incelenecek ve ilerleyen bölümlerde ortaya konacak sistem mimarisinin daha iyi anlaşılması ile birlikte söz konusu doktrin etkinliği de anlaşılacak olacaktır.

19. Garamone, Jim. “Dunford: Speed of military decision-making must exceed speed of war.” US Department of Defense 31 (2017).

i. İletişim Altyapısı

TAFICS

İlk olarak 1996 yılında başlamış olan Türk Silahlı Kuvvetleri Entegre Muhabere Sistemi (TAFICS) TSK'nin ses, resim, yazı vb. verileri kablolu bir şekilde yüksek güvenlik ile yurdun dört bir yanındaki ilgili birliklere aktarılmasına imkân sağlayan bir haberleşme sistemidir. Sahip olduğu mimari ve yaygın, hızlı ve güvenli altyapısı ile Türk Silahlı Kuvvetlerinin en önemli altyapı projelerinin başında gelen TAFICS sayesinde bu altyapıya sahip herhangi bir unsura aktarılan veri, yüksek bant genişliğine sahip bu iletişim hatları sayesinde diğer ilgili birliklere aktarılabilir ve karar verme sürecinin hızlandırılmasına önemli bir katkı sağlanmış olur.

Kablolu haberleşme yöntemi olan TAFICS, Türkiye'nin önemli askeri üstlerinin ve hatta önemli sistemlerinin konuşlu olduğu tüm birlikleri fiber optik kablolar yardımı ile birbirine bağlayan ve kablolu bir şekilde veri iletişiminin yüksek güvenlik ile gerçekleşmesini sağlayan bir altyapı projesidir. Bu proje ile Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde bulunan ve aktif bir şekilde harp sahasına konuşlandırılmış tüm birliklerin, sistemlerin ve alt sistemlerin birimleri ile haberleşmeleri sağlanmış olur.

Bununla birlikte kablolu bir haberleşme bağlantısı olduğu için TAFICS'te veri aktarımı hem yüksek hızlarda hem de güvenli bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Harp sahasındaki radarların, hava savunma sistemleri ve farklı hava, kara ve deniz platformlarından elde edilen veriler, komuta kontrol merkezleri aracılığıyla ülkenin her tarafına iletilerek olası tehditlere karşı hızlı bir karar verme süreci sağlanmakta ve tehdit kaynağından ortadan kaldırılabilme imkânı elde edilmektedir. Tüm bu açılardan değerlendirildiğinde, Türk Tipi Taarruz Konseptinin en önemli unsurlarından birinin TAFICS olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Türk Tipi Taarruz Konsepti'nde TAFICS ile birlikte yer alan Link-16 gibi haberleşme sistemleri, doktrinin altyapısını oluşturan bu haberleşme yapısının bir parçasını oluşturmaktadır. Geri kalan tüm sistemler üstü sistemler, sistemler ve alt sistemler bu yapılar etrafında şekillenir. Bu yapılar, ürettikleri verileri birbirleriyle paylaşarak doktrin içinde fayda-maliyet ekseninde en hızlı ve doğru kararı vermeyi amaçlar. Karar verildikten sonra, ilgili birimlerin hızlı ve etkili bir şekilde kararı uygulaması ve tehdidi/riski ortadan kaldırması beklenir.

TASMUS

Türk Tipi Taarruz Konsepti içinde, karar alma ve uygulama mekanizmalarının ana omurgasını oluşturan sistemlerden biri olan TASMUS, Taktik Saha Muhabere Sistemi olarak adlandırılan ve savaş alanının ortak bir resmini yarı gerçek zamanlı olarak elde etmeyi ve savaş sistemleri arasında veri paylaşımını sağlayan ağ merkezli bir iletişim altyapısıdır.

TASMUS, dayanıklı, esnek, güvenli ve mobil bir ağ yapısıyla taktik alanda komutanların mevcut ve gelecekteki tüm iletişim gereksinimlerini karşılamayı amaçlamaktadır.

TASMUS, taktik alanda kablolu yerel alan erişimine ek olarak mobil radyo ve Combat Net Radio şebekeleri aracılığıyla kullanıcı erişimine olanak tanıyan en son teknoloji askeri iletişim teknolojilerini bir araya getirir. TASMUS, askeri operasyonların merkezinde konuşlandırılarak ordu ile tabur/bölük seviyesi arasında kesintisiz iletişimi sağlamayı amaçlar.²⁰

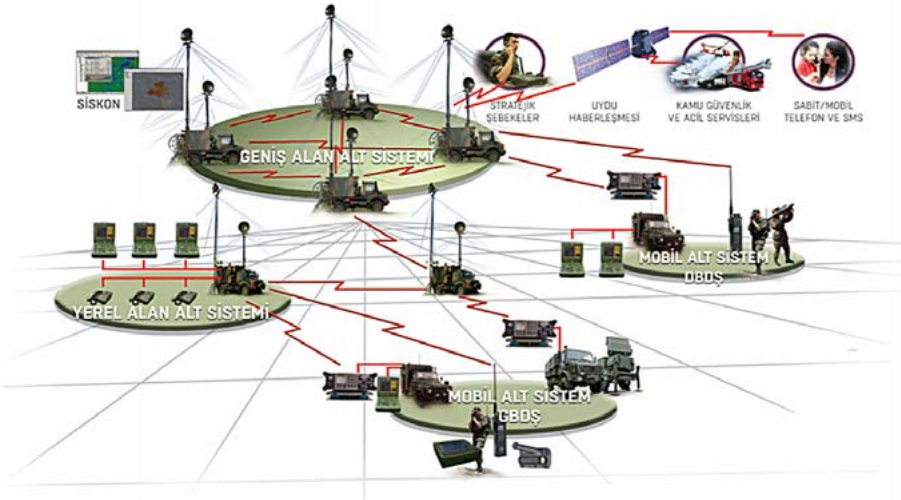
TASMUS uydu sistemlerine entegre edilebilen, HF/UHF/VHF Telsizlerin bağlanabilmesi için gereken arayüzlere sahip, harici (Ticari / Askeri) ses ve IP şebekeleriyle uyumlu, gerektiğinde mevcut Fiber Optik altyapılarından faydalanabilen bir haberleşme sistemidir. TASMUS, kullanıcılarına kompakt, taşınabilir, genişleyebilir, güvenli ve kullanımı kolay bir sistem sunmaktadır.

Tamamen IP tabanlı bir haberleşme ağı omurgası oluşturan yenilenen TASMUS Sistemi (TASMUS-II), hem IPv4 hem de IPv6 paketlerini yönlendirme kabiliyetine sahip, yönlendiriciler içermektedir. Kullanıcılara Elektronik Korunma Tedbirleri (LPI/LPD, TRANSEC & COMSEC ve uçtan uca kriptolu haberleşme) altında ses (açık/kriptolu), veri (açık/kriptolu), görüntü, dosya transferi, faks gibi birçok güvenli haberleşme servisi sunar.

ASELSAN'ın geliştirdiği GRC-5220 Taktik IP Radyolink cihazları ile Sistem Erişim Noktaları arasındaki bağlantı sağlanmaktadır. GRC-5220, OFDM tabanlı ve frekans atlama yeteneğine sahip bir radyo cihazıdır. MIMO teknolojisi sayesinde 200 Mbps'in üzerinde bir Ethernet veri hızı (100 Mbps full-duplex) elde edilebilir. Bunun yanı sıra, radyolar uygun RF koşullarında 100 km'nin üzerinde haberleşmeyi destekleyebilirler.

20. ASELSAN, TASMUS, <https://www.aselsan.com/tr/savunma/urun/373/tasmus>, (Erişim Tarihi: 15 Ocak 2023).

Şekil 15: TASMUS'un Yapısı



Kaynak: ASELSAN, "TASMUS HBT-TASMUS/ T001 / 04-2017" https://www.wcdn.aselsan.com/api/file/TASMUS_TR.pdf, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

TASMUS-G Sistemi, Türk Silahlı Kuvvetleri envanterine 2010 yılında kazandırılmış, ASELSAN tarafından geliştirilmiş bir sistemdir. Bu sistem, birinci nesil TASMUS Sistemi'nin teknolojik gelişmeler doğrultusunda yeniden tasarlanmasıyla oluşturulmuştur. Sistemin, Ağ Merkezli Savaş konseptine uygun olması, güçlü IP altyapısı ve esnek mimarisi sayesinde taktik alanda her türlü haberleşme gereksinimine yanıt verebilecek entegre bir çözüm sunması hedeflenmektedir. TASMUS-II Sistemi, birinci nesil TASMUS'a göre kullanıcılar açısından 8-10 kat daha yüksek veri hızı kapasitesi sunmaktadır. Ayrıca, Komuta ve Kontrol Sistemleri'nin daha etkin kullanılabilmesi için sisteme önemli geliştirmeler ve ilaveler yapılmıştır. Güvenlik özellikleri de yeni kriterlere uygun olarak geliştirilmiştir.²¹

TASMUS-G Sistemi, ASELSAN'ın da katkılarıyla NATO bünyesinde hazırlanan TACOMS POST 2000 mimarisine uygun bir yapıda tasarlanmıştır. Bu sistem, gelecek nesil taktik saha haberleşme sistemlerinin yapısına uygun bir şekilde tasarlanmıştır ve temel olarak dört alt sistemden oluşmaktadır. Bu alt sistemler aşağıda belirtildiği gibidir:

21. TASMUS-G Assurance of Tactical Area Communication System, Defence Turkey, Mayıs 2022, <https://www.defenceturkey.com/en/content/tasmus-g-assurance-of-tactical-area-communication-system-701>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

Geniş Alan Alt Sistemi: Sistem Giriş Noktaları (SGN) aracılığıyla hareket bölgesini kapsayan radyolink cihazlarının birbirine bağlanmasıyla oluşan ızgara yapısıdır. Bu ızgara yapısı, sistemin ana gönderme ortamını oluşturur. Yerel Alan Alt Sistemleri arasında yüksek kapasiteli anahtarlar hizmetini sunan ve ayrıca stratejik sistemlere erişimi sağlayan alt sistem, TAFICS, PTT, NATO muhabere sistemleri gibi sistemlere erişim imkânı sunar.²²

Yerel Alan Alt Sistemi: Taktik alandaki tüm kullanıcılara hizmet veren sistem, Mobil Abone Giriş Noktaları (MAGN) ve Komuta Yeri Erişim Paketlerinden (KEP) oluşur. Sistemde, telli ve telsiz abonelerin ses, veri ve görüntü iletişimini sağlayan Yerel Alan Alt Sistemi (LAS-Local Area Subsystem) yer almaktadır. Komuta Yeri Erişim Paketleri, Tümlşik Erişim Santralleri kullanarak yüksek kapasiteli IP altyapısı sağlayarak komuta yerlerine erişim imkânı sunar. IP tabanlı Komuta ve Kontrol uygulamalarının haberleşme performansı bu altyapı ile artırılabilir.²³

Mobil Alt Sistem: Sistem, TDMA Modunda çalışan yazılım tabanlı 9651 El Telsizleri ile 9661 Araç Telsizlerinden oluşur. Mobil Alt Sistem, sistemin telli kullanıcılara sunduğu tüm haberleşme servislerini mobil kullanıcılara da sağlayabilir.

Sistem Kontrol Alt Sistemi (SİSKON): Sistem yönetimi, işletme planlarının hazırlanması, frekans planlaması, telsiz kapsama alanı analizleri, bütün birimlerin konfigürasyonları ve değişikliklerinin yapılması, sistemin performans hesaplarının yapılması, sistemin izlenmesi, kripto cihazlarının anahtarlarının üretilmesi ve uzaktan gönderimi gibi görevleri yerine getirir. Bu görevler, sistemin güvenli, etkili ve kesintisiz bir şekilde çalışmasını sağlamak için gerçekleştirilir.

TASMUS, taktik seviyede ses, görüntü ve veri iletimini minimum altyapı gereksinimleri ile entegre bir şekilde gerçekleştirerek harp sahasında veri iletişimini sağlar. Sensörlerden elde edilen veriler, TASMUS aracılığıyla TAFICS ve hatta ihtiyaç halinde X-BAND uydu terminalleri ile de bağlantı kurabilme kabiliyeti ile entegre bir veri iletişimi sağlamaktadır.

22. TACS, AnaYurt Güvenliğinde Haberleşme Çözümleri, Dr. Faik Eken, ASELSAN Haberleşme Cihazları Grup Başkanı, <https://www.tacs.eu/tr/Doc/anayurt-guvenligi.htm>, (Erişim Tarihi: 13 Ocak 2023).

23. *A.g.e.*

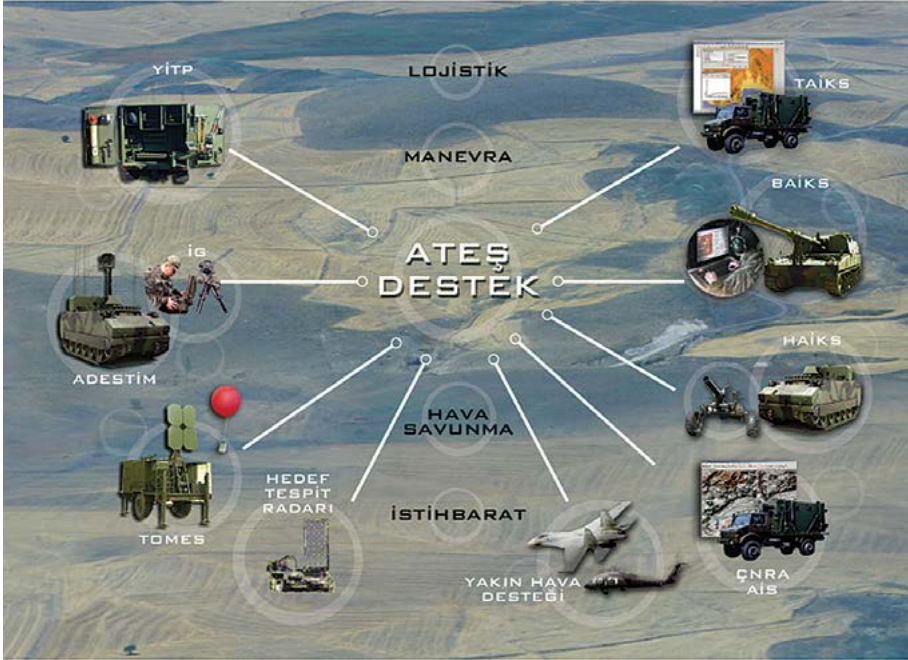
ii. Komuta Kontrol

ADOP-2000

TASMUS ile birlikte Türk Tipi Taarruz Konsepti'nin bir diğer sistemler üstü sistemi olan ADOP-2000 Ateş Destek Komuta Kontrol Sistemi, çeşitli ateş destek sistemlerinin entegre bir şekilde bir araya getirildiği ASELSAN tarafından geliştirilmiş bir yapıdır. ADOP-2000, harp sahasında hedefin tespit edilmesinden başlayarak hedefe dair verilerin değerlendirildiği, uygun ateş desteği ve komuta kontrol yapısının otomatik olarak seçildiği ve hedefin imhası ile sonuçlanacak bir zincirin yönetildiği entegre bir sistemdir.²⁴

ADOP-2000 ile ilgili detaylara üçüncü bölümde detaylıca değinildiği için burada sistem ile ilgili verilen bilgiler sınırlı tutulmuştur.

Şekil 16: ADOP-2000 Bileşenleri



Kaynak: ASELSAN, "ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/ T001/ 08-2020," [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

24. ASELSAN, "ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/ T001/ 08-2020," [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

HERİKKS, çeşitli komuta kontrol üniteleri, hava savunma silahları, radarlar, haberleşme birimleri ve hava savunma sistem yazılımlarını bir araya getirir. Sistem, açık mimariye ve dağıtık mimaride çalışan modüler donanım ve yazılım altyapısına sahip olması sayesinde farklı türdeki radar ve silah sistemlerinin entegrasyonuna uygundur.

HERİKKS, Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde kullanılan farklı taktik veri bağı sistemleri (Link-16, JREAP-C, Link-11B, Link-1) ile uyumlu olup ASEL-SAN'ın muhabere sistemi TASMUS ile de uyumlu çalışabilmektedir. Sistem, hedef setlerine yönelik manuel, yarı otomatik veya otomatik hedef-silah eşleşmeleri yapabilme özelliğine sahip olup, hava savunma radarlarından tespit edilen tehditlere yönelik hava savunma sistemlerinin hızlıca görevlendirilerek imha edilmesini sağlamakta ve ayrıca farklı noktalardaki yakın hava savunma birimlerinin angajmanlarının çakışmasını önlemektedir.

HERİKKS, esnek bir yapıda çok sayıda alt bileşeni içeren bir komuta kontrol mimarisidir ve sadece bir veya birkaç araçtan oluşmamaktadır. Sistem, Kara Kuvvetleri Komutanlığı için geliştirilmiş olmasına rağmen, üst yapıda Ağ Merkezli Harp ve “multi domain” anlayışına uygun olarak Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın yönetimindeki RADNET ve HvBS(Hava Kuvvetleri Bilgi Sistemi) ile veri paylaşabilmekte ve bu çatı organizasyonların altında çalışabilmektedir. HERİKKS sistemi, otuzdan fazla farklı platform tipini içermektedir. Mevcut durumda, HERİKKS envanterde otuzdan fazla askeri birlikte dört yüzden fazla birim ile görev yapmaktadır. Tatbikatlar ve saha kullanımlarında alınan veriler, HERİKKS HSHM birimleri arasında günlük olarak ortalama 1 milyon mesajın paylaşıldığını göstermektedir. Bu mesajların büyük çoğunluğu sistem tarafından otomatik olarak paylaşılan gerçek zamanlı bilgilerdir. Çeşitli dağıtılmış sensörlerden hedef iz bilgilerini birleştirerek (Sensor Füzyon) gerçek zamanlı ortak hava resmi üretilebilmektedir.

HERİKKS'in içerisinde Batarya Atış Kontrol Merkezi, Tabur Atış Kontrol Merkezi ve Erken İhbar Merkezi (ERİMAY) gibi alt komuta kontrol sistemlerini içeren ve yöneten bir sistemdir ve aynı zamanda bu sistem Hava Resmi Paylaşım Arayüzü (HARPAY) üzerinden müttefik hava savunma sistemlerinden gelen bilgileri de işleyebilme kapasitesine sahiptir. HERİKKS, doğrudan Batarya Atış Kontrol Merkezi üzerinden hava savunma sistemlerini yönetebilir ve ayrıca Tabur Atış Kontrol Merkezi ve/veya Tugay Hava Savunma Harekât Merkezi üzerinden de yönetilebilir. Sistem, hem sabit tesislerde kurulabilen bir yapıya sahiptir hem de taktik sahada araç üzerinde kullanılabilir. Bu nedenle HERİKKS, sistem üstü sistem bir yapıda yer almaktadır.

Türk Tipi Taarruz Konsepti, sistemler üstü sistemlere ek olarak birçok sistem, bu sistemlerin altında onlarca alt sistem ve binlerce bileşen içermektedir. Bu konsept, özellikle Türk Silahlı Kuvvetleri'nin müdahil olduğu Suriye, Libya ve Karabağ gibi muharebe ortamlarında uygulanmıştır. İstihbarat Keşif Gözetim, Haberleşme, Elektronik Harp ve Ateş Gücü sağlamak için çeşitli sistemler kullanılmaktadır.

Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS)

Mart 2017'de Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSB) ile ASELSAN arasında Kara Kuvvetleri Komutanlığı ihtiyacına yönelik Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS) projesi için sözleşme imzalandı.²⁶

Bu sistem, elektronik harp sistemlerinin daha koordineli ve etkili bir şekilde kullanımını sağlamaktadır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak hızla değişen muharebe sahasında, elektronik harp ve istihbarat faaliyetlerinde daha hızlı, doğru bir şekilde değerlendirme, karar verme ve komuta etme ihtiyacını karşılamaktadır.

Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde birçok elektronik harp sistemi bulunmaktadır. MİLKAR 3A3, KORAL, REDET, REDET II gibi muhabere ve radar sistemlerinin yanı sıra, küresel konumlama sistemlerine karşı karıştırma yapabilen sistemlerin temini için projeler de devam etmektedir. EHKKKS, bu sistemlerin koordineli kullanımı için kritik öneme sahip bir sistemdir.

Elektronik Harp sistemlerinde yer alan unsurların görev yönetimi, veri kıymetlendirmesi, çevrimdışı sinyal analizi, görev öncesi planlaması, trafik ve ses analizi benzeri kritik işlevlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede bilgi üstünlüğünü artırarak muharebe etkinliğini yükseltmekte ve düşmanın harekât alanındaki bağlantı ve tertiplenme durumlarını ortaya çıkarmaktadır. EHKKKS ile EH (Elektronik Harp) unsurlarına komuta kontrol bilgi sistemi yetenekleri kazandırılarak EH sistemlerinin diğer komuta kontrol bilgi sistemleriyle entegrasyonu sağlanmaktadır.

Elektronik harp faaliyetlerinde kullanılan verilerin depolanması, analizi ve sonrasında karşı saldırılarda kullanılması büyük bir önem taşır. Bu nedenle, hâlihazırda bağımsız çalışan sistemlerin EHKKKS aracılığıyla tek mer-

26. Fatih Mehmet Küçük, "Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS)," Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/aselsan-elektronik-harp-komuta-kontrol-ve-koordinasyon-sistemi>, (Erişim Tarihi 13 Şubat 2023).

kezden yönetilmesi ve TASMUS, TAFICS ve diğer radyolink sistemleri aracılığıyla veri paylaşımının gerçekleştirilmesi, elektronik harp sistemlerinin etkinliğini HERİKKS sistemi gibi yüksek seviyelere taşıyacaktır.²⁷

EHKKS kapsamında, ordu, kolordu ve tugay seviyelerinde kullanılmak üzere Elektronik Harp Kontrol ve Koordinasyon Merkezi (EKKOME), Elektronik Harp Kontrol Ünitesi (EHKÜ) ve Elektronik Harp Komuta Merkezi (EHKM) gibi mobil platformlar bulunmaktadır. Ayrıca, kaydedilen verileri depolamak ve analiz etmek için sabit konumlu bir Veri Yönetim Merkezi (VYM) mevcuttur.

iii. İstihbarat Keşif Gözetleme Sistemleri

İstihbarat, Keşif ve Gözetleme (IKG) görevleri, harp ortamı içerisinde hem dost birliklerin hem de düşman birliklerin konumlarını, hareket alanlarını, istihkam durumlarını vb. harp ortamına dair tüm bu verileri neredeyse gerçek zamanlı olarak elde etme, sınıflandırma ve ilgili diğer unsurlara aktarma işlemlerini kapsar. IKG görevi sensör tabanlı bir görevdir yani ilgili sistemlerin içerisinde yer alan alt sistemler ve bu alt sistemler içerisinde bileşen seviyesinde yer alan sensörler ve çevresel birimler sayesinde ilgili sistemlere bu kabiliyet kazandırılmış olur.

Bu durumu İnsansız Hava Sistemlerinde görmek mümkündür. İHS yani İnsansız Hava Sistemleri, Yer Kontrol İstasyonları (YKİ), veri bağları ve insansız hava araçlarının bir araya getirdiği sistemlerdir. Bu sistemlerin en temel görevleri arasında IKG görevleri bulunur ve hatta dünyada IKG görevlerinin büyük çoğunluğu günümüzde bu sistemler üzerinden icra edilmektedir. Söz konusu İHS sistemleri üzerlerinde çeşitli alt sistemler bulundurmaktadır. Bu alt sistemlerin başlıcaları arasında EO/IR sistemleri, radarlar, veri bağları, mühimmatlar, hava aracının ikamesini ve görev yapmasına imkân tanıyan çeşitli gömülü bilgisayarlar ve bu sistemlere hareket imkânı veren itki sistemleri sayılabilir. EO/IR sistemleri ve radarları entegre edilmiş bir insansız hava aracının IKG görevi yapması mümkünken, bu alt sistemler veya IKG görevi görece herhangi bir alt sistem bulunmadığı takdirde IKG görevi yapması mümkün olmaz zira IKG görevinin gerçekleşebilmesi bu sensörlerin varlığına bağlıdır.

Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde hem IKG görevleri için hem de IKG görevi sonucunda elde edilen hedefe ait verilerin, en hızlı biçimde ateş

27. A.g.e.

altına alınması yani hedefe yönelik bir ateş gücünün yönlendirilmesi adına yerli ve milli imkânlarla geliştirilmiş birçok insansız hava sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerin taktik/stratejik ve MALE (Medium Altitude Long Endurance) sınıfta yer alan başlıca unsurları arasında Baykar Teknoloji tarafından geliştirilen Bayraktar TB-2 ve AKINCI ile Türk Havacılık Uzay Sanayi tarafından geliştirilen Anka ve Aksungur gibi sistemler bulunmaktadır. İlgili sistemlerin her biri hem ISR görevi yapabilecek çeşitli EO/IR sistemleri ve radarlar ile donatılırken, yerli imkanlarla Roketsan tarafından geliştirilen MAM-L, MAM-C, MAM-T ile Tübitak SAGE tarafından geliştirilen Bozok gibi mühimmatları kullanabilir ve aynı zamanda yine çeşitli Türk Savunma Sanayi firmaları tarafından geliştirilen güdüm kitlerine sahip akıllı mühimmatlar ile de ateş gücü oluşturabilir.

İnsansız Hava Araçlarının birlikte kullanıldığı ve insansız bir hava aracını, insansız bir sistem haline getiren Yer Kontrol İstasyonları (YKİ), insansız hava aracından IKG görevi elde edilmesinin vazgeçilmezidir. Hem ilgili hava aracının kontrolünü, verilerinin elde edilmesini ve değerlendirilmesini sağlarken hem de ilgili verileri işleyebilen, tasnif edebilen ve sonrasında çeşitli haberleşme yapılarına entegre bir şekilde farklı unsurlara aktarımını sağlayan bu sistemler insansız hava aracının kontrolü için takip antenleri, RTK GPS modülleri, Otomatik İniş Kalkış Sistemi vb. birçok alt sistemi de bünyesinde barındırabilir.

Bununla birlikte yine bu konsept içerisinde yer alan çeşitli bulut altı insansız hava araçlarının kullanımı ile de IKG görevleri icra edilebilir. Bu platformlarda taşınan EO/IR sistemleri oldukça gelişmiş sistemlerdir. Sahip oldukları Gün Işığı(Elektro-Optik) ve Kızılötesi kameralar ile hatta kimi zaman multispektral/hiperspektral ve SWIR kameralar ile yer hedeflerine karşı çeşitli spektral bantlarda veriler toplanabilir, lazer mesafe ölçerler veya çeşitli yazılımlar sayesinde ilgili hedeflerin jeolokasyonları belirlenebilir, lazer işaretleyiciler yardımı ile kısa menzilden de olsa hedef işaretlemesi yapılabilir ve içerlerinde genellikle dahili olarak bulunan yapay zeka bilgisayarları yardımı ile hedeflerin tespit edilmesi, sınıflandırılması ve hatta haritalama gibi fonksiyonlar kullanılabilirken, ilgili diğer ateş güçleri ile bu veriler neredeyse gerçek zamanlı olarak paylaşılabilir.

Bununla birlikte Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde yer alan bir diğer IKG görevi üstlenebilecek unsur ise Barış Kartalı AEW&C (Havadan Erken İhbar ve Kontrol / HEİK) ve uçaklarıdır. Boeing 737 AEW&C tipi uçaklar sahip oldukları çeşitli aviyonik sistemler sayesinde harp ortamında 360 derece-

lik gözetleme yeteneği sağlar. Neredeyse gerçek zamanlı olarak bir hava şemsiyesi içerisinde bulunan tüm hedefleri başta Northrop Grumman tarafından geliştirilen MESA (Multi-role Electronicallay Scanning Array) (GaAs teknolojili AESA) radarı olmak üzere, çeşitli aviyonikler ile tespit ve teşhis ederek jeolojikasyon bilgilerini elde edebilir. Görev ve hedef profiline göre değişmekle birlikte maksimum 600 km alanı tarayabilen Barış Kartalı uçakları 3000 adede kadar deniz ve kara hedefini izleyebilmektedir. 10 saate kadar havada kalabilen uçaklar yakıt ikmali ile maksimum 20 saat havada kalırken 4 adet uçak ile Türkiye'nin etrafında uçan bir erken ihbar ağı kurulabilmektedir. Uçakların üzerindeki gelişmiş MESA radarın anteni ile çok uzun mesafelerde ELINT (Elektronik İstihbarat) görevleri icra edilmektedir. Görev profiline göre Radarın enerjisi yükseltilerek belirli sektörlerin taraması gerçekleştirilebilir. Barış Kartalı sahip olduğu gelişmiş sensörlere ek olarak gelişmiş muhabere sistemlerine de sahiptir. 20 adedin üzerinde haberleşme kanalı bulunan uçakta HF, VHF/UHF, UHF telsiz setleri, SATCOM, Link 4A, Link 11 ve Link 16 data link sistemleri bulunmaktadır. Savunma Sanayii Başkanlığı tarafından yapılan bilgilendirmelere göre Türkiye Havadan Erken İhbar görevlerinde de İHA kullanımını üzerinde konseptleri çalışmaktadır. Çok kritik uçaklar olan Barış Kartalı uçaklarının ABD'den temin edilmesi nedeni ile olası kaybı durumunda yeniden temini veya filonun genişletilmesi teorik olarak mümkün olsa da pratikte oldukça düşük ihtimal görülürken filonun yerli sistemler ile desteklenmesi insanlı gelişmiş bir HEİK uçağından önce eldeki imkanlar ile insansız bir erken uyarı uçağına yapılması çok büyük avantaj sağlayacaktır.²⁸

Bununla birlikte Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde bulunan ve asıl görevi hava ve kara hedeflerine karşı angajman ile ateş gücü sağlamak olan F-16 savaş uçakları üzerlerinde bulunan Aselsan tarafından geliştirilen ASELPD, Lockheed Martin tarafından geliştirilen LANTIRN ve SNIPER gibi elektro optik podlar sayesinde kısmen de olsa IKG görevi icra edebilir ve özellikle kara hedeflerine karşı angajman sağlayabilir. Ayrıca SNIPER POD ile havadan hava görevlerde hava araçlarının tespiti de gerçekleştirilebilmektedir. 230 adedin üzerinde F-16'ya sahip olan Türkiye uçakları farklı tarihlerde partiler halinde tedarik etmiştir. Blok 30, Blok 40, Blok 50 ve Blok 50+ olarak nitelendirilen bu uçaklar farklı özellikleri haizdir. Ortak Yapılandırma Uygulama Programı (CCIP) ile mevcut F-16'lar Block 50+ / 52+ seviyesine getirilme-

28. Boeing Türkiye, 737 Havadan Erken İhbar ve Kontrol, <https://www.boeing.com.tr/urunler-ve-hizmetler/savunma-uzay-ve-guvenlik/hik-baris-kartali.page>, (Erişim Tarihi 15 Şubat 2023).

sini kapsayan bir yazılım ve donanım modernizasyon programına sokulmuştur. ABD Hava Kuvvetleri için başlayan program daha sonra Türk Hava Kuvvetleri tarafından da Peace Onyx III projesi ile Block 40 ve Block 50 modeli uçaklara uygulanmıştır. CCIP ile modernize edilen F-16'lara APG-68(V)9 radarı, renkli kokpit aviyonikleri, yeni çekirdek aviyonik işlemciler; Link 16, modern bir iletişim veri bağı gibi sistemler entegre edilmiştir. APG-68(V)9 radarı ile F-16'lar hava hava ve hava yer görevlerini icra edebilmektedirler. Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) yeteneği de olan radar ile yüksek çözünürlüklü resimler üretilmektedir.²⁹

Türk Tipi Taaruz Konsepti içerisinde yer alan bir diğer ISR unsuru ise gözetleme uydularıdır. Telespazio-İtalya (TPZ) ve Thales Alenia Space-Fransa (TAS-F) firmaları tarafından Türk Havacılık ve Uzay Sanayii alt yükleniciliğinde geliştirilen Göktürk-1 uydusu 2016 yılında fırlatılmış ve halen aktif olarak görev yapmaktadır. GÖKTÜRK-1 uydusu ile birlikte herhangi bir coğrafi kısıtlama olmaksızın dünya üzerinde herhangi bir bölgeden askeri istihbarat amaçlı yüksek çözünürlükte görüntü elde edilebilir ve aynı zamanda pek çok sivil uygulama alanında da görüntü ihtiyacını karşılayabilir. <1m çözünürlüğe sahip olunan Göktürk-1 uydusu, Göktürk-2 uydusunun ardından devreye girmiş ve 2023 yılına kadar görevde kalması beklenmektedir. Üzerinde yer alan elektro optik kamera yardımı ile nokta, şerit, geniş alan ve stereo görüntü imkânı sunan Göktürk-1 yaklaşık 2.5 günlük tekrar ziyaret zamanına sahiptir. Bu kabiliyetleri ile ISR görevlerinde aktif bir şekilde kullanılabilen Göktürk-1 uydusu, Türk Tipi Taaruz Konsepti içerisinde kendisine aktif bir şekilde yer bulmaktadır.³⁰

iv. Elektronik Harp Sistemleri

Elektronik harp sistemleri bir ordunun en mahrem sistemlerinin başında gelmektedir. Bu sebeple haklarındaki bilgiler çok sınırlı olmakla birlikte ülkelerin elektronik harp kabiliyetlerinin ulaştığı noktalar çatışma bölgelerindeki aktif performansları ve sizin elektronik istihbarat sistemlerinizin algılaya-

29. Cem Doğut, Dünyada ve Türkiye F-16 Savaşan Şahinler, Defence Turkey Dergisi, Sayı 99, <https://www.defenceturkey.com/files/content/5ee0e134c3e48.pdf>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

30. Hatice Bilge İspir, “Önce Karın Tokluğu Sonra Uzay Boşluğu – 2 : Uydular”, Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/once-karin-toklugu-sonra-uzay-boslugu-2-uydular>, (Erişim Tarihi: 16 Şubat 2023).

bildikleri ölçüde bilinmektedir. Türk Silahlı Kuvvetleri de çok sayıda elektronik harp sistemine sahiptir. Tanım olarak çok geniş bir sahaya hitap eden elektronik harp sistemleri elektromanyetik spektrumda dinleme, tespit, teşhis, karıştırma, savunma gibi farklı amaçlar içermektedir. Bu kapsamda Elektronik Harp sistemlerinde Elektronik Taarruz (ET) ve Elektronik Destek (ED) sistemleri öne çıkmaktadır.

Türkiye elektromanyetik spektrumun muhabere, radar, konumlama gibi farklı alanlarına yönelik sistemleri geliştirmekte ve kullanmaktadır. Bunlardan bir kısmı şu şekildedir;

- MİLKAR 2U
- MİLKAR 3A2
- MİLKAR 3A3
- MİLKAR 4A2
- REDET
- REDET II
- KORAL
- KORAL II
- SEYMEN

Bahse konu sistemlerden MİLKAR serisi muhabere ve radar, REDET ve KORAL serisi radar, SEYMEN ise seyrüsefer sistemlerine yönelik çalışmaktadır. MİLKAR 2U C-160D uçağına kurulu olarak görev yapan radarlara yönelik karıştırma(jamming) görevi için geliştirilmiş bir sistemdir. MİLKAR 3 ve 4 serisi sistemler ise HF ve V/UHF bantta muhabere sistemlerine karşı elektronik taarruz sistemleridir. REDET ve KORAL sistemleri ED (Elektronik Destek) ve ET (Elektronik Taaruz) imkanlarını bünyelerinde bulunduran düşman radarlarının kapsama alanını daraltmak veya köreltmek için kullanılmaktadır.

Elektronik harp sistemleri hava savunma sistemlerine benzer şekilde kendi içlerinde sistemlerden oluşmaktadır. Komuta kontrol, ET ve ED için ayrı anten sistemleri ve jeneratörlerden oluşmaktadırlar. EH günümüz muharebe sahasının her aşamasında yer almaktadır. Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından sırt tipi veya araç üstü taşınabilir karıştırma sistemlerinden İHA'larda kullanılan ELINT / SIGINT (Elektronik İstihbarat/Sinyal İstihbaratı) sistemlerine kadar onlarca farklı EH sistemi bulunmaktadır. Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde yer verdiğimiz ve harekâtlarda özellikle kullanıldığını düşündüğümüz KORAL, REDET, MİLKAR 2U ve MİLKAR 3A3 gibi sistemler büyük EH sistemleridir.

v. Ateş Gücü

Türk Tipi Taarruz Konsepti içerisinde Türk Silahlı Kuvvetlerinin aktif bir biçimde kullandığı birçok ateş gücü bulunmaktadır. Hem kara hem hava hem de denizde yerli ve milli imkanlar ile geliştirilen karada çeşitli obüsler, havanlar, ÇNRA'lar (Çok Namlulu Roketatar), balistik füzeler, havada insansız hava araçları ve savaş uçakları ateş gücünün ana omurgasını oluşturmaktadır.

Türk savunma sanayii tarafından üretilen ve birçok operasyonda ciddi oranda kullanılan kundağı motorlu topçu sistemi T-155 Fırtına, 155mm obüs mühimmatı ile ASELSAN tarafından geliştirilen atış kontrol sistemi ve ADOP-2000 Ateş Destek Komuta Kontrol sistemi ile hedefleri entegre bir biçimde çok hızlı ve hassas olarak 40km menzilde ateş altına alma görevini üstleniyor. Bununla birlikte T-155 Fırtına-2 projesi ile yeni nesil obüslerin menzillerinin artırılması ve atış kontrol sistemlerinin geliştirilerek daha hassas bir şekilde hedeflerin imhası amaçlanıyor. T-155 Fırtına dışında M-52T ve M 110 A2 kundağı motorlu obüs sistemleri de Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Ayrıca envanterde M 107 ve M44T kundağı motorlu obüs sistemleri ile M115, M 114 A1/A2, M 101 A1, M 116 ve T 155 Panther çekili obüsler bulunmaktadır. Türkiye'nin Suriye'de gerçekleştirdiği harekâtlarda T-155 dışında M110 A2 KMO'nun da aktif olarak kullanıldığı görülmüştür. Çok eski bir obüs sistemi olmasına rağmen bol miktardaki mühimmat stoğu 203 mm çapındaki çok yüksek etkinlikli mühimmatı nedeni ile aktif olarak kullanıldığı değerlendirilmektedir. Türkiye gerçekleştirdiği harekâtlar neticesinde obüs mühimmatlarının daha hassas atış yapmasına yönelik projelendirmeler de gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda 105/155 mm Obüs Mühimmatı Mesafe Düzeltme Kiti projesi yürütülmektedir. Ayrıca ABD tarafından aktif olarak kullanılan ve Ukrayna'da da üstünlük sağlayan M982 Excalibur benzeri güdümlü mühimmat üretimi Türk savunma sanayii için gereklilik halini almıştır.³¹

Obüslerler birlikte konsept içerisinde atış destek amaçlı en çok kullanılan unsurlar ise ÇNRA'lardır. T-122 Sakarya Çok Namlulu Roketatar sistemidir. Aselsan, Roketsan ve Makine Kimya Endüstrisi tarafından geliştirilen bu sistem ile 10-40 km menzilde etkili bir şekilde görev yapabilir. T-122 Çok Namlulu Roketatar (ÇNRA) Silah Sistemi; gece ve gündüz fark etmeksizin

31. Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Modernizasyon Projeleri, <https://www.kkk.tsk.tr/modernizasyon.aspx>, (Erişim Tarihi 17 Ocak 2023).

her türlü hava ve arazi şartında, yüksek öncelikli hedeflere ve hatta kısmen dinamik hedeflere karşı da etkili bir şekilde görev yapabilir. T-122 Sakarya ile birlikte araç arkasından çekilen 3-11 km menzilli TR-107 ÇNRA da harekâtlarda aktif olarak kullanılmıştır. Bu sistemler ile birlikte yüksek yoğunluklu olmasa da 100-120 km azami menzile sahip TR-300 KASIRGA ÇNRA sistemi de kullanılmıştır.³²

ÇNRA'lar özellikle alan bastırmada uygun maliyetli ve etkin sistemler olsa da kitabın önceki bölümlerinde de dikkat çekecek şekilde hassas vuruş imkânı günümüzde önem kazanmıştır. Bu kapsamda Türk Savunma Sanayii tarafından Roketsan'ın 122 ve 300 mm ÇNRA'larının güdümlü versiyonları oluşturularak TRG-122 (KKS Güdüm), TRLG-122 (Lazer Güdüm) ve TRG-300 KAPLAN (KKS) füzeleri ortaya çıkartılmıştır. Ayrıca 230 mm çapında TRG-230 (KKS) ve TRLG-230 (Lazer) füzeleri ortaya çıkartılmıştır. KAPLAN füzeleri envantere girmiş olup TRG/TRLG-122 ile TRG/TRLG-230 füzelerinin de kısa envantere girmesi beklenmektedir. Ayrıca TRG-230 havadan karaya versiyonu geliştirilerek daha uzun menzilde (karadan kara 70 km, havadan karaya 150 km) süpersonik bir şekilde hedefini vurabilen versiyonu TRG-230İHA geliştirilmiş ve AKINCI TİHA ile test edilmiştir. TRLG-122'nin de İHA versiyonunun ortaya çıkması beklenmektedir. ROKETSAN tarafından geliştirilen bu hassas füzeler Türk Tipi Taarruz Konsepti'nin geleceğinde çarpıcı role sahip olacaktırlar.³³

Bu sistemlere ek olarak Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde yine yerli ve milli imkanlarla geliştirilmiş olan çeşitli hassas güdümlü mühimmatlar bulunmaktadır. Her türlü etki alanından fırlatılabilen çok çeşitli tipte bu mühimmatlar arasında seyir füzeleri, hava hava füzeleri, akıllı bombalar, balistik füzeler vb. başlıca unsurlar olarak sayılabilir. SOM, ATMACA ve ÇAKIR seyir füzelerine ek olarak geliştirme süreci devam eden Gezgin gibi daha uzun menzilli seyir füzesi projeleri de mevcuttur. BORA ve YILDIRIM gibi balistik füzeler ile birlikte Tayfun gibi daha uzun menzilli projelerin de geliştirme süreci devam etmektedir. Bununla birlikte insanlı veya insansız araçlardan kara hedeflerine karşı kullanılabilen, MAM-L, MAM-C, MAM-T, Bo-

32. Fatih Mehmet Küçük, "Türk Silahlı Kuvvetleri ve Esed Rejimi Uzun Erimli Saldırı ve Savunma Kabiliyeti", Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/turk-silahlı-kuvvetleri-ve-esed-rejimi-uzun-erimli-saldiri-ve-savunma-kabiliyeti>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).

33. *A.g.e.*

zok gibi mühimmatlara ek olarak, Hassas GÜDÜM Kiti, Kanatlı GÜDÜM Kiti, Gökçe, Teber, NEB vb. birçok mühimmat ve akıllı bomba da kullanılmaktadır.³⁴

Bununla birlikte son dönemde özellikle hem anti personel hem de SEAD/DEAD (Düşman Hava Savunma Sistemlerinin Bastırılması ve yok edilmesi) görevlerinde kullanılmak üzere geliştirilen çeşitli kamikaze insansız hava araçları mevcuttur. STM tarafından geliştirilen KARGU anti-personel, Lentatek tarafından geliştirilen KARGI ise SEAD/DEAD görevlerinde kullanılabilir.

34. *A.g.e.*

AĞ MERKEZLİ HARBİN ÖNEMLİ YAPILARI

4.1. SİSTEM ÜSTÜ SİSTEM

Bu bölümde öncelikle sistem üstü sistem kavramının “Systems of Systems” tabirinden farklı olarak tanımı ve bu tanımın gelecekteki Ağ Merkezli Harp dünyasındaki dönüşümü ele alınacaktır. Bu kitapta özgün olarak tanımlanan bu kavramın Türkiye’nin gelecekteki teknolojik, doktrinsel ve stratejik hareketleri açısından da önemli bir temel teşkil etme potansiyeli vardır.

Sistemler sistemi olarak çevrilen “Systems of Systems” kavramı daha büyük, daha karmaşık bir sistemin parçası olarak bağlam içinde birden çok bağımsız sistemin toplanmasına denmektedir. Bu bağımsız ve muhtemelen dağıtılmış sistemler, yeni ve daha karmaşık bir sistem yaratarak kaynaklarını bir araya toplar. Bir sistemler sistemindeki bireysel sistemler, bağımsız sistemlerin veya bileşen sistemlerin hiçbirinin kendi başına başaramayacağı işlevsellik ve performans sağlamak için birlikte çalışır.¹

Sistemler sistemi tanımının NATO’daki karşılığı ise şu şekildedir: “Farklı işlevlere sahip ve farklı yapılandırmalara sahip birçok bağımsız ve özerk sistemlerin bir araya gelmesiyle oluşan bütünsel bir sistemdir. Bu sistemler, birbirleriyle etkileşim halinde çalışarak, bir üst seviye işlevi yerine getirmek için koordine edilir ve kontrol edilir. Bu yaklaşım, birçok askeri uygulamada kul-

1. System of systems (SoS), Alexander S. Gillis, TechTarget, <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/system-of-systems-SoS>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

Şekil 18: Etki Alanlarına Göre Sistemler Sistemi

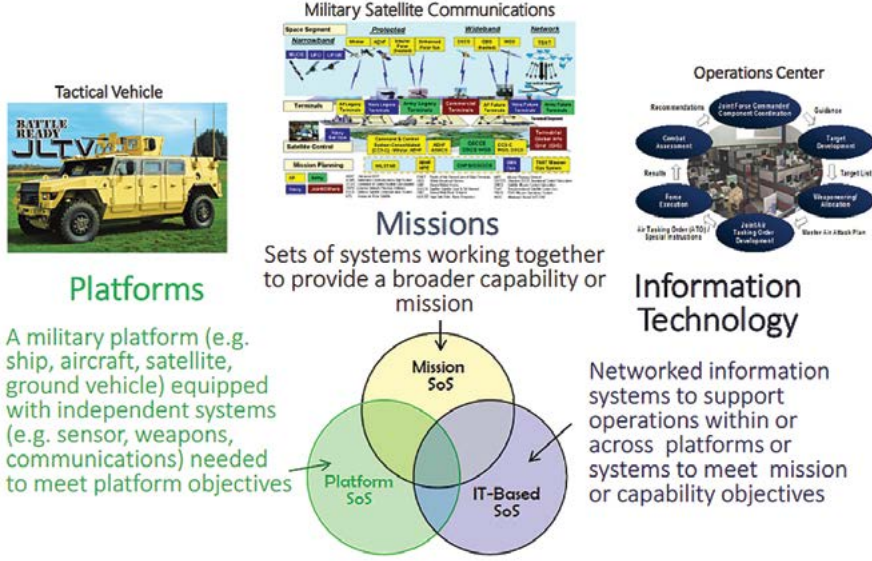


Figure 3: Systems of Systems Domains in Defence.

Kaynak: Systems of Systems Characterization and Types, Dr. Judith S. Dahmann, <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-276/EN-SCI-276-01.pdf>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

lanılmaktadır ve çeşitli sistemlerin farklı avantajlarını bir araya getirerek daha büyük bir kapasite ve etkinlik sağlamayı amaçlar.”²

Yerleşik NATO bakış açısında içerisinde çok sayıda alt sistem, sensör vb. eleman bulunan platformlar, komuta kontrol sistemleri, ağ ve veri bağı sistemleri sistemler sistemi olarak nitelendirilmektedir. Sistemler sistemi yapısı itibarı ile kitapta bahsi geçen çok sayıda sensör ve komuta biriminin bir araya geldiği devasa yapıları anlam itibarıyla kapsayacak yapıda olsa da yeterliliği noktasında soru işaretleri bulunmaktadır.

Sistem Üstü Sistem (SÜS) tanımından önce bu noktaya gelen yolu incelemek faydalı olacaktır. Bunun belirli bir yöntem ve formülü olmasa da yapılabilecek sınıflandırma aşağıdan yukarı sıralama ile şu şekildedir; malzeme, bileşen, alt sistem, platform, sistem ve sistem üstü sistem.

2. Systems of Systems Characterization and Types, Dr. Judith S. Dahmann, <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-276/EN-SCI-276-01.pdf>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

Şekil 19: Malzemeden Sistem Üstü Sisteme

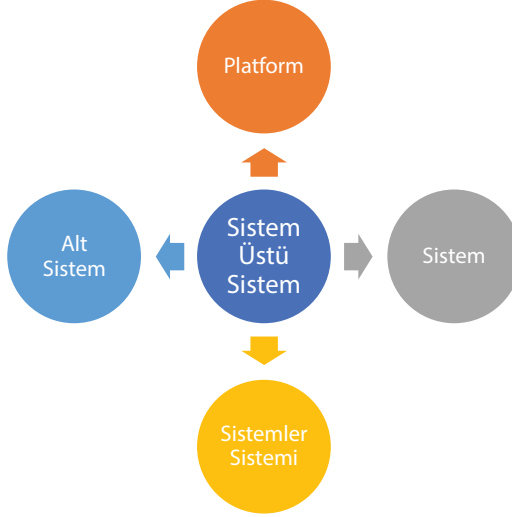
Bileşenler çeşitli malzemelerden bir araya gelen kimi çok basit yapıda kimi de çok kritik teknoloji ve prosesler sonucu elde edilen ve alt sistemi bir araya getiren sistem içerisindeki en küçük elemanlardır. Çok farklı sistemlerde benzer ve aynı bileşenlerin kullanılması mümkündür. Günümüz teknoloji ortamında bazı bileşenler örneğin kızılötesi sensörler hem sağlık hem de askeri alanda kullanılabilir. Aynı şekilde askeri alanda da hem kara aracında hem de aracın kullandığı mühimmatta yani birden fazla ve farklı hiyerarşideki birimde kullanılabilir. Bileşenlerin bir araya getirdiği alt sistemlerde de benzer bir olgu vardır. Ancak bu noktada bileşen bazındaki ortaklık ciddi oranda azalmaktadır. Örneğin, bileşen bazında Sony'nin imx serisi CMOS kamera sensörü hem askeri IKG sisteminde hem de sivil kameralarda kullanılabilir. Ancak alt sistem bazında askeri bir EO/IR sistemi sivil alanda kullanılamaz. Sınıflandırma sürecinde en çok kafa karışıklığı yaratacak nokta alt sistem, platform ve sistem üçlüsü özelindedir. Çünkü bazı platform ve sistemlerde bulunan alt sistemler konumu ve yerine göre kendi başına sistem olarak kullanılabilir. Örneğin, bir platform olan firkateynde bulunan arama radarı geminin alt sistemi olarak yer alırken radar kara üzerinde tekil olarak erken uyarı sistemi olarak görev yapabilir. Dolayısı ile alt sistem, platform ve sistem özelindeki ayrımlar bahse konu ünitenin nerede ve ne ile kullanıldığına göre değişmektedir. Kitapta yapılan değerlendirme spesifikasyonda bu hususlar göz önüne alınmıştır. Özellikle sonraki bölümlerde görüleceği üzere bu ayrımlar ile Türkiye'nin geleceğin Ağ Merkezli Harp dünyasındaki yansımalarına yönelik yatırımlarını erişilebilirlik ve gereklilik ekseninde değerlendirme ve önerileri yine bu sınıflandırma usullerine göre yapılacaktır.

Sistem Üstü Sistem yaklaşımı temel olarak çok sayıda sistemin ve platformun bir araya geldiği ancak bir araya gelen yapının merkezi veya dağıtık ağ merkezli yaklaşım ile bir bütün halde çalışabildiği yapıya denmektedir. Sistemler sistemi tanımından temel fark olarak sadece birden fazla sistemin bir araya gelmesi değil bunların beraberce ve çoğunlukla merkezi biçimde hareket edebilmesini kapsamaktadır. Bu kavram sayesinde bileşenden sistem seviyesine kadar tasarlanan tüm askeri enstrümanlar merkezi aklın kullanımına yönelik temel yeterlilikler çerçevesinde geliştirilecek veya üretilecektir. Bir ülkenin yerel kapasitesi ile inşa ettiği savunma ürünlerinin kabiliyet ve kapa-

sitesinde temel etkenler o ülkenin teknolojik yeterliliği, ham madde erişimi, askeri doktrini, coğrafyası, etki ettiği veya etkilendiği ülkeler ve örgütler ve üretim gücüdür. Bu etkenler çerçevesinde ülkenin elde edebildiği bileşen ve alt sistemler ile sistem seviyesinde ürünler elde etme imkânı doğar. Alt sistem ve bileşen bazındaki kabiliyetleri ise bu ülkelerin sistemlerinin verimliliğindeki limitleri etkileyen en önemli faktördür. Tabii müttefiklik veya farklı siyasal güçleri ile bu tarz noktalarda tedarik edememe veya istediği ürünü yurt dışında geliştirme imkânı olan ülkeler bu durumdan münezzehtir. Sistem üstü sistem anlayışının getirdiği olgu ile merkezi veya dağıtık tam entegre harp anlayışına uygun sistemlerin üretiminde bileşen ve alt sistem bazındaki ürünlerin gelişimine etki etmesi mümkündür. Özellikle bu bölümün alt sistem ve bileşenler ile ilgili alt başlıklarında ortaya konan yerel kapasitenin genel gelişmişliğe etkisine yani aşağıdan yukarı etkiye paralel olarak benimsenen bir sistem üstü sistem yapısı ile yukarıdan aşağıya da en azından zihinsel bir etki söz konusu olacaktır. Bu sayede geliştirilen sistemlerin çok büyük sistemler bütünü ile bir sistem üstü sistem oluşumuna katkı sunması sağlanacaktır.

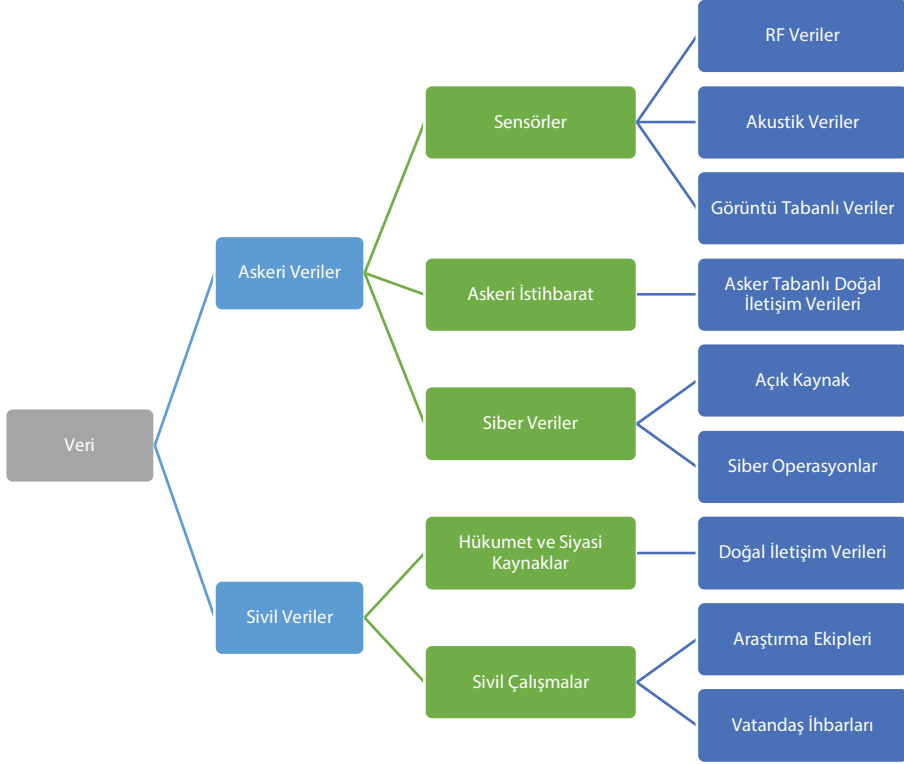
Sistem üstü sistem anlayışındaki temel zorluklar sadece teknolojik olmayıp zihinsel olarak da yaşanmaktadır. Yüzlerce ve hatta binlerce farklı birimin bir araya getirdiği bir yapının kurgulanması, iletişim topolojisinin oluşturulması ve hatta askeri birimlerin buna yönelik hiyerarşik reformlarını uygulaması çok karmaşık ve zor bir süreç olacaktır. Bu noktada çok farklı teknolojilerde özellikle iletişim, veri ve emir komuta iletimlerine yönelik standartizasyonlar oluşturulması ayrıca mevcutta kullanılanların da buna uygun biçimde konumlandırılması veya modernize edilmesi gerekmektedir. Muharebe sahası hiçbir zaman kolay tahmin edilebilir olmamıştır. Teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin beklenmedik olaylar ve teknolojik sistemlerin beklenmedik açıkları ortaya çıkmaktadır. AMH anlayışı çerçevesinde sistem üstü sistem dizaynı ile ortaya konan bir muharebe düzeninde her şeyin merkezi ve entegre kontrolü ile ilgili kurgular saplantı düzeyinde merkeziyetçi bir yapıya evrilirse bunun da kendi içerisinde çok büyük dezavantajlar silsilesi oluşturma potansiyeli bulunmaktadır. Nitekim merkeziyetçi yapı sürdürülürken çok büyük bir muharebe sahasında iletişim sıkıntıları oluşması veya merkezi askeri idarenin gerekli kısa zamanda tepki vermemesi yine büyük felaketler oluşturma potansiyeli taşımaktadır. SÜS Askeri birimlerin alt ve orta düzeydeki kurmay askerlerin anlık şartlar ve muharebedeki fırsatlara yönelik özerkliklerinin ellerinden alınması olarak okunmamalıdır. Bu tarz askerin doğasını zedeleyecek abartı hedefler devasa askeri kompleksin çöküşüne zemin hazırlayabilir.

Şekil 20: Sistem Üstü Sistemin İçerdikleri



Daha teknik bir zemine geldiğimizde önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere muharebe sahasındaki zaman kavramı başka bir boyuta erişmiş çok hızlı haberleşme ve IKG imkanlarının gelişmesi reaksiyon sürelerini azaltmış sahadaki dinamik değişim aralığını sıklaştırmıştır. Dolayısı ile SÜS yapısı sadece bütünsel yönetimi değil hızlı ve dinamik reaksiyonları da gerekli kılmaktadır. Bu noktada temel olarak sensör verilerinin, saha birliklerinin oluşturdukları istihbari verilerin, açık kaynak ve siber verilerin bir arada füzyon edilmesini sağlayacak daha sora bunları kullanıcı personele anlamlı ve kafa karışıklığı yaratmayacak biçimde aktarma noktasında çok ciddi çaba ve yenilikçi yaklaşım gerekmektedir. Bu süreçlerin hızlı gerçekleştirilebilmesi için hızlı iletişim, otomatikleştirilmiş veya yönlendirilebilir veri filtreleri ve bunları işleyecek güçlü yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. SÜS kapsamında ortaya çıkabilecek farklı veri türleri şu şekildedir:

SÜS temelde ulusal veya uluslararası boyutta etkin olabilecek, Türkiye özelinde düşünüldüğünde ise ülkenin ulusal güvenliğinin yönetildiği çatı merkez olabilecek bir devasa komuta kontrol tahayyülüdür. Hâlihazırda bu düşünceye paralel veya yaklaşan ulusal ve uluslararası çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmanın bu noktasından itibaren somut örnekler ile devam etmek kavramın anlaşılması açısından daha kolay olacaktır. İlk olarak Amerikan JADC2 ve ABMS sistemleri tanıtılacaktır. Sonrasında Türkiye'nin HARBIYE, ADY, HAKIM ve ADVENT sistemleri incelenecektir.

Şekil 21: Sistem Üstü Sistem Yapısındaki Komuta Kontrol Sisteminin Kullandığı Veriler

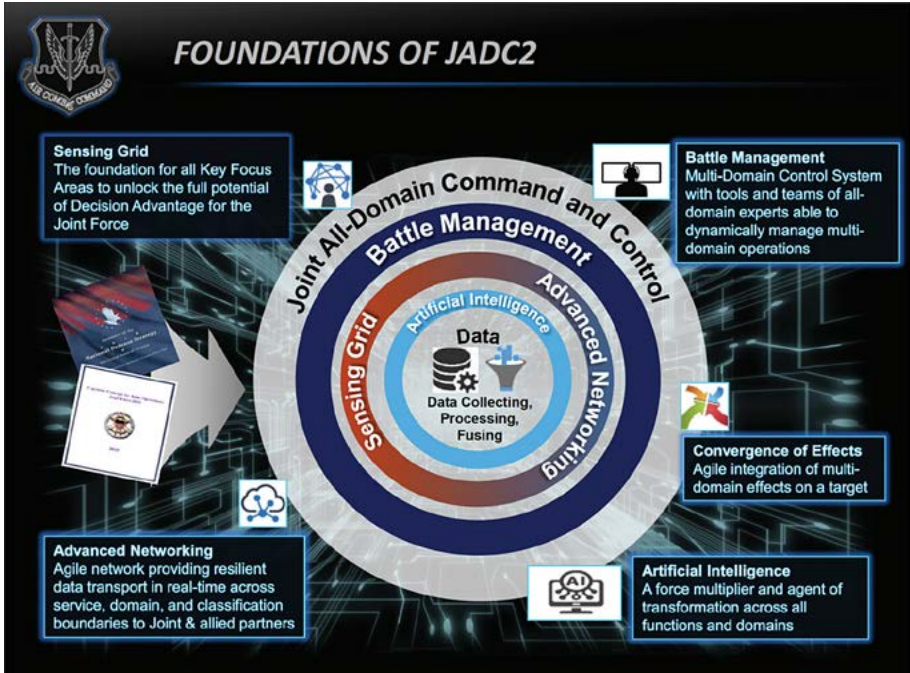
i. JADC2 ve ABMS

Joint All Domain Command and Control (JADC2) ve Advanced Battlefield Management System (ABMS) projeleri ABD'nin geleceğin savaş ortamında hareket edebilmeleri için üzerinde çalıştıkları “komuta kontrol” tanımının çok üzerinde komuta kontrol, altyapı, iletişim, siber güvenlik ve bulut bilişimi teknolojilerini içeren bütünsel sistem üstü sistem yaklaşımına en uygun projelerdir.

JADC2

Program ABD Savunma Bakanlığı tarafından tüm askeri birimlerin (Hava Kuvvetleri, Kara Kuvvetler, Deniz Kuvvetleri, Deniz Piyadeleri ve Uzay Kuvvetleri) tüm savaş seviye, aşama ve alanlarında müttefik ülkeler ile uyumlu biçimde sensörleri tek bir ağa bağlama çözümüdür.

Şekil 22: JADC2'nin Kapsamı



Kaynak: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Advanced Battle Management System: Needs, Progress, Challenges, and Opportunities Facing the Department of the Air Force. (2022), <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26525/advanced-battle-management-system-needs-progress-challenges-and-opportunities-facing>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).

ABD Savunma Bakanlığına göre JADC2 ile birlikte taktik düzeyden stratejik düzeye kadar tüm müşterek kuvvet tarafından esnek, adapte edilebilir iletişim hattı oluşturulması sağlanacak. Bu korunaklı ve güçlendirilmiş ağ ile küresel olarak tüm alanlarda ilgili bilginin yaygın ve güvenli akışı sağlanacaktır. Bu sayede liderler ve komutanların rakiplerden daha hızlı ve iyi kararlar vermesi sağlanacak.

Geleneksel komuta kontrol yaklaşımında her askeri kuvvet kendi C2 sistemini geliştirmekte ve kendine uygun özelleştirmeler yapmaktadır. Bu nedenle farklı kuvvetler tarafından kullanılan sistemler birbiri ile ciddi uyumsuzluk sorunu yaşamaktadır. Bu özellikle ABD ölçeğinde daha yaygın hissedilmektedir. Çünkü kuvvetlerin daha özerk yapılarının bulunması ve devasa bütçeler ile kendilerine has sistem tasarımlarının oluşturulması daha kolay biçimde yapılmaktadır. Bu nedenle doğrudan ABD Savunma Bakanlığı tarafından oluşturulan JADC2 bu teknik ve operasyonel zorluğa karşı müşterek kuvvet-

ler için “bulut” (Cloud) benzeri bir ortam sağlama amacıyla istihbarat, keşif ve gözetleme verilini çok sayıda iletişim ağı üzerinden daha hızlı karar vermeyi hedeflemektedir. Ayrıca Hava Operasyon Merkezi gibi karargâh unsurlarını yeniden düzenleyerek ileri konuşlandırılmış savaştaki komutanların ve operasyon hareket merkezi ile aynı durumsal farkındalık ve karar verme yeteneği ile güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

ABD Savunma Bakanlığı JADC2’yu tanımlarken doğrudan Çin ve Rusya ile gelecekteki savaş ortamlarında yaşanacak büyük elektronik karıştırma ve saldırıları da kapsayan senaryolar üzerinden aktarımlarda bulunuyor. Özellikle durumsal farkındalığın bozulduğu yani sensörlerin etkilendiği ortamda daha çok sayıda sensörden veri alabilmenin sahadaki birliklerin özerk manevra kabiliyetlerini de artıracığının altı çiziliyor. Dolayısı ile program askeri birliklerin refleksif hareketlerini sınırlandırmamayı da amaçlıyor.

ABMS

ABMS ilk olarak ABD Hava Kuvvetleri tarafından 2017 yılında emekliye ayrılan E-8C Müşterek Gözetleme Hedef Saldırı Radar Sistemi (JSTARS) ve Havadan Erken Uyarı ve Kontrol Uçağı (AWACS) filolarını yenilemek için geleneksel bir satın alma programı olarak başlatılmıştır. Ancak yapılan değerlendirmelerde belirtilen hedeflere uyumlu olmadığı değerlendirilerek ABMS için yeniden değerlendirme yapılmış ve daha güçlü ve dayanıklı sistemlere yönelik ihtiyaçlar olduğu savına ulaşılmıştır. Hava Kuvvetleri değerlendirmeler sonrasında uçak gibi tek bir platformun birden fazla mücadele alanının komuta kontrol yeteneklerini sağlamak için doğru bir çözüm olmayacağı sonucuna varmıştır.³

Nisan 2019 ABD Hava Kuvvetleri, Havadan Muharebe Yönetim Sistemi’nin, Gelişmiş Savaş Yönetim Sistemine (ABMS) dönüşeceğini duyurdu. Bu sistem, tek bir modernizasyon programı yerine çok alanlı katmanlı bir C2 sistemleri ailesi olacak ve “uzayda, karada, denizde, havada veya siber ortamda herhangi bir sensörün herhangi bir atıcıya konuşabileceği yeteneği” sağlamayı hedefleyecekti. Ayrıca “JSTARS ve AWACS platformlarıyla ilişkili görev kümelerini gerçekleştirmeye ve olası bir Saha Hava Kontrol Sistemi rolünü üstlenmeye” çalışacaktı.⁴

3. Hoehn, John R. “Advanced Battle Management System (ABMS).” Congressional Research Service, Şubat 15 (2022).

4. *A.g.e.*

JADC2'ye Katkıda Bulunan Olarak ABMS

ABMS, ABD Hava Kuvvetleri tarafından JADC2 (Joint All-Domain Command and Control) programına katkıda bulunmak için sürdürülen bir ekosistemdir. Bu ekosistem, bulut tabanlı işlem gücü, yapay zekâ destekli sensörler, füzyon ve veri transfer ağları gibi birçok farklı bileşenin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Temel amaç, ayrı ve uyumsuz ekipmanlar arasında sorunsuz ve güvenli bir iletişim sağlamaktır. ABMS tüm savaş alanları arasında bir bağlantı ve anlayış sağlayarak, “11 muharip komutanlığın tamamı aynı anlayış seviyesinde çalıştırabilir. Birlikte plan yapmasını ve sonra birlikte hareket etmelerini sağlayabilir.” ABMS, her 4 ayda bir yenilenen bir DevSecOps (Geliştirme, Güvenlik ve Operasyon) hızlı geliştirme yaklaşımıyla teknik yeteneklerini ilerletmektedir. Hava Kuvvetleri komutanlarına göre, ABMS, tüm alanlardan gelen geniş bir veri ve bilgi yelpazesini eş zamanlı olarak algılama, anlamlandırma ve harekete geçirme yeteneği sayesinde JADC2'yi mümkün kılacak ve makine öğrenmesi ve yapay zekanın yardımıyla veriyi birleştirerek ve analiz ederek, savaşçılara daha önce görülmemiş hızda tercih edilen seçenekler sağlayacaktır.

ABD Savunma Bakanlığı, tüm alanlarda ağ bağlantısı sağlama hedefi doğrultusunda çalışırken, yakın dönemde öncelikli olarak JADC2 ile ilgili eğitim ve doktrin oluşturmaya odaklanmıştır. Hava Muharebe Komutanlığı (ACC) Komutanı tarafından yönetilen 2021 Hava Kuvvetleri Komuta ve Kontrol Zirvesi'nde yapılan tartışmalar, *“karar alma hızını en üst düzeye çıkarmak için ileri teknoloji ve yapay zekayı doktrin ve eğitimde kullanma, teknolojik yenilikleri ve verimlilikleri değerlendiren örgütsel yapılar oluşturma, rekabet ve çatışmanın tüm spektrumunda kazanma hedefine yönelik ölçeklendirme, JADC2'yi planlamak ve uygulamak için gerekli olan tüm alan becerileri ve karar odaklı liderleri geliştirme”* gibi konulara odaklandı.⁵

ABMS'nin JADC2'ye yönelik desteği daha da yönlendirmek için ABD Hava Kuvvetleri Komutanı Gen. Charles Q. Brown, Jr., Mayıs 2021'de Hava Kuvvetleri'nin başarmayı amaçladığı sekiz harp kabiliyetini içeren ABMS Kampanya Planı'nı imzaladı:⁶

5. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Advanced Battle Management System: Needs, Progress, Challenges, and Opportunities Facing the Department of the Air Force. (2022), <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26525/advanced-battle-management-system-needs-progress-challenges-and-opportunities-facing>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).
6. A.g.e.

1. Veri paylaşımı
2. İnsan sermayesi geliştirme
3. Dağıtılmış karar verme
4. İleri iletişim
5. İleri algılama
6. Entegre planlama
7. Komuta kontrolün yakınsama etkisi
8. Hızlandırılmış karar verme

Bu yetenekler bir araya gelerek, ABMS'nin hava, kara, deniz, uzay ve siber alanlardan büyük miktarda veri toplayarak güvenli bir şekilde iletebilmesini ayrıca bilgiyi işleyip Müşterek Kuvvet ve çok uluslu ortaklar arasında paylaşabilmesini sağlayacaktır.

Her iki programda da en büyük savunma şirketleri ve sivil bilişim şirketler yer almaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir⁷:

- Lockheed Martin
- Raytheon Technologies
- Northrop Grumman
- General Dynamics
- BAE Systems
- Boeing
- Microsoft
- Amazon Web Services
- Palantir Technologies
- CACI International
- L3Harris Technologies
- Leidos

ii. HARBİYE

HAVELSAN tarafından geliştirilen, Silahlı Kuvvetlerin temel harp ve kaynak yönetimi faaliyetlerinde kullanacakları genişletilebilir müşterek komuta kontrol bilgi sistemi olan HARBİYE (Harekât Bilgi Yönetim ve Entegrasyon) harekâtın ve görevlerin dinamik olarak, tüm kademelerde (stratejik, opera-

7. National Defense, Air Force Laying Foundations for Its Version of JADC2, Mikayla Easley, <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/11/8/air-force-laying-foundations-for-its-version-of-jadc2>, (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).

tif ve taktik) planlanması, yönetilmesi, icrası ve değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir.⁸

HARBİYE 3 farklı taktik komuta seviyesindeki ürün ile sunulmaktadır:

- **HARBİYE-KARARGÂH:** HARBİYE-K uygulaması, hızlı ve doğru karar almayı gerektiren karmaşık ve sürekli değişen operasyonel ortamlar için tasarlanmıştır. Farklı kaynaklardan toplanan bilgileri bir araya getirerek, birleştirilmiş bir arayüz sunmakta, birlikte çalışabilirliği sağlamak ve durumsal farkındalığı artırmaktadır. Ayrıca milli ve NATO ihtiyaçlarına uygun şekilde özelleştirilebilir ve genişletilebilir. HARBİYE-K, Tugay ve üstü müşterek komuta kontrol sistemleri için yüksek düzeyde NATO uyumlu bir çözümdür ve stratejik ve operatif seviyede kullanılabilir.
- **HARBİYE-TAKTİK MUHAREBE YÖNETİM SİSTEMİ:** Harekât saharalarında en önemli durumlardan biri olan operasyon alanındaki birliklerin tam konumları ve durumları hakkında düşman kuvvetlerden daha hızlı ve daha doğru bilgiye sahip olmak amacıyla tasarlanan HARBİYE-T MYS, bağlı birliklerin etkin bir şekilde yönetilmesine ve korunmasına yardımcı olurken cari harekât taktik seviyede takip edilir (Dost Birlik Takibi) ve semboloji standartlarına uygun olarak geliştirilen yapısı ve diğer nitelikleriyle askeri karar verme sürecini destekler ve hızlandırır.
- **HARBİYE-MOBİL:** HAVELSAN HARBİYE Müşterek Komuta ve Kontrol Bilgi Sisteminin bir parçası olan ve taktik seviyede tek er ihtiyaçları için tasarlanan HARBİYE-M kullanıcının operasyon sahasındaki faaliyetine katkı sağlamak ve üst seviye komutanlara/karargâha bilgi akışını ihtiyacı karşılamaktadır. Sistem donanım bağımsız olarak geliştirilmiş olup, kullanıcının sağlık durumunu ve konumunu takip edebilmesi ve anlık mesaj, ses, video ve fotoğraf gibi bilgileri paylaşabilmesi için önemli bir yönetim ve iletişim aracıdır.⁹

HARBİYE, diğer “Komuta Kontrol Sistemleri”nden farklı olarak, Tugay üstü seviyeden taktik seviyedeki birliklere kadar farklı kuvvetleri yönetebi-

8. HAVELSAN, HARBİYE Müşterek Komuta Kontrol Sistemi, <https://www.havelsan.com.tr/sectorler/savunma-ve-guvenlik/kara/stratejik-c2is/havelsan-harbiye>, (Erişim Tarihi 26 Şubat 2023).

9. A.g.e.

len bir Müşterek sistemdir. Özellikle müşterek yapısı, Türkiye'nin gelecekteki Sistem Üstü Sistem yapısı için HARBİYE'yi ön plana çıkarmaktadır. Şu anki durumda, HARBİYE'nin güncel durumu, Sistem Üstü Sistem yapısı için uygun olmayabilir. Ancak, sistem genişleme potansiyeline sahip ve üzerinden elde edilen tecrübeler, ileride bu yönde değerlendirilebilir. Bu nedenle her ne kadar şu anda envanterde bulunmuyor olsa da gelecekte evrim geçirerek yine bu kitap tanımlanan hali ile bir sistem üstü sistem yapısına sahip olabilir. Bununla birlikte HARBİYE dışında sistem üstü sistem yapısına uygun olabilecek diğer yerli çalışmalar şu şekildedir;

Şekil 23: Türkiye için Sistem Üstü Sistem tanımına en yakın komuta kontrol yapısı tahayyülü



Ağ Destekli Yetenek (ADY)

Bağlı muharip unsurların askeri bilgisayar, araç, muhabere sistemleri, tek er seviyesinden kolordu seviyesine kadar komuta yeri araçlarını da içeren komuta kontrol sistemlerinin entegrasyonunu sağlayan Ağ Destekli Yetenek (ADY) sistemi manevra unsurlarının etkinliğini artıran, planlama, icra ve harekât sonrası değerlendirme aşamalarını desteklemeye yönelik ortak durum farkındalığı ile karar destek fonksiyonları sunan bir komuta kontrol ve bilgi sistemidir. Bu sistem sayısal ortamda komuta kontrol yetenekleri sağlayarak, kolordu seviyesinden araç / tek er seviyesine kadar harekât kabiliyetlerini artırır.

Tüm muharip unsurların kullanımına yönelik entegre bir çözüm sunan ADY Sisteminde kullanımı öngörülen temel unsurlar aşağıda listelenmiştir.¹⁰

10. Fatih Mehmet Küçük, "Ağ Destekli Yetenek (ADY) Muharebe Sahası Yönetim Sistemi," Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/ag-destekli-yetenek-ady-muharebe-sahasi-yonetim-sistemi>, (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).

- Komuta yeri / Komuta araçları
- Zırhlı personel taşıyıcılar ve muharebe araçları
- Ana muharebe tankları
- Keşif ve gözetleme araçları
- İstihkam, bakım, ikmal ve sıhhiye araçları
- Araç dışında görev yapan piyade unsurları

HAKİM Hava Komuta Kontrol Sistemi

ASELSAN HAKİM Hava Komuta Kontrol Sistemi, Hava Kuvvetlerinin tüm Karar Destek Unsurları ile Komuta, Kontrol, Keşif, Muhabere, Bilgisayar, İstihbarat ve Gözetleme (C4ISR) süreçlerinin entegre ve tümünün birbirileri ile uyumlu çalışabilmesini sağlamaktadır. Sistem hava resmini farklı sensörlerden aldığı verileri gelişmiş füzyon algoritmaları ile işleyerek teşhis önerileri sunar ve bunları operatöre hava resmi şeklinde sunar.¹¹

Modüler ve genişletilebilir yapısı sayesinde hem günümüz hem de gelecekteki yeni sensörler ile çalışabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bunun amacı hava sahası kontrol görevinin eksiksiz biçimde gerçekleştirilmesi ve tanımlanmış Hava Resminde yer alan tehdit unsurlarına karşı silah tahsis ve tehdit değerlendirme algoritmaları kullanarak önleme uçaklarının hava savunma sistemlerinin ve namlulu sistemlerin destek faaliyetlerini icra etmesi olarak belirtilmiştir.

HAKİM'in kullanımı ile birlikte dost ve müttefik ülkeler ile birlikte ortak bir hava kontrolünün oluşturulması ve dost unsurların birbirleriyle müştereklik kabiliyetlerinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla birlikte sistemin başta Azerbaycan olmak üzere birçok dost ve müttefik ülkeler ile entegre olması da Türkiye'nin stratejik planları arasındadır.

Karabağ Savaşı sonrasında hem Türkiye hem de Azerbaycan'ın ortak bir hava resmine sahip olması amacı ile her iki ülkenin HAKİM etrafında şekillenen bir ortak hava kontrolüne geçmesi beklenmektedir. Azerbaycan basınına bu konuda önemli demekler veren Savunma Sanayi Başkanı Haluk Görgün "*HAKİM Hava Komuta Kontrol Sistemi Projesi, Azerbaycan ve Türkiye Hava Kuvvetlerinin en kritik ortak projelerinden biridir. Bu proje ile her iki ülkenin hava kuvvetleri Azerbaycan hava sahasının kontrolünü sağlamanın yanı sıra*

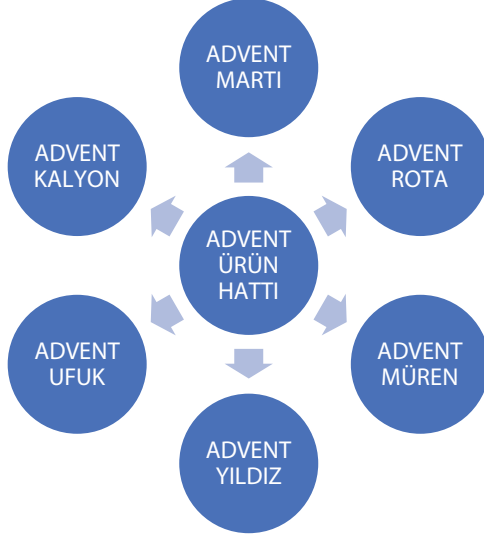
11. Ahmet Alemdar, "ASELSAN'dan milli Hava Komuta Kontrol Sistemi: HAKİM," Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/aselsandan-milli-hava-komuta-kontrol-sistemi-hakim>, (Erişim Tarihi: 18 Şubat 2023).

ortak harekât yapma imkanına da sahip oluyor. Bu nedenle söz konusu projenin sloganını Milli Önder Haydar Aliyev'in sloganına uyarlayarak 'İki devlet, tek millet, tek hava sahası' şeklinde ortaya koyduk" dedi.¹²

ADVENT

Kuvvet odaklı, ağ destekli harekât yaklaşımının ihtiyaçlarına cevap veren Ağ Destekli Veri Entegre (ADVENT) SYS, tam bütünleşik taktik veri bağları (Link 11, Link 16 ve Link 22, SIMPLE, JREAP ve VMF) işlevlerine tüm operatör konsolları üzerinden erişim sağlayarak operasyonel etkinliği artırır. Karar Destek sistemleriyle donatılmış olan ADVENT SYS, kullanıcının hızlı ve doğru karar vermesine olanak tanır ve yeni silah ve sensörlerin kullanımında esnek bir yapı sunar. Modüler bir yapıya sahip olan ADVENT SYS, farklı platformlara uygun olarak özelleştirilebilir ve platformlardan bağımsız olarak geliştirilmiştir. Ayrıca, ölçeklenebilir açık mimari yapısı sayesinde su üstü, sualtı ve hava platformları ile kara tesislerine uygun bir şekilde özelleştirilebilir.¹³

Şekil 24: ADVENT'in Genişleme Planı



12. SavunmaTR, Başkan Görgün: Türkiye ve Azerbaycan hava sahasını "HAKİM" koruyacak, <https://www.savunmatr.com/baskan-gorgun-turkiye-ve-azerbaycan-hava-sahasini-hakim-koruyacak>, (Erişim Tarihi: 7 Ağustos 2023).
13. Fatih Mehmet Küçük, "GENEŞİS ADVENT Savaş Yönetim Sistemi," Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/genesis-advent>, (Erişim Tarihi 18 Şubat 2023).

Ayrıca ADVENT, sadece gemi konulu bir sistem olmanın ötesinde, Deniz Kuvvetleri'nin farklı platformlarında kullanılabilir çok yönlü bir komuta kontrol sistemi ailesi olarak da tasarlanmıştır.

iii. Sonuç

JADC2 ve ABMS programları göz önüne alındığında yaşanan en önemli çıktılar programların devasa teknolojik ve ekonomik yeterlilikler gerektiği gibi bu konuda idrak, yönetim ve stratejik yaklaşım açısından düşünülmesi gereken çok fazla etmen olduğudur. ABD'nin en büyük savunma şirketlerinin bulunduğu bu programlarda teknik çıktılar ile birlikte dönüşümün kurmay yapı seviyesinden eğitime kadar düşünülmesi gerektiği sonucu öne çıkmaktadır. Nitekim JADC2 programının bulut teknoloji kullanımı noktasındaki önemli altlığı ABMS'ye yönelik ABD Kara Kuvvetleri'nin temel eleştirisi programın Hava Kuvvetleri yapısına göre hazırlanmasıdır. Dolayısı ile Sistem Üstü Sistem anlayışının belirlenmesi sürecinde teknolojik altyapılar ile birlikte askeri yapıların eğitim sisteminden kurmay kadrosuna kadar geniş spektrumda inceleme gerekmektedir. Bunlar dışında JADC2 kapsamında sivil kabiliyetler ile öne çıkan şirketler de program çerçevesinde önemli roller üstlenmekte en azından teknik denemeler için kapıları çalınmaktadır. Örneğin, Starlink uydusu internet sistemi önce F-35 savaş uçaklarının veri aktarımında test edilerek mevcut şartlara göre 30 kat daha yüksek bir hızda veri aktarıma ulaşmış ardından JADC2 programı kapsamında dört farklı veri bağı sisteminden gelen verinin kullanıldığı bir test daha icra edilmiştir. JADC2 kapsamında 5G ile alçak yörüngeden ağ oluşturmaya çalışan Northrop Grumman 5G teknolojileri konusunda ABD'li sivil hizmet sağlayıcı AT&T ile sözleşme imzalamıştır.

Yerel kabiliyetlerde HARBİYE'nin öne çıkarılmasının nedeni müşterek kullanımın yetenek ve eşgüdüm açısı dışında doğrudan yetenek ve kabiliyet olarak nitelendirilmesidir. Nitekim ADY, HAKİM ve ADVENT belirli kuvvetlerin teknik ve stratejik isteklerine göre hazırlanmış müşterek kullanım kabiliyeti olan komuta kontrol sistemleridir. Ancak HARBİYE'nin lanse edilen özellikleri doğrudan müşterek harekât yönetimine yöneliktir. Tabii HARBİYE ile ilgili medya paylaşımları dahi Kara Kuvvetleri Komutanlığı öncelinde bir yapının güdüldüğünü göstermektedir. Bu yüzden sistem olduğu gibi Sistem Üstü Sistem mimarisinin ana oyuncusu olarak değil de daha çok bu yolda önemli bir adım olarak görülmektedir. Nitekim Türk Silahlı Kuvvetleri içerisinde Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın baskın bir kuvvet olduğu algısı

düşünüldüğünde HARBİYE'nin bu yansıması pek afaki değildir. Ancak geleceği bir ülkenin gelecekteki tüm savunma yapısında etkin bir komuta yapısını tahayyül ettiğimiz noktada ufkumuzu çok daha geniş noktalara dikebildiğimiz harekât opsiyonlarına göre bir sistem üstü sistem kurgusunu ele almak gerekmektedir.

Sistem üstü sistem kavramı tanıtıldıktan sonra sistem kavramına değinmekte fayda vardır. Bu anlamda takip eden bölümlerde komuta kontrol sistemleri, istihbarat keşif ve gözetleme sistemleri, güdüm sistemleri ve haberleşme sistemleri ele alınacaktır. Her bir sistemden bahsedilirken alt sistemlerine de değinilecektir. Ardından sistem ve alt sistem kavramıyla bağlantılı olarak platform kavramı bazı örnekleriyle beraber irdelenecektir.

4.1.1. Komuta Kontrol Sistemleri

Bu bölümde Komuta Kontrol sisteminin ne olduğu, amacı ve en önemlisi Ağ Merkezli Harp anlayışı çerçevesindeki konumu ve önemi anlatılacaktır. Komuta Kontrol sistemleri yapısı itibari ile bir omurga ve beyin görevi gördüğü için alt sistem ve bileşen anlamında diğer sistemlerden ayrılmaktadır. Konunun akışı da bahse konu farklılığa uygun biçimde daha çok konseptle yönelik etkenler üzerinden değerlendirilecektir.

19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında telgraf ve radyoların kullanılması, komuta kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde büyük bir ilerlemeye neden oldu. Bu iletişim teknolojilerinin gelişmiş veri analiz sistemleri ve karar verme algoritmaları ile entegrasyonu, günümüzde yaygın olarak kullanılan daha gelişmiş komuta ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesinin yolunu açmıştır.

Askeri komuta kontrol (C2) sistemleri, askeri kuruluşların operasyonlarını planlamak, yönlendirmek ve kontrol etmek için kullandıkları prosedürleri, teçhizatı ve iletişim ağlarını ifade eder. Bu sistemler, askeri liderlere güçleri ve harp alanı hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlamak ve hızlı ve doğru kararlar almalarına ve emir vermelerine olanak sağlamak için tasarlanmıştır.

Ağ merkezli harp anlayışında, silahlar, sensörler ve karar vericiler gibi askeri bir gücün çeşitli bileşenlerinin entegrasyonunda, komuta kontrol sistemleri birleştirici bir rol oynar ve bir bütün olarak hareket etmelerini sağlar. Bu entegrasyon, geleneksel hiyerarşik komuta yapılarında zorlukla elde edilebilen bir koordinasyon ve iş birliği düzeyi sağlayarak askeri bir gücün daha et-

kili ve verimli bir şekilde faaliyet göstermesine olanak tanır. Ortak bir operasyonel görüntü, durumsal farkındalık ve gerçek zamanlı bilgi paylaşımı sağlayarak, ağ merkezli komuta ve kontrol sistemleri tüm düzeylerdeki karar vericilerin daha bilgili ve etkili kararlar almasına ve savaş sahasındaki değişen durumlara hızlıca uyum sağlamasına yardımcı olur.

Ayrıca, ağ merkezli komuta kontrol sistemleri, gayrinizami şehir çatışmaları veya isyan bastırma operasyonları gibi karmaşık ve dinamik ortamlarda hızlı bilgi ve istihbarat paylaşımına izin vererek önemli bir avantaj sağlayabilir. Birimler arasında daha çevik bir tehdit ve fırsat yanıtı sağlayabilir. Bu, savaşın sisini azaltmaya, operasyonel tempoyu artırmaya ve görev başarısını artırmaya yardımcı olabilirken, kayıpları ve yanlış hedefleri en aza indirmeye yardımcı olur.

C2 sistemleri, komuta ve kontrol merkezleri, iletişim ağları ve bilgisayar sistemleri gibi donanımların yanı sıra bilgileri yönetmek ve analiz etmek için yazılım araçlarını içerir. Komutanların veya ilgili siyasi unsurların savaş alanındaki değişen koşullara yanıt vermesine ve birden çok birim ve hizmetin eylemlerini koordine etmesine izin verecek şekilde esnek ve uyarlanabilir olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Askeri C2 sistemlerinin amacı, askeri kuvvetlerin etkin ve verimli bir şekilde faaliyet göstermesini ve kararların zamanında ve bilgilendirilmiş bir şekilde alınmasını sağlamaktır. Bu, istihbarat, gözetleme ve keşif verileri dahil olmak üzere çeşitli bilgi kaynaklarının entegrasyonunu ve farklı birimler ve servisler arasında hızlı bir şekilde bilgi paylaşma becerisini gerektirir.

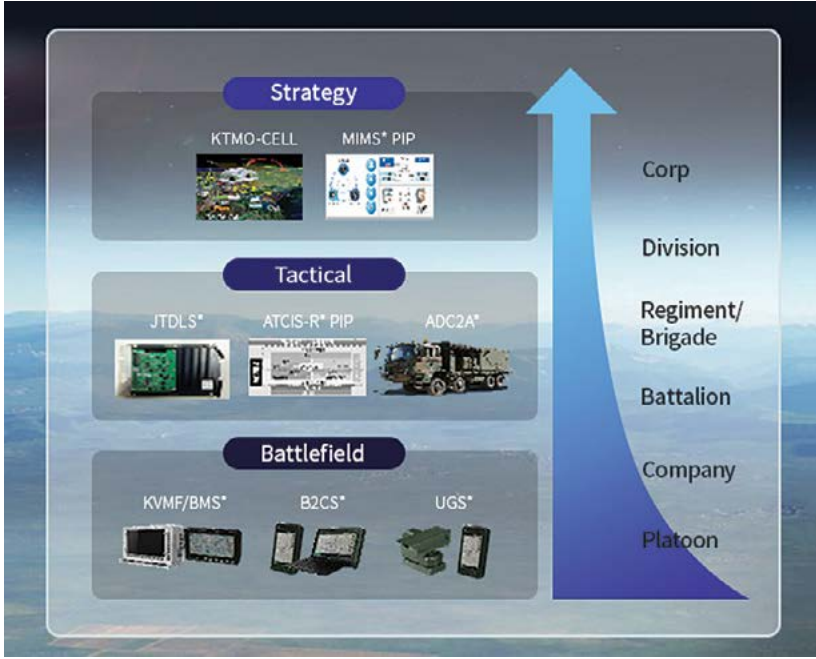
Farklı türde komuta ve kontrol (C2) sistemleri vardır. Bir askeri örgüt tarafından kullanılan spesifik C2 sistemi türü, gücün boyutu ve bileşimi, yürütülen görevin türü ve görevin yürütüldüğü ortam gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bazı yaygın askeri C2 sistemi türleri şunları içerir:

- Taktik C2 sistemleri: Bunlar, tipik olarak bireysel birimler veya küçük birim grupları tarafından taktik operasyon düzeyinde kullanılır. Sahadaki operasyonları desteklemek ve birimler arasında gerçek zamanlı karar vermeyi ve koordinasyonu sağlamak için tasarlanmıştır.
- Operasyonel C2 sistemleri: Bu sistemler, daha büyük, çok birimli operasyonların koordinasyonunu destekledikleri operasyonların operasyonel seviyesinde kullanılır. Askeri liderlerin operasyonların ilerleyişini takip etmelerini ve gerçek zamanlı kararlar almalarını sağlarlar.

- Stratejik C2 sistemleri: Bu sistemler, operasyonların stratejik seviyesinde kullanılır ve en üst düzeyde askeri karar almayı destekler. Genellikle ulusal veya çok uluslu düzeyde askeri operasyonların genel yönünü ve koordinasyonunu yönetmek için kullanılırlar.

Bu geleneksel C2 sistemleri kategorilerine ek olarak, belirli bir askeri örgütün özel ihtiyaçlarını karşılamak için birden fazla C2 sistemi türünün unsurlarını içeren hibrit sistemler de vardır.

Şekil 25: Farklı Türlerdeki Komuta Kontrol Sistemleri



Kaynak: Hanwha Systems, C5I, <https://www.hanwhasystems.com/en/business/defense/c5i.do>, (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).

C2 sistemleri genellikle karar vermeyi, bilgi yönetimini ve durumsal farkındalığı desteklemek için çeşitli algoritmalar kullanır. Bu sistemlerde kullanılan bazı yaygın algoritma türleri şunlardır:

- Karar destek algoritmaları: Bu algoritmalar, operatörün mevcut bilgilere dayanarak bilinçli kararlar vermesine yardımcı olur. Karar ağaçları, kural tabanlı sistemler, yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi algoritmaları ve daha fazlasını içerebilirler.

- Bilgi birleştirme algoritmaları: Bu algoritmalar, durumun daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için birden çok kaynaktan gelen bilgileri birleştirir. Kalman filtreleri gibi veri birleştirme algoritmalarını ve Bayes ağları gibi durum değerlendirme algoritmalarını içerebilirler.
- Planlama ve çizelgeleme algoritmaları: Bu algoritmalar, operatörün askeri operasyonlar için planlar ve programlar geliştirmesine ve yürütmesine yardımcı olur. Buluşsal yöntemler, optimizasyon algoritmaları ve kısıtlama memnuniyet algoritmaları içerebilirler.
- İletişim ve ağ oluşturma algoritmaları: Bu algoritmalar, komuta ve kontrol sistemi içindeki bilgi ve veri akışını yönetmeye yardımcı olur. Yönlendirme algoritmalarını, ağ yönetimi algoritmalarını ve tıkanıklık kontrol algoritmalarını içerebilirler.

Bunlar, komuta kontrol sistemlerinde bulunabilen algoritma türlerinin yalnızca birkaç örneğidir. Herhangi bir sistemde kullanılan spesifik algoritmalar, mevcut teknoloji ve kaynakların yanı sıra sistemin ihtiyaç ve gereksinimlerine bağlı olacaktır. C2 sistemleri haritalama sistemlerini, simülasyon ve modelleme araçlarını ve otomatik planlama sistemlerini içerebilir. Ayrıca askeri liderlere etkili komuta kontrol imkânı sağlamak için bilgilere ve karar verme araçlarına erişim sağlayan özel insan-makine arayüzleri bulunması gerekmektedir. Bu arayüzler, grafik kullanıcı arayüzlerini, sesle etkinleştirilen sistemleri ve giyilebilir teknolojileri içerebilir. C2 sistemine ve içerdiği hassas bilgilere yetkisiz erişime ve müdahaleye karşı koruma sağlayan güvenlik sistemleri gerekmektedir.

Komuta kontrol sistemleri bağlamında, haberleşme güvenliği (COMSEC), iletişim kanalları üzerinden iletilen bilgilerin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini korumak için tasarlanmış önemli bir bileşendir.¹⁴

Komuta kontrol sistemlerinde kullanılan yaygın COMSEC önlemleri arasında verilerin şifrenmesi ve çözümlenmesi, kullanıcıların ve sistemlerin kimlik doğrulaması, anahtar yönetimi ve güvenli iletişim protokolleri bulunur. Bu önlemler, hassas bilgilerin yetkisiz erişim, dinleme, değiştirme veya yok etmeden korunmasına yardımcı olur.

COMSEC'in yanı sıra, siber güvenlik de komuta kontrol sistemlerinde önemli bir bileşendir. Siber güvenlik önlemleri, komuta kontrol sisteminde

14. COMSEC, Canadian Centre for Cyber Security, <https://www.cyber.gc.ca/en/comsec>, (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023).

kullanılan ağlar, sistemler ve cihazları, hackleme, kötü amaçlı yazılımlar ve hizmet engelleme saldırıları gibi siber saldırılardan korumak için tasarlanmıştır.

Komuta kontrol sistemlerinde kullanılan yaygın siber güvenlik önlemleri arasında güvenlik duvarları, sızma tespit ve önleme sistemleri, antivirüs yazılımları ve güvenlik bilgi ve olay yönetimi (SIEM) sistemleri bulunur. Bu önlemler, siber saldırıları ve diğer güvenlik olaylarını tespit etmek, önlemek ve yanıtlamak, komuta kontrol sistemindeki bilginin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini korumak için yardımcı olur.¹⁵

Komuta ve kontrol sistemlerinde iletişimi güvence altına almak için kullanılacak çeşitli şifreleme algoritmaları ve protokolleri vardır. Bunlar arasında Gelişmiş Şifreleme Standardı (AES), Güvenli Yuva Katmanı/Transport Layer Security (SSL/TLS) ve İnternet Protokolü Güvenliği (IPsec) gibi farklı yöntemler bulunur.¹⁶

Şifreleme sistemi seçimi, gereken güvenlik seviyesi, performans gereksinimleri ve kullanılan iletişim teknolojisiyle uyumluluk gibi birkaç faktöre bağlıdır. Askeri uygulamalarda, şifreleme sistemleri hassas bilgilerin izinsiz erişim, dinleme ve değiştirilmesine karşı korumak için sıkı güvenlik gereksinimlerini karşılamalıdır. Mesela Araştırma Merkezi Komutanlığı tarafından ADVENT SYS için Genieware isimli bir ara katmandır. Bu ara katman sayesinde güvenli biçimde farklı uygulama ve servisler SYS üzerinde kurularak işletilebilir.

Komuta Kontrol Sistemi tanımı önceki paragraflarda türleri de sınıflandırıldığı biçimde farklı boyut ve kapsamlarda olabilmektedir. Tim seviyesinden kolordu / ordu seviyesine kadar askeri yapıyı veya yapının belirli araçlarını komuta etmeye yarayan farklı C2 sistemleri vardır. AMH kapsamındaki temel zorluk bu kadar geniş kapsamdaki komuta kontrol sistemlerinin birbirileri ile olan etkileşiminin sağlıklı bir şekilde sağlanmasıdır. Bunlar sadece iletişimdeki teknik aksaklıklar açısından değil; insan makine arayüzü, veri sınıflandırması, hiyerarşi ve yetki çatışmaları gibi çok sayıda başlığı içerebilir.

15. Paloalto Networks, What is Command and Control, <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-command-and-control>, (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023).

16. ScienceDirect, Command and Control Systems, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/command-and-control-systems>, (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023).

Şekil 26: ADVENT'in Yapısı



Kaynak: ADVENT, Havelsan TV, https://www.youtube.com/watch?v=ioWqe2HA1Xo&ab_channel=HAVELSANTV, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

Türkiye çok sayıda komuta kontrol sistemi geliştirmiş ve geliştirmeye devam etmektedir. Türkiye, en eski C2 sistemlerinde dahi eldeki imkanlar ile maksimum entegrasyon ve ağ desteklilik amacı ile üretilmiştir.

Türkiye'nin geliştirdiği ve geliştirmeye devam ettiği komuta kontrol sistemleri şu şekildedir:

- HAVELSAN HARBİYE Müşterek Komuta Kontrol Sistemi
- HAVELSAN ASGER Holografik Komuta Kontrol Sistemi
- HAVELSAN-ARMERKOM ADVENT Entegre Savaş Yönetim Sistemi
- HAVELSAN ADVENT MARTI Hava Komuta Kontrol Sistemi
- HAVELSAN HvBS – My (Hava Kuvvetleri Bilgi Sistemi – Muharebe Yönetimi)
- HAVELSAN ADY Ağ Destekli Yetenek (ADY) MIP Uyumluluğu Projesi
- STM TANKOM Taktik Saha Komuta Kontrol Bilgi Sistemi
- ASELSAN ADOP-2000 Ateş Destek Otomasyon Sistemi
- ASELSAN TAİKS Taktik Ateş İdare ve Komuta Kontrol Sistemi
- ASELSAN Batarya Ateş İdare Sistemi (BAİKS-2000)
- ASELSAN HAİKS Havan Ateş İdare Sistemi
- ASELSAN Çok Namlulu Roket Atar Ateş İdare Sistemi

- ASELSAN HERİKKS Hava Savunma Erken İkaz ve Komuta Kontrol Sistemi
- ASELSAN ADY – Ağ Destekli Yetenek Sistemi
- ASELSAN BATUR Tabur Görev Kuvveti Muharebe Yönetim Sistemi
- ASELSAN Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS)
- ASELSAN HAKİM Hava Komuta Kontrol Sistemi
- ASELSAN Muharebe Sahası Yönetim Sistemi
- RADNET (Radar Ağı)

i. ADOP-2000 Ateş Destek Otomasyon Sistemi

ADOP-2000, modern bir ateş destek otomasyon sistemi olup başta Türk ordusu olmak üzere dost/müttefik ordular için tasarlanmıştır. Komuta Kontrol Sistemleri başlığında ADOP-2000 sisteminin örnek verilmesinin nedeni hem sistemi çok uzun yıllardır yaygın biçimde kullanılması hem de alt komuta kontrol sistemleri barındıran çok katmanlı ancak bir ihtisasa yönelik hazırlanmış bir sistem olmasıdır.

Sistemin temel amacı, ateş desteği planlama, icra ve koordinasyonunu otomatikleştirerek komutanların hedefleri uygun silah sistemleri ve mühimmatla ateş altına almalarını kolaylaştırmaktır. Sistem, sayısal ortamda hedeflerin tespiti, yönetimi ve ateş idaresi faaliyetlerini gerçekleştirerek, ateş destek unsurlarının maksimum etkinlikle kullanılmasını sağlar. Ayrıca, hedef tespit vasıtalarından ateş destek koordinasyon merkezlerine, ateş idare merkezlerinden silahlara kadar bütün unsurlar arasında hızlı ve güvenilir veri akışını temin eder. ADOP-2000 sistemi, esnek kullanım imkânı sunarak orduların farklı taktik yapılanma gereksinimlerini karşılar.¹⁷

ADOP-2000, muharebe alanında ateş desteğinin daha etkin bir şekilde sunulabilmesi için Haziran 1999'da temel plan çalışmalarına başlanan bir projedir. Adını "Ateş Destek Otomasyon Projesi" kısaltması ve Ekim 2000'den alan ADOP-2000 projesinde belirleme otomasyonu, ateş destek komuta kontrol ve teknik ateş idaresi gibi çoklu alt sistemlerin koordine bir uyum içinde çalışmasına ve ateş desteğin muharebe sahasındaki diğer fonksiyonel birimlerle entegrasyonuna olanak sağlayan altyapı geliştiri-

17. ASELSAN, "ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/ T001/ 08-2020" [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

Şekil 28: ADOP-2000'e Entegre Sistem ve Komuta Kontrol Sistemleri

Havan ve Topçu tespit radarlarının, fonksiyonel ve sayısal entegrasyonunu gerçekleştiren ADOP-2000, manevra, istihbarat, hava savunma, muharebe hizmet desteği gibi diğer muharebe sahası fonksiyonlarına ait taktik komuta kontrol sistemleri ile sayısal entegrasyon altyapısına sahiptir.

ADOP-2000, farklı ülkelerin ateş destek sistemlerinin uyumlu bir şekilde çalışabilmesini sağlayarak NATO standartlarına uygun bir ateş destek sistemi altyapısı sunar. ASELSAN, sistemin temel yapı taşlarını üretir. Bu yapı taşları, askeri standartlara uygun bilgisayarlar, el terminalleri, taşınabilir bilgisayarlar, yazıcılar, ekranlar ve klavyelerdir. Veri iletişimi, ASELSAN taktik telsizleri ve telli hatlar aracılığıyla askeri standartlara uygun haberleşme protokolleri kullanılarak gerçekleştirilir.

ADOP-2000'in Alt Sistemleri¹⁹

I. Taktik Ateş İdare Sistemi – TAIKS

Muharebe sahasındaki ateş desteği planlama, yürütme, kontrol ve takibinde karar destek ve otomatik karar verme yetenekleriyle bütünleşik bir komuta, kontrol, haberleşme ve bilgi sistemi TAIKS komutanlara ve belirli ateş destek elemanlarına ateş desteği harekâtını izleme ve komuta yerlerinden sevk etme imkânı sağlar.

Komutanın niyeti, ateş destek unsurlarının durumu, taktik durum, muharebe sahasının şartları ve ateş destek koordinasyon tedbirleri gibi faktörlere bağlı olarak belirlenen hedefleri analiz eden TAIKS, doğru silah sistemi, mühimmat ve zamanlama ile hedeflerin en etkin şekilde ateş altına alınmasını sağlar. Bütün ateş destek unsurları ve diğer muharebe sahası fonksiyonel sistemleriyle entegre bir şekilde çalışan TAIKS, dinamik muharebe sahası koşullarına uygun kararlar alınmasına yardımcı olur.

19. ASELSAN, ADOP-2000, <https://www.aselsan.com/tr/savunma/urun/251/adop2000->, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

Temel Fonksiyonlar²⁰

- Ateş Desteğinin Planlanması
- Hedef Yönetimi
- Taktik Durum Resmi
- Ateş Desteğinin İcrası
- Teknik Ateş İdaresi
- Mühimmat Etkileri Analizi
- Destek Faaliyetlerinin Yönetimi
- C4I Sistemleri ile Entegrasyon
- Sayısal Haberleşme
- Sayısal Harita Fonksiyonları
- Raporlama

II. Batarya Ateş İdare Sistemi – BAİKS-2000

BAİKS-2000, hedefleri hızlı ve kesin bir şekilde ateş altına alabilme amacıyla sahra topçuları için geliştirilen bir ateş idare ve haberleşme sistemi olup batarya seviyesinde komuta, ateş idare ve haberleşme unsurlarını içermektedir.

Direkt ve genel destek topçu bataryalarının görevlerini daha hızlı ve hassas bir şekilde yerine getirmelerine ve diğer ateş destek birlikleri ve araçlarıyla uyumlu bir şekilde sayısal otomasyona entegre edilmelerine olanak tanıyan BAİKS-2000, atış esaslarını “NATO Armaments Ballistic Kernel” (NABK) ile hızlı ve doğru bir şekilde hesaplar. BAİKS-2000, çeşitli görev ihtiyaçlarına göre farklı sistem konfigürasyonlarında (Batarya Esaslı 4, 6 ve 8 namlulu, Takım Esaslı 2 takımlı 3 ve 4 namlulu, Tek Top Tek Batarya) görev icra edilmesini sağlar.

Temel Fonksiyonlar²¹

- Teknik Ateş İdaresi
- Atış Görevinin İcrası
- İlk Hız Yönetimi
- Sayısal Haberleşme
- Sayısal Harita Fonksiyonları
- Raporlama

20. ASELSAN, “TAİKS Taktik Ateş İdare Sistemi ASELSAN SST-TAİKS/ T001/ 07-2020”, [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TAİKS_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TAİKS_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

21. ASELSAN, “Batarya Ateş İdare Sistemi Aselsan Sst-Baiks/ T001/ 07-2020” [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/BAİKS_TR-\(1\)-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/BAİKS_TR-(1)-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

III. Havan Ateş İdare Sistemi-HAİKS

Havanlarla gerçekleştirilen ateş destek harekâtlarında, hedeflerin ilk atışta etkili bir şekilde vurulabilmesini sağlamak amacıyla tasarlanan HAİKS, takım veya kısım seviyesinde kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır ve teknik ateş idaresi ve haberleşme unsurlarını içermektedir.

Havanların hedeflerini ilk atışta etkili bir şekilde vurabilmesi için geliştirilen HAİKS takım veya kısım seviyesinde kullanılabilir ve havan takımlarının diğer ateş destek birlikleriyle uyumlu bir şekilde sayısal otomasyona dahil edilmesini sağlar. HAİKS, havan takım/kısımlarının hedef tespit, ateş destek planlama, koordinasyon ve icra faaliyetlerinin otomasyonunu ADESTİM Karargâhı ve İleri Gözetleyicilerle birlikte gerçekleştirerek görevlerin daha hızlı ve hassas bir şekilde yerine getirilmesine olanak sağlar.

HAİKS, atış esaslarını hızlı ve doğru bir şekilde hesaplamak için “NATO Armaments Ballistic Kernel” (NABK) kullanır. Ayrıca farklı görev ihtiyaçlarına göre değişik sistem konfigürasyonlarına sahiptir ve bu sayede görevlerin daha etkili bir şekilde yerine getirilmesine olanak sağlar.

Temel Fonksiyonlar²²

- Havanlar için Teknik Ateş İdaresi
- Atış Görevini İcrası
- Sayısal Haberleşme
- Sayısal Harita Fonksiyonları
- Raporlama

IV. İleri Gözetleyici Sistemler

Taktik askeri araçlara entegre olarak çalışan Bölük Ateş Destek Timi Karargahının, gece ve gündüz, her türlü hava, arazi ve muharebe şartlarında hedef tespit, komuta kontrol ve haberleşme faaliyetlerini yerine getirmesini sağlayan Ateş Destek Timi (ADESTİM) Gözetleme Sisteminde bulunan;

- Termal Kamera ve Gün Işığı Kamera vasıtası ile gece, gündüz, her türlü hava (kar, yağmur, sis v.b.) ve muharebe (toz, duman, sis, kamuflaj v.b.) koşullarında hedef tespiti ve teşhisi yapılabilir.

22. ASELSAN, “Hava Ateş İdare Sistemi Sst-Haiks/ T001/ 07-2020” https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HAİKS_TR.pdf, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).

- Elektrooptik sensör sistemi ile hedef koordinatları hassas bir şekilde belirlenir.
- Ataletsel Konumlama Sistemi ile yer ve yön tespit edilir, istenilen güzergâh üzerinde seyrüsefer imkânı sağlanır.

Bölük seviyesinde ateş destek koordinasyon, planlama ve icra faaliyetleri sayısal ortamda gerçekleştirilir ve ileri gözetleyici postaları, taktik telsiz, el bilgisayarı ve hedef koordinat belirleme sistemleri ile entegre olarak, görevlerini daha etkin bir şekilde yerine getirirler.

Temel Fonksiyonlar²³

- Ateş Destek Planlama
- İleri Gözetleyici Koordinasyonu
- Hedef Koordinatlarının Tespiti
- Atış Görevinin İcrası
- Sayısal Haberleşme
- Sayısal Harita Fonksiyonları
- Raporlama

IV. Çok Namlulu Roket Atar (ÇNRA) Ateş İdare Sistemi

Batarya seviyesinde komuta, ateş idare ve haberleşme unsurlarını içeren, teknik ateş idare ve haberleşme sistemi olarak tasarlanan Çok Namlulu Roket Atar (ÇNRA) ateş idare sistemi çok namlulu roket atar sistemlerinin görevlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde yerine getirebilmelerini ve sayısal otomasyona uyumlu hale gelebilmelerini sağlar. ÇNRA Ateş İdare Sistemi, Komuta ve Fırlatma Araçları arasında ve batarya/takım ile Üst Komuta Merkezi ve Topçu Meteoroloji Sistemi arasında veri değişimi sağlar.

Çok namlulu roket atar bataryalarının/takımlarının teknik ateş idaresinin otomasyonunu, koordinasyonunu ve görev icra faaliyetlerini yöneten bir sistemdir. Sistem, farklı özelliklere sahip roket atarların farklı görev ihtiyaçlarına göre değişik sistem konfigürasyonlarında görev icra edebilir. ÇNRA Ateş İdare Sistemi, atış esaslarını ve balistik yazılımı kullanarak atışa etki eden bilgileri hızlı ve doğru bir şekilde hesaplayarak atışların daha etkili bir şekilde yapılmasını sağlar.

23. ASELSAN, "ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/T001/08-2020" [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

Temel Fonksiyonlar²⁴

- Roketler için Teknik Ateş İdaresi
- Atış Görevinin İcrası
- Sayısal Haberleşme
- Sayısal Harita Fonksiyonları
- Raporlama

V. Topçu Meteoroloji Sistemi

Sahra topçusu için geliştirilmiş bir meteoroloji ölçüm sistemi olan Topçu Meteoroloji Sistemi (TOMES), top, havan ve roket atışlarında doğruluğu artırmak için gereken hassas meteorolojik bilgileri üretir.

TOMES, uçurulan meteorolojik balonun radyoteodolit ile izlenmesiyle elde edilen rüzgâr yönü bilgilerini ve radyosondadan alınan basınç, sıcaklık ve nem bilgilerini kullanarak, NATO standartlarına uygun askeri meteoroloji raporlarını üretir. Bu raporlar, ateş idare merkezleri ve komuta kontrol sistemleri tarafından ihtiyaç duyulan metro raporlarına sayısal mesaj ile aktarılır. TOMES, topçuların ihtiyaç duyduğu doğru meteorolojik bilgileri sağlayarak, atışların daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olur.

Temel Fonksiyonlar²⁵

- Standartlara uygun meteorolojik raporlar
- Grafikselsel Gösterim
- Sayısal Haberleşme
- Ölçüm verilerin saklanması

VI. Yer Ölçme Sistemleri

ASELSAN Yer Ölçme Haber Merkezi (YÖHM) Sistemi, ateş desteği için yer ölçme planlarının hazırlanmasını, yer ölçme istikamet postalarının yönetimini ve ateş destek birimlerine yer ölçüm bilgilerinin iletilmesini sağlar. Ay-

24. ASELSAN, ÇNRA-AİS ÇOK NAMLULU ROKET ATAR ATEŞ İDARE SİSTEMİ ASELSAN SST-ÇNRA-AİS/T001 / 11-2019, [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/CNRA-AòS_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/CNRA-AòS_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

25. ASELSAN, "ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/ T001/ 08-2020" [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

rıca, yer ölçme faaliyetlerini sayısal otomasyon ile entegre ederek koordinasyonu kolaylaştırır.

ASELSAN Yer İstikamet Tespit Postası (YİTP) Sistemi, taktik askeri araçlara entegre olarak çalışarak ateş destek sistemlerinin yüksek hassasiyetle konum ve yönelim bilgilerini elde etmesini sağlar. Sistemin hızlı çalışması, klasik yer ölçme yöntemleriyle kıyaslandığında konum ve istikamet bulma zamanını büyük ölçüde kısaltır ve günümüz muharebe koşullarına uygun olarak tasarlanmıştır. YİTP, küresel konumlama, optik teodolit ve ataletsel seyrüsefer sistemleri gibi üstün teknolojilerle donatılarak yüksek performans sağlar.

Temel Fonksiyonlar²⁶

- Yer Ölçme Faaliyetlerinin Planlanması
- Yer Ölçme İstikamet Postalarının Komuta/Kontrolü
- Yer Ölçme Verilerinin Yönetimi
- Hassas Konum ve İstikamet Bulma
- Sayısal Haberleşme

ii. Sonuç

Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda 1999 yılından günümüze ulaşan çok büyük bir plan dahilinde çalışılan ADOP-2000 sistemi Türk Silahlı Kuvvetleri'nin kitabın farklı bölümlerinde de altı çizilen modern ağ merkezli harekât anlayışındaki temel yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Türkiye neredeyse çeyrek asır öncesinden dünyada terim yeni tartışılmaya başlandığı dönemde bu öngörü ile hareket ederek AMH kapsamında ilk örneklerini devreye almıştır. Nitekim ADOP-2000 projesindeki alt sistemlerin yanı sıra bileşenlere bakacak olursak ADOP-2000, yaklaşık 40 yardımcı sistem/silah sisteminden oluşur; Lazer Hedefleme İşaretleme Sistemi - LAHİS, Hedef Koordinat Belirleme Sistemi - HKBS, Topçu Meteoroloji Sistemi - TOMES, POYRAZ Mühimmat Transfer Aracı, Karşı Havan Radar, Silah Tespit Radarı, ASELSAN Yer Gözetleme Radarı (ASKARAD), ACAR Yer Gözetleme Radarı, AN/TPQ-36(V)8, AN/TPQ-36(V)9, Kobra Hedef Tespit Radarı, 107 mm ANADOLU ÇNRA, 122 mm T-122 SAKARYA ÇNRA, 227 mm M270 ÇNRA, 302 mm T-300 KASIRGA ÇNRA, 155 mm T-155 FIRTINA Kundağı Motorlu Obüs, 155 mm Taktik Araç Üstü Obüs, 105 mm BORAN Hafif Çe-

26. ASELSAN, Yer Ölçme Sistemleri ASELSAN SST-YÖS/ T001/ 07-2020, https://www.wcdn.aselesan.com/api/file/YITP_TR.pdf, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

kili Obüs. Bir diğer ASELSAN ürünü olan Tank Komuta Kontrol Muharebe ve Bilgi Sistemi (TKKMBS) de ADOP-2000 ile koordineli olarak çalışacak.²⁷

Ağ Merkezli Harp yaklaşımı neticesinde Türkiye'nin geleceğini şekillendirme çalışmalarında komuta kontrol sistemlerinin rolü çok fazla olduğu gibi sistem seviyesinde modern ürünlere erişebilirlik sıkıntısı yoktur. Ancak 2000'lerde altyapıları atılan ve günümüzde modern biçimde kullanım örneği sunulan ADOP-2000 sisteminde olduğu gibi bu kitabın konusu da olduğu üzere daha kapsamlı muharebe sahasında merkezi yönetimi pekiştiren ancak sahadaki ani değişikliklere uygun özerk hareket alanı sağlayan ve veri bağı kapasiteleri çok daha yüksek modern komuta kontrol sistemlerinin altyapılarının bugünden atılmasına ihtiyaç vardır. Nitekim Komuta Kontrol sistemleri İHA, Savaş Uçağı gibi doğrudan çok özel malzeme ve sensörlerden oluşmakta çeşitli bilgisayar ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. Ancak bahse konu tüm kritik bileşenlerin bulunduğu sistemleri hatta sistem üstü sistemleri de komuta kontrol sistemleri yani bunların içerisindeki yazılım, veri bağı, bilgisayar sistemleri yönetmektedir. Komuta kontrol sistemlerindeki en büyük erişebilirlik sıkıntısı güvenlik elemanları ile ilgilidir. Özellikle siber güvenliğin sağlanması noktasında iletişim ve veri bağı elemanlarının gerek donanımsal gerek yazılımsal olarak ülke içerisinde üretimi veya sıkı kontroller ile temini çok önemli bir yer kaplamaktadır.

4.1.1.1. Komuta Kontrol Alt Sistemleri

Bu bölümde komuta kontrol sistemlerini bünyesinde barındırdıkları alt sistemlerden, bu alt sistemlerin temel görev tanımlarından, bünyelerinde bulunan yazılımlar ve bu yazılımların temel işleyişlerinden bahsedilecektir.

Bir komuta kontrol sisteminin temel görevi harp sahasında bulunan hava, kara, deniz ve hatta uzayda faaliyet gösteren çeşitli sistem, alt sistem ve birliklerin ortak bir resim içerisinde, birbirleri ile en doğru etkileşimi sağlayarak talep edilen görevi başarı ile yerine getirmesini sağlamaktadır. Günümüzde komuta kontrol sistemleri harp sahasının her geçen gün büyümesi, gelişmesi ve dijitalleşmesi ile kabiliyetleri ve dolayısıyla görevleri belirli sınırlar ile çizilmiş ve sadece bu görev içerisinde faaliyet gösteren sistemler haline gelmişlerdir.

27. Turkish Armed Forces Foundation TAFF's Evolution and Strategic Importance at its 30th Anniversary, TSKGV, S90 <https://www.tskgv.org.tr/files/documents/TSKGV-30TH-020420191819926807.pdf>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

Şekil 29: ADOP-200 Komuta Kontrol Aracı

Kaynak: ASELSAN Dergi, Sayı 109, Haziran 2021, https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/22021_4611.pdf, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023).

Örneğin, günümüzde sadece topçu birliklerinin yönetilmesi için komuta kontrol sistemleri bulunmaktadır. Keza hava-kara entegrasyonu, hava-deniz entegrasyonu veya kara-deniz entegrasyonunu sağlama görevini üstlenen komuta kontrol merkezleri de mevcuttur. Bununla birlikte yine bataryaların yönetilmesi, hava savunma sistemlerinin yönetilmesi, elektronik harp sistemlerinin yönetilmesi ve daha birçok farklı görev ve amaca hizmet eden sistemlerin yönetilmesi adına farklı farklı komuta kontrol sistemleri aynı anda bir harp sahası içinde görev yapabilmektedir.

Birbirinden farklı amaçlara hizmet eden ve farklı görevlere sahip bu sistemlerin ve bu sistemleri yöneten komuta kontrol sistemlerinin en tepesinde ise bir sistem üstü sistem olan savaş yönetim sistemleri bulunmaktadır. Savaş Yönetim Sistemleri bir çatı oluştururken, bu çatı altında yer alan sistemlerin de ikame edilmesi için komuta kontrol sistemleri bulunmaktadır.

Komuta Kontrol Sistemleri bünyelerinde çeşitli alt sistemleri barındırmaktadır. Komuta ve kontrol edilecek sistemin yapısına ve görev tanımına göre bir komuta kontrol sistemi içerisinde yer alan birçok alt sistem birlikte veya ayrı ayrı konumlandırılabilir. Komuta kontrol sistemlerinde bulunan alt sistemler genellikle bir sistem içerisinde bulunan alt sistem-

ler ile benzerlikler göstermektedir. Bu sistemlerin de bünyelerinde yüksek güçlü bilgisayarlar, çeşitli IKG alt sistemleri, haberleşme alt sistemleri ve güdümlü alt sistemleri ile komuta kontrol istasyonları bulunmaktadır. Söz konusu bu alt sistemler farklı başlıklar altında ayrı ayrı incelendiği için komuta kontrol sistemlerindeki kullanımlarına dair spesifik bir yaklaşık bu bölümde yapılmayacaktır. Bunun yerine tüm bu alt sistemlerin ikamesinin sağlandığı ve komuta kontrol işleminin kalbi olan komuta kontrol istasyonlarına değinilecektir.

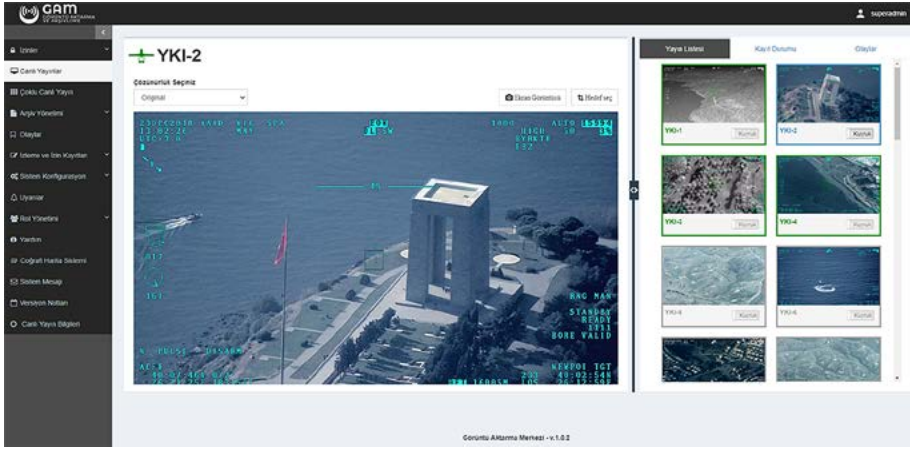
i. Komuta Kontrol İstasyonları

Komuta Kontrol İstasyonları (KKİ) tüm bu birimleri taşıyan, belirli bölgelere konuşlandırılmış olan panelvan araç, kamyon ve genellikle bir konteynerden oluşan yapılardır. Söz konusu tüm bu alt sistemler ve bu alt sistemleri içerisinde bulunan sensörler kimi zaman Komuta Kontrol İstasyonları ile birlikte bulunabilirken kimi zaman ayrı istasyonlarda da konumlandırılmaktadır. Keza KKİ'nin yapısına göre değişebilen bu alt sistemler ister birlikte ister ayrı platformlara entegre edilmiş olsun her zaman KKİ tarafından yönetilmektedir.

Komuta Kontrol İstasyonlarının genel yapısı söz konusu alt sistem ve komuta kontrol ettiği sistemlerin gerçekleştirdiği haberleşme türüne doğrudan bağlıdır. KKİ'nin Komuta Kontrol Sistemi içerisinde yönettiği alt sistemler ile kablolu bir şekilde yüksek hızlarda güvenli bir iletişim kurabilmektedir. Bununla birlikte komuta kontrol sistemi, yönettiği diğer sistemler ile her zaman kablolu bir iletişim kuramayabilir ki genellikle kablosuz bir iletişim kurmak zorunda kalmaktadır.

Bu nedenledir ki KKİ'ler genellikle kablosuz haberleşme de yapabilmesi gereken istasyonlardır ve bu durum da KKİ'lerin genel yapısını doğrudan etkilemektedir. Eğer bir KKİ, yönetmesi gereken harp ortamı içerisindeki çeşitli unsurlar ile Görüş İçi Haberleşme yapıyorsa veri ilgili sistemler tarafından KKİ'ye iletileceği için bir adet takip anteni veya sabit bir anten bulunmalıdır. Söz konusu antenler kimi zaman doğrudan KKİ'ye entegre bir şekilde bulunurken, kimi zaman, Türkiye'de olduğu gibi, askeri amaçlı kullanılan sistemlerin tüm yurttan görev yapabilmesi için ülkenin belirli bölgelerinde yer alan üs bölgelerine konumlandırılmaktadır. Bununla birlikte eğer haberleşme Görüş Ötesi Haberleşme aracılığı ile sağlanıyorsa yine KKİ'nin bu verileri elde edebilmesi için bir antene veya verilerin aktarılacağı kablolu bir haberleşme altyapısına ihtiyacı bulunmaktadır.

Şekil 30: Görüntü Aktarma Merkezi



Kaynak: Baykar Teknoloji, Ağ Merkezli Yazılım <https://baykartech.com/tr/ag-merkezli-yazilim/>, (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023).

Bununla birlikte genellikle KKI'lerde ilgili sistemlere ait çeşitli verilerin işlenmesi, bu verilerin söz konusu sistemler ile paylaşılması ve KKI'ye entegre diğer alt sistemlerin çalışmalarını yönetmek için çeşitli sensörler bulunur. Kimi zaman KKI farklı sistemlerden elde ettiği sensör verilerini doğrudan kullanabilirken kimi zaman da örneğin, İHA'larda olduğu gibi, kendi bünyesinde bulunan sensörler yardımı ile komuta ve kontrol ettikleri sistemlere veri sağlayabilmektedirler. Söz konusu bu sensörlerin başında da GPS sensörleri bulunmaktadır. KKI'lerde kimi zaman klasik GPS sensörlerine kıyasla çok daha hassas bir konum verisi elde etme ihtiyacı bulunmaktadır. Özellikle bir topçu veya bataryanın atışını ikame etmesi gereken KKI'ler aynı zamanda matematiksel bir hesaplama yardımı ile atışı yöneteceği için çok daha hassas konum verisi elde etmeleri gerekmektedir. Bu noktada söz konusu hassas konum verilerinin elde edilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında ise Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) gelmektedir.

ii. Gerçek Zamanlı Kinematik

GZK modülleri, GPS, GLONAS ve Galileo gibi küresel konumlandırma uydularından elde edilen konum verisinin hassasiyetini artırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik ile bir platformda yer alan konumlandırma birimi ile uydu arasındaki konumlandırma hesabına ek olarak yerde, yani KKI'de, konumu sabit ve yüksek doğrulukla bilinen bir modül referans olarak eklenir ve

bu sayede konum bilgisinin hassasiyeti artırılmış olur. Konumu sabit ve yüksek doğrulukla bilinen bu modüllere de GZK modülleri adı verilir. Bu modüller doğaları gereği bir noktada belirli bir süre sabit bir şekilde durarak kendi konumlarını çok hassas bir şekilde ölçer ve sonrasında ilgili platform ve konumlandırma uydusu için sabit ve yüksek doğruluklu bir referans olarak konum hesabına dahil edilir.

GZK'nın çalışma prensibi gereği belirli bir süre boyunca bir konumda kalması KKİ'lerin mobilitesinin önünde kimi zaman bir engel teşkil etmektedir. Genellikle GZK modüllerinin konum doğrulukları sabit kaldıkları yani kalibre edildikleri süre ile doğru orantılıdır. Birçok uygulama için 5-10 dk arasındaki bir kalibrasyon süresi yeterli olurken, askeri sistemler için bu süre 24 saati bulabilmektedir. Bu kalibrasyon süresi boyunca KKİ hareket edemeyeceği, hareket ederse tekrar kalibrasyon işlemi yapılacağı için bu durumu KKİ'lerin mobilitesi önündeki en büyük engellerden bir tanesidir. Bununla birlikte doğaları gereği bu sistemlerin yüksek bir mobiliteye ihtiyaç duymaları da gözden kaçırılmaması gereken bir diğer husustur.

Bununla birlikte bir operasyon esnasında çok sayıda sistemin aynı anda kullanılması ve bir Komuta Kontrol Merkezi tarafından yönetilmesi gerekmektedir. Bu durumlarda KKİ'lerin bir merkezi sunucuya anlık olarak söz konusu sistemlere ait verileri göndermeleri gerekmektedir. Bu merkezi sistem harp sahasında bulunan tüm bu sistemlerin koordinasyonun sağlanmasında görevlidir ve genellikle Savaş Yönetim Sistemlerinden oluşmaktadır. Hangi sistemin hangi konumda hangi irtifa ve yönde hareket edeceğinden haberleşme esnasında kullanacağı frekans aralıklarına kadar çok geniş bir yelpazede ilgili tüm sistemlerin yönetilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca bu merkezde toplanan verilerden KKİ'lere o KKİ'nin görev alanı içerisinde yer alan ilgili tüm sistemlerin konum, hız, yönelim vb. gibi kritik verileri de anlık olarak aktarılmaktadır. Bu nedenle her bir KKİ'de bu veri trafiğini yönetecek sunucular da bulunmaktadır.

Yine KKİ'lerde komuta ve kontrol edilen sistemin görev tanımı ve tipine göre bulunabilen bir diğer bileşen ise simülasyon sistemleridir. Simülasyon sistemleri başta insansız sistemlerin komuta ve kontrolü olmak üzere birçok KKİ'de sıklıkla kullanılmaktadır. KKİ bünyesinde bulunan simülasyon sistemleri aracılığı ile harp sahasının ilgili sistemlerin de kullanıldığı bir ortamda simüle edilmesine ve dolayısıyla ilgili personelin harbe hazırlık seviyelerinin en üst seviyeye çıkarılması amaçlanmaktadır. Bir KKİ'de genellikle iki farklı tipte simülasyon mevcuttur. Bu simülasyonlar şu şekilde sıralanabilir:

Şekil 31: MYGS Merkezi İHA Yönetim Gözetleme Sistemi



Kaynak: Baykar Teknoloji, Merkezi Komuta Kontrol <https://baykartech.com/tr/merkezi-komuta-kontrol/>, (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2022).

- Döngüde Donanım
- Döngüde Yazılım
- Donanım Çevre Simülasyonları

olarak sıralanabilir.

Döngüde Donanım ve Döngüde Yazılım kavramları bir yazılımın, ilgili sistem içerisinde bulunan elektronik donanım vasıtasıyla veya bu donanım olmadan simüle edilmesini amaçlamaktadır. Örneğin, bir döngüde yazılım simülasyonu ile hava aracının otopilot yazılımı gerçek koşullara çok yakın şartlar altında test edilebilirken, döngüde yazılım simülasyonunda bu yazılımlar hava aracının içerisinde yer alan Uçuş Kontrol Birimi (UKB) içerisinde çalıştırılarak gerçek bir senaryo ortaya konulmuş olur.

Donanım Çevre Simülasyonları ise gerçek hayattaki ortamı en yakın bir şekilde simüle edilmesi amaçlanmaktadır. Simülasyon sayesinde örneğin bir insansız hava aracı, gerçek koşullara çok yakın bir şekilde modellenmiş olan hava ortamında, yine insansız hava aracına ait tüm aerodinamik ve yapısal özelliklere bağlı kalarak bir uçuş yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu simülasyonlar ile KKI'de bulunan ve insansız hava aracını yöneten pilotlar simülasyon üzerinden de hava aracını kontrol ederek bu konudaki kabiliyetlerini geliştirme şansına sahip olabilmekte ve aynı zamanda olası harp senaryoları için görev planlamasını yaparak erken bir hazırlık yakalamış olmaktadır.

Komuta Kontrol İstasyonları bir komuta kontrol sistemi içerisinde bulunan ve yine bu sistemde bulunan çeşitli alt sistemler aracılığı ile görev yapan

alt sistemlerdir. KKI'lerin temel görevi diğer alt sistemlerin yönetilmesi, yine bu alt sistemlerden elde edilen verilerin sevk ve idaresi ve bu neticede komuta ve kontrol edilen sistem veya sistemlerin sevk ve idaresini kapsamaktadır. Bu kapsam içerisinde KKI'ler genellikle farklı görev ve yetkinlikte olan ve komuta kontrol sistemin görev ve kapsamına göre sayıları değişebilen askerler tarafından yönetilmektedir.

Komuta Kontrol İstasyonları genellikle çeşitli sensörler ve çok yüksek güçlü bilgisayar ile donatılmış alt sistemlerdir. Komuta Kontrol İstasyonunun da bulunan tüm bu bileşenlerin en temel amacı bu sistemlerin entegre bir şekilde yönetilmesidir. Bu yönetimi sağlayacak olan, yani karar vericiler de burada bulunan askerlerdir. Bu nedenledir ki bir Komuta Kontrol İstasyonu içerisinde bulunan tüm sistemlerin, yani makinelerin, insanlar ile doğru bir şekilde iletişim kurmaları gerekmektedir. Bu iletişime "insan-makine etkileşimi" denilmektedir.

İnsan ve makine arasındaki bu etkileşim temelde iki unsur etrafında şekillenmektedir. Bu unsurlardan ilki İnsan-Makine arayüzü, ikincisi ise İnsan-Makine ekipleşmesidir. Söz konusu her iki unsur da kavramsal bir yaklaşım olsa da bu kavramsal yaklaşım etrafında KKI'de yer alan çeşitli yazılım ve donanımlar şekillendirilerek bu prensibe uygun bir yapı kurulması amaçlanmaktadır.

İnsan-Makine Arayüzü (HMI), insanların makinelerden aldıkları verileri yönetmek için kullandıkları bir mekanizmadır. Bu mekanizmanın gelişimi, özellikle askeri alandaki operasyonların başarı oranının artması açısından son derece önemlidir. Bu mekanizmanın gelişiminin önemi büyüktür ve en büyük zorluk, çoklu görevli operasyonlarda, özellikle hareketli hedeflere karşı yapılan operasyonlarda hızlı karar verme gerekliliği yani karar verme süresinin kısaltılmasıdır. Karar verme sürecinin hızlandırılması, insanların karar verme sürelerinin makinelere göre daha yavaş olması nedeniyle, karar verme mekanizmasının daha az ön plana çıkarılması gerektiği anlamına gelebilir. İnsan Makine arayüzünün yegane görevi ise karar verme sürecini hızlandırmak için insan ve makine arasındaki etkileşimi en uygun ve efektif hale getirmektir.

İnsan-makine ekipleşmesi, kara, deniz, hava, amfibi ve sivil sistemlerin senkronize bir çalışma ağı üzerinden bir arada çalışarak sistem performansını artırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, insan ve insansız sistemlerin birlikte çalışarak hayatta kalma ve durumsal farkındalık açısından sis-

temin gelişmesini amaçlamaktadır. Bu sayede, savaş kabiliyeti ve karşılaşılan asimetrik dezavantajlara karşı koyma yeteneği de artırılmaktadır. İnsan-makine ekipleşmesinde karşılaşılan en büyük zorluk, sistemde yer alan insan ve makine ekip üyelerinin doğal bir uyum içinde çalışarak sistemin maksimum verimlilikle işlemlerini sağlamaktır. Bu alanda hedeflenen en önemli başarı, doğru sayıda asker ve insanlı- insansız sistemlerin sistem içinde en verimli şekilde yerleştirilmesidir.

Askeri platformlar hem görevleri hem de doğaları gereği çok fazla sensör ile donatılırlar. Çeşitli kameralar, radarlar, ataletsel ölçüm birimleri, basınç ve sıcaklık ölçerler, manyetik alan ölçerler vb. yüzlerce sensör veya veri üreten eleman anlık olarak hem sistemin hem de harp alanının anlık olarak izlenmesini sağlar. Bu süreç içerisinde çok fazla sayıda sensörden çok yüksek sayılarda veriler üretilir. Bu veriler genellikle temel veriler olduğu için bu veriler etrafında birçok veri daha türetilerek çeşitli yaklaşımlar yapılmasına olanak tanır. Örneğin, İHA üzerinde yer alan bir basınç sensöründen hem İHA'nın irtifası tahmin edilebilirken hem de İHA'nın uçuş irtifasındaki hava sıcaklığına dair bir yorum yapılabilir, keza bir ateletsel ölçüm birimi ile hem bir platformun anlık ivme verisi elde edilirken hem de platformun yönelimi belirlenebilir. Tam da bu nedenden ötürü askeri sistemler çok ciddi miktarda veriyi anlık olarak üretebilmektedirler. Tüm bu verilerin anlamlı bir şekilde değerlendirilmesi ve nihayetinde bir insan tarafından karar verilmesi için ise insanın anlayabileceği kadar yalın, anlamlı ve efektif bir şekilde insana sunulması elzemdir ve insan-makine etkileşiminin bir gerekliliğidir. Bu gerekliliğin de komuta kontrol istasyonlarında yerine getirilmesi amacıyla Kullanıcı Arayüz Yazılımları bulunmaktadır. Kullanıcı Arayüz Yazılımları yapıları gereğince bir insan-makine arayüzüdür.

iii. Kullanıcı Arayüz Yazılımı

Genellikle Komuta Kontrol istasyonları içerisinde bir operasyon esnasında hem ilgili sistemleri yönlendiren hem de bu sistemlere ait çeşitli sensörleri yöneten birçok personel bulunmaktadır. Bu ekibin hem sahayı hem de komuta ve kontrol edilecek sistemleri yönetmelerini sağlayan, bu sayede insan-makine etkileşimini de yöneten bir Kullanıcı Arayüz Yazılımı (KAY, Graphical User Interface, GUI) adı verilen özel yazılımlar bulunur. Bu yazılımlar sayesinde ilgili sistemlerden iletilen çeşitli veriler (uçuş verileri, görüntüler, radar verileri vb.) bu arayüzde insanların anlayabileceği bir formata dönüştürülerek görselleştirilir.

Şekil 32: Kullanıcı Arayüz Yazılımı



Kaynak: Blitz Teknoloji, <https://www.blitztech.com.tr>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023)

KAY genellikle çok fazla verinin işlendiği, kimi zaman o veriler ile farklı yazılımlarında çalışmasına dolayısıyla sisteme farklı fonksiyonlar katılmasına olanak sağlayan çok gelişmiş yazılımlardır. Örneğin kimi zaman radarlardan elde edilen verilerin işlenmesi için çok yüksek güçlü bilgisayarlara ihtiyaç duyulabilir. Bu yüksek güçlü bilgisayarların radarın entegre edildiği sistem içerisinde yer almasının ağırlık ve boyut gibi kısıtlar sebebiyle mümkün olmadığı durumlarda ise ilgili veriler işlenmeden veya ön işlem geçirerek KKI'ye aktarılır ve bu işlemler boyut ve ağırlık gibi sorunlarının nispeten daha az olduğu KKI'ler içerisinde çalıştırılıp, çıktıları ilgili mercilere iletebilmektedir.

Bununla birlikte KAY yazılımları insanlar ile makinelerin etkileşim kurdukları bir arayüz oldukları için yazılımın sadece efektif ve hızlı çalışması yeterli değildir. Elde edilen verilerin efektif bir şekilde görselleştirilmesi ve kullanıcıya yani insana en yüksek farkındalığı neredeyse gerçek zamanlı olarak sağlaması gerekmektedir. Örneğin, yaklaşık 30000 ft irtifadan görev yapan bir insansız hava aracının belirli bir bölgede yer alan dinamik bir düşman hedefini izlediğini düşünelim. Bu senaryoda pilot bir anda İHA kamerasından yerde hedefi takip ederken aynı anda İHA'ya ait çeşitli hız, irtifa, yönlem vb. verileri de görmesi gerekir. Tam da bu nedenden ötürü bir İnsan-Makine Arayüzü olarak KAY'ların oldukça efektif ve ergonomik bir tasarıma sahip olmaları gerekmektedir.

Tüm bu sebeplerden ötürü komuta kontrol sistemlerinin beyni olarak kabul edilen Komuta Kontrol İstasyonları oldukça kompleks alt sistemlerdir. Her ne kadar temel görevi veri alışverişi, koordinasyon ve yönetim gibi gözükse de özellikle ilgili personellerin karar vermesini kolaylaştıracak ve trafiği efektif bir şekilde yönetecek istasyonların geliştirilmesi, bir mimari içerisinde bu yapının kurulması oldukça çetrefilli bir iştir. Bununla birlikte yine bu sistemler Ağ Merkezli Harbin temel yapı taşlarından bir tanesi olduğu için günümüzde ciddi çalışmaların yapıldığı bir alandır.

4.1.2. İstihbarat, Keşif ve Gözetleme Sistemleri

Bu bölümde İstihbarat, Keşif ve Gözetleme (IKG) sistemlerine değinilecektir. Hangi sistemlerin IKG sistemi olarak sayılabileceği, IKG sistemlerinin üstlendikleri temel görevlerin neler olduğu, bu görevleri yapacak sistemlerin temel bileşenleri bu bölümün ana yapısını oluşturacaktır.

Günümüzde her ne kadar harp alanı çok daha kompleks bir hal almış olsa da yine de istihbarat, keşif ve gözetleme faaliyetleri harp alanının en önemli gereklilikleri arasında yer almaktadır. İstihbarat, Keşif ve Gözetleme (IKG / Intelligence, Surveillance, Recognissance - ISR) faaliyeti, sahadaki durumu gözlemek, harp alanındaki potansiyel hedefleri tespit etmek, tanımlamak ve sınıflandırmak ile sahaya dair her türlü istihbaratı toplamak ve bu verileri çeşitli yazılımlarla analiz ederek anlamlı ve hatta ham veriyi ilgili sistemlere aktarmaya kadar uzanan göreve verilen addır.²⁸

IKG sistemleri genel olarak ana görevi İstihbarat, Keşif ve Gözetleme faaliyetleri olan ve bu faaliyetlere ek olarak hedef edinimi görevlerini de üstlenebilen oldukça kompleks sistemlerdir. Bu sistemler ile harp alanının adeta bir resminin çekilmesi, bu resim içerisindeki düşman birliklerin potansiyel hareketlerinden, düşman mevzilerine, potansiyel hedeflerin tespit, teşhis ve sınıflandırılmasından, dost birliklerin ikmal ve lojistik gibi durumlarının gözlemlenmesine kadar bir dizi görevi kapsamaktadır.

Burada sözü edilen tüm bu görevlerin birçoğunun veya tamamının aynı anda gerçekleştirilebilmesi için söz konusu IKG sistemlerinin birçok farklı bileşenden (sensörler, çipler, optikler vb.) oluşan alt sistemlerin (kameralar,

28. Defence Turk, ISR – İstihbarat, Gözlem, Keşif, Seray Güldane, 15 Nisan 2020 <https://www.defenceturk.net/isr-istihbarat-gozlem-kesif>, (Erişim Tarihi: 29 Eylül 2023).

radarlar, elektronik harp podları vb.) bir araya gelerek kompleks bir sistemi var etmesi gerekmektedir. Hem söz konusu görevlerin harp alanında getirdiği avantajlardan hem de söz konusu sistemlerin komplekslik seviyelerinden ötürü İKG sistemleri her zaman harp alanının hem en çok aranan hem de teknolojik olarak erişilmesi en zor sistemlerinin başında gelmektedir.

Günümüzde harp alanında aktif bir şekilde kullanılan ve söz konusu teknolojilerin gelişmişlik düzeyleri sebebiyle sivil alanlara da zamanla uygulandığı birçok İKG sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin hepsi bir İKG sistemi olmanın gerekliliği olan görevleri başarı ile yerine getirebilmektedir. Söz konusu İKG sistemlerinin başlıcalarını sıralayacak olursak:

- İnsansız Hava Sistemleri (İHS)
- Gözetleme Uyduları
- Erken İhbar ve Kontrol Uçakları (AWACS)
- İstihbarat Gemileri

Söz konusu İKG sistemleri daha önceden belirtilen ve bir İKG sisteminin olmazsa olmazı olan istihbarat, keşif ve gözetleme görevlerinin tamamını yapabilme kabiliyetine sahiptir. Bu sistemlerin harp alanına etkileri ve teknolojik zorluk seviyeleri göz önüne alındığı takdirde her bir sistem özelinde bir stratejik önem düzeyi çıkartmak doğru olacaktır. Zira sistemlerin stratejik önemleri ne ölçüde yüksek ise o sistemlerin gelişimi ülkeler için çok daha kritik bir haldedir.

i. İnsansız Hava Aracı Sistemleri

İKG sistemleri içerisinde Türkiye için en stratejik sistem ise İHS olarak on plana çıkmaktadır. Bu durumun en temel sebebi Türkiye'nin geliştirdiği bu sistemlerin özellikle 2010'lu yıllar ile birlikte bu harp alanında çok ciddi başarılar elde ederek dünyanın önde gelen ülkeleri arasında gösterilmesi ve bu nedenden dolayı İHS sistemleri için gereken teknolojilere çok daha erişilebilir olmasından kaynaklanmaktadır.

Bununla birlikte erişilebilirlik bir sistemin stratejik önemini en iyi açıklayan temel unsurların başında geliyor olsa da İHS sistemlerinin stratejik önemi sadece erişilebilir olduklarından kaynaklanmaz. İHS sistemlerin diğer tüm söz konusu İKG sistemlerinin kabiliyetlerine ek olarak hedef edinimi görevini de gerçekleştirebilmektedir. Hedef edinimi sayesinde gerçek zamanlı olarak harp alanında tespit, teşhis ve sınıflandırılma işlemi yapılan hedeflerin vurucu sistemlere aktarılması veya bizzat İHS sistemi tarafından imha edile-

biliyor olması bu sistemleri diğer IKG sistemlerine kıyasla çok daha avantajlı bir noktaya taşımaktadır.

İHS sistemlerinin stratejik önemini gösteren bir diğer unsur ise teknolojik yayılımıdır. Söz konusu sistemler hem teknolojik altyapıları hem de kullanım alanlarına bakıldığı takdirde teknolojik olarak diğer sistemlere kıyasla çok daha kolay yayılım gösterebilmektedir. Günümüzde harp alanında kullanılacak bir İHS sistemi sivil veya endüstriyel ürünler kullanılarak bir sistem haline getirilmesine rağmen harp alanında ciddi bir etki yaratmaktadır. Bununla birlikte bu sistemlerin diğer sistemlere kıyasla sahip oldukları teknolojinin çok daha kolay bir şekilde sivil sektörlerle aktarılması ve çok daha fazla alanda kullanılabilir olması stratejik öneminin ne denli yüksek olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte Gözlem Uyduları, Erken İhbar ve Kontrol Uçakları ile İstihbarat gemileri gibi IKG sistemleri de harp alanına doğrudan etki eden oldukça kritik sistemlerdir. Özellikle Gözlem Uyduları İHS sistemlerine kıyasla hedef edinimi kabiliyetine sahip olmasa da İHS sistemlerine göre çok daha geniş bir alanda IKG görevini üstlenebilmektedir. Bu sistemlerin İHS sistemlerine kıyasla en önemli dezavantajlarından bir tanesi ise söz konusu görevleri İHS'lerin aksine gerçek zamanlı olarak yapamamasından kaynaklanmaktadır.

İnsansız Hava Sistemleri (İHS) içerisinde çeşitli faydalı yükleri çok esnek bir şekilde barındıran, sahip olduğu bu kabiliyet ile çok esnek bir şekilde birçok görevi aynı anda yapabilen, otonom veya yarı otonom bir sistemler bütününden oluşur. Bir İHS sistemi içerisinde en temelinde IKG görevini gerçekleştirecek platform olarak bir veya birden fazla insansız hava aracı, bu hava araçlarının hem birbirleri ile entegrasyonunu sağlayan hem bu sistemleri kontrol eden hem de elde edilen verileri farklı unsurlar ile dağıttık bir biçimde paylaşabilen bir veya birçok Yer Kontrol İstasyonu (YKI) ve bu sistem içerisinde yer alan hem “makinelere” hem de onları yöneten “insanların” birbirleri ile iletişimini sağlayan haberleşme birimlerinden oluşmaktadır.

Bir İHS bünyesinde yer alan bu üç temel unsur ile birlikte değerlendirildiği takdirde tam anlamıyla IKG kabiliyetine sahip aynı zamanda sahip olduğu diğer faydalı yükler ile hedef edinimi ve hatta edinilen hedeflerin imhasını da gerçekleştiren bir vuruş gücü haline de gelebilen kompleks bir sistem olarak adlandırılabilir. Bu sistemler içerisinde yer alan çok çeşitli faydalı yükler

sayesinde IKG görevleri çok geniş bir bant içerisinde çok ciddi miktarda ve çeşitlilikte veri elde edilerek gerçekleştirilmektedir.

Örneğin bir İHS sistemi sahip olduğu çeşitli faydalı yüklerle bağlı olarak harp alanının gerçek zamanlı olarak adeta fotoğrafını çekebilir. Bu fotoğraf içerisinde hareket eden nesnelerin tespit edilmesinden, o nesnelerin geçmiş ve gelecek rotalarını tahmin edebilir, gerekirse bu hedefler içerisinde tehdit unsuru olarak gördüğü hedefleri otonom bir şekilde tespit, teşhis ve sınıflandırma işlemlerini yapabilir ve nihayetinde bu hedefleri yine sistem bünyesinde bulunan gelişmiş yazılımlar sayesinde bir maliyet fonksiyonuna bağlı olarak kendisi veya bir başka ateş gücü de dahil olmak üzere en optimum şekilde imha edebilmektedir.

İHS sistemlerinin sahip olduğu en temel kabiliyet otonomidir. Otonomi, en basit haliyle, bir makinenin kendisi veya başka insan/makine tarafından elde edilen veriler ışığında karar verebilmek gerekli tüm yeteneklere sahip olma ve kararı uygulama kabiliyetine verilen addır. Otonomi kabiliyetini doğru bir şekilde idrak etmenin temel yolu insanın karar verme süreçlerini anlamaktan geçer. İnsanlar yine en basit haliyle, 5 duyu organı sayesinde elde ettiği verileri, geçmişte aldıkları eğitime yani öğrenilmiş gerçeklere dayanarak, beyni aracılığıyla değerlendirir ve bu değerlendirme nihayetinde beyin tarafından verilen karar insanın uzuvları aracılığıyla uygulanır. Bu durum tam olarak aynı şekilde otonomiye sahip makinelerde, yani insansız sistemlerde de geçerlidir.

İnsansız sistemler, içerisinde aynı insan vücudunda olduğu gibi hem dumsal farkındalık sağlayan hem de bulunduğu ortam ile ilgili karar vermesini sağlayan birçok sensör ile donatılmışlardır. Bu sensörler adeta birer duyu organı gibi davranırken kimi zamanda aynı tip verileri farklı sensörler ile elde ederek elde edilen verinin doğruluğunu artırmaya ve dolayısıyla karar verme sürecini desteklemeye çalışmaktadırlar. Bu duyu organlarından yani sensörlerden elde edilen tüm bu veriler yine insan fizyolojisinde olduğu gibi bir karar verici organa yani gömülü bilgisayarlara aktarılır. Bir İHS sistemi içerisinde yetkileri ve görev tanımları belirli sınırlarla çizilmiş birçok gömülü bilgisayar bulunmaktadır. Bu bilgisayarlar yardımı ile sensörlerden elde edilen veriler, sistemin görev tanımına bağlı olarak yine öğrenilmiş algoritmalar/yazılımlar sayesinde çok hızlı bir şekilde değerlendirilir ve bir çıktı üretilir. Üretilen bu çıktı nihayetinde sistem içerisinde kimi zaman içerisinde yer alan faydalı yükler sayesinde doğrudan uygulanırken kimi zaman farklı sistemlerin uygulaması için paylaşılmaktadır.

Şekil 33: ANKA-S SİHA ve SATCOM Anteni



Kaynak: Fatih Mehmet Küçük, Defence Turk Arşivi

Aslında buradaki tanım ve örneklemelerden de anlaşılacağı üzere bir IHS sistemi tam olarak bir Ağ Merkezli Harp bileşeni örneğidir. IHS sistemleri hem sahip oldukları sensörler ile veriler elde ederken, bu verileri kendileri gibi diğer insansız sistemlerden de elde ederek en doğru verileri elde etmeyi amaçlarlar. Elde edilen bu veriler yine farklı insansız sistemler tarafından değerlendirilerek en doğru kararın en hızlı şekilde verilmesi amaçlanır. Bu durum neticesinde ortaya çıkan karar, o kararın uygulanması için gerekli yeterliliklere sahip en doğru sistemin kararı uygulaması ile neticelenmiş olur ki bu senaryo tam bir Ağ Merkezli Harp örneğidir.

Burada sözü edilen senaryoyu daha iyi idrak edebilmek için insansız bir sistemi, insanlı bir sistem üzerinden tasvir etmek çok daha açıklayıcı olacaktır. Askeri bir operasyon icra eden 5 kişilik bir askeri tim grubu içerisinde biri keskin nişancı, ikisi gece görüş sistemleri bulunan, ikisi ağır silahlar ile donatılmış bir ekip varsayalım. Bu konfigürasyon içerisinde yer alan her bir asker aslında kısmen de olsa gözlem, imha, ateş gücü ve durum değerlendirme yeteneğine sahip olmaktadır ancak eğer operasyon gece icra edilecek ise gece görüş sistemleri ile donatılan askerlerin verdiği verilere göre imha işlemi gerçekleşmesi daha yüksek doğrulukla bir sonuç vaat ederken, gün ışığında

icra edilecek bu görevde bu durum farklı olabilecektir. Keza tekil veya nispeten uzun menzilde bir görev icra edilmesi gerekirse, keski nişancının birincil ateş gücü olması beklenirken, daha kısa menzil veya çoklu hedefte ağır silahlar ile donatılmış askerlerin birincil ateş gücü olması daha yüksek başarı şansı vaat etmektedir. Burada senaryonun dinamik koşullarına ve eldeki imkân ve kabiliyetlere bakıldığı zaman bu karar ortak bir akıl ve operasyonu yöneten zekâ tarafından verilmektedir. Burada anlatılan bu senaryo tam olarak bir insansız sistem için de geçerlidir.

Harp alanı içerisinde IHS'ler genellikle tüm dinamik koşullara göre farklı kabiliyetlere sahip birçok faydalı yük ile görevlerini icra etmektedirler. Kimi zaman bir ateş gücü kimi zaman ateş gücünü yönlendiren bir operasyonel zekâ kimi zaman ise veri toplayan bir gözlemci olarak davranabilmektedirler. IHS'nin sahip olduğu kabiliyet hangi yönde gelişmiş olursa olsun, günümüzde değişmeyen en temel kabiliyet gözlem yani IKG kabiliyetidir. Bu kabiliyetin en temel kabiliyet olmasının yegâne sebebi ise bu sistemlerin çok yüksek irtifalarda, uzun süreler havada kalarak sahip oldukları gelişmiş IKG alt sistemleri ile ciddi bir gözlem ve durumsal farkındalık yeteneğine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır.

IHS sistemleri daha önce de söz edildiği gibi üç ana yapıdan oluşmaktadır. Bu yapılar içerisinde tüm görevleri gerçekleştiren yapı ise İnsansız Hava Araçlarıdır. İnsansız hava araçları, kısmen veya tamamen otonom bir şekilde görev yapabilen, diğer hava araçlarına kıyasla çok yüksek irtifalarda uzun sürelerde görev yapabilecek bir aerodinamik yapıda tasarlanmış, yüksek faydalı yük kapasitesine sahip hava araçlarına verilen genel bir isimdir.

ii. İHA Türleri

İnsansız hava araçları, sabit veya döner kanatlı olabilen, pistten veya dikey bir şekilde iniş kalkış yapabilen, içerisinde yer alan uçuş kontrolcülerini ve görev bilgisayarları sayesinde tam otonom iniş kalkış ve seyir icra edebilen, sahip oldukları IKG alt sistemleri (Radarlar, EO/IR sistemleri vb.) ile IKG görevlerini çok uzun süreler havada kalarak yapabilen, bu görev neticesinde elde ettikleri verileri çeşitli Komuta Kontrol Alt Sistemleri (Görev Bilgisayarları, Uçuş Kontrol Bilgisayarları, Yapay Zeka birimleri vb.) ile neredeyse gerçek zamanlı olarak işleyebilen ve nihayetinde elde edilen veriyi sahip oldukları Haberleşme Alt Sistemleri (Veri Bağları, Video/Görüntü Bağları vb.) ile Yer Kontrol İstasyonu ve hatta diğer ilgili hava, kara ve deniz sistemleri ile elde

edilen verileri paylaşabilen ve nihayetinde eğer sahipse çeşitli hava-kara veya hava-deniz, ve hatta hava-hava mühimmatları ile hedefine bir ateş gücü olarak saldırıda bulunabilen platformlardır.

İnsansız Hava Araçları 18 gramlık Black Hornet (Kara Arı) sisteminde, 700 kg kalkış ağırlığındaki Bayraktar TB-2'ye ve hatta 15 ton maksimum kalkış ağırlığındaki RQ-4 Global Hawk (Küresel Kartal) sistemine kadar çok farklı tiplerde, boyut ve ağırlıklarda, faydalı yüklerde ve dolayısıyla farklı görev önceliklerinde kullanılabilen, sabit veya döner kanatlı insansız hava araçları ve bu araçların komuta edilmesi, elde edilen verilerin işlenmesi ve işlenen verilerin ilgili sistemlere aktarılmasını sağlayan yer kontrol istasyonları ve bu istasyonlarda bulunan, yer kontrol istasyonu ile havacının haberleşmesini sağlayan haberleşme unsurları ile birlikte bir bütün olarak çalıştıkları takdirde İnsansız Hava Sistemlerini oluşturmaktadır. Özetle, İHA bir platformken, YKİ ve haberleşme birimleri ile bir araya geldiği takdirde bir sistemi oluşturmaktadır.

İnsansız Hava Araçları bir platform olarak yani bir hava unsuru olarak ele alındığı takdirde farklı sınıflandırmalara konu olabilir. Bu sınıflandırmalar arasında en geniş kapsamlısı, platformun kabiliyet ve görev tipine bağlı olarak yapılan sınıflandırmadır. Son dönemde artan etkinlikleri sebebiyle bu bağlamdan bakıldığı takdirde insansız hava araçları iki ana grup altında sınıflandırılabilir. Bunlar şu şekildedir:

- Bulut Üstü İnsansız Hava Araçları
- Bulut Altı İnsansız Hava Araçları

Bulut Üstü olarak tabir edilen İnsansız Hava Araçları genellikle 10 bin feet irtifadan yüksek irtifalarda görev yapan, Bulut Altı sınıftaki araçlara kıyasla çok daha yüksek faydalı yük kapasitesine, dolayısıyla daha gelişmiş faydalı yüklerle sahip, yine bulut altı sistemlere kıyasla çok daha uzun süre havada kalabilen sistemlerdir.²⁹ Burada Bulut altı ve üstü tabirlerine de bir parantez açmak gerekebilir. Bu tabir çok yaygın bir şekilde gözlemlenen bir bulut tipi olan ve bulut tabanı 2000, kimi zaman 3000 metreye kadar uzanabilen kümülüs (cumulus) bulutlarına bağlı olarak ortaya konulmuştur. Kümülüs bulutları havada çok sık şekilde karşılaşılan bir bulut tipidir. Bu bulutların altında görüntüleme yapmak için nispeten daha basit görüntüleme sensörleri yeter-

29. Fatih Mehmet Küçük, Bulut Altı İnsansız Hava Aracı BİHA, Defence Türk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler/#dflip-df_46284/28/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023), s. 26.

li iken bu bulutların üzerindeki irtifalarda bulutlar görüş alanına girdiği için çok daha gelişmiş görüntüleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla bulut altı ve bulut üstü sınıflandırması da yine bu sürece dayanmaktadır.

Bununla birlikte Bulut üstünde seyreden hava araçları da yine görev irtifalarına ve kabiliyetlerine bağlı olarak farklı sınıflara ayrılabilir. Bulut üstünde seyreden İHA'lar dört farklı başlık altında sınıflandırılır. Bunlar:

- Taktik/Stratejik İHA'lar
- Orta İrtifa ve Uzun Havada Kalış (MALE) İHA'lar
- Yüksek İrtifa ve Uzun Havada Kalış (HALE) İHA'lar
- Muharip İHA'lar

olarak sınıflandırılmaktadır.

Tablo 1: NATO'ya Göre İHA Sınıflandırması

Kategori	İHA Ağırlığı	Operasyonel İrtifa	Görev Yarıçapı	Havada Kalış	İrtifa	Normal Görevlendirme	Tipik Kullanım
Mikro	< 2kg	0-1000ft	5 km (LOS)	< 1 saat	Çok Alçak İrtifa	Taktik Tim - Tek Operatör	Keşif, denetim, gözetleme
Mini	2-20 kg	0-3000ft	25 km (LOS)	1-6 saat	Alçak İrtifa	Taktik Tim	Gözetleme, veri toplama
Küçük	20 -150 kg	0-5000ft	50 km (LOS)	6-16 saat	Alçak İrtifa	Taktik Birim	Gözetleme, veri toplama
Taktik	150-600 kg	0-10,000ft	200 km (LOS)	< 30 saat	Alçak İrtifa	Taktik Birim	Gözetleme, veri toplama
MALE	> 600 kg	0-45,000ft	Sınırsız (BLOS)	< 30 saat	Orta İrtifa	Operatif / Bölgesel	Gözetleme, kargo taşıma
HALE	> 600 kg	0-65,000ft	Sınırsız (BLOS)	< 30 saat	Yüksek İrtifa	Stratejik / Ulusal	Gözetim, veri toplama, sinyal rölesi
Saldırı / Savaş	> 600 kg	0-65,000ft	Sınırsız (BLOS)	< 30 saat	Yüksek İrtifa	Stratejik / Ulusal	Gözetim, veri toplama, sinyal rölesi

Kaynak: Castrillo, Vittorio Ugo, vd. "A review of counter-UAS technologies for cooperative defensive teams of drones." Drones 6.3 (2022): 65.

Taktik/stratejik sınıftaki insansız hava araçları 18000 feet irtifaya kadar seyir irtifasına ulaşabilen, 150-650kg aralığında maksimum kalkış ağırlığına sahip, 200 km'ye kadar menzilde görüş içi haberleşme yapabilen, genellikle çok hafif stratejik mühimmatlar ve uzun menzillerde görüntüleme yapabile-

Şekil 34: UÇBEY Bulut Altı İnsansız Hava Aracı

Kaynak: BİYOTEKSAN, Ürünler; <https://www.biyoteksan.com.tr/urunler> (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023).

cek EO/IR sistemleri ile donatılmış insansız hava araçlarının olduğu sınıftır. Bu sınıftaki araçlar genellikle 10-24 saat aralığında görev yapabilirken sahip oldukları esnek mimari ve maliyet etkin yapıları sebebi ile birçok kuvvet tarafından da tercih edilebilmektedir. Bu sınıfa en uygun örnek İsrail’li Elbit Systems tarafından geliştirilen Hermes 450 tipi İHA’dır.

Bununla birlikte Baykar Teknoloji tarafından geliştirilen Bayraktar TB-2 İHA’da ilk olarak bir taktik stratejik sınıfta sayılabilecek şekilde tasarlanmıştır ancak zamanla TB-2 birçok evrim geçirmiş, gelişmiş ve çok daha etkin bir İHA haline gelmiştir. Bu sebepten ötürü TB-2 İHA taktik stratejik sınıftaki araçlara kıyasla çok daha üstün özelliklerde, özellikle TB-2S yani görüş ötesi haberleşme yapan versiyonu ile tam olarak bir MALE İHA sınıfına girmiştir.

Orta İrtifa Uzun Havada Kalış (MALE) sınıftaki insansız hava araçları 45000 feet irtifaya kadar seyir irtifasına ulaşabilen, 600kg dan fazla maksimum kalkış ağırlığında, sınırsız bir menzilde görüş ötesi haberleşme yeteneğine sahip, birçok ağır güdümlü/güdümsüz füze/bomba ve çok uzun menzillerde, farklı spektrumlarda görüntüleme yapabilecek EO/IR sistemleri ve çeşitli tiplerdeki radarlar ile sinyal istihbaratı ve elektronik harp yeteneğine sahip çeşitli faydalı yükler ile donatılmış insansız hava araçlarının olduğu sınıftır. Bu sınıftaki araçlar genellikle 24 saat’den fazla havada kalış süresine sahip oldukça kompleks sistemlerdir. Bu sınıfa en uygun ör-

nek ise Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TUSAŞ) tarafından geliştirilen ANKA ve AKSUNGUR platformları ile Baykar Teknoloji tarafından geliştirilen AKINCI platformlarıdır.

Yüksek İrtifa Uzun Havada Kalış (HALE) sınıftaki insansız hava araçları 65000 feet irtifaya kadar seyir irtifasına ulaşabilen, 600kg dan fazla maksimum kalkış ağırlığına sahip, sınırsız bir menzilde görüş ötesi haberleşme yeteneğine sahip, yine birçok ağır mühimmat taşıyabilen ancak genellikle asli görevi bir vuruş gücünden ziyade IKG görevi olan, çok uzun menzil ve irtifada, farklı spektrumlarda görüntüleme yapabilecek EO/IR sistemleri ve çeşitli tiplerdeki radarlar ile sinyal istihbaratı ve elektronik harp yeteneğine sahip çeşitli faydalı yükler ile donatılmış insansız hava araçlarının olduğu sınıftır. Bu sınıftaki araçların sahip oldukları faydalı yükler ve servis irtifaları sebebiyle birçok hava savunma sisteminin etkili menziline uzak bir şekilde IKG görevlerini icra edebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Bu sınıfa en uygun örnek ise Northrop Grumman tarafından geliştirilen Global Hawk İHA'sıdır.

Muharip İnsansız Hava araçları da HALE sınıfındaki araçlara benzer olarak 65000 feet irtifaya kadar seyredebilen, maksimum kalkış ağırlığı 600kg'dan fazla olan, görüş ötesi haberleşme ile sınırsız bir menzilde haberleşme yapabilen, sahip oldukları hedefleme podları ile hem görüntüleme hem de uzun menzilde hedef edinimi yapabilen, yine sahip oldukları çok gelişmiş radarlar (AESAs vb.) sayesinde hava, kara ve denizdeki düşman unsurlarını çok uzun menzillerden tespit ve teşhis edebilen, yine sahip oldukları uzun menzilli ve hassas mühimmatlar (Seyir füzesi vb.) ile hedefleri yüksek doğrulukla imha edebilen ve hatta hava-hava görevlerini de başarılı bir şekilde yerine getirerek hava üstünlüğü kurulmasında rol oynayan muharip platformlardır. Bu tipteki platformlara verilebilecek en uygun örnek yine Baykar teknoloji tarafından geliştirilen KIZILELMA İHA'dır.

Burada ülkemizin bu alandaki gelişimine de bir parantez açmak gerekir. Türkiye özellikle 2000'li yıllar ile birlikte yaptığı Savunma Sanayi atılımı ile birlikte günümüzde İnsansız Hava Sistemleri alanında dünyanın en büyük 4 oyuncusundan birisi olmayı başarmıştır. Şu anda 30'dan fazla ülkede Türk şirketleri tarafından geliştirilen Taktik/Stratejik ve MALE sınıfı İHA'lar görev yapmaktadır.³⁰ Bu rakam bulut altı sınıftaki insansız hava aracı geliştiren Türk şirketlerin de katılımı ile birlikte çok daha yüksek bir sayıya ulaşmaktadır. Özel-

30. Kaan Azman, "Kuveyt'e Bayraktar TB2 ihracatı!," Defence Turk, <https://www.defence-turk.net/kuveyte-bayraktar-tb2-ihracati>, (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023).

likle Baykar Teknoloji ve TUSAŞ, İnsansız Hava Sistemleri alanında Türkiye'nin ve dünyanın lider şirketleri arasındadır. Baykar tarafından geliştirilen Bayraktar TB2 dünyanın çeşitli bölgelerinde, çok sayıda harp ortamında kullanılan bir sistem iken Bayraktar AKINCI ve Kızılelma platformları da şirketin diğer ana ürünleridir. Bununla birlikte TUSAŞ ise Anka ve Aksungur platformlarına ek olarak ANKA-3 isimli yeni bir platformla da çalışmalarına devam etmekte ve dünyanın önde gelen İHA üreticileri arasında yer almaktadır.^{31 32}

Bununla birlikte özellikle son 10 yılda Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayi Başkanlığının odak alanlarından bir tanesi de İnsansız sistemlerdir. Hava, Kara ve Deniz sistemlerinde son 10 yıl içerisinde birçok ciddi insansız sistem projesi başlamış ve hatta ortaya çıkan bu projelerin, projelendirme şekilleri sebebiyle Türkiye her bir etki alanında birden çok ürüne kavuşmuştur. Özellikle İnsansız Deniz Sistemlerinde yaşanan gelişmeler Türkiye adına oldukça umut vadetmektedir.

Bulut üstü insansız hava araçları her ne kadar harp alanına doğrudan etki eden en önemli unsur gibi gözükse de özellikle 21. yüzyıl ile birlikte değişen harp koşulları sonucunda harp alanı değişmiş, gelişmiş ve hatta evrimleşmiştir. Teknolojik yayılımın her alanda artması özellikle düzenli ordular ile mücadele eden vekil güçler veya terör örgütlerinin teknolojik erişimini kolaylaştırmış ve bu vesileyle harp alanındaki bu gibi tehdit unsurları düzenli ordulara karşı çok daha mobil ve dinamik bir yapıya bürünmüştür. Bu mobil ve dinamik tehdide karşı ise düzenli orduların statik ve hantal yapılarını bir kenara bırakıp tehdide aynı hız ve şekilde karşılık verme ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyacın çözümü ise çok daha esnek, kolay ve güvenilir sistemlerin kullanılmasından geçmektedir. Bu tipteki sistemlere en tipik örnek ise Bulut Altı İHA'lardır.

Bulut Altı insansız hava araçları en fazla 10000feet irtifadan seyreden, maksimum kalkış ağırlığı 150kg'dan az olan, sahip oldukları EO/IR ve kimi zaman radarlar ile IKG görevlerini üstlenmek için geliştirilen, oldukça modüler hatta kimi zaman tek bir erin tüm operasyonel süreci yönetmesine uygun olarak tasarlanmış, dikey iniş kalkış (VTOL), elle veya mançonik ile fırlatılarak kalkış, gövde/paraşüt ile iniş veya konvansiyonel bir şekilde pistten iniş/

31. Yusuf Emir Işık, "ANKA İHA üretimi devam ediyor," Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/anka-ih-uretimi-devam-ediyor>, (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023).

32. Hakan Torlak, "Üretim kapasitesi arttı: AKSUNGUR İHA Kırgızistan ve Angola yolcusu," Defence Türk, <https://www.defenceturk.net/uretim-kapasitesi-artti-aksungur-ih-kirgizistan-ve-angola-yolcusu>, (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).

kalkış yapabilen İHA'lara verilen addır. Bu tipteki sistemlerin en tipik özelliği oldukça modüler ve maliyet etkin olmalarının yanında sahip oldukları faydalı yüklerin de oldukça gelişmiş faydalı yükler olmasından gelmektedir.

Bulut altı İHA'lar genellikle çok modüler sistemlerdir. Birkaç dakika içerisinde uçuşa hazır hale getirilebilen bu sistemler aslında bir bulut üstü aracın sahip olduğu neredeyse tüm özelliklere de sahiptir. Bununla birlikte bu tipteki araçların da vurucu bir kabiliyet kazanması için günümüzde oldukça küçük mühimmatların da geliştirilme çalışmaları devam etmektedir. Keza aynı şekilde bu tipte doğrudan bir vurucu güç olarak konumlandırılabilir kamikaze İHA'lar da bulunmaktadır.

Kamikaze İHA kavramı, insansız bir şekilde hareket ederek belirlenen hedefe bir dalış yapmak suretiyle hedefe doğru ilerleyen ve hedef etkili menzile içerisine girdiği takdirde içerisinde yer alan harp başlığını infilak ettirerek hem kendini hem hedefi imha eden İHA'lara denilmektedir. Bu tipteki araçlar kimi zaman bir bölgedeki birliklerin imhası için anti-personel tipindeki harp başlığı ile kullanılırken kimi zaman da hava savunma sistemlerinin bastırılması (SEAD/DEAD) görevlerinde kullanılmak üzere Radyo Frekansı (RF) arayıcı harp başlıkları ile birlikte kullanılabilirler.

Kamikaze İHA'lar bir Bulut Altı İHA olarak tipik bir bulut altı İHA'nın tüm özelliklerine sahip olmakla birlikte bünyelerinde çeşitli tiplerdeki harp başlıkları bulundurmaktadır. Bu harp başlıkları sayesinde belirlenen hedef veya hedeflere doğrudan bir mühimmat gibi dalış yaparak harp başlıklarının imha ettirilmesi sonucunda hem kendilerini hem de ilgili hedefi imha etmeyi amaçlamaktadırlar. Bu nedenle Kamikaze İHA'lar görev başarılı bir şekilde gerçekleştiği takdirde tekrar kullanılamamaktadır. Aynı şekilde Kamikaze İHA'lar bünyelerinde bulunan çeşitli IKG alt sistemleri yardımı ile hem IKG görevlerini yerine getirebilirken hem de yine bu alt sistemler yardımı ile hedef edinimi yapabilir veya farklı IKG sistemlerinin hedeflediği sistemleri doğrudan imha edebilmektedirler.

Bununla birlikte Kamikaze İHA'ların harp başlığı dışında diğer bulut altı sınıfındaki İHA'lardan en temel farkı hedef edinimi sağlandıktan sonra hedefe yüksek hızda bir dalış gerçekleştirerek görevini tamamlamasıdır. Bu görev sebebiyle kamikaze araçların aerodinamik ve dolayısıyla mekanik tasarımları, diğer bulut altı araçlardan oldukça farklıdır. Keza bu aerodinamik yapısal farklılık sebebi ile bu sistemlerin uçuş mekanikleri ve dolayısıyla otopilotlarında kullanılan uçuş algoritmaları da değişiklik göstermektedir. Bu temel

iki farklılık dışında kamikaze araçlar da bulut altı araçların tüm karakteristik özelliklerini taşımaktadırlar.

Bir bulut altı İHA da yine bulut üstü araçlarda olduğu gibi IKG görevlerini yerine getirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu tipteki İHA'lar da oldukça gelişmiş EO/IR sistemleri kullanarak bulut üstü araçlara kıyasla daha kısa menzillerde ama oldukça yüksek hassasiyet ve doğruluk ile IKG görevlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler. Keza bu sistemlerin modüler yapıda olmaları da yine en önemli avantajlarından bir tanesidir.

Özellikle günümüzde değişen harp koşulları sebebiyle harp ortamı çok daha dinamik bir hal almaktadır. Bu dinamik hal içerisinde her bir askeri unsurun bilgi edinimi çok önemli bir hale gelirken, bu gerekliliğin getirdiği önemli dezavantaj bilgi kaynaklarının çeşitlendirilme ve tabana yayılma ihtiyacını ortaya çıkartmasıdır. Tam da bu nedenden ötürü sahadaki en ufak askeri birliklerin bile gerçek zamanlı olarak bilgi ediniminin sağlanması ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyacın da karşılanabilmesi adına en ufak birliklerin bile kullanabileceği, kullanıldığı takdirde gerçek zamanlı olarak bilgi ediniminin yani IKG görevinin üstlenilebileceği yapılara olan ihtiyaç artmıştır. İşte bulut altı sınıftaki araçların getirdiği bu modüler yapı sayesinde bu ihtiyaç hızlı ve efektif bir şekilde çözülmektedir.

Şekil 35: Bulutaltı İHA ve Bulut Üstü İHA Avantajları

Avantajlar	Bulut Altı İHA	Bulut Üstü İHA
İniş-Kalkış Kolaylığı	X	
Dayanıklılık		X
Hava Şartlarından Etkilenme	X	
Faydalı Yük Kapasitesi		X
Maliyet Avantajı	X	
Nicelik Avantajı	X	
Nitelik Avantajı		X

iii. Yer Kontrol İstasyonu

İHA ile birlikte bir İnsansız Hava Sistemi içerisinde birbiri ile entegre çalışan ve bu entegrasyon sonucunda bir sistemi ortaya çıkaran iki temel unsur daha bulunur. Bu unsurlardan birisi Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) ve diğeri de Haberleşme Birimidir. Bu iki alt sistemin temel görevi İHA'nın kontrol edilmesini,

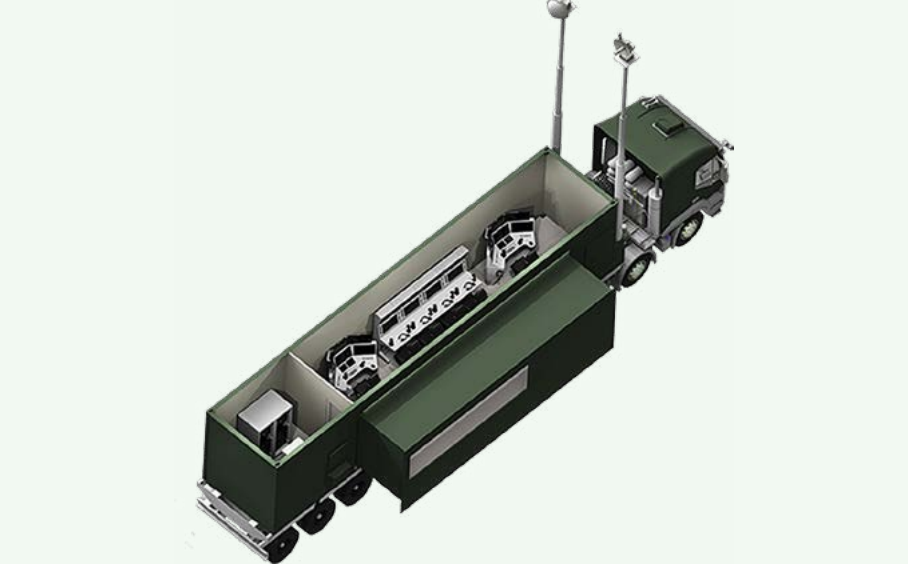
diğer sistemler ile entegre bir şekilde çalışmasını, İHA tarafından iletilen verilerin işlenmesini ve ilgili birimlere aktarılmasını ve nihayetinde makine-makine veya insan-makine arasındaki iletişimin sağlanmasını amaçlamaktadır.

Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) bir komuta kontrol alt sistemidir. YKİ sadece İHA'ların komuta ve kontrol edilmesi için değil aynı zamanda tüm insanlı ve insansız sistemlerin komuta ve kontrol edilmesi, yönlendirilmesi, yönetilmesi, gerekirse verilerin kıymetlendirilmesi ve bu veriler sonucunda karar alınmasını sağlayan yapılardır. Bu yapılar içerisinde haberleşme birimleri üzerinden aktarılan veriler ilgili sistemi yöneten insanlar tarafından değerlendirilir ve verilen kararlar neticesinde hem ilgili sistemin de gerekirse bölgede bulunan diğer sistemlerin koordinasyonu sağlanmış olur.

Haberleşme birimleri ise hem insanlar ile makineler arasında hem de makinelerin birbiri arasında haberleşmesini sağlayan birimlerdir. Keza haberleşme birimleri daha geniş bir kapsamda ele alındığı takdirde insanların da birbirleri ile iletişim kurmasını sağlar ancak bir İnsansız Hava Sistemi içerisinde yer alan haberleşme birimlerin yegâne görevi makineler ile olan iletişimi sağlamaktadır. Bu iletişim genellikle bir makinenin, ki burada İnsansız Hava Aracı ve alt sistemleri, elde ettiği verilerin mümkün olan en hızlı ve en güvenli şekilde ilgili mercilere aktarılmasını amaçlar.

Hem YKİ hem de Haberleşme Birimlerine alt sistemlerin inceleneceği ilerleyen bölümlerde detaylı bir şekilde değinilecektir. Bu bölüm de yani sistem özelinde bu iki farklı alt sistemin değerlendirilmesi ise daha çok sistemin genel yapısı ve işleyişi içerisinde nasıl bir rol üstlendikleri üzerinde olacaktır. Her iki alt sistemin de hem İHS hem de diğer bütün sistemler için önemi oldukça yüksektir zira bu alt sistemler olmadan bu sistemlerin entegre edilmesi gereken platformlar tek başına bir görev gerçekleştirmeye muktedir değildir.

Bu durumun birkaç temel sebebi bulunmaktadır. Bu sebepleri irdelemeye önce bir İHS'nin olası bir IKG görevi içerisinde nasıl bir süreçten geçtiğini irdelemek bu sistemlerin öneminin anlaşılması adına yeterli olacaktır. 21. yüzyıl ile birlikte gittikçe önemi artan IKG görevleri ister savaş dönemi olsun ister barış dönemi olsun her zaman aktif bir şekilde icra edilen görevlerdir. Bu görevlerin tipik özellikleri harp alanının gerçek zamanlı bir resminin çizilmesi ve bu resim içerisinde mümkün olan en fazla bilgi akışının elde edilip, bu bilgilerin işlenmesi yani bir enformasyona dönüştürülerek karar mercilere aktırılması ile en doğru kararın en hızlı şekilde alınıp, yine en doğru ve en hızlı şekilde uygulanması prensibine dayanır.

Şekil 36: Bayraktar AKINCI Yer Kontrol İstasyonu

Kaynak: Baykar Teknoloji, Baykar Akıncı <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-akinci/>, (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).

Tipik bir IKG görevi içerisinde yer alan bir IHS sistemi bulunduğu harp sahasını sürekli bir şekilde gözlemleyerek sahada olup bitenlerin anlaşılması yani durumsal bir farkındalık sağlanması esasına dayanır. IHA'da bulunan EO/IR alt sistemi ve varsa radar/sinyal istihbarat podu yardımı ile harp sahasına dair çeşitli veriler sürekli bir şekilde elde edilir. Edilen bu veriler yine IHA içerisinde bulunan çeşitli gömülü bilgisayarlar ve bu bilgisayarın içerisinde sürekli bir şekilde çalışan konvansiyonel veri işleme algoritmaları veya yapay zekâ modelleri sayesinde işlenilerek anlamlı bir verinin elde edilmesi amaçlanır.

Örneğin, elde edilen verilerden bir araba, insan, tank, zırhlı birlik, konvoy vb. unsurlar insan gözünün görememesine rağmen söz konusu bu yazılımlar ile tespit edilebilmektedir. Keza aynı şekilde insan gözünün göremediği koşullarda bu yazılımlar sayesinde farklı elektromanyetik spektrumlardaki sensörler yardımı ile görüntüler birleştirilebilir, ayrıştırılabilir ve anlamlı bir görüntü elde edilebilir. Aynı zamanda yine bu saha içerisinde hareket eden herhangi bir unsur insan duyularıyla fark edilemeyecek kadar ufak bir hareket bile etse bu yazılımlar tarafından bu durum anlık olarak tespit edilebilir ve hatta tespit edilen unsurun doğru ve hızlı bir şekilde takip edilmesi sağ-

lanabilir. Tespit edilen bu unsura dair hız, yönelim, konum veya tahmini rota gibi verilerin hepsi yine bu yazılımlar ile elde edilebilir ve günün sonunda harp sahasına dair çok anlamlı bir veri seti oluşturulmuş olur.

Elde edilen tüm bu veriler üzerinde yukarıda sözü edilen bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için makinelerin yani bilgisayarların anlayacağı bir formatta oluşturulması gerekmektedir. Herhangi bir dönüşüm işlemi yapılmadığı takdirde tüm bu veriler bir insan için rastgele sayılardan oluşan anlamsız bir yığın olacaktır. Keza söz konusu bu verilerin yine hızlı ve güvenilir bir şekilde aktarılması için bu sayısal formatta olması ve sonrasında çeşitli kriptografi yazılımları ile şifrenmesi gerekir. Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra elde edilen tüm bu anlamlı verilerin bir şekilde karar vericiye yani insana iletilmesi gerekmektedir.

Bu aktarım sürecinin gerçekleşmesi için verinin kablosuz bir şekilde, her türlü zorlu şart altında, insanların verileri inceleyeceği yere, yani komuta kontrol istasyonlarına aktarılması gerekmektedir. Bu veri aktarım işlemi gerçekleştirilecek yegâne alt sistem ise haberleşme birimleridir. İHA içerisinde yer alan gömülü bilgisayar üzerinde işlenen, işlendikten sonra bir sayısal formata dönüştürülüp, bir kriptografi algoritması yardımı ile şifrelenen bu veriler İHA üzerinde yer alan haberleşme birimine aktarıldıktan sonra bir eşsiz bir analog sinyale yani radyo frekansına dönüştürülerek haberleşme biriminin anteni vasıtasıyla komuta kontrol istasyonunda yer alan haberleşme birimine yönlendirilir.

Komuta Kontrol istasyonu içerisinde veya dışında bulunan ama her şart altında komuta kontrol istasyonuna veri aktarımını sürdüren haberleşme birimi, İHA'dan gönderilen bu eşsiz radyo frekansını alarak şifrelenmiş veriyi çözdükten sonra komuta kontrol istasyonuna iletir. Komuta kontrol istasyonuna iletilen bu veri grubu yine bu alt sistem içerisinde yer alan çeşitli gömülü bilgisayarlar ve bu bilgisayarlar içerisinde sürekli bir şekilde çalışan algoritmalar sayesinde insanların anlayabileceği bir formata dönüştürülür ve hatıra görselleştirilir. Bu süreç sonrasında artık karar vericilerin yani insanların anlayacağı bir şekle giren veriler karar vericilerin en doğru kararı en hızlı şekilde vermesine ve verilen kararın uygulanmasından sorumludur.

Söz konusu bu süreç sonucunda örneğin bir insan tarafından değerlendirilen bu veriler neticesinde takip edilen bir hedefin vurulması amaçlanıyor olsun. Bu hedefin imha edilmesi için söz konusu mühimmatın ateşlenmesi için İHA'ya bir veya birkaç komut verilmesi gerekmektedir. Yine insan tarafından

verilen bu komutlar önce komuta kontrol istasyonları yardımı ile tekrar sayısal bir formata dönüştürülür, sonrasında haberleşme birimi tarafından şifrelenerek eşsiz bir analog sinyale dönüştürülür ve İHA'ya iletilir. İHA içerisinde yer alan haberleşme birimi yine bu analog sinyali sayısal bir formata dönüştürüp İHA içerisinde yer alan komuta kontrol bilgisayarlarına iletmesi sonucunda hedefin imhası için ilgili mühimmatların yönlendirilmesi görevi tamamlanmış olur.

Burada betimlenen bu senaryoda görüldüğü gibi bir İHA her ne kadar eşsiz ve özel alt sistemlere sahip olsa da elde ettiği verileri karar vericilere aktarmadan veya aktarsa bile o veriler karar vericinin anlayabileceği, değerlendirilebileceği ve nihayetinde karar verip İHA'yı komuta edebileceği bu süreçten geçmez ise İHA tek başına bir platform olarak kalacak ve söz konusu görevlerin hiçbirini başarıyla yapamayacaktır. Bu nedenden ötürü bir IHS sistemi içerisinde hem Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) hem de Haberleşme Birimi en az İHA kadar önemlidir.

Buradan da anlaşılacağı üzere bir İnsansız Hava Sistemi içerisinde yer alan platform ve alt sistemler ile birlikte bir bütün olarak görev yaptığı takdirde etkin ve verimli yapıya ulaşmaktadır. Bu yapı içerisinde bir veya birden fazla platformun kullanılarak icra edilen IKG görevleri neticesinde elde edilen veriler ve bu verilerin kullanılmasının getirdiği avantajlar günümüz harp sahasını en derinden etkileyen parametrelerin başında gelmektedir.

4.1.2.1. İstihbarat, Keşif ve Gözetleme Sistemi Alt Sistemleri

Bu bölümde İstihbarat, Keşif ve Gözetleme alt sistemlerini oluşturan temel yapılardan, bu yapıların entegre edildikleri sistemler içerisinde nasıl bir yapıda çalıştıklarına ve entegre edildikleri platformlara hangi kabiliyetleri kazandırdıklarına değinilecektir. Bu bölümle birlikte bir IKG görevinin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için gereken teknolojilerin ve başarı kriterlerinin neler olduğu da ortaya konulacaktır. Bu anlamda ilk olarak EO/IR Gimbal ve radar sistemleri ele alınacak daha sonra da EO/IR Gimbal yapısı incelenecektir.

i. EO/IR Gimbal Sistemleri

IKG yani İstihbarat, Keşif ve Gözetim alt sistemleri entegre edildikleri sistemler için görev yükleri içerisinde ateş gücünü sağlayan faydalı yükler (fü-

ze/bomba) ile birlikte en önemli faydalı yüklerden bir tanesidir. Zira bu faydalı yükler yani alt sistemler sayesinde söz konusu sistemler, hem IKG görevini başarı ile yerine getirirken hem de hedef edinimi sağlayarak ateş gücünün hedeflere yönlendirilmesini sağlar. Bununla birlikte bu alt sistemlerin entegre edildiği platformlar da yine bu alt sistemler sayesinde bir durumsal farkındalık da kazanmış olur.

Günümüzde hemen her sistem içerisinde kullanılan birçok IKG alt sistemi mevcuttur. Bu sistemler arasında başlıcalarını sıralayacak olursak:

- EO/IR sistemleri
- Radarlar
- Sinyal İstihbarat Podları (SIGINT/ELINT)

gelmektedir. Burada listelenen alt sistemlerin her biri farklı teknolojilere dayanan ama neticede istihbarat, keşif ve gözetim görevlerini üstlenebilen çeşitli alt sistemlerden oluşmaktadır. Söz konusu bu alt sistemler kimi zaman bir sistem içerisinde birlikte yer alırken kimi zamanda yalnız bir veya birkaçı bir sistem içerisinde kendine yer bulabilmektedir.

Yukarıda sözü edilen bu alt sistemleri birbirinden ayıran en temel fark ise dayandıkları teknolojilerin getirdiği avantaj ve dezavantajlardan kaynaklanmaktadır. Örneğin hem radarlar ile hem de EO/IR sistemleri ile belirli bir görüş açısı içerisinde IKG görevinin yapılması mümkündür. Radarlar elektromanyetik dalgalarını bir kaynak vasıtası ile görüş hattı içerisinde gönderip maddelerden yansıyan dalgaları toplayarak bir adeta gerçek zamanlı bir resim çizerken, EO/IR sistemleri belirli dalga boyundaki elektromanyetik radyasyonu algılayarak IKG görevini gerçekleştirmektedirler.

Keza Sinyal İstihbarat Podları da aynı görevi farklı bir teknolojiye dayanarak yapmayı amaçlamaktadır. Bu podlar belirli bir görüş hattı içerisinde yer alan çeşitli elektromanyetik sinyalleri dinleyerek, bu sinyaller vasıtasıyla paylaşılan verilere ulaşmak, verilerin gönderildiği veya alındığı noktaların belirlenmesi gibi bir dizi görevi gerçekleştirebilmektedir.

Bununla birlikte bir IKG görevi için söz konusu alt sistemler arasında stratejik önemi en yüksek olan alt sistemler EO/IR ve radarlardır. Bunun temel sebebi bu alt sistemlerin dayandıkları teknolojilerin diğer IKG alt sistemlerine kıyasla farklı koşul ve şartlar altında çok daha yüksek başarı ile görevlerini devam etmeleri, çok daha geniş bir alanda görev icra edebilmeleri ve elde edilen verilerin kıymetlendirilerek birçok farklı verinin türetiliyor olmasından kaynaklanmaktadır.

Burada elde edilen veriler ile kasıt hem harp sahasına hem de özellikle hedeflere dair temel verilerdir. Örneğin hem EO/IR hem de radarlar yardımı ile bir harp sahası içerisinde belirlenen bir hedefin hızı ve yönelimi hesaplanabilir. Bununla birlikte yine harp sahası içerisinde yer alan beşerî veya yapay tüm yapılara ait yükseklik, şekil, boyut vb. birçok verinin de elde edilmesi söz konusudur.

EO/IR sistemleri radar sistemlerine göre stratejik önem açısından birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki elde edilen veri çeşitliliğidir. Bir EO/IR alt sistemi içerisinde yer alan çeşitli görüntüleme ve ölçüm birimleri ile harp sahasının en detaylı ve anlaşılır görüntüsünü elde edebilmektedir. Bunun temel sebebi bu sistemlerin hem doğrudan insan gözünün görebildiği hem de insan gözünün göremediği görüntüleri bir arada insanlara sunabilme kabiliyetinde yatmaktadır. Birçok sistemde bu iki kabiliyet bir araya getirilerek çok daha anlamlı veriler elde edilebilmektedir. Bununla birlikte EO/IR sistemlerini destekleyen çeşitli yazılımlar ile elde edilen veriler çok farklı alanlarda kullanılabilir. Bu durum EO/IR sistemlerinin stratejik önemini de ortaya koyan bir durumdur.

Bununla birlikte EO/IR sistemlerinin stratejik önemini ortaya koyan tek avantaj da veri çeşitliliği ile sınırlı değildir. EO/IR sistemleri yine İHS'de olduğu gibi teknolojik yayılımı çok daha geniş sistemlerdir. Bu durumun temel sebebi EO/IR sistemlerinde kullanılan hem yazılım hem de donanımların sivil ve endüstriyel uygulama alanları ile tam bir entegrasyon içerisinde olmasıdır. Günümüzde askeri alanda kullanılan hemen hemen tüm donanımlar ve yazılımlar çok az değişiklikler ile sivil veya endüstriyel alanlarda da kendisine yer edinebilmektedir. Söz konusu alanlar ile ilgili tüm dünyada çalışmalar yürüten şirket, üniversite ve akademisyen sayısı her geçen gün artmakta, yayınlanan makale ve çalışma sayıları devasa boyutlara ulaşmaktadır. Bu da bu sistemleri radar sistemlerine kıyasla çok daha erişebilir kılmaktadır.

Bir EO/IR sisteminin gelişmesi ile elde edilecek teknolojik kazanımların sivilleşmesi çok daha kolayken tam da bu sebepten ötürü radar sistemlerinde bu durum o kadar kolay değildir. Buradaki olgunun bir diğer sebebi de kuşkusuz maliyet fonksiyonudur. Her zaman sivilleşmeye açık olan teknolojiler diğer sistemlere kıyasla çok daha maliyet etkin bir yapıya bürünmektedir zira sivil sektörlerde maliyet her zaman birinci önceliktir. İşte bu nedenden ötürü EO/IR sistemlerinin stratejik önemini gösteren bir diğer fonksiyon da çok daha erişilebilir ve teknolojik açıdan kolay yayılım gösteren sistemler olmasından kaynaklanmaktadır.

ii. EO/IR Gimbal Yapısı

Elektro optik/kızılötesi (EO/IR) görüntüleme sistemleri içerisinde çeşitli görüntüleme ve ölçüm sensörleri bulunduran, bu sensörler vasıtası ile elde edilen görüntü ve verilerin gömülü bir bilgisayar yardımı ile işlenerek anlamlı verilere dönüştürüldüğü yapılardır. Bu yapılar genel olarak yüksek sızdırmazlığa sahip, askeri standartlardaki çevresel koşullara dayanıklı bir mekanik yapıda, entegre edildiği sistemin hareket ve bozucu etkilerinden bağımsız olarak hareket edebilen kardan (gimbal) yapılarından oluşur.

Kardan elektrik motorları yardımı ile mekanik bir sistemin yönlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan elektromekanik yapıya verilen genel isimdir. Kardan yapıları genellikle mekanik sistemleri hareket ettirecek elektrik motorları, bu motorların sürülmesini sağlayan motor kontrol devreleri ve yazılımları, motorun ne kadar dönüş yaptığını hesaplayan kodlayıcılar(encoder) ve motorların dönüşünden bağımsız olarak mekanik yapının nasıl bir hareket altında olduğunu gösteren AÖB (Ataletsel Ölçüm Birimi) yapılarından oluşur.

Bir kardan yapısına entegre edilen herhangi bir ürün çok hassas bir şekilde istenilen yöne hareket ettirilebilir. Bu yapılar içerisinde yer alan AÖB ve kodlayıcıların hassasiyet ve doğruluk değerleri ile tasarlanan mekanik yapının da toleransına bağlı olarak entegre edilen ürünün çok hassas bir şekilde stabilizasyonu ve hareketi sağlanmış olur. Kardan yapısının performansını belirleyen iki önemli parametre söz konusudur. Bunlar:

- Tork
- Stabilizasyon Hassasiyetidir.

Kardan yapısına entegre edilen elektrik motorları ve mekanik yapısı sistemin üretebileceği torku yani taşıyabileceği yükü doğrudan etkilemektedir. Kardan yapısının taşıması gereken yük miktarı yani üretmesi gereken tork ihtiyacı arttıkça bu sisteme güç veren motorlar büyümekte, dolayısıyla çok daha fazla güç ihtiyacı duyulmaktadır. Bu nedenle optimum bir sistem tasarlanması adına sistemi oluşturan ana mekanik yapının oldukça verimli ve doğru bir şekilde tasarlanması da elzemdir.³³

Stabilizasyon hassasiyeti bir kardan sisteminin en önemli parametresidir. Stabilizasyon hassasiyeti kardan yapısına entegre edilen yükün ne kadar has-

33. Leblebicioğlu, D., Ateşoğlu, O., Derinöz, A. E., & Çakmakçı, M. Learning-Based Control Compensation for Multi-Axis Gimbal Systems Using Inverse and Forward Dynamics. (2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.0256>.

sas bir şekilde hareket ettirildiği ve dolayısıyla hem platform hem de çevresel şartlar sebebiyle ortaya çıkan bozucu etkilere karşı ne kadar tolerans gösterebildiğini göstermektedir. Stabilizasyon hassasiyeti mikroradyan birimi ile ölçülen açısal bir değerdir. Bu değer sistemin ne kadar ufak aralıklar ile entegre edilen yükü hareket ettirebileceğini gösterir.

Kardan yapısı sayesinde EO/IR sistemi entegre edildiği sistemin sebep olduğu hareket ve bozucu etkileri bir AÖB yardımı ile algılayarak hem bu bozucu etkileri mekanik ve elektronik olarak stabilize etmeye çalışırken hem de entegre edildiği platformun hareketinden bağımsız bir hareket yapabilmektedir. Özellikle uzun menzillerde görüntüleme yapılması gereken görevlerde bu kabiliyet oldukça kritiktir. Bunun temel sebebi EO/IR sisteminin entegre edildiği platformun veya çevresel şartların oluşturacağı titreşim gibi bozucu etkilerin özellikle uzun menzillerde elde edilecek görüntülerde ciddi bozulmalara sebep olması ve hatta sistemin çalışmasını engellemesinden kaynaklanmaktadır.

Elektro optik/kızılötesi (EO/IR) görüntüleme sistemleri bünyelerinde söz konusu kardan yapılarına entegre bir şekilde farklı dalga boylarında çalışan çeşitli kameralar ile hedefleme ve ölçüm işlevlerini yerine getiren lazer sistemlerini barından oldukça karmaşık sistemlerdir. Genel olarak bir kardan yapısına entegre edilen EO/IR sistemi iki temel ana yapıdan oluşur. Bu yapılar şu şekilde sıralanabilir

- Optik Görüntüleme Bütünü
- Görüntü İşleme Birimi

Optik Görüntüleme Bütünü (OGB) tüm görüntüleme, ölçüm ve hedefleme sensörlerinin bir arada bulunduğu yapısal olarak birbirlerine entegre olan, belirli bir optik açıklığa sahip yapılar bütünü olarak tanımlanabilir. OGB içerisinde gün ışığı yani elektro optik kameralar, çeşitli dalga boylarındaki kızılötesi kameralar, multispektral ve hiperspektral kameralar, lazer mesafe ölçerler, lazer işaretleyiciler ve lazer noktalayıcılar gibi çeşitli görüntüleme ve ölçüm sensörlerinden oluşmaktadır.

EO/IR sisteminin kullanılacağı platformun görev tanımına bağlı olarak OGB içerisinde yer alan sensörler değişiklik göstermektedir. Örneğin, yüksek irtifadan hedef tespiti ve lazer güdümlü bir mühimmat ile hedef imhası gerçekleştirilmesi gereken bir görev için gün ışığı kamerası, kızılötesi kamera ve lazer işaretleyici olmazsa olmaz iken, kritik bir tesisin izlenmesi veya bölgedeki zehirli gazların yoğunluğunun takip edilmesi için multispektral veya hiperspektral kameraların kullanılması gerekmektedir.

Bununla birlikte görev her ne olursa olsun herhangi bir sistemin ISR görevini gece ve gündüz her koşulda, en temel düzeyde de olsa yapabilmesi adına içerisinde bir adet kızılötesi ve bir adet gün ışığı kamerası bulunan bir EO/IR sistemine sahip olması gerekmektedir. Günümüzde bu iki sensör her bir ISR görevi için olmazsa olmaz sensörlerin başında gelmektedir.

OGB içerisinde belirli bir yapısal bütünde yer alan bu sensörlere her ne kadar diğer bölümlerde detaylı bir şekilde değinilecek olsa da söz konusu sensörlerin ISR görevlerini gerçekleştirmede nasıl bir rol üstlendiğinin anlaşılması adına ilgili sensörlerin işlevleri oldukça önemlidir.

Gün ışığı kameraları, içerisinde MEMS (Mikro-elektro mekanik sistem) tabanlı bir sensör bulunan ve 400-800 nanometre dalga boyundaki ışıkların görüntülenmesini sağlayan, genellikle üç kanallı RGB yani Kırmızı, Yeşil ve Mavi renk kanallarında görüntülerin elde edilmesini sağlayan kameralardır. Bu kameralar günlük hayatımızda kullandığımız kameralar ile yapısal olarak aynıdır.

Bir İHA'nın içerisinde yer alan EO/IR sistemde bulunan bir gün ışığı kamerasının günlük hayatta kullandığımız kameralardan en temel farkı bu kameraların sensörlerinde bulunan bazı özelliklerdir. Özellikle İHA'ların hem gündüz hem gece, her türlü ışık şartında görev yapması gerekliliği sebebiyle, günlük hayattaki kameralara kıyasla çok daha düşük ışıklarda, kimi zaman sadece ay ışığı altında, net ve anlaşılır görüntüler elde edilebilmesi için bu kameraların sensörlerinde çeşitli özellikler bulunmaktadır.

Bununla birlikte yine İHA'ların uçuş zarfları ve görev profilleri göz önüne alındığı takdirde günlük hayatta kullanılan kameralara kıyasla bu kameraların çok daha uzaktaki hedefleri görmeleri gerektiği açıktır. İşte bu nedenden dolayı bu tipteki kameralarda kullanılan lens yapıları, standart kameralara göre biraz daha farklı bir yapıda ve oldukça uzun menzilli lenslerdir. Genellikle bir İHA'da kullanılan gün ışığı kamerası 120mm'den 2000mm'ye kadar odak uzaklığına sahip lenslerle donatılmaktadırlar. 120mm odak uzaklığındaki bir lense sahip gün ışığı kamerası ile ortalama 3km'den bir insan tespit edilebilirken, 2000mm odak uzaklığında mesafe, çevresel şartlara bağlı olmakla birlikte, 50km'ye kadar çıkabilmektedir.

OGB içerisinde yer alan ve bir ISR görevi için olmazsa olmaz nitelikteki bir diğer sensör ise kızılötesi kameralardır. Kızılötesi bant, görünür ışık bandı ile mikrodalga arasında kalan 700nm ile 1mm arasındaki spektrum bandındaki bölgedir. Bu bölge her ne kadar çok geniş bir spektrum aralığı olsa

da kızılötesi kameralar bu kadar geniş bir bant içerisinde çalışmamaktadır. Kızılötesi kameraların çalıştıkları bantlar genel olarak 0.5 mikrometre ile 14 mikrometre arasında çalışmaktadır.

Kızılötesi kameralar en genel hali ile termal ışıınımı izler. Bir fizik kanunu olarak sıcaklığı 0 Kelvin (-273 Santigrat) üzerinde olan her bir madde termal bir ışıma yapar. Bu ışımanın sonucunda ortaya çıkan enerji ise elektromanyetik dalgalar yardımı ile yayınım gösterir. Kızılötesi kameralar da işte bu ışıınımların oluşturduğu dalgaların izlenmesine olanak tanır. Kızılötesi kameraların sınıflandırılması ve nitelikleri de çalışma bandına göre yapılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan üç farklı bantta görev yapan kızılötesi kameralar bulunmaktadır. Bunlar:

- Kısa Dalga Boyu Kızılötesi Kameralar (Short Wavelength Infrared-SWIR)
- Orta Dalga Boyu Kızılötesi Kameralar (Medium Wavelength Infrared-MWIR)
- Uzun Dalga Boyu Kızılötesi Kameralar (Long Wavelength Infrared-LWIR)

SWIR kameralar 0.5 mikrometre ile 1.5 mikrometre aralığındaki bant da çalışan sensörlerden oluşan kameralar verilen addır. Buradan da anlaşılacağı üzere SWIR kameralar neredeyse görünür ışık bölgesinde, özellikle de NIR (Kızılötesine yakın bölge, Near infrared) bandında çalışmasıdır. Bu dalga boyundaki elektromanyetik ışınlar atmosferde bulunan gazlar tarafından çok daha az bir şekilde yansıtılır veya emilime uğrar. Bu nedenle özellikle sis ve bulut gibi yoğun gaz tabakaların arkasında yer alan hedeflerin gözlemlenmesi için SWIR kameralar oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Bununla birlikte SWIR kameralar genellikle atmosferdeki Etan, Bütan ve Metan gibi yoğun gazların gözlemlenmesi, güneş panellerinin izlenmesi ve yoğun sis/bulut altında görüntüleme yapılması gibi görevlerde kullanılmaktadır.

MWIR yani Orta Dalga Boyu Kızılötesi Kameralar ise 3.5 mikrometre ile 5.5 mikrometre aralığındaki ışıınların gözlemlenmesini sağlayan kameralardır. Günümüzde özellikle Taktik/Stratejik ve MALE-HALE sınıfı tüm IHS'lerde yer alan EO/IR sistemlerinde bu kameralardan bulunmaktadır. Bunun temel sebebi bu dalga boyunda çalışan kameraların çok daha uzun menzillerdeki hedeflerin bile termal ışıınlarını tespit edebiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sensörlerin temel avantajı da yine görüntüleme yapılan dalga boyundan kaynaklanmaktadır zira söz konusu dalga boylarındaki ışıınla-

rın, ışıma güçleri oldukça yüksektir ve bu sebeple özellikle çok düşük sıcaklık farkları sebebiyle ortaya çıkan ışımlar bile uzun menzillerden tespit edilebilmektedir.

LWIR yani Uzun Dalga Boyu Kızılötesi Kameralar ise 7 mikrometre ile 14 mikrometre aralığındaki termal ışımların gözlemlenmesi amacı ile kullanılan kameralardır. Günümüzde “termal kamera” olarak bilinen kameraların çok büyük bir çoğunluğu LWIR kameralardır. Vücut ısılarının izlenmesi, sıcaklık ölçümü, bakım ve onarım gibi pek çok alanda kullanılan LWIR kameralar diğer iki kızılötesi kameraya göre hem çok daha yaygın hem de çok daha maliyet etkin bir konumdadır. Bununla birlikte yine gözlemlenen dalga boyu sebebiyle MWIR ve SWIR kameralara kıyasla çok daha kısa menzillerde görev yapılabilmektedir. Bu durumun temel sebebi de yine bu dalga boyundaki termal ışımların atmosferdeki gazlar tarafından daha fazla emilime veya yansımaya maruz kalmasıdır.

OGB yapısı içerisinde sıklıkla kullanılan diğer bileşenler ise lazerlerdir. Lazerler, bir ışık kaynağından çıkan ışınların optik bir yapı ile uyarılarak çok daha güçlü bir şekilde belirli bir noktaya veya bölgeye odaklanması prensibine dayanan bileşenlerdir. Lazerler hayatımızın birçok noktasında olduğu gibi askeri sistemlerde de çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir EO/IR görüntüleme alt sistemi içerisinde ise kullanılan lazerler ise teknolojilerine ve dolayısıyla görevlerine göre üç farklı yapıda bulunmaktadır. Bunlar:

- Lazer Mesafe Ölçerler
- Lazer Noktalayıcılar
- Lazer İşaretleyiciler

olarak sıralanabilir.

Lazer Mesafe Ölçerler adından da anlaşılacağı üzere bir lazer yardımı ile mesafe ölçümü yapılmasını sağlayan birimlerdir. Temel olarak belirli bir dalga boyundaki lazer kaynağından çıkan ışının optik bir açıklık yardımı ile bir hedefe doğru arka arkaya gönderilip hedefe çarptıktan sonra hedeften yansıması ve yansıyan ışının farklı bir optik açıklıktan içeriye girdiği sürenin hesaplanması sonucunda mesafenin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır.

Söz konusu yöntemi daha iyi anlamak adına bir örnek vermek gerekirse, bir lazer kaynağından bir binanın duvarına bir ışın gönderilir. Gönderilen ışın, ışık hızında hareket ettiği için hızı bilinmektedir. Işın binanın bir yüzeyine çarptıktan sonra belirli bir açı ile geri yansıyacak ve yansıyan ışınların toplandığı farklı bir optik açıklıktan lazerin içerisine tekrar girecektir. Lazer

kaynağından ışının çıkması ve hedefe çarpıp tekrar kaynağa dönmesi arasında geçen süre bir bilgisayar tarafından kayıt altına alındıktan sonra hızı ve süresi bilinen bu ışının kat ettiği mesafe tespit edilebilmektedir.

Lazer Mesafe Ölçerler günümüzde birçok EO/IR sisteminde sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle çok uzun menzillerdeki hedeflerin, İHA ile arasındaki mesafenin bilinmesi ile birlikte hedefe ait GPS ve diğer konum verilerinin yüksek doğruluk ile elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bununla birlikte yine hedef ile İHA arasındaki mesafenin hesaplanması mühimmatların güdümlenmesinden hava aracının uçuş sürecine kadar birçok farklı noktada birer veri girdisi olarak kullanılabilir.

OGB içerisinde yer alan bir diğer lazer sistemi ise Lazer Noktalayıcılarıdır. Lazer Noktalayıcılar aslında günümüzde çok sık karşımıza çıkan lazerlerden bir tanesidir. Işık gösterilerinden okullarda ders anlatmak için kullanılan lazerlerin hepsi aslında birer noktalayıcıdır. Bir lazer kaynağından uyarılan bir ışının sabit bir hat boyunca sürekli bir şekilde yönlendirilmesi prensibine dayanarak çalışan bu sistemler, askeri birçok sistemde de kullanılmaktadır.

Bu lazerlerin en temel kullanım amacı ise bir İHA tarafından tespit ve takibi yapılan bir nesnenin noktalanarak, noktalanın bu hedefin kara veya denizdeki diğer birlikler tarafından da harici bir şekilde gözlemlenmesini sağlamaktır zira lazer noktalayıcılar genellikle bir gece görüş gözlüğü veya SWIR bir kameranın çalıştığı spektral bandlarındaki bir lazer kaynağından ışınları yönlendirir ve bu sayede bu iki farklı görüntüleme cihazı tarafından çıplak gözle görünmeyen bu ışınlar görülebilir. Bu sayede sahada yer alan birlikler İHA'nın hangi konumu işaretlediğini, dolayısıyla ateş gücünün nereye yönlendirileceğini de görme imkânına da sahip olabilmektedir.

Belki de OGB içerisinde tamamen askeri bir birim olarak belirtilebilecek en önemli birim Lazer İşaretleyicilerdir. Lazer İşaretleyiciler yine bir lazer kaynağı sayesinde, belirli bir dalga boyundaki ışığın bir hedefe yönlendirilmesi prensibine dayanır. Burada gönderilen lazer ışının gönderilme amacı ise Lazer Güdümlü bir mühimmatın gönderilen lazer ışını izleyerek hedefi imha etmesine dayanır. Lazer İşaretleyicilerinin, noktalayıcılardan en temel farkı çok yüksek bir enerjiye sahip yönlendirilen bu ışınları belirli aralıklarla, çok uzun menzillerde, belirli bir koda dayanan bir sekans yardımı ile hedefe göndermesidir.

Söz konusu hedefe gönderilen bu lazer ışınları sayesinde hedef belirli bir dalga boyundaki ışın ile adeta "aydınlatılmış" olur. Bu aydınlatma kimi za-

man oldukça yüksek menzillerde yapılması gerektiği için söz konusu ışınların çok ciddi bir enerji ile yüklenmesi gerekmektedir. Hedefe yönlendirilen bu ışınlar aynı zamanda kodlanmış bir şekilde bir sekansa sahiptir. Burada bir sekanstan kasıt, arka arkaya gönderilen bu ışınların belirli ve düzenli bir aralıklarla değil de düzensiz ama anlamlı bir dizi halinde gönderilmesidir. Lazerlerin hedefe yönlendirildiği bu dizi aslında bir çeşit koddan oluşmaktadır.

Lazer İşaretleyicilerin gönderdikleri “kodlanmış” bu lazer ışınları, lazer güdümlü mühimmatın lazer arayıcı başlığı tarafından sürekli bir şekilde belirli bir alan içerisinde aranmaktadır. Lazer kaynağı bulup, kod arayıcı başlıktaki kod ile eşleştirildiği takdirde mühimmat o hedefe yönelir ve hedefi imha eder. Bu nedenden ötürü Lazer İşaretleyicilerin temel kullanım alanı Lazer güdümlü mühimmatları güdümlenektir. Sahip oldukları bu kabiliyet sebebiyle Lazer İşaretleyiciler tamamen bir harp silahı olarak değerlendirilir ve ihracatı kontrole tabi ürünler arasında yer almaktadır.

OGB sistemi içerisinde yer alan tüm bu birimlerin tamamı aynı anda bir arada bulunabilmektedir. Genellikle tüm bu bileşenlerin aynı anda bulunduğu EO/IR sistemleri yüksek irtifalarda görev yapan, MALE veya HALE sınıfındaki İHA'larda, savaş uçaklarında, gemilerde, helikopterlerde, hava savunma sistemlerinde ve daha birçok uzun menzilde IKG görevinin gerçekleştirilmesi gereken tüm sistemlerde bulunmaktadır. Bununla birlikte EO/IR sistemleri günümüzdeki tüm İHA'larda bulunması bir “zorunluluk” olduğu için günümüzdeki birçok İHA'da, ki özellikle bulut altı İHA'larda, sadece gün ışığı kamerası ve LWIR tipindeki kızılötesi kameralar ile birlikte Lazer Mesafe Ölçerler sıklıkla kullanılmaktadır.

Bir EO/IR sistemi içerisinde kullanılan ikinci ana yapı görüntü işleme birimidir. Aslında görüntü işleme birimi, çok yüksek güçlü işlemcilerle sahip gömülü bilgisayarlardan ve bu bilgisayarlar içerisinde çalışan oldukça kompleks görüntü işleme algoritmalarından oluşan yapıya verilen isimdir. Bir görüntü işleme birimini oluşturan iki temel unsurdan bir tanesi gömülü bilgisayarlardır.

Görüntü İşleme Birimleri içerisinde yer alan birçok farklı tipte çok yüksek güçlü gömülü bilgisayarlar bulunmaktadır. Bu bilgisayarlar aslında günlük hayatımızda kullandığımız bilgisayarlardan çok da farklı değildir. Gömülü bilgisayarların, günlük hayatta kullandığımız bilgisayarlardan en temel farkı içerisinde yer alan hem yazılımların hem de elektronik donanımların çok daha “yalın” bir yapıda olmasından kaynaklanır. Burada yalınlıktan kasıt bu bilgisayarların içerisindeki işlemcilerin yazılımsal olarak her türlü özgürlüğü

sağlayacak şekilde temiz bir yapıda olması ve aynı zamanda bu işlemcinin çalışması için minimum elektronik donanım gereksinimlerine sahip olmasıdır.

Bu birimler içerisinde yer alan gömülü bilgisayarlar bir işlemci etrafında o işlemcinin çalışması için gereken elektronik donanımlardan oluşan bir basıkı devre kartıdır. Genellikle görüntü işleme birimleri için kullanılan gömülü bilgisayarlar, görüntülerin işlenmesini daha hızlı ve efektif bir şekilde yapabilmesi adına özelleştirilmiş işlemciler kullanılmaktadır. Bu işlemciler özelliklerine göre farklı yapılarda olabildiği gibi bu farklılıkları sebebiyle de sınıflandırılmaktadırlar. Görüntü işleme birimleri içinde kullanılan gömülü bilgisayarlar kullanılan başlıca işlemciler şu şekilde sıralanabilir:

- Mikrokontrolcüler
- Mikroişlemciler
- Alan Programlanabilir Kapı Dizileri (FPGA)
- Uygulama Özel Tümlleşik Devreler (ASIC)

Söz konusu dört farklı tipteki işlemcilerin her biri kendine has avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Sözü edilen bu işlemcilerin özellikleri ve farklılıkları bu bölümün konusunun dışına çıkacağı için burada irdelenmeyecektir ancak bir askeri bir EO/IR sistemi içerisinde yer alan görüntü işleme birimlerinde en yaygın şekilde kullanılan işlemciler FPGA ve mikroişlemcilerdir.

Çok yüksek işlem gücüne sahip bu iki farklı yapıyı birbirinden ayıran en temel özellikler işlem kabiliyetleridir. FPGA denilen yapılar paralel bir şekilde işlem yapabilirken mikroişlemcilerde bu durum oldukça kısıtlıdır. Burada paralel işlemden kasıt işlemcinin bir kısmının bir algoritmayı çalıştırırken aynı anda başka bir kısmının birbirinden bağımsız olarak farklı bir algoritmayı çalıştırabilme kabiliyetinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte mikroişlemcilerin de FPGA'lere kıyasla en önemli avantajı üreticiler tarafından belirli görevlerin çok daha hızlı ve optimize bir şekilde yapılması için özel bölümlere sahip olmasıdır. Bu özel bölümler sayesinde bazı işlemler çok daha hızlı bir şekilde yapılabilirken aynı zamanda hesaplama maliyetini de azaltmaktadır.

Bir Görüntü İşleme Birimi içerisinde kullanılan işlemcinin tipi ve kapasitesi, EO/IR sisteminin kabiliyetini doğrudan etkilemektedir. Öyle ki eğer EO/IR sisteminde kullanılan görüntüleme sensörlerinin ürettiği veriyi yeterince hızlı bir şekilde işleyecek güçte işlemci kullanılmadığı takdirde sistemin performansı çıkabileceği en iyi seviyenin çok daha altında limitlenmektedir. Bununla birlikte yine işlemcinin performansı ne kadar yüksekse elde edilen görüntü o kadar hızlı şekilde işlenecek ve haberleşme birimlerine yine o kadar

aktarılabilmektedir. Bu sayede kontrol istasyonu içerisinde yer alan karar vericiler de görüntüleri o kadar hızlı bir şekilde izleyecek ve yüzlerce kilometre uzak-taki İHA'nın EO/IR sisteminden alınan görüntülere göre çok hızlı bir şekilde tepki verebilme kabiliyetine sahip olacaklardır.

Keza yine kullanılan işlemcinin performansına bağlı olarak kullanılabilen yazılımların da hem performansı hem de çeşitliliği değişebilmektedir. Yüksek güçlü bir işlemci içerisinde çok daha kompleks algoritmalar yüksek doğruluk ile çalışabilirken, işlemcinin bu algoritmaları çalıştırmaya gücü yetmediği veya yavaş çalıştırmaya gücü yettiği takdirde sistemin performansı ve doğruluğu azalmaktadır. Bununla birlikte işlemcinin performansı ne kadar yüksekse o kadar fazla sayıda algoritma çalışabilir ve elde edilen görüntülerden yine bu algoritmalar yardımı ile çok farklı tiplerde işlemler yapılarak birçok farklı işlenmiş görüntü elde edilebilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere bir EO/IR sistemi içerisinde kullanılan işlemcinin performansı sistemin bütünü- nün performansını ciddi şekilde etkilemektedir.

Bununla birlikte işlemci ne kadar güçlü olursa olsun içerisinde çalışan algoritmalar doğru ve efektif bir işlem yapılmasına olanak sağlamadığı sürece yine sistemin performansı oldukça düşük kalacaktır. Bu nedenden ötürü bu işlemciler içerisinde birçok farklı yöntemeye dayanan çok farklı tipte algoritmalar çalışarak elde edilen görüntüleri gerçek zamanlı olarak bir dizi işleme tabi tutmaktadır. Bir görüntü işleme birimi içerisinde çalışan birçok algoritmadan en sık kullanılanları şu şekilde sıralanabilir:

- Hedef Takibi
- Hedef Tespiti
- Hareketli Hedef Tespiti
- Resim Füzyonu
- Jeolokasyon

Hedef takibi, kontrol istasyonunda yer alan pilot tarafından ekran üzerinde belirlenen sabit veya hareketli bir hedefin seçilerek, bu hedefin EO/IR sistemi tarafından sürekli bir şekilde takip edilmesini amaçlamaktadır. Hedef tespiti ise takip edilen veya kimi zaman takip edilmeye ihtiyaç duymadan söz konusu hedefin tespit edilmesi ve sınıflandırılmasını sağlar. Örneğin, bir hedef tespit algoritması sayesinde hedefin bir insan mı yoksa araba mı olduğu tespit edilebilmektedir. Bu tipteki algoritmalar kimi zaman klasik sinyal işleme yöntemlerine dayanırken kimi zaman da yapay zekâ modellerinden oluşmaktadır.

Şekil 37: Blitz Teknoloji tarafından yerli imkanlarla geliştirilmiş VEGA Spectrum 5500 EO/IR Sistemi



Kaynak: VEGA Imaging Systems, Spectrum 5500, <https://www.vegairs.com/spectrum-5500/> (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).

Hareketli Hedef Tespit algoritmaları ise arka arkaya gelen, aynı sahneye ait iki görüntü arasındaki farklılıklara bakarak bir değişim olup olmadığını gözlemleyen algoritmalar. Bu algoritmalar yardımı ile aynı sahneye ait iki resim arasındaki fark tespit edildiği takdirde potansiyel bir hareket algılanmış olur. Algılanan bu potansiyel hareket bir dizi doğrulama işleminden de başarılı bir şekilde geçerse sahne üzerinde bir hareketin tespit edilmesi gerçekleştirilir.

Resim Füzyonu denilen algoritmalar ise farklı elektromanyetik spektrumlarda çalışan gün ışığı kameraları, LWIR, MWIR ve SWIR tipindeki kameraların görüntülerini aynı sahne üzerinde birbiri üzerine bindirerek kompleks bir görüntü oluşturulmasını amaçlar. Oluşan bu kompleks görüntü sayesinde farklı elektromanyetik spektrumlarda çalışan ve birbirine kıyasla farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olan bu sensörlerin avantajlarından aynı anda maksimum seviyede faydalanılması amaçlanır. Örneğin, bu yazılım sayesinde bir SWIR kamera ile yoğun bir gaz bulutunun arkası görülebilirken, gün ışığı kamerası ile bu görüntü elde edilemez. Buna rağmen gün ışığı kamerası

çok daha yüksek çözünürlükte görüntü elde edebilirken, SWIR kamera gün ışığı kamerası kadar yüksek çözünürlüğe çıkamamaktadır. Bir resim füzyonu yazılımı sayesinde bir gaz bulutunun arkasındaki hedefler yüksek çözünürlük ile tespit edilebilmektedir.

Jeolokasyon algoritmaları ise bir hedefe ait konum bilgisinin elde edilmesini sağlayan algoritmalarıdır. Bir görüntü üzerinde tespit edilen bir hedefin, kameranın görüş açısı, odak uzaklığı, kuzey yönüne göre yönelimi vb. parametreler yardımı ile konumu, hızı ve hatta yönelimi belirlenebilir ve bu sayede konum güdümlü bir mühimmatın o bölgeye bir ateş gücü olarak yönlendirilmesi işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

Söz konusu tüm bu yazılımlar ve bu yazılımların içerisinde çalıştığı işlemciler bir bütün halinde görüntü işleme birimini oluşturur. Görüntü işleme birimi ve Optik Görüntüleme Birimi, bir kardan yapısı ve bu yapının etrafında şekillenen bir mekanik yapı içerisinde ise EO/IR alt sistemini oluşturmaktadır. Bu sistem sayesinde IKG görevleri başarılı bir şekilde yerine getirilebilirken yine bu alt sistemin entegre edildiği platform durumsal farkındalık yeteneğini de kazanmış olmaktadır.

4.1.3. Güdüm Sistemi

Bu bölümde güdüm sisteminin amacı, prensipleri, kapsamı ve askeri kullanımındaki yerinden bahsedilecektir. Ayrıca güdüm sisteminin uğradığı değişim ve askeri sahadaki taktik önemden stratejik seviyeye geçişin dair saptamalara yer verilecektir.

i. Güdüm ve Prensipleri

Güdüm en basit hali ile konumu ve/veya yönelimi/ivmesi bilinen bir platformu, (İHA, uçak, topçu sistemi, denizaltı) istenilen bir konuma/hedefe yönlendirmektir. Genel kanının aksine güdüm sadece roket ve füzelerin hedefini vurmaya yarayan bir araç değildir. Örneğin bir geminin bulunduğu konumdan, istediği başka bir konuma gitmek için oluşturulan rotası da bir güdümdür. Buradan da anlaşılacağı üzere güdüm kavramı aslında bir platformun istenilen farklı bir konuma yönlendirilmesi için ortaya çıkan gereklilikler bütünüdür. Bu sebeptendir ki bir güdüm sisteminden bahsedilirken unutulmaması gereken en önemli nokta güdüm için hedefe ait ve platforma ait bazı verilerin bilinmesi ve bu veriler ışığında platformun hedefe güdümlenmesi gerektiğidir.

Güdümlü sistemleri genellikle bir dizi sensör, veri işleme birimi, kontrol ünitesi ve yönlendirme mekanizmasından oluşur. Sensörler, hedefe yönelik olarak silah sistemine bilgi sağlarlar ve bu bilgileri veri işleme birimi işleyerek hedefe doğru hareket etmek için gerekli olan yönlendirme verilerini hesaplarlar. Kontrol ünitesi, bu verileri kullanarak silah sistemini hedefe yönlendirir. Yönlendirme mekanizması, silahın rotasını ayarlayarak ve hareketini kontrol ederek hedefe doğru yönlendirir.

Güdümlü sistemleri, sadece askeri amaçlar için değil, sivil alanda da birçok farklı alanda kullanılabilirler. Örneğin:

- Uzak keşif ve araştırma: Uzay araçları ve keşif araçları, hedeflerine ulaşmak ve belirli bir rota izlemek için güdümlü sistemlerine sahiptirler.
- Havacılık: Güdümlü sistemleri, uçakların belirli bir rotada uçmalarını ve hedeflerine doğru uçmalarını sağlar. Ayrıca, otomatik pilot sistemleri de güdümlü sistemleri kullanır.
- Denizcilik: Deniz araçları da güdümlü sistemleri kullanarak belirli bir rotada hareket edebilirler.
- Endüstriyel otomasyon: Endüstriyel üretim hatlarındaki robotik sistemler, güdümlü sistemlerini kullanarak belirli bir rota veya hareket izleyebilirler.

Güdümlü sistemleri, özellikle hassas navigasyon ve kontrol işlemleri gerektiren herhangi bir uygulamada kullanılabilirler. Güdümlü sistemleri, farklı teknolojilerin bir araya gelmesiyle oluşturulurlar. Temel olarak, güdümlü sistemleri, sensörler, bilgisayarlar, iletişim sistemleri ve hareket kontrol sistemlerini içerir.

Sensörler, güdümlü sistemi için temel bir bileşendir. Sensörler tarafından elde edilen çeşitli veriler yardımıyla, hedefe doğru seyir esnasında platformun konumunu, hızını ve yönelimini ölçerek, aracın hedefe doğru hareketini kontrol eden bilgisayara bu verileri aktarırlar. Sensörler, ışık, manyetik alan, radyo dalgaları, lazer gibi farklı teknolojilere dayanarak bu verileri ölçebilecekleri gibi ölçülen bu veriler platforma veya hedefe ait olabilmektedir.

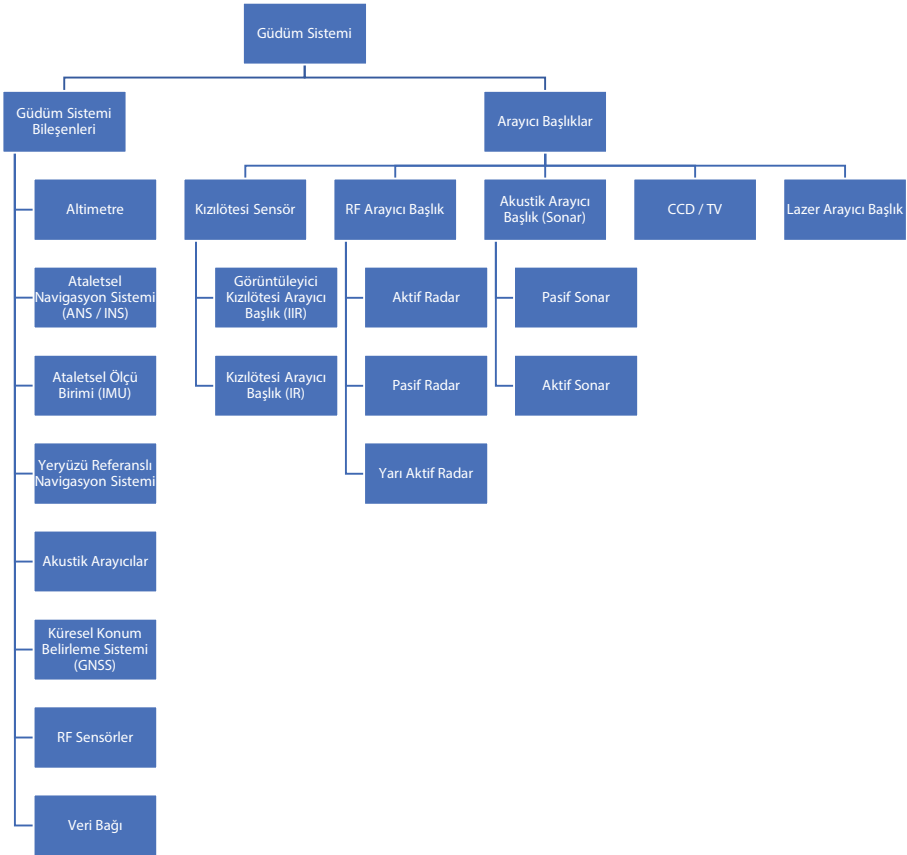
Bilgisayarlar, sensörlerden gelen verileri işler ve çeşitli yazılımlar sayesinde platformun hareketini kontrol ederek istenilen konuma platformun ulaşması amaçlanır. Burada yapılan işlemler yani hem sensörlerden çeşitli verilerin elde edilmesi ve bu veriler neticesinde yine çeşitli yazılımlar kullanılarak bir sistemin güdümlenmesi işlemi sürekli bir şekilde yapılan, yarı gerçek zamanlı bir süreçtir. Keza söz konusu bu sensörler kimi zaman platform üze-

rinde bulunabilirken kimi zaman da etki alanı içerisindeki farklı platformların ürettiği veriler de güdüm için kullanılabilir. Bu noktada da haberleşme sistemleri platformlar arasındaki bu sensör verilerinin paylaşılması görevini üstlenerek güdüm sistemine katkıda bulunmaktadır. Sensörler vasıtasıyla elde edilen veriler, gömülü bilgisayarlar içerisinde yer alan çeşitli yazılımlar ile değerlendirilip bir çıktı üretildiği durumda, güdümlenen platformun hareketinin de bu çıktıya göre sağlanması gerekmektedir. Bu gerekliliğin yere getirilmesi için ise yine güdüm sistemi bünyesinde bulunan hareket kontrol sistemleri devreye girmektedir. Hareket Kontrol Sistemleri, güdüm sistemlerinin en önemli bileşenlerinden biridir. Bu sistemler, aracın hedefe doğru hareketini kontrol ederler. Hareket kontrol sistemleri, aracın motorları, itki sistemleri, pervaneler ve roketler gibi farklı teknolojileri kullanarak çalışabilirler.

Güdüm sistemleri, hassas ölçümler gerektiren karmaşık sistemler oldukları için üretim ve geliştirme zorlukları bulunmaktadır. Güdüm sistemlerinin üretimi için öncelikle yüksek kaliteli bileşenlerin üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca, güdüm sistemleri, farklı çalışma koşullarında kullanılacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle, güdüm sistemleri genellikle yüksek maliyetli, uzun süreli geliştirme süreçleri gerektiren projelerdir.

Güdüm yöntemleri ile güdüm sistemleri günümüzde karşılaştırılan iki farklı kavramdır. Güdüm sistemleri yukarıdaki paragraflarda söz edildiği üzere bir dizi sensörden elde edilen verilerin çeşitli bilgisayarlar ve bu bilgisayarlarda bulunan gelişmiş algoritmalar sayesinde değerlendirilmesi ve nihayetinde üretilen çıktının hareket kontrol sistemleri yardımı ile güdümlenen platformun yönetilmesini sağlayan sistemler bütünüdür. Güdüm yöntemi ise bu sistem içerisinde yer alan sensör veya algoritmaların farklı şekillerde kullanılarak ortaya çıkan yöntemlerdir. Örneğin GPS, AÖB ve Gün Işığı Kameraları kullanılarak, Doğrusal Navigasyon algoritması yardımı ile güdümlenen bir platformda söz konusu bu kombinasyon bir güdüm yöntemidir ancak tüm bu yöntem yine bir güdüm sistemi içerisinde çalışmaktadır.

Bununla birlikte güdüm sisteminde kullanılan birden fazla sensörün, belirli bir güdüm yöntemi içerisindeki ağırlığı da değişebilmektedir ve bu da bu sistemler içerisinde kullanılan yöntemleri çok esnek bir yapıya kavuştururken, çeşitliliği de ciddi oranda artırmaktadır. Örneğin GPS güdümlü bir mühimmatta da ANS (Ataletsel Navigasyon Sistemi, Inertial Navigation System/INS) bulunur. ANS'den gelen veriler GPS verisi ile belirli bir algoritma yardımı ile söz konusu sensörlerin farklı koşullar altındaki başarı oranları da gözetilerek güvenilirlik sıralamasına göre güdüm içerisinde kullanılabilir. Örne-

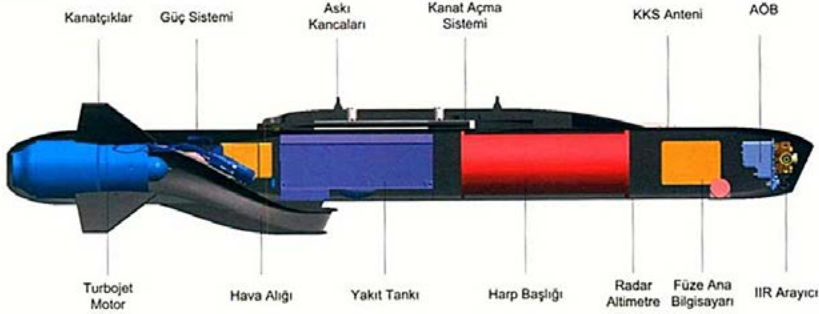
Şekil 38: Güdüm Sistemini Oluşturan Bileşenler

ğin belirli bölgelerde GPS verisi ANS verisine kıyasla çok daha yüksek doğrulukta çalışabilir. Bu noktalarda GPS verisinin güdüm içerisinde ağırlığının çok daha fazla olması sistemin güvenilirliğini artırmaktadır. Bununla birlikte GPS verisinin bozulmaya başladığı bir ortamda ise ANS verisi çok daha yüksek doğrulukta çalışacağı için söz konusu algoritmanın bu durumu değerlendirmesi ve verinin ağırlığını o koşul altında ANS'ye daha çok vererek güdümün güvenilirliğini artırması beklenir.

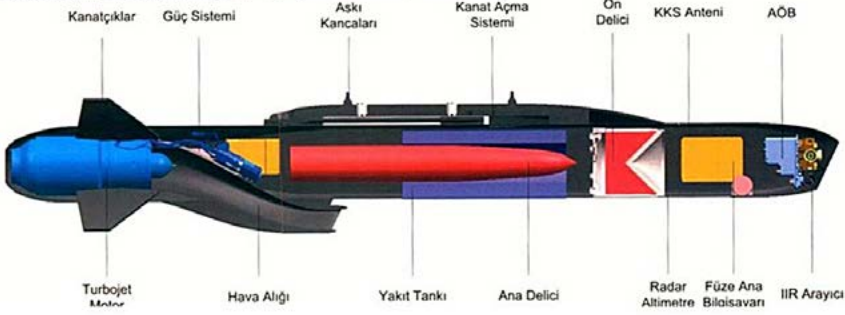
Öncelikle “akılsız” konvansiyonel mühimmatların kritik görevlerdeki isabet sorununu çözmek için daha çok taktik amaçlarla geliştirilen güdüm sistemleri daha sonra nükleer bombaların hedeflerine gönderilmesinden küçük bir kamyonetin imha edilmesine kadar taktik ve stratejik tüm operasyon seviyelerinde yer edinmiştir.

Şekil 39: SOM Seyir Füzesi Bileşenleri

Şekil 2: SOM-B2 mühimmatı bileşenleri.



Şekil 1: SOM-B1 mühimmatı bileşenleri. Arayıcı başlık dışında, SOM-A'nın bütün bileşenleri SOM-B1 ile aynıdır.



Kaynak: TÜBİTAK SAGE

Ağ Merkezli Harp anlayışının gelişmesi güdümlü mühimmatların değerini artırmıştır. Tabii bunda tek etken anlayış değil teknolojik olarak sensörlerin gelişmesi, boyutlarının küçülmesi veya aynı boyutta niteliğinin artması ile maliyetlerinin düşmesi de değer artışında önemli yer kaplamaktadır.

SOM Seyir Füzesi Türkiye'nin güdüm sistemi çalışmaları arasında önemli bir kilometre taşı temsil etmektedir. Başlangıçta envanterdeki Popeye füzeslerinin ikamesi olarak tasarlanması istenen mühimmat projesinde TÜBİTAK SAGE daha gelişmiş bir ürün olan SOM'u ortaya çıkarmıştır. SOM hava savunma sistemlerinin etkili menziline girmeden hedeflerin büyük bir doğrulukla vurulmasını sağlayan ve durağan satıh hedeflerine ve hareketli su üstü hedeflere karşı etkin bir şekilde taarruz kabiliyeti bulunan uzun menzilli, havadan Satha atılan turbojet motorlu seyir füzesidir.

Farklı varyantları olan SOM seyir füzesi ilk olarak SOM-A modeli ile Küresel Konum Belirleme Sistemi, Ataletsel Navigasyon Sistemi, Yeryüzü Refe-

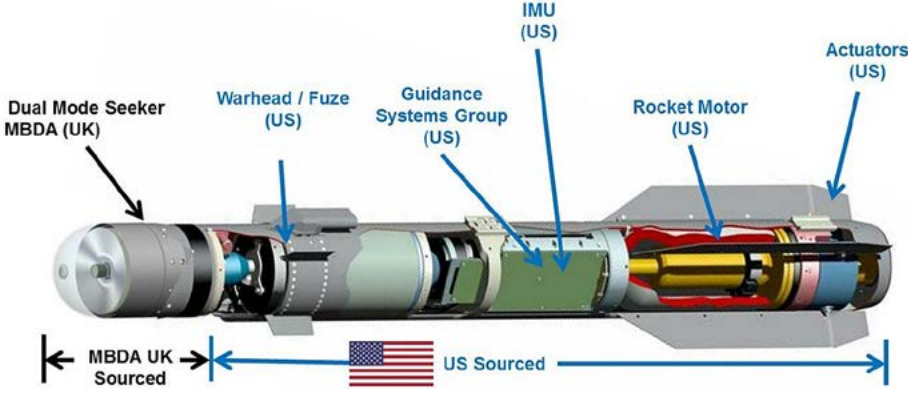
ranslı Navigasyon Sistemi ve Altimetre kullanan komplike bir güdüm sistemi ile ortaya çıkmıştır. Nitekim Türk Savunma Sanayii için bu büyük bir dönüm noktasını teşkil ederken SOM'un B1, B2, C1 ve C2 modelleri ile SOM üzerinden geliştirilen fiziksel olarak da farklı SOM-J versiyonları ortaya çıkmıştır. Bu versiyonlarda güdüm sistemi çok daha komplikedir. SOM-J füzesinin güdüm sistemi Küresel Konum Belirleme Sistemi, Ataletsel Navigasyon Sistemi, Yeryüzü Referanslı Navigasyon Sistemi, Kızılötesi Görüntülemeli Arayıcı Başlık, Otomatik Hedef Algılama (OHA) Ağ Destekli Mühimmat Kabiliyeti ve Altimetreye sahiptir. Güdüm sistemi içerisinde bu kadar fazla bileşenin bulunması hedefin maksimum hassasiyetle vurulması gerekliliği ile ortaya çıkmıştır. Ayrıca günümüzde güdüm sistemleri iyileştirilirken güdüm sistemlerini bozmak ve yanıltmak için dünyanın dört bir yanında çeşitli askeri projeler de geliştirilmektedir. Örneğin RF arayıcı başlıklı mühimmatları yanıltmak için elektronik harp sistemler ile yanıltıcı frekansların oluşması, "yem" adı verilen sahte hedefler yardımı ile yanıltıcı radyo frekansları yayarak, RF güdümlü füzeyi yanıltan unsurlar günümüzde oldukça popüler bir hale gelmiştir. Dolayısı ile güdüm sistemlerinin gelişimi eş zamanlı olarak hem hassasiyetin artırılması hem de çeşitli karıştırma ve savunma sistemlerine yönelik savunma amaçlıdır.

Günümüz harp sahasında mücadele ortamındaki karmaşa ve özellikle yoğun elektromanyetik spektrum güdüm sistemlerini zorlamaktadır. Bu nedenle hibrit arayıcı (dual seeker) başlık denilen IIR+RF, IIR + Lazer vb. birden fazla ana güdüm prensibi olan güdüm sistemlerine ilgi artmaktadır. Nitekim Türkiye'de KUZGUN ve ÇAKIR isimli iki farklı füze ailesi geliştirme projesini duyurmuş ve söz konusu bu iki füze ailesinde de hibrit arayıcı başlıkların kullanılmasının planlandığı açıklanmıştır. Bu noktada hibrit arayıcı başlıkların en temel özelliği ise tek bir sensörün kullanımı sırasında oluşan dezavantajları farklı bir sensör yardımı ile bertaraf etmek ve bu sayede başarı oranını artırmaktır. Örneğin RF ve IIR arayıcı başlığı ele aldığımızda RF, IIR'ye meteorolojik şartlardan çok daha az etkilenirken IIR başlık da elektromanyetik spektrumdaki karıştırma faaliyetlerinden çok daha az etkilenmektedir.

Güdüm sistemi konusunda MBDA tarafından geliştirilen Brimstone füzesi de iyi bir örnektir. Milimetrik dalga (mmW) RF arayıcı başlık ve lazer güdümlü bir arada içeren hibrit arayıcı başlık bulunan bir güdüm sistemi bulunur.³⁴

34. MBDA, Brimstone, <https://www.mbdasystems.com/product/brimstone/>, (Erişim Tarihi: 14 Ocak 2023).

Şekil 40: MBDA Brimstone Bileşenleri



Kaynak: Breaking Defense, Eye On Fewer Drone Civilian Deaths, MBDA Challenges Lockheed, Raytheon With Brimstone Missile, <https://breakingdefense.com/2013/10/eye-on-fewer-drone-civilian-deaths-mbda-challenges-lockheed-raytheon-with-brimstone-missile/>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

Güdümlü mühimmatlar AMH kapsamında değerlendirildiğinde bu ürünlerin nitelikleri ve kullanım potansiyelleri de genişlemektedir. Nitekim kitabın “Günümüzün Gerçeği Ağ Merkezli Harp” bölümünde ifade edildiği üzere dünyada bunun örnekleri bulunmaktadır. Lazer aydınlatma sistemi içeren elektro optik gimbal sistemlerinin gelişmesi ile havadan satha veya satıhtan satha lazer güdümlü mühimmatlar drone avlama görevinde kullanılmaktadır. Bu denkleme bir radardan alınan veri de eklendiğinde konvansiyonel bir satıhtan satha füze sistemini basit de olsa hava savunma görevinde kullanabildiğiniz bir yapıya dönüştürmüş oluyorsunuz. Bu durumda gelecekte şu tahayyül edilebilir; karadaki birliklerinizi desteklemek amaçlı ROKETSAN CİRİT füzesi kullanan bir KAPLAN-10 aracını bünyesinde bulunan KORKUT hava savunma sistemi komuta kontrol aracından aldığı veri ile gelen drone tehdidinin yönünü bularak bünyesindeki elektro optik ile teşhis ederek lazer güdümlü füze ile bu tehdidi bertaraf edebilir. Elbette günümüz için bunun denemesini yapmak görece kolay olsa da bunun sahaya yansımaları çok büyük teknolojik zorluklar içermektedir. Ancak bu anlayışa sahip olabilmek gelecek açısından bu altyapının sağlanmasında birinci adım olarak öne çıkmaktadır.

Yine AMH bileşenlerinin gelişimi güdüm sistemlerine farklı görevler tevcih etmekte ve güdüm sağlığının iyileşmesini sağlamaktadır. Günümüzde mühimmatlar üzerinde bulunan veri bağı sistemleri sayesinde kızılötesi veya gün ışığı sensöre sahip olan bir mühimmat hedefe vardığı süreçte yer kontrol is-

tasyonuna aktardığı bilgiler ile aynı zamanda anlık keşif ve istihbarat faaliyetlerine de katkı sunmaktadır. Yine bu sayede operasyonel esneklik de kazanılmaktadır. Nitekim anlık görüntü alınması sayesinde farklı fırsat hedefine yönelik saldırılar da mümkün olmaktadır. Kamikaze İHA da denen dolağan mühimmatlarda bu tarz etkenler çok daha fazladır.

Mühimmatların atıcı platform dışında birbirleri ile haberleşmelerini bu sayede güdüm sistemini iyileştirmelerini içeren konseptler de çalışılmaktadır. Bu yöndeki yenilikçi yaklaşımlardan biri Türkiye’den çıkmaktadır. TÜBİTAK SAGE’nin Akıllı Silah Ağı (ASA) projesi mühimmatların birbirleri arasında haberleşerek hem haberleşme ve iletişim güvenliğini artırmak hem de bir mühimmattaki güdüm sisteminin diğer mühimmattaki güdüm sisteminin doğruluğunu artırması noktasında büyük bir kabiliyet sıçramasını işaret etmektedir.³⁵ Nitekim bu durumu daha kreatif düşündüğümüzde biri IIR biri RF başlıklı iki mühimmatın aynı eksen de yola çıktığı senaryoda ASA gibi bir altyapı ile bu iki mühimmatın güdüm sistemi de kendi bünyesinde olmayan başka bir sensör verisine kavuşacak dolayısı ile hassasiyetlerini ciddi ölçüde artıracaktır.

ii. Sonuç

Modern harp dünyasında güdüm sistemleri kaçınılmaz olarak üzerinde durulması ve gelişiminin asla durmaması gereken bir alan olarak öne çıkmaktadır. Nitekim Türkiye hem insansız sistemler hem de mühimmatlar açısından bakıldığında güdüm sistemleri noktasında dünya ile rekabet edebilecek seviyede bir ülke olarak öne çıkmaktadır. Güdüm sistemleri konusunda gelişmelerin ASA projesinde olduğu gibi AMH kapsamında düşünsel ve teknolojik olarak ele alınması isabetli ve sürdürülmesi gereken bir davranış olmakla birlikte güdüm sistemlerine yönelik alt sistem ve bileşen bazındaki kritik bağımlılık alanlarında da çalışmalar yapılması gerekmektedir. Nitekim Türkiye’nin en ünlü mühimmatlarından olan MAM-L’deki lazer arayıcı sensörün Türkiye’de üretilmesi önemli bağımlılık unsurunu ortadan kaldırılmış üretim noktasında Türkiye’yi ciddi biçimde rahatlatmıştır. Bu doğrultudaki çalışmaların devamına yönelik görüşler ilerleyen bölümlerde sunulacaktır.

35. Batuhan Aluğlu, Güdümlü Mühimmatlar Gelecek ve Türkiye, Defence Türk Dergisi, Sayı 5, https://www.defenceturk.net/dergiler/#dflip_df_80044/50/, (Erişim Tarihi 11 Ocak 2023).

4.1.3.1. GÜDÜM ALT SİSTEMİ

Bu bölümde hem mühimmatların hem de çeşitli hava, kara ve deniz platformlarının güdümünü sağlayan çeşitli alt sistemlerden, bu alt sistemleri oluşturan sensörlerden, yazılımlardan ve bir sistemin güdümünü etkileyen temel faktörlerden bahsedilecektir. Bu faktörler ile birlikte günümüzde özellikle mühimmatların güdümlenmesi için gereken şartların neler olduğundan ve bu şartların ne gibi altyapılara ihtiyaç duyduğundan da söz edilecektir.

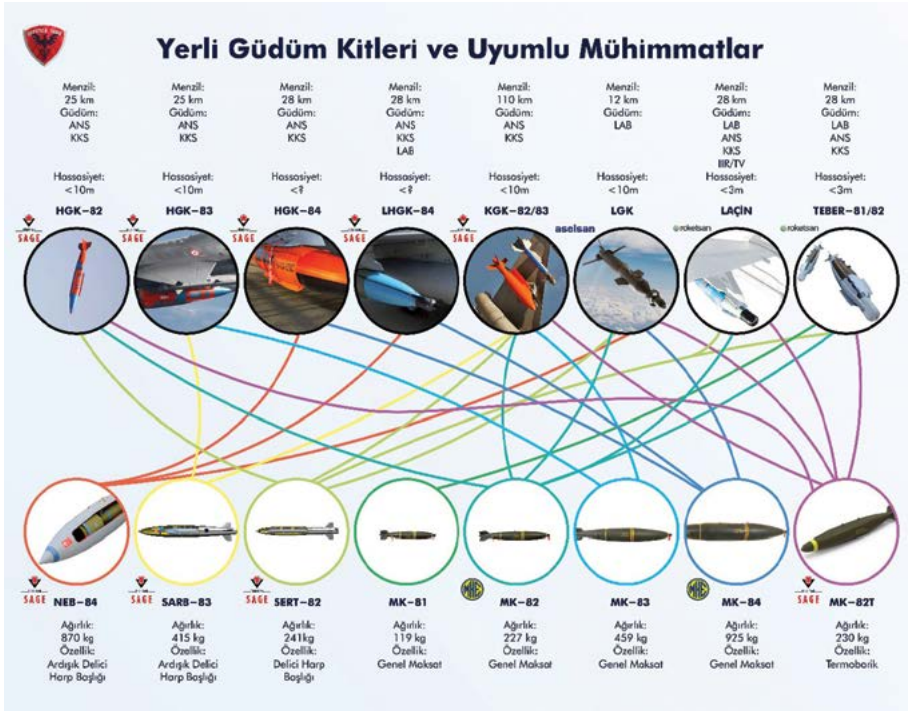
i. Bir Sistemin Güdümlenmesi

Güdümlenme, en basit hali ile herhangi bir unsurun istenilen bir rota üzerinde hareketinin sağlanmasına denir. Her türlü hava, kara, deniz aracı ile birlikte uydular, füzeler, roketler ve hatta topçu mühimmatları güdümlenmeye ihtiyaç duyarlar. Söz konusu platformların herhangi bir güdümlenme alt sistemi yardımı olmaksızın sağlıklı bir hareket gerçekleştiremez. Herhangi bir güdümlenme alt sistemi olmaksızın hareket eden platformlar başıboş bir şekilde herhangi bir referans olmaksızın hareketlerini sürdürür ve bu nedenle herhangi bir görevi yapmaya büyük oranda elverişsiz bir hale gelirler.

Geçmişte özellikle hem hava hem de karada ateş gücü olarak kullanılan çeşitli bomba, füze ve roketler herhangi bir güdümlenme olmaksızın, klasik fizik kurallarına dayalı olarak ilgili hedeflere yönlendirilirken bu mühimmatların hedefleri yüksek bir isabet ile vurma olasılıkları oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Bu nedenden ötürü günümüzde hemen her mühimmat güdümlendirilmiş veya güdümlendirme çalışmaları aralıksız bir şekilde devam etmekte hatta belirli bir güdümlenme sahip olan mühimmatların güdümlenme çeşitliliği artırılarak hedefi başarı ile vurma ihtimalleri artırılmaya çalışılmaktadır.

Bununla birlikte güdümlenme kavramı her ne kadar mühimmatlar ile özdeşleşmiş olsa da özellikle bir insan tarafından ister manuel bir şekilde uzaktan kontrol edilsin isterse de bir otonomi yeteneğine sahip olsun tüm platformlarda çeşitli güdümlenme alt sistemleri bulunmaktadır. İnsansız hava, kara, deniz araçları ile çeşitli uydular bu platform/sistemlere verilebilecek en önemli örneklerin başında gelmektedir. Zira bir insan tarafından kontrol edilmeyen veya kısmen kontrol edilen bu sistemlerin belirli bir rota üzerinde hareketlerini devam ettirebilmeleri için bir güdümlenme alt sistemine sahip olmaları ve bu alt sistem aracılığı ile ilgili rotayı takip etmeleri gerekmektedir.

Şekil 41: Yerli Güdüm Kitleri ve Uyumlu Mühimmatlar



Kaynak: "Yerli Güdüm Kitleri ve Uyumlu Mühimmatlar," Defence Turk, X Hesabı, https://twitter.com/Defence_Turk/status/1396445091519160325, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

Bir platformun güdümlenmesi temelde iki olguya dayanmaktadır. Bu iki olgu güdümlenen platformun ilk olarak kendisine ait konum, yönelim ve hız gibi parametrelerini bilmesi, ikincisi ise ulaşmak istediği hedefin konum, uzaklık ve irtifa gibi karakteristik özelliklerini bilmesinden oluşur. Güdümlenen platform her ne olursa olsun bu iki olgudan bir tanesi bile olmazsa güdümlenmemektedir. Bir güdümlenme sistemini oluşturan alt sistemlerin her biri de bünyelerinde bu iki olgunun talep ettiği verileri en doğru şekilde üretmek için çalışmaktadır.

Söz konusu bu iki olgunun da talep ettiği veriler güdümlenecek olan platformun ve hedefin tipine, görevin karakteristiğine ve çevresel şartlara bağlı olarak değişebilmektedir. Bu durumun temel sebebi belirtilen bu şartlar altında gereken bu verileri üretmesi gereken alt sistemlerin ve bu alt sistemler içerisinde yer alan donanım ve yazılımların doğruluk ve hassasiyet değerlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Güdümlenmesi istenen platforma ait bilinmesi gereken en önemli karakteristik veriler platformun konumu ve yönelimidir. Bu iki veriden herhangi biri olmadan güdümlenmesi gereken platform güdümlenemez ancak bu iki veri de güdümlenme öncesinde bilindikten sonra herhangi bir verinin üretilmemesi durumunda platform güdümlenmeye devam eder ancak başarı oranı veri eksikliği sebebiyle zamanla azalmaktadır.

Bu durumun daha iyi anlaşılması adına günlük hayattan bir örnek verilmesi doğru olacaktır. Çölde yolunu kaybeden ve istediği bir şehre ulaşmaya çalışan bir insanın olduğunu varsayalım. Bu varsayımda eğer bu kişi yolunu kaybettikten sonra eğer bulunduğu konumu ve gitmesi gereken yönü bilmiyorsa istediği noktaya ulaşması mümkün olmayacaktır. Bununla birlikte eğer bu kişi hem GPS konumunu biliyor hem de sahip olduğu bir pusula yardımı ile yönelimini ölçebiliyorsa gitmek istediği noktaya rahatlıkla ulaşabilecektir. Bununla birlikte yine bu kişi yola koyulmadan önce pusula yardımı ile hem kuzeye göre hangi yönde olduğunu, hem de ilk konumunu biliyorsa, bir süre sonra bu iki veriden bir tanesi ortadan kalkmış olsa bile geçmişteki hareketini tekrar ederek hedefe ulaşması mümkün olacak ancak hassasiyeti düşecektir.

Bu örnekten de anlaşılacağı üzere bir platformun güdümlenmesi için gereken ilk olgu platformun en azından güdümlenmeden önce konumunu ve yönelimini bilmesi gerekliliğidir. Burada konum ve yönelim ile kastedilen veriler günümüzde birçok farklı sensör ile tespit edilebilmektedir.

Herhangi bir platforma ait konum verisi farklı türlerde çeşitli sensörler yardımı ile elde edilebilmektedir. Bu konum verileri çeşitli referanslar yardımı ile farklı amaçlara uygun çeşitli koordinat sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir platforma ait konum verisi genellikle şu tipteki koordinat sistemlerinde elde edilebilir:

- Coğrafi Koordinat Sistemi (Enlem, Boylam, İrtifa)
- Yerel Teğetsel Koordinat Sistemi (Kuzey, Doğu, Aşağı)
- Evrensel Enlem Merkatörü Koordinat Sistemi
- Yer Merkezli Yer Sabit Koordinat Sistemi (ECEF)

Söz konusu bu koordinat sistemlerinin her biri bir platforma ait konumun belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu koordinat sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmakla birlikte farklı çevresel şartlar altında birbirleri arasında dönüşümler yapılarak ilgili platformların konum verilerinin elde edilmesi için kullanılmaktadır. Bu koordinat sistemlerinin tanım-

lanması, avantaj ve dezavantajları bu kitabın konusu dışına çıkacağı için burada söz edilmeyecektir.

Bununla birlikte bir sistemin konumun belirlenmesi için çeşitli sensörlerden gelen veriler kullanılabilir. GNSS (Küresel Konumlama Seyrüsefer Sistemleri), Ataletsel Ölçüm Birimleri (AÖB), Barometreler, Lazer/Radar Altimetre birimleri, Lazer Mesafe Ölçerler veya görsel navigasyon yardımı ile bir platformun konumu yüksek doğruluk ile yukarıda belirtilen koordinat sistemlerine uygun bir şekilde elde edilebilmektedir.

Bir platformun güdümlenmesi için gereken ikinci temel parametre ise yönelimdir. Yönelim genellikle bir pusula, ivmeölçer veya jiroskop gibi sensörler yardımı ile ölçülen platformun bir koordinat sistemi üzerinde veya Kuzey yönüne göre hangi yönde gittiğini gösteren parametreye verilen addır. Yönelim tek başına söz konusu sensörlerden elde edilebileceği gibi aynı zamanda bu sensörlerden üretilen verilerin birleştirilmesi ile bir referans sistemi üzerinde de belirtilebilmektedir.

Özellikle hava platformları başta olmak üzere tüm platformlarda yaygın bir şekilde kullanılan ve bir platformun yönelimini gösteren temel referans sistemine ise AHRS (Attitude Heading Reference System, Açısal Konum Referans Sistemi) denilmektedir. AHRS yardımı ile herhangi bir platformun sahip olduğu bu sensörler yardımı ile açısal konumu ve yönelimi belirlenmekte ve sistemin güdümlenmesi için kullanılmaktadır.

Burada sözü edilen ve bir platformun güdümlenmesi için gereken ilk olan güdümlenecek platforma ait konum ve yönelim verileri çeşitli sensörlerden elde edilerek bir koordinat veya referans sistemine dönüştürülmektedir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte bu verilerin elde edilmesi birçok farklı alt sistem ile mümkündür. Özellikle mühimmatlarda sıklıkla kullanılan ve hedefin konum veya yönelimini belirlenmesini sağlayan başlıca güdümlenme alt sistemleri şu şekilde sıralanabilir:

- Küresel Konumlama Güdümü (GPS Güdüm)
- Ataletsel Güdüm
- Görsel Güdüm
- Lazer Güdüm
- TV/IR Güdüm
- RF Güdüm

Yukarıdaki listede belirtilen tüm bu güdümlenme çeşitlerinin en temel amacı güdümlenmenin temel prensibi olan platformun hedefe göre veya hedeften ba-

ğimsız bir şekilde konum ve yöneliminin belirlenmesini amaçlamaktadır. Söz konusu alt sistemlerin biri veya birkaçı aynı anda tek bir platform içerisinde bulunabilir ve bu sayede güdümün başarı şansı da artırılmış olur. Burada belirtilen 6 farklı güdüm sisteminin ilk üç tanesi yani, GPS, Ataleysel ve Görsel güdüm, güdümlenecek platforma ait konum ve yönelim verilerini belirlenmesi prensibine dayanırken, son üç güdüm yöntemi yani Lazer, TV/IR ve RF güdüm yöntemleri hedefin konumunun belirlenmesi prensibine dayanmaktadır.

Küresel Konumlama Güdümü veya daha yaygın adıyla GPS güdümü GPS sensörleri aracılığıyla yapılmaktadır. Platform'da bulunan GPS sensörü yardımı ile kendi konumunu belirleyebilmektedir. Bununla birlikte güdümün ikinci prensibi olan hedefin konumu da yine güdümlenecek platform üzerinde bulunan çeşitli sensörler ve bu sensörleri destekleyen yazılımlar ile veya başka bir sistemden gelen hedefe ait konum verisi yardımı ile belirlenebilmektedir. Hedef ve platforma ait konum verileri bilindikten sonra platformun yöneliminin belirlenmesi adına AÖB ve benzeri birimlerin yardımı ile platformun yönelimi de kolaylıkla belirlenmekte ve bu sayede platform hedefe yönelik bir rota oluşturarak güdüm sürecini gerçekleştirmektedir.

Ataletsel Güdüm ise GPS güdümünde olduğu gibi hedefe ait konum bilgisi yine platformda bulunan çeşitli sensörler ve yazılımlar ile farklı platformlardan elde edilen veriler elde edilmesi ile gerçekleşmektedir. Ataletsel Güdüm ile GPS güdümü arasındaki en önemli fark güdümlenecek olan platforma ait konum verisinin GPS yerine AÖB yardımı ile elde edilmesi ile oluşmaktadır. Bununla birlikte genellikle AÖB üzerinden elde edilen konum verisi GPS'den elde edilen veriye göre doğruluğu bir miktar daha düşük ve zamanla bu doğruluğun daha da azaldığı bir süreçten geçmektedir. Bu nedenle Ataletsel güdüm de GPS güdümü de birbirleri ile paralel bir şekilde güdümlenecek tüm platformlarda birlikte bulunmaktadır.

Görsel Güdüm, GPS güdümü ve Ataletsel Güdümün aksine bir doğrudan bir sensör tarafından yapılan ölçüm yerine bir görüntüleme sensörü tarafından elde edilen görüntüler ile konum bulunması prensibine dayanır. Yine diğer iki güdüm yönteminde olduğu gibi hedefe dair konum verisi elde edildikten sonra platformun konumu daha önceden görsel güdüm yazılımının çalışacağı bilgisayar içerisinde bulunan görsel bir harita referans alınarak hesaplanır. Görsel güdümün kullanılacağı platform üzerine entegre edilmiş görüntüleme sistemi sürekli bir şekilde görüntü elde ederek, içerisine daha ön-

ce yüklenmiş olan harita ile topladığı görüntüleri eşleştirerek konum verisi elde etmeye çalışmaktadır.

Bu durumun daha kolay anlaşılması adına yine günlük hayatımızdan bir örnek vermek doğru olacaktır. Örneğin, her gün evinden iş yerine araba ile giden bir insanın bu süre boyunca herhangi bir GPS veya benzeri bir sensör kullanılarak mobil telefonundan rota oluşturmaya ihtiyaç duymaz. Bunun en temel sebebi geçmişte aynı yoldan tekrar tekrar geçmesi ve geçtiği bu yolu görsel hafızasında tutmasıdır. Bu kişi bu rotaya her başladığında gördüğü binaları, sokakları, tabelaları geçmişte gördüğü, bildiği ve görsel hafızasında bulunan bu görüntülerle eşleştirerek herhangi bir yardıma ihtiyaç duymaksızın rotasına devam edebilmektedir. Görsel güdüm yöntemi de tam olarak bu prensibe dayanmaktadır.

Şimdiye kadar sözü edilen bu üç güdüm tipinde de kullanılan sensörler yardımı ile platforma ait konum ve yönelim bilgileri elde edilebilmektedir. Her üç güdüm tipinin de ortak noktası güdümü sağladıkları sensörlerin bu verileri üretebilecek kabiliyetlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu üç güdüm yöntemi sonrasında bahsedilecek olan diğer üç yöntem ise bu yöntemlerde elde edilecek konum ve yönelim verilerine ihtiyaç duymaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere GPS, AÖB veya Görsel güdüm de kullanılan ve konum/yönelim verisi üreten bu sensörler olmadan bundan sonra söz edilecek üç güdüm yöntemi de tek başına bir anlam ifade etmeyecektir. Bu nedendir ki bundan sonra bahsedilecek üç güdüm yöntemi de daha önceden söz edilen diğer üç güdüm yöntemi ile birlikte paralel bir şekilde bir platform içerisinde yer almaktadır. Bununla birlikte bundan sonra belirtilecek üç güdüm yöntemi platformun konum ve yönelimini belirlemek yerine hedefin, güdümlenecek platforma göre bağıl konumunu belirleme prensibine dayanmaktadır.

Lazer güdümü, yukarıda daha önceden belirtilen sensörler yardımı ile platforma ait konum ve yönelim verileri üretildikten sonra, güdümlenilecek olan hedefin bir lazer kaynağı ile “aydınlatılması” ve aydınlatılan bu hedefin platformda bulunan bir lazer arayıcı başlık tarafından tespit edilerek hedefin platforma göre bağıl konum ve yöneliminin hesaplanması amaçlanmaktadır. Burada hedefi aydınlatan lazer kaynağı genellikle bir IKG alt sistemi içerisinde bulunan Lazer İşaretleyicilerdir. Lazer İşaretleyici tarafından aydınlatılan bu hedef yine lazer arayıcı başlık tarafından tespit edilerek bir konum ve yönelim hesabı yapar ve bu hesaba dayanarak bir rota oluşturularak güdüm gerçekleştirilmektedir.

Şekil 42: ASELSAN IIR Arayıcı Başlık

Kaynak: ASELSAN, MGEO-Arayıcı Başlık/ T001 / 04-2017
[https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HISAR_ARAYICI_BASLIK_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HISAR_ARAYICI_BASLIK_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

TV/IR Güdümü ise bir gün ışığı ya da kızılötesi kamera ile hedefin tespit edilmesi ile kameranın görüş açısı, odak uzaklığı, çözünürlüğü gibi parametrelere bağlı olarak yapılan optik bir hesap ile hedefin platforma göre bağlı konum ve yöneliminin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Burada TV ile kasıt gün ışığı kameraları, IR ile kastedilen ise kızılötesi kameralardır. Genellikle bir TV/IR güdümünde yer alan kameralar bir kardan mekanizması ile kontrol edilen uzun menzilli, yüksek çözünürlük gün ışığı kameralarından veya LWIR/MWIR tipindeki kızılötesi kameralardan oluşmaktadır.

RF güdüm ise bünyesinde bulunan bir radar yardımı ile hedefin konumu platforma göre bağlı bir şekilde elde edilmesi prensibine dayanır. RF güdüm aktif, yarı-aktif veya pasif güdüm olmak üzere üç farklı tipte gerçekleştirilebilmektedir. Aktif RF güdümünde radar içerisinde bulunan alıcı-verici (transceiver) yardımıyla gönderilen RF sinyalleri geri toplanarak hedefe ait verilerin elde edilmesi sonucunda güdüm işlemi gerçekleşmektedir.

Aktif RF güdümün aksine yarı-aktif RF güdümünde sadece alıcı(receiver) bulunmakta ve bu alıcı yardımı ile harici bir RF kaynağından yönlendirilen radyo frekanslarının “aydınlattığı” hedeften yansıyan RF sinyallerinin elde edilmesi sonucunda güdümün gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Pasif RF güdümü ise hedef tarafından yayılan radyo frekanslarının tespit edilerek hedefe ait konumun elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu nedenden ötürü pasif RF güdümü genellikle güçlü bir şekilde çevresine radyo frekansları yayan düşman hava savunma sistemleri veya radarlarını imha etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Şimdiye kadar belirtilen tüm bu güdüm yöntemleri ve bu yöntemlerin kullandığı sensörler yardımı ile güdümün temel prensibini oluşturan iki unsur, hedefin konumu ve platformun konum ve yönelimi elde edilmektedir. Elde edilen bu veriler sensörler tarafından üretildikten sonra genellikle ham bir veri halindedir. Bu ham verilerin işlenmesi, birçok güdüm yönteminin birlikte kullanılması ve nihayetinde elde edilen verilerin doğruluklarının artırılması amacı ile bu veriler üzerinde bir dizi işlem yapılması gerekmektedir.

Bu gerekliliğin en temel sebebi söz konusu verileri üreten sensörlerin hepsinin farklı şartlar altında çeşitli bozucu etkilerden etkilenmeleri ve doğruluklarını kaybetmelerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, bir hava savunma sisteminin imhası için güdümlenen bir füzede hem RF güdüm hem gps güdüm hem görsel güdüm hem de ataletsel güdüm aynı anda bulunabilmektedir. Burada özellikle platforma ait konumu ve yönelimi üreten sensörlerin sayısının artırılması ile güdümün başarı oranının artırılması amaçlanmaktadır. Söz konusu bu sensörlerin birbirleri ham bir veri formatından çıkarılıp, çevresel şartlara göre birbirleri ile kombine bir şekilde kullanılması sürecine “Sensör Füzyonu” adı verilmektedir.

ii. Sensör Füzyonu

Sensör füzyonu, aynı türde veya aynı türe türetilen sensörlerden elde edilen verilerin birbirlerinin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak harmanlanması işlemine verilen isimdir. Bu harmanlama işlemi özellikle platformun konumunu ve yönelimini ölçmek için kullanılan GPS ve AÖB gibi sensörlerin ürettikleri veriler için kullanılabilirken aynı zamanda hedefin platforma göre bağlı konumun hesaplanmasına yarayan sensörler için de kullanılabilir. Örneğin, bir hava aracında yer alan GPS sensörü üzerinden anlık olarak konum bilgisi elde edilmektedir. Bu konum bilgisi sayesinde hava aracının hız verisi de matematiksel bir hesap yardımı ile elde edilmiş olur. Bununla birlikte hava aracının içerisinde yer alan Ataletsel Ölçüm Birimi (AÖB) sayesinde hava aracının anlık olarak ivmesi de yine elde edilebilmektedir. Elde edilen bu ivme verisi matematiksel bir işlem yardımı ile keza hız verisine de dönüştürülebilmektedir. Bu örnekten anlaşılacağı üzere iki farklı sensörden bir hava aracının hız verisinin elde edilmesi mümkündür. Bu verinin elde edilmesi sırasında hem matematiksel bir dizi işlem yapılması hem de söz konusu sensörlerin farklı hassasiyet ve doğruluk değerlerine sahip olması sebebiyle bu veriler arasında farklılıklar olmaktadır.

Söz konusu bu farklılıklar genellikle sensörlerin çevresel şartlar altında ne kadar hata ürettiklerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin bir GPS sensörünün anlık olarak kaç tane uydudan veri elde edebildiği ve bunun sonucunda hangi koşul altında ne kadar doğru ve hassas verisi elde edebileceği hesaplanabilmektedir. Aynı durum AÖB için de geçerlidir. Farklı çevresel şartlarda AÖB tarafından üretilen hız ve yönelim verileri de hata üretebilmektedir. Bu hataların minimize edilmesi için bir sensör füzyonu yazılımı ile bu iki farklı verinin çevresel koşullar altında nasıl hata ürettiğine bakarak birer ağırlık fonksiyonu oluşturulur ve bu ağırlık fonksiyonuna bağlı olarak bu verilerin harmanlanması sonucunda daha yüksek doğrulukta veri üretilmesi amaçlanmaktadır.

Günümüzde hemen her güdüm sisteminde kullanılan ve birbirlerine göre avantajları olan birçok sensör füzyonu algoritması bulunmaktadır. Söz konusu bu algoritmalara stokastik filtreler veya kestirim filtreleri denilmektedir. Söz konusu bu filtrelerden başlıcaları:

- Kalman Filtresi (KF)
- Genişletilmiş/Kokusuz Kalman Filtresi (EKF/UKF)
- Parçacık Filtresi (PF) olarak sayılabilmektedir.

Söz konusu bu filtrelerin amacı matematiksel işlemler yaparak üretilen verilerin ürettikleri hataları sürekli bir şekilde hesaplamak, üretilen hata hangi veride çok ise o verinin fonksiyon içerisindeki ağırlığını azaltmak ve bu sayede daha yüksek doğrulukta türetilen veriyi tahmin etme prensibine dayanmaktadır. Burada belirtilen bu filtreler bu kitabın kapsamı dışına çıkacağı için burada detaylı bir şekilde irdelenmeyecektir.

Burada belirtilen tüm bu güdüm alt sistemleri bünyelerinde barındırdıkları sensörler yardımı ile güdümlenecek platforma ait konum ve yönelim verileri ile hedefe ait konum verilerini elde ederek bir rota oluşturulması prensibine dayanmaktadır. Oluşturulacak olan bu rota çeşitli kontrol algoritmaları yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu algoritmaların çalışması, sensörlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve nihayetinde bir sensör füzyonunun gerçekleşmesi için ise çok güçlü gömülü bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.

iii. Görev Kontrol Birimi ve Uçuş Kontrol Birimi

Bir platform içerisinde platforma ait güdüm işleminin gerçekleşmesi için bazı çok güçlü bilgisayarların spesifik olarak bazı görev ve amaçlar için tasarlanması sonucunda elde edilmektedir. Günümüzde birçok farklı görev

ve amaca uygun olarak tasarlanan bu gömülü bilgisayarlar hemen her platformda bulunmaktadır. Genellikle platformun türüne göre çeşitlilik göstermekle birlikte güdümlenmesi istenen her bir platform üzerinde bir gereklilik olarak

- Görev Kontrol Birimi (GKB)
- Uçuş/Seyrüsefer Kontrol Birimi (UKB)

Olmak üzere iki gömülü bilgisayar bulunmaktadır. Bu bilgisayarlar kimi zaman bütünleşik bir yapıda bulunurken kimi zaman da ayrı modüller olarak platform içerisinde yer edinmektedirler.

Görev Kontrol Birimi(GKB), platforma eğer varsa bir karar verici tarafından komutların iletildiği, sonrasında bu komutlar neticesinde platformun en optimum şekilde bu görevi yerine getirmek için gereken rotanın oluşturulması, bu rotanın takip edilmesi için varsa ortaya çıkan engellerden kaçınılması(arazi şekilleri, uçuşa yasak bölgeler vb.), görevin yapılması için gereken silah sistemleri, radarlar, kameralar ve platform içerisinde yer alan diğer faydalı yüklerin yönetilmesi ve nihayetinde görevin tamamlanması için gereken tüm bu süreci yöneten birimlerdir.

Örneğin, bir insansız hava aracı ile sınır ötesindeki bir hedefin imhası amaçlanıyor olsun. İHA içerisinde bulunan GKB birimi üzerinden ilgili hedefin konum bilgisine ihtiyaç duyar. Bu veri yine ya İHA da bulunan çeşitli sensörler ya da farklı bir sistem tarafından İHA'ya iletilebilmektedir. Söz konusu veriler İHA'ya iletildikten sonra güdümün ilk prensibi tamamlanmış olur.

Güdümün ikinci prensibi olan platforma ait konum ve yönelim verileri yine görev bilgisayarı aracılığı ile çeşitli sensörlerden elde edildikten sonra GKB söz konusu tüm bu verileri içerisindeki algoritma vasıtası ile değerlendirmeye başlar. GKB hava aracının yakıt, ağırlık, faydalı yük vb. faktörleri ile hava sıcaklıkları, basınç ve irtifa gibi koşullara bağlı olarak dinamik bir şekilde güdüm rotası oluşturur ve oluşturulan bu rotaya ait verileri uçuş kontrol birimi ile paylaşarak görevini tamamlar.

Bu rota esnasında örneğin bir bölgede uçuşa yasak bir bölge söz konusu ise görev bilgisayarı üzerinden ilgili rota dinamik bir şekilde güncellenebilir. Hedefin imhasına kadar geçen süreçte silah sistemlerinin hazırlanması, radar ve kamera gibi ISR sistemlerinin göreve hazır hale getirilmesi ve bu sayede görevin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi de yine GKB'nin görevleri arasındadır.

Şekil 43: ALARM Füzesi Bileşenleri



Kaynak: Missilery, ALARM, <https://en.missilery.info/files/m/alarm/alarm-comp.jpg>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

Görev Kontrol Birimi sürekli bir biçimde faydalı yüklerden, her bir birimin anlık durumuna dair çeşitli verileri inceler ve bu verilere göre ilgili tüm birimlerin yönetilmesini sağlarken aynı zamanda da Uçuş Kontrol Birimi ile sürekli bir şekilde haberleşerek, platformun kontrolünün sağlanması için Uçuş Kontrol Biriminin ihtiyacı duyduğu verileri onunla paylaşır.

Görev Kontrol Birimleri buradan da anlaşılacağı üzere aslında faydalı yükleri kontrol eden platformun görev esnasında en optimum şekilde hareket etmesini hem de kaynaklarını doğru kullanılmasını sağlayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir.

Bu sistemlerin tüm bu işlemleri yerine getirmek için kullandıkları çok ciddi performansa sahip, oldukça karmaşık algoritmalarından faydalanır. Bununla birlikte bu algoritmaların efektif bir şekilde çalışabilmesi için GKB'nin sözü edilen faydalı yükler ile çok hızlı ve efektif bir şekilde mümkün olan en fazla veriyi elde edecek şekilde haberleşebiliyor olması da gerekmektedir. Hem bu söz konusu algoritmaların çalışması hem de faydalı yüklerle yüksek hızda haberleşmenin sağlanması için oldukça gelişmiş, yüksek güçlü bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Güdümlenmesi istenen platformlarda bulunması gereken bir diğer birim ise Kontrol Birimleridir. Kontrol Birimleri bir hava platformu için Uçuş Kontrol Birimi (UKB) olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Söz konusu bu birimler daha yaygın bilinen ismi ile “Otopilot” olarak da adlandırılabilir. Bu bölümde özellikle mühimmatlar ve hava araçlarına ait güdüm tipleri irdelendiği için bundan sonraki süreçte bu birimlere “Uçuş Kontrol Birimleri (UKB)” adı verilecektir. UKB’ler çeşitli sensörlerden alınan verilerin anlık bir şekilde işlenilerek görev bilgisayarından gelen komutlara göre hava platformunun gerçek zamanlı olarak kontrolünü, yönelimini ve dolayısıyla uçuşunu sağlayan birimlerdir. Uçuş Kontrol Birimleri içerisinde birçok farklı ve oldukça karmaşık algoritma ve kod bloklarından oluşan bir yazılım bütünüdür. Bu yazılım bütünü içerisinde platformun uçuşunun, görev bilgisayarının da taleplerine göre en verimli şekilde gerçekleştirilmesi UKB’nin temel ve asli görevidir.

UKB içerisinde platformun sağlıklı bir şekilde uçuş yapması için birçok farklı algoritma bulunur. Her bir algoritma aslında bir hava aracının uçuş mekaniği düşünüldüğünde ortaya çıkan bağımlı veya bağımsız bölümlerden oluşur. Örneğin UKB içerisinde hava aracının otonom bir şekilde iniş kalkış yapması için ayrı bir algoritma bulunurken irtifasını artırmak için yapacağı manevra için farklı, güdüm sırasında yapacağı güdüm manevrası için farklı bir algoritma bulunur.

Bu algoritmaların hepsi hava aracının hareketinin dinamik bir modeline dayanan çeşitli matematiksel modellerin sonucunda ortaya çıkar. Günümüzde hava, kara ve deniz araçlarının hareketlerinin modellenmesi için çeşitli hareket modelleri söz konusudur. Örneğin, enerjinin korunumu ilkesine dayalı olarak bir hareket modeli geliştirilebilirken, momentumun korunumu ilkesine dayalı olarak farklı bir hareket modeli geliştirilebilir veya iniş ve kalkış esnasında hava aracına etki edecek aerodinamik etkiler modellenerek iniş ve kalkış esnasında hava aracının nasıl bir manevra yapacağı da yine bir matematiksel model üzerinden belirlenebilir.

Söz konusu bu modeller genellikle bir matematiksel model çıkarılmasını sağlayan yardımcı programlar ile yapıldıktan sonra UKB içerisinde yer alan bilgisayarlara aktarılır. Bu bilgisayarlar içerisinde anlık olarak sensörlerden iletilen verilere göre hava aracının anlık durumu belirlenir. Bu veriler genellikle hava aracına ait hız, konum, ivme, irtifa, sıcaklık, ağırlık vb. verilerdir. Bu verilerin her biri aslında birer input olarak uçuş kontrol bilgisayarının içerisinde çalışan yazılımlara dahil olur.

Buradan da anlaşılacağı üzere UKB içerisinde birçok farklı algoritma aynı anda çeşitli sensörlerin ve GKB'nin de yardımı ile yüksek bir hızda çalışmaktadır. Bu çalışma sonucunda hava aracı çevresel şartlara, havanın dinamiğine ve GKB tarafından talep edilen göreve göre hareket etmeye başlar. Bu hareketin gerçekleşmesi için platformun hareketli yüzeylerini kontrol eden bazı servo motorları ve hidrolik sistemleri bulunmaktadır.

UKB yaptığı hesaplamalar sonucunda üretilen bu verileri kullanarak hava platformunun hareketli yüzeylerini kontrol eden servo ve benzeri motorları da yöneterek hava aracının hareket etmesini sağlar. Tüm bu işlemler UKB içerisinde gerçek zamanlı ve sürekli bir şekilde yapılarak platformun uçuşu gerçekleştirilmiş olur.

Hem GKB hem de UKB içerisinde buradaki örneklerden de anlaşılacağı üzere birçok algoritma ve dolayısıyla çok kompleks matematiksel işlemler yapılmaktadır. Bu işlemlerin yüksek hız ve doğrulukta yapılabilmesi için ise oldukça güçlü ancak nispeten boyut, ağırlık ve elektriksel güç açısından oldukça az alan kaplayan yüksek güçlü bilgisayarlar ihtiyacı duyulmaktadır. Tüm bu işlemlerin yapıldığı, özel ve gelişmiş bilgisayarlar ise gömülü bilgisayarlar adı verilmektedir.

Şimdiye kadar söz edilen tüm bu güdüm alt sistemleri, bu alt sistemlerde bulunan sensörler, bu sensörlerden elde edilen veriler ile kurgulanan matematiksel modeller ve bu modellerin doğru bir şekilde çalışmasını sağlayan yazılımlar bir bütün olarak incelendikleri takdirde bir güdüm sistemini oluşturmaktadır.

4.1.4. Haberleşme Sistemi

Bu bölümde harp alanındaki çeşitli sistemlerin hızlı ve efektif bir biçimde veri paylaşımının gerçekleştirilmesini sağlayan haberleşme sistemlerinden, bu sistemlerin gerektirdiği altyapılardan ve bu altyapıların veri iletişimini hangi süreçler ile gerçekleştirildiğine değinilecektir.

i. Haberleşme ve Harp Sahası

Teknolojik gelişim için harp sahası her zaman önemli olmuştur. Tarih boyunca harp sahasındaki ihtiyaçlara çözümler üretmek için yapılan çalışmalar neticesinde önce harp sahasının ihtiyaçları çözülmüş, barış ortamına geçildiği

dönemlerde ise harp alanında çözülen problemlerin, günlük hayattaki karşılıklarına yine benzer yöntemler ile çözümler üretilmeye çalışılmıştır.

Harp sahasından sivil hayata geçen birçok teknolojik devrim söz konusudur. Küresel Konumlandırma sistemleri ve internet bu teknolojik devrimin en önemli örneklerinin başında gelmektedirler. Söz konusu bu iki teknoloji de harp alanındaki ihtiyaçların çözülmesi için tasarlanmış ve sonrasında sivilleşerek günlük hayatımızın iki önemli parçası haline gelmiştir. Bununla birlikte teknolojik gelişimin özellikle 20. yüzyılın sonları ve 21. yüzyıl ile birlikte çok daha hızlanması harp alanındaki problemlerin çözülmesine katkı sağlamış ve harp alanı gittikçe dijitalleşmiştir.

Bu dijitalleşme sonrasında harp alanında geçmişe kıyasla çok daha fazla makine kullanılmaya başlanmıştır. İnsansız araçlar, füzeler, uçaklar, gemiler, zırhlı araçlar vb. daha binlerce sistem, platform ve alt sistemin oluşturduğu tüm bu ürünler yine teknolojinin gelişmesi ve sahadaki ihtiyaçlar sebebiyle çeşitli sensörler ile donatılmışlardır. Söz konusu bu sensörlerin her birinin yegâne amacı veri üretmektir. İster basınç ister sıcaklık isterse de ataletsel ölçüm sensörü olsun her bir sensör bir durumu veya koşulu algılayarak veri elde etmek ve bu veriyi paylaşmak amacıyla geliştirilmektedir.

Harp alanının gelişmesi ve dijitalleşmesi ile birlikte bu durumla paralel olarak sahadaki veri üreten birimlerin sayısı artmış ve dolayısıyla üretilen veri miktarı da artmıştır. Geçmişte çok daha az bir veriyi aktarma ihtiyacı söz konusu iken günümüzde çok daha yüksek miktarda verinin farklı unsurlar arasında aktarılması bir gereklilik haline gelmiştir. İşte bu gerekliliğin giderilmesi, sahada üretilen herhangi bir verinin gerekli tüm unsurlar arasında aktarılması görevini haberleşme sistemleri üstlenmektedir.

ii. Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Haberleşme Sistemleri

Günümüzde dünyanın önde gelen tüm ordularının kendilerine has haberleşme sistemleri bulunmaktadır. Bu haberleşme sistemleri hem veri güvenliğini sağlarken hem de kimi zaman müttefiklerin birbirleri ile ortak bir çatı altında haberleşmesini, dolayısıyla entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu haberleşme sistemleri kimi zaman kablolu kimi zaman ise kablosuz bir yapıda olabilmektedir. Bir önceki bölümde Türk Tipi Taaruz Konsepti içerisinde değinildiği üzere TSK Entegre Muharebe Sistemi (TAFICS) kablolu bir haberleşme sistemidir. Bununla birlikte TSK tarafından kullanılan birçok farklı haberleşme sistemi de söz konusudur. Özellikle Türk Silahlı Kuv-

vetleri tarafından kullanılan haberleşme sistemlerinden başlıcalarını sıralayacak olursak:

- Taktik Yerel Alan Ağı Sistemi-TAYAS
- TASMUS Taktik Saha Muhabere Sistemi
- TAFICS
- Link 16

ASELSAN tarafından geliştirilen TAYAS sistemi, özellikle Türk Silahlı Kuvvetleri Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın kablolu ve kablosuz haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan bir sistemdir. Savaş alanında kullanılan komuta kontrol ve bilgi sistemlerinin TAFICS, TASMUS ve uydu sistemleri ile iletişimini sağlayabilen yerel bir ağ sistemi olan TAYAS, kurulu yazılım ve donanımların bir bütün halinde çalışmasını sağlamaktadır.³⁶

ASELSAN tarafından geliştirilen TAYAS, kolordu ve tugay düzeyindeki birliklerin kullanacağı yerel alan ağı (LAN) sistemidir. Sistemin kablosuz, kablolu veya birbirini yedekleyen bir şekilde çalışabilen iletişim altyapısı, sunucu ve komuta kontrol araçları ile birlikte her birlik için özel olarak sağlanmaktadır. Mobil kullanıcılar da taşınabilir bilgisayarlarını kullanarak sisteme bağlanabilirler. Sistem, kablosuz haberleşme için kriptografi algoritmaları kullanarak haberleşme güvenliğini sağlamaktadır.³⁷

TASMUS yani Taktik Saha Muharebe Sistemi ve TAFICS hakkında detaylı bilgiler önceki bölümlerde paylaşıldığı için bu bölümde tekrar değinilmeyecektir. Bununla birlikte şimdiye kadar söz edilen tüm bu sistemlerin farklı özellikleri ile TSK'nın ihtiyaçlarına özgün bir şekilde milli imkânlar ile tasarlandığını da belirtmek gerekir.

Söz konusu bu sistemlerin yegâne görevi şifreli bir şekilde kablolu veya kablosuz haberleşmenin sağlanmasıdır. Bununla birlikte Link 16 ise söz konusu sistemlerden çok daha farklı bir yapıdadır. Link 16, NATO müttefikleri tarafından kullanılan taktik bir veri bağı haberleşmesidir. Link 16 sadece veri iletişimini değil aynı zamanda veri entegrasyonunu da yönetirken, kablosuz bir şekilde, yüksek güvenlik ile özel bir frekans aralığında haberleşmeyi sağlar. Bununla birlikte Link 16'nın gelişmiş yapısı sayesinde sadece bir ha-

36. ASELSAN, TAYAS Taktik Yerel Alan Ağı Sistemi ASELSAN HBT-TAYAS/T001/11-2017, https://www.wcdn.aselsan.com/api/file/TAYAS_TR.pdf, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

37. *A.g.e.*

berleşme sistemi değil aynı zamanda kullanıldığı sisteme çeşitli verileri de aktaran özel bir sistemdir.

Örneklendirilen tüm bu sistemler içerisinde Link-16 ve türevlerinden oluşan veri bağı sistemleri stratejik önemi oldukça yüksek sistemlerdir. Bu sistemlerin stratejik öneminin bu denli yüksek olmasının sebebi hem diğer sistemlere kıyasla çok daha yaygın bir şekilde farklı etki alanları (hava, kara, deniz) içerisinde bulunan çok fazla sayıdaki sistemin haberleşmesini kablolu bir şekilde sağlarken, yine sahip olduğu dağıtık yapı sayesinde söz konusu platformlara başta konum ve yönelim verisi olmak üzere birçok veriyi de sağlamaktadır.

Bununla birlikte bir sistemin stratejik önemini gösteren en önemli parametrelerin başında gelen erişilebilirlik kavramı Link-16 için de geçerlidir. Diğer sistemlere kıyasla Türkiye sahip olduğu altyapı sayesinde Link-16 benzeri taktik bir veri bağı sistemini geliştirme konusunda gerekli tüm yeteneklere sahiptir. Aktif bir şekilde devam eden Milli Veri Bağı (Link-M) projesi ile amaçlanan da Link-16'nın milli bir karşılığını elde etmektir. Bu ihtiyacın yegane sebebi ise Link-16 sisteminin bir NATO sistemi olması ve GPS gibi yine ABD/NATO türevi girdilere ihtiyaç duymasıdır.

ABD tarafından geliştirilerek 1970'ler ve 80'lerde ortaya çıkan Link-16, savaş uçakları başta olmak üzere, gemiler, komuta kontrol sistemleri, elektronik harp sistemleri vb. birçok kara, hava ve deniz sistemlerinde kullanılmaktadır.³⁸ Neredeyse gerçek zamanlı olarak veri iletişimine olanak sağlayan, yüksek kapasiteli, ultra yüksek frekanslı(UHF), görüş hattı haberleşmesi yapan, frekans atlama, video ve ses iletişimi kurulabilen yüksek güvenilirli, karıştırmaya (jamming) dayanıklı ve gelişmiş şifreleme algoritmaları kullanılan bir TDMA (Time-Division-Multiple-Access) tabanlı bir kablolu haberleşme sistemidir.

NATO ve müttefik kuvvetler tarafından kullanılan bu veri bağı, Taktik Veri Bağı (TDL) veri bağı ailesinin bir üyesidir. Bu aile içerisinde birbirinden farklı amaçlar için geliştirilmiş olan çeşitli veri bağları bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın olan diğer taktik veri bağları ise Link 11(TADIL-A) ve Link 4(TADIL-C)'dir.

38. AFCEA, Connecting Diverse Battlefield Platforms with Link 16: Sponsored Content, <https://www.afcea.org/signal-media/connecting-diverse-battlefield-platforms-link-16-sponsored-content>, (Erişim Tarihi 30 Eylül 2023).

Tablo 1: Link-11, Link 4 ve Link 16 kıyaslaması

Özellik	Link 11	Link 4	Link 16
Veri Tipleri	Gözetleme, pozisyon, EH	Hava Kontrol	Gözetleme, pozisyon, EH, Hava Kontrol
Ses İletimi	Yok	Yok	2 güvenli ses iletişimi 126 nets/ses
Spektrum	HF/UHF	UHF	UHF spektrum L-band
Veri Hacmi	1.8 Kbps	3.8 Kbps	54.0 Kbps
Sistem Veri Hacmi	1.8 Kbps/net 4 nete kadar	3.8 Kbps, net başına	1 Mbps'e kadar mümkün
Erişim Protokolü	Seçim (Polling)	Komuta/Cevap	TDMA
Bağıl Navigasyon	Yok	Yok	Var
Karıştırma Dayanımı	Yok	Yok	Var
Güvenlik	Var	Yok	Var
Genişletilmiş LOS	HF	Yok	Var

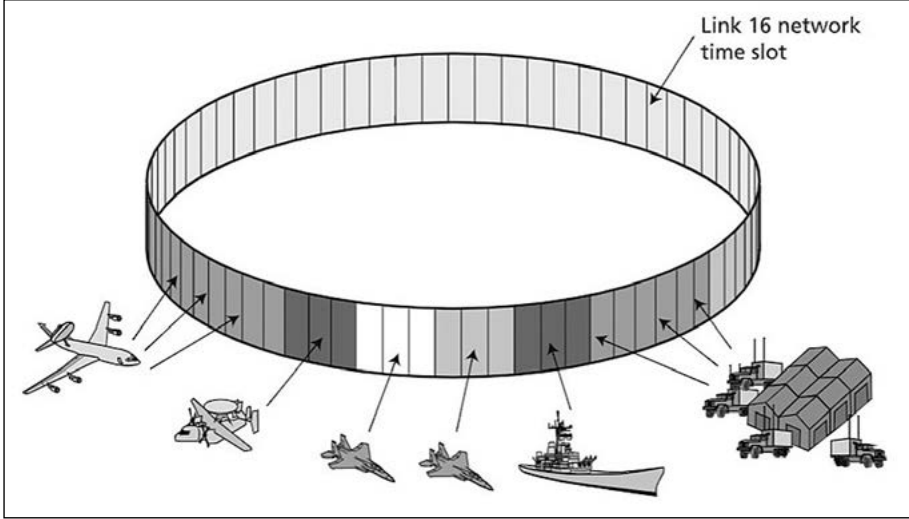
Kaynak: Center, Air Land Sea Application. "Introduction to tactical digital information link J and quick reference guide." (2000).

Link 16 sistemi kablosuz haberleşmeye dayanan bir sistemdir. Genellikle kablosuz haberleşmenin kablolu haberleşmeye kıyasla en önemli dezavantajı uzun menzillerde haberleşme yapılması ihtiyacından dolayı bant genişliklerinin düşük olmasıdır. Bant genişliği bir haberleşme sisteminde aktarılmasına izin verilen veri paketi boyutunu tanımlar. Bant genişliği ne kadar yüksekse o kadar fazla veri aynı anda gönderilip alınabilir ve bu sayede haberleşme çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiş olur.

Kablosuz haberleşmeye dayanan bir haberleşme sisteminin, aktarılması gereken verinin türüne, boyutuna ve kullanıcı sayısına bağlı olarak bant genişliğini kullanıcılara mümkün olduğunca etkin bir şekilde paylaşabilmesi gerekmektedir. Bu problemin çözümü için Link 16 iletişim mimarisinde ise Zaman Bölümlü Çoklu Erişim (TMDA –Time Division Multiple Access) mimarisini kullanılmaktadır.³⁹ TDMA mimarisinde ağ içindeki cihazlar farklı zaman dilimlerinde aynı frekans kanalını kullanarak verilerini iletirler.

39. Tuğcu, Mert, ve Oral, Gürel. "Taktik Data Link Teknolojilerinde Birlikte Çalışabilirlik ve Kritik Simülasyon Bileşenleri." Savunma Bilimleri Dergisi 11.1 (2012): 239-250.

Şekil 44: Link-16



Kaynak: Aum Shinrikyo, Al Qaeda, and the Kinshasa Reactor: Implications of Three Case Studies for Combating Nuclear Terrorism, 2005.

Şekil 44’ de görüldüğü üzere birbirinden bağımsız birçok sistem Link 16 ağı içerisindeki farklı zaman bölümlerini kullanır. Bu sayede farklı zaman dilimlerinde aynı frekans kanalları kullanılarak veri paketlerinin yüksek bir hız ve verimlilik ile aktarılması amaçlanmaktadır.

Bu durumu daha iyi anlamak için günlük hayattan da bir örnek verilebilir. Örneğin, elinizde 10 litrelik bir su şişesi olsun ve bu şişeyi 0.5ml hacminde bölümlendirerek aktarmak amaçlansın. Bu işlem 20 adet birbirinden farklı 0.5 ml hacme sahip pet şişe yardımı ile kolaylıkla yapılabilmektedir ancak 20 adet birbirinden farklı pet şişeye sahip olmak maliyetli bir iştir. Bunun yerine aynı işlem 5 farklı 0.5ml hacmindeki pet şişe ile yapılabilmektedir. Bu süreçte aktarılacak istenen tüm suların aynı anda 0.5ml hacmindeki pet şişelere aktarılması yerine, aynı şişeler tekrar tekrar kullanılarak aktarım işlemi yine gerçekleştirilebilmektedir. İşte Link-16’da sahip olduğu zaman dilimleri yardımı ile veri aktarımını bu şekilde çok daha hızlı ve efektif bir şekilde gerçekleştirmektedir.

Söz konusu bu ağ mimarisi içerisinde haberleşme yapması gereken çeşitli sistemler veri iletimlerini belirli zaman aralıkları ile kendilerine ayrılan zaman dilimi içerisinde yapmaktadırlar. Bu durum çoklu bir ağ yapısının eş zamanlı olarak çalışmasına olanak verir ve verilerin birbirleri ile çakışma/karış-

ma olasılığını da ortadan kaldırmış olur. Keza bu sistemin kusursuz bir şekilde çalışabilmesi için cihazlar arasındaki zaman senkronizasyonu önemlidir. Birbirinden farklı çeşitli sistemlerin haberleşme esnasında kullanacakları zaman dilimlerinin yönetilmesi ve kontrol edilmesi için bu ağ yapısını yönetecek bir Ağ Kontrol İstasyonu (NCS –Network Control Station) ihtiyaç duyulmaktadır.

Ağ Kontrol İstasyonu kullanılan bu gibi ağ yapıları tüm kontrol ve işleyişini kontrol eder ve bu nedenden ötürü ağ kontrol istasyonunun devre dışı kaldığı bir durumda genellikle ağ yapısına erişim sağlanamamaktadır ancak Link 16 sistemi bu problemin de önüne geçebilmek adına düğümsüz bir yapıda tasarlanmıştır.

Düğüm klasik veri bağlarında iletişimin sürdürülebilmesi için gereken temel birimlerdir. Düğümler yardımı ile veriler bir noktadan bir noktaya aktarılır ve düğümler adeta birer “haberleşme merkezi” görevi üstlenir. Klasik haberleşme sistemlerinde düğümler bir şekilde çalışmayı durdurur veya erişilemez haline gelirse tüm sistemin iletişimi bozulmaktadır. Örneğin, Link-11 yapısı içerisinde yer alan NCS (Ağ Kontrol Sistemi) bir düğümdür. Link-16 ise düğümsüz bir yapıdadır.

Link-16 sistemleri tam da bu sebepten ötürü bir Ağ Kontrol İstasyonu yerine zamana dayalı bir referanslama işlemi yapan Ağ Zaman Referansı (NTR–Network Time Reference) yapısını kullanır. Link-16 ağında katılımcı sistemlerden bir tanesi ağ senkronizasyonu sağlamak, aynı Ağ Kontrol İstasyonunda olduğu gibi haberleşme yapısının yönetimini üstlenmek ve her bir sistem için bir zaman referansı oluşturmak amacıyla Ağ Zaman Referansı (NTR) olarak görevlendirilir.

Söz konusu zaman kaynağı ilgili sistemlerde zamanı ölçen çeşitli sistemler veya saatler aracılığı ile yapılabileceği gibi zaman kaynağı olarak küresel konumlama sistemi tarafından sağlanan zaman bilgisi (GPS Time –Global Positioning System Time) de kullanılabilir. Birçok sistem genellikle zaman bilgisi GPS sistemlerinden gelen verilere dayanmaktadır. Bunun temel sebebi GPS sistemleri doğaları gereği çok hassas bir şekilde zaman ölçümü yapmak zorunda olmalarından kaynaklanmaktadır. Eğer Link-16 içerisindeki bir sistem zaman kaynağı olarak GPS’den elde edilen zaman bilgisini kullanıyor ise NTR cihazının veri bağından koptuğu durumda ağ kesintisiz bir şekilde çalışmaya devam edebilir. Bunun temel sebebi Link 16 ağındaki katılımcıların kullanacağı zaman aralıklarının her katılımcıya ayrı ayrı önceden atanmasıdır. Zaman dilimleri GPS gibi hassas bir sistem tarafından ağ içerisindeki her

bir sisteme önceden atandığı için NTR görevi gören sistemin devre dışı kalması sistemler arasındaki zaman dilimlerinin senkronizasyonunu etkilemez ve bu sayede ağ üzerinden veri akışı sağlıklı bir şekilde devam edebilmektedir.

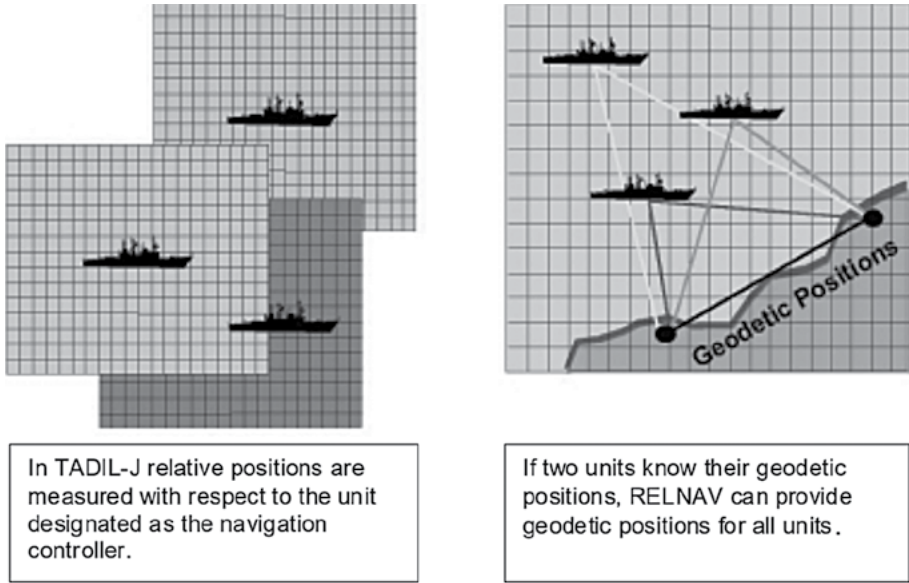
Link-16 ağı içerisinde kullanıcıların/sistemlerin göndereceği veri paketleri NATO tarafından STANAG 5516 standardı ile belirlenmiştir. Bu standart sayesinde Link-16 ağı içerisinde aktarılması amaçlanan tüm veriler tek bir veri formatı haline getirilir. Söz konusu veri paketi hem veri transferini kolaylaştırmak hem de Link-16'yı kullanan tüm dost ve müttefik unsurlar arasında entegrasyonu kolaylaştırmak adına bu şekilde standartlaştırılmıştır. STANAG 5516 standardı ile belirlenen bu veri paketleri "J Serisi" mesajlar olarak isimlendirilmiştir. J serisi mesajlar komuta kontrolden sistemlerinden görev yapan platformlara kadar geniş alanı kapsayan 13 ana grupta toplanmıştır.

Söz konusu bu J serisi mesaj tipi sayesinde harp sahasında kullanılan sistemler ve görevler farklı mesaj tiplerinde toplanmış ve bu sayede hem sistemin kolay bir şekilde entegrasyonu sağlanmış aynı zamanda da haberleşmenin tüm dost ve müttefik unsurlar tarafından çok daha erişilebilir bir yapıya oturması amaçlanmıştır.

Bununla birlikte Link-16 aynı zamanda herhangi bir mobil platform için navigasyon bilgisi de sağlayabilmektedir. RELNAV (Relative Navigation, Bağıl Navigasyon) adı verilen bu yapı sayesinde Link-16, haberleşme terminali içerisinde otomatik bir şekilde çalışan bağıl bir navigasyon sistemidir.⁴⁰

RELNAV en basit hali ile iletilen sinyallerin varış sürelerini ölçerek ve bunları bildirilen konumlarla ilişkilendirerek platformlar arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanılır. Ağ içerisindeki terminaller, yukarıda da anlatıldığı üzere zaman senkronizasyonunu sürdürmek için bu bilgilere ihtiyaç duyar. RELNAV, tüm terminallerde sürekli olarak çalışır ve verileri, bir birimin konumsal doğruluğunu iyileştirmek için kullanılabilir. Eğer iki veya daha fazla birim kendi jeodezik konumları hakkında birbirinden bağımsız bir şekilde doğru bilgiye sahipse RELNAV ağdaki tüm birimlere doğru ve hassas bir biçimde jeodezik konum bilgisini sağlayabilir. Sonuç olarak, her birimin kesin jeodezik konumu diğer tüm birimler tarafından sürekli olarak bilinebilir ve korunabilir. Bu sayede ağ yapısına entegre tüm sistemlerin konumları herhangi bir sensör yardımı olmaksızın ilgili komuta ve kontrol sistemleri tarafından sadece Link-16 ağı kullanılarak bile takip edilebilmektedir.

40. A.g.e.

Şekil 45: Link-16 Bağlı Navigasyon(RELNAV) temsili

Kaynak: Aum Shinrikyo, Al Qaeda, and the Kinshasa Reactor: Implications of Three Case Studies for Combating Nuclear Terrorism, 2005.

Tüm bu özellikleri göz önüne alındığı takdirde Link-16 oldukça karmaşık ancak sağladığı avantajlar sebebiyle çok önemli bir haberleşme sistemi-dir. NATO'nun tüm haberleşme yapısının belkemiğini oluşturan bu altyapı sayesinde NATO bünyesinde barındırdığı 30 ülkenin her birinin sahip olduğu farklı sistem ve platformlara entegre olarak etkin bir şekilde görev yapabilme kabiliyetine sahip olmaktadır.

4.1.4.1. Haberleşme Alt Sistemleri

Bu bölümde makineler ve insanların birbirleri ile veya birbirleri arasında iletişim kurmalarına olanak tanıyan haberleşme sistemlerinin önemli alt sistemlerinden, bu alt sistemler üzerinden yapılan haberleşme türlerinden, haberleşme esnasında gerçekleşen süreçlerden bahsedilecektir.

i. Alt Sistemler ve Türleri

İletişim her zaman harp alanının olmazsa olmazı birinci kuralının başında gelmektedir. Tarih boyunca olduğu gibi günümüzde de harp alanında bulunan

çeşitli unsurları yönetmek, komuta etmek, sahada edinilen istihbari faaliyetlerin komuta kontrol merkezlerine iletilmesi ve nihayetinde verilen kararların ilgili tüm birlikler tarafından bilinmesini ve neticede uygulanmasını sağlamak birinci önceliktir. Bu önceliğin gerçekleşmesi ise haberleşme sistemlerine ve bu sistemler etrafında şekillenen yapının doğru bir şekilde kurgulanmasından geçmektedir.

Önceki bölümlerde üzerinde sıkça durulduğu gibi Ağ Merkezli Harp günümüzün bir gerçeğidir. Yine ilgili bölümlerde söz edildiği üzere Ağ Merkezli Harp kavramı sahada bulunan tüm unsurların birbirleri ile iletişim halinde olmaları, bu iletişim neticesinde elde edilen verinin mümkün olan en hızlı şekilde ilgili mercilere iletilmesi ve bu sürecin mümkün olan en hızlı ve efektif bir şekilde gerçekleşmesi prensibine dayanır. Bu prensibe dayalı olarak harp alanında çeşitli sistemlerden veya alt sistemlerden elde edilen verilerin sadece doğru bir şekilde ilgili birimlere aktarılması yetmezken aynı zamanda veri iletişim hızının mümkün olan en yüksek seviyelere ulaştırılması amaçlanmaktadır.

Veri iletişimi ne kadar yüksek hızda olursa karar vericilerin karar verme süreci o kadar hızlanacak veya karar vermek için daha fazla vakitleri olacaktır. Örneğin, Türkiye'nin güneydoğu sınırında bulunan bir erken ihbar radarının tespit ettiği ve Türkiye topraklarına doğru ilerleyen bir savaş uçağı olduğunu varsayalım. Bu varsayımda radarın tespiti sonrasında tespit edilen hedefe dair bilgiler eğer görece yavaş bir şekilde komuta kontrol merkezlerine aktarılırsa tehdidin önlenmesi için gerekli olan süre kısalacak ve tehdit ülkenin hava sahasına gittikçe yaklaşacaktır. Bu nedenle veri haberleşmesinin hızlı ancak aynı zamanda doğru bir şekilde gerçekleşmesi karar verme sürecini dolayısıyla tepki sürecini hızlandıracak ve buna paralel olarak başarı oranını da ciddi şekilde artıracaktır.

Günümüzde ülkelerin özellikle askeri amaçlarla kullanmak üzere geliştirdikleri birçok haberleşme altyapısı söz konusudur. Bu altyapılar kimi zaman ülkenin çeşitli stratejik bölgelerinden geçen ve kablolu bir şekilde yüksek hızlarda, şifreli bir şekilde haberleşme yapılmasına olanak tanırken kimi zaman da çeşitli birliklerin birbirleri arasında hızlı ve efektif bir şekilde haberleşmesini sağlayan, özel bant genişlikleri ve veri paketleme türlerine sahip haberleşme altyapı yazılımlarından oluşmaktadır.

İster insanlı ister insansız olsun kablosuz veri iletişimi çok yaygın bir şekilde radyo frekansları (RF) yardımı ile yapılmaktadır. Bir eş şeklinde hare-

ket eden iki anten arasında gönderilmesi planlanan sayısal veriler birer analog sinyale yani radyo frekanslarına dönüştürülerek belirli genlik, frekans ve faz değerlerinde bir anten üzerinden diğerine aktarılması amaçlanır. Bununla birlikte günümüzde radyo frekansları dışında farklı haberleşme türleri de kullanılmaktadır. Her ne kadar bu yöntemler radyo frekansları kadar yaygın bir şekilde kullanılmasa da son dönemlerde kendilerine özellikle radyo frekanslarının yetersiz kalabildiği noktalarda yer bulabilmektedirler.

Optik haberleşme, RF haberleşme dışında günümüzde tekrar önem kazanmaya başlamış bir yöntemdir. Hepimizin bildiği gibi eski tip televizyon kumandaları kızılötesi haberleşme sayesinde televizyonlarımızı kontrol etmemize olanak tanır ancak bu sistemlerin uzun menzillerde başarılı bir performans göstermemesi sebebiyle RF tabanlı haberleşme yöntemleri bunların yerini almıştır. Bununla birlikte özellikle son dönemde yapılan çeşitli çalışmalar ile optik haberleşmenin başta uzayda kullanımı ile ilgili ciddi ilerlemeler de kaydedilmiştir.

Günümüzde hem insanlı hem insansız sistemlerde harp alanında en çok kullanılan haberleşme tipi olan RF haberleşmesi hemen her platformda kendine yer bulmaktadır. RF haberleşmesi 3kHz ile 300 GHz arasındaki elektromanyetik sinyallerin kullanılması ile oluşur. Sayısal verilerin bir analog sinyale dönüştürülmesi ile her bir verinin oluşturduğu bu eşsiz sinyal, sinyalin iletildiği alıcı tarafından çözülerek tekrar sayısal bir veri haline getirilir ve bu sayede haberleşme sağlanmış olur. Söz konusu verileri gönderen RF haberleşme modülüne verici(transmitter), verileri alan RF haberleşme modülüne ise alıcı(receiver) adı verilir. Geçmişte her ne kadar bu iki yapı birbirinden ayrı olsa da günümüzde hemen her RF haberleşme modülü alıcı-verici(transceiver) olarak çalışmaktadır.

Bununla birlikte radyo frekansları yapıları gereği atmosferde bulunan gazlar başta olmak üzere, sıvı ve katı maddelerden emilim ve yansıtma durumları diğer frekanslardaki elektromanyetik sinyallere kıyasla çok daha iyi bir konumdadır. Bu sebepten ötürü bir RF sinyali oldukça uzun menzillerde yol kat edebilme kabiliyetine sahiptir. Bu durum da bu sistemlerin günümüzde kullanılmasının en önemli sebeplerinden bir tanesidir.

RF haberleşmesi ile iletilebilecek verilerin boyut veya tip açısından, en azından teorik olarak, bir limiti bulunmamaktadır. Belirli bir bant genişliğine, frekans ve genlik değerlerine sahip olan bu sinyaller bir modül üzerinden diğerine giderken farklı yapılarda veri iletişimini de sağlayabilirler. Özellikle

le kablosuz veri iletişimi yapılan sistemlerde RF haberleşmesini etkileyen önemli parametrelerin başında frekans aralığı gelmektedir.

Frekans aralığı bir RF sinyali içerisinde ne kadar fazla veri paketinin iletebileceğini gösteren bir parametredir. Günümüzde birçok haberleşme sisteminde sistemin karakteristiğini belirleyen en önemli parametre de yine bu sebepten ötürü bant genişliği olmaktadır. Günümüzde birçok farklı haberleşme modülü farklı frekans aralıklarında haberleşme yapabilmektedir. Özellikle askeri sistemlerde en sık kullanılan bantlar IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) tarafından şu şekilde kategorize edilmiştir:

Şekil 46: IEEE tarafından kullanılan haberleşme ve radar frekanslar

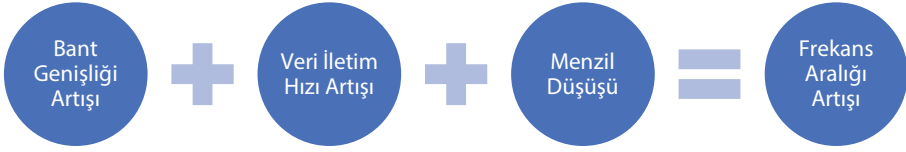
Bant	Frekans
HF	3-30 MHz
VHF	30-300 MHz
UHF	300 MHz-1 GHz
L	1-2 GHz
S	2-4 GHz
C	4-8 GHz
X	8-12 GHz
Ku	12-18 GHz
K	18-27 GHz
Ka	27-40 GHz

Kaynak: IEEE Standard Letter Designations for Radar Bands Used by the EESS Community and Their Comparison to the ITU Allocations, <https://nap.nationalacademies.org/read/21774/chapter/10>, (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023).

Burada belirtilen bantlar arasında en yaygın biçimde kullanılanları UHF, S, C ve Ku, K ve Ka frekans bantlarıdır. Bu bantlar çeşitli haberleşme modüllerinde farklı amaçlar için kullanılabilir ve birbirlerine kıyasla yine birçok avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Burada söz konusu frekans aralıklarını birbirinden ayıran en temel farklılık frekans aralıkları ile bant genişlikleri arasındaki ilişkidir. Bant genişliği bir sinyal üzerinde taşınabilecek maksimum veri paketi miktarını temsil eder. Haberleşme amaçlı kullanılan bir RF sinyali için frekans aralığı ve bant genişliği arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur.

Bir RF haberleşmesi yapan haberleşme modülünde kullanılan frekans aralığı arttıkça bant genişliği o kadar artmakta, dolayısıyla daha fazla veri paketinin bir sinyal üzerinden iletilmesine olanak sağlanmaktadır. Bununla

Şekil 47: Frekans Aralığı ve Bant Genişliği İlişkisi



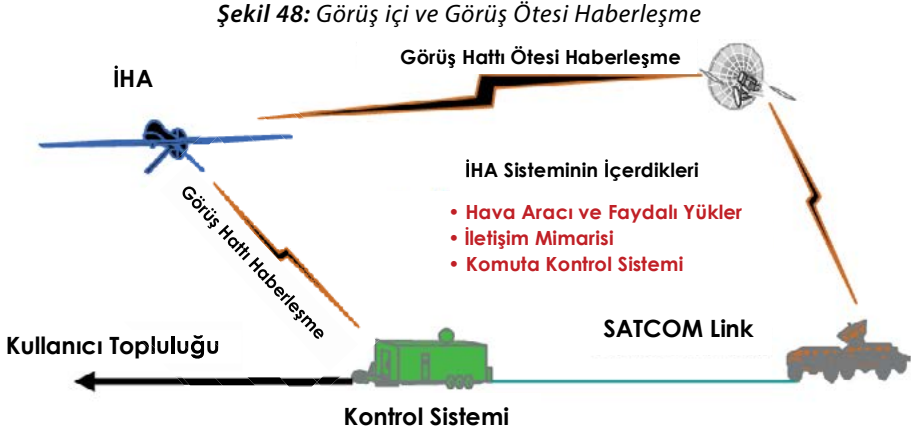
birlikte frekans aralığı azaldıkça da keza bant genişliği azalmakta ve bir sinyal üzerinde aktarılacak veri miktarı da aynı oranda azalmaktadır. Bununla birlikte frekans aralığının artmasının yarattığı bir dezavantaj da söz konusudur.

Frekans aralığı arttıkça bant genişliği artmakta, dolayısıyla iletilebilecek veri miktarı da artmaktadır. Bununla birlikte her bir analog sinyal atmosferde bulunan elektromanyetik yayılım sebebiyle zamanla bir bozulma yaşar. Verinin iletilmesi gereken nokta ne kadar uzaksa o kadar fazla bozucu etkiye maruz kalacaktır. Bununla birlikte bir sinyalin frekans aralığının artması sebebiyle dalga çok daha yüksek bir frekansta olduğu için bozucu etkilere karşı daha hassas bir hale gelir ve bozulma ihtimali daha da artar. Bununla birlikte frekans aralığı düşük olan sinyallerde ise düşük frekansta bir sinyal iletildiği için bozucu etkilerden etkilenme olasılığı çok daha düşüktür.

Buradan da anlaşılacağı üzere frekans aralığının artması yüksek bant genişliğine dolayısıyla iletilen veri paketini miktarını artırsa da uzun menzillerde haberleşme yapılmak istendiği zaman oldukça zorlanılmaktadır. Bu durumun önlenmesi adına özel anten tasarımları yapılmakta ve gönderilen sinyallerin maksimum düzeyde bozulmadan istenilen hedefe ulaştırılması amaçlanmaktadır.

Söz konusu RF haberleşmesi günümüzde birçok farklı haberleşme modülü yardımı ile veri, ses, görüntü vb. verilerin yüksek hızlarda, güvenli bir biçimde aktarılması için tasarlanmaktadır. Bu sistemlerin hepsi birer modülden oluşarak harp alanının koşullarına ve entegre edildikleri sistemin gereksinimlerine göre iki farklı yapıda haberleşme yapabilmektedirler. Bu iki yapı haberleşme türünü birbirinden ayıran en temel fark, haberleşmenin yapıldığı görüş hattıdır ve haberleşme tipleri bu bağlamda sınıflandırılmaktadır. Günümüzde askeri bir sistemde kullanılan haberleşmeler şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

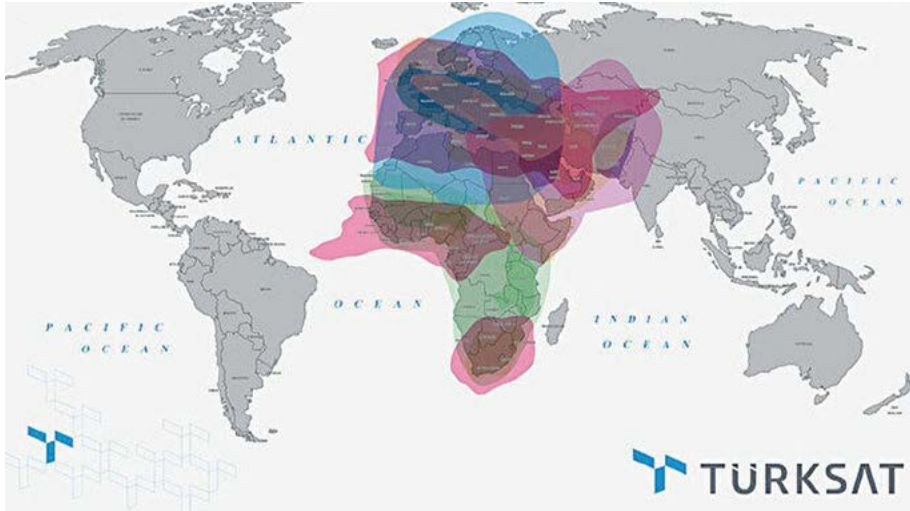
- Görüş İçi Haberleşme (LOS)
- Görüş Ötesi Haberleşme (BVLOS)



Görüş içi haberleşme genellikle bir adeti hava, kara veya denizde konuşulan bir platform içerisinde diğer eşi ise bu sistemin komuta ve kontrolünün sağlandığı kontrol istasyonunda bulunan iki adet veri terminali ve bu terminalere entegre edilen antenler üzerinden gerçekleşir. Söz konusu antenler yapıları gereği bir görüş açısı içerisinde elektromanyetik dalgaları gönderebilir. Eğer gönderilen bu elektromanyetik dalga, verinin iletileceği veri terminali ve antenin görüş açısı içerisinde yer alırsa, haberleşme sağlanmış olur. Örneğin, insansız hava aracında bulunan bir veri terminali, yer kontrol istasyonu ile haberleşme yapabilmek adına yer kontrol istasyonunda bulunan antenin bir kardan platformuna entegre edilerek, insansız hava aracını sürekli bir şekilde takip etmesi gerekmektedir. Bu takip işlemi sayesinde İHA antenin görüş açısı içerisinde sürekli bir şekilde tutularak haberleşmenin kesintisiz bir şekilde sağlanması amaçlanır. Görüş İçi Haberleşme kavramı da tam olarak bu bağlamdan gelmektedir.

Görüş ötesi haberleşme tekniği de aslında Görüş İçi Haberleşmeden çok da farklı değildir. Bu tip sistemlerdeki tek fark haberleşmenin doğrudan, platform ile haberleşmesi yapılacak olan antenin kara, deniz veya havada bulunan bir anten yerine, bir haberleşme uydusu üzerinden gerçekleşmesidir. Veri paketleri ister kontrol istasyonundan ister söz konusu platformdan olsun öncelikle ilgili haberleşmesi sağlanan veri paketleri haberleşme uydusuna iletilir ve bu uydudan da ilgili veriler karşı taraftaki veri terminaline aktarılır. Özetle haberleşme uydusu geniş kapsama alanı ve yüksek bant genişliği sayesinde haberleşmesi gereken sistemler arasında bir nevi köprü görevi görür.

Şekil 49: Türkiye'nin Uydu Kapsama Alanı



Kaynak: TÜRKSAT, Uydu Kapsama Alanı, <https://uydu.turksat.com.tr/tr/uydu-kapsama-alanlari>, (Erişim Tarihi: 1 Ocak 2023).

Bu tipteki haberleşmeleri sağlayan, yani haberleşmesi gereken sistemler arasında bir köprünün kurulmasına imkân tanıyan veri terminallerine ise SATCOM (Uydu Haberleşmesi/Satellite Communication) veri terminali denilir. Haberleşme uydularında yer alan antenlerin de klasik antenlerde olduğu gibi bir görüş hattı bulunmaktadır ancak bu görüş hattı, uydunun dünya atmosferinin neredeyse dışında olması sebebiyle çok daha geniş bir alanı kapsadığı için görüş hattı çok büyük bir alanı kapsamakta ve bu nedenle de bu tipteki haberleşmelere “Görüş Ötesi Haberleşme” adı verilmektedir. Örneğin bir haberleşme uydusu olan Türksat 5B, jeostatik yörüngede hareket ederek İsveç’ten Güney Afrika’ya, İngiltere’den Hindistan’a kadar çok geniş bir alanı kapsamaktadır.⁴¹ Bu sayede Türksat 5B üzerinden haberleşmesini sağlayan herhangi bir hava, kara ve deniz sistemi tüm bu coğrafyalarda veri alıp gönderebilir ve görevini kesintisiz bir şekilde icra edebilir.

Haberleşme tipi ister görüş içi isterse de görüş ötesi olsun, veri bağı üzerinden gönderilen veri paketlerinin şifrelenmesi gerekir. Bu şifrelemeler çeşitli kriptografi algoritmaları üzerinden yapılmaktadır. Bu algoritmalar sa-

41. TÜRKSAT, Uydu Hizmetleri Kataloğu, https://uydu.turksat.com.tr/sites/default/files/2020-04/uydu_katalogu_0.pdf, (Erişim Tarihi: 1 Ocak 2023).

yesinde veri paketi ister görüntü ister ses isterse de sayısal bir konum bilgisi olsun, her bir veri paketine ait belirli bir bit boyutundaki veriyi her biri birbirinden eşsiz bir şifre ile şifrelemektedir. Bunların komuta kontrol veri paketleri için en popüler olanları AES256 iken görüntü verilerinin şifrelenmesinde ise RSA gibi yöntemler kullanılmaktadır.

İlgili sensör veya alt sistem tarafından üretilen veriler haberleşme terminaline iletilmeden önce gömülü bir bilgisayara iletilerek burada şifreleme işlemi gerçekleştirilir. Şifrelenen veriler sonrasında veri terminali üzerinden ister görüş içi ister görüş ötesi haberleşme yaparak iletilmesi gereken diğer sisteme gönderilir. İletilen bu veri söz konusu sistemin komuta kontrol işlevini gerçekleştiren kontrol istasyonuna iletdikten sonra, yine bu istasyonda yer alan gömülü bilgisayarlar yardımı ile şifreler çözümlenerek kullanıma hazır hale gelmiş olur.

Günümüzde hem komuta kontrol hem de görüntü, ses, radar vb. anlamlı verilerin şifrelenmesi oldukça kritik bir konudur. Bunun temel sebebi özellikle görüş içi haberleşmenin dışarıdan müdahaleye çok daha açık bir yapıda olmasıdır. Örneğin görüş içi haberleşme yapan bir insansız hava aracı ve yer kontrol istasyonunu arasındaki haberleşme verilerinin ele geçirilmek veya sabotaj edilmesi istenildiği takdirde İHA ve YKİ’de bulunan antenlerin görüş hattı içerisinde yer alabilecek ve buradaki verileri okuyabilecek veyahut karıştırabilecek çeşitli antenler vasıtası ile aynı frekanslarda haberleşme yapılarak komuta kontrol ve görüntü verilerinin elde edilmesi veya karıştırılması teorik olarak mümkün olmaktadır. Eğer böyle bir senaryo yaşanırsa, İHA’nın kontrolü üçüncü kişiler tarafından ele geçirilebilir veya İHA’nın kaydettiği görüntüler yine üçüncü kişiler tarafından izlenebilmektedir. Bu nedenle bu verilerin haberleşmesi yapılmadan önce şifrelenmesi oldukça elzem bir durumdur.

Son yıllarda şifreleme yöntemleri ve bu yöntemlerin bir işlemci içerisinde hızlı bir şekilde çalışmasına yönelik ciddi çalışmalar yapılmıştır ve bu alanda tüm dünyada ciddi mesafe kat edilmiştir. Özellikle AES256 gibi şifreleme yöntemleri oldukça yaygın bir şekilde veri paketlerinin şifrelenmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte görüntü verilerinin şifrelenmesi ise veri paketlerine göre daha az gelişen ve daha büyük zorlukların bulunduğu bir alandır. Bunun temel sebebi ise görüntü verilerinin diğer komuta kontrol verilerine göre çok daha büyük paketler halinde olması ve bozulmaya daha müsait bir yapıda olmalarından kaynaklanmaktadır.

ii. Haberleşme Topolojisi

Görüş ötesi haberleşme çok daha uzun menzillerde güvenli bir şekilde haberleşme yapabildiği için özellikle spesifik sistemlerde çok daha fazla tercih ediliyor olsa da görüş içi haberleşmede son yıllarda ciddi bir teknolojik sıçrama yaşanmaktadır. Bu sıçramanın en temel sebebi özellikle insansız sistemlerin insan hayatında çok daha fazla yer edinmesi, akıllı şehir ve akıllı ev gibi sistemlere olan ilginin ve talebin artması ve bu doğrultuda çok sayıda makinenin aynı anda birbirleri ile sürekli bir biçimde haberleşme ihtiyacının doğmasından kaynaklanmaktadır.

Bu ihtiyaç sadece sivil alanlarda değil askeri alanlarda da özellikle teknolojinin gelişmesi ile birlikte ciddi bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir noktadan başka bir noktaya farklı sistemlere ait verilerin aktarılması için günümüzde farklı haberleşme teknikleri geliştirilmektedir. Bu tekniklerden en popüler olan ve askeri teknolojilerde sıklıkla kullanılan iki yöntem mevcuttur. Bu yöntemler:

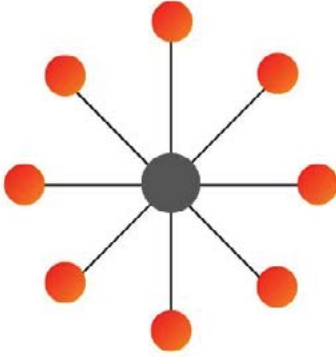
- Örgü Topolojisi (Mesh)
- Yıldız Topolojisi (Star)

Yıldız haberleşme yöntemi tek bir kaynak tarafından diğer tüm sistemlerin haberleşmesi esasına dayanır. Örneğin yıldız haberleşme yöntemi ile haberleşen bir sistem içerisinde, komuta kontrol merkezi bölgede aktif bir şekilde görev yapan tüm hava, kara ve deniz sistemleri ile iletişim kurabilmektedir. Bu iletişim her bir sistemden gelen verilerin öncelikle komuta kontrol merkezine iletilmesi ve oradan da diğer sistemlere aktarılmasını amaçlamaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi Yıldız haberleşme yönteminde tüm haberleşme tek bir kaynak üzerinden yönetilerek sağlanmaktadır.

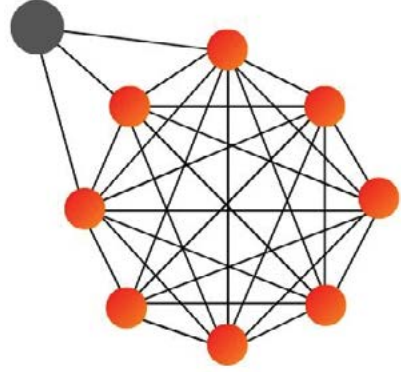
Örgü haberleşme yöntemi ise haberleşmenin dağıtık bir şekilde mümkün olan her bir sistemin kullanılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde tek bir haberleşme merkezi yoktur. Örgü ağına bağlı olan her bir sistem birer haberleşme merkezi gibi davranır ve bu sayede haberleşme dağıtık bir yapıya bürünmüş olur.

Örneğin, bir örgü yapısı içerisinde haberleşen İHA, Uçak, Gemi ve bir komuta kontrol merkezi olduğunu varsayalım. Bu varsayım içerisinde eğer yıldız haberleşme yöntemi kullanılıyorsa İHA, Tank ve Gemilerden gelen veriler öncelikle komuta kontrol merkezine aktarılacak ve sonrasında komuta kontrol merkezi üzerinden diğer sistemlere iletilecektir. Örgü yöntemi-

Şekil 50: İletişim Topolojileri



Star Topoloji



Mesh Topoloji

nin kullanılması durumunda ise veriler İHA üzerinden Uçağa veya Uçak üzerinden Gemiyeye doğrudan aktarılabilir. Bu sayede merkezi bir yapıya ihtiyaç olmadan sistemlerin her biri birbirleri ile dağıtık bir biçimde haberleşebilmektedir.

Örgü yönteminin Yıldız yöntemine kıyasla en önemli avantajı iletişimin sabote edilmesinin çok daha zor bir yapıda olmasıdır. Yıldız yönteminde eğer haberleşmeyi yöneten merkez hasar görür veya imha edilirse haberleşme tamamen çökmektedir. Örgü yapısında ise ister haberleşme merkezi isterse de farklı bir sistem imha edilmiş veya engellenmiş olsun, haberleşme diğer sistemler üzerinden kesintisiz bir şekilde sağlanmaya devam etmektedir.

Özellikle Örgü yöntemi günümüzde verilerin uzun menzillere aktarılması ve sabotajının zorlaştırılması amacı ile sıklıkla kullanılmaktadır. Hatta doğrudan tek görevi örgü yapısı içerisinde haberleşmeyi sağlayan insansız hava araçları bile geliştirilmektedir. Bu tipteki İHA'lara da "Röle İHA" adı verilmektedir. Röle İHA'lar yardımı ile bir harp ortamında bulunan tüm sistemlerin haberleşmesi adeta uçan bir anten görevi gören bu İHA'lar yardımı ile sağlanmakta ve haberleşme çok daha uzun menzillerde güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Söz konusu tüm bu özellikler herhangi bir sisteme entegre edilecek bir haberleşme alt sisteminin sahip olabileceği özellikleri kapsamaktadır. Bununla birlikte haberleşme donanım ve yazılımları her geçen gün daha gelişmekte ve harp koşullarına uyum sağlamaktadır. Bu uyumun sağlanması her ge-

gen gün dijitalleşen harp sahası sebebiyle ortaya çıkan veri miktarının artması ve bu verilerin anlamlı bir şekilde aktarılmasından kaynaklanmaktadır. Keza Ağ Merkezli Harp kavramının en önemli yapıtaşı da yine haberleşme sistemleridir.

4.2. PLATFORMLAR

Bu bölümde alt sistem ve sistem arasında kalan platformların ne olduğu, kapsamı ve kitaptaki değerlendirmelerde hangi noktada bulunduğu anlatılacaktır. Sistem mantığı içinde bir platformun kendisi bile yeri gelince sistem ustusu sistem yeri gelince de alt sistem olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada açıklamada kolaylık olması açısından platformlar sistem ve alt sistemlerin yani sıra ayrı olarak da incelenmektedir. Platformun detaylarının işlendiği bu bölümde örnek platform örneği üzerinden Sistem Üstü Sistem mimarisindeki konum açıklanmaya çalışılacaktır.

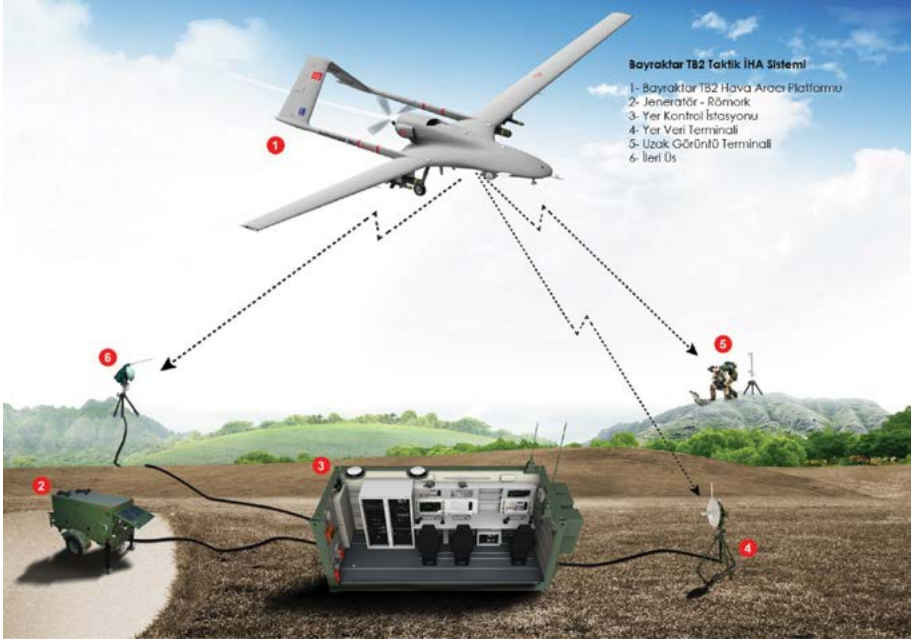
i. Alt Sistem ve Sistemin Arasında Platform

Platformlar harp sahasında ana görev yükünü üstlenen ve görevi neticelendiren temel yapılar olarak nitelendirilebilmektedir. Tank, Uçak, Gemi, İHA, Zırhlı Piyade Aracı, Hücumbot vb. üzerinde çeşitli alt sistem ve bileşenler barındıran ama tek başlarına kullanıldıkları takdirde bir sistem tanımına uymayan yapılar Platform olarak nitelendirilmektedir.

Platformlar bir sistem olarak nitelendirilen yapılar arasında aslında kullanıldığı görev, nitelik ve role göre zaman zaman bir sistemin alt sistemi olabilirken, kimi zaman tek başına da bir sistem olarak nitelendirilebilmektedir. Nitekim Sistem Üstü Sistem başlığında belirtildiği üzere alt sistem, platform ve sistem nitelendirmeleri yerine göre değişebildiği için de kimi zaman kafa karışıklığı yaratmaktadır.

Sistem Üstü Sistem mimarisinde platform en temelde doğrudan bir görevi icra edebilen, alt sistemleri bulunan yeri geldiğinde bir sistemin parçası olan genel manada “tek yönlü” görev profili olan araçlardır. Tek yönlü görev ile kasıt platformun temel görevinin sahip olduğu alt sistem ve bileşenler ile veyahut bir bütün halinde bir sistemin parçası olması gerektiğinden geçmektedir. Örneğin bir İHA doğrudan bir platformdur. İçerisinde yer alan alt sistem ve bileşenleri kullanarak, bir İnsansız Hava Sistemi içerisinde, bu alt sistem ve bileşenlerin kullanılmasını ve görevin icra edilmesini sağlar.

Şekil 51: Bayraktar TB2 Taktik İHA Sistemi



Kaynak: Baykar Teknoloji, Bayraktar TB2, <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-tb2/>, (Erişim Tarihi: 1 Ocak 2023).

Daha önceki bölümlerde de söz edildiği gibi İHA'ya söz konusu görevi yapma kabiliyetini veren sahip olduğu alt sistem ve bileşenlerdir. Örneğin eğer bir İHA'da IKG görevini yapacak herhangi bir bileşen bulunmaz ise İHA bu görevi yapamaz. Keza yine bir İHA eğer çeşitli mühimmatlar ile donatılmadı ise yine bir ateş gücü olarak nitelendirilemez. Buradaki örnekten de anlaşılacağı üzere platformlar sahip oldukları alt sistem ve bileşenler yardımı ile kimi zaman bir sistem olarak kimi zaman da farklı bir sistemin parçası olarak görevlerin icra edilmesini sağlayan araçlardır.

Platform tanımının sistem tanımından ayrılmasının en önemli sebebi sistem tanımının çok geniş kapsamda yer alması ve platformu işaret eden anlamlarda kafa karışıklığı yaratmasıdır. Platform bazlı değerlendirmeler ve alt sistemlerin platformların kabiliyetlerini veya rollerini artırdığı noktada sistem tanımının kullanımında da bir beis yoktur. Dolayısı ile platformların bir tanım açısından diğer ürünler ile doğrudan çakışma alanı yoktur.

Buradaki tanımlamalardan da anlaşılacağı üzere platform anlatımında örnek olarak muhrip (destroyer) sınıfı gemiler kullanılabilir. Nitekim Muhripler,

sistemler sistemi olan hatta günümüz AEGIS benzeri çok kabiliyetli savaş yönetim sistemleri ile sistem üstü sistem olma potansiyeli taşıyan bir gemi sınıfıdır. Ancak muhrip, tek başına değerlendirildiği takdirde özünde bir platformdur. Günümüz muhripleri üzerindeki geniş sensör süiti, gelişmiş savaş yönetim sistemleri ve elektronik harp sistemleri ile sistemler sistemine evrilmiştir.

ii. Muhrip

Muhrip, donanma terminolojisinde, hızlı, yüksek manevra kabiliyetine sahip, zırlı, dayanıklı, filolara veya görev gruplarında daha küçük araçlardan (torpido botu, denizaltı ve uçaklar) gelen saldırılara karşı koruma ve eskortluk yapan bir savaş gemisidir. Büyük savaş gemileri arasında ortada kalan konvansiyonel tanımlamasında Muhrip, Fırkateyn'den biraz hantal, daha büyük ve kapsamlı, kruvazör'den de küçüktür. Günümüz dünya donanmalarına bakıldığında Muhripler (destroyer) donanmaların en büyük muharip savaş gemileri haline gelmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile kruvazör tarzı büyük gemilere olan ihtiyaç azalmış muhripler geniş sensör süitleri, boyutlarına oranla yüksek dayanım ve esnek kullanım senaryolarına kavuşarak ağırlığını artırmıştır.

Günümüzde muhripler, farklı donanmalar tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Dünyanın en gelişmiş donanmalarından birine sahip olan ABD, hâlihazırda Arleigh Burke ve Zumwalt sınıfı muhriplere sahiptir. Zumwalt sınıfı muhriplerden ilk olarak 32 adet üretilmesi planlanmıştır. Ancak artan maliyetlerden dolayı 3 adet geminin yapımına karar verilmiştir. 16.000 ton deplasmana sahip Zumwalt sınıfı gemiler AN/SPY-3 radarına ve ESSM füzelerine sahiptir.⁴² AEGIS Silah Sistemi ve SPY-1D çok işlevli pasif elektronik dizi radarı etrafında inşa edilmiş halihazırda 70 adet görev yapan Arleigh Burke sınıfı muhriplerden ise farklı konfigürasyonlarda 85 adet yapılması planlanmaktadır. Arleigh Burke gemiler özellikle Flight I, II, IIA sürümlerinde AN/SPY-1 ve Flight III sürümünde ise AN/SPY-6 radarlarını kullanmaktadır. Bu gemiler bahse konu gelişmiş sensörleri ile birlikte özellikle SM-2, SM-3 ve SM-6 tipi uzun menzilli hava savunma ve anti balistik füze sistemleri ile öne çıkmaktadırlar.⁴³

42. ABD Deniz Kuvvetleri, Destroyers (DDG 1000), <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2391800/destroyers-ddg-1000/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

43. ABD Deniz Kuvvetleri, Destroyers (DDG 51), <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2169871/destroyers-ddg-51/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

Gelişmeye devam eden büyük güç Çin ise farklı sınıflarda muhriplere sahiptir. Son olarak 2014 yılında inşasına başlanan Type 055 sınıfı muhripler envantere alınmaktadır. Özel baca tasarımı sayesinde hem kızılötesi izi hem de radar kesiti azalan gemilerden 16 adet yapılması planlanmaktadır. Type 346 dual-band radara (C ve S) sahip gemiler 13.000 ton deplasmana sahiptir. Aynı radar Type 052C ve 052D muhriplerinde de kullanılmaktadır.^{44 45}

Fransa, İngiltere ve İtalya ortaklığında başlayan Horizon projesi ise İngiltere'nin isteklerini karşılamaması sonucunda iki ortakla hayatına devam etmiş ve proje kapsamında 4 gemi inşa edilmiştir. ASTER 15 ve 30 füzelerine sahip olan gemiler 2005 ve 2007 yılları arasında hizmete alınmıştır. EMPAR (European Multifunction Phased Array Radar) ile donatılan gemiler hava savunmasını PAAMS ile yapmakta ve 7.000 ton deplasmana sahiptir.⁴⁶

İngiliz Donanması ise Daring sınıfı olarak da bilinen Type 45 sınıfı hava savunma muhriplerini kullanmaktadır. İlk olarak 12 adet tedarik edilmesi planlanan gemiden 6 adet inşa edilse de gemiler tahrik sistemlerinde yaşanan sorunlardan dolayı sık sık tersaneye dönmektedir. Sampson çok fonksiyonlu radara sahip olan gemiler, 8.500 ton deplasmana sahiptir. Gemi Horizon sınıfındaki gibi hava savunma görevlerini PAAMS sistemi ile icra etmektedir.⁴⁷

Asya'nın bir diğer gücü olan Japonya ise Kongō sınıfı muhriplerden 4 adet gemiye sahiptir. Gemiler ABD'nin Arleigh Burke sınıfı muhriplerinde de kullanılan AEGIS Silah Sistemi ve SPY-1D çok işlevli pasif elektronik dizi radarına sahiptir. Maya sınıfı muhripler ise Kongō sınıfı gibi SPY-1D radarına ve 10.000 ton deplasmana sahiptir. 96 adet VLS hücrelerine sahip olan gemilerden 2 adet inşa edilmiştir.⁴⁸

44. Çin Donanması, Two more Type 055 destroyers launched, <http://eng.chinamil.com.cn/SIDEBAR/MostViewed/15982442.html>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

45. Çin Donanması, PLA's upgraded Type 052D destroyer makes training debut in E. China Sea amid tensions in Taiwan Straits, http://eng.chinamil.com.cn/CHINA_209163/WeaponryEquipment/News_209182/15982105.html, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

46. Seaforces, Horizon Class, <https://www.seaforces.org/marint/French-Navy/Destroyer-Frigate/Forbin-HORIZON-class.htm>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

47. Kraliyet Donanması, Daring Class, <https://www.royalnavy.mod.uk/the-equipment/ships/destroyers/daring-class>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

48. Naval Technology, <https://www.naval-technology.com/projects/kongoclassdestroyer/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

Güney Kore Donanması ise Sejongdaewang sınıfı muhriplere sahiptir. Diğer muhrip sınıflarında olduğu gibi SPY-1D radarına sahip olan gemilerde Güney Kore üretimi Dikey Atım Sistemi (K-VLS) yer almaktadır. 10.000 ton deplasmana sahip olan gemilerden 3 adet gemi aktif hizmettedir.⁴⁹

Hindistan Donanması, İsrail üretimi S band EL/M-2248 MF-STAR radarına sahip Visakhapatnam sınıfı muhriplerden 2 adet inşa etmiştir. 7.400 ton deplasmana sahip gemilerde yerli üretim L ve X band radarlara da sahiptir. Diğer bir muhrip sınıfı olan Kolkata gemilerinde de aynı radar ve sonar sistemleri bulunmaktadır. Ek olarak THALES üretimi D band LW-08 radarı bulunmaktadır. 7.400 ton deplasmana sahip gemiler BRAHMOS füzesi ateşleyebilmektedir.⁵⁰

Rus donanması 2016 yılında Shkval sınıfı muhriplerin tasarım çalışmalarına başlamıştır. 2020 yılının başlarında projenin durdurulduğu iddia edilse de çalışmaların devam ettiği açıklanmıştır. 19.000 ton deplasmana sahip olması planlanan gemide S-500 hava savunma sisteminin bulunacağı aktarılmıştır.⁵¹

iii. Türkiye ve TF-2000

TF-2000 projesi ilk olarak 90'lı yıllarda gündeme gelmiş Gölçük Depremi dolayısıyla ile uzun yıllar ilerleme sağlanamamıştır. Yerli savunma sanayii girişimlerinin artması ile geminin yurt içinde tasarlanarak üretilmesine yönelik çabalar yeniden başlamıştır. TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi Projesinde ilk geminin 2027 yılı içerisinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığı envanterine girmesi beklenmektedir. Bu kapsamda TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi için çıkılacak ihaleye sivil ve askeri tersaneler katılacak. 10. Deniz Sistemleri Semineri'nde açıklanan bilgilere göre TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi tasarımının 2022 sonunda tamamlanması ve inşa faaliyetlerine başlanması planlanıyordu.⁵² Deniz Kuvvetleri Teknik Başkanı Tuğamiral Ramis

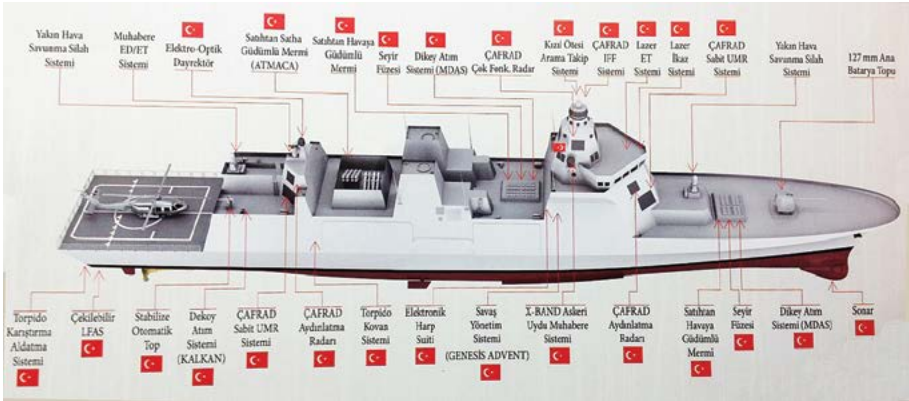
49. Seaforce, Sejong the Great Class, <https://www.seaforces.org/marint/Republic-Korea-Navy/Destroyer/Sejong-the-Great-class.htm>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

50. Naval News, Indian Navy Commissions Second Project 15B Destroyer, <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/12/indian-navy-commissions-second-project-15b-destroyer/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

51. Military Today, Project 23560E Shkval, http://www.military-today.com/navy/project_23560e_shkval.htm, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

52. Defence Turk, TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi tasarımının 2022 sonunda tamamlanması planlanıyor, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi-tasariminin-2022-sonunda-tamamlanmasi-planlaniyor>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

Şekil 52: TF:2000 Bileşenleri



Kaynak: Ahmet Alemdar, "TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi," Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi>, (Erişim Tarihi: 16 Ocak 2023).

AKIN tarafından yapılan açıklamada yakın dönemde detay tasarım ve prototip geminin inşa faaliyetlerine başlanacağı belirtilmişti. Geminin üretim adedi ile ilgili kesinleşmiş bir açıklama olmazken en az dört geminin üretilmesini Deniz Kuvvetleri tarafından ise optimum koşullarda yedi gemi üretiminin planlandığı belirtilmektedir.

Görev Fonksiyonu ve Tasarım Özellikleri

TF-2000 HSHM; denizi bir kalkan gibi kullanarak alçak, orta, yüksek irtifadaki kısa, orta, uzun menzilli güdümlü mühimmatların tespit ve imhasını, balistik füzelerin ise tespit edilmesi sağlayacak temel görev fonksiyon yeteneğine sahip olacaktır.

Dünyadaki tüm denizlerde görev yapabilmesi planlanan TF-2000 Muhribi bünyesinde bulunacağı görev grubunu farklı tehditlere karşı savunmak üzere Denizaltı Savunma Harbi (DSH), Su üstü (S/Ü) ve Hava Savunma Harbi (HSH) yapabilecek. Kıyı ötesi angajmana girebileceği belirtilen geminin Savaş Dışı Harekât (denizde denetim harekâtı, kitle imha silahlarının yayılmasının önlenmesi, uluslararası terör, muharip olmayanların tahliyesi) görevlerini de icra etmesi planlanıyor.⁵³

53. Ahmet Alemdar, "TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi," Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023).

Senelik ortalama 5000 saat seyir süresine sahip olması planlanan geminin 18 kts sürat ile en az 5000 deniz mili seyir hızına ve azami 28 kts sürata sahip olması gerekiyor. Deniz durumu 5'te kısıtsız hareket kabiliyetine sahip olması beklenen TF-2000 muhribinin en az 40 yıl hizmette kalması planlanıyor. Lojistik bütünleme (akaryakıt hariç) yapmaksızın en az 45 gün süre ile hareket icra edebiliyorken aynı zamanda ana üs desteği olmadan 180 gün süreyle hareket icra edebiliyor. Radar Kesit Alanı (RKA), Sualtı Akustik, Manyetik ve Kızılötesi (K/Ö) izlerin azaltılmasına yönelik tasarım ve sistem uygulamaları da temel tasarım özellikleri arasında yer alıyor.⁵⁴

Silah/Sensör Sistemleri

TF-2000 HSHM, ülke hava savunmasına açık denizlerden itibaren destek olmak ve bölge ile kuvvet hava savunması için hareket görevlerini icra etmek amacıyla bir dizi yeteneklerle donatılmıştır. Bunlar arasında Çok Amaçlı Faz Dizili Radar (ÇAFRAD), Uzun Menzilli Radar (UMR) ve IFF sistemleri ile oluşturulmuş uzun menzilli etkili bir hava savunma sistemi, hava hedeflerine karşı kuvvet hava savunması ve öz savunma maksatlı güdümlü mermi sistemleri ve yakın hava savunma sistemleri, su üstü hedeflerine satıhtan satha güdümlü mermi sistemleri ile top sistemleri, DSH maksatlı bütünleşik sonar sistemine (Sonar Suit), torpido karşı savunma sistemi ve sualtı hedeflerine karşı torpido sistemleri yer alır. Ayrıca, Elektronik Destek (ED) ve Lazer ikaz Sistemi (LİS) ile RF/Lazer çıkış yapan radarları ve Güdümlü Mermi (G/M)'leri tespit imkânı, hava ve su üstü savunma maksadıyla otomatik atış ve tavsiye imkânına sahip Dekoy Atım Sistemi (KALKAN), sıkı EMCON şartlarında elektro-optik tespit, teşhis ve takip yeteneği, ileri teknoloji veri bağı, muhabere ve bilgi sistemleri, tüm bunların entegrasyonunu sağlayan ve ağ destekli veri entegre kabiliyetli bir Savaş Yönetim Sistemi (GENESIS ADVENT) ve Milli Atış Kontrol Sistemleri (TAKS) bulunmaktadır. Proje kapsamında ayrıca TF-2000 gemisinde NAZAR Lazer Elektronik Taarruz Sistemi, GEZGİN Seyir Füzesi, ÇAF / Karşı Önlem Dekoy Atım sistemi Ku-Band Uydu Muharebe Sistemi, LPI Radar ve TACAN Sistemleri kullanılacak.⁵⁵

TF-2000'e bakıldığında 8500 ton ağırlığında, çok farklı elektronik sensör süitine ev sahipliği yapabilecek uzak mesafelerde, okyanuslarda ve zor ik-

54. Ahmet Alemdar, "TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi." Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023)

55. *A.g.e.*

lim şartlarında görev yapabilecek uzun süre denizde kalabilecek bir platform olarak dizayn edilmiştir.⁵⁶

iv. Sonuç

TF-2000'in görev profiline bakıldığında ise üzerindeki ÇAFRAD sensör süiti ve ADVENT SYS sayesinde bölge hava savunması yapabilecek, filo komutasını üstlenebilecek, bünyesinde özel operasyonlar yapabilecek ekipleri barındıran, denizaltı savunma ve su üstü harbini icra edebilecek bir sistemler sistemidir. ADVENT sayesinde sistem üstü sistem rolünü uygulayabilecek çok gelişmiş bir platformdur.

TF-2000 dışında dünya donanmalarındaki diğer muhriplere bakıldığında da benzer bir yapı görülmektedir. Batıda AEGİS ve PAAMS ile bölge hava savunması öncelikli özellikle balistik füze savunmasını da ciddi birer kabiliyet olarak bünyesinde barındıran çok rollü gemiler öne çıkmaktadır. Nitekim Rusya henüz modern muhriplere etkin bir cevap verememiş Çin ise konsept olarak ABD'yi takip etmektedir.

Bu platformların özellikle sensör süiti, savaş yönetim sistemleri, tahrik sistemleri ve hava savunma füzeleri en kritik parçalarıdır. Nitekim Türkiye özelinde ÇAFRAD projesi büyük oranda ilerletilmiş “sistem seviyesinde” ürünün üretimi ve doğrulamasında kritik erişilebilirlik sorunu görülmemiştir. Keza savaş yönetim sistemi konusunda Korvet boyutundaki platformda ADVENT'in kullanımına başlanmış olup geliştirmeleri devam etmiştir. Ancak muhrip boyutundaki gemide görev yapması ve gemiyi sistem üstü sistem seviyesine taşıyacak ölçüde başarılı olması noktasında çabaların devamı gerekmektedir. Hava savunma füzeleri hususunda ise SİPER projesinde belirli aşamaya gelmiş TF-2000'in göreve geleceği döneme kadar geçecek süreçte balistik füze savunma misyonu haricindeki hava savunma görevlerinde sorun olmayacağı değerlendirilmektedir. Ancak tahrik sistemi konusundaki çekinceler devam etmektedir. Nitekim Türkiye bu boyuttaki gemiyi değil korvet sınıfındaki gemiyi hareket ettirecek dahi tahrik sistemini henüz üretmiş değildir. Bu durum küçümsenmemelidir. Tahrik sistemleri konusunda dünyanın en büyük üreticilerin Birleşik Krallık Type 45 sınıfı muhriplerinde çok

56. Ahmet Alemdar, “TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribinde güncelleme: GEZGİN Seyir füzesi vd.,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribinde-guncelleme-gezgin-seyir-fuzesi-vd>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak: 2023).

kritik tahrik sistemi sorunları ile boğuşmakta bu sebeple gemilerin görevlerinde ciddi aksamalar yaşanmaktadır.

4.2.1.Motor

Bu bölümde platformların hareket etmesini sağlayan en önemli alt sistemlerden bir tanesi olan itki sistemlerinden söz edilecektir. İtki sistemlerinin hangi tiplerinin olduğu, bu sistemlerin nasıl çalıştığı ve hangi platformlara güç vereceği gibi çeşitli bilgiler yine bu bölümün ana gündemleri arasındadır. Bu anlamda elektrik motorları, gaz türbinli motorlar ve roket ve füze motorları incelenenektir.

i. Yumuşak Karın

Günümüzde harp ortamında birçok farklı tip, özellikle ve kabiliyete sahip çok sayıda platform bulunmaktadır. Ağırlığı 100 gramlık İnsansız Hava Araçlarından, 100,000 ton ağırlığındaki uçak gemilerine kadar birçok farklı platform üzerlerinde bulunan çeşitli alt sistemler yardımı ile bir sistemi oluşturmayı veya bir sistemin alt sistemi olarak görev yapabilmesi için tasarlanan ve ana görev yükünü taşıyan yapılardır.

Bu yapıların hareketlerinin sağlanması, istenilen görevi başarı ile yerine getirebilmeleri için bir itki sistemi yardımı ile tahrik edilmesi gerekmektedir. İtki sistemi yardımı ile tahrik edilen platformun hem hareketi sağlanırken hem de yine itki sistemi sayesinde platform üzerinde bulunan çeşitli sistemlerin de desteklenmesi amaçlanmaktadır.

İster kara ister deniz, ister hava isterse de uzay aracı olsun serbest bir hareket yapmak yerine, yönlendirilmiş bir hareket yapması istenilen tüm platformlar bir itki sistemine sahiptir. Bu itki sistemi entegre edileceği platformun performans kriterlerine, görev zarfına, çalışma koşullarına, platformun boyut, ağırlık ve güç gibi karakteristiklerine bağlı olarak değişebilmektedir ve yine söz konusu itki sistemi entegre edileceği platformun kavramsal tasarım sürecinde belirlenerek platformun tasarım açısından ana çekirdeğini oluşturmaktadır.

İtki Sistemleri genel olarak ana tahrik gücünü sağlayan motor, yakıt enjeksiyon sistemleri, yardımcı güç üniteleri ve elektronik sistemler için gereken gücü sağlamak için jeneratör sistemlerinden ve bu sistemlerin çevresin-

de platformun ihtiyacını göre entegre edilen çeşitli alt sistem ve bileşenlerden oluşmaktadır.

Genellikle itki alt sistemleri hava araçlarında dört farklı yapı içerisinde sınıflandırılabilir. Bunlar

- Elektrik Motorları
- İçten Yanmalı Motorlar
- Gaz Türbinli Motorlar
- Roket/Füze Motorları

olarak sınıflandırılabilir.

Burada yukarıda söz edilen itki sistemlerine bir parantez açılması gerekmektedir. Günümüzde burada listelenen itki sistemleri her ne kadar yaygın bir şekilde kullanılsa da birçok farklı itki sisteminin de çalışmaları devam etmekte, hatta kimi zaman bazı özel sistemlerde kullanılabilir. Örneğin, elektriksiz itki adı verilen itki sistemleri uzay ortamında çeşitli uydulara veya gözlem araçlarına itki vermek amacıyla kullanılabilir. Bununla birlikte bu kitabın konusu askeri sistemler olduğu için bu sistemlerde en yaygın kullanılan itki sistemleri yukarıda listelenmiştir ve bu söz konusu sistemler üzerinde detaylı bir şekilde durulacaktır.

ii. Elektrik Motorları

Elektrik Motorları günümüzde daha çok hafif, bulut altı insansız hava araçları ile kara ve deniz platformlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Elektrik motorları genellikle çok daha az bir enerji ihtiyacı ile oldukça ufak boyutlarda itki oluşturabilirken, oluşturabildikleri itki seviyesi genellikle sınırlıdır. Günümüzde insansız hava araçlarında kullanılabilen elektrikli motorlar genellikle maksimum 20-30 kg maksimum kalkış ağırlığına (MTOW) sahip İHA'lara itki oluşturmak için kullanılabilir.

Bununla birlikte bu noktada bir parantez açmak gerekmektedir. Elektrik Motorları günümüzde hemen her sistemde çok yüksek bir tork ihtiyacını karşılayarak kullanılabilir. Tanklardan, topçu sistemlerine, gemilerden uçaklara kadar birçok farklı sistemde kendine yer bulan elektrik motorları, bu sistemlerin birçoğunda belirli sistemlerin yönlendirmesini sağlarken çok azında ana itkiyi sağlayan motorlar olarak kullanılmaktadır. Burada değinilecek nokta da yine elektrik motorları üzerinden ana tahrikin sağlandığı durumlardır.

Şekil 53: KDE firmasına ait Bulutaltı İHA'larda kullanılan Elektrik Motoru

Kaynak: KDE Direct, https://www.kdedirect.com/products/kde4215xf-465?_pos=1&_sid=6e5c1b905&_ss=r, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

Bu tipteki motorlarında içten yanmalı ve gaz türbinli motorlar gibi hem motorun yönetilmesi hem de motor için gereken enerjinin yönetilmesi için bazı çevresel birimler, bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenler ile birlikte elektrik motorları bir itki alt sistemini oluşturur.

Elektrik Motorlarının yönetilmesi ve motorların doğru bir şekilde sürüşünün yapılabilmesi için harici bir sürücüye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sürücülere Elektronik Hız Kontrolcüsü (EHK) adı verilir. EHK yardımı ile elektrik motorlarında bulunan mıknatıslar üzerine, belirli bir gerilim belirli aralıklarla uygulanarak motorun içerisinde yer alan ve rotor adı verilen döner yapının sürekli bir şekilde dönmesi sağlanır. Bununla birlikte bu sistemler günümüzde oldukça gelişmiştir. Elektrik motorlarının da farklı tiplerde sürüş yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu farklı yöntemler sayesinde farklı uygulamalar için elektrik motorları yönlendirilebilmektedir. Aynı zamanda yine motorların sürüş tiplerine ek olarak bazı özel fonksiyonlar da bu bilgisayarlarla eklenerek motorların çok daha verimli bir hale gelmesine olanak sunulmuştur. Örneğin, aktif frenleme (Active breaking) gibi yöntemler sayesinde motorlar yavaşlarken de enerji tasarruf edebilmektedir ve tüm bu işlemler EHK içerisinde yer alan mikroişlemci yardımı ile yapılır.

EHK dışında hem elektrik motorlarının sürüşünün sağlıklı bir şekilde yapılması hem de güç verilecek platformun içerisinde yer alan diğer elektronik sistemlerin ihtiyaç ve gerekliliklerine özgü ve aynı zamanda da stabil ve izole bir şekilde güç ihtiyacını karşılayan elektronik devreler bulunmaktadır. Bu devrelere Güç Dağıtım Birimi (GDB) ve Batarya Yönetim Birimi (BYB) isimleri verilir. Söz konusu bu iki farklı birim hemen her platform içerisinde bulunurken, ana tahrik gücü olarak elektrik motorlarının kullanıldığı durumlarda ise teknik bir zorunluluk olarak karşımıza çıktığı için bu bölümde üzerinde durulması gerekmektedir.

Güç Dağıtım Birimleri itki sisteminin yer aldığı platform içerisinde yer alan elektroniklerin ihtiyaç ve gerekliliklerine göre ana güç kaynağı olan bataryadan gelen elektrik akımının, doğru bir gerilim ile ilgili sistemlere aktarılmasını sağlar. Bu birimler içerisindeki en zorlu olan sistem ise itki sistemidir çünkü hava aracının anlık itki ihtiyacı değiştikçe motorun talep ettiği enerji miktarı da değişmektedir. Bu nedenle GDB hem diğer elektronik sistemlerin güç ihtiyacını stabil bir şekilde karşılamaya çalışırken, anlık olarak ve çok ciddi miktarlarda değişebilen elektrik motorunun ihtiyaçlarını da gidermekle görevlidir.

Batarya Yönetim Birimi (BYB) ise elektrik motorunun entegre edildiği platform içerisinde yer alan bataryadan GDB'ye iletilecek akımın doğru bir şekilde yönetilmesi, eğer sistem içerisinde bataryanın dolumunu sağlayacak bir jeneratör varsa, dolum sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi gö-

Şekil 54: EG Electronics firması tarafından geliştirilen GDB



Kaynak: EG Electronics, <https://cv.egelectronics.com/products/electric-vehicles/ev-power-distribution-units/>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

revini üstlenir. Özellikle bir platform içerisinde motora entegre bir jeneratörün olduğu durum BYB için en zor ve kompleks durumdur. Bu durumda batarya bir yandan jeneratör yardımı ile bir enerji elde ederken, bir yandan da GDB'nin ihtiyacını karşılamak için belirli bir enerji çıkışı sağlaması gerekir. Özellikle bu süreçte bataryanın aşırı ısınması sonucunda verim ve ömrünün düşeceği için bataryanın sıcaklığını kontrol etmek de yine BYB'nin ana görevlerinden bir tanesidir.

Burada özellikle elektrik motoru ile tahrik edilen sistemlerdeki BYB durumuna bir parantez açmak gerekmektedir. Elektrik motoru ile tahrik edilen ve savunma sanayiinde sıklıkla kullanılan çeşitli platformlar genellikle bir jeneratör kullanmaz. Bunun temel sebebi, günümüzdeki elektrikli araçların aksine, bu platformlarda kullanılan elektrik motorlarının zaten çok yüksek verimlilikte sistemler olması ve jeneratör yardımı ile elde edilecek enerji ile kaybedilen enerji arasındaki makasın çok fazla olmamasıdır. Bu nedenle elektrik motoru ile tahrik edilen platformlarda BYB sistemleri genellikle daha az karmaşık bir yapıdaki iken bu durum içten yanmalı ve gaz türbinli motorlarda çok daha karmaşık bir yapıdadır.

Günümüzde çeşitli platformlarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılan bir diğer itki sistemi ise içten yanmalı motorlardır. Genellikle bu tipteki motorlar endüstriyel bir motordan türetilip hava, kara veya deniz uygulamalarına uygun hale getirilen veya tamamen askeri sistemler için üretilen motorlardır. İçten yanmalı motorlar, termodinamik bir çevirim olan Otto veya Diesel çevirimleri esasına dayanarak havanın basınçlandırılması ve ısıtılmasını esas alan tersinir bir çevirim sayesinde bir tork üretilmesi prensibine dayanır. Otto çevrimi benzinli motorlar tarafından, Diesel çevrimi ise dizel motorlar tarafından kullanılmaktadır.

Diesel veya Otto çevrimi prensiplerine dayanan, çeşitli silindir çap ve sayılarında olabilen bu tipteki motorlar özellikle geçmişten günümüze çok yaygın bir şekilde kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Geçmişte hava ve deniz uygulamalarında da çok sık bir şekilde kullanılan içten yanmalı motorlar, özellikle gaz türbinli motorların icat edilmesi ile önemlerini bir miktarda olsa kaybetmiş olan bu motorlar günümüzde kara platformlarında çok yaygın, deniz platformlarında yaygın ve hava platformlarında daha az yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu tipteki motorlar günümüzde itki ihtiyacının nispeten az olduğu veya boyut/ağırlık açısından bir kısıt bulunan veya verimliliğin ön planda olmadığı

platformlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle boyut ve ağırlık olarak gaz türbinli motorlardan daha avantajlı olmaları daha küçük sistemler için tercih sebebidir. Bununla birlikte gaz türbinli motorlara kıyasla çok daha düşük bir itki üretebilmeleri, doğaları gereği belirli bir hava basıncına ihtiyaç duymaları, yanma verimlerinin diğer itki sistemlerine kıyasla daha düşük olması operasyonel kullanımlarını sınırlayan etkenler arasındadır. Tam da bu nedenden ötürü yüksek irtifa, yüksek hız veya yüksek itki gerektiren, özellikle hava platformlarında, bu tipteki motorlar yerine gaz türbinli motorlar tercih edilmektedir.

Günümüzde hem askeri ve sivil havacılıkta hem de deniz platformlarında hatta nadir de olsa kara platformlarında sıklıkla kullanılan bir diğer itki sistemi ise gaz türbinli motorlardır. Gaz türbinli motorlar bünyelerinde bulunan kompresör, yanma odası ve türbin gibi yapılar sayesinde hava alğından giriş yapan havanın kompresör bölümünde basınçlandırılıp yanma odasında yakıtın yanması ile birlikte ortaya çıkan ısı enerjisinin basınçlandırılan havayı çok yüksek sıcaklıklara çıkartması ve sonrasında bu havanın türbinden geçerek hem türbini döndürerek bir güç üretmesi hem de havanın basınç ve sıcaklığının kontrol edilerek, yüksek sıcaklıktaki havanın nozul yardımı ile dışarıya atılması prensibine dayanır.

iii. Gaz Türbinli Motorlar

Özellikle gaz türbinli motorların ortaya çıkışı ile birlikte havacılıkta önemli bir devrim yaşanmıştır. İlk gaz türbinli savaş uçağı olan Messerschmitd ME-262 tipindeki savaş uçağı, ikinci dünya savaşında içten yanmalı motorlu rakiplerine karşı ciddi bir üstünlük kurmuştur. Bu süreç sonrasında dünyanın önde gelen ülkeleri de bu alanda çalışmalarını artırmış hatta bu sistemleri bir odak alanı haline getirmiştir. Zira gaz türbinli motorlar yapıları gereği çok ciddi miktarda enerji üretebildikleri için sadece havacılıkta değil, gemilerden çeşitli kara platformlarına ve hatta elektrik santrallerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde bu tipteki motorlar ile dünyanın birçok ülkesinde çok ciddi miktarlarda elektrik enerjisi üretilmektedir.

Türkiye’de gaz türbinli motor geliştirme çalışmaları ise 2000’li yıllar ile ciddi bir biçimde başlamıştır. Ülkemizde henüz sadece havacılık için gaz türbinli motor geliştirme çalışmaları mevcutken, bu motorlar ile ilgili çalışmaları yapan TUSAŞ Motor Sanayi (TEI), TRMotor ve Kale Ar&Ge şirketleri bulunmaktadır.

Aslında gaz türbinli motorların çalışma mantığı havanın sıkıştırılıp, ısıtılması ve sonrasında üretilen güç ile türbinin ve türbin ile aynı shafta bağlanan kompresörün dönmesinin sağlanması ve bu sıcak hava yardımı ile bir itki oluşturulması esasına dayanır. Gaz Türbinli Motorlar da aynı içten yanmalı motorlarda olduğu gibi bir termodinamik çevirim esasına dayanır. Gaz Türbinli Motorların yapısında esas alınan termodinamik çevirimine ise Brayton Çevirimi adı verilir.

Günümüzde havacılıkta kullanılan çeşitli tiplerdeki gaz türbinli motorlar bulunmaktadır. Bu motorlar genellikle aynı çalışma prensibine sahip olsalar da birbirlerinden bazı noktalarda ayrılmaktadırlar. Bu ayrışma neticesinde de kendilerine farklı platformlarda yer edinebilirler. Gaz türbinli motorlar tiplerine göre 4 farklı başlık altında incelenebilir. Bunlar:

- Turbojet Motorlar
- Turboşaft Motorlar
- Turboprop Motorlar
- Turbofan Motorlar

Burada söz edilen 4 farklı tipteki gaz türbinli motorlar genellikle havacılıkta çok yaygın bir şekilde kullanılırken, birçok deniz platformunda da kullanılmaktadır. Bu motorlardan türetilen veya bu motorlara çok benzer yapılarda farklı amaçlarla kullanılan motorlarda mevcuttur. Kimi zaman elektrik üretimi için endüstriyel amaçlarla kullanılan gaz türbinli motorlar kimi zaman da bir deniz platformuna itki vermek için kullanılmaktadır. Söz konusu her iki kullanım alanındaki motorların genel yapısı yukarıda listelenen 4 motor tipi ile aynı esaslara dayanıp bazı değişiklikler ile bu sistemler de kullanıma uygun hale getirilmektedir.

Turbojet motorlar gaz türbinli motoru oluşturan ve “çekirdek motor” olarak tabir edilen, kompresör, yanma odası, türbin ve nozuldan oluşur. Genellikle yüksek itki gerektiren ancak maliyet ve boyut açısından önem arz eden platformlarda kullanılır. Bu tipteki motorlar diğer gaz türbinli motorlara kıyasla daha az bileşenden oluştuğu için diğer sistemlere kıyasla daha maliyet etkin yapıdadırlar. Bu nedenden ötürü bu tipteki motorlar genellikle tek kullanımlık sistemlerde veya daha büyük bir gaz türbinli motorun yanında yardımcı güç ünitesi olarak kullanılır. Bu tipteki motorlar genellikle füze sistemleri ve daha az itki gerektiren hava araçlarında kullanılmaktadır. Turbojet motorlar konusunda Türkiye’de uzun zamandır çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Savunma Sanayi Başkanlığı tarafından projelendirilen şimdiki kadar envan-

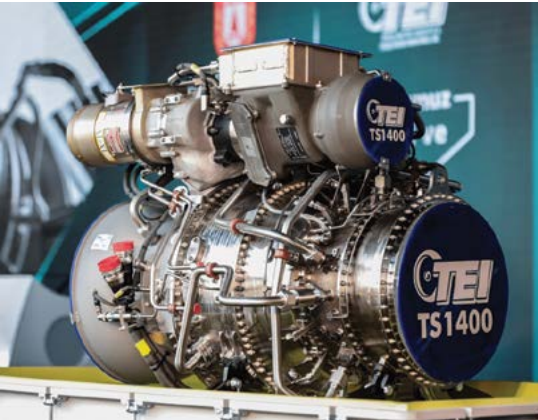


Şekil 55: Kale Ar&Ge tarafından geliştirilen KTJ-3200 Turbojet Motoru

Kaynak: Kale Ar&Ge, KTJ-3200, <https://www.kalearge.com.tr/urunlerimiz>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

tere girmiş veya girecek olan ARAT, KTJ-3200 ve TJ-90 gibi birçok turbojet motoru bulunmaktadır.

Turboşaft motorlar ise çekirdek motora ek olarak bir türbin ve o türbinin bağlı olduğu bir şaft ve bir transmisyon sisteminden oluşur. Bu tipteki motorlarda elde edilen güç ile şaftın transmisyon sistemi yardımı ile döndürülmesi amaçlanır. Bu tipteki motorlar genellikle helikopter gibi döner kanatlı platformlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte ABD merkezli Honeywell tarafından geliştirilen AGT1500 isimli turboşaft motoru yine ABD tarafından üretilen M1 Abrams tanklarına da güç vermektedir. Turboşaft motorlar konusunda da Türkiye’de test ve kalifikasyon süreci devam eden TUSAŞ Motor Sanayi A.Ş.(TEI) tarafından geliştirilen TS-1400 motoru bulunmaktadır.



Şekil 56: TEI tarafından geliştirilen TS1400 Turboşaft motoru

Kaynak: TEI, TEI-TS1400 Turboşaft Motor Geliştirme Projesi, <https://www.tei.com.tr/tr/urunler/tei-ts1400-turbosaft-motor-gelistirme-projesi>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).

Turboprop motorlar da günümüzde oldukça sık kullanılan gaz türbinli motor tipleridir. Bu tipteki motorlar da turboşaft motorlarda olduğu gibi çekirdek motor etrafında şekillenir. Turboprop motorlar, turboşaft motorlardan farklı olarak bir transmisyon sistemi ve şaftı değil, bir şaftın bağlı olduğu pervaneyi döndürür. Bu tipteki motorlar genellikle hafif uçaklar ve İHA'lar da sıklıkla kullanılır.

Turbofan motorlar ise günümüzde en sık kullanılan gaz türbinli motor tipidir. Sivil havacılıktan, savaş uçaklarına kadar hava araçlarının önemli bir kısmında bu tipteki gaz türbinli motor kullanılır. Diğer motor tiplerinde olduğu gibi turbofan motorlarda çekirdek motor etrafında şekillenir. Turbofan motorlarda çekirdek motora ek olarak ekstra bir türbin ve fan adı da verilebilen ekstra bir kompresör yapısı bulunur. Bu tipteki motorlar diğer motorlara kıyasla daha az yakıt tüketip, daha yüksek itki seviyelerine çıkabilmektedir. Bu nedenden ötürü turbofan motorlar hem sivil havacılıkta hem de askeri havacılıkta bu tip motorlar sıklıkla kullanılmaktadır.

Gaz türbinli motorlar yapıları gereği çok yüksek miktarda itki üretebilmektedir. Bununla birlikte içten yanmalı motorların kullanımında, özellikle hava araçlarında, itki dışında birçok kısıt da bulunmaktadır. Bu kısıtlardan en önemlisi irtifadır. Örneğin içten yanmalı standart bir motor kullanan bir hava aracının, içten yanmalı motorların basınç ihtiyacı söz konusu sebebiyle, basıncın çok düştüğü yüksek irtifalarda, çalışması mümkün değilken, gaz türbinli bir motora sahip bir hava aracı bu irtifalara rahatlıkla çıkabilmektedir. Bununla birlikte gaz türbinli motorlar muazzam seviyelerde itki oluşturabilmektedir. Bu da hem platformun seyir hızlarının çok daha yüksek seviyelere çıkmasına hem de platformun daha fazla yük taşımaya olanak sağlamaktadır.

Bir genelleme yapılacak olursa, gaz türbinli bir motora sahip bir hava platformunun, içten yanmalı bir motora sahip bir hava platformuna kıyasla avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Çok daha yüksek seyir hızına çıkabilme
- Çok daha yüksek manevra kabiliyeti
- Daha kısa kalkış ve iniş süreleri
- Çok daha yüksek faydalı yük kapasitesi
- Elektronik sistemler için daha fazla elektrik enerjisi üretimi

Günümüzde havacılıkta kullanılan gaz türbinli motorlar oldukça gelişmiş sistemlerdir. İçerlerinde çok fazla alt sistem ve bileşen bulunduran bu sistem-

ler oldukça karmaşık yapıdadırlar. Bununla birlikte itki sistemi aynı zamanda entegre edildiği platform için bir enerji kaynağı olarak da tanımlanabileceği için söz konusu platformlardaki tüm elektronik yapısını da etkilemektedir. Bu nedenle gaz türbinli motorlar özellikle yukarıda sayılan avantajları sebebiyle daha yüksek hız, irtifa veya faydalı yük kapasitesi gerektiren tüm platformlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

İtki alt sistemlerinin, motora entegre bir şekilde çalışan birçok önemli bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenler içerisinde en önemli bileşenleri ise jeneratör ve yardımcı güç üniteleridir. Yardımcı güç üniteleri (APU) genellikle gaz türbinli motorların ilk ateşlemesini sağlamak ve elektronik sistemlere güç vermek için kullanılan, genellikle turbojet tipindeki daha küçük gaz türbinli motorlardan oluşur. Jeneratörler ise rotasyonel bir hareket sonucunda oluşan manyetik alandan elektrik enerjisi üretilmesi prensibine dayanır. Jeneratörler en genel hali ile bakarsak bir elektrik motorunun çalışması ile tam olarak ters bir mantıktadır. Özellikle motorun ana şaftına bağlı olan bir jeneratör yardımı ile üretilen elektrik enerjisi bir bataryanın şarj edilmesinde ve diğer elektronik sistemler için güç üretilmesinde kullanılır.

iv. Roket ve Füze Motorları

Roket ve füze sistemlerin ise sıklıkla kullanılan itki sistemleri, hava, kara ve deniz platformlarına kıyasla çok daha farklıdır. Bunun temel sebebi bu platformların çok daha dar bir alanda, çok daha yüksek bir itki üretirken sürdürülebilirlik ve verimlilik gibi parametreleri biraz daha geri planda kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu tipte çeşitli itki sistemleri bulunmasına karşın günümüzde en sık kullanılan roket motorları üç farklı başlık altında şu şekilde sıralanabilir:

- Katı Yakıtlı Motorları
- Sıvı Yakıtlı Motorlar
- Hibrit Yakıtlı Motorlar

Roket motorları kimyasal bir yanma reaksiyonuna dayanan itki sistemleridir. Bu tipteki motorlarda bir yakıcı ve bir de yanıcı iki kimyasal madde bulunur. Yakıcı maddeye oksitleyici, yanıcı maddeye ise yakıt adı verilir. Söz konusu bu maddeler günümüzde birçok farklı kimyasaldan oluşabilmekte ve farklı görev ve amaçlar için kullanılabilir. Bir kimyasal tepkime oluşturarak yakıtın oksitleyici tarafından yanması sonucunda ortaya çıkan yük-

sek sıcaklıktaki sıvı/gaz kimyasalların bir lüle (nozül) yardımı ile yönlendirilmesi sonucunda itki oluşturulmaktadır.

Katı yakıtlı motorlarda hem yanıcı hem de oksitleyici katı halde bulunan kimyasallardan oluşur. Bu yapıları sebebiyle katı yakıtlı motorlar çok daha basit ve maliyet etkin bir yapıda olmalarına rağmen en önemli dezavantajları yanmanın yani itki üretiminin kontrol edilememesi yani yanmanın durdurulamamasıdır. Tepkime bir kere başladıktan sonra durdurulamaz bir hale geldiği için genellikle bu tipteki motorlar tek kullanımlık platformlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Sıvı yakıtlı motorlarda ise hem yanıcı hem de oksitleyici sıvı halde bulunmaktadır. Sıvı halde bulunan bu iki maddenin kimyasal tepkimesi ile itki üretilmektedir. Sıvı yakıtlı motorlar hem yanıcı hem de oksitleyicinin sıvı halde olması sebebiyle çok dayanıklı tanklarda saklanması gerekmektedir. Bununla birlikte yine bu sıvıların bir tepkimeye girmesi için çeşitli pompalar ve basınçlandırma sistemleri gibi birçok farklı sistem de kullanılmaktadır. Bu nedenle sıvı yakıtlı motorlar hem daha verimli bir haldedir hem de katı yakıtlı motorlara kıyasla tepkimeler kontrol edilebildiği için tekrar tekrar kullanılabilir bir yapıdadır. Tüm bu avantajlarına rağmen sıvı yakıtlı motorlar daha maliyetli ve geliştirmesi çok daha kompleks sistemlerdir.

Hibrit yakıtlı motorlar ise yanıcının yani yakıtın katı, oksitleyicinin sıvı halde bulunduğu motorlara verilen isimdir. Yanıcı ve yakıcının kimyasal tepkimesi sonucunda itki üretilir. Yakıcının sıvı fazda olması sebebiyle yanıcı yüzey değiştirilerek aynı sıvı yakıtlı motorlarda olduğu gibi bu motorlarda tekrar tekrar kullanılabilir. Bu tipteki motorlar katı yakıtlı motorlara göre itkinin kontrol edilebilmesi ve sıvı yakıtlı motorlara göre daha maliyet etkin bir yapıda olmaları sebebiyle son yıllarda popülerliğini artırmıştır.

Burada sözü edilen tüm bileşenler bir araya geldikleri takdirde bir platforma güç verecek, hareket etmesini sağlayacak ve elektroniklerinin elektriksel güç ihtiyacını karşılayacak itki alt sistemini oluşturur. İtki alt sistemleri bir platformun en önemli alt sistemlerinden birisi ve platformun hareketini dolayısıyla görev performansını doğrudan etkileyen sistemlerdir. Bu sistemlerde de geçmişe kıyasla elektronik sistemlerin çok daha yaygın kullanılması ile sistemler çok daha akıllı bir hale gelmiş ve dolayısıyla üretilen itki ile yakıt tüketim oranları arasındaki ilişki pozitif yönde ilerlemiştir.

4.3. BİLEŞENLER

Giriş

Bu bölümde diğer bölümlerde irdelenen sistem ve alt sistemlerde kullanılan çeşitli bileşenlere değinilecek, bu bileşenlerin günümüzde hangi ülkeler tarafından geliştirildiği, hangilerinin Türkiye için stratejik bir önem arz ettiği ve bu neticede hangi bileşenlerin Türkiye'nin teknolojik gelişimine önemli katkılar sağlayacağından bahsedilecektir.

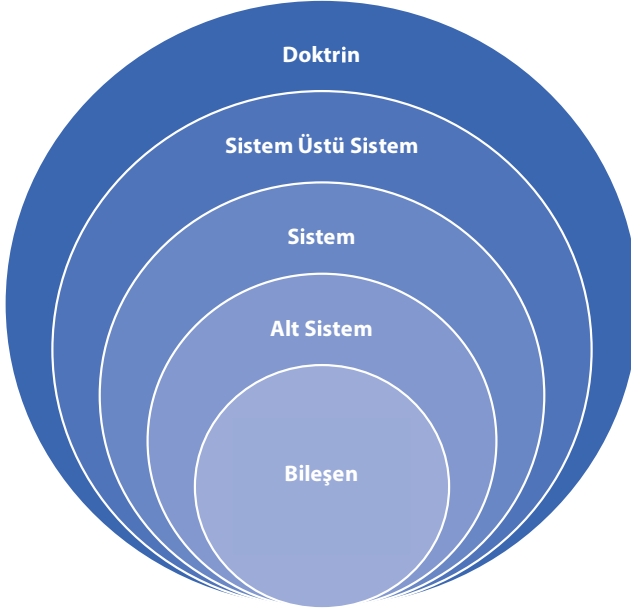
i. Sistemden Bileşene

Bileşen bir alt sistem içerisinde bulunan ve entegre edildiği alt sisteme karakteristik bir özellik katan birimlere verilen addır. Bileşenler her bir alt sistem içerisinde çeşitli görev ve özelliklerde bulunabilir ve bu alt sistemlere de sahip oldukları özellikleri aktarırlar. Bileşenlerin sayısının ve kabiliyetlerinin artması alt sistemin karmaşıklığını artırırken aynı şekilde kabiliyetlerini de artırmaktadır. Bir alt sistem içerisinde bulunan bileşenlerin tipi ve sayısı ne olursa olsun bir bütün haline gelip bir görevi yapmaya muktedir oldukları zaman alt sistemi oluştururlar.

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi harp sahasında yer alan tüm birimler bir mimari içerisinde birbirleri ile yatay ve dikey bir hiyerarşiye dayalı olarak etkileşimlerini sürdürmektedir. Eğer bu mimariyi bir piramit şeklinde düşünersek piramidin tepesinden tabanına doğru şu şekilde bir sıralama yapılabilir:

- Doktrin
- Sistem Üstü Sistem
- Sistem
- Alt Sistem
- Bileşen

Bu mimari içerisinde yer alan her bir yapının birbirleri ile dikey bir hiyerarşisi söz konusudur. Dikey hiyerarşi bir harp alanında doktrinin belirlenmesi ile başlar. Doktrinin belirlenmesi ile bu doktrini yönetecek yapı Sistem Üstü Sistem olarak tanımlanan birimlerdir. Bu birimlerin temel görevi yine önceki bölümlerde de söz edildiği gibi piramidin altında yer alan birimleri kullanarak, piramidin üstünde bulunan birimin yani doktrinin sahada uygulanmasını sağlamaktadır. Sistem Üstü Sistem'in altında yer alan tüm birimler de yine kendilerine has özellik ve kabiliyetlerine göre sistem üstü sistemin yön-

Şekil 57: Doktrinden Bileşene Sistem Mimarisi

lendirilmesine göre spesifik bir amaca hizmet eder ve nihayetinde doktrinin harp sahasında uygulanması amaçlanır.

Devletler savunma doktrinlerini çeşitli sistemler üstü sistemler, sistemler, alt sistemler ve bileşenlerden oluşan yapılar üzerine inşa ederler. Hava savunma, savaş yönetim, entegre lojistik vb. sistemler üstü sistemi yapılar özellikle günümüz harp sahasının temelini oluşturan, devletlerin stratejilerini üzerine inşa ettiği yapılardır. Bu yapıların bir doktrin içerisinde kurgulanması, ikame ettirilmesi ve yönetilmesi kuşkusuz teknolojik gelişim ve değişen şartlara göre evrimleşebilen, esnek yapılardır. Özellikle Soğuk Savaş sonrası, Körfez Savaşı ve 11 Eylül Saldırıları'na kadar olan dönem ile 2022 Şubat ayında başlayan Ukrayna-Rusya Savaşı'na kadar bu yapılar değişen doktrinlere göre evrimleşmiştir.

Dünya siyasetinin ve dolayısıyla harp sahasının çok ciddi dönüşümlerden geçtiği son dönemlerde ise sistemler üstü sistemlerin bu yapıların içerisinde bulundurduğu çeşitli sistemlerin, alt sistemlerin ve bileşenlerin hem nicel hem de nitel açıdan farklı noktalara evrildiğini görmek de mümkündür. Özellikle Türkiye'nin öncü olduğu insansız araçların harp alanında etkin ve ağırlıklı kullanımı ile birlikte özellikle yukarıda sözü edilen temel sistemler

üstü sistemlerin de ciddi değişimlere uğramaya başlaması ve uğraması da yadsınamaz bir gerçektir.

Bu piramit içerisinde değişim ve gelişim aslında iki yönlüdür. Örneğin Türkiye'nin başta Suriye, Libya ve Karabağ gibi bölgelerde insansız hava araçlarının harp alanına doğrudan ve ciddi bir şekilde etki etmesi ile birlikte tüm dünyada doktrinsel olarak bazı değişimlerin yaşandığı veya yaşanmaya başlandığı gözlemlenmektedir. İnsansız hava araçlarının bu denli etkin bir şekilde kullanılabilir olması ülkelerin hava hakimiyeti, hava üstünlüğü, savaş yönetimi, veri iletişimi ve karar verme yapılarını değiştirirken aslında doktrinsel değişimlere sebep oluyor.

Bu doktrinsel değişimler insansız hava araçlarının daha fazla kullanıldığı hatta belki de vekil unsurların yoğun bir şekilde kullanıldığı dinamik veya hem vekil hem düzenli unsurların kullanıldığı ama yarı dinamik harp alanlarında insansız sistemlerin ana vurucu güç olarak kullanılması ve aynı zamanda istihbarat, keşif ve gözetleme (IKG) rolünü üstlenmesi gibi stratejilere dayanıyor. Bu doktrinsel değişimler ise bir sistemler üstü sistemi olan savaş yönetim sistemleri gibi yapıların değişmesine, dolayısıyla sistemlerin, alt sistemlerin ve tüm bu değişimlerin gerçekleşmesine sebep olacak bileşenlerin değişmesine ve gelişmesine sebep oluyor.

Tam tersi şekilde, sivil veya askeri alanlarda uzun süredir çalışılan veya odaklanılmış çeşitli teknolojilerin, malzeme, yapay zekâ, büyük veri, mikro işlemciler vb. sürekli ve sürdürülebilir bir gelişim ve değişim sürecinden geçmesi de aslında bileşenlerin zamanla doğal bir seçim içerisinde gelişmesi ve değişmesine sebep olmaktadır. Bileşenlerdeki değişimler ise bu kez tabandan tavana, yani alt sistemleri dolayısıyla sistemleri ve sistemler üstü sistemleri, nihayetinde doktrinleri geliştirecek ve değiştirecektir.

Örneğin geçmişe kıyasla harp sahasında kamikaze insansız hava araçlarının veya bir diğer tabirle dolanan mühimmatların kullanımı gittikçe daha yaygın bir hale gelmektedir. Özellikle Karabağ savaşı ile birlikte İsrail yapımı kamikaze araçların çok etkin bir şekilde kullanılması ve sonrasında Ukrayna-Rusya savaşı boyunca birçok İran ve Rus yapımı kamikaze aracın etkin bir şekilde kullanılması oldukça dikkate değer bir durumdur.

Aslına bakılırsa dolanan mühimmatlar ne yeni bir teknolojidir ne de bilinmez bir teknolojidir. Aslında oldukça köklü bir teknoloji olan dolanan mühimmatların, teorik olarak kullanımları seyir füzeleri ile çok ciddi benzerlik gösterdiği için uzun yıllar net bir ayırım yapılmamıştır. İlk örnekleri İkinci Dün-

ya Savaşı sırasında ortaya çıkan seyir füzeleri uzun yıllardır kullanılırken, günümüzde bilinen manada ilk dolanan mühimmat yani kamikaze İHA ilk kez 1980'li yıllarda İsrail tarafından geliştirilen Harpy olmuştur.⁵⁷

Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde de bulunan Harpy ve sonrasında türetilen Harop başta olmak üzere birçok kamikaze araç uzun yıllar boyunca harp alanında çok uzun süre boyunca çok ciddi bir yoğunluk ve etkinlik ile kullanılamazken, son dönemde harp alanının adeta parlayan bir yıldızı olmuştur. Bu durumun tabii ki birçok sebebi bulunmaktadır ancak başlıca sebepler arasında kuşkusuz teknolojiye erişim gelmektedir.

Özellikle 10-15 yıl öncesine kıyaslandığı zaman, özellikle hava savunma sistemlerinin bastırılması amacıyla kullanılan bu gibi kamikaze araçların kullandıkları ve erişebildikleri sensörler ve mikroişlemciler hem günümüze kıyasla çok daha pahalı hem de etkin/hassas ürünler değillerdi. Özellikle son 10-15 yıl içerisinde dünyada sensör ve mikroişlemci alanında yaşanan teknolojik sıçrama ile birlikte, bu sistemlerin temel başarı kriteri olan güdüm hassasiyeti ve uçuş kontrolü-optimum rota planlama gibi kabiliyetlerin temelini oluşturan Ataletsel Ölçüm Birimleri (AÖB) ve mikroişlemcilerin hem maliyetleri ciddi oranda düşmüş hem de hassasiyetleri ciddi şekilde artmıştır.

Bu durum hem teknolojiye erişimi kolaylaştırmış hem bu sistemlerin başarı oranını artırmış hem de maliyetlerinin ciddi şekilde düşmesine sebep olmuştur. Tüm bu parametreler bir araya geldiği zaman tüketilebilir sayılan, yani oldukça maliyet etkin ama yaptıkları görev sebebi ile bir o kadar da hassas olan bu sistemlerin gelişimi ve harp alanında kullanımı çok hızlı bir şekilde artmıştır.

Bununla birlikte söz edilebilecek bir diğer örnek de son dönemde tüm dünyada bulut altı insansız hava araçları geliştiren şirketlerin ve dolayısıyla ortaya çıkan ürünlerin sayısının ciddi şekilde artması da gösterilebilir. Bu durumun da temel sebebi yine bileşen seviyesinde gelişen teknolojinin getirdiği bir avantajdır. Günümüzde sadece Türkiye'de Teknolojik Hazırlık Seviyesi (THS) 7. seviye ve üstünde bulut altı insansız hava aracı geliştiren 20'den fazla şirket bulunmaktadır. Bu şirketlerin neredeyse tamamının geliştirdiği ürünlerin ana mimarisi ise oldukça benzerdir.

57. Volkan Deniz Özbudak, Türk Silahlı Kuvvetleri ve Kamikaze İHA Sistemleri, Defence Turk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler/#dfliip-df_46284/16/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023), s. 14.

İnsansız hava araçlarının en önemli temel bileşenlerinden bir tanesi olan otopilot sistemlerine erişim yaklaşık 10 yıl öncesine kıyasla çok daha kolay, ucuz ve dolayısıyla erişilebilir bir durumdadır. Özellikle Pixhawk gibi açık kaynaklı otopilot donanımları ve Ardupilot/PX4 gibi açık kaynaklı otopilot yazılımları sayesinde hem Türkiye’de hem Dünya’da son dönemde insansız hava araçlarının geliştirilmesi ve pazara sunulması büyük bir sıçrama yapmıştır.



Şekil 58: CubePilot tarafından geliştirilen açık kaynaklı otopilot donanımı Pixhawk Cube

Kaynak: CubePilot, <https://www.cubepilot.com/#/cube/features>, (Erişim Tarihi: 16 Ocak 2023).

Kolaylaşan bu geliştirme ortamı sayesinde çok sayıda, çeşitli özelliklere sahip ürünler ortaya çıkmış, ortaya çıkan rekabet ortamı sistemlerin daha maliyet etkin ve verimli bir yapıya bürünmesine sebep olmuştur. Aynı zamanda bu sistemlerde kullanılan bir alt sistem olan EO/IR sistemlerinin de insansız hava araçlarının gelişimine paralel olarak ilerlemiş ve kabiliyetleri son 5-10 yıl içerisinde ciddi şekilde artmıştır. Bu sistemlerin gelişmesi ve kabiliyetlerinin artırılması da yine bu sistemlerde kullanılan elektro optik ve kızılötesi kameraların daha erişilebilir, maliyet etkin ve kompakt yapılarda olması ile mümkün olmuştur.

Burada sözü edilen örnekten de anlaşılacağı gibi, bir platformda kullanılan önemli, hatta temel gereksinim olan bir alt sistemin zamanla sağladığı gelişme hem ilgili platform hem de o platformda kullanılan çeşitli alt sistemlerin de gelişme gösteren alt sistem ile paralel bir şekilde geliştirme gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte bu gelişmeler neticesinde insansız hava araçlarının daha erişilebilir, maliyet etkin ve verimli bir yapıya bürünmesi ile birlikte kendisine çeşitli sistemler, sistemler üstü sistemler ve nihayetinde devletlerin savunma doktrinleri içerisinde de yer bulmasına olanak tanımıştır. Örneğin, günümüzde hem birim hem de operasyonel maliyetleri, MALE veya HALE sınıfı insansız hava araçlarına kıyasla hayli düşük seviyede olan bu sistemler ile hem uzun menzillerde, uzun sürelerde İstihbarat, Keşif ve Gözetleme (IKG) görevi icra edilebilirken, bu sistemlerin ateş gücü ile entegrasyonları da sağlanmaya başlamıştır.

Özellikle Rusya-Ukrayna savaşı ile birlikte daha da belirgin bir şekilde ortaya çıkan bu duruma en önemli örnek ise bulut altı sınıftaki araçların, veri bağları ve atış destek sistemleri ile entegre bir yapı içerisinde topçu unsurlarını yönlendirdikleri durumlardır. Hem Rusya'da hem de çeşitli Batı ülkelerinde bulut altı insansız hava aracı geliştiren şirketler bu nedenle topçu birlikleri ile entegre yapıda çalışabilecek bulut altı insansız hava araçları geliştirmektedir. Nitekim savaş öncesinde Rusya tarafından bu konseptin denemesi Orlan tipi BİHA'lar kullanılarak çok kez yapılmıştır.⁵⁸ Ancak bahse konu konsept savaş süresince Ukrayna tarafından çok daha etkin kullanılmıştır. Rusya'nın bu konu üzerinde geçmişte çalışmasına rağmen çok başarılı olamaması hem teknolojik yetersizlik hem de ordunun kurmay yapısının buna uygun bir şekilde modernize edilmemesinden kaynaklanmaktadır.

Bu sistemlerin topçu birlikleri ile entegre oldukları bir senaryoda, hem daha uzun menzillerde ateş gücünü daha etkin kullanma şansı yakalanabilirken, topçu sistemlerinde kullanılan mühimmatların, hava mühimmatlarına göre daha maliyet etkin oluşu sebebiyle de operasyonel maliyetleri sürdürülebilir bir şekilde azaltmaktadır. Bununla birlikte silahlı bir şekilde görev icra eden MALE veya HALE tipi araçların, operasyon esnasında kaza/kırım veya imha edilmesi gibi riskler sebebiyle operasyonel risk maliyetlerinin, sözü edilen bulut altı araçlara kıyasla kat ve kat yüksek olması da bulut altı insansız hava sistemlerinin hanesine bir avantaj olarak daha yazılmaktadır.

Sözü edilen örneklerden de anlaşılacağı üzere ilk bakışta teknolojik gelişimin bir sistem mimarisi içerisinde iki farklı yönde, aynı anda ancak farklı süreçlerde gerçekleştiği söylenebilir. Kimi zaman harp alanındaki değişimle-

58. Fatih Mehmet Küçük, Bulut Altı İnsansız Hava Aracı BİHA, Defence Türk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler#dfliip-df_46284/28/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023), s. 26.

rin etkisi ile değişen doktrinlerin, teknolojik gelişimleri tetiklediği kimi zaman da teknolojik gelişimlerin, bu mimarilerde kullanılan bileşenleri, dolayısıyla alt sistem, sistem, sistemler üstü sistemlerin ve nihayetinde doktrinleri değiştirdikleri çeşitli örneklerle gözlemlenmektedir. Ancak bu meseleye biraz daha yakından bakıldığında, gerçekte teknolojik gelişimin her zaman bileşen seviyesinde başladığı anlaşılacaktır. Yani ilk etapta sistem mimarisi içinde yukarıdan aşağıya görülen değişimler bile temelde bileşen seviyesinde meydana gelen gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Bugün örneğin daha hızlı uçan uçaklar veya daha uzak bölgelerle haberleşilmesini sağlayan iletişim sistemleri tüm bunlara imkân veren spesifik bileşenlerin varlığı sayesinde mümkün olmuştur.

Bir sistem mimarisi içerisindeki en temel ve en küçük yapılar olan bileşenlerin gelişmesi, diğer tüm sistemler için bir taban oluşturacağı için teknolojik gelişimin odağı her zaman bileşenlerdir. Bununla birlikte bileşenlerdeki gelişimler ise her zaman ilgili bileşenleri, dolayısıyla bileşenlerin kullanıldığı tüm sistemleri daha maliyet etkin, kompakt ve erişilebilir bir hale getirmektedir. Bu durumun en önemli örneklerinden bir tanesi mikroişlemci/yarı iletken teknolojilerindeki gelişimdir.

Dünyanın en büyük yarı-iletken üreticileri, her yıl daha düşük boyutlarda transistörleri işlemek için birbirleri ile adeta bir yarış halindedirler. Daha düşük nanometrede yarı iletkeni işleyebilme kapasitesi, yarı iletkenleri daha kompakt bir hale getirir. Örneğin savunma sanayiinde de çok yaygın bir şekilde kullanılan NXP firmasının geliştirdiği i-MX.6 SLL serisi işlemciler, 2011 yılında 40nm üretim teknolojisi ile geliştirilmişken ilk olarak 2017 yılında duyurulan i-MX.8M Plus isimli işlemci ailesi 14nm FinFet teknolojisi ile üretilmişti.⁵⁹

i-MX.6 SLL işlemcisi bir adet ARM cortex A9 çekirdeği ile NEON medya işleme motoruna ve 100 MHz hızında işlem yapabilme kabiliyetine sahip 13x13mm boyutunda bir işlemci iken,⁶⁰ i-MX 8M 4 adede kadar ARM cortex A-53, 1 adet cortex M-7, 1 adet Nörol işleme birimi, 2 adet görüntü sinyal işleme birimi ve daha birçok dahili birim ve kapasiteye sahipken, 800MHz işleme hızına ulaşan bu işlemcinin boyutu ise sadece 15x15mmdir. Aslında bu örnek ile de görüleceği üzere, yaklaşık 6 yıl içerisinde üretim teknolojisi neredeyse 3 kat daha iyi hale gelmiş, üretilen işlemcilerin boyutları neredey-

59. i.MX 8M PLUS Applications Processor Family, NXP i.MX 8M PLUS Fact-sheet.

60. i.MX 6 Applications Processor Family, NXP i.MX 6 Fact-sheet.

se aynı kalmasına karşın, sahip oldukları işlem gücü ve kapasitesi çok ciddi bir biçimde artmıştır.

Bununla birlikte bileşenlerin gelişmesi de aynı zamanda teknolojik gelişimin en yavaş, zorlu ve kaynak tüketiminin en fazla olduğu kısımdır. Bunun temel sebebi bileşenlerde olması gereken temel yeniliklerin her zaman çekirdek teknolojilere, fizik, kimya, malzeme, üretim teknolojileri vd. dayanmasıdır. Çekirdek teknolojiler her zaman çok iyi yetişmiş insan gücüne, geliştirmek için ciddi Ar-Ge altyapılarına ve belki de en önemlisi kurum kültürüne ihtiyaç vardır. Kurum kültüründen kasıt ise şirketlerin geçmişten gelen bilgi birikimlerinin oluşturduğu bazı temel korelasyonlardır. Bu konuya dünyadaki en zor ve kritik teknolojik alanlardan bir tanesi olan gaz türbinli motorlar üzerinden bir örnek verilebilir.

Havacılık gaz türbinli motorları alanında dünyanın en büyük OEM yani orjinal ekipman üreticileri arasında General Electric, CFM International, Rolls Royce ve Pratt&Whitney başta gelmektedir. Bu şirketler dünyadaki havacılık motorlarının ki özellikle dünyada aktif bir şekilde havacılıkta kullanılan turbofan motorların yüzde 90'ını üretmektedirler.⁶¹ Bu şirketlerin envanterlerinde geliştirdikleri, geliştirmek üzere oldukları veya geliştirmeye devam ettikleri yüzlerce motor bulunmaktadır.

Bu şirketler motor geliştirirlerken, geçmişte edindikleri araçları ve tecrübeleri kullanırlar ve bu durum onların pazardaki liderliğini korumalarına yardımcı olur. Örneğin, motorun çeşitli bölümlerinin tasarım süreçlerinde kullanılmak üzere elde ettikleri bazı özel “katsayılar” vardır. Örneğin, bu firmalar dışında, bu şirketlerin tecrübelerine ve bilgi birikime sahip olmayan şirketler, klasik termodinamik yasalarına bağlı olarak ürün geliştirmeye çalıştıklarında, tasarım ve test süreçlerinde yapılan hesaplamaların gerçek testler sonucu elde edilen değerler ile uyuşmadıklarını fark ederler. Bu farklılıklar hala gaz türbinli motorların tasarımında kullanılan akışkanlar mekaniği, malzeme, termodinamik vb. bilimsel alanlarda keşfedilmemiş veya herhangi bir kanun & denklem ve günümüz hesaplama teknolojileri kullanılarak açıklanması veya yüksek doğruluk ile hesaplanması mümkün olmayan doğal fenomenlerdir.

Bu fenomenlerin oluşturduğu durumları gören, geçmişte aynı denklemler ile motorları tasarlamaya çalışan ama yaşadıkları sorunlar sebebi ile bu he-

61. The Market For Aviation Turbopfan Engines, Forecast International, https://www.forecastinternational.com/fistore/prod.cfm?FISSYS_RECNO=11&title=The-Market-for-Aviation-Turbopfan-Engines, (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023).

saplamaların tamamen veya kısmen geçerli olmadığını gören şirketler çeşitli alanlarda sahip oldukları tecrübeler ışığında bazı katsayılar geliştirmiştir. Örneğin, motorun içerisinde yer alan bir kanalda ses hızına ulaşması beklenen bir hava akımının, kanala giriş ve çıkış noktalarındaki basınç oranları termodinamik kanunlarına göre belirlidir ve hesaplamalarda bu kanunlara göre yapılır ancak gerçekte bu durum böyle olmamaktadır zira buradaki denklemler her zaman “ideal” bir gaz varsayımına dayanır. Bu gibi durumlarda söz konusu şirketlerin kendilerine has tecrübe ettikleri bazı katsayılar vardır ve o katsayıları kullanarak doğru çözümlere ulaşırlar. İşte bu durum tam olarak bir şirketin kültürüne ve bilgi birikimine örnek gösterilebilir.

Bununla birlikte bileşen geliştirmenin en önemli bir diğer zorluğu ise kaynak yetersizliğidir. Kaynak yetersizliği denildiğinde akıllara ilk olarak insan kaynağı ve maddi sermaye gelebilir ancak bunların dışında çok önemli bir parametre daha söz konusudur. Bu parametre ise o bileşeni geliştirmek istediğiniz ülke, yani içinde bulunduğunuz ortamdır. Zira bu denli derin teknolojileri geliştirme yoluna girdiğiniz takdirde rakiplerinizi ile bir rekabete girmeniz gerekir. Bu rekabet hem siyasi bir konjunktür içerisinde gerçekleşir hem de aslında dünyada sınırlı ve koruma altında olan bazı kaynaklara erişim kabiliyetini gerektirir.

Bir örnek verecek olursa, Amerika Birleşik Devletleri küresel gücünü ve teknolojik üstünlüğünü korumak için yarı iletken teknolojisindeki liderliğini Çin’e veya Avrupa’ya kaptırmak istemez. Bu ABD’nin stratejik bir hedefidir. Tayvan merkezli TSMC gibi dünyanın en büyük yarı-iletken üreticisine, Tayvan üzerinde sahip olduğu siyasi/ekonomik güç ile bir nevi ABD’ye yatırım yapmaya, üretimi ABD’ye taşıması için baskı yapar. Bir yandan bu alandaki en büyük rakibi olan Çin’in en önemli yarı-iletken üreticilerine ambargolar koyar, ilgili şirketleri ise yaptırım listesi içerisine alır. Çin ise ABD’nin bu stratejisine karşı bir hamle olarak sahip olduğu ve yarı iletken üretiminde çok önemli bir yere sahip olan nadir toprak elementleri üzerinde ABD’ye erişim zorlukları getirir.

Çin dünyada bilinen nadir toprak elementleri rezervlerinin yaklaşık yüzde 40’ına, dünyadaki toplam üretimin ise yaklaşık yüzde 60’ına tek başına sahiptir.⁶² Nadir toprak elementlerinin en belirgin özelliği ise başta yarı-ilet-

62. Mineral Commodity Summaries 2022 - Rare-Earths, United States Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-rare-earths.pdf>, (Erişim Tarihi: 16 Ocak 2023).

kenler olmak üzere, radarlar, havacılık motorları, seramikler, lazerler, mik-natislar, televizyonlar, görüntü panelleri vb. birçok yüksek teknoloji ürünün başlıca hammaddeleri arasında bulunmasıdır. Çin özellikle nadir toprak elementleri üzerinde sahip olduğu rezerv ve üretim üstünlüğü sayesinde bu kabiliyetini ABD'nin yaptırım ve teknolojik erişim engellerine karşı bir denge unsuru kullanmaktadır.

ABD ve Çin gibi dünyanın iki süper gücü arasındaki bu çekişmeden de anlaşılacağı gibi bileşenlerin geliştirme sürecinin, yani derin teknolojilere sahip olmanın en önemli koşullarından bir tanesi bu teknolojiyi geliştirecek şirketin bulunduğu ülkedir. İlgili ülkenin ekonomik, siyasi ve coğrafi altyapısı ne kadar yeterli ise bu teknolojileri geliştirmek ve bu gelişimi sürdürülebilir kılmak için gereken şartlar o kadar fazla yerine getirilmiş olur.

Bu örneğin bize anlatacağı en önemli nokta ise her durumun birbirinden özel bazı koşullar ve çevresel şartlar barındırdığıdır. Neticede her ülkenin kendine has idealleri, riskleri ve tehditleri vardır. Ülkelerin sahip olduğu riskler ve tehditler de yine bu idealler etrafında şekillenir. Türkiye'nin 21. yüzyıldaki ideallerine baktığımız takdirde önce bölgesel sonra ise küresel bir güç olma ideali içerisinde olduğunu, bu ideallerin getirdiği başta doğu ve güney sınırlarımızdaki çatışma ortamları ile birlikte Ukrayna-Rusya, Azerbaycan-Ermenistan ve Libya iç savaşı gibi Türkiye'nin doğrudan veya dolaylı olarak müdahil olduğu çatışma ortamlarının ortaya çıkardığı riskler ve tehditler bulunmaktadır.

Bu bölümde verilen örnekler ve söz edilen kavramlara bakıldığı takdirde ülkeler için stratejik önem arz eden bazı teknolojiler bulunmaktadır. Tabi ki her devlet mümkün olan her alanda dünya lideri olmak veya liderliğini devam ettirmek ister. Bu gücün ve dolayısıyla liderliğin korunması anlamına gelmektedir ancak bu durum eğer ülkelerin risk, tehdit, imkân, kabiliyet ve kapasiteleri ile uyuşmadığı takdirde sonu hep hüsrana ile bitmektedir. Bu nedenle "stratejik önem" kavramının ne olduğu doğru bir şekilde irdelenmelidir.

Stratejik önem erişilebilirliktir. Erişilebilirlik bir ülkenin elindeki her türlü yer altı, yer üstü, coğrafi, siyasal, ekonomik, sosyal vb. tüm kaynaklarının göz önünde bulunduğu takdirde sahip olduğu veya olabileceği varlık ve imkanlar olarak özetlenebilir. Burada sadece aktif kaynaklar değil, edinilmesi olasılık dahilindeki varlıklar da ima edilmektedir. Erişilebilirlik kavramı ve erişilebilirliğin neden stratejik önemi işaret ettiği aslında bu bölüm boyunca çeşitli örnekler ile aktarılmaya çalışılmıştır.

Günümüzde birçok devletin veya vatandaşlarının temel hayali yarı-iletken teknoloji konusunda teknoloji kazanmaktır. Bugün birçok uzman da Türkiye'nin veya Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin yarı-iletken teknolojilerine yatırım yapması gerektiğinin ısrarla altını çizmektedir. Bununla birlikte önceki bölümlerde anlatıldığı gibi yarı-iletkenleri geliştirmek için gereken nadir toprak elementleri yani ham maddeler ve bu ham maddeleri birer yarı iletkene dönüştürecek olan üretim teknolojileri bazı ülkelerin tekeli ve koruması altındadır. Üretim teknolojisi konusundaki bu tekel ve koruma her ne kadar zor olsa da erişilmesi imkânsız değildir. Bununla birlikte ham madde de ise erişilebilirlik önemli bir sorundur zira bu ham madde ülkenizin sınırları içerisinde ya vardır ya da yoktur. Eğer ham maddeye erişim konusunda bir muamma söz konusu ise bu teknoloji en azından erişim sorunu yaşayan ülke için stratejik bir önem olmaktan çıkmaktadır zira bu zaten erişilebilir bir teknoloji değildir.

Bu durum üretim teknolojisini elinde bulunduran ülkeler için bile ciddi bir sorundur. Yine yukarıdaki örneklerde anlatıldığı gibi yarı-iletkenlerin ana ham maddesi olan nadir toprak elementlerinin dünyada bilinen rezervlerinin önemli bir kısmı Çin'de bulunmaktadır. Bu sebeptendir ki Çin bu kaynaklara sahip olması nedeni ile geçmişte ABD ile bir ticaret savaşına girişmiş ve bu savaş Çin'in nadir toprak elementlerinin ABD'ye sevkiyatını yasaklama ihtimalini ortaya atana kadar devam etmiştir. Neticede ABD bile üretim teknolojisine sahip olsa da ham maddeye erişim sorunu yaşama riskini göze alamamıştır.

Burada anlatılmaya çalışılan husus ile bakıldığı takdirde ülkeler kendileri için stratejik önem ifade eden, yani erişilebilirlik sorunu olmayan teknolojilere yine kendi askeri doktrinleri içerisinde ortaya çıkan risk, tehdit, ideal, koşul, kaynak vb. birçok durumsal parametreye bakarak bir önem atfetmektedir veya atfetmelidirler. Burada anlatılmaya çalışılan bu düşünce ile bakıldığı takdirde önceki bölümlerde anlatılan çeşitli sistem üstü sistem, sistem ve alt sistemlerin hangilerinin ne derece stratejik öneme sahip olduğu da ortaya çıkmaktadır.

Şimdiye kadar anlatılan ağ merkezli harp yapısı, bu yapı içerisinde kullanılan sistem üstü sistem, sistem ve alt sistemler dikkate alındığı takdirde tüm bu birimler içerisinde çeşitli bileşenler bulunmaktadır. Tüm bu bileşenler aslında birer donanım ve yazılımlardan oluşmaktadır. Bununla birlikte bu donanımların hem geliştirmesi hem de ilgili diğer birimlerin kullanılabilir bir hale getirilmesi için ise üretim teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

ii. Stratejik Öneme Sahip Bileşenler

Önceki bölümlerde çeşitli amaç ve kapsamlara sahip birçok sistem üstü sistem, sistem ve alt sistem detaylı bir şekilde incelenerek harp sahasında söz konusu yapıların nelerden oluştuğu, hangi görevleri yaptığı ve bu yapılar arasındaki bütünlüğün nasıl gerçekleştiği detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Yine önceki bölümlerde belirtildiği gibi bir sistemin ilgili bir görevi alt sistemleri aracılığı ile gerçekleştirdiği veya gerçekleştirebilecek kabiliyete bu alt sistemler aracılığı ile ulaştığı tekrar tekrar vurgulanmıştır.

Alt sistemlerin sistemlere kazandırdıkları bu kabiliyetler ve özellikler ise alt sistemlerin bünyelerinde barındırdıkları çeşitli bileşenlerin sahip olduğu yetkinliklerin bir bütün olarak bir alt sistem tarafından yönetilmesi sayesinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle en temelde bileşenler söz konusu bu mimarinin en temelini oluşturan önemli yapı taşlarıdır.

Bileşen kavramı birçok farklı sistem için çok farklı birimleri işaret edebilmektedir. Örneğin, bir komuta kontrol sistemi içerisinde yer alan gömülü bilgisayar bir bileşendir. Bu bileşen çeşitli mikroişlemciler ve bu mikroişlemciler etrafında şekillenen diğer entegre devrelerden oluşur. Yine bir IKG alt sistemi olan EO/IR sistemleri içerisinde ise bileşen olarak tabir edilen birimler bir gün ışığı/kızılötesi kamera veya lazer işaretleyici olabilmektedir. Keza bu kameralar ve lazerlerde bir görüntüleme sensörü ve lazer diyotu etrafında şekillenen diğer entegre devrelerden oluşmaktadır.

Buradan da anlaşılacağı üzere bileşen bir alt sistem içerisinde tek başına bir fonksiyonu bulunan en temel yapı taşlarından oluşmaktadır. Bu bileşenler yine tek başlarına kullanıldıkları takdirde farklı amaçlara hizmet ederek hem sivil hem de askeri amaçlar için kullanılabilir. Bununla birlikte daha önceki bölümlerde irdelenen tüm bu sistemler bünyelerinde çok fazla sayıda bileşen barındırmaktadırlar ve bu bileşenlerin her birinin farklı amaçlara hizmet ettiği ve farklı kabiliyetlere sahip olduğu düşünülürse her biri önemli birer birimdir.

Yine bu bölüm içerisinde değinildiği gibi bu bileşenler arasında stratejik bir önem sıralaması yapıldığı takdirde bazı bileşenler ön plana çıkmaktadır. Söz konusu bu bileşenler yine önceki bölümlerde anlatılan, stratejik önemine göre detaylı bir şekilde irdelenen doktrinler, sistem üstü sistemler, sistemler, platformlar ve alt sistemler ile birlikte Türkiye'nin sahip olduğu imkân, kabiliyet, kaynak, risk, tehdit ve idealler göz önünde bulundurulduğu takdirde neden biraz sonra söz edilecek bileşenlerin Türkiye açısından stratejik önem

ifade ettiği açıkça anlaşılmaktadır. Bu bileşenleri yine bu bağlamda önem sırasına göre sıralayacak olursak:

- Lazerler
- Kameralar
- Radarlar

olarak sıralamak yanlış olmayacaktır.

4.3.1. Lazerler

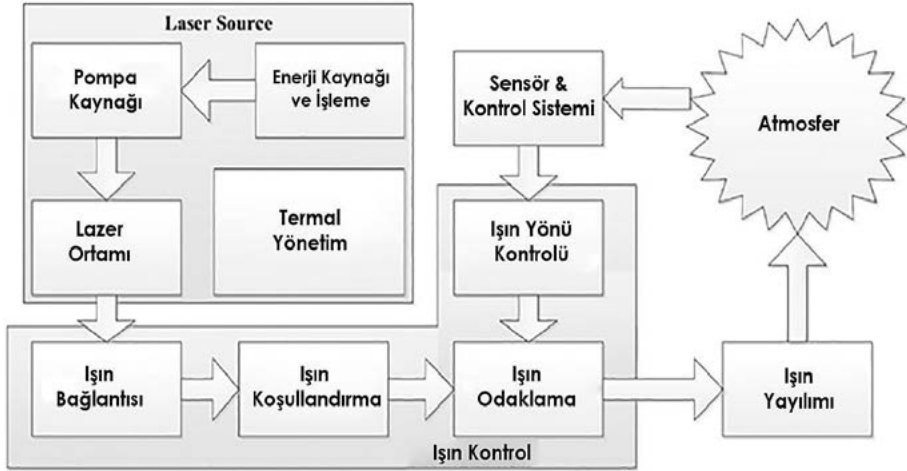
Lazer, belirli bir dalga boyundaki ışığın uyarılmış bir radyasyon yardımı ile yükseltilmesini sağlayan bir optik bir birimdir. Adını “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden alır ve bu isim “ışığın uyarılmış ışımaya ile yükseltilmesi” anlamına gelmektedir. Tarihte geliştirilen ilk lazer 1960 yılında Amerikalı Fizikçi Theodore Maiman tarafından geliştirilmiştir.

Lazerin çalışma prensibi, ışığın yayılma şekliyle ilgilidir. Normal bir ışık kaynağı, ışığı farklı yönlere, belirli dalgalar boylarında yayarak geniş bir spektrum oluşturur. Lazerler ise, ışığı dar bir hüzmeye halinde yayarak uyumlu bir ışık kaynağı oluştururlar.

Lazerin çalışma prensibi, aktif ortamın içinde depolanan enerjinin pompalama kaynağı tarafından uyarılması ve atomların yüksek enerji seviyelerine yükselmesiyle başlar. Aktif ortam, cam, kristal veya gaz gibi malzemelerden yapılmış bir lazer ampulüdür. Uyarılma, pompalama kaynağı tarafından sağlanan enerjinin aktif ortama verilmesiyle gerçekleşir. Atomlar yüksek enerji seviyelerine yükseldiğinde, bu enerji bir foton yayar ve bu fotonlar aktif ortamda rezonatör kavramıyla oluşturulmuş optik bir boşluğun içinde yansır. Rezonatör, lazer ışığının oluşması ve yansması için tasarlanmış bir yapıdır. Bu yansıma, fotonların birbirleriyle etkileşim kurmasına ve aynı doğrultuda hareket etmesine izin verir. Sonuç olarak, yüksek yoğunluklu, tutarlı bir ışık demeti oluşur ve lazer ışığı elde edilir.

Lazerler, farklı dalga boylarında çalışabilirler ve birçok uygulama için farklı tipleri mevcuttur. Örneğin, bazı lazerler cildin altındaki kıl köklerini tahrip etmek için epilasyon amacıyla kullanılırken, bazı lazerler uydu iletişimi veya hassas ölçüm cihazlarında kullanılır. Buradan da anlaşılacağı üzere lazer teknolojisi hayatın her alanında kendine yer edinen oldukça yaygın bir teknolojidir.

Şekil 59: Pompa tipi bir lazerin en genel hali ile çalışma prensibi



Kaynak: Ahmed, Syed Affan, Mujahid Mohsin, and Syed Muhammad Zubair Ali. "Survey and technological analysis of laser and its defense applications." *Defence Technology* 17.2 (2021): 583-592.

Lazerler buradan da anlaşılacağı üzere çeşitli elektronik donanımlar, yazılımlar ve lazer ışının oluşmasını sağlayan lazer ortamından oluşmaktadır. Lazer tarafından belirli bir dalga boyunda üretilen bu ışınlar dalga boyuna bağlı olmakla birlikte gözle görülebilmektedir. Bununla birlikte ışık fotonlar aracılığı ile taşınan ve enerjiye sahip bir olgu olduğu için lazer ışınları aynı zamanda bir enerjiyi ilgili hedefe iletmek için de kullanılmaktadır. Temel amacı belirli bir hedefe yönelik bir ışık yönlendirmek olan lazerler hem askeri hem de sivil alanlarda hayatın önemli bir parçası haline gelmiştir.

Askeri alanda IKG sistemleri içerisinde sıklıkla kullanılan lazerler, bir mühimmatın güdümlenmesi, bir hedefin işaretlenmesi, belirli bir mesafenin ölçülmesi, bir hedefin imha edilmesi veya belirli bir alanın haritasının çıkarılması gibi pek çok farklı görevde kullanılabilir. Bununla birlikte lazerler askeri teknolojilerde kimi zaman bir haberleşme sistemi olarak da karşımıza çıkmaktadır.

Temel amacı belirli bir noktaya bir ışını odaklamak olan lazerler, ışının sahip olduğu enerjiyi kullanarak hedeflenen bölgeye önemli bir enerji aktarmış olur ve bu sayede hedeflendiği noktayı kesebilir, eritebilir, delip geçebilir veya daha zayıf bir enerji ile giderek hedeften yansıyabilir. Tüm bu özelliklerine bakıldığı zaman lazerler hem askeri hem sivil alanda çok ciddi bir kullanım alanına sahiptir.

Keza lazerler belirli bir noktaya yine yukarıda söz edilen bileşenler yardımı ile çok hassas bir şekilde enerji verebildiği için çok hassas üretim yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Günümüzde en hassas şekilde üretilmesi gereken ürünlerden bir tanesi olan yarı-iletkenler de yine lazer sistemleri tarafından üretilmektedir. Bir yarı iletken için sıklıkla kullanılan 3 nanometre, 5 nanometre gibi ifadeler aslında üretim teknolojisini ifade eder ve bu kadar küçük aralıklarla üretim yapmak günümüzde ancak lazer ışınları ile mümkün olmaktadır.

Lazerlerin söz konusu kullanım alanlarına bakıldığı takdirde teknolojik yayılımının çok yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte lazerler diğer teknolojilere kıyasla hala oldukça yeni ve bakir bir teknoloji alanıdır. Özellikle askeri teknolojilerde son yıllarda lazer silahları gittikçe popülerliğini artırmış ve bu alanda çalışma yapan ülkelerin sayısı da hızla artmıştır.

Bununla birlikte lazeri oluşturan temel bileşenler optik ve elektronik temelli bileşenlerdir. Elektronik temelli bileşenlere erişilmesi günümüzde gittikçe daha kolay bir hal almaktadır zira bu alanda teknolojik yayılım oldukça yüksektir. Bu elektronik bileşenler genellikle diyot gibi entegre devrelerden veya mikroişlemcilerden oluşmaktadır. Ancak optik bileşenler için bu durum geçerli değildir. Optik bileşenler ham madde kaynaklı bileşenler oldukları için erişilebilirlik seviyeleri elektronik bileşenlere kıyasla daha düşüktür.

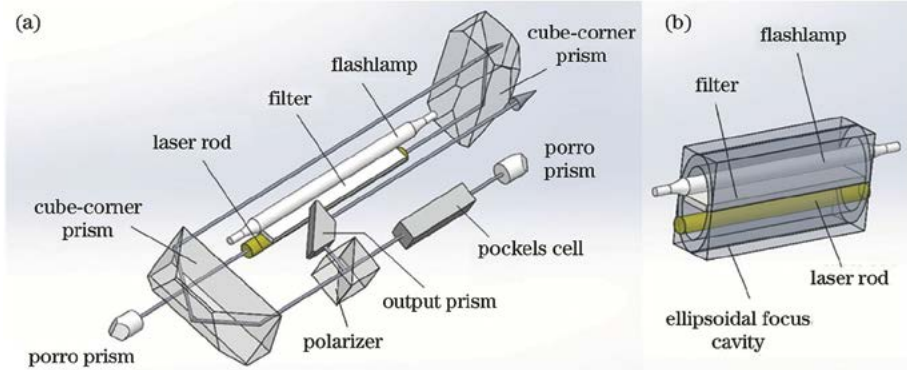
Bir lazer sistemin kullanılan temel optik bileşenler lazer ortamının oluşturulması için kullanılmaktadır. Söz konusu bu optik bileşenler şu şekilde sıralanabilir:

- Kristaller (Nadir toprak metalleri veya Geçiş Metalleri, Neodyum&Krom vb.)
- Camlar (Silika&Fosfat vb.)
- Gazlar (Helyum, Neon, Argon vb.)
- Yarı-iletkenler (Galyum Arsenit, Indiyum Galyum Arsenit)

Söz konusu bu lazer ortamları içerisinde en sık kullanılan yapılar kristallerdir. Kristaller genellikle nadir toprak elementlerinden oluşan ve belirli şekillerde işlenen yarı mamül malzemelerden oluşmaktadır. Bu kristallerin optik özellikleri, lazer ışığının üretilmesi ve yansıtılması için önemlidir. Lazer kristalleri, pompa kaynağı tarafından uyarıldığında, içindeki atomların yüksek enerji seviyelerine yükselmesine neden olan lazer enerjisi üretmek için aktif ortam olarak hareket eder. Bu yüksek enerjili atomlar, bir foton yayar ve lazer ışığı üretmek için diğer atomlarla etkileşime girer. Kristal yapısı, lazer ışığı

ğının doğru şekilde yansıtılmasını sağlar ve lazer ışığının tutarlılığına ve kalitesine katkıda bulunur. Söz konusu bu kristallere erişim lazer teknolojilerine erişimin de anahtarı olacaktır.

Şekil 60: AN/AVQ25 Lazer Mesafeölçer Diagramı



Kaynak: Feng, Ao, Xiaoyun Le, and Xiaofu Zhang. "Research progress on laser device used in laser target designer." *Laser & Optoelectronics Progress* 56, no. 1 (2019): 010002.

Buradaki örneklerden de anlaşılacağı üzere lazerler hem sivil hem de askeri alanlarda yaygın bir şekilde kullanılan önemli bir teknolojidir. Lazer teknolojilerinin Türkiye için stratejik bir öneme sahip olması yani erişilebilir olması ise Türkiye'nin hem bu alanda geçmişte çeşitli çalışmalar yapıp ürünler geliştiriyor yani bir bilgi birikime sahip nitelikli insan kaynağına sahiptir. Ülkemizde özellikle lazer sistemleri alanında ASELSAN ve TÜBİTAK BİLGEM önemli çalışmalar yapmış ve yapmaya devam etmektedir. Bununla birlikte Türkiye'nin bu alandaki en önemli avantajlarından bir tanesi sahip olduğu yer altı kaynaklarıdır. Özellikle Türkiye'nin 2022 yılında Eskişehir'de keşfettiği 694 milyon tonluk rezerv ile dünyada Çin'den sonra keşfedilen rezerv miktarında 2. sıraya yükselmiştir.⁶³ Bu sayede lazer teknolojilerinin geliştirilmesinde en önemli gerekliliklerden bir tanesi olan ham madde erişimi de sağlanabilmektedir. Tüm bu parametreler alt alta konulduğu takdirde lazer teknolojisine sahip olmak Türkiye için stratejik bir önem arz etmektedir.

63. "Bakan Dönmez duyurdu! İşte dünyanın ikinci büyük rezerv keşfinin detayları," *Hürriyet*, 1 Temmuz 2022, <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/bakan-donmez-duyurdu-iste-dunyanin-ikinci-buyuk-rezerv-kesfinin-detaylari-42094075>, (Erişim Tarihi: 13 Mart 2023).

4.3.2. Kameralar

Kameralar bir sahneye ait anın görüntü şeklinde kaydedilmesini sağlayan cihazlara verilen addır. Kamera içerisinde sahneye ait ışığı veya ışımayı belirli bir noktaya toplayan optik elemanlar ve toplanan noktada ışığın veya ışımanın bir dijital veriye dönüşmesini sağlayan sensörlerden oluşmaktadır. Söz konusu bu sensörler optik elemanlar vasıtasıyla üzerine düşen ışık veya ışımayı kendine has yapıları sayesinde bir görüntüye dönüştürür ve görüntü bu şekilde oluşmuş olur.

Kameraların bünyesinde çeşitli optik elemanlar bulunmaktadır. Bu optik elemanlar genellikle mercekler, lensler veya bu bileşenleri oluşturan yarı mamül camlardan oluşur. Tüm bu optik elemanların en temel görevi, ışığı veya ışımayı belirli bir noktaya toplamak veya belirli bir noktadan uzaklaştırmaktır. Günümüzde çeşitli kameralarda kullanılan birçok farklı malzemeden yapılmış optik elemanlar bulunmaktadır. Genellikle ışığın veya ışımanın sahip olduğu dalga boyu, enerji veya kullanılacağı çevresel şartlara göre bu elemanların üretildikleri ham maddeler değişebilmektedir.

Bununla birlikte bir kameranın iletilen ışık veya ışımayı görüntüye çeviren en temel organı sensörlerden ve bu sensörlerin etrafında şekillenen elektronik bileşenlerdir. Söz konusu bu sensörlere “görüntüleme sensörleri” adı verilir. Görüntüleme sensörleri yine kameranın tipine ve amacına göre değişmektedir.

Gün ışığı kamerası, gündüz kamerası veya elektro-optik kamera olarak bilinen ve günlük hayatımızda sıkça kullanılan bu kameralar dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunan farklı şirketler tarafından geliştirilen görüntüleme sensörleri kullanmaktadır. Bu tipteki görüntü sensörleri genellikle MEMS (Mikro-Elektro Mekanik Sistem) tabanlı olup, sensör üzerine düşen ışınların MEMS entegreleri yardımı ile sayısal bir veriye dönüştürülmesi ve sonrasında matematiksel işlemler yardımı ile farklı renk uzaylarında renklendirilmesi prensibine dayanmaktadır.

Görüntüleme sensörleri günümüzde mimarilerine göre iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar CCD ve CMOS sensörlerdir.

CCD (Yük bağlaşımlı aygıt) sensörleri, sensörü çevreleyen devre kullanılarak ardışık olarak piksel ölçümlerini belirli bir formata dönüştürme prensibine dayanmaktadır. CCD’ler tüm pikseller için bu pikselleri yöneten tek bir yükselteç kullanır. CCD’ler özel ekipmanlarla dökümhane adı verilen tesislerde üretilmektedir ve bu üretim tekniği sebebiyle CCD sensörlerin maliye-

ti CMOS sensörlere kıyasla daha yüksektir. Bununla birlikte CCD sensörlerin CMOS sensörlere kıyasla bazı avantajları da bulunmaktadır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Özellikle düşük ışık koşullarında daha az gürültü ve daha yüksek kaliteli görüntüler
- Daha iyi renk derinliği
- Daha yüksek çözünürlük ve ışık duyarlılığı

CMOS (Tamamlayıcı Metal Oksit Yarı-iletken) sensörleri, sensör üzerindeki devreleri kullanarak, CCD sensörlerin aksine aynı anda piksel ölçümlerini dönüştürme prensibine dayanmaktadır. CMOS sensörleri, her bir piksel için ayrı yükselteçler kullanır. CMOS sensörler günümüzde en yaygın kullanılan sensörlerdir. Bunun temel sebebi üretim yöntemlerinin CCD'lere göre çok daha kolay olması ve bu durumun getirdiği maliyet avantajıdır. CMOS sensörlerin de CCD sensörlere kıyasla bazı avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

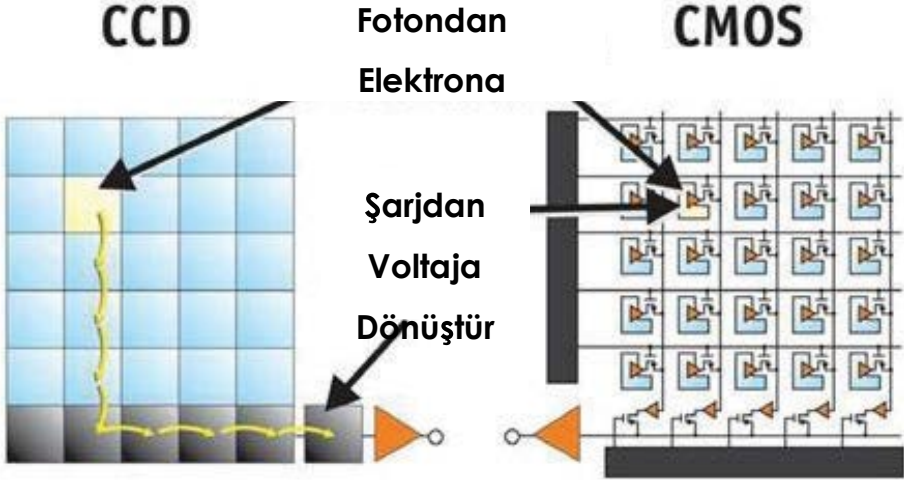
- Aynı anda piksel ölçümü yapabildiği için daha yüksek işlem hızı
- Bir CCD'den 100 kata kadar daha düşük güç tüketimi
- Üretim yöntemi sebebiyle CCD sensörlerden çok daha ucuz olması

Gün ışığı kameraları her ne kadar hayatımızın her alanında karşımıza çıkıyor olsa da dünyada bu tip kameraların en temel bileşeni olan görüntüleme sensörlerini üreten şirketlerin sayısı çok azdır. Bu şirketlerden dünyadaki üretim adedi ve pazar payına göre kıyaslandığı takdirde önemlileri Japonya merkezli üç şirkettir. Bu şirketler Sony, Canon ve Nikondur. Özellikle Sony çok geniş bir ürün yelpazesinde hem askeri hem sivil alanda kullanılan çeşitli görüntüleme sensörleri üretmektedir. Söz konusu bu Japon şirketleri dışında İsveç, ABD, Danimarka da görüntüleme sensörü üretme kabiliyetine sahip ülkeler arasında yer almaktadır.

Gün ışığı kameraları dışında askeri alanlarda en sık kullanılan kameralar kızılötesi kameralardır. Kızılötesi kameralar, elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesindeki radyasyonu algılayan ve bu radyasyonu bir elektriksel gerilme çeviren görüntüleme sensörleri yardımı ile görüntü oluşturan cihazlardır. Bu kameralar, çevredeki nesnelere oluşturdukları termal ışığa yardımcı ile görüntü oluştururlar.

Kızılötesi kameralar, iki temel bileşen içerir: bir kızılötesi sensör ve bir işlemci. Kızılötesi sensör, çevredeki nesnelere tarafından yayılan kızılötesi radyasyonu algılar ve bunu bir elektriksel gerilime dönüştürür. Bu radyasyon,

Şekil 61: CCD ve CMOS Sensör



Kaynak: Polatoğlu, Ahmet, ve İmam Can Özkesen. "Working Principles of CCD and CMOS Sensors and Their Place in Astronomy." *Journal of Anatolian Physics and Astronomy* 2.1 (2022): 51-59.

nesnelerin sıcaklıklarına yani sahip oldukları enerjiye göre değişir ve sensör bu değişimleri algılayarak elektriksel sinyallere dönüştürür. Bu sinyaller, işlemciye gönderilir ve burada bir görüntü oluşturmak için işlenir.

Kızılötesi kameralar, genellikle iki farklı görüntüleme yöntemi kullanırlar: termal ve gece görüşü. Termal görüntüleme yöntemi, nesnelerin yaydığı kızılötesi radyasyonu ölçerek sıcaklık haritası oluşturur. Bu harita, daha yüksek sıcaklık değerlerini daha parlak renklerle ve daha düşük sıcaklık değerlerini daha karanlık renklerle gösterir. Gece görüşü yöntemi ise, çevredeki ışık olmadığında bile görüntüleme yapabilmesi için kızılötesi aydınlatmayı kullanır. Bu aydınlatma, nesnelerin yüzeylerinden yayılan kızılötesi radyasyonu artırarak, kızılötesi sensörün daha net bir görüntü oluşturmasına yardımcı olur. Bu tipteki kameralar algıladıkları dalga boylarına göre farklı amaç ve tipte olurken şu şekilde sıralanabilir:

- Uzun Dalga Boyu Kızılötesi Kamera (LWIR)
- Orta Dalga Boyu Kızılötesi Kamera (MWIR)
- Kısa Dalga Boyu Kızılötesi Kamera (SWIR)

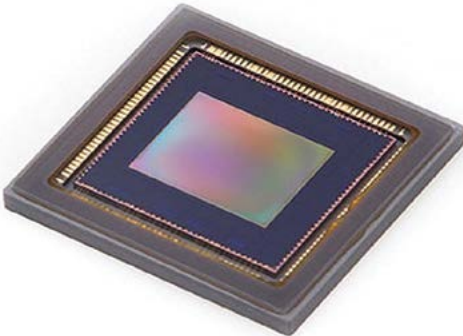
Söz konusu kameralar yine daha önceki bölümlerde detaylı bir şekilde irdendiği için bu bölümde tekrar irdelenmeyecektir. Bununla birlikte kızılötesi kameralarda kullanılan görüntüleme sensörleri, klasik gün ışığı kameralarındaki sensörlerden çok daha farklı bir yapıdadırlar. Bu sensörler farklı

tipteki kameralar için farklı malzemelerden üretilmektedir. Örneğin, LWIR kameralarda kullanılan sensörler genellikle Vanadyum Oksit'den (VO_x) üretilirken, MWIR kameralar ise İndiyum Arsenit Antimonid'den (InAsSb) üretilirken, SWIR kameralar genellikle İndiyum Galyum Arsenit(InGaAs) malzemenen üretilmektedir.

Günümüzde kızılötesi kameralar konusunda çalışma yapan birçok önemli şirket ve ülke bulunmaktadır. Bu şirketlerin başında ABD merkezli FLIR Systems L3 Harris, Raytheon ve Honeywell ile İtalyan Leonardo, Fransız SAFRAN ve Lynred ile Çinli GST önemli bazı büyük şirketler arasında gösterilebilmektedir. Türkiye'de de ASELSAN tarafından yerli imkanlar ile tasarlanan ve üretilen LWIR ve MWIR tipinde kızılötesi görüntüleme sensörleri bulunmaktadır. Bununla birlikte kızılötesi sensörlerin üretilmesi günümüzde belirli ülke ve şirketlerin henüz tekeli altına girmemiş ve hatta dünyanın birçok noktasında bulunan çeşitli KOBİ'ler tarafından bile üretim ve tasarım yapılabilmektedir.

Kamera teknolojisinin hem sivil hem de askeri alanda ciddi bir yere sahip olması ve bu teknolojinin etrafında şekillenen diğer teknolojiler kameralara olan ilgiyi her geçen gün artırmaktadır. Özellikle gelecekte hayatın bir parçası olacak insansız sistemler, akıllı şehirler ve her alanda yaşanacak dijital dönüşümün en önemli parçası kameralar olacaktır. Bununla birlikte kameralar ve görüntüleme sensörleri için her ne kadar ham maddeye erişim lazerlere kıyasla daha kolay olsa da özellikle gün ışığı kameralarının üretim teknolojilerinde ciddi bir tekelleşme söz konusudur zira bu sensörlerin üretimi yarı iletken teknolojisi ile aynı temellere dayanmaktadır.

Bununla birlikte yine yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı üzere kızılötesi kameralardaki durum gün ışığı kameralarına kıyasla daha farklıdır. Zira



Şekil 62: CMOS Sensör

Kaynak: Elprocus, <https://www.elprocus.com/cmos-sensor/>, (Erişim tarihi: 11 Nisan 2023).

kızılötesi sensörlerin üretim teknikleri ve bu sensörlerin üretiminde kullanılan çeşitli materyallere erişim nispeten daha kolaydır. Bununla birlikte kızılötesi kameralarda çok sayıda üreticinin varlığı, pazarın gittikçe genişlemesi, bu teknolojinin gün ışığı kameralarına kıyasla nispeten daha “bakir” bir durumda olması bu alanda çalışmalar yapılması için uygun bir ortam oluşturmaktadır.

4.3.3. Radar

Radar, “RADio Detection And Ranging” kelimelerinin kısaltılmasıyla oluşmuş bir kavramdır. Elektromanyetik dalgaların gönderilmesi ve geri yansımalarının alınması yoluyla uzak mesafelerdeki nesnelere tespit edilmesine yarayan bir sistemdir. Özellikle hava, deniz ve kara araçları gibi hareketli hedeflerin takibi, yer tespiti ve uzaklık hesaplaması gibi amaçlarla kullanılan bir teknolojidir. Radar sistemleri, gönderilen elektromanyetik dalgaların nesnelere tarafından yansıtılması ve alıcının bu yansımaları algılaması prensibine dayanır.

Radar, genellikle bir verici anten tarafından üretilen elektromanyetik dalgaları yayarak başlar. Yayılan dalgalar, bir nesneye çarpıp geri yansıdığı anda, bir alıcı anten tarafından algılanır. Alıcı anten, yansıyan dalgaları alarak, nesnenin konumunu, mesafesini, yönünü ve hızını belirlemek için gerekli hesaplamaları yapar.

Radar’ın çalışma prensibi Elektromanyetik dalgaların hızı ve yansımanın zamanına dayanır. Gönderilen elektromanyetik dalgalar, hızları sabit olduğundan, yansımanın zamanı nesnenin uzaklığına bağlıdır. Radar, yansımanın zamanını ölçerek, nesnenin konumunu ve mesafesini hesaplar. Ayrıca, yansıyan dalgaların frekansı değişebildiğinden, bu değişim hızı da nesnenin hızı hakkında bilgi sağlar.

Radarlar, birçok alanda kullanılan önemli bir teknolojidir. İşte bazı kullanım alanları:

- Savunma Sanayii: Radarlar, askeri savunmada önemli bir rol oynar. Uçak, helikopter, gemi, roket ve füze gibi hava araçlarını izleyerek hava savunma sistemleri için erken uyarı sağlar. Düşman hava araçlarını tespit etmek ve izlemek için kullanılır. Güvenli seyir yapmaktan hasım kuvvetlerin tespitine mühimmatların hedefine ulaşması için arayıcı başlık olarak kullanılmasına kadar onlarca farklı kullanım şekli vardır.

- Hava Trafik Kontrolü: Hava trafik kontrolü, havaalanları ve uçuş kontrol merkezleri gibi alanlarda radar teknolojisi kullanılır. Radarlar, uçakların yükseklik, hız ve konumlarını takip eder ve bu bilgileri hava trafik kontrolörlerine ileterek uçuşların güvenliğini sağlar.
- Meteoroloji: Radarlar, atmosferik koşulları takip etmek için kullanılır. Meteoroloji radarları, yağmur, kar ve diğer hava olaylarının izlenmesi için kullanılır.
- Denizcilik: Radarlar, gemilerin ve deniz araçlarının navigasyonunu kolaylaştırmak için kullanılır. Radarlar, diğer gemileri, kıyı hatlarını, limanları ve diğer deniz engellerini tespit ederek güvenli seyir için önemli bir araçtır.
- Yerel Radyo ve TV Yayınları: Radarlar, yerel radyo ve televizyon yayınlarının dağıtımı için kullanılır. Radarlar, yüksek bir konuma yerleştirildiğinde, yayınların radyo dalgalarını yayan antenleri tarafından algılanabilir.
- Araştırma: Radarlar, araştırma alanlarında kullanılır. Örneğin, radarlar arkeolojik alanlarda, yeraltı su kaynaklarının tespitinde ve doğal kaynakların keşfedilmesinde kullanılabilir.

Bu kullanım alanlarına ek olarak, radarlar polis teşkilatları ve kurtarma ekipleri tarafından da kullanılır.

Radarların temel bileşenleri şunlardır:

- Anten: Elektromanyetik dalgaları alıp gönderen bir yapıdır. Genellikle parabolik bir yapıya sahiptir ve radarın menzil ve doğruluğunu etkileyen en önemli bileşenlerden biridir.
- Verici: Antene elektromanyetik dalgaları göndermek için gerekli gücü sağlayan bir bileşendir. Vericinin gücü, radarın menziline ve hassasiyetini belirler.
- Alıcı: Antenden yansıyan elektromanyetik dalgaları alıp işleyen bir bileşendir. Alıcı, yansıyan sinyalleri algılayarak hedefin mesafesi, konumu ve diğer özellikleri hakkında bilgi sağlar.
- Komuta Sistemi: Alıcıdan gelen sinyalleri işleyen bir bilgisayar sistemidir. İşlemci, hedefin konumunu ve diğer özelliklerini hesaplar ve görüntü oluşturur.

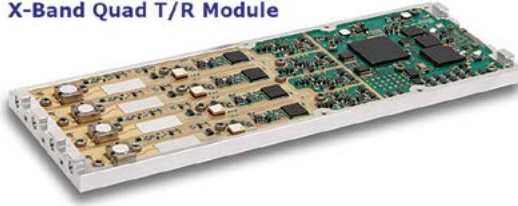
Bu bileşenler, radarın çalışmasını sağlar ve radarın hedeflerin tespit edilmesi, izlenmesi ve takibi için kullanılmasını mümkün kılar.

Çok farklı görevlerde kullanılan radarların çok sayıda çeşidi vardır. Bazı radar çeşitleri şu şekildedir:

- Pulse radar: Kısa darbeler halinde çalışan radar türüdür.
- Continuous Wave (CW) radar: Sürekli bir sinyal yayarak çalışan radar türüdür.
- Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) radar: Sürekli bir sinyal yayarak çalışan ancak frekansını değiştiren radar türüdür.
- Doppler radar: Sinyalin geri yansıması sırasında Doppler etkisinden yararlanan radar türüdür.
- Synthetic Aperture Radar (SAR): Yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için yansıyan sinyalleri birleştirerek radar görüntüsü oluşturan radar türüdür.
- Passive radar: Kendi sinyalini yaymadan, başka bir kaynaktan yansıyan sinyalleri kullanarak hedef tespiti yapan radar türüdür.
- Moving Target Indicator (MTI) radar: Sabit nesnelere filtreleyerek hareketli hedefleri tespit eden radar türüdür.
- Phased array radar: Farklı anten elemanlarını senkronize ederek sinyal yönünü değiştiren ve bu sayede hızlı tarama yapabilen radar türüdür.
- Monopulse radar: Yüksek doğruluklu hedef konumlandırması için birden fazla sinyal işleyen ve hedefe odaklanan radar türüdür.

Savunma alanına ve özellikle radarların geleceğine bakıldığında milimetrik dalga radarları ile AESA (active electronically scanned array) radarların kullanımının sürekli arttığı ve artış trendindeki yaygın tehditlere karşı en güçlü seçenekler olarak masaya geldiği görülmektedir. Nitekim en büyük güncel problemlerden ikisi olan düşük radar izine ve elektromanyetik ize sahip gelişmiş savaş uçaklarının tespiti ve dolanan mühimmat olarak tabir edilen görece düşük hızlı ve düşük radar kesit alanına sahip hedeflerin uzun mesafeden tespit ve teşhisi için AESA radarlar büyük önem taşımaktadır. Nitekim AESA radarlar tek başlarına yeterli olmamakla birlikte bahse konu hedef setlerine yönelik farklı bantlarda AESA radarlar ve pasif radarların da eş güdümlü olarak hatta AMH anlayışı kapsamında entegre ve sensör füzyonu şeklinde kullanımında fayda vardır.

X-Band Quad T/R Module



Şekil 63: X Bant T/R Modülü

Kaynak: EverythingRF, <https://www.everythingrf.com/news/details/14223-apitech-develops-x-band-quad-transmit-receive-module-for-aesa-e-scan-radar-applications> (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).

Radarlar amaçlarına göre farklı bantlar kullanmaktadır.

Şekil 64: Radar Bantları ve Frekansları

Radar Bandı	Frekans Aralığı	Kullanım Amacı
HF-Bant	3 MHz - 30 MHz	Uzun menzilli iletişim, yüzey ve denizaltı iletişimi, radyo-televizyon yayını, hava durumu tahminleri, uzay araştırmaları ve diğer bazı bilimsel uygulamalar için kullanılır.
VHF-Bant	30 MHz - 300 MHz	Askeri iletişim, hava trafik kontrolü, telsizler, FM radyo yayını, televizyon yayını, acil durum iletişimleri ve bazı diğer kablosuz iletişim uygulamaları için kullanılır.
UHF-Bant	300 MHz - 3 GHz	Askeri iletişim, taktik radyo iletişimi, cep telefonu iletişimi, uydu iletişimi, GPS, uzay araştırmaları, uzaktan algılama, radar ve bazı diğer kablosuz iletişim uygulamaları için kullanılır.
L-Bant	1 - 2 GHz	Hava konuşlu radar, seyrüsefer radarı, meteoroloji radarı ve uzaktan algılama sistemleri için kullanılır.
S-Bant	2 - 4 GHz	Hava trafik kontrolü radarı, uzaktan algılama sistemleri, yer istasyonu radarı ve uydular için kullanılır.
C-Bant	4 - 8 GHz	Meteoroloji radarı, hava trafik kontrolü radarı, yer istasyonu radarı, askeri radarlar ve uzaktan algılama sistemleri için kullanılır.
X-Bant	8 - 12 GHz	Meteoroloji radarı, hava trafik kontrolü radarı, arama kurtarma radarı, askeri radarlar ve uydular için kullanılır.
Ku-Bant	12 - 18 GHz	Uydu iletişimi, askeri radarlar, hava trafik kontrolü radarı, meteoroloji radarı, arama kurtarma radarı ve yer istasyonu radarı için kullanılır.
K-Bant	18 - 26.5 GHz	Hız tespiti radarı, araba radarı, askeri radarlar ve hava trafik kontrolü radarı için kullanılır.
Ka-Bant	26.5 - 40 GHz	Hız tespiti radarı, araba radarı, askeri radarlar ve uydular için kullanılır.
V-Bant	40 - 75 GHz	Arazi tarama radarı, askeri radarlar ve kısa menzilli iletişim için kullanılır.
W-Bant	75 - 110 GHz	Arazi tarama radarı, askeri radarlar ve araba radarı için kullanılır.
mmWave	110 - 300 GHz	mmWave teknolojisi, özellikle 5G kablosuz ağlar, radarlar, hava trafik kontrol sistemleri, tıbbi cihazlar, güvenlik sistemleri ve otomatik sürüş gibi birçok farklı uygulama alanında kullanılır.

AESA Radar

AESA (Aktif Elektronik Taramalı Dizi) radarları, geleneksel parabolik antenlere kıyasla daha yüksek performans sağlamak için tasarlanmış bir radar teknolojisidir. Bu radarlar, hedefleri taramak için bir dizi küçük anten kullanır. Her bir anten modüle edilebilir ve ayrı ayrı kontrol edilebilir. Bu nedenle, AESA radarları, birçok farklı hedefi aynı anda takip edebilir ve ayrıntılı bir şekilde analiz edebilir.

AESA radarları, düşük hata olasılıklı algılama, yüksek kesinlik, yüksek çözünürlük, yüksek verimlilik ve çok yönlü kullanım gibi özelliklere sahiptir. Bu radarlar ayrıca, geniş bir aralıkta çalışabilen, hava ve deniz platformlarına monte edilebilen ve uçakları tespit etmek için sinyalleri saptayabilen yüksek hızlı veri bağlantılarına sahip olabilirler.

Şekil 65: ASELSAN AESA SAR Radarı



Kaynak: Fatih Mehmet Küçük, Defence Turk Arşivi

AESA radarlarının bir diğer avantajı, geleneksel radar sistemlerine göre aynı güç ile daha yüksek performans göstermeleridir. Bu da platformların daha uzun süre havada veya sahada kalmasına izin verir ve sınırlı güç kaynaklarına sahip sistemlerde önemlidir.

AESA radarlardaki alıcı-verici modüllerinin farkı ise, her bir modülün ayrı ayrı kontrol edilebilmesidir. Bu sayede radarın daha dinamik bir şekilde çalışması ve birden fazla hedefi aynı anda takip edebilmesi mümkün olur. Ayrıca, bu modüllerin bir araya getirilmesiyle radarın boyutları da daha küçük hale getirilebilir.

Alıcı-verici modül (AVM), modern bir radar sisteminin temel bileşenlerinden biridir. AVM, radarın elektromanyetik dalgaları iletmek veya almak için kullanılan bir anten ve bir alıcı-verici (TX/RX) modülü içerir.

AVM, eski radar sistemlerine kıyasla daha gelişmiş bir yapıdadır. AVM, birçok küçük parçadan oluşan bir matris yapısıdır ve her bir parçada bir anten, bir RF (Radyo Frekansı) devresi ve bir kontrol devresi bulunur. Bu yapı, radarın sinyal yönlendirmesini daha hassas hale getirir ve daha yüksek enerji verimliliği sağlar.

AESA radar sistemlerinde AVM'ler, hızlı bir şekilde frekans değiştirebilen ve farklı hedefleri eş zamanlı olarak takip edebilen bir dijital işlemci ile kontrol edilir. Bu sayede, AESA radarlar daha yüksek çözünürlüğe, daha hassas hedef tespitine ve daha az izlenebilirlik özelliğine sahip olabilirler.

Türkiye özellikle radar konusunda geçmişten gelen önemli bir tecrübeye sahiptir. Özellikle başta ASELSAN olmak üzere Türk Savunma Sanayi'nde yer alan birçok kamu/özel sektör şirketi radar alanında ciddi çalışmalar yapmıştır. Özellikle son dönemde Savunma Sanayi Başkanlığı liderliğinde, ASELSAN öncülüğünde birçok radar projesi ortaya konmuş, son yıllarda birçok sistem devreye alınmış ve birçok proje de aktif bir şekilde devam etmektedir.

Özellikle hava savunma sistemleri ve elektronik harp sistemlerinde yoğun bir şekilde kullanılan radar sistemleri aynı zamanda sivil alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hava trafik kontrolünden denizciliğe, trafik de hız ölçümünden hava tahminine kadar sivil hayatta da bu sistemler kendine önemli bir yer edinmiştir. Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere radarlar teknolojileri itibarı ile oldukça yaygın bir teknolojidir.

Bununla birlikte hem Türkiye'nin geçmişten gelen bilgi birikimi, Türk savunma sanayi şirketlerinin edindiği kabiliyetler bu teknolojiyi Türkiye için önemli bir hale getirmiştir. Günümüzde Türkiye özellikle AESA radarlarda kullanılan ve radar performansını ciddi bir şekilde artıran GAN (Galyum Nitrat) transistörleri yerli imkanlarla geliştirerek önemli bir başarıya imza atmıştır.

GAN transistörler, yarıiletken malzemelerden yapılan elektronik bileşenlerdir. GAN malzemesi, geleneksel silisyum malzemeye göre daha yüksek bir taşıyıcı yoğunluğu, daha yüksek bir elektron hareket hızı ve daha yüksek bir termal iletkenlik özelliğine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, GAN transistörler, yüksek frekanslı ve yüksek güçlü cihazlar için ideal bir seçimdir.

Özellikle yüksek frekanslı radarlar, daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek ve daha uzun mesafelere yayılmak için daha yüksek güçlere ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle, GAN transistörler, radarların performansını artırmak için çok önemlidir.

GAN transistörler, yüksek frekanslı radarlarda daha yüksek güç çıkışlarına izin verir, böylece radarların daha uzun mesafelerde çalışabilmesini sağlar. Ayrıca, GAN transistörler, yüksek frekanslı işlemleri daha hızlı ve daha verimli hale getirir, bu da radarların daha hızlı çalışmasını ve daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmesini sağlar. Bu nedenle, GAN transistörler, yüksek performanslı radarların tasarımında ve üretiminde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere Türkiye hem radar geliştirme hem de radarlarda kullanılan en temel ve önemli bileşen olan transistörleri bile geliştirebilme kabiliyetine erişmiştir. Bu durum doğal olarak bu teknolojiler Türkiye için erişilebilir yani stratejik olarak önemli bir konuma getirmektedir. Teknolojik yayılımı ve erişilebilirlik kriterleri bir arada değerlendirildiği takdirde radarlar, Türkiye için gelecekte oldukça önemli bir zaruret olarak karşımıza çıkmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada askeri teknolojinin muharebe sahasını nasıl şekillendirdiği incelenmiştir. Bu konu muharebeye hazırlık anlamında önemlidir. Genelde muharebe sahasından elde edilen tecrübeler ışığında bir sonraki muharebeye hazırlık yapılabildiği gibi bir görüş vardır. Ancak askeri tarihe bakıldığında bir önceki muharebeden ders çıkarmak hem kolay değildir hem de bir sonraki muharebelerin bir öncekine benzeyeceğinin garantisi yoktur. Çünkü teknoloji ister askeri ister sivil olsun aslında bağımsız bir şekilde gelişip gitmektedir. Bu teknolojilerin getirdiği yeni şartlar ve imkanlar muharebe sahasını yeniden düşünmeyi gerekli kılmıştır.

Bu anlamda bu kitap birbiriyle bağlantılı iki temel mantık sunmuştur: İlk olarak, silahlanma yatırımı gibi stratejik tercihlerinin yapılması aşamasında önce teknolojik şartların neye müsaade edebildiğine bakılması gerekmektedir. Ardından bu teknolojiler içinde de hangilerinin kısa ve orta vadede erişilebilir olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım bu kitapta “uygunluk mantığı” altında incelenmiştir. Geleneksel olarak düşünüldüğünde stratejik planlama önce hedefler ardından bu hedeflere ulaştıracak yöntem ve araçların belirlenmesi olarak tarif edilir. Ancak bu kitapta araçların (yani teknolojik ve materyal imkanların) merkeze alındığı uygunluk mantığı, doktrin ve askeri güç üretiminin erişilebilir teknolojik imkanlardan geçtiğini öne sürmektedir.

Bu noktada doktriner ideal ve amaçların askeri teknolojiyi şekillendirmesinden ziyade, askeri teknolojinin doktrinleri şekillendirdiği vurgulan-

mıştır. Teknolojik gelişimin de temel olarak bileşen seviyesinde olduğunun altı çizilmiştir. Yani teknolojik değişim ve gelişimden de bileşen seviyesindeki gelişmeler kastedilmiştir. Bu noktada sadece platform ve sistem merkezli düşünmek bileşenlerin merkezi önemini kaçırmaya yol açmaktadır. Bileşen seviyesinde teknolojik gelişimler daha zor ve uzun yıllar alsada bir kez başarılı mı sistem mimarisi içinde etkisi yukarıya doğru katlanarak gider. Dolayısıyla bir doktrine silah teknolojileri, bu teknolojilere de bileşenler zemin hazırlar.

İlk etapta bir doktrin geliştirme ve silah edinimi sürecine kabaca bakacak olursak bunun tam tersinin geçerli olduğu düşünülebilir. Buna göre devletlerin kuvvet komutanlıkları ve güvenlik bürokrasileri tehditlere bakarak bir doktrin belirler. Bu doktrinlerin gerektirdiği platform ve sistemleri belirleyip savunma sanayiinden ilgili silah teknolojileri geliştirilmesini isteyebilir. Savunma sanayii de bu teknolojileri geliştirip orduya teslim eder. Böyle düşünülünce resim çok basit görünmektedir. Ancak daha ilk başta bir platformun hem günümüzde hem de yakın ve orta vadede ulaşabileceği seviye aslında baştan mümkün olan bileşen teknolojileri tarafından tayin edilmiştir. Diğer bir ifadeyle oyunun kurallarını belirleyen bileşenlerdir. Yani zaten savunma sanayiinden istenen teknolojilerin veya sektörün erişip sunabileceği teknolojiler zaten erişilebilir imkanlarla sınırlı olacaktır.

Yani ihtiyaçlar mantığı görünürde işler gözükrken aslında teknolojik imkânlar arka planda tüm muharebe ve kurumsal dinamikleri şekillendirmektedir. Muharebe sahasında her zaman ateş gücüne ihtiyaç vardı. Ancak yaratılabilecek ateş gücü sınırlıydı. Aynı şekilde muharebe sahasında her zaman enformasyona ihtiyaç vardı. Ancak teknolojinin sunabilecekleri yeterli değildi. Yani ateş gücü ve enformasyon ihtiyacı ve isteği muharebe sahasında yeni bir şey değildir. Antik çağlardan günümüz muharebe ortamına kadar tüm komutanların istediği şeyler olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Ancak komutanlar bu istek konusunda birleşseler de bu teknolojilere erişebilme anlamında ayrıışmışlardır. Yani ihtiyaçlar genelde sabit kalırken bunları sağlayan teknolojiler ve bu teknolojilere erişim varyasyon göstermiştir. Tabii teknolojiye erişim zaferi garanti etmemektedir. Erişilen teknolojiyi uygun doktrin ve organizasyonla birleştirebilme meziyeti de önemlidir.

Radikal ateş gücü modern dönem muharebelerinin en önemli sorunu olmuştur. Burada spesifik bir silahın öldürücülüğünün artması kastedilmemek-

tedir. Aksine ateş gücü üreten tüfeklerden toplara uçaklardan tanklara tüm platform ve sistemlerdeki hem niceliksel hem de niteliksel kümülatif gelişmeler kastedilmektedir. Bu da sistemik bir etki doğurmuştur. Bu anlamda ateş gücü teknolojileri alanındaki gelişmeler muharebe sahasını dönüştürmüştür diyebiliriz. Çünkü üretilen muazzam öldürücü güç muharebe sahasında açık ve toplu hareket etmeyi intiharla eş değer kılıyordu. Bu nedenle ordular daha küçük ve daha dağınık hareket etmeye başlamıştır. Bu da hem cephe genişliğini hem de derinliğini artırmıştır. Yine dağınık hareket eden birlikler arası koordinasyon meselesinin çözülmesi gerekmiştir. Bu da yeni harekât biçimlerinin düşünülmesini zorunlu kılmıştır. Sonuç olarak yüksek ateş gücü faktörünün yarattığı bu tarz birçok probleme taktik ve operasyonel çözümler getirilmeye çalışılmıştır. Tüm bu problem ve çözümlerin etkileşimi sonucu ateş gücü, cephe genişliğinden tutun da birliklerin hareketine kadar muharebe sahasını dönüştürmüş oldu. Bu kitapta dönüştürücü teknolojilerden kastedilen de budur. Yani tekil bir veya birkaç silah sistemindeki gelişmeler değil geniş bir yelpazedeki kolektif gelişmenin yarattığı etki ele alınmaktadır.

Bu anlamda bu kitap bilgisayar, enformasyon, gözetleme, güdüm teknolojilerinde son on yıllardaki gelişmelerin muharebe sahasında bir fark yaratmakta olduğunu öne sürmektedir. Diğer bir ifadeyle günümüzde de zamanda ateş gücünün yarattığı benzer bir dönüşümü burada bahsi geçen enformasyon teknolojilerinin getirmekte olduğu ileri sürülmüştür. Günümüzde enformasyona dayalı teknolojiler cephe boyutundan birliklerin hareketine, harekât hızından hedef tespit ve vuruş hassasiyetine kadar birçok alanda muharebe sahasını dönüştürmektedir. Yani sahadaki unsurların niteliğini, hareket tarzını ve formasyonlarını değiştirmeye zorlamaktadır. Bu teknolojiler, kullanıcılarına avantaj, maruz kalanlara ise dezavantaj getirmektedir. Daha doğru bir ifadeyle bu teknolojileri uygun doktrin ve organizasyonlarla birleştirebilenler zafere daha yakın olmaktadır.

Bu konu etrafındaki tartışmalar yeni değildir. 1990'lı yıllardan itibaren özellikle Batılı askeri ve akademik çevrelerde sürekli tartışılmaktadır. Ancak o dönem bu teknolojilerin yaygınlık göstermediği zamanlardı. O günden bugüne daha da gelişmiş oldukları da su götürmezdir. Bu nedenle tam manasıyla etkisi günümüz muharebe koşullarında gözlemlenebilmektedir. Günümüz enformasyon teknolojileri zaten öldürücü olan ateş gücünün adeta gözünü açmıştır. Ateş gücünün daha cerrahi bir biçimde kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu kitapta örneği verilen ağ merkezli harp kavramı başlı başına uyulması gereken bir doktrini değil bir askeri zihniyet ve anlayışı ifade etmektedir. Bu anlayış çerçevesinde erişilebilir ve fark yaratan teknolojiler üzerinden kurgulanan harp doktrinleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu anlamda nüvelerini son yıllarda gördüğümüz ve bu çalışmada da özellikleri ortaya konmaya çalışılan Türk Tipi Taarruz Kompleksi uygun bir başlangıç noktası olabilir.

Gerek ağ merkezli harp kavramı gerek Türk Tipi Keşif-Taarruz Kompleksini anlamlandırmak adına sistem üstü sistem kavramı ele alınmıştır. Ağ merkezli bir harpte sadece kuvvet komutanlıklarının birbiriyle koordinasyonun ötesinde taktik seviyeye kadar bütün sistemlerin birbiriyle bağlantılı olarak muharebe gücü üretebilmek esastır. Bu nedenle bütün sistemlerin bağlandığı bir sistemler üstü sistem teşkil edilir. Bir sistemler üstü sistemi oluşturan sistemler de bu bağlamda ele alınmıştır. Bu sistemler komuta kontrol sistemleri, istihbarat, keşif ve gözetleme sistemleri, güdüm sistemleri ve haberleşme sistemleri olarak kategorize edilip alt sistemleriyle beraber incelenmiştir.

Özetle askeri ve sivil teknolojide enformasyon lehine yaşanan teknik gelişmeler muharebe sahasını dönüştürmektedir. Tüm bu dönüşümlere cevap verebilmek gelişmiş ve verimli bir savunma sanayii altyapısını gerekli kılmaktadır. Türkiye'nin yerli ve milli imkânlarla Türk Silahlı Kuvvetleri'ni modern muharebe şartlarına hazırlanmasının yolu da böylesi bir savunma sanayii altyapısından geçmektedir.

Türkiye bugün yılların getirdiği tecrübe ve birikimle gelişen bir savunma sanayii ekosistemine sahiptir. Akademiden siyaset ve bürokrasiye, askerden özel sektöre kadar birçok aktör bu alanda etkileşim halindedir. Türk firmaları tarafından geliştirilen ürünler sadece Türkiye'nin değil dost ve müttefik ülkelerin savunmasına katkı sunmaktadır.

Türk savunma sanayii ekosistemi birçok aktör ve paydaşın katkısıyla bugünkü konuma gelmiş olsa da siyasi iradenin yansıması olarak bürokratik yapı da buna zemin hazırlamıştır. Savunma sanayii devletler için stratejik bir alan olduğu için siyasi liderliğin rolü yadsınamaz. Ancak bu kararların gerçekleştirilmesi için etkin kurumların varlığı şarttır. Silahlı kuvvetlerin ihtiyaçları, siyasi iradenin amaçları ve sektörün sunabilecekleri dikkate alındığında birçok değişkenden bahsedilebilir. Ancak tüm bu aktör ve faktörlerin efektif olarak birbiriyle etkileşim halinde bulunması konusunda Savunma Sanayi Başkanlığı (SSB) önemli bir rolü üstlenmektedir.

Siyasi makamlar, ordu ve özel sektör arasındaki bilgi akışının sağlıklı olması ve kaynakların israf edilmemesi anlamında etkin bürokratik mekanizmalara ihtiyaç vardır. Çünkü bir ülkenin kurumları, bir ülkenin kaynaklarını güce dönüştüren en önemli faktörlerdendir. Bu anlamda siyasi iradenin karar ve vizyonun geliştirilip uygulanması noktasında bürokrasinin rolü yadsınamaz. Savunma Sanayii Başkanlığı, müsteşarlık olarak kurulduğu günden beri bu amacı yerine getirmiştir. Kurum bu anlamda en son 2018 yılında yeniden yapılandırılmıştır. Savunma Sanayii Başkanlığı olarak yürütmenin başı Cumhurbaşkanlığına bağlanmasıyla beraber karar alma ve uygulamada hız ve verimlilik amaçlanmıştır.

Savunma sanayiinde hem karar alma aşamasında girdilerin sağlanması hem de sonuçların denetlenmesi açısından önemli bir bürokratik görevi üstlenmektedir. Savunma Sanayii Başkanlığı da teknoloji odağının kritik teknolojilere çevrilmesi, ekosistem inşası, firma sayısı ve kalitesinin artırılması için teşviklerin yaratılmasında yardımcı olmaktadır. Savunma Sanayii Başkanlığı rehberliğinde Türk savunma sanayii ekosistemi kendi sınıfında rekabetçi ve teknolojik olarak erişilebilir sistemlere yoğunlaşmaktadır.

Bu anlamda Türk savunma sanayisinin önceliklerinden biri de biri Türkiye’de üretilen özgün sistemler için kritik teknolojilerde Türkiye’nin dışa bağımlılığının azaltılması olduğudur. Türkiye’nin savunma sanayii imkânları artık Türk Silahlı Kuvvetleri’nin (TSK) taktik, operasyonel ve stratejik seviyede olmak üzere birçok gereksinimine cevap verebilmektedir. Hem ana platformlar hem de alt sistemler özelinde Türk savunma sanayii gerek maliyet gerek askeri olarak etkin çözümler sunmaktadır. Savunma Sanayii Başkanlığı da gerek özel sektör gerek diğer kamu kuruluşlarıyla bu teknolojilerin hem mevcut sistemlere entegrasyonuna hem de yeni sistemlerin geliştirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Kaynakların ve yatırımların tüm alanlara eşit şekilde dağıtımı stratejik bir hamle değildir. Firmaların mukayeseli üstünlük sahibi olduğu rekabet kültürü geliştirilmelidir. Savunma sanayiindeki her paydaş ve aktörün kendi alanlarında imkân ve kabiliyetlerinin el verdiği ölçüde üretim ve geliştirme yapması için denetlenebilirlik ve süreç takibi önemlidir. Savunma Sanayii Başkanlığı bu noktada devlet-firma ve firma-firma koordinasyonunu efektif bir şekilde gerçekleştirilmesine katkı sunmaktadır.

Bu anlamda, kurumlar arası koordinasyon ve bilgi akışının yanı sıra politika yapımında sektörel girdilerin sağlanması açısından Savunma Sanayii Baş-

kanlığı'nın merkezi bir rolü vardır. Ordular için zaten hep belirsizliklerle dolu olan modernizasyon ve inovasyon süreçlerinde paydaşlar arasında öngörülebilirliği ve denetlenebilirliği artırmak inovasyon sürecinin en az sancıyla atlatılmasını sağlar.

Yine Türk savunma sanayisi küresel anlamda da çeşitli işbirliği ve koordinasyona açıktır. Savunma Sanayii Başkanlığı bu tarz işbirliklerinden de sektörün en iyi şekilde yararlanması açısından kolaylaştırıcı bir rolü vardır. Gerek firmaların dış pazarlara daha çok açılması gerek yurt dışından Türkiye'ye yönelik yatırımların artırılması bu durumun göstergesidir.

KAYNAKÇA

- Ahmed, Syed Affan, Mujahid Mohsin, and Syed Muhammad Zubair Ali. "Survey and technological analysis of laser and its defense applications." *Defence Technology* 17.2 (2021): 583-592.
- Alberts, David S., Daniel S. Papp, and W. Thomas Kemp III. "The technologies of the information revolution." *The information age: An anthology of its impacts and consequences* 1 (1997): 36-50.
- Alberts, David S., John J. Garstka, and Frederick P. Stein. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program) Washington DC, 2000.
- Aum Shinrikyo, Al Qaeda, and the Kinshasa Reactor: Implications of Three Case Studies for Combating Nuclear Terrorism, 2005.
- Beller, Richard L. *A Primer on Nuclear Weapons Capabilities*. Army Nuclear Agency Fort Belvoir Va, 1977.
- Biddle, Stephen. "Speed kills? Reassessing the role of speed, precision, and situation awareness in the Fall of Saddam." *Journal of Strategic Studies* 30, no. 1 (2007): 3-46.
- Biddle, Stephen. *Military power: Explaining victory and defeat in modern battle*. Princeton University Press, 2004.
- Black, Jeremy. *War and technology*. Indiana University Press, 2013.

- Bowers, Ian, and Henrik Stålhane Hiim. "Conventional counterforce dilemmas: South Korea's deterrence strategy and stability on the Korean Peninsula." *International Security* 45, no. 3 (2020): 7-39.
- Brodie, Bernard, and Fawn M. Brodie. *From Crossbow to H-bomb*. No. 161. Indiana University Press, 1973.
- Brodie, Bernard. "The anatomy of deterrence." *World Politics* 11, no. 2 (1959): 173-191.
- Brooks, Risa. *Shaping strategy: The civil-military politics of strategic assessment*. Princeton University Press, 2008.
- Castrillo, Vittorio Ugo, vd. "A review of counter-UAS technologies for cooperative defensive teams of drones." *Drones* 6.3 (2022): 65.
- Center, Air Land Sea Application. "Introduction to tactical digital information link J and quick reference guide." (2000).
- Christian, Joshua T. *An Examination of Force Ratios*. US Army Command and General Staff College Fort Leavenworth United States, 2019.
- Cohen, Eliot A. "Gulf War Air Power Survey." Volume II, Operations and effectiveness, Part II, Department of the Air Force, Washington, DC (1993): 39-43.
- Cote, Owen R. "The politics of innovative military doctrine: the US Navy and fleet ballistic missiles." PhD diss., Massachusetts Institute of Technology, 1996.
- Cunningham, Fiona S., and M. Taylor Fravel. "Dangerous confidence? Chinese views on nuclear escalation." *International Security* 44, no. 2 (2019): 61-109.
- Daly, Sara A., John Parachini, and William Rosenau. *Aum Shinrikyo, Al Qaeda, and the Kinshasa reactor: Implications of three case studies for combating nuclear terrorism*. Vol. 458. Santa Monica, CA: Rand Corporation, 2005.
- Dupuy, Trevor Nevitt. *The evolution of weapons and warfare*. Univ Microfilms Incorporated, 1984.
- Farrell, Theo, and Terry Terriff, eds. *The sources of military change: Culture, politics, technology*. Lynne Rienner Publishers, 2002.
- Feng, Ao, Xiaoyun Le, and Xiaofu Zhang. "Research progress on laser device used in laser target designator." *Laser & Optoelectronics Progress* 56, no. 1 (2019): 010002.

- Garamone, Jim. "Dunford: Speed of military decision-making must exceed speed of war." US Department of Defense 31 (2017).
- Gilli, Andrea, and Mauro Gilli. "Why China has not caught up yet: military-technological superiority and the limits of imitation, reverse engineering, and cyber espionage." *International Security* 43, no. 3 (2018): 141-189.
- Glaser, Charles L., and Chaim Kaufmann. "What is the offense-defense balance and can we measure it?." *International security* 22, no. 4 (1998): 44-82.
- Hoehn, John R. "Advanced Battle Management System (ABMS)." Congressional Research Service, Şubat 15 (2022).
- Horowitz, Michael C. *The Diffusion of Military Power*. Princeton University Press, 2010.
- i.MX 6 Applications Processor Family, NXP i.MX 6 Fact-sheet
- i.MX 8M PLUS Applications Processor Family, NXP i.MX 8M PLUS Fact-sheet
- İlhan, Bekir. Türkiye'nin Stratejik Füze Kapasitesi, içinde Erboğa, Abdullah. (ed.), Türkiye'nin Stratejik Silah Kapasitesi. SETA Yayınları, 2019.
- Jervis, Robert. *The meaning of the nuclear revolution: Statecraft and the prospect of Armageddon*. Cornell University Press, 1989.
- Kagan, Frederick. *Finding the target: The transformation of American military policy*. Encounter Books, 2007.
- Leblebicioğlu, D., Ateşoğlu, O., Derinöz, A. E., & Çakmakçı, M. Learning-Based Control Compensation for Multi-Axis Gimbal Systems Using Inverse and Forward Dynamics. (2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.02561>
- Long, Austin. *The Soul of Armies*. Cornell University Press, 2016.
- Mearsheimer, John J. "Assessing the conventional balance: The 3: 1 rule and its critics." *International Security* 13, no. 4 (1989): 54-89.
- Merritt, Richard L., and Dina A. Zinnes. "Democracies and war." In *On measuring democracy*, pp. 207-234. Routledge, 2017.
- O'Connell, Robert L. *Of arms and men: A history of war, weapons, and aggression*. Oxford University Press, 1990

- Paige, Rear Admiral Kathleen K., ve Scott C. Truver. "The future of AEGIs: to the horizon and beyond." *Naval Engineers Journal* 121.3 (2009): 173-182.
- Pierson, Paul. "Politics in time." In *Politics in Time*. Princeton University Press, 2011
- Polatoğlu, Ahmet, ve İmam Can Özkesen. "Working Principles of CCD and CMOS Sensors and Their Place in Astronomy." *Journal of Anatolian Physics and Astronomy* 2.1 (2022): 51-59.
- Posen, Barry. *The sources of military doctrine: France, Britain, and Germany between the world wars*. Cornell University Press, 1984.
- Reiter, Dan, and Allan C. Stam. *Democracies at War*. Princeton University Press, 2010.
- Rosen, Stephen Peter. *Winning the next war: Innovation and the modern military*. Cornell University Press, 1991.
- Sankaran, Jaganath. "Pakistan's battlefield nuclear policy: A risky solution to an exaggerated threat." *International Security* 39, no. 3 (2014).
- Sapolsky, Harvey, Benjamin Friedman, and Brendan Green, eds. *US military Innovation since the cold War: Creation without Destruction*. Routledge, 2009.
- Saunders, Richard, and Mark Souva. "Air superiority and battlefield victory." *Research & Politics* 7, no. 4 (2020).
- Scaparrotti, Curtis M. "Joint Publication 3-13 Information Operations." *Joint Publication* (2012).
- Systems Engineering Guide for Systems of Systems, Director, Systems and Software Engineering Deputy Under Secretary of Defense (Acquisition and Technology) Office of the Under Secretary of Defense (Acquisition, Technology and Logistics), Ağustos 2008.
- Tuğcu, Mert, ve Oral, Gürel. "Taktik Data Link Teknolojilerinde Birlikte Çalışabilirlik ve Kritik Simülasyon Bileşenleri." *Savunma Bilimleri Dergisi* 11.1 (2012): 239-250.
- Ullman, Harlan K., James P. Wade, L. A. Edney, Fred M. Franks, Charles A. Horner, Jonathan T. Howe, and Keith Brendley. *Shock and awe. Achieving rapid dominance*. National Defense Univ Washington Dc, 1996.

- Van Creveld, Martin. Transformation of war. Simon and Schuster, 2009.
- Waltz, Kenneth. Theory of International Politics. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.
- Waltz, Kenneth. Theory of International Politics. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.
- Warden III, John A. “Air theory for the twenty-first century.” Challenge and Response: Anticipating US Military Security Concerns (1995): 326-29.
- Weeks, Jessica LP. Dictators at War and Peace. Cornell University Press, 2014.
- Yalçın, Hasan Basri, Stratejik Silah Kapasitesi, içinde Erboğa, Abdullah, (ed.). Türkiye'nin Stratejik Silah Kapasitesi. SETA Yayınları, 2019.

İnternet Kaynakları

- “Bakan Dönmez duyurdu! İşte dünyanın ikinci büyük rezerv keşfinin detayları,” Hurriyet, 1 Temmuz 2022, <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/bakan-donmez-duyurdu-iste-dunyanin-ikinci-buyuk-rezerv-kesfinin-detaylari-42094075>, (Erişim Tarihi: 13 Mart 2023).
- “Türk Tipi Keşif - Taarruz Kompleksi | Yakın Gelecek (2-5 Yıl) Potansiyel Genişleme,” Defence Turk X Hesabı, https://x.com/Defence_Turk/status/1397880591752761349?s=20, (Erişim Tarihi: 11.01.2023).
- “Yerli Güdüm Kitleri ve Uyumlu Mühimmatlar,” Defence Turk X Hesabı, https://twitter.com/Defence_Turk/status/1396445091519160325, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).
- ABD Deniz Kuvvetleri, Destroyers (DDG 1000), <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2391800/destroyers-ddg-1000/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- ABD Deniz Kuvvetleri, Destroyers (DDG 51), <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2169871/destroyers-ddg-51/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- ADVENT, Havelsan TV, https://www.youtube.com/watch?v=ioWqe2HA1Xo&ab_channel=HAVELSANTV, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- AFCEA, Connecting Diverse Battlefield Platforms with Link 16: Sponsored Content, <https://www.afcea.org/signal-media/connecting-diverse-battlefield-platforms-link-16-sponsored-content>, (Erişim Tarihi 30 Eylül 2023).

- Ahmet Alemdar, “TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi,” DefenceTurk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi>, (Erisim Tarihi: 16 Ocak 2023).
- Ahmet Alemdar, “ASELSAN’dan milli Hava Komuta Kontrol Sistemi: HAKİM,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/aselsandan-milli-hava-komuta-kontrol-sistemi-hakim>, (Erişim Tarihi: 18 Şubat 2023).
- Ahmet Alemdar, “TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023) .
- Ahmet Alemdar, “TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribinde güncelleme: GEZGİN Seyir füzesi vd.,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribinde-guncelleme-gezgin-seyir-fuzesi-vd>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak: 2023).
- Arda Mevlütoğlu, “Ateş Gücünün Dağıtılması – Distributed Lethality”, SiyahGriBeyaz, <https://www.siyahgribeyaz.com/2017/02/ates-gucunun-dagiltmas-distributed.html>, (Erişim Tarihi: 14 Nisan 2023).
- Army Data Plan, Office of the Chief Information Officer, 2022, <https://api.army.mil/e2/c/downloads/2022/10/13/16061cab/army-data-plan-final.pdf>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023).
- ASELSAN Dergi, Sayı 109, Haziran 2021, https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/22021_4611.pdf, (Erisim Tarihi: 10 Ocak 2023).
- ASELSAN, “ATEŞ DESTEK C4 I SİSTEMİ ADOP-2000 SST-ADOP-2000/ T001/ 08-2020” [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/ADOP-2000_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- ASELSAN, “Batarya Ateş İdare Sistemi Aselsan Sst-Baiks/ T001/ 07-2020” [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/BAIKS_TR-\(1\)-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/BAIKS_TR-(1)-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- ASELSAN, “Hava Ateş İdare Sistemi Sst-Haiks/ T001/ 07-2020” https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HAIKS_TR.pdf, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- ASELSAN, “HERİKKS Hava Savunma Erken İkaz ve Komuta Kontrol Sistemi SST-HERİKKS/ T001 / 04-2017” [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HERIKKS_TR-\(1\)-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HERIKKS_TR-(1)-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

- ASELSAN, “TAIKS Taktik Ateş İdare Sistemi ASELSAN SST-TAIKS/ T001/ 07-2020”, [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TAIKS_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TAIKS_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- ASELSAN, “TASMUS HBT-TASMUS/ T001 / 04-2017” https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TASMUS_TR.pdf (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023)
- ASELSAN, ADOP-2000, <https://www.aselsan.com/tr/savunma/urun/251/adop2000>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- ASELSAN, ÇNRA-AİS Çok Namlulu Roket Atar Ateş İdare Sistemi ASELSAN SST-ÇNRA-AİS/T001 / 11-2019 [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/CNRA-AoS_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/CNRA-AoS_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- ASELSAN, MGEO-Arayıcı Başlık/ T001 / 04-2017, [https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HISAR_ARAYICI_BASLIK_TR-\(1\).pdf](https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/HISAR_ARAYICI_BASLIK_TR-(1).pdf), (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).
- ASELSAN, TASMUS <https://www.aselsan.com/tr/savunma/urun/373/tasmus>, (Erişim Tarihi: 15 Ocak 2023).
- ASELSAN, TAYAS Taktik Yerel Alan Ağı Sistemi ASELSAN HBT-TAYAS/ T001/11-2017, https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/TAYAS_TR.pdf (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- ASELSAN, Yer Ölçme Sistemleri ASELSAN SST-YÖS/ T001/ 07-2020, https://wwwcdn.aselsan.com/api/file/YITP_TR.pdf, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- Azerbaycan Radyolink Haberleşme Sistemi (AZRA-2) kabul faaliyetleri tamamlandı, Süleyman Kaplan, Defence Turk, <https://www.defence-turk.net/azerbaycan-radyolink-haberlesme-sistemi-azra-2-kabul-faaliyetleri-tamamlandi>, (Erişim Tarihi: 12 Eylül 2023).
- Batuhan Aluçlu, Gündümlü Mühimmatlar Gelecek ve Türkiye, Defence Turk Dergisi, Sayı 5, https://www.defenceturk.net/dergiler#df-lip-df_80044/50/, (Erişim Tarihi 11 Ocak 2023).
- Baykar Teknoloji, Ağ Merkezli Yazılım, <https://baykartech.com/tr/ag-merkezli-yazilim/>, (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2022).
- Baykar Teknoloji, Baykar Akıncı <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-akinci/>, (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).
- Baykar Teknoloji, Bayraktar TB2, <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-tb2/>, (Erişim Tarihi: 1 Ocak 2023).

- Baykar Teknoloji, Merkezi Komuta Kontrol, <https://baykartech.com/tr/merkezi-komuta-kontrol/>, (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023).
- Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, “Joint Concept Note 1/20 Multi-Domain Integration,” https://www.gov.uk/government/collections/joint-concept-note-jcn?utm_source=9dbf8002-2c41-415c-8e4d-64d4021d-684c&utm_medium=email&utm_campaign=govuk-notifications&utm_content=daily, (Erişim Tarihi: 07 Mayıs 2023).
- Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, “Joint Concept Note 2/17 – Future of Command and Control,” https://www.gov.uk/government/collections/joint-concept-note-jcn?utm_source=9dbf8002-2c41-415c-8e4d, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- BİYOTEKSAN, Ürünler; <https://www.biyoteksan.com.tr/urunler>, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023).
- Blitz Teknoloji, <https://www.blitztech.com.tr>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023).
- Boeing Türkiye, 737 Havadan Erken İhbar ve Kontrol, <https://www.boeing.com.tr/urunler-ve-hizmetler/savunma-uzay-ve-guvenlik/hik-baris-kartali.page>, (Erişim Tarihi 15 Şubat 2023).
- Breaking Defense, Eye On Fewer Drone Civilian Deaths, MBDA Challenges Lockheed, Raytheon With Brimstone Missile, <https://breaking-defense.com/2013/10/eye-on-fewer-drone-civilian-deaths-mbda-challenges-lockheed-raytheon-with-brimstone-missile/>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- Cansu Varlı, “F-35 ve topçu birliklerinin ‘Müşterek Harekat’ kabiliyeti,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/f-35-ve-topcu-birliklerinin-musterek-harekat-kabiliyeti>, (Erişim Tarihi: 5 Temmuz 2023).
- Cem Doğut, Dünyada ve Türkiye F-16 Savaşan Şahinler, Defence Turkey Dergisi, Sayı 99, <https://www.defenceturkey.com/files/content/5ee0e134c3e48.pdf>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- COMSEC, Canadian Centre for Cyber Security <https://www.cyber.gc.ca/en/comsec>], (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023).
- CubePilot, <https://www.cubepilot.com/#/cube/features>, (Erişim Tarihi: 16 Ocak 2023).
- Çin Donanması, PLA’s upgraded Type 052D destroyer makes training debut in E.China Sea amid tensions in Taiwan Straits, <http://>

- eng.chinamil.com.cn/CHINA_209163/WeaponryEquipment/News_209182/15982105.html, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Çin Donanması, Two more Type 055 destroyers launched, <http://eng.chinamil.com.cn/SIDEBAR/MostViewed/15982442.html>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- David Axe, “Sci-Fi Awesome?—A U.S. Army Howitzer Just Shot Down A Cruise Missile,” *Forbes*,
- EG Electronics, <https://cv.egeelectronics.com/products/electric-vehicles/ev-power-distribution-units/>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).
- Elprocus, <https://www.elprocus.com/cmos-sensor/>, (Erişim tarihi: 11 Nisan 2023).
- EverythingRF, <https://www.everythingrf.com/news/details/14223-apitech-develops-x-band-quad-transmit-receive-module-for-aesa-e-scan-radar-applications>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- Faruk SOYKAN, “Geçmişten Günümüze Hava Savunmave Aselsan”, *ASELSAN DERGİ*, Sayı 112, https://www.wcdn.aselsan.com/api/file/Aselsan_Dergi_112.pdf, (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “İnternetin Silahları’: Ağ Merkezli Harp, Komuta Kontrol ve Gelecek”, *Defence Turk*, <https://www.defenceturk.net/internetin-silahlari-ag-merkezli-harp-komuta-kontrol-ve-gelecek> (Erişim Tarihi: 02 Eylül 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “Ağ Destekli Yetenek (ADY) Muharebe Sahası Yönetim Sistemi,” *Defence Turk*, <https://www.defenceturk.net/ag-destekli-yetenek-ady-muharebe-sahasi-yonetim-sistemi> (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “ASELSAN Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS),” *Defence Turk*, <https://www.defenceturk.net/aselsan-elektronik-harp-komuta-kontrol-ve-koordinasyon-sistemi>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “Elektronik Harp Komuta, Kontrol ve Koordinasyon Sistemi (EHKKKS),” *Defence Turk*, <https://www.defenceturk.net/aselsan-elektronik-harp-komuta-kontrol-ve-koordinasyon-sistemi>, (Erişim Tarihi 13 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “GENESİS ADVENT Savaş Yönetim Sistemi,” *Defence Turk*, <https://www.defenceturk.net/genesis-advent>, (Erişim Tarihi 18 Şubat 2023).

- Fatih Mehmet Küçük, “TF-2000 Hava Savunma Harbi Muhribi tasarımının 2022 sonunda tamamlanması planlanıyor,” Defence Turk <https://www.defenceturk.net/tf-2000-hava-savunma-harbi-muhribi-tasariminin-2022-sonunda-tamamlanmasi-planlaniyor>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, “Türk Silahlı Kuvvetleri ve Esed Rejimi Uzun Erimli Saldırı ve Savunma Kabiliyeti,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/turk-silahli-kuvvetleri-ve-esed-rejimi-uzun-erimli-saldiri-ve-savunma-kabiliyeti>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, Bulut Altı İnsansız Hava Aracı BİHA, Defence Turk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler#df-lip-df_46284/28/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023).
- Fatih Mehmet Küçük, Bulut Altı İnsansız Hava Aracı BİHA, Defence Turk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler#df-lip-df_46284/28/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023).
- Hakan Torlak, “Üretim kapasitesi arttı: AKSUNGUR İHA Kırgızistan ve Angola yolcusu,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/uretim-kapasitesi-artti-aksungur-ih-kirgizistan-ve-angola-yolcusu>, (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).
- Hanwha Systems, C5I, <https://www.hanwhasystems.com/en/business/defense/c5i.do>, (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).
- Hatice Bilge İspir, “Önce Karın Tokluğu Sonra Uzay Boşluğu – 2 : Uydular,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/once-karin-toklugu-sonra-uzay-boslugu-2-uydular>, (Erişim Tarihi: 16 Şubat 2023).
- HAVELSAN, HARBİYE Müşterek Komuta Kontrol Sistemi, <https://www.havelsan.com.tr/sektorler/savunma-ve-guvenlik/kara/stratejik-c2is/havelsan-harbiye>, (Erişim Tarihi 26 Şubat 2023).
- <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2020/09/06/sci-fi-awesome-a-us-army-howitzer-just-shot-down-a-cruise-missile/?sh=27cfef33209e>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- IEEE Standard Letter Designations for Radar Bands Used by the EESS Community and Their Comparison to the ITU Allocations, <https://nap.nationalacademies.org/read/21774/chapter/10>, (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023).
- İctimai TV, İkinci Karabağ Savaşı, <https://www.youtube.com/watch?v=-3yIR-fKpgaM>, (Erişim Tarihi: 2 Eylül 2023).

- Kaan Azman, “Kuveyt’e Bayraktar TB2 ihracatı!,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/kuveyte-bayraktar-tb2-ihracati>, (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023).
- Kale Ar&Ge, KTJ-3200 <https://www.kalearge.com.tr/urunlerimiz>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak: 2023).
- Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Modernizasyon Projeleri, <https://www.kkk.tsk.tr/modernizasyon.aspx>, (Erişim Tarihi 17 Ocak 2023).
- KDE Direct, https://www.kdedirect.com/products/kde4215xf-465?_pos=1&_sid=6e5c1b905&_ss=r, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).
- Kraliyet Donanması, Daring Class, <https://www.royalnavy.mod.uk/the-equipment/ships/destroyers/daring-class>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- MBDA, Brimstone, <https://www.mbda-systems.com/product/brimstone/>, (Erişim Tarihi: 14 Ocak 2023).
- Military Today, Project 23560E Shkval, http://www.military-today.com/navy/project_23560e_shkval.htm, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Mineral Commodity Summaries 2022 - Rare-Earths, United States Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-rare-earths.pdf>, (Erişim Tarihi: 16 Ocak 2023).
- Missilery, ALARM, <https://en.missilery.info/files/m/alarm/alarm-comp.jpg>, (Erişim Tarihi: 11.05.2023).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Advanced Battle Management System: Needs, Progress, Challenges, and Opportunities Facing the Department of the Air Force. (2022), <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26525/advanced-battle-management-system-needs-progress-challenges-and-opportunities-facing>, (Erişim Tarihi: 13 Şubat 2023).
- National Defense, Air Force Laying Foundations for Its Version of JADC2, Mikayla Easley, <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/11/8/air-force-laying-foundations-for-its-version-of-jadc2>, (Erişim Tarihi: 19 Şubat 2023).
- Naval News, Indian Navy Commissions Second Project 15B Destroyer, <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/12/indian-navy-commissions-second-project-15b-destroyer/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Naval Technology, <https://www.naval-technology.com/projects/kongoclass-destroyer/>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).

- Nukemap, <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/> , (Erişim tarihi: 12 Ocak 2023).
- Paloalto Networks, What is Command and Control, <https://www.paloalto-networks.com/cyberpedia/what-is-command-and-control>, (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023)
- SavunmaTR, Başkan Görgün: Türkiye ve Azerbaycan hava sahasını “HAKİM” koruyacak, <https://www.savunmatr.com/baskan-gorgun-turkiye-ve-azerbaycan-hava-sahasini-hakim-koruyacak>, (Erişim Tarihi: 7 Ağustos 2023).
- ScienceDirect, Command and Control Systems, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/command-and-control-systems>, (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2023).
- Seaforce, Sejong the Great Class, <https://www.seaforces.org/marint/Republic-Korea-Navy/Destroyer/Sejong-the-Great-class.htm>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Seaforces, Horizon Class, <https://www.seaforces.org/marint/French-Navy/Destroyer-Frigate/Forbin-HORIZON-class.htm>, (Erişim Tarihi: 6 Ocak 2023).
- Seray Güldane, “ISR – İstihbarat, Gözlem, Keşif,” Defence Turk, <https://www.defenceturk.net/isr-istihbarat-gozlem-kesif>, (Erişim Tarihi: 29 Eylül 2023).
- System of systems (SoS), Alexander S. Gillis, TechTarget, <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/system-of-systems-SoS>. (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- Systems of Systems Characterization and Types, Dr. Judith S. Dahmann, <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-276/EN-SCI-276-01.pdf>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023).
- TACS AnaYurt Güvenliğinde Haberleşme Çözümleri, Dr. Faik Eken, ASEL-SAN Haberleşme Cihazları Grup Başkanı, <https://www.tacs.eu/tr/Doc/anayurt-guvenligi.htm>, (Erişim Tarihi: 13 Ocak 2023).
- TASMUS-G Assurance of Tactical Area Communication System, Defence Turkey, Mayıs 2022, <https://www.defenceturkey.com/en/content/tasmus-g-assurance-of-tactical-area-communication-system-701>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).

- TAYAS Taktik Yerel Alan Ağı Sistemi ASELSAN HBT-TAYAS/T001/11-2017, https://www.wcdn.aselsan.com/api/file/TAYAS_TR.pdf, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2023).
- TEİ, TEİ-TS1400 Turboşaft Motor Geliştirme Projesi, <https://www.tei.com.tr/tr/urunler/tei-ts1400-turboshaft-motor-gelistirme-projesi>, (Erişim Tarihi: 11 Ocak 2023).
- The Aviationist “MQ-9 Reaper Drone Fires Live AIM-9X Block II AAM At BQM-167 Target Drone Simulating a Cruise Missile” – David Cenciotti, <https://theaviationist.com/2020/09/11/mq-9-reaper-drone-fires-live-aim-9x-block-ii-aam-at-bqm-167-target-drone-simulating-a-cruise-missile/>, (Erişim Tarihi: 7 Mayıs 2023).
- The Market For Aviation Turbofan Engines, Forecast International, https://www.forecastinternational.com/fistore/prod.cfm?FISSYS_RECNO=11&title=The-Market-for-Aviation-Turbofan-Engines, (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023).
- Turkish Armed Forces Foundation TAFF’s Evolution and Strategic Importance at its 30th Anniversary, TSKGV, S90 <https://www.tskgv.org.tr/files/documents/TSKGV-30TH-020420191819926807.pdf>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- Turkish Armed Forces Foundation, TAFF’s Evolution and Strategic Importance at its 30th Anniversary, TSKGV, S90 <https://www.tskgv.org.tr/files/documents/TSKGV-30TH-020420191819926807.pdf>, (Erişim Tarihi 15 Ocak 2023).
- TÜRKSAT, Uydu Hizmetleri Kataloğu, https://uydu.turksat.com.tr/sites/default/files/2020-04/uydu_katalogu_0.pdf, (Erişim Tarihi: 1 Ocak 2023).
- TÜRKSAT, Uydu Kapsama Alanı, <https://uydu.turksat.com.tr/tr/uydu-kapsama-alanlari>, (Erişim Tarihi: 1.01.2023).
- VEGA Imaging Systems, Spectrum 5500, <https://www.vegaisr.com/spectrum-5500/>, (Erişim Tarihi: 20 Mart 2023).
- Volkan Deniz Özbudak, Türk Silahlı Kuvvetleri ve Kamikaze İHA Sistemleri, Defence Turk Dergisi, Sayı 1, https://www.defenceturk.net/dergiler#dfliip-df_46284/16/, (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2023).
- Yusuf Emir Işık, “ANKA İHA üretimi devam ediyor,” Defence Turk <https://www.defenceturk.net/anka-ih-uretimi-devam-ediyor>, (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023).

Teknoloji ve savaş arasında ayrılmaz bir bağ vardır. Bu bağın doğasının açıklanması savaş çalışmalarıyla ilgilenen birçok araştırmacı, stratejist ve düşünürün gündemini meşgul etmiştir. Savaş içinde birçok değişkeni barındırır da en nihayetinde sahada cereyan etmektedir ve ana açıklayıcı değişkenler çarpışma olgusunun merkezinde yer alan silah teknolojilerinde aranmalıdır. Ancak böyle bir değerlendirme sadece bir teknolojinin diğerinden teknik anlamda üstün olup olmadığına hapsedilmemelidir. Bu anlamda muharebe sahasına dair yapılacak her analiz hem birim hem de sistem seviyesinde askeri teknolojinin neye müsaade ettiğini ve sahada hangi operasyon ve taktikleri avantajlı kıldığını ele almak zorundadır.

Elinizdeki eser böyle bir çabanın sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Sistem düzeyinde teknolojinin dağılımıyla birim düzeyinde bir devletin söz konusu teknolojilere erişilebilirlik kapasitesinin nedenleri ve sonuçlarına dair bir kavramsal çerçeve çizmektedir. Bu anlamda muharebe sahasında son yıllarda yaratıldığı farklar daha gözlemlenebilir hale gelen hassas vuruş, güdüm, gözetleme ve enformasyon teknolojilerinin savaşta nasıl etkilediğini ortaya koymaya çalışmaktadır. Yine sistem mimarisinden bileşen düzeyine kadar bahsi geçen teknolojilerin teknik olarak nelere imkan tanıdığı incelenmiştir. Özellikle bileşen seviyesindeki gelişmelerin genel doktrine etkisi somut muharebe konseptleri üzerinden örneklendirilerek sahadaki dönüşümün mantığı irdelenmiştir.

Söz konusu dönüşüme cevap verebilmek, buna göre yapılandırılmış verimli bir savunma sanayii altyapısını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmanın önümüzdeki dönem muharebelerine hazırlık bağlamında Türkiye'nin savunma sanayii politikalarının belirlenmesine de katkı sağlamasını umut ediyoruz.

