

# Radara Görünmezlik Teknolojisi

## Temel Bilgiler



Bahman Zohuri

# Radara Görünmezlik Teknolojisi Temel Bilgiler

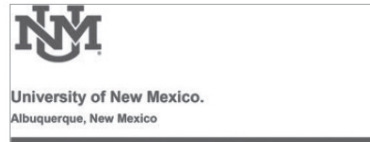
**Çeviri Editörü**

Hacı SOĞUKPINAR

**Çeviren**

Mehmet Fatih AYDIN

 Springer





© Copyright 2023

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

**Orijinal ISBN**

978-3-030-40618-9

**ISBN**

978-625-399-151-7

**Orijinal Adı**

Radara Görünmezlik ve Gizlilik  
Teknolojisi

**Kitap Adı**

Radara Görünmezlik Teknolojisi  
Temel Bilgiler

**Editör**

Bahman ZOHURİ

**Çeviri Editörü**

Doç. Dr. Hacı SOĞUKPINAR  
ORCID iD: 0000-0002-9467-2005

**Yayın Koordinatörü**

Yasin DİLMEN

**Çeviren**

Mehmet Fatih AYDIN  
ORCID iD: 0000-0002-3497-9910

**Yayıncı Sertifika No**

47518

**Sayfa ve Kapak Tasarımı**

Akademisyen Dizgi Ünitesi

**Orijinal DOI**

10.1007/978-3-030-40619-6

**Baskı ve Cilt**

Vadi Matbaacılık

**Bisac Code**

SCI055000

**DOI**

10.37609/akya.2585

**Kütüphane Kimlik Kartı**

Radara Görünmezlik Teknolojisi Temel Bilgiler / çeviri ed. : Hacı Soğukpınar.  
çev. : Mehmet Fatih Aydın.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2023.

440 sayfa. : şekil, tablo. ; 160x240 mm.

Özgün eser adı : Radar Energy Warfare and the Challenges of  
Stealth Technology.

Kaynakça ve İndeks var.

ISBN 9786253991517

1. Fizik.

**GENEL DAĞITIM**

**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

[www.akademisyen.com](http://www.akademisyen.com)

*Bu kitap oğlum Sasha ve torunum Darrius'a  
ithaf edilmiřtir.*

# Önsöz

Wright kardeşler uçağı icat ettiğinde, seyahat, keşif ve savaş şeklini sonsuza dek etkili bir şekilde değiştirdiler. Bunun örnekleri I ve II. Dünya Savaşı'nda bulunabilir, belirli hedefleri başarılı bir şekilde tanımlamak ve bombalamak için iki pilotlu sistem oluşturuldu. Britanya Muharebesinde bu sistem Kraliyet Hava Kuvvetleri (RAF) tarafından Alman Luftwaffe'ye karşı kendi bölgelerini savunmak ve savaşı kendi avantajlarına çevirmek için kullanıldı. Vietnam Savaşı'nda Amerikalı pilotlar, radar ve elektronik karıştırmanın büyük rol oynadığı karadan havaya füzeyi (SAM) kullandılar ve daha sonra bugüne kadar radar teknolojisi kullanılmaktadır. Wright kardeşlerin orijinal tasarımından bu yana, uçaklar tasarımlarının yanı sıra işlevsellik açısından da büyük ölçüde gelişti; Örneğin: Amerikan tarafında F-35 ve Rus muadili Sukhoi Su-57 ve hatta şu anda Çin, Chengdu J-20 ile bu pazarda yarışmaktadır. Hepsi beşinci nesil (GEN-V) savaş uçakları olsalar da ortak bir teknik zorlukları vardır, yani herhangi bir radar tespitinden kaçınmak için hepsinin gizli olması gerekir. Bununla birlikte, soru şu ki, üreticilerinin iddia ettikleri gibi radar soğurucu malzeme (RAM) kullanarak veya radar kesitlerini (RCS) gökyüzünde kendilerini arayan herhangi bir radar ışını algılamasına karşı azaltarak gerçekten sinsi (görünmez) olmalarıdır. Radar için hedefler, 8–12 GHz bandında 2 m<sup>2</sup> (kafa kafaya) ile 100 m<sup>2</sup> (maksimum yandan) arasında bir RCS'ye sahip altıncı nesil (GEN-VI) uçak hala çeviktir ve 150 ile 750 m/s arasında yer hızlarında uçmaktadır. Gizli uçak hedefleri, kafa kafaya yönden 0,005 m<sup>2</sup> kadar düşük bir RCS'ye sahip olabilir. Füze hedeflerinin, görünmez olmayan uçaklardan en az bir kat daha düşük bir RCS'ye sahip olması muhtemeldir ve 1300 m/s (Mach 4) hızla hareket edebilir. Yere dayalı hedefler, köprüler ve binalar gibi yapıları veya hareketli veya statik olabilen zırhlı araçlar gibi araçları içerir. Bugün bile, yüksek hızlı füze veya torpido gibi yeni silah sistemlerinin Rus ve Çinliler tarafından duyurulmasıyla, gizlilik (Stealth) Senaryosu teknik açıdan farklı bir yön almıştır.

Bu yeni nesil hızlı hareket eden jet uçaklarına karşı elektronik karşı önlemlerin (ECM) en tehlikeli şekli, Dijital Radyo Frekans Belleği (DRFM) tabanlı tekrarlayıcı karıştırıcılar ve transponderlerdir. Bu kitap, hiper hız gibi bir tehdide karşı bir önlem olarak skaler dal-

ganın (SW) ve bu tür bir dalganın, kuantum elektrodinamiğini (QED) kullanan Ampere Maxwell denkleminin daha eksiksiz denkleminde (MCE) türetilen skaler uzunlamasına dalgaya (SLW) dayandığını öne sürmektedir. SW'den radar'a kadar olan teknikler, radarın dalga biçimini dikkate değer bir bütünlükle kopyalayabilir ve kurban alıcısı ile ateş kontrol radarı (FCR) tarafından çalıştırılan işleme zinciri içinde ilişkilendirilebilecek çok sayıda yanlış hedef sunabilir ve bunların tümü çok basit ve tanıtıcı bir şekilde bu kitapta anlatılmıştır. Çok sayıda gerçekçi hedef dönüşüne yanıt olarak orta sinyal atım tekrar frekansı (PRF) modunda gölgelenme özel bir endişe olabilir. Üniversitedeki temel radar kursları prensibimizden öğrendiğimiz gibi, hızlı saldırı uçaklarındaki FCR'ler en iyi darbe Doppler radarlarıdır. Çok çeşitli havadan havaya ve havadan yere modlarda çalışmak için hafif ve kompakt olmalı, ancak aşırı dağınık sahnelerin varlığında uzun algılama menzilleri elde etmeleri ve büyük bir alanı takip edebilmeleri gerekir ve bunların tümünü yapabilmek için, özellikle tek kişilik uçaklarda, uçak mürettebatı üzerindeki iş yükünü de en aza indirmek için yüksek derecede otomatik olmalıdır. Taktik avcı boyutundaki hayalet uçaklar, C, X ve Ku bantları gibi daha yüksek frekans bantlarını yenmek için optimize edilmelidir ve bu sadece basit bir fizik meselesidir. Frekans dalga boyu belirli bir eşiği aştığında ve bir rezonans etkisine neden olduğunda LO uçağının imzasında bir "adım değişikliği" olur. Tipik olarak, bu rezonans, uçağın bir parçası - kuyruk yüzgeci veya benzeri gibi - belirli bir frekans dalga boyunun sekiz katından daha küçük olduğunda meydana gelir. Her yüzeyde iki fit veya daha fazla radar emici malzeme kaplaması için boyut veya ağırlık toleransına sahip olmayan avcı büyüklüğündeki gizli uçaklar, hangi frekans bantları için optimize edildikleri konusunda gösteri yapmaya zorlanır. Bu, S veya L bandının parçaları gibi daha düşük bir frekans bandında çalışan radarların belirli gizli hava araçlarını tespit edip izleyebileceği anlamına gelir. Nihayetinde, düşük frekanslı radarlara karşı koymak için, rezonans etkisine neden olan özelliklerin çoğundan yoksun olan Northrop Grumman B-2 Spirit veya B-21 Raider gibi daha büyük bir uçan kanat için, gizli uçak tasarımı bir zorunluluktur. Bununla birlikte, UHF ve VHF bant dalga boyları, ile tasarımcılar uçağı görünmez yapmaya çalışmıyorlar - bunun yerine mühendisler, düşük frekanslı radarlara özgü arka plan gürültüsüyle karışacak bir radar kesiti oluşturmayı umuyorlar. Ek olarak, düşük frekanslı radarlar, yangın kontrol radarlarını işaretlemek için kullanılabilir ve bazı ABD düşmanları, daha düşük frekanslarda çalışan hedef radarları geliştirmek için çaba göstermeye başlamıştır. Bununla birlikte, bu düşük frekanslı atış kontrol radarları yalnızca teoride mevcuttur ve henüz sahaya alınmaya çok uzaktır. Yukarıdaki konular bu kitapta yer almaktadır. İlgi duyulan her konu, okuyucusu için çok az bilgi birikimine sahip birinden, radar fiziği ve prensipleri konusunda sağlam bir geçmişe sahip daha sofistike bir okuyucuya veya onların yetiştirdiği mühendislere kadar bu alanda sağlam bir temel oluşturmak isteyen herkes için, radara görünmezlik teknolojisinin ortaya çıkmasından bu zamana kadar oluşan gelişmeler bu kitapta dikkatlice incelenmiştir.

Bu kitap aynı zamanda okuyucuların radara görünmezlik teknolojisinin zorlukları oyununda yeni olmaları durumunda genel bilgilerini geliştirmek için dört adet Ek bölüm bulunmaktadır.

Albuquerque, NM, ABD

Bahman Zohuri



## Teşekkür

Beklentilerimin ötesinde bana yardım eden, cesaretlendiren ve destekleyen birçok insana minnettarım. Bazıları bu kitabın yapımında cesaretlendirmelerinin sonuçlarını göremeyecekler, yine de en derin minnettarlığımı bildiklerini umuyorum. Derinden minnettar olduğum tüm arkadaşlarıma desteklerini tereddüt etmeden sürekli verdikleri için özellikle teşekkür etmek istiyorum. Her zaman doğru yönde gitmemi sağladılar, özellikle gerçek bir arkadaş olan Dr. Patrick J. McDaniel. Her şeyden önce rahmetli anneme ve babama ve çocuklarıma, özellikle de beni her zaman cesaretlendiren, kısa bir süre önce kaybettiğim oğlum Sasha'ya çok özel teşekkürlerimi sunuyorum. Onlar olmasa bu kitabın yazılamayacağı aşıkardır ve onlar bu kitabın yazılması için sürekli destek ve cesaret verdiler. Yazım sürecinde evden birçok kez uzak kalmam ve bilgisayar başında geçirdiğim uzun saatler karşısında takdire şayan bir davranış sergilediler.

## Çeviri Önsöz

İnsanlığın uçakla ilk tanışması ve ilk resmi uçuş Wright kardeşlerin girişimi ile 1903 yılında başlamıştır. Hemen 7 yıl sonra uçak, ilk defa savaş aracı olarak 1911 yılında İtalyanların Osmanlı topraklarını işgali sırasında Trablusgarp savaşında kullanılmıştır. İlk savaş uçağı yine Osmanlı askerleri tarafından düşürülmüştür. Hemen aynı yıl 2 Türk subayı Fransa'ya pilot okuluna gönderilerek eğitim alması sağlanmış ve önden iki uçak siparişi verilmiştir. 1912 yılı itibariyle İstanbul'da 10 uçaktan oluşan bir filo kurulup bir uçuş okulu açılmıştır. Bu uçaklar ilk Balkan Harbi sırasında kullanılmış olup devamında yenileri Almanya ve Fransa'dan satın alınmıştır. Osmanlı devletinin 1. Dünya savaşına Almanya ile birlikte katılması sahip olduğumuz uçak sayısı artarak önce 50, savaş sonuna kadar 450 rakamına ulaşmıştır. İlk defa 1914 yılında İstanbul-İskenderiye arası 2000 km'lik yolculuk farklı şehirlerde ikmaller yapılarak askeri pilotlar tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk yerli uçak yapma girişimi 1914 yılında gerçekleşmiş ancak teknik eksikliklerden dolayı ilk uçuşu yapılamamıştır.

Cumhuriyet tarihinde Atatürk'ün emriyle 15 Mart 1925 tarihinde Türk Tayyare Cemiyeti kurulmuş ve Vecihi Hürkuş ilk Türk tipi uçağı Vecihi K-6'yı inşa etmiştir. 1925 tarihinde Kayseri'de Tayyare ve Motor Türk Anonim Şirketi (TOMTAŞ) ve fabrikası kurulmuş ve Alman Junkers Uçak fabrikası lisansı ile Milli Savunma Bakanlığı ortak üretim yapmaya başlamıştır. 1930 yılında Vecihi Hürkuş Vecihi-14 tipi uçağını yapmıştır. 1935 yılında Türk Kuşu kurulmuş ve ilk eğitimi alanlar arasında Sabiha Gökçen de bulunmaktadır. 1936 yılında İstanbul'da ilk defa Hava Harp Akademisi kurulmuştur. Bu süreçte Kayseri'deki uçak üretimi devam etmektedir. 1938 yılına kadar envantere toplamda 215 uçak girmiştir. Nuri Demirağ 1936 yılında ilk defa "Büyük Gök Okulu" nu kurmuş ve bu okulda teknik eleman yetiştirmeye başlamıştır. Nuri Demirağ bu süreçte uçak ve planör üretimine başlamış ve Türk Hava Kurumu tarafından siparişler almış ve Nuri Demirağ'ın fabrikasında üretilen ilk uçak 1941 yılında ilk uçuşunu gerçekleştirmiştir.

1984 yılında Otomotiv Yan Sanayisi olarak Baykar Makine kurulmuş, 2000 yılında İnsansız Hava Aracı Sistem ve Alt Sistem Bileşenleri Ar-Ge çalışmalarına başlamıştır. 2007 yılında Bayraktar Mini İHA'nın İlk Teslimatı gerçekleşmiş olup 2014 yılında Bayraktar TB2 İlk Seri üretim teslimatı gerçekleşmiştir. 2019 yılında Bayraktar Akıncı İlk Uçuşunu gerçekleştirmiştir. Ardından kızılma ile insansız ilk savaş uçağı yapılmıştır. Bayraktar, ülkemizde insansız uçan sistemler üzerine öncü bir kurum haline gelmiştir.

Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı (TUSAŞ), 28 Haziran 1973 tarihinde kurulmuş ve ilk defa F16 uçaklarının Türkiye’de üretim/montajına öncülük etmiştir. Bugün itibari ile Yapısal Grubu, Uçak Grubu, Helikopter Grubu, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri Grubu, Uzay Sistemleri Grubu, ve Milli Muharip Uçak (MMU) Grubu olmak üzere pek çok alanda ARGE ve üretim yapmaktadır. Atak ve Gökbey helikopteri, Hürjet ve Hürkuş uçakları, Anka 3 ve Aksungur İHA sistemleri, Göktürk uydusu ve MMU savaş uçağı öne çıkan projelerden bazılarıdır. TUSAŞ Havacılığın her alanında üretim yapan dünyaca önemli bir kurum haline gelmiştir.

*Bu kitabın çevirisi, Türk gençlerine havacılığı tanıtmak, teknik bilgi sağlamak, sevdirmek ve genç beyinleri bu alana teşvik etmek amacı ile gerçekleştirilmiştir.*

Doç. Dr. Hacı SOĞUKPINAR  
ADİYAMAN UNİVERSİTESİ

*Bu kitapta desteklerini esirgemeyen eşim Fatma, kızlarım Esmâ ve Şeyma'ya teşekkürlerimi sunuyorum.*

# İçindekiler

<b>1 Radarın Temelleri</b> .....	<b>1</b>
1.1 Giriş .....	1
1.2 Radar Kavramı ve Deneylerinin Birinci Prensipleri.....	5
1.3 Radar Türleri .....	8
1.3.1 Radar Sınıflandırma Setleri .....	14
1.3.2 Radar Dalga ve Frekans Bantları.....	25
1.3.3 Radar Frekansları, Bantları ve Kullanımı.....	36
1.4 Radar Temel, Darbe Tekrarlama Frekansı (PRF) ve Darbe Tekrarlama Süresi (PRT).....	38
1.4.1 Alma Süresi .....	42
1.4.2 Ölü Zaman .....	43
1.5 Faz Kaymasının Hesaplanması .....	49
1.5.1 Modülatörler .....	50
1.5.2 Seri Çekim Modu .....	53
1.5.3 Belirsizlik Aralığı.....	54
1.5.4 Belirlilik Aralığı.....	58
1.5.5 Maksimum Kesin Menzil.....	59
1.6 Kademeli Darbe Tekrarlama Frekansı (PRF).....	60
1.7 Çoklu Darbe Tekrarlama Frekansı (PRF).....	61
1.8 Radar Enerjisi Nedir .....	63
1.9 Elektromanyetik (EM) Enerjinin Yayılması ve Darbe Hacmi .....	71
1.10 Radar Menzil Denklemi .....	79
1.11 Diğer Radar Denklem Formları .....	84
1.11.1 Gözetleme Radarı Denklemi .....	85
1.11.2 İzleme Radarı Denklemi .....	85
1.11.3 Yüzey Karışıklık Aralığı Denklemi.....	85
1.11.4 Hacim Yığılma Radarı Denklemi .....	86
1.11.5 Gürültü Karıştırma Radar Denklemi (Gözetim).....	86
1.11.6 Gürültü Karıştırma Radar Denklemi (İzleme) .....	87

1.11.7	Kendi Kendini Tarama Aralığı Denklemi .....	87
1.11.8	Hava Radarı Denklemi.....	88
1.11.9	Sentetik Açıklıklı Radar Denklemi.....	88
1.11.10	Ufuk Radar Denklemi Üzerinden HF.....	89
1.12	Deniz Karışıklığını Bastırma .....	89
1.13	Yağmur Karmaşası.....	92
1.14	Sinyali karıştırma/bozma (J/S) Oranı: Sabit Güç [Doymuş] bozucu.....	94
1.14.1	Sinyal bozucu .....	94
1.14.2	J/S Monostatik Radar'a Karşı Elektronik Saldırısı (EA) ile Kendini Koruma .....	98
1.15	Sinyal Sıkışma Oranı (Monostatik) .....	99
1.16	Tek Yönlü J / S Hesaplamaları (Monostatik) Boş Alan Kaybı.....	100
1.17	Bistatic Radar'a karşı. Elektronik Saldırı (EA) ile Kişisel Koruma.....	101
1.18	J-S Oranı (Bistatik) .....	103
1.19	Boş Alan Kaybı kullanarak Tek Yönlü Bistatik J/S Hesaplamaları .....	104
1.20	Standart J/S (Monostatik) Örnek (Sabit Güç Bozucusu) .....	104
1.21	Milimetrik Radar Dalga Denklemi .....	105
	Kaynaklar .....	108
<b>2</b>	<b>Elektronik Karşı Tedbir ve Elektronik Karşı Önlem .....</b>	<b>111</b>
2.1	Giriş.....	111
2.2	Sinyal İstihbaratının Açıklaması (SIGINT).....	112
2.3	Elektronik Destek Tedbiri (ESM).....	119
2.4	Elektronik Karşı Tedbir (ECM) .....	121
2.5	Elektronik Karşı Önlem (ECCM) .....	131
2.6	Elektronik Karşı Tedbir (ECM) ve Elektronik Karşı Önlem (ECCM) .....	133
2.7	ECCM Teknikleri Elektronik Harbi Bir Sonraki Seviyeye Nasıl Taşıyor .....	136
	Kaynaklar .....	144
<b>3</b>	<b>Radar Emici Malzeme ve Radar Kesiti .....</b>	<b>147</b>
3.1	Giriş .....	147
3.2	Radar Emici Malzeme (RAM) Türleri .....	148
3.3	ADS-B Radarına Giriş .....	153
3.4	Radar Kesiti .....	164
3.4.1	Radar Kesitinin Hesaplanması .....	165
3.4.2	Nokta Benzeri Hedefler için RCS.....	167
3.5	Radar Kesitini Azaltma.....	169
3.6	Düşük Gözlemlenebilir (LO) Uçağı Takip Etme Yolları .....	176

3.7	Radara görünmezlik .....	182
3.8	S-300V4 (NATO: SA-23 Gladıyator) .....	193
3.9	S-400 Almaz-Antey (NATO: SA-21 Yetiřtirici) .....	195
3.10	S-500 Füzede Sistemi Triumfator-M .....	196
3.11	Rus S-300, S-400 ve S-500'e karşı American hayalet savaşçıları ve bombardıman uçakları .....	200
	Kaynaklar .....	203
<b>4</b>	<b>Gizli Teknoloji .....</b>	<b>205</b>
4.1	Giriş .....	205
4.2	Beşinci Nesil Savaş Uçakları (1995–2025) .....	208
4.3	Önerilen Altıncı Nesil Savaş Uçakları.....	216
4.4	Gizli Teknoloji Bilimi ve Tarihi.....	222
4.5	Gizlilik Teknolojisi .....	230
4.6	Gizlilik Teknolojisi Hakkında Daha Fazla Bilgi .....	235
4.6.1	İleri Radar Kesiti (RCS) Tartışması.....	236
4.6.2	Radar Kesitini Küçültme (RCS) .....	240
4.6.3	Uçağın Şekli .....	243
4.6.4	Gizlilik için Şekil .....	246
4.6.5	Radar Emici Yüzey (RAS) .....	248
4.6.6	Radar Emici (veya Emici) Malzemeler (RAM'ler).....	249
4.6.7	Kızılötesi (IR).....	255
4.6.8	Kızılötesi İmza ve Kızılötesi Gizli.....	256
4.6.9	Plazma Gizliliği.....	259
4.7	Gizli Teknolojinin Avantajları.....	267
4.8	Gizli Teknolojinin Dezavantajları.....	269
4.9	Quantum görünmezliğı veya Hayalet Teknolojisinin Geleceğı.....	274
4.10	Dünün, Bugünün ve Yarının Gizli Uçağı .....	279
4.11	Gizli Teknolojiye Karşı Elektronik Harp .....	280
4.12	E-Bomba Gúdümlü Yönlendirilmiş Enerji Savaşı.....	289
4.12.1	Yönlendirilmiş Enerji Savaşı.....	294
4.12.2	Yönlendirilmiş Enerjili Silahların Özellikleri (DEW'ler) .....	294
4.12.3	Uçak Operasyonları Potansiyeli .....	295
4.13	Altıncı Nesil Pilotsuz Tahrikli Yönlendirilmiş Enerji Savaş Teslimi.....	297
4.14	Hücum Savaşında Gizlilik .....	300
	Kaynaklar .....	308
	<b>Ek A: Luneburg Lens Radar Reflektörü .....</b>	<b>311</b>
	<b>Ek B: Hipersonik Hızla Sürülen Yarının Savaş Alanının Yeni Silahı .....</b>	<b>327</b>

<b>Ek C: Radar Uygulamaları için Sayısal Sinyal İşleme.....</b>	<b>361</b>
<b>Ek D: Monostatik, Bistatik ve Multistatik Radarlar .....</b>	<b>385</b>
<b>Ek E: in'in Gizli Savaşçıları ve Bombardıman Uçakları Teknolojisi .....</b>	<b>405</b>
<b>Kaynaklar .....</b>	<b>413</b>
<b>Dizin .....</b>	<b>417</b>



## Yazar Hakkında

Bahman Zohuri, Albuquerque'deki New Mexico Üniversitesi'nde Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri alanında Araştırma Doçenti olup, savunma sanayinde uzun yıllar baş bilim insanı olarak çalışmıştır, 1991 yılında kendi kurduğu bir danışmanlık şirketi olan Galaxy Advanced Engineering, Inc. aracılığıyla danışmanlık yapmaktadır. Illinois Üniversitesi'nden Fizik ve Uygulamalı Matematik alanında mezun olduktan sonra, Westinghouse Electric Corporation'a katıldı ve bir sıvı metal hızlı üretken reaktörün (LMFBR-liquid metal fast breeder reactor) çekirdeğinde, ikincil döngü ısı alışverişi için tamamen doğal bir kapatma sisteminin termal-hidrolik analizi ve doğal sirkülasyonu için bir tasarım geliştirdi. Tüm bu tasarımlar, kendinden tahrikli kapatma sistemleri için nükleer güvenlik ve güvenilirlik mühendisliği için kullanıldı. 1978 civarında bu reaktörde ısı reddi amacıyla LMFBR'nin büyük havuz konseptleri için cıva ısı borusu ve elektromanyetik pompalar tasarladı ve bunun için bir patent aldı. Daha sonra, MX füzesinin dinamik analizinden ve fırlatma yönteminden ve rampadan çıkarılmasından sorumlu olduğu Westinghouse savunma bölümüne transfer edildi. Daha sonra Birleşik Devletler Donanması'ndan ayrıldıktan sonra Sandia Ulusal Laboratuvarlarında danışman olarak çalıştı. Dr. Zohuri, Illinois Üniversitesi'nden fizik alanında lisans ve yüksek lisans derecelerini, ikinci yüksek lisans derecesini makine mühendisliğinde ve doktora derecesini New Mexico Üniversitesi'nden nükleer mühendislik alanında almıştır. Üç patent aldı, 26 ders kitabı yayınladı ve sayısız başka dergi yayını bulunmaktadır. Son zamanlarda, Fuzzy ve Boolean kullanarak bulut bilişim, veri depolama ve veri madenciliği ile uğraştı ve bunları yapay zeka, makine öğrenimi ve derin öğrenme mantığına uyguladı ve bu konularda yayınlanmış birkaç kitabının yanı sıra çok sayıda başka kitapları vardır. Amazon'da veya internette kendi adı altında bulunabilir.



# Bölüm 1

## Radarin Temelleri

Bu bölüm, radarın ilkelerinin temel bir açıklaması olup bir tespit cihazı olarak radarın temelini ele almaktadır. Radar, Britanya Savaşı'nın zirvesi sırasında Alman Luftwaffe'ye (Alman Hava Kuvvetleri) karşı hava savaşında İngiltere'ye yardımcı olan unsurlardan biriydi ve bu tür işgal sırasında hayatta kalmayı başardılar. Konu basit, yöntemler çok güçlü ve sonuçların geniş uygulamaları bulunmaktadır. Radar, nesnelerin menzilini, açısını veya hızını belirlemek için radyo dalgalarını kullanan bir algılama sistemidir; uçakları, gemileri, uzay araçlarını, güdümlü füzeleri veya farklı arazi koşullarında motorlu araçları tespit etmek veya hatta hava oluşumlarını tahmin edebilmek için kullanılabilir. Bugün, yeni nesil savaş uçaklarının durumunu altıncı nesil aşamasına iten tüm gizli teknolojiler ve ses hızından daha hızlı uçan hipersonik nesnelere için seviye 5-15 Mach sayısı ile ifade edilmektedir, bu nedenle, radar savaşını farklı bir yenilikçi düzey almaktadır.

### 1.1. Giriş

RADAR, "Radio Detection and Ranging" kelimelerinin kısaltmasıdır ve bugün, teknoloji o kadar yaygındır ki, kelime standart bir İngilizce isim haline gelmiştir. Sistemin adından da anlaşılacağı üzere, bu cihaz radyo dalgalarının kullanımına göre çalışmaktadır ve elektromanyetik dalgaları enine elektromanyetik (TEM) formda radyasyon kaynağından uzak mesafelere gönderebilmektedir. Daha sonraki bölümde enine ve boyuna elektromanyetik dalgaların ve farklı karakteristik tehditlere sahip farklı nesnelere tespit etmek için nasıl çalıştıklarından bahsedilecektir. Bununla birlikte, enine elektromanyetik radyasyon modu, radyasyonun yayılma yönüne dik düzlemdeki radyasyonun belirli bir elektromanyetik alan modelidir. Bir radar sistemi, radyo veya mikrodalga alanında elektromanyetik dalgalar üreten bir verici, bir verici anten, bir alıcı anten (genellikle aynı anten, gönderme ve alma için kullanılır) ve nesnelerin özelliklerini belirlemek için bir alıcı ve işlemciden oluşur.

Metaller ve diğer iyi reflektörler düşük emisyonu sahipken, iyi emiciler nispeten yüksek emisyonu sahiptir. İnsan vücudunun hem orta düzeyde yayıcılığı hem de yansıtıcılığı vardır - bu nedenle hem aktif hem de pasif sistemlerde kolayca görülebilir. Hedef / sahne emisivitesindeki bu farklılıklar, görüntünün farklı bileşenlerinin sıcaklıklarının tümü aynı değere yakın olsa bile görüntülerde kontrast sağlar. Orta ila yüksek yansıtma özelliğine sahip pasif görüntülerdeki nesnelere, tipik olarak hem termal emisyon hem de arka plandan yansıyan radyasyon nedeniyle sinyaller içerecektir. Dışarıda, gökyüzü nispeten soğuk bir arka planı temsil ederken, iç mekanlarda arka plan nispeten sıcaktır. Bu faktörler, özellikle içeride çalıştırılan sistemler için, pasif görüntülerde bulunan termal kontrastı önemli ölçüde azaltabilir. Pasif sistemler, sistemlerin kullanıldığı ortam tarafından değiştirilen görüntülerde etkili sıcaklık kontrastına dayanır. Aktif sistemler esas olarak yansıtıcılığı ölçer ve çevreden önemli ölçüde etkilenmez. Milimetre dalgalarının atmosferik zayıflama özellikleri, özellikle belirli bantlarda önemli olabilir. Elektromanyetik dalgalar, mikrodalganın birçok bölümü, milimetre dalgası, IR ve optik bantlar dahil olmak üzere spektrumun çoğunda önemli kayıplar olmaksızın atmosferden etkili bir şekilde geçer. Bununla birlikte, su buharı veya diğer atmosferik bileşenler nedeniyle önemli absorpsiyon, milimetre dalga bandında birkaç dar frekans bandında meydana gelir ve terahertz bandının büyük bir kısmında oldukça önemlidir.

## Kaynaklar

1. Translation Bureau (2013). "Radar definition". Public Works and Government Services Canada. Retrieved 8 November 2013.
2. McGraw-Hill dictionary of scientific and technical terms/Daniel N. Lapedes, editor in chief.Lapedes, Daniel N. New York ; Montreal : McGraw-Hill, 1976. [xv], 1634, A26 p.
3. Nees, Michael A. (September 2016). "Acceptance of Self-driving Cars: An Examination of Idealized versus Realistic Portrayals with a Self-driving Car Acceptance Scale". Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 60 (1): 1449–1453. doi:https:// doi.org/10.1177/1541931213601332. ISSN 1541-9312.
4. Fakhrol Razi Ahmad, Zakuan; et al. (2018). "Performance Assessment of an Integrated Radar Architecture for Multi-Types Frontal Object Detection for Autonomous Vehicle". 2018 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS). Retrieved 9 January 2019.
5. LIDAR—Light Detection and Ranging—is a remote sensing method used to examine the surface of the Earth". NOAA. Archived from the original on May 30, 2013. Retrieved June 4, 2013.
6. Oxford English Dictionary. 2013. p. Entry for "lidar".
7. James Ring, "The Laser in Astronomy." pp. 672–73, New Scientist June 20, 1963.
8. Carter, Jamie; Keil Schmid; Kirk Waters; Lindy Betzhold; Brian Hadley; Rebecca Mataosky; Jennifer Halleran (2012). "Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications." (NOAA) Coastal Services Center" (PDF). Coast.noaa.gov. p. 14. Retrieved 2017-02-11.
9. Kostenko, A.A., A.I. Nosich, and I.A. Tishchenko, "Radar Prehistory, Soviet Side," Proc. Of IEEE APS International Symposium 2001, vol. 4. p. 44, 2003.

10. Christian Huelsmeyer, the inventor". radarworld.org.
11. Patent DE165546; Verfahren, um metallische Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden.
12. Verfahren zur Bestimmung der Entfernung von metallischen Gegenständen (Schiffen o. dgl.), deren Gegenwart durch das Verfahren nach Patent 16556 festgestellt wird.
13. GB 13170 Telemobiloscope
14. "gdr\_zeichnungpatent.jpg". Retrieved 24 February 2015.
15. "Making waves: Robert Watson-Watt, the pioneer of radar". BBC. 16 February 2017. Hyland, L.A., A.H. Taylor, and L.C. Young; "System for detecting objects by radio," U.S. Patent No. 1981884, granted 27 Nov. 1934
16. Howeth, Linwood S.; "Radar," Ch. XXXVIII in History of Communications -Electronics in the United States Navy, 1963; Radar
17. Watson, Raymond C., Jr. (25 November 2009). Radar Origins Worldwide: History of Its Evolution in 13 Nations Through World War II. Trafford Publishing. ISBN 978-1-4269- 111-7.
18. Mark A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing", The McGraw-Hill Companies, Inc. 2005.
19. Bonnier Corporation (December 1941). Popular Science. Bonnier Corporation. p.56.
20. ICAO: Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems, Second Edition—2002, Chapter 7 Surveillance Systems.
21. ICAO: Annex 10 - Aeronautical Communications, Volume I, Chapter 3, Item 3.2.3: The precision approach radar element (PAR), page 3-25 (PDF-page 33)
22. ICAO: Annex 6 - Operation of Aircraft, Part I, Chapter 1, Definitions, page 1-1 (PDF-page 25)
23. ICAO: NON-PRECISION INSTRUMENT APPROACH, in Advisory Circular for Air Operators, November 2012, AC No: 008A-CDFA, page 3.
24. <http://www.radartutorial.eu/06.antennas/Feeding%20Systems.en.html>
25. <http://www.radartutorial.eu/06.antennas/Angle%20of%20the%20Irradiation.en.html>
26. Radar Modulator". radartutorial.eu; <http://www.radartutorial.eu//08.transmitters/Radar%20Modulator.en.html>
27. <http://www.radartutorial.eu/11.coherent/co07.en.html>
28. <http://www.radartutorial.eu//08.transmitters/Crossed-Field%20Amplifier%20%28Amplitron%29.en.html>
29. "Fully Coherent Radar". radartutorial.eu: <http://www.radartutorial.eu//08.transmitters/Fully%20Coherent%20Radar.en.html>
30. <http://www.radartutorial.eu/08.transmitters/Traveling%20Wave%20Tube.en.html>
31. <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Time-dependences%20in%20Radar.en.html>
32. <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Doppler%20Dilemma.en.html>
33. <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/13.labs/karte007.en.html>
34. Blake, L. V., "Radar Range Performance Analysis", Artech House, Norwood, MA, 1986.
35. Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computer, and Communications, Ninth Edition, Wendy M. Middleton, Editor-in-Chief, Ninth Edition, Newnes Publishing Company, Boston USA, Chapter 36, written by Merrill I. Skolnik.
36. Alan Bole, Alan Wall and Andy Norris, "Radar and ARPA Manual, Radar, AIS and Target Tracking for Marine Radar Users" Third Edition, Published by Elsevier, Butterworth- Heinemann is an imprint of Elsevier, New York, NY, 2008.
37. Electronic Warfare and Radar System, Engineering handbook 4th Edition, Naval Air Warfare Center Weapons Division, Point Mugu, California Approved for public release, October 2003 published by Avionics Department, US Navy.
38. Rama Chellappa and Sergios Theodoridis, "Academic Press Library in Signal Processing , Volume 7) 1st edition, Published by Academic Press; 1 edition (December 15, 2017), New Your New York.
39. Jehuda Yinon, "Counterterrorist Detection Techniques of Explosives" 1st Edition, Published by Elsevier Science 3rd July 2007

40. J. E. Bjarnason, T. L. J. Chan, A. W. M. Lee, M. A. Celis, and E. R. Brown, "Millimeter-wave, terahertz, and mid-infrared transmission through common clothing," *Applied Physics Letters*, vol. 85, pp. 519, 2004.
41. J. A. Kong, *Electromagnetic Wave Theory*. New York: John Wiley and Sons, 1986.
42. R. W. Boyd, *Radiometry and the Detection of Optical Radiation*. New York: John Wiley and Sons, 1983.

## **Bölüm 2**

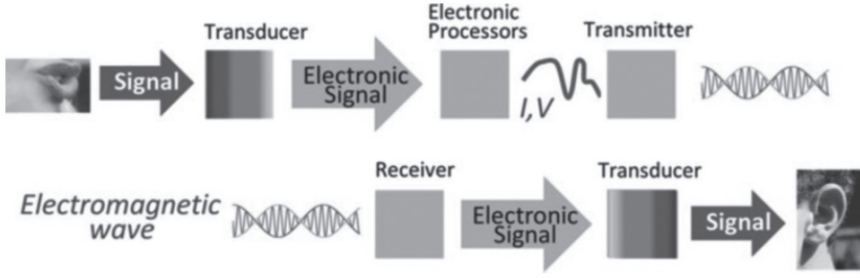
# **Elektronik Karşı Tedbir ve Elektronik Karşı Tedbire Karşı Önlem**

Elektronik savaşın evrimi, elektronik karşı önlemler (ECM) ve elektronik karşı tedbire karşı önlemler (ECCM) arasındaki rekabet tarafından yönlendirildi. Elektronik savaş, yalnızca elektromanyetik spektrumdan yararlanmayı değil, aynı zamanda spektrumun düşmanın kullanımına karşı savunmayı ve mümkünse, ilk etapta onu kullanma yeteneklerini reddetmeyi içerir. Radyo iletişimini bozmaya yönelik ilk girişimlerden bu yana, düşman ECM'sine karşı koymak için teknikler geliştirilmiştir. Bugün, ECCM'nin modern savaşın doğasını nasıl geliştirmeye ve şekillendirmeye devam ettiğini tartışacağız.

### **2.1 Giriş**

Elektronik savaş (EW), bir düşmanın elektromanyetik spektrum (EMS) kullanımını reddetmeyi veya iletilen elektromanyetik (EM) sinyallerin analizi yoluyla düşmanın amaçlanan eylemleri veya yeteneklerinin istihbaratını toplamayı içerir. Elektronik savaş, hücum, saldırı ve görev desteği için elektromanyetik spektrum kullanır. Hava, kara ve deniz kuvvetleri, iletişimi, radarı ve diğer varlıkları (askeri ve sivil) hedef alabilir. Elektronik harp teknolojisi ile ilgilenirken, askeri ve hükümet personelinin saha operasyonları sırasında maruz kalan fiziksel ve elektromanyetik (EM) ortamı ve gerçek zamanlı spektrum analizörü (RTSA) cihazı veya Tehditleri ve elektronik karşı önlem yanıtını yakalamak, görselleştirmek ve tetiklemek için kullanılabilen teknoloji anlaşılmalıdır. Özellikle, bu spektrum analizörü, enstrümanın tüm frekans aralığı içinde bir giriş sinyalinin genliğine karşı frekansını ölçer. Birincil kullanım, bilinen ve bilinmeyen sinyallerin spektrumunun gücünü ölçmektir [1]. Dahası, elektronik harp, kalbinde sinyal istihbaratı (SIGINT) içerir. İstihbarata dayalı karar verme, modern ordular ve istihbarat teşkilatları için günlük operasyonların ve stratejik planlamanın merkezinde yer alır ve istihbarat (SIGINT) bunu mümkün kılan şeyin büyük bir parçasıdır.

Bu bölümde ayrıca, SIGINT'in nasıl çalıştığını ve özellikle elektronik harp uygulamaları için geçerli olduğu için neden bu kadar önemli olduğunu tartışacağız. Modern



Şekil 2.29 Sinyal aktarım süreci. (Kaynak: www.wikipedia.com)

Sinyal iletiminin, Şekil 2.29’da gösterildiği gibi elektronik sinyal işlemeyi kullandığını unutmayın.

Dönüştürücüler, diğer fiziksel dalga biçimlerinden gelen sinyalleri elektrik akımına veya voltaj dalga biçimlerine dönüştürür, bunlar daha sonra işlenir, elektromanyetik dalgalar olarak iletilir ve başka bir dönüştürücü tarafından alınır ve son biçime dönüştürülür.

Sonuç olarak, bu bölümün konuları, bu tür teknolojinin geliştirilmesiyle ilgili tüm askeri üstadların ve şirketlerin güncel ilgisidir ve burada bu kitabın konusudur.

## Kaynaklar

1. <https://www.tek.com/spectrum-analyzer>
2. <https://www.cia.gov/news-information/featured-story-archive/2010-featured-story-archive/intelligence-signals-intelligence-1.html>
3. <https://defensesystems.com/articles/2017/09/06/dod-electronic-warfare.aspx>
4. Polmar, Norman “The U. S. Navy Electronic Warfare (Part 1)” United States Naval Institute Proceedings October 1979 p.137.
5. This article incorporates public domain material from the General Services Administration document “Federal Standard 1037C
6. Ahmed Abdalla Ali, Zhao Yuan, Sowah Nii Longdon, Joyce Chelangate Bore, Tang Bin, “A study of ECCM techniques and their performance”, Conference Paper \_ September 2015, <https://www.researchgate.net/publication/308848636>
7. Alamouti, S. M. “A simple transmit diversity technique for wireless communications,” IEEE Journal Selected Areas in Communications, 1998. Vol. 16, No. 8, 1451-1458.
8. J. Akhtar. “An ECCM Signaling Approach for Deep Fading of Jamming Reflectors” 978-0-86341-848-8 IET 2007.
9. J. Akhtar. “Orthogonal block coded ECCM schemes against repeat radar jammers”. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol.45, no.3, pp.1218-1226, 2009.
10. J. Akhtar. “An ECCM scheme for orthogonal independent range-focusing of real and false targets”, In ICR ‘2007 Proceedings, Massachusetts, USA, pp. 846-849, (2007).
11. J.-M. Muñoz-Ferreras, R. Gómez-García and C. Li, “Human-aware localization using linearfrequency modulated continuous-wave radars” Chapter 5, Page 191, “Principles and Applications of RF/Microwave in Healthcare and Biosensing” book edited by Changzhi Li Mohammad-Reza Tofighi Dominique Schreurs Tzyy-Sheng Jason Horng, published by Academic Press, 2017, New York, NY.



12. Edward K. Ready, "Radar ECCM Considerations and Techniques" Principles of Modern Radar pp 681-699, Editors Jerry L. Eaves Edward K. Reedy, Chapman & Hall, New Your, NY, and International Thomson Publishing, 1987 Singapore.
13. S. L. Johnston, Radar Electronic Counter-Countermeasures. Artech House, Dedham, Mass., 1979.
14. M. V. Maksimov et al., Radar Anti-Jamming Techniques, Artech House, Dedham, Mass., 1979.
15. L. B. Van Brunt, Applied ECM, EW Engineering, Inc., Dunn Loring, Va., 1978.
16. J. A. Boyd et al., Electronic Countermeasures, Peninsula Publishing, Los Altos, Calif., 1978.
17. H. F. Eustace, The International Countermeasures Handbook, 1979-1980, EW Communications, Palo Alto, Calif., 1980.
18. P. Tsipouras, et al., "ECM Technique Generation," Microwave Journal, vol. 27, no. 9, September 1984, pp. 38-74.
19. U.S. Army Field Manual, FM 100-5, Operations, Headquarters, Department of the Army, July 1976.
20. S. L. Johnston, "ECCM Improvement Factors (EIFs)," Electronic Warfare, vol. 6, no. 3, May--June 1974, pp. 41-45.
21. [https://en.wikipedia.org/wiki/Moving\\_target\\_indication](https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_target_indication)
22. Scharf, Louis L. Statistical Signal Processing: Detection, Estimation, and Time Series Analysis. Addison Wesley, NY. ISBN 0-201-19038-9

## Bölüm 3

# Radar Emici Malzeme ve Radar Kesiti

Genellikle RAM olarak bilinen radyasyon emici malzeme, yönlendirilmiş RF radyasyonunu olabildiğince gelen ışın yönünden mümkün olduğunca çok etkili bir şekilde emmek için özel olarak tasarlanmış ve şekillendirilmiş bir malzemedir. RAM ne kadar etkili olursa, ortaya çıkan yansıyan radyo frekansı (RF) radyasyon seviyesi o kadar düşük olur. Elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve anten radyasyon modellerinde yapılan birçok ölçüm, yansımalar dahil olmak üzere test kurulumundan kaynaklanan sahte sinyallerin, ölçüm hatalarına ve belirsizliklere neden olma riskinden kaçınmak için ihmal edilebilir olmasını gerektirir. Bir hedefin radar kesiti (RCS) de bu bölümün konusudur, burada bu fenomen, hedef tarafından radar alıcı anteni yönünde saçılan radar gücünün, hedef üzerindeki ışın güç yoğunluğuna oranıdır.

### 3.1 Giriş

Radyasyon emici malzeme (RAM), iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak da bilinen yönlendirilen radyo frekansı (RF) radyasyonunu mümkün olduğunca gelen ışın yönünden etkili bir şekilde emmek için özel olarak tasarlanmış ve şekillendirilmiş bir malzemedir. RAM ne kadar etkili olursa, emme sonucu ortaya çıkan veya yansıyan RF radyasyon seviyesi o kadar düşük olur. Elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve anten radyasyon modellerinde yapılan birçok ölçüm, yansımalar dahil olmak üzere test kurulumundan kaynaklanan sahte sinyallerin, ölçüm hatalarına ve belirsizliklere neden olma riskinden kaçınmak için ihmal edilebilir olmasını gerektirir. En etkili RAM türlerinden biri, Şekil 3.1'de gösterildiği gibi piramit şeklindeki parçaların dizilerini içerir; bunların her biri, içinden geçen elektromanyetik veya akustik enerjinin miktarını dağıtan bir malzemeye uygun şekilde, kayıplı bir malzemedir yapılmıştır. Şekil 3.1'deki gri renge dikkat edin. Gri boya, hassas radyasyon emici malzemenin (RAM) korunmasına yardımcı olur.

## Kaynaklar

1. <http://www.popsci.com/technology/article/2010-07/stealth-paint-turns-any-aircraft-radar-evad-ing-stealth-plane>
2. Swapnil Vasant Ghuge and Prof M.BN. Fanisam, "COMPOSITE MATERIAL AND NANOMATERIALS ON STEALTH TECHNOLOGY", Scientific Journal Impact Factor (SJIF), ISSN (PRINT): 2393 – 8161 & ISSN (ONLINE): 2349 – 9745
3. [https://www.c4isrnet.com/intel-geoint/sensors/2019/09/30/stealthy-no-more-a-german-radar-vendor-says-it-tracked-the-f-35-jet-in-2018-from-a-pony-farm/?utm\\_source%4ftwitter.com&utm\\_medium%4social&utm\\_campaign%4Socialflow+DFN](https://www.c4isrnet.com/intel-geoint/sensors/2019/09/30/stealthy-no-more-a-german-radar-vendor-says-it-tracked-the-f-35-jet-in-2018-from-a-pony-farm/?utm_source%4ftwitter.com&utm_medium%4social&utm_campaign%4Socialflow+DFN)
4. <https://www.nutaq.com/blog/active-vs-passive-radar>
5. <https://www.foxnews.com/tech/missing-japanese-f-35-poses-major-security-headache-for-us-if-it-falls-into-russian-or-chinese-hands>
6. M. Skolnik, "Introduction to radar systems", 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc 1980.
7. <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/11.ancient/karte046.en.html>
8. <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/11.ancient/karte049.en.html>
9. David C. Jenn, "Radar and Laser Cross Section Engineering", Second Edition, Published by American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc (AIAA), Education Series, Reston, Virginia 2019
10. Hema Singh and Rakesh Mohan Jha, "Active Radar Cross Section Reduction, Theory and Applications", Cambridge University Press, published in 2015.
11. <http://www.ifp.illinois.edu/~smherman/darpa/>
12. <https://medium.com/war-is-boring/how-to-detect-a-stealth-fighter-d504f0cb8fbb>
13. B. Zohuri and F. M. Rahmani, "Artificial Intelligence Driven Resiliency with Machine Learning and Deep Learning Components", International Journal of Nanotechnology & Nanomedicine, 26 Aug 2019, Volume 4, Issue 2 pp 1–8.
14. <https://aviationweek.com/defense/ways-track-low-observable-aircraft>
15. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/how-russia-could-someday-shutdown-f-22-f-35-or-b-2-stealth-bomber-35512>
16. <https://news.usni.org/2014/04/21/stealth-vs-electronic-attack>
17. <http://tech.mit.edu/V121/N63/Stealth.63f.html>
18. [https://en.wikipedia.org/wiki/S-300\\_missile\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/S-300_missile_system)
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/S-400\\_missile\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/S-400_missile_system)
20. [https://www.defenseworld.net/feature/20/Battle\\_of\\_the\\_Air\\_Defense\\_Systems\\_\\_S\\_400\\_Vs\\_Patriot\\_and\\_THAAD#.XZu7dWdYZhE](https://www.defenseworld.net/feature/20/Battle_of_the_Air_Defense_Systems__S_400_Vs_Patriot_and_THAAD#.XZu7dWdYZhE)
21. [https://en.wikipedia.org/wiki/S-500\\_missile\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/S-500_missile_system)
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/A-135\\_anti-ballistic\\_missile\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/A-135_anti-ballistic_missile_system)
23. B. Zohuri, P. McDaniel, J. Lee, and C. J. Rodgers, "New Weapon of Tomorrow's Battlefield Drive by Hypersonic Velocity" Journal of Energy and Power Engineering 13 (2019) 177–196.

## Bölüm 4

# Radara Görünmezlik (Hayalet) Teknolojisi

Savaş kuralları askeri tarihin tamamı boyunca değişti. Teknoloji, strateji, taktikler ve silahlar gibi araçlar, savaş alanına ne tür kuralların uygulanacağını belirleyen temel unsurlar olmuştur. Altıncı nesil bir savaş uçağı için ne olabilir? - Geçen haftadan beri kendimize sormamız gereken soru bu. Müşterek Hizmet Savaşçısı (JSF), PAK-FA, F-22 veya F-35 gibi uçaklar bile tam olarak çalışmıyorken, belki de bu soruları düşünmek için çok erken olabilir. Çağdaş askeri rekabet, çoğunlukla devam eden askeri teknik devrim tarafından yönlendirilmektedir. Özellikle gelecekteki savaş alanında kullanılacak silahlar askeri meselelerde önemli rol oynayacak. Gelecekte hangi silahlar kilit rol oynayabilir?

### 4.1 Giriş

30 Eylül 2019'da, Daily Mail'den Stacy Liberatore [1], "Deneysel Alman radarının, onları yakalamak için bir midilli çiftliğinde bekledikten sonra 100 Mil boyunca iki ABD F-35 gizli jetini (yani Şekil 4.1) hava gösterisinden dönerken takip ettiğini bildirdi. "F-35 hayalet avcı uçağı, Birleşik Devletler Hava Kuvvetleri tarafından neredeyse radara görünmez olduğu için övülüyor, bu yüzden her bir jete 100 milyon dolar harcadı" dedi. Bununla birlikte, bir Alman radar üreticisi, bu iki jeti bir midilli çiftliğinden yaklaşık 100 mil boyunca yenilikçi ve yeni nesil sensör ve işlemciler kullanarak takip ettiğini iddia ediyor. Bu yeni yenilik, radyo ve TV yayınları ve cep telefonu istasyonu radyasyonu gibi sivil bir iletişimin havadaki nesnelere nasıl yansıdığını analiz eden yeni bir "pasif radar" teknolojik sistemi kullandı. Bu Alman firması, radar soğurucu malzeme (RAM) gibi malzemeler şeklinde yer tabanlı radarı absorbe etmek için tasarlanmış jetin gizli teknolojisini veya Radar Kesitini (RCS) azaltarak geri yansımaları durdurmak için fiziksel şekliyle tasarladığını iddia ediyor.

## Kaynaklar

1. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-7522413/amp/German-radar-tracked-two-US-F-35-stealth-jet-100-MILES-hiding-pony-farm.html>
2. <https://www.c4isrnet.com/intel-geoint/sensors/2019/09/30/stealthy-no-more-a-german-radar-vendor-says-it-tracked-the-f-35-jet-in-2018-from-a-pony-farm/>
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi\\_X-2\\_Shinshin](https://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi_X-2_Shinshin)
4. B. Zohuri and M. Moghaddam, "Neural Network Driven Artificial Intelligence: Decision Making Based on Fuzzy Logic (Computer Science, Technology and Applications: Mathematics Research Developments), Nova Publication July 24, 2017
5. B. Zohuri and Masoud Moghaddam, "Artificial Intelligence Driven by a General Neural Simulation System – Genesis" Nova Publication January 15, 2018
6. B. Zohuri, "Directed Energy Beam Weapons", Springer Publication Company July 2, 2019.
7. B. Zohuri, "Scalar Wave Driven Energy Applications", Springer Publication, September 28, 2019
8. B. Zohuri, "Directed Energy Weapons: Physics of High Energy Lasers" Springer Publications, August 30, 2016.
9. Vivek Kapur, "Stealth Technology and Its Effect on Aerial Warfare" IDSA Monograph Series, No. 33 March 2014, Institute For Defense Studies and Analyses, Rao Tula Ram Marg, Delhi Cantt, New Delhi, India.
10. "Searchlights and Sound Locators", <http://www.anti-aircraft.org/search.htm>, (Accessed on September 14, 2013).
11. "Reduction of Advanced Military Aircraft Noise", <http://www.serdp.org/Program-Areas/Weapons-Systems-and-Platforms/Noise-and-Emissions/Noise/WP-1583>, Accessed September 16, 2013.
12. <https://www.serdp-estcp.org/Program-Areas/Weapons-Systems-and-Platforms/Noise-and-Emissions/Noise/WP19-1125>.
13. "Playing Skillfully With a Loud Noise", <http://www.insidescience.org/content/playing-skillfully-loud-noise/771>, and Anlage A, "Noise Aspects of Future Jet Engines", [http://www.mtu.de/e/technologies/engineering\\_news/others/Traub\\_Noise\\_aspects\\_en.pdf](http://www.mtu.de/e/technologies/engineering_news/others/Traub_Noise_aspects_en.pdf) (Accessed October 04, 2013).
14. "Contrails", [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/cld/cldtyp/oth/cntrl.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/cld/cldtyp/oth/cntrl.rxml), (Accessed September 15, 2013). also see "Contrail Science", <http://contrailscience.com/>, (Accessed September 16, 2013), pp 85-87.
15. Allen E. Fuhs, and David C. Jenn, "Fundamentals of Stealth with Counter Stealth Radar Fundamentals: Applied to Radar, Laser, Infrared, Visible, Ultraviolet, & Acoustics," Naval Air Warfare Center Weapons Division China Lake, CA, Lecture Notes, 1999.
16. Dimitris V. Dranidis, "Airborne Stealth in a Nutshell-Part I," the Magazine of the Computer Harpoon Community <http://www.harpoonhq.com/waypoint/>, ( ).
17. Knight. op. cit., pp. 94-99, Air Chief Marshal Sir Michael Knight KCB, AFC, FRAeS. Strategic Offensive Air Operations., Brassey's Defense Publishers Ltd, London, 1989.
18. Bill Sweetman, "Will Cost Kill Stealth?" Jane's International Defense Review 01.Oct.1996, [www.janes.com](http://www.janes.com), (Accessed January 2009).
19. F/A-22 Media Library, "Figure," [http://f-22raptor.com/st\\_getstealthy.php](http://f-22raptor.com/st_getstealthy.php), (Accessed February 2009).
20. Defense Update International Online Defense Magazine, "Visual Stealth for F-16? Hyper-Stealth Biotechnology Corp / Canada," "Figure," <http://www.defenseupdate.com/products/f/f-16-camo.htm>, (Accessed January 2009).

21. [https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_stealth#cite\\_note-drag-5](https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_stealth#cite_note-drag-5) (Last Accessed November 2019)
22. Ronald G. Driggers, Paul Cox, and Timothy Edwards, "Introduction to Infrared and Electro- Optical Systems," Artech House Norwood, MA, 1999
23. The World's Great Stealth and Reconnaissance Aircraft, Oriole Publishing Ltd, Hong Kong 1991, pp. 153-162.
24. Ralph Vartabedian and W.J. Hennigan, "F-22 program produces few planes, soaring costs", <http://www.latimes.com/business/la-fi-advanced-fighter-woes-20130616-dto,0,7588480.html>story, Accessed October 13, 2013).
25. Winslow Wheeler, "Air Force Doesn't Know Aircraft Operations, Maintenance Costs; Audit Needed", <http://breakingdefense.com/2011/09/21/air-force-doesnt-knowaircraft-operationsmaintenance-costs-a/>, (Accessed June 2013).
26. The World's Great Stealth and Reconnaissance Aircraft, Oriole Publishing Ltd, Hong Kong 1991, pp. 164-172.
27. Russian firm Rostec has built new canopies for Su-57 fighters, Tu-160 bombers and other warplanes, state-run TASS news agency reported on Jan. 11, 2018. The canopies include "a new composite material with enhanced radar-wave absorbing properties. (Accessed October 2019).
28. William E. Bahret, "The Beginnings of Stealth Technology," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems Vol.29, No 4 October 1993.
29. Aeronautical Information Manual (AIM) - Page 632". [faaim.org](http://www.faa.gov/regulations_policies/aim/). Retrieved 2 September 2015. FAA order 7110.10.
30. Serdar Cadirci, "RF Stealth (Or Low Observable) and Counter- RF Stealth Technologies: Implications of Counter- RF Stealth Solutions for Turkish Air Force", Naval Postgraduate School, Monterey, California, Thesis March 2009.
31. Robert P. Haffa Jr., and James H. Patton Jr., "Analogues of Stealth," Analysis Center Papers, Northrop Grumman Corporation, June 2002.
32. Doug Richardson, "Stealth Warplanes: Deception, Evasion, and Concealment in the Air," MBI Publishing Company, New York, 2001.
33. Global Security, "Figure," [http://www.globalsecurity.org/wmd/systems/images/b-2\\_spirit\\_kitty\\_hawk092702.jpg](http://www.globalsecurity.org/wmd/systems/images/b-2_spirit_kitty_hawk092702.jpg), (Accessed February 2009).
34. Richard Seaman, "Figure," <http://www.richardseaman.com/Aircraft/AirShows/Holloman2005/Highlights/F117AndT38Banking.jpg>, (Accessed February 2009).
35. Latest Tech & Gadget News, "Figure" [http://media.techeblog.com/images/f\\_22\\_5.jpg](http://media.techeblog.com/images/f_22_5.jpg), (Accessed February 2009).
36. Coalition for Plasma Science, "What is Plasma", <http://www.plasmacoalition.org/what.htm>, (Accessed March 2009).
37. Writing by Tolip, "Russian Plasma Stealth Fighters," Military Heat 3 Oct 2007, <http://www.military-heat.com/43/russian-plasma-stealth-fighters/>, (Accessed February 2009).
38. T.R. Anderson and I. Alexeff, 2007 APS Division of Plasma Physics Annual Meeting November 12, 2007, Scientific Blogging Science 2.0, "Stealth Antenna Made of Gas Impervious to Jamming" [http://www.scientificblogging.com/news\\_account/stealth\\_antenna\\_made\\_of\\_gas\\_impervious\\_to\\_jamming](http://www.scientificblogging.com/news_account/stealth_antenna_made_of_gas_impervious_to_jamming), (Accessed March 2009).
39. <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrohydrodynamics>
40. Bill Sweetman, Advanced Fighter Technology The Future of Cockpit Combat, Airline Publications Ltd, London, 1988, pp. 105-106.

41. Phillip E. Pace, "Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar," Artech House Publishers, 2004.
42. Harrington Caitlin, "USAF looks for a more modest B-2 successor," Jane's Defense Weekly - October 10, 2007 [www.janes.com](http://www.janes.com), (Accessed January 2009).
43. Nation Master Encyclopedia, "Stealth Aircraft," <http://www.nationmaster.com/encyclopedia/Stealth-aircraft>, (Accessed February 2009).
44. F-117A the Black Jet, <http://www.f-117a.com/Javaframe.html>, (Accessed February 2009).
45. Christopher Bolkcom, "CRS Report for Congress F-22 A Raptor," June 12, 2007.
46. Carlo Kopp, "Lockheed F-117A Stealth Fighter" Australian Aviation, December 1990, <http://www.ausairpower.net/Profile-F-117A.html>, (Accessed February 2009).
47. Farhan Abdullah, Jeff Boyd, Mike Kowalkowski, Patricia Roman, Mandy Scott, and Joe Small, "B-2 Spirit," College of Engineering, [http://aae.www.ecn.purdue.edu/~aae251/VOW\\_Presentations/Team\\_2\\_B\\_2.ppt](http://aae.www.ecn.purdue.edu/~aae251/VOW_Presentations/Team_2_B_2.ppt), (Accessed February 2009).
48. Dimitris V. Dranidis, Airborne Stealth In A Nutshell Part II, Countering Stealth – Technology & Tactics, [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj8j56ch-83lAhUYrZ4KHdffcRAQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.harpoonhq.com%2Fwaypoint%2Farticles%2Farticle\\_021.pdf&usq=AOvVaw3tvhiMWdEH0aeWmA-XnI8k](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj8j56ch-83lAhUYrZ4KHdffcRAQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.harpoonhq.com%2Fwaypoint%2Farticles%2Farticle_021.pdf&usq=AOvVaw3tvhiMWdEH0aeWmA-XnI8k) (Accessed November 2019), The magazine of the computer Harpoon community - <http://www.harpoonhq.com/waypoint/>
49. Bahman Zohuri and Farhang Mossavar-Rahmani, "A Model to Forecast Future Paradigms: Volume 1: Introduction to Knowledge Is Power in Four Dimensions" Published by Apple Academic Press; 1 edition (January 2, 2020)
50. <https://news.usni.org/2014/04/21/stealth-vs-electronic-attack>
51. [https://aviationweek.com/defense/usaf-unit-moves-reveal-clues-rq-180-ops-debut?utm\\_rid=C-PEN1000002552854&utm\\_campaign=21863&utm\\_medium=email&elq2=b7408b78d4194c1e8548ef-4f2e09143d](https://aviationweek.com/defense/usaf-unit-moves-reveal-clues-rq-180-ops-debut?utm_rid=C-PEN1000002552854&utm_campaign=21863&utm_medium=email&elq2=b7408b78d4194c1e8548ef-4f2e09143d) (Accessed October 2013).
52. <https://www.ausairpower.net/API-VLO-Strike.html>