



BEŞİNCİ NESİL FÜZE TEKNOLOJİLERİ



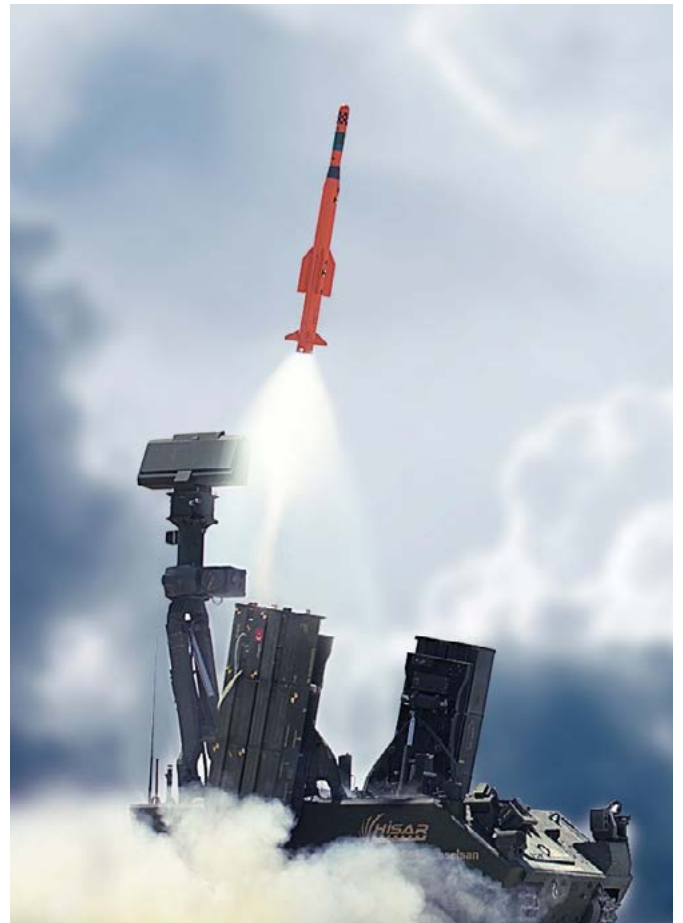
İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda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

 Mert GÖKDUMAN

1. GİRİŞ

Hava Savunma Sistemleri özellikle son dönemde ülkemizde sık sık gündeme gelen konuların başındadır. Rusya ile uzun süredir görüşülen ve anlaşma sağlandığı açıklanan S-400 Hava Savunma Sistemlerinin, ABD menşeli PATRIOT sistemlerine kıyasla ne gibi kabiliyetlere sahip olduğu uzun bir süre tartışılmıştır. Yunanistan S-300 ve PATRIOT sistemlerini aynı anda kullanabilen bir NATO üyesi iken Türkiye'nin S-400 alımı konusunda sık sık NATO sistemlerine entegrasyon problemi vurgusu yapılarak diplomasi yürütülmesi dikkat çekici bir gelişme olmuştur^[1]. Sonunda uzun görüşmelerden sonra Türkiye ile Rusya arasında bu konuda anlaşma sağlandığı açıklanmıştır.

Hava Savunma Sistemleri bir ülkenin askeri yerleşimlerini, taktik kuvvetlerin harekât uygulamalarını ve sınır güvenliğini koruması bakımından en önemli güvenlik ihtiyaçlarından biridir. Bu nedenle hava savunma sistemleri ve bu sistemlerin planlanması ülkeler arası ilişkileri ve yaklaşımları önemli ölçüde etkiler. Hava Savunma kabiliyeti güçlü ülkeler, hem düşmanlarına karşı caydırıcı bir güce sahip olmakta hem de 21'inci yüzyıl savaşlarında büyük yer tutan hava muharebelerinden en az hasarla çıkmayı başarabilmektedir. Ülkemiz bu alanda uluslararası işbirliklerine büyük önem vermekle beraber bu sistemlerin yerli olarak üretilmesi için de ciddi yatırımlar gerçekleştirmektedir. ASELSAN tarafından geliştirilen HİSAR alçak ve orta irtifa hava savunma sistemleri^[2], bu sistemler için ROKETSAN tarafından üretilen füzeler^[3], bu füzeler için tasarlanan soğutmalı Arayıcı Başlıklar ve yine TÜBİTAK SAGE tarafından üretilen Bozdoğan (Aktif Radar Güdümlü) ve Gökdoğan (Kızılötesi Güdümlü) havadan havaya füzeler bu çalışmaların en yeni örneklerindedir^[4].



Şekil 1: Hisar Hava Savunma Sistemi Test Atışlarında
<http://www.trthaber.com/haber/turkiye/milli-hava-savunma-sistemi-hisar-tam-not-aldi-342748.html>

Yeni nesil Hava Savunma Sistemleri (HSS) üstün teknolojik kabiliyetleriyle çok daha başarılı olmakta ve düşman hava unsurlarının kurtulmasına fırsat tanımamaktadır. Ancak füze teknolojilerinde olduğu gibi bu füzelerden korunma ve kaçınma amacıyla kullanılan teknolojilerde de ciddi ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu gelişmelerden bazıları hedefe yöneltilen füzelerin güdüm tiplerine, hızlarına ve şekillerine göre değişen otonom savunma mekanizmaları içerirken, bazıları da platformun manevra kabiliyetine bağlı kaçınma hamlelerini kapsamaktadır.

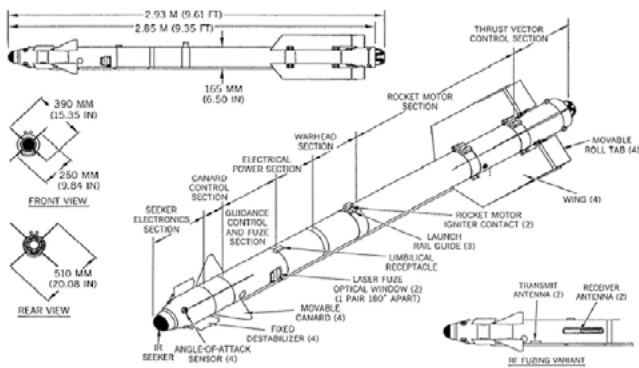
2. FÜZELERİN YAPISI VE BÖLÜMLERİ

Havadan havaya, karadan havaya ya da deniz platformlarından havaya gibi çeşitli şekillerde kullanılabilen bu füzeler, büyük bir hızla seyreden hava araçlarına karşı görev yaptıkları için temelde ciddi zorluklar barındıran silah sistemleridir. Yüksek hızlı uçaklara veya füzelere karşı etkili olabilmek için onlardan daha hızlı hareket edebilmek; ani manevralar yapmak için yüksek ivmelere karşı koyabilmek ve hedef tarafından yaratılan her türlü aldatmayı bertaraf edebilmek zorundadır.

Hava araçlarına karşı kullanılan füzeler hedefi takip edebilmek için güç sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Bu güç sistemleri, güdüm sistemlerini aktif hale getirmek için değil, füzenin hareketini sağlamak için gereklidir. Bu, her füze tipinde bulunan bir özellik değildir. Havadan karaya atılmak üzere tasarlanan bazı füzeler serbest düşüşle hedefe ulaşabilirken, bazıları GPS sistemlerini kullanarak arayıcı başlıklara ihtiyaç duymadan güdüm kabiliyeti kazanabilmektedir. Tüm bu sebeplerle hava araçlarına karşı kullanılan füze sistemleri, diğerlerine kıyasla çok daha karmaşık yapıdadır.

Füze sistemleri önden arkaya doğru temel olarak şu bölümlerden oluşur:

Arayıcı Başlık (ısı ya da radar güdümlü); vurma açısını belirleyici sensörler; takip ve kontrol antenleri (radar güdümlü olanlar için ilave yönlendirici antenler de kullanılır); ısı (IR) güdümlü olanlar için kızılötesi dalgaları yakalayan mercekler içeren optik sistemler; diğer elektronik



Şekil 2: Hava araçlarına yönelik saldırı gerçekleştirebilecek bir füzenin örnek tasarım şeması
<https://it.wikipedia.org/wiki/R-73>

ve uçuş takip sistemleri; savaş başlığı ve itki sistemleri (füzeyi uçurmak ve kanatları hareket ettirmek için birden çok motor bulunabilir)^[5].

Bunların yanında füzeler hava araçlarını yakalayabilmek için çoğu zaman onlardan daha hızlı olmak zorundadır. Günümüzde süpersonik hızlara sahip birçok savaş jeti olduğunu düşünürsek onları hedef alan füzelerin de sonuç alabilmek için 3-4 Mach hızlarda hareket etme gerekliliği daha iyi anlaşılacaktır.

3. İTKİ SİSTEMLERİ

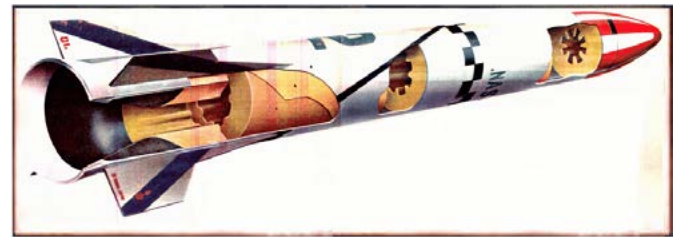
İtki sistemleri, bir platform ya da bir bileşenin harekete geçmesi için ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlamakla görevli olan unsurlardır. Temelde Newton'un hareket yasaları ilkesine bağlı olarak geliştirilen bu sistemler, içlerinde bulunan akışkanın ivmelendirilmesiyle bir tepki kuvveti oluşturur. Tepki kuvvetinin büyüklüğü akışkanın hızına göre değişebilmektedir. İtki sistemleri füzeden istenen kabiliyetlere göre birçok farklı tipte olabilmektedir. İtki sistemleri olarak genellikle katı yakıtlı motorlar, turbojet, ramjet ve scramjet motorlar ve iyon (elektrik) motorları kullanılmaktadır. Füze sistemlerinde kullanılan itki sistemleri iki grupta değerlendirilmektedir:

3.1. Katı Yakıtlı Roket Motorları

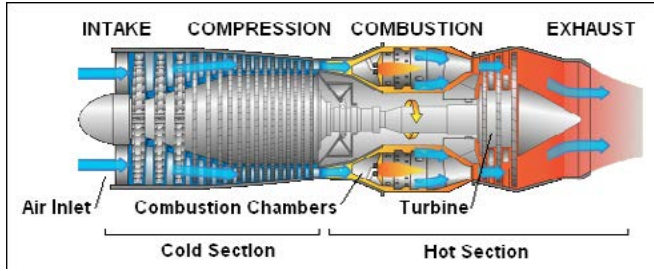
Füze sistemlerinde sık kullanılan itki sistemlerinin başında gelir. Katı yakıtlı roket motorlarında yanıcı madde ve oksijen birlikte bulunur. Yanıcı madde olarak alüminyum tozu, oksijen içeren madde olarak ise potasyum nitrat kullanılabilir. Bu sistemlerde oksijen yakıtın içinde hazır bulunur ve yanma işlemi bu sayede kolayca gerçekleşebilir. Katı yakıtlı roket motorlar yüksek manevra kabiliyetini artırıcı unsurlara sahiptir. Bu nedenle havadan havaya, karadan havaya füze sistemlerinde çokça tercih edilirler. Ayrıca üretim ve depolama kolaylığı ve yüksek hız kabiliyeti gibi avantajlara da sahip olan bu sistemlerin yakıt veriminin düşük olması ve bir kez ateşlendiğinde durdurulamadan, bitene kadar devam etmesi gibi dezavantajları da vardır. Füzeden beklenen uygulama, kısa menzilde yüksek manevra kabiliyetiyle hedefi vurma ise bu itki sistemleri tercih nedenidir.

3.2. Turbojet Motorlar

Füzelerde çokça kullanılan diğer bir itki sistemidir. Jet motorlardaki işlem genel olarak önden hava emilmesi



Şekil 3: Katı yakıtlı roket motoru tasviri
<http://www.zamandayolculuk.com/katiyakmotor1.htm>



Şekil 4: Turbojet Motor

<http://skewred.com/40-jet-engine-diagram/jet-engine-diagram-i-deal-visualize-this-cross-section-view-of-a-typical/>

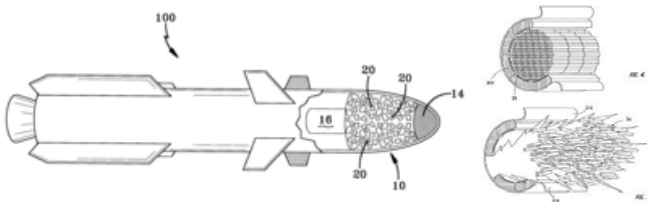
ve emilen havanın kompresörlerde sıkıştırılması şeklindedir. Sıkışan hava ısınır ve yüksek basınca ulaşır. Bu hava yanma odasına iletilerek üstüne püskürtülen yakıtla ateşlenir. Yanan yakıt-hava karışımı motorun çıkışına yönlendirilerek itki etkisi oluşturulur. Turbojet motorlar yüksek hızlara ulaşabilirler, ancak çok yüksek hızlar motorun aşırı ısınmasına neden olur. Bu nedenle gerekli yük ve irtifa belirli düzeyde ayarlanmalıdır. Uzun menzilli füzelerde Turbojet motorlar tercih edilir.

4. HARP BAŞLIKLARI

Harp başlığı, füzenin tahrip kabiliyetini sağlayan bölümüdür. Teknik özelliklerine göre hedef üzerinde yok edici veya yaralayıcı hasar oluşturmayı amaçlayan bu sistemler füzenin en asli unsurlarından biridir. Hava araçlarına karşı kullanılan füzeler genel olarak Tahrik Tipi Konvansiyonel Harp Başlıkları taşır, ancak birçok farklı tip harp başlığı da söz konusu olabilir. Bu tercih, füzenin hedef alacağı araca ya da kullanılacağı yere göre değişmektedir. Harp başlığının fazla mühimmat miktarı barındırması imha gücüne pozitif etki ederken bu füzenin taşıdığı ağırlığı artırdığı için füze menziline bir düşüşe neden olabilir. Birden çok parametre söz konusu olduğu için, füzenin plan ve tasarım sürecinde asıl ihtiyacın bilinmesi belirleyici önem taşır. Harp başlıklarının tipi üç ana amaca göre belirlenir:

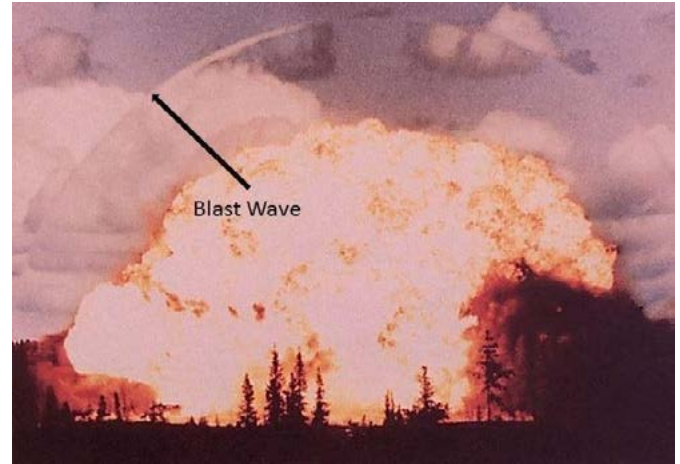
4.1. Konvansiyonel (Patlayıcı) Harp Başlıkları

Konvansiyonel harp başlıkları; barut, dinamit gibi çeşitli kimyasallar kullanılarak üretilen ve patlatıldığında etrafında yüksek miktarda ısı ve basınç oluşturan mühimmatlardır.



Şekil 5: Parça Tesirli Harp Başlığına Sahip Füze

<https://www.zona-militar.com/foros/threads/lindos-chiches-rusos.13573/page-184>



Şekil 6: Patlama etkisiyle oluşan basınç dalgası (Air Shock - Blast Wave)

<https://www.quora.com/What-is-the-physical-process-by-which-a-bomb-explosion-kills-someone>

4.1.1. Dağılan Tip Harp Başlıkları

Parça tesirli bomba tabirinden bildiğimiz mühimmat türüdür. İçindeki küçük parçacıkların patlama sonrasında geniş bir alana yayılarak hedefi etkisiz hale getirmesi amaçlanır. Terörist gruplar tarafından da sık kullanılan bir başlık çeşididir. ROKETSAN tarafından üretilen "KAAN" füzesi parça tesirli harp başlığına sahiptir^[6].

4.1.2. Tahrik Tipi Harp Başlıkları

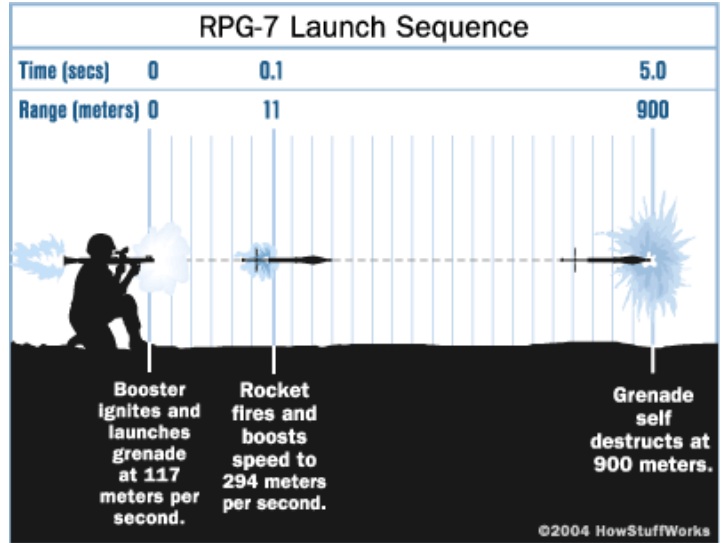
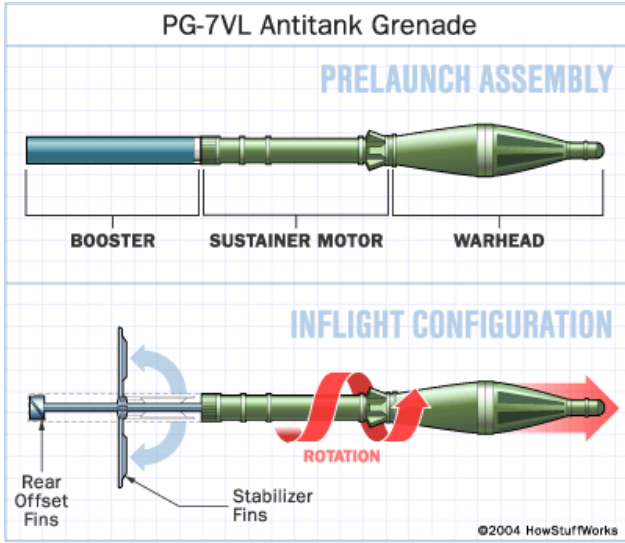
Büyük bir şok etkisi yaratarak hedefi yok etmeyi amaçlar. Oluşturduğu ısı ve ışık miktarı diğerlerine kıyasla daha düşüktür. En bilinen örneklerden biri termobarik bombalardır. Son dönemde özellikle DAESH'e karşı gerçekleştirilen operasyonlarda Rusya tarafından kullanılan TOS-1A Solntsepyok roketleri bu harp başlığına sahiptir. Adı "Güneş Yanığı" anlamına gelen bu bomba, patladığı alanda güçlü bir alev topu oluşturduktan sonra çok şiddetli bir şok dalgası yaratır ve 2-3 km menzilde bulunan tüm oksijeni yok ederek var olan tüm hedeflere zarar vermeyi amaçlar^[7].

Yeni füzelerimizden biri olan lazer güdümlü Cirit 2.75, termobarik tesirli harp başlığıyla entegre edilmiştir. Böylece, aynı zamanda yüksek platform çeşitliliğine



Şekil 7: Yanıcı Tip Harp Başlıklarına örnek bir bomba

<https://www.dunyabulteni.net/ortadogu/esadin-napalm-bombasi-attigi-iddiasi-h338025.html>



Şekil 8: En çok kullanılan zırh delici mühimmatların başında gelen GP-7VL Anti-Tank Bombası <https://science.howstuffworks.com/rpg3.htm>

sahip olan Cirit füzeleri yüksek infilak kabiliyetine de erişmiştir^[8].

4.1.3. Yanıcı Tip Harp Başlıkları

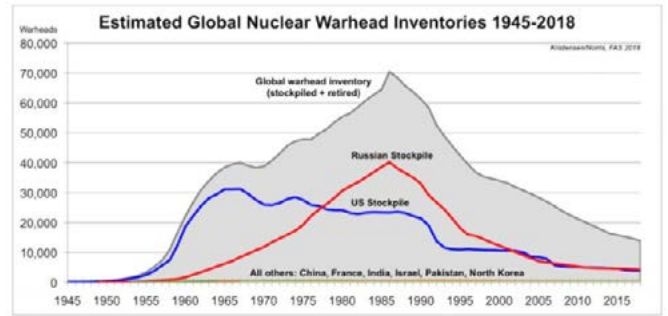
Yüksek yanıcı özelliğe sahip yakıtların ve yanmayı hızlandırıcı katalizörlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu harp başlıkları geniş alanlara yayılan, söndürülmesi zor yangınlar çıkarması amaçlanan mühimmatlardır. Bazı türlerinde yangının söndürülmesini zorlaştıran maddeler kullanılmaktadır.

4.1.4. Zırh Delici Harp Başlıkları

Esas olarak patlama özelliği açısından diğer harp başlıklarından farklı bir özelliği yoktur. Yanıcı, parça tesirli ya da tahrik tipi olarak tasarlanır. Zırh Delici olarak ayrı sınıflandırılmasının sebebi mühimmatın tasarım şeklinin farklı oluşudur. Zırh delici harp başlıkları sivri uçlu bir koni şeklinde tasarlanır; bu tasarım temas anında ilerlemeyi kolaylaştırırken aynı zamanda oluşan basınç ya da ısının maksimum düzeyde içeri aktarılmasını sağlar. Mühimmatın hedefe temas etmesiyle zırh üzerinde mühimmatla simetrik ancak giderek azalan etkide bir basınç ve ısı etkisi oluşur. Isı ve basınç etkisiyle zayıflayan (hatta bazen delinen) zırh yüksek kinetik enerjiye sahip mühimmatı durdurma yetkinliğini kaybeder. Zırhın içine giren patlayıcı hem aracı hem mürettebatı etkisiz hale getirebilir. Zırh delici silahlar denilince akla ilk gelen hiç şüphesiz Sovyet yapımı RPG-7 roketatarlarıdır^[9]. 1961-1962 sonrası yaşanan savaşların çoğunda tanksavar olarak kullanılmıştır.

4.2. Nükleer Harp Başlıkları

Füzelerin nükleer silah olarak nitelendirilmesini sağlayan başlıklardır. Başlıklardaki reaktif maddelerin çeşitli fisyon ve füzyon tepkimelerine girmesiyle büyük çapta patlamalar oluşturabilirler. Patlama sonrası oluşan radyoaktif yayılma nedeniyle uzun yıllar devam edebilecek hasarlar meydana getirebilirler. Harp başlıkları arasında



Şekil 9: 1945-2018 yılları arasında Nükleer Savaş Başlıklarının Sayısal Değişimi

<https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>



Şekil 10: Günümüzde ülkelerin Nükleer Savaş Başlıkları sayısı

<https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>



Şekil 11: Kimyasal ve Biyolojik etkilerden korunmak için kullanılan maskeler

en etkili ve caydırıcı olanıdır. Nükleer silahlanma alanında yapılan çalışmalar birçok uluslararası kurum tarafından denetlenmekte, nükleer silahlanma engellenmeye ya da azaltılmaya çalışılmaktadır. Rusya, ABD, Çin, Fransa, İngiltere, İsrail, Pakistan, Hindistan ve Kuzey Kore nükleer füze başlıklarına sahip oldukları bilinen ülkelerdir. Son yıllarda hızla azaltılan bu mühimmatların sayısı Soğuk Savaş döneminde zirve yaparak 70.300 adede kadar çıkmıştı. Ancak bugün için toplam 14.485 adet nükleer başlık olduğu düşünülmektedir.

Bu sayının 3.950 adedi hemen kullanmaya hazır durumda bekletilirken 9.335 tanesinin stokta bekletildiği bilinmektedir. Son 25 yıldır sayısı sürekli azalan bu harp başlıklarının son bir yılda 445 adet daha azaltıldığı raporlanmıştır. ABD, Rusya ve İngiltere nükleer harp başlığı stoklarını azaltırken Çin, Pakistan ve Kuzey Kore artırmak yönüne gitmektedir. Tüm bunlara rağmen var olan Nükleer Harp Başlıklarının yüzde 93'ünün ABD ve Rusya'ya ait olması dikkat çeken bir husustur^[10].

4.3. Kimyasal ve Biyolojik Harp Başlıkları

Canlılar üzerinde zararlı etkiler yaratmak amacıyla bakteri, virüs ve zararlı mikropların kullanıldığı silahlardır. Bu tanıma kimyasal yollarla elde edilen zararlı toksin ya da zehirler de eklenebilir. 1915'te Almanya tarafından üretilen klor gazı bombasıyla tırmanan kimyasal ve biyolojik silah çalışmaları İkinci Dünya Savaşı sırasında maksimum seviyeye ulaşmıştır. Şehirlerin içme sularının bu silahlarla vurulması, sarin ve klor gazlarının kullanılması gibi uygulamalar bugün de ciddi tehdit oluşturmaktadır.

4.3.1. "Vejetaryen Harekâtı"

İkinci Dünya Savaşı sırasında Winston Churchill Başbakanlığındaki İngiltere, ölümcül şarbon hastalığını savaşta kullanmaya karar vermiş ve bu bakterinin enjekte edildiği 5 milyon sığır kekini Almanya topraklarına havadan bırakmayı planlamıştı. Bugün tedavisi büyük oranda mümkün olsa da 1942 yılında ölümcül olan bu hastalığın, kekleri yiyecek sığırlara bulaşmasıyla yüz binlerce kişiyi olumsuz etkileyecek ciddi bir gıda sorununun ortaya çıkarılması amaçlanıyordu. Ancak Nazi Almanya'sının hem Sovyetler Birliği hem de Müttefikler

karşısında aldığı yenilgiler bu planın uygulamaya geçmesini gereksiz kılmış ve 5 milyon hastalıklı sığır keki yakılarak yok edilmiştir. Bu proje, Almanların uzun bir süre et yemekten uzak durmasına neden olacağı düşüncesiyle "Vejetaryen Harekâtı" olarak adlandırılmıştır^[11].

5. ARAYICI BAŞLIKLAR

Füzelerin güdüm sistemleri genellikle arayıcı başlık olarak nitelendirilir. Arayıcı başlık unsurları olmamasına karşın GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ve INS (Atalet Navigasyon Sistemi) gibi sistemleri olan bazı füzeler de güdüm özelliği göstermekte ve hedefi takip edebilmektedir. Güdüm sistemi füzenin hedefe kilitlenip vurana kadar izlemesini sağlayan yapıdır. Düşmanın "karşı tedbir sistemleri" füzenin hedefi vurmasını engellemek için bir takım aldatmacalar oluştururken, füzenin güdüm sistemi bu engellemeleri aşmayı amaçlar. Bu mücadeleyi teknolojik üstünlüğe sahip olan kazanır. Askeri hava araçlarının füzelerden kaçınma uygulamalarında en önemli özellik arayıcı başlıkların teknik yetenekleridir. Zira füzeden kurtuluş ancak arayıcı başlığın hava aracına kilitlenmesinin engellenmesiyle mümkün olabilir.

Füzelerin arayıcı başlık bölümlerinde radar ya da kızılötesi (infrared) teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilere ek olarak füzelere entegre edilen INS, GPS, Pasif Radyasyon Arayıcı, IMU (Atalet Güdüm Sistemi) ve Data-Link sistemleri de güdüme yardımcı unsurlardır. Bu iki farklı güdüm sistemi sayesinde füze, hedefle bir çarpışma rotası oluşturarak takip faaliyetini gerçekleştirir.

Füzelerin hedefi takip edebilmesi için fırlatılan uçak ya da yer platformu tarafından hedefin tespit edilmesi veya hedefe işaretleme yapılması, iz bırakılması gerekir. Böylece hedefin varlığı füze tarafından anlaşılır ve güdümlü füze bu hedefi takip edebilir. Bu nedenle ileri teknolojik yeteneklere sahip güdümlü füze üretmenin yanı sıra, keşif ve işaretleme faaliyetleri için yüksek kabiliyetlere sahip kamera ve görüş sistemleri geliştirmek de önem taşımaktadır. Ülkemizde elektro-optik keşif, gözetleme ve hedefleme sistemleri alanında ciddi çalışmalar gerçekleştirilmektedir. ASELFLIR termal görüntüleme



Şekil 12: T129 ATAK helikopterin ön kısmına yerleştirilmiş olan ASELFLIR -300T elektro-optik kamera sistemi
<http://www.milliyet.com.tr/tarihi-anlasma-turkiye-den-30-ekonomi-2671459/>

ve hedef işaretleme-izleme sistemleri, ENGEREK lazer hedef işaretleme sistemleri, Şahingözü IRST (Infrared search and track) termal atama ve işaretleme sistemleri son dönemde ülkemizde yerli imkânlarla geliştirilen elektro-optik cihazlardan bazılarıdır^[12].

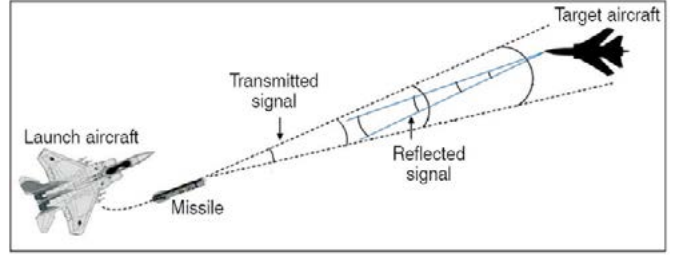
Füzeler, arayıcı başlıklarının bugüne kadar geçirdiği gelişim sürecine bağlı olarak beş nesil halinde sınıflandırılmaktadır. Bu teknolojik gelişim süreci şu şekilde tasvir edilmektedir:

- 1. Nesil Füzeler:** İlk kısa menzilli füzelerdir. ABD yapımı Sidewinders ve Rus yapımı K-13 füzeleri bu dönemin ilk örnekleridir. Bu füzeler 30 derecelik dar görüş alanına sahip kızılötesi arayıcılar kullanıyordu. Hedefi vurabilmek için tam arkasında konumlanmak gerekmekteydi. Bu durumda, hedef uçağın çok basit manevraları bile, füzenin hedefin izini kaybetmesine neden olabilirdi.
- 2. Nesil Füzeler:** Bu füzelerde arayıcı başlıkların kabiliyetleri artırılmış ve görüş alanı 45 dereceye kadar çıkarılmıştı.
- 3. Nesil Füzeler:** Bu dönemde üretilen füzelerde var olan çok hassas güdüm sistemleri, avcı uçağın hedefin arkasında konumlanma zorunluluğunu ortadan kaldırdı. Tüm yönlerden hedefe ateş etme imkânı veren bu füzelerin sağladığı görüş açısı koni şeklinde bir alanla kısıtlı kalsa da güdüm sistemlerinin gelişmesi açısından çok değerliydi. Bu nesilde görüş açısı kabiliyeti 60 dereceye kadar çıkmıştır.
- 4. Nesil Füzeler:** İlk örneklerinden biri R-73 füzesi olan bu nesil füzeler gelişmiş arayıcı teknolojileriyle Flare gibi kızılötesi önemlere (IRCM) karşı daha yüksek direnç sergileyebiliyordu. Bu kez görüş açısı 120 derecelik bir açıya ulaşmıştı. Bu dönemde üretilen füzelerin sahip olduğu yüksek görüş açısı, çoğu uçağın radarından daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu durum kaska monte edilen görüş cihazlarının geliştirilmesi fikrini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bu füzeler diğerlerine kıyasla çok daha çevik hareket edebilmektedir.
- 5. Nesil Füzeler:** Bu füzeler çok daha gelişmiş güdüm sistemlerine (özellikle kızılötesi güdüm sistemleri) sahiptir. Hedefi bir ışık noktası ya da huzmesi olarak gören diğer füze tiplerinden farklı olarak yeni sinyal işleme ve sensör teknolojileriyle hedefteki uçağı bir bütün olarak tasvir edebilmektedir. Yayıdığı kızılötesi ışınlar sayesinde füzeyi yanıltmayı amaçlayan IRCM (Infrared Countermeasures) sistemlerine karşı kendi IRCCM sistemleri vardır. Bu nedenle yanıltılması çok zordur. Daha yüksek menzillerde görev yapabilirler ve İHA'lar gibi küçük hava araçlarını dahi tespit edebilirler.

Bu gelişim evreleri neticesinde füzeler birçok farklı faydalı yük ve sistem ile tasarlanmıştır. Bu dönüşümden en çok etkilenen bölüm ise hiç şüphesiz füzelerin güdüm sistemleri olmuştur.

5.1. Radar Güdümlü Sistemler

Orta ve uzun menzilli füzelerde genellikle radar güdüm başlıkları kullanılır. Isı güdümlü bir füzenin sahip olduğu kızıl



Şekil 13: AR Güdümlü füzenin, yansıyan radar sinyalini kullanma şekli

<https://electronicsforu.com/technology-trends/precision-guided-munitions-radar-guided-weapons-part-4-4>

ötesi detektörün hedef üzerinde bıraktığı iz uzun menzillerde çok zayıftır. Bu nedenle uzun menzilli füzelerde radar güdüm sistemleri daha doğru sonuçlar verir. Radar güdümlü füzeleri Aktif, Yarı Aktif ve Pasif olarak üç gruba ayırabiliriz:

5.1.1. Aktif Radar (AR) Güdüm Sistemleri

En gelişmiş güdüm sistemlerinden biridir. Verici anteni sayesinde kendisi hedef takibi ve güncellemesi yapılabilir. Sahip olduğu GPS sistemi, INS İvmeölçer sistemler ve görev ortası güncelleme (mid-term update) sistemleriyle hedefin gelecekte konumlanacağı yerler hakkında öngöründe bulunarak hedef takibi yapmakta ve vurma oranını artırmaktadır. Antenin bir diğer görevi ise füzenin fırlatıldıktan sonra bile ana uçak tarafından ya da ana uçak ile müttefik diğer uçaklar tarafından yönlendirilmesini sağlamasıdır. Anten özelliklerine bağlı olarak belirli bir menzilde füze havada ilerlerken, fırlatan uçak tarafından verilen komutlarla hedef güncellemesi yapılabilmektedir. Aktif radar güdümünün diğer önemli bir avantajı ise at-ü-nut şeklinde çalışmasıdır. Füzeyi ateşledikten sonra uçağın sürekli olarak hedefe radar aydınlatması yapması ya da izlemesi gerekmez. Bu sayede füzenin hedefe ilerlemesinde herhangi bir aksaklığa neden olmadan ana uçak kendini korumak için atış sonrası bölgeden uzaklaşabilir.

Bu sisteme sahip füzeler hedefin hareketleri hakkında tahminlerde bulunarak yol aldığı için ani manevralar yapabilir. Fransız Airbus, İtalyan Leonardo ve İngiliz BAE



Şekil 14: MBDA Meteor füzeleri Alman Hava Kuvvetleri envanterinde de sıkça kullanılmaktadır

<http://www.thedrive.com/the-war-zone/4678/is-the-european-meteor-air-to-air-missile-really-the-best-in-the-world>

Füze Adı	Ülke	Üretici Şirket	Yıl	Ağırlık	Savaş Başlığı	Hız	Operasyon Menzili	Fırlatma Platformu
ASTRA	Hindistan	Bharat Dynamics	2017	154 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı	4,5 Mach	110 km / maks	Su-30 MKI
MBDA Meteor	Fransa İngiltere İtalya	MBDA	2016	190 kg	Dağılan Tip Harp Başlığı	4+ Mach	100 + km	F-35, Saab JAS 39 Gripen, Dassault Rafale Eurofighter Typhoon
Novator KS-172	Hindistan Rusya	NPO Novator ve DRDO	2004	748 kg	Dağılan Tip Harp Başlığı	3,3 Mach	300-400 km	SU-27, SU-30, SU-35, SU-30MKI ve SU-57
MICA	Fransa	MBDA	1996	112 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı, 12 kg	3-4 Mach	Batarya Atışı: 20 km Uçaktan Atışı: 50 km	F-16E Block 60, Mirage F1, Mirage 2000 ve Yer Bataryaları
AIM-132 ASRAAM	İngiltere	MBDA	1998	88 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı, 10 kg	3+ Mach	50 km	Tornado, Typhoon ve F/A-18
PL-12	Çin	Çin Halk Cumhuriyeti	2010	180 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı	Bilgi yok	100 km	Shenyang J-8F, J-11B, J-15, Chengdu J-10, CAC/PAC JF-17 Thunder
AIM-120 AMRAAM	ABD	Hughes (1991-1997 arası) ve Raytheon (1997 sonrası)	1991	152 kg	Dağılan Tip ve Tahrik Tipi Harp Başlığı	4 Mach	AIM-120A/B: 55-75 km AIM-120C: 105+ km AIM-120D: 180+ km	F-5, F-18, F-15, F-16, F-22, F-35, Boeing F/A-18E/F Super Hornet, Saab JAS 39 Gripen, Tornado ADV, Sea Harrier FA2
R-77	Rusya	Vympel	1994	175 kg	Dağılan Tip Harp Başlığı, 22,5 kg	4 Mach	R-77: 80 km R-77-1: 110 km	MIG 21, MIG 23, MIG 25, MIG 29, MIG 31, MIG 35, SU-27, SU-30, SU-33, SU-34, SU-35, Chengdu J-10

Tablo 1: Aktif Radar Güdüm Sistemleri bulunan 5. Nesil Füzelere bazıları

Systems şirketlerinin ortaklığında kurulan MBDA tarafından üretilen Meteor füzesi, bu alanın en önemli örneklerindedir. 2016 yılında üretilen MBDA Meteor füzesi 4 Mach üzerinde bir hıza sahiptir ve 100 km çapta data link bağlantısıyla hedefe kilitlenebilmektedir^[13]. Füze ilk olarak Dassault Rafale avcı uçağında kullanılmıştır.

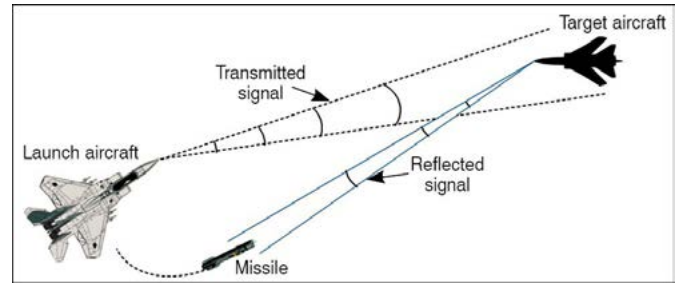
Aktif radar arayıcı başlıklar 4. ve 5. Nesil füzelerde çokça tercih edilen güdüm sistemlerinden biridir. Gelişmiş takip kabiliyeti, aldatma zorluğu ve yüksek menzili ile aktif radar güdüm sistemine sahip 5. Nesil füzelerin bazı örnekleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Burada MBDA isimli şirkete ayrıca değinmek yerinde olacaktır. MBDA şirketi Avrupa’nın füze geliştirme ve üretim merkezi olarak Fransız Airbus, İtalyan Leonardo ve İngiliz BAE Systems şirketlerinin ortaklığıyla 2001 yılında kurulmuştur^[14]. Avrupa’nın hemen her ülkesinde yatırım ve çalışmaları bulunan bu şirket, füze sistemleri için gerekli en ileri teknolojileri geliştirerek Avrupa’yı bu alanda küresel bir oyuncu haline getirmeyi amaçlamaktadır.

MBDA son dönemde ABD’de de faaliyet gösterecek bir yan kuruluş oluşturarak çalışmalarını genişletmiştir. Bu oluşum ABD Savunma Bakanlığının ihtiyaç duyduğu entegre sistemler üzerine çalışmalar gerçekleştirmektedir.

5.1.2. Yarı Aktif Radar (SAR) Güdüm

AR güdüm sistemlerinden daha basit tasarlanmış, kullanım aşamasında fırlatıcı uçakla pilota da ciddi görevler veren güdüm sistemidir. Günümüz füzelerinde en çok tercih edilen arayıcı başlık tipidir. Bu güdüm başlıklarında uçak sahip olduğu elektronik sistemleri kullanarak radarla hedef uçağı aydınlatır. Hedef uçağı çarpan radar sinyalleri yansıyarak tekrar avcı uçağına ulaşır. Füzenin hedef uçağı vurabilmesi için bu aydınlatmanın uçuş süreci boyunca devam etmesi gerekir. Bu manuel kontrol süreci çok uzayabilmekte ve hedef uçağın kabiliyetlerine bağlı olarak avcı uçağın tespit edilmesine hatta hedef alınmasına neden olabilmektedir^[15].



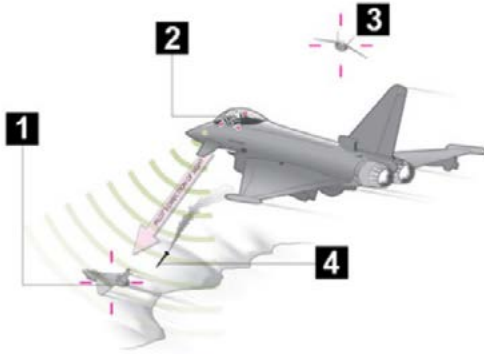
Şekil 15: SAR Güdümlü füzenin, yansıyan radar sinyalinin kullanma şekli <https://electronicsforu.com/technology-trends/precision-guided-munitions-radar-guided-weapons-part-4-4>

SAR güdüm sistemlerine sahip füzelerin diğer bir dezavantajı ise birden çok hedefin olduğu durumlarda güdüm gelmez. Fırlatıcı uçak tarafından yayılan radar sinyalleri çok sayıda hedefe çarparak geri döndüğünden saldıracak hedefi belirleme konusunda problemler yaşanabilir. Füzelerin arayıcı başlığı bu hedeflerden hangisine yöneleceğini tam olarak algılayamaz ve uçuş esnasında hedef değiştirmeye çalışır, böylece ani manevralarda ihtiyaç duyacağı güç ve zamandan yoksun kalabilir. Ancak SAR arayıcı başlıklara sahip yeni nesil füzeler sahip oldukları mantık devreleri sayesinde hedefi belirleme sorununu önemli ölçüde aşmıştır.

SAR arayıcı başlıklara sahip füzeler hedefe yaklaştıkça hedefi bulma doğruluk oranları artmaktadır. Çünkü başlarda hedeften yansıyan radar sinyalleri nokta ifade ederken, hedefe yaklaşıldıkça sinyaller cisim hatta belki şekil olarak uçağı temsil edecek kabiliyete ulaşmaktadır.

5.1.2.1. Radar Kilitlenmesi

Radar kilitlenmesi (lock-on) özelliği, radar sistemlerinin hedefi otomatik olarak takip etmesine imkân veren teknolojilerdir. İngiltere’de geliştirilen bu yöntem ilk olarak Al Mk. VIII radar sistemlerinde kullanıldı^[16]. Kabiliyetini ispatladıktan sonra ilk operatif görevini ABD’nin SCR-584



Şekil 16: Birden çok hedef bulunan durumda radar işaretleme ile hedefin belirlenmesi

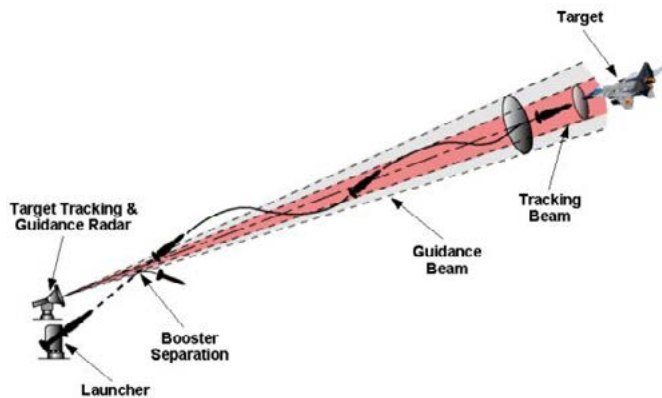
<https://www.baesystems.com/en/product/typhoon-helmet>

radar üssünde gerçekleştiren bu teknoloji daha sonra İkinci Dünya Savaşı'nda güdümlü füzelere entegre edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde hedef tespit görüntüleme sistemlerinde ve yarı aktif radar güdümlü sistemlerinde hâlâ kullanılmaktadır.

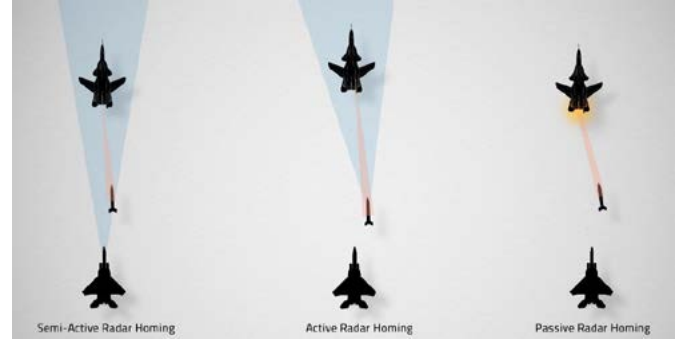
Ancak günümüz teknolojisiyle tasarlanan sinyal bozucu unsurlar, radar kilitleme sistemlerine gelen sinyalleri karıştırabiliyor ya da yanıltabiliyor. Bir saldırı uçağı hedef üzerinde işaretleme yaparak füzeyi ateşlediğinde kendisinin hedefe olan uzaklığı füzenin uzaklığından çok daha fazla olmaktadır. Bu yüzden gönderilen radar sinyalleri zayıflamakta ve sinyallerin karıştırılması daha mümkün hale gelmektedir. Hedef uçağın karşı koyma mekanizmaları, kendisine doğru gelmekte olan füzenin saldıran uçakla olan radar ilişkisini kesebilmektedir. Böylece atış başarısız kalmış olacaktır. Bu durum SAR güdümlü sistemlerinin bir diğer dezavantajı olarak dile getirilmektedir.

5.1.3. Pasif Radar (Huzme-Işın İçinde) Güdümlü Sistemleri

Radarı temelli güdümlü sistemlerinin ilk örneğidir. Gelişmiş bir sistem değildir ve özellikle yeni nesil füzelerde tercih edilmemektedir. Çünkü hedefle buluşma ve doğru sonuç verme oranı diğer güdümlü sistemlerine kıyasla çok düşüktür. Burada saldıran uçak ya da yerde bulunan hava savunma sistemi, hedef uçak üzerinde dar bir radar ışın



Şekil 17: Örnek bir "Huzme İçinde Güdümlü" sistemi gösterilmiştir.
<http://www.writeopinions.com/beam-riding>



Şekil 18: Radar güdümlü sistemlerinin çalışma prensipleri açısından farkları

demeti oluşturur. Uçak ya da yer platformu tarafından fırlatılan füze, üzerinde bulunan sinyal algılayıcı sensörlerin yardımıyla kanatçıklarını hareket ettirerek kendisini bu huzme içinde konumlandırmaya çalışır. Eğer, füze bu operasyonu tam anlamıyla gerçekleştirip dar bant içinde kalabilir; ve saldırı uçağı da aydınlatma yaptığı hedefi bu süre boyunca huzmenin ucunda tutabilirse, saldırı başarıya ulaşır¹⁷.

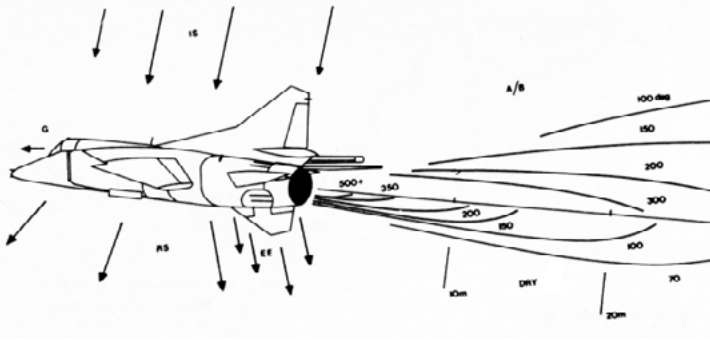
Tüm bu işlemlerin manuel yürütülmesi başarı oranını düşürmektedir. Ayrıca yeni nesil savaş uçaklarının ileri teknolojik ekipmanlarla üstün manevra kabiliyetine sahip oldukları düşünüldüğünde, pilotun bu aydınlatmayı demet şeklinde sürekli sabit tutması zor olacaktır.

5.2. Isı (Kızılötesi - Infrared - IR) Güdümlü Sistemler

Kızılötesi ışınlar, elektromanyetik spektrum üzerinde gözle görebildiğimiz ışınlar ile mikrodalga ışınlar arasındaki bölgede yer alan ve dalga boyları daha büyük olan ışınlardır. Her molekül sahip olduğu enerjiye bağlı olarak bir ısıya sahiptir. Bu ısı dışarıya farklı dalga boylarında ışınlar salınmasına neden olur. Ateş bu ışınlardan biridir ve dalga boyunun görece uzunluğu yüzünden gözle görülebilir. Kızılötesi ışınlar ise görünür olmamakla beraber görünür olan ışınlardan daha az enerjiye sahiptir. Kızılötesi kameralar ve arayıcılar bu prensiple çalışarak gözle görülemeyen cisimlerin farklı dalga boylarındaki ışınlarını tespit etmeyi amaçlar.



Şekil 19: Bir Savaş Uçağına entegre edilmiş IR güdümlü füze
<https://manglermuldoon.blogspot.com/2012/05/f-35-development-and-performance.html>



Şekil 20: IR Güdümlü füzelerde yer alan kızılötesi kameraların çalışma şekli <http://www.ausairpower.net/TE-IR-Guidance.html>

IR güdüm sisteminin ilk örnekleri yüksek hassasiyete sahip değildi. Bunların kullanıldığı füzelerin yağmurlu ve bulutlu havalarda hedefin sıcaklığını tespit edemediği ya da güneşli havalarda hedefin ısı ile Güneş'in ısını karşıtırdığı gözlemlenmiştir. Bugün 5. Nesil füzelerle bu sorunlar büyük ölçüde çözülmüş olsa da kötü hava şartları hâlâ IR güdümlü füzeleri olumsuz etkilemektedir.

Isı güdümlü füzeler birçok açıdan Yarı Aktif Radar güdümlü füzelere benzer. Burada da taşıyıcı uçak füzeyi düşmanına ateşlemeden önce onun arkasında konumlanıp güdüm sistemine ihtiyacı olan açığı sağlamak durumundadır. Bu da saldıran uçağın açığa çıkmasına ve hedef olmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte füzelerin fırlatıldığı mesafe yine çok önemlidir. Zira fırlatıcı uçak tarafından hedef uçak üzerinde oluşturulan kızılötesi iz, bu uzaklık arttıkça daha zayıf olacaktır. Kızılötesi izin zayıf olması füzelerin hedefini bulma oranını düşürecektir. Bu, ısı güdümlü füzelerin menzillerini kısıtlayan bir özelliktir^[18]. Bu nedenle IR füzeler genellikle alçak ve nadiren de orta menzilli füzeler olarak kullanılmaktadır.

IR arayıcısı olan birçok füze, hedef uçağın egzoz bölümünden çıkan ısıya ve motorların çalışması yüzünden ısınan metal parçalara odaklanmaktadır. Bu prensiple

çalışan füzeler hedefi bir ateş yumağı şeklinde tasvir etmekte ve takip sırasında ateş yumağına benzeyen diğer unsurların varlığında hedef uçak ile bunları karıştırılmaktadır. Ancak IR güdümlü olarak tasarlanan yeni nesil füzeler, sahip oldukları çeşitli optik filtreler sayesinde hedefi tüm ısıyla bir "uçak" şeklinde tasvir edebilmekte ve hızını, boyunu algılayabildiği bu cisimi diğer şaşırtıcı unsurlarla karıştırmadan hedef takibi yapabilmektedir. Bu filtrelerin bazıları arayıcıya ulaşan kızılötesi ışıklardan hangisinin hedefe ait olduğunu doğru tespit etmeye çalışırken bazıları da bu ışıkların gereksiz enformasyondan arındırılmasını sağlamaktadır.

5.2.1. Elektro Optik Isı Güdümlü Füzeler

IR arayıcı başlıkların bir türü olarak değerlendirilen bu sistemler alanın en gelişmiş örnekleriyle tasarlanmıştır. Halen geliştirilen bir sistem olmakla birlikte İsrail tarafından üretilen Python-5 ve Rusya tarafından üretilen R-73 füzelerinde bu arayıcı başlık uygulanmıştır. Bu sistemlerde füze optik görüntülemeyle hedefi tarayarak tespit etmektedir. Bu özellik hedefin video kameralarla elde edilmiş kadar net bir görüntüsünün çıkmasına imkân vermektedir. Ayrıca bu füzelerde hedefe kilitleme

Füze Adı	Ülke	Üretici Şirket	Yıl	Ağırlık	Savaş Başlığı	Hız	Operasyon Menzili	Fırlatma Platformu
IRIS-T	Almanya	Diehly BGT Defence	2005	87,4 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı	3 Mach	25 km	Typhoon, Tornado, F-4, F-16, F-18, Gripen, NASAMS
AIM-9 Sidewinder	ABD	Ford Aerospace, Loral Corporation ve Raytheon Company	1956	85,3 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı, 9,4 kg	2,5 Mach	35,4 km	Birçok savaş uçağı modeli için uygundur
Python-5	İsrail	Rafael Advanced Defense Systems	2003	105 kg	Dağılan Tip ve Tahrik Tipi Harp Başlığı, 11 kg	4 Mach	20 km	F-151 Ra'am ve F-161 Sufa
MICA	Fransa	MBDA	1996	112 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı, 12 kg	3-4 Mach	Batarya Atışı: 20 km Uçaktan Atışı: 50 km	F-16E Block 60, Mirage F1, Mirage 2000 ve Yer Bataryaları
AIM-132 ASRAAM	İngiltere	MBDA	1998	88 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı, 10 kg	3+ Mach	50 km	Tornado, Typhoon ve F/A-18
A-Darter	Güney Afrika Brezilya	Denel Dynamics Mectron	2015	89 kg	Yüksek Tesirli Dağılan Tip Harp Başlığı	4 Mach	22 km	Birçok savaş uçağı modeli için uygundur
AAM-5	Japonya	Mitsubishi Heavy Industries	2004	95 kg	Dağılan Tip ve Tahrik Tipi Harp Başlığı	3 Mach	35 km	Birçok savaş uçağı modeli için uygundur
R-73	Rusya	Vympel ve Tbilisi Aircraft Manufacturing	1984	105 kg	Dağılan Tip Harp Başlığı, 7,4 kg	2,5 Mach	30 km	MIG 21, MIG 23, MIG 25, MIG 29, MIG 31, MIG 35, SU-27, SU-30, SU-33, SU-34, SU-35, Chengdu J-10

Tablo 2: IR (Kızılötesi) Güdüm Sistemleri bulunan 5. Nesil Füzelerden bazıları

işlemi, hedefin tespit edilmesi esnasında yapılmamaktadır. Füze fırlatıldıktan sonra güdüm sistemleriyle hedefi takip etmekte ve hedefe yaklaşıncaya kadar kilitleme işlemi gerçekleştirilmemektedir. Bu uygulama hedef uçağın tehdit algılama oranını ciddi seviyede düşürmektedir^[19].

Bu sistemler ayrıca hedefin kritik bölgelerini (örnek: kokpit) belirleyebilmekte ve servo motorlar aracılığıyla kanatçıklarının açısını değiştirerek hedefin hayati alanlarına isabet etmesi için algoritmalar geliştirmektedir.

Elektro-optik ısı güdümlü füzeler çok zayıf kızılötesi ışınları dahi hassas şekilde tespit edebildikleri için İHA gibi küçük ve az ısıya sahip hava araçlarını dahi hedef alabilmektedir.

6. SONUÇ

Füze sistemleri her zaman çok etkili bir silah olarak görülmüş ve aktif olarak kullanılmıştır. Havadan havaya, karadan havaya, havadan karaya gibi birçok çeşidi olan bu platformlar ciddi yıkıcı etkilere sahiptir. Aynı zamanda belirlenen hedeflerin en hızlı şekilde imha edilmesini mümkün kılan silahlardır. 1967’de İsrail ve Mısır arasında başlayıp bölge ülkelerine de yayılan 6 gün savaşlarında, İsrail savaşın daha ilk gününde savaş uçaklarından bırakılan füzelerle Mısır Hava Kuvvetlerine ait 410 uçağı tahrip etmişti. Füzeler Mısır Hava Kuvvetlerinin büyük bölümünü yok etmiş ve Mısır’ın savaştan çekilmesine neden olmuştu. Bu örnekte olduğu gibi daha birçok savaşın kaderini değiştiren, muharebe alanında rakibe karşı büyük üstünlük sağlayan bu platformlar günümüzde de gelişmeye devam etmektedir. Bugün yüksek iletişim ve haberleşme kabiliyetine sahip otonom sistemlerle, personelin savaş sahasında olmasını gerektirmeden kilometrelerce uzaklıkta operasyon kabiliyeti veren füze sistemleri geliştirilmekte ve savaş sahası insansızlaştırılmaktadır. Yüksek hassasiyete sahip arayıcı başlıklarla donatılan ve düşman hedeflerin kaçma imkânını olabildiğince sınırlayan yeni nesil füzeler ülkelerin hava kuvvetleri için büyük bir caydırıcı güç haline gelmiştir. Yüksek hızlara sahip bu ekstra akıllı mühimmatlar hedefi vurma konusunda da gün geçtikçe ustalaşmaktadır. Yeni gelişmeler savaş başlıklarının çeşitlendirilmesine, daha etkili patlayıcılara sahip ya da uzun süre kalıcı etkiler bırakabilen füzelerin tasarlanmasına imkân sağlamaktadır.

Ülkemizde özellikle son yıllarda hava savunma sistemleri ve yerli füze sistemleri alanında ciddi çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Diğer ülkelerle bu alanda yeni işbirlikleri ve ortaklık anlaşmaları imzalanarak alternatif seçenekler artırılırken aynı zamanda yerli üretim de teşvik edilmekte ve çalışmalar sürdürülmektedir.

2017 yılında tanıtımı yapılan Bora (KAAN) füzesi bu alanda yapılan en kapsamlı çalışmalardan biridir. Etki menziline 280 km olması beklenen füze,



Şekil 21: Roketsan tarafından geliştirilen Bora (KAAN) Füzesi Anadolu Ajansı

yerli imkânlarla üretilen en uzun menzilli füze olarak tanıtılmıştır. ROKETSAN tarafından geliştirilen bu füzeyle, daha uzun menzilli füzelerin geliştirilmesi yolunda ciddi bir adım atılmıştır^[20]. Bora füzesinin daha uzun menzilli olması teknik açıdan mümkün olmakla birlikte Missile Technology Control Regime (MTCR) isimli anlaşma bu menzilin sınırlandırılmasına neden olmuştur. Füze Teknolojileri Kontrol Rejimi anlaşması nedeniyle menzili 300 km’den fazla ya da savaş başlığı 500 kg’dan ağır olan füzelerin üzerlerinde bulunan herhangi bir yabancı parça, o füzenin üçüncü ülkelere satışı hususunda kısıtlamalar getirmekte ve üretilen ürünün ihraç edilmesini engellemektedir. Bora füzesinde kullanılan bazı parçaların diğer ülkelerden alınmış olması böyle bir sonuç getireceği için menzili 280 km olarak kısıtlanmıştır^[21].

Ülkemizde devam eden önemli füze çalışmalarından bazıları da UMTAS, L-UMTAS, OMTAS, CİRİT, TRG-300 KAPLAN, SOM, SOM-J, T-300 Kasırga, J-600T Yıldırım ve T-122 Sakarya füzeleridir.

Füze sistemleri alanında yaşanan tüm bu gelişmeler birbirini etkilemekte, geliştirilen bir sistem bir üst sistemlerin kurgulanmasına kapı aralamakta ve ülkelerin uzun dönem teknolojik kalkınma planları, gelecekte bu alanda ne tür sistemlerle karşılaşacağımızı haber vermektedir. Bölgesel güç haline gelmek, var olan küresel düzende etkili olmak, rakiplere ve düşmanlara karşı caydırıcı olmak, vatandaşlarının huzur ve güven içinde varlığını sürdürmesini sağlamak gibi birçok amaçla ortaya konulan bu çalışmalar hiç şüphesiz hızlanarak devam edecektir. Gelecek, bilimin gerisinde kalanların değil hatta onu yakalayanların değil, ona yön verenlerin olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] M. D. A. Alliance, «Greece,» 25 Haziran 2018. [Çevrimiçi]. Available: <http://missiledefenseadvocacy.org/intl-cooperation/greece/>.
- [2] Aselsan, «HİSAR-A,» [Çevrimiçi]. Available: http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/cozumlerimiz/czm14/Documents/HavaveFuzeSavunmaSistemleri/HISAR-A_TR.pdf.
- [3] Roketsan, «HİSAR Hava Savunma Füzeleri,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.roketsan.com.tr/urunler-hizmetler/hava-sistemleri/hisar-hava-savunma-fuzeleri/>.
- [4] T. Sage, «TÜBİTAK SAGE'nin Geliştirdiği Gökdoğan ve Bozdoğan Füzeleri IDEF'17'de Tanıtıldı,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.sage.tubitak.gov.tr/tr/haber/tubitak-sagenin-gelistirdigi-gokdogan-ve-bozdogan-fuzeleri-idef17de-tanitildi>.
- [5] R. Corporation, «Pilot Programs: Lessons Learned,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1147/MR1147.chap7.final.pdf.
- [6] Roketsan, «Roketsan,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.roketsan.com.tr/wp-content/uploads/2017/07/KAAN-TR-email1.pdf>.
- [7] S. News, «Sunheat: Russian Fearsome Thermobaric Flame-thrower's Secrets Revealed,» [Çevrimiçi]. Available: <https://sputniknews.com/russia/201708061056231803-russia-flamethrower-firepower/>.
- [8] S. Gazetesi, «CİRİT termobarik harp başlığı ile daha etkili» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.star.com.tr/teknoloji/cirit-termobarik-harp-baslighi-ile-daha-etkili-haber-1277493/>.
- [9] G. Security, «RPG-7 / RPG-7V / Antitank Grenade Launcher,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/rpg-7-specs.htm>.
- [10] R. S. Norris ve H. M. Kristensen, «Status of World Nuclear Forces,» [Çevrimiçi]. Available: <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>.
- [11] D. Valjak, «Operation Vegetarian: in 1942, the British planned on killing millions of Germans by dropping anthrax onto their pastures,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.thevintagenews.com/2018/01/10/operation-vegetarian/>.
- [12] ASELSAN, «Elektro Optik Sistemler,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.aselsan.com.tr/tr-tr/cozumlerimiz/elektro-optik-sistemler>.
- [13] M. M. Systems, «Meteor,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mbda-systems.com/product/meteor/>.
- [14] M. M. Systems, «HISTORY - FIFTY YEARS OF EUROPEAN TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL EXCELLENCE,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mbda-systems.com/about-us/history/>.
- [15] A. S. Locke, «Some Tactical Limitations of Beam Rider Command and Semi Active Homing Guidance Systems,» 21 Temmuz 1950. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/c954460.pdf>.
- [16] S. B. Lovell, «Lock- Follow AI (AIF / AISF / Mark IX AI),» %1 içinde Echoes of War The Story of H2S Radar, New York, Taylor and Francis Group , 1991, p. 82.
- [17] F. o. A. Scientists, «Guidance and Control,» [Çevrimiçi]. Available: <https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/part15.htm>.
- [18] C. Kopp, «Heat-Seeking Missile Guidance,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.ausairpower.net/TE-IR-Guidance.html>.
- [19] J. Wilson, «Electro-optical sensors key to missile defense,» Military & Aerospace Electronics, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-29/issue-1/special-report/electro-optical-sensors-key-to-missile-defense.html>.
- [20] S. Gazetesi, «Türkiye'nin Uzun Menzilli Füzesi KAAN (Bora),» Star Gazetesi, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.star.com.tr/teknoloji/turkiyenin-uzun-menzilli-fuzesi-kaan-bora-haber-1306801/>.
- [21] B. O. I. S. A. NONPROLIFERATION, «Missile Technology Control Regime (MTCR) Frequently Asked Questions,» USA Department of State, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.state.gov/t/isn/rls/fs/2017/266847.htm>.



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

