



**ALGILA-SAKIN  
SİSTEMLERİN  
TANKSAVAR FÜZE  
TEKNOLOJİLERİNE  
ETKİLERİ**





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

 Alper KENDİ

## 1. GİRİŞ

Birinci Dünya Savaşı'ndan bu yana kara savaşlarında piyadeler ağır zırhlı savaş araçlarıyla karşı karşıyadır. Bu mücadelede tankları imha amacıyla başvurulan güdümlü tanksavar füze mühimmatı (İngilizce ismi ile Anti Tank Guided Missile – ATGM) günümüzde de aktif olarak kullanılmaktadır. Nizami orduların yanı sıra gayri nizami direniş gösteren grupların da sıklıkla kullandığı ATGM'lerin arkasında yatan teknolojinin, dijital çağda İnsansız Hava Araçlarında kullanılan algıla-sakin (AS) sistemlerin kabiliyetlerinden etkilenmesi beklenmektedir. İnsansız Hava Araçları; AS sistemleri aracılığıyla algılayıp normal şartlarda sakındıkları şeylerden sakınmadıkları durumda, kabaca bir güdümlü füzeye dönüşmektedir diyebiliriz.

## 2. ATGM TARİHÇESİ

Birinci Dünya Savaşı'nda kullanılan anti tank silahları ilk olarak Almanlar üretmiştir. Bu silahlar, İngiliz ve Fransız tanklarına karşı kullanılmıştı. İlk örnekler 6-7 kiloluk el bombalarıydı. Minenwerfer neuer Art isimli kendinden tahrikli (piyadenin kol gücüne bağlı olmayan) ilk sistem, 75,8 mm kalibreli ve 1200 m menzilli olan anti tank havandı.

Günümüzde kullanılan sistemlerin atası sayılabilecek ilk omuzdan atılan anti tank silahlar, İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla savaş alanlarında boy gösterdi. Bu savaşta İngiliz piyadeleri, No.68 el bombası ile Boys isimli anti tank tüfek olmak üzere iki tip anti tank silah kullanıyordu. Bunlar hafif zırhlı araçlar için etkili olsa da tank gibi ağır zırhlı araçlarda istenilen düzeyde tahribat yaratamıyordu. İngiliz savunma sanayi şirketlerinden ICI çözümü, tipik bir havanı, tetik mekanizması ekleye-



rek yatay olarak ateşlenebilir hale getirerek buldu. PIAT (Projector Infantry Anti Tank) ismini verdikleri sistem tüp, tapalı havan ve tetik mekanizmasından oluşan oldukça basit bir sistemdi. Tüpün bir ucunda tapalı havan diğer ucunda ise bir adet dipçik bulunmakta, tetik mekanizması da tüpün orta kısmında yer almaktaydı. PIAT; 83 mm kalibreye, 990 mm uzunluğa ve yaklaşık 15 kg ağırlığa sahipti. 100 m olan etkili menzili içerisinde, 90 derece çarpma açısıyla, 75-100 mm'lik zırhı delebiliyordu. Etki mesafesinin kısa olması bir dezavantaj olmakla birlikte patlama geri basıncının olmaması kapalı yerlerden ateşlenmesini mümkün kılıyordu.

1942 yılında ABD, Kuzey Afrika cephesinde Alman zırhlılarına karşı ilk kez Bazooka isimli 61 mm çaplı omuz-





Şekil 1: <http://modernfirearms.net/grenade/united-kingdom/piat-e.html>

dan atılan roketi kullandı. Bazooka'nın ilk modeli; 5 m uzunluğunda bir çelik tüpten, pille çalışan bir elektrikli tetik mekanizmasından, omuz aparatından ve nişangâhtan oluşuyordu. Toplam ağırlığı yaklaşık 7 kg olan sistem, 61 mm roket "pentolite" patlayıcı içeren 226 gr harp başlığı ile 3 metre mesafeden 127 mm zırhı delebilmekteydi.

İlk güdümlü anti tank füze ise kablo aracılığıyla kontrol edilen Alman yapımı bir katı yakıt füzesiydi. Hedefin izlenmesi görsel olarak yapılıyor, kontrol komutları operatörün kullandığı joystick'ten kablo aracılığıyla füzeye aktarılıyordu.

### 3. GÜNÜMÜZ GÜDÜMLÜ TANKSAVAR FÜZE TEKNOLOJİLERİ

#### Roket mi Füze mi?

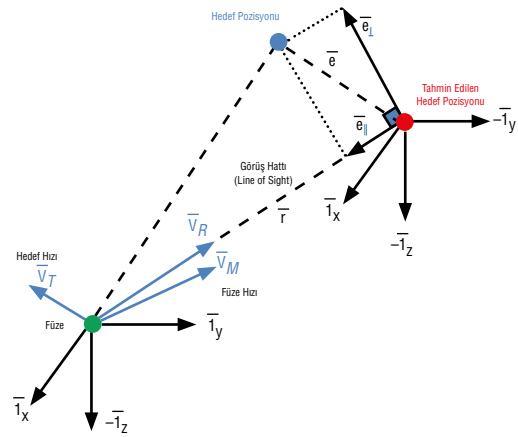
Güdümlü sistem bulunmayan, fırlatıldıktan sonra mermi yoluna benzer bir rota izleyerek hedefe ulaşan basit sistemler genel olarak roket (rocket) olarak adlandırılırken; füze (missile) daha çok bilgisayar kontrollü güdümlü sistem ve üzerindeki kontrol algoritmaları, algılayıcılar ve kontrol birimleriyle fırlatıldıktan sonra da yönlendirilebilen akıllı mühimmatlar için kullanılmaktadır.

#### Güdümlü Sistemleri

Füze fırlatıldıktan sonra hedefe ulaşana kadar gerçekleşen seyir ve kontrollerin birleşimine güdümlü diyebiliriz. Güdümlü, füzenin teslim edilme sürecindeki olaylar dizisinin yönetimini sağlar. Hareketli bir hedefi az bir sapmayla vurabilmek için füze, algılayıcılardan gelen veriler ışığında güdümlü yasası (guidance law) diye adlandırılan algoritmalar işletilerek yönlendirilir. Kullanılmaya başlandıkları yıllardan bu yana güdümlü sistemleri iki nesil geçir-

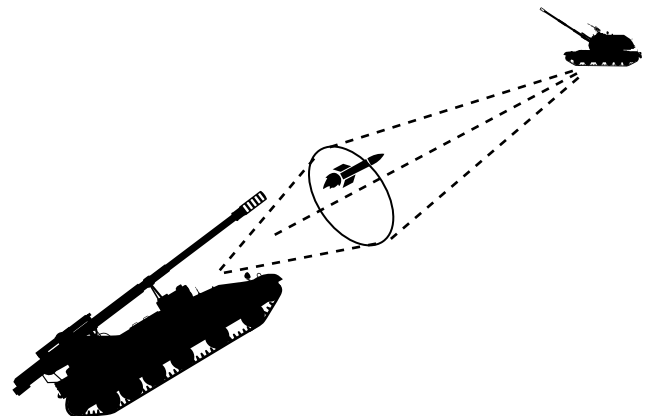
miştir. Güdümlü, hesaplama ve uygulama olarak başlıca iki faza ayrılabilir. Belli bir noktadan, gidilmek istenilen noktaya, nasıl gidileceğinin hesaplanması güdümlü birinci fazı; hesaplanan rotada gidilmesi için füzenin kanatçıklarının hangi oranda hareket ettirilip itki sistemine ne kadar güç aktarılacağına ayarlanması ise güdümlü ikinci fazıdır. Bu ayrım üçüncü nesle kadar olan güdümlü sistemlerinin anlaşılması açısından kolaylık sağlayacaktır.

**Birinci Nesil:** Birinci nesil güdümlü teknolojileri görüş hattı boyunca elle kumanda edilen sistemlerden (Manual Command to Line of Sight – MCLOS) oluşur. MCLOS güdümlüde operatör füze hedefe ulaşana kadar joystick aracılığıyla füzeyi kontrol eder. Güdümlü her iki fazda, yani kontrol yüzeyleri de operatör tarafından kontrol edilir.



**İkinci Nesil:** MCLOS'a benzer bir mimari olan SACLOS (Semi Automatic Command Line of Sight) güdümlü yine operatör tarafından yapılır fakat füzenin kontrol yüzeylerinin kontrolü, yani ikinci faz füzenin kontrolündedir. Operatör sadece hedefi nişangâhla izler ve füze kontrol yüzeylerini kendisi ayarlayarak verilen güdümlü komutlarını uygular.

**Üçüncü Nesil:** Günümüzde birçok anti tank füze sisteminin çalışma ilkesini oluşturan üçüncü nesil güdümlü teknolojilerini kendi içinde Fırlat-Unut (Orantılı Seyir, Proportional Navigation) ve Gör-İzle (Görüş Hattı Güdümlü,



ATGM	Ülke	Güdümlü	Harp Başlığı	Menzil	Kullanan Ülkeler	Kullanan Örgütler
<b>FGM-148 Javelin</b> 	ABD	E/O Kızılötesi	Tandem HEAT	2500 m	ABD Avustralya Fransa Sudan Litvanya Norveç İngiltere Birleşik Arap Emirlikleri	YPG/PKK
<b>Spike</b> 	İsrail	E/O Kızılötesi	Tandem HEAT	2500 m	Azerbaycan Çek Cumhuriyeti Almanya Türkiye İtalya Hollanda Güney Kore Romanya Singapur İspanya Hollanda	*
<b>BGM-71 TOW</b> 	ABD	Kablo	Tandem HEAT	3000 m	Bahreyn Mısır İsrail Sudan Kuveyt Lübnan Fas Umman Suudi Arabistan Tunus Türkiye	DEAŞ Özgür Suriye Ordusu
<b>Kornet</b> 	Rusya	Lazer	Tandem HEAT	5500 m	Rusya Cezayir Yunanistan İran Irak Hindistan Sudan Kuveyt Fas Peru Suudi Arabistan Suriye Türkiye Birleşik Arap Emirlikleri	DEAŞ Özgür Suriye Ordusu
<b>MILAN</b> 	Almanya Fransa	Kablo	Yüksek Güçlü Patlayıcı	2000 m	Cezayir Avustralya Belçika Bosna Hersek Kamerun Şili Kıbrıs Mısır Almanya Yunanistan Hindistan Lübnan Libya Makedonya Meksika Katar Singapur İspanya Suriye Tunus Birleşik Arap Emirlikleri İngiltere	*
<b>AT-4 FAGOT</b> 	Rusya	Kablo		2000 m	Rusya Afganistan Cezayir Angola Bosna Hersek Bulgaristan Finlandiya Yunanistan Hindistan Irak İran Kazakistan Kuveyt Libya Kuzey Kore Ukrayna Slovakya Yemen	Özgür Suriye Ordusu

\*\*\* Listelenen ATGM modellerinin kendi içlerinde farklı versiyonları bulunmaktadır. Bunların ağırlık, menzil, güdümlü gibi özellikleri farklılık göstermektedir.



Line of Sight Guidance) olarak iki gruba ayırmak mümkündür.

Fırlat-Unut diye ifade ettiğimiz orantılı seyir yöntemi, füze üzerindeki arayıcı başlıkların füzenin hedefe ait kızılötesi veya radar izlerini takip etmesi ve yönelmesi üzerine kuruludur. Orantılı seyir yönteminde; füze hedefi görerek güdüm komutlarını kendisi oluşturur, bu yüzden görüş hattının sürekli tutulması zorunlu değildir. Fırlat-Unut terimi buradan gelmektedir. Hedefin sürekli görüş hattında tutulmasını gerektiren lazer ve komut aktarımı yöntemlerinde ise hedef, operatör tarafından sürekli gözlenir ve füze, operatörün komutları doğrultusunda hareket eder. Burada füzeyle komut aktarımı hedefi lazer vb. yöntemlerle işaretleyerek dolaylı (beam riding) veya füze ile terminal arasında bulunan kablo veya telsiz aracılığıyla doğrudan yapılabilmektedir. Hedefe lazer işaretleme yapılacaksa, füze üzerinde hedeften yansıyan lazeri tespit edecek lazer algılayıcı başlık bulunması gerekir.

Yarı aktif lazer arayıcı olarak adlandırılan Gör-İzle sistemi (Semi Active Laser Homing – SALH) insan operatör ile yüksek hassasiyetli lazer işaretleyici/algılayıcıdan oluşur. SALH’de insan faktörü asgari seviyededir. İnsan operatörün sorumluluğu hedefin tespit edilmesi ve lazer işaretleyicinin hedef üzerinde tutulmasından ibarettir. Füze ile terminal (operatörün kullandığı fırlatma terminali) arasında iletişim yoktur, bu yüzden telsiz alıcı/verici, kablo gibi ekipman kullanılmaz. Füzenin yönlendirilmesi füze güdüm bilgisayarı tarafından otomatik olarak yapılır. Bunun için operatör tarafından kullanılan terminalden hedef üzerine lazer ışığı tutulur. Hedeften geri yansıyan lazer ışını, füzenin baş kısmında bulunan lazer algılayıcı sensör tarafından algılanarak, füzenin lazer tutulan noktaya gitmesi için gereken rota hesaplanır. Böylece terminal tarafından hedefe doğru lazer ışığından oluşan bir koridor yaratılır, füze bu koridorun orta noktasını tespit ederek hedefe kadar bu koridorda ilerler. Aslında lazer işaretleme yönteminde füze hedefi görmez, pratikte sadece lazer ışını hattını takip ederek hedefe ulaşır. Bura-

daki önemli nokta güdüm enformasyonunun füze tarafından hesaplanmasıdır.

Modern füze sistemlerinde kendi lazer kaynağına sahip olan LADAR (laser detection and ranging) sistemler de kullanılmaktadır. Kuzeni SALH’den farklı olarak LADAR sistemler dış lazer işaretlemesine ihtiyaç duymaz. LADAR, gelişmiş lazer üreteçleriyle hedef ortamı tarayarak hedef ortamın üç boyutlu resmini çıkarır. Bu resim üzerinden resim işleme yaparak alandaki hedefleri belirler. Örneğin, bir tank ile otobüsü ayırt edebilir.

FGM-148 Javelin gibi kızılötesi arayıcı başlığa sahip anti tank silahlar orantılı seyir yöntemi ile çalışır. Füze üzerinde bulunan elektro optik algılayıcılar hedefin yerini tespit eder ve yönelir. Tüm güdüm fazları füze tarafından yapılır. Bu sistemlerde çok çeşitli algılayıcılar ve güdüm algoritmaları kullanılmaktadır.

Her farklı mimarinin olduğu gibi, Gör-İzle ve Fırlat-Unut yöntemlerinin de avantaj ve dezavantajları vardır. Gör-İzle yönteminde tepki süresi çok kısadır, operatörün hedefi görmesi ve füzeyi fırlatması kısa sürede gerçekleşir. Fırlat-Unut sistemlerde ise füzenin nişangâhta tespit edilen hedefe kilitlemesi zaman alabilir. Bununla birlikte Fırlat-Unut sistemlerde füze ateşlendikten sonra operatör yer değiştirebilirken, aydınlatmalı veya komut aktarımlı sistemlerde operatör hedef vurulana kadar yer değiştiremez ve karşı angajmana açık halde beklemek zorunda kalır. Karşı tedbirler açısından da iki yöntemin avantaj ve dezavantajları farklılık göstermektedir.

### Algıla-Sakin Sistemlerin Etkisinde Dördüncü Nesil Güdüm Sistemleri

Dijital teknolojilerdeki gelişmeler; hava, uzay, kara, deniz tüm sahalarda hızla kendini göstermektedir. İnsansız Hava Araçlarının ayrılmamış hava sahalarına entegrasyonu için İHA’ların insan görme yetisine denk kabiliyete sahip olması gerektiği için özellikle İHA’larda kullanılan Algıla-Sakin sistemlerin kabiliyetleri hızla artmaktadır. Bu sistemler radar, lazer, ultrasonik, elektro optik, GPS ve ADS-B gibi birden fazla algılayıcıdan gelen veriyi işleyerek aracın çevresindeki muhtemel tehditleri algılayıp çarpışmalardan kaçınmasını sağlamaktadır.

ABD’nin 2025 havacılık hedefleri kapsamında insanlı ve insansız sistemlerin birlikte uçuşu vizyonunun yer alması, İHA’ların çevrelerini insanlı uçaklardaki pilot kadar iyi görebilmesinin önünü açmıştır. Algıla-Sakin sistemlerle İHA kuş sürüsünü, “transponder” olmayan bir planörü veya sıcak hava balonunu tespit edebilir hale gelmektedir. Algıla-Sakin sistemle düşman nesneyi tespit edip sakınma manevrası yapabilen bir İHA, sakınma manevrası yapmak yerine nesneye çarpmayı amaçladığında kabaca bir füzeyle dönüşmektedir.







İnsansız kara araçları olan sürücüsüz arabalar, günümüzde insan müdahalesi olmadan binlerce kilometre yol kat edebilmektedir. Şehir içi trafikte otonom bir aracın birim zamanda algılaması gereken unsur adedi binlerle ifade ediliyor. Araçtaki LIDAR algılayıcılar aracın çevresini yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu olarak oluşturabiliyor. Bugün algılayıcı maliyetlerinin ucuzlaması ve algılayıcılardan gelen verinin etkin algoritmalarla hızlı işlenmesine imkân tanıyan işlemci gücünün artması sayesinde, insansız bir sistemin algısı insan operatörden yüksek düzeye ulaşmış bulunuyor.

Günümüzde otonom araçlarda kullanılan LIDAR sensörlerin potansiyelleri hızla artmaktadır. Farklı firmalar tarafından birçok ürün geliştirilmektedir. Ürünlerin çözünürlükleri, tarama hızları ve ağırlıkları her geçen gün iyileşme göstermektedir. LIDAR algılayıcılar 2 kilometre mesafeden insan yüzünü, el ve kol gibi uzuvları tespit edebilir hale gelmiştir.

Elbette otonom araçların algılama kabiliyetindeki bu hızlı artış doğası gereği bir otonom sistem olan anti tank füzelere de yansacaktır. O nedenle Algıla-Sakin sistemlerin anti tank silahların tespit, fırlatma ve güdüm aşamalarında insan faktörünü (man in the loop) asgari düzeye indireceği kesindir.

Lazer tarayıcı ve algılayıcıların çözünürlüklerinin artmasıyla birlikte SAL ve LADAR güdümlü füzelerin algılama kabiliyetlerinde ciddi artış olacaktır. LIDAR algılayıcıların İHA, otonom araba gibi farklı sektörlerde kullanımlarının artmasına paralel olarak düşmesi beklenen algılayıcı boyut ve birim maliyetleri füzelere birden fazla algılayıcının yerleştirilmesine imkân tanıyacaktır. Füze üzerinde farklı tipte algılayıcıların yerleştirilmesiyle (sensor fusion) gelen verinin değerlendirilmesi sayesinde hassas vuruş yapabilen ve karşı tedbirlerden daha

az etkilenen mühimmatlar, ana muharebe tankları (main battle tank) için büyük bir tehdit oluşturacaktır. Bu sebeple tankların harp sahalarındaki etkinliğini ifade eden katsayı çarpanının yeniden hesaplanması gerekecektir.

Algıla-Sakin sistemler ile artan algılama kabiliyeti ve yapay zekâ özellikleri sayesinde anti tank füzeleri, hedeflerini yok etme olasılığı en yüksek stratejiyle vurmayı amaçlayan çok etkili silahlara dönüşecektir. Mini ve mikro İHA'ların ATGM nişangâh arayüzü olarak kullanılması da dördüncü nesil omuzdan atılan anti tank mühimmatlarda görebileceğimiz bir diğer muhtemel yeniliktir. Optik nişangâh yerine ATGM sisteminin bir parçası olarak çalışacak İHA ile sütre arkası bir hedefin füze terminalini göremeyeceği noktalardan kilitleme yapabilmesi olanaklı hale gelecektir.

Günümüzde ana muharebe tanklarında, karşı tedbir olarak yönlendirmeli kızılötesi ışık, sis/duman bulutu, reaktif zırh ve aktif koruma gibi yöntemler kullanılmaktadır. Dördüncü nesil füzelerin hedef üzerinde bulunan karşı tedbirlere kendi tedbirleriyle karşılık vermesi olasıdır. Füze, 3-4 saniyelik uçuş esnasında insan müdahalesi olmadan kendi başına karşı önlemlere karar verip icra edecek duruma gelecektir: Sis/duman bulutunda duman dağılana kadar havada tur atmaya, kızılötesi köreltmeye karşı diğer algılayıcılarını kullanmaya, aktif korumaya karşı radar karıştırma yapmaya karar verebilecektir.

## 4. SONUÇ

Özet olarak Algıla-Sakin sistemler, makinelerin insan algısına sahip olması yolunda ciddi bir adımdır. Bu sistemler savunma sanayiinde siberetik dönemin yeni kilometre taşı olacaktır. Dördüncü nesil olarak adlandıracağımız anti tank füzeler hedefleri kendisi tespit eden, mantık yürüten, strateji geliştiren ve kendi kendine karar verebilen akıllı mühimmatlar olarak harp sahalarındaki yerini alacaktır. Algıla-Sakin sistemlerin kabiliyetlerindeki hızlı artış çeşitli sektörlerde büyük yararlar sağlamakla birlikte harp doktrininde medeniyet tarihinde motorun icadından bu yana eşi görülmedik bir sayfa açmaya adaydır.





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

