

Türkiye  
**iNSANSIZ  
HAVA ARACI  
SiSTEMLERi**  
Yol Haritası  
(2011-2030)



En iyisinin teminatı



İstikbal göklerde dir!

*K. Atatürk*

## İçindekiler

Yönetici Özeti	7
Giriş	13
İHA Sistemleri Görev Alanları	25
Yürütülen/Planlanan Projeler	39
Altyapı	45
Gereksinimler	51
Teknoloji	71
Yol Haritası	87
Kaynakça	91
Ekler	93
Kısatmalar	142
Şekiller Listesi	144
Tablolar Listesi	144
Dizin	145







Türk Silahlı Kuvvetleri'nin, milli savunma sanayii ürünü teçhizatla donatılması temel hedefi ile çalışmalarına yön veren Savunma Sanayii Müsteşarlığımız, paralelde sanayimizin gelecek dönemlerine ışık tutacak strateji, rehber ve yol haritası dokümanları çalışmalarını yürütmektedir. Bu doğrultuda, Savunma Sanayi Müsteşarlığı koordinasyonu ile Türk Silahlı Kuvvetleri, sanayi kuruluşları ve üniversitelerin işbirliği ile 2010-2011 yılları içerisinde "Türkiye İHA Sistemleri Yol Haritası" çalışması gerçekleştirilmiştir. 2011-2030 yılları arasındaki 20 yıllık süreci kapsayan bu yol haritası ile tedarik ve Ar-Ge projelerini yönlendirici, şirket ve devlet kaynaklarının maliyet etkin ve verimli kullanılmasını sağlamaya yönelik planlamalara yardımcı olacak bir başvuru kaynağına ulaşılması hedeflenmiştir.

Bilindiği üzere, İnsansız Hava Araçları (İHA), en geniş anlamıyla, içinde veya üzerinde insan unsuru bulundurmayan, uzaktan ya da otonom olarak yönetilebilen ve önceden belirlenmiş görevleri icra eden günümüzün kritik teknoloji sistemleridir.

Geçmiş Birinci Dünya Savaşı'ndan eskiye uzanan İnsansız Hava Araçları'nın, ancak 1980'lerden sonra haberleşme, mikroişlemci, yazılım, kontrol, sensör, vb. teknolojilerde yaşanan gelişmeler ile kullanım alanlarında artışlar gözlenmiş; temelde "sıkıcı, kirli, tehlikeli" olarak adlandırılan koşullarda görev yapabilmeleri sonucunda birçok askeri/sivil görev alanlarında artık insanlı sistemlerin yerine kullanılmaya başlanmıştır.

Türkiye'nin 1990'lı yıllarda, çeşitli hazır alım projeleri ile başlayan İHA'lara ilgisi, özellikle 2004 yılındaki SSİK kararı ile "Yurt İçi Geliştirme" modeli sayesinde ivme kazanmıştır. Bu meyanda, yurt içinde özgün İHA sistemleri geliştirilmesine yönelik Operatif (MALE) İHA Sistemi, Mini İHA Sistemi ve Taktik İHA Sistemi geliştirme projeleri imzalanarak yürürlüğe girmiştir. Önümüzdeki dönemde Hedef Uçak, Döner Kanat İHA Sistemleri vb. İHA projeleri ile yurt içindeki diğer geliştirme faaliyetlerinin de Dünya'dakine paralel artarak devam edeceği ve her yıl katlanarak artan bir sayı ve yüzde ile insansız sistemlerin artık askeri ve sivil alanda insanlı sistemlerin yerini alacağı görülmektedir.

Bu doğrultuda, İHA Sistemleri'ne yönelik giderek artan ihtiyaca paralel olarak, gerek savunma sanayimizdeki tüm paydaşların ortak bir lisan ile durum farkındalığını geliştirmek, gerek yurt içi yetenekleri göz önüne sermek ve gerekse İHA Sistemleri ile ilgili tüm konuları bir çatı altında ele almak amacıyla hazırlanan İHA Sistemleri Yol Haritası, yaşayan bir doküman olarak gelişen teknoloji ve değişen ihtiyaçlar çerçevesinde, İHA sektöründen gelecek geribildirimlerle, düzenli aralıklarla revize edilecektir.

Bu Yol Haritası'nın hazırlanmasında emeği geçen başta Uzay ve İnsansız Sistemler Daire Başkanlığı olmak üzere, tüm Müsteşarlık personeline, değerli katkılarını esirgemeyen tüm kişi, kurum ve kuruluşlara göstermiş oldukları çaba için teşekkür eder, başarılarının devamını dilerim.

**Murad BAYAR**

Savunma Sanayii Müsteşarı

**İHA Sistemlerinin Türk Silahlı Kuvvetleri envanterine girişinin 20 seneyi bulmasıyla birlikte, özgün İHA Sistemlerinin geliştirilmesi konusunda 2004 yılından bu yana önemli bir ivme yakalanmıştır.**



# 01

## Yönetici Özeti

İnsansız araçlar, askeri ve sivil alanda geleceğin sistemleri olarak görülmektedir. Özellikle İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri, monoton, insan odaklanmasının yitirileceği uzun süreli, aşırı dikkat sarf etmeyi gerektiren görevlerde, tehlikeli ve/veya riskli ortamlarda 20. yüzyılın başından beri kullanılmaktadır. Gelecekte gelişmiş dünya ülkeleri silahlı kuvvetlerinin kullandığı sistemlerin büyük bir çoğunluğunun insansız sistemlerden oluşması söz konusudur. Bu nedenle birçok gelişmiş ülke şimdiden önümüzdeki 20-25 yılın İHA vizyonunu çizmeye çalışmaktadır. Günümüzde, 40'tan fazla ülke tarafından, İHA Sistemi geliştirme ve üretimine yönelik çalışmalar yürütülmektedir.

İHA Sistemlerinin Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) envanterine girişinin 20 seneyi bulmasıyla birlikte, özgün İHA Sistemlerinin geliştirilmesi konusunda 2004 yılından bu yana önemli bir ivme yakalanmıştır. İHA Sistemlerinin kullanımının dünyada yaygınlaşması ve askeri/sivil ihtiyaçlar göz önüne alındığında yurtiçi İHA geliştirme faaliyetlerinin artarak devam edeceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda, 2011-2030 yılları arasındaki 20 yıllık süreci kapsayan bir yol haritası oluşturularak, operasyonel, endüstriyel ve teknolojik anlamda nasıl bir İHA yetenek düzeyine ulaşılacak istendiğinin ortaya konulması, tedarik ve AR-GE projelerini yönlendirici, şirket ve devlet kaynaklarının en verimli kullanılmasını sağlamaya yönelik planlamalara yardımcı olacak bir başvuru kaynağına ulaşılması hedeflenmiştir.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmasında, TSK'nın göreve yönelik potansiyel ihtiyaçları göz önüne alınarak, buna yönelik temel sistem konseptleri ile gerekli teknolojiler/kabiliyetler belirlenmiş; mevcut ve gelişen teknolojiler kapsamında kısa-orta-uzun vade hedefler öngörülmüştür. Yol Haritası çalışmasının potansiyel TSK ihtiyaçları, SSM Stratejik Planı ve Sektörel Strateji Dokümanı'nda yer alan stratejiler ile uyumlu ve tamamlayıcı olması hedeflenmiştir.





İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmalarına TSK personeli, sektörde yer alan ilgili sanayi kuruluşlarının, enstitülerin ve üniversitelerin temsilcileri katılım göstermiş, alt başlıklar bazında oluşturulan uzman çalışma grupları belirli aralıklarla toplanarak doküman üzerinde güncelleme, iyileştirme ve genişletme çalışmalarını yürütmüştür. Bu sayede İHA Sistemleri Yol Haritası'nın süreklilik kazanmasının sağlanması hedeflenmiştir. Önümüzdeki yılların vizyonunu çizmek amacıyla ilki 2012 yılında olmak üzere periyodik çalıştaylar düzenlenmesi ve bu çalıştayların sonuçları da dikkate alınarak İHA Sistemleri Yol Haritası dokümanının güncellenmesi ve yayımlanması amaçlanmıştır.

Çalışmalar kapsamında, öncelikle bu sistemlerinin askeri kullanım alanları incelenerek 5 temel görev alanı belirlenmiştir.

- Keşif/Gözetleme Desteği
- Taarruz
- Hedef Benzetimi (Target Simulation)
- Elektronik Harp
- Özel/Spesifik Görevler

Söz konusu görev alanlarında kullanılabilir İHA Sistemlerinin platform ve alt sistemlerinin temel özellikleri belirlenerek Yol Haritası'nda teknoloji hedefleri bu sistemler baz alınarak çıkarılmıştır. Bu görev alanlarının günümüzde mevcut imkânlarla hangi sistemler (insanlı/insansız) tarafından karşılandığı ve bu görevlere yönelik olası İHA Sistemi ihtiyacının hangi vadede ortaya çıkabileceği konusunda öngörülerde de bulunulmuştur.

İHA'ların farklı kullanım alanları göz önüne alınarak tüm ürün/işlev çeşitliliğini kapsayacak şekilde, bir İHA Sistemi'nde bulunması muhtemel sistemleri ve İHA Sistemi geliştirme sürecinde yer alan etkinlikleri içeren bir İş Dağılım Ağacı (İDA) ayrıca oluşturulmuştur.

Diğer taraftan, sivil İHA kullanımının askeri İHA kullanımına göre halen sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, sivil hava sahalarındaki İHA görevlerine yönelik uçuşa elverişlilik sertifikasyonu kurallarının olmamasıdır. İHA'lara ayrılmamış hava sahalarında uçuş imkânının sağlanması amacı ile NATO içinde, sabit kanat ve döner kanatlı uçakların uçuşa elverişlilik standartlarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar FINAS (Flight In Non-Segregated Air Space) çalışma grubu altında yürütülmektedir. Bu çalışmalar, askeri bir standart oluşturulmasına yönelik olup, sivil standartlara olabildiğince yakın kalması hedeflenmektedir. Önümüzdeki yıllarda birçok İHA Sistemi'nin hava sahasına entegre olacağı dikkate alındığında, uluslararası alanda sivil ve askeri uçuşa elverişlilik standartlarının uygulamaya alınacağı değerlendirilmektedir.

İHA'lara yönelik uluslararası mevzuat henüz oluşturulmamış olup çalışmalar devam etmektedir. Yakın gelecekte, uluslararası kabul görececek olan

STANAG 4671, 4702 ve 4703 standartlarının Askeri Havacılık Projelerinde kullanılmasının zaruri olacağı göz önünde bulundurulduğunda, gerek Türkiye Askeri Sertifikasyon Havacılık Otoritesi (TAHSO) tarafından bu standartların kullanılması ve gerekse Avrupa Sivil Havacılık Otoritesi olan EASA ile işbirliği anlaşması imzalamış olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün EASA tarafından oluşturulacak, STANAG'lara benzer, sivil İHA UE standartlarını uygulaması beklenmektedir.

Benzer şekilde, İHA pazarının önümüzdeki 20 yıl içinde gerçekleşecek gelişimi dikkate alındığında, bu sistemlerin hava sahasında emniyetli bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla sivil mevzuat çalışmalarının yapılacağı aşikârdır. Oluşturulmaya çalışılan mevzuatların ilgili kurumlar (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Türk Hava Kurumu, özel kuruluşlar) tarafından yakından takip edilmesi ve söz konusu kurumların bir araya geleceği çalışma grupları veya panellerin kurulması gerekmektedir.

Askeri İHA'lar ve kullanımlarının yaygınlaşmasına paralel olarak yurt içinde sivil İHA kullanımının orta vadede gelişebileceği öngörülmektedir. Dünya'da ve Türkiye'de sivil kullanım gelişmesinin beraberinde askeri kullanıma sağlayacağı yararlardan bazıları aşağıda verilmektedir:

- Geliştirme maliyetlerinin sivil-askeri sektör arasında paylaşılarak her iki taraf için karşılanabilir düzeye çekilmesi,
- Sektörün savunma alanında talep yetersizliği olan dönemlerde sivil ürünlere yönelerek organizasyonel yapısını en üst düzeyde tutması,
- Halihazırda mevcut olan çift kullanımlı teknolojilerin kullanım imkânlarının artırılması ve yenilerinin geliştirilmesine fırsat sağlanması,
- Lojistik ve eğitim maliyetlerinin azaltılması,
- Sektörün dünyaya açılma fırsatlarının artması,
- Ülke içerisinde teknoloji-ürün-yetenek sağlayıcı kaynak havuzunun genişlemesi.

Bu faydalar göz önüne alındığında İHA Sistemleri'nin sivil kullanımının yaygınlaştırılması için yukarıda bahsedilen sivil kullanım alanlarına yönelik potansiyel kullanıcı kurum/kuruluşlar nezdinde tanıtım faaliyetlerinin yapılması, sivil sektöre açılmak için fırsatların araştırılması ve çift kullanımlı teknolojilere yönelik savunma sanayi ve diğer sivil sektörlerin karşılıklı etkileşimini sağlayacak çalışmaların başlatılması gerekmektedir.

SSM tarafından TSK'nın ihtiyaçları doğrultusunda yurt içi geliştirme yoluyla tedariki planlanan sistemlerin/platformların ihtiyaç duyduğu teknolojik altyapının kazanılması amacıyla oluşturulan "Savunma Ar-Ge Yol Haritası" ile öncelikli alt sistem, bileşen ve teknolojilerin kazanılacağı şemsiye Ar-Ge projelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda yürütülen çalışmaların İHA Sistemleri Yol Haritası ile paralellliğini sağlamak amacıyla, Yol Haritası kapsamında oluşturulmuş olan İş Dağılım

Ağacı'nda (İDA) bulunan sistem/alt sistemler temel alınarak, Ar-Ge Yol Haritası'nda bunlara karşılık gelen alt sistem, bileşen ve teknolojileri içeren şemsiye Ar-Ge projeleri belirlenmiştir. Bu eşleştirme ile, İHA Sistemlerine yönelik önümüzdeki dönem Ar-Ge projelerinin takibi ve yol haritasında bahsedilen teknolojik öngörülerin kritikliği, önceliklendirilmesi ve bunlara yönelik proje uygulamalarının takibi mümkün olacaktır.

Diğer taraftan, teknolojisi ve maliyetleri giderek yükselmekte olan savunma sistemleri ve özellikle ana platform üretimi alanlarında dünyada uluslararası işbirliğinin giderek öne çıktığı gözlenmektedir. Savunma sanayi gelişmekte olan ülkemizin de bu yöndeki ihtiyaçlarını karşılarken çok uluslu projelere dahil olmasının, gerek ihtiyaç duyulan yüksek teknoloji sistemlerin maliyet etkin bir şekilde yurt içine kazandırılması, gerekse ülke sanayine iş payı sağlanması açısından büyük önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

SSM Sektörel Strateji Dokümanı'nda belirtilen "Stratejik, taarruzi ve muharip İHA Sistemleri için çok uluslu konsorsiyum programlarına katılım sağlanması" yönündeki stratejik amaç doğrultusunda NATO, OCCAR ve AB bünyesindeki uygun görülen çok uluslu İHA Sistemi projelerine katılıma yönelik çalışmalara devam edilmesi uygun mütalaa edilmektedir. Bu vesileyle, hem dost ve müttefik ülkelerle ikili işbirliği imkânları devreye alınmış olup, hem de yurt içi savunma sanayi firmalarımızın uluslararası pazara entegre olabilmesi ve rekabet edebilir bir yapıya kavuşabilmesi bakımından çok önemli bir fırsat yaratılmış olacağı değerlendirilmektedir.

Türkiye'deki mevcut İHA Sistemi tasarım ve üretim altyapısının tespitine yönelik olarak İDA temel alınarak çalışma gruplarına katılan kuruluşlardan "Tasarım Hazırlık Düzeyi (THD)" ve "Üretim Hazırlık Düzeyi (ÜHD)" tablolarını doldurmaları talep edilmiştir. Bu bilgilerin derlenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda, yurt içi tasarım/üretim kabiliyetlerine yönelik bir ön izlenim elde edilmiştir. Bu dokümanın ilerleyen sürümlerinde ilgili kuruluş kabiliyetlerinin yerinde tespiti ve değişik İHA Sistemlerini kapsayacak şekilde güncellenmesi planlanmaktadır.

Savunma sanayine yönelik Türkiye'de genel bir test altyapısının oluşturulması doğrultusunda SSM tarafından bir proje başlatılmış olup, İHA Sistemleri için bahse konu proje bitene kadar müşterek kullanım alanlarından istifade edilmektedir. Diğer taraftan, İHA sistem seviyesi testleri için uygun bir hava meydanı oluşturulmasına yönelik faaliyetler ise SSM tarafından sürdürülmektedir. Tüm test aktivitelerinin (aynı anda birden fazla ürün için) yürütülebilmesi için bir koordinasyon ve/veya çalışma merkez(ler)inin kurulması ve idame ettirilmesi, gelecek dönemlerde sayısı artması muhtemel İHA Sistemleri projelerinin eşgüdümü açısından önem arz etmektedir.

Savunma sanayinde eskiye nazaran daha karmaşık sistemlerin daha ucuza ve daha kısa sürede tedarikini hedefleyen "Simülasyon Tabanlı Tedarik" yöntemi, tüm tedarik sürecini (ihtiyaç tanımından işletme/ıdamaya kadar) etkileşimli bir yöntemle ele almak üzere geliştirilmiştir. Özellikle tedarik sürecinin ihtiyaç belirleme safhasında simülasyon tabanlı yaklaşımlar ile;

- Harekât konseptine yönelik gereksinimlerin değerlendirilmesi,
- Gereksinimlerin senaryolar çerçevesinde analiz edilmesi,
- Gereksinimlerin alternatif sistem çözümleri bazında irdelenmesi, olumlu/olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve kısıtların tespit edilmesi,
- Gereksinimlerin önceliklendirilmesi,
- Alternatif sistem çözümlerinin senaryolarla analiz edilmesi ve eniyilmesi,

gibi çeşitli gereksinim analizlerinin proje başlamadan önce kullanıcı, tedarik makamı ve geliştiricilerin eşgüdümü içinde gerçekleştirilmesi, isterlerin netleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla, simülasyon tabanlı tedarikin sağlayacağı bu avantajlar göz önüne alındığında orta-uzun vadedeki İHA Sistemi projelerinde kullanımının ele alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Ülkemizde SSM önderliğinde bir Ağ Destekli Yetenek (ADY) Ortak Girişim Grubu (ADYOGİG) oluşturulmuştur. Bu grubun amacı, Savunma Sanayi'nde hizmet veren firmaların, SSM ve TSK önderliğinde, ADY konusundaki gereksinimlerin belirlenmesine katkıda bulunmak ve Türkiye'nin ADY konusundaki kısa, orta ve uzun vadeli stratejilerinin oluşturulması sırasında destek sağlamak olarak belirlenmiştir. ADYOGİG içinde yer alan alt gruplar ile Türkiye'deki ADY dönüşümü üzerine detaylı çalışmaların yapılması hedeflenmektedir. Bu faaliyetler kapsamında İHA Sistemleri'nin de ADY altyapısına entegrasyonuna yönelik çalışmaların da koordinasyonu gerekmektedir.

İleride İHA Sistemlerinin yurt içinde kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, diğer insanlı/insansız sistemler ile "Birlikte Çalışabilirlik" hususları daha da önem kazanacak olup, kullanım konseptlerinin bu açıdan gözden geçirilmesi ve bu amaca yönelik bilgi aktarım yöntemleri ve teknolojilerin göz önüne alınması gerekmektedir. İlgili iletişim yapısına göre İHA Sistemleri'nin mesaj uygulamaları yapılmadan önce gerçekleştirilecek "Birlikte Çalışabilirlik" faaliyetleri ile günümüzde var olan ve gelecekte var olması düşünülen platform veya sistemlerle iletişim detayları önceden belirlenip, uygulama bedellerinin düşürülebileceği ve "Birlikte Çalışabilirlik" verimliliğinin en üst düzeye çekilebileceği değerlendirilmektedir.

Müştereklik kavramı, İHA Sistemleri'nin ortak alt sistem/ bileşen/ donanım/ yazılım/ vb. kalemleri paylaşmaları ve bu sayede ekonomik ve lojistik açıdan sağlayacağı yararları ifade etmektedir.

Müşterekliğin tedarik ve lojistik (bakım, yedek parça, dokümantasyon, eğitim, destek ekipmanı, vb.) açısından maliyetleri düşürücü olması, kullanım sürecinde iş gücünü azaltması, kullanıcılara farklı İHA Sistemleri'nde kolaylık ve aşinalık sağlaması sebebiyle önemli yararlar sağlayacağı görülmektedir. Ancak farklı gereksinimler, görevler, sistemler ve üreticiler göz önüne alındığında kısa vadede ulaşılmaz zor bir hedef olarak görülmektedir. İHA Sistemleri'nde müşterekliğin değişik seviyelerde sağlanmasının uygulanabilirliği ve bunların getirileri incelenerek, ileriye yönelik planlamalar yapılmalı, kullanıcı ve tedarik makamları sanayiye bu açıdan yönlendirmelidir. Türkiye'de yurt içi İHA Sistemleri'nin henüz TSK envanterine yeni girdiği dikkate alındığında, kısa vadede ortak kullanıma yönelik atılacak adımların kararlaştırılması ile orta-uzun vadede doğru hedeflerin oluşturulabileceği değerlendirilmektedir.

İHA Sistemleri ile ilgili başta NATO ve AB olmak üzere, çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından paneller, çalışma grupları, konferans vb. uluslararası faaliyetler yürütülmekte olup bu etkinliklerin tedarik makamları ve sanayi kuruluşlarınca takip edilmesinin koordineli bir şekilde yapılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle NATO'nun İHA'lara yönelik ayrılmamış hava sahasında uçuş, kontrol sistemine yönelik standart arayüz, birlikte çalışabilir komuta/kontrol veri linki, "Birlikte Çalışabilirlik" ve "Ağ Destekli Yetenek" konularındaki faaliyetleri önem arz etmektedir.

İHA Sistemleri açısından çift kullanımlılık, en alt seviyedeki teknolojiler ve bileşenlerden başlamak üzere, alt sistemler, sistemler ve hatta tüm İHA Sistemi'ne kadar geniş bir yelpazede ele alınabilir. İHA Sistemleri'nin platform ve sensör bazında çift kullanımı tanımlanan çeşitli görev alanları kapsamında mümkün görülmektedir. İHA Sistemleri'ne spesifik İDA bazında belirlenmiş olan Ar-Ge teknoloji projelerinin çift kullanım içeriklerinin ise "Ar-Ge Yol Haritası" kapsamında diğer tüm savunma Ar-Ge projeleri ile birlikte ele alınarak değerlendirilmesi, askeri/sivil teknolojilerin çift kullanımına yönelik resmin bütününe görmek açısından uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Bu doğrultuda, kısıtlı yurt içi kaynakların etkin kullanımı açısından çift kullanımlı teknolojilere yönelik savunma sanayi ve diğer sivil sektörlerin karşılıklı etkileşimini sağlayacak çalışmaların başlatılması ve buna yönelik temel stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışması kapsamında, İHA Sistemi'nin ana sistemleri (Hava aracı, görev sistemleri, yer sistemleri, hava-yer tümleşik sistemleri) bazında, ilgili alt sistemlere yönelik kritik teknolojiler çalışma gruplarında değerlendirilmiştir. Önümüzdeki dönemde önceliklendirilmesi gereken alanlara yönelik teknoloji öngörülerini ve ihtiyaçlar kapsamında, İHA Sistemi askeri kullanım alanları da göz önüne alınarak, temel alt sistemlere yönelik kısa-orta-uzun vade hedefler ortaya konulmaya

çalışılmıştır.

Söz konusu teknoloji değerlendirmeleri yapılırken "Yurt İçi Geliştirme" modeli ön planda tutulacak şekilde, her alt sisteme yönelik mevcut ve hedeflenen kabiliyetler belirlenmiştir. Bu kabiliyetlerin kazanım hedefleri, İHA Sistemi Projeleri ve/veya Ar-Ge projelerinden ziyade kullanım alanlarına göre belirlenerek doğrudan projelere ilişkilendirilmemiştir. Böylece bu kabiliyetlerin kullanılabilirliği alanlar ve kazanım tarihleri bağımsız olarak ortaya konulmuş, kabiliyetlerin ihtiyaç duyulacağı sistemlerin planlamasına girdi sağlanması amaçlanmıştır. Benzer şekilde, alt sistemlerin ihtiyaçlarına yönelik bileşen ve teknoloji kazanımları da "Ar-Ge Yol Haritası" kapsamında çeşitli Ar-Ge projeleri ile planlanmakta olup, İHA Sistemleri Yol Haritası'nda belirtilen teknolojilerin/kabiliyetlerin bu projelere girdi sağlaması amaçlanmıştır.

Yine sistem seviyesi yol haritasına yönelik daha önce belirlenen görev alanlarının her birinin ayrı sistemlerle desteklenmesi yerine, mümkün olan en üst düzeyde müştereklik sağlanmasının takvim ve maliyet açılarından getireceği faydalardan yola çıkılarak görevler gruplanmıştır. Kullanım alanlarını genişletme amacıyla yapılan bu gruplamada, aynı baz platform üzerine yeni bir uçak tasarımı gerektirmeyecek şekilde modüler bir yaklaşım izlenerek sadece sonradan eklenen faydalı yüklerin entegrasyonunun getireceği bazı yapısal, elektriksel ve yazılımsal modifikasyonların olacağı öngörülmüştür.

- Sabit Kanat İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 1: Küçük İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 2: Pistten Kalkan/İnen Taktik İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 3: Pist Gerektirmeyen Taktik İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 4: Yüksek Hızlı Hedef Uçak/ Sahte Uçak
  - İHA Sistemi – 5: Orta İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 6: Yüksek İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 7: Yüksek İrtifa/Sinsi İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 8: İnsansız Savaş Uçağı
- Döner Kanat İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 9: Rotorlu Küçük İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 10: Rotorlu Taktik İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 11: Rotorlu Hızlı İntikal İHA Sistemi
  - İHA Sistemi – 12: Rotorlu Kargo Taşıma İHA Sistemi

Tanımlanan bu İHA Sistemleri tarafından gerçekleştirilebilecekler görevler ve her bir görev için öngörülen görev sistemleri belirlenmiştir. Sistem seviyesi belirlenen görev alanları doğrultusunda oluşturulan yıllara sari planlamada platformun yukarıda belirtilen görev alanlarından birincil görev alanına yönelik geliştirme süreleri baz alınmış, diğer görevlere yönelik görev sistemi entegrasyonu ve modifikasyonlar ise yansıtılmamıştır. Yine tüm sistemlerde geliştirme faaliyetlerine mevcut yıldan itibaren başlandığı varsayımı ile planlama yapılmış, dolayısı ile planlamaya ileride diğer planlanan platformlardan gelecek teknolojik kazanımlar yansıtılmamıştır. Bunda her sistem için diğer sistemlerden bağımsız olacak şekilde kendi içinde bir planlamayı yansıtmak amaçlanmıştır. TSK ihtiyaçları doğrultusunda ileride planlanan/başlatılacak

projelere göre bu yol haritası güncellenecektir.

İHA Sistemleri'nin sistem seviyesi yurt içi kazanımı öncelikli olacak şekilde, alt sistem kabiliyetlerinin ve teknolojilerin geliştirme planlamalarına bağlı olmadan, planlamalar yapılmıştır. Dolayısı ile yurt içi alt sistemlerin/teknolojilerin belirtilen İHA Sistemleri yol haritasına uygun olarak hazır olmadığı durumlarda yurt dışı tedarikleri ile İHA Sistemi'nin kazanımı hedeflenmektedir. Söz konusu alt sistem/teknolojinin sistem seviyesi planlamalar ile uyumlu/paralel planlamalar kapsamında kazanımı temel hedeflerden olup buna yönelik eş güdümün de sürekli göz önünde tutulması amaçlanmaktadır.

Tüm bu çalışmaların gerçekleştirilmesi ile 2030 yılına kadar Türk İnsansız Savaş Uçağı'nı (TİSU) milli imkânlarla gerçekleştirmek üzere, gerekli teknolojik

altyapının oluşturulması ve yakın zamanda kaynak planlamasının yapılarak fizibilite çalışmalarına başlanması amaçlanmaktadır. Dünyada olgunlaşmış ürün kabiliyetlerinin hızlı bir şekilde kullanıcıya sunulması amacıyla çeşitli projelerde başarıyla uygulanan bir strateji izlenerek, sistem kazanımının, öncelikle Teknoloji Gösterimi, sonrasında Operasyonel Değerlendirme ve nihayetinde Mühendislik İmalat Geliştirme aşamalarıyla gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmasının, insansız kara/deniz araçları da dahil tüm otonom sistemleri kapsayacak şekilde "İnsansız Sistemler Yol Haritası"nın oluşturulmasına öncülük etmesi planlanmaktadır.



**Türk Silahlı Kuvvetleri'nin göreve yönelik muhtemel ihtiyaçları göz önüne alınarak, buna yönelik temel sistem konseptleri ile gerekli teknolojiler/kabiliyetler belirlenmiş; mevcut ve gelişen teknolojiler kapsamında kısa-orta-uzun vade hedefler öngörülmüştür.**



# 02

## Giriş

### 2.1 Amaç

Bu çalışma ile tedarik ve AR-GE projelerini yönlendirici, şirket ve devlet kaynaklarının maliyet etkin ve Yol Haritası'na uygun şekilde kullanılmasını sağlamaya yönelik planlamalara yardımcı olacak bir başvuru kaynağının oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu dokümanın amacı, 2011-2030 yılları arasındaki 20 yıllık süreyi kapsayan, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri'ne yönelik Yol Haritası'nı tanımlamaktır. Doküman ile bu alanda gelecek yıllara yönelik strateji, büyüme doğrultusu ve yapılanma, finans, insan kaynağı, eğitim, tesis/yatırım ve ortak kaynak kullanım planlamaları ile pazarlama/iş geliştirme stratejileri gibi üst seviye değerlendirmelerin desteklenmesi hedeflenmektedir.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmasının hâlihazırda Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından hedeflenen yetenek ve sistem ihtiyaçları ile doğrudan bir bağlantısı bulunmamasıyla beraber, dokümanın TSK planlama, programlama ve bütçeleme sürecinde herhangi bir bağlayıcılığı yoktur.

Bu çalışmada, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin göreve yönelik muhtemel ihtiyaçları göz önüne alınarak, buna yönelik temel sistem konseptleri ile gerekli teknolojiler/kabiliyetler belirlenmiş; mevcut ve gelişen teknolojiler kapsamında kısa-orta-uzun vade hedefler öngörülmüştür. Yol Haritası çalışmasının potansiyel TSK ihtiyaçları kapsamında, SSM Stratejik Planı [1] ve Sektörel Strateji Dokümanı'nda [2] yer alan stratejiler ile uyumlu ve tamamlayıcı olması hedeflenmiştir.

İHA Sistemleri Yol Haritası'nın takip eden yıllarda gelişen teknoloji, değişen ihtiyaç ve koşullara göre güncellenmesi söz konusu olmakla beraber; kapsanan süre boyunca, makro seviyede olabildiğince değişmemesi ve böylece, ilişkilendirildiği tüm planlamalar ve izlenecek yol için somut bir referans teşkil etmesi amaçlanmaktadır.

Türkiye özelinde 2000'li yılların ortasından itibaren özgün geliştirme projelerine ciddi olarak ağırlık verilmiş durumdadır. Gerçekleştirilen çalışmalar, mevcut teknolojiler ve altyapı göz önünde bulundurularak kullanıcı tarafından belirlenen ihtiyaçların tedarikine odaklanılmıştır. Ancak, tasarım ve geliştirme altyapısının çok boyutlu ve uzun vadeli bir planlama çerçevesinde oluşturulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu amaçla gelecekte ulaşılması hedeflenen bir vizyon çerçevesinde, İHA Sistemleri Yol Haritası, tüm kullanıcı, tedarik makamı ve sanayi ile paylaşılarak ortak strateji paylaşımı bu doküman çerçevesinde ele alınmaktadır.

İHA Sistemleri Yol Haritası'nın hedefleri arasında, İHA'larla ilgili bilgi havuzu oluşturmak, bilgi karmaşıklığını önlemek ve bu suretle durum farkındalığını geliştirmek, terminolojide ortak bir lisan oluşturmak bulunmaktadır. Özgün projelerde edinilen kabiliyet ve deneyimle gözlemlenen hataların tekrarlanmaması, bu projelerden çıkarılan derslerin paylaşılması ve bu sayede yönelmesi gereken yatırım alanlarını öngörebilmek için belirsizliklerin azaltılması Yol Haritası'nın diğer hedefleri arasındadır.

Yol Haritası'nın hazırlanmasına yönelik faaliyetler dâhilinde, yurt içi sanayi yeteneklerinin belirlenmesi planlanmıştır. Bu cihette, TSK'nın kaynak planlaması anlamında önünü açmak amacıyla yatırımları teşvik etmek, mükerrer yatırımların önüne geçmek, Savunma Sanayi alanında birçok firmanın farklı görev sahalarında görev almasını sağlamak, inovasyon ve esneklik kabiliyetleri yüksek olan KOBİ'lerin de İHA Sistemleri geliştirme süreçlerine katılımını artırmak ve nihayetinde yurt içi sanayi katılımını yaygınlaştırmak hedeflenmiştir.

Yaygınlaştırılan yurt içi sanayi katılımı; özgün İHA sistem/alt sistemlerine ağırlık verilmesine, uluslararası kısıtlamaların yarattığı sıkıntılardan asgari düzeyde etkilenilmesine, maliyetlerin düşmesine ve kullanım özgürlüğüne imkân tanıyacaktır. Bu çerçevede, acil alımları asgariye indirmek suretiyle uluslararası pazarla bütünleşik ve Savunma

Sanayii Müsteşarlığı'nın temel misyonlarından olan teknolojik gelişmeler doğrultusunda özgün yurt içi çözümler sunan, rekabetçi bir sanayiye yön verme hedeflerinin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Üniversite - Sanayi işbirliği kapsamında, akademi dünyasına sanayiye katkı sağlayacak şekilde tez konuları önermek, bu hususta yüksek lisans/ doktora çalışmalarını özendirmek arzulanmaktadır. Sertifikasyon gereksinimlerinin değerlendirilmesi, ulusal havacılık test-eğitim-kalifikasyon altyapısı kurulmasına öncülük edilmesi, altyapı ve eğitim konularında düzenli sistem oluşturularak lojistik ve eğitim vizyonunun ortaya konulması da başlıca amaçlardandır.

Diğer taraftan, kısıtlı olan kaynakların doğru yatırımlara yönlendirilmesini sağlamak ve bu sayede mükerrer yatırımların önüne geçmek, maliyet etkin ve azami oranda özgün platformlar oluşturmak için AR-GE çalışmalarını yönlendirmek amaçlanmıştır. Ayrıca, teknoloji alanlarına yönelik olarak gerçekleştirilecek yapılabirlik etütleri ile kaynakların etkin kullanımını sağlamak, ihtiyaçların sağlıklı tanımlanması için veri sağlamak, benzeşen sistemlerde müşterekliliği sağlayarak zaman ve kaynak kaybını önlemek ve "Birlikte Çalışabilirlik Yeteneği" sağlamak hedeflenmektedir.

Geliştirilen ve üretilen milli sistemlerin tanıtım faaliyetlerini gerçekleştirmek, İHA Sistemleri'nin pazarlanması yolunu açmak, kendi kendine yeten ve uluslararası pazarda rekabet gücüne sahip bir savunma sanayi oluşturmak, uluslararası arenada ülkemizi temsil etmek, ilgili uluslararası faaliyetlere (NATO, AB, vb.) katılımı koordine etmek de bu kapsamda ele alınacak konulardandır.

Ayrıca, insanlı uçaklarla aynı hava sahasının paylaşılması yönünde taslak mevzuat çalışmalarını desteklemek ve İHA'ların sivil kullanımını artırmak hedefi güdülmektedir.

Tüm bu çalışmaların gerçekleştirilmesi ile 2030 yılına kadar Türk İnsansız Savaş Uçağı'nı (TİSU) milli imkânlarla gerçekleştirmek üzere, gerekli teknolojik

altyapının oluşturulması ve yakın zamanda kaynak planlamasının yapılarak fizibilite çalışmalarına başlanması amaçlanmaktadır.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmasının, insansız kara/deniz araçları da dahil tüm otonom sistemleri kapsayacak şekilde "İnsansız Sistemler Yol Haritası"nın oluşturulmasına öncülük etmesi planlanmaktadır.

## 2.2 Kapsam

İHA Sistemleri Yol Haritası'nda, Türkiye'deki günümüz İnsansız Hava Aracı Sistemi teknoloji ve kabiliyeti değerlendirilirken, mevcut sistemlerin/teknolojilerin gelecek izdüşümlerine ve gelecekte tasarımı ve geliştirilmesi öngörülen İHA Sistemleri'ne yer verilmektedir. Yol Haritası, dünya İHA Sistemleri ve teknolojileri yönelimleri, mevcut ve gelişmekte olan teknolojiler ile yurt içi ihtiyaç potansiyeli değerlendirilerek oluşturulmuştur.

İHA Sistemleri Yol Haritası'nda,

- Türkiye'nin İHA Sistemleri ve teknolojilerine yönelik kabiliyetleri,
- İHA teknolojileri için altyapı ihtiyaçları,
- Mevcut ve potansiyel İHA Sistemi projeleri,
- Uluslararası mevzuatın ulusal bazda uygulanabilirliği, bu yönde atılması gereken adımlar, etkilenen kritik teknolojiler, yönelmesi gereken kabiliyet/teknoloji alanları,
- Temel sistem gereksinimleri,
- Sistem görev gereksinimleri,
- Alt teknolojilerin açılımları ve analizleri, planlamalara esas teşkil edecek şekilde, ihtiyaçların geleceğe projeksiyonu,
- Alt sistemlerde ve teknolojilerde gelecek yönelimleri ve öngörülen riskler, göz önünde bulundurulmuştur.



## 2.3 Yöntem

Savunma Sanayii Müsteşarlığı olarak önümüzdeki yılların vizyonunu çizmek amacıyla ilki 2012 yılında olmak üzere periyodik çalıştaylar düzenlenmesi ve bu çalıştayların sonuçları da dikkate alınarak İHA Sistemleri Yol Haritası dokümanının yayımlanması ve güncellenmesi amaçlanmıştır.

İHA Sistemleri Yol Haritası çalışmalarına TSK personeli, sektörde yer alan ilgili sanayi kuruluşlarının, enstitülerin ve üniversitelerin temsilcileri katılım göstermiş (Bkz. Bölüm 10.13), alt başlıklar bazında oluşturulan uzman çalışma grupları belirli aralıklarla toplanarak doküman üzerinde güncelleme, iyileştirme ve genişletme çalışmalarını yürütmüştür. Bu sayede İHA Sistemleri Yol Haritası'nın süreklilik kazanmasının sağlanması hedeflenmiştir.

Alt çalışma grupları aşağıda belirtilen başlıklar çerçevesinde faaliyetlerini sürdürmüştür:

- Tedarik ve Sanayileşme
- AR-GE ve Teknoloji

- Test-Kalifikasyon-Sertifikasyon
- Standardizasyon, Birlikte Çalışabilirlik, Müstereklik, Hava Sahası Entegrasyonu
- Lojistik ve Eğitim
- Faydalı Yük ve Algılayıcılar
- Veri Linki ve Frekans Yönetimi
- Yer Sistemleri
- Hava Sistemleri

İHA Sistemleri Yol Haritası'nın hazırlanma yaklaşımı olarak:

- Öncelikle İHA Sistemlerinin olası ihtiyaçlar doğrultusunda askeri görev alanları belirlenmiş ve bu görev alanlarının ve bu görevleri karşılayabilecek İHA Sistemlerinin genel olarak tarifi yapılmıştır.
- Daha sonra, bir İHA Sistemi'nde bulunması muhtemel alt sistemleri ve İHA Sistemi geliştirme sürecinde yer alan etkinlikleri içeren bir İş Dağılım Ağacı (İDA) çalışma gruplarında oluşturulmuştur.

- Paralelde oluşturulan alt çalışma gruplarında her bir alt çalışma grubuna spesifik konular (Birlikte Çalışabilirlik, Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp, Lojistik, Uçuşa Elverişlilik, vb.) ve teknolojiler (Faydalı Yük ve Algılayıcılar, Veri Linki ve Frekans Yönetimi, Yer Sistemleri ve Hava Sistemleri) gözden geçirilmiştir.

- Belirlenen İDA bazında çalışma gruplarına katılan firmalarla koordine edilerek yurtiçi kabiliyetler çıkarılmış ve yine İDA'da bulunan sistem/alt sistemler temel alınarak, SSM "Savunma Ar-Ge Yol Haritası"nda bunlara karşılık gelen alt sistem, bileşen ve teknolojileri içeren şemsiye Ar-Ge projeleri belirlenmiştir.

- Son olarak, sistem seviyesi yol haritasına yönelik ihtiyaç duyulabilecek olası İHA Sistemleri belirlenerek, tanımlanan bu İHA Sistemlerinin gerçekleştirebilecekleri görevler ve her bir görev için öngörülen görev sistemleri belirlenmiştir.

Yol Haritası çalışmaları aşağıdaki akışa göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: İHA Sistemleri Yol Haritası Akışı

## 2.4 Tanımlar

**İnsansız Hava Aracı (İHA):** Kendisini kullanan insanı taşımayan, kaldırma kuvveti oluşturmak için aerodinamik kuvvetleri kullanan, kendi başına uçabilen veya uzaktan kumanda edilebilen, sarf edilebilir veya yeniden kullanılabilir ve öldürücü veya öldürücü olmayan faydalı yük taşıyabilen motorlu hava aracıdır. Bu dokümanda, balistik veya yarı balistik araçlar, seyir füzeleri ve top mermileri İnsansız Hava Aracı olarak kabul edilmemiştir. Hava aracı, göreve ve haberleşmeye yönelik sistemler dışında kalan ve uçuşla ilgili tüm sistemleri (itki, iniş/kalkış, elektrik, buzdan koruma, aviyonik sistemler, vb.) ve hava aracı yapısını (gövde, kanatlar, vb.)

kapsamaktadır. Dokümanda hava aracı yerine platform ifadesi de eş anlamlı olarak kullanılmıştır.

**Görev Sistemleri:** İHA'lar tarafından gerçekleştirilecek olan göreve yönelik olarak taşınan her türlü görüntüleme, veri toplama, ölçüm yapma, vb. işleve yönelik sistemler, hedef tespit, işaretleme, algılayıcı sistemleri, mühimmatlar ve kendini koruma sistemleri ile her türlü iz azaltıcı/artırıcı sistemlerden oluşmaktadır. Göreve yönelik taşınan bu tür sistemler, aynı zamanda faydalı yükler olarak da adlandırılmakta olup bu dokümanda eş anlamlı olarak kullanılmıştır.

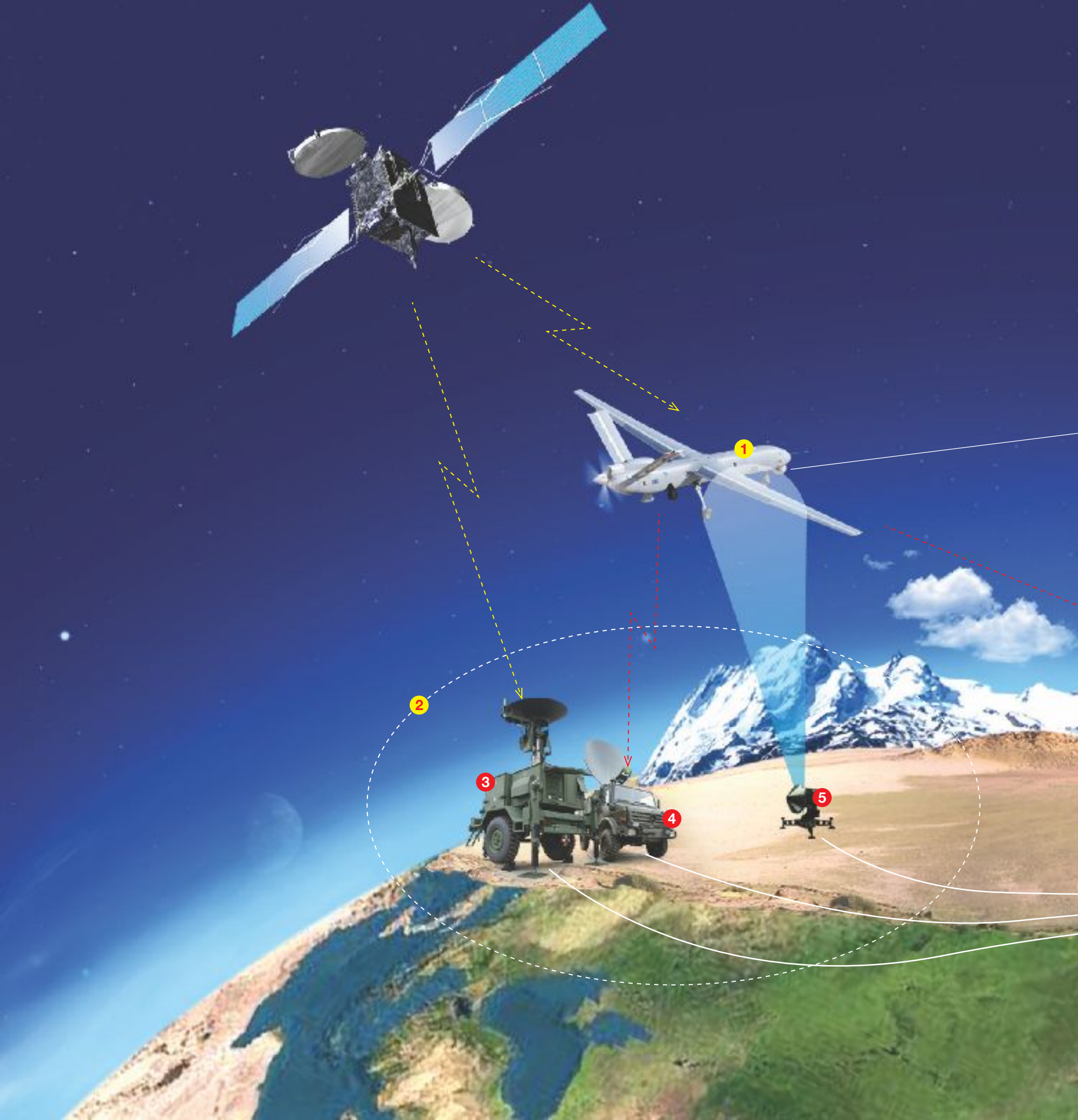
**Hava-Yer Tümeleşik Sistemler:** İşlevleri itibari ile karşılıklı olarak hem hava aracında hem de yerde çeşitli alt sistemlere ayrılmış her türlü haberleşme, veri

linki, otomatik iniş/kalkış sistemi gibi sistemlerden oluşmaktadır.

**Yer Sistemleri:** İHA'nın ve görev sistemlerinin çeşitli birimler (sabit, taşınabilir, portatif yapılar/istasyonlar/terminaller) üzerinden komuta kontrolünü gerçekleştiren, bu sistemlerden gelen görüntü/verileri kıymetlendiren, arşivleyen, veri dağıtımını gerçekleştiren ve göreve yönelik planlama/analiz/takip işlevlerini yerine getiren sistemlerden oluşmaktadır. Söz konusu birimler göreve göre bir veya birden fazla olabilmektedir.

**İHA Sistemi:** Hava aracı, görev sistemleri, yer sistemleri ve hava-yer tümeleşik sistemlerin bileşiminden oluşan ve görevin icrasına yönelik gerekli tüm bileşenleri kapsayan sistemdir (Şekil 2).

Şekil 2: Tipik bir İHA Sistemi ve Alt Sistemleri





# İHA SİSTEMİ

## 1 Hava Aracı

## 2 Hava-Yer Tümeleşik Sistemleri

3 Uydu Yer Terminali

4 Yer Veri Terminali

5 Otomatik İniş/Kalkış Sistemi

## 6 Yer sistemleri

7 Komuta Kontrol

8 Yer destek Teçhizatı

9 Görüntü /Veri Kıymetlendirme (Mobil)

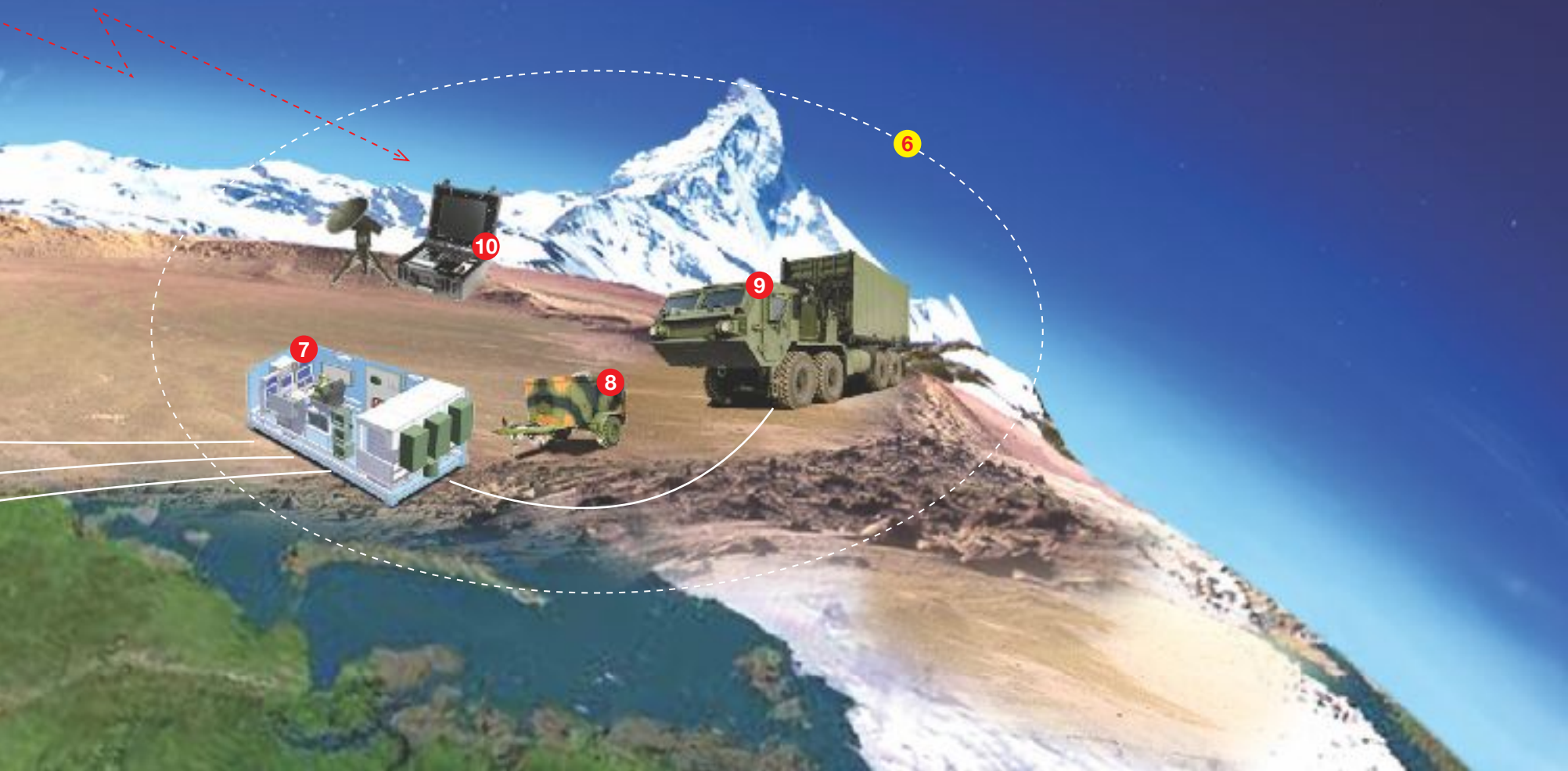
10 Görüntü/Veri Kıymetlendirme (Taşınabilir)

## 11 Görev Sistemleri

12 EO/IR Kamera

13 SAR

14 Füzeler





**İHA Sınıflandırması:** İHA'ların kullanım alanlarından bağımsız olarak sadece hava aracının çeşitli performans parametrelerine (ağırlık, irtifa, boyut, hız, vb.) göre mikro, mini, taktik, operatif gibi adlandırılması şeklinde gruplanmasındır.

Bu konuda gerek yıllar içinde, gerek ülkelere göre ve gerekse çeşitli Kuvvetlere göre son derece farklı sınıflandırma yöntemleri izlenmiş; hâlihazırda genel kabul görmüş bir sınıflandırma kriteri bulunmamaktadır. Bu konuda Dünya'da bazı kuruluşlarca kullanılmakta olan çeşitli İHA Sınıflandırmaları Bölüm 10.11'de verilmiştir.

Mikro, mini, muharip gibi adlandırmalar kullanım amacı konusunda genel bir fikir verirken; MALE, HALE, VTOL gibi adlandırmalar çok çeşitli özelliklere sahip hava araçlarını tanımlayabilmekte, farklı görevlerdeki kullanımı kapsamamakta ve ara özelliklerdeki hava araçlarını gruplamada karışıklığa sebep olmaktadır. Hava araçlarını irtifa ve ağırlığa göre gruplamak tasarım açısından bir ayırım sağlarken, kullanım amacı açısından çoğunlukla yetersiz kalmakta/yanlış yönlendirmektedir. Bu sebeple, bu dokümanda hava aracı parametrelerine göre bir sınıflandırma yapılmaya gerek görülmemiş, görev alanlarına göre tanımlamalar yapılmış ve gerekli durumlarda mikro ve mini gibi genel kabul görmüş adlandırmalar da kullanılmıştır.

Görev alanlarına yönelik yapılan bu tanımlamalar ile bir İHA ailesinin çerçevesi, genel hatları ile çizilmiş olup sınıflandırma yapılmamıştır. Bu sebeple, görev alanları isimlerindeki taktik ve stratejik gibi isimlendirmeler herhangi bir sınıfı ifade etmemektedir.

## 2.5 Tarihçe

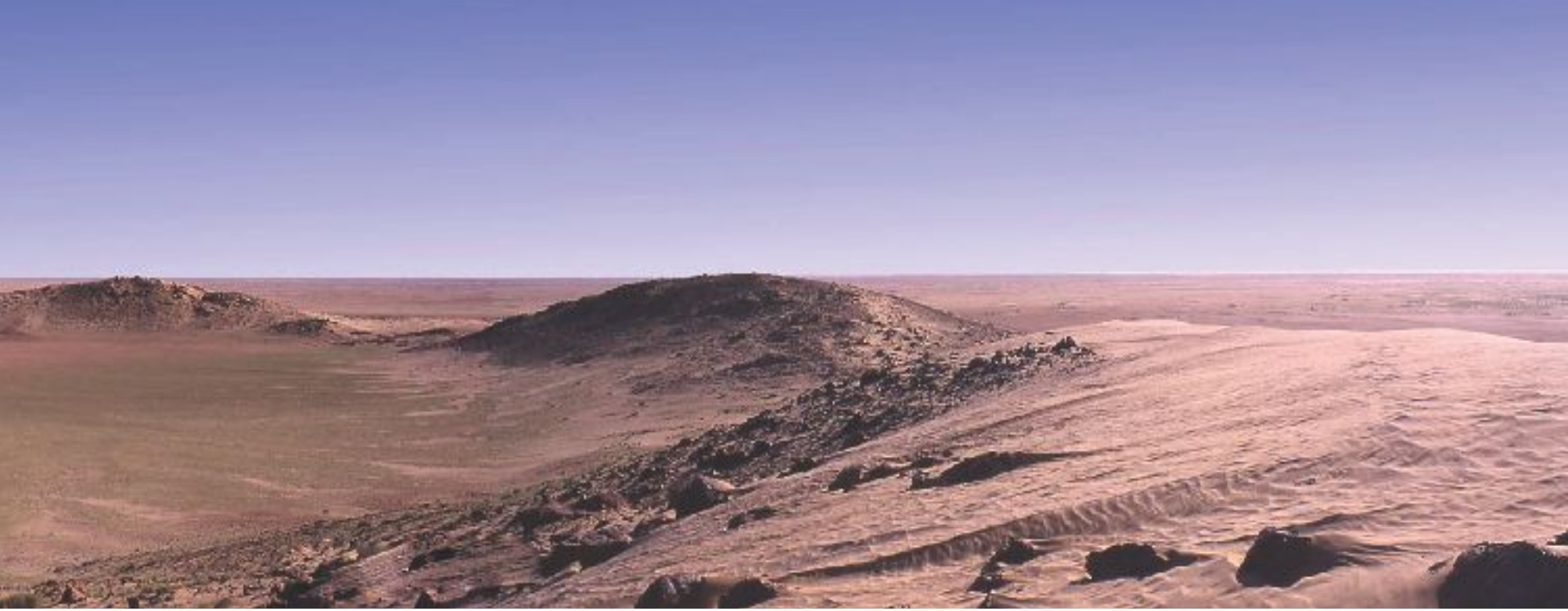
İnsansız Hava Araçları, bilhassa insan veriminin düşeceği uzun süreli görevlerde veya riskli ortamlarda; insan faktörünü tehdit ortamından yalıtılmak üzere; 1900'lü yıllardan bu yana kullanılmaktadır. İHA Sistemlerinin tarihçesi, yukarıdaki tanım itibarıyla, uzun yıllar öncesine kadar uzanmaktadır. 1883'te İngiliz Archibald, bir uçurtmaya anemometre ilâştirip, meteorolojik ölçümler yapmıştır. Amerikan Hispanik savaşlarında, yine uçurtmaya yerleştirilmiş fotoğraf makineleriyle, ilkel İHA istihbarat uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ancak, gerçek anlamdaki ilk uygulama; 1916'da, Elmer Sperry'nin, ABD Deniz Kuvvetlerine ait bir Curtiss uçağının gyro-stabil özellikli uçuşunu göstermesi ile başlamıştır. Sonraları, yine ABD'den Charles Kettering tarafından geliştirilmiş olan, kumandaları önceden ayarlanan ve kanatlarını hedef üzerinde bırakıp dalışa geçen "Kettering Bug" lakaplı uçağın, 1918'deki uçuşuyla ilk "otonomi" ve nihayet, Elmer Sperry'nin oğlu Lawrence Sperry tarafından 1920'de radyo dalgaları ile kumanda edilen Messenger uçuşu ile ilk "uzaktan kumanda" kavramlarının temelleri atılmıştır. Yine de, İHA'ların dünyada, silahlı kuvvetler kabiliyetleri içindeki öneminin artışı, Vietnam ve İsrail'deki savaşlarda kullanımlarıyla gerçekleşmiştir. Bu noktadan sonra, çok sayıda İHA Sistemi geliştirme projeleri başlatılmış; sözleşmeler imzalanmış ve çeşitli özelliklerde İHA Sistemleri kullanıcılara teslim edilmiştir. Özellikle 2000 yılından itibaren Afganistan ve Irak'ta çok değişik görev ve ortamda, farklı büyüklüklerde onlarca İHA Sistemi operasyonel olarak kullanılmaktadır. Halen dünyada gelecek eğilimleri doğrultusunda, çeşitli harekât kavramları ve bu ihtiyaçlara yönelik çok sayıda İHA Sistemi geliştirilmektedir. Günümüzde, resmi olarak bilinen 40'tan fazla ülke tarafından, İHA Sistemi geliştirme ve üretimine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Dünyada gelişen İHA Sistemleri ve bu sistemlerin üstlendiği görevler her geçen gün gelişim ve farklı alanlara dağılım gösterirken Türkiye'de de İHA Sistemlerine yoğun ilgi oluşmuştur. Bugün, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin envanterinde çeşitli görevler için hizmet veren, çeşitli kabiliyetlerde hava araçları mevcuttur. TSK envanterinde yer alan ilk İHA Sistemleri yurt dışı kaynaklardan sağlanmıştır. Bu sistemlerin kullanım yeteneğini zaman içerisinde edinen kuvvet temsilcileri, insansız sistemlerin, insanlı sistemlerle kıyaslandığında ne tür getiriler sağladığını görmüş ve bu ihtiyacın yerli sistemlerle karşılanması için talep oluşturmuştur.

TSK ihtiyacıyla paralel olarak yurt içi firmaların, dünyada gelişmekte olan teknolojileri takip etmeleri ile İHA Sistemlerine yönelik çeşitli AR-GE projeleri yürütülmeye başlanmıştır. Prototip bazında tasarım ve üretimle başlayan bu çalışmalar, firmaların tasarım kabiliyetlerinde gözlenen artışla birlikte daha ileri seviye projelere yönelmiştir. SSM'nin kontrolünde gerçekleştirilen İHA Sistemleri projeleri ilerleyen bölümlerde anlatılmaktadır.

Savunma sanayinin yanı sıra üniversiteler de İHA Sistemlerine yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bölüm/fakülte bazında lisans ve lisansüstü öğrencilere yönelik halihazırda çeşitli projeler yürütülmektedir. Uluslararası yarışmalara katılan lisans öğrencileri 10 yılı aşkın süredir prototip sistemlerin tasarım ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Bugün Hava Harp Okulu da benzer bir tasarım yarışması düzenlemekte, Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği eğitimi alan öğrencilerin İHA Sistemlerine yönelik kabiliyet kazanmasına vesile olmaktadır.

TSK envanterine girişi yaklaşık 20 seneyi bulan İHA Sistemleri'nden bazılarının kullanım ve geliştirme tarihleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.



Proje Başlangıcı	Proje Adı	Sistem Adı	Üretici Firma	Kullanım Durumu
1989		Banshee	Meggitt	Envanterde
Mart 1990	UAV-X1 Projesi	UAV-X1	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
1994	1nci Paket İHA Tedarik Projesi	GNAT-750	General Atomics	Envanterden çıkartıldı
1994		CL-89	Canadair	Envanterden çıkartıldı
Ağustos 1995	Hedef Uçak Projesi	Keklik	TUSAŞ	Envanterde
Ağustos 1995	Hedef Uçak Projesi	Turna	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
Mayıs 1998	1nci Paket İHA Tedarik Projesi	I-GNAT	General Atomics	Envanterden çıkartıldı
2002		Harpy-1	IAI	Envanterde
Ağustos 2003	İHA Teknoloji ve Ürün Geliştirme Projesi	Baykuş	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
Ağustos 2003	İHA Teknoloji ve Ürün Geliştirme Projesi	Pelikan	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
2004	Sayısal Görüntüleme Projesi	Martı	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
2004	Havacılık Araştırma Geliştirme Uygulama Projesi, DPT Projesi	Güventürk	ODTÜ Havacılık ve Uzay Müh. Bölümü	Prototip üretimi
Aralık 2004	Hedef Uçak Projesi	Turna/G	TUSAŞ	Envanterde
Aralık 2004	Özgün TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	ANKA	TUSAŞ	Geliştirme aşamasında
Mart 2005	Mikro İHA Projesi	Arı	Vestel Savunma Sanayi	Prototip üretimi
Temmuz 2005	Mini İHA Projesi	Efe	Vestel Savunma Sanayi	Prototip üretimi
Ağustos 2005	MALE İHA Hazır Alım Projesi	Heron	IUP	Envanterde
Ekim 2006	Mini İHA Geliştirme Projesi	Mini İHA Bayraktar	Kalekalıp/Baykar Makina	Envanterde
2006		Öncü	TUSAŞ	TİHA Projesi, geliştirme platformu
2006		Globiha	Global Teknik	Sivil kullanım
Haziran 2007	Havacılık Araştırma Geliştirme Uygulama Projesi, DPT Projesi	RİHA-1	İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, ROTAM	Geliştirme aşamasında
Ekim 2007	Taktik İHA'ların Göreve Uyumlu Kanatlarında Kambur ve Burulma Etkisinin Çırpma ve Kontrol Yönünden Analizi, Tübitak 1001 Projesi		ODTÜ Havacılık ve Uzay Müh. Bölümü	Prototip üretimi (Akademik kullanım)
2007	Kısa Menzil Taktik İHA Sistemi Geliştirme Projesi	Taktik İHA (Gözcü)	TUSAŞ	AR-GE Projesi Ürünü
2008	Taktik İHA Tedarik Projesi	Aerostar	Aeronautics	Envanterde
2008	Mini İHA (Helikopter) Geliştirme Projesi	Malazgirt	Baykar Makina	Envanterde
Ağustos 2008	Taktik İHA Tasarımı ve Üretimi, Tübitak 1001 Projesi	Taktik İHA	ODTÜ Havacılık ve Uzay Müh. Bölümü	Geliştirme Aşamasında
Ocak 2009	Havacılık Araştırma Geliştirme Uygulama Projesi, DPT Projesi	RİHA-2	İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, ROTAM	Geliştirme aşamasında
Aralık 2010	Taktik İHA (Katapult/Paraşüt) Geliştirme Projesi	Karayel	Vestel Savunma Sanayi	Geliştirme aşamasında
Aralık 2011	Taktik İHA (Pist) Geliştirme Projesi	Çaldıran	Kalekalıp /Baykar Makina	Geliştirme aşamasında
2012	Özgün TİHA (MALE) Seri Üretim Projesi	ANKA (Blok A)	TUSAŞ	Sözleşme aşamasında
2012	Hedef Uçak (Drone) Projesi			TÇD aşamasında
2013	Gemiye Konuşlu İnsansız Hava Aracı (GiHA) Projesi			TÇD aşamasında

Tablo 1: Türkiye'de Kullanılan/Geliştirilen İHA Sistemleri



I-Gnat

Gnat-750

UAV-X1

Turna

Harpy-1

Pelikan

CL-89

Keklik

Baykuş

Banshee

1989

1990

1994

1995

1998

2002

2003

*\*Tarihler proje başlangıç tarihleridir.*



Şekil 3: Türkiye'deki İHA Sistemlerinin Tarihçesi

## 2.5.1 Türkiye’de İnsansız Hava Araçları Yönelimi

Savunma Sanayii Müsteşarlığı koordinasyonunda yürütülen tüm savunma tedariki çalışmalarının hedefleri arasında “İhtiyaçların karşılanmasında ulusal savunma sanayi imkân ve kabiliyetlerinden sınırlı ölçüde istifade edilmesi” sorununa çözüm getirmek yer almaktadır. Ancak bu sorunun çözümü, milli savunma sanayi kuruluşlarına, TSK’nın ihtiyaçları doğrultusunda daha fazla proje yapma olanağı ve finansmanı sağlanmasından geçmektedir.

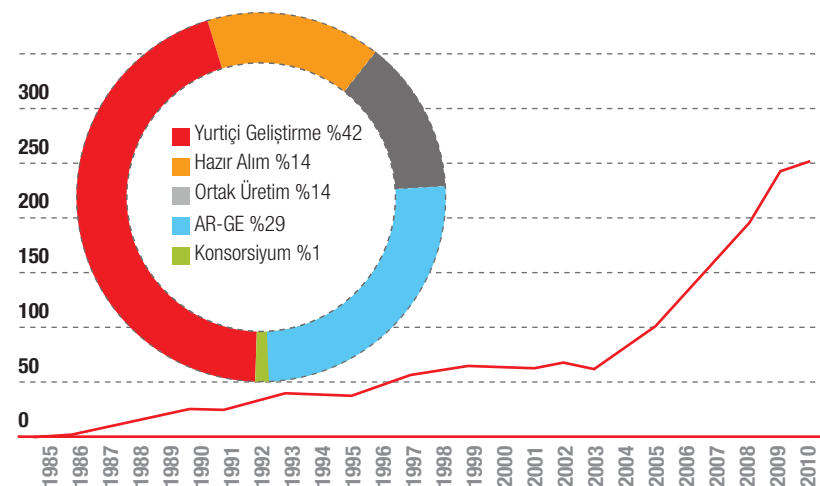
SSM, Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp ile İnsansız Hava Aracı ve hassas güdümlü füzelerin öne çıktığı teknolojik dönüşüm ile savunma sanayinin yüksek maliyetler gerektiren bir ağır sanayi olmaktan çıkmasını, savunma sanayi için tarihi bir fırsat olarak görmektedir. SSM, 2010 yılı sonuna kadar savunma sistem ihtiyaçlarının yurt içi karşılanma oranını ortalama %25 mertebesinde %50’ye çıkartılmasını stratejik amaç olarak belirlemiş ve bunu %52 ile aşmıştır.

Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyaçlarının yurt içinde karşılanma oranını artırmak amacıyla, SSM tarafından yürütülmekte olan tedarik projelerinde temel strateji üç ana yaklaşımda ele alınmaktadır [1].

Bu çerçevede,

- Özgün geliştirme modelinde; savunma sanayimizin kabiliyet alanlarında öncelikle özgün geliştirme modellerinin uygulanması ve savunma sanayi ürün portföyünün zenginleştirilmesi,
- Ortak geliştirme ve konsorsiyum modelinde; ulusal pazar için geliştirmenin maliyet etkin olmadığı durumlarda ortak geliştirme veya konsorsiyumlara ortak olma ve tasarım ve risk ortağı olma potansiyelinin geliştirilmesi,
- Hazır alım ve ortak imalat modelinde ise; yukarıda bahsedilen önceliklerin sağlanamaması durumunda hazır alım yoluna gitme ve bu tür projelerde ortak imalat ve offset yoluyla ulusal sanayimize iş imkânları yaratılması,

hedeflenmektedir.

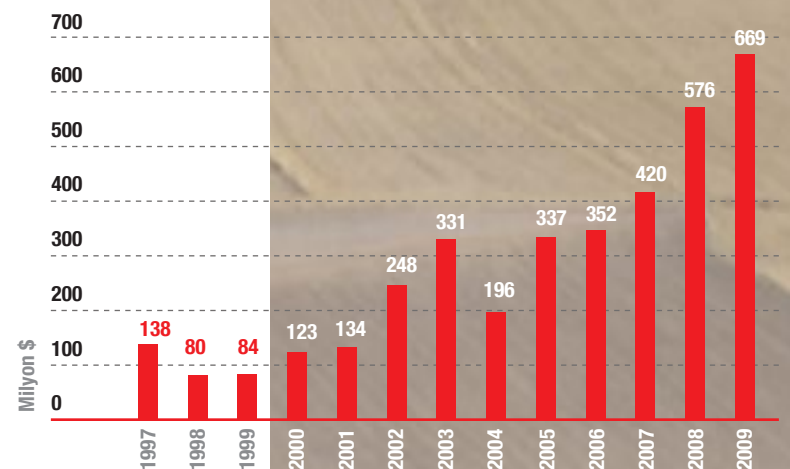


Şekil 4: SSM Projelerinin Yıllara Göre Dağılımı ve Adet Bazında Proje Modelleri

Türkiye’de İHA sistemlerine duyulan ihtiyaç 2000’li yıllardan önce ağırlıklı yurt dışı tedarik yöntemi ile karşılanmakta iken söz konusu stratejik amaç doğrultusunda İHA Sistemleri tedarikinde yurt içi çözümlere yönelinmiştir. Özellikle İHA Sistemleri’nde yurt dışına bağımlılığın getirdiği çeşitli sıkıntılar (ülkeler arası/küresel krizler, çeşitli kısıtlamalara tabi alt sistemlerin teminlerinde yaşanan sorunlar, bakım/işletmede bağımlılık, kritik alt sistem/yazılımlara hakimiyet, vb.) sebebiyle Türk Silahlı Kuvvetleri’nin ihtiyaç duyduğu İHA Sistemleri’nin en kısa sürede ve en düşük maliyetle tedarik edilebilmesi amacıyla yurt içi özgün sistem geliştirme çalışmalarına hız verilmiştir. Dünya’daki gelişmeler ve ihtiyaçlara paralel olarak yurt içinde değişik kurum/kuruluşlarca çeşitli projeler kapsamında yürütülmekte olan İHA Sistemi projelerinde artış yaşanmıştır. İHA Sistemleri’ne yönelik bu eğilimde hiç şüphesiz ki insan hayatını riske atmadan ve daha düşük maliyetler ile çok değişik görev alanlarına hitap edebilecek bir ürün yelpazesinin olması gelmektedir. SSM tarafından İHA Sistemleri’ne yönelik yürütülen çalışmalar özetle 3 ana kategoride ele alınmaktadır [2]:

- Taktik İHA Sistemleri Geliştirilmesine yönelik platform dahil bütün alt sistemlerin milli olarak geliştirilmesi,
- Operatif İHA Sistemleri Geliştirilmesine yönelik platform ve görev bilgisayarı ile alt sistemlerin, milli olarak yurt içinde üretilmesi,
- Stratejik, taarruzi ve muharip İHA Sistemleri için çok uluslu konsorsiyum programlarına katılım sağlanması.

Savunma sanayi sektöründeki kuruluşların ihracat rakamlarındaki artışa henüz yerli ürünlerin yeni yeni kendini göstermeye başladığı İHA Sistemleri sektörünün de önümüzdeki yıllarda katkı sağlayacağı öngörülmektedir.



Şekil 5: Savunma Sanayi Sektörü İhracat Rakamları [3]



**İHA Sistemleri, insansız araçlar teknolojilerinde bir çeşit lokomotif görevi görmüştür. Senaryodan, insan faktörünün uzaklaştırılması; öncelikle İHA Sistemlerinde düşünülmüş ve denenmiştir.**





# 03

## İHA Sistemleri Görev Alanları

Tehlikeli veya yüksek riskli olan, insan odaklanmasının yitirileceği derecede uzun süreli, aşırı dikkat sarf etmeyi gerektiren veya monoton görevlerde İHA Sistemlerinin kullanımı, 20. yüzyıl başlarından beri üzerinde yoğun olarak çalışılan ve uygulama alanı bulan bir konudur. Terminoloji konusunda süregelen bir tartışma olsa da; gerçekte, insansız sistemlerde “insan” kavramı, döngü içinde her zaman mevcuttur. Ancak, operatör; insansız aracın görevi ile ilgili komuta, kontrol, izleme ve değerlendirme işlevlerini; çoğunlukla yerde, bazen başka bir araçta görev yaparak yerine getirir. İnsansız araç, sahip olduğu özerklik (otonomluk) seviyesine göre görevini müdahale olmaksızın yerine getirir. Teknolojinin ilerlemesi ve güvenilir alt sistemlerin üretilmesi ile bu seviye çok üst düzeylere ulaşmış ve insansız araçlar, hareketlerini ve hatta görevlerini kendi kendilerine kararlar üreterek (hatta en uç noktada “öğrenerek”) sürdürebilir hale gelmektedir. Böylece insansız araçlar, uzaktan yönetilen makineler olmaktan, robotik sistem olmaya doğru yönelmişlerdir.

İHA Sistemleri, insansız araçlar teknolojilerinde bir çeşit lokomotif görevi görmüştür. Senaryodan, insan faktörünün uzaklaştırılması; öncelikle İHA Sistemlerinde düşünülmüş ve denenmiştir. Ortak yönler ve benzer teknolojilerden ötürü, çoğu ilerleme ve altyapıdan, diğer insansız araçlar kategorilerinde de faydalanılmıştır. Günümüzde; en basitinden en karmaşığa kadar çok sayıda İHA Sistemi geliştirilmiştir. Mikro boyutlu araçlar, elle atılan uçaklar, dikey havalanan döner kanatlılar, üzerlerinde başka küçük görev İHA'ları barındıran taşıyıcı İHA'lar, bir şebeke üzerinde birbiriyle haberleşen ve görevi paylaşan İHA filoları gibi pek çok kavrama kadar uzanan yelpazede güncel çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

İHA Sistemleri ile gerçek savaş motivasyonu altında, gerçek kullanım ortamında, gerçek problemlerle kazanılan tecrübeler, sistemlerin daha da olgunlaşmasını sağlamış ve yeni İHA kullanım alanlarını gündeme getirmiştir. Daha çok istihbarat maksatlı keşif / gözetleme görevleri baz alınarak geliştirilen İHA Sistemleriyle anti uyuşturucu operasyonları, yasadışı göçmenlerin izlenmesi; trafik takibi; orman yangını gözetlemesi, orman yangını söndürme, doğal afet zamanlarında iletişim, hasar tespit; karayolu, demiryolu, hava alanı durumlarının gözlenmesi; meteorolojik bilgiler toplanması, hava/deniz kirliliği ile ilgili araştırmalar, küresel iklim değişimlerinin gözlenmesi; arsa, arazi sınırları araştırmaları; yüksek enerji, su, doğal gaz, petrol boru hatları devriyesi; cep telefonu rölesi (anlık olarak yoğunlaşan bölgeler: stadyum, olimpiyatlar, fuarlar vb.); balık avcılığı için uygun bölge keşfi ve optimizasyon; medya desteği (haber çekimleri; trafik, plaj raporları; polis aktiviteleri vb.); boru hattı, yol gibi geniş bölgelere yayılacak yatırımlar için ön araştırmalar; maden arama; endüstriyel güvenlik devriyesi benzeri, sınırları oldukça geniş sivil kullanım alanları gündeme gelmiştir.

İHA Sistemlerinin görev alanları askeri ve sivil kullanım olmak üzere temelde iki kategoriye ayrılmıştır.

### 3.1 Askerî Kullanım

İHA Sistemlerinin temel askeri kullanım alanı, hiç kuşkusuz istihbarat, gözetleme ve keşif (İGK) görevidir. Özellikle, dost olmayan hava sahalarında gerçekleştirilen bu tür görevlerde; önceleri, insan hayatının tehlikeye atılmaması ihtiyacı; sonraları, insan yapısının dayanıksız kalacağı kadar uzun sürelerde bile görev yapılabilmesinin fark edilmesi ile istihbarat, gözetleme ve keşif (intelligence, surveillance and reconnaissance (ISR)) görevi ve

İHA kavramı ayrılmaz bir bütün haline gelmiştir. Keşif görevlerine göre şekillenmiş İHA Sistemlerinde çeşitli niteliklerde görüntüleme faydalı yükleri taşınmakta ve sistem diğer ihtiyaçlara göre (kendini koruma, haberleşme, veri güvenliği, uydu iletişimi, vb.) gereken fonksiyonel donanımla tamamlanmaktadır.

İHA Sistemlerinin giderek gelişen ikinci bir askeri kullanım alanı, yine insan faktörünün tehlike alanından uzaklaştırılması ihtiyacından yola çıkılarak, İnsansız Savaş Uçağı (İSU) sistemleri olmuştur. İSU'lar bilinen anlamdaki bir savaş uçağının insansız halde işletilmesi olduğu gibi; radar güdümlü hava savunma silah sistemlerine karşı saldırı (anti-radiation), insanlı uçakların radar izini taklit eden sahte uçaklar veya belli bir hedefe yönlendirilmiş mühimmat şeklinde geri dönüşsüz uygulamalarda da rol almaktadır.

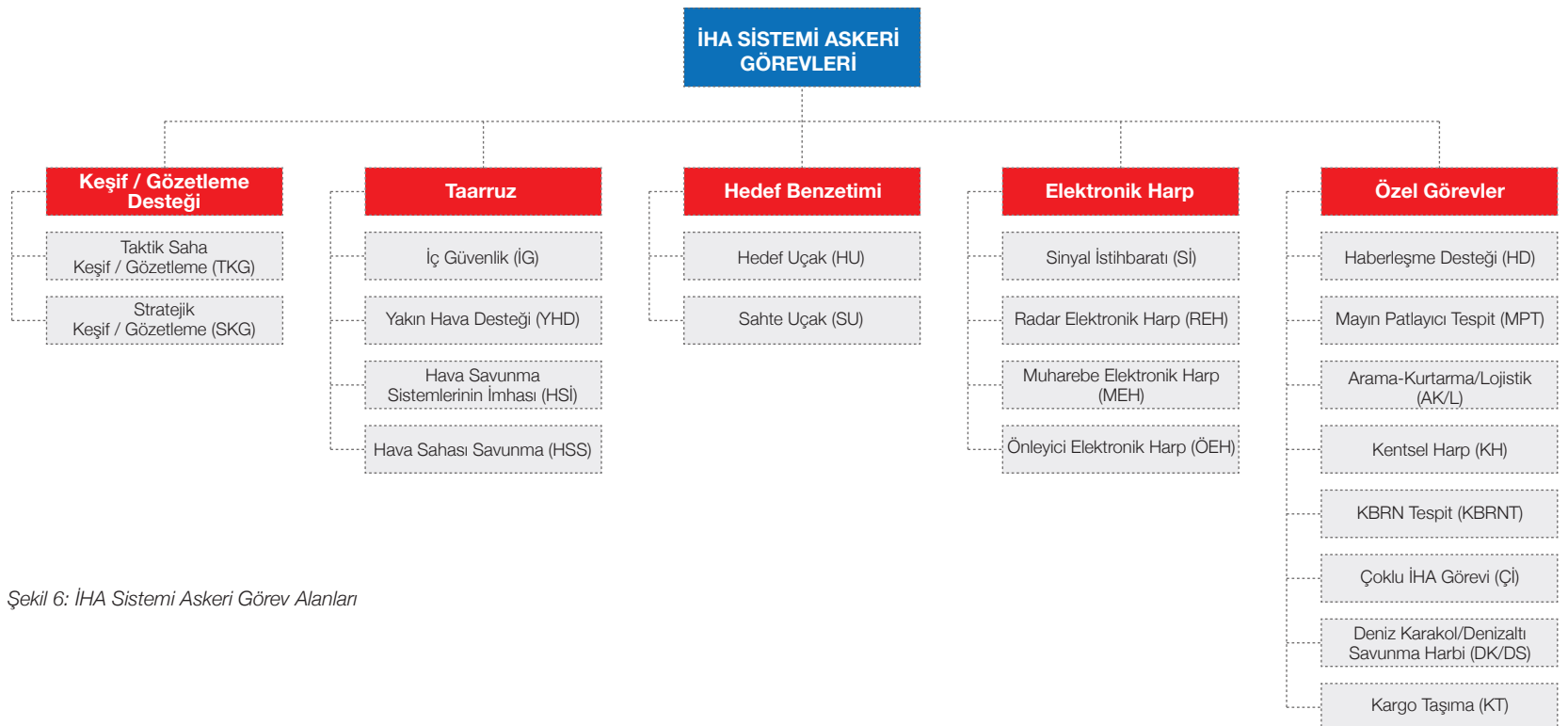
Geri dönüşsüz İHA Sistemlerine bir başka örnek olan ve hava savunma silahlarının takip ve atış eğitimlerinde kullanılmak üzere geliştirilen hedef uçaklar; İHA Sistemleri gelişim tarihçesinde yer alan ilk olgunlaşmış uygulamalar olmuştur ve İHA üreticileri için, geliştirme süreçlerindeki başlangıç seviyeleri bu kategori olmuştur.

Bu temel uygulamalardan sonra, daha özel amaçlı İHA uygulamaları gelmektedir. Bunlar arasında: mayın arama, biyolojik/kimyasal/radyoaktif ajan tespiti, güvenlik koridoru açma vb. kullanım alanları ön planda sayılabilir.

İHA Sistemleri görevleri temel olarak Keşif/Gözetleme Desteği, Taarruz, Elektronik Harp, Hedef Benzetimi ve Özel/Spesifik Görevler olmak üzere 5 alanda değerlendirilebilir.

- Keşif/Gözetleme Desteği
  - Taktik Saha Keşif/Gözetleme (TKG)
  - Stratejik Keşif/Gözetleme (SKG)

- Taarruz
  - İç Güvenlik (Homeland Security/Counter Insurgency) (İG)
  - Yakın Hava Desteği (Close Air Support) (YHD)
  - Hava Savunma Sistemlerinin İmhası (SEAD-Hard Kill/DEAD) (HSİ)
  - Hava Sahası Savunma (Air Defense) (HSS)
- Hedef Benzetimi (Target Simulation)
  - Hedef Uçak (Target Drone) (HU)
  - Sahte Uçak (Decoy) (SU)
- Elektronik Harp
  - Sinyal İstihbaratı (SI)
  - Radar Elektronik Harp (REH)
  - Muhabere Elektronik Harp (MEH)
  - Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)
- Özel/Spesifik Görevler
  - Haberleşme Desteği (HD)
  - Mayın/Patlayıcı Tespit (MPT)
  - Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT)
  - Kentsel Harp (Urban Warfare) (KH)
  - Çoklu İHA Görevi - Kol uçuşu ya da geniş alan gözetlemesi (Çİ)
  - Deniz Karakol/Denizaltı Savunma Harbi (DK/DS)
  - Kargo Taşıma (KT)
  - Arama-Kurtarma/Lojistik (AK/L)



Şekil 6: İHA Sistemi Askerî Görev Alanları

	TKG-1	TKG-2	TKG-3
İrtifa	<10000 ft	<18000 ft	<18000 ft
Dayanım	<1-8 saat	>8 saat	>8 saat
Harekât Çapı	<15 km	<100km	<100km
Kalkış/İniş	Pistsiz	Pistten ve/veya Rampa/Paraşüt	Rampa/Paraşüt
Hız	< 0.1 M	< 0.2 M	< 0.2 M
Azami Kalkış Ağırlığı (AKA)	<15kg	<500 kg	<300 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<3kg	<50kg	<50kg
Veri Linki	LOS	LOS	LOS
İtki	Elektrik/Piston	Piston/Hibrit	Piston/Hibrit
Beka	Düşük	Düşük	Düşük
Yedeklilik *	Tekli	Tekli	Tekli
Taşınabilirlik	Yüksek	Orta/Yüksek	Orta/Yüksek
Maliyet	\$	\$ \$	\$ \$
Örnek Sistemler	Raven (RQ-11B) Dragon Eye Mini İHA (Bayraktar) Puma	Watchkeeper Aerostar Çaldıran Karayel	Taktik İHA (Gözcü) Shadow-200 (RQ-7B)

\* Hava aracının uçuş kritik alt sistemlerinin yedekliliği kastedilmektedir.

Tablo 2: Taktik Saha Keşif/Gözetleme İHA Sistemleri

Bölüm 10.8’de bu görev alanlarının günümüzde mevcut imkânlarla hangi sistemler (insanlı, insansız) tarafından karşılandığı ve bu görevlere yönelik olası İHA Sistemi ihtiyacının hangi vadede ortaya çıkabileceği konusunda öngörüler verilmektedir.

Bu görev alanlarına yönelik ileriki bölümlerde yapılan tanımlamalar ve hava aracını tanımlayan tablolardaki çeşitli performans parametreleri ile bir İHA ailesinin/grubunun çerçevesi genel hatları ile çizilmiştir. Bu sebeple, görev alanları herhangi bir sınıfı ifade etmemekte olup aynı İHA Sisteminin farklı faydalı yükler ile farklı görevlerde kullanımı mümkündür. Söz konusu görevleri icra edebilecek şekilde seçilen İHA Sistemleri ve görev sistemleri Bölüm 8’de verilmektedir.

### 3.1.1 Taktik Saha Keşif/Gözetleme (TKG)

Bu görev, harp sahasındaki birliklerin anlık görüntü istihbaratı ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir.

Bu görevi karşılayacak İHA Sistemlerinin özellikleri keşif/gözetleme ihtiyaçlarının karşılandığı birliğin büyüklüğü ve ileri hatta olan uzaklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Genel olarak, ileri hat taşınabilirlik ve konuşlandırılabilirlik özelliklerinin olması ve topçu atış tanzimi görevlerini de üstlenmesi beklenmektedir. Bölüm 2.4’de belirtilen taktik ve daha alt seviyedeki sınıflandırmalar bu görev altında gruplanmıştır.

Bu amaçla kullanılan mevcut ürünler incelendiğinde, temelde faydalı yük kapasitesi ile uçuş süresine bağlı olarak üç ana gruba ayrılabilirdiği görülmektedir. TKG-1, TKG-2 ve TKG-3 olarak adlandırılan bu İHA gruplarının temel özellikleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

TKG-1 olarak adlandırılan ilk grubu elle atılıp gövde üstüne veya paraşütle indirilen İHA’lar oluşturmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Örnek TKG-1 İHA Sistemleri

TKG-2 olarak adlandırılan ikinci grup ise nispeten kısa pistlerden inip/kalkan (Şekil 8) İHA'lardan oluşmaktadır. Rampayla atılıp paraşütle indirilen sabit kanatlı İHA'lar TKG-3 grubu olarak adlandırılmaktadır (Şekil 9).

Taktik saha keşif gözetleme görevlerinin gerektirdiği taşınabilirlik, konuşlandırabilirlik ve kolay kullanım gibi özelliklerin, mevcut sistemler incelendiğinde, sabit kanatlı sistemler dışında döner kanatlı (helikopter/VTOL) İHA Sistemleri ile de karşılanmasına yönelik çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar temelde sabit kanatlarda olduğu gibi TKG-4 ve TKG-5 şeklinde adlandırılabilir olup bu İHA gruplarının temel özellikleri Tablo 3'te özetlenmiştir.



Şekil 8: Pistten Kalkıp/İnen Örnek TKG-2 İHA Sistemleri



Şekil 9: Rampadan Kalkan/Paraşütle İnen Örnek TKG-3 İHA Sistemi

	TKG-4	TKG-5
İrtifa	<10000 ft	<20000 ft
Dayanım	<1 saat	<8 saat
Harekât Çapı	<10 km	<200km
Kalkış/İniş	Dikine	Dikine
Hız	< 0.1 M	< 0.3 M
Azami Kalkış Ağırlığı (AKA)	<15kg	<1400 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<3kg	<500kg
Veri Linki	LOS	LOS
İtici	Elektrik	Piston / Turboshaft
Beka	Düşük	Düşük
Yedeklilik	Tekli	Tekli/Çoklu
Taşınabilirlik	Yüksek	Orta/Yüksek
Maliyet	\$	\$\$
Örnek Sistemler	Malazgirt UAV ZALA 421-15 T-Hawk (RQ-16) Aeryon Scout	Camcopter S-100 Eagle Eye (VTOL) Vigilante FireScout

Tablo 3: Taktik Saha Keşif/Gözetleme İHA Sistemleri



Şekil 10: Örnek bir Döner Kanat TKG-4 İHA Sistemi

	SKG-1	SKG-2
İrtifa	<30000 ft	<65000 ft
Dayanım	>24 saat	>36 saat
Harekât Çapı	<250 km	>250km
Kalkış/İniş	Pistten	Pistten
Hız	< 0.3 M	< 0.6 M
Azami Kalkış Ağırlığı (AKA)	< 1500 kg	< 15000 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<250kg	<2000kg
Veri Linki	LOS/BLOS	LOS/BLOS
İtki	Piston/Turboprop	Turboprop/Turbofan
Beka	Orta	Yüksek
Yedeklilik	Çoklu	Çoklu
Taşınabilirlik	Düşük	Çok düşük
Maliyet	\$ \$ \$	\$ \$ \$ \$ (\$)
Örnek Sistemler	ANKA Predator (RQ-1) Heron	Reaper (MQ-9) Heron TP Global Hawk (RQ-4) Talarion

Tablo 4: Stratejik Keşif/Gözetleme İHA Sistemleri

### 3.1.2 Stratejik Keşif/Gözetleme (SKG)

Bu görev, taktik saha görevlerine göre daha yüksek irtifalardan, geniş alanda yüksek çözünürlüklü görüntü istihbaratı ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir.

Bu görevi karşılayacak İHA Sistemlerinin özellikleri, temelde harekât çapına ve kapsanan alan büyüklüğüne bağlı olarak değişebilmektedir. Genel olarak, her türlü hava koşulunda görev kabiliyeti ve görev bölgesinde yüksek uçuş süresi özelliklerine sahiptirler. Taşıdıkları faydalı yükler çoğunlukla işaretleme ve mesafe ölçüm kabiliyetine sahiptir ve ileri birliğe doğrudan istihbarat sağlama gibi işlevleri de üstlenebilirler. Bölüm 2.4'te belirtilen operatif ve daha üst seviyedeki sınıflandırmalar bu görev altında gruplanmıştır.

Bu amaçla kullanılan mevcut ürünler incelendiğinde, genelde sabit kanatlı yapıların kullanıldığı ve temelde faydalı yük kapasitesi ile görev irtifasına bağlı olarak iki ana gruba ayrıldığı görülmektedir. SKG-1 ve SKG-2 olarak adlandırılan bu İHA gruplarının temel özellikleri Tablo 4'te özetlenmiş ve Şekil 11'de örnek bir SKG-1 sistemi gösterilmiştir.

### 3.1.3 Taarruz - İç Güvenlik (İG)

Keşif/gözetleme görevlerinin bir devamı niteliğinde olan bu görev, görüntü istihbaratı alınan bölgede anlık beliren zaman kritik hedeflerin (fırsat hedefleri) ortadan kaldırılmasına yöneliktir. Hava araçlarında göreve uygun hafif silahların ve bu silahların yönlendirilmesine uygun faydalı yüklerin taşınması gerekmektedir. Mevcut örneklerde bu görev ihtiyacının, havada kalma sürelerinin daha uzun olması sebebiyle çoğunlukla sabit kanatlı hava araçlarıyla karşılandığı görülmektedir (Tablo 5).



Şekil 11: Örnek Bir SKG-1 İHA Sistemi

### 3.1.4 Taarruz - Yakın Hava Desteği (YHD)

Bu görevde, konumu önceden belirlenmiş veya anlık beliren hedeflerin, etkin atış gücüyle bastırılması gerekmektedir. İç Güvenlik harekâtında olduğu gibi keşif/gözetleme görevine paralel olarak icra edilir. Hava sistemleri, zırhlı veya zırhsız yer hedeflerine yönelik değişik tipte ve kalibrede silahları aynı anda taşımaya elverişli olmalıdır (Tablo 6).

### 3.1.5 Taarruz - Hava Savunma Sistemleri İmhası (HSi)

Bu görevde, yüksek tehdit içeren düşman hava savunma sistemlerine yakın bölgelerde uçulması gerektiğinden çok yüksek beka kabiliyetleri beklenmektedir. Bu da çoğunlukla radar tarafından tespiti güç (stealth) hava araçlarını gerektirmektedir. Bu hava araçlarının, düşman radarlarını Radar Elektronik Destek sistemleriyle tespit edebilmesi ve füze ve/veya lazer güdümlü bombaları dâhili olarak taşıması istenmektedir (Tablo 7).

### 3.1.6 Taarruz - Hava Sahası Savunma (HSS)

Bu görev, içerdiği karmaşıklık ve bu karmaşıklığın getirdiği ağır gereksinimlerden ötürü halen tüm dünyada uzun vadede gerçekleştirilecek bir hedef olarak gösterilmekte ve bu hedefe ulaşmada teknoloji gösterimi amaçlı nispeten daha küçük ölçekli projelerin finanse edildiği görülmektedir. Benzer yaklaşımın Türk İnsansız Savaş Uçağı (TİSU) için de izlenmesi öngörülmektedir.

Yüksek irtifa, yüksek sürat, yüksek ivme ve yüksek otonomi içeren muharip insansız hava araçlarına (UCAV) yönelik Dünya’da halihazırda X-47A Pegasus, Phantom Ray, Taranis, nEUROn, vb. deneysel hava aracı çalışmaları yürütülmektedir.

### 3.1.7 Hedef Benzetimi - Hedef Uçak (HU)

İHA’ların hava savunma birliklerinin uçaksavar ve/veya füze eğitimlerinde kullanımına yönelik bir görevdir. Hedef Benzetimi görevinde kullanılan İHA’nın, benzetimi yapılan hava aracı ve/veya füzenin uçuş performansına yakın dinamiğe sahip

olması tercih edilmektedir. Aynı zamanda düşük maliyet ve kolay kullanım da hedeflendiğinden bu benzetim birebir sağlanamayabilir. Farklı silahlarla yapılan eğitimlere destek verebilmesi amacıyla radar, ısı veya görsel iz arttırıcı ve uçaksavar eğitimlerinde atış başarımını ölçen sistemlerin bu göreve yönelik geliştirilecek İHA Sistemlerinde bulunması beklenmektedir (Tablo 8, Şekil 12).

### 3.1.8 Hedef Benzetimi - Sahte Uçak (SU)

Bu görevde, düşman hava savunma sistemleri sahte uçak ile yanıltılarak aktif hale getirilmekte ve bu şekilde ya meşgul edilmesi, ya hava savunma mühimmatını sarf etmesi ya da yerleri tespit edilerek mühimmat taşıyan uçaklarca imhası sağlanmaktadır. Bu şekilde, taarruz eden insanlı veya insansız hava araçlarının güvenliği sağlanmaktadır. Sahte uçaklar, harekât kavramına bağlı olarak genelde taarruz eden uçaklar tarafından çoklu olarak taşınabilmekte veya yerden buster roket yardımıyla atılabilmektedir. Sahte hedeflerin farklı tip uçakların radar izlerini yaratabilme özelliği istenmektedir (Tablo 9).

	İG
İrtifa	<25000 ft
Dayanım	<20 saat
Harekât Çapı	<250 km
Kalkış/İniş	Pistten
Hız	< 0.3 M
Ağırlık (AKA)	< 1500 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<300kg
Veri Linki	LOS/BLOS
İtki	Piston
Beka	Orta
Yedeklilik	Çoklu
Taşınabilirlik	Düşük
Maliyet	\$ \$ \$
Örnek Sistemler	Predator (MQ-1) Heron Herti

Tablo 5: İç Güvenlik İHA Sistemleri

	YHD
İrtifa	<30000 ft
Dayanım	<16 saat
Harekât Çapı	>250 km
Kalkış/İniş	Pistten
Hız	< 0.6 M
Ağırlık (AKA)	< 5000 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<1500kg
Veri Linki	LOS/BLOS
İtki	Turboprop/Turbofan
Beka	Orta
Yedeklilik	Çoklu
Taşınabilirlik	Çok Düşük
Maliyet	\$ \$ \$ \$
Örnek Sistemler	Reaper (MQ-9) Mantis

Tablo 6: Yakın Hava Desteği İHA Sistemleri

	HSi-1	HSi-2
İrtifa	<12000 ft	<40000 ft
Dayanım	<4 saat	<12 saat
Harekât Çapı	<150 km	>250 km
Kalkış/İniş	Pistsiz/Pistten	Pistten
Hız	< 0.3 M	< 1 M
Ağırlık (AKA)	<200kg	< 5000 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<20kg	<1500kg
Veri Linki	LOS	LOS/BLOS
İtki	Piston	Turbofan
Beka	Düşük	Çok yüksek (sinsi)
Yedeklilik	Tekli	Çoklu
Taşınabilirlik	Yüksek	Düşük
Maliyet	\$ \$	\$ \$ \$ \$
Örnek Sistemler	Harpy	Polecat

Tablo 7: Hava Savunma Sistemleri İmhası İHA Sistemleri

Şekil 12: Hedef Uçak Sistemleri



Sahte uçak sistemlerinin kullanım kavramları aşağıdaki gibi gruplanabilir:

- “Tespit” amaçlı kullanımda, yüksek radar kesit alanına sahip sahte hedef kullanılarak düşman hava savunma sistemi arama radarlarının hedef takip radarlarını aktif moda geçirmesi amaçlanır. Aktif moda geçirilen hedef takip radarlarının bulunduğu SAM mevzilerinin tespit edilerek bu mevzilerinin HARM füzesi veya benzeri anti-radyasyon silahı ile imha edilmesi nihai amaçtır.

- “Şaşırtma” amaçlı kullanımda, çok sayıda sahte hedef kullanılarak düşman arama radarlarında karışıklık yaratmak ve çok sayıda sahte hedef içinden gerçek hedefin tespitini güçleştirmek amaçlanır. Bununla birlikte, farklı uygulamalar kapsamında, hava platformu tarafından atılan sahte hedef sistemlerinin uçuş profilleri programlanabilmekte, çoklu kullanımı ile düşman hava savunma radar sistemlerinde sahte taarruz kolu algısı oluşturulabilmektedir.

- “Yaniltma” amaçlı kullanımda, tehdit oluşturan bir yerden havaya veya havadan havaya güdümlü füze sisteminin, havadaki çok sayıda sahte hedef ile gerçek hedefe kilitlemesini önleyerek yaniltılması amaçlanır.

- “Saptırma” amaçlı kullanımda, sonlanma safhasında olan güdümlü füze sistemi izleme döngüsünün, yaratılan yüksek seviyede sinyal ile gerçek hedeften saptırılması amaçlanır. Bu kullanımda, sahte hedef ve platform manevrası platformun kendini koruması için nihai uygulamadır.

	HU-1	HU-2
İrtifa	<10000 ft	<18000 ft
Dayanım	<2 saat	<2 saat
Harekât Çapı	<15 km	<200km
Kalkış/İniş	Pistsiz	Pistsiz
Hız	< 0.3 M	< 0.8 M
Ağırlık (AKA)	<250kg	<250 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<40kg	<40kg
Veri Linki	LOS	LOS
İtki	Piston	Piston / Jet
Beka	Düşük	Düşük
Yedeklilik	Tekli	Tekli
Taşınabilirlik	Yüksek	Yüksek
Maliyet	\$	\$ (\$)
Örnek Sistemler	Turna Banshee	Şimşek Voodoo Firejet Skua

Tablo 8: İnsansız Hedef Uçak Sistemleri

	SU
İrtifa	<30000 ft
Dayanım	<1 saat
Harekât Çapı	<200 km
Kalkış	Uçaktan Bırakma/ Busterli Lançer
Hız	< 0.8 M
Ağırlık (AKA)	< 200 kg
Faydalı Yük Ağırlığı	<40kg
Veri Linki	LOS (opsiyonel)
İtki	Motorsuz/Turbojet
Beka	Harcanabilir
Yedeklilik	Tekli
Taşınabilirlik	Yüksek
Maliyet	\$ \$
Örnek Sistemler	ITALD (ADM-141C) MALD (ADM-160B)

Tablo 9: İnsansız Sahte Uçak Sistemleri

### 3.1.9 Elektronik Harp - Sinyal İstihbaratı (Si)

Bu görevde, temelde radar ve/veya haberleşme yayınları dinlenilerek alınan sinyallerin analiziyle istihbarat bilgilerinin elde edilmesi hedeflenmektedir. Daha çok kaynaktan yayın almayı kolaylaştırması açısından görevin yüksek irtifadan ve uzun süreli yapılması tercih edilmektedir. Faydalı yük kapasitesi, radar ve/veya haberleşme görevlerinin kapsamına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Mevcut örneklerde bu görev ihtiyacının kapsama bağlı olarak çeşitli boyutlarda sistemlerle karşılandığı görülmektedir (Tablo 10).

### 3.1.10 Radar Elektronik Harp - Karıştırma (REHK)

Bu görevde, düşman hava savunma sistemleri radarlarına karşı yayın yaparak radarın hedeflerin tespit, takip ve yönlendirme işlevlerinden bir veya

birkaçını kaybetmesi amaçlanmaktadır. Görev, radara belirli bir menzilde daha güvenli bir bölgede, yüksek güçte yayın yaparak (Stand-off Jamming/REHK-1) icra edilebileceği gibi radara yakın noktalarda (yüksek tehdit ortamında) daha sınırlı güç kullanılarak (Stand-In Jamming/REHK-2) da icra edilebilir. REHK-3 görevi radar tarafından tespiti güç (stealth) hava araçlarını gerektirir (Tablo 11).

### 3.1.11 Muhabere Elektronik Harp - Karıştırma (MEHK)

Bu kapsamda her türlü düşman muhabere sistemlerinin etkisiz hale getirilmesi, GPS alaçlarının karıştırılması, uzaktan kumandalı düşman sistemlerinin kullandığı veri linklerinin karıştırılması bulunmaktadır. Bu sistemlerin İHA'larda kullanımının etkinlik açısından birçok avantajlara sahip olduğu değerlendirilmektedir (Tablo 12).

GPS karıştırıcı; GPS kullanan füze, silah ve uçak sistemlerini yanıltmak; dost silah sistemi, mühimmat

ve önemli kişilerin yerinin tespit edilmemesi için kullanılır.

Veri Linki Karıştırıcılar; özellikle uçak ve helikopterler, İHA'lar, Hava Erken Uyarı ve Kontrol Sistemleri gibi hava platformlarından, Kara ve Deniz platformlarından veri linki aracılığı ile aktarılan bilgilerin engellenmesi amacıyla kullanılır.

### 3.1.12 Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)

Uzaktan kumandalı patlayıcıların (RCIED) etkisiz hale getirilmesine yönelik olarak RCIED RF Karıştırıcılar/Patlaticılar kullanılmaktadır. Uygulama şekilleri konvoy koruma, tim koruma, bomba imha ekipleri, anti-terör timleri, yüksek öneme haiz askeri/sivil binalar, VIP koruma şeklindedir.

	Si
İrtifa	<30000 ft
Dayanım	<24 saat
Harekât Çapı	<250 km
Kalkış/İniş	Pistten
Hız	< 0.3 M
Ağırlık (AKA)	< 15000 kg
Faydalı Yük A.	250kg-2000kg
Veri Linki	LOS/BLOS
İtki	Piston/Turboprop
Beka	Orta
Yedeklilik	Çoklu
Taşınabilirlik	Düşük/Çok Düşük
Maliyet	\$\$\$ - \$\$\$\$\$
Örnek Sistemler	Heron TP Euro Hawk

Tablo 10: Sinyal İstihbaratı İHA Sistemleri

	REHK-1 (SOJ)	REHK-2 (SIJ)	REHK-3 (SIJ)
İrtifa	<30000 ft	<12000 ft	<45000 ft
Dayanım	<16 saat	<4 saat	<12 saat
Harekât Çapı	>250 km	<150 km	>1000 km
Kalkış/İniş	Pistten	Pistsiz/Pistten	Pistten
Hız	< 0.6 M	< 0.3 M	< 0.6 M
Ağırlık (AKA)	< 5000 kg	<250kg	< 4000 kg
Faydalı Yük A.	<1500kg	<40kg	<500kg
Veri Linki	LOS/BLOS	LOS	LOS/BLOS
İtki	Turboprop/Turbofan	Piston/Jet	Turbofan
Beka	Orta	Yüksek	Çok yüksek (sinsi)
Yedeklilik	Çoklu	Tekli	Çoklu
Taşınabilirlik	Çok Düşük	Yüksek	Çok Düşük
Maliyet	\$\$\$ \$	\$ \$	\$ \$ \$ \$
Örnek Sistemler	Reaper (MQ-9) Mantis Euro Hawk	KZO	Avenger Polecat

Tablo 11: Radar Elektronik Harp/Karıştırma İHA Sistemleri

	MEHK
İrtifa	<12000 ft
Dayanım	<4 saat
Harekât Çapı	<150 km
Kalkış/İniş	Pistsiz/Pistten
Hız	< 0.3 M
Ağırlık (AKA)	<250kg
Faydalı Yük A.	<40kg
Veri Linki	LOS
İtki	Piston
Beka	Düşük
Yedeklilik	Tekli
Taşınabilirlik	Yüksek
Maliyet	\$ \$
Örnek Sistemler	KZO

Tablo 12: Muhabere Elektronik Harp/Karıştırma İHA Sistemleri



## 3.2 Sivil Kullanım

Askeri alanda çok yaygın kullanılan İHA Sistemlerinin, günümüzde, sivil alanda pratik uygulamaya dönüşmediği söylenebilir. Bunun başlıca nedeni, sivil hava sahalarındaki İHA görevlerine yönelik uçuşa elverişlilik ve sertifikasyon kuralları olmamasıdır. Bu konuda henüz uygulamaya alınmış havacılık düzenlemeleri bulunmasa da İHA uçuş operasyonları, en az bir ay önceden haber verilerek kaydıyla ve insanlı eşlikçi uçaklarla, sivil hava sahalarının İHA platformları tarafından kullanımına izin verilmektedir. İHA Sistemlerinin sivil hava sahalarında kullanımına yönelik ABD’de, Access5 (NASA, FAA ve çeşitli İHA Sistemi üreticileri) ile Avrupa’da UCARE (Euro Control, UVS International ve çeşitli İHA Sistemi üreticileri) oluşumları yürürlüktedir.

Avrupa’da ayrıca sivil İHA kullanımına yönelik Çerçeve Programı kapsamında projeler desteklenmektedir.

Bu kapsamda 5. Çerçeve Programı altında UAVNET [4] adı verilen sivil İHA’lar için strateji üretme ve bilimsel araştırma yürütmek üzere araştırma enstitüleri, üniversiteler, şirketler ve devlet kurumlarının yer aldığı bir oluşum kurulmuştur. BAE, EADS, Thales, INDRA gibi firmalarında yer aldığı oluşumda toplam 34 organizasyon bulunmaktadır ve çalışmalara devam edilmektedir. Bu grup tarafından Aralık 2005 tarihinde “Avrupa Sivil İHA Yol Haritası” (European Civil Unmanned Air Vehicle Roadmap) dokümanı yayımlanmıştır [5].

İHA Sistemlerinin teknolojik gelişim sürecinde ana isterler ve sanayi yönlendirmesi temel olarak askeri ihtiyaçlar doğrultusunda gerçekleşmiştir. Askeri alanda başarıların yaşanması ile birlikte sivil kullanım alanlarına yönelik olarak ihtiyaç tanımlamaları ortaya çıkmıştır.

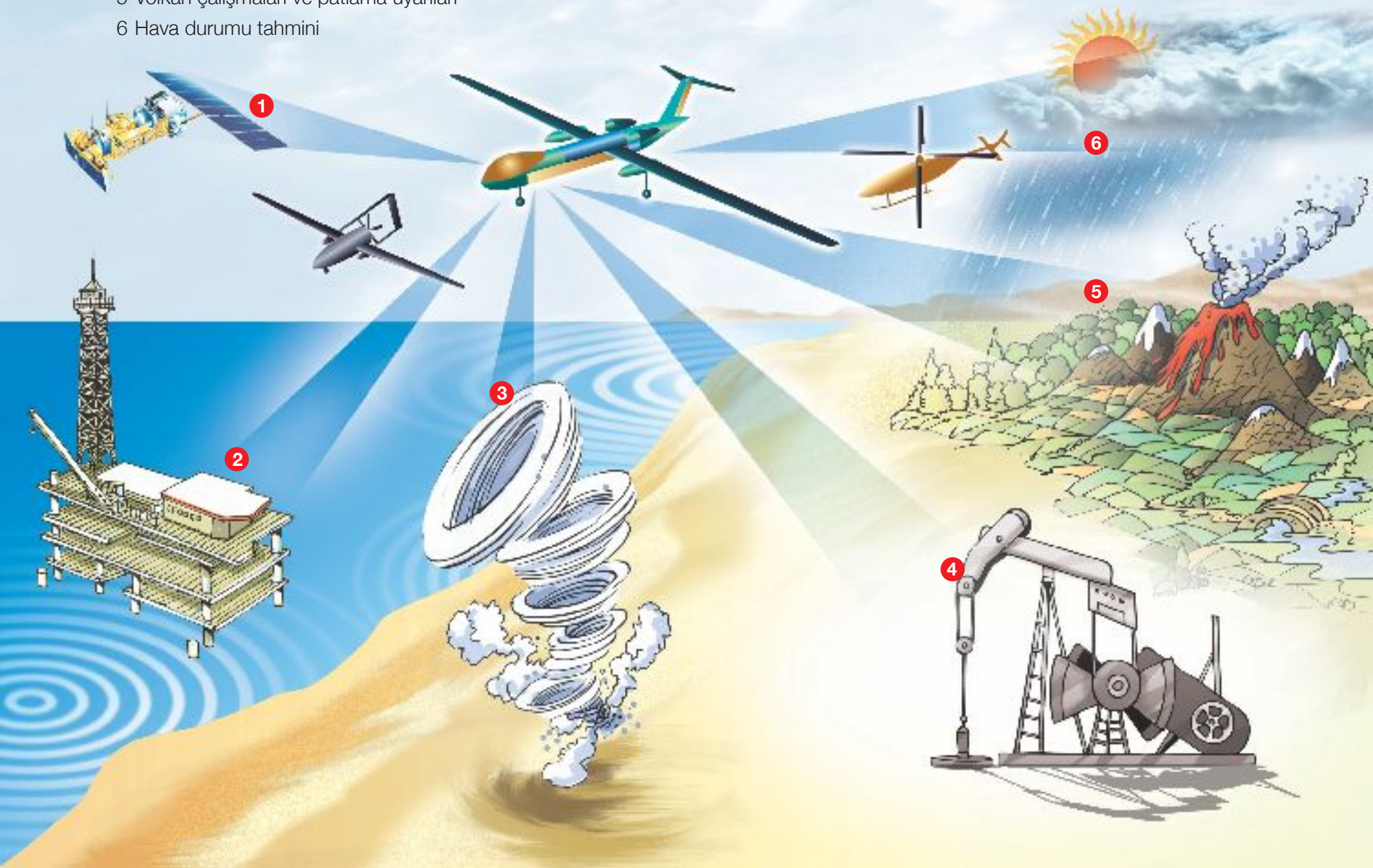
İHA Sistemlerinin sivil amaçlı kullanımı askeri uygulamalara benzer şekilde ağırlıklı olarak görüntü

toplama üzerine kuruludur. Bunlar arasında haritalama ve acil durum (kirlilik, orman yangını, sel gibi çevre tehlikeleri) tespiti ve müdahale en önemli yeri tutmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen deniz ve kara sınırlarının güvenlik operasyonları, görüntüleme/keşif operasyonlarında önemini korumaktadır. İkinci bir sivil İHA Sistemi uygulaması olarak cep telefonu, telsiz, vb. haberleşme donanımı için röle olarak kullanımı sayılabilir.

Şekil 13 - Şekil 16’da sivil İHA Sistemlerinin çevresel, acil durum, iletişim uygulamaları ile izleme operasyonlarındaki kullanım alanlarından örnekler verilmektedir. Ayrıca, doğal gaz veya akaryakıt boru hatlarında oluşabilecek sızıntı ve kaçakları tespit etmek, iç güvenlik operasyonlarında taşıyabilecekleri karıştırıcılarla konvoy korumak ve el yapımı patlayıcıları patlatmak gibi görev alanları da günümüzde İHA kullanımının arttığı diğer alanlardır.

- 1 Atmosfer araştırması
- 2 Okyanus gözlemleri
- 3 Kasırga oluşumu ve araştırması
- 4 Jeolojik araştırmalar
- 5 Volkan çalışmaları ve patlama uyarıları
- 6 Hava durumu tahmini

Şekil 13: Sivil İHA Sistemleri Çevresel Kullanım Alanları [6]



Şekil 14: Sivil İHA Sistemleri Acil Durum Uygulamaları [6]

- 1 Yağ kaçağı gözleme
- 2 Sel izleme
- 3 Kasırga izleme
- 4 Afet operasyon yönetimi
- 5 Felaket durum değerlendirmesi
- 6 Arama kurtarma
- 7 Yangınla mücadele
- 8 Nükleer radyasyon gözleme
- 9 Deprem gözleme
- 10 Volkan gözleme



Şekil 15: Sivil İHA Sistemleri İletişim Uygulamaları [6]

- 1 Geniş bant iletişim
- 2 Telekomünikasyon röle hizmetleri
- 3 Cep telefonu iletişimi
- 4 Küresel konumlandırma ve uydu sistemleri



- 1 Deniz devriyesi
- 2 Balıkçılık izleme
- 3 Kıyı şeridi izleme
- 4 Uluslararası sınır devriyesi
- 5 Uyuşturucu trafiği izleme
- 6 Yol trafiği izleme ve kontrolü
- 7 Kanun uygulamaları
- 8 Orman yangını tespiti
- 9 Ekin ve hasat durumu izleme
- 10 Çevre durumu izleme
- 11 Arazi haritalama
- 12 Yüksek voltajlı güç hattı izleme



Avrupa İHA pazarına yönelik yapılan öngörü çalışmalarında Avrupa Birliği'nin İHA'ları sivil kontrollü hava sahasına dâhil etmeleri için verilen son tarih olan 2015 yılı öncesi ve sonrası dönemler ayrı olarak ele alınmıştır. Avrupa'da 2015 yılı öncesinde sivil İHA pazarında yeni alanlar açan yüksek etkili etmenler, maliyet etkin gözetleme ve keşif platformlarına her geçen gün artan talep ve İHA Sistemlerinin potansiyel uygulamalarına yönelik gelişen farkındalıktır. Düşük etkili etmenler ise insanlı sistemlerin mürettebatı ile ilgili tasarruf sağlamaya yönelik insansız sistemlerin gelişen güvenliği ve maliyet kazanımı ile İHA Sistemi yeteneklerini geliştirmeye yönelik AR-GE çalışmalarının ileri teknikleridir.

Bu dönemde sivil İHA Sistemlerine ilişkin yaygın bir operasyonel deneyim ve farkındalık eksikliği ve insanlı sistemlerle kıyaslandığında bu sistemlerin İHA Sistemlerine olan maliyet avantajları Avrupa'da düşük etkili pazar kısıtlamaları olarak görülmektedir. Etkin bir çarpışma önleyici teknolojinin mevcut olmaması, yatırım eksikliği, radyo frekansı spektrum uygunluğu ve uyumlu bir yasal düzenlemenin bulunmaması, Avrupa Uçuşa Elverişlilik ve Hava Trafik Yönetimi sertifikasyonunun henüz var olmaması ise yüksek etkili kısıtlayıcılarıdır.

Önümüzdeki 10 yıl içerisinde Avrupa'da sivil ve ticari İHA Sistemi pazarında en büyük payın % 45 ile devlete ait olacağı öngörülmektedir. Polis ve özel güvenlik gibi kanun uygulamaları, hassas ve kritik tesislerin güvenliği (örneğin petrol ve doğalgaz boru hatları), sınır güvenliği ve sahil güvenliği bu payda yer almaktadır. % 25'lik bir pazar payı ile orman, diğer büyük olaylar ve acil kurtarma durumlarını kapsayan yangın söndürme pazarı ikinci sırada; çevresel gözleme, tarım zararlılarıyla mücadele ve kaynakların kullanımını optimize etme amaçlı kullanımlarla %13'lük pazar payı ile tarım, ormancılık ve su ürünleri pazarı üçüncü sırada yer almaktadır.

Akaryakıt ve gaz endüstrisi dağıtım altyapısı ile elektrik şebekesi ve dağıtım ağlarında tanımlanan görevleri karşılamak üzere enerji sektörü; iklim gözleme, havadan fotoğraflama, haritalama ve araştırma, sismik durum inceleme, büyük vaka ve kirlenme gözleme ile yeryüzü gözlem ve uzaktan algılama; vekil uydular (proxy-satellites), kısa süreli ve yerel iletişim kapsama alanı oluşturma ve kamera platformları ile iletişim ve yayın pazarları, Avrupa'da takip eden 10 yıl içerisinde sivil ve ticari İHA Sistemlerinin etkin olacağı diğer alanlar olarak öngörülmektedir.

Sivil güvenliği pazarında küçük platformlar baskınken, hassas ve kritik tesislerin güvenliği, sınır güvenliği ve sahil güvenliği görevleri daha büyük ve pahalı sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Polis ve özel güvenlik gibi kanun uygulamalarında, TKG-1 görevini icra eden İHA Sistemleri'nin (mini veya mikro İHA), uzun süreli gözetleme ve takip görevlerinde kullanılmaları beklenmektedir. Özellikle şehir içi, binalar arası uygulamalarda manevra kabiliyeti yüksek döner kanatlı İHA'ların tercih edileceği öngörülmektedir.

Orman yangınlarında Stratejik Keşif/Gözetleme (SKG) görevlerini icra eden İHA Sistemleri'nin konumlama, TKG-1 görevine uygun sistemler ise yardımcı olma görevleri için özellikle öngörülmektedir. Diğer yangın ve acil durum uygulamalarında TKG-1 görevini icra eden İHA Sistemlerinin büyük olay yönetimi ve mahsur kalanların konum bildirim görevlerinde bulunmaları beklenmektedir.

Enerji sektöründe boru hattı ve tank tarlaları, güç hatları ve yerleşim gibi altyapı gözleme işlemleri İHA Sistemleri ile gerçekleştirilebilecektir.

Tarım ve ormancılık pazarı temel olarak kısa menzilli TKG-1 görevine uygun İHA Sistemlerine açıktır. Tarım zararlıları ile mücadele, toprak durum kontrolü, kuraklık incelemesi, gübre gereklilikleri ve biokütle ölçümü bu sistemler tarafından gerçekleştirilmesi muhtemel görevlerdir. Su ürünleri pazarı uzun menzilli mini sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Balık stoklarının konumlanması ve gözlemlenmesi, su kolonilerinin durumu ve hava/su durum bilgileri edinilmesi bu sistemler tarafından karşılanması beklenen görevlerdir.

Yeryüzü gözlem ve uzaktan algılama ilintili havadan fotoğraflama, arazi ölçme ve dijital haritalama, felaket sonrası hasar belirleme ve haritalama, iklim gözleme ve meteoroloji, doğal hayat gözleme görevleri için İHA Sistemlerinin, insanlı sistemlerin yerini almaları beklenmektedir. Bu alanlarda TKG-1, SKG-1 ve SKG-2 görevlerini icra eden İHA Sistemlerinin ön plana çıkacağı öngörülmektedir. Yüksek irtifalı platformlar, ticari havacılık rotalarının üzerinde görev yapacak ve uydularla kıyaslandığında çok daha ekonomik ve esnek bir potansiyel sağlayacaklardır.

Vekil uydular olarak SKG görevine uygun platformlarının kullanım potansiyeli günümüzde değerlendirilmektedir. Daha küçük platformlar da kısa menzilli ve kısa süreli görevler için tercih

edilebilir. Telefon ağ sağlayıcıları ile yüksek çözünürlüklü televizyon yayıncılığı yapan kuruluşlar, İHA Sistemlerine ilgilerini yöneltmişlerdir. İHA Sistemlerinin uydulara kıyasla daha ucuz ve esnek olmaları, solar ya da hidrojen yakıt hücreleri ile uzun havada kalış sağlanması iletişim sistemleri için "haberleşme rölesi" görevini İHA Sistemlerinin üstlenmesini cazip hale getirmektedir. Yayıncılıkta TKG-1 ve SKG-1 görevine uygun hava araçlarının haber, spor müsabakaları ve doğal hayat gözlemleri için kamera platformu olarak kullanımı söz konusudur. Günümüzde bir süredir sinema endüstrisinde İHA Sistemleri kullanılmaktadır.

Sivil İHA kullanımının askeri İHA kullanımına göre halen sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Maliyet etkinlik, esneklik, azalan insan sağlığı riski gibi etkenler İHA'ların sivil hayatta kullanımını da avantajlı hale getirmektedir. Askeri İHA'lar ve kullanımlarının yaygınlaşmasına paralel olarak yurt içinde sivil İHA kullanımının orta vadede gelişebileceği öngörülmektedir. Dünya'da ve Türkiye'de sivil kullanımın gelişmesinin beraberinde askeri kullanıma sağlayacağı yararları bazıları aşağıda verilmektedir:

- Geliştirme maliyetlerinin sivil-askeri sektör arasında paylaşılarak her iki taraf için karşılanabilir düzeye çekilmesi,
- Sektörün savunma alanında talep yetersizliği olan dönemlerde sivil ürünlere yönelerek organizasyonel yapısını en üst düzeyde tutması,
- Halihazırda mevcut olan çift kullanımlı teknolojilerin kullanım imkânlarının artması ve yenilerinin geliştirilmesine fırsat sağlanması,
- Lojistik ve eğitim maliyetlerinin azaltılması,
- Sektörün dünyaya açılma fırsatlarının artması,
- Ülke içerisinde teknoloji-ürün-yetenek sağlayıcı kaynak havuzunun genişlemesi.

Bu faydalar göz önüne alındığında İHA Sistemleri'nin sivil kullanımının yaygınlaştırılması için yukarıda bahsedilen sivil kullanım alanlarına yönelik potansiyel kullanıcı kurum/kuruluşlar nezdinde tanıtım faaliyetlerinin yapılması, sivil sektöre açılmak için fırsatların araştırılması ve özellikle Bölüm 7.6'de belirtilen çift kullanımlı teknolojilere yönelik savunma sanayi ve diğer sivil sektörlerin karşılıklı etkileşimini sağlayacak çalışmaların başlatılması gerekmektedir.

**Muhtelif kabiliyet ve boyutlardaki İHA Sistemleri'nin tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi yönünde savunma sanayinin desteklenmesi SSM'nin öncelikli alanlarından birisidir.**



# 04

## Yürütülen/ Planlanan Projeler

### 4.1 Yürütülen İHA Sistemi Projeleri

#### 4.1.1 Mini İHA Geliştirme Projesi

Projede, Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın istihbarat, gözetleme ve keşif amacıyla mini İHA Sistemi ihtiyacının karşılanması amaçlanmıştır. Proje Sözleşmesi 4 Ekim 2006 tarihinde Kalekalıp/Baykar Makina ile imzalanmıştır. Sistem teslimatları tamamlanmıştır. Temmuz 2009'da ilave sistem tedarikine ilişkin sözleşme imzalanmıştır. Halihazırda, K.K.K.İğ'i başta olmak üzere, Jnd.Gn.K.İğ'i'na ve Öz.Kuv.K.İğ'i'na toplamda 41 sistem (164 uçak) tedarik edilmiştir.

#### 4.1.2 Döner Kanatlı Mini İHA Projesi

Projede, Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın istihbarat, gözetleme ve keşif amacıyla döner kanat İHA Sistemi ihtiyacının karşılanması amaçlanmıştır. Proje Sözleşmesi 4 Haziran 2007 tarihinde STM A.Ş. ana yükleniciliğinde Kalekalıp/Baykar Makina ile imzalanmıştır. Sistem teslimatları tamamlanmıştır.

#### 4.1.3 Taktik İHA (Pist) Geliştirme Projesi

Projede, Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın istihbarat, gözetleme ve keşif görevleri yerine getirecek Taktik İHA ihtiyacının karşılanması amaçlanmaktadır. Kalekalıp/Baykar Makina firması ile sözleşme görüşmeleri devam etmektedir.

#### 4.1.4 Taktik İHA (Katapult/ Paraşüt) Geliştirme Projesi

Projede, Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın istihbarat, gözetleme ve keşif görevleri yerine getirecek ve katapult ile atılabilir paraşüt ile iniş yapabilen Taktik İHA sistemi ihtiyacının karşılanması amaçlanmaktadır. 20 Aralık 2010 tarihinde sözleşme yürürlüğe girmiş olup, Sistem İhtiyaçları Gözden Geçirme (SİGG) Toplantısı 1 Haziran 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Vestel Savunma Sanayi Firması tarafından tasarım faaliyetleri yürütülmektedir.

#### 4.1.5 TİHA (MALE) Geliştirme Projesi

Projede, TUSAŞ firması ana yükleniciliğinde milli bir İHA Sistemi'nin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Özgün TİHA (MALE-Operatif) Geliştirme Sözleşmesi TUSAŞ ile 24 Aralık 2004 tarihinde imzalanarak yürürlüğe girmiştir. Projede Kritik Tasarım Gözden Geçirme (KTGG) Toplantısı Haziran 2009 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Uçuş test faaliyetleri başarıyla devam etmektedir.

#### 4.1.6 MALE İHA Hazır Alım Projesi

Projede, Türk Silahlı Kuvvetlerinin ihtiyacı olan istihbarat, gözetleme ve keşif ihtiyacının karşılanması ve bu ihtiyacı karşılayacak İHA Sistemi'nin proje yerli katkı oranının, mümkün olduğunca yüksek olacak şekilde tedarik edilmesi amaçlanmıştır. Sözleşme TUSAŞ firması ile 19 Nisan 2005'te imzalanmış ve 31 Ağustos 2005'te yürürlüğe girmiştir. Proje TUSAŞ ana yükleniciliğinde İsrail IAI/ Elbit ortaklığı IUP'den (İsraili UAV Partnership) hazır alım yoluyla gerçekleştirilmiştir. Sistem teslimatları tamamlanmıştır.

#### 4.1.7 Hedef Uçak Projesi

Projede, Hv.K.K.İğ'i ve Dz.K.K.İğ'i'nin ihtiyacı olan eğitim atışları, hava savunma sistemleri eğitimleri ve ilgili silah sistemi performans kontrollerini yapmak amacıyla gerçeğe yakın şartların benzetimini yapabilecek Hedef Uçak Sistemi'nin tedariki/ geliştirilmesi ve hizmet alımı amaçlanmıştır. 2012 yılı içerisinde sözleşmenin imzalanması planlanmaktadır.

#### 4.1.8 Gemiye Konuşlu İnsansız Hava Aracı (GİHA) Projesi

Projede, Dz.K.K.İğ'i'nin ihtiyacı olan deniz hareket alanında etkili su üstü keşfi yapabilecek, gemiye konuşlu ve dikey iniş kalkış yapabilen insansız hava aracının tedariki amaçlanmıştır. 2013 yılı içerisinde sözleşmenin imzalanması planlanmaktadır.

## 4.2 Planlanan Projeler

Savunma Sanayii Sektörel Stratejisinin çerçevesi, İnsansız Hava Araçları, Sistem Entegrasyonu ve Modernizasyon, Platformlar (Sabit Kanatlı, Döner Kanatlı) ve Kritik Malzeme Üretimi olmak üzere dört ana kategoride ele alınmaktadır [2]. Muhtelif kabiliyet ve boyutlardaki İHA Sistemleri'nin tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi yönünde savunma sanayinin desteklenmesi SSM'nin öncelikli alanlarından birisidir. Bu doğrultuda, TSK'nin ihtiyaçlarına yönelik mikro, mini, taktik, operatif, stratejik, taarruzi, muharip, vb. tüm kategorilerde İHA Sistemi projeleri planlanmaktadır.

Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı'nda [2] stratejik amaçlar olarak belirtildiği üzere;

- Taktik İHA Sistemleri geliştirilmesine yönelik platform dahil bütün alt sistemlerin milli olarak geliştirilmesi,
- Operatif İHA Sistemleri geliştirilmesine yönelik platform ve görev bilgisayarı ile alt sistemlerin, milli olarak yurt içinde üretilmesi,
- Stratejik, taarruzi ve muharip İHA Sistemleri için çok uluslu konsorsiyum programlarına katılım sağlanması,
- İHA Alt Sistemlerine yönelik İHA projelerinde edinilen/edinilecek sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak ileri düzey entegrasyonların gerçekleştirilmesi, hedeflenmektedir.

Halihazırda TSK ihtiyaçları; planlama, programlama, bütçeleme sistemi (PPBS) çerçevesinde, stratejik hedef planları (SHP) ve on yıllık tedarik programları (OYTEP) ile tanımlanmakta ve buna uygun olarak tedarik faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. İHA Sistemleri Yol Haritası'nın söz konusu planlamalarda karar alma süreçlerini destekleyebileceği değerlendirilmektedir.

## 4.3 Destekleyici Ar-Ge Faaliyetleri

SSM tarafından "Savunma Ar-Ge Yol Haritası" çalışması yürütülmektedir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin ihtiyaçları doğrultusunda "Yurt İçi Geliştirme" yoluyla tedariki planlanan sistemlerin/platformların ihtiyaç duyduğu teknolojik altyapının kazanılması amacıyla oluşturulan Savunma Ar-Ge Yol Haritası kapsamında önceliği Genelkurmay Başkanlığı ile koordineli olarak belirlenecek olan alt sistem/bileşen/teknoloji projelerini gerçekleştirmek hedeflenmektedir.

TSK savunma sistemi ihtiyaçları doğrultusunda yürütülen Yurt İçi Geliştirme projelerinin ihtiyaç duyduğu teknoloji tabanını oluşturmak ve desteklemek üzere; öncelikli alt sistem, bileşen ve teknolojilerin kazanılacağı şemsiye Ar-Ge projelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda yürütülen çalışmaların İHA Sistemleri

Yol Haritası ile paralellliğini sağlamak amacıyla, Yol Haritası kapsamında oluşturulmuş olan Bölüm "10.1'deki İş Dağılım Ağacı'nda (İDA)" bulunan sistem/alt sistemler temel alınarak Ar-Ge Yol Haritası'nda bunlara karşılık gelen alt sistem, bileşen ve teknolojileri içeren şemsiye Ar-Ge projeleri belirlenmiştir. Bu eşleştirme ile, İHA Sistemlerine yönelik önümüzdeki dönem Ar-Ge projelerinin takibi ve yol haritasında Bölüm "7 Teknoloji" başlığı altında bahsedilen teknolojik öngörülerin kritikliği, önceliklendirilmesi ve bunlara yönelik proje uygulamalarının takibi mümkün olacaktır. İHA Sistemi İDA'ya göre ilgili şemsiye Ar-Ge projeleri ve detay projeleri eşleştirmesi yapılmış olup, bu projelerin detayı, önceliklendirilmesi, vb. hususlar ise Ar-Ge Yol Haritası'nda bulunmaktadır.

## 4.4 Tedarik Modelleri

İHA Sistemleri dünyada giderek artan sayıda uygulama alanları bulmaktadır. Gelecek yönelimleri, günümüzde insanlı araçlarla gerçekleştirilen görevlerden önemli çoğunluğunun insansız sistemlere kaydırılacağını somut şekilde göstermektedir. Öte yandan, özellikle istihbarat maksatlı kullanılacak bu sistemlerin milli ürünler olması hemen hemen kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Dahası, Türkiye havaacılık ve savunma sanayinin gerçek gücünü ortaya çıkarabilmesi, ortak çalışma potansiyelini ispat edebilmesi ve yurt dışından tedarikin minimize edilmesi için İHA Sistemlerinin öncelikli ve elverişli bir proje alanı olduğu değerlendirilmektedir.

İHA Sistemleri geliştirme çalışmalarında dikkat edilmesi gereken noktalar ilerlemenin aşama aşama gerçekleştirilmesi, tüm performans ihtiyaçlarının aynı anda ortaya konulmaması, gerçekçi ve erişilebilir ihtiyaçların baz alınması, ilerlenecek yolda "başarısızlıkların" da olabileceğinin dikkate alınması ve her türlü başarısızlığın aşılmasının mümkün olduğunun akılda tutulmasıdır. Günümüzde, en yaygın kullanılan İHA Sistemlerinden olan General Atomics firmasının Predator sisteminin, bugünkü performansına en az 1980'lerden bu yana birikim, sayısız kırım ve 400,000 saati aşan uçuş birikimi ile erişebildiği unutulmamalıdır.

İHA geliştirme projelerinde ürünü oluşturan ekipman ve standart parça tedariki büyük oranda yurt dışından temin edilmektedir. İHA Sistemi'ni oluşturan standart parça ve ekipmanların diğer İHA Sistemlerinde de ortak olabilecekler tespit edilerek yurt içi olanaklarla üretilmesi sağlanmalıdır. Paralelinde yurt dışına bağımlılık minimal seviyelere inecektir.

Servo motorlar, algılayıcılar, yazılım donanımları, kablolar ve elektriksel bağlantı elemanları tüm İHA Sistemlerinde kullanılan ortak malzemelerdendir.

Üretim maliyetleri, işçilik ve malzeme maliyetlerinden oluşmaktadır. Malzeme maliyetleri hammadde, standart parçalar, kalıp, motor ve aviyonik ekipman maliyetlerini kapsamaktadır. Üretim maliyetleri tekrarlayan maliyetler olup uçak üretim sayısına bağlı



olarak değişmektedir. Bu harcamaların yurt içinde kalmasını sağlayacak yurt içi tedarik ve geliştirme faaliyetlerine yönelmek gerekmektedir.

Yurt içinde İHA ekipmanı geliştirilmesi ve kalifikasyonu ile hem İHA tedariklerinde dışarıdan tedariki minimize edecek hem de yurt dışına ihracat yapma olanağı yakalanacaktır. İhracat mevzuatındaki iyileştirmeler savunma sanayi ürünlerini de kapsadığı için bazı istisnalar (vergi, resim ve harç) yerli firmalara avantaj sağlayacaktır.

SSM tarafından yürütülmekte olan tedarik projelerinde izlenen özgün geliştirme ve ortak geliştirme/uluslararası işbirliği modellerinden Bölüm 2.5.1'de bahsedilmiştir. Bu kapsamda planlanan projelere yönelik izlenecek yöntem Bölüm 4.2'de verilmektedir.

## 4.5 Potansiyel Uluslararası İşbirlikleri

Teknolojisi ve maliyetleri giderek yükselmekte olan savunma sistemleri ve özellikle ana platform üretimi alanlarında dünyada uluslararası işbirliğinin giderek öne çıktığı gözlemlenmektedir. Savunma sanayi geliştirmekte olan ülkemizin de bu yöndeki ihtiyaçlarını karşılarken çok uluslu projelere dahil olmasının, gerek ihtiyaç duyulan yüksek teknolojlü sistemlerin maliyet etkin bir şekilde yurt içine kazandırılması,

gerekse ülke sanayine iş payı sağlanması açısından büyük önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

SSM Sektörel Strateji Dokümanı'nda belirtilen "Stratejik, taarruzi ve muharip İHA Sistemleri için çok uluslu konsorsiyum programlarına katılım sağlanması" yönündeki stratejik amaç doğrultusunda NATO, OCCAR ve AB bünyesindeki uygun görülen çok uluslu İHA Sistemi projelerine katılıma yönelik çalışmalar halihazırda yürütülmektedir. Bu vesileyle, hem dost ve müttefik ülkelerle ikili işbirliği imkânları devreye alınmış olup, hem de yurt içi savunma sanayi firmalarımızın uluslararası pazara entegre olabilmesi ve rekabet edebilir bir yapıya kavuşabilmesi bakımından çok önemli bir fırsat yaratılmış olacağı değerlendirilmektedir. Bu açıdan Avrupa Birliği Çerçeve Programları'na (ÇP) katılımlar da önem arz etmektedir.

### 7. Çerçeve Programı (2007-2013)

2007 - 2013 Yılları arasında uygulanacak AB 7.ÇP dâhilinde İşbirliği Özel Programı'na 32,3 Milyar € ayrılması öngörülmektedir. Şekil 17'de bu bütçenin alanlara göre dağılımı gösterilmektedir.

7. Çerçeve Programı kapsamında yer alan Clean Sky Ortak Teknoloji Girişimi 1.6 milyar € bütçeye sahiptir. Clean Sky Ortak Teknoloji Girişimi'nin 3. çağrısı 29 Ocak 2010 tarihinde açılmıştır. Toplam bütçesi 18.8 Milyon € olan 3. Çağrı kapsamında 45 konu başlığında projeler desteklenecektir. Ana

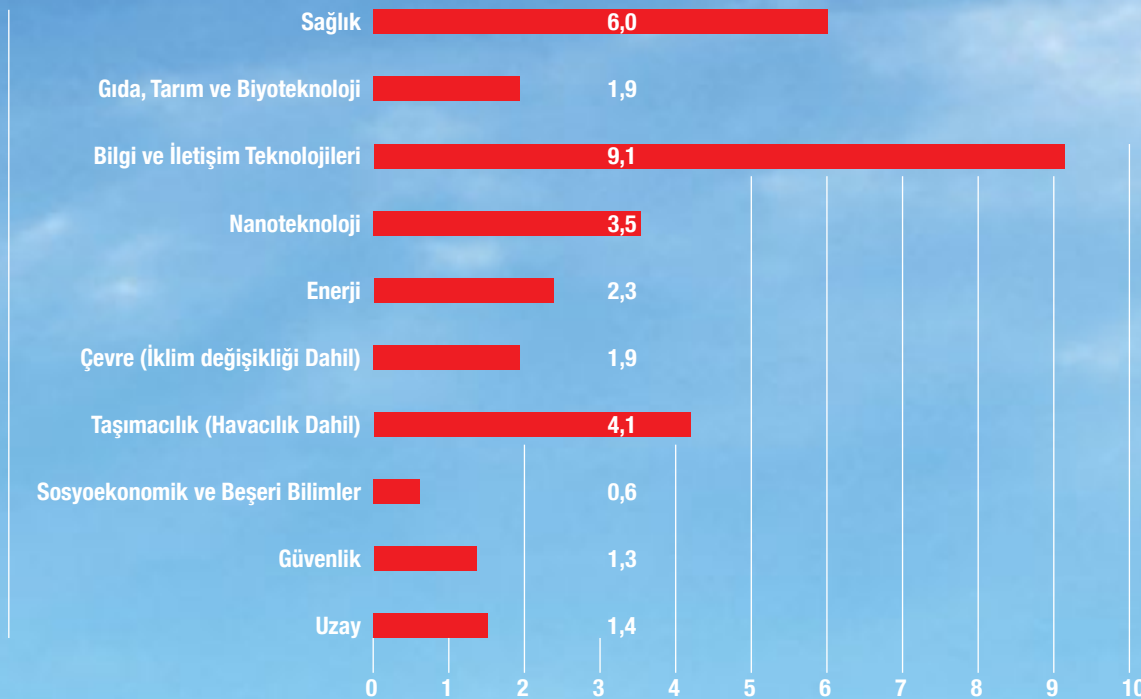
başlıklar Eko-Tasarım, Yeşil Bölgesel Hava Aracı, Yeşil Rotorlu Araç, Sürdürülebilir ve Yeşil Motorlar, Akıllı Sabit Kanatlı Hava Aracı, Yeşil Operasyonlar için Sistemler olarak sıralanmaktadır.

Clean Sky Ortak Teknoloji Girişimi'nin 4. çağrısı 30 Mart 2010 tarihinde açılmıştır. Toplam bütçesi 4.4 Milyon € olan 4. çağrı kapsamında 4 konu başlığında projeler desteklenecektir. Akıllı Kanat Teknolojisi başlığı altında "Kanat Davranışı Ölçümü için MEMS İvmeölçer", "Kanat Davranışı Ölçümü için MEMS Gyro-ölçer" alanları ile Uçuş Gösterisi başlığı altında "Sancak Hücum Kenarı ve Üst Kapama Tasarım ve Üretimi", "Krueger Flapleri Tasarım ve Üretimi" alanlarına bütçe ayrılmıştır.

Enerji Alanı 2010 Yılı Çağrılarını 30 Temmuz 2009 tarihinde açılmıştır. Çağrı kapsamında hidrojen ve yakıt pilleri, yenilenebilir enerji ve yakıt üretimi, CO2 yakalama, depolama ve temiz kömür teknolojileri, akıllı elektrik şebekeleri ve enerji verimliliği alanlarında uzun vadeli araştırma işbirliği projeleri, gösteri (demonstrasyon) projeleri ve yüksek riskli yeni geliştirmekte olan teknolojilere yönelik projeler desteklenmektedir.

Güvenlik Alanı 4. çağrısı kapsamında insansız arama- kurtarma çözümlerine yönelik araştırma alanı bulunmaktadır. Bu alan, savunma konuları ÇP araştırma alanları arasında yer almazken İHA Sistemlerinin sivil uygulama fırsatı yakaladığı bir alan olmuştur.

Bütçe Dağılımları



Şekil 17: 7. Çerçeve Programı İşbirliği Özel Programları Bütçe Dağılımı (Milyar €) [7]



## 4.6 İhracat İmkânları

Son on yıllık süreçte İHA Sistemleri'nin dünyadaki gelişimi ve operasyonel alanda kullanımları beklenenin çok ötesinde bir ivme kazanmıştır. Buna paralel olarak İHA Sistemleri'ne olan ihtiyaç ve pazar da hızla gelişmektedir. Bu yönü ile İHA projelerine yapılacak milli yatırımların geri dönüşünün artacağı, bu ürünlerin ülkemiz için önemli bir ihracat kalemi olacağı değerlendirilmektedir.

2010 yılında 5 milyar dolara ulaşan İHA Sistemleri küresel pazarındaki artışın katlanarak devam edeceği, Avrupa ve Asya'da talebin daha da artacağı göz önüne alındığında; Türkiye'nin üye olduğu uluslararası kuruluşların ilgi alanları ve bulunduğu bölge açısından bu büyümeden büyük pay alabileceğinin kaçınılmaz olduğu öngörülmektedir.

## 4.7 Gelecek Eğilimleri

Önümüzdeki on yıllık süreç içerisinde dünya İHA Sistemleri pazarının büyüklüğünün 50 Milyar Dolar'a ulaşacağı beklenmektedir. Pazarın yarısından fazlası Amerika Birleşik Devletleri oluştururken, bunu Avrupa ve Asya ülkelerinin izleyeceği öngörülmektedir. Buna paralel olarak, bu bölgelerdeki ülkelerde İHA Sistemleri geliştirme yatırımları da artış gösterecektir. Asya'da Çin, Hindistan, Güney Kore gibi ülkeler kendi İHA Sistemleri'ni geliştirme yönünde atılımlar göstermekte ve Avrupa'da Fransa, Almanya, İngiltere gibi ülkelerde İHA Sistemi geliştirme proje girişimleri ile çeşitli işbirliği projelerinde artış görülmektedir.

Avrupa özelinde incelendiğinde; Fransa'nın insan tarafından taşınabilir, taktik ve uzun havada kalışlı sistemler, dikey iniş/kalkış yapabilen (VTOL) İHA Sistemleri ve HALE sisteminden oluşan; Avrupa'nın en büyük İHA Sistemi filosunu oluşturmayı planladığı gözlenmektedir. Birleşik Krallık filosunu büyütmeyi hedeflerken Almanya, İspanya, Hollanda, İtalya ve Yunanistan önümüzdeki 10 yıl süresince yeni İHA Sistemleri geliştirmeyi planlamaktadır. Avrupa pazarındaki eğilimler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sivil ve ticari İHA Sistemlerinin gelişmelerine engel olan teknolojik ve yasal kısıtlamalar belirlenmiştir. Uçuşa elverişlilik sertifikasyonu, operasyonel yönetmelik, pilot ve hava trafik kontrolörleri için gerekli olan eğitim ve bakım; Avrupa'da yasal

düzenlemelere konu olacak alanlardır.

- Avrupa sivil İHA pazarının devlet harici kullanıcıları İHA Sistemlerine sahip olmaktansa kiralamayı uygun görmekteyler.

- Amerikan ve İsraili üretici ve tedarikçi firmaların, Avrupalı firmalar ilerlemeye fırsat bulamadan Avrupa pazarından büyük pay almaları ihtimal dâhilindedir. Günümüzde tüm İHA pazarının %4'ten az bir payı Avrupa tarafından kontrol edilmektedir.

- Teknolojideki gelişmeler otonom operasyonları mümkün kılacaktır.

- Daha uzun menzil/havada kalış sağlayan yakıt hücreleri, biyolojik model temelli aerodinamik ve motor yüzeleştirmeleri, yüksek özellikli hafif bileşenler laboratuvar çalışmaları ile İHA teknolojileriyle bütünleşik alanlardır.

- Mikro-İHA Sistemleri AR-GE programlarında ve ilerleyen dönemlerde daha uygulanabilir rollere konu olacaktır.

- Sivil İHA uygulamalarında çoğalma, bu sistemlerin daha ticari hale gelmesini sağlayacaktır.

- İHA Sistemlerinin sivil alanlardaki başarısında en önemli etkenin, bu sistemlerin toplum tarafından kabulü olduğu düşünülmektedir.

- AB yönetmeliklerinin 2015 yılında uygulamaya alınmasına kadar geçecek olan sürede en büyük gelişimin Mini-İHA Sistemlerinde olması beklenmektedir.

- Pek çoğunun büyük firmaların şemsiyesi altına alınması öngörülse, KOBİ'ler İHA Sistemleri pazarında dinamik bir etken olacaktır.

- Kiralama, sertifikasyon ve yönetmelikler için danışmanlık ve kolaylaştırma hizmeti, eğitim, bakım ve teknik destek ile sigorta sivil İHA Sistemleri pazarında takip edilmesi gereken hizmet alanlarıdır.

- Algılama ve kaçınma sistemleri, mikro aviyonik ve seyrişer sistemleri, faydalı yük geliştirmeleri, itki ve yakıt sistemleri sivil İHA Sistemleri pazarında takip edilmesi gereken teknoloji alanlarıdır.

- 2020 yılına doğru askeri ve sivil İHA Sistemi kullanımlarının Avrupa'da Birlikte Çalışabilirlik özelliğine sahip olması beklenmektedir.

**Yurt içindeki sanayi kuruluşlarının altyapısı, yüze yakın alt sistem/ teknoloji bazında tasarım ve üretim kabiliyeti açısından incelenmiş; yurt içi eğitim ve test altyapısı ihtiyaçları değerlendirilmiştir.**

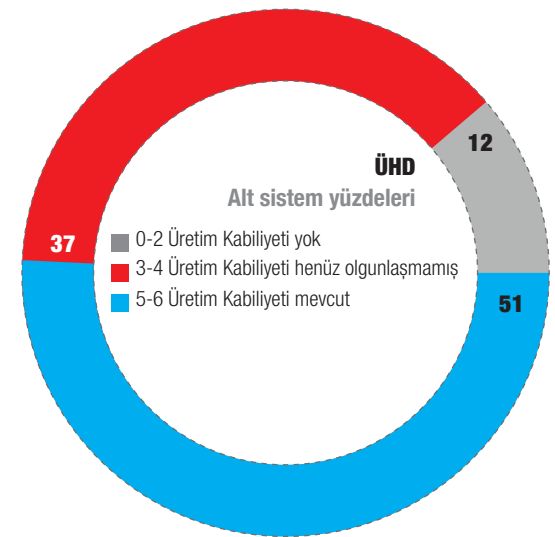
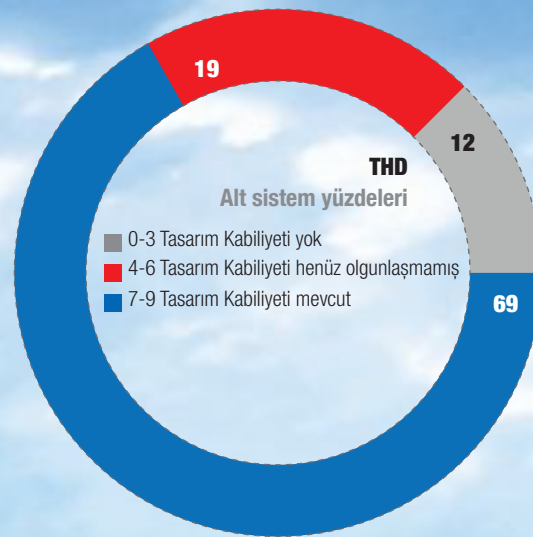


# 05

## Altyapı

### 5.1 Sanayi Kuruluşlarının Kabiliyetleri

Türkiye'deki mevcut İHA Sistemi tasarım ve üretim altyapısının tespitine yönelik olarak, oluşturulan "İş Dağılım Ağacı (İDA)" temel alınarak çalışma gruplarına katılan kuruluşlardan "Tasarım Hazırlık Düzeyi (THD)" ve "Üretim Hazırlık Düzeyi (ÜHD)" tablolarını doldurmaları talep edilmiştir. Bu bilgilerin derlenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda, yurt içi tasarım/üretim kabiliyetlerine yönelik bir ön izlenim elde edilmiştir. Bölüm 10.2'de verilen bu tabloda hazırlık düzeyleri "kabiliyet var/olgunlaşmamış/yok" şeklinde 3 seviyede gösterilmiştir. İDA'da bulunan yaklaşık 100 adet alt sistem/teknoloji için derlenen cevaplar ile makro seviyede yurt içi kabiliyet değerlendirmesine ulaşılmıştır (Şekil 18).



Şekil 18: Yurt İçi Kabiliyetlerin Alt Sistem Bazında Makro Değerlendirmesi

Söz konusu değerlendirme, kuruluşların cevapları ve öngörüler doğrultusunda yapılmış olup, teknoloji/alt bileşenden çok İDA kısıtlı seviyesinde ele alınmaya çalışılmış, bu seviyede bilgi olmadığı durumlarda öngörüler yansıtılmıştır. Yine farklı İHA kullanım alanlarının alt sistemlere getirdiği teknolojik farklılıklar (özellikle mikro ve muharip sistemler) da göz önüne alınmamıştır. Bu çalışmanın ilerleyen sürümlerinde ilgili kuruluşların kabiliyetlerinin yerinde tespiti ve değişik İHA Sistemlerini kapsayacak şekilde güncellenmesi planlanmaktadır.

Bölüm 10.2’de yurt içi tasarım/üretim kabiliyetlerinin detay değerlendirilmesi verilmekte olup yurt içinde geliştirilen/geliştirilmekte olan özgün alt sistemlerden halihazırda mevcut İHA projelerine uygulanmakta olanlar ise aşağıdaki tabloda ilgili İHA projeleri ile birlikte özetlenmektedir.

Özgün Alt Sistemler	Geliştirildiği/Geliştirilmekte Olduğu İHA Projeleri	Özgün Alt Sistemler	Geliştirildiği/Geliştirilmekte Olduğu İHA Projeleri	Özgün Alt Sistemler	Geliştirildiği/Geliştirilmekte Olduğu İHA Projeleri
<b>1.Hava Aracı</b>		<b>2.Görev Sistemleri</b>		<b>4.Yer Sistemleri</b>	
<b>Hava Aracı Yapısı</b>		<b>Görev Kontrol ve Kayıt Sistemi</b>		<b>Komuta/Kontrol Birimleri</b>	
Gövde	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	Görev Kontrol Bilgisayarı	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	Korunak	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi
Kanat	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	Görev Kayıt Birimi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi	Uçuş Kontrol Sistemi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
Kuyruk	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	<b>İstihbarat/Gözetleme/Keşif Sistemleri (ISR)</b>		Faydalı Yük Kontrol Sistemi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
<b>Hava Aracı Sistemleri</b>		Görüntüleme Sistemleri (EO ve KÖ kamera)	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi MALE İHA Hazır Alım Projesi	Yardımcı Kontrol Birimleri	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
Enerji Kaynağı Sistemleri	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	Hedef Belirleme ve İşaretleme Sis. (LRF,LD,LP)	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi MALE İHA Hazır Alım Projesi	Haberleşme	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
İniş/Kalkış Sistemleri	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	Radar Sistemleri (SAR/ISAR/MTI/GMTI)	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	<b>Görevlendirme, Görev Planlama, Analiz ve Takip</b>	
Elektrik Sistemi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi	<b>3.Hava-Yer Tümüleşik Sistemler</b>			TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
İşıklendirme Sistemi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	<b>Görüş Hattı Veri Haberleşmesi</b>			
Kablolama	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	HVT-Hava Veri Terminali	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi		
<b>Aviyonik Sistem</b>		YVT-Yer Veri Terminali	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi		
Uçuş Kontrol Bilgisayarı	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi	<b>Uydu Haberleşmesi</b>			
Uçuş Kontrol Algılayıcıları	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	UHT-Uydu Hava Terminali			
Uçuş Veri Kayıt Birimi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	UYT-Uydu Yer Terminali	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	<b>Görüntü/Veri Kıymetlendirme</b>	
Haberleşme ve Tanımlama Sistemi	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	<b>ÖİKS-Otomatik İniş/ Kalkış Sistemi</b>		Görüntüleme	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
			TİHA (MALE) Geliştirme Projesi	Görüntü Kıymetlendirme	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi
				Görev Sistemi Veri Dağıtım/Raporlama	TİHA (MALE) Geliştirme Projesi Taktik İHA Geliştirme Projesi Mini İHA Geliştirme Projesi

Tablo 13: Yurt içi Geliştirilen/Geliştirilmekte Olan Alt Sistemler ve İlgili İHA Projeleri

## 5.2 Eğitim Kurumları/ Üniversite Kabiliyetleri

Üniversitelerin Havacılık ve Uzay, Uçak, Uzay, Makine, Elektrik ve Elektronik, Elektronik ve Haberleşme, Kontrol ve Otomasyon, Metalurji ve Malzeme, Bilgisayar, Kimya, İmalat, Mekatronik, Sistem Mühendisliği Bölümleri dâhilinde eğitim ve araştırmanın uygulamalı olarak gerçekleştirilmesi için kurulmuş laboratuvarların ilgili oldukları alanlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Tablo 15):

Pek çok üniversite, laboratuvar ve atölyelerinin yanı sıra araştırma merkezlerine sahiptir ve bu merkezlerde ileri teknoloji alanları çalışılmaktadır. Aşağıda bu merkezlerden bazıının isimleri yer almaktadır (Tablo 15).

Aerodinamik	Yakıt	İtki
Mikro Elektromekanik	Elektrik Makineleri ve Güç	Mikroişlemci ve Bilgisayar Mimarisi
Sistemler Tasarım	Elektronik	
Mekatronik Tasarım	Akışkanlar Mekaniği	Turbo-akım Makineleri
Akıllı Sistemler	Süreç Denetim	Bilgisayar Tümüleşik Üretim
Meteoroloji Modelleme ve Analiz	Bilgisayar Sistemleri ve Ağları	Yüksek Başarılı Hesaplama ve Sanal Gerçeklik
Görüntü İşleme	Güç Sistemleri	Dinamik Sistemler
Robotik	İletişim Araştırmaları	İçten Yanmalı Motorlar
Yakıt Pili	Örüntü Tanıma ve Yapay Us	Sayısal Akışkanlar Mekaniği
Malzeme Test	Isı Aktarımı ve Isıl Çevre	Yüksek Hızlı Darbe
Trisonik Araştırma	Optoelektronik	Titreşim ve Akustik
Kompozit ve Yapı	Çoklu Ortam ve Veri Tabanı	Mukavemet
Kontrol ve Aviyonik	Meteoroloji Gözlem	Bilgisayar Destekli Mühendislik
Uzay Sistemleri Tasarım ve Test	Tersine Mühendislik	Motorlar ve Taşıtlar
Endüstriyel Robotik ve Otomasyon	Plastisite ve Metal Şekillendirme	Karar Destek Sistemleri ve Optimizasyonu
Deneysel Gerilme Analizi	Bilgisayar Destekli Tasarım	Bilgisayar Destekli İmalat
Kaynak Teknolojisi	Uçan Robotlar	Mikrodenetleyici
Fotoelastisite	Test ve Ölçüm Araştırma	Sinyal İşleme ve Bilgi Sistemleri
Gömülü Sistemler	İnsansız Hava Araçları	Mantıksal Devre Tasarımı
Benzetim ve İstatistik	Bilgisayar Ağları Araştırma	Karmaşık Sistemler Araştırma
Deneysel ve Sayısal Isı Transferi Laboratuvarı	Akış Modelleme ve Simülasyonu	Alternatif Yakıtlar ve Yanma Teknolojileri
Mikro Nano Tanımlama	Mekanik Titreşimler ve Gürültü Kontrol Laboratuvarı	Savunma Teknolojileri ve Simülasyon

Tablo 14: Üniversite Laboratuvarları

## 5.3 Test ve Değerlendirme Altyapısı

Savunma sanayine yönelik Türkiye'de genel bir test altyapısının oluşturulması doğrultusunda SSM tarafından bir proje başlatılmış olup, İHA Sistemleri için bahse konu proje bitene kadar müşterek kullanım alanlarından istifade edilmektedir. Diğer taraftan, İHA sistem seviyesi testleri için uygun bir hava meydanı oluşturulmasına yönelik faaliyetler ise SSM tarafından sürdürülmektedir.

Robot Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi
Malzeme Araştırma Merkezi
Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi
İletişim ve Spektrum Yönetimi Araştırma Merkezi
Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
Sinyal ve İmge İşleme Merkezi
Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim ve Robotik Merkezi
Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler Araştırma ve Uygulama Merkezi
Rotorlu Hava Araçları Tasarım ve Mükemmeliyet Merkezi (ROTAM)
Bilgisayar Uygulama ve Araştırma Merkezi
Sayısal Yöntemler Araştırma ve Uygulama Merkezi
Yeni Teknolojiler Araştırma ve Uygulama Merkezi
Bilişimsel Elektromanyetik Araştırma Merkezi
Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü
Uzay Teknolojileri Araştırma Merkezi
Makine Tasarım ve İmalat Araştırma Merkezi
Kaynak Teknolojisi ve Tahribatsız Muayene Araştırma/Uygulama Merkezi
Modelleme ve Simülasyon Araştırma ve Uygulama Merkezi

Tablo 15: Üniversite Araştırma Merkezleri

## 5.4 Altyapı İhtiyaçları

### 5.4.1 Test Merkezi ve Test Sahası İhtiyaçları

Geliştirilecek İHA sistem/alt sistemleri, kullanım kavramı ve sistem üzerindeki görev sistemlerine bağlı olarak, test altyapısı ihtiyacı değişecektir. Bu amaçla, rüzgâr tünelleri, aviyonik test ortamları, 2 veya 3 boyutta hareketli seyrüsefer (navigasyon) test ortamı, elektromanyetik etkileşim test ortamı, RF test ortamı, sentetik görüntü ortamları, benzetim modelleri, senaryo üreteçleri, motor test odası vb. değişik altyapılara ihtiyaç duyulacaktır.

Bu amaçla, TSK, araştırma kurumları, üniversiteler, enstitüler ve savunma sanayindeki mevcut yetenekler tespit edilerek kullanımı planlanabilecektir. İlave altyapı ihtiyacı SSM tarafından AR-GE kapsamına alınabileceği gibi konuya ilgi duyan firmaların kendi öz kaynaklarıyla yatırım yapması talep edilebilecektir.

Test merkezleri tarafından sağlanacak ortam şartlarında, biri diğerinden farklı test numunelerinin çalıştırılabilmesi ve işlevselliklerinin gözlenebilmesi amacı ile kapasiteleri artırılmış, kullanımı kolay ve pratik, fonksiyonel, modern test tesislerinin kurulması gerekmektedir.

TÜRKAK ve/veya diğer yetkili bağımsız (ulusal veya uluslararası) denetleme kurumları tarafından düzenli olarak gözden geçirmeleri ve denetimleri yapılan akredite test tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu test merkezlerinde yetişmiş ve konusunda uzman iş gücünün istihdamı gerekmektedir. Bu personel ile mevcut birikimlerin, tecrübelerin ve aksaklıkların paylaşılması yapılan işlerin niteliğini artıracaktır.

Test merkezleri AR-GE ve tasarım doğrulama testlerinin gerçekleştirilebileceği işlevsellikte olmalıdır. Test merkezlerinde kullanılan test ortam sağlayıcı ve test ölçüm cihazlarının bakım/ölçümleme işlemlerin gerçekleştirilebileceği destek bir iş kolunun geliştirilmesi değerlendirilmelidir.

Geliştirilen/geliştirilecek İHA Sistemlerinin kabul testlerinin ve teslim edilen ürünler için personel eğitimlerinin savunma sanayi firmalarının ortak kullanımına açık bir test merkezinde gerçekleştirilmesi mümkündür. Tesisin kapsadığı alan içerisinde olası bir kaza kırma karşı önlem alınması, mümkünse bu bölgenin yerleşim olmayan bir bölge seçilmesi emniyet açısından gereklidir. Yapılacak testlerde yer ve hava ölçümleri almak ve teste yardımcı ekipmanlar kullanmak gerekmektedir. Bu teçhizatın her firmaya özel olması yerine test merkezi için bir kez yatırım yapılarak ilgili testlerde firmalara kiralanması maliyet düşürücü bir etken olarak değerlendirilebilir. Birden çok ve benzer alanda çalışan firmaların bu tesisi kullanacağı düşünüldüğünde tesisin bağımsız bir işletme olması tercih edilebilir. Bu test merkezi, kalifikasyon ve sertifikasyon ile ilgili altyapı ve bilgi birikimi oluşturarak bu alanda faaliyetlerini

genişletebilir.

Yine kullanıcı ve bakım personeli uygulamalı eğitimlerinin gerçekleştirilmesine yönelik uygun bir uçuş meydanı da önem arz etmekte olup, üretici firmalar tarafından geliştirme sürecinde uçuş testlerinde kullanılacak böyle bir meydan, aynı zamanda uçuş eğitimlerinin verilmesi için de kullanılabilir.

Uçuş ve sonrasında hedefe atışlı uçuş testlerinin güvenle ve gizlilik içerisinde gerçekleştirilebileceği karmaşık test sahalarının kurulması gelecek dönem projelerin hayata geçmesiyle birlikte ortaya çıkacak altyapı ihtiyaçlarından bir diğeridir.

Tüm bu test aktivitelerinin (aynı anda birden fazla ürün için) yürütülebilmesi için bir koordinasyon ve/veya çalışma merkez(ler)inin kurulması ve idame ettirilmesi, gelecek dönemlerde sayısı artması muhtemel İHA Sistemleri projelerinin eşgüdümü açısından önem arz edecektir.

İHA Sistemleri için düzenlenecek bu testlerin uygulama ve planlama aşamalarında muhtemel problemlerin çözümü için bugünden bazı önlemler alınması, firmalar/kurumlar arası işbirliğinin geliştirilmesi gerekmektedir. Gelecekte karşılaşılması muhtemel testler ile ilgili öngörülen tüm bu kilometre taşlarının ilerleyen süre zarfında daha kolay aşılması için

- Bugünden ortak çalışma gruplarının oluşturulması ve belirli dönemlerde bilgilendirme çalıştaylarının düzenlenmesi,

- Test yöntem/metot/standart ve uygulamaları ile ilgili güncel teknolojik gelişmeleri takip ederek ve yetişmiş iş gücünü güncel tutarak gelişmelere destek olacak eğitim merkezlerinin kurulması ve idame ettirilmesi,

önerilen kolaylaştırıcı çözümlerdir.

İHA geliştirme etkinlikleri proje yapılabilirlik aşamasında belirlenen geliştirme sürecine uygun olarak test ve değerlendirmeye tabi tutulmalıdır. Test konuları, ölçütleri ve aşamaları ilgili prototipin ön tasarım faaliyetleri sırasında ortaya konulmalıdır.

Bu amaçla oluşturulacak test ve değerlendirme altyapısının amaca uygunluğu, yeterlilik ölçütleri ve fonksiyonel özellikleri İHA Sistemi'nin tasarım sürecinde belirlenmelidir.

Çevresel testlerin; yerine getirilmesi/geçerli kılınması gereken şartname/sözleşme hükümleri olarak görülmesinden ziyade, bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi mantığı mevcut ve gerçekleştirilmesi öngörülen tüm projelerde dikkate alınmalıdır.

Her bir prototip için yapılması gereken temel testler, ilgili prototip için belirlenen performans ölçütlerinin tespitine ve gereksinimlerle talep edilen fonksiyonel kabiliyetlerin karşılanma seviyesini belirlemeye yönelik olmalıdır.

Temelde, platform (hava aracı) testleri ile diğer alt sistemlerin (görev sistemi, silah sistemi, veri linki vb. gibi) her birinin testleri ayrı ayrı belirlenmeli, en iyileme çalışmaları ile belirlenecek testler bir arada icra edilerek maliyet etkin çözümler üretilmelidir. Kontrol istasyonlarında pilot iş yükünün arttırılmaması ve sadece gerektiği kadar bilginin görüntülenmesi ilkesine dikkate alındığından, sadece uçuş testlerinde önem kazanabilecek bazı parametrelerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Platform için gövde malzemesinin dayanıklılığı, aerodinamik uygunluğu, itki ve uçuş kontrol sistemlerinin testlerinin laboratuvar ve sahada testleri büyük önem taşımaktadır.

Gereksinim analizi sırasında her bir gereksinimin test edilme fazı ve yöntemi belirlenmelidir.

Testler spesifik olarak ele alındığında aşağıdaki altyapı ihtiyaçları belirlenmiştir.

- Ürün çalışma şartlarının en iyi benzetilebildiği kombine testler (titreşim, sıcaklık, nem ve basınç, akustik test) ile ilgili mevcut test tesisi altyapılarının geliştirilmesi ve kapsamlarının genişletilmesi

- Hava aracı nihai ürününün çevresel testlerinin gerçekleştirilebileceği büyüklükte test odalarının yapılması

- Tüm hava aracı elektromanyetik testlerinin gerçekleştirilebileceği tam yansız odaların kurulması

- Açık alan ölçümlerinin gerçekleştirilebileceği ölçüm sahalarının inşa edilmesi

- Yakın çevresinde elektromanyetik kirliliği olmadığı, ulaşımı kolay, modüler test tesislerinin kurulması

- Toz ve kum testlerinin gerçekleştirilebileceği daha büyük test odalarının hazırlanması

- Kızıl ötesi test ortamının kurulması

- Dinamik testler, yıldırım testleri ve mühimmat testleri için test sahası ihtiyacının karşılanması

- Laboratuvar ortamında platform akış alanının değerlendirilmesi, aerodinamik kuvvet ve momentlerin değerlendirilmesi için rüzgâr tünelleri

- Görüntü, ses, coğrafi bilgi sistemleri (harita vb.) ve link ile ilgili testlerde kullanılmak üzere içinde bir milli bir altyapı/kütüphanenin oluşturulması

İHA Sistemleri için geliştirilecek her bir sistem/alt sistem geliştirme aşamasına bağlı olarak aşağıdaki testlere tabi olmalıdır. Testler ile ilgili askeri STANAG/standart/çalışma grubu önerileri referans olarak belirlenip kullanılmalıdır.

- Birim testleri (birimin bağlı olduğu diğer sistem unsurlarından bütünüyle soyutlanmış olarak doğru çalışıp çalışmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan testler)

- Birim bütünleştirme testleri (Entegrasyon (birlikte çalışabilirlik) testleri)



- Konfigürasyon elemanı kalifikasyon testleri (Teste tabi sistemin/alt sistemin bir şartnameye uygunluğunu belirlemek amacıyla yürütülen ve sonucunda genellikle şartnameye uygun ürünler listesi oluşturulan testler)
- Bütünleştirme testleri (Sistem ayağa kaldırma, entegrasyon testleri)
- Sistem kalifikasyon testleri (Sistemin bir şartnameye uygunluğunu belirlemek amacıyla yürütülen ve sonucunda genellikle şartnameye uygun ürünler listesi oluşturulan testler)
- Laboratuvar testleri (Ürün ve/veya alt sistemin çalışma şartlarının laboratuvar ortamında benzetim yöntemleri ile sağlanmak kaydı ile gerçekleştirilen testler)
- Yer testleri (görev sistemi) (Montaj sonrasında sistemin/alt sisteminin işlevsellik kontrollerinin amaçlandığı testler)
- Yer testleri (tam yüklü, bütün sistem) (Uçuş Testleri operasyonel, performans, kararlılık amaçlı

icra edilen, sistem işlevsellik ve fonksiyonelliklerinin sözleşme isterlerini sağlayıp sağlamadığının deneneceği testler)

- Uçuş testleri (platform)
- Uçuş testleri (tam yüklü, bütün sistem)
- Performans testleri (fonksiyonel ve operasyonel)

Ürün bütünleştirme planına uygun olarak platformla bütünleştirilecek alt sistemler, bütünleştirme testlerine girmelidir. Tüm sistemler bütünleştirildikten sonra, sistem kalifikasyon testleri gerçekleştirilmelidir.

#### 5.4.2 Eğitim

Tüm savunma sistemlerinin geliştirilmesinde olduğu gibi İHA Sistemlerinin geliştirilmesinde de çok sayıda iyi yetişmiş mühendise ihtiyaç duyulacaktır. Üniversitelerin başta havacılık-uzay, elektrik-elektronik, makina ve bilgisayar mühendislikleri olmak üzere, mühendislik bölümleri desteklenmeli, eğitim gören mühendislerin savunma sanayine kolaylıkla uyum sağlaması için öğrenci projeleri

çerçevesinde yetişmeleri sağlanmalıdır.

Örneğin, her yıl, çeşitli üniversitelerimizden öğrenciler, o sene için belirlenmiş görev tanımına uygun olarak hazırladıkları uzaktan kumandalı uçakları ile Wichita-Kansas'ta (A.B.D.) düzenlenen "Tasarla, Yap, Uçur" (Design Build Fly) yarışmasına katılmaktadırlar. Bu yarışma, öğrenciler için hem teşvik edici, hem de öğretici olmaktadır. Benzer temaya sahip bir yarışma Hava Harp Okulu tarafından da düzenlenmektedir. Bu tür yarışmaların düzenli hale getirilmesi ve yaygınlaştırılması yararlı olacaktır. Benzer yarışmalar otonom model uçak ve mikro İHA'lar için tanımlanabilir. Özellikle İHA alt sistem teknolojilerine yönelik bu tip yarışmalar başka alanlarda da yapılabilir. FPGA tabanlı işlemcilerin veri sıkıştırma amaçlı kodlanması, çevresel etkilere dayanıklı gürbüz kodlama, veri kıymetlendirme veya hedef tanımlama yazılımları, yer istasyonu yazılımları bu alanlara örnek verilebilir. Elbette bu tip yarışmaların idamesi için savunma sanayi kuruluşları tarafından gerekli desteğin sağlanması önem arz etmektedir.



**İHA Sistemleri'nin geliştirme sürecinde ihtiyaçların analizi, birlikte çalışabilirlik, ağ destekli yetenek, müştereklik, lojistik, uçuşa elverişlilik hususlarındaki gereksinimler ve çeşitli çalışmalar değerlendirilmiştir.**



# 06

## Gereksinimler

### 6.1 Gereksinim Analizleri

Savunma sanayinde yeni bir sistemin geliştirilmesinin uzun süreler alması, geliştirme maliyetlerinin başlangıçta öngörülememesi, ihtiyaçların/alternatif sistemlerin/proje modelinin başlangıçta net ortaya konulamaması, benzer kategorideki ürünler arasındaki karşılaştırma ve doğrulama yapılamaması, alınacak ürünün ihtiyaçları karşıladığının erken aşamalarda doğrulamasının yapılamaması, sistem henüz ortada yokken bakım/onarım maliyetlerinin önceden planlanamaması gibi yaşanan zorluklar, eskiye nazaran daha karmaşık sistemlerin daha ucuza ve daha kısa sürede tedarikini hedefleyen yeni yöntemlere ihtiyacı doğurmuştur. 1990'ların ikinci yarısından itibaren tedarik makamlarının ve savunma sanayinin, tedarik süreçlerine ve programlarına entegre bir simülasyon teknolojisinin sağlam ve işbirliği içerisinde kullanımının olanak tanıdığı bir tedarik sürecine sahip olması amacıyla "Simülasyon Tabanlı Tedarik" yöntemi gündeme gelmiştir. Simülasyon tabanlı tedarikin hedefleri;

- Tüm tedarik süreci ile ilgili süreyi, kaynakları ve riskleri minimize etmek,
  - Tedarik edilecek sistemin yaşam döngüsü boyunca mülkiyet maliyetini düşürürken, kalitesini, askeri değerini ve desteklenebilirliği artırmak,
  - Tüm tedarik yaşam döngüsü boyunca tümleşik ürün geliştirme yöntemlerini kullanmak,
- olarak sıralanabilir.

Simülasyon tabanlı tedarik modelinde, tedarik maliyetlerini düşürmek ve tedarik sürelerini kısaltmak amacıyla tüm tedarik süreci (ihtiyaç tanımlama, işletme/idameye kadar) etkileşimli bir yöntemle ele alınmaktadır (Bölüm 6.1.1). Tedarik edilen ürünlerin alımı sonrasında ürün ile ilgili edinilen bilgilerin başka tedarik süreçlerinde etkin ve sistematik olarak kullanılabilmesi simülasyon tabanlı tedarik ile hedeflenmektedir.

Tedarik sürecinin ihtiyaç belirleme safhasında simülasyon tabanlı yaklaşımlar ile;

- Harekât konseptine yönelik gereksinimlerin değerlendirilmesi,
- Gereksinimlerin senaryolar çerçevesinde analiz edilmesi,
- Gereksinimlerin alternatif sistem çözümleri bazında irdelenmesi, olumlu/olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve kısıtların tespit edilmesi,
- Gereksinimlerin önceliklendirilmesi,
- Alternatif sistem çözümlerinin senaryolarla analiz edilmesi ve eniyilmesi,

gibi çeşitli gereksinim analizlerinin proje başlamadan önce kullanıcı, tedarik makamı ve geliştiricilerin eşgüdümü içinde gerçekleştirilebilmesi, isteklerin netleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Benzer şekilde proje modeline, kaynak/işgücü/malzeme/eğitim planlamasına yönelik analizler de simülasyon tabanlı tedarik yöntemleri sayesinde gerçekleştirilebilmektedir.

Simülasyon tabanlı tedarikin sağlayacağı bu avantajlar göz önüne alındığında, orta-uzun vadedeki İHA Sistemi projelerinde kullanımının ele alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

### 6.1.1 Simülasyon Tabanlı Tedarik

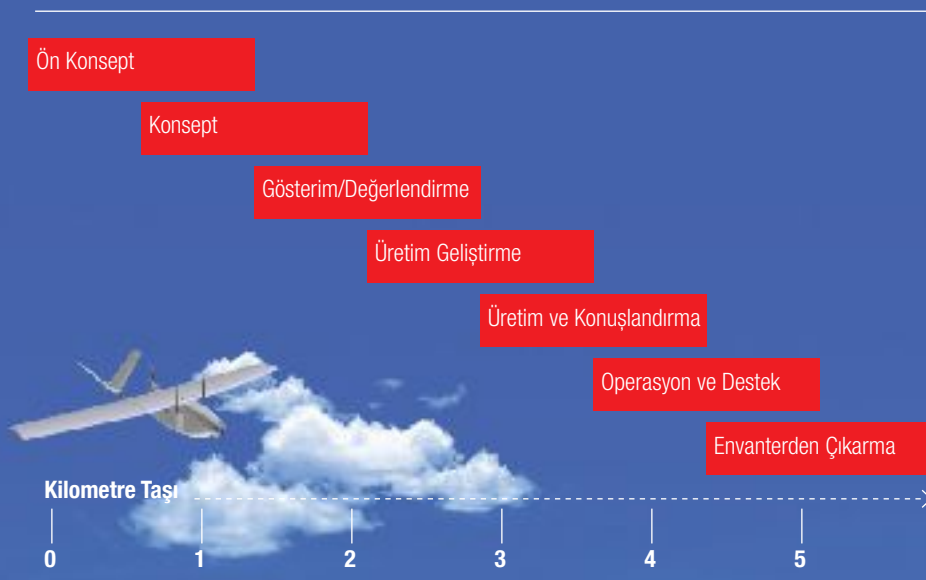
Mevcut teknolojik sistemlerin maliyetlerinin artması ile birlikte tedarik amaçlı simülasyon sistemlerinin önemi artmaktadır. Yapılması veya alınması planlanan ürünün kazandıracakları, mevcut sistemlerle uyumluluğu, bulunan coğrafi bölgedeki çalışma performansı, üzerinde bulunması istenen veya bulunan sensörlerin çalışma kabiliyetleri ve performansları analiz edilebilmektedir. Böylece müşteri, ihtiyacını daha iyi tanımlayabilmekte ve gerçek sistemde karşılaşılabileceklerinin ön çıkarımında bulunabilmektedir. Bu şekilde gerek tedarik sürecinde alınacak ürünün, gerekse mevcut sistemlerin kabiliyetleri analiz edilebilmektedir. Benzer analizlerle, kullanıcı çeşitli donanım ve yazılımlara değişik parametreler belirleyerek normal şartlarda belirli seviyede maruz kaldığı dış etkenler, hava durumu, coğrafi koşulların zorluk seviyesini arttırarak olası kötü senaryoları da test edebilme kabiliyetine kavuşmaktadır.

Cihazın kabiliyetlerinin yanı sıra, tedarik edilecek cihazın veya mevcut cihazları kullanacak kişilerin bölgesel bazlı değişikliklerden ötürü algısal farklılıkları, durumsal farkındalık ve üst seviye uzmanlık ve dikkat gerektiren cihaz kullanımlarında yaşadığı stres ve baskının ölçülmesine olanak tanıyabilmektedir. Bu ölçümler, kişi o sistemi kullandığı esnada bilişsel yükün ölçülmesi ile kişinin sistem üzerindeki kabiliyetlerini, eksikliklerini ve yeteneğini gösterebilmektedir. Böylece sistemi kontrol edecek/yönetecek kişiler açısından bölgesel farklılıklar göz önünde bulundurularak, tedarik edilecek sistem üzerinde değişiklikler talep edilebilmekte ve daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Özellikle İHA'larda kısa süre içerisinde hedef bulmaya çalışan operatörlerde bu tür değişiklikler çok ciddi bir şekilde fark edilebilmekte ve olumsuz durumların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar simülasyon

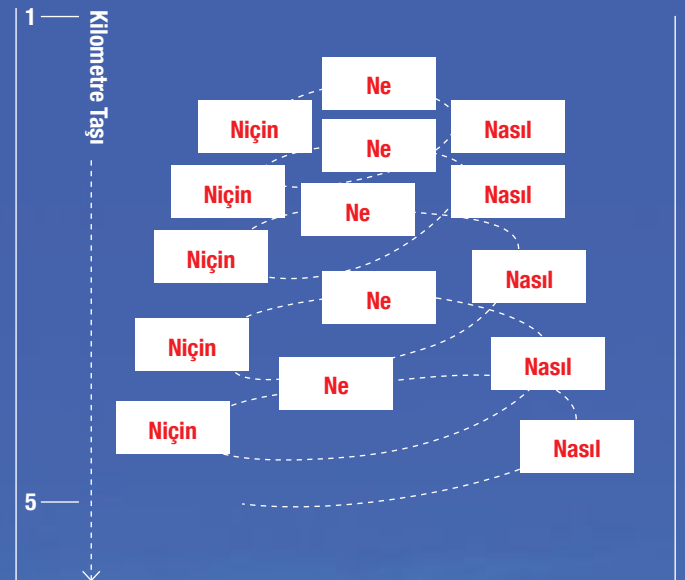
sistemleri ile yapılabilmektedir.

Geleneksel tedarik yaklaşımında ise müşteri talep edeceği ürünün belirli fiziksel kabiliyetlerini ve özelliklerini tam anlamıyla kullanamadan tanımlayarak satın almaktadır. Çeşitli testler ve denemeler belirli sınırlar içerisinde kalıp İHA Sistemleri'nde maliyetin yüksek olması sebebiyle zor koşullarda test imkânı sağlanamamaktadır. Gerek tedarik sürecinde gerekse ilgili donanımın eğitimi süresince sistemi en üst seviyede kullanabilmek büyük riskler taşıyabilmektedir. Donanımın temini ile ilgili ihtiyaçlar projenin başlangıç aşamalarında belirlendiğinden geliştirme testlerinden sonra ilgili donanımı genişletme ve gerçek istekleri ortaya koyma güçleşmektedir [8]. Geleneksel tedarik süreci Şekil 19'da görülmektedir.

Simülasyon bazlı tedarikin en önemli avantajlarından biri de mevcut donanımın değiştirilmesi veya farklı bir donanımın test edilmesi için en risksiz ve maliyeti etkin yöntem olmasıdır. Örneğin, irtifaya dayalı performans hedefleri olan bir İHA Sistemi'ne gelecek ek bir donanımın ne gibi sonuçlar doğuracağı veya mevcut donanım kabiliyetlerinin ne gibi eksikliklerinin bulunduğu belirlenmesine, haberleşme altyapısının yeterliliği ve farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasının ne gibi sonuçlar üreteceğinin görülmesine olanak sağlar. Değişen ve bölgesel farklılık içeren coğrafi koşullar cihazların çalışma verimini, iletişim altyapısını değiştirebilmekte ve etkileyebilmektedir. Simülasyon bazlı tedarik ile bu durumların tamamının benzetimi gerçekleştirilerek, ihtiyaç duyulan İHA Sisteminin özellikleri daha net bir şekilde belirlenebilmektedir. İhtiyaçlar doğrultusunda genişletilebilmekte veya ona göre ayarlanabilmektedir [8]. Simülasyon bazlı tedarik özetle Şekil 20'de görülebilmektedir.



Şekil 19: Geleneksel Tedarik Yaklaşımı [8]



Şekil 20: Simülasyon Bazlı Tedarik Yaklaşımı [8]

Simülasyon bazlı tedarikin ana amacı satın alma öncesi yaşanan karmaşayı engellemektir. Yukarıda belirtildiği üzere ortam koşulları ve donanım testleri için kullanılan simülasyon sadece o dönemde alınacak ürünler için değil daha sonraki dönemlerde de alınacak ürünler içinde bir altyapıdır. Yaşayan bir simülasyon mimarisi ile değişen teknoloji doğrultusunda kendisini güncelleyebilir bir altyapıya sahip olmalıdır.

İHA Sistemi tedariki için geliştirilecek olan simülasyonda belirlenen kavramsal modeller doğrultusunda sanal ortamda kullanıcılar sistemi test edebilecektir. Simülasyon sisteminin, İHA Sistemi'nin belirlenen kapsam içerisinde, bağımsız bir kurul aracılığı ile uçuş dinamiklerinin, sahip olduğu sensör, vb. donanımların, haberleşme altyapısının ve sistemin çalışmasını doğrudan etkileyen diğer unsurların doğrulanması gerekmektedir. Bu çalışmalarda son zamanlarda ön plana çıkan NATO tarafından da desteklenen "Geçerleme, Doğrulama ve Kabul için Genel Metodoloji" (Generic Methodology for Validation, Verification and Acceptance) kullanılarak simülasyon sisteminin kavramsal modelleri doğrulanmalıdır. Böylece hazırlanan bu sistem için geliştirilen kavramsal modellerin gerçeğe ne kadar yakın olduğu simülasyon sisteminin doğru sonuç üretip üretmeyeceği kestirilerek modellerin bu sistem içerisinde yeterliliği onaylanmış olur. Bu tür doğrulama geçerleme işlemi sadece sistemin üreteceği sonuçları doğrudan etkileyecek olan unsurların yani kavramsal modellerin doğrulanması için kullanılmaktadır. Yazılım kodlama safhası, sistem mimarisi bu kapsamda yer almaz.

Yukarıda bahsedilenler ışığında, simülasyon bazlı tedarik ele alındığında geleneksel yöntemlere göre

riskin düşürüldüğü ve bilincin artırıldığı açık bir şekilde görülmektedir. Tedarik amaçlı oluşturulacak altyapı, sistemin yeterlilik unsurlarının yanı sıra operatörün sisteme olan uyumunu da değerlendirilebilmektedir. Örnek bir simülasyon bazlı tedarik akış şeması genel hatları ile aşağıda gösterilmektedir (Şekil 21).

## 6.2 Birlikte Çalışabilirlik

Birlikte Çalışabilirlik, iki veya daha fazla sistemin etkin bir şekilde çalışmak için birbirleriyle bilgi değişme ve bu bilgiyi kullanma kabiliyetidir. Birlikte Çalışabilirlik'te amaç; sistemlerin ortak hedefe yönelik etkin çalışmasıdır. Günümüzde müşterek bir harekât için sistemlerin bir arada çalışması kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Dünyadaki birçok girişim veya kurum geçmişten bu yana birlikte çalışabilirlik üzerinde çalışmalar yürütmektedir.

Network Centric Operations Industry Consortium – NCOIC ise Birlikte Çalışabilirlik'i şöyle tanımlamıştır:

"Herhangi bir organizasyonda insanların ve süreçlerin kabul edilebilir bir uyum içinde çalışabilmesi"

IEEE standart bilgisayar sözlüğünde geçen birlikte çalışabilirlik tanımı şöyledir:

"Bir sistemin ya da birimin, ortak standartlar çerçevesinde diğer bir sistemin ya da birimin bilgisini ve/veya işlevlerini kullanabilme yeteneği"

ABD DoD tarafından NATO'da birlikte çalışabilirlik kavramı ise şu şekilde açıklanmıştır:

"NATO'da, sistemlerin, birimlerin veya kuvvetlerin etkili bir şekilde birlikte çalışmasına olanak sağlamak

amacıyla servis sağlaması ve diğer sistemlerin, birimlerin veya kuvvetlerin servislerini kullanması "

Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından Kongreye sunulan 27 Temmuz 2001 tarihli Ağ Merkezli Harp konulu raporda Birlikte Çalışabilirlik ile ilgili olarak aşağıdaki açıklamalar verilmiştir:

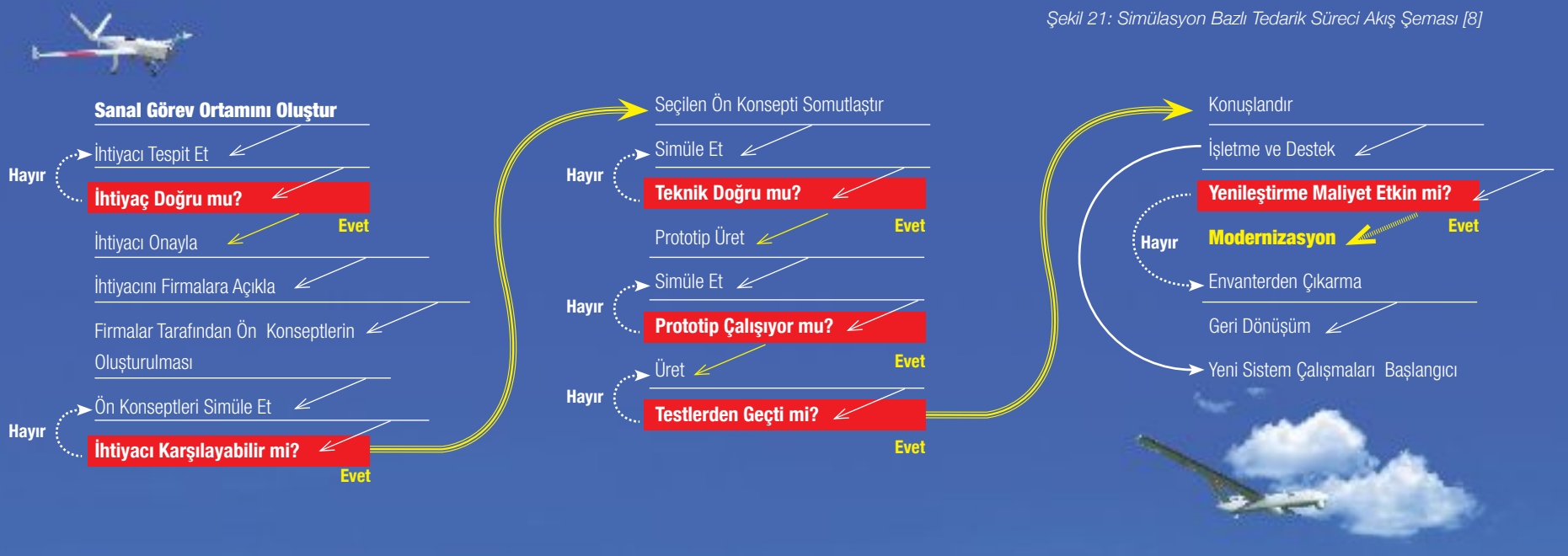
"Global Information Grid'in (GIG) başarısı büyük oranda kuvvet bazında bilgi paylaşımına izin verecek olan tamamen birlikte çalışabilir kuvvetleri nasıl sağlayacağına bağlıdır."

"Birlikte Çalışabilirlik tüm DoD operasyonel ve sistem mimarilerinde anahtar bir parametredir." Birlikte Çalışabilirlik kavramı Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp (ADY/AMH) ile çok yakından ilgilidir. Ağ Merkezli Harp aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir:

"Ağ Merkezli Harp, bilgi üstünlüğüne dayanan algılayıcı, karar destek ve silah sistemlerinin oluşturduğu küresel ağın sağladığı en üst düzeyde Birlikte Çalışabilirlik yeteneği ile ortak farkındalık, komuta hızında artış, yüksek tempolu operasyonların yönetimi, daha başarılı hedef imha oranı ve yüksek seviyede hayatta kalma becerisi sağlayan bir doktrindir."

SSM tarafından kullanılmakta olan Ağ Destekli Yetenek tanımı (Ağ Destekli Yetenek Teknik Uygulanabilirlik Çalışması, 2009) ise şu şekildedir:

"Bilgi çağının askeri alandaki etkisi olarak, modern ordularda başlatılan yenilenmelerde temel alınan kavramdır. Dağıtık yapıda bulunan karar vericileri, algılayıcıları, askeri güçleri ve silah sistemlerini ağ teknolojileri ile entegre ederek, bilgi üstünlüğünü sağlama ve bilgi üstünlüğünü görev etkinliğine dönüştürme yeteneğidir."



İleri gözetleyicilerin uçurduğu kısa menzilli bir araçtan alınan görüntüleri topçu bataryasına ya da havadaki helikoptere aktarabilmek, farklı birimlerden sayısal ortamda gelen keşif ihtiyaçlarını tek bir noktadan farklı hava araçlarının rotalarını optimum planlayarak oluşan verileri ilgili birimlere gönderebilmek gibi düşünülmesi gereken farklı ihtiyaç seviyeleri bulunmaktadır. Bunlara ek olarak TSK içindeki kuvvet ve birliklerin otomasyon seviyelerindeki farklılıklar da göz ardı edilmemelidir.

Ülkemizde bilginin etkin kullanımına, Birlikte Çalışabilirlik yeteneğine ve ADY/AMH dönüşümüne katkı yapacak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, iletişim sistemlerinden komuta kontrol sistemlerine kadar pek çok alanda bulunmaktadır. Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde bulunan TAFICS ve TASMUS, iletişim sistemlerinin omurgasında yer alacak iletişim teknolojileridir. Ayrıca, ülkemizde Çok Bantlı Sayısal Müşterek Telsiz (Yazılım Tabanlı Telsiz) ve Uydu haberleşmesine yönelik endüstriyel çalışmalar da yapılmaktadır.

Ülkemizde, SSM önderliğinde bir Ağ Destekli Yetenek (ADY) Ortak Girişim Grubu (ADYOGİG) oluşturulmuştur. Bu grubun amacı, Savunma Sanayi'nde hizmet veren firmaların, SSM ve TSK önderliğinde, ADY konusundaki gereksinimlerin belirlenmesine katkıda bulunmak ve Türkiye'nin ADY konusundaki kısa, orta ve uzun vadeli stratejilerinin oluşturulması sırasında destek sağlamak olarak belirlenmiştir. ADYOGİG içinde yer alan alt gruplar ile Türkiye'deki ADY dönüşümü üzerine detaylı çalışmaların yapılması hedeflenmektedir. Ayrıca 24 Kasım 2009 tarihinde 1. Ağ Destekli Yetenek Çalıştayı gerçekleştirilmiş ve SSM bünyesinde Ağ Destekli Yetenek Projeleri Proje Grubu oluşturularak bu tip

projelerin en verimli şekilde gerçekleştirilebilmesi için koordinasyon sağlanmaya çalışılmıştır.

### Birlikte Çalışabilirlik Seviyesi (Level of Interoperability - LOI)

Hava aracı ile Kontrol İstasyonu arasındaki işletimsel bağımlılık 5 farklı seviyede tanımlanabilir.

- Seviye 1: Hava aracı verisinin dolaylı yollardan alınması
- Seviye 2: Hava aracı ile doğrudan bağlantı sağlayarak hava aracı verisinin alınması
- Seviye 3: Faydalı yüklerin kontrol edilmesi ve izlenmesi
- Seviye 4: Hava aracının iniş/kalkış dışında kontrol edilmesi ve izlenmesi
- Seviye 5: Hava aracının iniş/kalkış özelliği ile birlikte kontrol edilmesi ve izlenmesi

Birlikte Çalışabilirlik Seviyesi hava aracının otonomi seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Hava aracı ya da faydalı yüklerin yerden gerçek zamanlı kontrolü ihtiyacı yer aldıkça Birlikte Çalışabilirlik seviyelerinden seviye 3, 4 ve 5'in uygulaması mümkün olmayacaktır.

Birlikte Çalışabilirlik ve Ağ Destekli Yetenek/ Ağ Merkezli Harp temel gereksinimleri aşağıda verilmektedir:

- Birlikte Çalışabilirlik ve ADY/AMH için iletişimde bulunacak sistemlerin servis odaklı mimariyi (SOM) ve IP desteklemesi gereklidir. Orta ve uzun vadede IPv6 desteği hedeflenmelidir.
- ADY/AMH yardımıyla farklı platformlarda konumlanan karar vericiler, bilgi toplayıcılar ve üreticiler, servis sağlayanlar ve kullananlar ortak bir

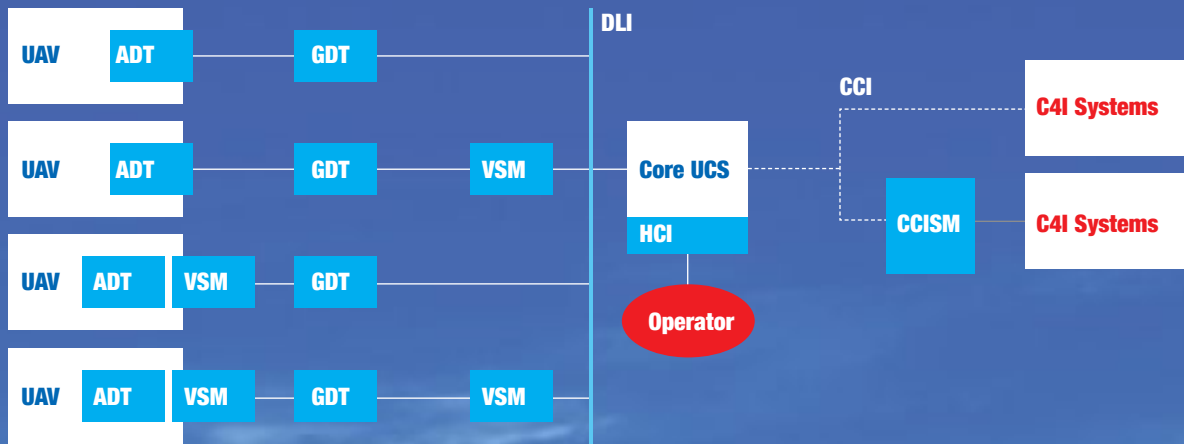
iletişim protokolü olan IP ile haberleşebilmelidir.

- Farklı platformlardaki uygulamalar hızlı, güvenilir ve kolay bir şekilde bütünleşik çalışabilmelidir. SOM'a uygun olarak gevşek bağlı (loosely coupled) yapılar kullanılmalıdır.
- Var olan servisler SOM'a uygun olarak farklı uygulamalarda yeniden kullanılabilir.
- İHA'lardan elde edilecek faydalı yük çıktıları standart bir formatta olmalıdır.

Birlikte Çalışabilirlik kavramı benzer mimarilere, standart arayüzlere yönlendirdiği için bütünleştirme sürelerini kısaltmakta ve yeni teknolojiler için geliştirmeye açık olması nedeni ile avantaj sağlamaktadır.

Uluslararası pazarda Birlikte Çalışabilirlik kavramı her geçen gün arttığı için bu pazara hızlı şekilde girebilmeyi ve uluslararası operasyonlarda yer alabilmeyi sağlayacaktır.

İleride İHA Sistemlerinin yurt içinde kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, aşağıda belirtilen diğer sistemler ile birlikte çalışabilirlik hususları daha da önem kazanacak olup, kullanım konseptlerinin bu açıdan gözden geçirilmesi ve bu amaca yönelik bilgi aktarım yöntemleri ve teknolojilerin göz önüne alınması gerekmektedir. İlgili iletişim yapısına göre İHA Sistemleri'nin mesaj uygulamaları yapılmadan önce gerçekleştirilecek "Birlikte Çalışabilirlik" faaliyetleri ile günümüzde var olan ve gelecekte var olması düşünülen platform veya sistemlerle iletişim detayları önceden belirlenip, uygulama bedellerinin düşürülebileceği ve "Birlikte Çalışabilirlik" verimliliğinin en üst düzeye çekilebileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 22: DLI Arayüzünün STANAG 4586'daki Rolü [9]

## 6.2.1 Hava Aracı – Kontrol İstasyonu Arası Bilgi Aktarımı

Hava Aracı ile Kontrol İstasyonu arasındaki bilgi aktarımı hava aracı, faydalı yük ve veri link sistemi kontrol komutlarını; hava aracı, faydalı yük ve veri link sistemi telemetri verilerini ve Faydalı Yüklerden elde edilen görüntü ve video verilerini kapsamaktadır. Bu bilgi aktarımı STANAG 4586'da Data Link Interface (DLI) olarak tanımlanmıştır.

Şekil 22'de gösterildiği üzere, operatör arabirimi arayüzlerini İnsan Bilgisayar Arayüzü (Human Computer Interface, HCI) olarak belirttiği arayüzde, C4I arayüzlerini CCI/CCISM (Command & Control Interface Specific Module) olarak belirtilen arayüzlerde, hava aracı ile olan arayüzleri de DLI (Data Link Interface) arayüzlerinde tanımlamıştır.

Araç Özel Modülü'nün (Vehicle Specific Module, VSM) yer alması ile standarda uygun olmayan Hava Aracı arayüzlerinin, standarda uyumlu hale getirilmesi hedeflenmiştir. VSM, Kontrol İstasyonu'nda yer alabileceği gibi hava aracında veya hem hava hem yer birimlerinde de yer alması mümkündür. Şekil 22'de VSM ile ilgili farklı mimari senaryolar verilmiştir.

## 6.2.2 Kontrol İstasyonları Arası Bilgi Aktarımı

Kontrol İstasyonları arası bilgi aktarımı, Hava Aracından elde edilen verilerin diğer kontrol istasyonlarına C4I arayüzünden aktarımını, Hava Aracı veya Faydalı Yük kontrolünün diğer Kontrol İstasyonuna devretmeyi (hand-over) sağlayacak bilgilerin kontrol istasyonları arasında paylaşımını kapsamaktadır. Bu devretme işlemi sayesinde bir kontrol istasyonu Hava Aracını kontrol ederken diğer bir kontrol istasyonu Faydalı Yükleri kontrol

edebilmekte ya da Hava Aracı ve Faydalı Yüklerin kontrolü tamamen diğer kontrol istasyonuna bırakılmaktadır.

Bu bilgi aktarımı, STANAG 4586'da Komuta ve Kontrol Arayüzü (Command and Control Interface, CCI) arayüzünde tanımlanmıştır.

## 6.2.3 İHA Sistemleri – İnsansız Deniz ve Kara Araçları Arası Birlikte Çalışabilirlik

İHA'ların yaygınlaşması ile birlikte İnsansız Deniz ve Kara Araçlarının kullanımı da her geçen gün artmaktadır. Bu durum İnsansız sistemlerin operasyonel olarak birlikte çalışabilme ihtiyacını doğurmaktadır. İnsansız sistemlerin birlikte çalışabilirliği, kontrol istasyonları arası bilgi aktarımı ya da platformlar arası bilgi aktarımı ile sağlanabilir.

## 6.2.4 İHA – C4I Sistemleri Arası Birlikte Çalışabilirlik

Şekil 23'de gösterilen CCI arayüzü, Kontrol İstasyonu ile C4I sistemleri arasındaki arayüzleri tanımlamaktadır. Bu arayüz üzerinden, Kontrol İstasyonu'nda elde edilen verilerin dış sistemlerle paylaşılabilmesi, görev emrinin alınması, görev raporu iletimi, NOTAM/Meteoroloji/Dost Birlik/Düşman Birlik vb. planlama ile ilgili verilerin alınması gibi işlevler mümkün olmaktadır.

İHA Sistemini, komuta/kontrol bilgi sistemleri ile bütünleştirme bir zorunluluk olarak görülmektedir. İHA'lardan gelecek olan verilerin işlenmesi ve kıymetlendirilmesi bilgi sistemleri tarafından yapılmaktadır. Bu kapsamda aynı anda pek çok İHA'dan gelecek görüntünün paralel olarak işlenerek

kıymetlendirilmesi gerekmektedir.

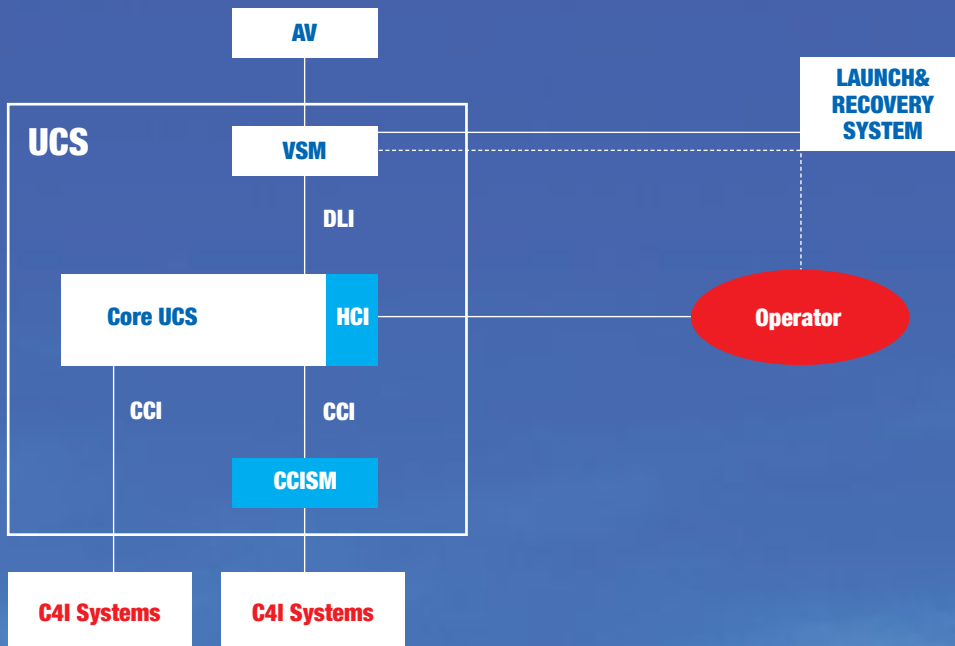
İstihbarat süreçlerinin K.K.K.İği, Hv.K.K.İği, Dz.K.K.İği ve Genelkurmay Başkanlığı bazında bütünleştirilmesine ihtiyaç duyulabilir. Hava Aracının radarlarda görülemediği durumlarda pozisyonunun radarlarda takip edilebilmesi için yöntem oluşturulmalıdır. Telemetri verisinin ilgili noktalara aktarılması ya da IFF sistemin kullanılması bu yöntemler arasında yer almaktadır.

Karaya iniş kalkış yapan hava araçlarının deniz üstündeki seyirlerinde ilgili gemilerden de komuta kontrolü ve görev sistemlerinden gelecek bilgilerinden faydalanabilmesi sağlanmalıdır. Bu kapsamda gemilerin komuta kontrol ve bilgi sistemleriyle bütünleşik çalışan bir arayüzün kullanılması, gemilerin hâlihazırda anten/haberleşme, bilgi işleme kabiliyetlerinin kullanılmasını sağlayacaktır.

Bir gemiden kalkıp diğerine inecek DİK tipindeki hava araçlarının kontrolünün gemiler arasında birbirine devri yapılabilir. Ayrıca birden fazla hava aracının kullanılmasının ve takibinin de gemilerde yapılabilmesi faydalı olacaktır.

## 6.2.5 İHA – İnsanlı Sistemler Arası Birlikte Çalışabilirlik

İnsansız Sistemlerin hızla artmış olması, bu sistemleri insanlı sistemler ile birlikte ortak operasyonlarda kullanılabilme avantajını ortaya çıkarmıştır. Kontrol İstasyonuna görüntü aktarabilen hava aracı, aynı görüntüyü insanlı sisteme aktararak menzil sıkıntısı yaşamadan bilgi paylaşımı sağlamış olmaktadır. Görüntüyü alan İnsanlı Sistem de kendi kabiliyetleri dâhilinde bu bilgiyi kullanabilir ya da başka sistemlere aktarımını sağlayabilir.



Şekil 23: STANAG-4586 Fonksiyonel Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) Mimarisi [9]

## 6.2.6 Sivil Sistemler ile Birlikte

### Çalışabilirlik

İHA Sistemlerinin sivil alanda kullanımı, bilimsel gözlem (hava durumu tahmini, atmosferik araştırma, okyanus araştırması, kasırga gelişim araştırması, volkan çalışmaları ve volkanik patlama alarmı vb.), gözetleme (sel izleme, kasırga izleme, orman yangını tespiti, sahil hattı izleme, boru hattı izleme, yol trafik izleme ve kontrolü, nükleer ve tehlikeli gaz radyasyonu izleme vb.) ile acil durum (arama kurtarma, acil durum müdahale ve operasyon yönetimi vb.) gibi çok geniş bir alana sahiptir. Bu tür çalışma ve operasyonlara yönelik Türkiye’de geliştirilmiş ve kullanılmakta olan (Afet ve Acil Durum Yönetimi Bilgi Sistemi, Kent Güvenlik Yönetim Sistemi gibi) sivil bilgi sistemleri mevcuttur. Sivil otoritelerce bu tür çalışma ve operasyonlar sivil İHA Sistemlerinin kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra, bu tür çalışma ve operasyonlarda gerektiğinde askeri amaçlı İHA Sistemleri görevlendirilebileceği gibi, bu sistemler tarafından elde edilen ve işlenen/kıymetlendirilen sayısal veriden (telemetri, algılayıcı görüntü ve destek verisi) oluşan görüntü bankasının (güvenliksiz

(non-secure) ağlarda yer alan) sivil sistemlere kontrollü bir şekilde ve ADY/AMH prensiplerine uygun olarak servis sunması ile Birlikte Çalışabilirlik sağlanabilmelidir. Bu amaçla görüntü bankasında yer alan bilgilere gizlilik dereceleri verilebilmeli, gizlilik derecesi uygun verinin sivil uygulamalar tarafında keşfedilebilir ve standartlara uygun bir şekilde sunumuna yönelik servis tanımlama ve kayıtları yapılabilir. Bu doğrultuda Kurumsal Servis Yolu (Enterprise Service Bus) ve kontrollü çift yönlü bilgi değişim kapılarının (Sanal Hava Boşluğu – Virtual Air Gap) kullanılması söz konusu olabilir.

## 6.2.7 Veri Modelleri ve Teknolojiler

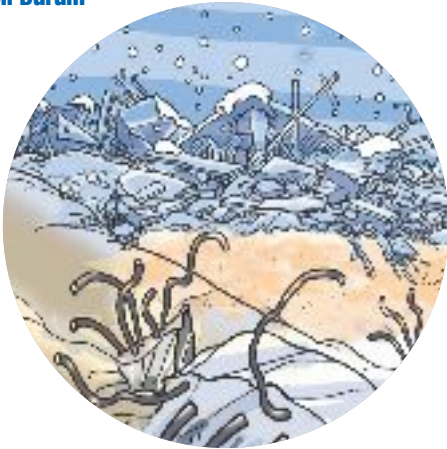
Birlikte Çalışabilirlik ve ADY/AMH göz önünde tutulduğunda aşağıdaki veri model ve teknolojiler birlikte çalışabilirlik için esas alınmalıdır:

- Common Data Link (CDL)
- Tactical Common Data Link (TCDL)
- Tactical Digital Information Links (TADIL)

- Tactical Data Link (Link11, Link 16, vb.)
- C4I ile Mesajlaşma; AdatP-3 ve Formatted Text Messages
- JC3IEDM, C2IEDM, MIP Data Modelleri
- Data Distribution Service (DDS)
- Servis Odaklı Mimari (SOM)
  - ESB
  - JMS ve Web Services
  - Veri için XML
  - Mesajlaşma için SOAP
  - Veri iletişimi için TCP üzerinde HTTP
  - Kayıt servisleri için UDDI
  - Servis tanımlamaları için WSDL

Bu modellerden Mesajlaşma, Veri Modeli ve TADIL karşılaştırıldığında, Birlikte Çalışabilirlik için kullanılacak standart için var olan (legacy) sistemleri de öngörece bir geçiş dönemi planlama ihtiyacı bulunmaktadır.

### Acil Durum



### Kriz Koordinasyon Merkezi



### Gerçek Zamanlı Video

### Sivil Amaçlı İHA'lar

### Keşif

### İHA Video Verisine Erişim



### Kriz Müdahale Operatörü

Şekil 24: İHA Verisinin Sivil Uygulamalar Tarafından ADY Uyumlu Kullanım Gösterimi



## 6.2.8 Milli Mimari Çerçevesi (Architecture Framework) Gerekliliği

Dünyada özellikle ABD, İngiltere ve NATO'nun Birlikte Çalışabilirlik ve Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp çalışmaları dikkatlice incelendiğinde tüm komuta kontrol sistemlerinin bir Mimari Çerçevesi (Architecture Framework) ile ifade edilmesi gerektiği görülmektedir. Bu mimari çerçeve ile tüm komuta kontrol sistemlerinin çeşitli paydaşlar için (grafik, tablo veya metinden oluşan) çeşitli standart mimari görüntüleri (örneğin operasyonel görüntü, sistem görüntüsü, teknik görüntü, stratejik görüntü vb.) oluşturulması ve böyle ortak, kolay ve kapsamlı bir şekilde karmaşık konuların anlaşılabilirliği hedeflenmiştir. Bu kapsamda ABD için DoDAF (Department of Defence Architecture Framework), İngiltere için MoDAF (Ministry of Defence Architecture Framework) ve NATO içinse NAF (NATO Architecture Framework) mimari çerçeveleri oluşturulmuştur.

Benzer şekilde Türkiye için de bir mimari çerçevenin kullanımı veya milli bir mimari çerçevenin oluşturulması, tüm savunma projelerinin aynı şekilde ifade edilmesi ve sunumu için gerekmektedir.

Milli Mimari Çerçevesi, komuta kontrol projelerinin aynı dilden konuşabilmesi için yeterli değildir. Projelerin aynı dilden konuşabilmesi ya da birbirleri ile konuşabilmesi, öncelikli olarak açık mimari (open architecture) prensiplerinin kullanılması ile mümkündür. "Açık mimari" tanımına göre aşağıda listelenen fonksiyonel olmayan gereksinimler sistem mimarisinin belirlenmesinde temel teşkil etmektedir:

- Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability)
- İdame Edilebilirlik (Maintainability)
- Genişletilebilirlik (Extensibility)
- Oluşturulabilirlik (Composeability)
- Tekrar Kullanılabilirlik (Reusability)

Açık mimariye sahip olan sistemler, tüm dünyada firma bağımlısı çözümlere göre daha ilgi çekmektedir. Açık mimari konusunda önemli referans teşkil edecek kaynakların aşağıda listelenenler olduğu değerlendirilmektedir:

- Amerikan Deniz Kuvvetlerince yayınlanan ve Amerikan Deniz Kuvvetlerinin envanterine girecek bütün sistemler için temel teşkil eden "Open Architecture Computing Environment (OACE)" yaklaşımı [10]
- Amerikan Savunma Bakanlığı alımlarında temel teşkil eden "Modular Open Systems Architecture (MOSA)" tanımlamaları [11]
- NATO için NISP (NATO Interoperability Standards and Profiles) dokümanı [12]

## 6.3 Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp

Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp çerçevesinde geliştirilen/geliştirilecek sistemlerin sağlanması gereken temel mimari özellikler şunlardır:

- Açık Mimariye Sahiplik
- Servis Odaklılık
- Bilgi ve İletişim Güvenliğini Gözetmesi
- Servis Kalitesi Tanımlaması, Sunması ve İzlemesi
- Veri Merkezlilik

Bu temel mimari özelliklere sahip sistemlerde, İHA'ların kontrolüne yönelik fonksiyonların yanı sıra, İHA çıktılarının (faydalı yük verileri) ağ destekli bir ortamda paylaşımına yönelik fonksiyonlar da ele alınmalıdır.

Bu amaca yönelik olarak, Açık Mimari ve Servis Odaklı Yaklaşım prensiplerine uygun, gerek NATO ve gerekse uluslararası seviyede kabul görmüş olan "STANAG 4559 Geo-Spatial Imagery Access Service" (GIAS) Spesifikasyonuna uyumlu web-tabanlı servisler aracılığı ile faydalı yük verilerinin paylaşılması gerekmektedir. Bu kapsamda, alınan faydalı yük verisinin (genel özellikleri tanımlayan bilgileri ile) etiketlenmesi, depolanması, arşivlenmesi ve kullanıcılar tarafından (bağlı oldukları sistemlerden bağımsız olarak) gerektiğinde güvenlik kriterlerine göre sorgulanarak tüketilmesi/ulaşılabilmesi mümkün kılınmalıdır.

İHA'lara ait faydalı yük verilerinin gerektiğinde paylaşılabilmesine yönelik mimariler, ağ destekli sistemlere ait bazı temel servisleri (Core Enterprise Services) de içermelidir. Bu servislerden bazıları;

- Entegre işbirliği (collaboration) servisleri (örneğin anlık mesajlaşma, sesli mesajlaşma, video konferans gibi).
- Verinin ve servislerin bulunması ve kullanılmasına yönelik (Discovery and Delivery) servisler (örneğin izin servisleri)
- Bilginin çevrimi (transformation), servislerin adaptasyonu ve servis orkestrasyonuna yönelik aracılık (mediation) servisleridir.

Tüm bu tanımlara ve mimari özelliklere uygun olarak bir uygulama altyapısı geliştirilip, tüm sistemlerin kullanımına sunulması ile ağ destekli sistemlere geçiş standartlaştırılabilir ve hızlandırılabilir.

### 6.3.1 Tek Merkezden Çoklu İHA Kontrolü

İHA pilotlarını belli bölgelere toplayarak İHA'ların buradan yönetilmesini sağlamak için pilot yedekliliği, altyapı ve bakım maliyetlerinin azaltılması, operasyonel farkındalık ve etkinliğin artırılması için belli bir bölgede uçurulacak olan İHA'ların

tek noktadan yönetilebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, aynı ya da farklı tipte birden fazla İHA'nın aynı haberleşme arayüzü ve komuta kontrol arayüzünden kontrol edilebiliyor olması, bunun yanı sıra Görüntü Kıymetlendirme Sistemleri tarafından da aynı anda birden fazla İHA'dan görüntü / veri alabilme ve işleyebilmesi gerekmektedir.

Birleştirme yaklaşımlarında tek noktadan başarısızlık (single point fail-over) dengesi göz önünde bulundurulmalı ve yeterli miktarda yedeklilik göz ardı edilmemelidir.

Günümüzde bir hava aracını bir kişi kullansa da, ilerleyen yıllarda aynı görevde aynı bölgede görev yapacak birden fazla İHA'yı yönetmek ve bunların işlerini planlamak gerekecektir. Bu İHA'ların ortak görev yaptığını ve ortak bir amaca yönelik davranması gerektiğini göz önünde bulundurarak komuta kısmındaki personel sayısını azaltmak gerekmektedir. 10 İHA için yerde 10 pilot tutmak yerine farklı gruplandırmalarla 2 ya da 3 pilot ile bütün İHA'lar kolayca yönetilebilmelidir. Bu kavram Sürü (Swarm) Planlaması ve Kontrolü olarak tanımlanmaktadır.

### 6.3.2 Çok Merkezden Çoklu İHA Kontrolü

Özellikle uzun menzilli ve uzun süre havada kalabilen İHA'ların kontrollerinin birden fazla unsur arasında devredilebilmesi ve bunların görev sistemlerinden aldıkları bilgilerin ihtiyaç sahiplerine bir aksaklık olmaksızın gönderimine devam etmesi beraberinde avantajlar getirmektedir. Hava Aracı kontrollerinin ve bilgi aktarımlarının devredilmesiyle ilgili standartlar netleştirilmeli ve ilgili kuvvetler içindeki yönergeler oluşturulmalıdır.

### 6.3.3 Ağ Destekli Çoklu Algılayıcı İhtiyacı

Modern C4ISR platformlarında taktik resim, platformun üzerinde yer alan (yerel) algılayıcılardan gelen raporların füzyonu ile elde edilir.

Platform merkezli olan füzyon, yerel füzyon veya mikro-füzyon olarak da adlandırılmaktadır, ADY/AMH kavramında ise, artık küresel veya makro-füzyon terimleri füzyon için kullanılmaktadır. Bu durumda Ağ Destekli/Merkezli Sistemlerde İHA Sistemi verilerinin de füzyona katılacağı Milli Bir Çoklu Algılayıcı Füzyonu Yazılımı ihtiyacı öngörülmektedir.

### 6.3.4 Genel Amaçlı Ağ Destekli

#### C4ISR Altyapı İhtiyacı

Ağ Destekli/Merkezli Sistemlerde Birlikte Çalışabilirlik yeteneği sağlayacak, gömülü sistemler (İHA veya diğer gömülü sistemler) veya platformlara yönelik ağ destekli C4ISR yazılım altyapısı ihtiyacı bulunmaktadır. Bu altyapı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Birlikte Çalışabilirlik ilkesine uygun ve ulusal bir C4ISR altyapısı
- ADY/AMH'ye uygun IP tabanlı haberleşme desteği
- Açık mimariye (open architecture) uygun, standartlara uyumlu
- Yüksek performanslı haberleşme altyapısı (yayınla/abone ol (publish/subscribe) yöntemi)
- Dağıtık mimari (distributed architecture)
- Platform bağımsız (kara, deniz, denizaltı ve hava)
- İşletim sistemi bağımsız (solaris, linux, pardus, windows ve gömülü işletim sistemleri gibi)
- Yüksek uygulama geliştirme üretkenliği
- Sağlam, modüler ve genişleyebilir

### 6.3.5 Ortak Servis Yolu

İHA Sistemlerini herhangi bir platformla bütünleştirmek için harcanacak bütünleştirme maliyeti ikili bütünleştirmeleri hesaplandığında  $n^2$  kadar olacaktır. Bu da literatürde " $n^2$  problemi" olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu problemi ortadan kaldırabilmek için standartlara bağlı altyapılar ve standart iletişim arayüzleri oluşturulması gerekmektedir. Ağ Destekli/Merkezli sistemleri de düşünerek önerilen yöntem Ortak Servis Yolu tasarımıdır. Burada amaç, komuta kontrol sistemlerinin ikili bütünleştirme maliyetleri minimize edilmesidir.

Ortak Servis Yolu yukarıdaki şekillerde de görüldüğü gibi; iletişim omurgası (ağ altyapısı) üzerinde çalışan, veri alış veriş için Servis Odaklı Mimari (SOM) kullanan, ağ destekli yetenek çözümlerinde bulunması gereken altyapı yazılımıdır. Optimum birlikte çalışabilirlik, en az maliyet, firma bağımsızlığı, ürünlerin hızlı ve doğru geliştirilmesi gibi gereksinimlere karşılık gelen mimari, SOM olduğu için Ortak Servis Yolu da SOM üzerine inşa edilmektedir.

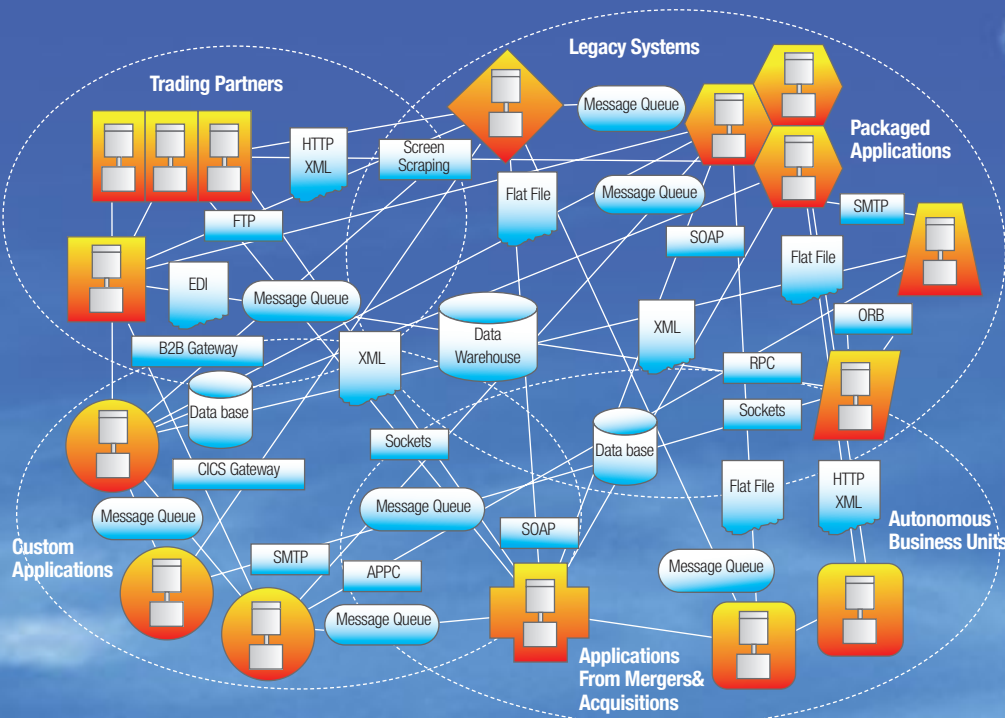
Şekil 25 b'deki gösterim, tek uygulama yöntemi olarak "tek bir merkezi" ortak servis yolu olması gerekir şeklinde anlaşılması gerekmektedir. Bu

"optimum" uygulama yönteminin yanı sıra, ortak servis yolu farklı karakteristik özellikler gösterebilen, bağlı olan "node"ların özdeş olmadığı birden fazla servis yolunun birleşiminden de oluşabilir.

Ortak Servis Yolu'nda güvenlik, yetkilendirme, ölçeklenebilirlik, kimliklendirme, servis bulma, mesaj yönlendirme ve süzme, vekiller ve diğer protokol dönüşümleri gibi gereksinimler yerine getirilmektedir. Burada aynı zamanda yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi  $n^2$  problemine çözüm getirilerek komuta kontrol sistemlerinin ikili bütünleştirme maliyetlerini en aza indirgenmektedir.

Ortak Servis Yolu, hazır sistemler ile yeni sistemler arasındaki bütünleştirmeyi mevcut ağ teknolojileri üzerinden sağlayabilecektir. Yüksek kapasiteli IP tabanlı bir iletişim omurgası da desteklenecektir. Ortak Servis Yolu, bunların yanı sıra plansız ağları (ad-hoc) da desteklemektedir.

#### a) Ortak Servis Yolu Öncesi Bütünleştirme



#### b) Ortak Servis Yolu Sonrası Bütünleştirme



Şekil 25: Ortak Servis Yolu – Bütünleştirme İlişkisi

## 6.4 Müştereklik

Müştereklik kavramı, İHA sistemlerinin ortak alt sistem/bileşen/donanım/yazılım/vb. kalemleri paylaşmaları ve bu sayede ekonomik ve lojistik açıdan sağlayacağı yararları ifade etmektedir. Farklı İHA sistemlerinin kullanımı yaygınlaştıkça, sistem çeşitliliğinin yedek parçadan, bakım prosedürlerine; görev planlamadan, pilot/operatör eğitimine kadar getireceği kullanım yükü ve maliyeti artacaktır.

Müşterekliğin, İHA sisteminin farklı veya benzer görevlerdeki kullanımları dikkate alınarak, değişik seviyelerde sağlanabilirliği incelenmelidir:

- Farklı İHA sistemlerinin, görev sistemleri, yer sistemleri, veri haberleşme sistemleri, itki sistemi, vb. temel alt sistem seviyesinde ortak kullanımı,
- Görev gereksinimi, alt sistem büyüklük/ağırlık kısıtları, vb. sebepler ile müşterekliğin bu seviyede sağlanmadığı durumlarda, alt bileşen seviyesinde (OİKS, INS/GPS, görev planlama, komuta/kontrol, vb.) uygulanabilirliği,
- Daha alt seviyede donanım/yazılım kalemleri açısından (anten, güç birimleri, uçuş kontrol algoritmaları, görüntü işleme algoritmaları, vb.) ortak kullanımı,

Bütün bunlardan bağımsız olarak, üretilen verinin ortak ve kullanımdaki standartlara uygun formatta olmasının sağlanması (ortak arayüzler) da müştereklik açısından önemli bir temel oluşturacaktır. Bu aynı zamanda, sistem/alt sistem/bileşenlerin göreve yönelik gereksinimleri ve fiziksel kısıtlar sebebiyle, müşterekliğin zor olduğu durumlarda ilgili sistemin modifikasyonu ve/veya arayüzlere uygun başka bir alt sistemin/yazılımın kullanılmasına yönelik modülerliğe ve geliştirilebilir bir mimariye olanak sağlayacaktır.

Müşterekliğin İHA Sistemleri dışında insanlı sistemlerde kullanılan benzeri alt sistemler (aviyonikler, KTAS, ED/ET sistemi, mühimmat, vb.) açısından da değerlendirilmesi orta vadede hedeflenmelidir. Yine insanlı hava araçları dışında insansız yer sistemleri ile olası ortak alt sistemler de değerlendirilmelidir (Şekil 26). Benzer şekilde, farklı kuvvetler tarafından kullanılacak İHA Sistemleri'nin alt sistemleri ile görev planlaması, komuta kontrol, görüntü kıymetlendirme gibi fonksiyonların ortak kullanımı da orta vadede dikkate alınmalıdır.

Müşterekliğin tedarik ve lojistik (bakım, yedek parça, dokümantasyon, eğitim, destek ekipmanı, vb.) açısından maliyetleri düşürücü olması, kullanım sürecinde iş gücünü azaltması, kullanıcılara farklı İHA Sistemleri'nde kolaylık ve aşinalık sağlaması sebebiyle önemli yararlar sağlayacağı görülmektedir. Ancak farklı gereksinimler, görevler, sistemler ve üreticiler göz önüne alındığında kısa vadede ulaşılması zor bir hedef olarak görülmektedir. İHA Sistemleri'nde müşterekliğin değişik seviyelerde sağlanmasının uygulanabilirliği ve bunların getirileri incelenerek, ileriye yönelik planlamalar yapılmalı, kullanıcı ve tedarik makamları sanayiye bu açıdan yönlendirmelidir. Türkiye'de yurt içi İHA Sistemleri'nin henüz yeni TSK envanterine girdiği dikkate alındığında, kısa vadede ortak kullanıma yönelik atılacak adımların kararlaştırılması ile orta-uzun vadede doğru hedeflerin konulabileceği değerlendirilmektedir.

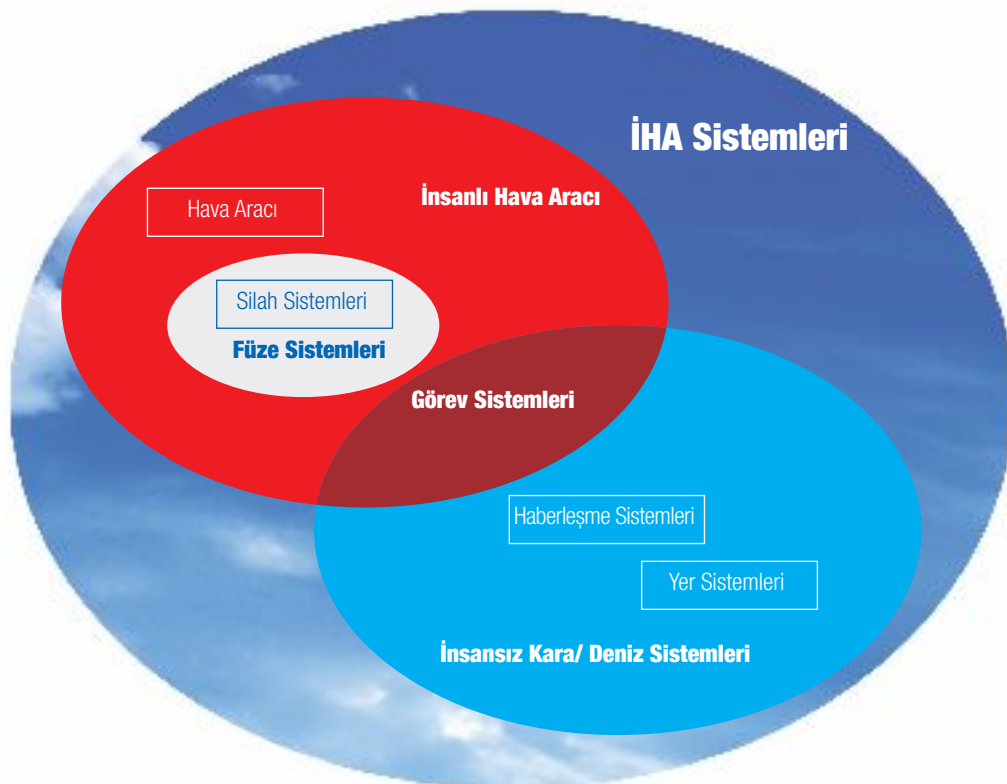
## 6.5 Kontrolsüz Hava Sahasına Bütünleştirme

İHA'ların askeri ve sivil operasyonlarda artan kullanımı ve geçmişte yaşanan çeşitli kazaların sonucunda AIAA, ECA, NATO FINAS (Flight In Non-Segregated Air Space) Working Group, EUROCAE WG-73 ve NATMC (NATO Air Traffic Management Committee), RTCA SC-203, EUROCONTROL gibi kurumlar sivil ve askeri İHA'ların kontrolsüz hava sahalarında uçuş yapabilmeleri için ortak bir yönelim belirleyerek, sanayi ve devlet masraflarını azaltmak amacıyla çeşitli çalışmalar yaparak önümüzdeki yıllarda yapılacak yasal düzenlemelere ilk adımı atmışlardır.

Kontrolsüz hava sahasında uçuş için gerekli "algıla ve sakın" (sense and avoid) sistemleri insanlı hava araçlarındaki "gör ve sakın" (see and avoid) ile aynı prensipte çalışmaktadır. Bu sistemler otonom uçan bir hava aracının uçuş rotası üzerinde yer alan ve pozisyonlarını bildirmeyen hareketli ve hareketsiz objeleri güvenilir bir şekilde algılayıp çarpışmayı önleyen sistemlerdir. Objeleri algılamada kullanılacak algılayıcılar elektro-optik, kızılötesi, lazer, radar, sonar, termal veya hareket algılama amaçlarına sahip olabilir.

İHA'ların kontrolsüz hava sahalarında uçuş gerçekleştirebilmeleri için algıla ve sakın sistemleri, bir pilotun algı ve sakınma kabiliyetleriyle eş değer olmasının yanı sıra, her yönden gerçekleşebilecek çarpışmaları algılayabilecek hassasiyette ve tüm hava şartlarında sorunsuz çalışabilecek olmaları, İHA, Kontrol İstasyonu ve Hava Trafik Kontrolü'nü içeren Uçuş Sistem Emniyeti ve sertifikasyon süreçlerinde önem teşkil etmektedir. Algılama ve sakınma konusunda çeşitli toplantılarda ve çalışma gruplarında değerlendirmeler devam etmekte olup, tüm sistemlerde tek bir çözümün uygulanmasının olumsuzlukları sanayi tarafından dile getirilmektedir.

Yüksek irtifadan uçan İHA'lar her zaman NOTAM'lı alanlarda bulunmamaktadır, dolayısıyla Devlet Hava Meydanları ile koordineli uçuş yapmaları gerekmektedir. Bu kapsamda HvBS içinde tüm uçuşların DHMİ ile bütünleştirilmesi ve eşgüdümü gerçekleştirilmektedir. Yüksek irtifa İHA Sistemleri için de aynı süreçler ve uygulamaların kullanımı incelenmelidir.



Şekil 26: İHA Sistemlerinin Farklı İnsanlı/İnsansız Sistemler ile Potansiyel Ortak Alt Sistemleri

Avrupa'da sivil İHA Sistemlerine sivil kontrollü hava sahasının açılması hedeflenen 2015 yılı sonrasında Avrupa Uçuşa Elverişlilik ve tescil düzenlemelerinin ilk aşamalarının gerçekleşecek olması ve etkin bir hava sahası orta irtifa çarpışma engelleyici sistemin geliştirilmesi öngörüler arasında yer almaktadır.

## 6.6 Uçuş/Sistem Emniyeti

İnsanlı uçaklardan farklı olarak İHA Sistemleri kirlî, zor ve tehlikeli görevlere yönelik olarak tasarlanmışlardır. Fakat gelişen teknoloji ile birlikte sistemlerin maliyet artışlarını sadece can kaybindan kaçınmaya bağlı değerlendirmek yetersiz kalmaktadır. Emniyet yaklaşımları yapacakları görevin önemi, uçuş gerçekleştirecekleri hava sahası ve sistem maliyetine bağımlı olarak değişir hale gelmektedir.

Emniyet çalışmalarının başarısı belirlenen hedeflere bağımlıdır. Bu bağlamda İHA Sistemlerinde görevlere göre sistem emniyet hedeflerinin belirlenmesi önemlidir. İleri vadede gerçekleştirecek projelere görev alanlarına bağlı emniyet hedefleri konulmalıdır. Kullanım makamı tarafından belirlenmesi gerekli emniyet hedeflerinin teknoloji yeterliliği ve sistem maliyet gereksinimleri ile eşgüdümlü olarak, dengeli bir şekilde dağılımı önemlidir.

Mevcut sistemler baz alınarak yapılan incelemelerde sistem emniyetine en çok etkinin, motor Arızaları, Uçuş Kontrol Sistemleri, İnsan Hataları ve

Haberleşme Arızaları kaynaklı olarak oluştuğu görülmektedir. Motor ve uçuş kontrol kaynaklı arızaların temel problemi, kullanılan sistemlerin başka platformlar için tasarlanmış olmaları, operasyon ve çevre şartlarının İHA uçuş şartları ile uyumsuz olması olarak tespit edilmiştir. Uçuş kontrolünde kullanılan hareketlendirici sistemlerde ve motor teknolojilerinde özgün hedeflerin konulması bu bağlamda çok önemlidir.

İnsan hatalarından kaynaklı kaza kırımının ağırlıklı bir kısmı sistem otomasyonun yetersizliği ve insan yükünün artmasından kaynaklanmıştır. Bu doğrultuda, insan hatasını önlemeye yönelik daha otonom sistemler hedeflenmelidir.

Sistem emniyetinin artması sistem bazında sahip olunan yedekliliğe bağlı olduğu kadar sistem birimlerinin az hata yapan, kendi hata yalıtım yeteneğine sahip ve kullanıcı hatalarını en aza indirecek tasarım özelliklerine sahip olmasına ve otopilotlu konfigürasyonlarda otopilotun sahip olduğu otonomi seviyesine bağlıdır.

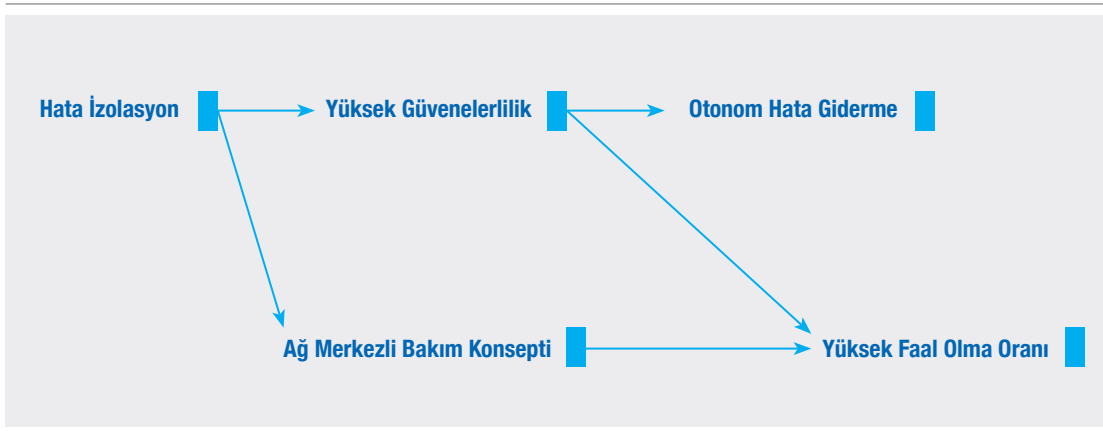
Sistem tasarım gelişmelerinin yanı sıra sistem sertifikasyon temeline bağlı emniyet çalışma ve analizlerinin gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu analizlerin gerçekleştirilmesine yönelik özgün geliştirilen teknolojilerle birlikte sistemlere ait emniyet özerkinde bilgi birikiminin oluşturulması önem arz etmektedir. Bu kapsamda özgün geliştirilen sistemlere yönelik

- Sistem Hata Modları Veri Tabanı,
  - Kritik Sistem Hata Oranları Veri Tabanı,
  - Ortak Hata Modları,
  - Alınan Dersler Birikimi,
  - İHA Kaza/Kırım İnceleme Yöntemleri,
- oluşturulmalıdır.

Sistem emniyet çalışmaları sadece donanım ve sistem seviyesinde yapılmamalıdır. Sistemi oluşturan kritik yazılım bileşenlerinin yazılım emniyeti analizleri ile kontrol edilmesi ve dünya standartlarına uyumlu yazılım geliştirme kurallarına göre geliştirilmesi gerekecektir. Bu kapsamda yazılım güvenilirliği ve yazılım emniyeti analiz yeteneklerinin edinilmesi gereklidir.

Teknolojiye yön veren kurumlar tarafından uygulanan geliştirme çalışmalarında evrensel standartlar iyi özümsemeli, uygulanabilirlikleri sistem ihtiyaçlarına göre değerlendirilmeli ve hedefler kullanıcı/müşteri ile birlikte çözümlenmelidir.

RTCA'nın SC-203 komitesinin hazırlamakta olduğu MASPS'ların da bu amaçla takip edilmesinin ve değerlendirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 27: Güvenilirlik Gelişim Süreci

## 6.7 Güvenilirlik

İHA Sistemleri tasarım ihtiyaçları gereği kritik görevlere yönelik tasarlanmaktadır. Sistemlerin görev güvenilirlikleri bu nedenle ciddi önem taşımaktadır.

Türkiye'de mevcut yetenekler dâhilinde sistem güvenilirlik analizleri platform seviyesinde icra edilebilmektedir. Bu analiz kabiliyetleri hedeflere çevrilmeli ve proje yaklaşımı olarak sistem etkin olma oranı ve görev güvenilirliği artırılmalıdır.

Güvenilirlik artırımı için en önemli ölçütlerden biri, sistem seviyesi hedeflerin ortaya konulmasıdır. Güvenilirlik hedeflerinin görev tiplerine göre dağılımı kısa, orta ve uzun vade için belirlenmelidir.

Yüksek güvenilirlik hedeflerine ulaşmanın temel yolu, artan aviyonik kabiliyetlerle birlikte sistem otonom hata yalıtım kabiliyetinin geliştirilmesidir. Ekipmanların test edilebilirlik özellikleri hedefler doğrultusunda işlemci birimleri tarafından yorumlanarak yalıtım işlemi başarı ile gerçekleştirilmelidir. İleri vadede sistem iç döngüsünde hata giderme yeteneğine erişim temel vizyon olarak ortaya çıkmaktadır.

Ekipman hata giderme kabiliyetleri ile ortak gelişim sürecinde hata yalıtım ve giderme işlemlerinin tek merkezden kontrolü ile bakım bilgisayarı, depo ve lojistik ağıyla bütünleşik olması gerekecektir. Kurulacak bu tür bir sistem yaklaşımı ile sistem henüz görevini tamamlamadan lojistik hazırlıkların yapılması ve planlamasına olanak taniyacak, sistem

etkin olma oranı istenilen hedeflere ulaşabilecektir (Şekil 27).

Daha güvenilir bir İHA Sistemi'ne ulaşmak, sadece tasarım çalışmaları sırasında ulaşılabilir bir hedef değildir. Yukarıda bahsedilen teknoloji bütünleştirmelerinin sağlıklı gerçekleştirilebilmesi için kullanıcı ve yüklenici arasından güvenilirliği arttırmaya yönelik hata raporlama ve giderme temelli bir veri akış mekanizması kurulmalıdır. Kullanım sırasında yaşanan problemlerin sağlıklı bir şekilde raporlanmasını içeren sistem dâhilinde, yüklenici kurumların farklı hatalara yönelik giderici önlemleri alması ve ürün bazında güvenilir sisteme ulaşılması sağlanmalıdır.

## 6.8 Lojistik

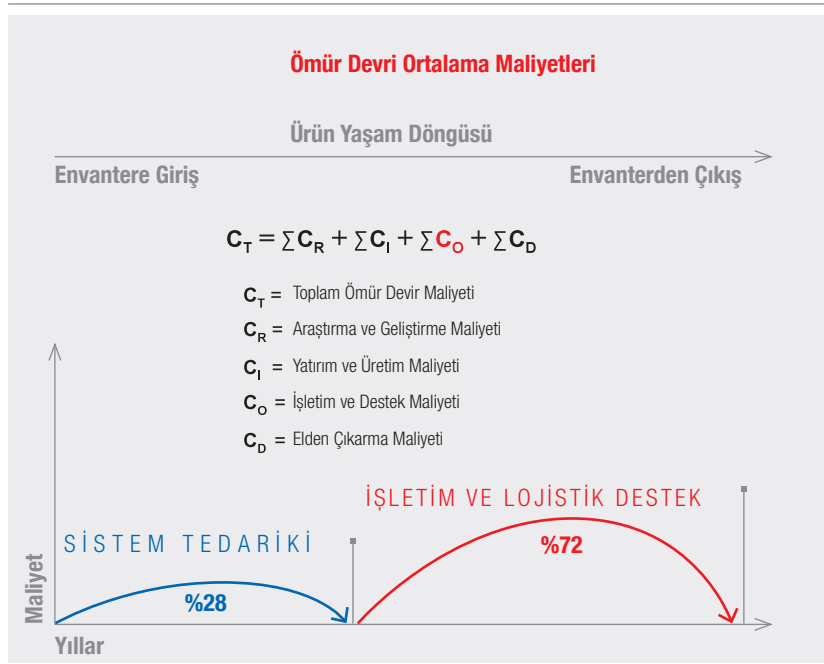
### 6.8.1 Tedarik Lojistiği Yaklaşımları

İHA Sistemlerinde diğer tüm savunma sistemlerinde olduğu gibi en önemli maliyet kalemi satış sonrası ömür devri maliyetidir. Sistemin tedariki sonrası etkin bir şekilde göreve hazır bulundurulması, sistemin tasarım hedefleri kadar önemli bir konudur.

İHA Sistemlerinin maliyet etkin bir şekilde idame ettirilmesi, İHA Sistemlerinde de diğer modern silah projelerinde olduğu gibi modern lojistik yaklaşımların uygulanması ile mümkün olacaktır. Ortaya konan bu yaklaşımla sistem ömür devri maliyetlerinin

düşürülmesi sağlanacaktır. Mevcut projeler kapsamında bütçe kısıtları nedeniyle gerçekleştirilen reaktif yaklaşımlar, lojistik süreçlerinin seri üretim fazlarında başlatılmasına yol açmaktadır, ancak bu yaklaşım ileride geri dönüşlere yol açacak zor ve sakıncalı etkiler doğurabilmektedir. Bu nedenlerle, kısa ve uzun vadedeki tüm İHA Sistemi programlarının başından itibaren ELD konusunun dikkate alınması, ELD ihtiyaçlarının teklife çağrı dokümanlarında detaylı olarak belirtilmesi, sözleşmelerin bu düşünce ile hazırlanması değerlendirilebilir. Lojistik Destek Analizleri'nin (LDA) geliştirme çalışmalarına paralel olarak yürütülmesi, sistemin tasarım girdileri sırasında sadece teknik gereksinimlere yönelik değil, idame ve işletmeye de yönelik çözüm yollarıyla uyumlu olmasını sağlayacaktır. LDA sürecinde izlenecek olan LDA Stratejisi'nin, konsept aşaması öncesinde müşteri/son kullanıcı ile birlikte belirlenmesi, sistem desteklenebilirliğini arttıracaktır. Desteklenebilirlikteki bu artış, nicel ve nitel olarak tanımlanacak olan alt parametreler doğrultusunda (Güvenilirlik, İdame Edilebilirlik, Test Edilebilirlik ve Lojistik Destek Analizi ile) ürün tasarım, üretim ve kullanımını maliyet etkin olarak müşteri istekleri doğrultusunda optimize edecektir.

SSM tarafından tedarik lojistiği ile ilgili olarak, 26 Haziran 2009 tarihinde Tedarik Lojistiği Çalıştay ve 13 Kasım 2009 tarihinde de Tedarik Lojistiği Kurultayı düzenlenmiştir. SSM'nin tedarik lojistiğine yönelik yaklaşımı Şekil 29'da özetlenmiştir.



Şekil 28: Ömür Devri Maliyetleri



Şekil 29: SSM Tedarik Lojistiği Yaklaşımı

Bu yaklaşıma uygun olarak lojistik anlayışında gereken değişiklikler aşağıda vurgulanmıştır:

- “Lojistik, savunma sistemini kullanacak olanların işidir anlayışı” yerine “Lojistik, konsept aşamasından başlamak üzere, silah sisteminin tedariki ve kullanımı sürecinde yer alan bütün tarafların işidir anlayışı”nın benimsenmesi,

- “Lojistik, savunma sistemlerinin kullanımı safhasında ortaya çıkan sorunların çözümü ile ilgili bir konudur anlayışı” yerine “Lojistik, savunma sistemlerinin kullanımı safhasında ortaya çıkabilecek sorunların tedarik safhasında öngörülmesi ve önlenmesine ilişkin tedbirlerin alınması, önlenemeyen sorunların ise kullanım safhasında çözümü ile ilgili bir disiplindir anlayışı”nın benimsenmesi.

SSM'nin tedarik lojistiğine yönelik hedefleri ise;

- Savunma sistemlerinin ömür devri yönetiminde Tedarik Lojistiği ve ELD uygulamalarını yaygınlaştırmak ve geliştirmek,

- Sistemlerin operasyonel etkinliğinden taviz vermeden, ömür devir maliyetlerini en az seviyeye indirecek ve yerli sanayi katılımını azami seviyeye çıkaracak yöntemler geliştirmek ve bunları uygulamak,

- Savunma Sanayii Müsteşarlığı'nca TSK'ya teslim edilecek sistemleri ömür boyu destekleyecek yöntemler üzerinde çalışmak ve bunların uygulanma imkânlarını araştırmak,

- Tedarik lojistiği'nde TSK'ya çözüm ortaklığı yapabilecek bir kurum olmaktır.

## 6.8.2 İHA Sistemleri Lojistik Süreci Yaklaşımları

İHA Sistemi'nin lojistik yaşam döngüsü boyunca maliyet etkin bir şekilde ve yüksek faaliyet oranı ile desteklenebilmesi için; lojistik problemin (arıza, bakım, parça bekleme, vb.) olduğu anda giderilmesini öngören reaktif bakım yaklaşımı yerine problemin oluşmadan önce elimine edilmesine yönelik proaktif bakım yaklaşımı benimsenmelidir. Tedarik ve geliştirme aşamaları devam eden diğer modern savunma sistemlerine ait projelerdeki yaklaşımlara paralel olarak İHA lojistik yaşam döngüsü destek sisteminin de performansa dayalı lojistik konseptte geçişe imkân verecek bir altyapıya sahip olması gerekmektedir.

İHA Sistemi'nin lojistik yaşam döngüsü boyunca arzu edilen faaliyet oranlarından ödün vermeden düşük maliyetlerle desteklenebilmesi için “teknik dokümantasyon yönetimi” ve “malzeme yönetimi” alanlarında günümüzün askeri projelerinde uygulanan S1000D uluslararası teknik yayım hazırlama standardı ve S2000M malzeme yönetim standardının kullanılması gerektiği değerlendirilmektedir.

İHA Teknik Dokümantasyon yönetimi faaliyetlerinde S1000D standardının kullanılması ile teknik dokümanlara ait veri modüllerinin ortak kaynak veri tabanında yapısal olarak saklanması, doküman

konfigürasyonlarının izlenmesi, elektronik olarak dağıtılması, yayımlanması, son kullanıcılara gecikmeden ulaştırılması ve teknik doküman yönetiminin daha az maliyetle gerçekleştirilmesi ve istenilen formatta çıktı alınması sağlanacaktır. İHA'ların farklı ve uzak coğrafi konumlarda konuşlandırılması nedeniyle teknik dokümanların süratle ve emniyetli olarak güncellenerek son kullanıcılara ulaştırılması ve arıza giderme işlemlerinde iş dönüş (turn-around) süresinin kısaltılması önem arz etmektedir. Ancak müşteri/son kullanıcı isteğine bağlı olarak ATA 100 veya Teknik Talimat (Technical Order, TO) mantığında da teknik doküman teslimi yapılabilir.

S2000M malzeme yönetim standardının, İHA lojistik yaşam döngüsünün desteklenmesine yönelik süreçlerde kullanılması ile son kullanıcıların malzeme istek ve malzeme temin süreçlerinde gereksiz işlem adımları kısaltılarak maliyet etkinliği sağlanabilecektir.

İHA projesi kapsamında alt yükleniciler arasında gerek tasarım ve üretim gerekse üretim sonrası aşamalarda paydaşlar arasında veri değişimleri olacağından bu veri değişimleri PLCS (Ürün Yaşam Döngüsü Destek – Product Life Cycle Support) standardının ilgili DEX'leri (Data Exchange) ile yapılmalı, bu aşamalarda gereksiz işlem adımları azaltılmalıdır.

İHA Sistemleri seviyesinde lojistik yaklaşımı mevcut ürün geliştirme süreçleri ile paralel olarak planlanmalı ve geliştirilmelidir.

Bu konseptte uygun olarak kısa ve uzun vadeli çözüm yaklaşımları geliştirilmelidir. Kısa vadede yaşanan en büyük sıkıntılar, sistem geliştirme çalışmalarının birçoğunda Rafta Hazır Ticari (RAHAT) ekipmanlar ile yurt dışından alınan alt yüklenici ekipmanlarında yaşanmaktadır. Bu ekipmanların bakım ve idame süreçlerinde uzun süreli servis ihtiyaçları, depo seviyesi bakımlarda ilgili firmalara bağımlılık ve bu bağımlılığı önlemeye yönelik yedek parça stoklanması yaşanan sıkıntılar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hazır ürün bütünleştirmesine yönelik alınacak en kritik önlem, ürün bazında depo seviyesi bakım yeteneklerinin yurt içi yüklenici firmalara veya kullanıcı üslere kazandırılması olacaktır. Sistem tasarım çalışmaları sırasında gerçekleştirilen LDA çıktılarına göre kritik ve faal olma oranını etkileyen birimler belirlenerek bu birimlerin tedarik anlaşmaları ile birlikte depo seviyesi bakım yetkinlik transferi yapılmalıdır.

LDA faaliyetleri alt başlığı olan Onarım Seviyesi Analizi (Level of Repair Analysis-LORA) ile kazanılacak olan depo seviyesi bakım için duyarlılık (sensitivity) analizleri yapılarak ekonomik ve ekonomik olmayan (stratejik) kriterler doğrultusunda, bakım konseptine bağlı (2 veya 3 seviyeli bakım), onarım seviyesi seçenekleri değerlendirilmelidir. Yapılacak olan LDA faaliyetleri Bakım Görev Analizi (Maintenance Task Analysis-MTA) alt başlığı ile yine sistemin işletim/bakım sırasında ihtiyaç duyacağı personel ve ihtisas seviyeleri, tesis ihtiyaçları, paketleme, yükleme, depolama ve nakliye (Packaging, Handling, Storage and Transportation-PHS&T) ile birlikte eğitim

ihtiyaçları da belirlenmelidir. Bakım Görev Analizi kapsamında düzeltici bakımlar belirlenirken, önleyici bakımlar MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) veya RCM (Reliability Centered Maintenance) metodolojileri ile belirlenmelidir. LDA stratejisi doğrultusunda, sistemin bakım amaçlı ihtiyaç duyacağı Destek ve Test Ekipmanının (Support & Test Equipment- STE) mümkün olduğunca standart olması ve özel olmaktan kaçınılması sağlanmalıdır.

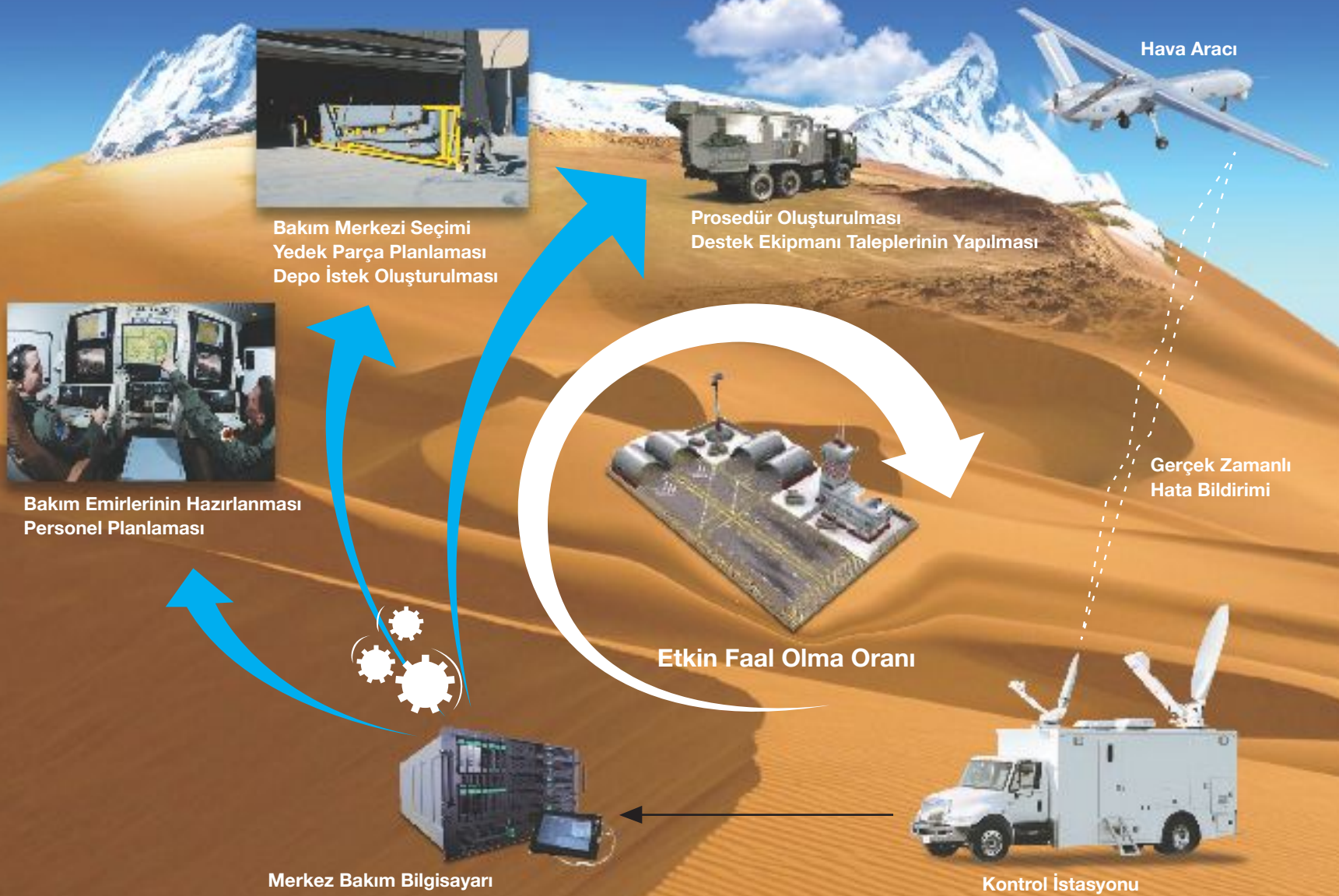
Depo seviyesi bakıma yönelik olarak yurt içi ürün kaynaklarının artması ve alt sistem yerli sanayi kabiliyetlerinin gelişmesi uzun vadede etkin bakım kolaylığını ve hatta destek anlayışını beraberinde getirecektir. Bu çözüm yolunun oluşturulması için, İHA Sistemi entegratör firmaları RAHAT ürün seçiminde yurt içinde geniş teknik destek ağına sahip, mümkün olan en kısa sürede probleme müdahale edebilecek ve güvenilir üretici/tedarikçi firmalarla çalışmalıdır. Bu kapsamda görev başansı açısından çok kritik donanımlar için üretici/tedarikçi firmalarla özel seçenekli bakım anlaşmaları (24 x 7 müdahale, ertesi gün sahada müdahale vb.) göz önünde bulundurulmalıdır.

Lojistik yaklaşımının geliştirilmesi sadece depo seviye bakım yetkinliğinin yerli sanayi ya da kullanıcı tarafından kazanılması ile yeterli olmayacaktır. İHA Sistemlerinin kullanımına yönelik lojistik yaklaşımları ortaya konulmalıdır.

Bu amaçla, sistem tedarik aşamasından itibaren ihtiyaç duyulan faal olma oranı değerlendirilmelidir. Tedarikçi firmaların tasarladıkları ve geliştirdikleri ürünlerde performansa dayalı lojistik (PDL) desteği sağlamaları talep edilmeli ve ileri vadede kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen bakım faaliyetleri minimize edilerek sistem birimlerinin bakım ve desteğinin ömür devri boyunca entegratör/ana yüklenici firma tarafından PDL anlaşmaları doğrultusunda yapılmasına yönelik bir yaklaşım belirlenmelidir. PDL anlaşmalarında, entegratör/ana yüklenici olma durumuna bağlı olarak, tedarik zinciri yönetimi (seviye 1), hazır bulunuşluk (seviye 2), faaliyet oranı (seviye 3) ve güvenilirlik (seviye 4) olacak şekilde destek kapsamı belirlenmelidir.

Lojistik sürecinin başarı ile gerçekleştirilmesi tasarım aşamasında gerçekleştirilen analizler ile desteklenmelidir. İdame edilebilirlik analizleri kapsamında İHA Sistemi seviyesinde idame edilebilirlik gereksinimleri ortaya konulmalıdır. Tüm alt sistemler bazında insan ergonomisi ile birlikte değerlendirilerek sistemin bakım kolaylıkları araştırılmalı, tasarım çözümleri bu bakış açısı ile değerlendirilmelidir.

Süreç içerisinde bir başka önemli yaklaşım Hata Raporlama ve Giderme (Failure Reporting and Corrective Action System-FRACAS) Mekanizması'nın müşteri/yüklenici arasında dinamik bir veri tabanı üzerinde kurulmasıdır. Mevcut sistemlerin garanti dönemi bittikten sonra, sistemlerin kullanımı esnasında karşılaşılabilecek problemlerin yüklenici firma ile paylaşılması (arızalar, bakım-onarım kayıtları) gelecekteki sistem tasarımlarının iyileştirilmesi ve sistem güvenilirliğinin artırılması açısından önemlidir.



Şekil 30: İHA Sistemleri Lojistik Destek Süreci

Sahadan alınacak bu tip veriler sayesinde kullanılan donanıma göre daha iyi çözümler ortaya konabilecektir. Bu bilgilerin aynı zamanda gelecekteki sistemlerin tüm desteklenebilirlik ihtiyaçlarının belirlenmesinde de fayda sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

### 6.8.3 Lojistik Teknolojilerin İHA Sistemleriyle Bütünleştirilmesi

İHA Sistemlerinde kullanılacak süreçlere ek olarak sistem üzerinde çözümlerin oluşturulması, etkin bir lojistik destek süreci için de gereklidir. Gelecek dönem İHA teknolojileri içeriğinde sistem lojistik

planlamalarının merkezi birimlerle paylaşılan ağ yapısı içerisinde bütünleştirilmesini sağlayacak ağ yapısının kurulması önemlidir.

Bu kapsamda sistem içerisinde geliştirilmesi gereken en önemli teknoloji, hata bulma ve yalıtım yetkinliği olacaktır. Kısa vadeli süreçlerde daha fazla aviyonik sistem kullanımı ve bu aviyonik sistemlerin kendini test edebilme yetkinliğinin artırılması hedeflenmelidir. Bu işlevselliği sağlamak ve bakım kolaylığını arttırmak için sistemlerde bulunan yer destek bilgisayarlarının ortaklaştırılması hedeflenmelidir.

Merkezi Test Birimi olarak adlandırılacak bu sistemler ihtiyaç duyulan tüm

- Periyodik Bakım Faaliyetleri,
- Uçuş Öncesi Kontroller,
- Arıza Bulma ve İzolasyon,
- Bakım Kayıt ve Raporlama,

işlevlerini tek merkezden gerçekleştirebilmelidir. Bu sayede yer destek ekipman ihtiyacı azaltılmalı, bakım personeli eğitim süreçleri ortaklaştırılmalı ve süreleri kısaltılmalıdır.

Orta vadeli sistem çözümünde merkezi test birimleri, bakım merkez bilgisayarları ile konuşmalı; sistem periyodik hataları ve hata mesajına göre otonom yedek parça takip sistemini oluşturmaktadır.

Uzun vade çözümlerde bu bütünleştirme ağ yapısı içerisinde birlik dışındaki kaynaklar ile koordine edilmeli ve hava aracının havada oluşturduğu hata mesajları uyarınca lojistik destek faaliyetlerinin görev henüz tamamlanmadan başlamasını sağlayacak Filo Yönetim Sistemi altyapısı kurulması değerlendirilmelidir. Filo Yönetim Sistemi altyapısı ile hava aracının uçuş parametrelerine çeşitli uçuş olaylarına ve bazı koşullara dayalı olarak periyodik bakım süreçlerinin takibi, Zaman Aşımli Malzeme takipleri ve servis bültenleri güncel uçuş parametrelerine göre yapılabilir.

Bu altyapının, tek merkezde toplanan bakım verileri sayesinde hata raporlama ve giderme sürecine yönelik veri analizleri yapılarak Arızalar Arası Ortalama Süre (Mean Time Between Failure, MTBF), Onarımlar Arası Ortalama Süre (Mean Time Between Repair, MTBR) ve sıklıkla arıza yapan sistemlere yönelik süreç bilgilerini karşılaştırmalı olarak sağlamalı ve İHA güvenilirlik analizleri yapılabilir.

Merkezi yönetimde envantere bulunan İHA'ların ve bakım durumlarının da benzeri bir altyapı üzerinde toplanması önemli bir yetenek kazanımı olacaktır. İHA Sistemlerinin yapılandırma bilgileri, tüm güncel operasyon parametreleri, uçuş saati, sorti sayısı, periyodik bakım zamanları ve bakım planlamalarının bir merkezden takip edilmesi filolar arası ihtiyaç planlamasının yapılmasına olanak sağlayacaktır. Zaman Aşımli Malzeme takipleri, servis bültenleri, uç birimlerindeki kullanıcıların ihtiyaç duyacağı anlık eğitimlere, etkileşimli teknik el kitaplarına, envantere İHA'ların konfigürasyon bilgilerine ve TCTO (Time Compliance Technical Order) gibi bilgilere ulaşmak da mümkün olmalıdır.

Lojistik destek sürecinin etkin maliyete çekilmesi için gerekli en önemli çalışmalardan biri yer destek sistemlerinin ortaklaştırılması olacaktır. Bu bağlamda sistem gelişim yol haritasında kazanılmış teknolojilere bağımlı olarak gelişen altyapı içerisinde yer destek teçhizatının bağımlı projelerde ortaklaştırılması tercih edilmelidir. Bu ortaklaşma ile yetişkin personel kaynakları tekrar kullanılabilir, sistemlerden mümkün olduğunca bağımsız ortak destek ekipmanı yapısına ulaşılmış olacaktır.

#### 6.8.4 İHA Sistemlerinde Eğitim

Teknolojik düzeyi gittikçe artmakta olan İHA platformlarının gösterdikleri performanstan en üst düzeyde fayda sağlayabilmek için kullanıcı (pilot/operatör) ve teknik personel (bakımcı) eğitimlerinin etkin olarak gerçekleştirilmesi gereklidir.

Modelleme ve benzetim teknolojilerinin tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılması diğer savunma sistemlerinde olduğu gibi İHA'lar için de önem arz etmektedir. Konsept geliştirme aşamasından başlayarak platformların işletilmesi aşamasına, hatta görev icrasına kadar benzetim sistemleri maliyet ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Kavram geliştirme ve fizibilite çalışmalarında göreve en uygun sistemin belirlenmesi, tasarım

aşamasında gerçek sistemde olabilecek sorunların erken dönemlerde belirlenerek gerekli değişikliklerin yapılması, üretim aşamasında amacına uygunluğun test edilmesi ve işletmeye alma döneminde gerekli tüm eğitimlerin verilmesi ve tatbikatların maliyet etkin gerçekleştirilebilmesi bu tasarrufun sağlandığı alanlara örnek olarak gösterilebilir.

İHA Sistemleri, insanlı platformlardan farklı olarak uçuşlarının çoğunluğunu operasyona yönelik olarak gerçekleştirmektedir. Bu da insanlı platformlarda var olan eğitim uçuşları ve uçuş tecrübesinin, operasyon öncesi edinilmesine ilişkin sıkıntılar doğurmaktadır.

Bu eksikliğin giderilmesi için İHA Sisteminin hem uçuşu, hem de faydalı yük kullanımına yönelik eğitim simülatörleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

Uzun vadede ise, sivil hava sahasıyla bütünleştirme, ADY/AMH ve çoklu İHA kullanımı gibi kavramların gelişimiyle birlikte pilot/operatör iş yüklerinde ciddi bir artış meydana gelecektir. Bu iş yükü artışının operasyon etkinliğine olumsuz bir dönüşü olmaması açısından ileri vadede harekât ortamını ve bu tür senaryoları destekleyen simülatörlere ihtiyaç duyulacaktır.

İHA'larda yaşam döngüsü boyunca ihtiyaç duyulacak benzetim sistemleri pilot, operatör ve bakım/onarım operatörü eğitim simülatörleri ile kavram geliştirme ve tasarım aşamalarını destekleyecek yüksek sadakat seviyeli İHA benzetim sistemi olarak sıralanabilir. Bu benzetim sistemlerinin temel gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- Farklı İHA'ların modellenmesine olanak veren altyapı
- İHA'lar üzerinde yer alacak algılayıcı ve silah sistemlerinin modellenmesi
- Hedef ve tehditlerin modellenmesine olanak veren altyapı
- Gerçek ortam şartlarının oluşturulabilmesi
- Farklı taktik senaryolarının tanımlanabileceği ve işletilebileceği bir ortam
- Birlikte Çalışabilirlik desteği
- 3 Boyutlu görsellik
- Gerçek İHA Kontrol İstasyonu ile bütünleşme yeteneği
- Arıza senaryolarının kullanımı
- Faaliyet sonrası inceleme olanağı

İHA simülatörlerinin kullanım alanları sadece bunlarla da sınırlı olmayıp; İHA simülatörleri yeni İHA platformlarının geliştirilmesi, farklı faydalı yüklerin bütünleştirilmesi ve yeni görevlerin analizinde araştırma geliştirme amaçlı kullanılabilir. Günümüzde İHA simülatörü ve İHA platformunun beraber geliştirilmesiyle platformun güçlü ve zayıf yanları seri üretime başlamadan önce simülatörde görülebilmektedir. Böylece platformların ve faydalı yüklerin olgun hale getirilebilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca simülatörler, platform ve faydalı yük

entegrasyonuna ivme kazandırmakta ve ilerleyen aşamalarda yaşanabilecek muhtemel problemlerin erken safhada fark edilmesine katkıda bulunmaktadır.

İHA Sistemleri operatör ve pilot eğitimlerinde düşük maliyetli İHA Sistemlerinin kullanılması da değerlendirilmelidir. Yer sistemlerinde gerçek uçuş dışında eğitim amaçlı uçuşun simüle edilebilmesi kabiliyetinin de ufak konfigürasyon değişiklikleri ile kazanılması önem arz etmektedir.

Bunun yanı sıra, yukarıda tanımlanan kavram geliştirme ve fizibilite çalışmalarında göreve en uygun sistemin belirlenmesi, tasarım aşamasında gerçek sistemde olabilecek sorunların erken dönemlerde belirlenerek gerekli değişikliklerin yapılması, üretim aşamasında amacına uygunluğun test edilmesi ve işletmeye alma döneminde gerekli tüm eğitimlerin verilmesi, eğitimin idame ettirebilmesi ve tatbikatların maliyet etkin gerçekleştirilebilmesi amacına uygun olarak İHA Sistemleri yer bileşenleri içinde simülasyon/emilasyon desteğine ihtiyaç doğacaktır.

Bu doğrultuda, diğer bir önemli konu da personel eğitimlerinin bilgisayar destekli bir ortamda gerçekleştirilmesidir. Eğitim içerikleri, İHA teknik dokümanlarının S1000D CSDB'de (Ortak Kaynak Veri Tabanı)de bulunan veri modüllerinden yararlanılarak da oluşturulabilir, eğitim paketlerinin oluşturulmasında Paylaşılabilir İçerik Nesne Referans Modeli (Shareable Content Object Reference Model, SCORM) uyumluluğu sağlanmalıdır. S1000D CSDB kullanımı olmayan proje uygulamalarında MIL-STD-1388-1A LDA isterleri ve LDA Kayıtları MIL-STD-1388-2B doğrultusunda eğitim altyapısı oluşturulması tercih edilmelidir.

## 6.9 Uçuşa Elverişlilik

### 6.9.1 Dünya'daki Çalışmalar

Dünya üzerinde bulunan askeri ve sivil otoriteler tarafından kabul edilmiş ve uygulanan İHA Sistemleri'ne yönelik Uçuşa Elverişlilik (UE) Standartı bu aşamada mevcut olmayıp, mevcut sivil standartlar dikkate alınarak İHA'lara özel UE standartlarının oluşturulması çalışmaları çeşitli çalışma grupları tarafından yürütülmektedir. Bunların en önemlisi NATO FINAS (Flight In Non-Segregated Air Space) bünyesinde yapılan çalışmalardır.

İHA'lara ayrılmamış hava sahalarında uçuş imkânının sağlanması amacı ile NATO içinde, sabit kanat ve döner kanatlı uçakların uçuşa elverişlilik standartlarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar FINAS çalışma grubu altında yürütülmektedir. Bu kapsamda,

- STANAG 4671'in (Sabit kanatlı İHA'ların uçuşa elverişlilik standardı),
- STANAG 4703'ün (Hafif sabit kanatlı İHA'lar uçuşa elverişlilik standardı),



- STANAG 4702'nin (Döner kanat İHA'ların uçuşa elverişlilik standardı),

oluşturulması çalışmaları Türkiye, ABD, İngiltere, Fransa, Hollanda, Kanada, Almanya, Polonya, İtalya, İsveç ve İspanya gibi ülkelerin katılımı ile yürütülmektedir.

Kontrol İstasyonu fonksiyonel mimarisi için STANAG 4586 ve veri linki sistemleri için 4660'ın, İHA operatörlerinin eğitim gereksinimleri için STANAG 4670'in oluşturulma çalışmaları yürütülmektedir. İlave olarak, STANAG seviyesinde olmamakla birlikte algı ve sakın, frekans yönetimi, hava trafik yönetimi ve sağlık standartlarının oluşturulmasına yönelik olarak da çeşitli alt gruplar tarafından çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar, askeri bir standart oluşturulmasına yönelik olup, sivil standartlara olabildiğince yakın kalınması hedeflenmektedir.

Bu çalışmaların özeti ve bağlantılarını gösteren şematik gösterim Şekil 31'de yer almaktadır.

İHA'lara yönelik UE standartlarını oluşturmak amacı ile çalışılan STANAG'lar kapsamında yakın zamanda planlanan faaliyetler:

- STANAG 4671 Yayın 1 çıkmış olup Yayın 2'nin Temmuz 2012'de yayınlanması,

- STANAG 4702 Yayın 1'in 2012 başında çıkartılması,

şeklinde özetlenebilir.

"As much as civil, as necessary as military" prensibi dikkate alınarak oluşturulmaya çalışılan bu standartlar, sivil havacılıkla ilgili yeni İHA UE gereksinimlerini oluşturmaya çalışan aşağıdaki çalışma gruplarında da değerlendirilmektedir.

- Eurocae WG73, Europe
- RTCA SC203, USA

Aşağıda bu çalışmalardan UE standartları ile ilgili olan ve yayınlanma aşamasına gelmiş bulunan STANAG 4671, STANAG 4702 ve STANAG 4703 ile ilgili detaylar yer almaktadır.

Bu çalışmalardan STANAG 4671;

- Ayrılmamış bölgelerde uçabilen Sabit Kanat İHA Sistemleri uçuşa elverişlilik gereksinimlerini kapsar,

- 150 kg ile 20,000 kg arasındaki hava araçları içindir,

- CS-23 Standardı (İnsanlı Küçük Sınıf Sabit Kanat Uçaklar) tabanlıdır.

- Standardın "Edition 1" versiyonu ABD, İngiltere, Fransa, Hollanda, İtalya, İspanya ve Kanada tarafından rezervasyonlar ile onaylanmıştır.

- 17 Toplantı yapılmıştır.

- Standardın "Edition 2" versiyonunun Temmuz 2012'de onaylanma sürecine girmesi beklenmektedir.

- Türkiye henüz "Edition 1" versiyonunu onaylamamıştır.

Standart oluşturulurken CS-23 standardı baz alınmış

ve İHA'lara özel düzenlemelerle son hale getirilmeye çalışılmıştır. CS-23 ile STANAG 4671 arasındaki ana bağlantı Şekil 32'de gösterilmiştir.

STANAG 4671 aşağıdaki alanları kapsamamaktadır:

- Kontrol İstasyonunun güvenliği
- Komuta ve Kontrol veri linkinin güvenliği (kontrolün başkası tarafından ele alınması)
- Hava sahası entegrasyonu
- İHA personelinin lisanslaması, eğitimi ve bakımı
- Operasyon, bakım ve tasarım organizasyon onayları
- Operasyon tipi
- Frekans spektrumu ile ilgili sınıflandırmalar
- Gürültü, kirlilik ve benzeri çevresel sertifikasyon
- Emniyet kritik olmayan fırlatma/kurtarma ekipmanları
- Faydalı yüklerin operasyonu (Uçuşa hasar vermesi ihtimalleri hariç),
- Silah taşıma, ayrılma ve benzeri konular (NIAG Weaponisation Working Group kapsamındadır)
- Otomatik Uçuş
- Algı ve Sakın (Sense and Avoid, Gelecekte kapsam içine alınması muhtemeldir.)
- Operasyon Kuralları

Diğer bir çalışma olan STANAG 4702 ise;

- CS-27 Amendment 2 Standardı (İnsanlı Küçük Sınıf Döner Kanat) tabanlıdır.

- STANAG 4671 Edition 2, İHA'lara özel bazı durumlar için referans alınmıştır.

- 150 kg ile 3175 kg arasındaki hava araçları içindir. Maksimum kalkış ağırlığı daha büyük olan hava araçları için de kullanılabilir.

- Fransa koordinasyonu üstlenmiştir

- Çalışmalara 2009 yılında başlanmış olup Temmuz 2011'de STANAG 4702 Draft B yayınlanmıştır. 2012 başında ise standardın ilk versiyonunun onaylama sürecine başlanması beklenmektedir.

STANAG 4702 oluşturulurken CS-27, CS29 ve STANAG 4671 dikkate alınmış olup aralarındaki ana bağlantı Şekil 33'te yer almaktadır.

STANAG 4703 (USAR-Light) ise

- İHA azami kalkış ağırlığı 150kg.dan az olup,

- Sabit Kanat İHA' lara yöneliktir,

- İtalya koordinasyonu üstlenmiştir,

- STANAG 4671, CS-22, CS-VLA, ASTM F2245-06, DEF-STAN 0056 referans olarak alınmaktadır.

- Kaynak sıkıntısı dolayısı Türkiye'den katılım sağlanamamaktadır. Çalışmalar uzaktan takip edilmektedir.

- Standardın Edition 1 Draft versiyonu Nisan 2011'de yayınlanmıştır.

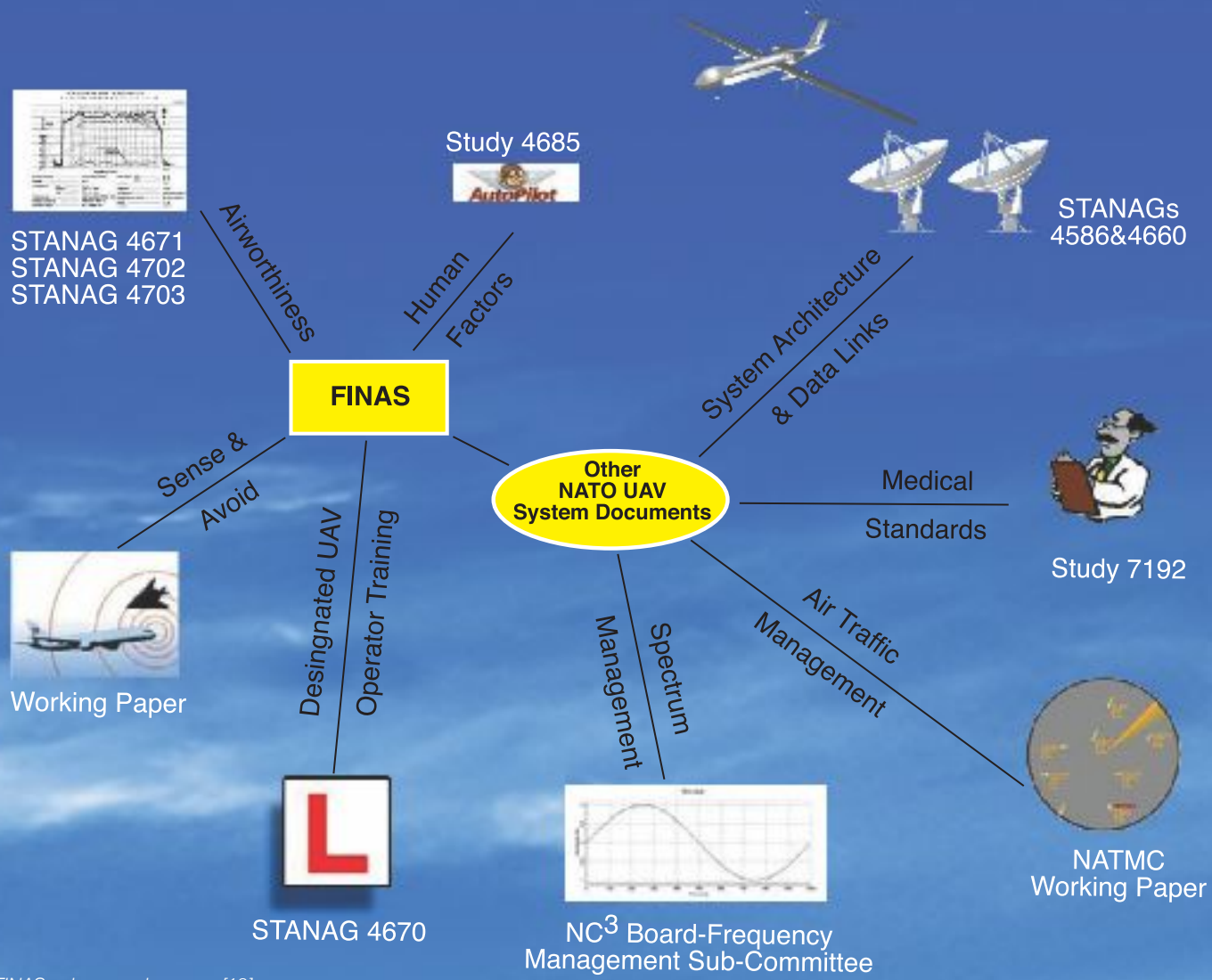
Dünyada İHA'lara özel UE standartlarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar özellikle askeri alanda olmak üzere sürdürülmektedir. Önümüzdeki yıllarda birçok İHA Sistemi'nin hava sahasına entegre olacağı dikkate alındığında, uluslararası alanda sivil ve askeri UE standartlarının uygulamaya alınacağı değerlendirilmektedir.

## 6.9.2 Türkiye'deki Çalışmalar

Türk Askeri Havacılık Sertifikasyon Otoritesinin (TAHSO) kurulması çalışmaları MSB bünyesinde sürdürülmekte olup, TAHSO kurulana kadar olan süreç, geçiş dönemi olarak isimlendirilmiş ve bu dönem sırasında C-130 Aviyonik Modernizasyon, T-38 Aviyonik Modernizasyon, HÜRKUŞ Eğitim Uçağı Geliştirilmesi gibi bazı havacılık projelerinde sertifikasyon faaliyetleri yürütülmektedir. Bu faaliyetler, ilgili kuvvet ve SSM uzmanlarından oluşturulan Sertifikasyon Kurulu, Uçuş Emniyeti Değerlendirme Kurulu ve Proje Sertifikasyon Grupları tarafından yürütülmektedir. İHA'larda da sertifikasyon faaliyetlerinin yürütülmesi planlanmış olup uluslararası standartların henüz oluşmamış olması ve bu faaliyetlerin projenin takvim ve maliyetine etkisi olacağı dikkate alınarak, TİHA (MALE) Geliştirme Projesi'nde sertifikasyon faaliyetlerinin yapılması 2007 yılında uygun bulunmamıştır.

Yukarıda bahsedilen uluslararası çalışmalar dikkate alındığında, henüz İHA'lara yönelik uçuşa elverişlilik standartlarının son hale getirilmemiş olduğu açıktır. Fakat önümüzdeki yıllar içerisinde bu standartların son hallerine getirilerek resmi olarak yayınlanacağı ve Türkiye'nin uluslararası İHA pazarında yer almayı hedeflediği dikkate alındığında; bu sektörde yer alan firmaların gerekli altyapıyı oluşturabilmeleri için STANAG 4671, 4702 ve 4703 UE standartlarının bundan sonra yürütülecek İHA projelerinde referans olarak uygulanmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

Yakın gelecekte, uluslararası kabul görececek olan STANAG 4671, 4702 ve 4703 standartlarının Askeri Havacılık Projelerinde kullanılmasının zaruri olacağı göz önünde bulundurulduğunda, gerek TAHSO tarafından bu standartların kullanılması ve gerekse Avrupa Sivil Havacılık Otoritesi olan EASA ile işbirliği anlaşması imzalamış olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün EASA tarafından oluşturulacak, STANAG'lara benzer, sivil İHA UE standartlarını uygulamasının gündeme gelebileceği beklenmektedir.



Şekil 31: NATO-FINAS çalışma grubu yapısı [13]

CS-23	STANAG 4671
<b>Kitap 1 Uçuşa Elverişlilik Kodu</b>	<b>Kitap 1 Uçuşa Elverişlilik Kodu</b>
Bölüm A - Genel	Bölüm A - Genel
Bölüm B - Uçuş	Bölüm B - Uçuş
Bölüm C - Yapısal	Bölüm C - Yapısal
Bölüm D - Dizayn	Bölüm D - Dizayn
Bölüm E - Motor	Bölüm E - Motor
Bölüm F - Ekipmanlar	Bölüm F - Ekipmanlar
Bölüm G - Operasyonel Kısıtlamalar	Bölüm G - Operasyonel Kısıtlamalar
Lahikalar (Bölüm A - G)	Bölüm H - Komut ve Kontrol Veri Yolu
<b>Kitap 2 Kabul Edilebilir Uyum Yöntemleri</b>	Bölüm I - Uzaktan Kontrol İstasyonu
Bölüm A - G	Lahikalar (Bölüm A - G)
Uçuş Test Rehberi	<b>Kitap 2 Kabul Edilebilir Uyum Yöntemleri</b>
	Bölüm A - I

Şekil 32: CS-23 ve STANAG 4671 standartları arasındaki içerik ilişkisi

CS-27	STANAG 4702
<b>Kitap 1 Uçuşa Elverişlilik Kodu</b>	<b>Kitap 1 Uçuşa Elverişlilik Kodu</b>
Bölüm A - Genel	Bölüm A - Genel
Bölüm B - Uçuş	Bölüm B - Uçuş
Bölüm C - Yapısal	Bölüm C - Yapısal
Bölüm D - Dizayn	Bölüm D - Dizayn
Bölüm E - Motor	Bölüm E - Motor
Bölüm F - Ekipmanlar	Bölüm F - Ekipmanlar
Bölüm G - Operasyonel Kısıtlamalar	Bölüm G - Operasyonel Kısıtlamalar
Lahikalar (Bölüm A - G)	Bölüm H - Komut ve Kontrol Veri Yolu
<b>Kitap 2 Kabul Edilebilir Uyum Yöntemleri</b>	Bölüm I - Uzaktan Kontrol İstasyonu
Bölüm A - G	Lahikalar (Bölüm A - G)
Uçuş Test Rehberi	<b>Kitap 2 Kabul Edilebilir Uyum Yöntemleri</b>
	Bölüm A - I

Şekil 33: STANAG 4702 içeriği

### 6.9.3 İHA'ların Çevresel Sertifikasyonu

İnsanlı hava araçlarında olduğu gibi İHA'lar için de çevresel sertifikasyon gereksinimleri değerlendirilmelidir. Çevresel sertifikasyon gereksinimleri aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır.

- Hava aracı Gürültü Sertifikasyonu (ICAO, Annex 16 Volume I, "Aircraft Noise")
- Hava aracı Motor Emisyon Sertifikasyonu (ICAO, Annex 16 Volume II, "Aircraft Engine Emissions")

### 6.9.4 Kalifikasyon

Sertifikasyon gereksinimleri "uçuş emniyeti"ni sağlamak üzere oluşturulmuştur. Her ne kadar İHA'ların kullanımı operasyon bazlı olarak değişiklikler gösterse de kalifikasyon gereksinimleri arasında görev sistemlerinin güvenilirliği ile maliyet, temin edilebilirlik vb. faktörlerin ilişkilendirilmesi için çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalarda kullanıcı görüşleri en önemli girdilerin başında gelecektir. Çalışmalar sonunda, görev sistemleri güvenilirliği ile ilgili değer oluşturulmasına yönelik olarak kullanılacak bir formüle ulaşılması hedeflenmelidir.

### 6.9.5 Sürekli Uçuşa Elverişlilik

İHA Sistemlerinin uçuşa elverişliliğinin ömür devri boyunca belirli seviyede tutulabilmesi ve sistemin maliyet etkin bir şekilde idame ettirilmesi, diğer modern uçak projelerinde ve sistemlerinde olduğu gibi, emniyet gereksinimlerinin ve Sürekli Uçuşa Elverişlilik (SUE) gereksinimlerinin uygun bir biçimde karşılanmasını önemli kılmaktadır. Sistem tasarımından, sistemin envanterden kalkışına kadar olan süre boyunca SUE gereksinimlerinin daima göz önünde bulundurulması ve en iyi şekilde uygulanması gereklidir.

SUE gereksinimleri ve uygulamaları sadece UE ve emniyet gereksinimleri ile beraber değil, diğer birçok süreç ile beraber düşünülmelidir. Bu yaklaşımla, çok fazla zaman ve maliyet gerektiren süreçlerin eksiksiz yürütülmesi sağlanacağı gibi, sistem ömür devri maliyetlerinin düşürülmesine de katkı sağlanacaktır.

Bu konularda bütçe ve zaman kısıtları nedeniyle tüm bakım ve idame faaliyetlerini lojistik faaliyet olarak kısıtlamak ve ilgili lojistik ve diğer destek süreçlerinin, sistemin üretim fazlarında (tasarımdan çok sonra) başlatılması sistemin kullanım ve toplam maliyetinde hesaplanamayan büyük hatalara yol açabilecektir. Ayrıca, bu yaklaşım ileride çok fazla kullanıcı geri dönüşüne yol açacaktır. Sonuçta; kullanıcı ve üretici için zor ve sakıncalı etkilerin ortaya çıkması veya sistemin verimsiz kullanılması kaçınılmaz hale gelebilir.

Bu nedenlerle, orta ve uzun vadedeki İHA Sistemi programlarının başından itibaren ELD, LDA, idame edilebilirlik, güvenilirlik ve sistem emniyeti gibi süreç ve alt süreçleri ile müşteri isterleri, sistemin potansiyel kullanım alanları, tasarlanan sistemin fonksiyonları ve hedefleri, bakım maliyetleri ve bakım

seviyeleri gibi tasarım gereksinimlerinin belirlenmesi ve yürütülmesinde SUE'nin de göz önünde bulundurulması değerlendirilmelidir.

## 6.10 Uluslararası Etkinliklere Katılım

### 6.10.1 NATO Çalışmaları

NATO tarafından İHA Sistemleri'ne yönelik yürütülen çalışmalar RTO, NIAG, CNAD gibi çeşitli gruplar tarafından paneller, çalışma grupları ve konferans etkinlikleri ile yürütülmektedir. İHA Sistem ve alt sistemleri ile ilgili etkinliklere katılım yöntemleri aşağıda belirtilen kaynaklarda ve SSM tarafından 2009 yılında yayınlanan "NATO ile İş Yapma Rehberi"nde [14] açıklanmaktadır.

- NATO Araştırma ve Teknoloji Örgütü (RTO, Research and Technology Organisation), çalışmalarını 6 ana teknik panel grubu altında yürütmekte olup güncel faaliyetler ve toplantılar web sayfasından takip edilebilmektedir [15].

- NATO Sanayi Danışma Grubu (NIAG, NATO Industrial Advisory Group), Ana silahlama grupları tarafından ortaya konan ihtiyaçların karşılanmasına yönelik fizibilite ve ön fizibilite faaliyetlerini çalışma grupları aracılığıyla gerçekleştirmekte olup katılıma yönelik koordinasyon Türkiye Delegasyon Başkanlığı görevini yürüten MKEK Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmaktadır.

- NATO Ulusal Silahlama Yöneticileri Konferansı (CNAD, Conference of National Armaments Directors) bünyesinde sürdürülen İnsansız Hava Araçları (İHA) alanındaki tüm çalışmalar, 2005 yılında başlatılan Müstereklik çalışmaları kapsamında, İHA Müsterek Yetenek Grubu (JCGUAV, Joint Capability Group on Unmanned Aerial Vehicles) altında birleştirilmiş olup 4 ana alanda çalışmalar yürütülmektedir:

- İHA'ların ayrılmamış hava sahalarında uçuş imkânının oluşturulmasına yönelik FINAS çalışma grubu faaliyetleri,

- İHA kontrol sistemine yönelik standart arayüz oluşturulmasına yönelik STANAG 4586 çalışmaları,

- Birlikte çalışabilir komuta / kontrol veri linkine yönelik NIAG Çalışma Grubu 140 tarafından yürütülen STANAG 4660 çalışmaları,

- İHA silahlandırmasına yönelik NIAG Çalışma Grubu 125 tarafından yürütülen çalışmalar.

Bunların dışında, NATO kurum olarak müttefikleriyle birlikte çalışabilir komuta kontrol sistemleri geliştirmek üzere aşağıdaki program, girişim veya standartları da oluşturmuştur.

- NATO Network Enabled Capability - NNEC

- NATO Interoperability Standards and Profiles - NISP

- NATO Intelligence, Surveillance, and

Reconnaissance Interoperability Architecture – NIIA

- Multilateral Interoperability Programme – MIP

- LC2IEDM (Land C2 Information Exchange Data Model)

- C2IEDM (Command and Control Information Exchange Data Model)

- JC3IEDM (Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model)

- JC3IEDM daha sonra NATO STANAG, the 5525 haline dönüşmüştür.

- NATO Discovery Metadata Specification - NDMS

- TACOMS Post 2000

- Link 16 for tactical data link messaging (NATO and US standards)

- ADatP-3 and FORMETS for text messages

### 6.10.2 Diğer Kuruluşların Çalışmaları

İHA Sistemleri'ne yönelik incelenmesinin ve/veya takip edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilen çeşitli kuruluşlarca yürütülen faaliyetler aşağıda listelenmiştir.

- Avrupa Birliği (AB) Komisyonu

Avrupa Birliği'nde İHA Sistemleri'ne yönelik stratejisini oluşturmak üzere AB Komisyonu tarafından her yıl çalıştaylar düzenlenmekte olup, son çalıştayın 2012 Ocak ayında gerçekleştirilmesi ve sonrasında AB İHA Sistemleri Strateji Belgesi'nin yayımlanması planlanmaktadır.

- Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) Çalışmaları:

- Unmanned Systems Magazine

- Discussion Group on Interoperability Standards for Unmanned Systems

- Unmanned Systems Exhibition

- Unmanned Systems and Robotics Interoperability Center (USARIC) Çalışmaları

- Ağ Merkezli Harekât Sanayii Konsorsiyumu (Network Centric Operations Industry Consortium – NCOIC)

Bu kuruluşun amacı, uluslararası sivil veya askeri birimler ve organizasyonlar arası birlikte çalışabilirliği arttırmaktır. Bu konuda aşağıdaki doküman seti oluşturulmuştur.

- NCOIC Interoperability Framework – NIF:

Birlikte çalışabilir sistemleri elde edebilmek için açık standartlar ve bunların kullanım örneklerini tavsiye eden dokümandır.

- Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises Model - SCOPE Model:

Ağ Destekli/Merkezli sistemler için şirketlere veya müşterilerle birlikte çalışabilirlik gereksinimlerini ortaya çıkaracak yöntemler sunan dokümandır.



### 6.10.3 Amerika Birleşik Devletleri

#### Çalışmaları

ABD, İHA Sistemleri için birlikte çalışabilirlik kavramını Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS) programı ile gündeme getirmiştir. Bu programın amacı açık insansız sistemler için açık mimari oluşturmak olmuştur. Bu program daha sonra Society of Automotive Engineers (SAE)'ye devredilmiş ve servis tabanlı bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu çerçeve için kullanılan JAUS/SAE standartları şunlardır;

- AS5669, JAUS Transport Standard,
- AS5710, JAUS Core Service Set,
- AS6009, JAUS Mobility Service Set,
- AS5684, JAUS Service Interface Definition Language

Özellikle Birlikte Çalışabilirlik açısından JAUS Service Interface Definition Language standardını incelemek önemli olacaktır.

Ayrıca ABD, Birlikte Çalışabilirlik kavramını "Ağ Merkezli Harp" kavramı altında düşünmüş olup bu konuda birçok projeyi uygulamaya koymuştur. Aşağıda bu konudaki proje, program veya girişimler toplu olarak verilmiştir.

- Net Centric Enterprise Solutions for Interoperability – NESI
- Global Information Grid (GIG)
- Global Information Grid – Bandwidth Extension (GIG-BE)
- FCS (Future Combat System)
- JSTARS Joint Surveillance and Target Attack Radar System,
- FORCEnet,
- Joint Tactical Radio System (JTRS, plansız ağ (ad hoc networking)),
- CEC (Cooperative Engagement Capability),
- The Multi-Platform-Common Data Link (MP-CDL),
- Warfighter Information Network (WIN-T),
- Tactical Targeting Networking Technology (TTNT),
- The Force XXI Battle Command Brigade and Below (FBCB2)

### 6.10.4 Diğer Ülkelerin Çalışmaları

İHA Sistemi sistem/teknolojilerinde birlikte çalışabilirlik etkinliklerinin takibi gereken ülkelerin başında İngiltere, Kanada, Avustralya ve İsveç gelmektedir. İsveç bu konuda diğer Avrupa ülkelerinden daha erken çalışmalara başlamış ve Ağ Tabanlı Savunma (Network Based Defence) adını verdikleri LedSysT projesi ile Ağ Merkezli Harbi uygulamaya koymuştur. İngiltere, DABINETT ve JMNIAN (Joint Multinational Interoperability

Assurance Network) gibi önemli projeleri ağ merkezlilik kapsamında halen yürütmektedir. Fransa Bilgi Merkezli Harp (InfoCentric Warfare) adını verdiği bu kapsamda Future Air Land Combat Network System projesini yürütmektedir.

## 6.11 Ulusal ve Uluslararası Mevzuat

Türkiye 5 Haziran 1945 tarih ve 4749 sayılı kanun ile Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu'na (ICAO) üye olmuştur. Ayrıca ECAC (European Civil Aviation Conference), EUROCONTROL gibi uluslararası bölgesel havacılık organizasyonlarına da üyedir. Devletler, vatandaşlarının emniyetini sağlama yükümlülüğünü havacılıkta yerine getirebilmek için gerekli yasal mevzuatı hazırlamak, bu yasal mevzuatın uygulanmasını sağlayacak ilgili organizasyonları (Havacılık Otoriteleri) kurmak, konu ile ilgili ikili anlaşmalar yapmak ve uluslararası anlaşmalar uymaktan sorumludur. Havacılık otoritelerinin ana görev ve sorumlulukları ise,

1. Emniyetli ve etkin bir havacılık için kural, düzenleme, prosedür ve standartların oluşturulması; ilgili partilerin oluşturulan düzenlemelerle ilgili bilgilendirilmesi; bu düzenlemelere göre uyumun kontrolü; havacılık ürün ve organizasyonlarının sertifikalandırılması,
2. Tüm askeri veya sivil havacılık sisteminin, emniyet açısından gözden geçirmeler, incelemeler ve gözetimlerle planlı olarak incelenmesini sağlayacak bir sistemin oluşturulması ve uygulanması,
3. Devletin havacılık sistem performansının gelişmesi için, teknolojik gelişmelerin ve en iyi endüstri uygulamaların takip edilmesi,
4. Lisanlar, sertifikalar, suçlar, raporlanmış kaza ve olaylar, vb havacılık kayıtlarının takibi ile ilgili bir sistemin sürdürülmesi,
5. Kaza olay verileri ve servis problem raporları, vb verileri kullanarak emniyet trend analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sonuçlarına göre düzeltici işlemlerin başlatılması,
6. Özel emniyetle ilgili dokümanların yayımlanması, emniyet seminerlerinin düzenlenmesi yoluyla emniyetin yükseltilmesi.

Genel olarak bir ülkede sivil hava araçları ve devlet hava araçlarına (askeri, polis, gümrük) bakan otoriteler farklıdır. ABD'de sivil havacılıktan FAA sorumlu iken askeri hava araçlarından kara deniz ve hava kuvvetleri ayrı ayrı sorumluyken, Avrupa'da ise her ülkede bir sivil otorite ve bir askeri otorite olmak üzere iki havacılık otoritesi vardır.

Türkiye'de sivil havacılık otoritesi Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'dür. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün şu anda hava araçları sertifikasyonu için yetkinliği bulunmamaktadır. Ancak bu yetkinliğin kazanılması ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Bu yetkinliğin olmaması nedeniyle yurt içinde geliştirilen hava araçlarının sertifikalandırma işlemleri Avrupa Havacılık Emniyet

Ajansı (EASA) tarafından yapılmaktadır.

Askeri havacılıkta ise, kanuni olarak tanımlanmış bir askeri otorite olmamakla birlikte kuvvetler kendi iç mevzuatları kapsamında havacılık emniyetini sağlamaya dönük çalışmaları sürdürmektedirler. Bununla birlikte şu anda Türkiye Askeri Havacılık Otoritesi'nin kurulması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

İHA'lara yönelik uluslararası mevzuat henüz oluşturulmamış olup çalışmalar devam etmektedir. İHA pazarının önümüzdeki 20 yıl içinde gerçekleşecek gelişimi dikkate alındığında, bu sistemlerin hava sahasında emniyetli bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla sivil mevzuat çalışmalarının yapılacağı aşikârdır. Oluşturulmaya çalışılan mevzuatların ilgili kurumlar (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Türk Hava Kurumu, özel kuruluşlar, vb.) tarafından yakından takip edilmesi ve söz konusu kurumların bir araya geleceği çalışma grupları veya panellerin kurulması gerekmektedir.

## 6.12 Standartlar

İHA Sistemleri konusunda hali hazırda pek çok standart bulunmaktadır. Bunların bir bölümü, genelde hava araçlarının uyması gereken kuralları belirleyen FAA kuralları gibi standartlardır, bir başka bölümü ise NATO'nun ve DOD'nin Birlikte Çalışabilirlik kavramı içinde geliştirdikleri ya da dikte ettikleri standartlardır. Bunun dışında milli olarak uygulanan standartlar ülkeden ülkeye değişmektedir.

İHA Sistemleri için yakın dönemde öne çıkan standartlar;

- STANAG 4586, "Standard Interfaces of UAV Control Systems (UCS) for NATO UAV Interoperability": Kontrol İstasyonu ve Hava Aracına yönelik mimari yapıları, birbirleri ve C4I sistemleri ile olan arayüzleri, iletişim protokollerini, veri yapılarını ve mesaj formatlarını tanımlar. Ayrıca NATO Birleşik harekât ortamında birlikte çalışabilirlikle ilgili seviyeleri, her seviyede karşılaşması gereken özellikleri ve ilgili diğer standartlara olan referansları içerir.

- STANAG 7085, "Interoperable Data Links for Imaging Systems": İHA Sistemlerinde veri aktarımı için kullanılabilecek farklı Veri Link Sistemleri ve "Analog, Point to Point, Broadcast" vb. özellikleri tanımlar.

- STANAG 4671, "UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR) for NATO military UAV Systems": İHA Sistemleri için uçuşa elverişlilik gereksinimlerini içerir.

İHA Sistemlerine yönelik diğer standartlar Bölüm 10.7'de listelenmiştir.

Türkiye'deki İHA Sistemi çalışmalarına yön verecek şekilde standardizasyon etkinliklerini yönlendirecek, yürütecek, denetleyecek ve tescil edecek bir otoritenin kısa vadede oluşturulması önem arz etmektedir.

**Önümüzdeki dönemde önceliklendirilmesi gereken alanlara yönelik teknoloji öngörülerini ve ihtiyaçlar kapsamında, İHA Sistemi askeri kullanım alanları da göz önüne alınarak, temel alt sistemlere yönelik kısa-orta-uzun vade hedefler ortaya konulmaya çalışılmıştır.**



# 07

## Teknoloji

Bu bölümde, oluşturulan İHA Sistemi İş Dağılım Ağacı (İDA) temel alınarak, tanımlanan ana sistemleri (hava aracı, görev sistemleri, yer sistemleri, hava-yer tümleşik sistemleri) bazında, ilgili alt sistemlere yönelik kritik teknolojiler özetlenmiştir. Önümüzdeki dönemde önceliklendirilmesi gereken alanlara yönelik teknoloji öngörülerini ve ihtiyaçlar kapsamında, İHA Sistemi askeri kullanım alanları da göz önüne alınarak, temel alt sistemlere yönelik kısa-orta-uzun vade hedefler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Alt sistem teknolojilerine yönelik değerlendirmeler daha detaylı olarak Bölüm 10.3'te verilmektedir.

Söz konusu teknoloji değerlendirmeleri yapılırken “Yurt İçi Geliştirme” modeli ön planda tutulacak şekilde her alt sisteme yönelik mevcut ve hedeflenen kabiliyetler belirlenmiştir. Bu kabiliyetlerin kazanım hedefleri, İHA Sistemi Projeleri ve/veya Ar-Ge projelerinden ziyade kullanım alanlarına göre belirlenerek doğrudan projelere ilişkilendirilmemiştir. Böylece bu kabiliyetlerin kullanılabileceği alanlar ve kazanım tarihleri bağımsız olarak ortaya konulmuş, kabiliyetlerin ihtiyaç duyulacağı sistemlerin planlamasına girdi sağlanması amaçlanmıştır. Benzer şekilde, alt sistemlerin ihtiyaçlarına yönelik bileşen ve teknoloji kazanımları da Bölüm 4.3'de belirtildiği üzere “Ar-Ge Yol Haritası” kapsamında çeşitli Ar-Ge projeleri ile planlanmakta olup, İHA Sistemleri Yol Haritası'nda belirtilen teknolojilerin/kabiliyetlerin bu projelere girdi sağlanması amaçlanmıştır.

## 7.1 İHA İş Dağılım Ağacı

İnsansız Hava Aracı Sistemi İş Dağılım Ağacı (İDA), bir İHA Sistemi'nde bulunması muhtemel sistemleri ve İHA Sistemi geliştirme sürecinde yer alan etkinlikleri kapsamaktadır. İş dağılım ağacında İHA'ların farklı kullanım alanları göz önüne alınarak tüm ürün/işlev çeşitliliğini kapsayacak şekilde kırılım yapılmıştır. Yine aynı görevin farklı uygulamalarından doğabilecek çeşitlilikleri de kapsamak amacıyla kırılımda işlevsel bazlı yaklaşımlar da (ör: yer sistemlerinde) tercih edilmiştir. Alt çalışma gruplarında gözden geçirilerek güncellenen İDA Bölüm 10.1'de verilmektedir.

## 7.2 Hava Aracı Sistemleri

Türkiye kompozit üretim teknolojileri alanında ileri seviyeye ulaşmıştır. Birçok yurt içi ve uluslararası projede yapısal teknolojide dayanıklı, hafif ve maliyet etkin tasarım çözümleri oluşturulmaktadır. Fakat test altyapısı ve tasarıma yönelik malzeme bilimi altyapısı halen gelişme aşamasındadır. Akademik malzeme ve yapısal çalışmalarının ise çok az bir kısmı sanayi tarafından kâra dönüştürülebilmektedir.

Türkiye'nin yapısal teknolojilerde hedefi; hafif, çok amaçlı kullanıma müsait, dayanımı yüksek, maliyet etkin, özgün, çevre koşullarına dayanıklı ve ihtiyaca yönelik üretilen malzeme ve yapısal teknolojilere sahip olmak olmalıdır.

Bu bağlamda yapı ve malzeme teknolojilerinde:

- Kompozit malzemeler için veritabanı oluşturulması ve yapısal analiz/yapısal test kabiliyetlerinin geliştirilmesi
- İhtiyaca yönelik özgün ham malzeme altyapısının oluşturulması
- İhtiyaca yönelik özgün kompozit ve metalik üretim kabiliyetlerinin olgunlaştırılması
- Yeni üretim ve malzeme teknolojilerinin ham malzeme ve üretim altyapısıyla bütünleştirilmesi

- Yüksek hızlı ve yüksek manevra kabiliyetli İHA'lara yönelik malzeme teknolojilerinin geliştirilmesi
  - Akıllı malzeme teknolojilerinin üretim/tasarım altyapısıyla bütünleştirilmesi
- aşamaları takip edilmelidir.

Türkiye'de itki sistemi teknolojileri alanında özellikle gaz türbinli motorlar ile ilgili son yıllarda belli bir seviye ve bilgi birikimi oluşmuştur. Bu bilgi birikimini ve teknolojik altyapıyı daha ileri götürerek özgün gaz türbinli itki sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Bu projeler çerçevesinde özellikle yüksek sıcaklık ve gerilmeye maruz kalan bölgelerde kullanılacak malzemeler ile ilgili malzeme test veri tabanlarının zenginleştirilmesi amaçlanmalıdır. Aerodinamik tasarım, ısı transferi, akustik ve malzeme ömür hesaplamaları geliştirilmesi gereken kritik temel tasarım disiplinleridir. Motor kontrol sistemleri (FADEC), yağ ve yakıt sistemleri, soğutma teknolojileri, hava ve yağ sızdırmazlık elemanları ise tasarım uzmanlığı yaratılması gereken alt sistemlerdir. Tüm bu konularda kazanılacak bilgi ve deneyimlerin yürütülecek çekirdek motor projeleri ile deneyerek pekiştirilmesi bu alanda elde edilecek kabiliyetlerin devamlılığı için elzemdir.

İçten yanmalı motorlarda ise, sivil havacılık veya otomotiv kullanımı için geliştirilmiş olan motorların İHA platformuna mekanik uyum, yüksek irtifa şartlarına uyarılama, elektrik güç ve kontrol sistemleri ile ilgili gerekli tadilatların yapılması yönünde teknolojilerinin geliştirilmesi benimsenmelidir.

Yurt içi sanayi yetenekleri kapsamında gerçek zamanlı, FPGA tabanlı veya benzer özgün bilgisayar bütünleştirme kabiliyeti bulunmaktadır. Fakat bu sistemlerin geliştirme ve bütünleştirme çalışmaları kapsamında karşılaşılan bileşen seviyesinde dışa bağımlılıklar İHA teknoloji kazanımlarının en büyük engeli olarak belirlemektedir. Bu amaçla farklı sistem altyapılarına uygun bilgisayar teknolojilerinin kısa vadede nitelikli olarak tasarlanması ve geliştirilmesi, bu sistemlere ait işletim sistemi yazılımların özgün olarak kazanılması kısa vadede hedeflenmelidir. Uzun vadede ise sistem tüm alt birimlerini üretmeye yetkin tasarım ve üretim altyapısına sahip olunmalıdır.

Çoklu İHA kullanım kavramına yatkın bilgisayar altyapısına ulaşılması uzun vadede gereklidir. Çoklu İHA kavramında farklı hava araçlarında kullanılan işlemcilerin ileri vade teknolojilerinde sağlayacağı daha yoğun verileri paralel işleme ve değerlendirme kabiliyetine yatkın olarak tasarlanması gerekecektir.

Aviyonik seyrüsefer sistemleri konusunda özgün ürün yetkinliği sanayi tarafından kazanılmamış durumdadır. Mevcut gelişme ihtiyaçları değerlendirilerek kısa vadede bilgisayar teknolojilerinin benzer şekilde özgün ürün tasarım ve bütünleştirme altyapısı kazanılmalıdır. Bu aşama sonrasında sistemlerin tüm alt birimlerini üretmeye yetkin tasarım ve üretim altyapısı hedeflenmelidir. Tüm bu ihtiyaçlar göz önüne alındığında;

- Ataletsel Seyrüsefer Sistemi
- Hava Veri Bilgisayarları
- Yerden Yükseklik Ölçer
- IFF/Transponder

öncelikli teknoloji ihtiyacı olarak tanımlanmalıdır.

Bunun yanında, aviyonik sistemlerde mekanik geliştirme çalışmaları da yürütülmelidir. İHA teknolojilerinin ihtiyacı olan daha hafif ve daha küçük hacim özellikleri tüm algılayıcı ve bilgisayar ürünlerinde hedef olarak ortaya konulmalıdır. Özellikle işlemci birimler haricinde kalan destek alt sistemlerden kaynaklı arıza ve güvenilirlik düşüşleri değerlendirilerek, bu teknolojilerde iyileştirme sağlanmalı ve daha güvenilir sistem çözümlerine ulaşılmalıdır.

Tüm bu algılayıcı ve bilgisayar teknolojilerinde nihai hedef platform üstü tam otonominin tam emniyetli kazanımı olacaktır.

Hava aracının ilettiği/aldığı verilerde bilgi güvenliğinin sağlanması da önemli olup, bu amaçla milli kriptoloji kullanılması ve paralelde ilgili tüm alt sistemlerin öngörülen yeteneklerinin de bu husus göze alınarak kazanılması hedeflenmelidir.

İçten yanmalı ve gaz türbinli itki sistemlerine yönelik İHA Sistemleri görev alanları dikkate alınarak oluşturulan yol haritası aşağıda verilmektedir.

İtki Sistemi	Platform	Kısa Vade (2011-2015)	Orta Vade (2016-2020)	Uzun Vade (2021-2030)
30-60hp	HU-1,TKG-2	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
100-200hp Motor Modifikasyon	TKG-2,SKG-1	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
50-60 lbf	HU-2	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
600-1200 hp Turboprop	SKG-2,Sİ,YHD	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
5-10k lbf Turbofan	REHK,YHD,TİSU Demo	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
20-25k lbf Turbofan	TİSU	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 17: İtki Sistemi Yol Haritası



Alt Sistem	Kritik Teknolojiler
<b>1.2 Hava Aracı Yapısı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek mukavemetli ve yorulmaya dayanıklı yapı/malzeme teknolojisi</li> <li>• İleri düzey kompozit kumaş ve reçine teknolojileri</li> <li>• Reçine transferiyle kalıplama (RTM) teknolojisi</li> <li>• Yapısal aeroelastik analiz araçları</li> <li>• Düşük IR ve RF izi özelliklerine sahip boya</li> <li>• Şekil değiştirebilir aerodinamik yüzey yapıları</li> <li>• Kendi kendilerini onarabilir akıllı malzemeler</li> </ul>
<b>1.3 Hava Aracı Sistemleri</b>	
<b>İtici Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek performanslı türbinli motor geliştirme</li> <li>• Motor kontrol sistemleri (FADEC),</li> <li>• Yağ ve yakıt sistemleri,</li> <li>• Soğutma teknolojileri,</li> <li>• Hava ve yağ sızdırmazlık elemanları</li> <li>• Dizel araç motorlarının İHA'lara uyum için dönüştürülmesi</li> <li>• Havada yakıt ikmali</li> </ul>
<b>Enerji Kaynağı Sistemleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEM yakıt pili</li> <li>• Sodyum bor hidrür yakıt teknolojisi</li> <li>• Batarya teknolojileri</li> </ul>
<b>İniş/Kalkış Sistemleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yağlı-gazlı tipte şok emicili iniş takımları</li> </ul>
<b>Paraşütle Kurtarma Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek mukavemetli, düşük yoğunluklu iplikçik geliştirme ve uygun geçirgenlikte dokuma</li> </ul>
<b>Takatlandırma Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrolik sistemler için test tezgâhı</li> </ul>
<b>Buzdan Koruma Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromanyetik buzdan koruma sistemi</li> <li>• Buzlanma tüneli test altyapısı</li> </ul>
<b>Çevresel Kontrol Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endotermik bataryalar</li> </ul>
<b>Rotor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotor tasarım, sönümlenme ve kinematik analizler</li> <li>• Döner kule test altyapısı</li> </ul>
<b>Güç Aktarma Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Güç aktarma sistemi tasarımı, soğutma/yağlama analizleri</li> <li>• Dişli üretimi altyapısı</li> </ul>
<b>1.4 Aviyonik Sistem</b>	
<b>Uçuş Kontrol Bilgisayarı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerçek zamanlı işletim sistemi</li> </ul>
<b>Uçuş Kontrol Algılayıcıları</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataletsel ölçüm sistemi</li> <li>• Açısız durum algılayıcıları ve ivmeölçerler</li> <li>• Yerden yükseklik ölçer</li> </ul>
<b>Hareketlendiriciler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromekanik hareketlendiriciler</li> </ul>
<b>Haberleşme ve Tanımlama Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dost/Düşman Tanımlayıcı Sistemlerin yazılım/donanım tasarımı ve geliştirilmesi,</li> <li>• 1GHz frekans bandında çalışan radyo frekans devre tasarımı,</li> <li>• Yüksek seviyede darbe tepe gücü (500W) üretimi,</li> <li>• Dar darbe genişliğinde (0.45µsec) tasarım,</li> <li>• Çok yüksek hızla sinyal örnekleme ve işleme teknolojileri</li> </ul>
<b>1.5 Hava Aracı Genel Tasarım</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alışılmadık (unconventional) yapılarda uçak yapılandırma tasarımı</li> <li>• Rüzgâr tüneli altyapısı</li> <li>• Yere yakın uçuş için uçuş kontrolcüsü</li> <li>• Radara görünmezlik için elektromanyetik tasarım/analiz</li> <li>• Çoklu kontrol yüzeyine sahip uçak tasarımı, yüksek hücum açısında uçuş ve yüksek manevra kabiliyeti teknolojileri</li> <li>• Aeroakustik tasarım</li> <li>• Aeroservoesteklik analiz araçları</li> </ul>

Tablo 16: Hava Aracı Kritik Teknolojileri

## 7.3 Görev Sistemleri

İHA'ların güvenilir bir şekilde kalkışını, uçuşunu ve inişini sağlayan aviyonik, hava veri terminali, yakıt, v.b. yükler dışında kalan ve doğrudan göreve yönelik olarak seçilen birimler görev sistemleri olarak adlandırılmaktadır. İHA üzerine yerleştirilecek görev sistemleri için, insanlı uçaklarla karşılaştırıldığında; boyut, ağırlık ve güç harcaması sınırlamaları daha büyük önem kazanmakta; küçük, hafif ve düşük güç harcayan birimlere olan ihtiyaç İHA Sistemlerine özel çözümlerle karşılanabilmektedir. Bu nedenle görev sistemleri, genellikle bir İHA Sisteminin en kritik ve en yüksek teknolojiyi içeren alt sistemi olma özelliğini göstermektedir.

İHA Sistemlerinde hava aracı, görev sistemlerini taşımak üzere kullanılan bir yapıdır. Hava aracı ağırlığındaki ve güç gereksinimindeki artışlar, daha

güçlü motor ve daha yüksek miktarda yakıt ihtiyacı gibi etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, görev sistemlerinin geliştirilmesinde ağırlık, güç ve yerleşim ölçütlerinin gereksinimlerin belirlenmesi aşamasında ve tasarımın ilk evrelerinden itibaren müşterek olarak ele alınması gerekmektedir.

İHA Sistemi tarafından yapılacak göreve göre hava platformu üzerinde yer alması olası görev sistemleri Tablo 18'de verilmiştir. Tabloda belirtilen görevler sadece askeri kullanıma yönelik, öngörü niteliğinde hazırlanmış olup, kullanım konsepti ve ihtiyaç duyulan yeteneğe göre çeşitlilik gösterecektir. Ayrıca, görev sistemleri kolonunda belirtilen sistemlerin özellikleri, İHA platformunun getireceği boyut, ağırlık ve güç sınırlamalarına bağlıdır.

Farklı görevlere yönelik İHA Sistemlerinde kullanılacak görev sistemleri milli yetenek mevcut durumu Tablo 19'da verilmiştir.

Milli Yetenek Durumuna yönelik değerlendirmeler aşağıda verilmiştir:

1. Elektro Optik/Kızıl Ötesi (EO/KÖ) Sistemi ve Radar Sistemi ilgili göreve yönelik doğrudan İHA Platformu için milli olarak geliştirilmiştir. Bu sistemlere yönelik öncelikli çalışma alanı, mevcut sistemlerin kısa vadede daha düşük faydalı yük taşıma ve güç kapasitesine sahip İHA platformlarında kullanılmasını sağlayacak şekilde küçültme/hafifletme çalışmalarının yapılması ve bunun farklı teknolojilere geçme ihtiyacı gerektirip gerektirmediğinin paralelde incelenmesidir. Ayrıca, dünyadaki görüşmelere paralel olarak görüntü kalitesinin artırılması öncelikli olmak üzere, kamera kabiliyetlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürekli gerçekleştirilmelidir.

İHA Sistemi Görevi	Gerekli Görev Sistemleri
<b>İstihbarat, Gözetleme ve Keşif Desteği</b>	Elektro Optik/Kızıl Ötesi (EO/KÖ) Görüntüleme Sistemi Radar Sistemleri (Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) Sistemi, Yerde Hareketli Hedef Belirtme (GMTI) Sistemi, Ters Sentetik Açıklıklı Radar (ISAR) Sistemi) Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS)
<b>Sinyal İstihbaratı (SIGINT)</b>	Elektronik İstihbarat Sistemi (ELINT) Haberleşme İstihbarat Sistemi (COMINT)
<b>Hava Savunma Sistemlerinin Bastırılması (SEAD)</b>	Radar Elektronik Destek (ED)/Radar Elektronik Taarruz (ET) Sistemi Radyo Frekans (RF) Sahte Hedef Sistemi
<b>Elektronik Destek ve Elektronik Taarruz</b>	Haberleşme ED/ET Sistemi Radar ED/ET Sistemi RF Sahte Hedef Sistemi
<b>Önleyici Elektronik Harp</b>	RF Köreltme/Karıştırma Sistemi Tetikleyici Sinyal Emülatörü Değişiklik Tespit Sistemi
<b>Özel Görevler</b>	
<b>Haberleşme Desteği</b>	Haberleşme Röle Sistemi
<b>Karasal Mayın Algılama</b>	EO/KÖ Görüntüleme Sistemi Yere Girmeli Radar Sistemi (GPR)
<b>Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer (KBRN) Tespit</b>	Biyokimyasal Algılayıcı

Tablo 18: İHA Sistemi Görevine Yönelik Gerekli Görev Sistemleri Dağılımı

2. Radar ED/ET Sistemi, Haberleşme ED/ET Sistemi, Elektronik İstihbarat Sistemi ve Haberleşme İstihbarat Sistemi, milli olarak ilgili göreve yönelik kara veya insanlı hava platformunda kullanım amaçlı geliştirilmiş olmakla birlikte İHA platformu üzerinde milli olarak uygulaması mevcut değildir. Öncelikli çalışma alanı, mevcut sistemlerin İHA platformundan kaynaklanan ağırlık, boyut ve güç gereksinimi kısıtları gereğince uyarlanması ve hava platformuna özgü analiz ve sistem entegrasyon çalışmalarının yapılmasıdır.

3. RF Sahte Hedef, Tetikleyici Sinyal Emülatörü, Değişiklik Tespit Sistemi, Haberleşme Röle Sistemi'ne yönelik teknolojilerin ulusal yetenekler sınırları içerisinde olduğu, kısa dönemde İHA platformunda kullanılmak üzere geliştirilebilecekleri değerlendirilmektedir.

4. İlgili göreve yönelik milli olarak geliştirilmiş Yönlendirilmiş Enerji Silahları, E-bomba, Biyokimyasal Algılayıcı sistemleri mevcut olmamakla birlikte Dünya'da bu sistemler ile ilgili geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. İHA platformu üzerinden kullanıma yönelik teknoloji olgunluk seviyesinin göreceli olarak düşük olduğu bu sistemler için öncelikli çalışma alanı, birinci aşamada laboratuvar ortamında veya kara konuşlu görev yapan sistemin milli olarak geliştirilmesi, ertesinde geliştirilen bu sistemin İHA Platformu üzerinden kullanımına yönelik optimizasyonun sağlanmasıdır. Bu amaçla Ar-Ge projelerinin başlatılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

5. Karasal mayın algılama karmaşık bir problem olarak ülkelerin üzerinde çalıştığı bir alandır. Bu amaçla, karasal uygulamalarda farklı sensörlerden edinilen verilerin tümlenmesi üzerine

odaklanılmaktadır. İHA Sistemlerinde ise, GPR ve KÖ algılama sistemlerinin bu amaca yönelik olarak kullanımına ilişkin geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Elde taşınabilir milli olarak geliştirilmiş GPR sistemi mevcut olmakla birlikte, İHA platformu üzerinde kullanılmaya uygun değildir. Öncelikle detaylı analiz ve fizibilite etütleri yapılmalı, sonuçlarına göre sonraki çalışmalar yönlendirilmelidir.

İHA Sistemi Görevi	Gerekli Görev Sistemleri	Milli Yetenek Mevcut Durumu
<b>İstihbarat, Gözetleme ve Keşif Desteği</b>	Elektro Optik/Kızıl Ötesi (EO/KÖ) Sistemleri Radar Sistemleri	Mevcut bir İHA projesinde kullanılmaktadır/kullanılacaktır. Mevcut bir İHA projesinde kullanılmak üzere Radar Sistemi geliştirme çalışmaları tamamlanmış olup sistem üretim ve test faaliyetleri devam etmektedir.
<b>Sinyal İstihbaratı</b>	Elektronik İstihbarat Sistemi Haberleşme İstihbarat Sistemi	İnsanlı hava platformunda kullanılan sistem mevcuttur. İnsanlı hava platformunda kullanılan sistem mevcuttur.
<b>Hava Savunma Sistemlerinin Bastırılması (SEAD)</b>	Radar Elektronik Destek (ED) / Radar Elektronik Taarruz (ET) Sistemi Radyo Frekans (RF) Sahte Hedef Sistemi	İnsanlı hava platformunda kullanılan sistem mevcuttur. Sistem alt bileşenleri değişik projeler kapsamında geliştirilmiştir.
<b>Elektronik Taarruz</b>	Haberleşme Elektronik Destek (ED) / Haberleşme Elektronik Taarruz (ET) Sistemi Radar Elektronik Destek (ED) / Radar Elektronik Taarruz (ET) Sistemi Radyo Frekans (RF) Sahte Hedef Sistemi	Kara platformunda kullanılan sistem mevcuttur. İnsanlı hava platformunda kullanılan sistem mevcuttur. Sistem alt bileşenleri değişik projeler kapsamında geliştirilmiştir.
<b>Önleyici Elektronik Harp</b>	RF Köreltme/Karıştırma Sistemi Tetikleyici Sinyal Emülatörü Değişiklik Tespit Sistemi	Kara platformunda kullanılan sistem mevcuttur. Sistem alt bileşenleri geliştirilmiştir. Sistem alt bileşenleri geliştirilmiştir.
<b>Özel Görevler</b>		
<b>Haberleşme Desteği</b>	Haberleşme Röle Sistemi	Kara platformunda kullanılan sistem mevcuttur.
<b>Mayın Algılama</b>	EO/KÖ Sistemi Yere Girmeli Radar (GPR) Sistemi	Karasal mayın algılama görevine yönelik geliştirilmiş EO/KÖ sistemi mevcut değildir. Elde taşınabilir GPR sisteminin milli olarak geliştirme çalışmaları bulunmaktadır.
<b>Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer (KBRN) Harp</b>	Biyokimyasal Algılayıcı	Mevcut değildir.

Tablo 19: Görev Sistemleri Milli Yetenek Mevcut Durumu

### 7.3.1 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri

İHA'lar için üç değişik boyut ve özellikle EO/KÖ faydalı yükü tasarlanması hedeflenmektedir.

EO/KÖ Sistem – 1 faydalı yükünün, üzerinde Orta Dalga Boyu KÖ (MWIR) bantta çalışan bir termal kamera, Standard çözünürlüklü bir gündüz kamerası, lazer mesafe bulucu birimi ve lazer aydınlatma birimi bulunması planlanmaktadır. Sistem sadece taret biriminden oluşacak, görüntü işleme, iyileştirme, stabilizasyon, arayüz ihtiyaçları taret birimi içinde gerçekleştirilecektir. Sistemin değişik performans ihtiyaçlarına cevap verebilecek en az iki konfigürasyonu olması hedeflenmektedir.

EO/KÖ Sistem – 2 faydalı yükünün, üzerinde Orta Dalga Boyu KÖ (MWIR) bantta çalışan sürekli büyütme özelliğine sahip termal kamera, yüksek büyütmeli bir gündüz kamerası (Spotter), lazer mesafe bulucu ve lazer hedef işaretleme birimi ve lazer aydınlatma birimi bulunması planlanmaktadır. Sistem taret ve bir elektronik biriminden oluşacak, görüntü işleme, iyileştirme, stabilizasyon, arayüz ihtiyaçları elektronik birimi içinde gerçekleştirilecektir.

EO/KÖ Sistem – 3 faydalı yükünün, üzerinde Orta Dalga Boyu KÖ (MWIR) bantta çalışan çok yüksek büyütmeli termal kamera, yüksek büyütmeli bir gündüz kamerası (Spotter), sürekli büyütme özelliği olan bir gündüz kamerası ve lazer mesafe bulucu ve lazer hedef işaretleme birimi bulunması planlanmaktadır. Sistem taret ve bir elektronik biriminden oluşacak, görüntü işleme, iyileştirme, stabilizasyon, arayüz ihtiyaçları elektronik birimi içinde gerçekleştirilecektir.

#### 7.3.1.1 Radar Sistemleri

Önümüzdeki dönemde geliştirilmesi hedeflenen SAR Sistemleri'ne yönelik yol haritası Tablo 21'de belirtilmiştir.

Stratejik Keşif Gözetleme İHA platformu için havadan deniz gözetleme fonksiyonunun RADAR-1 Sistemi ile sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

Yürütülmekte olan bir projede geliştirilecek olan ISAR görüntüleme modu, RADAR-1 sisteminde de gerekli uyarlamalar yapılarak kullanılacaktır. RADAR-1 sisteminde Deniz Arama Modu, ISAR modu ve Stripmap SAR görüntüleme modunun yanı sıra, opsiyonel olarak alttaki özelliklerin de bulunabileceği değerlendirilmektedir:

- Spotlight SAR Görüntüleme Modu
- Seyrüsefer ve Hava Durumu Modu

RADAR-2 Sistemi, düşük faydalı yük taşıma kapasitesine sahip İHA platformunda kullanılmak üzere küçük ve hafif olacaktır. Radar sisteminin istenen boyut ve ağırlık sınırlarına çekilebilmesi için birim bazında tasarım modifikasyonları gerekecektir. RADAR-2 sisteminde, faydalı yük ağırlık ve hacim kısıtlaması nedeniyle yalnızca Spotlight SAR ile Stripmap SAR görüntüleme modları ile beraber GMTI hareketli yer hedefi tespiti modunun bulunması öngörülmektedir. SAR çözünürlüğünün görüntüleme alanına bağlı olarak iyileştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Havadan yer gözetleme radarı, dünyada önemli olarak görülen SAR uygulaması olup, RADAR-3 Sistemi ile bu fonksiyonun sunulması hedeflenecektir. RADAR-3 sisteminde, görüntüleme alanına ve menzile bağlı olarak yüksek SAR çözünürlüğü elde edilebileceği değerlendirilmektedir. Sistemde opsiyonel olarak alttaki özelliklerin de bulunabileceği değerlendirilmektedir:

- Geniş Alan Gözetleme Modu
- Hareketli Hava Hedefi Tespit Modu
- Deniz Arama Modu
- ISAR Modu



Bununla birlikte, SAR uygulamaları kapsamında, farklı polarizasyonlu sinyallerin kullanımı esasına dayanan Polarimetrik SAR ve yoğun bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda, bitki örtüsünün altındaki gizlenmiş hedeflerin tespit edilmesi imkânını sağlayan Foliage Penetration – FOPEN Radar Sistemlerinin gelecekte ön planda olacağı değerlendirilmektedir.

Polarimetrik SAR Sistemleri için anten yapısının farklı polarizasyonlarda yayın yapma ve yayın alma özelliğinin bulunması gerekmekte, bunun yanı sıra ilave görüntüleme algoritma ve yazılımlarının geliştirilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. FOPEN Sistemleri için ise, uygulamaya özel algoritma ve yazılımların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

EO/KÖ Sistemleri	Platform	Kısa Vade: (2011-2015)	Orta Vade: (2016-2020)	Uzun Vade: (2021-2030)
EO/KÖ Sistem - 1	TKG	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
EO/KÖ Sistem - 2	SKG-1	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
EO/KÖ Sistem - 3	SKG-2	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 20: İHA EO/KÖ Görüntüleme Sistemi Yol Haritası

SAR Sistemleri (SAR/ISAR/MTI/GMTI)	Platform	Kısa Vade: (2011-2015)	Orta Vade: (2016-2020)	Uzun Vade: (2021-2030)
RADAR - 1	SKG-1	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
RADAR - 2	TKG-2	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
RADAR - 3	SKG-2	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 21: İHA SAR Sistemi Yol Haritası

## 7.3.2 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri

### 7.3.2.1 Radar ED/ET Sistemi

Radar ED/ET Sistemi temel alt sistemlerine yönelik kritik teknolojiler aşağıda tanımlanmıştır:

#### Alt Sistem

#### Kritik Teknolojiler

### 2.5 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri

#### Radar ED/ET Sistemi

- Faz dizili anten yapıları
- Konformal anten tasarımı
- Düşük gürültülü RF ön devreler
- Katı halli güç yükselteçler
- Geniş bantlı ve kanallayıcı yapıdaki sayısal almaçlar
- Sayısal RF Hafıza (DRFM) birimleri
- Çok çekirdekli işlemci kart tasarımı

#### Algoritmalar

- Hedef Tespit, Teşhis Algoritmaları
- Hedef Yön Bulma Algoritmaları
- Hedef Yer Belirleme Algoritmaları
- Belirsizlik Analizi ve Belirsizlik Çözme Algoritmaları
- Elektronik Taarruz (Aldatma ve Karıştırma) Algoritmaları
- Kaynak Yönetimi ve Paylaşımı Algoritmaları

Tablo 22: Radar ED/ET Sistemi Kritik Teknolojileri

Radar ED/ET Sistemine yönelik hedeflenen Yol Haritası Tablo 23'te tanımlanmıştır:

Radar ED/ET Sistemi	Platform	Kısa Vade: (2011-2015)	Orta Vade: (2016-2020)	Uzun Vade: (2021-2030)
RADAR ED/ET-1	Faydalı yük kapasitesi < 200 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
RADAR ED/ET-2	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 23: İHA Radar ED/ET Sistemi Yol Haritası

### 7.3.2.2 Haberleşme ED/ET Sistemi

Haberleşme ED/ET (HED/HET) Sistemi temel alt sistemlerine yönelik kritik teknolojiler aşağıda tanımlanmıştır:

Alt Sistem	Kritik Teknolojiler
<b>2.5 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri</b>	
<b>Haberleşme ED/ET Sistemi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kestirme anten seti</li><li>• Yüksek tarama hızı ve duyarlılığa sahip sayısal almaç yapısı ve yüksek hızlı işlemci</li><li>• Hızlı sentezör yapısı</li><li>• Hızlı işaret üreteç birimi</li><li>• Güç yükselteç yapısı</li></ul> <p>Algoritmalar</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hedef Tespit, Teşhis Algoritmaları</li><li>• Hedef Yön Bulma Algoritmaları</li><li>• Hedef Yer Belirleme Algoritmaları</li><li>• Frekans Atlamalı ve DSSS Yayınlarının Karıştırılması Dâhil Elektronik Taarruz Algoritmaları</li><li>• Kaynak Yönetimi ve Paylaşımı Algoritmaları</li></ul>

Tablo 24 : Haberleşme ED/ET Sistemi Kritik Teknolojileri

Haberleşme ED/ET Sistemine yönelik hedeflenen Yol Haritası Tablo 25'te tanımlanmıştır:

Haberleşme ED/ET Sistemi	Platform	Kısa Vade: (2011-2015)	Orta Vade: (2016-2020)	Uzun Vade: (2021-2030)
HED-1	Faydalı yük kapasitesi < 200 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
HED-2	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
HET-1	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
HET-2	Faydalı yük kapasitesi < 200 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 25: İHA Haberleşme ED/ET Sistemi Yol Haritası

Kısa vadede geliştirilebileceği öngörülen HED-1 Sistemi'nin; yayın tespiti, yön bulma, yer belirleme, analog modülasyona sahip yayınları dinleme/monitör etme, sayısal ses kaydı ve dar-bant IF kayıt işlevlerini gerçekleştirmesinin mümkün olduğu değerlendirilmektedir.

Benzer şekilde kısa vadede geliştirilebileceği düşünülen V/UHF frekans bandında çalışacak HET-1 Sistemi'nin; V/UHF bandının bir bölümünde reaktif karıştırma yeteneğine sahip olması ve bu yetenek sayesinde taktik saha tehditleri arasında kritik görülen frekans atlamalı telsizlere karşı daha etkin bir karıştırma uygulanması planlanmaktadır.

Faydalı yük taşıma kapasitesi düşük olan İHA platformu için uygun Haberleşme ED Sisteminin; hafifletme, küçültme ve güç gereksinimini azaltma çalışmaları kapsamında, orta ve uzun vadede geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Orta ve uzun dönemde, faydalı yük taşıma kapasitesi yüksek İHA platformlarının sağladığı avantaj sayesinde, daha yüksek çıkış güçleri ve dolayısıyla daha yüksek etkinlik mesafeleri elde edilmesi hedeflenmelidir. Ayrıca daha hızlı sentezör ve almaç yapıları ile tüm bantta reaktif karıştırmanın mümkün olması beklenmektedir. Yüksek taşıma kapasitesinin sağlayacağı bir diğer avantaj da Haberleşme ED ve ET sisteminin aynı İHA platformunda yer alması ve bunun sonucunda tespit, yer/yön bulma, dinleme, karıştırma döngüsünün çok daha hızlı ve otomatik gerçekleştirilmesinin mümkün kılınabilmesidir. Önümüzdeki 10 yıllık süre içinde kablosuz haberleşme teknolojilerinin gelişmesinin frekans bandı ihtiyacını artıracığı ve şu an için kabul edilen 3 veya 6 GHz haberleşme bant sınırının daha da öteleneceği göz önüne alınmalıdır. Bu sebeple, 10 yıllık hedefler içinde daha geniş bant genişliğinde çalışan sistemlerin tasarlanması da yer almalıdır.

Ayrıca, İHA platformu üzerinden radyo-link hatlarının karıştırılması çalışmalarının da yine önümüzdeki 10 yıllık süre içinde gerçekleştirilmesi hedeflenmelidir.

Uzun dönemdeki hedeflerden biri; düşük faydalı yük taşıma kapasitesine sahip İHA'ların bir ağ yapısı içinde etkili bir şekilde kullanılmalarının sağlanmasıdır. Birbirleri arasında otomatik koordinasyona sahip belli bir bölgeye yayılmış İHA'lar, bilgi paylaşımları sayesinde daha hızlı tespit ve etkin karıştırma görevlerini gerçekleştirebilecektir.

Yüksek faydalı yük taşıma kapasitesine sahip İHA'lar kullanılarak havadan HPEM (High Power Electromagnetics) faaliyetinin gerçekleştirilmesi, Haberleşme ET kapsamında, bir diğer uzun dönem stratejik plan olarak yer almalıdır.

### 7.3.3 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri

Önleyici elektronik harp görevi kapsamında kullanılan RF Köreltme/Karıştırma ve Tetikleyici Sinyal Emülatörü sistemlerine yönelik küçük boyutlu FPGA kontrollü ve DDS tabanlı hızlı işaret üreteç birimi ve yüksek verimli geniş bant çalışabilen kompakt güç yükselteç modülleri hem stratejik hem de ekonomik

açıdan yurt içinde geliştirilmesi gereken önemli birimlerdir.

RF Köreltme/Karıştırma Sistemi kapsamında çıkış gücünün verimli kullanılmasına olanak sağlayan reaktif karıştırma uygulamasına özel, hızlı frekans ayar yeteneğine sahip, küçük boyutlu, geniş bantlı birimlerin yurt içinde geliştirilmesi öncelik verilmesi gereken diğer kritik alanlardandır.

Yönlendirilmiş enerji silah sistemlerinin yapıtaşını oluşturan Darbe Oluşturma Birimi ve RF Üreteç Kaynağının prototip tasarımlarına en kısa sürede başlanması, bu alanda orta/uzun vadede söz sahibi olunması açısından büyük önem taşımaktadır.

İHA Önleyici Elektronik Harp Yol Haritası Tablo 26'da verilmiştir.

EÖ/KÖ Sistemleri	Platform	Kısa Vade (2011-2015)	Orta Vade (2016-2020)	Uzun Vade (2021-2030)
RF Köreltme/Karıştırma Sistemi	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
Tetikleyici Sinyal Emülatörü	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
Değişiklik Tespit Sistemi	Faydalı yük kapasitesi < 50 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
Yönlendirilmiş Enerji Silah Sistemi	Faydalı yük kapasitesi < 200 kg	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

Tablo 26: İHA Önleyici Elektronik Harp Yol Haritası

### 7.3.4 Algılayıcılar

Biyokimyasal algılama amaçlı öncelikle KÖ Spektroskopi ve LiDaR Sistemlerin bileşenlerine yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin başlatılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Akustik algılayıcı sistemini oluşturacak alt birimlerin tamamı yurt içinde mevcut bilgi birikimi ve teknolojik altyapı ile gerçekleştirilebilir. Akustik algılayıcı sistemi için akustik sensör tasarımı ve geliştirilmesi, yön bulma algoritmalarının geliştirilmesi ve tehdit ayrıştırma/sınıflandırma algoritmalarının geliştirilmesi faaliyetleri öncelikle ele alınmalıdır. Akustik sensör dizisi için MEMS teknolojisinin kullanılabilirliği araştırılmalıdır.

Özellikle alçak irtifalarda görev yapması planlanan İHA'lar (konvoy koruma, elektronik taarruz) için önemli bir kendini koruma unsuru olarak görülen Akustik Algılayıcıların öncelikle kara araçları için geliştirilmesi, akabinde hava araçlarına uyarlanması uzun vadeli bir plan olarak ele alınabilir.

İHA Sistemleri kapsamında meteorolojik algılayıcıların milli olarak geliştirilmesinin düşük önceliğe sahip olacağı değerlendirilmektedir.

### 7.3.5 Beka Sistemleri

#### 7.3.5.1 Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemleri

Radar İkaz Alıcı Sistemi (RIAS) ve RF Karıştırıcı Sistem'de (RFKS) kullanılan mevcut yapıların küçültülmesine yönelik tasarımlara ek olarak aşağıda tanımlanan konularda çalışmaların İHA platformu esas alınarak devam ettirilmesi uygun olacaktır.

- Almacık ve teknik üreteç için sayısal almacık mimarileri,
- Geniş bantlı almacık mimarileri,
- Yüksek ısı yükleri düşük hacimlerde kontrol etmeye yönelik mekanik ve soğutma mimarileri,

- Sayısal almacık yapıları ile bütünlük karşı tedbir teknik üreteç ve Sayısal RF Hafıza (DRFM) yapıları,

Ayrıca, özellikle çoklu tehdit ortamında görev yapacak İHA Sistemleri için, Radar İkaz Alıcı Sisteminin arama rejimlerinin, karşı tedbir sistemlerinde kullanılacak algoritmaların tasarımı kritik öneme sahip olup, tehdit analiz çalışmalarının sonuçlarına göre optimize edilmesi gerekmektedir.

Gelecek nesil Karşı Tedbir Atma Sistemlerinde, hava aracının görev yapacağı harekât ortamının ve tehdit senaryosunun dinamik olarak uçuş esnasında değerlendirilmesi; hava aracı hızı ve irtifasına bağlı olarak atılacak mühimmat çeşitlerinin, miktarının ve zamanlamaların dinamik olarak hesaplanması hedeflenmektedir.

#### 7.3.5.2 Çarpışma Önleme Sistemleri

İHA Sistemleri kapsamında yaygın kullanım alanı bulabilecek RF tabanlı çarpışma önleme sistemleri aşağıda belirtilmiştir:

- Arazi Takip Radarı (Terrain Following Radar)
- Çarpışma Önleme Radar Sistemi (Airborne Radar)
- Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi (Traffic Alert and Collision Avoidance System – TCAS)

Arazi Takip Radarı yükseliş yönünde, yükseklik bilgisini çıkarmak amacı ile çift kanallı anten yapısına ihtiyaç duymakta olup, uygulamaya özel anten yapılarının ve sinyal işleme algoritmalarının geliştirilmesi temel teknolojik öncelikler arasında yer almaktadır.

Çarpışma Önleme Radar Sistemi antenleri, İHA platformunun alttan ve üstten gelen tehditlere karşı korunması amacı ile gövde altına ve üzerine anten grupları olarak yerleştirilmekte olup, uygulamaya özel anten yapılarının ve sinyal işleme algoritmalarının geliştirilmesi temel teknolojik öncelikler arasında görülmektedir.

Uzun vade teknoloji ihtiyaçları açısından çarpışma ve arazi kaçınma teknolojisinin edinimi

önemlidir. Görüntü işleme ve algılayıcı tabanlı olarak geliştirilmesi gereken teknolojik adımlar çerçevesinde İHA Sistemlerinin insan komutlarından bağımsız olarak diğer uçuş yapan sistemler ve arazi çarpışmalarından bağımsız daha emniyetli sistemler haline getirilmesi gereklidir.

## 7.4 Hava – Yer Tümlüşük Sistemler

### 7.4.1 Veri Haberleşme Sistemleri

Gelecekte Veri Haberleşme Sistemleri, İHA platformlarının yapılarına, veri hızı, istenen frekans aralığı ve veri aktarım mesafesine bağlı olarak tasarlanmış, modüler, farklı frekans ve bant genişliklerinde çalışabilen, programlanabilir, birbirinin yerine kullanılabilir, hafif, düşük enerji üreten, elektronik harbe karşı dayanıklı, gürbüz, günümüz kablolu ağ-yapılı sistemlerinde kullanılan, router/switch sistemlerinin görevlerini, RF katmanda yerine getiren, ülke bazında ve/veya NATO kapsamında tanımlanmış özellikleri içeren standart ürünler haline gelecek ve ihtiyaç duyulan tüm birimler arasında ilgili verilerin aktarımını sağlayacaklardır. Ayrıca, çoklu İHA kullanımı sağlayacak yapıda ve Ağ Merkezli Harekât içinde RF katmanda ilgili bilgileri aktaracak sistemler olacaklardır.

#### Genel Tasarım Hedefleri

Geniş spektrumda görev icra edebilmek birçok altyapıyı içermeye zorunluluğunu gerektirecektir. Bu kapsamda farklı modüllerin birleştirilmesi ile oluşmuş sistem mimarileri yüksek güç tüketimi, ağırlık ve hacim gerekliliğini birlikte getirmektedir. Ayrıca, Veri Haberleşme Sistemlerinde kullanılan antenler yapıları gereği elektriksel performansları azaltılmadan fiziksel boyutları küçültülememektedir. İHA'lar üzerinde genellikle bıçak (blade) ya da parabolik antenler kullanılmakta, gövde üzerine yerleştirilmek zorunluluklarından dolayı İHA'nın aerodinamik yapısını kötüleştirmekte, sürtünmeyi arttırmaktadır.

Ayrıca İHA gövdesinin gölgeleme etkileri nedeniyle antenden optimum performansın alınması mümkün olamamaktadır. Bu kapsamda düşük güç tüketen, ağırlığı minimize edilmiş, geniş spektrumlu, ayarlanabilir, kolay monte edilebilen dayanıklı ve güvenli sistemlere ihtiyaç duyulacaktır. Antenler için ise İHA'nın kanat, gövde gibi yapısal elemanlarıyla bütünleştirilmesi çalışmalarını yapılmalıdır. Böylece antenlerin elektriksel performansında artış, ağırlıkta azalma, aerodinamik performansta iyileşme elde etmek mümkün olabilecektir. Sistem ekipmanlarının sahip olması hedeflenen temel özellikler hafiflik, sağlamlık, gürbüzlük (robustness), düşük enerji tüketimi ve elektronik harbe karşı dayanıklılık olarak özetlenebilir.

### **Birlikte Çalışabilirlik:**

Veri İletim Linklerinin, insansız araçlardaki kullanımlarının kritikliğe sahip olması sebebiyle ulusal ve uluslararası düzeylerde standardizasyon çalışmaları yürütülmektedir. Bu standardizasyon çalışmalarının temel amacı veri linki sistemleri arasındaki birlikte çalışabilirlik özelliğini sağlamaktır.

Ülkemiz içerisinde geliştirilecek İHA Sistemlerinin diğer Hava-Deniz-Kara Platformları ile birlikte çalışabilmesi için standart veri haberleşme sistemi/ sistemlerinin tanımlanması uygun olacaktır. Bu sistemlerin Ağ Merkezli Harekât konseptine uygun olarak tasarlanması sağlanmalı ve İHA Sistemlerine ve diğer platformlara uygun şekilde entegrasyonu gerçekleştirilmelidir.

Geliştirilen ve üretilen bu veri haberleşme sistemlerinin NATO standartlarına uygunluk göstermesi de sağlanmalıdır. Bu amaçla bu sistemlerin NATO ortak tatbikat ve operasyonlarında uyumlu bir yapıya sahip olması için, NATO Joint ISR Grup tarafından yürütülen ve NATO ülkeleri katılımcıları tarafından oluşturulan ve güncellenen STANAG 7085 çalışmaları takip edilmeli ve yönlendirilmelidir.

### **IP Bazlı Ağ Destekli Veri Haberleşme Sistemi:**

İHA'lar için kullanılan Veri Haberleşme Sistemleri belirli frekanslarda ve bant genişliklerinde çalışan sistemlerdir. Gelecekte ise İHA'larda farklı frekans ve bant genişliklerinde seçilebilir ve programlanabilir Veri Haberleşme Sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır. Bu sistemler ayrıca IP bazlı ağ sistemlerinin yapısını içerecek şekilde Hava-Hava, Hava-Yer (Kara ve Deniz Platformları), ve Yer-Yer arasında güvenli bir şekilde haberleşmeyi sağlayacak modüller, farklı frekanslarda çalışabilen, çoklu ve tekli haberleşmeyi sağlayacak protokolleri ve modülleri içeren programlanabilir sistemler olacaktır.

Gelecekte sistemler (bir faydalı yük, bir bilgisayar veya bir kayıt cihazı olduğu gibi İGK ve/veya Sİ görev icra eden İHA'larda olabilir) ağ merkezli olarak yönetilecek ve birlikte görev icra edeceklerdir. Bu sebeple kullanılacak Veri Haberleşme Sistemleri; IP bazlı ağ yapısını destekleyen, kullanıldıkları platformlarda yer alan sistem/alt sistemlere ağ içinde bulunan bir merkez tarafından ulaşabilmek amaçlı ağ geçidi (gateway) görevlerini icra eden

sistemler olacağı öngörülmektedir. Standart protokol ve arayüzlerin kullanıldığı sistemlerin, erişilebilir, geliştirilebilir ve konfigüre edilebilir bir yapı kazanacağı ve ağ içinde izin verilen tüm kullanıcılara kolaylıkla hizmet edebileceği değerlendirilmektedir.

Harekât ihtiyaçları birçok İHA'nın farklı görevleri icra ederek birlikte çalışmasını gerektirmektedir. Belirli ağ merkezi veya merkezlerinden ilgili İHA'ların birlikte kullanılmasını sağlayacak ve iletişim ağını güvenli olarak oluşturacak veri haberleşme sistemlerine ihtiyaç duyulacağı bilinmektedir. İHA'larda kullanılacak Veri Haberleşme Sistemlerinin bu kapsamda ilgili konsepti destekler şekilde tasarlanacağı, görev öncesi ve sırasında programlanabilir bir yapı ile ilgili isteri karşılayacak şekilde bir mimariye sahip olacağı değerlendirilmektedir. Böylelikle eş zamanlı birden çok hava aracı ve yer sistemlerinin haberleşmesini sağlayan, ağ içinde veri dolaştırılabilen, yakın ağların aynı operasyon ortamında birbirini engellemeden çalışabilmesini sağlayan, güvenli veri aktarım yapabilen, taktik veri haberleşmesini sağlayan, ADY/AMH'yi destekleyen bir veri haberleşme ağına kullanılacağı değerlendirilmektedir.

### **Veri İletim Kapasitesi:**

Günümüz İHA teknolojisinde algılayıcıların ve faydalı yüklerin gelişimine bağlı olarak, veri boyutları artmakta, bununla birlikte yüksek veri aktarım hızına ve kapasitesine sahip, Geniş Bant Görüş Hattı Veri Haberleşmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

137 Mbps'lık veri iletim hızı günümüz teknolojisinde yeterli gözükmese de rağmen İHA ve faydalı yüklerin veri kapasitelerindeki artışa paralel olarak, daha yüksek hızda ve bant genişliğinde veri iletim linklerine ihtiyaç duyulacaktır. "NATO Joint ISR Group" tarafından yürütülen standardizasyon çalışmalarında da Veri İletim Linklerinde 137 ve 274 Mbps'lık veri iletim hızına ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir.

Günümüz koşullarında ve ihtiyaçlar doğrultusunda RF bağlantılar İHA ihtiyaçlarını karşılar nitelikte gözükmektedir. Bununla beraber koşulların değişimi ve veri ihtiyaçlarının artımı sebebiyle yukarıda bahsedilen veri indirme hızları, örneğin birden fazla sayıda İHA'nın bir takım halinde uçması durumunda ortalama ihtiyacın anlık olarak 3-4 katına çıkması ve bunun kısıtlayıcı etkisi olacağı öngörülmektedir.

Bir diğer alternatif haberleşme altyapısı olarak RF sistemlere kıyasla lazer haberleşme sistemleri çok daha yüksek hızlarda veri trafiği sağlamaktadır. Ayrıca optik bant da güvenli haberleşme sağladığından iki terminal arasında izinsiz kullanım mümkün olmamaktadır. Daha küçük sistemlerde daha az ağırlıkta ve harcadığı güç oranı sayesinde RF sistemlere göre daha verimli çalışabilmektedir. Dünyada 2020 yılında lazer optik bağlantı terminalleri üzerinden haberleşme ağına kullanılacağı ve uydu üzerinden lazer iletişim altyapısının kullanılması planlanan çalışmalar arasında yer alacağı değerlendirilmektedir.

Bunun yanı sıra, özellikle Mini ve Mikro İHA Sistemlerini destekleyecek küçük, düşük güç tüketimli veri

haberleşme sistemlerinin de tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu sistemlerin diğer İHA'larda kullanılan sistemlere uygun, düşük gecikmeli ve en az bir video verisini aktaracak kadar bir bant genişliğini sağlaması gerekecektir.

### **Uzak Mesafelerde Görev İcrası:**

ADY/AMH'nin kapsamının genişletilmesi Görüş Hattı Ötesi (BLOS), Hava Veri Rölesi (HVR) ve İleri Uç Haberleşme İstasyonları yeteneklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda kullanılacak veri haberleşme sistemlerinin bu üç yeteneği içerecek şekilde oluşturulacağı değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda tüm platformlarda, haberleşme ihtiyaçları ve bant genişliklerini dikkate alacak şekilde BLOS, HVR ve İleri Uç Haberleşme İstasyonlarının geliştirilerek kullanılacağı değerlendirilmektedir.

Ülkemizde İHA'ların haberleşme ihtiyacının mevcut uydular ile beraber yeni uyduların planlanması ile gerçekleştirileceği düşünülmektedir. Ticari anlamda, Türksat uydularının mevcut ve gelecekteki kapasiteleri kullanılarak, İHA'ların ihtiyacının karşılanması ve operasyon ihtiyacına göre muhtemel askeri haberleşme uydularının da kullanılmaya başlanması gerekecektir. Ticari uyduların kullanımı göz önüne alındığında İHA'ların muhtemel kullanabileceği bant genişliğine denk gelebilecek ihtiyacın uyduların üretiminden önce ilgili kuruluşlar ile birlikte planlanması gerekmektedir.

### **Uçuş Test Veri Haberleşme Sistemi**

İHA Sistemlerinin geliştirilmesi sırasında uçuş testleri kapsamında kullanılacak bir test merkezi ve bu testler sırasında kullanılacak Veri Haberleşme Sistemi henüz mevcut sistemlerde bulunmamaktadır. Pilot iş yükünün artırılmaması ve sadece gerektiği kadar bilginin görüntülenmesi ilkesine dikkate alındığında, sadece uçuş testlerinde önem kazanabilecek bazı parametreler göz ardı edilebilmektedir. Bu durumda birden fazla İHA Sistemi'ne hizmet edebilen, modüler ve açık mimari esaslarına göre tasarlanmış Uçuş Test Veri Haberleşme Sistemi geliştirilmelidir.

### **Haberleşme Güvenliği**

Veri Haberleşme Sistemleri farklı katman ve kullanıcıları baz alarak güvenlik çözümlerini birlikte içeren sistemler olmalıdırlar. Bilindiği gibi yurt dışından hazır temin edilen veri linklerinin temel kısıdı, sistemin çalışma frekansı, elektronik harp tedbirleri, sinyal modülasyon tipi, sistemin menzili gibi İHA'nın görev güvenliğini etkileyebilecek kritik sistem parametrelerinin gizliliğinin sağlanamamasıdır. Ayrıca hazır temin edilen sistemlerin arızalanması durumunda ilgili parça ya da birimin bakım için yurt dışına gönderilmesi sebebiyle bakım periyodunun uzun sürmesi ve idame giderlerinin yüksek olması milli çözümler aranmasının ana sebepleridir. Veri Haberleşme Sistemleri için yurt dışındaki ileri teknolojiyi yakalayan, platforma özel, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyaçlarına uygun tamamen milli sistemler geliştirebilmesinin ülkemizdeki altyapı ve bilgi birikimi ile mümkün olduğu değerlendirilmektedir.



RF katmanda veri güvenliğinin sağlanabilmesi için Haberleşme Sistem mimarisi, frekansı, bant genişliği, operasyon bölgesindeki çevresel etkiler gibi etkenlere bakılarak günümüzde bilinen tayf yayma teknikleri kullanılmaktadır ve kullanılmaya devam edilecektir. Gelecekte ise çok geniş spectrumda (Multi-Channel) çalışan ve farklı güvenlik yöntemlerini içeren akıllı sistemlerin kullanılacağı ve harekât sırasında olası problemler ile karşılaşıldığında örneğin çalışma frekansı ve/veya tayf yayma

tekniklerini değiştirerek görevini başarı ile yerine getiren sistemlerin kullanılacağı değerlendirilmektedir.

EMI/EMC, dinleme ve karıştırma etkilerini azaltmak ve harekât ihtiyacına, mesafe ve veri kapasitesine bağlı olarak RF'in yanı sıra kızıl ötesi, mor ötesi ve lazer üzerinden güvenli veri aktaracak haberleşme sistemlerinin de geliştirileceği değerlendirilmektedir.

Veri Haberleşme Sistemleri, gerek RF ve gerekse fiziksel veri hattı ve protokolleri kapsamında milli

güvenlik çözümlerini içerecek şekilde geliştirilmelidir. Bu çözümler seçilebilir, yeniden yüklenebilir ve geliştirilebilir yapıda olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Veri Haberleşme Sistemleri'ne yönelik yol haritası aşağıda verilmektedir.

Hava-Yer Tümlleşik Sistemler	Platform	Kısa Vade (2011-2015)	Orta Vade (2016-2020)	Uzun Vade (2021-2030)	NOT
<b>3.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi</b>					
Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi – 1	HU-1	■ ■ ■ ■			< 15 km
Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi – 2	HU-2	■ ■ ■ ■			< 100 km
Tek Yönlü Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi (UGT)	Tümü	■ ■ ■ ■			> 30 km
Mini Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi	TKG-1-2-3, SKG-1, İG, Sİ		■ ■ ■ ■		> 250 km
Geniş Bant Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi	SKG-2	■ ■ ■ ■ ■			> 250 km
IP Bazlı&Ağ Yapılı Mini Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi	TKG-1-2-3, SKG-1, İG, Sİ, HU-2	■ ■ ■ ■ ■			> 250 km
IP Bazlı&Ağ Yapılı Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi – 1	MET, HŞİ-1, REHK-2		■ ■ ■ ■ ■		< 150 km
IP Bazlı&Ağ Yapılı Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi – 2	Tümü		■ ■ ■ ■ ■		> 250 km
Multi Band Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi	Tümü		■ ■ ■ ■ ■		> 250 km
Uçuş Test Veri Haberleşme Sistemi	Tümü	■ ■ ■ ■			> 150 km
<b>3.2 Uydu Haberleşmesi</b>					
Görüş Hattı Ötesi (BLOS) Veri Haberleşmesi	SKG-1-2, İG, Sİ, YHD, REHK-1-3, HŞİ-2	■ ■ ■ ■ ■			
Geniş Bant Görüş Hattı Ötesi (BLOS) Veri Haberleşmesi	SKG-1-2, İG, Sİ, YHD, REHK-1-3, HŞİ-2	■ ■ ■ ■ ■			
<b>3.3 Röle Sistemleri</b>					
Hava Veri Rölesi	TKG-2-3, SKG-1-2, Sİ, İG	■ ■ ■ ■			> 30 km
Haberleşme Rölesi	TKG-2-3, SKG-1, Sİ, İG	■ ■ ■ ■			> 50 km
İleri Uç Haberleşme İstasyonu	Tümü	■ ■ ■ ■			> 100 km
<b>3.7 Taktik Veri Linkleri</b>					
Geniş Bant Taktik Veri Linki	Tümü		■ ■ ■ ■ ■		> 150 km

Tablo 27: Veri Haberleşme Sistemi Yol Haritası

## 7.4.2 Otomatik İniş Kalkış Sistemi

Dünya'da İHA'larda kullanılan 3 farklı tipte Otomatik İniş Kalkış Sistemi (OİKS) bulunmaktadır;

- Lazer Tabanlı Sistemler
- DGPS Tabanlı Sistemler
- Radar Tabanlı Sistemler

Radar ve DGPS Tabanlı Sistemler, hava şartlarından daha az etkilendiğinden dolayı daha fazla tercih edilmektedir.

Güvenli bir iniş/kalkış için, İHA'nın bu fazlarda pozisyonlarının çok yüksek hassasiyetle bilinmesine ihtiyaç vardır. Yanca ve yükseliş hassasiyetlerinin elde

edilebilecek en yüksek değerlere çekilmesi radarda "monopulse" yöntemi kullanılarak sağlanabilir. Radar tabanlı sistemler bazı durumlarda birden fazla İHA'nın aynı anda takibini sağlayabilmektedir.

DGPS tabanlı sistemlerde genelde taşıyıcı faz (carrier phase) yöntemi kullanılarak hassas pozisyon verisi hesaplanır. Genel GPS ile ilgili oluşabilecek tüm riskler DGPS ekipmanlarını da etkilemektedir. DGPS genelde Dünya koordinat sistemine göre pozisyon bilgisi verdiği için, referans noktaya göre çevrimi yapılabilir veya otopilot tasarımı sırasında bu koordinat sistemi kullanılabilir.

Lazer Tabanlı Sistemler optik olarak çalıştığından hava şartlarından daha fazla etkilenmektedir. Fakat optik sensör hassasiyetleri daha fazladır.

Otomatik iniş kalkış fazları havaalanına, hava aracına, hava durumuna, vb. konulara göre farklılık gösterebildiğinden tüm otomatik iniş kalkış sistemleri konfigüre edilebilir ve uygun duruma göre iniş ve kalkış kabiliyetine sahip olmalıdır.

Ülkemizde ise bu konuda geliştirilmiş ileri teknoloji içeren herhangi bir sistem bulunmamakla birlikte, bu sistemi geliştirebilecek personel, bilgi birikimi ve altyapı mevcuttur.

OİKS'nin yerli olanaklar çerçevesinde geliştirilmesi, yurt dışına olan bağımlılığın azaltılması ve kontrol edilebilirliğin artırılması açısından kritiktir. Platforma spesifik uygulama farklılıkları dışında OİKS'nin kısa vadede yurt içinde geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.





## 7.5.2 Görev Planlama ve Takip

Hava araçlarının otonomi seviyesi arttıkça üstlerine yüklenmesi gereken bilgi miktarı artacak, bu da görev planlama sistemlerinin gerekli bütün bilgileri sağlayacak şekilde ilgili komuta kontrol ve bilgi sistemlerine entegrasyonunu gerektirecektir.

Konumsal farkındalık ve detaylı görev planlama yapılabilmesi için diğer arayüzler yanında Sayısal Harita ve Görev Planlama işlevleri de büyük önem kazanmaktadır. Hatta insanlı uçak sistemlerinden farklı olarak bu uygulamalar İHA Sistemlerinin olmazsa olmaz parçası durumundadır.

Bu işlevlerdeki ihtiyaçlar İHA Sistemleri'nden daha detaylı harita veritabanı çözünürlük ve doğruluk oranları gerektirecektir. Bu noktada Harita Genel Komutanlığı vb. veri üreticilerinin ellerindeki veri kapsam, çözünürlük ve doğruluk oranları ve gelecek veri üretim hedefleri incelenmeli ve ihtiyaçlara göre şekillendirilmelidir. Örneğin, şehir operasyonları ya da terörizm harekâtları gibi alçak irtifa gerektiren uçuş görev planları ya da platformları için "düşey engel" verisi ve bu verilerin bakım ve yenilenme sıklıkları çok önem kazanacaktır. Diğer bir örnek, havaalanlarından iniş kalkış yapan sistemler için detaylı havaalanı veritabanlarının önemi çok büyük olacaktır.

Atak ve bombardıman tipindeki İHA'lara takılacak faydalı yüklerde F4, F16, JSF gibi uçaklara takılabilecek mühimmat ve faydalı yükler kullanılabilir olursa, bu uçakların görev planlamalarındaki kabiliyetlerin de kullanılması değerlendirilmelidir. Özellikle akıllı mühimmat ve bomba atışlarında diğer projelerde gerçekleşmiş olan görev planlama yazılımlarının modifiye edilerek kullanılabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır.

## 7.5.3 Görüntü İşleme/ Kıymetlendirme

Görüntü Kıymetlendirme Sistemleri için, önümüzdeki yıllarda milli gelişim, değişim ve ihtiyaçlar, diğer ulusların bu konuda belirttiği ve kendi yol haritalarına koydukları hedefler, Bölüm "3 İHA Sistemleri

Görev Alanları"nda tanımlanan görevler ve Bölüm "8 Yol Haritası"nda yer alan sistem ihtiyaçları değerlendirilerek mevcut sistemlerimize aşağıda tanımlanan şekilde yeteneklerin kazandırılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Görüntü işleme/kıymetlendirme sistemlerinde algoritmalar, bu algoritmaları oluşturmak ve kullanmak üzere geliştirilmesi gereken altyapılar ve bu yazılımların üzerinde çalışacağı ihtiyaca uygun donanımların geliştirilmesi kritik teknolojiler olarak değerlendirilmektedir. Bu konuda algoritmalar ve bu algoritmaların kullanım konseptine uygun olarak kullanılacağı sistemlerin doğru tanımlanması büyük önem arz etmektedir.

Bu doğrultuda, mevcut görüntü işleme/kıymetlendirme sistemlerinin ilk olarak Bölüm "10.7 İHA Sistemlerine Yönelik Bazı Standartlar"da verilen standartlara uygun olarak yukarıda tanımlanan görüntü işleme / kıymetlendirme fonksiyonlarına haiz olması gerekmektedir. Bu yapının üzerine, sistemlerimizin bu konuda geçerli olan STANAG ve standartlara uygun olarak hedef tespit, teşhis ve tanımlama özelliğine insan katkısı olmadan sahip olunması sağlanmalıdır. Bu sayede insan hatasına imkân vermeden, görüntü üzerindeki cisimlerin kimliklendirilmesi sağlanabilecek ve bu kimliğe uygun önlemin alınması sağlanabilecektir. Akabinde, değişik faydalı yüklerden gelen görüntüler tek bir görüntü olarak birleştirilebilir ve tek bir görüntüden sağlanamayacak bilgiler, bu sayede üretilebilir. Bunlara ek olarak, ilgili görüntülerden bölgenin 3 boyutlu tel kafes modelleri çıkarılabilir, bu sayede ortamın durumu hakkında 2 boyutlu görüntüler üzerinde algılayamayan ayrıntılar kullanıcıya gösterilebilir. Ayrıca sivil kullanımlarda dikkate alındığında, ortam, durum ve nesne analizi gibi konular üzerinde de gerekli algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Tüm bu özellikler aynı anda birden fazla İHA'dan görüntü alınırken de gerçekleştirilebilir.

Ayrıca bu sistemlere belli bir otonominin kazandırılması, insan müdahalesi olmadan en doğru sonucu üretmesi ve buldukları ortamın Komuta/Kontrol sistemlerine entegre olabilmesi sağlanmalıdır.

Bu konuda geliştirilecek ve daha önce geliştirilmiş olan algoritmaların bileşenlerini paylaşabileceği ve üzerinde çalışacağı milli bir görüntü işleme altyapısının olması, yeniden kullanımı, modülerliliği sağlayacak ve yurt dışına bağımlılığı ortadan kaldıracaktır.

Görüntünün işlenmesi/kıymetlendirilmesi kadar güvenli bir şekilde talebi olan herkes tarafından görüntünün en hızlı şekilde paylaşılması, bunun için uygun şifreleme ve çözme (encryption/decryption) algoritmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Bunlara ilave olarak, bu sistemlere İHA'lar ile STANAG 4586'ya uygun olarak değişik seviyelerde Birlikte Çalışabilirlik seviyelerinde faydalı yük kontrol özelliğinin de kazandırılması gerekmektedir.

Zaman içerisinde yukarıda tanımlanan yapıların olabildiğince küçük ve çevre koşullarına uygun donanımlar üzerinde çalışması sağlanmalı, bu yapılar arasındaki müşterekliğin sağlanarak bakım onarım maliyetinin en aza indirilmesi hedeflenmelidir. Yukarıdaki özelliklere sahip olan sistemlerin, Bölüm "8 Yol Haritası"nda tanımlanan ve üzerinde faydalı yük bulunduran İHA'lar ile birlikte çalışabilmesi gerekmektedir.

Bu kabiliyetlere milli olarak sahip olabilmek büyük önem arz etmektedir. Bu kabiliyetlere milli olarak hakim olunamaması durumunda gelen görüntüler üzerindeki işlemler istenilen düzey ve hassasiyette yapılamayacak, ülkemizin coğrafi durumlara göre adapte edilmesi sağlanamayacak, ihtiyaca göre eklenmesi gereken görüntü işleme eklenemeyecektir. Bu konuda bir milli kabiliyet ve altyapının olmaması durumunda, yeni geliştirilmesi gereken algoritmalar geliştirilemeyecek, dışa bağımlılık devam edecek ve geliştirilen en son algoritmalar/teknolojiler gizlilik arz edeceğinden yurt dışından temin edilmesinde zorluk yaşanacaktır.

Ayrıca kullanılacak bu yer sistemlerinin sadece askeri amaçlara hizmet etmeyeceği, yukarıda anlatılan yapı çerçevesinde sivil alandaki pek çok ihtiyacı gidereceği de değerlendirilmektedir.

Görüntü işleme/kıymetlendirme teknolojilerine yönelik yol haritası aşağıda verilmektedir.

Görüntü Kıymetlendirme	Süre (1-5 yıl)
Mevcut sistemlere temel görüntü kıymetlendirme fonksiyonlarının kazandırılması	■ ■ ■ ■ ■
Hedef tespit, teşhis tanıma, durum analizi	■ ■ ■ ■ ■
Aynı anda birden fazla İHA'dan görüntü alabilme	■ ■ ■ ■ ■
Görüntü kıymetlendirme altyapısının milli olarak oluşturulması	■ ■ ■ ■ ■
Faydalı yük çıktılarının füzyonu	■ ■ ■ ■ ■
STANAG 4586 LOI seviyelerine uyum	■ ■ ■ ■ ■
3 boyutlu tel kafes oluşturma	■ ■ ■ ■ ■
Ortam, durum, nesne analizi	■ ■ ■ ■ ■
Görüntü şifreleme ve çözme	■ ■ ■ ■ ■
C4I sistemlerine entegrasyon	■ ■ ■ ■ ■
İhtiyacı karşılayan donanımın tasarlanması ve prototip üretilmesi	■ ■ ■ ■ ■

*Kazanılması planlanan kabiliyetin gerçekleştirilme süreleri verilmiş olup, İHA sistemlerine spesifik uygulama kararına bağlı olarak önceliklendirme ve yıllara sari planlama konulabilir.*

Tablo 29: Görüntü İşleme/Kıymetlendirme Yol Haritası

## 7.6 Çift Kullanımlı Teknolojiler

Çift kullanımlı teknolojiler, hem askeri hem de sivil amaçlarla kullanılabilen teknolojileri tanımlamaktadır. Askeri ve sivil uygulamalar için geliştirilen ürünlerin ilk kullanım amaçlarının ötesinde daha geniş bir uygulama alanı sağlama fırsatı olarak görülen çift kullanım, gerek tedarik/lojistik maliyetlerini düşürmek, gerek geliştirme sürecini kısaltmak ve gerekse sistem arayüzlerini nispeten daha basitleştirmek açısından avantajlar sağlamaktadır.

Çift kullanımlılık her iki yönde de uygulanabilir olup, sivilden askeri sistemlere doğru rafta hazır ticari (RAHAT) ürünleri kullanımı şeklinde görülmektedir. Bu tür uygulamalarda, bazen sivil/ticari tasarımlarda askeri/savunma ihtiyaçları da baştan göz önüne alınacak şekilde sivil projelere savunma kaynaklarından düşük miktarlar aktarılmaktadır. Böylelikle ileride modifikasyon ihtiyacı ile daha maliyetli ve artık ticari olmayan bir ürünün geliştirme/kullanım maliyetlerinden kurtulmak mümkün olmaktadır. Askeri sistemlerden sivil sistemlere doğru çift kullanıma yönelik uygulamalar ise henüz yurt içinde yaygın olmamakla birlikte yurt içindeki özgün geliştirme ve Ar-Ge faaliyetleri sonrasında artacağı öngörülmektedir. Teknolojinin çift kullanımı, aynı firma/kurum içinde ele alındığında beraberinde kaynakların (altyapı, personel, vb.) çift kullanımını, organizasyonda ve/veya altyapıda çeşitli adaptasyonları gündeme getirebilmektedir. Tamamen iki ayrı birim gibi ele alınabileceği gibi entegre bir yapıda da faaliyetler yürütülebilmektedir. Teknolojinin başka firma/kurumlara transferi de çift kullanım için bir başka alternatif olup, firmaların yabancı oldukları sektörlerle açılması, yeni geliştirilen bir teknolojinin değişik alanlarda kullanımının araştırılması veya sivil alanda ticari ürüne dönüştürülmesi açısından tercih edilmektedir.

Yurt dışında, özellikle askeri alanda daha zorlayıcı gereksinimler ile daha ileri teknolojilerin geliştirilmesi sonucu, bu teknolojilerin sivil sektöre transferine yönelik çabalar ön plana çıkmıştır. Değişik ülkelerde bu çalışmalar resmi, resmi olmayan kurumlarca veya firmaların/kurumların kendilerince yürütülmektedir. Örneğin Amerika'da, savunma laboratuvarları kendi teknoloji transfer ofisleri vasıtasıyla transfer edilebilir teknolojiler ile potansiyel müşterileri belirlemeyi ve transferin tüm yönlerini organize etmeyi yürütmektedirler. İngiltere'de de benzer faaliyetleri yürüten firmalar mevcuttur. Yine Amerika'da askeri teknolojilere sivil pazar geliştirilmesine yönelik Teknoloji Uygulamaları Gözden Geçirme (Technology Applications Reviews) toplantıları düzenlenerek savunma sanayi kuruluşları ile sivil kuruluşların bir araya gelmesi sağlanmaktadır. Avrupa Savunma Ajansı ve Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa seviyesinde İHA teknolojilerinin çift

kullanım amaçlı geliştirilmesini izlemek, desteklemek ve katkı sağlamak amacıyla halihazırda "European Framework Cooperation" adı altında bir çalışma yürütülmektedir.

İHA Sistemleri açısından çift kullanımlılık, en alt seviyedeki teknolojiler ve bileşenlerden başlamak üzere, alt sistemler, sistemler ve hatta tüm İHA Sistemi'ne kadar geniş bir yelpazede ele alınabilir. İHA sistemlerinin platform ve sensör bazında çift kullanımı ise Bölüm 3'de bahsedilen görev alanları kapsamında mümkün görülmektedir. İHA Sistemleri'ne spesifik Ar-Ge teknoloji projelerinin çift kullanım açısından "Ar-Ge Yol Haritası" kapsamında diğer tüm savunma Ar-Ge projeleri ile birlikte ele alınmasının askeri/sivil teknolojilerin çift kullanımına yönelik resmin bütününe görmek açısından uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Yurt dışındaki örneklere benzer şekilde, kısıtlı yurt içi kaynakların etkin kullanımı açısından çift kullanımlı teknolojilere yönelik savunma sanayi ve diğer sivil sektörlerin karşılıklı etkileşimini sağlayacak çalışmaların başlatılması ve buna yönelik temel stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.

## 7.7 Genel Değerlendirmeler

Dünya'daki İHA teknoloji yönelimleri incelendiğinde temel olarak öne çıkan hususlar:

**Kısa Vade (5 sene):** İHA Sistemlerinin temel aviyonik yapılarında bileşen sayısının azaltılması ve modüleritenin artırılması hedeflenmektedir. Bilgisayar sistemleri, algılayıcılar, eyleyiciler ve yazılım boyutunda geliştirilen donanım ve yazılımların platform odaklı olmaktan çıkıp, birçok farklı platforma minimal değişiklikler ile aktarılabilmesi ana hedeftir. Böylece sistemlerin hızlı bir şekilde oluşturulup, test edilebilmesi ve kullanıma sunulması düşünülmektedir. Bu bağlamda modüler aviyonik donanım dışında yazılım mimarileri de bu modüleriteyi ve genişletilebilirliği destekleyecek şekilde gelişmektedir. Ayrıca artan istekler ve görevlerin kritikliği altında güvenilirlik kritik bir nokta olmuştur. Bu bağlamda en temel seviyedeki İHA uçuş kontrol sistemlerinde bile hem donanım hem de yazılım açısından çoklanmıştır uçuş kontrol ve seyrüsefer sistemleri görülecektir.

Halihazırda askeri istekler, uçuş kontrolü ve yönetimindeki otonomi seviyesini temel kontrol, güdüm ve uzaktan komuta-kontrolden alıp daha ileri olan İHA Sistemi üzerinde gerçek zamanda rota planlama ve grup koordinasyonuna (ki keza bu grup koordinasyonu İHA Sistemleri arasında, İHA Sistemleri – Yer Sistemleri arasında ve İHA Sistemleri – İnsanlı Hava Araçları arasında isteklere sahiptir) yönlendirmektedir. Bu açıdan denetçi kontrol

sistemleri, ağ üstünde Komuta/Kontrol, çoklu uçuş sistemleri, grup uçuşlarının kontrolü ve çok değişik İHA Sistemlerinin tek merkezden kumanda edilebilmesi öncü konular olarak belirmektedir.

Orta Vadede (10 sene) öne çıkacak konuların, İHA Sistemlerinin uçuş kontrollerinin bir parçası olarak gömülü diagnostik ve prognostik sistemleri ve kendini düzeltebilme olduğu öngörülmektedir. Özellikle daha üst seviyede otonomi geliştirilmesi, insanlı ve insansız sistemlerin Birlikte Çalışabilirlik kazanması, üzerinde algılama ve çarpışmayı engelleme sistemleri bulundurması, halihazırda standart görev tanımları dışında hücumu dayalı kabiliyet ve birden fazla rol üstlenebilme yetenekleri göstermesi istenmektedir.

Stratejik açıdan, İHA Sistemleri uçuş kontrol sistemlerinde, halihazırda insanlı sistemlerden faz olarak yapılan temel tasarımların çok dışına, özellikle yüksek manevra kabiliyeti (insan/pilot sınırlarının çok üstünde) tasarımlara geçilmesi hedeflenmektedir. Seyrüsefer sistemlerinin artık temel pozisyon, yönelim ve hız algılama rolünün dışında konum, yer, durum ve çevre algılama özellikleriyle donatılması gerekmektedir. Bu konulardaki gelişmeler İHA Sistemlerinin,

a) Gerçek zamanda görüntü, radar ve benzeri algılayıcılarından tek ve güvenilir senaryo durum resmi çıkartabilmesine,

b) Bilgisayar sistemlerinin gerçek zamanda algı-karar-eylem döngüsünü kapatabilecek güce ulaşmasına (ve yazılımların bunu gerçeklemesine), bağlıdır.

Uzun Vadede (15 sene) öne çıkacak konuların, İHA Sistemleri'nin gruplar halinde karar mekanizmaları yaratabilmesi ve değişik/zorlayıcı hava koşullarında çalışabilmesi olacağı öngörülmektedir. Sistemlerin artık öğrenebilme ve düşünebilme yeteneğine ulaşması hedeflenmektedir. Böylece İHA Sistemleri emir-komuta zincirinde aktif karar verici olmak dışında her türlü rolü üstlenebilmesi, zorlayıcı koşullarda operasyon rolünü kognitif yetenekler ile sürdürebilmesi istenmektedir.

İHA'ların birlik olarak düzenli bir şekilde iş birliği içinde çalışmalarının avantajları şöyle sıralanabilir:

- Görevlerin daha kısa bir zaman aralığında tamamlanabilmesi,
- Eş zamanlı olarak birçok hedefin gerçekleştirilebilmesi,
- Küçük bir hava aracı grubunun, tek bir büyük hava aracına oranla daha ucuza mal edilebilmesi, düşman tarafından daha zor saptanabilmesi,
- Tek bir küçük hava aracında meydana gelebilecek bir zararın, tüm görevin amacına ulaşmasını engellememesi.

**Farklı görev alanlarında sistemlerin müşterekliği göz önüne alınarak İHA Sistemleri'nde gruplamalar yapılmış ve belirlenen sistemler seviyesinde yıllara sari planlamalar ortaya konulmuştur.**



# 08

## Yol Haritası

Bölüm 3 “İHA Sistemleri Görev Alanları”nda listelenen görev alanlarının her birinin ayrı sistemlerle desteklenmesi yerine, mümkün olan en üst düzeyde müştereklik sağlanmasının takvim ve maliyet açılarından getireceği faydalardan yola çıkılarak görevler aşağıdaki şekilde gruplanmıştır. Kullanım alanlarını genişletme amacıyla yapılan bu grulamada, aynı baz platform üzerine yeni bir uçak tasarımı gerektirmeyecek şekilde modüler bir yaklaşım izlenerek sadece sonradan eklenen faydalı yüklerin entegrasyonunun getireceği bazı yapısal, elektriksel ve yazılımsal modifikasyonların olacağı öngörülmüştür.

### • Sabit Kanat İHA Sistemi

- İHA Sistemi – 1: Küçük İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 2: Pistten Kalkan/İnen Taktik İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 3: Pist Gerektirmeyen Taktik İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 4: Yüksek Hızlı Hedef Uçak/Sahte Uçak
- İHA Sistemi – 5: Orta İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 6: Yüksek İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 7: Yüksek İrtifa/Sinsi İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 8: İnsansız Savaş Uçağı

### • Döner Kanat İHA Sistemi

- İHA Sistemi – 9: Rotorlu Küçük İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 10: Rotorlu Taktik İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 11: Rotorlu Hızlı İntikal İHA Sistemi
- İHA Sistemi – 12: Rotorlu Kargo Taşıma İHA Sistemi

Tanımlanan bu İHA Sistemleri'nin gerçekleştirebilecekleri görevler ve her bir görev için gereken görev sistemleri ise Tablo 30'da belirtilmiştir.

Tablo 31'de İHA Sistemleri Yol Haritası verilmektedir. Sistem seviyesi belirlenen görev alanları doğrultusunda oluşturulan yıllara sari planlamada platformun yukarıda belirtilen görev alanlarından birincil görev alanına yönelik geliştirme süreleri baz alınmış, diğer görevlere yönelik görev sistemi entegrasyonu ve modifikasyonlar ise yansıtılmamıştır. Yine tüm sistemlerde geliştirme faaliyetlerine mevcut yıldan itibaren başlandığı varsayımı ile planlama yapılmış, dolayısı ile planlamaya ileride diğer planlanan platformlardan

gelecek teknolojik kazanımlar yansıtılmamıştır. Bunda her sistem için diğer sistemlerden bağımsız olacak şekilde kendi içinde bir planlamayı yansıtmak amaçlanmıştır. TSK ihtiyaçları doğrultusunda ileride planlanan/başlatılacak projelere göre bu yol haritası güncellenecektir.

Planlamalarda, mevcut İHA Sistemleri'nin alt sistem teknolojileri, birlikte çalışabilirlik, müştereklik, vb. açılardan sürekli geliştirilmesinin göz önüne alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Bu sistemlerin ihtiyaç duyacağı alt sistem kabiliyetlerine yönelik öngörülen yol haritası Bölüm 10.10'da verilmektedir. Öte yandan, alt sistemlerin ihtiyaçlarına yönelik bileşen ve teknoloji kazanımları

“Ar-Ge Yol Haritası” kapsamında planlanmaktadır. İHA Sistemleri'nin sistem seviyesi yurt içi kazanımı öncelikli olup planlamada bu husus dikkate alınarak, söz konusu alt sistem kabiliyetlerinin ve teknolojilerin geliştirme planlamalarına doğrudan bağlı olarak ele alınmamıştır. Dolayısı ile yurt içi alt sistemlerin/teknolojilerin belirtilen İHA Sistemleri yol haritasına uygun olarak hazır olmadığı durumlarda yurt dışı tedarikleri ile İHA Sistemi'nin kazanımı hedeflenmektedir. Söz konusu alt sistem/teknolojinin sistem seviyesi planlamalar ile uyumlu/paralel planlamalar kapsamında kazanımı temel hedeflerden olup buna yönelik eş güdümün de sürekli göz önünde tutulması amaçlanmaktadır.

İHA Sistemi	Görev Alanı	Görev Sistemleri
<b>Sabit Kanat</b>		
<b>İHA Sistemi – 1 (Küçük İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-1 (TKG-1) Sivil Uygulamalar	EO veya IR
<b>İHA Sistemi – 2 (Pistten Kalkan/İnen Taktik İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-2 (TKG-2) Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK) Radar Elektronik Harp - Karıştırma (REHK-2) (Hava aracı sarf edilebilirse) Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)	EO / IR / LRF EO / IR / LRF + Haberleşme ED / ET Sistemi EO / IR + Radar ED / ET Sistemi RF Köreltme Karıştırma veya Tetikleyici Sinyal Emülatörü veya Değişiklik Tespit
	Mayın / Patlayıcı Tespit (MPT) Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT) Sivil Uygulamalar	EO / IR / LRF + Uygun ağırlıkta / boyutta GPR EO / IR / LRF + uygun ağırlıkta / boyutta KBRN Algılayıcısı
<b>İHA Sistemi – 3 (Pist Gerektirmeyen Taktik İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-3 (TKG-3) Hedef Benzetimi (HU-1):	EO / IR / LRF Radar /Isıl /Görsel İz Arttırıcı + Skor Kaydedici + Opsiyonel olarak uygun boyutta eğitim amaçlı Karşı Tedbir Atma Sistemi
	Hava Savunma Sistemleri İmhası (HSİ-1) Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT) Sivil Uygulamalar	Harp başlığı + Radyasyon veya IR Arayıcı Uygun ağırlıkta / boyutta KBRN Algılayıcısı
<b>İHA Sistemi – 4 (Yüksek Hızlı Hedef Uçak/Sahte Uçak)</b>	Hedef Benzetimi (HU-2) Sahte Uçak (SU)	Radar İz Arttırıcı + Görsel İz Arttırıcı + Opsiyonel olarak Skor Kaydedici + Opsiyonel olarak uygun boyutta eğitim amaçlı Karşı Tedbir Atma Sistemi Radar İz Arttırıcı
	Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT)	Uygun ağırlıkta / boyutta KBRN Algılayıcısı
<b>İHA Sistemi – 5 (Orta İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi)</b>	Stratejik Keşif / Gözetleme-1 (SKG-1) İç Güvenlik (İG) Sinyal İstihbaratı (Sİ)	EO / IR / LD / LRF + SAR / ISAR EO / IR / LD / LRF + Roket / Füze EO / IR / LD / LRF + ELINT veya EO / IR + COMINT veya ELINT + COMINT
	Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK) Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-1) Haberleşme Desteği (HD) Mayın / Patlayıcı Tespit (MPT) Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT) Deniz Karakol (Algılama) (DK) Denizaltı Savunma Harbi (Algılama) (DS) Sivil Uygulamalar	EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi EO/IR + Radar ED/ET Sistemi EO / IR + Telsiz Röle Sistemi EO / IR / LRF + GPR EO / IR + KBRN Algılayıcı EO / IR / LD / LRF + SAR / ISAR EO / IR + Sonobuoy

Tablo 30: İHA Sistemleri'nin Görev Alanları ve İlgili Görev Sistemleri



<b>İHA Sistemi</b>	<b>Görev Alanı</b>	<b>Görev Sistemleri</b>
<b>İHA Sistemi – 6</b> <b>(Yüksek İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi)</b>	Stratejik Keşif / Gözetleme - 2 (SKG-2)	EO / IR / LD / LRF veya EOLOROP + SAR / ISAR
	Sinyal İstihbaratı (SI)	EO / IR + SAR / ISAR + ELINT + COMINT
	Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-1)	EO / IR + Radar ED / ET Sistemi
	Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK)	EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi
	Yakın Hava Desteği (YHD)	EO / IR / LD / LRF + çoklu 250lb altı hava / yer mühimmatı
	Haberleşme Desteği (HD)	EO / IR + Telsiz Röle Sistemi
	Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT)	EO / IR + KBRN Algılayıcı
	Deniz Karakol (Algılama + Taarruz) (DK)	EO / IR / LD / LRF + SAR / ISAR + çoklu 250lb altı hava/ yer mühimmatı
	Denizaltı Savunma Harbi (Algılama / Taarruz) (DS)	EO / IR + SAR / ISAR + Sonobuoy + Torpido
	Sivil Uygulamalar	
<b>İHA Sistemi – 7</b> <b>(Yüksek İrtifa/Sinsi İHA Sistemi)</b>	Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-3)	EO / IR / LD / LRF + Radar ED / ET Sistemi
	Hava Savunma Sistemleri İmhası (HSI-2)	EO / IR / LD / LRF + Dâhili taşınan anti-radyasyon füzesi ve / veya hava / yer mühimmatı
	Hava Sahası Savunma (HSS)	EO / IR + Arama / Takip / Güdüm Radarı + Dâhili / harici taşınana hava / hava mühimmatı
<b>İHA Sistemi – 8</b> <b>(İnsansız Savaş Uçağı)</b>	Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-3)	EO / IR / LD / LRF + Radar ED / ET Sistemi
	Hava Savunma Sistemleri İmhası (HSI-2)	EO / IR / LD / LRF + Dâhili anti-radyasyon füzesi ve/veya hava-yer mühimmatı
	Hava Sahası Savunma (HSS)	EO / IR + Arama / Takip / Güdüm Radarı + Dâhili / harici taşınan hava-hava mühimmatı + Hava Radarı
<b>Döner Kanat</b>		
<b>İHA Sistemi – 9</b> <b>(Rotorlu Küçük İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-4 (TKG-4)	EO veya IR
	Kentsel Harp (KH)	EO veya IR
	Sivil Uygulamalar	
<b>İHA Sistemi – 10</b> <b>(Rotorlu Taktik İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-5 (TKG-5)	EO / IR / LD / LRF SAR/ISAR + OTS
	İç Güvenlik (İG)	EO / IR / LD / LRF + Roket / Füze
	Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK)	EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi
	Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-2)	EO / IR + Radar ED / ET Sistemi
	Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)	RF Köreltme Karıştırma veya Tetikleyici Sinyal Emülatörü veya Değişiklik Tespit
	Mayın / Patlayıcı Tespit (MPT)	EO / IR / LRF + GPR
	Arama-Kurtarma / Lojistik (AK/L)	EO / IR + PLS+ Kargo Taşıma Sistemi
	Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT)	EO / IR / LRF + uygun ağırlıkta / boyutta KBRN Algılayıcısı
	Sivil uygulamalar	
	<b>İHA Sistemi – 11</b> <b>(Rotorlu Hızlı İntikal İHA Sistemi)</b>	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-5 (TKG-5)
İç Güvenlik (İG)		EO / IR / LD / LRF + Roket / Füze
Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK)		EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi
Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-2)		EO / IR + Radar ED / ET Sistemi
Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)		RF Köreltme Karıştırma veya Tetikleyici Sinyal Emülatörü veya Değişiklik Tespit
Denizaltı Savunma Harbi (Algılama) (DS)		EO / IR + Sonobuoy
Mayın / Patlayıcı Tespit (MPT)		EO / IR / LRF + GPR
Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit (KBRNT)		EO / IR / LRF + uygun ağırlıkta / boyutta KBRN Algılayıcısı
Sivil uygulamalar		
<b>İHA Sistemi – 12</b> <b>(Rotorlu Kargo Taşıma İHA Sistemi)</b>	Arama-Kurtarma / Lojistik (AK/L)	EO / IR + PLS + Kargo Taşıma Sistemi
	Taktik Saha Keşif / Gözetleme-5 (TKG-5)	EO / IR / LD / LRF
	İç Güvenlik (İG)	EO / IR / LD / LRF + Roket / Füze
	Muhabere Elektronik Harp Karıştırma (MEHK)	EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi
	Radar Elektronik Harp Karıştırma (REHK-1)	EO / IR + Radar ED / ET Sistemi
	Denizaltı Savunma Harbi (Algılama / Taarruz) (DS)	EO / IR + SAR / ISAR + Sonobuoy + Torpido
	Sivil Uygulamalar	
	Sivil Uygulamalar	

Tablo 30: İHA Sistemleri'nin Görev Alanları ve İlgili Görev Sistemleri

İHA Sistemi	Kısa Vade: (2011-2015)	Orta Vade: (2016-2020)	Uzun Vade: (2021-2030)
<b>Sabit Kanat</b>			
İHA Sistemi – 1 (Küçük İHA Sistemi)	■		
İHA Sistemi – 2 (Pistten Kalkan/İnen Taktik İHA Sistemi)	■ ■		
İHA Sistemi – 3 (Pist Gerektirmeyen Taktik İHA Sistemi)	■ ■		
İHA Sistemi – 4 (Yüksek Hızlı Hedef Uçak/Sahte Uçak)	■ ■		
İHA Sistemi – 5 (Orta İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 6 (Yüksek İrtifa / Uzun Dayanımlı İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 7 (Yüksek İrtifa/Sinsi İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 8 (İnsansız Savaş Uçağı)	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		
<b>Döner Kanat</b>			
İHA Sistemi – 9 (Rotorlu Küçük İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 10 (Rotorlu Taktik İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 11 (Rotorlu Hızlı İntikal Taktik İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		
İHA Sistemi – 12 (Rotorlu Kargo Taşıma İHA Sistemi)	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		

Tablo 31: İHA Sistemleri Yol Haritası

Yukarıdaki hususlara ilave olarak, ileride ele alınabilecek diğer çalışmalar da aşağıda belirtilmiştir:

### İnsanlı Uçaklardan Dönüşüm

İnsanlı hava araçlarının, insansız hale getirilmesiyle geliştirme zamanlarından tasarruf edilerek daha kısa sürede sistem kabiliyeti elde edilebilir.

- Hafif Helikopter (TKG-3 kabiliyetinin kazanılmasını orta vadeden kısa vadeye çekebilir)
- Hürkuş veya benzeri hafif taarruz uçağı (YHD kabiliyetinin kazanılmasını uzun vadeden orta vadeye çekebilir)
- F-4, F-5 veya benzeri hafif muharip uçak (HSS kabiliyetinin kazanılmasını uzun vadeden orta vadeye çekebilir)

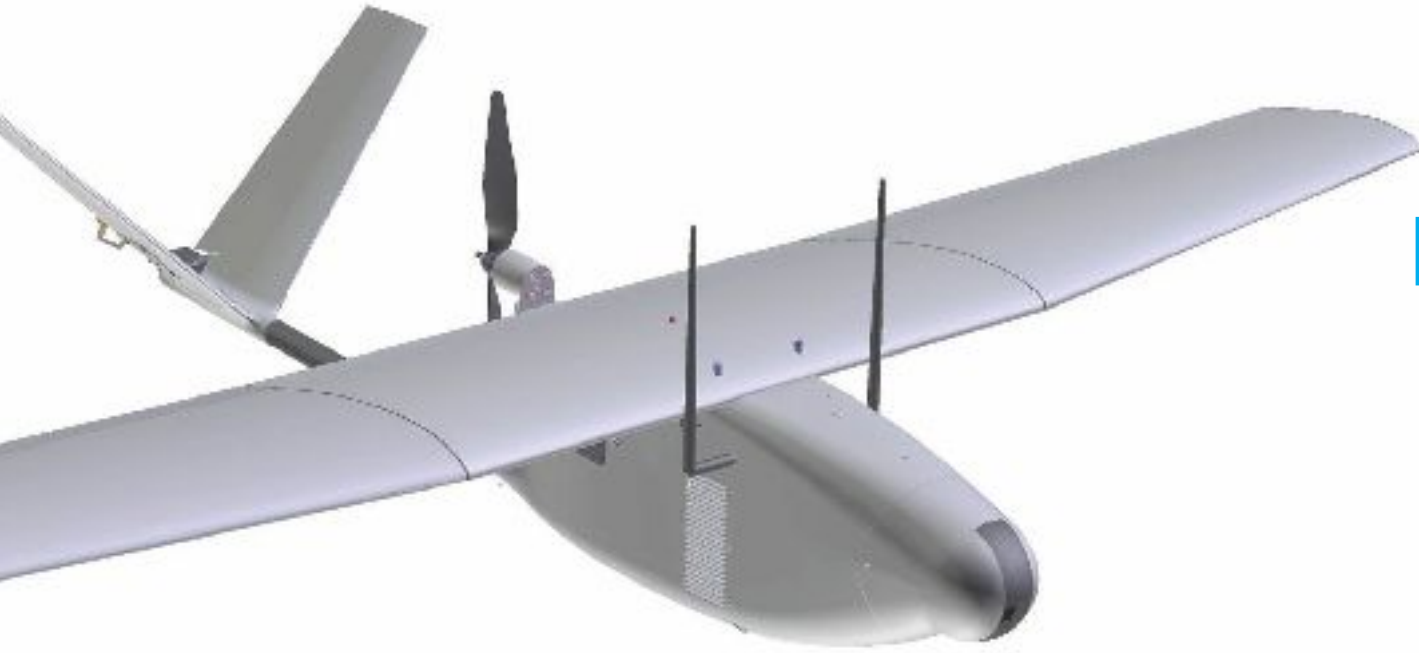
### TİSU'nun Çok Amaçlı Platform Olarak Kurgulanması

Yakın Hava Desteğı ve Hava Sahası Savunma görevlerinin aynı anda değil, ayrı ayrı karşılanması durumunda hem geliştirme risklerinin azalacağı, hem de tedarik maliyetlerinde ve sürelerinde tasarruf sağlanabileceğı değerlendirilmektedir.

Dünyada olgunlaşmış ürün kabiliyetlerinin hızlı bir şekilde kullanıcıya sunulması amacıyla, çeşitli projelerde başarıyla uygulanan strateji, öncelikle "Teknoloji Gösterimi", sonrasında "Operasyonel Değerlendirme" ve nihayetinde "Mühendislik İmalat Geliştirme" aşamalarıyla sistem kazanımının gerçekleştirilmesi şeklindedir. TİSU hedefine yönelik olarak çalışmalarda da aynı yöntemin izlenebileceğı değerlendirilmektedir.

### Gösterimci (Demonstrator) Kullanımı

Ölçekli uçar prototiplerin kullanılmasıyla temel aviyonik ve haberleşme sistemleri, otomatik iniş/kalkış sistemleri ve yazılımların testlerinin öne çekilmesi önemli bir risk azaltıcı yöntem olarak tüm ana tedarik projelerinde kurgulanmalıdır.



# 09

## Kaynakça

- [1] 2007-2011 Stratejik Plan, Savunma Sanayii Müsteşarlığı.
- [2] 2009-2016 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı, Savunma Sanayii Müsteşarlığı.
- [3] Türk Savunma Sanayii Anket Sonuçları 1997-2009, Savunma Sanayii İmalatçılar Derneği, SASAD.
- [4] UAVNET, Civil UAS Knowledge Network, <http://www.uavnet.org>.
- [5] European Civil Unmanned Air Vehicle Roadmap, Volume 3 – Strategic Research Agenda, Mark Okrent (UAVNET Coordinator) on behalf of European Civil UAV FP5 R&D Program Members, 2005.
- [6] European Civil Unmanned Air Vehicle Roadmap, Volume 1 – Overview, Mark Okrent (UAVNET Coordinator) on behalf of European Civil UAV FP5 R&D Program Members, 2005.
- [7] Tübitak Avrupa Birliği Çerçeve Programları, <http://www.fp7.org.tr>.
- [8] TSK Ana Silah Sistem Tedariğinde Simülasyon Tabanlı Tedarik Uygulamasına Yönelik Örnek Bir Metodoloji, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Savunma Yönetimi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, R. Dönmez, Tez Danışmanı: Doç. Dr. Veysi İşler, 2006.
- [9] STANAG 4586, Standard Interfaces of UAV Control Systems (UCS) for NATO UAV Interoperability, 2007.
- [10] Open Architecture Computing Environment (OACE), Open Architecture (OA) Computing Environment Design Guidance, Version 1.0, NSWCCD, 2004.
- [11] Modular Open Systems Architecture (MOSA), Defence Acquisition Guidebook, Defence Acquisition University, <http://dag.dau.mil/>.
- [12] NATO Interoperability Standards and Profiles (NISP), <http://nhqc3s.nato.int/>.
- [13] NATO-FINAS Activities, Snow, M., EASA UAV Workshop, Paris February 2008.
- [14] NATO ile İş Yapma Rehberi, Firmalarımız için Fırsatlar, Savunma Sanayii Müsteşarlığı, 2009.
- [15] NATO Research and Technology Organisation (RTO), <http://www.rta.nato.int>.
- [16] AOPA Air Safety Foundation Safety Advisor, Weather No.1, Aircraft Icing, 2010.
- [17] Distributed actuation system for a flexible in-plane Morphing wing, Advanced Course on Morphing Aircraft, Mechanisms and Systems, B. Canfield and J. Westfall, November 2008.
- [18] Blueye UAV, [www.bluebird-uav.com](http://www.bluebird-uav.com).
- [19] AN/ALE-50 Towed Decoy System Data Sheet, <http://www.raytheon.com>.
- [20] Banshee Target System, <http://www.meggittdefenceuk.com>.



# 10

## Ekler

- 10.1 İnsansız Hava Aracı Sistemi İş Dağılım Ağacı
- 10.2 Yurt İçi Kabiliyetlerin Ön Değerlendirmesi
- 10.3 Hava Aracı Sistemleri
- 10.4 Görev Sistemleri
- 10.5 Hava – Yer Tümlleşik Sistemler
- 10.6 Yer Sistemleri
- 10.7 İHA Sistemlerine Yönelik Bazı Standartlar
- 10.8 İHA Sistemleri Görev İhtiyaçları Matrisi
- 10.9 İHA Sistemleri Özellikleri
- 10.10 İHA Sistemleri Alt Sistem Kazanımı Yol Haritası
- 10.11 Dünya'daki Bazı İHA Sınıflandırmaları

# 10.1 İnsansız Hava Aracı Sistemi İş Dağılım Ağacı

## GENEL İHA SİSTEMİ

## AÇIKLAMALAR

### 1.Hava Aracı

#### 1.1 Hava Aracı Bütünleştirme

- Görev sistemlerinin takılmasına müsait, komple çalışır ve uçuşa elverişli hava platformu (Green Aircraft)
- Montaj, arayüzleri sağlama ve sistemler/alt sistemler arası uyum kontrolü, test, tasarım-üretim uyum kontrolü
- Aviyonik ekipman ve görev sistemlerinin hava bileşenlerinin; haberleşme sistemlerinin hava bileşenlerinin hava aracına bütünleştirilmesi
- Elektrostatik yük boşaltıcı sistemi

#### 1.2 Hava Aracı Yapısı

- Uçak sistemleri ve aviyonik sistemler hariç, hava platformunda bir araya getirilmiş yapısal (gövde, kanat, kuyruk) ve aerodinamik bileşenler
- Grup-A kablolama ve yapıya entegre olmuş mekanik uçuş kontrol elemanları
- Boya
- Uçak yapısal bileşenlerinin entegrasyonu

#### Gövde

- Bakım, servis kapakları ve provizyonlar dahil yapısal gövde bileşenleri
- Alt sistemlerin yapıya birleşmesi için provizyonlar, Grup-A kit, bulunması durumunda iniş takımları kapağı
- Pylon bulunması durumunda, pylon hariç, gövde altı pylon için gereken yapısal provizyonlar, kapak vb.
- Tüm rack, mount, lock, vb yapısal bileşenler
- Hava alığı, hava alığı kontrol mekanizması yapısal ve mekanik kısmı, kontrollü soğutma kapağı
- Motor kaportası, kapamalar, kanat-gövde birleşim zarfı, kuyruk-gövde birleşim zarfı, faydalı yük koruma zarfı, haberleşme ekipmanı koruma zarfı
- Boya
- Yapısal tasarım, analiz ve testler

#### Kanat

- Kontrol yüzeyleri ve manuel kumanda elemanları, servis ve bakım kapakları dahil yapısal kanat bileşenleri [Hareketlendiriciler, uçak sistemleri altında yer almaktadır.]
- Pylon bulunması durumunda, pylon hariç, pylon için gereken yapısal provizyonlar, kapak vb.
- Alt sistemlerin yapıya birleşmesi için provizyonlar, Grup-A kit, bulunması durumunda iniş takımları kapağı
- Tüm rack, mount, lock, vb yapısal bileşenler
- Hava alığı
- Yapısal tasarım, analiz ve testler
- Merkez Kanat, Dış Kanat (Sancak Tarafı), Dış Kanat (İskele Tarafı)
- Kanat katlama sistemi yapısal bileşenleri
- Dikine iniş kalkış yapabilen İHA Sistemlerinde döner kanat
- Boya
- Yapısal tasarım, analiz ve testler

#### Kuyruk

- Kumanda yüzeyleri ve manuel kontrol sistemi dahil yapısal kuyruk bileşenleri [Hareketlendiriciler, uçak sistemleri altında yer almaktadır.]
- Bulunması durumunda kanard
- Bulunması durumunda kuyruk boamlar
- Alt sistemlerin yapıya birleşmesi için provizyonlar, Grup-A kit
- Tüm rack, mount, lock, vb yapısal bileşenler
- Hava alığı
- Boya
- Yapısal tasarım, analiz ve testler

#### 1.3 Hava Aracı Sistemleri

##### İtki Sistemi

- Kontrol kutuları tasarım/üretim süreçlerine ve sorumluluklarına bağlı olarak yardımcı kontrol birimleri altında değerlendirilebilir.
- Motor; bulunması durumunda pervane, pervane hatve kontrolü, dişli kutusu; itki vektör kontrolü
- Motora entegre edilen kontrol donanımı ve yazılımı
- Bulunması durumunda soğutma sistemi, yağlama sistemi, ateşleme sistemi, starter
- Motor montaj kiti
- Motor kontrol kutusu

##### Enerji Kaynağı Sistemleri

- Yakıt sistemi (pompalar, borular, valfler, yakıt kontrol kutusu, depolar, filtreler, süzgeçler, havalandırma birimleri, drenaj birimleri)
- Elektrik motoru bulunması durumunda enerji kaynakları (yakıt hücresi, pil vb.)

##### İniş/Kalkış Sistemleri

- Tekerlek, fren, açma/kapama mekanizması, iniş takımı kapakları açma / kapama mekanizması, iniş takımları pozisyon/durum algılayıcıları
- İniş takımı kontrol kutusu
- Fren kontrol kutusu
- Kızak
- Suya iniş yapabilen İHA Sistemlerinde flotörler

##### Paraşütle Kurtarma Sistemi

- Paraşüt, paraşüt fırlatıcı sistemler, gövde altı hava yastığı, içeri çekme, ters çevirme sistemleri

##### Elektrik Sistemi

- Batarya, buslar, güç kontrol kartı/kutusu
- Bulunması durumunda güneş panelleri, enerji dönüştürücüler

##### Pitot-Statik Sistem

- Hava girişinden itibaren, elektrik sinyali alınmasına kadar olan sistem bileşenleri

## GENEL İHA SİSTEMİ

## AÇIKLAMALAR

<b>Takatlandırma Sistemi</b>	• Hidrolik, pnömatik sistemler (merkezi güç üretim ve dağıtım unsurları)
<b>Buzdan Koruma Sistemi</b>	• Sisteme ait hareketlendirici mekanizmalar, özel yüzeyler, servo motorları, buzlanma algılayıcıları • Buzlanma engelleyici/giderici özel sıvı tankları, püskürtme tertibatları
<b>Çevresel Kontrol Sistemi</b>	• Sıcaklık algılayıcılar, ısıtma/soğutma tertibatları, fanlar [Hava alıkları uçak yapısı altında yer almaktadır.]
<b>Işıklılandırma Sistemi</b>	• Seyrüsefer (konum) lambaları, taksi/iniş lambaları, çakar lambaları
<b>Kablolama</b>	• Kablo, konnektör, bağlantı paneli, soketler ve kablolama işi
<b>Rotor*</b>	* Döner kanat için • Rotor kafası, paller, oynar tabla, sönümleyiciler ve transmisyondan güç alan sürücü şaftları kapsanmaktadır. Ana ve kuyruk rotor bileşenleri bu kapsamda değerlendirilmektedir.
<b>Güç Aktarma Sistemi *</b>	* Döner kanat için • Motordan sağlanan gücün rotor kafasına kalan iletilmesini sağlayan dinamik sistem elemanlarını kapsayan transmisyon sistemidir. Dişli kutuları (ana, ara ve kuyruk), motor bağlantısı, sürücü şaftları, esnek bağlantılar, serbest dönme alt sistemi, rotor freni ve titreşim sönümleyiciler bu kapsamdadır. Dişli kutusu yağlama ve soğutma sistemleri de bu kapsamda değerlendirilmektedir.
<b>Kargo Taşıma Sistemi</b>	• Hava aracı içinde veya dışında kargo, malzeme vb. taşıma sistemi • Görev sistemleri ve arayüzler ile birlikte komple mimariyi oluşturur.
<b>1.4 Aviyonik Sistem</b>	
<b>Uçuş Kontrol Bilgisayarı</b>	• Donanım bileşen(ler)i, sistem yazılımı, uygulama yazılımları
<b>Uçuş Kontrol Algılayıcıları</b>	• Konum/durum Algılayıcılar (EGI, INS/GPS veya ayrı ayrı sensörler halinde VG, GPS, pozisyon ve açısal hız algılayıcıları, ivmeölçerler), baş ölçer (pusula), hava özellikleri veri sistemi (ADC, akıllı sonda (smart probe), pitot-statik tüpü (pitostatik probe)), yerden yükseklikölçer (radar, sonik, lazer), pilot kamerası, kumanda konum algılayıcıları (konum için yerdeki beacon şebekesine dayalı alternatif sistemler)
<b>Hareketlendiriciler</b>	• Hava aracının manevralarını kontrol etmek için kullanılan sistemlerdir. Trim kontrol sistemlerini de içermektedir. Mekanik linkler, dişli kutuları, mekanik açı dönüştürücüler ve eyleyiciler bu kapsamda değerlendirilir. İniş takımı yönlendirme hareketlendiricileri de bu başlık altında ele alınır.
<b>Yardımcı Kontrol Birimleri</b>	• Uç bağlantı birimleri, röleler, ayırıcılar
<b>Uçuş Veri Kayıt Birimi</b>	• Sabit veya taşınabilir uçuş veri kayıt ünitesi (black box/orange box)
<b>Haberleşme ve Tanımlama Sistemi</b>	• Hava/yer iletişim arayüzleri, Dost/Düşman Tanımlayıcı, Hava Trafik Haberleşme telsizi vb. • Otomatik Tanımlama Sistemi (OTS)
<b>Uçuş Test Ekipmanı</b>	• Veri Toplama Sistemi, Uçuş Test Sondası, Uçuş Test Algılayıcıları, Test Veri Linki Haberleşmesi, Test Veri Kayıt Ünitesi vb. • Aerodinamik, kararlılık ve kontrol, güdüm, performans, uçuş yükleri, aeroleastisite analizleri • Bu analizlere dayanan getiri götürü çalışmalarıyla en uygun (optimum) uçak tasarımının ortaya çıkartılması • Gereksinimlerle uyumlu sistem yerleşimi, arayüzler, etkileşim, EMI, hacim bütçesi tutulması • Sistem/ekipman konfigürasyonuna dayanan ağırlık bütçesi belirleme ve kontrolü, denge çalışmaları
<b>1.5 Hava Aracı Genel Tasarım</b>	• Sistem hacim tahsisi
<b>1.6 Ana Geometri</b>	
<b>1.7 Ağırlık ve Denge</b>	
<b>1.8 Sistem Konumlandırma</b>	

## 2.Görev Sistemleri

### 2.1 Görev Sistemleri Bütünleştirme

### 2.2 Görev Kontrol ve Kayıt Sistemi

#### Görev Kontrol Bilgisayarı

#### Görev Kayıt Birimi

- Manyetik ve/veya dijital yerleşik görev verisi kayıt birimi

### 2.3 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri

#### Elektro-Optik (EO)/Kızıl ötesi (KÖ) Sistemleri

#### Görüntüleme Sistemleri (EO ve KÖ kamera sistemleri)

#### Hedef Belirleme ve İşaretleme Sistemleri (LRF,LD,LP)

#### Fotoğrafik Kamera

#### Radar Sistemleri (SAR/ISAR/MTI/GMTI)

### 2.4 Sinyal İstihbaratı (SIGINT)

#### Elektronik İstihbarat (ELINT)

#### Haberleşme İstihbarat (COMINT)

### 2.5 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri

#### Radar ED/ET Sistemi

#### Haberleşme ED/ET Sistemi

### 2.6 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri

**2.7 Telsiz Röle Sistemleri****Telsiz Röle Sistemi****2.8 Silahlandırma****Mühimmat**

Roket&Füze Sistemleri  
Bomba Sistemleri  
Namlulu Silah Sistemleri  
Enerji Silahları

**Yardımcı Sistemler**

Ateşleme ve Güvene Alma Sistemi  
Yük Askı ve Salma Sistemi  
Lançer ve Pod Sistemleri

**2.9 Beka Sistemleri****Kendini Koruma Sistemleri**

Radar İkaz Alıcısı  
Lazer İkaz Sistemi  
Füze İkaz Sistemi  
RF Karıştırıcı Sistemi  
Karşı Tedbir (Chaff/Flare) Atma Sistemi

**Takip/Önleme Sistemleri**

Arazi Takip Radarı  
Radar Doppler Algılayıcı  
Çarpışma Önleme Sistemi

- Alçak uçuş seyrüseferi ve/veya kör inişlerde kullanılmak üzere

**İz Azaltıcı Sistem/Teknikler**

Radar Kesit Alanı (RKA) Azaltıcı  
KÖ İz Azaltıcı  
Akustik İz Azaltıcı

**2.10 İz Artırıcı Sistemler****Isıl İz Artırıcı****Radar İz Artırıcı****Görsel İz Artırıcı**

- İHA üzerinde bulunan her türlü duman, ısı fişeği, termik kap, ısıtıcı, radar yansıtıcı, luneberg lens radar emitörü, vb. sistemler ve/veya bu sistemleri ayrıca taşıyan ve İHA tarafından çekilen sahte hedef sistemleri (towed decoys)
- Isı fişeği, ısıtıcı gibi kızılötesi izi artırıcı sistemler
- Radar yansıtıcı, luneberg lens, radar emitörü gibi radar izi artırıcı pasif/aktif sistemler
- İz dumanı fişeği gibi görsel izi artırıcı sistemler

**2.11 Algılayıcılar****KBRN (Kimyasal-Biyolojik-Radyoaktif-Nükleer) Algılayıcı****Meteorolojik Algılayıcı****Akustik Algılayıcı**

- Skor kaydedici/Kaçırma mesafesi ölçer (MDI)
- Mermi, vb. saldırıların algılanmasına yönelik

**Mayın Algılayıcı****3 Hava-Yer Tümlüşük Sistemler****3.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi****HVT-Hava Veri Terminali****YVT-Yer Veri Terminali**

- Komuta/Kontrol Birimleri, Görüntü/Veri Kıymetlendirme Sistemleri gibi Yer Sistemleriyle veri haberleşmesi

**3.2 Uydu Haberleşmesi****UHT-Uydu Hava Terminali****UYT-Uydu Yer Terminali****3.3 Röle Sistemleri****HVR-Hava Veri Rölesi**

- 2.7'deki görev ekipmanı amaçlı kullanılan ve hava aracı komutasıyla ilgili olmayan röledir. Buradaki hava aracını komuta eden linkin rölesi kastedilmektedir.

**3.4 OİKS-Otomatik İniş/Kalkış Sistemi****OİKS Hava Birimi****OİKS Yer Birimi****3.5 Komuta/Kontrol Haberleşmesi****Komuta/Kontrol Haberleşmesi Hava Birimi****Komuta/Kontrol Haberleşmesi Yer Birimi**

- Jenerik İDA başlığı olduğu için komuta kontrole atanmış link burada, görev haberleşmesine yönelik link 3.6'da adreslenmiştir. Bazı sistemlerde bu iki link bağımsız yer alabilmektedir. Bazı sistemlerde de 3.1'deki gibi komuta/kontrol ve görev haberleşme linkleri aynıdır.



**3.6 Görev Haberleşme Sistemi**

Görev Veri Haberleşme Hava Birimi

Görev Veri Haberleşme Yer Birimi

**3.7 Taktik Veri Linkleri**

MIDS Terminali

Link-16 Veri Link İşlemcisi

**4.Yer Sistemleri****4.1 Yer Sistemleri Bütünleştirme****4.2 Komuta/Kontrol Birimleri**

- Sabit, taşınabilir veya portatif

Korunak

Uçuş Kontrol Sistemi

- Sabit/Portatif, Manuel/Otomatik Uçuş Sistemleri
- Donanım bileşen(ler)i, sistem ve uygulama yazılımları

Faydalı Yük Kontrol Sistemi

- Sabit/Portatif, Gözetleme Sistemleri, ELINT Sistemi, Silah Sistemleri, vb.
- Donanım bileşen(ler)i, sistem ve uygulama yazılımları

Yardımcı Kontrol Birimleri

- Çevre birimleri (kayıt, yazıcı vb.)

Haberleşme

- Komuta katı, kule, interkom vb. haberleşme işlevleri

Güç Birimleri

**4.3 Görevlendirme, Görev Planlama,**

- Komuta/kontrol veya görüntüleme birimlerinden bağımsız gerçekleştirilebilir.

**Analiz ve Takip****4.4 Fırlatma/Yakalama**

Fırlatıcı Sistem

- Esnek halat (bungee), pnömatik, hidrolik, RATO vb. fırlatıcılar
- Ayrı bir kontrol istasyonu olması halinde fırlatma/kurtarma kontrol sistemi de bu kapsamda değerlendirilir.

Yakalama Sistemi

- Kanca, ağı, direk vb.

**4.5 Görüntü/Veri Kıymetlendirme**

Görüntüleme

- Sabit/Portatif Görüntü Alma Sistemleri (UGT, vb.)

Görüntü Kıymetlendirme

- Sabit/Portatif Görüntü İşleme Sistemleri (TKGS, vb.)
- "Görev Sistemi Veri Tümlleştirme (Füzyon)", vb.

Elektronik Harp Veri Kıymetlendirme

Arşivleme

Görev Sistemi Veri Dağıtımı/

- Uydu Yer Terminali, HvBS, TAFICS

Raporlama

- İstihbarat Talebi Hazırlama, Rapor Yönetimi

**5.Sistem Bütünleştirme****6.Sistem Mühendisliği ve Program Yönetimi****6.1 Program Yönetimi**

Yönetim Organizasyonu, Planlama ve Kontrol

Alt Yüklenici ve Tedarikçi Yönetimi

Risk Yönetimi

Kalite Yönetimi

Konfigürasyon Yönetimi

İmalat Mühendisliği ve Planlama

**6.2 Sistem Mühendisliği**

Teknik Planlama ve Takip

Gereksinim Yönetimi

Yazılım Bütünlüğü

Uçuş/Sistem Emniyeti

Uçuşa Elverişlilik ve Sertifikasyon

Güvenilirlik ve İdame/Test Edilebilirlik

Mühendislik Süreç Teminatı

Hayatta Kalabilirlik

**7.Sistem Test ve Değerlendirme****7.1 Geliştirme Test ve Değerlendirme**

Uçuş Bilimleri Testleri

- Aerodinamik, performans, aeroelastisite gibi genel tasarım konularına yönelik

Yapısal Testler

Uçak Sistemleri Testleri

Aviyonik/Elektrik Sistem Testleri

Hava/Yer Tümüleşik Sistem Testleri

Yer Sistemleri Testleri

### 7.2 Doğrulama Test ve Değerlendirme

İşlevsel Yer Testleri

Çevresel Testler

- Çevresel/atmosferik koşullar, dinamik etkiler, EMI/EMC

Kalibrasyon Testleri

İşlevsel Uçuş Testleri

### 7.3 Kabul Test ve Değerlendirme

#### 7.4 Prototip Sistemler

- Fiziksel model, ölçekli hava aracı, tabut uçak ve hava/yer simülasyon unsurları

#### 7.5 Test ve Değerlendirme Desteği

#### 7.6 Test Tesisleri

**Sistem Entegrasyon Laboratuvarı (SEL)**

Tesis

Ekipman

Hükümet Temini Malzeme, Doküman ve Hizmetler

**Uçuş Test Merkezi(Platform Entegrasyon, Yer ve Uçuş Testleri Merkezi)**

Tesis

Ekipman

Hükümet Temini Malzeme, Doküman ve Hizmetler

**Motor Test Odası**

## 8. Veri Yönetimi

### 8.1 Mühendislik Verisi

### 8.2 Yönetim Verisi

### 8.3 Destek Verisi

### 8.4 Veri Depolama

## 9. Entegre Ürün Destek

### 9.1 EÜD Yönetimi

### 9.2 Lojistik Destek Analiz ve Kayıtları

### 9.3 Yedek ve İkmal Malzemeleri

**0-Seviyesi**

Tamir Edilebilir Malzemeler

Sarf Malzemeler

**I-Seviyesi**

Tamir Edilebilir Malzemeler

Sarf Malzemeler

**D-Seviyesi**

Tamir Edilebilir Malzemeler

Sarf Malzemeler

### 9.4 Yer Destek Ekipmanları

**0-Seviyesi**

**I-Seviyesi**

**D-Seviyesi**

### 9.5 Teknik Dokümantasyon

### 9.6 Eğitim

**Pilot Eğitimleri**

**Faydalı Yük Operatör Eğitimleri**

**Bakımcı Eğitimleri**

**Diğer Eğitimler**

- Görüntü/Veri Kıymetlendirme Eğitimleri, Eğitici Eğitimleri, vb.

### 9.7 Teknik Destek Hizmeti

### 9.8 Simülatörler

### 9.9 Filo Yönetimi ve Yaşam Döngüsü Destek Sistemi

## 10. Harekât ve Kullanıcı Yeri Faaliyetleri

## 11. Endüstriyel Tesisler ve Yatırımlar

## 10.2 Yurt İçi Kabiliyetlerin Ön Değerlendirmesi

GENEL İHA SİSTEMİ	THD	ÜHD	KABİLİYET AÇIKLAMALARI
<b>1.Hava Aracı</b>			
<b>1.1 Hava Aracı Bütünleştirme</b>	■	■	
<b>1.2 Hava Aracı Yapısı</b>	■	■	
Gövde	■	■	
Kanat	■	■	
Kuyruk	■	■	
<b>1.3 Hava Aracı Sistemleri</b>	■	■	
İtki Sistemi	■	■	
Enerji Kaynağı Sistemleri	■	■	Sadece Taktik ve üzeri için. Yakıt hücresi hariç
İniş/Kalkış Sistemleri	■	■	
Paraşütle Kurtarma Sistemi	■	■	Kumaş teknolojisi ve paraşütün kendi tasarımı hariç
Elektrik Sistemi	■	■	
Pitot-Statik Sistemi	■	■	
Takatlandırma Sistemi	■	■	
Buzdan Koruma Sistemi	■	■	
Çevresel Kontrol Sistemi	■	■	
Işıklandırma Sistemi	■	■	
Kablolama	■	■	
Rotor	■	■	
Güç Aktarma Sistemi	■	■	
Kargo Taşıma Sistemi	■	■	
<b>1.4 Aviyonik Sistem</b>	■	■	
Uçuş Kontrol Bilgisayarı	■	■	
Uçuş Kontrol Algılayıcıları	■	■	Sadece INS için Diğerleri için Sarı
Hareketlendiriciler	■	■	
Yardımcı Kontrol Birimleri	■	■	
Uçuş Veri Kayıt Birimi	■	■	
Haberleşme ve Tanımlama Sistemi	■	■	IFF Mod 5/S için Sarı
Uçuş Test Ekipmanı	■	■	
<b>1.5 Hava Aracı Genel Tasarım</b>	■	■	
<b>1.6 Ana Geometri</b>	■	■	
<b>1.7 Ağırlık ve Denge</b>	■	■	Sadece Sabit kanat için
<b>1.8 Sistem Konumlandırma</b>	■	■	
<b>2.Görev Sistemleri</b>			
<b>2.1 Görev Sistemleri Bütünleştirme</b>	■	■	
<b>2.2 Görev Kontrol ve Kayıt Sistemi</b>	■	■	
Görev Kontrol Bilgisayarı	■	■	
Görev Kayıt Birimi	■	■	
<b>2.3 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri</b>	■	■	
Elektro-Optik (EO)/Kızıl ötesi (KÖ) Sistemleri	■	■	
Görüntüleme Sistemleri (EO ve KÖ kamera sistemleri)	■	■	Hafif sistem için Sarı
Hedef Belirleme ve İşaretleme Sistemleri (LRF,LD,LP)	■	■	
Fotoğrafik Kamera	■	■	
Radar Sistemleri (SAR/ISAR/MTI/GMTI)	■	■	
<b>2.4 Sinyal İstihbaratı (SIGINT)</b>	■	■	
Elektronik İstihbarat (ELINT)	■	■	
Haberleşme İstihbarat (COMINT)	■	■	
<b>2.5 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri</b>	■	■	
Radar ED/ET Sistemi	■	■	
Haberleşme ED/ET Sistemi	■	■	
<b>2.6 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri</b>	■	■	Değişiklik tespit için Sarı
<b>2.7 Haberleşme Rôle Sistemleri</b>	■	■	
Haberleşme Rôle Sistemi	■	■	
<b>2.8 Silahlandırma</b>	■	■	
Mühimmat	■	■	
Roket&Füze Sistemleri	■	■	
Bomba Sistemleri	■	■	

## GENEL İHA SİSTEMİ

THD ÜHD

KABİLİYET AÇIKLAMALARI

	THD	ÜHD	KABİLİYET AÇIKLAMALARI
Namlulu Silah Sistemleri	■	■	
Enerji Silahları	■	■	
<b>Yardımcı Sistemler</b>	■	■	
Ateşleme ve Güvene Alma Sistemi	■	■	
Yük Askı ve Salma Sistemi	■	■	
Lançer ve Pod Sistemleri	■	■	
<b>2.9 Beka Sistemleri</b>	■	■	
<b>Kendini Koruma Sistemleri</b>	■	■	
Radar İkaz Alıcısı	■	■	
Lazer İkaz Sistemi	■	■	
Füze İkaz Sistemi	■	■	
RF Karıştırıcı Sistemi	■	■	
Karşı Tedbir (Chaff/Flare) Atma Sistemi	■	■	
<b>Takip/Önleme Sistemleri</b>	■	■	
Arazi Takip Radarı	■	■	
Radar Doppler Algılayıcı	■	■	
Çarpışma Önleme Sistemi	■	■	Sadece TCAS yazılımı
<b>İz Azaltıcı Sistem/Teknikler</b>	■	■	
Radar Kesit Alanı (RKA) Azaltıcı	■	■	
KÖ İz Azaltıcı	■	■	
Akustik İz Azaltıcı	■	■	
<b>2.10 İz Artırıcı Sistemler</b>	■	■	
Isıl İz Artırıcı	■	■	
Radar İz Artırıcı	■	■	
Görsel İz Artırıcı	■	■	
<b>2.11 Algılayıcılar</b>	■	■	
KBRN (Kimyasal-Biyolojik-Radyoaktif-Nükleer) Algılayıcı	■	■	
Meteorolojik Algılayıcı	■	■	
Akustik Algılayıcı	■	■	
Mayın Algılayıcı	■	■	
<b>3 Hava-Yer Tümlüşük Sistemler</b>			
<b>3.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi</b>	■	■	
HVT-Hava Veri Terminali	■	■	
YVT-Yer Veri Terminali	■	■	
<b>3.2 Uydu Haberleşmesi</b>	■	■	
UHT-Uydu Hava Terminali	■	■	
UYT-Uydu Yer Terminali	■	■	
<b>3.3 Röle Sistemleri</b>	■	■	
HVR-Hava Veri Rölesi	■	■	
<b>3.4 OİKS-Otomatik İniş/Kalkış Sistemi</b>	■	■	
OİKS Hava Birimi	■	■	
OİKS Yer Birimi	■	■	
<b>3.5 Komuta/Kontrol Haberleşmesi</b>	■	■	
Komuta/Kontrol Haberleşmesi Hava Birimi	■	■	
Komuta/Kontrol Haberleşmesi Yer Birimi	■	■	
<b>3.6 Görev Haberleşme Sistemi</b>	■	■	
Görev Veri Haberleşme Hava Birimi	■	■	
Görev Veri Haberleşme Yer Birimi	■	■	
<b>3.7 Taktik Veri Linkleri</b>	■	■	
MIDS Terminali	■	■	
Link-16 Veri Link İşlemcisi	■	■	
<b>4.Yer Sistemleri</b>			
<b>4.1 Yer Sistemleri Bütünleştirme</b>	■	■	
<b>4.2 Komuta/Kontrol Birimleri</b>	■	■	
Korunak	■	■	
Uçuş Kontrol Sistemi	■	■	Çoklu İHA'lar hariç
Faydalı Yük Kontrol Sistemi	■	■	

## GENEL İHA SİSTEMİ

THD

ÜHD

KABİLİYET AÇIKLAMALARI

	THD	ÜHD	KABİLİYET AÇIKLAMALARI
Yardımcı Kontrol Birimleri	■	■	
Haberleşme	■	■	
Güç Birimleri	■	■	
4.3 Görevlendirme, Görev Planlama, Analiz ve Takip	■	■	
4.4 Fırlatma/Yakalama	■	■	
Fırlatıcı Sistem	■	■	
Yakalama Sistemi	■	■	
4.5 Görüntü/Veri Kıymetlendirme	■	■	
Görüntüleme	■	■	
Görüntü Kıymetlendirme	■	■	
Elektronik Harp Veri Kıymetlendirme	■	■	
Arşivleme	■	■	
Görev Sistemi Veri Dağıtımı/ Raporlama	■	■	
5.Sistem Bütünleştirme	■	■	
6.Sistem Mühendisliği ve Program Yönetimi	■	■	
7.Sistem Test ve Değerlendirme	■	■	
7.1 Geliştirme Test ve Değerlendirme	■	■	
Uçuş Bilimleri Testleri	■	■	
Yapısal Testler	■	■	
Uçak Sistemleri Testleri	■	■	
Aviyonik/Elektrik Sistem Testleri	■	■	
Hava/Yer Tümlüşik Sistem Testleri	■	■	
Yer Sistemleri Testleri	■	■	
7.2 Doğrulama Test ve Değerlendirme	■	■	
İşlevsel Yer Testleri	■	■	
Çevresel Testler	■	■	
Kalibrasyon Testleri	■	■	
İşlevsel Uçuş Testleri	■	■	
7.3 Kabul Test ve Değerlendirme	■	■	
7.4 Prototip Sistemler	■	■	
7.5 Test ve Değerlendirme Desteği	■	■	
7.6 Test Tesisleri	■	■	
Sistem Entegrasyon Laboratuvarı (SEL)	■	■	
Uçuş Test Merkezi(Platform Entegrasyon, Yer ve Uçuş Testleri Merkezi)	■	■	
Motor Test Odası	■	■	
8. Veri Yönetimi	■	■	
8.1 Mühendislik Verisi	■	■	
8.2 Yönetim Verisi	■	■	
8.3 Destek Verisi	■	■	
8.4 Veri Depolama	■	■	
9. Entegre Ürün Destek	■	■	
9.1 EÜD Yönetimi	■	■	
9.2 Lojistik Destek Analiz ve Kayıtları	■	■	
9.3 Yedek ve İkmal Malzemeleri	■	■	
9.4 Yer Destek Ekipmanları	■	■	
9.5 Teknik Dokümantasyon	■	■	
9.6 Eğitim	■	■	
9.7 Teknik Destek Hizmeti	■	■	
9.8 Simülörler	■	■	
9.9 Filo Yönetimi ve Yaşam Döngüsü Destek Sistemi	■	■	
10. Harekât ve Kullanıcı Yeri Faaliyetleri	■	■	
11. Endüstriyel Tesisler ve Yatırımlar	■	■	

## 10.3 Hava Aracı Sistemleri

### 10.3.1 Hava Aracı Yapısı

İHA'larda kullanılan malzemeler insanlı araçlarda kullanılan teknolojiler ile paralellik göstermektedir. Farklı görev alanlarında hizmet veren, boyut ve performans çizelgelerinde alt ve üst değerlerde yer alan İHA Sistemlerinde kullanılan yeni tasarım ve teknolojiler insansız araçlarda yapısal tasarımda farklı yaklaşımların ve yeni teknolojilerin önünü açmaktadır.

Yüksek hız ve irtifalarda kullanılacak hava aracı yapılarının süpersonik ısınma ve uçuştaki yüklemeye koşullarına dayanıklı, hafif, malzeme özellikleri tanımlanmış, boya özellikleri ile düşük IR ve RF izi özelliklerine sahip olmaları hedeflenmektedir.

Bir İHA'nın iç yapısında ve motor bölmesinde/ bölmesine yakın alanlarda kullanılacak ısı özellikleri bilinen, mukavemeti yüksek, yorulmaya dayanıklı ve malzeme özelliklerine hâkim olunan bir yapı/ malzeme teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yurt içi firmaların çeşitli ulusal ve uluslararası projeler kapsamında edindikleri ve geliştirdikleri yapısal tasarım, yapısal analiz ve üretim kabiliyetleri mevcuttur.

Hava aracı yapısında kullanılacak yapısal teknolojilerin ve malzemenin daha hafif, ısı ve çevresel şartlara tam uyumlu ve çok amaçlı olma yönünde ilerlemesi gerekmektedir. Bu tasarım faaliyetlerinin yapılabilmesi için önkoşul olarak malzeme biliminin, teknolojilerinin, tasarıma yönelik malzeme geliştirilmesi için gerekli sanayi altyapısının ulusal çapta ileri seviyelere taşınması ve özgün malzeme teknolojileri kullanımına yönelik bilgi birikiminin oluşturulması ihtiyacı mevcuttur. Özellikle ileri düzey kompozit kumaşları ve yapıştırma teknolojileri konusunda teknolojik yetersizlik bulunmaktadır. Bu kapsamda kumaş ve reçine teknolojilerinde yerli üretim hedeflenmelidir.

Yurt içi olanaklarla ham malzeme teknolojisinin kazanımıyla ihtiyaca yönelik kompozit malzeme tasarım ve geliştirme altyapısı oluşturulacaktır. Bu, tasarım süreçlerinde kompozit malzeme bilgisinin yurt içi olanaklarla kazanılmasını sağlayacak ve geliştirme süreçlerinde önemli bir takvim ihtiyacı doğuran malzeme test süreçlerini tüm projeler tabanında minimize edebilecektir. Oluşturulacak ortak malzeme veri tabanı entegratör firmaların süreçlerine olumlu katkılar sağlayacak, tasarım alternatiflerini ve optimizasyon olanaklarına imkân tanıyacaktır. Bu konunun paralelinde, yapısal tasarım teknolojilerinde benzetim ve olasılık hesaplarına dayalı bir analiz altyapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu altyapı, hem tasarım süreçlerini kısaltacak, hem de yüksek maliyetli testlerin yapılma ihtiyacını ve süresini azaltarak daha maliyet-etkin malzeme yapı teknolojilerine önyak olacaktır. Son olarak, yapısal test yaklaşımlarının ve altyapısının malzeme ve yapısal tasarım özellikleri veri tabanını oluşturabilecek bir seviye ve kapasitede bulunması,

bu kazanımların sağlanması için ön şart olarak görülmektedir. Bu kazanımlar ile yapısal tasarım teknolojilerinin düşük maliyetli, çok yönlü kullanılabilir ve parça ömrü uzun yapısal parça üretimi ve buna paralel olarak daha dayanıklı, daha uzun ömürlü, daha ucuz ve üretimi daha kolay bir İHA Sistemi altyapısının oluşturulması beklenmektedir.

İhtiyaç duyulan en önemli yapısal teknoloji "Reçine Transferiyle Kalıplama" (RTM, Resin Transfer Molding) teknolojisidir. Yapılan AR-GE çalışmaları ile oluşturulan altyapının üretim odaklı olarak sanayi tarafından kazanımı hedeflenmelidir.

Geleceğin İHA Sistemleri'nin farklı çevre şartlarına uyumlu olabilmesi, üretim maliyetlerinin ve zamanlarının düşürülebilmesi için, otomasyonu daha yüksek, daha az işgücü ve yardımcı parçaya ihtiyaç duyan, maliyet-etkin üretim teknolojilerinin kazanılması gerekmektedir.

Yapısal tasarım faaliyetlerinin ihtiyacı olan metal ve alaşım üretim teknolojileri konusunda, daha düşük maliyetli üretim ve üretilebilirliğin geliştirilmesi konularına yeterli AR-GE ve finansal yatırımın yapılması gerekmektedir.

Yüksek hızlı ve yüksek manevra kabiliyetine sahip İHA'ların geliştirilmesi için kompozit malzemelerin aeroelastik yüklerle göre tasarlanabilir olmalıdır. Bunun için yönlü yapısal dayanıklılığın ve yapı üzerinde farklı uçuş koşullarında görülecek aeroelastik kuvvet merkezlerinin ve yönlerinin üretim öncesi analiz edilebiliyor olması ihtiyacı mevcuttur. Bu kapsamda yapısal aeroelastik veri tabanına ve gerekli analizlerin yapılabilmesi için yeterli olacak analiz araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Özgün motor geliştirilme faaliyetlerine yön verilmesi durumunda, çok yüksek dinamik ve ısı kuvvetler altında kalıcı deformasyona uğramadan uzun süreler çalışabilecek; mukavemeti yüksek malzemelerin araştırılması ve geliştirilmesi gerekecektir. Bu ihtiyaçların özgün motor ihtiyaçlarına paralel olarak belirlenmesi ve ilgili araştırmalarının altyapısının oluşturulması gerekmektedir.

Akıllı malzemelerin kullanımı, günümüz teknolojisinde AR-GE faaliyetleri kapsamında değerlendirilse de küçük boyutlu hava araçları tasarımında bu malzemelerin kullanıldığı bilinmektedir. Bu teknolojinin daha büyük boyutlarda İHA'lardaki kullanımı için yeterli AR-GE planlaması ve yatırımın yapılması, yeni kazanımları ve alternatifleri de beraberinde getirecektir. Firmalar ve üniversitelerin görev performans isteklerine göre şekil değiştirebilen kontrol yüzeylerine yönelik akıllı malzeme ve akıllı yapı projeleri mevcuttur. Bu projelerde alınacak yol ve edinilecek bilgi birikiminin gelecek dönemde tüm İHA aerodinamik yüzey yapılarında uygulanabilir teknolojiler için geliştirilmesi hedeflenmelidir.

Akıllı malzemelerin kendi kendilerini onarabilir özelliklerine yönelik dünya çapındaki gelişmeler takip edilmeli, malzeme teknolojilerinde bu yönde AR-GE çalışmaları başlatılmalıdır.

### 10.3.2 Hava Aracı Sistemleri

#### 10.3.2.1 İtki Sistemi

İHA'larda kullanılacak itki sistemleri görev profiline bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. İHA'ların görev irtifası, taşıyacağı yük, seyir hızı ve havada kalış süreleri kullanılan itki sistemlerinin kabiliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Başka bir deyişle İHA'larda kullanılacak motorların teknik kabiliyetleri İHA'ların görev kabiliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Buna göre, İHA'nın havada kalış süresini motorun yakıt/ enerji tüketim verimliliği ile taşıyacağı yük, motorun ağırlığı veya özgül motor gücü ile (güç/ağırlık oranı), hızı ve görev irtifası ise söz konusu itki sisteminin hem tipi hem de istenen itki performansının hız ve irtifa değişimlerinden etkilenmemesi özellikleri ile belirlenmektedir.

Bu nedenle motor teknolojileri alanında sağlanacak bir üstünlük (daha az yakıt sarfiyatı, irtifada yüksek performans, hafiflik, vb.) aynı şekilde söz konusu İHA'nın görev kabiliyetine de doğrudan yansıtacaktır.

Günümüzde İHA'larda, içten yanmalı motorlar, elektrikli sistemler, birden fazla motor çeşidinin aynı platform üzerinde olduğu hibrit sistemler ile turbojet, turbofan, turboprop ve turboşaft gibi yapılabilen gaz türbinli motor itki sistemleri kullanılmaktadır (Şekil 34). Bu itki sistemlerinin gelecek dönemlerde de geliştirilerek kullanılmaya devam edeceği öngörülmektedir.

Düşük hız ve irtifalarda elektrikli motorlar, pervaneli motorlar (pistonlu ve turboprop/turboşaft), daha yüksek hız ve irtifalarda ise sırasıyla turbofan, turbojet, scramjet ve roketler kullanılmaktadır (Şekil 35 ve Şekil 36).

Özgül yakıt tüketimi açısından karşılaştırıldıklarında yüksek hız ve irtifa görevlerinde kullanılan roket ve scramjet gibi itki sistemlerinin daha yüksek yakıt tüketimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 37).

Hız, irtifa ve hıza bağlı yakıt tüketimi özelliklerine bakıldığı zaman turboprop, turbofan ve turbojet'ten oluşan gaz türbinli motorlar grubu geniş bir yelpazeyi oluşturmaktadır. Gaz türbinli motorlarda kritik teknoloji çekirdek motor geliştirme teknolojileridir. Günümüzde yeni türbinli motor tasarım ve geliştirme faaliyetlerinde yoğun olarak gelişmiş benzetim yazılımları kullanılmakta ve bunun sonucu olarak da daha az sayıda prototip ve teste ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede bir yandan geliştirme maliyetleri azalırken diğer yandan geliştirme süreleri de aynı ölçüde kısalabilmektedir. Bunun yanında, yeterli üretim teknolojilerine sahip olmak, gerek geliştirme döneminde gerekse seri üretim safhalarında hem maliyet hem de süre avantajları sunmaktadır.

Aynı çekirdek motordan farklı platformlarda kullanılabilecek farklı tipte motorlar (turbojet, turboprop, turboşaft vs.) üretmek mümkündür. İlk çekirdek motor geliştirildikten sonra güç türbini, dişli kutusu, fan gibi ilave modüller ile farklı platformlara uygun motorlar daha kısa süre ve daha az maliyet ile geliştirilebilirler.

## İHA İTKİ SİSTEMLERİ

### İçten Yanmalı İtki Sistemleri

#### ● Pistonlu Motorlar

Alçak irtifanın yeterli olduğu, düşük uçuş maliyetinin beklendiği düşük hızlardaki uçuşlar için tasarlanan düşük güçteki hava araçlarında kullanılmaktadır. Günümüzde bu Motorların yüksek irtifada da kullanılabilmesi için modifikasyon çalışmaları oldukça yaygın olarak yapılmaktadır.

#### ● Wankel Motorlar

Motorun ağırlığının en az ve boyutlarının küçük olmasının hedeflendiği uygulamalarda tercih edilir.

### Elektrikli İtki Sistemleri

#### ● Elektrik Bataryalı Motorlar

#### ● Yakıt Hücreli Motorlar

Elektrikli motor teknolojisi giderek gelişmekte olup özellikle Mini İHA'larda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sessiz çalışması, bakım maliyetinin düşük olması ve fosil yakıt kullanmaması avantajlarıdır. Güç/ağırlık oranı fosil yakıtla çalışan motorlardan daha düşüktür, ancak bu fark batarya ve yakıt hücresi ile ilgili teknolojik gelişmeler ile giderek azalmaktadır.

### Hibrit İtki Sistemleri

#### ● Farklı Motorlar

Hibrit motorlar birden fazla motor çeşidinin bir arada kullanılmasıyla oluşur. Tek motor çeşitli sistemlerden daha ağır oldukları için uygulama alanları dardır. Genellikle güneş enerjisi ile çalışan sistemler için uygun olur.

### Gaz Türbinli Sistemleri

#### ● Turbojet

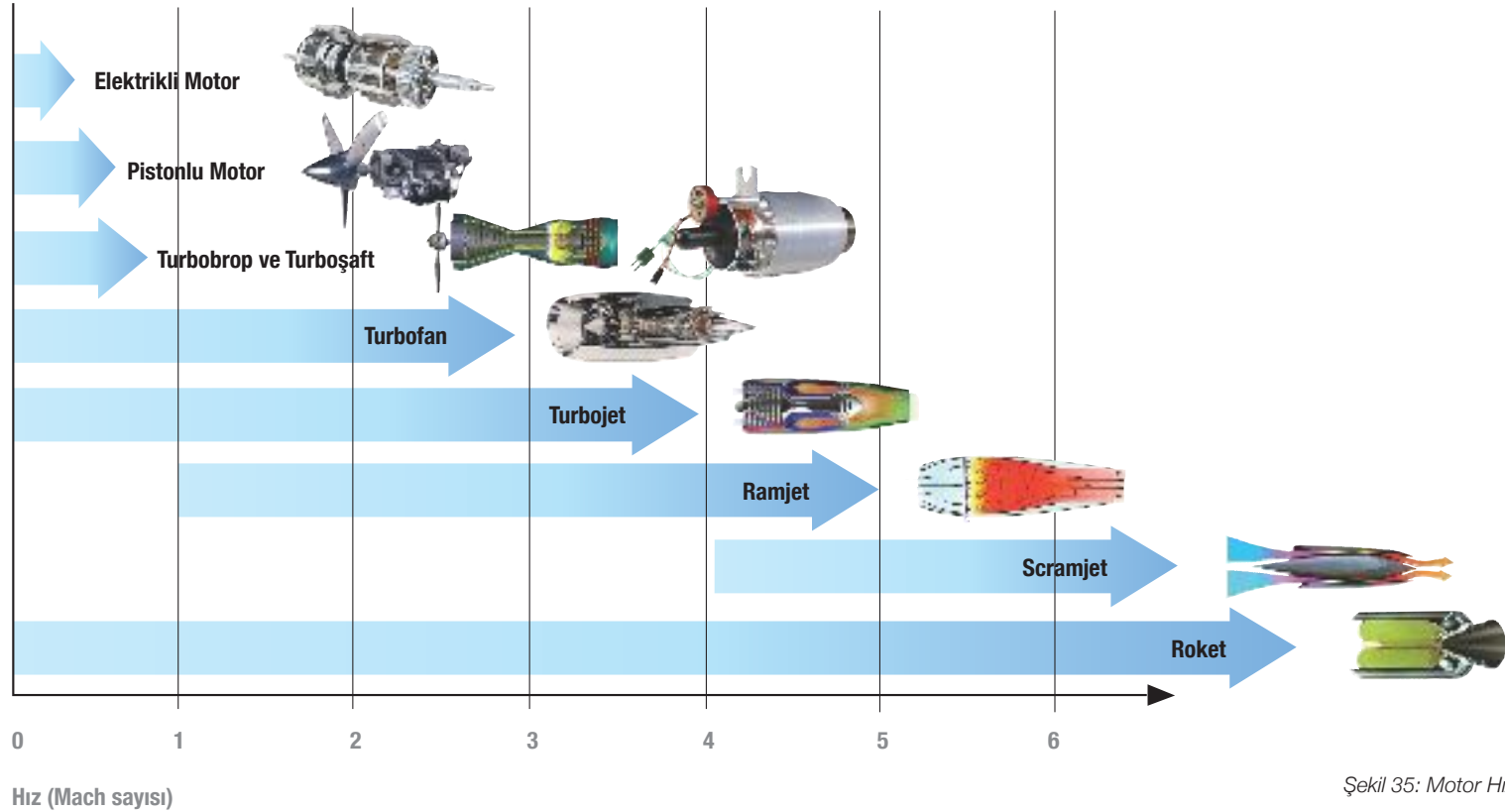
#### ● Turbofan

#### ● Turbobrop

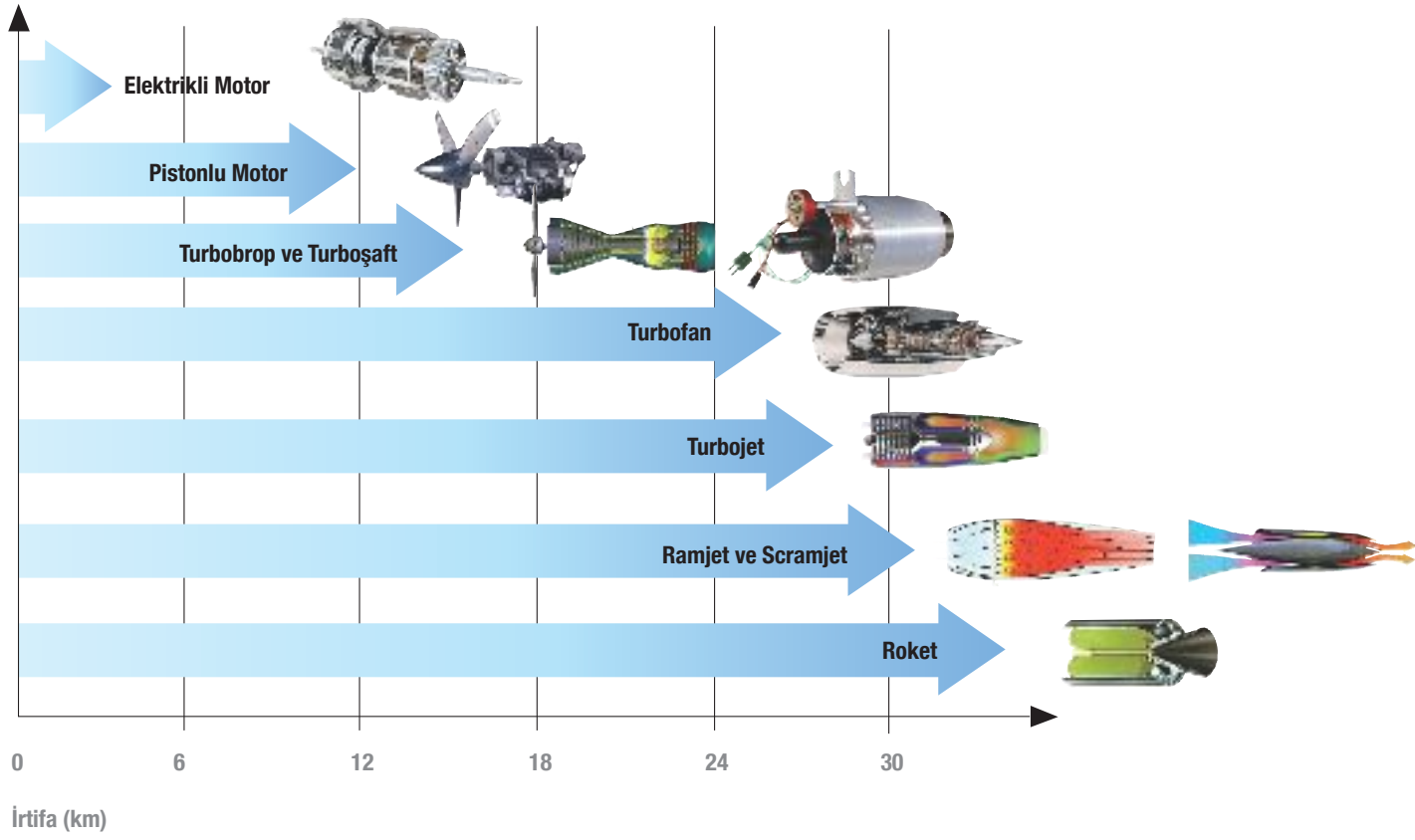
#### ● Turboşaft

Genellikle yüksek hız ve yüksek irtifa ihtiyacı olan uygulamalarda gaz türbinli motorlar tercih edilmektedir.

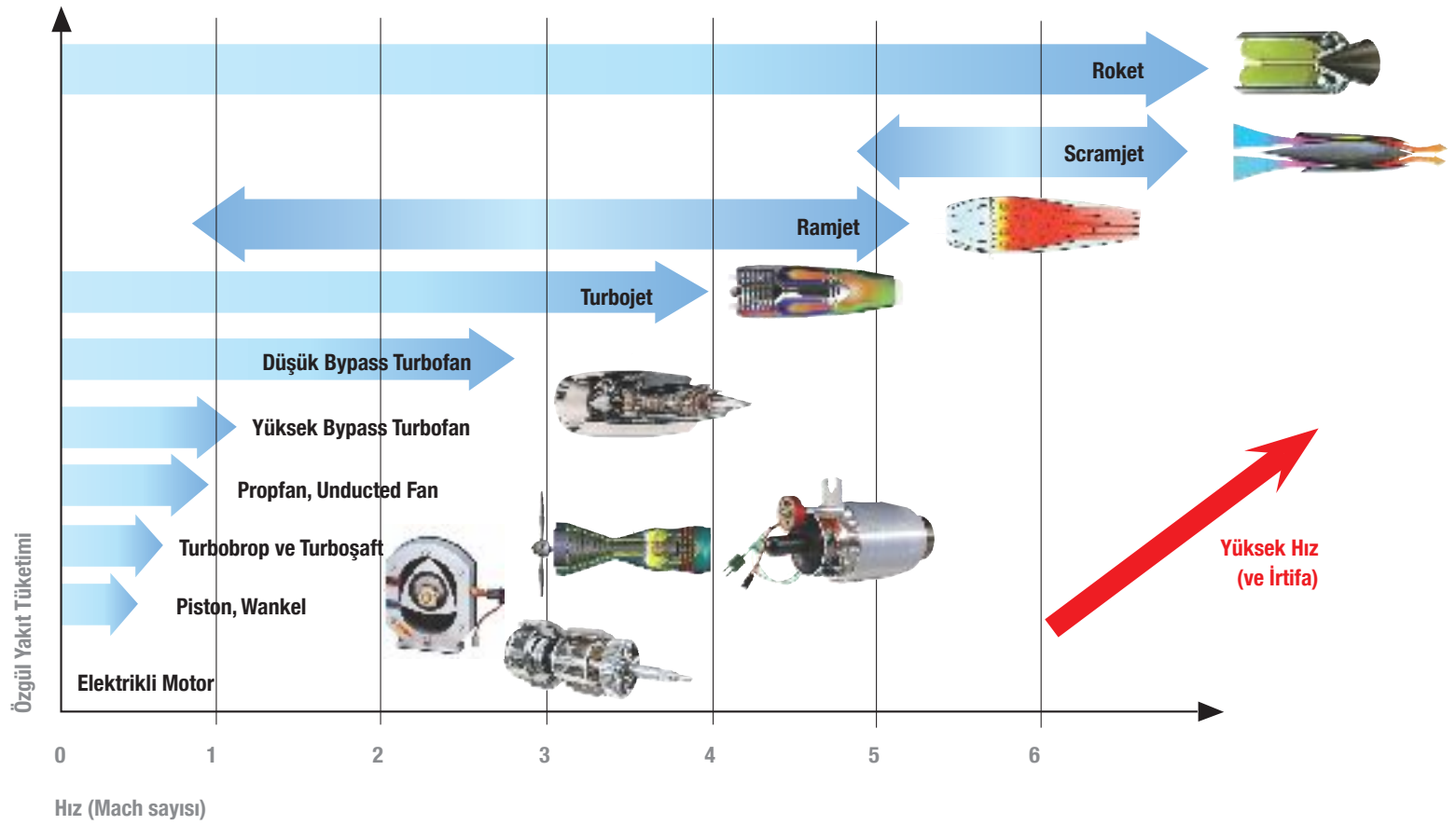
Şekil 34: İHA İtki Sistemleri



Şekil 35: Motor Hız Aralıkları



Şekil 36: Motor İrtifa Aralıkları



Şekil 37: Motorların Verdikleri Hıza Göre Yakıt Tüketim Aralıkları



Geliştirilen ve performansları testler ile doğrulanan motorların % 10-15 mertebelerinde daha büyük veya daha küçük güç aralıklarında olan türbelleri için günümüzün benzeşim teknolojilerinin de yardımı ile tekrar test edilmeleri gerekmemektedir. Bu da geliştirme maliyetlerini aşağı çekebilecek bir başka avantaj yaratmaktadır.

Günümüzde özellikle gaz türbinli motorların performanslarını arttırmaya yönelik ileri seviyede teknoloji geliştirme projeleri yürütülmektedir. Avrupa'da, DEM1, PHT ve Amerika'da IHPTET, VAATE gibi motor gücünün motor ağırlığına oranını arttırma, yakıt tüketimini azaltma, maliyetleri (geliştirme, ömür devri maliyetleri vs.) azaltma ve teknoloji geliştirme programları tamamlanmış veya devam etmektedir.

İtki sisteminde yurt dışına bağımlılık büyük problemler yaratmaktadır. İhraç lisansı gibi mevzuata dayalı geciktirici/engelleyici kalemler olduğu gibi, çeşitli modifikasyonlara ihtiyaç duyulması durumunda ise tedarik süreçlerinde gecikmeler yaşanmaktadır. Milli imkânlarla tasarlanan, üretilen ve/veya modifiye edilen motorların kullanımının, bu bağımlılığı engelleyebileceği değerlendirilmektedir.

Ülkemizde İHA'larda kullanılabilecek gaz türbinli motorların özgün olarak geliştirilebilmesi için yeterlilikte tasarım ve üretim teknolojileri bulunmaktadır. Başlatılacak projelerde, mevcut olanakların etkin kullanılması, tasarım, geliştirme, prototip üretimi ve test çevriminin hızlı döndürülmesine ve sonuçta motor geliştirme konusunda ülkemizde yeterli bilgi ve deneyimin oluşmasına olanak sağlayacaktır. Bu şekilde İHA'larda kullanılacak yüksek performanslı özgün türbinli motorların geliştirilebilmesine yönelik çok önemli bir kabiliyet kazanılmış olacaktır.

Günümüzde çoğu İHA'da hafif uçaklarda halen kullanılan ya da otomotiv sektöründe kullanılan üzere geliştirilen ve havacılık kullanımına uygun hale getirilen içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır. Son dönemlerde özellikle yakıt ekonomisi ve dolayısıyla havada kalış süresi avantajı yaratması ve/veya yakıtın bulunabilirliğine dayalı olarak dizel otomotiv motorları da İHA'larda kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde İHA'larda kullanılacak motorlar için bu iki seçeneğin kullanılması en uygun strateji olarak benimsenebilir. Yurt içinde taktik ihtiyaçlar için mevcut içten yanmalı motor seçeneklerinde soğutma sistemleri, dişli kutuları, pervaneler, yakıt sistemleri gibi çevre birimleri üzerinde tadilat veya geliştirme yapmak mümkündür. Halen bu tür motorların irtifa performanslarını arttırmak üzere turbocharger, supercharger gibi sistemlerin geliştirilmesi yönünde yurt içi çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca bu motorların İHA'lara uyarlanması için gereken diğer mekanik, elektriksel ve kontrol modifikasyonları için de çalışmalar devam etmektedir. Pistonlu motorlarda hâlihazırda uçaktan en çok etkilenen arayüz alternatördür. Alternatör geliştirme yeteneğine sahip kuruluşların İHA Sistemleri için elektrik motoru geliştirmeleri değerlendirilmelidir.

Elektrik motorları, küçük boyutlu hava araçlarında kullanılmaktadır ve erişilmesi kolay bir teknolojidir.

Elektrikli Motor teknolojisi giderek gelişmekte olup özellikle Mini İHA'larda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sessiz çalışması, bakım maliyetinin düşük olması avantajlarıdır. Güç/Ağırlık oranı diğer motorlardan daha düşüktür, ancak bu batarya sistemlerindeki gelişmeler ile giderek iyileşmektedir. Son dönemlerde yakıt hücresi ile elektrik enerjisi üreten sistemler de denenmeye başlanmıştır. Yakın gelecekte özellikle sivil kullanıma yönelik batarya veya yakıt hücreli elektrikli uçakların yaygınlaşabileceği tahmin edilmektedir. Daha büyük elektrikli İHA'lar için özellikle batarya ve yakıt hücresi ile ilgili teknolojilerin yurt içinde geliştirilmesi değerlendirilmelidir.

Hibrit Motorlar birden fazla motor çeşidinin bir arada kullanılmasıyla oluşur. Tek motor çeşitli sistemlerden daha ağır oldukları için uygulama alanları dardır, genellikle güneş enerjisi ile çalışan sistemlerde kullanılmaktadır.

### 10.3.2.2 Enerji Kaynağı Sistemleri

İtki sisteminin ve diğer hava aracı sistemlerinin enerji kaynağı, iki ana başlık altında incelenebilir: fosil yakıtlar ve alternatif/yenilenebilir enerji kaynakları. Mevcut İHA Sistemlerinde enerji kaynağı olarak çoğunlukla fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda gerek iklim değişiklikleri, küresel ısınma gibi çevresel nedenler referans gösterilerek, gerekse fosil yakıtların sınırlı ve genellikle dışa bağımlı bir kaynak olması nedeniyle alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar bilim ve teknoloji dünyasının öncelikli araştırma konularından biri haline gelmiştir. Türkiye'de İHA projelerine yönelik yakın gelecek planlamalarında enerji kaynağı olarak fosil yakıtların önemini koruyacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak geliştirilmekte olan ve uzun vadede fosil yakıtların yerini alacak olan alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmaların da eşzamanlı olarak sürdürülmesi yeni teknolojilerden uzak kalınmaması için elzemdir.

Fosil yakıtlar dâhilinde teknoloji kategorisi olarak baktığımızda, itki sistemi için iki temel motor türünden söz etmek mümkündür: içten yanmalı motorlar ve türbinli motorlar. Çalışma prensipleri gereği, içten yanmalı motorların özgül yakıt tüketimi değerleri, türbinli motorlara kıyasla oldukça düşüktür. Buna karşılık, türbinli motorların güç/ağırlık oranları, içten yanmalı motorlarınkine göre çok daha yüksektir. Bu temel özelliklerden hareketle; görece düşük faydalı yük ağırlığı, orta seyir irtifası ve yüksek dayanımın arandığı bir İHA yapılandırması için, güç/ağırlık oranı yüksek olmasa da, düşük yakıt tüketimi değerlerine sahip, bir turboşarjör yardımıyla irtifa performansı iyileştirilmiş içten yanmalı bir motorun uygun seçim olarak öne çıktığı değerlendirilmektedir. Öte yandan, daha yüksek faydalı yük ağırlığı, dolayısı ile daha yüksek bir performans gerektiren bir İHA yapılandırması, yüksek güç/ağırlık oranına sahip türbinli motorları gündeme getirmektedir. Türbinli motorların düşük hızlarda en fazla verim elde edilebilen çeşidi olan turboprop (pervaneli ve türbinli) motorlar, yüksek yakıt tüketimi değerlerine karşılık, daha yüksek irtifada ve hızda seyir imkânı tanımaktadırlar.

Yakıt tipi açısından incelendiğinde, türbinli motorların ağır yakıt, içten yanmalı motorların ise hem ağır yakıt hem de yüksek oktanlı uçak yakıtı (Avgas) ya da arabalarda da kullanılan benzin ile çalışan tipleri bulunmaktadır. Ağır yakıtların hem lojistik desteklenebilirlik açısından, hem de emniyet açısından tercih edilir olduğu bilinmektedir. Jet yakıtının, sivil veya askeri hava alanlarının hepsinde bulunabilmesi büyük bir lojistik avantaj sağlamaktadır. Diğer yandan, parlama noktası sıcaklıkları benzine göre daha yüksek olduğundan, ağır yakıtların hem kullanımı, hem de depolanması daha emniyetlidir. Dizel çevriminin kendine has verimliliğine ek olarak bu tip motorlarda kullanılan teknolojinin geliştirilmesi ile ek yakıt tüketimi avantajları sağlanmıştır. Dizel çevrimli motorların benzinli motorlara göre zayıf yönü olan ağırlıkları, motor teknolojisindeki gelişmeler nedeni ile giderek azalmış ve dizel motorlar benzer güçteki benzinli motorların yerini alabilecek duruma gelmişlerdir. Tüm bunların sonucu olarak son yıllarda, hava araçlarında kullanılan içten yanmalı motorlarda da jet yakıtı, dizel yakıt (diğer bir deyişle ağır yakıtlar) ile çalışabilen tiplere doğru bir yönelim olmuştur ve bu yönelimin gelecekte de devam etmesi beklenmektedir.

Fosil yakıt kullanımı kapsamında değerlendirilmesi gereken bir diğer konu ise havada yakıt ikmalinin mümkün olmasıdır.

Alternatif veya yenilenebilir enerji kaynakları batarya, yakıt hücresi veya güneş enerjisi olarak tanımlanabilir.

Günümüz teknolojileri göz önünde bulundurularak, solar radyasyonun göreceli olarak düşük enerji yoğunluğu dolayısıyla güneş enerjisi alternatifi için yapılacak ilk değerlendirme hava aracının oldukça hafif ve verimli olması gerekliliğidir. Aynı zamanda güneş enerjisi ile çalışan bir İHA'nın gece operasyonlarının sürdürülebilmesi için hafif enerji depolama sistemlerine sahip olması gerekmektedir.

Yakıt pilleri, özellikle yüksek enerji dönüşüm verimleri ve dünya fosil yakıt kaynaklarının azalması ve bunların kullanımının çevreye olan zararları nedeniyle son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Yakıt pillerinin enerji dönüşüm verimleri "Carnot verimi" ile sınırlı olmayıp %50-80'e kadar çıkabilmektedir. Yakıt pillerinin otomotiv, güç santralleri, taşınabilir elektronik aygıtlar vb. birçok alanda uygulamaları vardır. Yakıt pilleri yüksek enerji yoğunluğu potansiyeli olmasına rağmen düşük güç yoğunluğu sağlamaktadır. Bataryalar 1-3 saatlik İHA operasyonları için ideal olmalarına rağmen; gözetleme, kimyasal-biyolojik denetleme, sınır gözetleme ve diğer özel görevler için bataryalar ile elde edilmesi mümkün olmayan uzun uçuş sürelerine sahip askeri sınıf mini/mikro İHA'lara ihtiyaç duyulmaktadır. Yakıt pilleri; havadaki oksijen ve hidrojeni yanma olmadan tepkimeye sokarak yüksek verimli elektrik enerjisi üretmektedirler. Yakıt pilleri; bataryalar ya da diğer enerji kaynaklarına göre; daha uzun uçuş süreleri (mini/mikro İHA'larda yaklaşık 3 kat fazla), daha sessiz operasyonlar, daha düşük ısı iz ve daha yüksek güvenilirliğe sahiplerdir. Genellikle mini/mikro İHA'larda hibrit olarak lityum tabanlı bataryalar ile birlikte kullanılmaktadırlar.

Lityum tabanlı batarya kalkışta ve ani manevralarda devreye girmekte ve tepe güç gereksinimi ihtiyacını karşılamaktadır. Bu sebeple, hidrojen kullanılan yakıt pillerinin yakıt tüketiminin baskın belirleyici olduğu çok uzun süreli görevler için bir alternatif enerji kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Depolanan yakıt (hidrojen) miktarını arttırmak üzere sodyum bor hidrür, sıvı yakıt kullanımı vb. konular üzerinde dünyada çalışmalar devam etmektedir. Yakıt pili teknolojisi, üzerinde yoğun olarak çalışılması ve henüz Dünya'da da çok yeni bir teknoloji olması nedeni ile stratejik öneme sahiptir.

Lityum İyon, Lityum Sülfür ve Lityum Polimer bataryalar günümüzde İHA'larda en yaygın kullanılan batarya çeşididir. Elektrik Motorlarının öneminin artması üzerine daha verimli daha fazla enerji depolayan bataryalar üzerinde araştırmalar hızlanarak devam etmektedir. Batarya enerji yoğunluklarının (Joule/Kg) yükselmesi ile birlikte bir İHA'nın uçuş süresi hiç bir tasarım değişikliğine ihtiyaç duyulmadan yalnızca yüksek yoğunluklu bataryalar kullanılarak arttırılabilecektir.

Yüksek irtifada uzun sürede havada kalan İHA'larda Güneş Enerjisi kullanılması üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Teorik olarak sonsuza kadar havada kalabilecek sistemler yenilenebilir bir enerji olan güneş enerjisini kullanır. Pratikte, en uzun süre havada kalan İHA, Güneş Enerjili sistem olan Zephyr Solar Electric modelidir (82 saat 37 dakika).

### 10.3.2.3 İniş/Kalkış Sistemleri

Taktik Saha Keşif/Gözetleme görevini icra eden ve yüksek taşınabilirlikteki İHA Sistemleri (TKG-1) kullanıcı tarafından el ile fırlatılmak suretiyle kalkışını gerçekleştirir. İnişini ise genellikle kompozit gövdesi üzerine, paraşüt açarak ya da kurulan bir ağa takılarak gerçekleştirir. Hafif oldukları için imal edildikleri malzemeler iniş şoklarına dayanabilmektedir. Bu sebeple iniş takımı kullanımına ihtiyaç duymazlar.

Bu sınıftaki hava araçlarında öne çıkan teknolojiler; daha hafif ve esnek malzemelerin kullanımıyla daha dayanıklı araçların yapılmasıdır. Kompozit imalat teknolojileri kullanılarak ağırlık azaltma çalışmaları ön plana çıkmaktadır. Hava aracının en dayanıklı bölgesi inişini gerçekleştirdiği, gövdesinin alt kısmıdır.

Orta/yüksek taşınabilirlikteki Taktik Saha Keşif/Gözetleme görevini icra eden İHA Sistemleri (TKG-3) fırlatıcı (katapult), roket desteği veya iniş takımları ile pistten kalkışını gerçekleştirir. İnişlerini; paraşüt açarak gövde üzerine ya da iniş takımları ile piste gerçekleştirir.

İniş takımlarında iniş şokunu karşılamaya yönelik olarak yapısal (yaprak) yay kullanılır. Yerde yönlendirme özelliği burun iniş takımından servo motor sayesinde sağlanır. Bu sınıftaki hava araçlarında hidrolik sistem bulunmaz.

Duruşunu; yakalama kancası ya da pistte açılmış bir ağa takılarak yaparlar.

Stratejik Keşif/Gözetleme görevini gerçekleştiren İHA Sistemleri iniş takımları ile beton ya da asfalt pistten kalkışını gerçekleştirir ve yine hazırlanmış tipte pistlere iniş takımları ile inişini gerçekleştirir.

Bu hava araçlarında pervanenin hava aracının gerisinde bulunduğu yapılaşın tercih edilmesi nedeniyle iniş takımları burun iniş takımlı tipte tasarlanır. Birçok sistemde burun iniş takımlarında yağlı-yaylı tip şok emici kullanılmıştır. Yağlı-havalı tipte şok emicilerin kullanıldığı da görülmektedir. Ana iniş takımları genellikle yapısal yaylı (yaprak yay) tiptedir. Yağlı-havalı tip şok emicilere sahip ana iniş takımları da mevcuttur. Yerde yönlendirme özelliği; burun iniş takımından servo motor ile sağlanmaktadır. Kompozit yapısal yay tipinde iniş takımı şok emicileri de mevcuttur.

İniş takımları ihtiyaç nedeniyle açılabilir – kapanabilir olan İHA'larda mekanizma hareketini sağlayan sistemler hidrolik ya da elektromekanik olarak çalışmaktadır. Açma kapama mekanizmalarında tasarımı ve basitliği nedeni ile dört – kol mekanizmaları (Four Bar Mechanism) kullanılmaktadır. Sistemlerin farkı ise belirtildiği gibi hareketi sağlayan sistemlerdir.

Havacılık sanayindeki "Tümüyle Elektrikli Uçak" (all electric aircraft) akımının da ilerlemesiyle sistemleri hareketlendirmek için hidrolik yerine elektrik kullanmaya yönelim artmaktadır. Hidrolik sistemlerin getirdiği ağırlık, ekipman fazlalığı, bakım gereksinimleri, yangın tehlikesi gibi faktörler nedeniyle elektrikli sistemler avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle açılabilir – kapanabilir iniş takımları tasarlanırken elektromekanik hareketlendirici sistemlerin kullanımının daha da yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Kıymetli görev ekipmanları barındıran İHA'lar için birincil hareketlendirme sisteminin arıza yapması durumunda iniş takımlarının açılmasını garantilemek amacıyla yedek olarak acil açılma sistemlerinin önemi de giderek artmaktadır.

İHA Sistemlerinde görev alanı farklılıkları nedeniyle ağırlık ve boyut artışları ile birlikte görev ekipmanlarının sayısı ve değeri arttıkça güvenli iniş ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla gövde üzeri iniş, paraşüt ile iniş, suya iniş gibi iniş durumları, yerini uygun zemine iniş takımları ile inmeye bırakma ihtiyacını doğurmuştur. Pist üzerine iniş sonrası hava aracını durdurmak için ihtiyaç duyulan fren sistemleri, İHA'larda hidrolik veya elektromekanik tipte disk frenler olarak kullanılmaktadır.

Fren sistemlerinde hidrolik fren kullanılan sistemler halen kullanımda olsa da teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha hafif olacak şekilde "Tümüyle Elektrikli Uçak" akımı dâhilinde elektromekanik sisteme doğru gidilmektedir. Dünyada yapılan fren sistemi geliştirme çalışmaları, elektrikle çalışan frenler üzerine yoğunluk kazanmıştır. Hidrolik frenlerin ihtiyaç duyduğu hidrolik sistem kurulumu, ısınma sorunları, sızıntılar, bakım ihtiyaçları ve yangın tehlikesi nedeniyle tasarımcılar "Tümüyle Elektrikli Uçak" hedeflerine daha da yaklaşmak için fren sistemlerinde de elektromekanik tipte tasarımlar kullanmaya yönelmektedir. Bu sayede ağırlık yönünden de avantaj kazanılmaktadır.

Fren sistemlerinin ne tip olduğunun yanı sıra kontrolü de gittikçe önem kazanmaktadır. İHA'larda tümleşik kontrollü (sol – sağ tekerler eşit şekilde) frenlerin yanı sıra ayrı (sol – sağ tekerler ayrı şekilde) kontrollü frenler de kullanılmaktadır. Tümleşik frenlerin kontrolü daha kolay olmakla birlikte İHA Sistemi, ayrı fren

ihtiyacı da duyabilir. Şüphesiz ayrı (diferansiyel) fren, kullanıcıya daha kontrollü fren kontrolü yanı sıra taksi sırasında daha iyi manevra kabiliyeti de sağlamaktadır. Kontrol konusunda bir önemli nokta da kayma önleyici (Anti-Skid) kontroldür. Bu kontrol sayesinde frenleme sırasında hava aracı ilerlerken tekerlerin kilitleyerek kontrolsüz bir şekilde kayması önlenmektedir. Daha karmaşık bir kontrol algoritması gerektiren bu kontrol günümüzde İHA'larda da kullanılmaya başlanmıştır. Elektromekanik sistemler, tekerlerde bulunan frenler haricinde ek olarak bir kontrol modülü ile sistemi kontrol edebildiğinden, kullanıcı istediği kontrol mantığı ile frenleri kontrol edebilmektedir.

Türkiye'de İHA'lar için fren sistemi geliştirme yeteneği mevcuttur. Yürütülmekte olan projeler kapsamında geliştirilen fren test düzeneği ile bu alanda da yetenek kazanılmıştır.

Günümüz iniş takımlarında yağlı-gazlı tip şok-emici ve yapısal (yaprak) yay uygulaması bulunmaktadır. Dünya geneline bakıldığında, yaprak yay kullanımının hafif uçaklarda uygulama alanı bulduğu, fakat uçak ağırlığının 1500-2000 kg üzerine çıktığında yağlı-gazlı sistemlerin uygulandığı bilinmektedir. Türkiye'de mevcut teknolojik altyapı ile yapısal yay tasarımı yapılabilmektedir, fakat yağlı-gazlı şok emicili iniş takımları üzerine somut çalışmalar yapılmamıştır.

Şok emici tasarımında metal yay yerine yağlı-gazlı tipte iniş takımı kullanımı; dolayısıyla yağlı-gazlı tipte şok emici geliştirilmesi önceliklidir. Böylece daha ağır hava araçları için iniş takımı geliştirilme imkânı doğacaktır.

Bunlara ek olarak, iniş takımı parçalarında kompozitin kullanılmasına yönelik çalışmalar ile daha hafif yapılar elde edilecektir. Yağlı-gazlı tip şok emicilerde mevcut durumda dünyada metal malzeme kullanılmaktadır. Fakat son dönemlerde şok emici gövdelerinin kompozitten yapılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Elyaf sarma (filament winding) metodu ile imal edilecek yağlı-gazlı tip şok-emiciler ağırlık ve imalat bakımından avantajlı olacaktır.

İniş takımlarında kompozit kullanımı sadece dikmeler ile sınırlı değildir. Reçine transferiyle kalıplama (Resin Transfer Method, RTM) yöntemiyle imal edilen kompozit katlama kolları ve diğer yapısal parçalar ağırlık avantajı sağlamaktadır.

İniş takımlarının testlerinde ilk sırayı düşürme testi almaktadır. Bu test sivil ya da askeri tüm standartların yapılmasını öngördüğü, nasıl yapılacağını açıkladığı ve sonuçlarından ikna olmadan iniş takımı bütünleştirmesine izin vermediği bir testtir. Türkiye'de gerekli test düzeneği mevcuttur.

Yağlı-gazlı tip şok emici geliştirilebilmesi için altyapı oluşturulabilir. Kompozit parça üretiminde ise yeterli altyapı bulunmaktadır. Filaman sargısı ile kompozit imalatı yine Türkiye'de mevcut bir yeteneklerdir.

İniş takımı yuvalarının kapıları ve açılma/kapanma mekanizmaları konusundaki çalışmalar, dâhili yüklerin bırakılması çalışmalarına uygulama deneyimi hazırlayacaktır.



Şekil 38: Personel Sayesinde Kalkış Yapan İHA Sistemi



Şekil 39: TKG-2 Görev Alanında İHA Sistemi İniş/Kalkış Sistemleri

#### 10.3.2.4 Paraşütle Kurtarma Sistemi

İHA Sistemlerini, insansız sistemlere kıyasla ön plana çıkartan en büyük avantajı tehlikeli görevlerde kullanılabilmesi ve olası bir hatada külli hasar durumlarının kabullenilebilir olmasıdır. Yine de, insansız sistemlere iki sebeple paraşütle kurtarma sistemi uygulanabilmektedir:

- İniş yöntemi olarak paraşüt kullanımı,
- Büyük maddi hasara engel olma ya da sınırların dışına çıkmaya mani olma amaçlı paraşüt kullanımı,

Standart iniş yöntemi olarak paraşüt kullanımı, İHA Sistemi'nin görevi gereği bir havaalanı yakınında işletilmesinin güç olduğu, dolayısıyla arazi şartlarında iniş kalkış yapması gerektiği durumlarda sıkça başvurulan bir yöntemdir. Bu tür uygulamalar, genellikle küçük birliklerin ihtiyacına yöneliktir ve TKG-1 görevlerini yerine getiren hava araçları için anlamlıdır. Bu tür sistemlerde çoğunlukla birincil ve tek iniş yöntemi olarak paraşüt kullanılır. TKG-3 görevlerini icra eden İHA'larda ise birincil iniş yöntemi iniş takımı veya paraşüt olabilmektedir.

Acil durum kurtarması amaçlı paraşüt kullanımı çoğunlukla ya hava aracının pahalı hale geldiği, kritik teknoloji içerdiği durumlarda sisteme dâhil edilmekte ya da hava aracına güvenin tam olarak kendini ispat etmediği ilk geliştirme safhalarında yarar getirmektedir. Bu uygulamada, hava aracının sıfır hasar ile yere indirilmesi hedeflenmemektedir. Hava aracının düşman topraklarına geçmemesi, yaşam bölgelerine düşmemesi veya pahalı ekipmanların mümkün olduğunca yeniden kullanılabilir şekilde kurtarılması ana hedeftir.

Günümüzde tekstil teknolojisi ve paraşüt mühendisliği, birkaç kilogram mertebelerinden aşırı ağır malzemelere kadar pek çok yükü kargo indirme operasyonlarında taşıyabilmektedir. Buradaki temel sorun, yük ağırlaştıkça paraşüt boyut ve ağırlıklarının pratik olmayan büyüklüklere ulaşmasıdır.

Günümüzde 1200kg toplam ağırlığa kadar bir hava aracında, faydalı yük veya yakıttan taviz verilmeksizin, bir Acil Durum Paraşütü (ADP) sisteminin makul boyutlarda olacağı söylenebilir. 1200-2500kg arası hava araçlarında ADP kullanımı, çeşitli zorlamalar ve kısıtlamalarla mümkün olabilmektedir. 2500kg'dan ağır hava araçlarında, paraşüt kullanımı günümüz teknolojisinde fazla olası görünmemektedir.

Paraşüt boyutu, kullanılan kumaşın geçirgenlik, mukavemet ve yoğunluğu ile değişmektedir. Bu noktada İHA Sistemlerinin izlediği ortam, tekstil teknolojisindeki gelişmeler olmaktadır.

Kısacası, paraşüt sistemlerinde öncelikli teknoloji alanı, yüksek mukavemetli, düşük yoğunluklu iplikçik geliştirilmesi ve bu iplikçiklerle uygun geçirgenlikte dokuma yapılabilmesinde gözükmetedir. İkinci teknoloji alanı ise, paraşüt mühendisliğinde yatmaktadır. Yani, yüksek sürüklenme katsayısı elde etmek ama aynı zamanda stabiliteden taviz vermemek ve bunu yaparken açılış yüklerini artırmayacak çözümler geliştirmek önem kazanmaktadır.

Diğer çözümler ise havada açma, vakumlu paketleme, geciktirici/sönümleyici, yönlendirme, yerde ayırma alanlarında yapılması muhtemel geliştirme çalışmaları ile mümkün olacaktır.

Ne kadar sayısal analiz, simülasyon yapılsa yapılsa, paraşüt mühendisliğinin, herhalde en önemli ve belki de tek doğrulama aracı atış testi yapılmasıdır. İHA kurtarma paraşütleri için en uygun deneme olanağı, bir hava aracından temsili ağırlıkta bir yükün atılması ile karşılanabilmektedir. Burada altyapı ihtiyacı olarak uygun kapasitede ve uçuş esnasında yük bırakabilecek kargo uçağı/helikopteri, bu atışların gerçekleştirilebileceği uygun ve güvenli bir saha, atış testi esnasında yüke bağlanmış olan telemetrik veya kayıt yeteneğinde veri toplama sistemi ortaya çıkmaktadır.

Paraşüt imalatı için özel dikiş makineleri, ip eşleştirme/bütünleştirme makara sistemleri, uzun tezgâhlar gibi altyapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, ip/kumaş çekme cihazları gibi test aletleri gerekmektedir. Bu tür imalat altyapısı ve gereçleri, kritik olmayıp ülkemizde karşılanabilmektedir.

Türkiye'deki İHA Sistemlerinde kısa vadede özellikle TKG görevlerini yapan İHA Sistemlerinde paraşüt kullanımı söz konusudur. Bu alanda dünyada söz sahibi firmalardan tedarik edilmesi, için gerektirdiği deneyimden ötürü daha anlamlıdır. Bu süreçte, sistemlerde kullanılacak bu tür yurt dışı kaynaklı paraşüt sistemleri ve teknolojiler ayrıntılı olarak analiz edilip, orta vadede yine Taktik Saha Keşif/ Gözetleme görevini icra eden İHA Sistemlerine paraşüt sistemleri için altyapı hedeflenebilir. Bu görev haricinde görevler için geliştirilecek İHA Sistemleri için paraşüt uygulaması çok münferit kalmaktadır. Eğer orta vadede TKG görevleri için bir paraşüt geliştirme/üretim altyapısı tesis edilirse bu tür münferit uygulamalar da ortaya çıktığında çözüm oluşturulabilir.

Paraşüt dinamiği, modellenmesi mümkün olmayan ve çok sayıda deneme gerektiren bir konudur. Dolayısıyla, TKG görevleri ile sınırlı tutulan bir paraşüt geliştirme altyapısı yol haritasında, deneme ortamı ağırlıklı planlamalar daha gerçekleştirilebilir hedefler olabilecektir.

Kumaşlarda geçirgenlik / mukavemet / yoğunluk özelliği eniyelenmiş dokumalar geliştirildiğinde, ihracat lisansı engelleri çıkacağı öngörülmektedir. Bu alanda yurt içinde tekstil malzemelerinde ulaşılacak uzmanlık noktası, gelecek dönem İHA çalışmalarımızda avantaj sağlayacaktır.

#### 10.3.2.5 Elektrik Sistemi

Hava araçlarında tüm sistemlerin ihtiyaç duyduğu enerjinin üretilmesi ve güvenli bir şekilde dağıtılması önem arz eden bir konudur.



Şekil 40: Paraşüt Kurtarma Sistemi

Hava araçlarında genel olarak mekanik enerjiden elektrik enerjine dönüşüm sağlayan jeneratör ve/veya alternatör sistemleri kullanılmaktadır. İtki sisteminden aldıkları mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek ilgili sistemleri beslerler. Kullanılan sistemler ağır, boyutları büyük ve soğutma ihtiyacı duyan sistemlerdir. Bu nedenle hafif, daha az hacim kaplayan ve soğutma ihtiyacı az olan sistemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca kolay monte edilebilen, platform çalışma ve çevre şartlarına uygun, modüler ve verimliliği yüksek sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Platformlarda kısıtlı ve değerli olan enerjiden elden edilen elektrik enerjisinin kaybı en aza indirerek güvenli ve kontrol edilebilir şekilde sistemlere dağıtmak önemli bir parametredir. Bu kapsamda sistemlerin kullanım konsepti, çevre şartları ve kullanılan platformun istekleri göz önünde bulundurularak kontrollü yol veren, kullanıcıya sürekli olarak mevcut durum hakkında bilgi aktarabilen güç dağıtım ve kontrol sistemlerine ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu kapsamda akıllı, kontrol edilebilir, programlanabilir, hafif, düşük hacim ve güç harcayan, modüler ve güvenilir güç dağıtım ve kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulacağı değerlendirilmektedir.

#### 10.3.2.6 Takatlandırma Sistemleri

İnsanlı hava araçlarında en yaygın kullanılan ve güvenilir kumanda yöntemi olarak pilot levyesi ile kumanda yüzeyi arasına kurulan mekanik kollar ve tellerden faydalanılmaktadır. Ancak hava aracı boyutları ve uçuş hızları büyüdükçe, bu tür mekanizmaların yükleri uygulanabilir büyüklüklerdeki mekanizma dönüştürme oranlarıyla aktarılabilmesi ve sürtünmelerin yenilmesi zorlaşmaktadır. Bu durumda, hava aracı üzerinde bu tür kumanda yüzeylerinin hareketlendirilmesi için ilave bir takatlandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

İHA'larda, kumanda yüzeylerine bir pilotun el/ayak

hareketleri aktarlamadığı için, yerden gönderilen sinyallerin zaten bir mekanik harekete dönüşmesi gerektiğinden, bu hareketlenme doğrudan doğruya elektromekanik hareketlendiriciler üzerinden yapılmaktadır. Ancak, İHA uçuş sürati arttıkça, bu tür elektromekanik hareketlendiricilerle kumanda kuvvetlerinin sağlanması, normal boyutlardaki servolarla veya servolara bağlı redüksiyon mekanizmalarıyla sağlanamaz. Bu durumda hidrolik sistemlere geçilir. Hidrolik sistem, İHA platformuna bir şekilde girdikten sonra, bu gücün iniş takımı, frenleme gibi çeşitli diğer hareketlendirme ihtiyaçları için de kullanılması mümkündür.

Takatlandırma sistemleri için genel bir sınıflandırma yapacak olursak, Taktik Saha Keşif/Gözetleme görevini icra eden İHA Sistemlerinde hidrolik sistem karmaşıklığına ve bakım zorluklarına girilmesinin pek pratik olmayacağı, Stratejik Keşif/Gözetleme ve daha karmaşık görevler icra eden İHA Sistemlerinde kullanımın anlam kazanacağı, taarruz görevi icra eden İHA Sistemlerinde ise neredeyse kaçınılmaz olacağı söylenebilir.

Hidrolik sistemin en temel özelliği olarak küçük hacimlerde, büyük yükleri karşılayacak güç dönüşümü yapılabilmesi söylenebilir. Sistemde, özellikle havacılık uygulamalarından edinilen çeşitli püf noktaları olmakla birlikte, kritik bir teknoloji içermez. Teknolojisi bilinen, uygulanmış ve analiz edilebilen bir teknolojidir. Bileşenler genellikle kolay tedarik edilebilen bileşenlerdir ve gerektiğinde yurt içinde de üretilebilir.

Hidrolik sistemler için edinilmesi gereken yetenek, geliştirilecek uygulamaya göre değişen test tezgâhlarıdır.

#### 10.3.2.7 Buzdan Koruma Sistemi

Havacılıkta hava aracı buzlanması belli başlı meteorolojik tehlikelerden birini oluşturmaktadır. Seyir halindeyken hava araçları üzerinde oluşan

buzlanma, aerodinamik yüzeylerdeki havanın kaldırma kuvvetini azaltırken, sürtünmeyi ve ağırlığı artırarak hız düşmelerine neden olur. Ayrıca, biriken buz sebebiyle hava aracının kontrolü zorlaşır. Hava aracı üzerinde buzlanma yaratan meteorolojik etmenler sıcaklık ve nem miktarı ile aşırı derecede soğumuş su damlacıklarıdır.

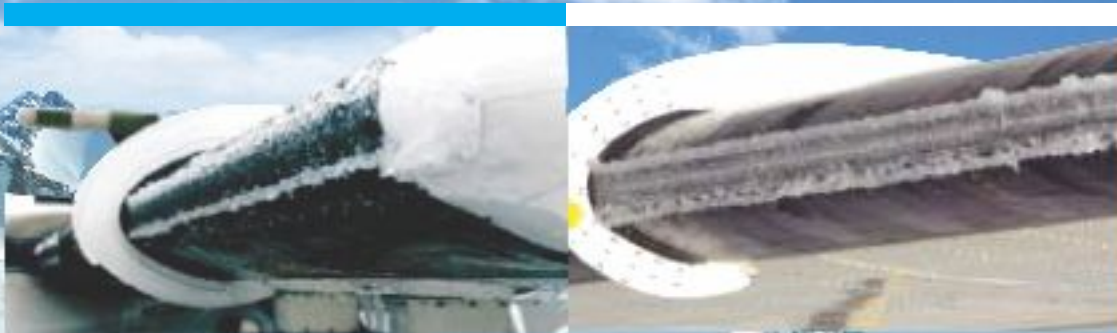
Hava araçlarında yüzey buzlanmaları, bulutlarda veya aşırı soğumuş su damlacıklarının oluşturduğu yağış sahalarında meydana gelir. Buzlanmanın miktarı ve oranı, sıcaklık, uçuş seviyesindeki nem, damlacık su muhteviyatı, damlacık boyutu gibi meteorolojik faktörler ile uçağın yapısı, şekli, hızı ve aerodinamik özelliklerine bağlıdır.

Buzlanma, hava araçlarında, hava akışı ile temas eden sivri bölgeler olan kanat ve kuyruk yüzeylerinde, motor hava alıklarında, pervanede, kanopi/ön cam'da, pitot tüpler, hücum açısı ve sıcaklık algılayıcılarda görülebilmektedir. Hava araçlarının kanat ve kuyruk yüzeylerinde oluşan buzlanma, hava akışını bozarak taşıma kuvvetini düşürür, sürüklenmeyi ve ağırlığı artırır. Hava aracının itki sisteminde (motor hava alığı, pervane, karbüratör) oluşan buzlanma, itme gücünü azaltarak performansını zayıflatır.

İHA'larda en çok kullanılan buz önleme/giderme sistemi, Kimyasal Sıvı Buz Önleme/Giderme çözümüdür. Sistem, hava araçlarının kanat, kuyruk ve/veya kontrol yüzeyi hücum kenarında kullanılmaktadır. Mevcut İHA'larda rastlanılmasa da, pervane ve motor hava alıklarında da kullanılabilir. Kimyasal Sıvı Buz Önleme/Giderme Sistemi, buzdan korunacak yüzeylerin donma noktası düşük sıvı (FPD) ile kaplanması prensibiyle çalışır. Aşırı derecede soğumuş su damlacıkları yüzeye çarptığında FPD ile karışarak donma noktası düşürülür.

Şekil 41: Hava Aracı Aerodinamik Yüzeyinde Şeffaf Buzlanma [16]

Şekil 42: Hava Aracı Aerodinamik Yüzeyinde Kar Şeklinde Buzlanma [16]



Bu sıvı karışım, hava akımının yardımıyla yüzeyden uzaklaştırılır. Kimyasal sıvı sisteminde kullanılan temel ekipmanlar sıvı deposu, pompa, sıvı hatları, gözenekli paneller, sıvı filtresi, basınç anahtarı ve dağıtım üniteleridir. Bu sisteminin ağırlığı yüksek oranda akışkan ihtiyacına bağlıdır. Sistemin güç tüketimi düşüktür.

Elektrik-Atımlı Buz Giderme Sistemleri, İHA'lar için yeni nesil bir buz giderme sistemidir ve kimyasal sıvı buz giderme sisteminden farklı olarak sınırsız buz giderme sağlaması sebebiyle gerek yeni geliştirilen İHA'lar gerekse de mevcut İHA'lar için eğilim bu sistemlerin kullanılması yönündedir. Sistem, buz giderme amaçlı kullanılmasına karşın, çok küçük miktarlardaki buz birikintisini dahi giderebildiği için buz önleme sistemi gibi çalışmaktadır. Sistem, hava aracının kanat ve kuyruk hücum kenarının buzlanmasını gidermekte kullanılan, operatör komutuyla ve/veya otomatik olarak aktif hale gelebilen bir sistemdir. Sistem, elektro-mekanik olarak sağlanacak hareket ile buzlanma giderilmesi prensibine dayanır; dağıtıcı ünite, sistem kablaj hattı ve hücum kenarı manşetlerinden oluşur. Ağırlık ve güç ihtiyaçları üreticilere ve hareketlendiricilerin takılacağı hücum kenarı manşetlerinin tasarımına bağlı olarak değişmektedir. Güç tüketimleri seçilen çevrim süresi ile değişmektedir.

Elektro-termal buz önleme sistemleri kanat ve kuyruk hücum kenarları, motor hava alıkları ve ekipman bazında algılayıcıların buzdan korunmasında kullanılabilir. Güç tüketiminin yüksek olması sebebiyle İHA'larda sadece algılayıcıların buzdan korunmasında kullanılmaktadır. Sistemin ağırlık gereksinimi düşük olmakla birlikte elektrik tüketimi oldukça yüksektir. Sistemin elektrik ihtiyacını karşılayabilmek için genellikle motora bağlanan akümülatörden dolayı ekstra ağırlık söz konusudur.

Uçuş sırasında buzlanmanın algılanabilmesi için meteorolojik bilgiler ve görsel belirtilere ek olarak buzlanma algılayıcıları kullanılmaktadır. Pek çok çeşit buzlanma algılayıcısı bulunmasına karşın günümüzde en çok kullanılan buzlanma algılayıcısı tipi, titreşimli algılayıcıya sahip detektörlerdir. Buzlanma durumunu algılayabilmek için, buz algılayıcısı belirli bir frekans değeri ile titreşir. Algılayıcının üzerinde buz oluştuğunda, biriken buz kütlesi titreşim frekansını düşürür. Buz Detektörü buzlanma durumunu algılayabilmek için hava akımı ile temas etmesi, algılayıcının sınır tabakanın dışında kalması gerekmektedir. Bu sebeple, yerleşimi çok kritik bir konudur. Yerleşim için sınır tabaka analizi ve bilgisayar destekli buz toplama analizi yapılmalıdır.

Buzdan koruma sistemlerinin doğrulanması laboratuvar, uçuş ve yer testleri ile analitik yöntemlerin kullanılması ile gerçekleştirilir. Sivil sertifikasyon otoriteleri, bu doğrulama yöntemlerinin uygun kombinasyonla kullanılmasını istemektedir. Bu amaçla kuru hava uçuş testleri, bilinen buzlanma koşullarında uçuş testleri, buzlanma tünel testleri ve tanker testleri düzenlenir. Bu testlerde, önden uçurulan test uçağı tarafından test edilecek yüzeylere aşırı derecede soğumuş su damlacıkları püskürtülmektedir. Bu testlerde sınırlı bir alanın testi gerçekleştirilebilir. Bu alan, bir takım algılayıcılar,

hava alıkları, hücum kenarları üzerindeki bölgesel alanlar olabilir.

Testlerin haricinde, bazı geçirilmiş bilgisayar kodları kullanılarak buzlanma analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerle, hava aracı yüzeyleri üzerindeki buzlanmanın limitleri, miktarı ve hızı gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, ikinci bir analiz ile oluşan buzlanmanın hava aracı aerodinamik performansına olan etkisi gözlemlenebilmektedir.

İHA Sistemlerinde Buzdan Koruma Sistemi çözümleri arasında en elverişli sistem olarak elektromanyetik çözümlü sistemler ortaya çıkmaktadır. Bu tür sistemlerde, sınırlı bir kimyasal kapasitesi söz konusu olmadığı için, özellikle uzun uçuş süresi ihtiyaçları karşılanabilmektedir. Türkiye'de bu tür sistemlerin tasarlanması orta vadede mümkün gözükmemektedir. Bu tür sistemlerde alınmış patentlerin yasal sıkıntılar yaratması ve lisans sözleşmelerinin gündeme gelmesi olasıdır.

Buzlanma tünellerinin Türkiye'nin test kabiliyetlerine eklenmesi, İHA Sistemleri geliştirme süreçlerinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Orta vadede geliştirmesi öngörülen özgün yurt içi sistemlerin test edilebilmesi için bu test altyapısının bugünden temelleri atılmalıdır.

#### 10.3.2.8 Çevresel Kontrol Sistemi

Sıcaklık kontrolü, İHA'lar için oldukça önemli bir tasarım parametresidir. Mevcut insanlı hava araçlarında kullanılan soğutma sistemleri ortalama 50W/m<sup>2</sup>'lik soğutma sağlarken otonom uçabilme kabiliyeti, insanlı uçaklara göre oldukça kısıtlı hacme sahip olmaları ve yoğun aviyonik cihaz yerleşimleri sebebiyle İHA'larda bu değerden çok daha fazla soğutma yükleri oluşmaktadır.

İnsanlı hava araçlarında çoğunlukla buhar çevrimli soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Bu tip sistemler ısıyı kaynağından alarak yakıtı veya hava alıklarından giren hava ile soğuyan ısı değiştiriciye aktarırlar ve basınçlandırmayı da sağlarlar. İHA'larda basınçlandırma gerekli olmadığı gibi bu sistemlerin ağırlık dezavantajı yaratması ve oldukça hacim kaplaması sebebiyle kullanımı tercih edilmemektedir.

Maliyeti ve karmaşıklığı azaltmak adına gelişmiş İHA'larda hava aracının yapısı bir nevi ısı alıcı ortam olarak kullanılabilir. Fakat bunun için ısı geçirgenliği yüksek olan metaller kullanılması gerekmektedir. Hava araçlarında sıklıkla kullanılan kompozit malzemeye oranla oldukça ağır olan metaller ağırlık dezavantajı oluşturmaktadırlar. İHA'larda ağırlık avantajı sağlaması bakımından ısı geçirgenliği düşük olan kompozit kullanımının artması hava aracı içinde biriken ısının dışarıya atımını güçleştirmektedir.

Sıcaklık kontrolünün sağlanmasının bir diğer yolu açığa çıkan ısıyı azaltmaktır. Bu da ancak daha verimli ve düşük güç çeken sistemler kullanmakla mümkündür. Düşük güç çeken sistemler genel olarak hava aracının elektrik gereksinimini azaltırken aktif bir soğutma sistemine olan gereksinimi de azaltacaktır.

Bir diğer çözüm endotermik bataryalar kullanmaktır.

Çalışmaları sırasında ortamdan ısı alacak tipte reaksiyon üreten bataryalar ile ilgili araştırma geliştirme çalışmalarının yapılması değerlendirilmelidir.

Enerji bütçesinin olabildiğince verimli kullanılmasını amaçlayan İHA'larda aviyonik ekipmanların seçimi büyük önem taşımaktadır. Çalışma sıcaklık aralığı geniş ve daha verimli ekipmanların seçimi çevresel kontrol sistemlerine olan ihtiyacı azaltacak ve böylece çoğu zaman pasif soğutma (fansız) yapılması yeterli olacaktır.

Dünyadaki İHA'ların geneline bakıldığında askeri ve ticari uçakların aviyonik bölümlerinde olduğu gibi tam anlamıyla iklimlendirme işlevini yerine getiren sistemlerin tercih edilmediği görülmektedir. Bu tarz karmaşık sistemler yerine cihazlara özel çözümler daha fazla tercih edilmektedir. Genellikle ihtiyaç anında (sıcaklık belli bir seviyenin üstüne çıktığında) çalışan termostatlı fanlar veya soğutmanın gerekli olduğu bölge yakınlarına açılacak NACA ve benzeri hava girişleri ile soğutma sağlanmaktadır. Bölmelerin gereğinden fazla soğumasını önlemek amacıyla hava girişlerinde kapakçıklı mekanizmalar da bulunabilmektedir. Bu kapakçıkların kontrolü Kontrol İstasyonlarından el ile veya bilgisayar yardımı ile otomatik olarak yapılabilir.

Çevresel kontrol sistemleri ile yurt içinde kullanılan teknolojiler dünyadaki teknolojiyi yakalamış durumdadır. Otomatik ve yerden kontrol edilebilen açılır/kapanır kapaklı ve fanlı soğutma sistemleri projeleri devam eden İHA Sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu aşamadan sonra enerji bütçesinin verimli kullanılması ile ilgili çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir. Bu sayede mevcut enerji geliştirilecek diğer sistemlere aktarılabilir.

#### 10.3.2.9 Rotor

Rotor sistemi, dikine iniş kalkış yapabilen hava araçlarındaki en önemli sistemlerden biridir. Güç aktarma sisteminden alınan gücün rotor başlığı aracılığı ile pallere iletilmesinde kullanılmaktadır. Bulunan mevcut altyapı ile pal boyutlandırma çalışmaları yapılabilmektedir. Detay tasarım, sönümleme analizi ve kinematik analiz konularında teknik destek ihtiyacı vardır.

Dikine iniş kalkış yapabilen hava araçlarındaki kaldırma kuvveti ve itme kuvveti rotor palleri ile sağlandığından, bu sistem helikopterin tüm performansını ve kabiliyetlerini belirleyen kısımdır ve en kritik teknolojilerden biridir.

Çeşitli tasarım ve analiz süreçlerinde ticari mühendislik araçlarını kullanarak, ihtiyaçlar doğrultusunda gerekli tasarım ve analiz araçlarını geliştirerek, tarihsel eğilimlerden de faydalanılarak bir tasarım prosedürü oluşturulabilmekte, bulunan mevcut altyapı ile pal boyutlandırma çalışmaları yapılabilmektedir. Ancak detay tasarım, sönümleme analizi ve kinematik analiz konularında kabiliyetler geliştirilmelidir.

Mevcut durumda yurt içinde, ihtiyaç duyulan kalitede/hassasiyette üretim yapan tesisler mevcuttur. Ancak yapılması gereken testler için uygun bir "döner kule"ye (Whirl Tower) ihtiyaç olacaktır.

### 10.3.2.10 Güç Aktarma Sistemi

Güç aktarma sistemi dikine iniş kalkış yapabilen hava araçlarındaki önemli sistemlerden biridir. Bu sistem motor ile rotor sistemi arasındaki bağlantıyı sağlamakta, motordan alınan gücün rotor sistemlerine iletilmesinde kullanılmaktadır.

Mevcut altyapı ile güç aktarma sistemi elemanlarının boyutlandırma çalışmaları yapılabilmektedir. Detay tasarım ve soğutma/yağlama analizleri konularında kabiliyetler geliştirilmelidir.

Güç aktarım elemanları ile konusunda ihtiyaç duyulan kalitede/hassasiyette üretim yapan tesisler yurt içinde mevcut değildir. Mevcut tesisler kullanılarak düşük ömürlü ve gürültülü detay parça üretilebilir. Alternatif olarak dişli üreten tesislerin makine parklarını geliştirmeleri sağlanabilir.

5.ABMK bünyesinde bulunan test düzeneklerinin güç aktarma sistemi testleri için kullanımı değerlendirilebilir. Ancak uyum problemi çıkması durumunda yeni test düzeneklerine ihtiyaç olacaktır.

### 10.3.3 Aviyonik Sistem

İHA Sistemlerinin merkezi kontrol fonksiyonunu yerine getirmekte olan aviyonik birimlerin özgün ürün yol haritasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu kapsamda her gün gelişen temel bilgisayar teknolojileri ve işlemci birimlerinin hızı özgün teknolojiler bazında hedeflenmesi önemli bir ölçüt olarak görülmektedir.

#### 10.3.3.1 Uçuş Kontrol Bilgisayar

İşlev olarak, araç yönetimini, görev ile ilgili verilerin görev sistemi ile yer arasında iletimini, uçuş kontrolünü yürüten, uçuşla ilgili ve sistem sağlığı ile ilgili tüm verileri derleyip değerlendiren, otomatik kararlar alan, otomatik kontrol prensiplerine dayalı olarak görev planına uygun olarak uçuşu sevk ve idare eden sistem Uçuş Kontrol Bilgisayar'dır (Merkezi Bilgisayar).

Merkezi bilgisayar, içerisinde algılayıcı yönetimi, arıza tespit/yalıtım/giderme yönetimi, acil durum yönetimi, seyrüsefer yönetimi, otopilot, uçak sistemleri yönetimi, eyleyici ve motor yönetimi içerir.

Türkiye'de donanım olarak prototip ya da ürünlerde kullanılan, işlemciye dayalı tümleşik devreler geliştirilebilmektedir. Ancak, gerçek zamanlı işletim sistemine sahip, böylelikle esnek yazılım çözümü sunan, yüksek güvenilirlikli bir donanım mevcut değildir.

Donanım gereksinimlerinin, arayüz gereksinimlerinin oluşturulması konusunda Türkiye'de deneyim ve gerçekleştirmeler mevcuttur.

Yazılım olarak her türlü işlevi yerine getirebilecek merkezi bilgisayar yazılımı geliştirme yeteneği Türkiye'de mevcuttur.

#### 10.3.3.2 Uçuş Kontrol Algılayıcıları

Açısal Durum Algılayıcıları'nın (dönü ölçer/gyroscope)

yurt dışından tedariki hem önemli mertebede uzun sürmekte, hem de lisans sorunları sebebiyle güçlükler yaşanabilmektedir. Bu bileşenlerin, tamir amacıyla imalatçıya gönderilip alınması dâhi ayrı lisanslama süreçleri gerektirmektedir. Özerk bir hava aracı için vazgeçilmez bir bileşen olan Açısal Durum Algılayıcıları, yüksek maliyetli ve uçuş için son derece kritik sistemlerdir. Bu konuda bilimsel, mühendislik ve üretim alanlarında milli kabiliyet oluşturulması son derece anlamlı ve önemlidir.

Bu bağlamda özgün algılayıcıların tasarlanması ve üretimi için iki aşamalı bir geliştirme sürecinin uygulamaya alınması önemlidir. Öncelikli olarak algılayıcının bir sistem olarak yurt dışından alımını sonlandırabilmek adına sistemi oluşturan bileşenlerin mümkün olduğunca yurt içi kaynaklardan temini ve/veya yurt içinde gerçekleştirilecek AR-GE projeleri ile özgün bileşenlerin tasarım ve üretimi hedeflenmelidir.

İkinci aşamada, yurt dışı bağımlılığı süren sistem bileşenlerinin yurt içi olanaklarla tasarım, işletim ve üretimi hedeflenmelidir. ABD'nin geliştirdiği küresel konumlama sistemine (GPS) olan bağımlılığın sonlandırılması için alternatif GLONASS ve GALILEO sistemlerinin kullanımı değerlendirilmelidir. Yerden koordinat düzeltme yeteneğinde sistemlerin kullanımı, bu farklı konumlandırma sistemlerine uyum sağlayabilecek algılayıcıların geliştirilmesi sürecinde eş zamanlı olarak çalışmalarına başlanması gereken bir teknoloji alanı olacaktır. Farklı küresel konumlandırma sistemleri ile uyumlu açısal durum algılayıcı sistemlerinin geliştirilmesi de hedeflenmelidir.

Bir diğer uçuş kontrol algılayıcı sistemleri ise dış akımla ilgili uçuş kontrol ya da uçuş emniyeti için gerekli hava özelliklerini algılayan "Hava Özellikleri Veri Sistemi"dir. Temel hava verileri şunlardır:

- 1) Hava hızı
- 2) İrtifa
- 3) Hücum açısı/Kayıp açısı
- 4) Dış Hava Sıcaklığı

Uçuş emniyeti açısından, uçuş verileri arasında en yüksek öneme sahip olanı hava hızıdır. Gelişen elektronik sistemler teknolojileri sayesinde, günümüzde basınç bilgisinden hız ve irtifayı kendi içinde hesaplayarak bunları sayısal veri yolu ile dışarıya sağlayan akıllı pitot-statik sondalar piyasada bulunmaktadır. Bu tür çözümlerde, klasik sistemlerde yapı içinde yer alan hava tüpleri nedeniyle oluşan gecikme ve basınç kaybı asgari seviyededir. Akıllı sondalar, içlerindeki basınç algılayıcılarının hassasiyeti ve kalibrasyonu ile birebir orantılı olarak yüksek hassasiyette basınç bilgisi üretebilir. Statik ve Dinamik basınç bilgisinden, sayısal işlem yoluyla irtifa ve hız bilgileri türetilir.

Hücum açısı ve kayıp açısı, uçuş kontrol döngüsünde kullanılabileceği gibi uçuş zarf koruma döngüsünde de kullanılabilir. Mekanik bir parçanın açısal konumunu ölçen bir potansiyometreden yararlanılır.

Dış hava sıcaklığı, uçak sistemlerinin yönetiminde,

yer kontrol istasyonunun bilgilendirilmesinde ve gerçek hava hızının hesabında kullanılır.

Tüm hava özellikleri veri sistemi unsurları dış akıma maruz kaldıklarından, buzdan koruma maksadıyla gerektiğinde kendini ısıtma kabiliyetine sahip olmaları gerekir.

Sinsilik, görünmezlik gerektiren platformlar için gömülü sistemler üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Bu gömülü algılayıcılar uçak yapısına bütünleşik çalışmaktadır. Böylece radar kesit alanı azalmakta, buzdanmanın olumsuz etkileri indirgenmektedir. Bu teknolojiler önemli miktarda uçuş testi (sistem tanımlama) gerektirmektedir. Platforma özel olmalarından dolayı, her bir platform için özel olarak tasarlanıp geliştirilmeleri gerekmektedir.

#### 10.3.3.3 Hareketlendiriciler

Elektromekanik hareketlendiriciler hava aracının kararlı uçuşu ve manevraları için önem taşımaktadır. Bu malzemelerin yurt dışından tedarikinde çok fazla sorunla karşılaşmamaktadır. Temelde, dişli redüksiyon mekanizması ve elektronik kontrol birimlerinden oluşan ve fazla karmaşık olmayan bu birleşen hassas üretim, verimli yataklama, hızlı cevap veren motor, dayanıklılık, güvenilirlik ve benzeri temel araştırma/teknoloji alanlarında yurt içi mevcut yetenek ve bilgi birikimi ile geliştirilebilir sistemlerdir.

#### 10.3.3.4 Uçuş Veri Kayıt Birimi

İHA Sistemlerinde hava aracının ağırlık, hacim ve güç bütçesinin sınırlı olması sebebiyle Uçuş Veri Kayıt Birimi görev isterlerine bağlı olarak platform kapsamında ayrı bir birim olabileceği gibi Görev Veri Kayıt Birimi ile birlikte tümleşik bir sistem de olabilir. Tümleşik bir merkezi veri kayıt biriminde aşağıda yer alan özelliklerin bulunması amaçlanır:

- Faydalı yük verileri (ses, resim, video vb.)
- Hava aracı uçuş verileri kaydı (flight data record)
- Endüstri/askeri standartta haberleşme arayüzleri üzerinden görev verisi ve yüksek hızlı algılayıcı verisi kaydı,
- Ayrık işaretlerin kaydı
- Endüstri/askeri standartta haberleşme arayüzleri üzerinden kontrolü (verinin istenen bölümüne ulaşım vb.)
- Güvenli silme ve sıfırlama
- Veri transfer birimi olarak da kullanılabilecek, kapasitesi artırılabilir Katı Hal Disk Taşınabilir Medya
- Askeri/sivil çevresel dayanıklılık standartlarına uyumluluk
- Elektromanyetik girişim/uyumluluk standartlarına uyumluluk
- "Kara Kutu" uygulamaları için, çarpışma ya da düşme durumlarında oluşabilecek yüksek mekanik şok ile yangın sırasında oluşacak yüksek sıcaklığa dayanıklı ve içindeki mevcut verinin korunduğu özel disk birimi

### 10.3.3.5 Haberleşme ve Tanımlama Sistemi

Hava Trafik Kontrol (ATC) kuleleri tarafından trafiği kontrol edilen hava sahasında gerek hava aracının konumunun gerekse de kimliğinin belirlenmesi amacıyla 1960'lardan beri tanımlama sistemleri (transponder) kullanılmaktadır. Hava trafiğindeki hızlı artışla birlikte aynı sahada uçan hava araçlarının daha düşük yatay ve dikey ayrımlarına sahip olmaları sonucunda, hava aracına ait ilave bilgilerin de transponderlar üzerinden Hava Trafik Kontrol unsurlarına yollanması ihtiyacı doğmuştur. Günümüzde standart Mod A ID bilgisinin yanı sıra hava aracı irtifa bilgisinin de yollandığı Mod C ve buna ek olarak (hava aracı kuyruk numarasını da içeren, her hava aracına özgü) kimlik numarasının yollandığı Mod S sistemleri ATC kontrol sahasında uçan her hava aracında standart ekipman olarak kullanılmaktadır.

Askeri alanda bu sistem, temelde dost/düşman teşhisi amaçlı kullanıldığı için Dost/Düşman Tanımlayıcı (Identification for Friend or Foe, IFF) Sistem olarak anılmaktadır.

Sivil ATC transponder veya askeri IFF sistemlerinde kullanılan tüm modlar STANAG 4193 ve ICAO Ek -10'da tanımlanmıştır.

İHA sayılarının son yıllarda giderek artması, bu araçların görev bölgesine giderken ATC kontrolünde bir bölgeden geçmeleri veya görevlerini tamamen bu kontrollü bölgede gerçekleştirmeleri sebebiyle izlenmeleri zorunlu hale gelmiştir. Askeri olarak savaş ortamında İHA'nın dost mu yoksa düşman mı olduğunun teşhisini sağlamanın yanı sıra eklenen yeni modlarla birlikte yedek bir veri linki kabiliyetinin de hava aracına kazandırılması söz konusudur. Ancak her zaman en üst mod en doğru seçim olmayıp bu ilave modları içeren transponder veya IFF sistemlerinin daha ağır olması ve performansına (süre, yükseklik vb) olumsuz etkileri sebebiyle İHA'ya uygun mod seçimi konusunda getiri-götürü çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

100 kg üzerinde faydalı yük kapasitesi ve 30000 ft civarında uçuş tavanı ile yeteneğindeki İHA Sistemleri ile 300 kg üzerinde faydalı yük kapasitesi

ve 30000 ft üzerinde uçuş tavanı yeteneğindeki İHA Sistemlerinin; gerek düşman zannedilip yanlışlıkla vurulma ihtimaline karşın pahalı olmaları gerekse kontrollü hava sahasında uzun süre kalmaları söz konusu olabileceğinden insanlı hava araçlarında kullanılan transponder veya IFF sistemlerini kullanmaları zorunludur.

5 – 100 kg faydalı yük kapasitesi ve 30000 ft altında uçuş tavanı yeteneğindeki İHA Sistemleri için henüz uyumlaştırılmış bir gereksinim bulunmamaktadır. Bu sistemler için kimi ülkeler transponder kullanımını zorunlu tutmaktadır, ancak diğer ülkeler görev/eğitim alanlarını geçici olarak NOTAM'layarak bu sistemlerin haricinde ilgili hava sahasını trafiğe kapatmaktadırlar. Bu sınıfta henüz askeri IFF gereksinimleri oturmamış durumdadır. Ayrıca insanlı askeri hava araçlarında kullanılan IFF sistemleri hem boyut/ağırlık açısından hem de yüksek fiyatları sebebiyle İHA Sistemleri için uygun olmamaktadır. Bu yeteneğindeki İHA Sistemleri için faydalı yük kapasitesine göre Mod S veya daha hafif olabilen C sivil ATC transponder kullanımı tercih edilmektedir.

3 kg'dan az faydalı yük kapasitesi ve 3000 ft altında uçuş tavanı yeteneğindeki İHA Sistemlerinde ise tanımlama sistemlerinin kullanılması öngörülmektedir.

Dost platformların yanlışlıkla vurulmasından kaynaklanan eksikliklerin en aza indirilmesi ve düşman unsurlarının yanıltma amaçlı kendisini dost platform olarak tanımlamasını önlemek amacıyla Dost/Düşman Tanımlayıcı Sistemler kritik bir konuma sahip olup, bu sistemlerin milli olarak geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda, bu cihazların yazılım/donanım tasarımı ve geliştirilmesi, üretimi, entegrasyonu, test ve depo seviyesi bakım onarım kabiliyetleri ile ilerde muhtelif platform veya hareket ihtiyaçlarına göre geliştirilmesi/uyumlandırılması, milli olarak sahip olunması gereken kritiklikte değerlendirilmektedir. Sistemin içerdiği teknolojiler, 1GHz frekans bandında çalışan radyo frekans devre tasarımı, yüksek seviyede darbe tepe gücü (500W) üretimi, dar darbe genişliğinde (0.45µsec) tasarım, çok yüksek hızla sinyal örnekleme ve işleme teknolojileri olarak listelenebilir.

İHA'nın taşıma kapasitesine ve bütçesine uygun transponder/IFF sistemi seçimi önem arz etmektedir. Ağır ve pahalı olan üst mod kabiliyetlerindeki IFF Sistemlerinin ancak büyük boyutlu İHA Sistemlerinde kullanımı söz konusu olabilecektir. Daha küçük İHA'larda ise ticari ATC transponder cihazlarının kullanımı öngörülmektedir. Mod 4 ve Mod 5 kabiliyetleri kriptoyla sağlanabilmektedir. Hava aracına ait bazı önemli ve gizli bilgilerin düşman eline geçmemesi ve dost/düşman tanımlamasının yüksek doğrulukta yapılmasının gerekli olduğu durumlarda bu modların milli kriptoyla kullanımı önem kazanmaktadır.

### 10.3.4 Hava Aracı Genel Tasarımı

#### 10.3.4.1 Hava Aracı Yapılandırma Tasarımı

Temelde hava aracı dış geometrisinin belirlenmesine yönelik bir süreç olup, Hava Aracı Genel Tasarımı altındaki diğer tüm tasarım ve analiz faaliyetlerinin derlenip en uygun tasarıma gidilmesini amaçlar.

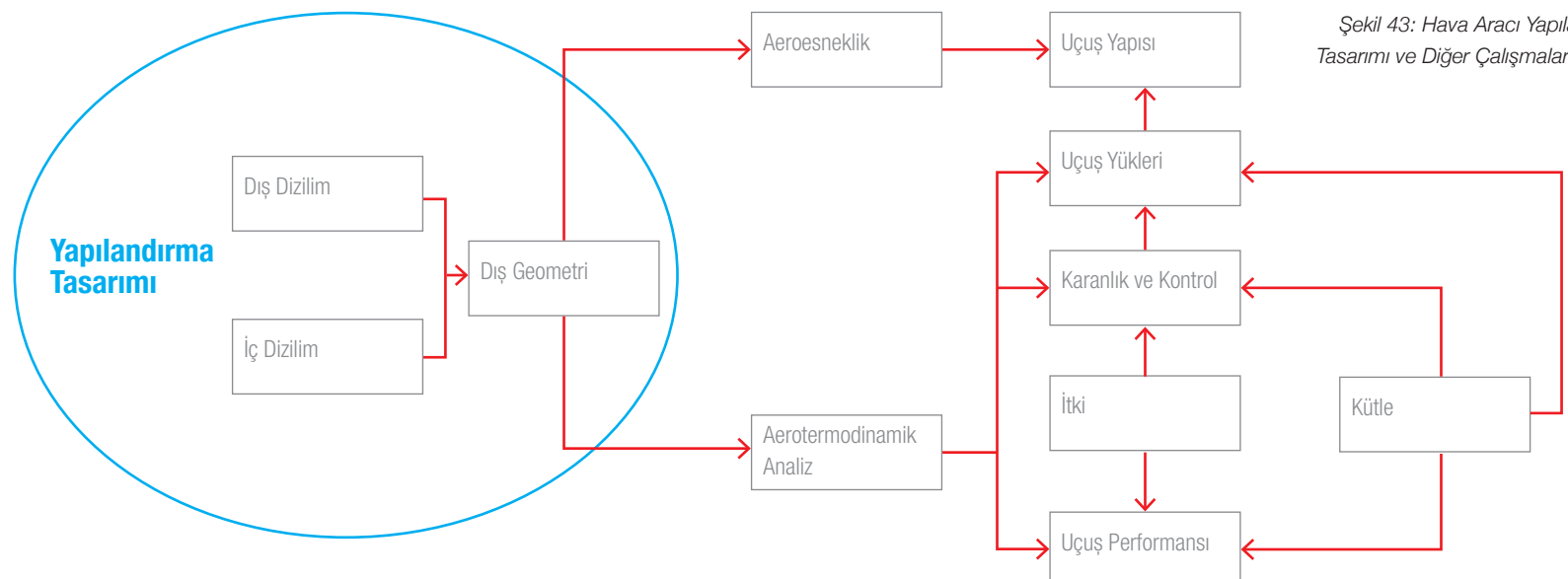
Yapılandırma tasarımı ve ilgili süreç Şekil 43 ile gösterilmiştir. Yapılandırma tasarımı, itki, kütle, iç ve dış dizilim gibi girdi verilerine son derece duyarlıdır. Başarılı bir tasarım, bu girdi verileri hakkında projenin başlangıcında yapılan varsayımların tutarlılığına ve gerçekleştirilmesine bağlıdır.

İtke – kütle – aerodinamik etkileşimine, hava aracı içi ve dış geometri ve yerleşim kısıtlarının etkisi de katılmaktadır. Tüm bunlar üst seviye gereksinimler ve birbirleri ile doğrudan bağlantılıdır.

Alışlageldik (conventional) yapılandırmalar için ses altı uçuş rejiminde uçan İHA'lar için Türkiye'nin tasarım, imalat, test kabiliyeti mevcuttur.

Harici yükler, yük ayrılması, yük bırakma konularında akademik çalışmalar mevcuttur. Deneye ve uçuşa dayalı deneyim ise kısıtlıdır.

Isıl, ses, radar görünürlüğü azaltılmış, sinsi (stealth), nitelikli hava araçları için yapılandırma tasarımı konusunda ise yürütülmüş bir proje olmadığı için kabiliyet kısıtlıdır.



Şekil 43: Hava Aracı Yapılandırma Tasarımı ve Diğer Çalışmalarla İlişkisi



Son yıllarda imalata (resme) dayalı üretimden tasarıma dayalı üretime geçiş aşamasında olan savunma sanayisinde ise firmaların bir takım kabiliyetleri vardır.

Tüm hız rejimlerinde (ses altı, ses arası, ses üstü ve ses ötesi) alışıldık ve alışılmadık (unconventional) yapılandırmalarda uçak yapılandırma tasarım kabiliyetinin kazanılması gerekmektedir. Alışıldık tasarımların yapılabilmesi gerekmektedir. Hesaplama araçları, rüzgâr tüneli ve diğer altyapıların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yere yakın uçuş için uçuş kontrolcüsü geliştirilmesi gerekmektedir (Bu işe özel yerden yükseklik algılayıcı gerektirir).

İtki sistemi tasarımı ve aero(termo)dinamik tasarım kabiliyeti gerekmektedir.

Sinsiilik (stealth), alışılmadık dış geometriler gerektirmektedir. Bu da kuyruksuz uçaklar, uçan gövdeler ve çarpık dış geometriler gibi tasarım kabiliyeti gerektirir.

Radara görünmezlik için elektromanyetik analiz/ tasarım kabiliyetleri kazanılmalıdır.

Çoklu kontrol yüzeyine sahip uçak tasarımı, yüksek hücum açısında uçuş, yüksek manevra kabiliyeti orta vadede geliştirilmesi öngörülen teknolojilerdir.

Ses üstü uçuş incelemeleri için ve yüksek hücum açısında uçuş kontrolcüsü çalışmaları için mevcut insanlı uçaklardan modifiye edilebilecek olanlar tadilat sonrasında kullanılabilir.

Kabiliyet kazanımı için uluslararası projelerde görev alınabilir. Avrupa ülkelerinin ya da başka girişimlerin yürüttüğü İHA projelerine ortak olarak katılmak risk azaltmak ve maliyetleri paylaşmak için değerlendirilebilir.

Kuyruksuz/ön kanatlı uçaklar ve yüksek manevra kabiliyeti için geliştirme platformları kullanılabilir. Bu platformlar, sanayi ve üniversitelerin ortak araştırma projelerine adanarak; tasarımı üniversite desteğinde sanayi tarafından gerçekleştirilir, doktora çalışmaları yürütülebilir.

### 10.3.4.2 Aerotermodinamik

Aerotermodinamik, havada hareket eden cisimlerin üzerine etkiyen kuvvetleri, ısı aktarımını da hesaba katarak inceleyen bilim dalıdır. Buzlanma koşullarındaki uçuşu incelemeye yarayan buzlanma analizleri de bu kapsamdadır.

Bu kabiliyet sayesinde hava aracı veya bileşenlerinin üzerinde uçuş sırasında oluşacak kuvvet, basınç ve ısı dağılımları belirlenir. Bu bilgi diğer iş paketlerine önemli bir kaynak oluşturur. Uçuş performansı, manevra performansı ve hava aracı yapısı üzerine gelen yükler (uçuş yükleri) belirlenebilir, hava aracının uçabilirliği (kararlılık ve kontrol) incelenebilir. Uçuş kontrolcüsü tasarımı için gereklidir.

İtki sisteminin hava aracına bütünleştirilmesi, aynı zamanda pek çok aerotermodinamik sorunu barındırmaktadır. Bu amaçla, motor hava alığının ve çıkışının tasarımı, motor bölmesindeki havalandırma sorununun çözülmesi, motor egzozunun yapıya zarar vermeyeceğini garantilemek için aerotermodinamik çözümlenmeler gerekmektedir.

Akademik alanda ses altı, ses geçiş, ses üstü ve ses ötesi (hipersonik) tüm uçuş rejimlerine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Üniversitelerde pek çok hesaplama araçları geliştirilmiştir. Ancak bunların sanayide kullanımı beklentileri karşılayacak düzeyde değildir. Bu hesap araçlarını ürünleştirme konusunda bir planlama bulunmadığı için, çalışmalar doktora çalışmaları ile başlamakta ve bitmektedir.

Ankara Rüzgâr Tüneli, ses altı (<100m/s hız) testler için kullanılabilir durumdadır. Bazı İHA çalışmalarında yararlanılmıştır. 2008-2010 yılları arasında yürütülen yenileme çalışmalarıyla tünelin çıktı kapasitesi (çalışma hızı) artırılmış, sistemleri geliştirilmiştir.

Ses altı hızlar için iç ve dış aerotermodinamik çözümlenme kabiliyeti sektörde mevcuttur. Yürüyen projelerle birlikte kabiliyet ve deneyim artmaktadır.

Yüksek ses altı (0.6M) uçuş hızları için havanın sıkıştırılabilirliği de devreye girmektedir. Akademiye ve sektörde bu konuda da çalışmalar mevcuttur.

### 10.3.4.3 Uçuş Performansı

Hava aracının hız, irtifa ve manevra kabiliyetini inceleyen uçuş performansı hesaplamaları yapılabilmesi için aerodinamik özellikler, itki ve ağırlık konuları kritiktir.

Ayrıca görev profili, uçuş kısıtları ve uçuş kontrolcüsü ile ilgili kısıtlar/gereksinimler uçuş performansı tahminlerini etkilemektedir.

Uçuş Performansı, uçağa yüklenmesi gereken yakıt miktarını doğrudan belirler.

Uçuş Performansı, aerodinamik özellikler, itki sistemi ve ağırlık bilgisinin güvenilirliği kadar güvenilir çözüm üretmektedir. Türkiye'de uçuş performansı kaynak verilerin doğruluğuna bağlı olmakla birlikte, yüksek doğrulukla incelenebilmektedir.

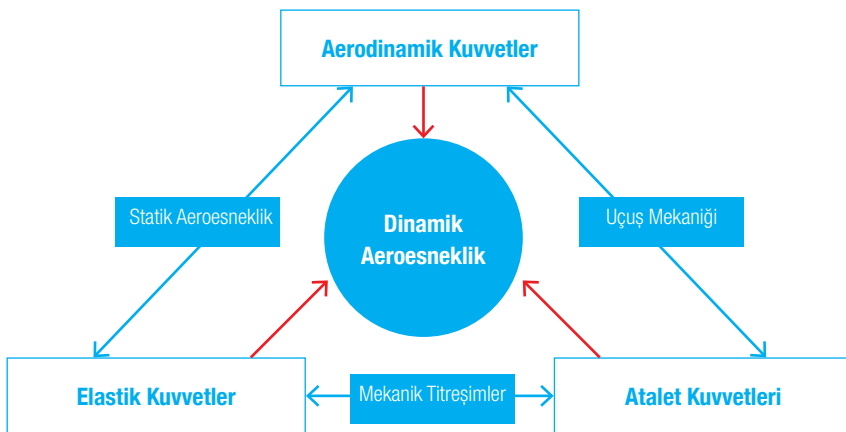
### 10.3.4.4 Uçuş Yükleri

Hava aracı yapısına gelen harici (aerodinamik) ve dâhili (atalet) yükleri hesaplayarak yapı tasarımını süren bir iş paketidir. Türkiye'de aerodinamik veritabanına bağımlı olmakla birlikte yüksek doğrulukla incelenebilmektedir.

### 10.3.4.5 Aeroservoelastisite

Aeroesneklik (aeroelastisite), aerodinamik kuvvetlerle yapının esnekliğinin etkileşimini bir arada inceleyen ve böylece yapının uçuş sırasındaki kararlılığını belirleyen bilim dalıdır. Statik (durağan) aeroesneklik, aerodinamik kuvvetlerin yapının esnemesi ile dengeye ulaştığı durağan koşulu inceler. Kanadın uçuşta alacağı şekil, kontrol yüzeyi etkinlikleri gibi önemli çıktılar vardır. Dinamik (devingen) aeroesneklik, aerodinamik kuvvetlerle yapının esnemesini zamana bağlı olarak inceleyerek, kararsızlık noktasını (çarpınma veya sarsım) belirler. Arzulanan uçuş rejiminde çarpınma sorunu yaşanıp yaşanmayacağını belirler, sorun varsa yapısal tasarımı yönlendirir.

Aeroservoelastisite, servoların yarattığı kuvvetlerin de hesaba katıldığı dinamik etkileşimi inceler.



Şekil 44: Kuvvetlerin Etkileşim Diyagramı



Şekil 45: Aeroservoelastisite Diyagramı

Özgün analiz araçları yalnızca akademik seviyede mevcuttur. Özgün aeroservesneklik çözümlerine hesap araçları ve bunlardan yararlanarak daha hafif yapısal tasarımlar kazanmak mümkündür.

Çeşitli AR-GE projeleri ile önemli tasarım kazançları elde edilebileceği literatürde yer almaktadır. Örneğin kompozit katman dizilimlerini aeroservesneklik açısından eniyilemek suretiyle daha hafif ve daha kolay kontrol edilebilir hava araçları mümkün olmaktadır.

#### 10.3.4.6 Aeroakustik

Aeroakustik, aerodinamik kuvvetlerin yüzeylerle olan temasından ya da türbülanslı akıştan kaynaklanan gürültüyü inceleyen bilim dalıdır. İHA'ların fark edilmesinin görevi olumsuz etkileyeceği düşünülürse, akustik performansının önemli bir performans parametresi olacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda aeroakustik tasarım yeteneğinin kazanılması önemlidir.

#### 10.3.4.7 Şekil Değiştiren Uçak Konseptleri

Şekil değiştiren uçak (morphing aircraft) kavramı, uçuş sırasında kanat plan şeklini (planform) ve alanını (planform area) verilen bir kumanda sonucunda belirgin olarak değiştirebilme yeteneğini ifade etmektedir. Şekil değiştirebilen uçak konseptlerine yönelik çalışmalar göreve uyumlu kanatlarda kambur ve burulma etkisinin çırpma ve kontrol yönünden analizi kapsamında akademik olarak yürütülmektedir.

Uçuş sırasında şekil değiştirme yeteneği, yakıt ekonomisini, çok rollü görev kabiliyetini ve görev performansını artırıcı bir etken olarak düşünülmektedir. Günümüzde mevcut sabit kanatlı uçaklar, görev profillerinin ya da uçuş zarflarının sadece bir evresi için en iyileştirilmiş olarak tasarlanmaktadır. Örneğin bir yolcu uçağının kanatları seyir performansı, bir av uçağının kanatları ise tırmanış ya da manevra performansını en iyileştirecek şekilde tasarlanmaktadır. Görev tanımı yüksek irtifada turlamayı (loiter) gerektiren bir uçağın kanat açıklığının fazla olması gerekirken, bu kanat şekli alçak irtifada yüksek süratli uçuş için uygun

değildir. Şekil 46'de bazı uçuş durumları için en uygun kanat şekillerini göstermektedir.

Her ne kadar şekil değiştirme yeteneğinin kesin bir tanımı yoksa da kanat açıklığının %200, kanat alanının %50 ve kanat ok açısının 20o değişmesi genel olarak kabul görmüş hedeflerdir. Alışlagelmiş kumanda yüzeylerine sahip olmayan uçaklar da şekil değiştirebilir olarak nitelenebilir. Şekil değiştiren uçaklar, kanat şekillerini uçuş profillerinin her evresi için en uygun biçime getirebilme potansiyeline sahiptirler. Böyle bir uçak hem yüksek irtifada uzun süre turlama yapıp hem de düşük irtifada keskin manevralar yapabilir. Dolayısıyla, normalde birden fazla tipte uçak gerektiren farklı görevleri yerine getirebilmek için tek tip uçak yeterli olabilir. Bu teknoloji aynı zamanda alışlagelmiş kumanda yüzeylerini de ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Bu sayede kumanda yüzeyleri ile ilgili ağırlık, mekanik karmaşıklık, aerodinamik gürültü ve aerodinamik sürükleme gibi etkiler de azaltılabilecektir.

Başarılı bir şekil değiştirebilen uçağın tasarımı, geliştirilmesi, üretilmesi ve test edilmesi ile ilgili teknolojik zorluklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Mekanizmalar; şekil değiştirmeyi mümkün kılan algılayıcı ve uyarıcılar.
- Esnek yüzeyler; şekil değiştirebilir yapıyı destekleyen malzemeler.
- Kumanda yaklaşımları; değişen uçuş şartlarının yanı sıra değişen geometriyi içeren uçuş mekaniği ve aerodinamik yaklaşımlar.

#### 10.3.4.7.1 Algılayıcı ve Uyarıcılar

Şekil değiştirebilir uçak uygulamalarında kullanılacak algılayıcı ve uyarıcılar ile ilgili beklenti ve ihtiyaçlar aşağıdaki gibidir:

- Değişen uçuş şartlarına adapte olabilecek, aktif kontrol edilebilecek; algılayıcılar, uyarıcılar ve pasif yapılardan oluşan hafif akıllı yapılar,
- Buna imkân verecek yeni tasarım felsefeleri, analitik araçlar ve test yöntemleri.

Bu beklenti ve ihtiyaçlar ile ilgili parametreler ise güç, hareket mertebesi, frekans, ağırlık ve hacim olarak sıralanabilir.

Bu beklenti ve ihtiyaçlarla ilgili alternatif çözümler ise elektromanyetik motorlar (yüksek güç yoğunluğu, büyük hacim), aktif malzemeler (küçük, düşük güç yoğunluğu) ve aktif malzeme motorlarıdır (yüksek güç yoğunluğu, yeteri kadar küçük olma potansiyeli).

#### 10.3.4.7.2 Şekil Değişimine Uyumlu Malzemeler

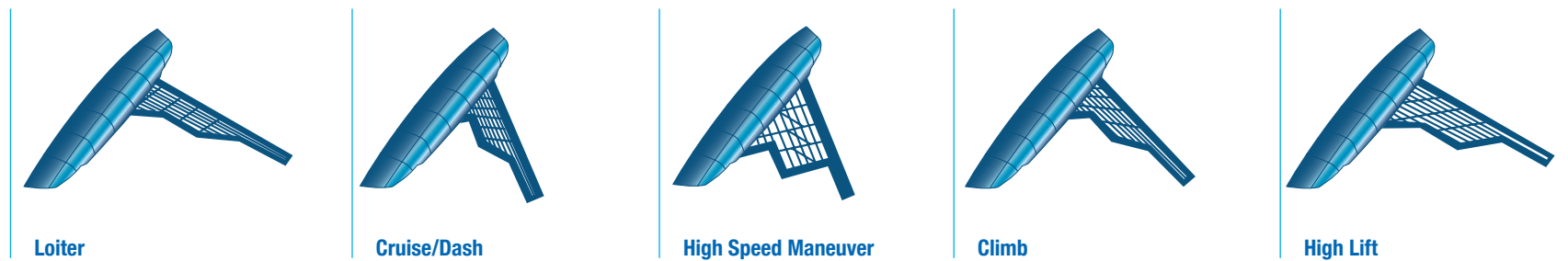
Öngörülen şekil değişikliklerine imkân tanınması açısından, kullanılacak malzemelerin yüksek geri kazanım, dayanıklılık, esneklik, esneklik ve çevre koşullarına dayanım gibi çeşitli özellikler taşımaları gerekmektedir. Böyle bir kullanım için alternatifler aşağıdaki gibidir:

- Elektroaktif polimerler,
- Şekil hafızalı alaşımlar,
- Şekil hafızalı polimerler,
- Nanokompozitler.

Elektroaktif polimerler, bir uyarıya karşı cevap verebilir ve ayarlanabilir özelliklere sahip oldukları için şekil değiştiren kanat uygulamaları için uygun malzemeler olarak kabul edilebilir. İletken polimerler, iyonik polimer-metal kompozitleri ve dielektrik elastomerler bu tür malzemelere örnek olarak verilebilir. Esas olarak elektroaktif polimerler, elektriksel enerjiyi mekanik enerjiye çevirebilme özelliğine sahiptir.

Şekil hafızalı polimerler, voltaj uygulamasına bağlı olarak şekil geri kazanımı sağlayabildikleri için elektroaktif bir malzeme olarak şekil değiştiren uçak uygulamalarında kullanılabilirler. Genel olarak elektriksel etki, polimer malzemede şekil değişikliğini gerçekleştirebilen bir uyarıcı olarak düşünülebilir.

Son yıllarda şekil değiştiren yapılar için kompozit malzeme kullanımı dikkat çekmektedir. Şekil hafızalı polimere iletken bir dolgu maddesi eklendiğinde şekil değiştiren kanatlarda kullanılmak üzere üstün özelliklere sahip kompozit malzemeler elde edilebilir.



Şekil 46: Uçuş Durumları İçin En Uygun Kanat Şekilleri [17]

### 10.3.4.7.3 Kumanda Yaklaşımları

Uçak tasarım sürecinin ilk safhası olan ağırlık ve boyutlandırma hesaplamalarında, benzer tipte uçakların özelliklerini kullanarak yıllar içinde bazı istatistiksel ve deneysel yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzün sabit kanatlı uçaklarının tasarımında bu yöntemlerden sıklıkla faydalanılır. Şekil değiştirebilen uçaklar için benzer uçaklardan oluşan bir veri tabanı olmadığından, böyle bir yöntemin kullanılmasına olanak yoktur. Bunun yerine, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bir yapay veritabanı oluşturulması ve ağırlık tahmini ile boyutlandırmanın ise bilinen yöntemlerle devam ettirilmesi önerilmektedir.

Şekil değiştirebilen bir uçağın aerodinamik analizi değişen uçuş şartlarının yanı sıra uçağın geometrisindeki değişimleri de dikkate almak durumundadır. Kaldı ki günümüzde uçakların tasarımı ve analizi için kullanılan yöntemlerin büyük bir çoğunluğu uçağı esnemez (rijit) kabul etmekte ve doğrusal yaklaşımı benimsemektedirler. Dolayısıyla, şekil değiştiren bir uçağın uçuş modelinin geometrideki değişimleri de hesaba katarak, doğrusal olmayan bir yöntemle geliştirilmesi gerekmektedir.

### 10.3.4.8 Plazma Teknolojisi

Gelecek vadeden teknolojilerden biri olan plazma teknolojisinin çok çeşitli alanlarda kullanımına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Bunlardan biri de hava araçlarının daha sessiz ve yüksek irtifada hızlarının artırılması amacıyla plazma kullanımınıdır. İHA'ların kanatlarına plazma uygulanmasıyla hızının 10 kat artırılmasının mümkün olduğu deneylerle ortaya konulmuştur. Bu amaçla, OAUGDP (One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma) plazma sistemi kullanılmaktadır. Plazma, İHA'nın kanadına uygulanarak İHA'nın dengeli uçuşu, türbülansın önlenmesi, hızın artırılması ve yüksek irtifada uçuşunun sağlanması hedeflenmektedir. Dünya'da plazma teknolojisi ile kontrol yüzeylerini yerine çevresindeki hava akışını değiştiren ve oynar parçaya gereksinim duymayan panellerin kullanımına yönelik çalışmalar da yürütülmektedir.

## 10.4 Görev Sistemleri

### 10.4.1 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri

Günümüz harekât ortamında, keşif, gözetleme ve komuta kontrol üstünlüğüne sahip tarafın, harbi kazanma olasılığının diğerine göre daha yüksek olacağı güçlü bir varsayımdır. Özellikle hava gücü unsurlarının sahip olduğu görev esnekliği ve dinamik yapı sayesinde, bu gücün doğru zamanda doğru hedefler üzerine yönlendirilmesi ile asgari güç unsuru kullanılarak harekâta istenen etkinin sağlanacağı değerlendirilir. Bu hedefe ulaşmak için düşmanın durumu ve niyeti konusunda gerçek zamanlı doğru bilgi sahibi olunması kritik bir istihbarat ihtiyacı olarak ortaya çıkmaktadır. Kısaca "gerçek zamanlı havadan yer gözetleme" olarak ifade edebileceğimiz bu ihtiyacın karşılanması için hava

platformlarına İGK Sistemlerinin entegre edilmesi ve bu sistemlerden sağlanan verilerin hızlı ve doğru şekilde kıymetlendirilerek ağ merkezli yetenek kapsamında kullanıcılara sunulmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir. Ağ Merkezli Yetenek, insana bağlı değerlendirmeleri en aza indirip, özel algoritma ve yazılımlar sayesinde "otomatik değerlendirme" olanağını sunması açısından da kritik bir yetenek olarak görülmektedir.

İGK görevine yönelik asli olarak Elektro-Optik (EO)/Kızıl Ötesi (KÖ) Sistemler geçmişten günümüze yaygın kullanım alanı bulmakla birlikte; özellikle kötü hava koşullarında görev etkinliğini artırmaya katkı sağlamak amacıyla Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) / Ters Sentetik Açıklıklı Radar (ISAR) ve GMTI Sistemlerinin de kullanım yaygınlığının arttığı görülmektedir.

#### 10.4.1.1 Elektro-Optik (EO)/Kızıl Ötesi (KÖ) Görüntüleme Sistemleri

Elektro-Optik (EO) ve Kızıl Ötesi (KÖ) görüntüleme sistemleri, İHA'ların temel algılayıcı birimlerindedir. Keşif, gözetleme, hedef tespit, teşhis, tanıma ve hedef koordinatlarının belirlenmesi, geniş alanların resimlerinin çekilerek istihbarat amaçlı kullanılması, acil durumlarda seyirüsefer destek amaçlı kullanım, hedefin lazer güdümlü mühimmatlar için uygun kodlar ile işaretlenmesi, hedeflerin farklı platformlar tarafından algılanması için lazer ile aydınlatılması gibi, üzerlerinde bulundukları birimlere bağlı olarak çok geniş ve değişik kullanım alanları bulunmaktadır.

EO sensörler, algılayabildikleri elektro-manyetik dalga boyutlarına (görünür bant, mor ötesi bant, yakın kızıl ötesi (Near IR - NIR), kısa dalga kızıl ötesi (Short Wavelength IR - SWIR), orta dalga kızıl ötesi (Medium Wavelength IR - MWIR), uzun dalga kızıl ötesi (Long Wavelength IR - LWIR), uzak dalga kızıl ötesi (Far IR - FIR) bant vb.) göre sınıflandırılabilirler. Farklı dalga boyları farklı atmosfer özelliklerine ve hedeflere göre kendilerine özgü avantaj ve dezavantajlara sahip olmakla birlikte, genel olarak tüm EO sistemler havadaki sis, yağmur, kar, aerosoller, hava kirliliği, is, çeşitli parçacıklar gibi hedef ile algılayıcı arasına giren etkenlerden olumsuz etkilenirler.

EO sensörler için bir diğer ölçüt de görüntü çözünürlüğüdür. Yüksek çözünürlük, bir hedefin daha uzaktan teşhis edebilmesini ya da aynı uzaklıktaki hedeflere ilişkin daha fazla detay elde edilebilmesini beraberinde getirdiğinden, istenilen temel özelliklerdendir.

Hava aracında bulunan bir görüntüleme sisteminin, görev sırasında hava aracından gelebilecek açısız titreşimlerden etkilenmemesi, yani hassas stabilizasyon özelliğine sahip olması yüksek performanslı EO sistemleri için gerekli şartlardan biridir. Stabilizasyon elektro-mekanik olarak yapılabileceği gibi opto-mekanik olarak da yapılabilir. Elektro-mekanik stabilizasyon açısından dış ortamdan gelen sürtünme, hava akış yükleri, hava akışı kaynaklı titreşimler önem taşımaktadır. Yüksek performanslı sistemler genellikle iç içe eksenlerden oluşan gimbal yapıları kullanırlar. Böylece, dış eksenler sürtünme, hava yükleri, akış kaynaklı

titreşimlere karşı koyarken, iç eksenler algılayıcılar için hassas stabilizasyonu sağlar. Gimbal yapısı sayesinde belli bir açıda sabit gözlem yapabileceği gibi bakış yönünün değiştirilmesine izin verilerek farklı alanların gözlemlenmesine olanak sağlar. Sabit bakış yönü özellikle yüksek irtifa ve/veya düşük hızlı görevlerde; gözetleme, hasar tespit, harita bilgisi çıkarma, bölge izleme, v.b. görevlerde kullanışlı bulunurken; hedef belirleme, teşhis, takip, v.b. görevler için bakış yönünün değiştirilebilir olması gerekmektedir. Gimbal yapıları, özellikle İHA'lar dikkate alındığında olabildiğince hafif olacak şekilde ve aynı zamanda platform şartlarına dayanabilecek şekilde dayanıklı olarak tasarlanması istenmektedir. Gimbal tasarımında platformun aerodinamik yapısına uyum, boyut, ağırlık ve güç harcaması sınırlamaları esas alınmalıdır.

Türkiye'de hem sabit bakış yönlü hem de gimbal yapısına sahip sistemler kullanılmakta olup, bu sistemlerde bulunan algılayıcılar görünür bantta ve KÖ bantta çeşitlilik göstermektedir. Yerli sanayi, bu sistemler içinde kritik önem teşkil eden Orta ve Uzun KÖ kameralar ve lazer birimlerini tasarlama ve üretme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda, görünür bantta çalışan kameraların tasarımları da yapılabilmektedir.

Yüksek performanslı sistemler için gimbal tasarımı birçok disiplinin bir arada uyumlu çalışması ile geliştirilebilmektedir. Bunlar, mekanik, kontrol, yapısal ve aerodinamik tasarım disiplinleridir. Türkiye'de yüksek performanslı sistemler için gimbal tasarımı ve üretimi yapılmaktadır.

#### 10.4.1.2 Radar Sistemleri

Radar Sistemleri (SAR/ISAR/GMTI), İGK görevine sahip İHA Sisteminin temel görev sistemlerindedir.

EO/KÖ Sistemlere göre çok daha zorlu hava koşullarında ve gece-gündüz görüntüleme imkânı ve yüksek çözünürlük değerlerine erişebilme yeteneği sağlaması, Radar Sistemleri'nin hem askeri hem sivil alanda yaygın kullanım bulmasının temel nedenlerindedir.

Radar Sistemleri'nde görüntü oluşturmak amacıyla iyi bir yanca çözünürlüğü elde etmek gerekir. Bunun içinde dar bir anten huzmesine ihtiyaç vardır. Fiziksel olarak küçük bir antenle dar bir huzme oluşturabilmek için büyük bir anten açıklığı sentezlenir. Bu yöntemle görüntü oluşturan Radar Sistemleri, Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) olarak isimlendirilmektedir.

Sentetik Açıklıklı Radar Sistemleri'nde, görüntüsü alınacak alanın büyüklüğü ve ihtiyaç duyulan görüntü çözünürlük seviyesine bağlı olarak farklı görüntüleme modları yer almakta; bölgesel görüntü oluşturmaya yönelik şerit harita (stripmap) modu ve dar bir bölgede yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturmaya yönelik nokta aydınlatma (spotlight) modu yaygınlıkla kullanılmaktadır.

Bununla birlikte İGK görevine sahip İHA Sistemleri için özellikle deniz hedeflerinin görüntülenmesi ile deniz hedef tespiti veya karada hareketli hedeflerin tespit ve takibi önemli bir yetenek olarak öne çıkmaktadır.

Bu amaçla, deniz hedefleri için ISAR ve kara hedefleri için GMTI fonksiyonları kullanılmakta olup, günümüz SAR sistemi donanımları kullanılarak göreve özel sinyal işleme algoritmaları ile SAR sistemleri tarafından ISAR ve GMTI yetenekleri de sağlanmaktadır. İHA Sistemlerinde boyut, ağırlık ve güç harcaması kısıtları göz önüne alındığında, SAR, ISAR ve GMTI yeteneklerinin aynı görev sistemi tarafından sağlanmasının büyük avantaj oluşturacağı göz önünde bulundurulmalı, bu amaca yönelik SAR, ISAR ve GMTI sinyal işleme algoritma ve yazılımları milli olarak geliştirilmelidir. Ayrıca birden fazla modun eş zamanlı olarak çalıştırılmasının getireceği etkiler operasyonel seviyede değerlendirilmelidir.

ISAR yeteneğine sahip olan modern sistemlerde ISAR görüntüsü oluşturma ve görüntüden hedef tanıma işlemleri hem platform üstünde hem de yerde işleme adımları içermektedir. Sadece platform üzerinde yapılan sinyal işleme ile ISAR görüntüsü oluşturmak mümkün olmakla birlikte, toplanan verinin yerde operatör etkileşimi ile işlenip ISAR görüntüsü oluşturulması da mümkündür. Platform üzerinde toplanan veriye ön işleme adımlarının uygulanmasından sonra veri linki ile yere indirilmesi ve yerde operatör girdileri de kullanılarak ve işleme kapasitesi kısıtlarından bağımsız şekilde ISAR görüntüsü elde edilebilmektedir. Bu şekilde oluşturulan ISAR görüntülerinin daha yüksek kalite sağlanması durumunda hedef tanıma işleminde daha yüksek başarımlar elde edilebilecektir.

İHA'larda platformun faydalı yük taşıma kapasitesi ve güç bütçesinin kısıtlı olması sebebiyle platform üzerinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilen işleme adımları sınırlı olabilmektedir. SAR sensörü çıktısı olan SAR görüntülerinin ve ham SAR verilerinin platform üzerindeki veri kayıt cihazına kaydedilerek veya veri linki üzerinden yer istasyonuna indirilmesi ile, yer istasyonunda bu veriler üzerinde çevrimdışı olarak art işleme adımları uygulanabilmektedir. Çoklu-bakış, otomatik odaklama ve süper çözünürlük algoritmaları ile yapılacak art işleme adımlarından sonra daha yüksek çözünürlüklü ve daha kaliteli SAR görüntüleri elde edilebilecektir.

Yürütülmekte olan bir geliştirme projesinde, nokta aydınlatma (spotlight) modu ve şerit harita (stripmap) modlarında SAR görüntüsü oluşturulacak, hareketli yer hedeflerini tespiti yönelik GMTI modu bulunacak, ayrıca bu sisteme denizdeki tekne ve gemilerin tespit edilebilmesi için gerekli ISAR görüntüsünü çıkaracak şekilde bir ISAR modu eklenecektir. Bu amaçla mevcut donanım altyapısı kullanılarak, ISAR algoritması ve ISAR modu yazılımı geliştirilecektir. Deniz hedeflerine yönelik çalışabilmesi amacıyla deniz arama modu eklenerek bu modun aynı zamanda ISAR moduna hedef konum girdisi oluşturması hedeflenmektedir. Deniz arama modları, optimize edilerek, uzak ve yakın mesafede, farklı boyutlardaki hedeflerin tespit edilmesi için kullanılabilir.

ISAR modu ile elde edilen görüntülerin yardımıyla deniz hedeflerinin sınıflandırılması sağlanabilir. ISAR modu ile hareketli ya da sabit deniz hedeflerinin 2 boyutlu gerçek zamanlı görüntüsü oluşturulur. Görüntünün şekline göre ve hedef üzerinde bulunan

direk ve kulelerden yararlanılarak hedef sınıflandırması operatör tarafından yapılabilir. Sınıflandırma araçları yardımıyla, operatöre hedefle ilgili parametrik veri sağlanarak hızlı şekilde sınıflandırma yapılması sağlanabilir. Ayrıca tespit edilen hedeflerin OTS verisi radar verisi ile operatöre sunulabilirse, bilinen hedefler otomatik olarak operatöre gösterileceği için, operatörün iş yükü azaltılmış olur. Bu durumda bilinmeyen hedeflerin tespit ve teşhisi için daha fazla zaman ayrılabilir.

#### 10.4.2 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri

Elektromanyetik spektrumun düşman tarafından etkin kullanımını engellemek veya asgariye indirmek amacıyla elektronik harp sistemlerinin kullanımı asli unsurlardan biridir. Kullanılacak elektronik harp sistemleri; tehdide, harekâta ve göreve göre değişiklik göstermekle birlikte, düşmanın radar ve haberleşme yayın unsurlarının tespit edilerek elektronik taarruz (karıştırma veya aldatma) uygulanması temel amaçtır.

Bu amaçla, İHA Sistemlerinde düşman radar yayınlarına yönelik Radar Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri ile RF Sahte Hedef Sistemlerinin kullanımı ve düşman haberleşme yayınlarına yönelik Haberleşme ED ve Haberleşme ET Sistemlerinin kullanımı, karadan veya denizden bu görevlerin yerine getirilmesine kıyasla avantajlara sahiptir. Tespit edilmesi ve elektronik taarruz uygulanması istenen hedef radar veya haberleşme yayınları, kara-kara ortamında göreceli yüksek yayılım kayıplarına ve yeryüzü şekillerinin getirdiği bazı gizlenme avantajlarına sahiptir. İHA Sistemleri; hava platformlarının sahip olduğu uzun görüş hattı mesafeleri (Line of Sight - LOS), insanlı hava platformlarından farklı olarak tehdit bölgesinin içine girebilmeleri ve görsel, akustik ve RF iz olarak nispeten düşük seviyede izlere sahip olmaları nedenleriyle düşman hava savunma sistemlerinin bastırılması görevinde etkin olarak rol alabilmektedirler.

Benzer avantajları nedeniyle İHA Sistemleri, radar yayınlarına yönelik Elektronik İstihbarat (Electronic Intelligence - ELINT) ve haberleşme yayınlarına yönelik Haberleşme İstihbarat (Communications Intelligence - COMINT) görevleri kapsamında da kullanılmaktadır.

ED/ET Sistemlerinin kontrolü ve toplanan verilerin aktarımı iki farklı şekilde mümkün olabilmektedir:

i. Veri linki aracılığıyla Kontrol İstasyonu üzerinden kontrol: Radar ED/ET ve Haberleşme ED/ET sistemleri harekât süresince Kontrol İstasyonu'nda yerleşik faydalı yük operatörü tarafından kontrol edilir ve toplanan veriler yere "gerçek zamana yakın" bir şekilde aktarılır.

ii. Otonom kullanım: Harekât gereği veri linki haberleşmesi yapılması istenmeyen durumlarda, görev sistemleri daha önceden yüklenmiş görev profiline uygun olarak (Görev Veri Dosyası (GVD) üzerinden), "otonom" bir şekilde çalışırlar.

İHA platformlarının havada kalma süresi boyunca

olası görev değişikliklerine cevap verebilecek şekilde veri linki üzerinden Görev Veri Dosyasının güncellenebilmesi ve Kontrol İstasyonundan kullanım ile otonom kullanım modları arasında geçiş yapılabilmesi tercih edilen özelliklerdendir.

ED/ET Sistemleri, görüntü aktarlan görev sistemleri ile karşılaştırıldıklarında, veri aktarımı açısından oldukça düşük gereksinimlere sahiptir. Ancak, çoklu faydalı yük kullanımı gereken görevlerde (örneğin ED/ET sistemleri ile birlikte EO/KÖ kamera veya SAR kullanımı), veri linki kapasitesi dikkatle ele alınmalıdır.

Ayrıca, görev sırasında toplanan verilerin daha sonradan analiz destek merkezlerinde değerlendirilmesi (off-line analiz) ve otonom kullanım modu gereğinin sağlanabilmesi için İHA üzerinde yeterli kapasitede kayıt altyapısının bulunması da gerekmektedir.

##### 10.4.2.1 Radar ED/ET Sistemi

Radar ED/ET Sistemlerinin asli görevi, düşman hava savunma sistemlerinin bastırılması ve elektronik taarruz uygulanmasıdır. Bununla birlikte, detay parametre ölçüm ve kayıt yeteneğine sahip olan Radar ED Sistemleri ile özellikle barış zamanında, Elektronik İstihbarat (ELINT) görevlerinin de gerçekleştirilmesinin mümkün olduğu değerlendirilmektedir.

Radar ED Sistemi; ortamda bulunan radarları algılama, çalışma modlarını bulma, parametrelerini ölçme ve yönleri/yerlerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Radar ET Sistemi'nin görevi ise; Radar ED Sistemi tarafından algılanarak parametreleri ölçülen ya da daha önceden parametreleri bilinen hedef radarların etkisiz hale getirilmesi amacıyla bu radarlara karşı elektronik taarruz (karıştırma ve aldatma) uygulanmasıdır.

Radar ED Sisteminin öncelikli görevi, daha önceden belirlenmiş (Görev Veri Dosyası'na yüklenmiş) hedef radarların ortamda varlığının tespit edilmesi ve bu anlamda Radar ET Sistemi'ne destek sağlanması olduğundan, bu sistemin ortamdaki tüm radar sinyallerini algılama gereği bulunmamaktadır. Dolayısı ile hedef radar sinyallerini mümkün olduğunca kısa bir sürede bulacak şekilde kısa tepki sürelerine sahip olmalıdır.

Tipik bir İHA Radar ED Sistemi temel bileşenleri anten, RF ön devreler ve almaç/işlemcidir. Tipik bir İHA Radar ET Sistemi temel bileşenleri ise anten, RF ön devreler, güç yükselteç ve almaç teknik üretilir. Radar ED/ET Sistemi temel alt sistemlerine yönelik teknolojik eğilimler ve gerekler aşağıda tanımlanmıştır:

- Anten
  - Hareketli platformlarda kullanılan ve yüksek kazançlı, dolayısıyla dar huzme genişliklerine sahip antenlerin yer aldığı görev sistemleri için anten yönlendirme hızları önem taşımaktadır. Bu tip uygulamalarda, huzmenin elektronik olarak hızlı bir şekilde yönlendirilmesine olanak tanıyan faz dizili anten yapılarının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Özellikle, açışal hedef radarlara karşı zamanda sıralı

olarak elektronik taarruz uygulanması gereken durumlarda faz dizili antenlerin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak, faz dizili anten çözümlerinin İHA'lara uygulanması ile ilgili olarak boyut, ağırlık ve güç gereksinimi sınırlamalarının belirleyici olduğu unutulmamalıdır.

- Yapısal (konformal) anten sistemlerinin geliştirilmesi ile hem platform aerodinamik yapısı ile uyum sağlanması hem de görev sistemi ağırlığının mümkün olduğunca azaltılması hedeflenmelidir. Bu amaçla İHA platformlarına özel yapısal anten tasarımına yönelik Ar-Ge çalışmalarının başlatılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

- RF Ön Devreler

- İHA platformlarındaki ağırlık ve boyut kısıtlamaları nedeni ile klasik RF bileşenlerine kıyasla daha küçük ve hafif olan mikrodalga modüllerin kullanılması önem arz etmektedir.

- Almaç birimleri açısından temel performans parametreleri arasında yer alan duyarlılık seviyesinin iyileştirilmesine yönelik, düşük gürültülü RF Ön Devrelerin geliştirilmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.

- Güç Yükselteç

- Radar ET Sistemlerinde, tüplü (Travelling Wave Tube Amplifier – TWTA) ve katı halli (solid state) olmak üzere iki farklı güç yükselteç birimi kullanılmaktadır. Büyük boyutlu ve ağır tüplü yapılar, katı halli yapılara kıyasla daha yüksek çıkış gücüne sahip olduğundan uzun mesafeden elektronik taarruz görevlerinde tercih edilebilmektedir. Hedef radarlara yakın tehdit bölgesi içinde uçulduğu durumlarda ise, yüksek çıkış gücü gereksinimi bulunmadığından, güç yükselteç birimi olarak hafif ve küçük katı halli güç yükselteç yapıları kullanılmaktadır. Tüplü güç yükselteç yapılarına göre güvenilirliği yüksek, daha az bakım gereksinimi olan, daha az güç tüketen ve daha küçük boyutlardaki katı halli güç yükselteç yapılarının önümüzdeki yıllarda da yaygın olarak

kullanılması beklenmektedir.

- Almaç/İşlemci/Almaç Teknik Üreteç

- Radar ED/ET Sistemi hedef tespit olasılığını belirleyen temel performans parametreleri duyarlılık seviyesi ile almaç bant genişliğidir. Analog almaçlara kıyasla daha yüksek duyarlılık değerine sahip olan geniş bantlı ve kanallayıcı yapıdaki sayısal almaçların kullanımı hedef tespit olasılığını artırmaktadır. Ayrıca, Radar ED/ET Sisteminin, harekât ortamında karşılaşılabilecek belirsizlik (ambiguity) durumlarını çözebilecek düzeyde hassas parametre ölçme kabiliyetine sahip olması ve İHA platformlarından kaynaklanan ağırlık ve boyut kısıtlamaları nedeniyle sayısal almaç ve teknik üreteç birimleri küçültülürken yeteneklerinde mümkün olduğunca kayıp olmaması hedeflenmelidir.

- Elektronik taarruz uygulanacak hedef radarları aldatmaya yönelik olarak Teknik Üreteç Birimi ile entegre Sayısal RF Hafıza birimlerinin (Digital RF Memory - DRFM) kullanımı, evre uyumlu aldatma tekniklerinin üretilebilmesi açısından kritik görülmektedir.

- İşlemci teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak çok çekirdekli işlemci kartlarının tasarlanması ve işlemciler arasındaki veri arayüzlerinin hızlandırılması hedeflenmelidir.

- Algoritma ve Yazılım Tasarımı

- Radar ED/ET sistemlerinin görevlerini yüksek performans ile gerçekleştirebilmesi bu sistemler tarafından göreve özel algoritmaların kullanılması ile mümkündür. Aşağıda belirtilen algoritmaların tamamen milli olarak geliştirilmesi, ulusal güvenlik açısından olduğu kadar, yeni ihtiyaçlara hızlı çözümler bulunabilmesi açısından da kritik görülmektedir.

- Hedef Tespit, Teşhis Algoritmaları
- Hedef Yön Bulma Algoritmaları
- Hedef Yer Belirleme Algoritmaları

- Belirsizlik Analizi ve Belirsizlik Çözme Algoritmaları

- Elektronik Taarruz (Aldatma ve Karıştırma) Algoritmaları

- Kaynak Yönetimi ve Paylaşımı Algoritmaları

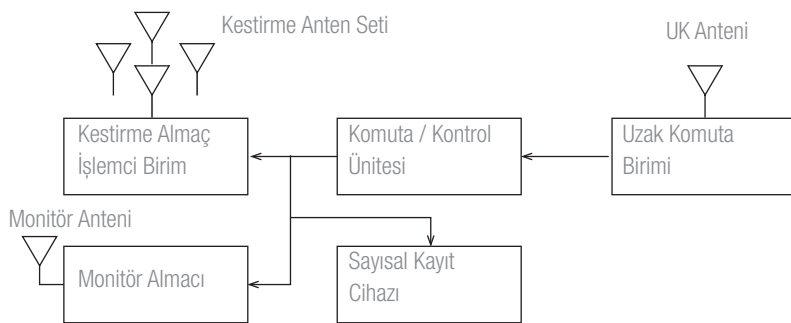
- Donanım teknolojilerinin gelişmelerine paralel olarak çok çekirdekli işlemciler üzerinde koşacak yazılım ve algoritmalar geliştirilmelidir. Yeni nesil çok çekirdekli işlemci yapıları için tasarlanan yazılım ve algoritmaların, paralel çalışmaya uygun olması sistem kaynaklarından yüksek verim alınmasını sağlayacaktır.

#### 10.4.2.2 Haberleşme ED/ET Sistemi

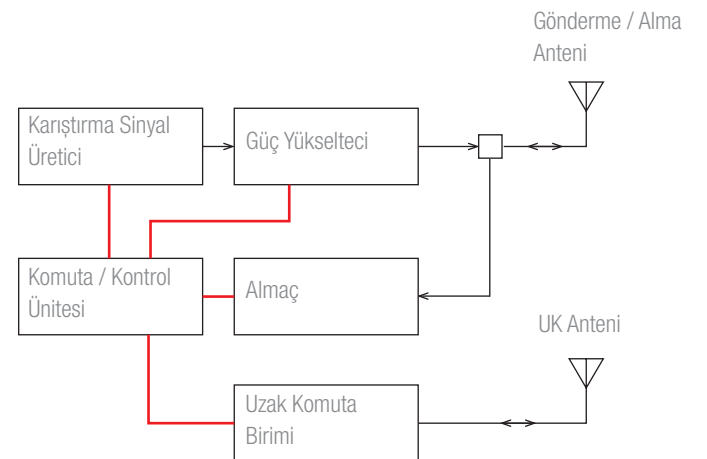
Haberleşme ED/ET Sistemlerinin asli görevi, düşman haberleşme sinyallerinin tespit edilmesi ve elektronik taarruz uygulanarak, belli süreler için kullanılmaz hale getirilmesidir. Bununla birlikte, detay parametre ölçüm ve kayıt yeteneğine sahip olan Haberleşme ED Sistemleri ile özellikle barış zamanında, haberleşme sinyallerinin istihbarat (Communications Intelligence – COMINT) görevinin de yerine getirilebileceği değerlendirilmektedir.

Haberleşme ED Sistemi temelde yayın tespiti, yön bulma/yer belirleme ve kayıt işlevlerini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Haberleşme ET Sistemi ise, bir göndermeç ve hedef alıcı birim arasında kurulması muhtemel haberleşmeyi kesmek, engellemek veya geciktirmek amacıyla görev yapmaktadır. Taktik sahada haberleşme cihazlarına elektronik taarruz uygulanması, düşmanın koordinasyon yeteneklerini engellemesi ya da önemli oranda kısıtlaması sebebi ile elektronik harbin önemli bir unsurunu oluşturmaktadır.

Tipik bir İHA Haberleşme ED Sistemi temel bileşenleri Şekil 47’de, Haberleşme ET Sistemi temel bileşenleri ise Şekil 48’de verilmiştir.



Şekil 47: İHA Haberleşme ED Sistemi Temel Bileşenleri



Şekil 48: İHA Haberleşme ET Sistemi Temel Bileşenleri

Haberleşme ED/ET Sistemi temel alt sistemlerine yönelik teknolojik eğilimler ve gerekler aşağıda tanımlanmıştır:

- Anten
  - Antenler, genelde hazır olarak temin edilebilen ürünler olmasına karşın, uygulamaya özel anten geliştirebilmek amacıyla uygun altyapının oluşturulması gereklidir. Haberleşme ED/ET Sistemi kapsamında özellikle kestirme anten setinin, diğer antenlere kıyasla, sistem performansı açısından kritik önem arz eden alt sistem olduğu değerlendirilmektedir.
- Almaç
  - Haberleşme ED Sistemi performansı temelde almaç tarama hızı ve almaç duyarlılık seviyeleri ile belirlenmekte olup; yüksek tarama hızı ve duyarlılığa sahip sayısal almaç yapısı ve yüksek hızlı işlemci birimi, işlemci üzerinde koşan hedef tespit ve ayrıştırma algoritmalarının milli olarak geliştirilmesi önem arz etmektedir. Monitör Almaç ve Sayısal Kayıt Cihazı kritik teknolojiler kapsamında değerlendirilmekte olup, çeşitli kaynaklardan hazır olarak temin edilmesi mümkün görülmektedir.
  - Haberleşme ET Sistemi kapsamında elektronik taarruz faaliyeti ve geniş bant almaç için kritik olan hızlı sentezör yapısının yurt içinde geliştirilmesinin uygun olduğu değerlendirilmektedir.
- Elektronik Taarruz Sinyali Üretici
  - FPGA kontrollü ve DDS tabanlı hızlı işaret üreticinin milli olarak geliştirilmesinin gerekli olduğu değerlendirilmektedir.
- Güç Yükseltici
  - Yüksek verimliğe sahip, geniş bant çalışabilen

güç yükselteç yapılarının milli olarak geliştirilmesi önem arz etmektedir.

- Algoritma ve Yazılım Tasarımı
  - Haberleşme ED/ET Sistemlerinin görevlerini yüksek performans ile gerçekleştirebilmesi bu sistemler tarafından göreve özel algoritmaların kullanılması ile mümkündür. Aşağıda belirtilen algoritmaların tamamen milli olarak geliştirilmesi, ulusal güvenlik açısından olduğu kadar, yeni ihtiyaçlara hızlı çözümler bulunabilmesi açısından da kritik görülmektedir.
  - Hedef Tespit, Teşhis Algoritmaları
  - Hedef Yön Bulma Algoritmaları
  - Hedef Yer Belirleme Algoritmaları
  - Frekans Atlamalı ve DSSS Yayınların Karıştırılması Dâhil Elektronik Taarruz Algoritmaları
  - Kaynak Yönetimi ve Paylaşımı Algoritmaları

### 10.4.3 Sinyal İstihbaratı

#### 10.4.3.1 Elektronik İstihbarat

Radar ED Sistemleri, Radar ET Sistemleri ile beraber kullanılmasının yanısıra elektronik istihbarat görevi kapsamında tek başlarına da kullanılabilirler. Teknolojik altyapı olarak Radar ED ve ELINT sistemleri büyük farklılık göstermemekle birlikte, sistem işletme senaryolarının farklılığı, off-line analiz amaçlı kayıt yetenekleri ve detay parametre ölçümleri, ELINT Sistemleri ile Radar ED Sistemleri arasındaki temel farklılıklar olarak göze çarpmaktadır.

Radar ED Sistemleri genellikle, daha önceden

bilinen radar tehditlerinin algılanması amaçlı kullanılır ve sistem işletme senaryoları bu amaca yönelik olarak geliştirilir. ELINT Sistemleri ise daha çok barış zamanında, ortamda bulunabilecek bütün radar sinyallerini algılamak, daha önceden bilinmeyen radar modlarını tespit etmek ve bu sayede tehdit kütüphanelerini güncellemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle, stratejik amaçlı elektronik istihbarat görevini yerine getiren ELINT Sistemlerinin tepki süreleri, taktik amaçlı Radar ED Sistemlerinin tepki sürelerine göre daha uzun olabilmektedir.

#### 10.4.3.2 Haberleşme İstihbarat

Haberleşme ED Sistemleri, Haberleşme ET Sistemleri ile beraber kullanılmasının yanı sıra haberleşme sinyal istihbaratı görevleri için tek başlarına da kullanılabilirler. Teknolojik altyapı olarak Haberleşme ED ve COMINT sistemleri büyük farklılık göstermemekle birlikte, sistem işletme senaryolarının farklılığı ve off-line analiz amaçlı kayıt yetenekleri COMINT Sistemleri ile Haberleşme ED Sistemleri arasındaki temel farklar olarak ortaya çıkmaktadır.

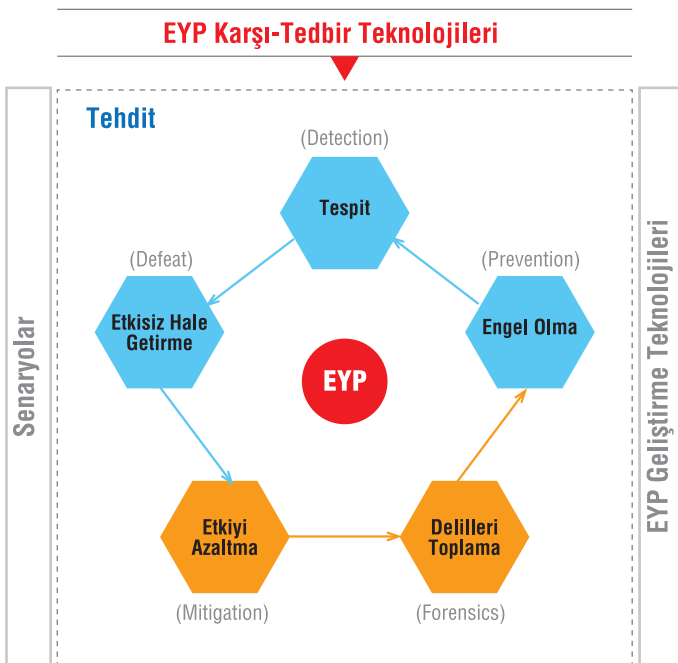
### 10.4.4 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri

Düşük maliyet ve düşük risk unsuru taşıması, kolay temin edilebilen bileşenlerden oluşması, açık kaynaklardan erişilebilen kolay hazırlama yöntemleri ve küçük değişikliklerle etkin kullanım olanağı sağlaması gibi nedenlerden dolayı günümüzde El Yapımı Patlayıcılar (EYP), özellikle terör unsurları tarafından yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

Şekil 49'da belirtilen EYP ile mücadele süreci kapsamında kara konuşlu Önleyici Elektronik Harp sistem ve teknolojileri etkin olarak kullanılmakta olup, insan kaybı riski olmaması nedeniyle İHA Sistemlerinin EYP tespiti amaçlı kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Önleyici Elektronik Harp kapsamında kullanılabilecek temel sistemler aşağıda belirtilmiştir.

- RF Köreltme/Karıştırma Sistemi
- Tetikleyici Sinyal Emülatörü
- Değişiklik Tespiti Sistemi
  - Elektro-Optik Kızıl Ötesi Sistemler (EO/KÖ)
  - Sentetik Açıklıklı Radar Sistemleri (SAR)
  - Haberleşme İstihbarat Sistemi (COMINT)
- Yönlendirilmiş Enerji Silahları (DEW)
  - HPEM (High Power Electromagnetics)
  - Lazer DEW
- E-bomba



\*EYP: El yapımı Patlayıcı (Improvised Explosive Device - IED)

Şekil 49: El Yapımı Patlayıcı Mücadele Süreci

RF Köreltme/Kanştırma Sistemi, RF kontrollü El Yapımı Patlayıcılara yönelik asli önleyici elektronik harp sistemidir. Tetikleyici ile RF kontrollü El Yapımı Patlayıcı düzeneğinde yer alan alıcı birim arasında iletişimin kurulmasına engel olmak amaçlanır.

Tetikleyici Sinyal Emülatörü ile olası kombinasyonlarda tetikleyici sinyal benzetim işaretleri üretilerek RF kontrollü El Yapımı Patlayıcı düzeneklerinin konvoy geçişi öncesi patlatılması amaçlanır.

Değişiklik Tespit Sistemi; "EYP ile Mücadele" kapsamında, en geniş süreci oluşturan "Engel Olma" fazında kullanıma yönelik, düzenek henüz tuzaklanmadan veya tuzaklanma ertesinde durum değişikliğinin tespitinde kullanılması olası teknolojilerin bir bütünüdür.

Şekil 50 ile örneklenen uygulamada, gündüz/gece görüş kameraları ve RF sensörleri içeren bir İHA ile konvoy geçişi öncesinde, olası güzergâh üzerinden bir uçuş yapılmakta, alınan görüntüler/toplanan veriler, olası değişimlerin tespit edilmesine yönelik önceki kayıtlar ile karşılaştırılarak, görüntü ve RF ortam değişikliklerin raporlanması amaçlanmaktadır.

Değişiklik tespitinde, görüntünün yanı sıra COMINT desteği, güzergâh hattında olası telsiz görüşmelerinin tespitine yöneliktir.

Bununla birlikte, HPEM, Lazer ve e-bomba teknolojileri, anlık (darbeli) yüksek güçte yayın yapan yönlendirilmiş enerji silahı uygulamaları olup, bu sistemler ile olası EYP düzeneklerinin elektriksel anlamda tahrip edilmesi amaçlanmaktadır.

#### 10.4.5 Haberleşme Röle Sistemleri

V/UHF bandında arazi şekilleri ve/veya istasyonlar arasındaki mesafe, haberleşmeyi güçleştiren bazen de imkânsız hale getiren faktörlerdir. Bu gibi durumlarda haberleşme rölesi görevi yapan istasyonlardan istifade edilir. İHA'ların uzun süre havada kalma ve belli bir bölgede turlama yeteneğine sahip olması sayesinde İHA'larda haberleşme rölesi görevine yönelik alt sistemler kullanılabilir. Haberleşme rölesi kullanımı Bölüm "10.5.1.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi" başlığında detaylandırılmaktadır.

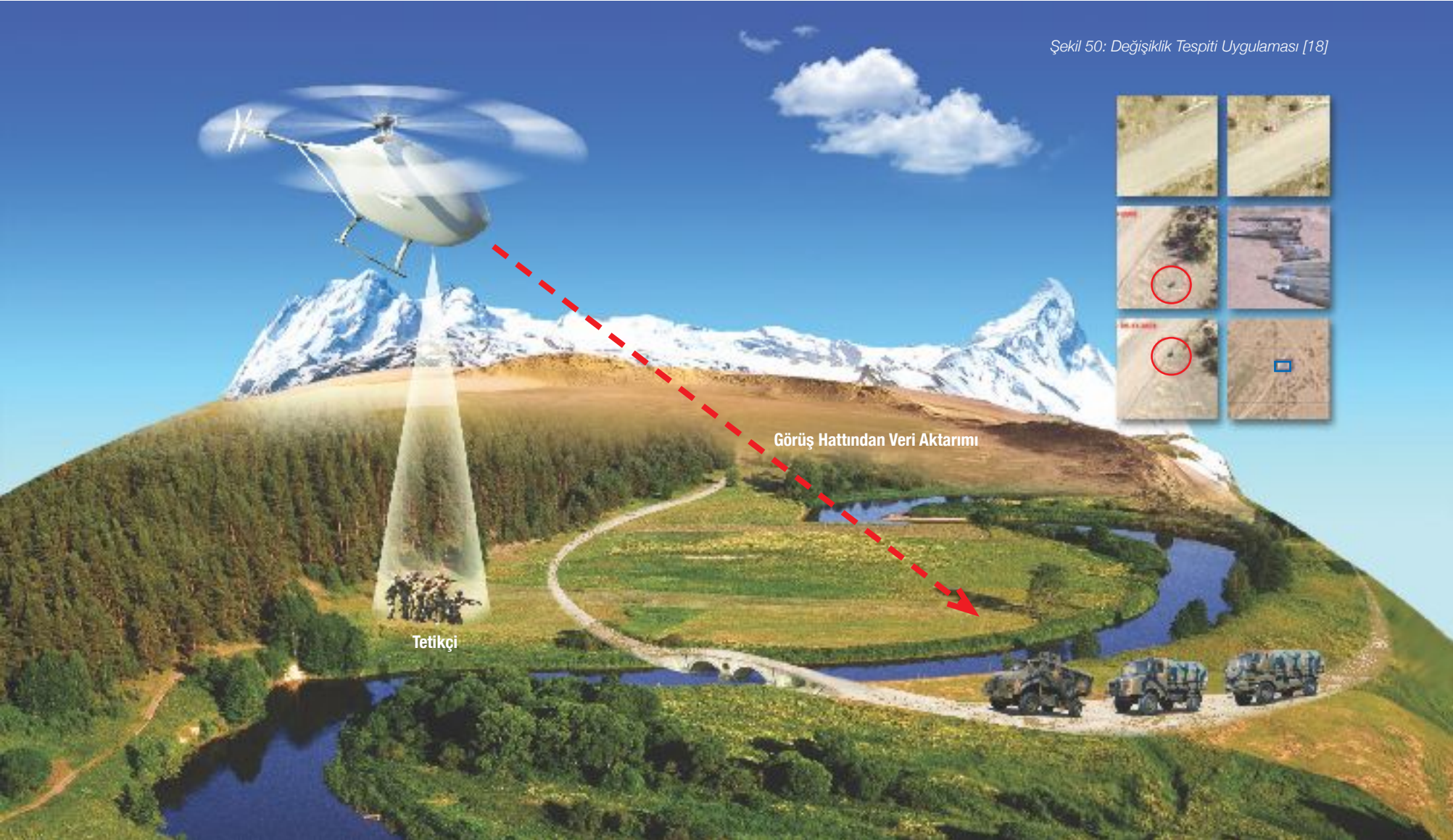
#### 10.4.6 Algılayıcılar

##### 10.4.6.1 Biyokimyasal Algılayıcı

Kitle imha silahlarının terörist faaliyetler kapsamında kullanım olasılığının artması ile biyokimyasal ajanlar öncelikli tehditlerden biri haline gelmiştir. Bu nedenle, yüksek öldürücülük seviyesi ve hızlı yayılma potansiyeline sahip olan biyokimyasal ajanların, karşı tedbirleri yerine getirmeye imkân tanıyacak şekilde algılanmaları ülkelerin öncelikli araştırma alanlarından biridir.

Biyokimyasal ajanlar, biyolojik ajan ve kimyasal ajan olarak iki ayrı grupta değerlendirilmektedir. Her iki grup kendi içinde farklı yayılma formları göstermekte olup, hedef üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır.

Kimyasal ve biyolojik ajanların havada aerosol formunda bulunması nedeni ile İHA'ların, ileri hattan biyolojik ve kimyasal ajan algılama amaçlı kullanılması büyük avantaj sağlayacaktır. Uzaktan kimyasal ajan tespit ve sınıflandırma amaçlı KÖ Spektroskopi ve LiDaR (Light Detection and Ranging) sistemleri üzerine geliştirme faaliyetleri devam etmektedir.



Şekil 50: Değişiklik Tespiti Uygulaması [18]

KÖ Spektroskopi sistemleri; kimyasal örneğin aranan kimyasal ajanı içerip içermediğini belirlemeyi hedeflemektedir. Orta KÖ bandında kimyasalların KÖ enerjisi emme miktarı farklılık göstermekte, alınan örnek KÖ yayını ile uyarılmakta, KÖ yayını emme miktarı ayırt edici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Farklı Emilimli LiDaR (Differential Absorption LiDaR - DIAL) sistemleri ile daha önceden tespiti ve teşhisi yapılmış kimyasal ajan bulutunun takibi hedeflenmektedir. Bu amaçla biri kimyasal ajan tarafından emilimin maksimum, diğeri ise emilimin minimum olduğu KÖ dalga boyunda olmak üzere iki farklı lazer darbesi eş zamanlı yayınlanarak, yansıma farklılıklarından kimyasal ajan bulutunun takibi hedeflenmektedir.

Biyokimyasal algılama amaçlı öncelikle KÖ Spektroskopi ve LiDaR Sistemlerin bileşenlerine yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin başlatılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

#### 10.4.6.2 Mayın Algılayıcı

Uzaktan karasal mayın algılama amaçlı alternatif teknolojiler üzerinde çalışmalar uzun bir süredir devam etmektedir. Bu amaçla GPR ve pasif KÖ algılama sistemleri, üzerinde çalışılan teknolojiler olarak tanımlanmakla birlikte, İHA platformunda kullanılan spesifik ürün bilgisine erişilememektedir.

GPR, yönlendirilmiş bir antenle toprağa gönderilen elektromanyetik enerjinin, toprak içindeki farklı dielektrik sabitine sahip maddelerden yansıma farklılıklarının algılanması prensibine göre çalışmaktadır. GPR sisteminin kullanımı, yakın mesafe algılama yönündedir. Ayrıca UWB radar uygulamaları kapsamında, mayın tespiti amaçlı kullanılan Ground Penetrating (GP) Radar Sistemlerinin de yakın gelecekte önem kazanacağı değerlendirilmektedir.

Havadan pasif KÖ algılama sisteminde ise toprak ile mayın yüzeyi arasındaki termal farklılıkların algılanması hedeflenmekte olup, tespit olasılığı gün içinde farklılık göstermekte, GPR sistemine göre

çevre koşullarından daha fazla etkilenmektedir. Pasif KÖ algılama sistemlerinin tekil mayın algılamaktan ziyade, mayınlı alanların algılanması amaçlı kullanım alanı bulabileceği değerlendirilmektedir.

#### 10.4.6.3 Akustik Algılayıcı

Mermi mühimmatlı uçaksavar veya uzun menzilli silahlarla yapılan saldırıların uzak mesafeden algılanması güç olup, ortamdaki gürültü nedeni ile helikopter vb. insanlı araçların bile vurulana kadar saldırıyı algılaması mümkün olamamaktadır. İHA operatörlerinin de benzer bir saldırıyı İHA isabet alıp düşünceye kadar algılamaları mümkün olmayacaktır.

Bu tür silahlarla yapılan saldırılara karşı gerekli kaçınma ve karşı saldırı önlemlerinin alınabilmesi için hava aracı üzerinde akustik algılayıcı sistemlerin bulunması gerekmektedir. İHA'lara yönelik akustik algılama sistemlerinde algılama alanı uçuş çizgisinin altında kalan yarım küre olacaktır. Sistem, merminin yarattığı akustik şok dalgasının algılanması prensibine dayalı olarak çalışacaktır. Araca yöneltilen her atış için tehdit yönü, mesafesi ve silah tipi gibi bilgiler oluşturulup buna uygun savuşturucu manevra veya yön değişimi ile İHA'nın beka kabiliyetinin artırılması amaçlanır.

Akustik algılama sistemlerinin bir diğer uygulaması da hava savunma sistemleri eğitimlerine yöneliktir. Hava savunma sistemleri (özellikle uçaksavar tipi) eğitiminde kullanılan hedef uçak görevini üstlenen İHA'larda (HU) mermilerin ne kadar yakından geçtiği bilgisinin atış birimine bildirilmesi ve bu yolla eğitim geri beslemesinin sağlanması gerekmektedir. Üzerinde akustik algılayıcı dizisi ve bu bilgileri işleyen birimlerin olduğu faydalı yükler (Kaçırma Mesafesi Ölçer, MDI) ile atılan mermilerin ne kadar yakından geçtikleri ve yönleri algılanabilmektedir.

Sistem, akustik algılayıcı dizini, yükselteçler, analog/sayısal çeviriciler ve algoritmaların koşacağı sayısal birimden oluşmaktadır. Sistemin algılayıcıları, hava aracı dış kabuğunda bölgesel basınç algılayıcı olarak çalışmalı ancak yerleşimi akustik dizin oluşturacak

şekilde optimize edilmelidir. Aynı zamanda hava aracı üzerinde uçuş sırasında oluşacak hava akışına bağlı şok dalgaları, motor gürültüsü ve titreşim gürültülerinden en az etkilenen şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. İHA platformunun büyüklüğü algılayıcı kapsama ihtiyacını ve buna bağlı algılayıcı sayısını etkileyen faktörlerdir.

#### 10.4.6.4 Meteorolojik Algılayıcı

Meteorolojik algılama görevine sahip İHA Sistemlerinin temelde sivil kullanıma yönelik olduğu görülmektedir. İHA üzerinde yer alan meteorolojik sensörler ile elde edilen yüksek doğruluğa sahip ileri hat meteorolojik veriler, meteoroloji istasyonlarında yapılan ölçümleri doğrulama amaçlı kullanılabilir. İHA Sistemleri kapsamında meteorolojik algılayıcıların milli olarak geliştirilmesinin düşük önceliğe sahip olacağı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte İHA Sistemlerinde kullanılacak meteorolojik algılayıcılar geniş bir aralıkta yüksek doğrulukla ölçüm yapabilmeli ve tepki süreleri kısa olmalıdır.

#### 10.4.7 İz Artırıcı Sistemler

İHA Sistemleri, çok sayıda görevi "tehdit bölgesi" içine girerek gerçekleştirdiklerinden, düşman tarafından görünürlüklerini azaltmak amacı ile iz azaltıcı tekniklerin kullanımı önem arz etmektedir.

Bu genel yaklaşımın tersine bazı özel görevler kapsamında İHA platformunun radar/kızılötesi/görünür izinin artırılması da söz konusu olabilmektedir. İHA'lar tarafından çekilen sahte hedef sistemleri (towed targets/decoys), üzerlerinde taşıdıkları iz artırıcı faydalı yükler sayesinde atış eğitimlerinde ve kendini koruma amaçlı kullanılabilir. (Şekil 51). Atış eğitimlerinde çeken uçağın vurulması engellenerek eğitim maliyetleri düşürülebilmekte veya insanlı uçakların eğitimlerde kullanımı mümkün olmaktadır. Kendini koruma amaçlı kullanımda ise çeken İHA'ya yönelmiş düşman silahları hedeften saptırılarak beka artırılmaktadır.



Şekil 51: Çekilebilir Sahte Hedef Sistemleri [19][20]



Görünür izi arttırmak için duman izi ve kızılötesi izi arttırmak için fişek kullanımı görülmektedir.

Çeşitli iz artırıcı faydalı yükler taşıyan sahte hedefler, günümüzde füze sistemlerine karşı kullanılacak aldatma sistemi olarak öne çıkan alternatiflerden biridir. Modern füzelerin karıştırma yapıldığını tespit ederek, karıştırma kaynağına yönelme (home on jam) yeteneklerine sahip olmaları nedeni ile karıştırıcı düzeneklerin, çeken hava aracı içinde bulunması bir zafiyet yaratabilmekte, dolayısıyla çekilebilir sistemler üzerinde çalışılan güncel bir teknoloji alanı olarak öne çıkmaktadır.

#### 10.4.8 Beka Sistemleri

İHA Sistemlerinin görev çeşitliliği gün geçtikçe artmakta ve faydalı yük taşıma kapasitesi yüksek, büyük boyutlu İHA platformları üzerine birden fazla göreve yönelik sistem entegrasyonu gerçekleştirilebilmektedir. İHA Sistemlerinin görevlerini, genellikle tehdit bölgesine yakın veya doğrudan tehdit bölgesi içine girerek icra etmelerinden dolayı, üzerinde taşıdıkları değerli görev sistemlerini korumak amacıyla "beka sistemleri"nin kullanımı gündeme gelebilmektedir.

İHA Sistemlerinin düşman erken ihbar uyarı sistemleri tarafından tespit edilmelerini güçlendirecek şekilde alçak irtifadan seyir yapmalarına imkân tanımak ve yoğun hava trafiğinde emniyetli uçuşu sağlayabilmek üzere "çarpışma önleme sistemleri" kullanılmaktadır. Harekât ortamında farklı radar, lazer ve/veya kızılötesi tehditlere karşı kullanılan "elektronik harp kendini koruma sistemleri", bir diğer beka unsuru olarak değerlendirilmektedir.

Ancak, beka sistemlerinin İHA platformlarına entegrasyonu, platformun faydalı yük taşıma kapasitesini (boyut, ağırlık ve güç gereksinimi açısından) olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, bu tür sistemlerin kullanımının gündeme gelmesi halinde, asli göreve kısıt getirmeyecek şekilde, hava platformu üzerinde uygun kaynakların mevcut olduğunun kontrol edilmesi gerekmektedir.

##### 10.4.8.1 Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemleri

Platformun kendini koruma amaçlı fonksiyonlarını yerine getiren elektronik harp kendini koruma sistemleri, tehdidin algılanması, tespit ve teşhis edilmesini müteakip etkisiz hale getirilmesi için aşağıdaki alt sistemlerden oluşmaktadır.

- Radar İkaz Alıcı Sistemi (RIAS) (Radar Warning Receiver - RWR)
- RF Karıştırıcı Sistemi (RFKS) (Radar Frequency Jammer - RFJ)
- Karşı Tedbir Atma Sistemi (KTAS) (Counter Measure Dispenser System - CMDS)
- Füze İkaz Sistemi (FİS) (Missile Warning System - MWS)
- Lazer İkaz Almacı Sistemi (LİAS) (Laser Warning

Receiver - LWR)

- Kızıl Ötesi Karşı Tedbir Sistemi (KÖKTS) (Infrared Counter Measure System - IRCM)

- Merkezi Yönetim Birimi

Radar İkaz Alıcı Sistemi, platformun bulunduğu ortamdaki RF tehditleri, Görev Veri Dosyası (GVD) bilgilerini kullanarak algılayan, radar darbe parametrelerini ölçen, yayınları tespit ve teşhis eden ve tehdit ikazı oluşturan sistemdir. Radar İkaz Alıcı Sistemi; İşlemci Birimi, Alma Antenleri, Ön Katlar ve Almaç birimlerinden oluşmaktadır.

RF Karıştırıcı Sistemi, platformun bulunduğu ortamda, kendisine aktarılan RF tehdit radarlarını, GVD bilgilerini ve aktarılan tehdit parametrelerini kullanarak izleyen, tehditlere RF karıştırma/aldatma uygulayan, GVD'de tanımlı olması durumunda izlenen ve/veya karıştırılan tehdit bilgilerini kaydeden sistemdir. RF Karıştırıcı Sistemi; İşlemci Birimi, Alma Antenleri, Ön Katlar, Almaç, Teknik Üreteç, Gönderme Antenleri'nden oluşmaktadır.

Karşı Tedbir Atma Sistemi, radar ve kızılötesi güdümlü tehditlere karşı GVD'de tanımlı atım programlarına uygun olarak chaff ve flare tipi mühimmat atımını gerçekleştiren karşı tedbir sistemidir. Karşı Tedbir Atma Sistemi'nde platform ihtiyacını karşılayacak uygun sayıda atıcı (magazin) bulunmaktadır. KTAS temel olarak; Magazin, Magazin Tabanı, Atım ve Sistem Kontrol Birimi'nden oluşmaktadır.

Füze İkaz Sistemi, yaklaşmakta olan füze tehdidini tespit ve takip edip, tehdit uyarısı oluşturan sistemdir. Füze İkaz Sistemini oluşturan sensör sayısı platform ihtiyacına uygun olarak belirlenmektedir.

Lazer İkaz Almacı Sistemi, farklı optik bantlarda çalışan Lazer Mesafe Ölçer, Lazer İşaretleyici ve Lazer Huzme Sürücü içeren lazer tehditleri tespit ve teşhis etme yeteneğine sahip olan sistemdir. LİAS Sistemi, İşlemci Birimi ve Sensörlerden oluşmaktadır.

Kızıl Ötesi Karşı Tedbir Sistemi, kızılötesi güdümlü tehditlere karşı KÖ bantta modüle edilmiş karıştırma sinyali uygulayan sistemdir.

Platform üzerinde yer alan farklı elektronik harp kendini koruma sistemlerinin yönetimi, sistem durumlarının takibi, alt sistemler tarafından teşhis edilen tehditlerin toplanması, ilişkilendirilmesi, karşı tedbirin belirlenmesi, karşı tedbir uygulama emrinin oluşturulması işlevleri Merkezi Yönetim Birimi tarafından gerçekleştirilmektedir.

Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemlerinin İHA platformlarına entegrasyonu, platformun faydalı yük taşıma kapasitesi (boyut, ağırlık ve güç gereksinimi açısından) ve tehdit unsurlarının analiz edilerek mevcut kaynaklar ve gereken koruma arasında optimum bir çözümün belirlenmesini gerektirmektedir.

Kendini koruma işlevi, doğru ve hızlı karar verilmesini gerektiren, zaman açısından kritik süreçlere sahiptir. Karar mekanizmasının yer kontrol istasyonunda olduğu uygulamalarda, kendini koruma

sistemlerinden yere ve yer kontrol istasyonundan hava aracına hızlı veri aktarılabilmesi için veri linki hızının yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Ayrıca, İHA platformu üzerinde olay kayıtlarının tutulması ve görev sonrası kayıtların analiz edilmesi ihtiyacı da kritik olarak görülmektedir.

RIAS ve RFKS sistemlerinde kullanılan mevcut yapıların küçültülmesine yönelik tasarımlara ek olarak aşağıda tanımlanan konularda çalışmaların İHA platformu esas alınarak devam ettirilmesi uygun olacaktır.

- Almaç ve teknik üreteç için sayısal almaç mimarileri,
- Geniş bantlı almaç mimarileri,
- Yüksek ısı yükleri düşük hacimlerde kontrol etmeye yönelik mekanik ve soğutma mimarileri,
- Sayısal almaç yapıları ile bütünleşik karşı tedbir teknik üreteç ve Sayısal RF Hafıza (DRFM) yapıları,

Ayrıca, özellikle çoklu tehdit ortamında görev yapacak İHA Sistemleri için, Radar İkaz Alıcı Sistemi'nin arama rejimlerinin, karşı tedbir sistemlerinde kullanılacak algoritmaların tasarımı kritik öneme sahip olup, tehdit analiz çalışmalarının sonuçlarına göre optimize edilmesi gerekmektedir.

KTAS ile ilgili çalışmalarda harcanabilir aktif ve pasif sahte hedeflerin atılmalarına olanak sağlayacak uygulama yazılımı, algoritma ve bu atımları sağlayacak mekanik yapıların ve elektronik devrelerin geliştirilmesi teknolojik eğilimlerin bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrıca, karşı tedbir atımı için ihtiyaç duyulabilecek anlık yüksek güç ihtiyacının karşılanmasına yönelik teknik çözüm alternatifleri geliştirilmesi gerekmektedir.

FİS ile ilgili olarak İHA platformu tehditlerinin değerlendirilmesi ve mevcut milli çözümlerin uygulanabilirliğinin incelenmesi faydalı olacaktır. Halen helikopter ve nakliye uçaklarında milli olarak imal edilen UV tabanlı algılama esasına göre çalışan füze ikaz sistemleri başarıyla kullanılmaktadır. İHA platformu için aynı sistemin kullanılacağı değerlendirilmektedir.

##### 10.4.8.2 Çarpışma Önleme Sistemleri

İHA Sistemlerinin sivil hava sahasına entegrasyonu, ağı halinde çok sayıda İHA platformunun birlikte kullanımına yönelik eğilimler ve düşman radar sistemleri tarafından tespit olasılığını düşürmek amacı ile yapılan alçak irtifa uçuşları, İHA platformlarının görevleri sırasında emniyetli seyir yapabilmelerine ve beka yeteneklerini artırmaya yönelik ihtiyacı daha da önemli kılmıştır. Bu amaçla, araziye ve/veya birbirlerine çarpmalarını önleyici sistemler ön plana çıkmaktadır. Çarpışma Önleme Sistemleri olarak nitelenen bu sistemler radyo frekans (RF) veya elektro-optik (EO) tabanlı olabilmekte, her iki teknolojinin de müşterek olarak kullanıldığı uygulamalar görülebilmektedir.

İHA Sistemleri kapsamında yaygın kullanım alanı bulabilecek RF tabanlı çarpışma önleme sistemleri aşağıda belirtilmiştir:

- Arazi Takip Radarı (Terrain Following Radar)
- Çarpışma Önleme Radar Sistemi (Airborne Radar)
- Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi (Traffic Alert and Collision Avoidance System – TCAS)

Arazi Takip Radarı, İHA platformunun ilerisine yönlendirilen sinyallerin arazi üzerinden yansımalarının işlenerek uçuş hattındaki arazi yükseklik bilgisini çıkarmayı hedeflemekte, böylece düşük irtifada uçan İHA platformunun yer seviyesi üzerinde emniyetli irtifada kalması sağlanmaktadır. Arazi Takip Radarı kullanım konsepti Şekil 52’de verilmiştir. Arazi Takip Radarı yükseliş yönünde, yükseklik bilgisini

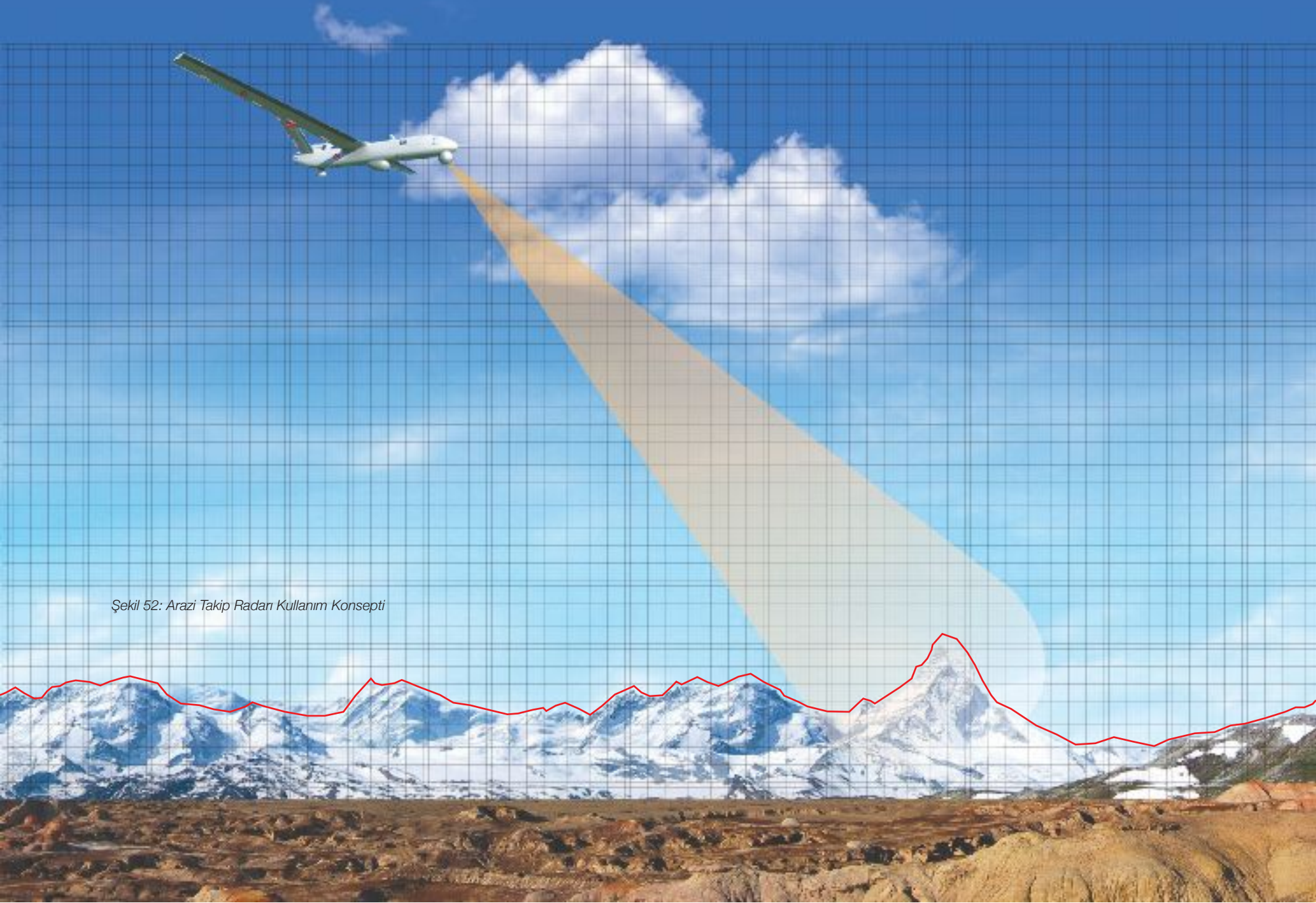
çıkarmak amacı ile çift kanallı anten yapısına ihtiyaç duymakta olup, uygulamaya özel anten yapılarının ve sinyal işleme algoritmalarının geliştirilmesi temel teknolojik öncelikler arasında yer almaktadır.

Çarpışma Önleme Radarları, entegre edildikleri İHA etrafında tanımlanmış güvenlik bölgelerinde tespit ve gerekirse takip yaparak olası çarpışmaları engellemeyi hedeflemekte, çarpışma olasılığı yükseldiğinde araca manevra komutu vermektedir. Çarpışma Önleme Radar Sistemi antenleri, İHA platformunun alttan ve üstten gelen tehditlere karşı korunması amacı ile gövde altına ve üzerine anten grupları olarak yerleştirilmekte olup, uygulamaya özel anten yapılarının ve sinyal işleme algoritmalarının geliştirilmesi temel teknolojik öncelikler arasında görülmektedir.

Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi (Traffic Alert and Collision Avoidance System – TCAS), sorgulayıcı ve cevaplayıcı birimlerden oluşmakta, üzerinde bulunduğu hava platformunun yakın çevresinde bulunan diğer hava platformlarından irtifa ve kimlik bilgilerini almaya yönelik sorgulama yaparak çarpışmayı önlemeyi hedeflemektedir. TCAS sistemleri yalnızca irtifa raporlayan, faal cevaplayıcı sisteme sahip hava platformları ile haberleşebilmektedirler.

Yukarıda belirtilen radyo frekans tabanlı sistemlere ilave olarak optik kameralardan sağlanan görsel bilgi ile de çarpışma önleme hedeflenmektedir.

Şekil 52: Arazi Takip Radarı Kullanım Konsepti



## 10.4.9 Görev Kontrol Bilgisayarı

Görev sistemlerinin bir alt sistemi olan ve görev kontrolü ana birimi olan Görev Bilgisayarı, yer aldığı sistemin dış dünya ile olan haberleşme arayüzlerinden (algılayıcılar) alınan verilerin işlenmesi veya veri tümleştirme (data fusion) yöntemleriyle değerlendirilmesi, kıymetlendirme uygulamalarına işlenmiş veya ham verinin periyodik veya isteğe bağlı olarak iletilmesi, otomatik veya manuel görev planı yürütülmesi, yazılım bileşenlerinin yaşam döngülerinin izlenmesi, sistem kaynak kullanımının izlenmesi gibi pek çok önemli işlevin gerçekleştirildiği alt sistemdir. NATO dokümanlarına göre 1970'lerde bu ana hatlarla oluşan görev bilgisayarı mantığı, günümüz AWACS'ları da dâhil olmak üzere pek çok sistemde (platformda) bu ana işlevlere sahip olarak yer almaktadır.

İHA'lar için düşünülen Görev Bilgisayarlarında çeşitli donanımlardan veri alacak, kısıtlı da olsa işleyecek, veri görüntüleme ve kıymetlendirme birimlerine gönderecek bir yazılım olması gerekmektedir. Bazı İHA Sistemleri, Görev Bilgisayarlarında silah kontrol yazılım ve donanım fonksiyonlarına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Görev Bilgisayarı ve aviyonik yazılımları için IMA mimarisine uygun uluslararası standartlar araştırılmalıdır. Sistem mimarisi,

- Farklı algılayıcıların platforma bütünleştirilmesini kolaylaştıracak
- Yeniden kullanımı en üst düzeye çıkaracak
- Farklı platformlar için de kullanılabilir
- Yeni teknolojiye adaptasyonu kolay olacak
- Sürekli güncellenen Stanag'ları destekleyebilecek şekilde

seçilmelidir.

## 10.5 Hava – Yer Tümlleşik Sistemler

### 10.5.1 Veri Haberleşme Sistemleri

Veri haberleşme sistemi, hava aracı üzerinde bulunan verilerin yer ve hava sistemlerince izlenebilmesi ve/veya İHA'ların ve ilgili alt sistemlerinin yer ve hava sistemlerince komuta/kontrol edilebilmesi amaçlı kullanılan bir haberleşme sistemidir.

İHA'larda haberleşme tek yönlü (hava - yer veya yer - hava) veya iki yönlü (hava - yer ve yer - hava) olarak sağlanmaktadır. Mevcut İHA Sistemlerinde genel olarak kullanılan sistemler iki yönlüdür. Görev sistemlerine ait verilerinin harekât gereği farklı birimler ile paylaşımı için tek yönlü sistemler de kullanılmaktadır (Video/Veri Aktarım Veri Linkleri, Uzak Görüntü Terminali için veri aktarım sistemleri gibi).

İHA'larda Hava Aracı ve Yer Sistemleri ile haberleşme

dışında ayrıca İHA ile Hava Araçları (Uçak, Helikopter, İHA vb.) arasında kullanılan haberleşme sistemleri de mevcuttur. Bu haberleşmeler tek yönlü veya iki yönlü olarak gerçekleştirilmektedir.

İHA'larda günümüzde en çok kullanılan Veri Haberleşme Sistemi görüş hattı istikametinde (LOS - Line of Sight) Veri İletim Linkleridir. Yüksek veri iletim kapasitesine sahip bu tip sistemlerin, çalışma mesafesi alıcı-verici cihazlarına bağlı olarak, 200-250km civarındadır. Bu mesafe, hava veri rölesi denilen ve üzerinde röle ekipmanları taşıyan İHA ile artırılabilir.

İHA'ların Yer Sistemleri veya diğer Hava Araçları ile görüş hattı ötesinde haberleşmesi amacıyla uydu sistemleri kullanılmaktadır. İHA'lara yerleştirilen Uydu Hava Terminaleri ile tek yönlü veya iki yönlü veri aktarımı yapılarak ilgili birimler arasında haberleşme sağlanabilmektedir.

İHA'larda analog ve sayısal Veri Haberleşme Sistemleri kullanılmaktadır. RF radar teknolojilerindeki gelişime bağlı olarak veri aktarımında ihtiyaç duyulan yüksek hız ve kapasite ihtiyacı yüksek hızlı sayısal tabanlı veri iletim linkleri kullanılması neredeyse standart hale gelmiştir. Geçmişte kullanılan analog veri iletim linkleri, günümüzde istenilen veri iletim hız talebini karşılayacak kapasiteye sahip değildir. Geline bu noktadaki talebi karşılamak üzere, İHA'larda görüş hattı istikametinde (LOS) veya uydu üzerinden yüksek hızlı sayısal tabanlı veri iletim linkleri, kullanılan temel iki veri iletim linkidir. Dünya üzerinde kullanımda olan birçok sivil ve askeri İHA'lar üzerinde sayısal tabanlı veri iletim linkleri kullanılmaktadır.

İHA'ların kendilerini kanıtlaması ve aktif olarak harekâtlarda kullanılmaya başlanması, her alanda İHA'lar için yeni görev atamalarına yol açmıştır. Bu kapsamda çoklu İHA kullanımı ortaya çıkmıştır. Farklı İHA Sistemleri ile birlikte, görev icrasını destekleyecek sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Tüm İHA görev alanlarını destekleyen, eş zamanlı birden çok hava aracı ve yer sistemlerinin haberleşmesini sağlayan, ağ içinde veri dolaştırılabilen, yakın ağların aynı operasyon ortamında birbirini engellemeden çalışabilmesini sağlayan, güvenli veri aktarım özelliklerini içerecek sistemler için tasarım çalışmaları yapılmaktadır.

#### 10.5.1.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi

Görüş Hattı (LOS) Veri Haberleşmesi noktadan-noktaya yüksek veri hızında haberleşme sağlayan sistemlerle sağlanır. Çift yönlü, tek yönlü veya yarı çift yönlü olabilir. Kullanım amaçları İHA'larda toplanan faydalı yük verilerini görüş hattı içerisinde kalan diğer noktalara aktarmaktır. Aktarım yapılacak noktalar, Kontrol İstasyonları olabileceği gibi başka platformlar da olabilir. Bu linkler üzerinden hava aracı komuta/kontrolü de yapılabilir.

Bu tip veri haberleşme sistemlerinde genel olarak C-Bant veya Ku-Bant kullanılmaktadır.

Yüksek veri aktarım kapasiteleri sayesinde yüksek yoğunlukta veri çıktısı sağlayan faydalı yük verilerinin

görüş hattı içerisinde bulunan diğer noktalara aktarımı kolaylıkla yapılabilir. 274Mbit/s seviyelerinde veri aktarım hızına sahip olabilirler. Yer ve Hava birimi olmak üzere iki bölümden oluşurlar. Link yönetimi içsel veya dışsal olarak gerçekleştirilebilir. İHA Sistemlerinde dış link yönetimi genel olarak tercih edilir. Yüksek veri hızlarına ulaşılabilmesi için hem Hava Aracında hem de Yer Sisteminde takip antenlerine ihtiyaç duyulur.

Veri haberleşme sistemleri kullanılacak platform özellikleri, görev istekleri, haberleşme ağ ihtiyacı ve frekans tahsisine bağlı olarak geliştirilir. Özellikle hava aracında kullanılan sistemlerin modüler, bütünleştirilmesi kolay, hafif ve az güç çeken sistemler olarak tasarlanması öncelikli hedefdir. Ağırlık ve güç ihtiyacının hava aracına uygun şekilde minimize edilmesinin dışında farklı İHA ve harekât birimlerinin birlikte çalışabilmesini sağlamak amaçlı RF katmanda birbirleriyle konuşabilen standart sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, Birlikte Çalışabilirlik adı altında NATO çerçevesinde veri linkleri ile ilgili çalışmalar yapılarak STANAG 7085 (Interoperable Data Links) dokümanı oluşturulmuştur. Halen NATO kapsamında STANAG 7085 Edition 3 ve yeni bir standart olarak çıkacak STANAG 4660 çalışmalarına devam edilmektedir.

Tek yönlü veri haberleşme sistemleri Hava Aracından Yer Sistemlerine ve/veya diğer platformlara (Hava Aracı, gemi gibi) veri aktarmak için kullanılırlar. Uzak Görüntü Terminaleri bunlara en güzel örneği teşkil etmektedir. Bunun dışında test uçuşları sırasında üretim, modifikasyon, modernizasyon gibi aşamaların performans, test/sertifikasyon ihtiyaçları ve uçuş sırasında meydana gelen mükerrer arızaların belirlenmesi amaçlı uçuş esnasında hava aracı üzerindeki çeşitli parametrelerin ölçümlerinden oluşan verileri aktarmak için de tek yönlü veri haberleşme sistemleri kullanılmaktadır.

Hava Aracının haberleşme ve veri aktarım menziline artırmak için Röle Haberleşme Sistemleri kullanılır. Görüş Hattı Veri Haberleşmesi kapsamında röle iki yönlü haberleşme sistemleri olup Hava Veri Rölesi, Haberleşme Rölesi (Ses Haberleşme Rölesi) ve İleri Uç Haberleşme İstasyonu olarak üç kısımda toplanabilir.

Hava Veri Rölesi; İHA'lara entegre edilen ve Hedef ve Yer Kontrol İstasyonu arasında harekât menziline artırmak amaçlı kullanılan sistemlerdir. Görevin düşük irtifalarda yapıldığı, Hedef ve Yer Kontrol İstasyonu arasında görüş hattı menzilin olmadığı durumlarda kullanılan sistemlerdir. Hava veri rölesi en az iki tane İHA gerektirir. Röle İHA röle verici/alıcısı ve antenin eklenmesiyle yeniden düzenlenmiştir. Diğer İHA ise kendi üzerindeki veri haberleşme sistemini ve/veya röle için röle verici/alıcısı ve anteninden oluşan sistemi kullanarak Röle İHA üzerinden kontrol istasyonu ile veri akışını iki yönlü veya tek yönlü sağlar.

Haberleşme Rölesi, görüş hattının sağlanamaması nedeniyle haberleşmenin gerçekleşmesi amaçlı kullanılan bir sistemdir. Hava-hava, hava-yer ve yer-yer arasında haberleşmeyi sağlamak için kullanılırlar. VHF/UHF bandında çalışan iki adet telsizden oluşan Haberleşme Rölesinin kavramsal gösterimi Şekil 54'teki gibidir.

Haberleşme Rölesi genel olarak sabit frekansta sağlanır. Sistemde yer alan telsizlere farklı çevrim frekansları ( $f_1$  ve  $f_2$ ) yüklenir. Röle telsizi olarak kullanılan birinci telsiz, haberleşme mesafesinde bulunan telsizden aldığı  $f_1$  frekansındaki sinyali demodüle eder ve ikinci telsize aktarır. İkinci telsiz ise bu sinyali  $f_2$  frekansında modüle ederek gönderir. Bu telsizin haberleşme mesafesinde bulunan diğer platformdaki telsiz  $f_2$  frekansında bu sinyali alır ve uçtan uca haberleşme sağlanmış olur. Bu durum, her iki yönde aynı şekilde gerçekleşir.

İleri Uç Haberleşme İstasyonları; İHA'ların çalışma menzilleri içinde arazi şartlarından dolayı (Örneğin, Hava Aracı ve kontrol istasyonu arasında yüksek bina ve/veya dağ olması ve görüş hattını engellemesi gibi) görüş hattını sağlayamamaları veya çalışma menzilleri dışında da görev ihtiyacının doğması nedeniyle kullanılırlar. İleri Uç Haberleşme İstasyonu YKİ ile arayüzü (kablo, fiber optik, RF haberleşme, lazer haberleşme gibi) olan Hava Aracında bulunan haberleşme sistemi ile uyumlu çalışan haberleşme sistemidir. Mevcut YVT'nin görevini icra edemediği durumlarda görevi alırlar ve kontrol istasyonu ile Hava Aracı arasında iki yönlü haberleşmeyi sağlarlar.

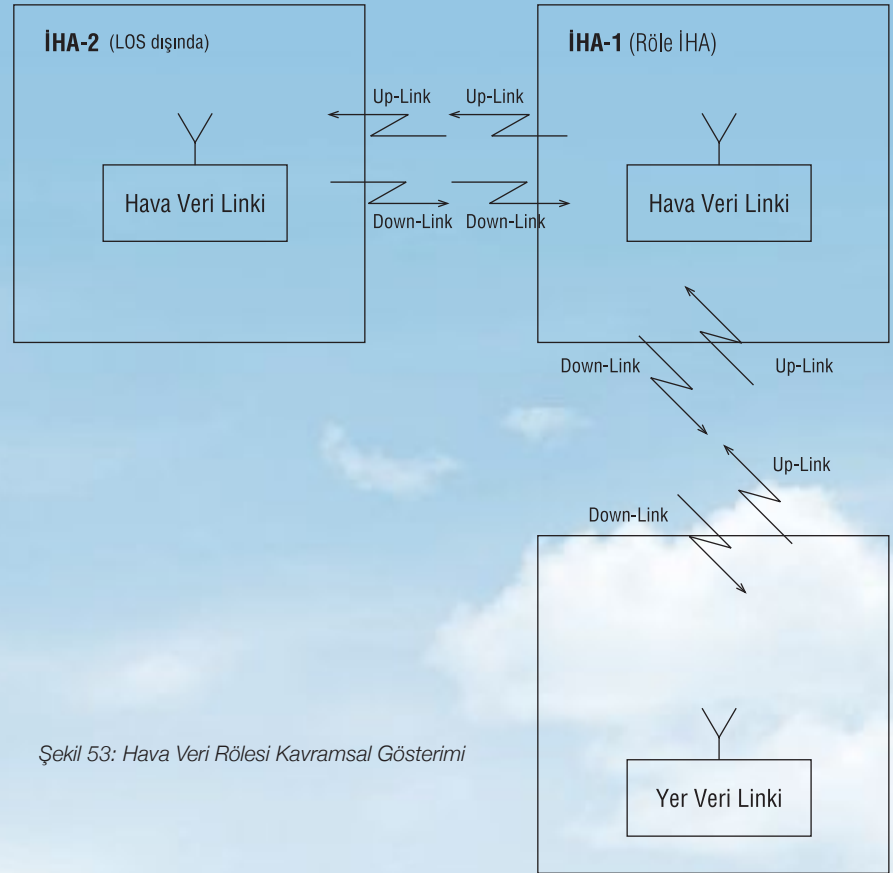
Hava Veri Rölesi ve Haberleşme Rölesi kullanımı esnasında sistemler arasında olası enterferansları önlemek amacıyla, yeterli frekans ayırımı sağlamak üzere frekans planlaması yapılmalı, antenler yeterli izolasyonu sağlayacak şekilde platforma entegre edilmeli ve gerekiyorsa ilave filtreleme sağlanmalıdır.

### 10.5.1.2 Uydu Haberleşmesi

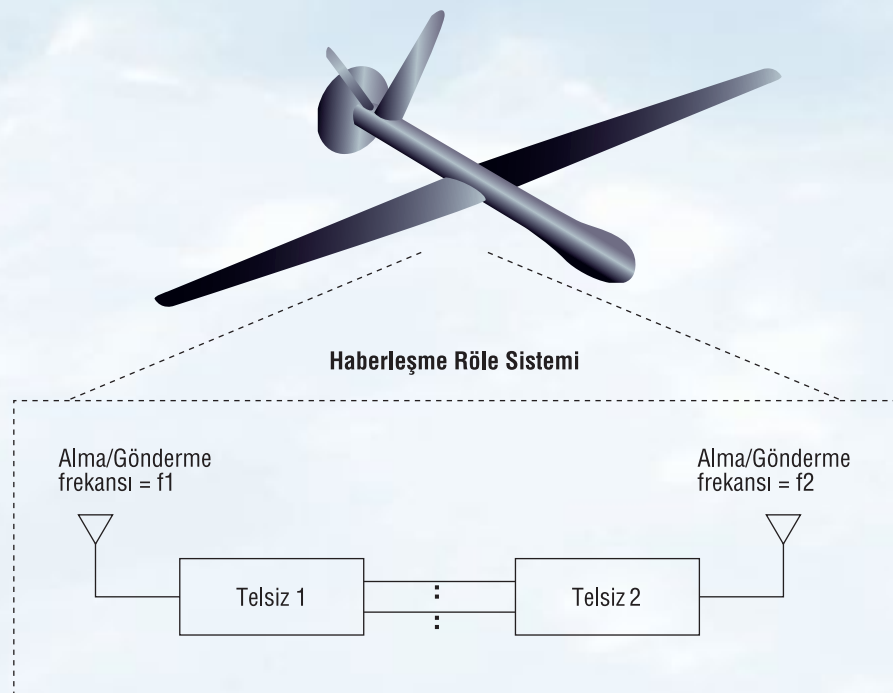
Uydu Haberleşmesi hava aracının haberleşme ve faydalı yük verilerinin iletim alanını arttırmak ve görüş hattı veri iletim zorunluluğunu ortadan kaldırmak için kullanılabilecek bir haberleşme biçimi olup Görüş Hattı Ötesi (BLOS) Veri Haberleşmesi olarak adlandırılır. Dünya ile uzay arasında doğrudan görüş hattı olduğundan, uydu haberleşmesi uzak mesafeler ile en kolay mikrodalga haberleşme şeklidir. Uydu teknolojileri İHA Sistemlerinde tamamlayıcı olarak ve daha yüksek performans kazandırmak amacıyla kullanılan sistemlerdir ve kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. İHA Sistemleri ile birlikte kullanılan uydu tabanlı uygulamalar iletişim ve seyrüsefer olmak üzere iki türüdür.

BLOS Veri Haberleşme Sistemleri, iki hattı kullanmaktadır. Bunlardan biri çıkış noktasından uyduya gitmekte, diğeri ise uydudan ikinci noktaya gelmektedir. Görüş hattında veri aktarım yapan sistemlere göre çok daha uzun mesafelerden veri aktarımı yapılabilir. İHA'ların uzak mesafelerden komuta/kontrolü için kullanılabilirler. Toplanan faydalı yük verileri uzak mesafelerden kontrol merkezlerine bu linkler sayesinde aktarılabilir. Uydu üzerinden haberleşme sağlandığı için ulaşılabilecek veri hızı, görüş hattı sistemlerine göre sınırlıdır.

BLOS Veri Haberleşme Sistemleri'nin özellikle, gözetleme yeteneklerinin ve menzilin artmasına katkısı bulunmaktadır. Daha güncel ve daha fazla dış istihbarat verilerine ulaşmayı sağlayarak, daha verimli operasyonlara olanak sağlamaktadır.



Şekil 53: Hava Veri Rölesi Kavramsal Gösterimi



Şekil 54: Haberleşme Röle Sistemi

İHA Sistemlerinde BLOS haberleşme; kontrol istasyonu menziline uzak veya kıtalar arası mesafeden aynı anda farklı ve çoklu İHA kullanım ihtiyacı, komuta ve kontrol, hava trafik birimleriyle haberleşme ve faydalı yük üzerinden verinin gerçek zamanlı aktarımı için kullanılırlar. BLOS haberleşme GEO yörüngedeki iletişim uydularıyla sağlanmaktadır. BLOS haberleşmenin yer bacağına oluşturan Uydu Yer Terminaleri (UYT); işlenmiş istihbarat verilerinin uzak merkezlere veya İHA Sistemlerine uydu üzerinden aktarımını sağlayan taşınabilir sistemler olarak ortaya çıkmaktadır. İHA Sistemlerinde Kontrol İstasyonu ve/veya Görüntü Kıymetlendirme Sistemi ile ses ve veri muhaberesine imkân verecek şekilde iletişimi sağlamaktadır. Uydu Hava Terminaleri ise platforma entegre edilen, platformun uydu üzerinden hava-yer ve/veya hava-hava haberleşmesini/veri aktarımını sağlayan haberleşme sistemleridir.

Uydu üzerinden kurulan haberleşme sistemlerinde genel olarak X ve Ku bant kullanılmaktadır. Uydu üzerinden kurulan veri haberleşme sistemlerinin temel avantajları yüksek bant genişliği ve çok geniş operasyon mesafesi olarak özetlenebilir. Temel avantajlarının yanında İHA üzerinde uydu haberleşme anteninin büyük yer kaplaması, yer istasyonundaki donanım fazlalığı ve uydu haberleşmesine erişim kolaylığının getirdiği güvenlik sorunu bu sistemin dezavantajıdır.

### 10.5.1.3 Taktik Veri Linkleri

Harekât ihtiyaçları birçok İHA'nın farklı görevleri icra ederek bir haberleşme ağı içinde hava, yer ve deniz sistemleri ile birlikte çalışmasını gerektirmektedir. Belirli merkez veya merkezlerden ilgili İHA'ların birlikte kullanılmasını sağlayacak ve iletişim ağını güvenli olarak oluşturacak veri haberleşme sistemlerine ihtiyaç duyulacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda Taktik Veri Linklerinin görev alacağı ön görülmektedir.

Taktik Veri Linkleri, eş zamanlı birden çok hava aracı ve yer sistemlerinin haberleşmesini sağlayan, ağ içinde veri dolaştırılabilen, yakın ağların aynı operasyon ortamında birbirini engellemeden çalışabilmesini sağlayan, güvenli veri aktarımı yapabilen, ADY/AMH'yi destekleyen veri haberleşme sistemlerinden biri olarak tanımlanabilir.

Taktik Veri Linkleri, link üzerinden alışverişi yapılacak verinin yapısını, veri alışverişi ile ilgili protokolleri

ve verinin işlenmesi için komuta kontrol sistemi tarafından gerçekleştirilmesi gereken işlemleri tanımlamaktadır. Herhangi bir taktik veri linki üzerinden veri alışverişi gerçekleştirmek isteyen bir sistem hem haberleşme protokollerini hem de verinin işlenmesini gerçekleştirmek durumundadır. Genel olarak incelendiğinde, Taktik Veri Linkleri üzerinden gönderilen veri tiplerinin büyük çoğunluğunun en azından kavramsal seviyede ortak olduğu görülmektedir. Haberleşme protokolleri ve veri yapısı ise linkler arasında büyük değişiklikler gösterdiği gibi aynı veri linki standardının farklı sürümleri arasında da çeşitli farklılıklar bulunmaktadır.

### Düşük Bant Taktik Veri Linkleri:

Taktik veri link sistemlerinin temel bileşenleri;

- Görev bilgisayarı (ya da komuta kontrol sistemi) uyumlandırma bileşeni
- Veri linki işlemcisi (Çoklu veri link işlemcileri (L11+L16+L22))
- Veri terminaleri (antennelerle birlikte): Link-16 için MIDS, Link-22 için SNC+LLC+SPC.

Taktik veri linkin sağlayacağı kabiliyetler, İHA'lardaki operasyonel ihtiyaçlarına göre, yukarıda sıralanan bileşenlerin nereye konuşlandırılacağı değişebilecektir. Aşağıdaki iki temel kullanım konfigürasyonu düşünülebilir:

1. Terminaler hava platformuna entegre edilerek İHA'nın durum bilgilerini içeren PPLI mesajı ve PLSS mesajı linke gönderilebilir. Veri link işlemcisi görev bilgisayarının bir parçası olarak ya da görev bilgisayarına entegre ayrı bir alt sistem olarak çalışabilir. Alternatif olarak veri link işlemcisi yer sisteminde de çalışabilir. Veri linki işlemcisinin nerede konuşlandırılacağı kullanım konsepti açısından kritik değildir.

Bu durumda;

- Farklı kuvvetlere ait link katılımcıları (Hv.K.K.İği - Barış Kartalı, Dz.K.K.İği - G-Sınıfı Fırkateynler, Dz.K.K.İği - MİLGEM) İHA'nın tam yerini bilebilirler (Müşterek Harekât ve Dost Birlikler Durum Farkındalığı)
- Uçuş kontrol ve faydalı yük ile ilgili durum bilgileri diğer İHA'lar ile paylaşılabilir
- Link 16'ya spesifik olarak, Link-16 menzili, İHA'lar

röle olarak kullanılarak artırılabilir.

2. İHA'nın yer segmentindeki C2 birimlerine terminaler entegre edilebilir. Veri link işlemcisi C2 ile entegre bir alt sistem olarak çalışabilir. Bu durumda;

- İHA C2 birimlerine terminal entegre edilmesi ile, diğer linklere iz bilgileri, resim (image) bilgileri ve durum bilgileri gönderilebilir.
- Diğer katılımcılardan Görev/Komut/EH Koordinasyon ile ilgili mesajlar alınabilir.

Link-16/22, gerek her kuvvetin kendi sistemleri arasında gerekse de kuvvetler arasında ortak çalışabilecek bir Müşterek Taktik Data Link Sistemi'dir. ADY/AMH altyapısının temelini oluşturmaktadır.

Link 16/22'nin bir harekât esnasında aşağıda yer alan işlevleri ve yararları sağlar:

- Harekât alanı durum farkındalığı (situational awareness)
- Komuta/Kontrol sistemleri arasında bağlantı ve bütünleştirme
- Milli, NATO ve çok uluslu kuvvetler ile Birlikte Çalışabilirlik

### Geniş Band Taktik Veri Linkleri:

İHA Sistemlerinin özellikle İGK görevleri sırasında taktik ağ içinde haberleşmek ve veri aktarımı yapabilmek için yüksek bant genişliklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

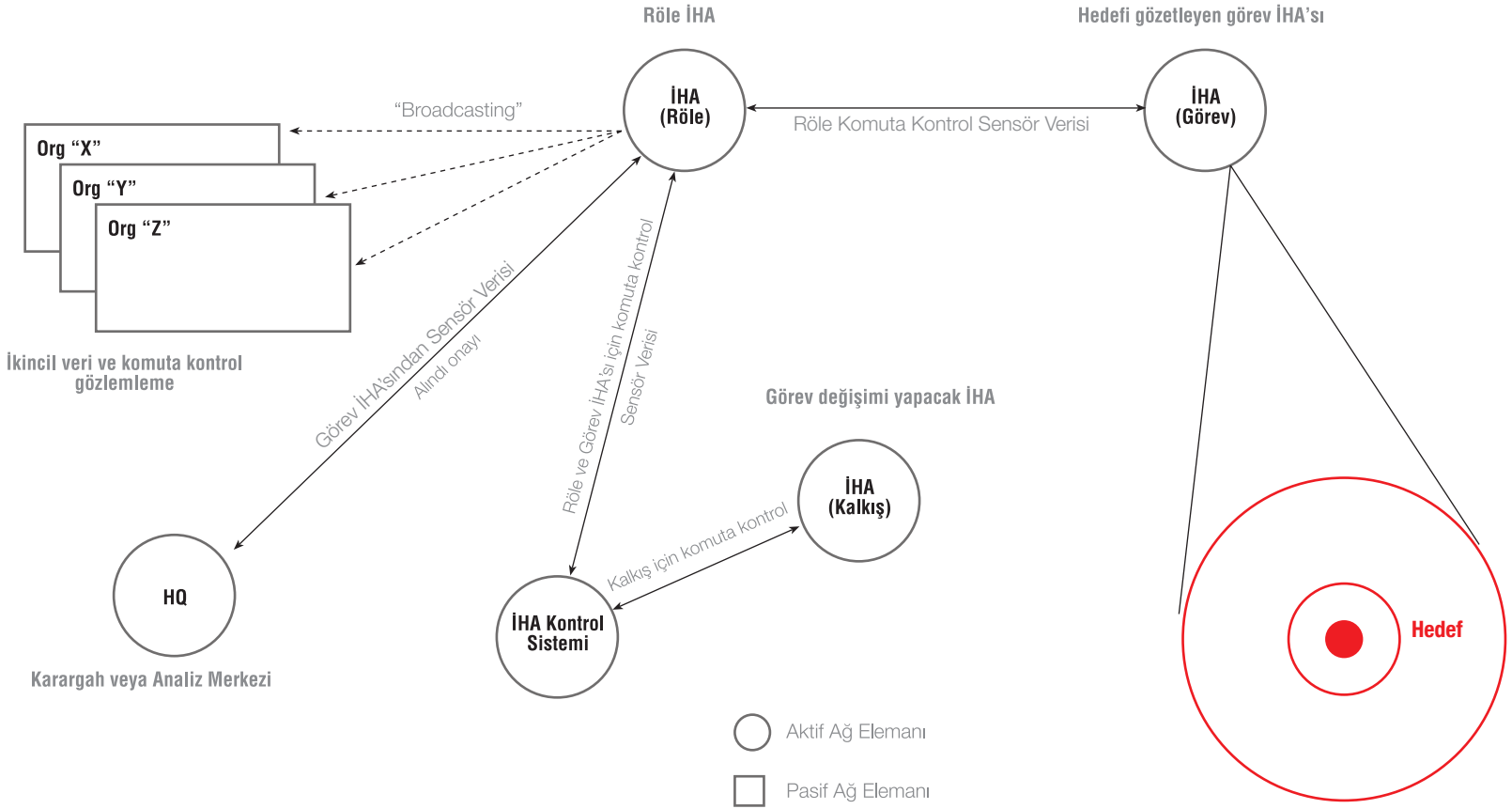
Bu kapsamda çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Örneğin NATO "Komuta/Kontrol Haberleşmesi (IC2DL)", STANAG 4660 olarak tanımlanan mevcut görüş hattı veri haberleşme sistemlerinin de yedeği olarak kullanılacak ağ içinde en az beş noktayı birbirine bağlayan taktik haberleşme sisteminin tanımlaması çalışmalarını gerçekleştirmektedir (Şekil 55).

Ağ merkezli harekât içinde ihtiyaç duyulan node ve veri aktarımı için gerekli bant genişlikleri dikkate alınarak yeni Taktik Veri Linklerinin tanımlanacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca kullanılan Veri Haberleşme Sistemlerinin Taktik Veri Haberleşmesini de içerecek şekilde geliştirileceği ve/veya mevcut sistemlerin modifiye edilerek kullanılacağı değerlendirilmektedir.

### Link 16/22 Fonksiyonel Alanlar

Platform Durum Farkındalığı	Uzay Gözlem Verisi
Hava Gözlem Verisi	Balistik Füze Savunması
Kara Gözlem Verisi	Elektronik Harp
Suüstü Gözlem Verisi	Silah Yönetimi
Sualtı Gözlem Verisi	Komut İletimi
Ağ İzleme ve Yönetimi	Platform Kontrolü

Tablo 32: Link 16/22 Standartlarında Tanımlı Fonksiyonel Alanlar



Şekil 55: Komuta/Kontrol Haberleşmesi (IC2DL)

#### 10.5.1.4 Haberleşme Güvenliği

İHA'larda veri aktarımı sırasında kullanılan sistem özellikleri (çalışma frekansı, veri aktarım hızı, sağlanan bant genişliği, analog/sayısal almaç ve göndermeçler v.b. ), platform özellikleri ve harekât bölgesine bağlı olarak bilinen ve özgün yöntemler kullanılarak veri güvenliği sağlanmaktadır. Bu güvenlik önlemleri RF katman ve akacak verinin içinde veri güvenliğini sağlayacak algoritmaların koşturulduğu sistemler olarak ortaya çıkmıştır.

Ağ Merkezli Harekât ve çoklu İHA kullanımı destekler IP bazlı Hava-Yer-Deniz Sistemlerini içeren ilgili haberleşme ağlarında (kablo ve/veya fiber optik hat) güvenli veri alışverişi yapılabilmesi için günümüzde kullanılan güvenlik uygulamalarının yanında özgün geliştirilecek algoritmalar kullanılarak veri güvenliğinin sağlanacağı değerlendirilmektedir.

EMI/EMC, dinleme ve karıştırma etkilerini azaltmak ve harekât ihtiyacına, mesafe ve veri kapasitesine

bağlı olarak RF'in yanı sıra Infrared, Ultraviole ve Laser üzerinden güvenli veri aktaracak haberleşme sistemlerinin de geliştirileceği değerlendirilmektedir.

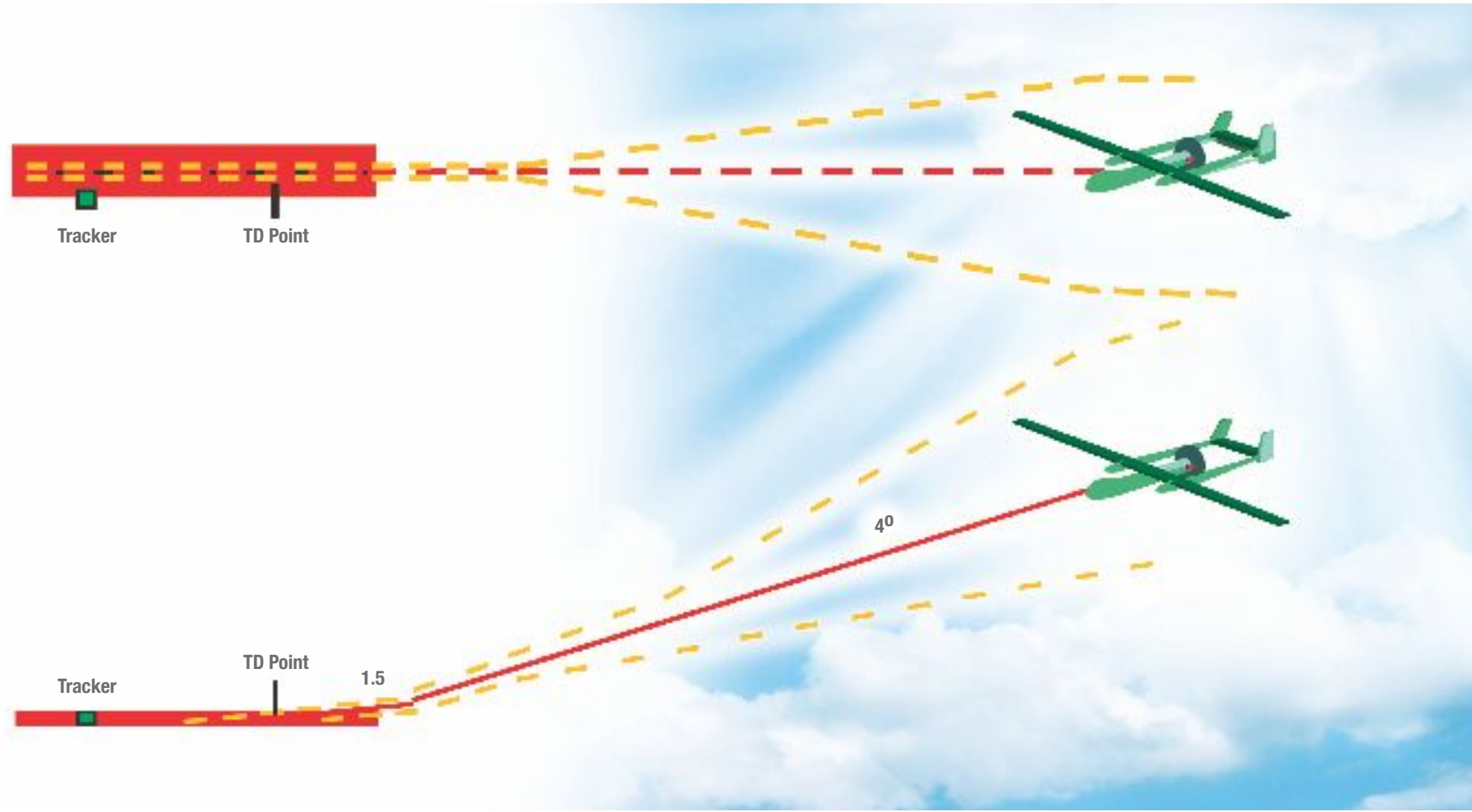
RF katmanda veri güvenliğinin sağlanabilmesi için Haberleşme Sistem mimarisi, frekansı, bant genişliği, operasyon bölgesindeki çevresel etkiler gibi etkenlere bakılarak günümüzde bilinen tayf yayma teknikleri kullanılmaktadır ve kullanılmaya devam edilecektir. Gelecekte ise çok geniş spectrumda (Multi-Channel) çalışan ve farklı güvenlik yöntemlerini içeren akıllı sistemlerin kullanılacağı ve harekât sırasında olası problemler ile karşılaşıldığında örneğin çalışma frekansı ve/veya tayf yayma tekniğini değiştirerek görevini başarı ile yerine getiren sistemlerin kullanılacağı değerlendirilmektedir.

#### 10.5.1.5 Frekans Yönetimi

Frekans tahsisi, veri link sistemleri için önemli konulardan biridir. Sivil telsiz haberleşme teknolojilerindeki gelişme, uygulama ve servislerin

artışı frekans ihtiyacını hızlı şekilde artırmaktadır. Askeri kullanıma tahsis edilen bazı bantlar WiMAX ve 3G gibi sivil teknolojiler tarafından kullanılmaya başlanmıştır ve gelecekte de kullanılacaktır. Bu gibi durumlar ve veri hızı ihtiyacındaki artış askeri sistemler için yeni bant ihtiyacı arayışına sebep olmuştur. Askeri uygulamalarda yüksek taşıyıcı frekansların tercih edilmesi çözüm yöntemlerinden birisi olacaktır.

Belirli bir bölgede, aynı anda çok sayıda İHA'nın birlikte uçurulması, frekans yönetimini zorunlu kılmaktadır. İHA'ların kullanıldığı frekans bantlarında başka sistemlerin de çalışması sorunu daha karmaşık yapmaktadır. Frekans bantlarının limitli olduğu dikkate alınarak, her proje başlangıcında kullanılacak frekansların uygun otoriteden izin alınması sonrasında planlanması gerekmektedir.



Şekil 56: Otomatik İniş Kalkış Sistemi

### 10.5.2 Otomatik İniş Kalkış Sistemi

Günümüzde İHA'ların iniş ve kalkış yöntemleri manuel olarak özel eğitilmiş pilotlar tarafından gerçekleştirilebildiği gibi, bu yöntemleri otomatikleştiren sistemler tarafından da gerçekleştirilmektedir. Operatörün hava aracının uçtuğu yükseklikteki değişken hava şartlarını birinci derecede hissedememesi ve bulunduğu pozisyonu net olarak bilememesi operatör kontrollü iniş için zorlayıcı parametrelerdir. Nispeten büyük boyutlardaki İHA'ları indirip kaldırabilmek için gerekli olan yetişmiş pilotların her boyuttaki sistemde kullanımı, bu değerli insan kaynağının bir anlamda israfına yol açmaktadır. İyi tasarlanmış bir Otomatik İniş Kalkış Sistemi'nin varlığı, operatör hatalarının ve operasyonel sınırlamaların önüne geçebilmektedir.

Otomatik İniş Kalkış Sistemleri hava ve yer

bileşenlerinden oluşur. Yer birimleri genelde algılama ve izleme, hava birimleri kontrol kabiliyetlerine sahiptir. Bununla birlikte, bazı otomatik iniş kalkış sistemleri sadece hassas pozisyonu algılama ve izleme yeteneğine sahiptir.

Güvenilirlik ve yedekleme amacının dikkate alındığı sistemlerde diferansiyel GPS yer birimi ve hava birimi sistemde yerlerini alırlar.

Otomatik iniş kalkış sistemlerinde önem arz eden konulardan birisi de sistemin kendine özgü veri linkinin bulunmasıdır. Bu durum sistemdeki gecikmelerden korunarak hassas pozisyon verisinin gerçek zamanlı olarak hava aracına iletilmesini ve hava aracının kontrolünün gerçek zamanlı olarak yapılabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca hava aracı için kullanılan ana veri linki de sisteme yedek olarak kullanılabilir.

Otomatik iniş ve kalkış sistemlerinde güvenilirliğin artırılması için hava aracında bulunan altimetre, WOW, burun kamerası gibi sensörler de sisteme dahil edilmektedir. Bu sensörler aynı zamanda otomatik iniş kalkış sistemlerinin testleri içinde önem taşımaktadır.

Otomatik iniş kalkış sistemleri, genelde pist üzerinde bulunan bir referans noktaya göre (Teker Koyma Noktası) hassas pozisyon verisi sağlarlar. Bazı sistemler sadece pozisyon verisi sağlarken bazıları içerisinde bulundurduğu otopilot algoritmaları ile hava aracının iniş ve kalkışını gerçekleştirirler. İniş ve kalkışı gerçekleştiren sistemlere hava aracı tarafından sağlanan diğer sensör parametrelerinin hassasiyeti ve veri hızı, otomatik iniş kalkış performansını etkilemektedir.

## 10.6 Yer Sistemleri

Yer Sistemleri, İHA'larda komuta/kontrol, planlama, takip, görüntü işleme/kiymetlendirme, destek (bakım, onarım, vb.), haberleşme ve test temel işlevlerini yerine getirir. Yer Sistemleri altında değerlendirilebilecek birimler bir işleve özel ya da birkaç işlevi bir arada yerine getirebilecek şekilde geliştirilebilir.

Yer Sistemleri, günümüzde temel işlevlerine göre birbirinden fiziksel olarak ayrılmışlardır. Bazı temel işlevler tek başına bir sisteme atanmış durumda iken, bazıları diğer temel işlevler ile birlikte bir sisteme atanmışlardır.

### 10.6.1 Komuta/Kontrol

Komuta/Kontrol kabiliyeti bir İHA Sistemi'nde bulunan birimlerin işlevlerinin kullanıcı (pilot, operatör, teknisyen, vs.) tarafından kontrolü ve yönetimini tanımlamaktadır. İHA Sistemleri'nde kullanıcılar için spesifik roller ve bu roller kapsamında bazı komuta kontrol kabiliyetleri tanımlanmıştır. Bir İHA Sistemi'nin gerçekleştireceği görevler düşünüldüğünde, hava aracı ve görev sistemlerinin komuta kontrolü en önemli kabiliyet olarak görülmektedir.

Sistem elemanlarının yapısına bağlı olarak bu kabiliyetlerin kapsamı artabilmekte ya da azalabilmektedir. Günümüzde, Komuta/Kontrol kabiliyetleri İHA Sistemlerinin sahip oldukları otonomi seviyelerine göre şekillendirilmektedir. Otonomi seviyesi minimumda olan bir İHA için Komuta/Kontrol ihtiyacı maksimum iken, otonomi seviyesi maksimum olan bir İHA için bu ihtiyaç minimumdur.

Komuta/Kontrol kabiliyeti mevcut sistemlerde Yer Kontrol İstasyonlarına (Komuta Kontrol Sistemi) atanmış durumdadır. Bu sistemler İHA'ların kontrolünü sağlayan, karada, havada ya da denizde bulunabilen Komuta/Kontrol merkezleridir. Komuta Kontrol Sistemleri günümüzdeki dinamik harekât ihtiyaçlarına uygun olarak, mobil, dayanıklı ve kompakt şekilde bir korunak olarak tasarlanmışlardır. Komuta/Kontrol Sistemi korunağı, istasyon sistemlerini barındıran fiziksel bir ortamdır ve kullanıcı-makine ara yüzünü sağlamaktadır. İklimlendirmeli klima, temiz hava dolaşımı için havalandırma sistemi, aydınlatma/karartma sistemi ve kullanıcı yaşam ortamına uygun döşeme, yardımcı donanımlar ve aksesuarlar eklenerek, uzun süre operasyon yapmaya uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Bir Komuta Kontrol Sistemi genel olarak; kesintisiz güç kaynağı, çevresel kontrol sistemi, pilot ve görev sistemi operatör konsolları, görev planlaması ve iletişim terminallerini içermektedir. Ayrıca tüm uçuş/görev verileri Komuta Kontrol Sistemi'nde kaydedilebilmektedir. Komuta Kontrol Sistemi içerisindeki tüm konsol ve cihazlar ile aydınlatma, iklimlendirme gibi korunak standart aksesuarlarının güç ihtiyaçları, bir güç sisteminden karşılanmaktadır. Bir korunak içerisinde yerleşmiş bulunan Komuta Kontrol Sistemi'nin elektrik güç ihtiyacı, öncelikle şehir şebekesinden karşılanmakta, şehir şebekesinin olmadığı yerlerde ve durumlarda ise ana güç, daha

önceden mevcut olan harici jeneratör sisteminden sağlanmaktadır. Ana güç kaynağında kesinti olması durumunda ise, sistemi emniyetli bir moda sokana kadar geçen sürede, Komuta Kontrol Sistemi'ni belirlenen süre kadar besleyecek kapasitede bir kesintisiz güç kaynağı dâhil edilmektedir. Komuta Kontrol Sistemi içi güç sistemi izlenebilir ve kumanda edilebilir nitelikte olmaktadır. İstasyon sistemleri, farklı platformlarda sağlanacak arayüzlerle işlevlerini yerine getirebileceğinden korunak zorunlu bir sistem elemanı değildir.

Komuta/Kontrol arayüzleri pilotların ve operatörlerin muhatap oldukları tek nokta olduğundan uzun süreli hava aracı ve görev sistemi kontrollerinde zorluk çekilmektedir. Günümüz İHA Sistemleri'nde pilotun hava aracının dış dünyasını algılama yeteneği algılayıcı kabiliyetleri ile sınırlıdır. Kullanıcıya baş edebileceği kadar iş yükleyip, destek uygulamalar ve donanım (algıla ve sakın sistemleri, geniş görüş açılı kamera sistemleri, vb.) ile de iş yükünün minimuma indirilmesi gerekmektedir. Kullanıcının İHA Sistemi'nin iç dünyası ile ilgili de yeterli bilgiye sahip olması çok önemlidir. Bu amaçla, komuta kontrol kabiliyeti kapsamında bir hata mekanizması barındırılmalıdır. Kullanıcının komuta kontrol işlevini gerçekleştirebilmesi bu mekanizmanın doğru çalışıp kullanıcısına zamanında sistem ile ilgili durum bilgisini iletebilmesine bağlıdır. İHA görevi sırasında kullanıcının hem komuta kontrol işlevini gerçekleştirmek hem de oluşacak hataları algılayıp gidermek gibi görevleri olacağından oluşabilecek en kötü şartlara göre iş yükü hesaplanmalıdır.

Burada üzerinde durulması gereken konulardan bir tanesi ise kullanıcı kontrol arayüzleridir. Kontrol İstasyonları içerisinde kullanıcılar için hava aracı ve/veya faydalı yük kontrolüne adanmış konsollar bulunmaktadır. Kullanıcıların sistemlerle arayüzleri bu konsollarda bulunan arayüz cihazları ile sağlanmaktadır. İnsanlı bir hava aracı pilotunun durum farkındalığı içinde bulunduğu koşullar göz önüne alındığında bir İHA Sistemi pilotuna göre çok daha yüksek seviyededir. Bu noktada devreye kullanıcı arayüz cihazları girmektedir. Yerden kumanda edilerek yapılacak uçuşlar için IFR modda yapılacak görevler hariç, pilotun durumsal farkındalığını artırmak maksadıyla pilotun kafa hareketiyle hareket eden ve baktığı yöne yönlenen kameralar ve LCD gözlükler veya simülatör ortamındaki gibi cam-kokpit uygulaması benzeri bir yapının kullanılması değerlendirilmelidir. İHA Sistemi pilotlarının uzun süreli görev gerçekleştirmesi sebebi ile ergonomisi yüksek ve barındırdığı işlev bakımından maksimum kullanıcı performansının hedeflendiği arayüz cihazları Komuta Kontrol Sistemleri'ne dahil edilmelidir. Benzer bir durum operatörler için de geçerlidir. İHA Sistemi görevleri faydalı yüklerin hızlı ve verimli bir şekilde kontrol edilmesi kabiliyetini gerektirmektedir. Bu kabiliyet ancak arayüz cihazlarının göreve ve faydalı yüke uygun atanması ile kullanılabilir.

### 10.6.2 Görev Planlama ve Takip

İHA'lar göreve çıkmadan önce elde edilen

istihbarat bilgileri, operasyon gereklilikleri ve uçuş kısıtları göz önünde bulundurularak rota ve görev optimizasyonlarını içeren görev planlaması yapılmaktadır. Görev planlama işlevi aşağıdaki alt işlevleri altında barındırmaktadır:

- Uçuş Rota Planlama
- Faydalı Yük Planlama
- Haberleşme Planlama
- Görev Takip
- Görev Yükleme
- Sayısal Kayan Harita

Günümüz hedef ve keşif sistemlerinde en yaygın olarak rota planlama işlevinin kullanıldığı görülmektedir, ancak yukarıda bahsedilen temel işlevler kapsamında ihtiyaçların gerekli kıldığı;

- Operasyonel görev planının hazırlanması (uçuş bölge haritasının seçilmesi ve gösterilmesi, uçuş noktaları (way-point), irtifa ve hız bilgilerinin girilmesi, girilen bilgilerin değiştirilmesi, silinmesi, yeni bilgilerin eklenmesi),
- Hazırlanan görev planının veri tabanında saklanması,
- Daha önce kaydedilen planların yeniden yüklenip değiştirilmesi ve silinmesi,
- Arazi yükseklik analizinin ve uçuş güvenliği ile ilgili bölge (NOTAM) analizlerinin yapılması,
- Raster ve DTED haritalarının kullanılması,
- İstihbarat bilgilerinin kullanılması,
- Meteoroloji verilerinin kullanılması,
- Çakışma kontrollerinin yapılması
- Coğrafi Bilgi Sistemi kabiliyetleri,
- Yakıt kullanım ve zaman hesaplarının yapılması,
- Girilen görev planının, hava aracı aviyonik kabiliyetine göre kontrol edilmesi,
- Arama/kurtarma paternlerinin girilmesi,
- Hava aracı üzerindeki faydalı yüklerin görev planı doğrultusunda planlanması,
- Görev planının provası (kayan harita ve 3 boyutlu gösterim) ve uçuş sonrası görevin değerlendirilmesi fonksiyonları yerine getirilmektedir.

Mevcut İHA Sistemlerinde, Görev Planlama ve Takip kabiliyeti Kontrol İstasyonları üzerinde barındırılmaktadır. Görev öncesinde belirlenen harekât planı bir yazılım üzerinden bilgisayar ortamına aktarılmakta ve yukarıda belirtilen analizler bu ortamda gerçekleştirilmektedir. Plan içerisinde kullanılan bir takım bilgiler C4I arayüzlerinden alınıp yine bilgisayar ortamında entegre edilmektedir. Planlama işlevinin son aşaması, planın hava aracına yüklenmesidir. Planlama kabiliyetini sadece Kontrol İstasyonu ile sınırlamak gelecek harekât ihtiyaçları için yeterli olmayabilir. Bu kapsamda, benzer ancak bağımsız dinamik planlama kabiliyetlerinin sisteme entegrasyon yöntemleri geliştirilmelidir.



Günümüzde İHA'lar genel itibarıyla istihbarat, gözetleme ve keşif amacıyla kullanılmaktadır. Bu kapsamda yapılan planlamalar ilgili bölgelerin takip edilebilmesi ve istenilen bilgilerin toplanılabilmesi için rotanın yakıt/zaman, tehditten kaçınma, vb kriterler çerçevesinde, hava aracının görevini emniyetli bir şekilde gerçekleştirmesi için gerekli hesaplamaların yapılması ve görevin icra edilmesi şeklindedir.

Plan takip işlevi en az planlama kadar önem arz etmekte ve hız, güvenilirlik ve emniyet açısından üzerinde durulması gerekmektedir.

Bunlara ek olarak, İHA sayısı arttıkça sürü planlamaya yönelik çalışmaların ve optimizasyonların yapılması gerekecektir. Sürü planlamadan önce avcı ve bombardıman uçaklarının da planlanması gerekiyorsa, COMAO paketindeki uçuşlarında optimize olarak planlamasına gerek duyulacaktır. Hava araçlarının otonomi seviyesi arttıkça üstlerine yüklenmesi gereken bilgi miktarı artacak, bu da görev planlama sistemlerinin gerekli bütün bilgileri sağlayacak şekilde ilgili komuta kontrol ve bilgi sistemlerine entegrasyonunu gerektirecektir.

### 10.6.3 Görüntü İşleme/ Kıymetlendirme

İHA Sistemlerinin temel uygulaması olan istihbarat görevleri için vazgeçilmez bileşenlerden birisi de İHA'lar tarafından elde edilen görüntülerin en hızlı şekilde işlenerek kıymetlendirilmesi ve gözle ayırt edilemeyen bilginin dahi ortaya çıkartılmasının sağlanmasıdır. Bu konuda kullanılacak olan sistemlerde insan müdahalesinin en aza indirilmesi, ihtiyaca uygun bilginin toplanması, analiz edilmesi, diğer bilgiler ile birleştirilmesi ile en doğru istihbaratın oluşturularak ihtiyaç makamına zamanında bildirilmesi, doğru kararların zamanında alınması açısından büyük önem arz etmektedir.

İstihbarat, gözetleme ve keşif İHA'larını anlamlı kılan bu kabiliyet ile elde edilen verilerin son kullanıcı açısından anlamlı/kullanılabilir hale getirilmesi amaçlanmakta olup faydalı yük çıktılarının işlenmesi/kıymetlendirilmesi ile sağlanmaktadır. Günümüz Görüntü Kıymetlendirme Sistemleri'nde (GKS) faydalı yük çıktıları üzerinde aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmesi beklenmektedir.

#### • Veri Alma/Çözme/Gösterme

- EO/IR video alma/çözme/gösterme
- SAR/ISAR alma/çözme/gösterme
- GMTI alma/çözme/gösterme
- Verilerin coğrafi bilgi sistemi ile birlikte gösterimi
- Verilerin kaynaştırılarak gösterimi

#### • Kıymetlendirme

- Veri İyileştirme
  - Gürültü Azaltma (EO/IR, SAR/ISAR)
  - Süper Çözünürlük (EO/IR, SAR/ISAR)
  - Parlaklık/Kontrast Normalizasyonu
  - Histogram Eşitleme
  - Kenar Zenginleştirme
  - Yumuşatma
  - Keskinleştirme
  - Odak Düzeltme
  - Hareket Etkisi giderimi
- Fotogrametri
  - Mozaikleme
  - Coğrafi Kayıt
  - DEM Üretme
  - Görüntü Doğrultulması
- Veri Analizi
  - Hedef Analizi
    - Hedef Tespiti
      - Video Hareketli Hedef Tespiti
      - SAR Sabit Hedef Tespiti (FTI)
      - IR Sıcak Nokta Tespiti
    - Hedef Kümesi Tespiti (EO/IR, SAR/ISAR)
    - Hedef Teşhis, Tanıma (EO/IR, SAR/ISAR)
    - Hedef Takibi (EO/IR, GMTI)
  - Değişiklik Analizi (EO/IR, SAR/ISAR)
  - Olay/Durum Analizi

- Ölçümlendirme
- Veri Görselleştirme
  - 3 Boyutlu Sahne Üretme
  - Perspektif Sahne Üretimi
  - Stereo Görüntü Üretme Ve Görüntüleme
- Verilerin kaynaştırılarak analizi
- Veri Açıklama ve Raporlama
  - Görüntü Açıklama (Anotasyon) ve Yönetimi
  - Bulgu Üretimi
  - Bulgu Tarihçe Takibi
  - Görüntü Açıklama ve Sembolleme
  - Nesne Sayma ve Raporlama

#### • Arşivleme

#### • İstihbarat Talebi Hazırlama, Rapor Yönetimi ve Dağıtım

Genel olarak, bu doğrultuda Görüntü Kıymetlendirme Sistemleri, kendilerine iletilen istihbarat taleplerini alabilmeli, bu talebe uygun olarak kendi veritabanını kullanarak talebe cevap verebilmeli, talebe uygun veri, veri tabanında yer almıyor ise buna uygun talebi planlama bölümlerine aktarabilmelidir. Ayrıca, kendisine sürekli akan verileri alabilmeli, kaydedebilmeli, çözebilmeli, gösterebilmeli, faydalı yük çıktısı üzerinde yukarıda tanımlanan kıymetlendirme fonksiyonlarını yerine getirebilmeli, kıymetlendirilen görüntüleri arşivleyebilmeli, talebe uygun rapor oluşturulabilmeli ve istek makamına güvenli bir şekilde iletilebilmelidir.

Bu işlemlerin icrası sırasında belli Standart ve STANAG'lara uygun işlem yapılması Görüntü işleme/kıymetlendirme alanında birlikte çalışabilirlik ve entegrasyon açısından büyük bir önem arz etmektedir.

## 10.7 İHA Sistemlerine Yönelik Bazı Standartlar

### Birlikte Çalışabilirlik Standartları

STANAG 4586	Standard Interfaces of UAV Control Systems (UCS) for NATO UAV Interoperability
AEDP-2	NATO Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) Interoperability Architecture (NIIA), Volume 1
STANAG 4660	Standard Interoperable Command and Control Data Link (IC2DL) for NATO UAV Interoperability

### Uçuşa Elverişlilik/Uçuş Emniyeti Standartları

STANAG 4671	UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR) for NATO military UAV Systems
STANAG 4702	Rotary Wing UAV Systems Airworthiness Requirements
STANAG 4703	Light UAV Systems Airworthiness Requirements
ICAO, Annex 10 - Volume IV	Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems
RTCA, SC203	Unmanned A/C Systems
STANAG 4670	Recommended Guidance for the Training of Designated Unmanned Aerial Vehicle Operator (DUO)

### Veri Aktarım Standartları

STANAG 7085	Interoperable Data Links for Imaging Systems
STANAG 5500	NATO Message Text Formatting System (Formets) ADatP-3 Build 11
STANAG 3277	Air Reconnaissance Request/Task Form
STANAG 3377	Air Reconnaissance Intelligence Report Forms
STANAG 3596	Air Reconnaissance Requesting and Target Reporting Guide
STANAG 5516	Tactical Data Exchange - Link 16

### Video/Resim Standartları

STANAG 4607	NATO Ground Moving Target Indicator Format (NGMTIF)
STANAG 4609	NATO Digital Motion Imagery Format
STANAG 7023	Air Reconnaissance Primary Imagery Standard
STANAG 4545	National Secondary Imagery Format
STANAG 3769	Minimum Resolved Object Sizes and Scales for Imagery Interpretation
STANAG 4559	NATO Standard Image Library Interface (NSILI)

### Lojistik Standartları

MIL-STD-1388-1A	Logistic Support Analysis, 1983
MIL-STD-1388-2B	DOD Requirements for a Logistic Support Analysis Record, 1991
S1000D	International Specification for Technical Publications utilizing a Common Source Database
S2000M	International Specification for Material Management - Integrated Data Processing for Military Equipment
PLCS (ISO 10303-239)	Product Life Cycle Support (ilgili DEX (Data Exchange) setleri)

### Kayıt Arayüzü Standartları

STANAG 4575	NATO Advanced Data Storage" (NADS)
STANAG 7024	Air Reconnaissance Tape Recorder Interface

---

## Harici Yük Entegrasyonu Standartları

---

MIL-STD-1760	Interface Standard for Aircraft/Store Electrical Interconnection System
MIL-STD-8591	Airborne Stores, Suspension Equipment and Aircraft-Store Interface (Carriage Phase)
MIL-HDBK-1763	Aircraft/Stores Compatibility: Systems Engineering Data Requirements and Test Procedures

---

## Coğrafi Bilgi Sistem Standartları

---

ISO 19111	Spatial Referencing by Coordinates
ISO 19125	OGC Simple Feature Access OGC Web Feature Service
ISO 19128	OGC Web Map Service OGC Filter Encoding, Symbology Encoding, and Styled Layer Descriptor

---

## Diğer Standartlar

---

MIL HDBK 217F	Reliability Prediction of Electronic Equipment
MIL HDBK 454	Standard General Requirements for Electronic Equipment
MIL STD 461	Requirements for the Control of Electromagnetic Interference, Emissions and Susceptibility (Parts 1&2)
MIL STD 462	Measurements of Electromagnetic Interference Characteristics
MIL-STD-498	Defense System Software Development
MIL STD 704	Aircraft Electric Power Characteristics
MIL STD 810	Environmental Test Methods
MIL-STD-1553	Digital Time Division Command / Response Multiplex Data Bus
MIL-STD-1472	Human Engineering Design and Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities
MIL-STD-785	Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production
MIL-HBK-338	Electronic Reliability Design Handbook
RTCA DO-254	Design Assurance Guidance For Airborne Electronic Hardware
RTCA DO-178B	Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification
GIAS (N0101-G)	Geospatial Imagery Access Services
MIL-STD-2500	National Imagery Transmission Format Version 2.1
MIL-STD-2525	Common Warfighting Symbology
MIL-STD-2401	World Geodetic System - 84 (WGS - 84)
STANAG 4193	Technical Characteristics of IFF Mk XA and Mk II Interrogators and Transponders
DO304	Guidance, Materials and Considerations for UAS, 2007



## 10.8 İHA Sistemleri Görev İhtiyaçları Matrisi

Görev Alanları	Kullanım Ortamı	Mevcut Kabiliyetler	İhtiyaç Vadesi
[Kısa (2011-2015) / Orta (2016-2020) / Uzun (2021-2030)]			
<b>Keşif Gözetleme Desteği</b>			
Taktik Saha Keşif/Gözetleme-1 (TKG-1)	Kara	Bayraktar,Malazgirt (döner kanat)	Mevcut - Kısa/Orta
Taktik Saha Keşif/Gözetleme-2 (TKG-2)	Kara/Deniz	Çaldıran, Karayel (geliştirme); Aerostar (kiralık)	Kısa
Taktik Saha Keşif/Gözetleme-3 (TKG-3)	Kara/Deniz/Hava	Gözcü	Mevcut - Kısa/Orta
Stratejik Keşif/Gözetleme-1 (SKG-1)	Kara/Deniz/Hava	Heron, Anka (geliştirme), Dominator-2 (kiralık)	Kısa
Stratejik Keşif/Gözetleme-2 (SKG-2)	Hava	-	Orta
<b>Taarruz</b>			
İç Güvenlik (İG)	Kara/Hava	İnsanlı Hava Araçları (AH-1P/W)	Kısa
Yakın Hava Desteği (YHD)	Kara/Deniz/Hava	İnsanlı Hava Araçları (F-4/F-16)	Uzun
Hava Savunma Sistemlerinin İmhası (HSİ)			
Hava Savunma Sistemleri İmhası-1	Hava	Harpy	Kısa
Hava Savunma Sistemleri İmhası-2	Hava	İnsanlı Hava Araçları (F-4/F-16'dan HARM füzesi)	Uzun
Hava Sahası Savunma (HSS)	Hava	İnsanlı Hava Araçları (F-16)	Uzun
<b>Hedef Benzetimi</b>			
Hedef Benzetimi-1 (HU-1)	Kara/Deniz/Hava	Turna, Banshee, Keklik	Mevcut
Hedef Benzetimi-2 (HU-2)	Kara/Deniz/Hava	-	Kısa
Sahte Uçak (SU)	Hava	-	Orta
<b>Elektronik Harp</b>			
Sinyal İstihbaratı (Sİ)	Kara/Deniz	İnsanlı Hava Araçları	Orta
Radar Elektronik Harp - Karıştırma (REHK)			
Radar Elektronik Harp - Karıştırma -1 (REHK-1)	-	İnsanlı Hava Araçları?	Orta
Radar Elektronik Harp - Karıştırma -2 (REHK-2)	-	-	Kısa
Radar Elektronik Harp - Karıştırma -3 (REHK-3)	-	-	Uzun
Muhabere Elektronik Harp - Karıştırma (MEHK)	-	-	Orta
Önleyici Elektronik Harp (ÖEH)	-	-	Orta
<b>Özel Görevler</b>			
Haberleşme Desteği (HD)	Kara/Deniz	-	Kısa
Mayın/Patlayıcı Tespit (MPT)	Kara/Deniz	-	Kısa
Kimyasal-Biyolojik-Radyoaktif-Nükleer Tespit (KBRNT)	-	-	Orta
Kentsel Harp (KH)	-	-	Kısa
Çoklu İHA Görevi (Çİ)	-	-	Uzun
Deniz Karakol/ Denizaltı Savunma Harbi (DK/DS)	Deniz	İnsanlı Hava Araçları (CN-235 MPA/AB-212 ASW/SH-60B)	Orta/Uzun
Kargo Taşıma (KT)	Kara/Hava	UH-60,UH-1H,AS-532	Orta/Uzun
Arama-Kurtarma/Lojistik (AK/L)	Kara/Hava	UH-60,UH-1H,AS-532	Orta/Uzun

## 10.9 İHA Sistemleri Özellikleri

ÖZELLİKLER *		İHA-1 Küçük İHA Sistemi	İHA-2 Pistten Kalkan/ İnen Taktik İHA Sistemi	İHA-3 Pist Gerektirmeyen Taktik İHA Sistemi	İHA-4 Yüksek Hızlı Hedef Uçak/Sahte Uçak
<b>OPERASYONEL</b>					
İRTİFA (km, ft)	Azami	<10kft	<20kft	<15kft	<30kft
	Görev	10kft			>30ft (deniz) / >300ft (arazi)
AZAMI UÇUŞ SÜRESİ (saat, dakika)		<3 saat	<12 saat	<8 saat	<6 saat
HAREKÂT YARIÇAPI (km)		<15 km (LOS)	<4000km	<150km	<150km
HIZ (kts, M)	Azami	40kts	< 0.3M	120 kts	<0.8M
	Seyir	<30kts		80 kts	<0.4M
	Görev	<30kts			
AZAMI TIRMANIŞ HIZI (ft/min)		<300@DS			
İNTİKAL/KONUŞLANMA		Taşınabilir	Pist, üs, hangar	Hareketli, kamyon, üs, pist	Hareketli, kamyon
<b>HAVA ARACI</b>					
İTKİ	Motor	Elektrik	Piston / Hibrit	Piston / Hibrit	Motorsuz / Turbojet / Piston
	Güç			<50HP	< 1000N
	Yakıt	Pil veya alternatifi			
	Kapasite (lt)				
AĞIRLIK (kg)	Boş	<1kg			
	Yakıt	<3kg			
	F.Yük	<1kg	<50kg	<40kg	<40kg
	AKA	<5kg	<500kg	<250 kg	<250kg
	BOYUTLAR (m)	Uzunluk	<2m		3m
	Kanat Açıklığı	<1.5m		4m	2-5m
	Yükseklik			<1m	<1-2m
AVİYONİKLER	Bilgisayar	Tek kontrol bilgisayarı	Tek veya ikili yedekli kontrol bilgisayarı	Tek veya ikili yedekli kontrol bilgisayarı	Tek kontrol bilgisayarı
	Seyrüsefer	GPS veya GPS/INS	GPS/INS	GPS/INS	GPS veya GPS/INS
	IFF/ATC	-	Mod III C	Mod III C	-
KALKIŞ&İNİŞ		Kalkış: Elle fırlatma İniş: Piste veya paraşütlü	Yarı Hazırlanmış Pistten İniş: Paraşütle	Kalkış: Rampa veya Roketli İniş: Paraşütle	Kalkış: Rampa veya Roketli / Uçaktan Bırakma
GÜDÜM&KONTROL		Önceden programlı görev Elle uçuş	Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı görev Otomatik İniş/Kalkış
BEKA		Düşük	Düşük / Yüksek	Düşük / Yüksek	Harcanabilir / Düşük / Yüksek
<b>GÖREV/HABERLEŞME</b>					
Faydalı Yük(ler)	Algılayıcı	TKG-1: EO veya IR	TKG-2: EO / IR / LRF MEHK: EO / IR / LRF + Haberleşme ED / ET Sistemi REHK-2 <sup>1</sup> : EO / IR + Radar ED / ET Sistemi ÖEH: RF Köreltme Karıştırma veya Tetikleyici Sinyal Emülatörü veya Değişiklik Tespit <sup>1</sup> Hava aracı sarf edilebilirse	TKG-3: EO / IR / LRF HU-1: Radar /Isıl /Görsel İz Arttırıcı + Skor Kaydedici + Karşı Tedbir Atma Sistemi <sup>2</sup> (opsiyonel) HSİ-1: Harp başlığı + Radyasyon veya IR Arayıcı <sup>2</sup> Uygun boyutta	HU-2: Radar / Görsel İz Arttırıcı + Skor Kaydedici + Karşı Tedbir Atma Sistemi <sup>3</sup> SU: Radar İz Arttırıcı <sup>3</sup> Uygun boyutta
	Silah				
Veri Link(ler)i	Tip	LOS	LOS	LOS	LOS
	Bant Genişliği (Hz)				
	Veri Hızı (bps)				
Komuta/Kontrol Link(ler)i		Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden
Diğer Görevler		Sivil Uygulamalar	Mayın/Patlayıcı Tespit, KBRN Tespit + Sivil Uygulamalar	KBRN Tespit + Sivil Uygulamalar	KBRN Tespit

ÖZELLİKLER *		İHA-5 Orta İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi	İHA-6 Yüksek İrtifa/Uzun Dayanımlı İHA Sistemi	İHA-7 Yüksek İrtifa/Sinsi İHA Sistemi	İHA-8 İnsansız Savaş Uçağı
<b>OPERASYONEL</b>					
İRTİFA (km, ft)	Azami	26kft-30kft	<65kft	<45kft	<45kft
	Görev	15kft-20kft		>3000ft (AGL)	>3000ft (AGL)
AZAMI UÇUŞ SÜRESİ (saat, dakika)		<24 saat	<36 saat	<12 saat	<4 saat
HAREKÂT YARIÇAPI (km)		<250 km (LOS) BLOS	>250km	4000km	<200km
HIZ (kts, M)	Azami	200kts	< 0.6M	<1M	<1M
	Seyir	90-150 kts		<0.6M	<0.6M
	Görev	100-120 kts		<0.4M	<0.4M
AZAMI TIRMANIŞ HIZI (ft/min)		700-1000@DS		3000 ft/min	3000 ft/min
İNTİKAL/KONUŞLANMA		Taşınabilir veya sabit		Pist, üs, hangar	Hareketli, kamyon, +üs, +pist
<b>HAVA ARACI</b>					
İTKİ	Motor	Turbo takviyeli benzinli veya ağır yakıtlı, piston pervaneli	Turboprop / Turbofan	Turbofan	Turbofan
	Güç	99-180bg@DS		20kN	25kN
	Yakıt	AVGAS veya Jet Yakıtı		JP8	JP8
	Kapasite (lt)	300-500		1000	<2000
AĞIRLIK (kg)	Boş	900-1400kg (SKG-1 için)		<3000 kg	<5000kg
	Yakıt	200-400kg (SKG-1 için)		<1000 kg	<2000kg
	F.Yük	<200kg	<2000kg	<2000 kg	<2000kg
	AKA	<2000kg	< 15000 kg	<6000 kg	<9000kg
BOYUTLAR (m)	Uzunluk	4-8m		7-9m	9-11m
	Kanat Açıklığı	10-20m		8-12 m	10-12m
	Yükseklik	1,5-3m		3m	3m
AVİYONİKLER	Bilgisayar	İkili yedekli kontrol bilgisayarları	İkili ya da üçlü yedekli kontrol bilgisayarları	İkili ya da üçlü yedekli kontrol bilgisayarları	2'li ya da 3'lü yedekli kontrol bilgisayarları
	Seyrüsefer	GPS/INS	GPS/INS	GPS/INS	GPS/INS
	IFF/ATC	Mod III C veya IV-V	Mod III C veya IV-V	Mod III C veya IV-V	Mod III C veya IV-V
KALKIŞ&İNİŞ		Pistten, <2500m	Pistten	Pistten	Pistten
GÜDÜM&KONTROL		Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı görev
BEKA		Düşük - Orta	Düşük / Orta / Yüksek	Aktif / pasif – Çok Yüksek	Aktif / pasif – Çok Yüksek
<b>GÖREV/HABERLEŞME</b>					
Faydalı Yük(ler)	Algılayıcı	SKG-1: EO / IR / LD / LRF + SAR / ISAR İG: EO / IR / LD / LRF Sİ: EO / IR / LD / LRF + ELINT veya EO / IR + COMINT MEHK: EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi REHK-1: EO/IR + Radar ED/ET Sistemi	SKG-2: EO / IR / LD / LRF veya EOLOROP + SAR/ISAR Sİ: EO / IR + SAR / ISAR + ELINT + COMINT REHK-1: EO / IR + Radar ED / ET Sistemi, MEHK: EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi YHD: EO / IR / LD / LRF	REHK-3: EO / IR / LD / LRF + Radar ED / ET Sistemi HSİ-2: EO / IR / LD / LRF HSS: EO / IR + Arama / Takip / Güdüm Radarı	REHK-3: EO / IR / LD / LRF + Radar ED / ET Sistemi HSİ-2: EO / IR / LD / LRF HSS: EO / IR + Arama / Takip / Güdüm Radarı HSS: Hava Radarı
		Silah	İG: Roket/Füze YHD: çoklu 250lb altı hava / yer mühimmatı	HSİ-2: Dâhili anti-radyasyon füzesi ve/veya hava-yer mühimmatı HSS: Dâhili / harici taşınan hava-hava mühimmatı	HSİ-2: Dâhili anti-radyasyon füzesi ve/veya hava-yer mühimmatı HSS: Dâhili / harici taşınan hava-hava mühimmatı
Veri Link(ler)i	Tip	LOS / BLOS	LOS / BLOS	LOS / BLOS	LOS / BLOS
	Bant Genişliği (Hz)				
	Veri Hızı (bps)				
Komuta/Kontrol Link(ler)i		Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden
Diğer Görevler		Haberleşme Desteği, Mayın/Patlayıcı Tespit, KBRN Tespit, Deniz Karakol (Algılama), Denizaltı Savunma Harbi (Algılama) + Sivil Uygulamalar	Haberleşme Desteği, Mayın/Patlayıcı Tespit, KBRN Tespit, Deniz Karakol, Denizaltı Savunma Harbi + Sivil Uygulamalar		

ÖZELLİKLER *		İHA-9	İHA-10	İHA-11 Rotorlu Hızlı İntikal İHA Sistemi	İHA-12 Rotorlu Kargo Taşıma İHA Sistemi
		Rotorlu Küçük İHA Sistemi	Rotorlu Taktik İHA Sistemi		
<b>OPERASYONEL</b>					
İRTİFA (km, ft)	Azami	10000ft	18000 ft	20000 ft	15500 ft
	Görev				
AZAMI UÇUŞ SÜRESİ (saat)		1	6	8	3
HAREKÂT YARIÇAPI (km)		10		200	
HIZ (kts)	Azami	70	130	200	156
	Seyir				
	Görev				
AZAMI TIRMANIŞ HIZI (ft/min)			1000		2000
İNTİKAL/KONUŞLANMA		Hareketli, kamyon, +üs, +pist	Pist, üs, hangar	Hareketli, kamyon, +üs, +pist	Pist, üs, hangar
<b>HAVA ARACI</b>					
İTKİ	Motor	Elektrik	Piston	Turboshaft	Turboshaft
	Güç		250HP	600 HP	1300 HP
	Yakıt		Avgas	Jet Yakıtı	Jet Yakıtı
AĞIRLIK (kg)	Boş		700	600	2500
	Yakıt		200	300	750
	F.Yük		500	200	1500
	AKA	15	1400	1100	5000
BOYUTLAR (m)	Uzunluk		9		12
	Rotor Çapı		10		12
	Yükseklik		3		3
KALKIŞ&İNİŞ		Dikine	Dikine	Dikine	Dikine
AVİYONİKLER	Bilgisayar	Tek kontrol bilgisayarı	Tekli veya ikili yedekli kontrol bilgisayarı	Tekli veya ikili yedekli kontrol bilgisayarı	İkili veya üçlü yedekli kontrol bilgisayarı
	Seyrüsefer	GPS veya kentsel harpte sonar / lazer	GPS/INS	GPS/INS	GPS/INS
	IFF/ATC	-	Mod IIIC	Mod IIIC	Mod IIIC veya IV-V
KALKIŞ&İNİŞ		Pistten, <2500m	Pistten	Pistten	Pistten
GÜDÜM&KONTROL		Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı veya otonom görev Otomatik İniş/Kalkış	Önceden programlı görev Otomatik İniş/Kalkış
<b>GÖREV/HABERLEŞME</b>					
Faydalı Yük(ler)	Algılayıcı	TKG-4: EO veya IR	TKG-5: EO / IR / LD / LRF İG: EO / IR / LD / LRF MEHK: EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi REHK-2: EO / IR + Radar ED / ET Sistemi AK/L: EO / IR + PLS + Kargo Taşıma Sistemi	TKG-5: EO / IR / LD / LRF İG: EO / IR / LD / LRF MEHK: EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi REHK-2: EO / IR + Radar ED / ET Sistemi	AK/L: EO / IR + PLS + Kargo Taşıma Sistemi TKG-5: EO / IR / LD / LRF İG: EO / IR / LD / LRF MEHK: EO / IR + Haberleşme ED / ET Sistemi REHK-1: EO / IR + Radar ED / ET Sistemi
	Silah		İG: Roket/Füze	İG: Roket/Füze	İG: Roket/Füze
Veri Link(ler)i		LOS	LOS BLOS (İG ve MPT)	LOS BLOS (İG ve MPT)	LOS/BLOS
Komuta / Kontrol Link(ler)i		Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden	Veri Linki Üzerinden
Diğer Görevler		Kentsel Harp Özel Harekât Destek Sivil uygulamalar	Önleyici Elektronik Harp Mayın/Patlayıcı Tespit Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit Sivil uygulamalar	Önleyici Elektronik Harp Denizaltı Savunma Harbi (Algılama) Mayın/Patlayıcı Tespit Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit Sivil uygulamalar	Kargo Taşıma Denizaltı Savunma Harbi (Algılama / Taarruz) Sivil uygulamalar
* Tablodaki genel değerlendirmeler teknolojik gelişmelere bağlı olarak sürekli güncellenecektir.					









### 10.11.2 Avrupa Sivil İHA Yol Haritası Sınıflandırma Yöntemi

Avrupa sivil insansız hava araçları yol haritasında kullanılan, ağırlık ve uçuş irtifasını temel alan sınıflandırma aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	Kalkış Ağırlığı (kg)	Uçuş irtifası (ft)
<b>Mikro</b>	<7	<400
<b>Mini</b>	8-400	300-4000
<b>Döner Kanat</b>		
<b>MALE</b>	400-4000	15000-45000
<b>HALE</b>		>45000

Tablo 34: Avrupa Sivil İHA Yol Haritası Sınıflandırması

### 10.11.3 Amerika Birleşik Devletleri Sınıflandırma Yöntemi

Amerika Birleşik Devletleri'nde yıllar içerisinde çeşitli kuvvetler ve organizasyonlar tarafından farklı sınıflandırmalar kullanılmış olup halihazırda kullanılan ve JUAS COE tarafından oluşturulan ağırlık, uçuş irtifası ve hız tabanlı sınıflandırma aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Sınıf	Maks. Kalkış Ağırlığı (lb)	Uçuş İrtifası (ft)*	Seyir Hızı (kts)	Örnek Platform
<b>Grup 1</b>	< 20	< 1200 AGL	< 100	WASP III, BATCAM, Pointer, Aqua/Terra Puma
<b>Grup 2</b>	21-55	< 3500 AGL	< 250	ScanEagle, Silver Fox, Aerosonde
<b>Grup 3</b>	< 1320	< 18000 MSL	< 250	RQ-7B, RQ-15
<b>Grup 4</b>	> 1320	< 18000 MSL	Her hız	MQ-5B, MQ-8B, MQ-1A/B/C
<b>Grup 5</b>	> 1320	> 18000 MSL	Her hız	MQ-9A, RQ-4, RQ-4N, Global Observer

Tablo 35: ABD JUAS İHA Sınıflandırması



#### 10.11.4 “UVS International” Sınıflandırma Yöntemi

İnsansız araçlara yönelik çok sayıda üniversite ve sanayi kuruluşunun üye olduğu uluslararası bir organizasyon olan “UVS International” tarafından yayınlarında kullanılan menzil, ağırlık, uçuş irtifası ve hız tabanlı sınıflandırma aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Bu sınıflandırmaların birçoğunda, görüldüğü üzere, yapısal olarak sabit kanat, döner kanat veya dikine iniş-kalkış yapan araçlar ayrıca gruplandırılmamış olup mevcut gruplar altında mikro, mini, orta menzil, vb.) birlikte ele alınmıştır.

İHA Kategorileri	Kısaltma	Menzil (km)	Uçuş irtifası (m) / (ft)	Uçuş süresi (saat)	Kalkış Ağırlığı (kg)
<b>Taktik</b>					
Nano	η	<1	100 (300)	<1	<0.025
Mikro	μ	<10	250 (800)	1	<5
Mini	mini	<10	300 (1000)	<2	<30
Yakın Menzil	CR	10-30	3000 (10000)	2-4	150
Kısa Menzil	SR	30-70	3000 (10000)	3-6	200
Orta Menzil	MR	70-200	5000 (16000)	6-10	1250
Orta Menzil Havada Kalış	MRE	>500	8000 (26000)	10-18	1250
Alçak İrtifa Derin Sızma	LADP	>250	50-9000 (150-30000)	0.5-1	350
Alçak İrtifa Uzun Süre Havada Kalış	LALE	>500	3000 (10000)	>24	<30
Orta İrtifa Uzun Süre Havada Kalış	MALE	>500	14000 (46000)	24-48	1500
<b>Stratejik</b>					
Yüksek İrtifa Uzun Süre Havada Kalış	HALE	>2000	20000 (65000)	24-48	4500 / 12000
<b>Özel Amaçlı</b>					
İnsansız Muharebe Hava Aracı	UCAV	~1500	10000 (33000)	~2	10000
Öldürücü	LETH	300	4000 (13000)	3-4	250
Dekoy	DEC	0-500	5000 (16000)	<4	250
Stratosferik	STRATO	>2000	20000-30000 (65000-100000)	>48	
Stratosfer ötesi	EXO		>30000 (100000)		
Uzay	SPACE				

Tablo 36: UVS International İHA Sınıflandırması



## 10.12 Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği	FIR	: Far IR (Uzak Kızıl Ötesi)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri	FIS	: Füze İkaz Sistemi
ABMK	: Ana Bakım Merkezi Komutanlığı	FPD	: Freezing Point Depression (Donma Noktası Alçalması)
ADC	: Air Data Computer (Hava Veri Bilgisayar)	FPGA	: Field Programmable Gate Array (Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri)
ADP	: Acil Durum Paraşütü	FRACAS	: Failure Reporting and Corrective Action System (Hata Raporlama ve Giderme Sistemi)
ADY	: Ağ Destekli Yetenek	FTI	: Fast Tactical Imagery
ADYOGİG	: Ağ Destekli Yetenek Ortak Girişim Grubu	GIAS	: Geospatial and Imagery Access Service
AEDP	: Allied Engineering Documentation Publication	GIG	: Global Information Grid (Küresel Bilgi Şebekesi)
AGM	: Air to Ground Missile (Havadan Karaya Füze)	GKS	: Görüntü Kıymetlendirme Sistemi
AIM	: Air Intercept Missile (Hava Savunma Füzesi)	GMTI	: Ground Moving Target Indicator (Yerde Hareketli Hedef Belirtme)
AKA	: Azami Kalkış Ağırlığı	GPR	: Ground Penetrating Radar (Yere Girmeli Radar)
AK/L	: Arama-Kurtarma/Lojistik	GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
AMH	: Ağ Merkezli Harp	GVD	: Görev Veri Dosyası
AOPA	: Aircraft Owners and Pilots Association	HALE	: High Altitude Long Endurance (Yüksek irtifa uzun süre havada kalan)
ATC	: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrol)	HD	: Haberleşme Desteği
AUVSI	: Association for Unmanned Vehicle Systems International	HED	: Haberleşme Elektronik Destek
BLOS	: Beyond Line of Sight (Görüş Hattı Ötesi)	HERO	: Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance (Elektromanyetik Radyasyonun Olumsuz Etkileri)
C2IEDM	: Command and Control Information Exchange Data Model	HET	: Haberleşme Elektronik Taarruz
C4I	: Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence (Komuta, Kontrol, Haberleşme, Bilgisayar ve İstihbarat)	HIRF	: High Intensity Radiated Field (Yüksek Yoğunluklu Elektromanyetik Alan)
C4ISR	: Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (Komuta, Kontrol, Haberleşme, Bilgisayar, İstihbarat, Gözetleme ve Keşif)	HPEM	: High Power Electromagnetics (Yüksek Güçlü Elektromanyetik)
CCI	: Command & Control Interface (Komuta Kontrol Arayüzü)	HSİ	: Hava Savunma Sistemlerinin İmhası (SEAD-Hard Kill/DEAD)
CCISM	: Command & Control Interface Specific Module (Komuta Kontrol Arayüzü Özel Modülü)	HSS	: Hava Sahası Savunma (Air Defense)
CEC	: Cooperative Engagement Capability (Kooperatif Angajman Kabiliyeti)	HU	: Hedef Uçak (Target Drone)
CMDS	: Counter Measure Dispenser System (Karşı Tedbir Atma Sistemi)	HvBS	: Hava Kuvvetleri Bilgi Sistemi
CNAD	: Conference of National Armaments Directors (Ulusal Silahlanma Yöneticileri Konferansı)	HVR	: Hava Veri Rölesi
COMAO	: Composite/Combined Air Operation (Kompozit Kuvvet Hava Harekâtı)	HVT	: Hava Veri Terminali
COMINT	: Communications Intelligence (Haberleşme İstihbaratı)	IC2DL	: Interoperable Command and Control Data Link (Birlikte Çalışabilir Komuta/Kontrol Veri Linki)
Çi	: Çoklu İHA Görevi	ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu)
DDS	: Data Distribution Service (Veri Dağıtım Servisi)	IF	: Intermediate Frequency (Ara Frekans)
DEAD	: Destruction of Enemy Air Defenses (Hava Savunma Sistemlerinin İmhası)	IFF	: Identification Friend or Foe (Dost Düşman Tanımlama)
DEW	: Directed Energy Weapon (Yönlendirilmiş Enerji Silahları)	IFR	: Instrument Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
DEX	: Data Exchange (Veri Alışverişi)	IMA	: Integrated Modular Avionics (Entegre Modüler Aviyonik)
DGPS	: Differential Global Positioning System (Diferansiyel Küresel Konumlama Sistemi)	INS	: Inertial Navigation System (Ataletsel Seyrüsefer Sistemi)
DHMİ	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi	IR	: Infrared Radiation (Kızıl Ötesi Işıma)
DIAL	: Differential Absorption LiDaR (Diferansiyel soğurma LiDaR)	IRCM	: Infrared Counter Measure System (Kızıl Ötesi Karşı Tedbir Sistemi)
DİK	: Dikey İniş Kalkış	ISAR	: Inverse Synthetic Aperture Radar (Ters Sentetik Açıklıklı Radar)
DK/DS	: Deniz Karakol/Denizaltı Savunma Harbi	ISR	: Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (İstihbarat, Gözetleme ve Keşif)
DLI	: Data Link Interface (Veri Linki Arayüzü)	İDA	: İş Dağılım Ağacı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı	IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
DRFM	: Digital RF Memory (Sayısal RF Hafıza)	İG	: İç Güvenlik (Homeland Security/Counter Insurgency)
DSB	: Depo Seviyesi Bakım	İGK	: İstihbarat, Gözetleme ve Keşif
DSSS	: Direct Sequence Spread Spectrum	İSU	: İnsansız Savaş Uçağı
DTED	: Digital Terrain Elevation Data (Sayısal Arazi Yükseklik Verisi)	JAUS	: Joint Architecture for Unmanned Systems (İnsansız Sistemler için Müşterek Mimari)
DzKK	: Deniz Kuvvetleri Komutanlığı	JC3IEDM	: Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model
EASA	: European Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı)	JCGUAV	: Joint Capability Group on Unmanned Aerial Vehicles (İHA Müşterek Yetenek Grubu)
ECA	: European Cockpit Association	JMNIAN	: Joint Multinational Interoperability Assurance Network
ECAC	: European Civil Aviation Conference	JTRS	: Joint Tactical Radio System (Müşterek Taktik Telsiz Sistemi)
ED	: Elektronik Destek	K.K.K.	: Kara Kuvvetleri Komutanlığı
EGI	: Embedded GPS/INS (Gömülü GPS/INS)	KBRN	: Kimyasal-Biyolojik Radyolojik Nükleer
EH	: Elektronik Harp	KBRNT	: Kimyasal-Biyolojik-Radyoaktif-Nükleer Tespit
ELINT	: Electronic Intelligence (Elektronik İstihbarat)	KH	: Kentsel Harp (Urban Warfare)
EMI/EMC	: Electromagnetic Interference/Electromagnetic Compatibility (Elektromanyetik Girişim/ Elektromanyetik Uyumluluk)	KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
EO/KÖ	: Elektro Optik/Kızıl Ötesi	KÖKTS	: Kızıl Ötesi Karşı Tedbir Sistemi
EOLOROP	: EO Long-range Oblique Photography	KT	: Kargo Taşıma
ET	: Elektronik Taarruz	KTAS	: Karşı Tedbir Atma Sistemi
EUROCAE	: European Organization for Civil Aviation Equipment	KTGG	: Kritik Tasarım Gözden Geçirme
EYP	: El Yapımı Patlayıcı (IED, Improvised Explosive Device)	LC2IEDM	: Land C2 Information Exchange Data Model
FAA	: Federal Aviation Administration	LCC	: Life Cycle Cost (Ömür Döngüsü Maliyeti)
FADEC	: Full Authority Digital Engine Control (Tam Yetkili Dijital Motor Kontrol)	LD	: Laser Designator (Lazer Hedef İşaretleme)
FCS	: Future Combat System (Geleceğin Muharebe Sistemleri)	LDA	: Lojistik Destek Analizleri
FINAS	: Flight In Non-Segregated Air Space (Ayrılmamış Hava Sahasında Uçuş)	LİAS	: Lazer İkaz Almacı Sistemi
		LiDaR	: Light Detection and Ranging (Işıklı Tespit ve Mesafelendirme)

LLC	: Link Level Communications Security	RIAS	: Radar İkaz Alıcı Sistemi
LOI	: Level of Interoperability (Birlikte Çalışabilirlik Seviyesi)	RKA	: Radar Kesit Alanı
LORA	: Level of Repair Analysis (Onarım Seviyesi Analizi)	RTCA	: Radio Technical Commission for Aeronautics
LOS	: Line of Sight (Görüş Hattı)	RTM	: Resin Transfer Molding (Reçine Transferiyle Kalıplama)
LP	: Laser Pointer (Lazer Aydınlatma/Hedef Noktalayıcı)	RTO	: Research and Technology Organisation (NATO Araştırma ve Teknoloji Örgütü)
LRF	: Laser Range Finder (Lazer Mesafe Bulucu)	RWR	: Radar Warning Receiver (Radar İkaz Alıcı Sistemi)
LWIR	: Long Wavelength IR (Uzun Kızıl Ötesi)	SAE	: Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Derneği)
LWR	: Laser Warning Receiver (Lazer İkaz Almacı Sistemi)	SAM	: Surface to Air Missile (Karadan Havaya Füzeye)
MALE	: Medium Altitude Long Endurance (Orta irtifa uzun süre havada kalan)	SAR	: Synthetic Aperture Radar (Sentetik Açıklıklı Radar)
MASPS	: Minimum Aviation System Performance Standarts (Asgari Havacılık Sistem Performansı Standartları)	SCOPE	: Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises
MDI	: Miss Distance Indicator (Kaçırma Mesafesi Ölçer)	SCORM	: Shareable Content Object Reference Model (Paylaşılabilir İçerik Nesne Referans Modeli)
MEH	: Muhabere Elektronik Harp	SEAD	: Suppression of Enemy Air Defenses (Hava Savunma Sistemlerinin Bastırılması)
MEMS	: Micro-Electro-Mechanical Systems (Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler)	SHP	: Stratejik Hedef Planı
MIDS	: Multifunctional Information Distribution System (Çok Fonksiyonlu Bilgi Dağıtım Sistemi)	SIGINT	: Signal Intelligence (Sinyal İstihbaratı)
MIP	: Multilateral Interoperability Programme	SIJ	: Stand-In Jamming (Alan İçi Karıştırma)
MoDAF	: Ministry of Defence Architecture Framework (Savunma Bakanlığı Mimari Çerçevesi)	SI	: Sinyal İstihbaratı
MOSA	: Modular Open Systems Architecture (Modüler Açık Sistemler Mimarisi)	SİGG	: Sistem İhtiyaçları Gözden Geçirme
MP-CDL	: Multi Platform Common Data Link (Çok Platformlu Ortak Veri Linki)	SKG	: Stratejik Keşif/Gözetleme
MPT	: Mayın/Patlayıcı Tespit	SNC	: System Network Controller
MSB	: Milli Savunma Bakanlığı	SOJ	: Stand-Off Jamming (Alan Dışı Karıştırma)
MSG	: Maintenance Steering Group	SOM	: Servis Odaklı Mimari
MTA	: Maintenance Task Analysis (Bakım Görev Analizi)	SPC	: Signal Processing Controllers
MTBF	: Mean Time Between Failure (Arızalar Arası Ortalama Süre)	SSM	: Savunma Sanayii Müsteşarlığı
MTBR	: Mean Time Between Repair (Onarımlar Arası Ortalama Süre)	STANAG	: Standardization Agreement (Standartlaştırma Anlaşması)
MWIR	: Medium Wavelength IR (Orta Kızıl Ötesi)	STE	: Support & Test Equipment (Destek ve Test Ekipman)
MWS	: Missile Warning System (Füzeye İkaz Sistemi)	SU	: Sahte Uçak (Decoy)
NACA	: National Advisory Committee for Aeronautics	SUE	: Sürekli Uçuşa Elverişlilik
NADS	: NATO Advanced Data Storage	SWIR	: Short Wavelength IR (Kısa Kızıl Ötesi)
NAF	: NATO Architecture Framework (NATO Mimari Çerçevesi)	TADIL	: Tactical Digital Information Links (Taktik Sayısal Bilgi Hattı)
NATMC	: NATO Air Traffic Management Committee (NATO Hava Trafik Yönetimi Komitesi)	TAFICS	: Turkish Armed Forces Integrated Communication System (TSK Entegre Muhabere Sistemi)
NATO	: North Atlantic Treaty Organization (Kuzey Atlantik Paketi)	TAHSO	: Türk Askeri Havacılık Sertifikasyon Otoritesi
NCOIC	: Network Centric Operations Industry Consortium (Ağ Merkezli Harekât Sanayii Konsorsiyumu)	TASMUS	: Taktik Saha Muhabere Sistemi
NDMS	: NATO Discovery Metadata Specification	TCAS	: Traffic Alert and Collision Avoidance System (Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi)
NESSI	: Net Centric Enterprise Solutions for Interoperability	TCDL	: Tactical Common Data Link (Taktik Müşterek Veri Linki)
NIAG	: NATO Industrial Advisory Group (NATO Sanayi Danışma Grubu)	TCTO	: Time Compliance Technical Order (Zamana Bağlı Teknik Emir)
NIF	: NCOIC Interoperability Framework	TÇD	: Teklife Çağrı Dosyası
NIIA	: NATO Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) Interoperability Architecture	TDMA	: Time Division Multiple Access (Zaman Bölümlü Çoklu Erişim)
NIR	: Near IR (Yakın Kızıl Ötesi)	TGKS	: Taşınabilir Görüntü Kıymetlendirme Sistemi
NISP	: NATO Interoperability Standards and Profiles	THD	: Tasarım Hazırlık Düzeyi
NNEC	: NATO Network Enabled Capability	TİSU	: Türk İnsansız Savaş Uçağı
NOTAM	: Notice To Airmen	TKG	: Taktik Saha Keşif/Gözetleme
OA	: Open Architecture (Açık Mimari)	TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri
OACE	: Open Architecture Computing Environment	TTNT	: Tactical Targeting Networking Technology (Taktik Hedefli Ağ Teknolojisi)
OCCAR	: Organisation conjointe de coopération en matière d'armement (Ortak Silahlanma İşbirliği Örgütü)	TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
OİKS	: Otomatik İniş Kalkış Sistemi	TWTA	: Travelling Wave Tube Amplifier (Gezgin Dalga Tüpü Yükseltici)
OTS	: Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS, Automatic Identification System)	UAV	: Unmanned Aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
OYTEP	: On Yıllık Tedarik Programı	UCAV	: Unmanned Combat Air Vehicle
ÖEH	: Önleyici Elektronik Harp	UCS	: UAV Control Systems (İHA Kontrol Sistemleri)
ÖTGG	: Ön Tasarım Gözden Geçirme	UE	: Uçuşa Elverişlilik
PDL	: Performansa Dayalı Lojistik	UGT	: Uzak Görüntü Terminali
PHS&T	: Packaging, Handling, Storage, and Transportation (Paketleme, Yükleme, Depolama ve Taşıma)	UHT	: Uydular Hava Terminali
PLCS	: Product Life Cycle Support (Ürün Yaşam Döngüsü Destek)	USAR	: UAV Systems Airworthiness Requirements (İHA Sistemleri Uçuşa Elverişlilik Gereksinimleri)
PLS	: Personnel Locator System (Yer Tespit Sistemi)	USARIC	: Unmanned Systems and Robotics Interoperability Center
PPBS	: Planlama, Programlama, Bütçeleme Sistemi	UWB	: Ultra WideBand (Ultra Geniş Bant)
PPLI	: Precise Participant Location and Identification	UYT	: Uydular Yer Terminali
RAHAT	: Rafta Hazır Ticari	ÜHD	: Üretim Hazırlık Düzeyi
RATO	: Rocket-Assisted Takeoff Launcher	VSM	: Vehicle Specific Module
RCIED	: Remote Controlled Improvised Explosive Device (Uzaktan Kumandalı Patlayıcı)	VTOL	: Vertical Take-off and Landing (Dikey İniş Kalkış)
RCM	: Reliability Centered Maintenance (Güvenilirlik Odaklı Bakım)	WIMAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access
REH	: Radar Elektronik Harp	WOW	: Weight On Wheel (Uçağın Yerde Olması)
RF	: Radio Frequency (Radyo Frekans)	YHD	: Yakın Hava Desteği (Close Air Support)
RFJ	: Radar Frequency Jammer (RF Karıştırıcı Sistemi)	YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu
RFKS	: RF Karıştırıcı Sistemi	YVT	: Yer Veri Terminali

## Şekiller Listesi

Şekil 1: İHA Sistemleri Yol Haritası Akışı	15	Şekil 29: SSM Tedarik Lojistiği Yaklaşımı	61
Şekil 2: Tipik bir İHA Sistemi ve Alt Sistemleri	16	Şekil 30: İHA Sistemleri Lojistik Destek Süreci	63
Şekil 3: Türkiye'deki İHA Sistemlerinin Tarihçesi	20	Şekil 31: NATO-FINAS çalışma grubu yapısı [13]	66
Şekil 4: SSM Projelerinin Yıllara Göre Dağılımı ve Adet Bazında Proje Modelleri	22	Şekil 32: CS-23 ve STANAG 4671 standartları arasındaki içerik ilişkisi	66
Şekil 5: Savunma Sanayi Sektörü İhracat Rakamları [3]	22	Şekil 33: STANAG 4702 içeriği	66
Şekil 6: İHA Sistemi Askeri Görev Alanları	26	Şekil 34: İHA İtki Sistemleri	103
Şekil 7: Örnek TKG-1 İHA Sistemleri	27	Şekil 35: Motor Hız Aralıkları	103
Şekil 8: Pistten Kalkıp/İnen Örnek TKG-2 İHA Sistemleri	28	Şekil 36: Motor İrtifa Aralıkları	104
Şekil 9: Rampadan Kalkan/Paraşütle İnen Örnek TKG-3 İHA Sistemi	28	Şekil 37: Motorların Verdikleri Hıza Göre Yakıt Tüketim Aralıkları	104
Şekil 10: Örnek bir Döner Kanat TKG-4 İHA Sistemi	28	Şekil 38: Personel Sayesinde Kalkış Yapan İHA Sistemi	107
Şekil 11: Örnek Bir SKG-1 İHA Sistemi	29	Şekil 39: TKG-2 Görev Alanında İHA Sistemi İniş/Kalkış Sistemleri	107
Şekil 12: Hedef Uçak Sistemleri	31	Şekil 40: Paraşüt Kurtarma Sistemi	108
Şekil 13: Sivil İHA Sistemleri Çevresel Kullanım Alanları [6]	33	Şekil 41: Hava Aracı Aerodinamik Yüzeyinde Şeffaf Buzlanma [16]	109
Şekil 14: Sivil İHA Sistemleri Acil Durum Uygulamaları [6]	34	Şekil 42: Hava Aracı Aerodinamik Yüzeyinde Kar Şeklinde Buzlanma [16]	109
Şekil 15: Sivil İHA Sistemleri İletişim Uygulamaları [6]	35	Şekil 43: Hava Aracı Yapılandırma Tasarımı ve Diğer Çalışmalarla İlişkisi	112
Şekil 16: Sivil İHA Sistemleri İzleme Operasyonları [6]	36	Şekil 44: Kuvvetlerin Etkileşim Diyagramı	113
Şekil 17: 7. Çerçeve Programı İşbirliği Özel Programları Bütçe Dağılımı (Milyar €) [7]	41	Şekil 45: Aeroservesneklik Diyagramı	113
Şekil 18: Yurt İçi Kabiliyetlerin Alt Sistem Bazında Makro Değerlendirmesi	45	Şekil 46: Uçuş Durumları İçin En Uygun Kanat Şekilleri [17]	114
Şekil 19: Geleneksel Tedarik Yaklaşımı [8]	52	Şekil 47: İHA Haberleşme ED Sistemi Temel Bileşenleri	117
Şekil 20: Simülasyon Bazlı Tedarik Yaklaşımı [8]	52	Şekil 48: İHA Haberleşme ET Sistemi Temel Bileşenleri	117
Şekil 21: Simülasyon Bazlı Tedarik Süreci Akış Şeması [8]	53	Şekil 49: El Yapımı Patlayıcı Mücadele Süreci	118
Şekil 22: DLI Arayüzünün STANAG 4586'daki Rolü [9]	54	Şekil 50: Değişiklik Tespiti Uygulaması [18]	119
Şekil 23: STANAG-4586 Fonksiyonel Yer Kontrol İstasyonu (YK) Mimarisi [9]	55	Şekil 51: Çekilebilir Sahte Hedef Sistemleri [19][20]	120
Şekil 24: İHA Verisinin Sivil Uygulamalar Tarafından ADY Uyumlu Kullanım Gösterimi	56	Şekil 52: Arazi Takip Radarı Kullanım Konsepti	122
Şekil 25: Ortak Servis Yolu – Bütünleştirme İlişkisi	58	Şekil 53: Hava Veri Rölesi Kavramsal Gösterimi	124
Şekil 26: İHA Sistemlerinin Farklı İnsanlı/İnsansız Sistemler ile Potansiyel Ortak Alt Sistemleri	59	Şekil 54: Haberleşme Röle Sistem	124
Şekil 27: Güvenilirlik Gelişim Süreci	60	Şekil 55: Komuta/Kontrol Haberleşmesi (IC2DL)	126
Şekil 28: Ömür Devri Maliyetleri	61	Şekil 56: Otomatik İniş Kalkış Sistemi	127

## Tablolar Listesi

Tablo 1: Türkiye'de Kullanılan/Geliştirilen İHA Sistemleri	19	Tablo 19: Görev Sistemleri Milli Yetenek Mevcut Durumu	75
Tablo 2: Taktik Saha Keşif/Gözetleme İHA Sistemleri	27	Tablo 20: İHA EO/KÖ Görüntüleme Sistemi Yol Haritası	76
Tablo 3: Taktik Saha Keşif/Gözetleme Döner Kanat İHA Sistemleri	28	Tablo 21: İHA SAR Sistemi Yol Haritası	76
Tablo 4: Stratejik Keşif/Gözetleme İHA Sistemleri	29	Tablo 22: Radar ED/ET Sistemi Kritik Teknolojileri	77
Tablo 5: İç Güvenlik İHA Sistemleri	30	Tablo 23: İHA Radar ED/ET Sistemi Yol Haritası	77
Tablo 6: Yakın Hava Desteği İHA Sistemleri	30	Tablo 24 : Haberleşme ED/ET Sistemi Kritik Teknolojileri	78
Tablo 7: Hava Savunma Sistemleri İmhası İHA Sistemleri	30	Tablo 25: İHA Haberleşme ED/ET Sistemi Yol Haritası	78
Tablo 8: İnsansız Hedef Uçak Sistemleri	31	Tablo 26: İHA Önleyici Elektronik Harp Yol Haritası	79
Tablo 9: İnsansız Sahte Uçak Sistemleri	31	Tablo 27: Veri Haberleşme Sistemi Yol Haritası	81
Tablo 10: Sinyal İstihbaratı İHA Sistemleri	32	Tablo 28: Kontrol İstasyonu Birlikte Çalışabilirlik Yol Haritası *	83
Tablo 11: Radar Elektronik Harp/Karıştırma İHA Sistemleri	32	Tablo 29: Görüntü İşleme/Kıymetlendirme Yol Haritası *	84
Tablo 12: Muhabere Elektronik Harp/Karıştırma İHA Sistemleri	32	Tablo 30: İHA Sistemleri'nin Görev Alanları ve İlgili Görev Sistemleri	88
Tablo 13: Yurt İçi Geliştirilen/Geliştirilmekte Olan Alt Sistemler ve İlgili İHA Projeleri	46	Tablo 31: İHA Sistemleri Yol Haritası	90
Tablo 14: Üniversite Laboratuvarları	47	Tablo 32: Link 16/22 Standartlarında Tanımlı Fonksiyonel Alanlar	125
Tablo 15: Üniversite Araştırma Merkezleri	47	Tablo 33: NATO JCGUAV İHA Sınıflandırması	139
Tablo 16: Hava Aracı Kritik Teknolojileri	72	Tablo 34: Avrupa Sivil İHA Yol Haritası Sınıflandırması	140
Tablo 17: İtki Sistemi Yol Haritası	73	Tablo 35: ABD JUAS İHA Sınıflandırması	140
Tablo 18: İHA Sistemi Görevine Yönelik Gerekli Görev Sistemleri Dağılımı	74	Tablo 36: UVS International İHA Sınıflandırması	141



# Dizin

## 1 Yönetici Özeti 7

### 2 Giriş 13

2.1 Amaç 13

2.2 Kapsam 14

2.3 Yöntem 15

2.4 Tanımlar 15

2.5 Tarihçe 18

2.5.1 Türkiye'de İnsansız Hava Araçları Yönelimi 22

### 3 İHA Sistemleri Görev Alanları 25

3.1 Askerî Kullanım 26

3.1.1 Taktik Saha Keşif/Gözetleme (TKG) 27

3.1.2 Stratejik Keşif/Gözetleme (SKG) 29

3.1.3 Taarruz - İç Güvenlik (İG) 29

3.1.4 Taarruz - Yakın Hava Desteği (YHD) 30

3.1.5 Taarruz - Hava Savunma Sistemleri İmhası (HSİ) 30

3.1.6 Taarruz - Hava Sahası Savunma (HSS) 30

3.1.7 Hedef Benzetimi - Hedef Uçak (HU) 30

3.1.8 Hedef Benzetimi - Sahte Uçak (SU) 30

3.1.9 Elektronik Harp - Sinyal İstihbaratı (Sİ) 32

3.1.10 Radar Elektronik Harp - Karıştırma (REHK) 32

3.1.11 Muhabere Elektronik Harp - Karıştırma (MEHK) 32

3.1.12 Önleyici Elektronik Harp (ÖEH) 32

3.2 Sivil Kullanım 33

### 4 Yürütülen/Planlanan Projeler 39

4.1 Yürütülen İHA Sistemi Projeleri 39

4.1.1 Mini İHA Geliştirme Projesi 39

4.1.2 Döner Kanatlı Mini İHA Projesi 39

4.1.3 Taktik İHA (Pist) Geliştirme Projesi 39

4.1.4 Taktik İHA (Katapult/Paraşüt) Geliştirme Projesi 40

4.1.5 TİHA (MALE) Geliştirme Projesi 40

4.1.6 MALE İHA Hazır Alım Projesi 40

4.1.7 Hedef Uçak Projesi 40

4.1.8 Gemiye Konuşlu İnsansız Hava Aracı (GİHA) Projesi 40

4.2 Planlanan Projeler 40

4.3 Destekleyici Ar-Ge Faaliyetleri 40

4.4 Tedarik Modelleri 40

4.5 Potansiyel Uluslararası İşbirlikleri 41

4.6 İhracat İmkânları 43

4.7 Gelecek Eğilimleri 43

### 5 Altyapı 45

5.1 Sanayi Kuruluşlarının Kabiliyetleri 45

5.2 Eğitim Kurumları/Üniversite Kabiliyetleri 47

5.3 Test ve Değerlendirme Altyapısı 47

5.4 Altyapı İhtiyaçları 48

5.4.1 Test Merkezi ve Test Sahası İhtiyaçları 48

5.4.2 Eğitim 49

### 6 Gereksinimler 51

6.1 Gereksinim Analizleri 51

6.1.1 Simülasyon Tabanlı Tedarik 52

6.2 Birlikte Çalışabilirlik 53

6.2.1 Hava Aracı – Kontrol İstasyonu Arası Bilgi Aktarımı 55

6.2.2 Kontrol İstasyonları Arası Bilgi Aktarımı 55

6.2.3 İHA Sistemleri – İnsansız Deniz ve Kara Araçları 55

Arası Birlikte Çalışabilirlik

6.2.4 İHA – C4I Sistemleri Arası Birlikte Çalışabilirlik 55

6.2.5 İHA – İnsanlı Sistemler Arası Birlikte Çalışabilirlik 55

6.2.6 Sivil Sistemler ile Birlikte Çalışabilirlik 56

6.2.7 Veri Modelleri ve Teknolojiler 56

6.2.8 Milli Mimari Çerçevesi (Architecture Framework) Gerekliliği 57

6.3 Ağ Destekli Yetenek/Ağ Merkezli Harp 57

6.3.1 Tek Merkezden Çoklu İHA Kontrolü 57

6.3.2 Çok Merkezden Çoklu İHA Kontrolü 57

6.3.3 Ağ Destekli Çoklu Algılayıcı İhtiyacı 57

6.3.4 Genel Amaçlı Ağ Destekli C4ISR Altyapı İhtiyacı 58

6.3.5 Ortak Servis Yolu 58

6.4 Müştereklik 59

6.5 Kontrolsüz Hava Sahasına Bütünleştirme 59

6.6 Uçuş/Sistem Emniyeti 60

6.7 Güvenilirlik 61

6.8 Lojistik 61

6.8.1 Tedarik Lojistiği Yaklaşımları 61

6.8.2 İHA Sistemleri Lojistik Süreci Yaklaşımları 62

6.8.3 Lojistik Teknolojilerin İHA Sistemleriyle Bütünleştirilmesi 63

6.8.4 İHA Sistemlerinde Eğitim 64

6.9 Uçuşa Elverişlilik 64

6.9.1 Dünya'daki Çalışmalar 64

6.9.2 Türkiye'deki Çalışmalar 65

6.9.3 İHA'ların Çevresel Sertifikasyonu 67

6.9.4 Kalifikasyon 67

6.9.5 Sürekli Uçuşa Elverişlilik 67

6.10 Uluslararası Etkinliklere Katılım 67

6.10.1 NATO Çalışmaları 67

6.10.2 Diğer Kuruluşların Çalışmaları 67

6.10.3 Amerika Birleşik Devletleri Çalışmaları 69

6.10.4 Diğer Ülkelerin Çalışmaları 69

6.11 Ulusal/Uluslararası Mevzuat 69

6.12 Standartlar 69

### 7 Teknoloji 71

7.1 İHA İş Dağılım Ağacı 72

7.2 Hava Aracı Sistemleri 72

7.3 Görev Sistemleri 74

7.3.1 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri 76

7.3.1.1 Radar Sistemleri 76

7.3.2 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri 77

7.3.2.1 Radar ED/ET Sistemi 77

7.3.2.2 Haberleşme ED/ET Sistemi 78

7.3.3 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri 79

7.3.4 Algılayıcılar 79

7.3.5 Beka Sistemleri 79

7.3.5.1 Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemleri 79

7.3.5.2 Çarpışma Önleme Sistemleri 79

7.4 Hava – Yer Tümlüşük Sistemler 79

7.4.1 Veri Haberleşme Sistemleri 79

7.4.2 Otomatik İniş Kalkış Sistemi 81

7.5 Yer Sistemleri	83	10.4.6.1 Biyokimyasal Algılayıcı	119
7.5.1 Komuta/Kontrol	83	10.4.6.2 Mayın Algılayıcı	120
7.5.2 Görev Planlama ve Takip	84	10.4.6.3 Akustik Algılayıcı	120
7.5.3 Görüntü İşleme/Kıymetlendirme	84	10.4.6.4 Meteorolojik Algılayıcı	120
7.6 Çift Kullanımlı Teknolojiler	85	10.4.7 İz Artırıcı Sistemler	120
7.7 Genel Değerlendirmeler	85	10.4.8 Beka Sistemleri	121
<b>8 Yol Haritası</b>	<b>87</b>	10.4.8.1 Elektronik Harp Kendini Koruma Sistemleri	121
<b>9 Kaynakça</b>	<b>91</b>	10.4.8.2 Çarpışma Önleme Sistemleri	121
<b>10 Ekler</b>	<b>93</b>	10.4.9 Görev Kontrol Bilgisayarı	123
10.1 İnsansız Hava Aracı Sistemi İş Dağılım Ağacı	94	10.5 Hava – Yer Tümlleşik Sistemler	123
10.2 Yurt İçi Kabiliyetlerin Ön Değerlendirmesi	99	10.5.1 Veri Haberleşme Sistemleri	123
10.3 Hava Aracı Sistemleri	102	10.5.1.1 Görüş Hattı Veri Haberleşmesi	123
10.3.1 Hava Aracı Yapısı:	102	10.5.1.2 Uydu Haberleşmesi	124
10.3.2 Hava Aracı Sistemleri	102	10.5.1.3 Taktik Veri Linkleri	125
10.3.2.1 İtki Sistemi	102	10.5.1.4 Haberleşme Güvenliği	126
10.3.2.2 Enerji Kaynağı Sistemleri	105	10.5.1.5 Frekans Yönetimi	126
10.3.2.3 İniş/Kalkış Sistemleri	106	10.5.2 Otomatik İniş Kalkış Sistemi	127
10.3.2.4 Paraşütle Kurtarma Sistemi	108	10.6 Yer Sistemleri	128
10.3.2.5 Elektrik Sistemi	109	10.6.1 Komuta/Kontrol	128
10.3.2.6 Takatlandırma Sistemleri	109	10.6.2 Görev Planlama ve Takip	128
10.3.2.7 Buzdan Koruma Sistemi	109	10.6.3 Görüntü İşleme/Kıymetlendirme	129
10.3.2.8 Çevresel Kontrol Sistemi	110	10.7 İHA Sistemlerine Yönelik Bazı Standartlar	130
10.3.2.9 Rotor	110	10.8 İHA Sistemleri Görev İhtiyaçları Matrisi	133
10.3.2.10 Güç Aktarma Sistemi	111	10.9 İHA Sistemleri Özellikleri	134
10.3.3 Aviyonik Sistem	111	10.10 İHA Sistemleri Alt Sistem Kazanımı Yol Haritası	137
10.3.3.1 Uçuş Kontrol Bilgisayarı	111	10.11 Dünya'daki Bazı İHA Sınıflandırmaları	139
10.3.3.2 Uçuş Kontrol Algılayıcıları	111	10.11.1 NATO Sınıflandırma Yöntemi	139
10.3.3.3 Hareketlendiriciler	111	10.11.2 Avrupa Sivil İHA Yol Haritası Sınıflandırma Yöntemi	140
10.3.3.4 Uçuş Veri Kayıt Birimi	111	10.11.3 Amerika Birleşik Devletleri Sınıflandırma Yöntemi	140
10.3.3.5 Haberleşme ve Tanımlama Sistemi	112	10.11.4 "UVS International" Sınıflandırma Yöntemi	141
10.3.4 Hava Aracı Genel Tasarımı	112	10.12 Kısaltmalar	142
10.3.4.1 Hava Aracı Yapılandırma Tasarımı	112		
10.3.4.2 Aerodinamik	113		
10.3.4.3 Uçuş Performansı	113		
10.3.4.4 Uçuş Yükleri	113		
10.3.4.5 Aeroservoelastisite	113		
10.3.4.6 Aeroakustik	114		
10.3.4.7 Şekil Değiştiren Uçak Konseptleri	114		
10.3.4.8 Plazma Teknolojisi	115		
10.4 Görev Sistemleri	115		
10.4.1 İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) Sistemleri	115		
10.4.1.1 Elektro-Optik (EO)/Kızıl Ötesi (KÖ) Görüntüleme Sistemleri	115		
10.4.1.2 Radar Sistemleri	115		
10.4.2 Elektronik Destek (ED) ve Elektronik Taarruz (ET) Sistemleri	116		
10.4.2.1 Radar ED/ET Sistemi	116		
10.4.2.2 Haberleşme ED/ET Sistemi	117		
10.4.3 Sinyal İstihbaratı	118		
10.4.3.1 Elektronik İstihbarat	118		
10.4.3.2 Haberleşme İstihbarat	118		
10.4.4 Önleyici Elektronik Harp Sistemleri	118		
10.4.5 Haberleşme Röle Sistemleri	119		
10.4.6 Algılayıcılar	119		

# İHA Sistemleri Yol Haritası'na Katkı Veren Kuruluşlar

- TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ
- ALP HAVACILIK Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- ASELSAN Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- AYESAŞ Aydın Yazılım ve Elektronik Sanayi A.Ş.
- BAYKAR Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- GATE Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü
- GLOBAL TEKNİK Elektronik Mühendislik Yazılım Havacılık Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- HAVELSAN Hava Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
- Kalekalıp Makina ve Kalıp San. A.Ş.
- METEKSAN Savunma Sanayi A.Ş.
- MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler A.Ş.
- MiISOFT Bilişim İletişim Teknolojileri A.Ş.
- MiISOFT Yazılım Teknolojileri A.Ş.
- ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü
- ROKETSAN Roket Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- SAVRONİK Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- SDT Uzay ve Savunma Teknolojileri A.Ş.
- STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.
- TEI Tusaş Motor Sanayi A.Ş.
- TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.
- TÜBİTAK-SAGE Savunma Sanayi Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü
- VESTEL Savunma Sanayi A.Ş.

Türkiye **İnsansız Hava Aracı Sistemleri** Yol Haritası (2011-2030)

---

**İletişim**

Uzay ve İnsansız Sistemler Daire Başkanlığı  
İnsansız Hava Aracı Sistem Projeleri Grup Müdürlüğü  
iha@ssm.gov.tr

---

**Yapım** DC ANKARA **Sanat Yönetmeni** Cüneyt Ersöz

---

Aralık 2011

---

[www.ssm.gov.tr](http://www.ssm.gov.tr)



En iyisinin teminatı