*Haluk Bayraktar*
*Selçuk Bayraktar*

## Teknolojileriyle Dünyadaki Rakipleriyle Yarışan Özgün ve Milli İnsansız Hava Araçları

# Bayraktar, Malazgirt ve Çaldıran





>>>

TÜBİTAK Bilim ve Teknik dergisinin eski sayılarını dijital ortamda sunan arşiv DVD'sini incelediğimde ilk baktığım konulardan biri de insansız uçaklardı. Dergi arşivini taradığımda 1972 yılının eylül ayında "Pilotsuz Uçaklar" başlığı ile yayımlanan Popular Science'tan çevrilmiş makale dikkatimi çekti. Uzaktan yönetilen uçaklara yeni olarak eklenen gerçek zaman kontrolü ve bu şekilde pilotun 50 mil uzaklıktaki uçağın içindeymiş gibi her tarafı görmesi özelliği ele alınıyordu. Yerdeki bir merkezden klimalı ortamda fırdöndü koltuğundan uçağı kontrol eden pilotun zeki ve refleksleri kuvvetli olması gerektiği, bu uçaklara az ömürlü jet motorları takılabileceğinden ve alüminyum kaplı köpük malzemelerinden imal edebileceğinden bahsediyordu. Dönemin havacılığı için bu özellikler önemli kazanımlardı. Günümüz havacılığının ulaştığı noktada ise yer pilotu klimalı ferah bir ortamda, çok kuvvetli reflekslere ihtiyaç duymadan hatta belki de kahvesini yudumlarken, okyanus ötesi uçan bir insansız hava aracından uydu haberleşmesi ile aldığı görüntülerden belirlediği bir hedefi, güdümlü füze ile imha edebilir. Moore kuralı olarak ifade edilen sayısal işlemcilerdeki transistör sayısının her yıl ikiye katlanması prensibine paralel olarak gelişen teknolojinin insansız hava araçlarındaki uygulamaları, havacılıkta adeta bir çağ değişimi yaşatıyor. 2010 yılının Türkiye'sinde ise artık tamamen Türk beyin gücü ile en ileri teknolojik düzeyde, dünyadaki rakiplerinden hiç de aşağı kalmayan hatta birçok açıdan daha da ileri olan İHA sistemleri hakkında yazı kaleme alıyor olmaktan kıvanç duymamak elde değil.

Uydu haberleşme teknolojisi, sensör teknolojileri, bilgisayar işlemci teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte, özellikle 1990'lı yılların sonuna doğru artık ağır sanayi ürünlerinin yerini bilgi teknolojileri içeren akıllı sistemler almaya başlamıştır. Bu son dönem içerisinde platform merkezli savaştan, ağ merkezli savaşa doğru yaşanan süreçte insansız hava araçları en önemli sistemler haline gelmişlerdir.

Yakın geleceğin savaş uçağı olarak değerlendirilen ve ülkemizin de üretim ortağı olarak yapımında yer aldığı Müşterek Taarruz Uçağı (F-35) son insanlı jet uçağı olarak adlandırılıyor. Aynı zamanda paralel birçok teknolojinin de özgün olarak geliştirilmesi hususunda bir kıvılcım niteliğine sahip.

Akıllı silah sistemi kapsamında yer aldıkları için İHA sistemlerinin yabancı ülkelerden alımı füze rejimi kurallarına tabidir. Ayrıca tamamen elektronik ve yazılım sistemleri ile kontrol edildikleri için dış kaynaklı olarak tedarik edilmeleri stratejik açıdan ve ülkemizin savunma teknolojisi alanındaki ba-



L. Haluk Bayraktar, 2000 yılında ODTÜ Endüstri Mühendisliği'nden mezun olduktan sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde Columbia Üniversitesi'nde aynı alanda master eğitimini tamamladı. Akabinde Boğaziçi Üniversitesi'nde İşletme alanında doktora çalışmalarına başladı. 2004 yılı içerisinde Özgün ve Milli İnsansız Hava Aracı Sistemleri geliştirilmesine yönelik çalışmaların tasarım, prototip üretim, seri üretim, teslimat, eğitim ve lojistik aşamalarında mühendislik yöneticiliği görevini yürütmüştür. Halen Baykar Makina bünyesinde Genel Müdür olarak görev yapmaktadır.



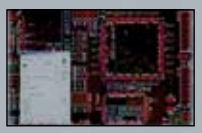
Selçuk Bayraktar, 2002 yılında İTÜ Elektronik Mühendisliği'nde lisans, Pensilvanya Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Yüksek lisans çalışmaları İnsansız Hava Araçları'nın formasyon uçuşu üzerineydi ve 2003 yılında dünyada ilk kez mini İHA sistemleri ile havada otomatik formasyon uçuşunu gerçekleştirdi. Massachusetts Institute of Technology (MIT)'den ikinci yüksek lisans derecesini alıp halen Georgia Tech'de İnsansız Helikopter Sistemlerinin otomatik pilot desteği ile agresif manevra yapma kabiliyeti üzerine doktora çalışmalarına devam etmektetir. Ayrıca Baykar Makine'da Ar-Ge liderliği görevini yürütmektedir.


Yazılım


Mekanik




Robotik ve Kontrol


Yazılım

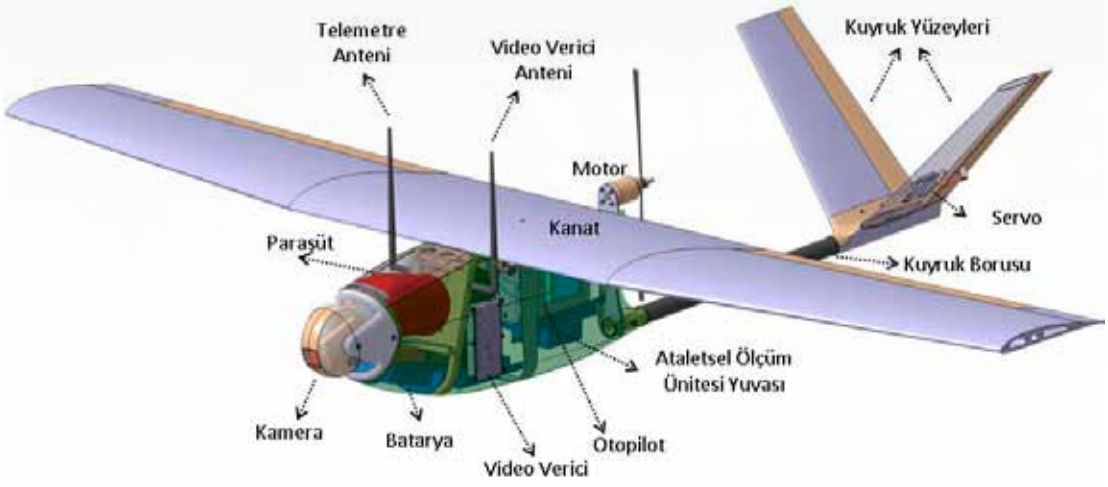

Uçak



ğımsızlığı bakımından ciddi olumsuzluklar doğurur. İHA'lar tamamen bilgisayar kontrolü ile uçuş yapar. Uçuş kontrol bilgisayarı içerisindeki sayısal işlemcilerde yazılım kaynak kodları makine diline çevrilmiş olarak bulunur . Yurtdışından hazır şekilde alınan İHA sistemi bilgisayarları içerisindeki yazılım kodlarına erişim kapalıdır; bu yazılım kodlarının arasında hava aracını işlevsiz hale getirecek, hatta aracı aleyhimize kullanılabilir duruma dönüştürebilecek zararlı kodların bulunma riski vardır. Yüz binlerce, milyonlarca yazılım kaynak kod satırı içinde sadece iki satır tutan bir kod, hava aracını işlevsiz hale getirebilir.

Örneğin:

IF (IHA_Enlem < 42 veya IHA_Enlem > 36 ve IHA_Boylam > 26 veya IHA_Boylam < 45) Then Fonksiyon_Ucusu_Sonlandir () koduyla hava aracı sadece Türkiye sınırlarında uçuş yapabilir, bir sınır dışı operasyonda yazılım kaynak koduna erişim olmadığından sebebini tespit edemeyeceğimiz bir şekilde uçamaz hale gelebilir. Silahlı Kuvvetlerimizin havadan keşif ve istihbarat alanındaki yoğun ihtiyaçları ve konunun stratejik önemi bu tip sistemlerin yüzde yüz yerli mühendislik çalışması yapılarak geliştirilmesini zorunlu kılar. Ülkemizde özellikle 2004 yılından sonra özgün ve milli İHA sistemleri geliştirilmesi konusunda önemli kararlar alınmıştır. Kritik bileşenler arasında yer alan yazılımların ve elektronik sistemlerin tamamen yurtiçi beyin sermayesi ile geliştirilmesi şart koşulmuştur. Bu kararla birlikte ülkemizde ilk yerli İHA sistemleri geliştirilerek hizmete sunulmuştur. Bunların arasında 200 adet üretilen, 20.000'in üzerinde uçuş sortisine ulaşmış Bayraktar Mini İHA, dünyada ilk kez ülkemiz tarafından kullanılan mini robotik bir helikopter olan Malazgirt İHA ve 14 saat uçuş süresi, 500 kg kalkış ağırlığı ile taktik sınıfı Bayraktar-Çaldıran İHA sistemleri yazı kapsamında sunuluyor.





## Bayraktar Mini İnsansız Hava Aracı

Bayraktar üç yaşında bir mini insansız hava aracı. Onu farklı kılan hava aracı tasarımının, otopilot güdüm kontrol sistemlerinin, yer kontrol istasyonunun ve komuta kontrol elektronik donanım ve yazılım sisteminin milli ve özgün olması. Mini İHA özellikle terörle mücadele eden birlikler tarafından yoğun bir şekilde kullanılıyor. Askerimizin kendi hayatını riske atmadan, bulunduğu bölgenin etrafının gözlemlenmesine imkân sağlayan, sırtta taşınabilen, ihtiyaç duyulduğunda kolayca monte edilip uçurulabilen bir sistemdir. Keşif, gözetleme, hedef tespit, teşhis ve tanıma fonksiyonlarını yerine getirebiliyor. Temel olarak hava aracı, yer kontrol istasyonu, yer veri terminali (otomatik yönlenen anten sistemi), gündüz kamera sistemi, gece (termal) kamera sistemi ve destek ekipmanlardan oluşuyor.

Bayraktar elden fırlatıldıktan sonra otomatik kalkış gerçekleştiriyor, tam otomatik uçuş ve paraşüt veya gövde üzerine otomatik iniş yapabiliyor. Gece ve gündüz ayrımı yapmadan uçuyor. Kalkış yaptığı noktadan 1000 metre yükseklikte ve 15 km haberleşme menzili içerisinde hassas bir şekilde hedef koordinatı belirleyebiliyor.

Mini İHA platform gövdesi temel olarak kanat, kuyruk ve kuyruk borusundan oluşuyor. Gece ve gündüz keşif özelliğini sağlayan kameraları bulunuyor. Video verici ve anteni görüntülerin yer kontrol istasyonuna aktarılmasını sağlıyor. Ayrıca yer kontrol istasyonu ile arasında komut kontrol bilgilerinin aktarılmasını sağlayan telemetre anteni var. Veri linkinin frekans atlamalı olması sayesinde karıştırma tehditlerine karşı güvenlik sağlıyor.

Bayraktar iki metre kanat açıklığına sahip. Bu nedenle zor coğrafi koşullar ve meteorolojik şartlar altında çevresel faktörlerden çok daha büyük ebatlı hava araçlarına göre daha fazla etkileniyor. Otopilot sistemi yazılımı içerisinde kaza/kırım riskini en aza indirecek gelişmiş güdüm kontrol algoritmaları, hata koruma sistemleri yer alıyor.

Dağlık bölgelerde yer alan ani sert hava akımı şartlarında viril (dönerek dikine dalış yapma) durumuna girdiğinde otomatik algılama ve virilden kurtarma sistemi var. Yine uçuş esnasında hava aracı elektrik motor sisteminde herhangi bir arıza oluşması veya motorun durması durumunda otomatik stall kontrolü (aracın havada tutunması) devreye giriyor ve hava aracı süzülerek rota takibi uçuşunu gerçekleştirebiliyor. Mini İHA sistemi akıllı batarya yönetim algoritması ile uçuş esnasında sürekli olarak sahip olduğu enerji kaynağının kalkış noktasına emniyetli bir şekilde dönmesine yetip yetmediğini hesaplıyor ve yetmediği durumda kullanıcı yetkisinden bağımsız olarak otomatik eve dönüş durumu aktif hale geliyor. Uçuş esnasında haberleşmenin kesilmesi durumunda hava aracı otomatik olarak eve dönüş moduna giriyor. Kalktığı noktaya kullanıcı tarafından belirlenen irtifada uçuş yapıp, sonrasında paraşüt açma irtifasına inip paraşütünü açarak otomatik iniş yapabiliyor.

Sistem operatör ve operatör yardımcısı tarafından çanta tipi yer kontrol istasyonu ve kullanıcı arayüzü yazılımları ile kontrol ediliyor. Uçuş esnasında yer kontrol istasyonu değiştirebilme özelliği bulunuyor. Sunucu/istemci mimarisine sahip olan yer kontrol istasyonu üzerinden uzak merkezlere komuta kontrol ve izleme fonksiyonları aktarılabiliyor.

Mini İHA sistemi Kale/Baykar Makina ortaklığıyla özgün olarak geliştirildi. ABD Silahlı Kuvvetleri tarafından kullanılan Raven ve İsrail Silahlı Kuvvetleri tarafından kullanılan Skylark, Bayraktar ile benzer özelliklere sahip mini İHA sistemleri. Bayraktar dünyada yoğun olarak kullanılan bu sistemlerle karşılaştırıldığında çeşitli açılardan öne çıkıyor. Operasyonel irtifası 1000 m; bu Skylark'ın irtifasının yaklaşık üç katı. 15 km operasyonel menzil ile diğer sistemlerin yine bir adım önünde. Sadece gövde üzerine değil paraşütle de iniş yapabiliyor. Ataletsel ölçüm birimi ile uçuşunu destekliyor. Otomatik algılama ve virilden kurtarma sistemi ile otomatik stall kontrolü diğer sistemlerde bulunmayan özellikler.

## Malazgirt Döner Kanat Hava Aracı Sistemi

Helikopterler uçaklara nazaran mekanik yapı, hareketli aksam parçalarının fazla olması, uçuş stabilizesinin düşük olması nedeniyle daha komplike sistemlerdir; ancak dikine uçuş, havada asılı kalarak uçuş kabiliyeti ve benzeri birçok uçuş avantajına sahiptir. Söz konusu avantajların değerlendirilmesi düşüncesiyle yoğun geliştirme faaliyetleri sonucunda Malazgirt adı verilen mini sınıfı helikopter İHA sistemi geliştirilmiştir.

Helikopter pilotluğu aynen askeri jet uçaklarının pilotajında olduğu gibi hassasiyet, meleke gerektiren ve uçuş esnasında sürekli dikkat isteyen bir meslektir. Bunun en temel sebebi bu hava araçlarının uçuş kararlılığının düşük olmasıdır. Pilotlar normalde saniyede en fazla üç kere hava aracına kumanda verebilir. Bu nedenle gelişmiş helikopterler ve jet uçaklarına yerleştirilen uçuş bilgisayarları pilotun bir saniye içerisinde vereceği kumanda komutunun yüzlerce kat fazlasını üreterek adeta uçuş esnasında pilota yardımcı olur. Malazgirt İHA sistemi ise özgün geliştirilen otopilotu ile pilot ihtiyacı olmadan tamamen otomatik bir şekilde kendi dengesini sağlayabilir, kullanıcının harita ekranı üzerinden belirlediği noktalara otomatik uçuş yaparak belirlenen koordinatlara otomatik iniş yapabilir.

Mini İHA sistemi ile geleceğin askeri havacılık teknolojisi olarak değerlendirilen insansız hava araçları teknolojisinde ülkemiz için önemli bir adım atıldı. Stratejik ve teknolojik açıdan böylesine önemli bir konuda Bayraktar ile atılan adım taktik, operatif sınıfı İHA sistemlerinin geliştirilmesi içinde örnek teşkil ediyor.

Helikopterler uçaklara nazaran mekanik yapısı, hareketli aksam parçalarının fazla, uçuş stabilizesinin düşük olması nedeniyle daha komplike sistemlerdir



Malazgirt Döner Kanat Hava Aracı

## Bayraktar-Çaldıran Taktik İnsansız Hava Aracı Sistemi

Mini sınıfı sistemlerin özgün bir şekilde geliştirilmesi ile elde edilen mühendislik tecrübeleri, üretilen elektronik üniteler, yazılım sistemleri ile daha büyük ölçekte, uçuş süresi ve irtifa açısından daha yüksek değerlere sahip taktik sınıfı İHA sistemi geliştirme çalışmasının önünü açmıştır. Piste iniş kalkış özelliği ile gövde yapısı yeni nesil hava araçlarında kullanılan karbon fiber, kevlar ve benzeri kompozit malzemelerden oluşuyor. Hava aracı üzerinde pilot kabini bulunmamasından dolayı gövde de kanat gibi aerodinamik olarak kaldırma özelliğine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Hava aracının en kritik bileşeni olan uçuş kontrol bilgisayarı paralel yedekli sistem mimarisine uygun olarak sayısal işlemci üniteleri, motor kontrol üniteleri, ataletsel ölçüm ve benzeri sensör üniteleri yedekli olacak şekilde geliştirilmiştir. Uçuş kontrol bilgisayarı içerisinde yer alan ve özgün olarak geliştirilen uçuş kontrol yazılım sistemi, hava aracını hangardan çıktığı andan itibaren pist başına kadar otomatik bir şekilde kalkış pozisyonuna getirebilir, araca otomatik olarak kalkış, uçuş ve iniş yaptırabilir. Hava aracı içerisinde yer alan altı adet yakıt tankının toplamda 200 litre yakıt kapasitesi vardır; araç uçuş esnasında otomatik yakıt dengeleme sistemini kullanarak 14 saat uçabilir.



Merkezden komuta, kontrol ve izleme işlemleri için çapraz yedekli yer kontrol istasyonu sistemi geliştirilmiştir. Sistem ilk uçuş denemesini 8 Haziran 2009 tarihinde Keşan Havalimanı'nda gerçekleştirmiştir. Kaza ve kırım yaşanmadan ilk denemede başarıya ulaşılmasındaki en önemli etken, uçuş testleri öncesinde proje kapsamında geliştirilen donanım çevrimli simulatör sistemi ile elektronik donanım ve yazılım sistemlerinin ayrıntılı bir test sürecinden geçmiş olmasıdır. İlk uçuş 15 dakika kadar sürmüştür. Takip eden test uçuşlarında tam otomatik taksi, otomatik kalkış, uçuş ve iniş aşamaları defalarca test edilmiştir. 6000 metre (19.500 fit) irtifada uçuş ve sekiz saat havada kalış süresi ile ülkemiz havacılık tarihi açısından rekor sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya konan uçuş performansları ile birlikte artık ülkemizde bu çapta İHA sistemlerinin de tüm mühendislik aşamaları ile gerçekleştirilebildiği gösterilmiş ve teknolojik açıdan da birçok yönüyle rakiplerinden daha üstün bir ürün sergilenmiştir.

Bugüne kadar yürütülen Ar-Ge faaliyetleri sonucunda farklı kategorilerde geliştirilip ürün haline getirilen İHA sistemleri ile ülkemiz havacılığı açısından stratejik kazanımlar elde edilmiştir. Havacılık teknolojisinde yaşanan çağ dönüşümünü milli ve özgün teknoloji ile son noktada yakalayarak dünya ölçeğinde en ileri sistemleri dış ülkelere bağımlı kalmadan geliştirebiliyoruz. Mühendisler olarak en büyük temennimiz böylesine kritik bir teknolojiye topyekûn milli bir irade ile sahip çıkılarak bu alanda ülkemizin en ileri noktaya ulaşmasıdır.

**Kaynaklar**
http://www.baykarmakina.com/tr/bayraktariha
http://www.avinc.com/uas/small_uas/raven/
http://www.elbitsystems.com/elbitmain/default.asp
http://www.baykarmakina.com/tr/malazgirtiha