

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**SABİT KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACININ
GELİŞTİRİLMESİ VE AĞAÇLANDIRMA
ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI**

**Hazırlayan
Mustafa ŞAHİN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**SABİT KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACININ
GELİŞTİRİLMESİ VE AĞAÇLANDIRMA
ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Mustafa ŞAHİN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM**

**Bu Tez Erciyes Üniversitesi Araştırma Projeleri Daire Başkanlığı
tarafından FBA-08-572 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

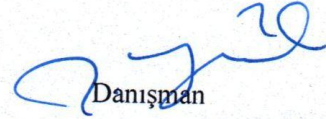
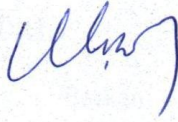
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mustafa şAHİN

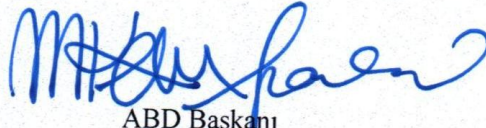


“Sabit Kanatlı Mini İnsansız Hava Aracının Geliştirilmesi ve Ağaçlandırma alışmalarında Kullanımı” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi lisansüstü tez önerisi ve tez yazma yönergesine uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Mustafa ŞAHİN



Danışman
Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM



ABD Başkanı
Prof. Dr. M. Kemal APALAK

Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM danışmanlığında **Mustafa ŞAHİN** tarafından hazırlanan “**Sabit Kanatlı Mini İnsansız Hava Aracının Geliştirilmesi ve Ağaçlandırma Çalışmalarında Kullanımı**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

22/08/2011...

JÜRİ:

Başkan : Doç. Dr. İlker YILMAZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlke TÜRKMEN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 06/09/2011 tarih ve 2011/30-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, bana yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM'a, İHA'nın tohum yayma ve görüntüleme sistemleri takılı olmaksızın ilk test uçuşunu gerçekleştirmemizde Talas Belediyesi'ne ait Akçakaya Model Uçak Pistini kullanmamıza, İHA'ya ait sistemlerin montajında Talas Havacılık Kulübünden yararlanmamıza izin veren Talas Belediye Başkanı Sayın Rıfat YILDIRIM'a ve emeklerini esirgemeyen tüm kulüp çalışanlarına, İHA'nın üzerinde tüm sistemleri takılı olduğu hali ile ikinci test uçuşunu Ankara, Gölbaşı ilçesinde bulunan Freepist'te gerçekleştiren Sayın Zekeriya ÇARIKÇI'ya, Toros Sediri ile ilgili bilgilerini, deneyimlerini ve fotoğraflarını benimle paylaşan orman muhafaza memuru Sayın İhsan PERAŞAN'a, tohum yayma sistemini yapmama yardımcı olan arkadaşım Hüseyin DEMİR'e, Toros Sediri tohumlarının temin edilmesinde yardımcı olan Cengiz KAYA'ya, çalışmalarına olan desteklerinden dolayı Mehmet KONAR'a, Michael Scott McMILLIAN'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ERLER'e, hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa ŞAHİN
Kayseri, Ağustos 2011

SABİT KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACININ GELİŞTİRİLMESİ VE AĞAÇLANDIRMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

Mustafa ŞAHİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2011

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. M. Tülin YILDIRIM

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA) üzerinde çalışmalar, 1903 yılında havadan ağır ilk motorlu uçuşun gerçekleştirilmesinin ardından kısa bir süre sonra başlamıştır. İHA'lar pilot taşımadığından ve uzun süre uçabildiklerinden dolayı pilotlu uçaklara göre pek çok avantajlara sahiptir. İlk İHA'lar daha çok askeri amaçlar için üretilmiş; fakat modern İHA gelişmeleri hem askeri hem de sivil uygulamalar üzerinde olup, günümüzde pek çok ülke tarafından takip edilmektedir.

İHA'lar sivil amaca yönelik pek çok alanda kullanılmış ancak bu güne kadar ağaçlandırma çalışmalarında test edilmemiştir. İHA'lar özellikle ulaşılması güç yüksekliklerde kullanıma yönelik verimli ve pratik bir tohum serpmeye aracıdır. İHA'lar ülkemizde süregelen ağaçlandırma çalışmalarında önemli bir role sahip olacaktır. Bu tez çalışmasında, ülkemizde devam eden ağaçlandırma çalışmalarında kullanılmak üzere bir sivil amaçlı İHA geliştirilmiştir. Geliştirilen İHA, ağaçlandırma çalışmasında aşırı kesim, otlatma vb. olumsuz faktörlerden zarar gören çok yönlü ve değerli ağaçlardan birisi olan sedir ağacı tohumunun ekiminde kullanılmıştır. Aviyonik sistem/komponentlere sahip modifiye edilmiş bir model uçak ve orijinal olarak tasarlanan bir tek tohum yayıcının uçak gövdesinin alt kısmına monte edilmesinden oluşmaktadır. Geliştirilen İHA ile sedir ağacı tohumu ekme amaçlı deneyler gerçekleştirilmiştir. Test uçuşları ile sedir ağacı tohumlarının farklı yüksekliklerden tohum yayıcı vasıtasıyla serpilmesi gerçekleştirilmiş ve 9 metre yükseklikten atılan tohumların 45 metre, 6 metre yükseklikten atılan tohumların ise 30 metre genişliğindeki bir alana yayıldığı görülmüştür. Tohumlar arasındaki mesafe

tohumların çimlenmesi ve yetişmesi için herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Test uçuşu sonuçları, geliştirilen İHA'nın, ağaçlandırma çalışmalarında kullanılabilecek çok etkili bir araç olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, Ağaçlandırma, Toros (Lübnan) Sediri (*Cedrus libani A. Rich*).

**DEVELOPMENT OF A FIXED WING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)
AND ITS USAGE IN REFORESTATION**

Mustafa ŞAHİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, July 2011

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. M. Tülin YILDIRIM

ABSTRACT

Studies and development of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) started shortly after the first controlled, powered, heavier-than-air human flight in 1903. UAVs have many advantages over piloted aircraft because they do not carry pilots, thus minimizing human risk, and can fly for extended periods of time. Early UAVs were mostly developed for military purposes, but modern development encompasses both military and civilian uses and is now pursued worldwide.

While UAVs serve a number of important civilian functions, their potential in reforestation efforts is untested. They are potentially an efficient and practical means of seed dispersal, particularly in hard-to-reach areas. In Turkey, UAVs stand to play a vital role in the ongoing reforestation efforts of cedar trees. Cedars are one of the most valuable and versatile trees in Turkey and have suffered from severe overcutting, as well as overgrazing by livestock over many years. In this thesis, a civilian UAV was developed specifically for cedar tree reforestation to support ongoing traditional reforestation efforts in Turkey. A model aircraft was modified, and a single, originally designed and produced seed spreader was mounted on its underside. After avionics systems and components were installed, test flights were carried out in Golbaşı district in Ankara.

According to the test flight results, at altitudes of 9 meters and 6 meters, seed dispersal reached widths of 45 and 30 meters, respectively. Further, the density of seed distribution for both tests was compatible with favorable conditions for seed germination. When the test

results are examined, the UAV is proven to be a versatile, economical, safe and highly effective tool in reforestation efforts.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Reforestation, Taurus (Lebanon) cedar (*Cedrus Libani A. Rich*).

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK	ii
KABUL ve ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xii
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1.İnsansız Hava Araçları	2
1.2. İHA'ların Sınıflandırılması	2
1.2.1. Mikro/Mini İHA'lar	3
1.2.2. Taktik İHA'lar	4
1.2.3. Stratejik İHA'lar	4
1.2.4. Özel Amaçlı İHA'lar	4
1.3. İHA'ların Avantajları	4

2. BÖLÜM

ASKERİ VE SİVİL İHA'LARIN TARİHİ

2.1. Askeri İHA'ların Tarihi	6
------------------------------------	---

2.2. Modern İHA Dönemi.....	12
2.3. Ülkemizde İHA Çalışmaları	17
2.4. Sivil İHA'ların Tarihi.....	22

3. BÖLÜM

TOROS SEDİRİ (LÜBNAN SEDİRİ)

3.1. Toros Sediri (Lübnan Sediri)	33
3.2. Toros Sedirinin İnsanlar Tarafından Aşırı Kullanımı.....	35
3.3. Toros Sedirinin Ülkemizdeki Durumu ve Ağaçlandırma Çalışmaları.....	37
3.4. Toros Sediri Alanları ve Ağaçlandırma Teknikleri.....	38
3.5. Sedir Kozalaklarının Toplanması ve Tohumların Elde Edilmesi	42
3.6. İHA'ların Ağaçlandırmada Kullanımı	43

4. BÖLÜM

YÖNTEM

4.1. Yöntem	46
4.2. İHA	47
4.2.1. İHA Hava Platformu	47
4.2.2. Aviyonik Sistemler/Komponentler	48
4.2.3. Tohum Yayma Sistemi	51
4.2.3.1. Tohum Tankı.....	51
4.2.3.2. Tohum Yayıcı.....	52
4.3. Yer Kontrol İstasyonu (YKİ)	54
4.4. Test Uçuşu	55

5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Test Uçuşu Sonuçları	57
5.1.1. Tohum Dağılım Yoğunluğu	58
5.1.2. Uçak Yer Hızı, İrtifa ve RPM.....	58
5.1.3. Tohum Yayılan Alan Genişliği.....	59
5.1.4. Toplam Tohum Ekilen Alan	59
5.1.5. Aviyonik ve Uçuş Kontrolleri.....	60
5.2. Sonuçlar ve Öneriler	60
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AV	AeroVironment Şirketi
D-21	Amerikan İHA Projesi
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DC	Direct Current (Doğru Akım)
EO	Elektro-Optik
ERAST	Environmental Research Aircraft and Sensor Technology
ESC	Electronic Speed Control (Elektronik Hız Kontrol)
ESC1	İHA'nın Fırçasız Motorunun Elektronik Hız Kontrol Ünitesi
ESC2	Tohum Yayıcı Motorunun Elektronik Hız Kontrol Ünitesi
EUROUVS	European Association of Unmanned Vehicles Systems
GPS	Global Positioning System
HALE	High Altitude Long Endurance (Yüksek İrtifa Uzun Dayanım)
IR	Infra-Red
İHA	İnsansız Hava Aracı
İSU	İnsansız Savaş Uçağı
J-UCAS	Joint Unmanned Combat Aerial System
M1	İHA'nın Fırçasız Motoru
M2	Tohum Yayıcı Fırçasız Motoru
MALE	Medium Altitude Long Endurance (Orta İrtifa Uzun Dayanım)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
R/C	Remote Control (Uzaktan Kontrol)
RCASS	Remote Controlled Aerial Spraying System
RPM	Revolutions Per Minute
SAR	Synthetic Aperture Radar (Yapay Açıklı Radar)
TAI	Turkish Aerospace Industry
V-1	Vergeltungswaffe 1 (Alman Otonom İnsansız Bombardıman Uçağı)
YACS	Yamaha-Exclusive Flight Altitude Control System
YKİ	Yer Kontrol İstasyonu

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. İHA'ların sınıflandırılması	3
Tablo 2. Test uçuş günündeki hava koşulları	56
Tablo 3. Test uçuşu sonuçları	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İlk İHA, Curtiss-Sperry hava torpidosu	6
Şekil 2.2. Kettering Bug	7
Şekil 2.3. Sperry Messenger	8
Şekil 2.4. Queen Bee	8
Şekil 2.5. Denny Drone	9
Şekil 2.6. Vergeltungswaffe 1 (V-1)	10
Şekil 2.7. Lockheed D-21	10
Şekil 2.8. Firebee, a) Fırlatma esnasında Firebee, b) DC-130 Uçağının kanatlarının altına takılmış Firebee	11
Şekil 2.9. Scout	12
Şekil 2.10. Pioneer	13
Şekil 2.11. Predatör	14
Şekil 2.12. Global Hawk	15
Şekil 2.13. İSU, X-45A	16
Şekil 2.14. İSU, Phantom Ray	17
Şekil 2.15. 1995 ve 2007 yılları arasında TAI tarafından üretilen İHA'lar, a) Hedef İHA, Turna, b) Hedef İHA, Keklik, c) Martı İHA, d) Pelikan İHA, e) Taktik İHA, Baykuş, f) Taktik İHA, Gözcü.....	18
Şekil 2.16. Heron	19
Şekil 2.17. Baykar Makine ve Vestel Savunma Sanayi tarafından üretilen İHA'lar, a) Çaldıran, b) Karayel, c) Malazgirt, d) Efe, e) Bayraktar, f) Arı	20
Şekil 2.18. Anka	21
Şekil 2.19. İnsansız savaş helikopteri, Sivrisinek	21

Şekil 2.20. ERAST projesi sonucunda üretilen bazı sivil İHA'lar, a) Proteus, b) Altus, c) Helios, d) Pathfinder	22
Şekil 2.21. Aerosonde	23
Şekil 2.22. Altair	24
Şekil 2.23. Altus II	24
Şekil 2.24. Uçurtma uçak	25
Şekil 2.25. Gifu Industry İHA	25
Şekil 2.26. RCASS	26
Şekil 2.27. Yamaha Motor tarafından üretilen sivil insansız helikopterler, a)Yamaha R-50, b)Yamaha R-max	27
Şekil 2.28. Rmax Usu dağında gözlem uçuşunda	28
Şekil 2.29. RPH2	29
Şekil 2.30. Avusturalya' da salvinia ile kaplı bir arazide İHA'nın uçuşu	30
Şekil 2.31. Global Observer	30
Şekil 2.32. Hummingbird	31
Şekil 3.1. Sedir ağacı türlerinin dünya'daki doğal yayılış alanları	33
Şekil 3.2. Toros Sediri (Lübnan Sediri)	34
Şekil 3.3. Toros Sedirinin ülkemizde yayılış alanı	35
Şekil 3.4. Sedir tomrukları	36
Şekil 3.5. Elle serpme tohumlama işlemine hazırlanan işçiler, Kocabelen mevki, Sinap Köyü, Erdemli, Mersin	39
Şekil 3.6. Elle serpme tohumlama	39
Şekil 3.7. Ağaçsız karstik arazi, Armutkırı, Mersin.....	40
Şekil 3.8. Serpme tohumlama işleminden sonra aynı karstik arazi, 16 yaşında Toros Sedirleri, Armutkırı, Mersin	40

Şekil 3.9. Ülkemizde helikopterle serpme tohumlama	41
Şekil 3.10. Toros Sediri kozalaklarının toplanması	42
Şekil 3.11. Kozalakların açılması için yapılan sulama işlemi	42
Şekil 3.12. Kanatlı ve kanatsız sedir tohumu	43
Şekil 3.13. Elle serpme tohumlama a,b) Engelibeli arazide elle serpme tohumlama	44
Şekil 4.1. İHA platform.....	47
Şekil 4.2. İHA aviyonik sistem şeması	48
Şekil 4.3. Kontrol yüzeylerinin servoları ve burun iniş takım kontrol servosu, a) İrtifa ve istikamet dümeni servoları, b) Kanatçık servosu, c) Burun iniş takımı servosu ..	49
Şekil 4.4. İHA radyo kontrol alıcı kanalların atamaları.....	49
Şekil 4.5. Radyo kontrol ünitesinin kanal atamaları	50
Şekil 4.6. Aviyonik ve mekanik parçaların İHA üzerindeki yerleşimi.....	50
Şekil 4.7. Tohum yayma sistemi	51
Şekil 4.8. Tohum tankı, a) Tank, b) Tankın montaj edilmiş hali	52
Şekil 4.9. Açma-kapama mekanizması	52
Şekil 4.10. Tohum yayıcı, a) İçten görünüm, b) Üstten görünüm, c) Alt/yandan görünüm.....	53
Şekil 4.11. Tohum yayıcı motor yatağı ve motoru.....	53
Şekil 4.12. Ana YKİ komponentleri, a) Monitör, b) Kontrol ünitesi c) Kablosuz A/V alıcısı.....	54
Şekil 4.13. YKİ aviyonik sistem şeması	54
Şekil 4.14. Test uçuşu, Gölbaşı, Ankara, 12 Temmuz 2011.	55
Şekil 4.15. Freepist'ten bir görünüm, Gölbaşı, Ankara	56
Şekil 5.1. İkinci test uçuşundan yayılan tohumların yerdeki dağılımını	59

GİRİŞ

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) farklı havacılık organizasyonları tarafından yapılan birden fazla tanımı olsa da, [1] uzaktan kontrol edilebilen veya önceden programlanmış uçuş planı veya karmaşık dinamik otomasyon sistemleri ile otonom olarak uçabilen, herhangi bir pilot taşımayan, aerodinamik kuvvetleri kullanarak kaldırma kuvveti oluşturan, motorlu tek ya da çok kullanımlık hava araçları olarak tanımlanabilir. Bir İHA, görev özelliğine göre ya sabit ya da sökülebilen zararlı veya zararsız faydalı yüke sahip olabilir [2-6].

İHA üzerinde yapılan çalışmalar, havadan ağır ilk motorlu uçuşun 1903 yılında gerçekleştirilmesinden kısa bir süre sonra 1916 yılında başlamıştır [7]. İHA'lar Kısım 1.3'de detaylı olarak açıklandığı gibi pilotlu uçaklara nazaran pek çok avantajlara sahiptir. İHA'ların hem askeri hem de sivil uygulamalarda kullanımları gittikçe artmaktadır [6, 8]. Pilot taşımadıklarından ve uzun süre uçabildiklerinden dolayı, başlangıçta daha çok askeri amaçlar için kullanılan ve geliştirilen İHA'larda pilotun yokluğu, insan kaybı riskini ortadan kaldıran uçuşlara izin vermiştir [8, 9].

Sonraki yıllarda sivil kullanım amacına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Başlangıçta az sayıda ülke tarafından yürütülen İHA çalışmaları günümüzde pek çok ülkeye yayılmıştır [7].

Ülkemizde Orman Genel Müdürlüğü tarafından ekim çalışmaları gerçekleştirilen sedir ağacı çok değerli ağaç türlerinden biridir. Uzun yıllar süren aşırı otlatmalardan ve kesim çalışmalarından dolayı oldukça zarar görmüştür. Bu tez çalışmasında sedir ağacı ağaçlandırılmalarında kullanılmak üzere sivil amaçlı İHA geliştirilmiştir.

Tez çalışmasında birinci bölüm, İHA'ların sınıflandırılması ve İHA'ların pilotlu uçaklara göre üstünlüklerini, ikinci bölüm, askeri ve sivil İHA'ların tarihini, üçüncü bölüm, Toros Sedirini, dördüncü bölüm, yöntem ve son olarak beşinci bölüm ise tartışma, sonuç ve önerileri içermektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. İnsansız Hava Araçları

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) farklı havacılık organizasyonları tarafından yapılan birden fazla tanımı olsa da, [1] uzaktan kontrol edilebilen veya önceden programlanmış uçuş planı veya karmaşık dinamik otomasyon sistemleri ile otonom olarak uçabilen, herhangi bir pilot taşımayan, aerodinamik kuvvetleri kullanarak kaldırma kuvveti oluşturan, motorlu tek ya da çok kullanımlık hava araçları olarak tanımlanabilmektedir. Bir İHA, görev özelliğine göre sabit ya da sökülebilen zararlı / zararsız faydalı yüke sahip olabilmektedir [2-6].

İHA üzerinde yapılan çalışmalar, havadan ağır ilk motorlu uçuşun 1903 yılında gerçekleştirilmesinden kısa bir süre sonra 1916 yılında başlamıştır [7]. İHA'lar Kısım 1.3'de detaylı olarak açıklandığı gibi pilotlu uçaklara nazaran pek çok avantajlara sahiptir. İHA'ların hem askeri hem de sivil uygulamalarda kullanımları gittikçe artmaktadır [6, 8]. Pilot taşımadıklarından ve uzun süre uçabildiklerinden dolayı, başlangıçta daha çok askeri amaçlar için kullanılan ve geliştirilen İHA'larda pilotun yokluğu, insan kaybı riskini ortadan kaldıran uçuşlara izin vermiştir [8, 9].

Sonraki yıllarda sivil kullanım amacına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Başlangıçta az sayıda ülke tarafından yürütülen İHA çalışmaları günümüzde pek çok ülkeye yayılmıştır [7].

1.2. İHA'ların Sınıflandırılması

Tablo-1'de Avrupa İnsansız Hava Aracı Sistemleri Demeği (European Association of Unmanned Vehicles Systems-EUROUVS) tarafından uçuş yüksekliği, uçuş süresi, uçuş hızı, maksimum kalkış ağırlığı, boyut vb. parametreleri kullanılarak hazırlanan İHA

sistemleri sınıflandırmasını gösteren bilgiler verilmiştir. Bu sınıflandırmada dört ana kategori mevcut olup bunlar; Mikro/Mini İHA'lar, Taktik İHA'lar, Stratejik İHA'lar ve özel amaçlı İHA'lardır [10].

Tablo 1. İHA'ların sınıflandırılması [10].

	Kategori	Maksimum Kalkış Ağırlığı(Kg)	Maksimum Uçuş Yüksekliği (m)	Uçuş Süresi (Saat)	Veri Link Mesafesi (Km)
Mikro/Mini İHA'lar	Mikro	0.10	250	1	<10
	Mini	<30	150-300	<2	<10
Taktik İHA'lar	Yakın Mesafe	150	3.000	2-4	10-30
	Kısa Mesafe	200	3.000	3-6	30-70
	Orta Mesafe	150-500	3.000-5.000	6-10	70-200
	Uzun Mesafe	-	5.000	6-13	200-500
	Dayanım (Süre)	500-1.500	5.000-8.000	12-24	>500
	Orta İrtifa Uzun Dayanım	1.000-1.500	5.000-8.000	24-48	>500
Stratejik İHA'lar	Yüksek İrtifa Uzun Dayanım	2500-12.500	15.000-20.000	24-48	>2.000
Özel Amaçlı İHA'lar	Öldürücü	250	3.000-4.000	3-4	300
	Tuzak	250	50-5.000	<4	0-500
	Stratosferik	Belirlenecek	20.000-30.000	>48	>2.000
	Exo-stratosferik	Belirlenecek	>30.000	Belirlenecek	Belirlenecek

1.2.1. Mikro/Mini İHA'lar

Mikro/Mini İHA'lar, kanat genişliği sırasıyla santimetre ve metre olarak ölçülen en küçük platformlardır. Bunlar 300 metreden daha az irtifalarda uçmakta ve binalar arasında, binaların içinde, koridorlarda ve orman gibi dar alanlarda görev almaktadırlar. Üzerlerinde dinleme, kayıt cihazı, verici ve küçük kameralar taşıyabilmektedirler. Mikro/Mini İHA'lar, hem askeri hem de sivil amaca yönelik hizmet etmektedir [10, 11].

1.2.2. Taktik İHA'lar

Mikro/mini İHA'lardan daha ağır platformlara sahip ve daha yüksek irtifalarda (3000-8000 m) uçabilmektedirler. Uçuş mesafelerine göre yakın mesafe, kısa mesafe, orta mesafe, uzun mesafe, dayanım ve orta irtifa uzun dayanım olmak üzere altı alt kategoriye ayrılmaktadır. Askeri amaçlar için kullanılmaktadırlar [10].

1.2.3. Stratejik İHA'lar

Stratejik İHA'lar genellikle daha büyük platformlara ve faydalı yüklere sahiptirler. Yüksek irtifa ve uzun dayanım için kullanıldıklarından en ağır platformlara sahip olan stratejik İHA'ların maksimum kalkış ağırlıkları 2.500 ile 12.500 kg arasında değişmekte ve 20,000 metre irtifalarda uçabilmektedirler. Bu İHA'lar kalkış, uçuş ve inişlerini otonom olarak gerçekleştirmektedirler [10].

1.2.4. Özel Amaçlı İHA'lar

Özel amaçlı İHA'lar, çok özel askeri ve sivil görevlerde kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Az sayıda üretilen özel amaçlı İHA'lar, gezegenlerin keşfi, hava ve deniz tuzakları, gemi, radar, uçak ve askeri tesislere karşı saldırı amaçlı görevlerde kullanılmakta, uçuş yükseklikleri, görevlerine göre değişmektedir.

1.3. İHA'ların Avantajları

İHA'ların en önemli avantajı geleneksel uçakların tersine pilotların fiziksel limitleriyle sınırlı olan uzun süre uçuş kabiliyetine sahip olmasıdır [6, 8, 12]. İHA'lar geleneksel uçaklarla karşılaştırıldığında:

- Basittirler, üretim [2] ve işletme maliyetleri düşüktür.
- İHA'lar uzun süren gözetleme ve keşif görevlerini etkili bir şekilde yerine getirebilmektedirler.

- İHA'lar, insan yaşamı için tehlikeli olan kimyasal ve nükleer maddelerin yer aldığı görevlerde kullanılabilirler.
- Araştırma ve geliştirme faaliyetleri İHA'lar sayesinde daha ucuz ve hızlı olarak gerçekleştirilmektedirler.
- Daha az enerji kullanan İHA'lar, düşük emisyon ve gürültü seviyelerine sahiptirler.
- İHA'ların bakım, hangar ve yakıt maliyetleri aynı görevi yapan pilotlu uçaklara göre daha azdır.
- Mini ve hayalet İHA'lar, saldırı ve hava savunması gibi tehlikeli görevlerde kullanılabilirler [13].

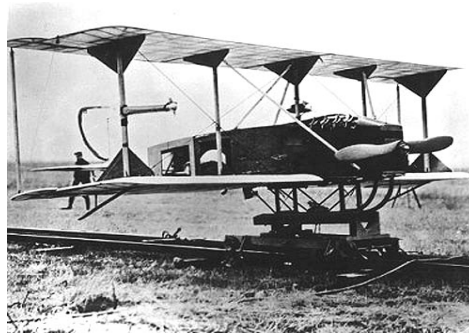
Yukarıda belirtilen diğer avantajlarla birlikte düşünüldüğünde, İHA'lar hem askeri hem de sivil uygulamalarda kullanılabilecek çok faydalı araçlardır. İHA'lar pilotlu savaş uçakları yerine tehlikeli ve zor görevlerde kullanılabildiklerinden, daha çok askeri uygulamalarda geliştirilmişlerdir [14, 15]. Sivil uygulamalar için de önemli potansiyele sahip olan İHA'lar birçok sivil uygulamalarda kullanılmalarına rağmen, daha pek çok uygulama keşfedilmeyi beklemektedir [15]. İHA ve İHA teknolojileri 50'den fazla ülkenin takip ettiği çok aktif bir çalışma alanıdır [7, 16].

2. BÖLÜM

ASKERİ VE SİVİL İHA'LARIN TARİHİ

2.1. Askeri İHA'ların Tarihi

Orville ve Wilbur Wright kardeşler tarafından havadan ağır ilk motorlu uçuşun 10 Aralık 1903 tarihinde gerçekleştirilmesinin ardından ilk İHA Amerika'lı Elmer Sperry ve oğlu Lawrence Sperry tarafından 1916 yılında üretilmiştir. Şekil 2.1'de görülen ilk İHA'nın gövdesinin tasarlanması ve inşa edilmesi Curtiss Aeroplane ve Motor Company tarafından gerçekleştirildiği için Curtiss-Sperry hava torpidosu olarak adlandırılmıştır [15]. Amerikan Deniz Kuvvetleri tarafından maddi olarak desteklenen İHA, 480 kg ağırlığında ve 70 mph hızında uçabilme kapasitesindeydi. Başlangıçta kalkış problemleri yaşayan İHA'nın, Lawrence Sperry tarafından 30 milden fazla uçurularak uçuşa elverişliliği kanıtlanmıştır. Bu uçuşa elverişliliğin ardından, geliştirilen özel bir fırlatma düzeneği ile başarılı bir şekilde kalkışı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu iki isim İHA gövdesini dengeleyen bir cayroskop geliştirerek ilk oto pilotu üretmişlerdir. Bu İHA, irtifa kontrol sistemi ve otomatik uçuş kontrol kabiliyetine sahip ilk uçak olarak düşünülebilir [7, 15, 17-20].



Şekil 2.1. İlk İHA, Curtiss-Sperry hava torpidosu [15].

I. Dünya Savaşı sırasında, Dayton-Wright Airplane Company Kettering Bug adı verilen ağaçtan yapılmış iki kanatlı bir İHA geliştirmiştir. Orville Wright bu projede danışman olarak görev almıştır. Pervaneli yanmalı bir motora sahip olan Kettering Bug kendi ağırlığı (300 pounds) kadar bombayı taşıyabilmekteydi. İHA tekerlekli bir araçla kalkış yapmakta ve önceden belirlenmiş süre sonunda kanatlarının uçağın gövdesinden ayrılması ile gövdesi bir torpido olarak hedefi vurmaktaydı. Kettering Bug kalkış yaptığı yerden 75 mil uzaktaki bir noktayı vurma kapasitesine sahipti. Birden fazla Kettering Bug üretilmesine rağmen, hiçbiri aktif olarak savaşta kullanılmamıştır [1, 21-23]. Kettering Bug Şekil 2.2’de görülmektedir [23].



Şekil 2.2. Kettering Bug [23].

1920 yılında, Amerikan Sperry Aircraft Company tarafından hafif kargo uçağı olarak kullanılmak üzere Sperry Messenger adında tek pilotlu bir uçak üretilmiştir. Bu uçak, Şekil 2.3’te görülmektedir [24]. Üretilen 50 uçaktan 8 ile 12 arasında uçak, uzaktan kontrollü (Remote/Control-R/C) uçağa çevrilmiştir. Bu uçak, ilk başarılı uzaktan kontrollü İHA’dır. Bununla birlikte, 1918 yılında I. Dünya Savaşı’nın bitmesi, savaş tehdidini ortadan kaldırmış ve bu durum insansız uçakların gelişmesini olumsuz olarak etkilemiştir. Buna rağmen çok sayıda İHA’nın askeri uygulamalar için kullanımına devam edilmiştir [1, 24].



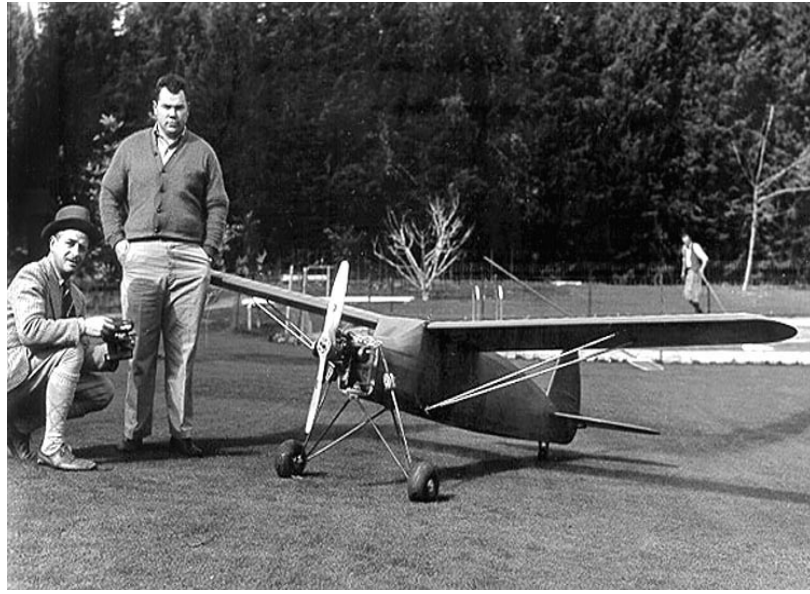
Şekil 2.3. Sperry Messenger [24].

İHA'lar II. Dünya Savaşı'nın yaklaşmasıyla ortaya çıkan gerginlik ile tekrar gündeme gelmişlerdir; fakat bu kez İHA'ların gelişmesi saldırı silahı olarak değil uçaksavar topçularının eğitilmesi için hedef uygulamalarıydı. İngiltere 400'den fazla Queen Bee olarak adlandırılan İHA'ları üretmiştir. Bu isim İHA'lar için günümüzde de kullanılan "dron" kelimesinin ortaya çıkmasına yol açmıştır [1]. İngiliz Kraliyet Hava ve Deniz Kuvvetleri 380 adet Queen Bee'yi 1947 yılına kadar hedef dron olarak işletmiştir. Şekil 2.4'te görülen İHA 17.000 feet yükseklikte uçabilmekteydi [25]. Bu uçaklar radyo kontrollü uçaklardı ve 100 mph üzerindeki hızlarda uçmakta, 300 mile kadar mesafeyi kat edebilmekteydi [26].



Şekil 2.4. Queen Bee [25].

İngiltere'den başka Amerika da hedef uygulamaları için İHA'lar üretmeye başlamıştır. 1935 yılında, film aktörü ve R/C model uçak gönüllüsü olan Reginald Denny Amerikan Kara Kuvvetlerini, kendisinin üretmiş olduğu R/C uçağını uçaksavar topçularını eğitmek için kullanmaya ikna etmiştir. Şekil 2.5'te görülen Denny Dron, II. Dünya Savaşı sırasında 15,000 adetten fazla üretilmiştir [1, 14, 27].



Şekil 2.5. Denny Drone [27].

Amerika ve İngiltere birkaç küçük insansız sistem üretiyorken, Almanya II. Dünya savaşı sırasında Vergeltungswaffe 1 (yaygın adıyla V-1) olarak bilinen otonom insansız bombardıman uçağını geliştirerek insansız havacılık teknolojisinde büyük bir gelişme gerçekleştirmiştir. Şekil 2.6'da görülen V-1 insansız bombardıman uçağı 470 mph hızında uçabilmekte ve 2000 pounds ağırlığındaki bombayı taşıyabilmekteydi [28]. Önceden belirlenen sürenin sonunda, en fazla 150 mil mesafeden sonra bombayı düşürüyordu. V-1'ler 1944 yılında İngiltere'ye karşı kullanılmış ve 900 kişinin ölümüne ve 35.000'den fazla İngiliz vatandaşının yaralanmasına yol açmıştır. Bu İHA bir insansız uçağın askeri amaçlar için kullanıldığında ne kadar etkili olduğunun en güçlü örneğiydi. Amerika, II. Dünya Savaşı'ndan sonra V-1'in potansiyelini görmüş ve kendi ürettiği insansız uçaklara V-1'in özelliklerini uygulamaya başlamıştır [1, 22].



Şekil 2.6. Vergeltungswaffe 1 (V-1) [28].

Askeri endüstri tesislerinin ABD’de ciddi bir şekilde kurulması ve Soğuk Savaşın tırmanması 1950’lerden sonra yeni İHA’ların daha hızlı tempoda tasarlanmasına ve üretilmesine yol açmıştır. ABD, 1960’lardan başlayarak Amerika-Vietnam Savaşı sırasında Güneydoğu Asya’da çok sayıda İHA kullanmıştır. Amerika, 90.000 feet irtifada 3 Mach hızında uçabilen D-21 adında düşman hava sahasına girerek keşif görevlerini yerine getiren bir İHA üretmiştir. Şekil 2.7’de D-21 uçağı görülmektedir [1, 29-31].



Şekil 2.7. Lockheed D-21 [29]

Soğuk Savaş'ın devam etmesiyle, o zamanlarda yaygın olan gizli ve rekabetçi askeri gerilimleri kırmak için teknolojik gözetleme İHA'larının geliştirilmesi için çalışmalar devam etmiştir. 1960 ve 1970'lerdeki Amerika-Vietnam Savaşına yol açan gerilimlerin ortaya çıkması benzer bir isteği doğurmuştur. İHA'lar bu tür görevlerde çok başarılı olmuşlardır. 1970'lerin ortasında Amerika-Vietnam ve 1980'lerdeki Soğuk Savaşın bitmesine rağmen, "gözetleme", günümüze kadar uzanan İHA'ların ana uygulama alanı olarak devam etmektedir.

İHA'ların sistem kontrolleri üzerinde pek çok teknolojik gelişme Soğuk Savaş sırasında da gerçekleştirilmiştir. Örneğin; Ryan Aeronautical Company tarafından 1950'lerde geliştirilmeye başlanan Firebee adındaki jet motorlu İHA, küçük bir iş jeti büyüklüğündedir ve gelişmiş gözetleme teknolojisini bulundurmak amacıyla üretilmiştir. Ayrıca, savaş görevleri için de uygun olan Firebee, başlangıçta sadece basit kameralar ile donatılmış, fakat daha sonraki versiyonları gelişmiş haberleşme ve elektronik istihbarat kabiliyetlerinin yanı sıra gece görüntüleri için daha karmaşık fotografik kabiliyetleri de içermektedir. Firebee havadan başlatılan jet motorlu uzaktan kontrollü İHA'ydı. Sekiz tane Firebee tek bir DC-130 uçağından fırlatılmaktaydı. Sorti ve görevler bu uçaktan kontrol edilmekte veya otomatik olarak yerine getirilmekteydi. Firebee'ler, o yıllarda Kuzey Vietnam ve Çin'de 34,000 sorti uçuşu gerçekleştirmişlerdir. Amerika-Vietnam savaşı sırasında hem keşif hem de askeri görevler için kullanılmışlardır [1, 7, 19, 31-33]. Şekil 2.8'de, Firebee'nin yerden ve havadan fırlatılma sistemleri görülmektedir [34, 35].



a)



b)

Şekil 2.8. Firebee, a) Fırlatma esnasında Firebee, b) DC-130 Uçağıının kanatlarının altına takılmış Firebee [34, 35].

2.2. Modern İHA Dönemi

Modern İHA dönemi, Amerikan-Vietnam Savaşı'ndan sonra ortaya çıkmıştır. O zamanlarda Amerika ve İsrail taşınabilir ve ucuz İHA tasarımı ve inşasına başlamışlardır. Bu İHA'lar motosiklet ve kar motorlarında bulunan motorlara benzer küçük motorlara sahipti ve büyük model uçaklara benzeyen uçaklardı. Bu İHA'lar başlıca, gelişmiş güdüm ve gözetleme kabiliyetlerinin eklenmesi ile tanınmaktaydılar ve yerde bulunan bir istasyona üzerlerinde bulunan kamera ile aldıkları görüntüleri eş zamanlı olarak gönderebilmekteydiler [15, 17, 19].

Amerika-Vietnam Savaşı'ndan sonra Amerika'nın İHA üzerine yatırımları azalsa da diğer ülkeler İHA programlarını geliştirmeye başlamışlardır. Hiçbir ülke İsrail kadar başarılı olamamıştır. İsrail Hava Kuvvetleri 1970 ve 1980'lerde pek çok yeni İHA geliştirmişlerdir. Bunlardan bir tanesi Şekil 2.9'da görünen Scout adı verilen İHA'dır. Bu İHA piston motorlu bir uçak olup gözetleme bilgilerini belli bir merkeze eş zamanlı olarak iletebilmektedir [1, 22].



Şekil 2.9. Scout [22].

Amerikan Kara Kuvvetleri, 1979 yılında Aquila adı verilen bir taktik İHA'yı geliştirmeye başlamış, 1987 yılında yapılan test uçuşlarında, 105 uçuştan sadece 7'sinde başarılı olmuştur. Maliyet ve geliştirmedeki problemlerden dolayı proje aynı yıl iptal edilmiştir.

1982 yılında ise İsrail, Lübnan'ın Beka vadisinde Suriye Hava Savunmasını yıkacak kabiliyete sahip çok basit ve ucuz bir İHA'yı kullanmıştır [17, 36]. 1980'lerin sonu ve 1990'ların başında İsrail tarafından geliştirilen İHA'lar, Amerika'nın da dâhil olduğu diğer ülkelerin filolarında yerini almıştır [1].

1990'larda yeniden gündeme gelen İHA'ların yararlı bir askeri araç olarak kullanılmaları geniş ölçüde kabul edilmiştir [1]. Amerikan Silahlı Kuvvetleri Hunter ve Pioneer gibi İHA'ları yaygın olarak kullanmıştır. Bu İHA'lar İsrail tarafından geliştirilen sistemlerin doğrudan türevleriydi. Amerikan Silahlı Kuvvetleri Şekil 2.10'da görülen İsrail yapımı Pioneer İHA'yı 1990 ve 1991 yılları arasında Körfez Savaşı'nda 300'den fazla savaş ve keşif görevlerinde etkin olarak kullanmıştır. Sonra, askeri amaçlı İHA gelişmelerinde önemli ve hızlı bir gelişme olmuştur [7, 15, 22,31].



Şekil 2.10. Pioneer [22].

Askeri amaçlı İHA çalışmalarında önemli ve hızlı gelişmeler 1990'larda Amerikan medyasının da desteği ile müthiş bir ilerleme kaydetmiştir. Hem Körfez Savaşı hem de Balkanlardaki çatışmalar, İHA'ların kabiliyetlerini sivil halk tarafından da geniş ölçüde bildiği yeni bir İHA dönemini başlatmıştır [1]. Körfez Savaşı olduğu yıllarda CNN gibi televizyon kanalları Amerikan Silahlı Kuvvetleri tarafından kullanılan askeri İHA'ların Irak'ta bulunan hedefleri olağanüstü doğruluk ve tutarlılıkla vurduğunu gösteren videoları

rutin olarak yayınlamaktaydı. İHA'lerden sağlanan gözetleme görüntüleri Amerikan hükümeti tarafından da yayınlanarak Körfez savaşını doğrulamak amacı ile kullanılıyordu. Medya desteği Afganistan ve İkinci Irak Savaşı sırasındaki çatışmalarda da devam etmiştir [1]. İHA'ların gelişmesi için Amerika'daki halk desteği büyümüş ve sonucunda askeri İHA'lar için yeni fikirler ve kullanımların hızla gelişmesine yol açmıştır.

Böylece en çok bilinen İHA'lardan olan Predatör, General Atomics firması tarafından askeri uygulamalar için üretilmiştir. Şekil 2.11'de bir örneği görünen Predatörler ilk olarak 1995 yılında kullanılmıştır [37]. Keşif ve gözetleme uçağı olarak üretilen bu uçaklar çok kısa zamanda konuşlandırılmakta ve 40 saate kadar havada kalabilmektedir. Yine medyanın etkisiyle, Predatör, Amerika ve diğer ülkelerde yaygın kullanılan bir kelime haline gelmiştir. Predatör, gerçek zamanlı istihbarat sağlamak amacıyla donatılmış ve gelişmiş bir uydu güdüm sistemi ve bir hedef yardımcısı olarak kullanılması için Yapay Açıklı Radar (Synthetic Aperture Radar-SAR) ile donatılmıştır. Bu tür İHA'lar hem gözetleme hem de savaş kabiliyetlerine yardımcı olmak için düşük irtifada uçmaktadırlar. Savaş sortileri için, iki adet Hellfire füze fırlatıcısı taşımaktadırlar. Predatörler, Afganistan ve Irak'ta savaş görevlerinde kullanılmışlar, sadece Kosova'da 50'den fazla sorti uçuşu gerçekleştirmişlerdir [7, 32]. Halen ABD silahlı kuvvetleri tarafından pek çok operasyonlarda kullanılmaktadırlar.



Şekil 2.11. Predatör [37].

İHA gelişmelerinden bir diğeri de Global Hawk'tır. 24 saat boyunca 400 mph hızında ve kötü hava koşullarında uçabilen Global Hawk, Teledyne Ryan tarafından üretilmiş ve Afganistan'da etkili bir şekilde kullanılmıştır. Şekil 2.12'de verilen Global Hawk, jet motorlu ve 60.000 feet gibi çok yüksek irtifalarda uçabilmektedir [7]. Bu sayede uçaksavarlar tarafından sezilmeleri ve yok edilmeleri zordur. Üzerlerinde elektro-optik/infra-red (EO/IR) ve SAR gibi çok sayıda sensör bulunmaktadır. Global Hawk'ın yapımında çoğunlukla kompozit malzeme kullanılmıştır. Otonom olarak uçabilen Global Hawk, ABD'nin herhangi bir operatör üssünden uzak mesafelerdeki görevini yerine getirmek için havalandığında yakıt ikmali yapmadan uçabilecek şekilde tasarlanmıştır. Global Hawk, Afganistan ve Irak'ta gerçek zamanlı gözetleme ve keşif görüntülerini elde etmek amacıyla görevlendirilmiştir [7, 31, 32]. Ayrıca, son dönemde 11 Mart 2011 tarihinde Japonya'da meydana gelen deprem ve tsunami olayında kullanılarak Japon yetkililerine arama ve kurtarma girişimleri ile temizleme ve yeniden inşa işlemlerinde yardımcı olmak amacıyla da kullanılmıştır [38].



Şekil 2.12. Global Hawk [7].

1990'ların sonlarında, Boeing firması, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ve ABD Hava Kuvvetlerince desteklenen Ortak İnsansız Savunma Hava Sistemleri Programı (Joint Unmanned Combat Air Systems, J-UCAS) altında İnsansız Savaş Uçağı (İSU) geliştirmeye başlamıştır. Boeing firması Şekil 2.13'te görülen X-45A

olarak adlandırılan İSU'yu üretmiş [39], aynı zamanda X-45C adı verilen hedefe bomba bırakma ve çok riskli operasyonlarda görev alabilecek diğer bir İSU projesi üzerinde de çalışmıştır. İSU X-45A'nın test uçuşları 2002 yılında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. 2004 yılına kadar her iki X-45A da 35 uçuş görevini yerine getirmiş, aynı yıl, X-45A ile bomba bırakma işlemi tam doğrulukla başarılmıştır. Ayrıca, ilk defa bir pilot tarafından çoklu insansız otonom uçuş başarıyla gerçekleştirilmiştir. Geliştirilmeleri durdurulan her iki İHA da 2006 yılında farklı havacılık müzelerine gönderilmiştir [40].



Şekil 2.13. İSU, X-45A [39].

X-45C projesinin tamamlandığı yıl, belirtilen program iptal edilmiştir. Böylece Boeing firması Amerikan Deniz Kuvvetleri'ne X-45C'nin deniz versiyonunu, X-45N olarak üretmeyi önermiştir. Ancak diğer bir uçak üreticisi olan Northrop Grumman X-47B ismini verdiği İSU ile Ağustos 2007 tarihinde ihaleyi kazanmıştır. Boeing bu proje üzerine odaklanmayı 2008 yılının sonuna kadar durdurmuştur. İlk üretilen ve yarı tamamlanmış X-45C'ler depoda beklemiştir. Yaklaşık iki yıl sonra Boeing yeniden prototip üzerinde çalışmalara başlamış ve X-45C'ye dayalı Phantom Ray'ı herhangi bir dış destek almadan geliştirmeye başlamıştır [41]. Phantom Ray Şekil 2.14'te görülmektedir. Bu İSU'nun test uçuşu 27 Nisan 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir [42].



Şekil 2.14. İSU, Phantom Ray [42].

2.3. Ülkemizde İHA Çalışmaları

Ülkemiz, İHA'larla 1990'lı yılların başında tanışmış ve bu tanışıklığı daha çok askeri amaçlar üzerine odaklamıştır. İlk olarak, GNAT adında bir İHA, ve aynı İHA'nın gelişmiş versiyonu olan I-GNAT'ı Aeronautical Systems Company'den satın almıştır. Aktif olarak ilk İHA çalışmaları milli olanaklarla başlatılmıştır. 1990 yılında, Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi (Turkish Aerospace Industry-TAI) X-1 adı verilen ilk İHA projesini geliştirmeye başlamıştır. X-1, başarılı bir proje olmasına rağmen mali problemler ve belirsiz nedenlerden dolayı faydalı yük ve seyrüsefer entegrasyonu tamamlanamamıştır [13]. TAI, X-1 projesinin ardından birçok İHA projesini başarılı olarak tamamlamıştır. Bunlar; Turna G, Türk silahlı kuvvetlerinin eğitim ihtiyaçlarının karşılamak için, Keklik, radar /optik güdümlü füzeler ile eğitim için, Martı, pilot eğitimi ve sivil uygulamalar için, Pelikan, pilot eğitimi ve Taktik İHA Baykuş'a geçiş platform, Gözcü, gece/gündüz gözetim ve eş zamanlı video görüntülerini aktarım için üretilmiştir. Öncü, eğitim ve ANKA'ya geçiş platformu olarak kullanılmaktadır [13, 43, 44]. TAI tarafından üretilen X-1 ve Öncü dışındaki İHA'ların fotoğrafları Şekil 2.15'te verilmiştir [44, 45].



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Şekil 2.15. 1995 ve 2007 yılları arasında TAI tarafından üretilen İHA'lar, a) Hedef İHA, Turna, b) Hedef İHA, Keklik, c) Martı İHA, d) Pelikan İHA , e) Taktik İHA, Baykuş, f) Taktik İHA, Gözcü.

2004 yılı ülkemizde İHA'lar için dönüm noktası olmuştur. İlk olarak ihtiyaçlar belirlenmiş ve İHA'lar Mini, Taktik ve MALE (Medium Altitude Long Endurance-Orta İrtifa Uzun Dayanım) olarak gruplandırılmıştır. Acil ihtiyaçlar için hazır alım tercih edilmiş ve

İsrail'den Şekil 2.16'da gösterilen Heron adında İHA'lerden alınması için mutabakat sağlanmıştır. İsrail'den alınması için çalışmalar yürütülen Heron'larda teslimat süresinin geciktirilmesinin yanında söz verilen teknik şartlara uymayan araçların teslim edilmeye çalışılması, İHA çalışmalarına ivme kazandırmıştır. Heron'lar, 2010 yılında teslim edilmiştir. Öncelikli ihtiyaçlar belirlendikten sonra Savunma Sanayi Müsteşarlığı tarafından İHA çalışmaları başlatılmıştır [13, 46, 47]. TAI, Kale Baykar ve Vestel Savunma Sanayi Müsteşarlığının projelerinde görev alan şirketlerdir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi-SATEK Konsorsiyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Global Teknik İHA tasarım ve prototip üretim çalışmalarında görev alan kuruluşlardır [48].



Şekil 2.16. Heron [46].

Diğer İHA'lar Baykar Makine ve Vestel Savunma Sanayi gibi özel şirketler tarafından üretilmiştir. Baykar Makine, Bayraktar adında mini İHA, Malazgirt adında mini insansız helikopter ve Çaldıran adında taktik İHA'yı Kalekalıp şirketiyle ortaklaşa geliştirmiştir. Vestel Savunma Sanayi ise Efe adında Mini İHA, Arı adında mikro İHA ve Karayel adında taktik İHA geliştirmiştir. TAI, MALE sınıfında ANKA olarak adlandırılan İHA'yı geliştirmiştir [13]. Bu özel şirketler tarafından geliştirilen İHA'lar Şekil 2.17'de verilmiştir [49-51].



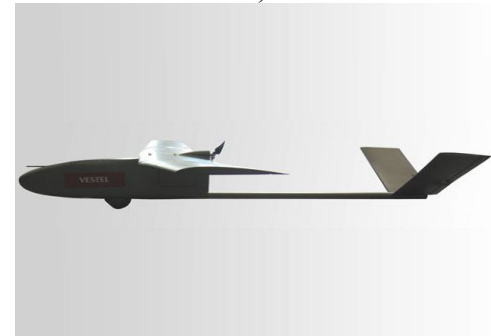
a)



b)



c)



d)



e)



f)

Şekil 2.17. Baykar Makine ve Vestel Savunma Sanayi tarafından üretilen İHA'lar, a) Çaldıran, b) Karayel, c) Malazgirt, d) Efe, e) Bayraktar, f) Arı

MALE İHA ANKA'nın hangar çıkış seremonisi 16 Haziran 2010 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Pek çok parçası kompozit malzemeden üretilen ANKA, 17 metre uzunluğunda kanat açıklığına, 9 metre uzunluğa ve 1.7 metre yüksekliğe sahiptir. 24 saat boyunca 30.000 feet irtifada uçabilmekte ve 200 kg ağırlığında faydalı yük taşıyabilmektedir. ANKA otomatik iniş ve kalkış kabiliyetine sahiptir, keşif ve gözetleme, görüntü istihbaratı, haberleşme ve elektronik savaş gibi görevleri yerine getirebilir. Şekil

2.18’de verilen ANKA’nın seri üretiminin ve teslim işlemlerinin 2012 yılının sonlarına doğru olması planlanmıştır [51, 52].



Şekil 2.18. Anka [51].

TAI ayrıca ilk uçuşunu 24 Aralık 2010 tarihinde gerçekleştiren Sivrisinek adında bir İnsansız Savaş Helikopteri üretmiştir. Şekil 2.19’da verilen Sivrisinek, 8 km uzaklıktaki hedefi vurabilen bir roketle donatılmıştır [51]. 1.5 saat uçabilen Sivrisinek, 120 kg yararlı yükü de dahil olmak üzere maksimum 300 kg kalkış ağırlığına sahiptir [53].



Şekil 2.19. İnsansız savaş helikopteri, Sivrisinek [51]

2.4. Sivil İHA'ların Tarihi

Amerika Birleşik Devletleri'nde askeri İHA'lar üzerine onlarca yıl yapılan çalışmalardan sonra, NASA sivil uygulamalar üzerine yoğunlaşmaya başlamıştır. Sürekli çevresel ölçümler gibi bilimsel çalışmalarda da sivil İHA'ların önemli fonksiyona sahip olduğu görülmüştür. En önemli proje 1990'larda başlayan 9 yıllık ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology) projesiydi. Bu projenin amacı 30.000 metre yükseklikte, herhangi bir kesintiye uğramadan altı ay boyunca uçabilme, ileri teknolojik motorlar ve sensör ile diğer ileri teknolojik özelliklere sahip olmasıydı. Bu proje sonucunda üretilen Proteus, Altus, güneş enerjisiyle çalışan Helios ve Pathfinder gibi İHA'lar Şekil 2.20'de verilmiştir [1, 15, 17, 19, 39].



a)



b)



c)



d)

Şekil 2.20. ERAST projesi sonucunda üretilen bazı sivil İHA'lar, a) Proteus, b) Altus, c) Helios, d) Pathfinder [39].

Yukarıda bahsedilen sivil İHA'lerden başka, Avusturalya Aerosonde Pty Limited Company Aerosonde Lamia adı verilen İHA'yı geliştirmiştir. Sıcaklık, nem, atmosfer basıncı, rüzgâr ölçümleri vb. hava verilerini toplamak ve çevresel görüntüleme yapmak amacıyla geliştirilen İHA, ayrıca keşif ve bilimsel gözlemler gibi diğer görevlerde de kullanılabilir. Küçük bir bilgisayar, seyrüsefer için GPS alıcısı ve meteorolojik göstergeleri bünyesinde bulundurmaktadır. Kalkış ve iniş dışında uçuşunu otonom olarak yapabilmektedir. Şekil 2.21'de verilen İHA, 2 ile 5 kg arasında faydalı yük taşıyabilmekte, toplam kalkış ağırlığı 15 kg dır ve 7.000 metre irtifaya çıkabilmektedir [54]. Maksimum yüksekliği faydalı yük ağırlığına bağlı olmasına rağmen 10 ile 30 saat arasında uçuş süresine sahiptir, 2.000 ve 3.000 km arasındaki bir mesafeyi kat edebilmektedir [15,17, 55]. 21 Ağustos 1998 tarihinde Aerosonda sadece 1.5 galonluk yakıtla 3.270 km uzunluğundaki mesafeyi uçarak Atlantik okyanusunu aşan ilk İHA olmuştur [1,56].



Şekil 2.21. Aerosonde [54].

2000'li yılların başında General Atomics Systems Incorporated tarafından Altair adında bir İHA geliştirilmiştir. Şekil 2.22'de gösterilen Altair çok yüksek irtifalarda yüksek güvenilirlikle uçabilmektedir [39]. Hata Tolerans Uçuş Kontrol Sistemine ve Üç katlı Aviyonik Sistem cihazına sahiptir. 15.2 km yükseklikte 30 saate kadar uçabilmekte ve 300 kg içinde, 1.361 kg uçağın dışında bulunan kanat istasyonlarında olmak üzere yük taşıyabilmektedir [15,17].



Şekil 2.22. Altair [39].

Aynı firma Altus I ve Altus II adında İHA'ları üretmiştir. Tasarım olarak Predatör'e benzemelerine rağmen, sivil kullanımlar için geliştirilen Altus I ve II, Predatör'den daha fazla kanat açıklığına sahiptir. Sivil araştırma görevleri için özel atmosferik örnekleme cihazlarını taşımak için üretilmişlerdir. Bu İHA'lar yüksek irtifalarda uçmak için tasarlanmış ve 330 lb'ye kadar faydalı yükü taşıyabilirler. Örneğin, Şekil 2.23'te gösterilen Altus II 20 km irtifaya çıkabilmekte ve 24 saat havada kalabilmektedir [15, 17, 39].



Şekil 2.23. Altus II [39].

Japonya'da ise yenilikçi diğer bir tasarım, Sky-Remote Aircraft Company tarafından uçurtma uçak yapılmıştır. Bu uçak Dunhuang çölünde, Çin'in iç kısımları ve sınırlarında

araştırma amaçlı kullanılmaktadır. 36-54 km/h hızla uçan bu uçurtma uçak 6 kg ağırlığında bir faydalı yük taşımaktadır. Şekil 2.24’de görülen uçurtma uçak, 27 kg ağırlığa sahiptir ve yaklaşık 2 saat düz uçuş yapabilmektedir [15,19].



Şekil 2.24. Uçurtma uçak.

Japonya’da bulunan Gifu Prefecture, Kawajyu Gifu Engineering ve Furuno Electric Company Limited ortaklaşa orman yangınlarını ve sismik hasarlara uğrayan yerleri sezmesi için Şekil 2.25’te verilen İHA’yı geliştirmişlerdir [15]. Bu İHA bir dijital kamera, bir infrared kamera ve her bir görev için farklı diğer araçlara sahiptir. Sadece 500 gr ağırlığında faydalı yüke sahip olan uçağın uçuş süresi 30 dakika ve toplam ağırlığı 4 ile 7 kg arasında değişmektedir. Bu üç şirket dört farklı İHA üretmişlerdir. En son üretilen İHA bir elektrik motoru ve Amerikan yapımı otopilot sistemini üzerinde bulundurmaktadır [15].



Şekil 2.25. Gifu Industry İHA [15].

Japonya’da bir diğ er gelişme, Yamaha Motor tarafından 1983 yılına dayanan, Japon Tarım, Orman ve Su Ürünleri Bakanlığı’nca istenilen bir sivil insansız helikopter geliştirme çabalarıdır. Sıradan Helikopterler Japonya’da ilaçlama görevinde kullanılıyordu ve ilaçlama esnasında ürünlerin yakınında bulunan sakinleri rahatsız ediyordu. Geliştirilen yeni sivil insansız helikopterin, ilaçlama görevlerinde kullanılması planlandı. Şekil 2.26’da gör ülen ilk RCASS veya Remote-Controlled Aerial Spraying System olarak bilinen prototip üretilmiştir [57]. Sonunda, bu prototipin ilaçlama işlemlerinde kullanılmayacağı yargısına varılmış ve yeni çözüm arayışlarına başlanmıştır [15, 57,58].



Şekil 2.26. RCASS [57].

RCASS’ın sınırlı başarısından sonra, Yamaha başka bir insansız helikopteri geliştirmeye başlamıştır. Büyük çabaların ardından, şirket, ilk işe yarayan, ürün ilaçlaması yapacak, üzerinde 20 kg faydalı yük bulunduran R-50 adındaki insansız helikopteri 1987 yılında tamamlamıştır. Böylece, dünya’da ilk defa başarılı bir şekilde ürün ilaçlaması yapan bir insansız helikopteri geliştirmeyi başarmışlardır [15,58].Çok ge  çmeden bir irtifa sensörüne ihtiyaç duymuşlardır.         R-50’nin başarısı çok engebeli arazilerde çalışmasına bağlıydı. 1992 yılında, Yamaha Motor yeni bir sensörü de i  inde barındıran YOSS R-50 (Yamaha Operator Support System-YOSS) adında insansız helikopterini tanıtmıştır. YOSS R-50 sıvı soğutmalı bir 12 hp, 2 zamanlı 98cc bir motora sahipti; fakat yeni eklenen sensör ve bataryalar faydalı yük kapasitesini %25’lere kadar azaltmıştır. Böylece, Yamaha YOSS R-50’yi piyasadan çekmiştir [57, 58].

Yamaha R-50'den sonra şirket, YACS veya Yamaha-Exclusive Flight Attitude Control System adında kendine ait özel bir sisteme sahip olan Rmax insansız helikopteri piyasaya tanıtmıştır. Üzerinde bulundurduğu bu sistem herhangi bir pilot kumandası olmasa bile helikopteri hover pozisyonunda tutmaktaydı [58]. Sonuçta, sıradan İHA'lara göre daha az pilot eğitimine ihtiyaç vardı. İnsansız helikopter yer istasyonundan 10 km uzaktaki bir yerden kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmış ve otonom olarak uçuşları sağlamak için de GPS sensörleriyle donatılmışlardır. Brüt ağırlığı 90 kg, yaklaşık 30 kg faydalı yük kapasitesi ve 90 dakika uçuş süresine sahiptir. Tarihi kayıtlar incelendiğinde, Japonya'da Aralık 2002 yılına kadar 1281 tane insansız helikopter tarımsal ilaçlama amacıyla kullanılmıştır [15]. Şekil 2.27'de R-50 ve Rmax verilmiştir [57].



a)



b)

Şekil 2.27. Yamaha Motor tarafından üretilen sivil insansız helikopterler, a)Yamaha R-50, b)Yamaha R-max [57].

Japonya'da volkanik ve sismik aktivitelerin varlığından dolayı, bu olaylarla ilgili bilgilerin havadan toplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Görevlerden bir tanesi pilotlu uçaklar için aşırı riskli olan volkanik patlamaların yakından gözlenmesidir. Bu görevi gerçekleştirmek için Yamaha Rmax insansız helikopterini modifiye etmiştir. Modifiye edilen uçağın başarımı Okhotsk Denizi üzerinde buz hareketlerini gözlemlemek yoluyla test edilmiştir. 2000 yılının Mart ayında Usu dağında yaşanan patlamadan bir ay sonra volkanik bölgede başarılı bir otonom gözetleme uçuşu gerçekleştirilmiştir. Bu durum Japonya'nın insansız bir helikopteri ilk defa gözetleme için afet yönetiminde kullanmasıydı. Yamaha Rmax tarafından gönderilen çok etkileyici görüntüler hem televizyonlarda hem de gazetelerde

yerini almıştır [15, 57]. Şekil 2.28’de Yamaha Rmax’ın Usu dağında gözetleme uçuşunda olduğu görülmektedir [57].



Şekil 2.28. Rmax Usu dağında gözlem uçuşunda [57].

Rmax’tan elde edilen görüntüler araştırma projeleri ve enstitülerin kullanımı için çok değerliydi. Afet yönetiminin yanı sıra Yamaha Rmax, gözetleme ve ilaçlama gibi farklı tarımsal görevlerde de kullanılmıştır [57,58].

Tarımsal alanlarda insansız helikopterin kullanımı 1990’lardan 2002 yılına kadar hızla artmıştır. Aralık 2002 yılına kadar 1687 insansız helikopter Japonya’da kayıt altına alınmıştır. Yamaha’nın bu sektördeki payı %80’di. Buna göre, % 10’dan fazla pirinç tarlası Yamaha insansız helikopterleri tarafından ilaçlanmıştır. Üstelik Japonya’da insansız helikopterleri uçurmada görevli 8000’den fazla lisanslı personel bulunmaktadır. Bu sayı ülkeyi döner kanatlı İHA’larda dünya lideri konumuna getirmektedir [15].

Diğer bir Japon firması Fuji Heavy Industries, tarımsal ilaçlamada kullanılmak üzere RPH2 adında tamamıyla otonom uçuş yapabilen insansız helikopteri geliştirmiştir. Otomatik iniş kalkış yapabilen insansız helikopter 300 kg ağırlığında ve 100 kg faydalı yüke sahiptir. 4 ile 6 metre arasındaki irtifada uçarken 9 ile 11 metre genişliğinde bir alanı ilaçlayabilmektedir. Şekil 2.29’da verilen RPH2, Miyake adasında volkanik faaliyetleri gözetlemek amacıyla da kullanılmaktadır [15, 19].



Şekil 2.29. RPH2 [15].

1998 yılında Chiba Üniversitesi'nde bulunan bir grup araştırmacı İHA'ların otonom kontrolleri üzerinde araştırmaya başlamış ve daha sonra 2001 yılında Hirobo Ltd ile birlikte ileri düzey bir çalışma yapmışlardır. Sonuçta, küçük bir hobi türü helikopterin otonom olarak uçabileceğini keşfetmişlerdir. Bu insansız helikopter, Skysurveyor olarak adlandırılmakta ve enerji hatlarının görüntülenmesinde kullanılmaktadır. 48 kg ağırlığında, 20 kg faydalı yüke, bir saat uçuş süresi ve enerji hatlarının görüntülenmesi için kameralara sahiptir. Üzerinde bulunan kameralar titreşim olsa bile verimli çalışmaktadır [15, 19].

Diğer bir döner kanatlı sivil insansız hava aracı Avusturalya'nın Sydney Üniversitesi'nde bir grup araştırmacı tarafından ulaşılamayan yerlerdeki alligator ve salvinia adı verilen suda yaşayan yabancı otların yerini bulan insansız helikopter geliştirmişlerdir. Bu yabancı otlar çok kötü problemlere yol açmakta, bu da Avustralya ekonomisinde yıllık tarım gelirini düşürmekte, toprak bozulmalarına, yerli türlerin büyümesinde azalma, tarlalarda ve ormanlarda verimsizliğin yanı sıra bitki örtüsüne, sulama kanallarına ve doğaya pek çok kötü etkileri bulunmaktadır. İHA, seyrüsefer alt sistemine, görüntü kazanım alt sistemine, kontrol alt sistemine, haberleşme alt sistemine, püskürtme mekanizmasına, yer kontrol istasyonuna ve suda yaşayan yabancı ot sezme algoritmalarına sahip gözetleme bilgilerini işleme alt sistemini içermektedir. Şekil 2.30'de İHA'nın salvinia ile kaplı bir arazi üzerinde uçarken görülmektedir [59].



Şekil 2.30. Avusturalya’ da salvinia ile kaplı bir arazide İHA’nın uçuşu [59].

AeroVironment (AV) Inc. tarafından Global Observer adında bir HALE (High Altitude Long Endurance-Yüksek İrtifa Uzun Dayanım) İHA, tüm bölgeyi kapsayan ve jeolojik olarak eş zamanlı stratosferik uydu sistemi olarak kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ağustos 2010 yılında ilk test uçuşu gerçekleştirildikten sonra, Ocak 2011’de ilk hidrojen yakıtlı uçuş gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.31’de görülen HALE İHA, 55.000 ile 65.000 feet yükseklik arasında 5 ile 7 gün arasında uçabilmektedir [60]. AV Inc. firması bu İHA’yı haberleşme rölesi, uzun süreli gözetleme, uzaktan algılama ve sınır güvenliğinde kullanmayı planlamaktadır [60, 61].



Şekil 2.31. Global Observer [60].

İHA tasarımında en son gelişmelerden birisi aynı şirket tarafından tasarlanan AV Hummingbird'tür. Şekil 2.32'de AV Hummingbird verilmiştir. Bu İHA güneybatı Amerika'ya özgü bir kuş olan "*Cynanthus latirostris*" e benzemektedir. Kanatlarını hızlıca çırparak uçmakta ve tam manevra kabiliyetine sahiptir. Henüz üretim aşamasında olan bu İHA'nın toplam ağırlığı 19 gr'dan daha az, 19 cm kanat açıklığına, en yüksek 11 mph hıza ve 11 dakika uçuş süresine sahiptir. 20 mph üzerindeki hızlarda mikro İHA'yı çıplak gözle görmek zor olsa da AV firmasının hedefi Hummingbird'ün hem uçuş süresini hem de hızını artırmaktır. AV Hummingbird video kamera, haberleşme linki, batarya ve motorlarla donatılmıştır ve uzaktan kontrol edilmektedir [62].



Şekil 2.32. Hummingbird [62].

Yukarıda bahsedilen pek çok modelin kullanımı ve gelişimi günümüze kadar gelmekte, yeni modeller ve uygulamalar ortaya çıkmakta ve piyasadaki yerini almaktadır. Tasarımdaki ilerlemeler çok yönlü uygulamalara izin vermekte, eski İHA'lara göre çok amaçlı İHA'ları ortaya çıkarmaktadır. Yamaha Rmax bunun en iyi örneğini oluşturmaktadır.

AeroVironment Hummingbird, İHA tasarım ve konseptinde en yenilikçi örnektir. Dramatik gelişmelerin öngörülebilir gelecekte de devam edeceği açıktır. Eğer geçmişte yapılan gelişmeler geleceğin bir göstergesi ise, modern İHA'lar büyük olasılıkla öncelikle keşif,

istihbarat toplama, hedef tespiti ve tanımlanması, hasar tespiti, sınır güvenliği, mayın temizleme, elektronik harp platformları, saldırgan silah platformları gibi askeri amaçlar için kullanılmaya devam edilecektir [4]. Bunun yanında, modern İHA'ların çok yönlülüğü bu araçların sivil uygulamalarının yaygınlaşmasını da beraberinde getirecektir. Bu uygulamalardan başlıcaları; haber yayınlama, telekomünikasyon, çevresel gözetleme, trafik gözetleme ve kontrol, orman yangınları arama/gözetleme çalışmaları, boru hatlarının gözetlenmesi, yol ve köprü muayenesi, altyapı muayenesi, baraj gözetleme, balıkçılık, zirai ilaçlama, tarım ürünlerinin hasat zamanlarının belirlenmesi, doğal afetlerin gözetlenmesi, haritalama vb. görevlerdir. Modern İHA'ların büyüklüğü birkaç gramdan binlerce kilograma kadar çıkabilmektedir [6,31,63-65].

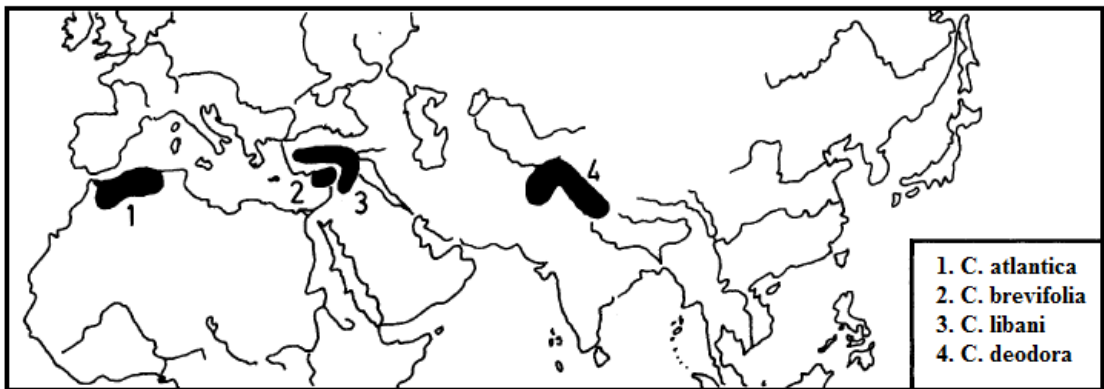
Sonuç olarak, İHA teknolojisindeki ilerlemeler tasarım ve üretim maliyetinde ciddi azalmalara yol açmaktadır. Bu da İHA'ların çok yönlü kullanılabilirliği ve avantajlarından dolayı dünya piyasalarında daha da bilinir hale gelmesi ve İHA'lar için ilgi ve talepte artışa karşılık gelmektedir. İHA, şimdi pilotlu uçaklar için aşırı tehlikeli ve pahalı sayılabilecek görevleri yerine getirme işini yapmaktadır. Özel şirketler, havacılıktaki küçük girişimciler, dünya liderleri, özel ve devlet üniversiteleri İHA gelişmeleri üzerine artan çabayla odaklanmışlardır. Üniversitelerde İHA tasarımı üzerine yüksek öğretim programları açmaktadır. İngiltere'de bulunan Southampton Üniversitesi İHA tasarımında yüksek lisans programı açmıştır. Bu gelişmelerin hepsi İHA'ların geleceğinin son derece umut verici olduğunu göstermektedir [58].

3. BÖLÜM

TOROS SEDİRİ (LÜBNAN SEDİRİ)

3.1. Toros Sediri (Lübnan Sediri)

Lübnan sediri olarak da isimlendirilen Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ileride açıklanacağı üzere ülkemiz açısından tarihi öneme sahiptir. Toros Sediri dünya üzerinde bulunan dört sedir ağacı türünden biridir. Bu dört tür, Güney Anadolu, Lübnan, Kuzey Afrika, Kıbrıs ve Himalaya’larda bulunmaktadır. Bu türlerden *Cedrus deodora* Himalaya Dağları’nda ve Nepal’de, *Cedrus libani* Türkiye, Lübnan ve Suriye’de, *Cedrus brevifolia* Kıbrıs’ta ve son olarak *Cedrus atlantica* Kuzey Afrika’da (Atlas Dağları’nda) bulunmaktadır. Bu türlerin dünya üzerindeki doğal yayılış alanları Şekil 3.1’de verilmiştir [66-68]. Bu çalışmada ülkemize özgü bir ağaç olduğundan dolayı özellikle Toros Sediri üzerine odaklanılmıştır.



Şekil 3.1. Sedir ağacı türlerinin dünya’daki doğal yayılış alanları [66].

Toros Sediri ülkemizde doğal büyüme alanlarında “katran” olarak adlandırılmaktadır [69,70]. Kuraklığa dayanıklı, uzun gövdeli ve 1000 yılın üzerinde yaşam ömrüne, devasa

boyutlara ve görünümlere; 2.49 m çapında gövdeye; 46 metre uzunluğa ve 35 mm kabuk kalınlığına sahip olabilmektedir. Genç iken piramit şeklinde, yaşlandıkça tepesi düzleşen, dalları gövdeye dik bir ağaçtır [66, 69, 71, 72].

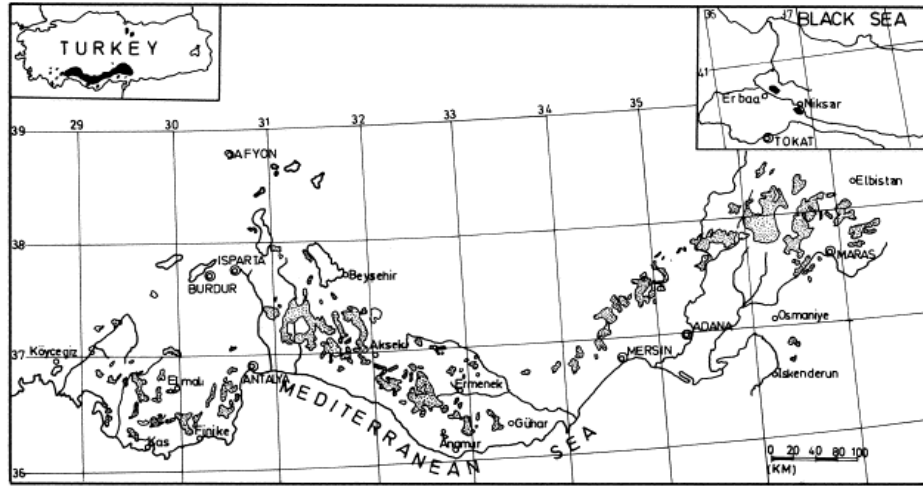
Toros Sedir kozalaklı ve iğne yapraklı bir ağaçtır. Toros Sedirinin yaprakları 15-20 mm boyunda, dört köşeli, keskin uçlu, sert ve genellikle koyu yeşildir. İğneleri açık yeşil ya da mavimsi olabilmektedir. Ağaç yaşlandıkça açık yeşil yaprakların sayısı artmaktadır [69]. Toros Sediri yaklaşık 30 yaşından sonra olgunluğa ulaşmakta ve ilk kozalağını bu yaşlarda vermektedir [73]. Dallar üzerinde tek veya çift halinde bulunabilen sedir kozalakları iki yıl gelişme dönemine sahiptir. Yaşla karakterize edilen üç tür kozalak vardır. Birinci tip kozalak, kısa sürgünlerin üzerinde bulunan genç ve olgun olmayan kozalaklardır ve sadece 1-2 cm arası boya sahiptir. İkinci tip kozalak, henüz olgun olmayan, bir yaşında, 8 ile 20 cm arası boya sahip, yeşil ya da yarı kahverengi olan kozalaklardır. Üçüncü tip kozalak ise olgun olan, gri-kahverengi renkte, iki yaşında, tam boyutlu, fıçı ya da bir yumurta şeklinde olan kozalaklardır. Olgun olan gri-kahverengi kozalaklar, genellikle üzerlerinde reçine bulundurmaktadır [69]. Şekil 3.2’de yetişkin bir sedir ağacı verilmiştir [74].



Şekil 3.2. Toros Sediri (Lübnan Sediri) [74].

Toros Sediri batı, orta ve doğu Toros Dağlarında 800 m ile 2100 m yükseltilerde görülmesine rağmen az miktarda da olsa 500-600 m ve 2400 m yükseltilerde de

görülmektedir. Toros Sediri yüksek irtifalarda en yüksek orman sınırını oluşturmaktadır. Yüksek irtifalarda bulunan düşük sıcaklık sedir ağacının bozuk bir şekilde büyümesine yol açmaktadır. Acıpayam-Bozdağ ve Köyceğiz-Çaldağı arasındaki dağlar batı sınırını oluştururken, Kahramanmaraş'ın Kuzeybatısındaki Engizek-Ahir dağları doğu sınırını oluşturmaktadır. Toros Sediri Elmalı, Kaş, Anamur ve Feke gibi Orman Bölge Müdürlükleri tarafından yönetilen yerlerde yoğun olarak bulunmaktadır. Az miktarda sedir ağacı Karadeniz Bölgesi'nde (Çatalan-Erba, Akıncıköy-Niksar), Sultandağı-Afyon gibi yerlerde de bulunmaktadır [66, 75-78]. Toros Sedirinin ülkemizdeki yayılış sahası Şekil 3.3'te görülmektedir [79].



Şekil 3.3. Toros Sedirinin ülkemizde yayılış alanı [79].

Sedir doğrudan güneş ışığını tercih eden bir ağaç olmasına rağmen bütün dağ cephelerinde büyüebilmektedir [76]. Genç iken çok yavaş büyüyen sedir ağacı yaşlandıkça hızlı büyümeye sahiptir. Ağaç, kuru toprağa dayanabilmekle birlikte orta neme sahip toprağı tercih etmektedir. Sedir ağacı çok derinliklere inebilen kazık köke ve bu kazık köke bağlı ikincil köklere sahiptir. Bu kökler, ülkemizde bolca bulunan kayalık toprakların çatlaklarını yarararak ilerlemekte ve ağaca istikrar sağlamaktadır [71, 77].

3.2. Toros Sedirinin İnsanlar Tarafından Aşırı Kullanımı

Toros Sediri estetik, kültürel, tarihi, bilimsel, ekolojik ve ekonomik etkilerinden dolayı ülkemiz açısından önemli bir ağaçtır [66, 75, 80]. Sedir odunu çürümeye ve atmosferik şartlara dayanıklı, eşsiz bir kokuya ve renge sahiptir. Şekil 3.4'te sedir tomrukları görülmektedir [81]. Sedir ağacından elde edilen bir parça elle veya makinelerle kolaylıkla işlenebilmektedir. Bu değerli özellikler sedir ağacını sürekli ihtiyaç halinde kılmış ve büyüme alanlarında sedir ağaçlarının yıkımıyla sonuçlanmıştır [66, 72, 75]. Tarihi kayıtlar incelendiğinde geçmişte yetişen sedir ağacı miktarının günümüzden daha fazla olduğu görülmektedir [82].



Şekil 3.4. Sedir tomrukları [81].

Yaprağını dökmeyen ağaç türleri arasında bulunan Toros Sediri ünü ve gösterişinden dolayı binlerce yıl büyük ticari öneme sahip olmuştur. Eski medeniyetler sedir odunlarından yüzyıllar boyunca ev, tapınak, gemi, demiryolu ve saray inşası yapmışlardır. Papirüs, gümüş ve altın karşılığında ülkemizin güney batısında bulunan sedir ağaçları kesilerek, MÖ 2600'lü yıllarda Mısırlılara satılmıştır. Mısırlılar bu ağaçları saray yapımında kullanmışlardır. Sedir odunu içerdiği kimyasallardan dolayı böceklere ve patojenlere karşı dayanıklı olduğundan, Mısırlılar tarafından firavunları mumyalama işlemlerinde de geniş ölçüde kullanılmışlardır. Tarihte aşırı kullanımlar sonucu sedir ağaçlarının kapladığı alan

600,000 hektara kadar düşmüş, büyük çoğunlukla insanların ulaşamayacağı yerlerde kalmıştır [72, 83-85].

Tarihi kayıtlara göre ülkemizin komşu ülkelerinden biri olan Suriye ve Lübnan'da çok geniş ve muhteşem sedir ormanlarını 5000 yıldır süren aşırı kesimler, otlatmalar, yangın vb. pek çok olumsuz faktörden dolayı kaybetmiş ve az miktarda bir sedir topluluğunun kalmasına neden olmuştur [75].

Günümüzde sedir odunu mobilya imalatı, marangozluk, elektrik ve çit direği, ev ve gemi inşaatı, kağıt, selüloz, ahşap köprü, balkon, sauna, kaplama, merdiven, dolap, koruyucu sandık, kurşun kalem, arı kovanı, sunta imalatı ve pek çok diğer görevlerde kullanılmaktadır [86, 87]. Günümüzde bu çok yönlülüğünden ve talep edilmesinden dolayı 1m³ sedir odunu 600 doların üzerinde bir fiyata satılmaktadır [89]. Ülkemizde aşırı kesim ve otlatmalardan zarar gören Toros Sediri ağaçlandırma çalışmalarına ihtiyaç duyulan bir ağaç türüdür.

3.3. Toros Sedirinin Ülkemizdeki Durumu ve Ağaçlandırma Çalışmaları

Ülkemizde bulunan orman varlığı 21.2 milyon hektar olup, ülkenin yüz ölçümünün % 27'sine karşılık gelmektedir. Ormanlarımızın yarısına yakını bozuk durumda bulunmaktadır. Bu nedenle ülkemiz sağlıklı ve verimli ormanlarını artırmak amacıyla ağaçlandırma ve iyileştirme çalışmaları üzerine çaba sarf etmektedir [89].

Türkiye Çevre ve Orman Bakanlığı, Toros Sediri ağaçlandırma faaliyetini başlatmıştır ve sedir ağaçlandırması üzerine ciddi çalışmalar 1980'li yıllara dayanmaktadır [90]. O yıllarda ülkemizde 99,325 hektar sedir ormanı bulunmakta; bunun 67,850 hektarı sağlıklı ve 31,475 hektarı ise zarar görmüş olarak nitelendirilmekteydi. 1983 ile 1989 yılları arasında 61,611 hektar arazi ekilmiştir [91].

Ülkemiz Orman ve Çevre Bakanlığı 2000'li yıllarda belirli ağaç türleri için "Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Eylem Planları" adı altında yeni bir ağaçlandırma seferberliği

başlatmıştır. Bu ağaçlandırma seferberliği yoluyla, Bakanlık ülkemizdeki belirli bölge ve bozuk ormanların iyileştirilmesini hedeflemiştir. Bu eylem planlarından bir tanesi de Toros Sediri ağaçlandırma ve iyileştirme çalışmalarını içermektedir [89].

Sedir ağacının yüksek yaşam oranı, farklı özellikleri ve çevreye kolay uyum sağlayabilmesinden dolayı, sadece doğal büyüme alanlarında değil ayrıca diğer bölgelerde de yoğun ağaçlandırma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Sadece ülkemizde değil, İtalya, İran ve Bulgaristan gibi ülkelerde de ticari amaçlı, toprak koruma ve estetik amaçlı ağaçlandırma çalışmaları mevcuttur. Ülkemiz Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2005 yılına kadar 115.000 hektar Toros Sediri ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin 58.500 hektarı doğal büyüme alanlarına geri kalan 56.500 hektarı ise doğal büyüme alanları dışına ekilmiştir [66, 75].

3.4. Toros Sediri Alanları ve Ağaçlandırma Teknikleri

Ülkemizde en çok Toros dağlarında bulunan Toros Sediri, karstik, toprakların biriktiği kayalık kalker oluşumlarının olduğu yerlerde, kahverengi ve kırmızı kahverengi, sıg, orta ve orta derinlikteki topraklarda büyüme eğilimindedir. Toprağın pH seviyesi 6.5 ile 8.1 arası değişmektedir [66, 75, 78].

Sedir ağacı tohumla ekim, fidan dikimi ve aşılama yöntemiyle çoğalmaktadır [92]. Tohum ekimi, serpme tohumlama ile gerçekleştirilir. Serpme tohumlama, tarımda, bahçecilikte ve ormancılıkta kullanılan bir yöntem olup tohumun elle veya makine yardımıyla oldukça geniş bir araziye ekilmesidir [93, 94]. Sedirin serpme tohumlama işlemi Şekil 3.5 ve 3.6'da görülmektedir. Türkiye'de Toros Sedirinin serpme tohumlama işlemi makinelerden daha çok elle gerçekleştirilse de son zamanlarda serpme tohumlama işlemi helikopterle gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.5. Elle serpme tohumlama işlemine hazırlanan işçiler, Kocabelen mevki, Sinap Köyü, Erdemli, Mersin (Fotoğraf, İ. Peraşan)



Şekil 3.6. Elle serpme tohumlama (Fotoğraf, İ. Peraşan)

1984 yılında Mersin'in Anamur-Armutkırı mevkiinde 300 hektar arazi, ülkemizin ilk büyük çaplı serpme tohumlama projesi ile ekilmiştir. Proje sonucunda büyük başarı elde edilmiş ve ülkemiz Orman Genel Müdürlüğüne elle serpme tohumlama geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. 1984 ve 2005 yılları arasında Toros dağlarında 40,457 hektar çıplak karstik arazi ekilmiştir [75]. Akdeniz Bölgesinin sahilleri ve İç Anadolu Bölgesi arasında kalan karstik dağlar, Akdeniz ülkeleri arasında en fazla karmaşık yapıya sahiptir. 200 km genişliğinde ve bazı yerlerde 1000 m den fazla derinliğe ulaşan karstik araziye sahip dağlar yüksek, keskin tepeler, derin vadiler ve dar boğazlar tarafından karakterize edilmektedir [75]. Karstik arazilerde veya kireç taşı altında bulunan aşınmış yerlerde ve ana kaya çatlaklarında, sığdan orta derinlikte toprağa sahip arazilerde serpme tohumlama, fidan

dikmeye tercih edilmektedir [75]. Karstik alanlarda yapılan sık tohum ekme işleminde toprağın sığ veya orta derinlikte anakaya çatlaklarının bulunduğu yerlerde en az bir veya birkaç tohum çatlakların arasına girme eğilimindedir. Fidan dikme işlemi ise orta ve derin topraklarda tercih edilebilmektedir [75]. Şekil 3.7’de ağaç bulunmayan bir karstik arazi verilmiştir. Şekil 3.8’de ise aynı arazi serpme tohumlama yapıldıktan sonra 16 yaşındaki sedir ağaçları ile birlikte görünümü verilmiştir.



Şekil 3.7. Ağaçsız karstik arazi, Armutkırı, Mersin
(Fotoğraf, M. Boydak)



Şekil 3.8. Serpme tohumlama işleminden sonra aynı karstik arazi, 16 yaşında Toros Sedirleri, Armutkırı, Mersin (Fotoğraf, M. Boydak)

İç Anadolu Bölgesi, Akdeniz ekosistemi içerisinde; fakat ülkemizde bulunan diğer bölgelere göre en fakir orman alanına sahiptir. Bugüne kadar potansiyel ağaçlandırma alanı 1.7 milyon hektar olan İç Anadolu Bölgesinde yapılan ağaçlandırma çalışmalarının %30'u Toros Sediridir [67].

Doğal ortamda, Toros Sediri Kasım ayının sonlarına doğru ya da Aralık ayında tohumlarını dökmektedir. Ardından gelen kar yağışı tohumları zararlılardan korumakta ve ağaç fidesinin yaşamasını sağlamaktadır. Bundan dolayı, serpme tohumlama için ideal zamanlama bu doğal döngüyü takip ederek yapmaktır. Serpme tohumlama ya kardan önce ya da kar üzerine yapılmalıdır. Doğada olduğu gibi karstik arazilerde başarılı serpme tohumlama toprağın işlenmesine bağlı değildir [66, 75].

Ülkemizde Orman Genel Müdürlüğü Toros Sediri ekiminde 2004'ten buna yana özellikle ulaşılması güç yüksekliklerde helikopter kullanarak başarılı bir şekilde ekim gerçekleştirmektedir. Serpme tohumlama yapılan yerler arasında Mersin, Adana, Antalya, Kahramanmaraş, Kayseri, Amasya, Denizli, Muğla ve Konya illeri bulunmaktadır. 2009 yılında ekimi yapılan Kayseri-Erciyes dağı helikopterle serpme tohumlamaya örnektir. Helikopterden dağıtılan sedir tohumları şu an 10 cm üzerinde boya sahip fidedir. Ülkemizde 2010 yılı sonuna kadar 101,428 hektar arazi sedir tohumları ile ekilmiştir. Bölüm 3.3'te bahsedilen sedir eylem planında 2005 ile 2014 yılları arasında 100 milyar sedir tohumu ekilmesi hedeflenmektedir [88, 89, 95]. Şekil 3.9'da serpme tohumlamada helikopter kullanımı görülmektedir [96].



Şekil 3.9. Ülkemizde helikopterle serpme tohumlama [96].

3.5. Sedir Kozalaklarının Toplanması ve Tohumların Elde Edilmesi

Ağaçlandırma çalışmalarından serpmeye tohumlamada tohum temini büyük öneme sahiptir. Toros Sedirinin tohumlarının hasat edilmesi, elle gerçekleştirilen yoğun emek ve çaba gerektiren bir işlemdir. İlk olarak, Ağustos ve Kasım ayının ortalarına doğru kozalaklar toplanmaktadır. Bu aylardan sonra tohumlar kozalaklardan doğal olarak dökülmekte ve böylece tohum elde etme işlemini zorlaştırmaktadır. Kozalakların toplanmasında uçlarına kanca ve kesme aparatı takılı bulunan uzun sııklar kullanılmaktadır [73]. Şekil 3.10'da kozalak toplama işlemi görülmektedir [90].



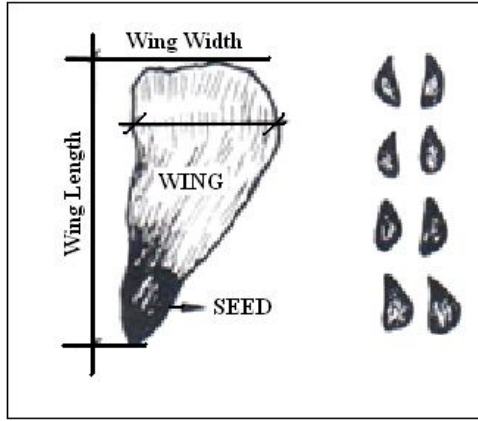
Şekil 3.10. Toros Sediri kozalaklarının toplanması [90].

Toplanan kozalaklar işleme alanına taşınmakta, işleme alanında düz bir zemin üzerine yatırılmakta, iki ve üç gün boyunca günde 8-10 kez arası sulanmakta veya 24 saat boyunca suda bekletilmektedir [73]. Şekil 3.11'de kozalakların açılması işlemi görülmektedir.



Şekil 3.11. Kozalakların açılması için yapılan sulama işlemi (Fotoğraf, İ. Peraşan)

Kozalaklar 1 ile 1.5 cm genişliğinde deliklere sahip olan bir elek şeklindeki tel ekran üzerine yerleştirilerek elle ovulmakta ve bu sürtünme sonucunda tohumlar elde edilmektedir. Elde edilen tohumlar ekranda bulunan deliklerden ekranın altında bulunan kasaya dökülmekte ve daha sonra üç gün boyunca kurumaya bırakılmaktadır. Kuruyan tohumlar tekrardan ovulmakta ve ardından hava sirkülasyonu uygulanarak tohumların kanatlarından ayrılması sağlanmaktadır. 100 kg sedir kozalağından 8-10 kg arası tohum elde edilmektedir [73]. Sedir tohumu kanadı ile birlikte ortalama 33 mm, kanatsız olarak 12 mm boyunda, 5mm genişliğindedir [69]. Şekil 3.12’de kanatlı ve kanatsız sedir tohumu görülmektedir [73].



Şekil 3.12. Kanatlı ve kanatsız sedir tohumu [73].

3.6. İHA'ların Ağaçlandırmada Kullanımı

Ulaşılması güç yüksekliklere helikopterler sedir tohumu ekiminde kullanılmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Geleneksel hava araçları ile insansız hava aracı kullanımı arasındaki farklılıklar ve İHA'nın avantajları göz önünde bulundurularak Toros Sediri tohumu ekiminde İHA kullanımına karar verilmiştir. İHA ağaçlandırma çalışmalarında kullanılabilecek son derece ümit verici, daha önce denenmemiş, yeni bir yöntemdir. Toros Sediri ağaçlandırması için özellikle geliştirilmiş olan İHA'nın diğer tohum ekme alternatifleri üzerinde oldukça verimli, etkili ve ekonomik olabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada, İHA kullanılarak sedir tohumu ekimi gerçekleştirilmiş ve test uçuşlarından elde edilen sonuçlar tohum ekiminde İHA'nın kullanımının etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Aşağıda İHA kullanılarak yapılan tohum serpme işleminin diğer yöntemlere göre avantajları verilmektedir.

- Uzak mesafelerde yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında araziye erişim kolaylığı sağlamaktadır. Engebeli, bozuk ve dağlık arazilerde yapılacak ekimlerde, ekim işinde çalışacak işçileri ve tohumları ulaştırabilmek için iş makineleri ile yollar açılmakta ve gecikmeye sebep olmaktadır. İHA'ların kullanılması, ekilecek araziye tohumların taşınması için traktör, kamyon veya binek hayvanlarının kullanılması ve ayrıca Orman Genel Müdürlüğü tarafından ulaşım için yapılması zorun olan maliyetli ve çevreye zarar verebilen yeni yolların açma işleminin gerekliliğini ortadan kaldıracaktır.
- Engebeli arazilerde ekim zor olduğu için tohum ekiminde işçiler tarafından serpilen tohumun miktarı kişiden kişiye göre değişiklik göstermekte, bazı yerde aşırı tohumlama yapılmakta, bazı yerlerde ise hiç tohumlama yapılmamaktadır. Şekil 3.13'te engebeli arazide yapılan elle serpme tohumlama işlemi görülmektedir. Elle serpme tohumlamada güçlükler yaşanmaktadır. İHA'lar uzaktan kontrol edilebilen hava aracı olduğundan mevsimsel şartlardan ve engebeli arazilerden etkilenmeksizin tohumlamada kullanılabilecektir. İçerisinde insan taşımadığı için olumsuz bir durumla karşılaşılrsa dahi insan kaybı durumu ile ortaya çıkmayacaktır. İHA'lar engebeli araziler üzerinde düz bir arazideki kadar kolay uçabildiklerinden dolayı herhangi bir yol ya da patikası bulunmayan uzak arazilere toplu olarak tohumların taşınması ve ekilmesi kolaylıkla gerçekleştirilebilecektir.



a)



b)

Şekil 3.13. Elle serpme tohumlama a,b) Engebeli arazide elle serpme tohumlama (Fotoğraf, İ. Peraşan)

- Bu çalışmada kullanılan İHA üzerindeki mekanik ve kontrollü tohum serpme sistemi ile tohumların kontrollü ve istenilen miktarda ekimi mümkün olmaktadır. Bu şekilde elle ekimde ortaya çıkan ve arzu edilmeyen miktarsal değişkenlik durumu ortadan kaldırılmaktadır.
- İHA üzerinde bulunan görüntüleme sistemi, doğru tohum ekiminin gözlenmesine ve yer kontrol operatörüne açık bir görüş sağlayarak tohum ekme için arazinin seçilmesine ve görüntülenmesine olanak tanımaktadır.
- İHA'larla yapılan tohum ekimi, elle yapılan serpme tohumlamaya göre daha hızlıdır. İHA'ların yatay hızı işçilerin araziye yürüyerek kat etmelerine göre daha hızlı olmasından dolayı ve aynı anda dikey olarak yükselebilmeleri sayesinde yerden birkaç metre yükseklikten arzu edilen yüksekliğe kadar çıkarak tohumların geniş bir alana hızlı bir şekilde yayılmasını sağlayabilecektir.
- İHA'lar çoğunlukla boyutta, karmaşıklıkta ve maliyette farklılık gösterse de, bu çalışmada olduğu gibi model uçaktan uyarlanmış gösterişsiz bir araçla bile serpme tohumlama gerçekleştirilebilmektedir. Pilotlu hava araçlarına göre daha az ağırlığa sahip olacağından daha az yakıt sarfıyatı gerçekleşecek, karmaşıklığı daha az olduğu için de pilotlu hava araçlarına göre bakım maliyeti daha az olacaktır.
- Tohum serpmede kullanılacak İHA için bir hava platformu, yer kontrol istasyonu ve İHA kullanıcısı operatör ile bu çalışmada kullanılan mini İHA'nın daha büyük boyutlarda gerçekleştirilmesi ile ülkemiz için büyük öneme sahip Toros Sedirinin etkili bir şekilde ekimi mümkün olacaktır. Yukarıda bahsedilen pek çok avantajının yanında çok sayıda işçi gereksinimi de ortadan kaldırılarak bir başka şekilde ülke ekonomisine katkıda bulunacaktır.

4. BÖLÜM

YÖNTEM

4.1. Yöntem

Bu çalışmada Toros Sediri ağaçlandırmasında İHA'nın kullanımının etkinliğinin araştırılması, modifiye edilmiş bir model uçak platform olarak kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oldukça sağlam ve dengeli olan bu uçağın seçilmesinin nedeni, yeterli miktarda kaldırma kuvvetini oluşturmak için yeterli kanat alanına sahip olması, operasyon kolaylığı, ekonomik kullanımı, aviyonik sistem ve parçalar yanında tohum yayma sistemi için de yeterli boş alana sahip olmasıdır.

Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Elektronik Göstergeler ve Sistemler Laboratuvarında montajı gerçekleştirilen model uçağın ilk test uçuşu 24 Şubat 2011 tarihinde Kayseri, Talas Belediyesi'ne ait Akçakaya Model Uçak Pistinde gerçekleştirilmiştir.

Tohum serpme işleminin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan tohum tankı ve tohum yayıcı sistem tasarlanmıştır. Kayseri Talas Belediyesi' ne ait Model Uçak Atölyesinde tohum tankı gövde içerisine, tohum yayıcı ise tank ile bağlantısı sağlanmak şartıyla gövdenin alt kısmına yerleştirilmiştir. Tohum yayıcı sistemin çalışmasının gözlenebilmesi amacıyla görüntüleme sistemi olarak kullanılan kamera, uçak gövdesinin alt kısmına yerleştirilmiştir. 12 Temmuz 2011 tarihinde Ankara'nın Gölbaşı ilçesinde bulunan Freepist'te test uçuşları gerçekleştirilmiştir. Test uçuşları farklı yüksekliklerde uçurulan uçakla serpme tohumlama işleminin gerçekleştirilmesi şeklinde yapılmıştır.

Tohum serpmeye kullanılan İHA sistemi, hava platformu ve Yer Kontrol İstasyonundan (YKİ) oluşmaktadır. Aşağıda İHA sistemi ve bileşenleri hakkında bilgi verilmektedir.

4.2. İHA

4.2.1. İHA Hava Platformu

Sabit kanatlı, balsa ağacından yapılmış bir model uçak hava platformu olarak kullanılmıştır. Kullanılan model uçak, kamera, video verici ve standart radyo vericisi gibi aviyonik sistem/komponentler, tohum tankı ve tohum yayıcı sistemlerin montajı için uygun yere sahiptir. Şekil 4.1’de hava platform olarak kullanılan model uçak görülmektedir.



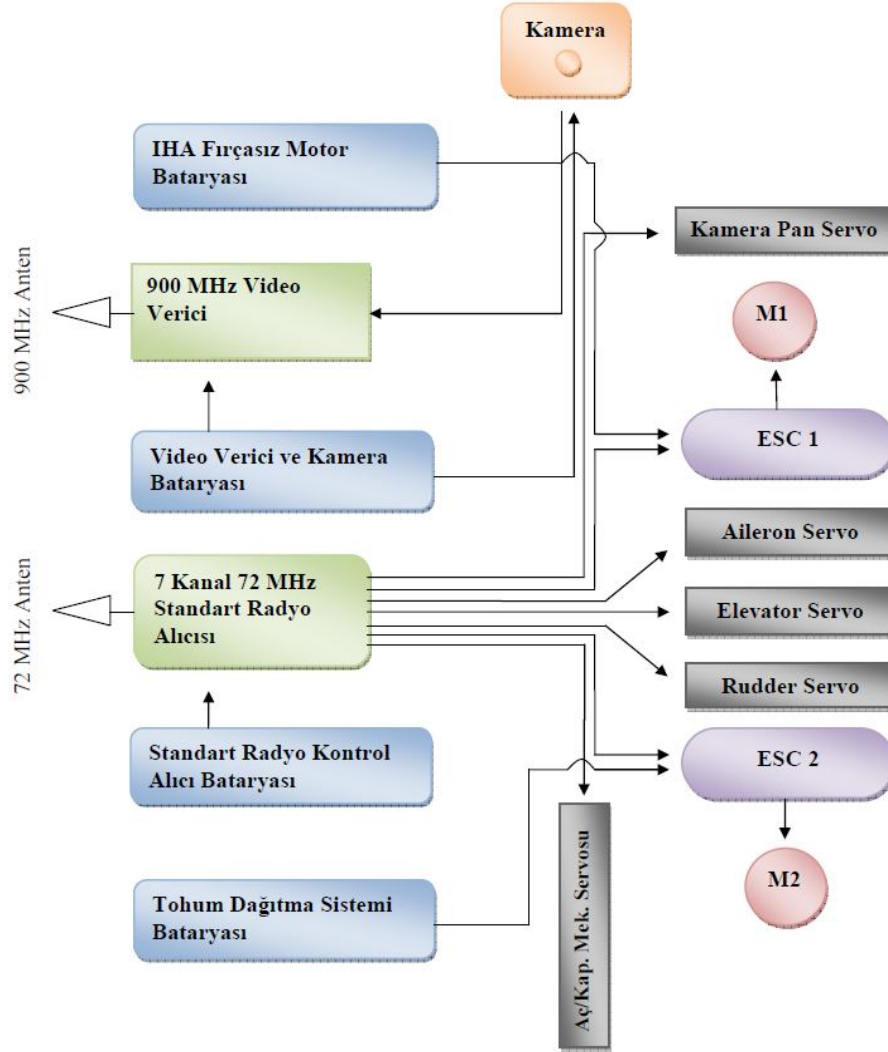
Şekil 4.1. İHA platform

Kullanılan uçağın özellikleri aşağıda verilmiştir:

Kanat Genişliği	1845 mm
Kanat Alanı	58.69 dm ²
Uzunluk	1414 mm
Maksimum Kalkış Ağırlığı	4500 - 5000 gr
Faydalı Yük Ağırlığı	450 gr
Düz uçuş Hızı	75 km/h
Maksimum Mesafe	1000 m
Maksimum Uçuş Süresi	25 dk
Maksimum İşletme Yüksekliği	1000 m.
Uçuş Kontrolörü için Görsel Mesafe	300 m.
İşletme Yüksekliği	50 m' ye kadar.
Faydalı Yükler	CCD Kamera, Tohum Yayma Sistemi
İniş Takımları	Sabit, Burun İniş Takımı Kontrol Kabiliyeti

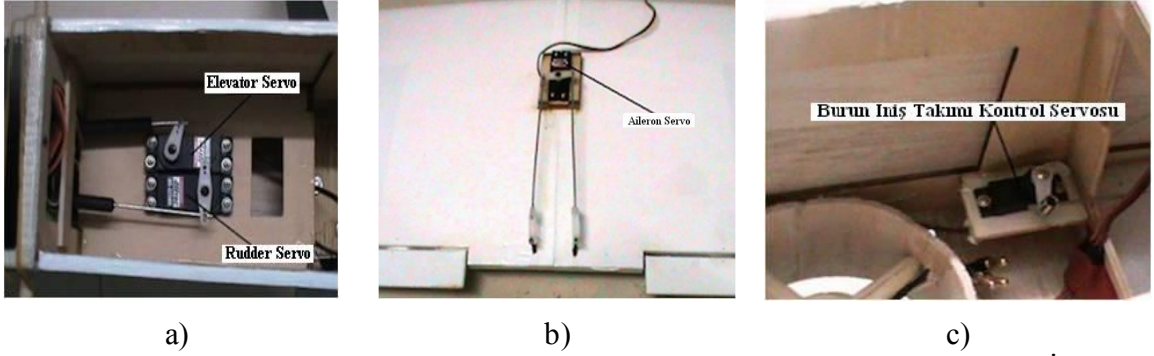
4.2.2. Aviyonik Sistemler/Komponentler

Şekil 4.2’te İHA’nın aviyonik devre şeması verilmiştir. 72 MHz, 7 kanallı bir standart radyo vericisi, uçuş kontrol yüzeyleri, kamera pan/tilt mekanizması, tohum yayma sistemini kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Beş hücreli 18.5 V’luk Li-Po batarya ile enerjilendirilen, 60A’lık tek pervaneli ve 70A Elektronik Hız Kontrol Ünitesi (ESC) üzerinden çalıştırılan fırçasız elektrik motoru, M1, gerekli itki kuvvetini üretmek için kullanılmıştır. Yanmalı motor kaynaklı titreşimler neticesinde görüntü kaydedilmesi uygun şekilde yapılamayacağından görüntüleme sistemi ile sağlıklı görüntü alınabilmesi amacıyla tek pervaneli elektrik motoru tercih edilmiştir.



Şekil 4.2. İHA aviyonik sistem şeması

Uçuş kontrol yüzeyleri; kanatçık, irtifa ve istikamet dümeni, bireysel olarak üç adet standart servo ile kontrol edilmiştir. Aynı şekilde burun iniş takım tekeri yönlendirme sistemi de standart bir servo ile kontrol edilmiştir. Uçak üzerindeki bulunan servoların yeri Şekil 4.3'te verilmiştir.



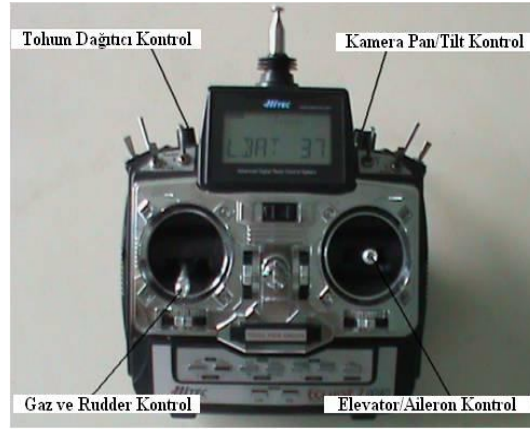
Şekil 4.3. Kontrol yüzeylerinin servoları ve burun iniş takım kontrol servosu, a) İrtifa ve istikamet dümeni servoları, b) Kanatçık servosu, c) Burun iniş takımı servosu.

72 MHz, 7 kanallı radyo alıcısı ve 900 MHz video vericisi İHA üzerinde bulunmaktadır. Bu iki cihazın frekansları özellikle birbirinden farklı seçilmiş ve aralarında etkileşim oluşmasını engellemek için de birbirinden fiziksel olarak ayrılmıştır. Standart radyo alıcısı uçağın orta kısmına monte edilmiştir. 70 cm'lik anteni uçağın kuyruk konisi içerisinden geçirilerek, kuyruktan dışarı çıkarılmıştır. Her bir radyo kanalı farklı görevlerde kullanılmıştır. Bu kanalların hangi görevlerde kullanıldığı Şekil 4.4'te standart radyo alıcısı üzerinde Şekil 4.5'te ise İHA kontrol ünitesi üzerinde görülmektedir.



- Batt Batarya
- CH7 Pan/Tilt Mekanizma Servosu
- CH6 Açma-Kapama Mekanik Kontrol Ser.
- CH5 Tohum Yayma Motoru Kontrol
- CH4 İstikamet ve Burun İ. Tak. Kon. Serv.
- CH3 İHA Fırçasız Motor İtki Kontrol
- CH2 İrtifa Dümeni Servosu
- CH1 Kanatçık Servosu

Şekil 4.4. İHA radyo kontrol alıcı kanalların atamaları



Şekil 4.5. Radyo kontrol ünitesinin kanal atamaları

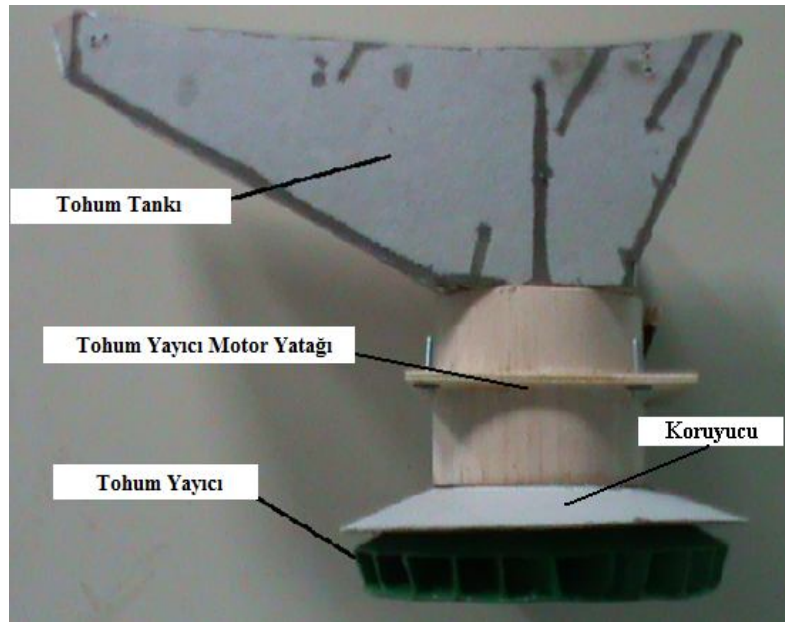
Video verici ve anteni uçak üzerine, uçak motorundan (M1) 12 cm uzağa, uçağın ön camının altına yerleştirilmiş ve anten dışarı dik olarak çıkartılmıştır. YKİ'deki video alıcısı bir anten vasıtasıyla video bilgilerini alır ve bir ekranda göstererek İHA pilotunu bilgilendirmektedir. İHA üzerinde bir kamera İHA pilotunun uçağı yönlendirmesine, tohum dağıtma sisteminin tasarımına uygun olarak çalışıp çalışmadığının gözlemlemesine ve tohum tankında bulunan tohumun bittiğinin görülebilmesi için kullanılmıştır. Kamera pan/tilt mekanizması tohum yayma aparatından 15 cm uzağa gövdenin altına monte edilmiş ve 45 derece dikey olarak hareket edebilmektedir. Uçak üzerinde bulunan bütün sistemlerin yerleşim yerleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Aviyonik ve mekanik parçaların İHA üzerindeki yerleşimi.

4.2.3. Tohum Yayma Sistemi

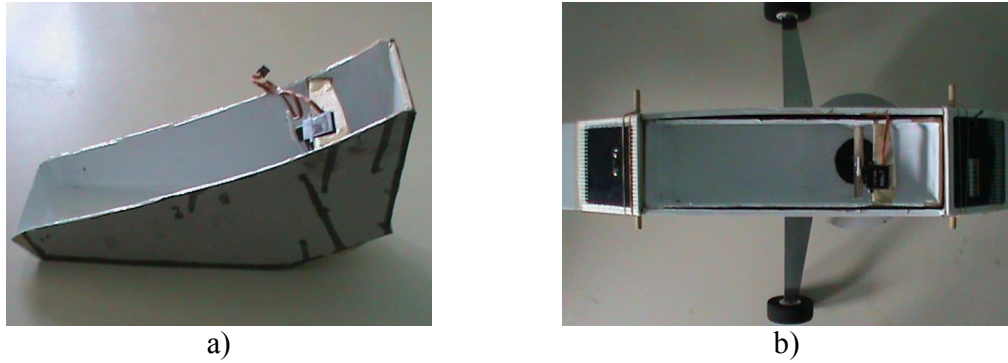
Tohum yayma sistemi sağlam tek kat mukavva ve balsa ağacı kullanılarak yapılmıştır. Bu sistem iki ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar; uçağın gövdesinin içerisine yerleştirilen tohum tankı ve uçağın gövdesinin altına monte edilen tohum yayma aparatıdır. Tohum yayıcı bir fırçasız elektrik motoru (M2) ile dönmekte ve YKİ'deki pilot tarafından kontrol edilmektedir. Bu motor, tohum tankının dip kısmından tohum yayıcıya kadar uzanan silindirik bir parçanın içine yerleştirilmiştir. Motor yatağı olarak adlandırılan bu parça ayrıca yerde operatör yaralanmalarını engellemek amacıyla bir koruyucu taşımaktadır. Tohum yayma sistemi Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.7. Tohum yayma sistemi.

4.2.3.1. Tohum Tankı

Tohum tankı uçak gövdesinin iç kısmına yerleştirilmiştir ve gövdenin büyük kısmı bu amaç için kullanılmıştır. Tank hacmi 2000 cm^3 olup, 570 gr ya da yaklaşık 9000 adet sedir tohum alma kapasitesine sahiptir. Şekil 4.8'de tohum tankı verilmiştir.



a)
Şekil 4.8. Tohum tankı, a) Tank, b) Tankın montaj edilmiş hali

Tohum tankının içinde bir servo tarafından kontrol edilen açma-kapama mekanizması bulunmaktadır. Şekil 4.9’da açma-kapama mekanizması verilmiştir. Bu sistem tohumun kontrollü olarak tohum yayıcıya akmasını sağlamaktadır.

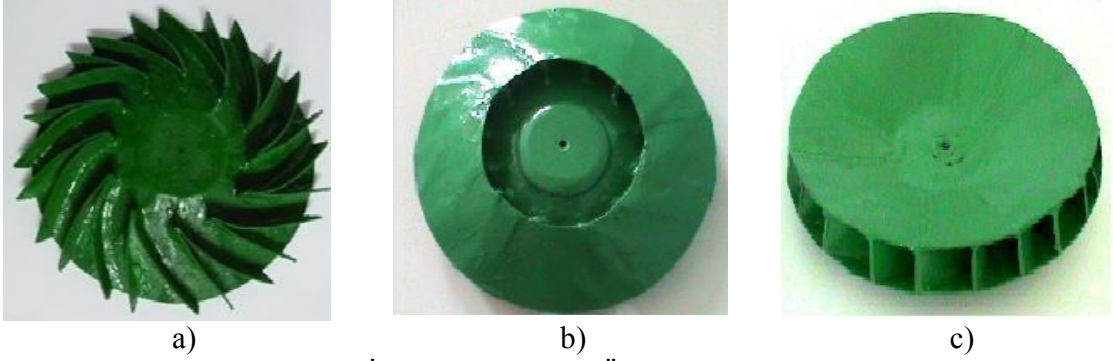


Şekil 4.9. Açma-kapama mekanizması

4.2.3.2. Tohum Yayıcı

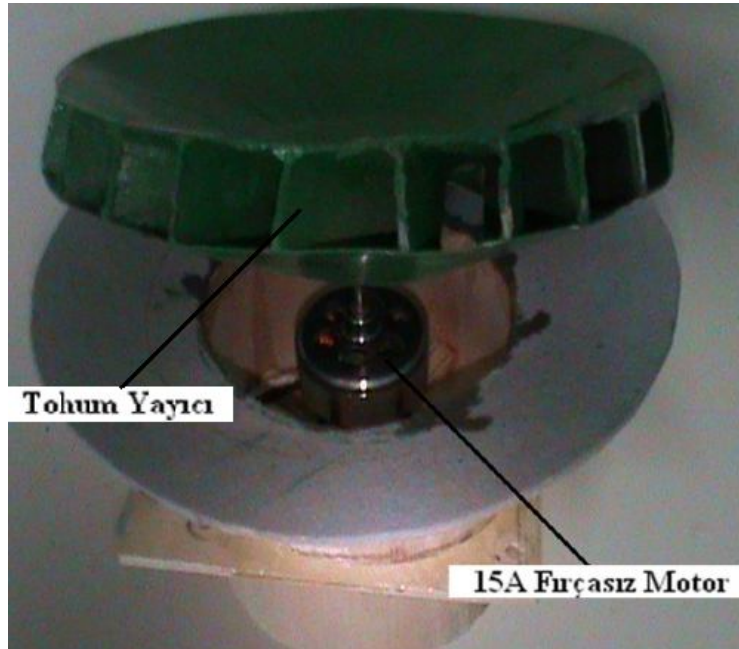
Şekil 4.10’da gösterilen tohum yayıcı, çok sayıda iç kanallara sahip dairesel bir diskten oluşmaktadır. Bu disk hızlı bir şekilde dönmekte ve tohumları hem yatay hem de aşağı yönlü yaymaktadır. İçerdeki kanal duvarları disk dönme yönünde eğik bir yapıya sahiptir. Bu yapı ile tohumlar kanallardan geçerken üzerlerindeki merkezkaç kuvvetini artırarak

uçak uçuş rotasında ilerlerken dengeli bir tohum dağıtma işleminin gerçekleşmesini sağlamak ve tohumların daha uzağa fırlatılmalarına olanak vermektedir.



Şekil 4.10. Tohum yayıcı, a) İçten görünüm, b) Üstten görünüm, c) Alt/yandan görünüm

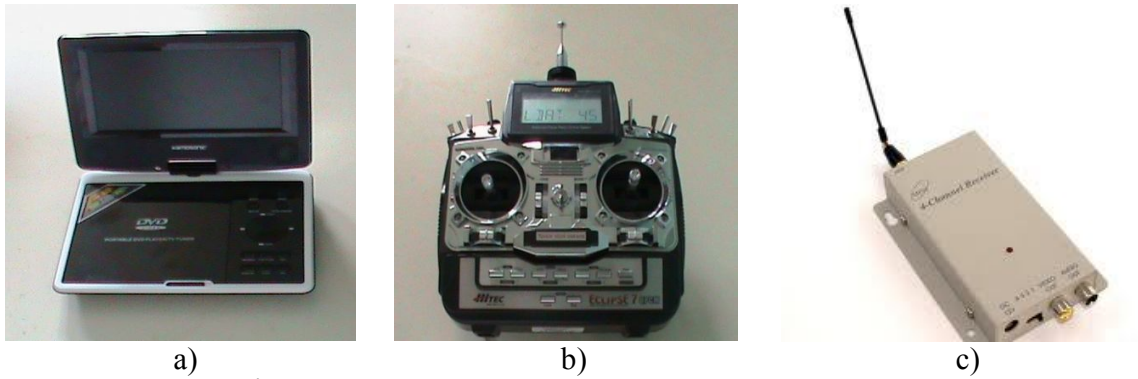
Tohum yayıcı aparat bir koruyucu ile kapatılmıştır. Bu koruyucu tohum yayıcıdan 2 mm yukarıda motor yatağına sabitlenmiştir. Yayıcı 20A ESC (ESC 2) üzerinden 15A'lık fırçasız bir elektrik motoru ile çalıştırılmakta ve YKİ'deki pilot tarafından dönme oranı kontrol edilebilmektedir. Şekil 4.11 tohum yayıcı ve motoru göstermektedir.



Şekil 4.11. Tohum yayıcı motor yatağı ve motoru

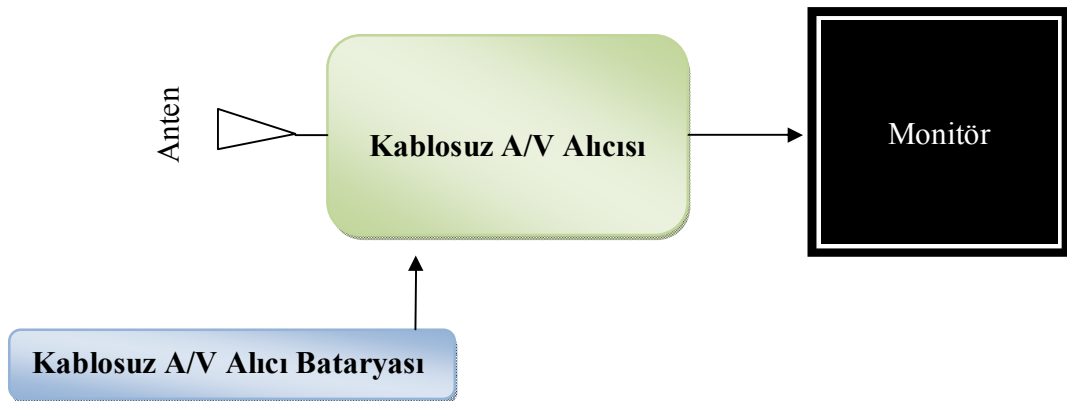
4.3. Yer Kontrol İstasyonu (YKİ)

YKİ, Şekil 4.12’de görülen bir 900 MHz A/V alıcısı, 7 kanallı bir standart verici (kontrol ünitesi) ve bir monitör ihtiva etmektedir. İHA hem görsel hem de YKİ’deki bir monitör vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Önceden de bahsedildiği gibi İHA’dan gelen video bilgilerini elde ederek uçağı yönlendirme ve tohum dağıtma sistemi için video alıcısı kullanılmaktadır. Alıcı 12 Volt DC ile çalışmakta ve bir kablo vasıtasıyla anten ile alınan video bilgilerini monitöre göndermektedir.



Şekil 4.12. Ana YKİ komponentleri, a) Monitör, b) Kontrol ünitesi c) Kablosuz A/V alıcısı

YKİ görüntüleme sistemine ait devre şeması Şekil 4.13’de görülmektedir.



Şekil 4.13. YKİ aviyonik sistem şeması

4.4. Test Uçuşu



Şekil 4.14. Test uçuşu, Gölbaşı, Ankara, 12 Temmuz 2011.

Hava platform olarak seçilen model uçağın montajının ardından ilk test uçuşu, 24 Şubat 2011 tarihinde Kayseri'nin Talas ilçesinde Talas Belediyesine ait Akçakaya Model Uçak Pistinde gerçekleştirilmiştir. Test uçuşu, seçilen modelin ağaçlandırma çalışmalarında kullanılabilecek kararlı yapıya sahip bir uçak olduğunu göstermiştir. Uçağın sağlam olması, dengeli uçuşu, kanatlarının yeterli kaldırma kuvveti üretmesi, kolay uçuşu ve bütün sistemler için yeterli iç hacme sahip olması uçağı hava platformu olarak kullanılacağı sonraki adımlara geçilmesini sağlamıştır. Tohum yayma sisteminin tasarımı ve montajından sonra 12 Temmuz 2011 tarihinde Ankara ili Gölbaşı ilçesinde Freepist'te İHA ile serpme tohumlama işlemi için test uçuşları gerçekleştirilmiştir. İHA'nın serpme tohumlama işlemi esnasındaki bir görünümü Şekil 4.14.'de verilmiştir. Test uçuşu saat 15:00 ile 16:00 arasında 6 m ve 9 m irtifalarda gerçekleştirilmiştir. Test uçuşlarının yapıldığı gün ve saatlerdeki hava durumunu gösteren bilgiler ve Freepist' ait görünüm, sırasıyla Tablo-2'de ve Şekil 4.15'da verilmiştir.

Tablo 2. Test uçuş günündeki hava koşulları

Hava Durumu	Sıcaklık	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr Yönü
	14,7 °C	5,5 m/s (8 metre yükseklik)	Kuzeyden



Şekil 4.15. Freepist'ten bir görünüm, Gölbaşı, Ankara

Test uçuşunda üç kişi görev almıştır. Bir kişi uçağı uçurmakta, bir kişi fotoğraf ve video çekimlerini yapmakta ve üçüncü kişi ise uçak irtifası, hızı ve tohum dağıtımı ile ilgili not almakta görevlidir. Her iki uçuşunda da, sedir tohumlarının tohum yayıcıdan hızlı bir şekilde çıktığı gözlemlenmiştir. Her bir uçuşun ardından İHA'nın tohum attığı arazi kontrol edilmiş ve tohumlar arası mesafe ve tohumların yayılma alanı ölçülmüştür. Bir sonraki bölümde, test sonuçları açıklanmakta ve sonuç ve öneriler kısmını içermektedir.

5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında başarılı ve sürdürülebilir ağaçlandırma çalışmalarına uygun olarak Toros Sedir tohumunun serpmeye tohumlaması için özel olarak geliştirilmiş bir İHA çalışması gerçekleştirilmiş, elde edilen test sonuçları, tasarlanan sistemin beklentilere göre çalıştığını ve halen kullanılan elle ve helikopterle ekime alternatif etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir.

5.1. Test Uçuşu Sonuçları

Freepist'te gerçekleştirilen iki test uçuşu sonuçları Tablo-3'te verilmiştir.

Tablo 3. Test uçuşu sonuçları

Test Uçuşları	Tohum Yayma Süresi	Açma-Kapama Pozisyonu	Uçağın Yer Hızı*	İrtifa*	Devir (RPM)	Tohumlar Arası Mesafe	Tohum Yayma Genişliği	Toplam Ekilen Alan
Test 1	3 sn.	Tam Açık	45 km/h	9 metre	1800 RPM	20-70 cm	45 m	1700m ²
Test 2	2.5 sn.	Tam Açık	60 km/h	6 metre	2200 RPM	10-40 cm	30 m	1500m ²
* Tahmini değer								

Test uçuş sonuçlarının analizinde düşünülecek en önemli kriter bir ağaçlandırma çalışmasının potansiyel etkinliği ile direkt ilişkili olan tohumların dağılım yoğunluğudur.

5.1.1. Tohum Dağılım Yoğunluğu

Birinci test uçuşunda tohumlar arası mesafe genellikle 20 ile 70 cm arasında iken ikinci test uçuşunda dağılım genellikle 10 ile 40 cm arasındadır. Tohumlar arası mesafe ± 45 cm ideal olarak düşünüldüğünde, bu oranın her iki uçuş içinde başarıldığı görülmektedir. Her iki test uçuşunda da, ölçülen dağılım oranı, tohum dağılımı için uygun görülen parametre sınırları içerisinde olmuştur. Geleneksel ağaçlandırma yöntemlerinde çimlenme sonrası fidanların olgun bireyler olması için yeterli alanı sağlamak amacıyla sık sık elle seyreltme işlemi yapıldığı göz önünde bulundurulmalıdır.

5.1.2. Uçak Yer Hızı, İrtifa ve RPM

Birinci test uçuşunda, uçağın yer hızı 45 km/h, irtifa 9 metre ve tohum yayıcının devri 1800 rpm iken ikinci test uçuşunda hız 60 km/h, irtifa 6 metre ve devir 2200 rpm'dir. Uçağın yer hızı, irtifası ve tohum yayıcının devir sayısı ile tohum dağılım yoğunluğu arasında ters orantı bulunmaktadır. Uçağın yer hızı ne kadar artarsa tohum dağılım yoğunluğunda o kadar azalma meydana gelmektedir. Benzer şekilde, uçağın yüksekliği ne kadar artarsa, tohum dağılımında o kadar azalma meydana gelmektedir. Son olarak, tohum yayıcının devri ne kadar artarsa tohum dağılım yoğunluğunda o kadar azalma olmakta, fakat bu durum daha fazla tohum dağıtma genişliği anlamına gelmektedir. Böylece, tohumların dağılım yoğunluğu, bu üç faktörün doğru olarak bilinmesiyle, önceden tahmin edilebilir ve kontrol edilebilir. Daha düşük hız/irtifa/rpm daha iyi bir tohum yoğunluğu sağlarken daha az miktarda alana tohum dağılmasına neden olur ve yüksek hız/irtifa/rpm daha düşük bir tohum yoğunluğu ile sonuçlanırken daha fazla genişlikteki bir alana tohum dağıtılmasına olanak vermektedir. Şekil 5.1 ikinci test uçuşunda serpilen tohumların yerdeki dağılımını göstermektedir.



Şekil 5.1. İkinci test uçuşundan yayılan tohumların yerdeki dağılımını

5.1.3. Tohum Yayılan Alan Genişliği

Birinci test uçuşunda tohum yayılma genişliği 45 metre iken, ikinci test uçuşunda 30 metre olarak ölçülmüştür. Uçuş yüksekliği tohumların yayılma genişliği üzerinde oldukça büyük bir rol almaktadır. Uçuş yüksekliğinin artması tohum yayılma genişliğini artırmaktadır.

5.1.4. Toplam Tohum Ekilen Alan

Toplam tohum yayılan alan, tank içerisinde bulunan tohum akış miktarını ayarlayan açma-kapama mekanizmasının pozisyonuna ve uçuş hızına bağlıdır. Her iki test uçuşunda açma-kapama mekanizması tamamıyla açık konumdadır ve İHA'nın etkinliğini ölçmeye yetecek kadar uçuş süresi olması sağlanmıştır. Uçuş süresi sınırlı miktardaki sedir tohumlarıyla birden fazla test uçuşu yapmayı sağlamıştır. Birinci test uçuşunda tohum yayılan toplam alan 1700 m^2 iken ikinci test uçuşunda bu alan 1500 m^2 'dir. Yüksek irtifa ve hız, tohumun yayıldığı alan miktarını artırmaktadır. Toplam ekilen araziye etkileyen bir önemli faktör ise tohum tankının tohum alma kapasitesidir.

Birinci test uçuş bilgileri için tohumlar arası mesafe ortalama 50 cm olarak varsayıldığında ve tank kapasitesi düşünüldüğünde, tohum tankı yaklaşık 4 saniyede bitecek ve ekilen alan 2250 m² olacaktır.

5.1.5. Aviyonik ve Uçuş Kontrolleri

Test uçağı, tohum dağıtma işlemini kolaylaştırmak için yer istasyonu ile veri aktarımını yapan aviyonik komponentler ile uyumlu bir performans sergilemiştir. İHA ve standart radyo kumanda vericisi arasındaki iletişimle kanatçık, istikamet dümeni, irtifa dümeni, kamera, tohum dağıtıcısı ve pan/tilt mekanizması aynı anda kontrol edilmiştir. Her iki test uçuşu sırasında aviyonik ve uçuş kontrolleri arasında herhangi bir olumsuz etkileşim olmamıştır.

5.2. Sonuçlar ve Öneriler

Model uçağın üzerine eklenen tohum yayıcı sistem, görüntüleme sistemi ve bu sistemlerin tamamının yerden kontrolü ile Toros Sediri tohumları başarılı bir şekilde serpilerek bir insansız hava aracı ile Toros Sediri ağaçlandırmasının gerçekleştirilebileceği gözlenmiş, bir İHA'nın ağaçlandırma çalışmalarında kullanılabileceği gösterilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan İHA, mini İHA olduğundan ancak sınırlı sayıda tohum yayması mümkün olmuştur. Tez çalışmasında kullanılan İHA yerine fiziksel özellikleri ve kapasitesi artırılmış bir İHA'nın kullanımı tohum tankının kapasitesini de artırmayı mümkün kılacak, bu sayede tek operasyonda büyük bir alanın ağaçlandırılması mümkün olacaktır. Tohum tankının büyük olması çok miktarda tohumu bir araya getireceğinden Toros Sediri tohumunun doğasında bulunan reçine, tohumların yapışması, tıkanıklık ve tohum yayıcı sistemin işlevini yerine getirememesi gibi sorunları beraberinde getirebilecektir. Bu durumun ortadan kaldırılması amacı ile tohum tankı içerisine akışkanlığı sağlayıp, tohumları tohum yayma sistemine kolaylıkla ulaştıracak tohum karıştırma sistemi eklenebilecektir.

Tez çalışmasında radyo kontrollü bir sistem ile yönetilen İHA'nın otonom ve programlanabilir uçuş sağlayacak şekilde tasarlanması, otonom kalkış-iniş sistemine sahip olması, YKİ'de bulunan pilotun iş yükünü önemli ölçüde azaltacaktır.

Sabit kanatlı bir İHA yerine döner kanatlı İHA kullanılarak ağaçlandırma çalışması yapılması düşünülmüş ancak tez çalışması süresinde bu çalışmaya geçilememiş, ileride yapılacak çalışmalarda yapılması planlanmıştır.

Bu tez çalışmasından yola çıkılarak yapılacak her türlü İHA çalışması sadece Toros Sediri ağaçlandırması için değil, ülkemiz için büyük öneme sahip diğer ağaç türleri için de ağaçlandırma çalışmaları yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Degarmo, M. T., 2004, Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace, the MITRE Corporation, McLean, Virginia, 89 pp.
2. Kargın, V., 2007, Design of an Autonomous Landing Control Algorithm for a Fixed Wing UAV, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, M.Sc. Thesis, Ankara, 96 pp.
3. Çakıcı, F., 2009, Modeling, Stability Analysis and Control System Design of a Small-Sized Tiltrotor UAV, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, M.Sc. Thesis, Ankara, 107 pp.
4. Ferit, M., Akyol, Y., 2004, İnsansız hava aracı sistemlerinin dünyadaki gelişimi ve uygulamalar, s. 234-239, HaSeM 2004, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2004, Kayseri.
5. Unmanned Aerial Vehicle, (Web sayfası: <http://www.theuav.com>), (Erişim tarihi: Ağustos 2010).
6. Ollero, A., Martínez-de-dios, J. R., Merino, L., 2006, Unmanned Aerial Vehicles as Tools for Forest-Fire Fighting, **Forest Ecology and Management. Elsevier, Vol. 234**, Supplement 1, 15 November 2006, Page S263
7. Cook, K., L., B., 2007, The silent force multiplier: the history and role of UAVs in warfare, pp. 1-7, Proceeding of IEEE Aerospace Conference, 3-10 March 2007, Big Sky, MT.
8. Ataç, S., 2006, GPS Based Altitude Control of an Unmanned Air Vehicle Using Digital Terrain Elevation Data, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, M.Sc. Thesis, Ankara, 160 pp.
9. Wong, K. C., 1997, Aerospace Industry Opportunities in Australia Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) - Are They Ready This Time? Are We? (Web sayfası: http://web.aeromech.usyd.edu.au/wwwdocs/UAV_RAeS_prez_26Nov97.PDF), (Erişim tarihi: Temmuz 2011).

10. Bento, Maria De Fatima, 2008, Unmanned Aerial Vehicle (An Overview), (Web sayfası: <http://www.insidegnss.com/auto/janfeb08-wp.pdf>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
11. Barrows, G. L., Future Visual Microsensors for Mini/Micro-UAV Applications, (Websayfası: <http://prism2.mem.drexel.edu/~billgreen/Bibliography/barrowsCenteye.pdf>), (Erişim tarihi: Temmuz 2011).
12. Arslan, O., 2009, Design of a Decision Support Architecture for Human Operators in UAV Fleet C2 Applications, Institute of Science and Technology, Istanbul Technical University, M.Sc. Thesis, pp. 69.
13. Altunok, T., Aralık 2010, Türkiye'nin İHA serüveni, Bilim Teknik Dergisi, s: 34-37.
14. İnsansız Hava Araçları, (Web sayfası: tr.wikipedia.org/wiki/İnsansız_hava_aracıları), (Erişim tarihi: Ağustos 2010).
15. Nonami, K., 2007, Prospect and recent research & development for civil use autonomous unmanned aircraft as UAV and MAV, **Journal of System Design and Dynamics**, vol. 1, no. 2, pp.120-128.
16. Mejias, L., Correa, J.F., Mondragon, I., Campoy, P., 2007, A vision-guided UAV for surveillance and visual inspection, pp. 2760-2761, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 10-14 April 2007, Roma, Italy.
17. Cox, T. H., NAGY C. J., SKOOG, M. A., SOMERS I. A., 2004, Civil UAV Capability Assessment, Draft Version, NASA, pp.103.
18. Stoff, J., 2001, Historic Aircraft and Spacecraft in the Cradle of Aviation Museum, first published by General Publishing Company, Toronto, Canada and by David & Charles Publishers, Devon, UK.
19. Nonami, K., Kendoul, F., Suzuki, S., Wang, W., Nakazawa, D., 2010, Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicle and Micro Aerial Vehicles, Springer, Tokyo Dordrecht, Heidelberg, London, New York, pp. 329
20. Mueller, T. J., 2009, On the birth of micro air vehicles, **International Journal of Micro Air Vehicles**, vol. 1, no. 1, pp. 1-12.

21. Kettering Bug, (Web sayfası: <http://kettering-bug.co.tv/>), (Erişim tarihi: May 2011).
22. Mayıs 2000, UAV Evolution, (Web sayfası: <http://www.angelfire.com/hero2/davjostre/Josh%202.html>), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
23. Tetrault, C., A history of Unmanned Vehicles (UAVs), (Web sayfası: <http://www.draganfly.com/news/2009/03/04/a-short-history-of-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
24. Verville-Sperry M-1 Messenger, (Web sayfası: http://en.wikipedia.org/wiki/Verville-Sperry_M-1_Messenger), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
25. The Queen Bee, (Web sayfası: <http://www.pprune.org/military-aircrew/411330-drone-drivers-guide.html>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
26. The Queen Bee, (Web sayfası: http://www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs_05.html), (Erişim tarihi: Mart 2011).
27. Denny Drone, (Web sayfası: http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/images/denny_righter_rp_750.jpg), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
28. The Vergeltungswaffe 1 (V-1), (Web sayfası: http://24.media.tumblr.com/tumblr_kq2dcnLZlm1qzsgg9o1_500.jpg), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
29. The Lockheed D-21, (Web sayfası: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/D21-070308.jpg>), (Erişim tarihi: Nisan 2011)
30. Lockheed D-21 drone, (Web sayfası: <http://www.marchfield.org/d21drone.htm>), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
31. Brief History of UAVs, (Web sayfası: <http://www.list.ufl.edu/uav/UAVHstry.htm>), (Erişim tarihi: Ocak 2011).

32. Sullivan, J. M., 2005, Revolution or evolution? The rise of the UAVs, Proceedings. pp. 94-101, ISTAS 2005, International Symposium on Technology and Society: Weapons and Wires: Prevention and Safety in a Time of Fear, 8-10 June 2005, Los Angeles, CA.
33. The Lightning Bug reconnaissance drones, (Web sayfası: http://www.vectorsite.net/twuav_04.html), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
34. The Firebee, (Web sayfası: http://www.uavforum.org/gallery/Firebee/Firebee_Launch.jpg), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
35. Karrar - Iran's new Jet-Powered Recce and Attack Drone, (Web sayfası: http://defense-update.com/products/k/karrar_jet_powered_drone_24082010.html), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
36. Aquila, (Web sayfası: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/aquila.htm>), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
37. The Predatör, (Web sayfası: <http://twistedifter.com/wp-content/uploads/2010/05/Predatör-b-drone-mq-9-reaper.jpg>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
38. Schultz, J., Mart 2011, Global Hawk offers images of quake's destruction, (Web sayfası: <http://www.stripes.com/news/pacific/guam/global-hawk-offers-images-of-quake-s-destruction-1.138155>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
39. Dryden Historical Aircraft Photo Collection, (Web sayfası: <http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/index.html>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
40. Boeing Aerospace Company, X-45 Joint Unmanned Combat Air System, (Web sayfası: http://www.boeing.com/history/boeing/x45_jucas.html), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
41. Warwick, G., Ağustos 2009, Boeing's Phantom Ray - the "Phoenix" of UCAVs

(Web sayfası:

<http://www.aviationweek.com/aw/blogs/defense/index.jsp?plckController=Blog&plckScript=blogscript&plckElementId=blogDest&plckBlogPage=BlogViewPost&plckPostId=Blog%3A27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7Post%3A0fc310f6-038d-410a-8d24-5daeb366ef29>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).

42. Trimble, S., Mayıs 2011, Phantom Ray first flight raises funding hopes, (Web sayfası: **<http://www.flightglobal.com/articles/2011/05/04/356219/pictures-phantom-ray-first-flight-raises-funding-hopes.html>**), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).

43. Mart 2009, TAI-TUŞAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, (Web sayfası: **<http://www.defenceturk.com/index.php?topic=157.09>**), (Erişim tarihi: Şubat 2011).

44. Ağustos 2010, Turkish UAV Research, Development and Manufacture: An Overview, (Web sayfası: **<http://www.network54.com/Forum/248068/thread/1282407539/1290219285/Turkish+UAV+research%2C+development+and+manufacture+an+overview>**), (Erişim tarihi: Nisan 2011).

45. TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş., (Web sayfası: **<http://www.metutech.metu.edu.tr/cms/index.php?Lang=TR&Bid=527&Bbid=18>**), (Erişim tarihi: Nisan 2011).

46. Şubat 2010, IAI Heron officially joins Israel's Air Force, (Web sayfası: **http://blog.tmcnet.com/robotics/2010/02/iai_heron_officially_joins_israels_air_force.html**), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).

47. Şubat 2010, İsrail yapımı 6 Heron Türkiye'de, (Web sayfası: **<http://www.ntvmsnbc.com/id/25063408/>**), (Erişim tarihi: Şubat 2011).

48. Sapmaz, C., Akıncı, V., Ardiç, E. S., Aleçakır, S., 2008, Türkiye’de insansız hava araçları uygulamaları”, s.1-9, UHUK 2008, II. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, 15-17 Ekim 2008, İstanbul.

49. Vestel Defense Industry, (Web sayfası:
<http://www.vesteldefence.com/eng/mediaCenter.asp?pId=5&id=38>),
 (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
50. (Web sayfası:
<http://www.baykarmakina.com/sites/default/files/images/brosurler/TacticaIUAV.pdf>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
51. Mart 2011, An Overview of Turkish UAV R&D and Production, (Web sayfası:
<http://www.trdefence.com/forum/viewtopic.php?f=17&t=375#p1501>),
 (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
52. Temmuz 2010, Türkiye'nin insansız hava aracı ANKA görücüye çıktı, (Web sayfası:
<http://www.turkishjournal.com/i.php?newsid=7678>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
53. Ekşi Ö., Ocak 2011, Türk semaları insansız Sivrisinek'e emanet, (Web sayfası:
<http://www.dha.com.tr/haberdetay.asp?tarih=25.05.2011&Newsid=137757&Categoryid=1>), (Erişim tarihi: Mart 2011).
54. Scientific Drones Take Flight at Earth's Icy Poles, (Web sayfası:
<http://www.wired.com/wiredscience/2009/12/scientific-uavs>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
55. AAI Co. Aerosonde, (Web sayfası:
http://en.wikipedia.org/wiki/AAI_Corporation_Aerosonde), (Erişim tarihi: Ocak 2011).
56. Everaserts, J., 2008, The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) For Remote Sensing and Mapping, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol. XXXVII Part B1. ISPRS Congress, pp.1187-1192 Beijing, China.
57. Sato, A., Eylül 2003, The RMAX Helicopter UAV, YAMAHA MOTOR CO., LTD.,
 (Web sayfası: <http://www.dtic.mil/cgi->

bin/GetTRDoc?AD=ADA427393&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf),

(Erişim tarihi: Nisan 2011).

58. Hanlon, M., Kasım 2004, Yamaha's RMAX - The World's Most Advanced Non-Military UAV, (Web sayfası: <http://www.gizmag.com/go/2440/>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
59. Göktoğan, A. H., Sukkarieh, S., Bryson, M., Randle, J., Lupton, T., Hung, C., 2010 , A rotary-wing unmanned air vehicle for aquatic weed surveillance and management, **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, vol. 57, num. 1-4, pp: 467-84.
60. Trimble, S., August 2010, AUvSI: AeroVironment's Global Observer HALE UAV flies for first time, (Web sayfası: <http://www.flightglobal.com/articles/2010/08/24/346463/auvsi-aerovironments-global-observer-hale-uav-flies-for-first.html>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).
61. Ocak 2011, (Web sayfası: <http://www.defpro.com/news/details/21106/>), Erişim tarihi: Mayıs 2011).
62. Keennon, M., Ocak 2011, (Web sayfası: http://www.aviationweek.com/aw/blogs/aviation_week/on_space_and_technology/index.jsp?plckController=Blog&plckBlogPage=BlogViewPost&newspaperUserId=a68cb417-3364-4fbf-a9dd-4feda680ec9c&plckPostId=Blog%3Aa68cb417-3364-4fbf-a9dd-4feda680ec9cPost%3A0ec198e1-4d51-4b57-969f-cf3714398849&plckScript=blogScript&plckElementId=blogDest), (Erişim tarihi: Mayıs 2011)
63. Göloğlu, C., Atabaş, E., Düzgün, U., 2008, İnsansız Hava Aracı tasarım uygulaması: Kırılancı-360A, s. 83-87, HaSeM 2008, Kayseri VII. Havacılık Sempozyumu, 15-16 Mayıs 2008, Kayseri.

64. Cole, D.T., Sukkarieh, S., Göktöğən, A. H., 2006, System development and demonstration of a UAV control architecture for information gathering missions, **Journal of Field Robotics**, vol. **23**, no. 6-7, pp. 417-440.
65. Eisenbeiss, H., 2004, A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition, International Workshop on "Processing and Visualization Using High-Resolution Imagery", 18-20 November 2004, Pitsanulok, Thailand.
66. Boydak, M., 2003, Regerenation of Lebanon cedar (*Cedrus Libani* A.Rich.) on karstic lands in Turkey, **Forest Ecology and Management** **178**, p: 231-243.
67. Gülcü, S., Gültekin H. C., Ölmez, Z., 2010, The effect of sowing time and depth on germination and seedling percentage of the Taurus cedar (*Cedrus Libani* A. Rich), **African Journal of Biotechnology** Vol. **9**(15), p: 2267-2275,
68. Mayer, H., Sevim, M., 1959, Lübnan sediri, Lübnan'daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu'da bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler, (Çeviren: Çepel, N.), **G.Ü. Orman Fakültesi Dergisi**, **B-9** (2), p: 111-142.
69. Keskin, S., 1994, Sedinin Botanik Özellikleri, s: 33-41, Sedir, (Ed: Ünal, E.), Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
70. Cebeci, Z., Aralık 2008, Trees of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich), (Web sayfası: http://turkonde.cukurova.edu.tr/common/object_show.aspx?id=886), (Erişim tarihi: Şubat 2011).
71. Gülpınar Y., H., 2006, Bitkilerimiz, Çevre ve Orman Bakanlığı Basımı, Türev Yayıncılık ve Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti. Basım yeri
72. Pijut, P. M., July 2000, *Cedrus*-The True *Cedrus*, **Journal of Arboricultural** **26**(4), pp. 218-224
73. Erkuloğlu, Ö. S., 1994, Sedinin Tohum Özellikleri, s: 81-93, Sedir, (Ed: Ünal, E.), Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
74. Sedir, (Web sayfası: <http://www.ogm.gov.tr/agacturleri/agac3.htm>), (Erişim tarihi: Mayıs 2011).

75. Boydak, M., Reforestation of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) in bare Karstic Lands by Broadcast Seeding in Turkey, In: V. Leone and R. Lovreglio (eds), Options méditerranéennes, Series A: Mediterranean Seminars Number 75, 2007.
76. Yeşilkaya, Y., 1994, Sedirin Ekolojisi, s: 53-79, Sedir, (Ed: Ünal, E.) Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
77. Öner, N., Uysal, M., 2009, Usability of the Taurus cedar and Crimean Pine in green belt afforestations in semiarid regions in Turkey: A case study in Konya province Loros Mountain-Akyokus, **African journal of Agriculture Research**, vol. 4 (10), pp. 1049-105.
78. Öner, N., Uysal, M., 2006, Mindos Tepe-Yeğren (Konya) yöresinde elde edilen Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve mahlep (*Cerarus mahalep* (L.) Miller.) ağaçlandırmalarında dip çap ve boy ilişkileri, **Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi** vol. 6, no: 1, p: 11-25.
79. Odabaşı, T., 1990. Lübnan sediri (*Cedrus libani* Loud.)'nin kozalak ve tohumu üzerine araştırmalar , Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
80. Özcelmik, R., Ünal, E., 2009, Effects of release cutting on the development of young natural Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich) stands of western Mediterranean region of Turkey, **Journal of Environmental Biology.**, 30(2), p: 179-182.
81. Haziran 2010, Torosların inci kolyesinin tomrukları görücüye çıktı, (Web sayfası: <http://web.ogm.gov.tr/Haberler/HaberGoruntule.aspx?List=b5227992%2D7788%2D41c4%2D8a38%2D24e745c3108e&ID=9444>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
82. Atmaca, F., Sedirde (*Cedrus Libani* A. Rich) gençlik bakımı, (Web sayfası: <http://www.doa.gov.tr/doadergisi/doa8/d7.pdf>), (Erişim tarihi: Mart 2011).
83. Yaman, B., 2007, Anatomy of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood with indented growth rings, *Acta Biologica Cracoviensia*, Polish Academy of Sciences, **Series Botanica** 49/1, p: 19–23.

84. Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert A., Gülsoy, S., Süel, H., Waelkens, M., Muys, B., 2007, Elevation and exposition rather than soil type determine communities and site suitability in Mediterranean forest of Southern Anatolia, Turkey, **Forest Ecology and Management** **247**, p: 18-25.
85. Kurt, Y., Kaçar, M. S., Işık K., 2008, Traditional tar production from *Cedrus libani* A. Rich on the Taurus Mountains in Southern Turkey, **Economic Botany**, **62** (4), p: 615-620.
86. *Cedrus libani* A. Rich. (Familya: Pinaceae), (Web sayfası: <http://www.ogm.gov.tr/agacturleri/agac3.htm>), (Erişim tarihi: Şubat 2011).
87. Sedir Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı 2005-2014, (Web sayfası: <http://www.ogm.gov.tr/silvikultur/projeler/SEDİR.pdf>), (Erişim tarihi: 21 Mayıs 2011).
88. Gül'ün serptiği sedir tohumları filizlendi., (Web sayfası: <http://www.zaman.com.tr/haber.do?haberno=1021240>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).
89. Kahveci, O., Röportaj-daha yeşil bir Türkiye için, (Web sayfası: <http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/roportaj.pdf>), (Erişim tarihi: Mart 2011).
90. Eylül 2010, Sedir ağacı serüveni başladı, (Web sayfası: <http://web.ogm.gov.tr/birimler/bolgemudurlukleri/mersin/Haberler/HaberGoruntule.aspx?List=879c6028%2D38a7%2D46a3%2Dbe13%2D117f6d2c0385&ID=115>), (Erişim tarihi: Mart 2011).
91. Yahyaoğlu, Z., Demirci, A., Bilir, N., Genç, M., 2001, Comparison of 22 Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) origins by seedling morphological distance, **Turkish Journal of Biology**, vol: **25**, p: 221-228.
92. Khuri, S., Shmoury M. R., Baalbaki R., Maunder M., Talhouk S. N., 2000, Conservation of the *Cedrus libani* populations in Lebanon: history, current status and experimental application of somatic embryogenesis, **Biodiversity and Conservation** vol. **9**, num. 9, p: 1261-1273.

93. Arthurs, K., Ocak 2011, Slice seeding vs. broadcast seeding, (Web sayfası: http://www.ehow.com/facts_7794825_slice-seeding-vs-broadcast-seeding.html), (Erişim tarihi: Mart 2011).
94. Broadcast seeding, (Web sayfası: http://en.wikipedia.org/wiki/Broadcast_seeding), (Erişim tarihi: Mart 2011).
95. Aralık 2010, Bir yılda 11 milyar sedir tohumu, (Web sayfası: <http://emedya.cumhuriyet.com.tr/?hn=198354>), (Erişim tarihi: Mart 2011).
96. Ekim 2009, Cumhurbaşkanımız sayın Abdullah GÜL, Erciyes'e sedir tohumu ekti, (Web sayfası: <http://web.ogm.gov.tr/Haberler/HaberGoruntule.aspx?List=b5227992%2D7788%2D41c4%2D8a38%2D24e745c3108e&ID=7477>), (Erişim tarihi: Nisan 2011).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Mustafa ŞAHİN
 Uyuğu : T.C.
 Doğum Tarihi ve Yeri: 06 Haziran 1986, Erdemli, Mersin
 Medeni Durumu: Bekar
 Tel: +90 446 224 04 26
 Fax: +90 446 224 04 27
 e-mail: msahin@erzincan.edu.tr, musahin33@hotmail.com
 Adres: Erzincan Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, 24000, ERZİNCAN

Eğitim

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu, Kayseri	2009
Lise	Erdemli Teknik Lisesi, Mersin	2004

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	İş Tanımı
2009-Halen	Erzincan Üniversitesi-Sivil Havacılık Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi
2009-2009	My Technic Aircraft MRO Service, Sabiha Gökçen Uluslararası Havaalanı, İstanbul	Uçak Bakım Personeli
2004-2009	Kınas Yapı Endüstri A.Ş., Kayseri	Elektrik Ustabaşı, Taşeron
2003-2004	Yıldırım Elektrik, Mersin	Elektrik Ustabaşı
2002-2003	Özen Elektrik, Mersin	Teknik Personel
2000-2002	Yıldırım Elektrik, Mersin	Teknik Personel

Yabancı Dil

İngilizce