



## **HAVA HARP OKULU KOMUTANLIĞI**



### **HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZİ**

#### **GELİŞEN UZAY SİSTEMLERİ, UYDU TEKNOLOJİLERİ VE TSK'DA ASKERİ UYDU KULLANIMININ İNCELENMESİ**

**UTKAN VARDAR  
HAVA SAVUNMA ÜSTEĞMEN**

**YEŞİLYURT - İSTANBUL  
EKİM – 2010**

**HAVA HARP OKULU**  
**HAVACILIK ve UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GELİŞEN UZAY SİSTEMLERİ, UYDU TEKNOLOJİLERİ VE TSK'DA ASKERİ**  
**UYDU KULLANIMININ İNCELENMESİ**

**Utkan VARDAR**  
**Hava Savunma Üsteğmen**

**UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**İSTANBUL**  
**Ekim 2010**

**Her hakkı saklıdır.**

Prof. Dr. Okyay KAYNAK danışmanlığında Hv. Svn. Ütgm. Utkan VARDAR tarafından hazırlanan bu çalışma 20 / 10 / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Okyay KAYNAK

İmza : 

Üye : Prof.Dr. Fuat İNCE

İmza : 

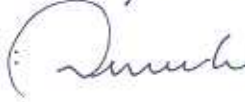
Üye : Yrd.Doç.Dr.Hv.Müh.Alb. Sefer KURNAZ

İmza : 

Üye : Yrd.Doç.Dr.Hv.Müh.Yb. Aydemir ARISOY

İmza : 

Üye : Yrd.Doç.Dr.Hv.Müh.Bnb. Serdar MENEKAY

İmza : 

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Yrd. Doç. Dr. Sefer KURNAZ  
Hava Mühendis Albay  
Enstitü Müdürü

## YAZARIN NOTU

Bu tez çalışmasında belirtilen görüş ve yorumlar yazara aittir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz. Ayrıca bu tez çalışması bilimsel ahlak ve etik değerlere uygun olarak yazılmış olup yararlanılan tüm eserler kaynaklarda gösterilmiştir.

Öğrencinin İmzası :

Adı Soyadı : Utkan VARDAR  
Tarih : 27 /10/2010

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GELİŞEN UZAY SİSTEMLERİ, UYDU TEKNOLOJİLERİ VE TSK'DA ASKERİ UYDU KULLANIMININ İNCELENMESİ

Utkan VARDAR  
Hava Savunma Üsteğmen

Hava Harp Okulu  
Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü  
Uzay Bilimleri Ana Bilim Dalı

DANIŞMAN : Prof. Dr. Okyay KAYNAK  
EŞDANIŞMAN : Prof. Dr. Fuat İNCE

Bu çalışmada uzay kavramı hakkında genel bir bilgi verilerek, uzay çalışmalarının kısa tarihçesi ve Türkiye’de uzay çalışmalarının tarihi konuları kısaca sunulmuştur. Tarih bilgisinin ardından uzayda görev yapan insan yapımı uyduları incelemek üzere uydu tanımı, yörünge kavramı ve yörünge tipleri üzerinde durularak, yörüngelerin kullanıldıkları görev alanları, ön bilgi olarak belirtilmiştir. Uyduların görev yaptıkları alanlar, haberleşme, gözlem, seyrüsefer, meteoroloji, bilimsel ve arama-kurtarma amaçlı uydular ana başlıkları altında toplanmıştır. Her anabashiğın altında, bu görev alanına ait görevleri icra eden uydular ve teknolojileri hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu örnekler eski ve yeni tip teknolojileri de içerecek şekilde altsistemleri ile birlikte verilmeye çalışılmıştır.

Uzay, uydular ve teknolojilerini oluşturan bölümlerin ardından ülkemizde uzay alanında çalışmalar yapan veya yapmaya çalışan kurumlar ve ülkemiz açısından önemli Bilsat, Rasat, Göktürk ve Türksat gibi projeler hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Türk Silahlı Kuvvetleri’nin ise uzay konusunda yer aldığı Göktürk, Elektro-Optik Kamera, Momentum Jiroskobu gibi projeleri, Askeri uydu yol haritası ve HUTEN faaliyetleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Bu tezde aynı zamanda, ülkemizin ve özellikle TSK’nın uzay teknolojileri ile ilgili gelişimi irdelenmiş, TSK’da yapılması gerekenler öneri olarak sunulmuştur.

**2010, 89 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler :** Uydu, askeri uydular, meteoroloji uyduları, uydu yapıları, uydu teknik bilgileri.

## **ABSTRACT**

Master of Science Thesis

### **AN EVALUATION OF THE DEVELOPMENTS IN SPACE TECHNOLOGIES AND IMPLICATIONS FOR THE TURKISH ARMED FORCES**

Utkan VARDAR  
First Lieutenant

Air Force Academy  
Aeronautics and Space Technologies Institute  
Space Department

Supervisor: Prof. Dr. Okyay KAYNAK  
Supervisor: Prof. Dr. Fuat İNCE

The thesis starts with a general background on space technologies and a brief history of its development, including a review of the earlier the activities which have taken place in Turkey. Areas of use of different satellites, their orbits and general missions are described. These are grouped under the topics of communication, observation (including meteorology), search and rescue, navigation, and science. Under each topic, characteristics, typical missions, and systems are given, with examples from new and old satellites.

A brief history of space activities in Turkey is given, followed by a list and short description of the institutions in Turkey which have or may have connections with space technologies. A review of the current space projects in Turkey is then described. These include the Bilsat satellite, İtüpicosat, Turksat satellites, Gökürk satellite project Rasat satellite project, electro-optical camera, momentum gyroscope and similar projects.

The thesis concludes with an evaluation of the position of Turkey, in particular the armed forces with respect to space technologies. An assessment and a list of proposals are given regarding the possible courses of action for the government and the armed forces.

**2010, 89 Pages**

**Keywords :** Satellite, military satellite, meteorological satellite, satellite structure, satellite manual.

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Ülkemizin uzay teknolojilerine duyulan ihtiyacı ve ilgisi artmakta, kendi kontrolümüzde milli kaynaklar ve teknolojiler ile geliştirilecek uzay sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada, uydu teknolojilerindeki gelişmeler, ülkemizin mevcut teknolojik yetenekleri, kurulu sanayi altyapısı, bilimsel bilgi ve yetişmiş insangücü değerlendirilerek, ülkemizin büyük eksikliklerinden bir tanesi olan ortak çalışma ve paylaşımcılığa ışık tutacak teknolojik altyapı ortaya çıkarılarak insanlığın kullanımına sunulmuştur. Aynı zamanda bu teknolojik yeteneklerin TSK'nin ihtiyaçlarının tespiti ve yönlendirilmesine bir ön çalışma olması için gerçekleştirildi.

Bu çalışma esnasında, öncelikle çalışma yaptığım konuda beni bilgilendiren, tavsiyeleri ile beni yönlendirerek ilgisini ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Okyay KAYNAK hocama ve tez eşdanışmanım Prof. Dr. Fuat İNCE hocama, kurum ve kuruluşlara ve destekleri için sevgili AİLEME, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Müdürü Yrd. Doç. Dr. Alb. Sefer KURNAZ'a teşekkür eder, dokuzuncu dönem öğrencilerinden olduğum Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimi almama olanak sağlayan Hava Harp Okulu Komutanlığı'na, 9'ncu Ana Jet Üs Komutanlığı'na ve Hava Teknik Okullar Komutanlığı'na minnettarlığımı sunarım.

**Utkan VARDAR**  
**İstanbul, Ekim 2010**

## İÇİNDEKİLER

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                     | vi  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                        | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                      | ix  |
| 1. GİRİŞ .....                                                               | 1   |
| 2. AMAÇ .....                                                                | 2   |
| 3. KAPSAM .....                                                              | 3   |
| 4. UZAY .....                                                                | 4   |
| 4.1. UZAY KAVRAMI .....                                                      | 4   |
| 4.2. UZAY TARİHÇESİ .....                                                    | 4   |
| 4.3. TÜRKİYE’DE UZAY TARİHİ.....                                             | 9   |
| 5. UYDULAR VE TEKNOLOJİLERİ.....                                             | 12  |
| 5.1. UYDU KAVRAMI.....                                                       | 12  |
| 5.2. YÖRÜNGE KAVRAMI.....                                                    | 12  |
| 5.2.1. LEO (LOW EARTH ORBIT-ALÇAK İRTİFA DÜNYA YÖRÜNGESİ): ..                | 15  |
| 5.2.1.1. KUTUPSAL (POLAR) YÖRÜNGE: .....                                     | 15  |
| 5.2.1.2. GÜNEŞE EŞZAMANLI (SUN SYNCHRONOUS) YÖRÜNGE: .....                   | 16  |
| 5.2.2. GEOSTATIONARY YÖRÜNGE ( YERE EŞZAMANLI YÖRÜNGE): ....                 | 17  |
| 5.2.3. MEO (MEDIUM EARTH ORBIT-ORTA İRTİFA DÜNYA YÖRÜNGESİ): .....           | 18  |
| 5.2.4. HEO (HIGHLY ELLIPTICAL ORBIT-ÇOK ELİPTİK YÖRÜNGE): .....              | 18  |
| 5.3. KULLANIM ALANLARINA GÖRE UYDULAR VE BİLEŞENLERİ.....                    | 19  |
| 5.3.1. HABERLEŞME UYDULARI.....                                              | 19  |
| 5.3.2. GÖZLEM UYDULARI.....                                                  | 22  |
| 5.3.2.1. DÜŞÜK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR .....                                    | 24  |
| 5.3.2.2. ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR .....                                     | 24  |
| 5.3.2.3. YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR.....                                    | 25  |
| 5.3.3. SEYRÜSEFER UYDULARI .....                                             | 28  |
| 5.3.4. METEOROLOJİ UYDULARI.....                                             | 31  |
| 5.3.5. BİLİMSEL AMAÇLI UYDULAR.....                                          | 36  |
| 5.3.6. ARAMA KURTARMA UYDULARI.....                                          | 45  |
| 6. TÜRKİYE’DE DURUM VE TSK’NIN YERİ.....                                     | 48  |
| 6.1. TÜRKİYE’DE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....                                      | 48  |
| 6.1.1. TÜBİTAK VE ULUSLARARASI İLİŞKİLERİ.....                               | 48  |
| 6.1.2. TÜBİTAK-UZAY (UZAY ARAŞTIRMALARI ENSTİTÜSÜ).....                      | 51  |
| 6.1.3. TÜBİTAK-SAGE (SAVUNMA SANAYİ ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME ENSTİTÜSÜ) ..... | 52  |

|                                                                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.1.4. BİLSAT .....                                                                                               | 52        |
| 6.1.5. RASAT .....                                                                                                | 56        |
| 6.1.6. TÜRKSAT .....                                                                                              | 59        |
| 6.1.7. GÖKTÜRK PROJELERİ .....                                                                                    | 60        |
| 6.1.8. İTÜPSAT1 .....                                                                                             | 62        |
| 6.1.9. BİLÜZAY (BİLKENT ÜNİVERSİTESİ UZAY TEKNOLOJİLERİ<br>ARAŞTIRMA MERKEZİ).....                                | 63        |
| 6.1.10. ROKETSAN .....                                                                                            | 63        |
| 6.1.11. ASELSAN .....                                                                                             | 63        |
| 6.1.12. HAVELSAN .....                                                                                            | 64        |
| 6.1.13. TAİ-TUSAŞ UZAY VE HAVACILIK SANAYİ AŞ.....                                                                | 64        |
| 6.1.14. UZAY KAMPI TÜRKİYE.....                                                                                   | 65        |
| 6.2. TSK’NIN YERİ .....                                                                                           | 65        |
| 6.2.1. TSK ve GÖKTÜRK Projesi .....                                                                               | 65        |
| 6.2.2. “2,5 M” ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ELEKTRO-OPTİK UYDU KAMERASI<br>PROJESİ.....                                           | 66        |
| 6.2.3. UYDU YÖNELME KONTROLÜ İÇİN ENERJİ SAKLAYABİLEN<br>DEĞİŞKEN HIZLI MOMENT JİROSKOBU GELİŞTİRME PROJESİ ..... | 67        |
| 6.2.4. MÜŞTEREK MİLLİ ASKERİ HABERLEŞME UYDU PROJESİ.....                                                         | 68        |
| 6.2.5. ASKERİ UYDU YOL HARİTASI.....                                                                              | 68        |
| 6.2.6. İŞLEMSEL EHF UYDU AKTARICISI VE TEST ORTAMI<br>GELİŞTİRİLMESİ PROJESİ .....                                | 69        |
| 6.2.7. HUTEN (HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ) .....                                                    | 70        |
| <b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                                                                  | <b>72</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                                            | <b>76</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                                                              | <b>80</b> |

## KISALTMALAR DİZİNİ

AR-GE – Araştırma Geliştirme  
BİLTEN – Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü  
BTYK – Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu  
ÇOBAN – Çok Bantlı Kamera  
CCD – Charge-Coupled Device – Işığa karşı duyarlı algılayıcı  
CCSDS – The Consultative Committee for Space Data Systems  
COMINT – Haberleşme İstihbaratı  
DPT – Devlet Planlama Teşkilatı  
ESA – European Space Agency – Avrupa Uzay Ajansı  
ESMKJ - Enerji Saklayabilen Moment Kontrol Jiroskobu  
GEO – Geostationary Earth Orbit – Yer Eş zamanlı Yörünge  
GEZGİN – Gerçek Zamanda Görüntü İşleyen  
GLONASS – Global Orbiting Navigation Satellite System – Küresel Yörünge Seyrüsefer Uydu Sistemi  
GNSS – Global Navigation Satellite System – Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemleri  
GPS – Global Positioning System – Küresel Konumlama Sistemi  
Sistemi  
HEO High Earth Orbit – Yüksek Yörünge  
HvKK – Hava Kuvvetleri Komutanlığı  
IR – Infrared – Kızılötesi  
IMINT – Görüntü istihbaratı  
LEO – Low Earth Orbit – Alçak Yörünge  
MAM – Marmara Araştırma Merkezi  
MEO – Medium Earth Orbit – Orta Yörünge  
MEOSAR – Medium-Earth Orbit Search-and-Rescue  
NASA – National Aeronautics & Space Administration - Amerikan Ulusal Uzay Ajansı  
NOAA – (National Oceanic and Atmospheric Administration - Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosferik Olaylar Dairesi)  
OTS – The Offender Tracking System  
QPSK-OQPSK – (Quadrature Phase Shift Keying)  
SAR – Synthetic Aperture Radar – Sentetik Açıklıklı Radar  
SIS – Signal in Space  
SSM – Savunma Sanayii Müsteşarlığı  
TDMA – Time division multiple access  
TUG TÜBİTAK – Ulusal Gözlemevi  
UBİTEK – Uzay Bilim ve Teknolojileri Komitesi  
VTS – Visitor Tracking System  
 $R_E$  - Dünyanın yarıçapı ( $R_E=6.378 \times 10^6$  m)  
 $h$  – Uydu yüksekliği (m)  
 $G$  – Evrensel çekim sabiti ( $G=6.672 \times 10^{-11}$  N m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>)  
 $M_E$  – Dünyanın kütlesi ( $M_E=5.98 \times 10^{24}$  kg)  
 $T_s$  – Uydu dönüş periyodu (sn.)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.1 R-7 Roketi .....                                       | 6  |
| Şekil 4.2 TÜBİTAK TUG.....                                       | 10 |
| Şekil 5.1 LEO Yörünge.....                                       | 15 |
| Şekil 5.2 Polar Yörünge.....                                     | 16 |
| Şekil 5.3 Sun Synchronous Yörünge.....                           | 16 |
| Şekil 5.4 Yere Eş zamanlı Yörünge.....                           | 18 |
| Şekil 5.5 LEO, MEO ve HEO Yörünge.....                           | 18 |
| Şekil 5.6 HEO yörüngesindeki Molniya uydusu.....                 | 19 |
| Şekil 5.7 Echo 1A Haberleşme uydusu.....                         | 20 |
| Şekil 5.8 IRIDIUM uyduları haberleşme yapısı ve frekansları..... | 22 |
| Şekil 5.9 Pasif Algılama ve Aktif Algılama.....                  | 23 |
| Şekil 5.10 TECSAR-1.....                                         | 27 |
| Şekil 5.11 MILSTAR.....                                          | 28 |
| Şekil 5.12 GPS ve GLONASS Sistemleri Frekans Bantları.....       | 29 |
| Şekil 5.13 GPS SIS (Signal In Space) Arayüzü.....                | 29 |
| Şekil 5.14 Vanguard-2 Uydusu.....                                | 32 |
| Şekil 5.15 GOES-P Test Aşaması.....                              | 33 |
| Şekil 5.16 GOES-P Imager ve Yardımcıları.....                    | 34 |
| Şekil 5.17 GOES-P Sounder.....                                   | 35 |
| Şekil 5.18 GOES-P Solar X-ray Imager (SXI).....                  | 35 |
| Şekil 5.19 Ulysess.....                                          | 37 |
| Şekil 5.20 ISS.....                                              | 38 |
| Şekil 5.21 Hubble Uzay Teleskobu.....                            | 40 |
| Şekil 5.22 James Webb Uzay Teleskobu.....                        | 42 |
| Şekil 5.23 NIRCarn.....                                          | 42 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 5.24</b> MID-IR ve Near-IR Dedektörleri.....                              | 43 |
| <b>Şekil 5.25</b> Cyro ASIC Tümleşik Devresi.....                                  | 43 |
| <b>Şekil 5.26</b> Cyrocooler.....                                                  | 44 |
| <b>Şekil 5.27</b> Sunshield.....                                                   | 44 |
| <b>Şekil 5.28</b> MEOSAR Sisteminin Uluslararası SAR sistemine dahil edilmesi..... | 46 |
| <b>Şekil 6.1</b> BİLSAT-1.....                                                     | 54 |
| <b>Şekil 6.2</b> ÇOBAN.....                                                        | 55 |
| <b>Şekil 6.3</b> GEZGİN.....                                                       | 56 |
| <b>Şekil 6.4</b> RASAT.....                                                        | 56 |
| <b>Şekil 6.5</b> TÜRKSAT 3A.....                                                   | 59 |
| <b>Şekil 6.6</b> İTÜpSAT1 yapay uydusu.....                                        | 62 |
| <b>Şekil 6.7</b> Askeri Uydu Yol Haritası.....                                     | 69 |

## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 5.1</b> GNSS Sistemlerinin Karşılaştırılması.....              | 28 |
| <b>Çizelge 5.2</b> SARSAT Sistemindeki Sinyallerin Karşılaştırılması..... | 47 |
| <b>Çizelge 6.1</b> BİLSAT-1'in Teknik Özellikleri.....                    | 53 |
| <b>Çizelge 6.2</b> RASAT Teknik Özellikleri.....                          | 57 |

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu modern hale geldikçe uzayla iç içe yaşamayı öğrenmekte ve alıştığı şekilde hayatını sürdürebilmesi için uzaya daha da bağımlı hale gelmektedir. Evimizdeki radyo ve televizyon yayınları, günlük meteorolojik raporlar, kıtalar arası ses görüntü ve veri iletişimi, uçakların ve gemilerin rotalarını bulması, araçlardaki navigasyon sistemleri, yeryüzü şekillerinin haritalarının çıkarılması, yüzeydeki ısı değişimlerin anında tespit edilmesi, gelişen uydular ve uzay teknolojilerinin imkanları ölçüsünde olmaktadır. Son yıllarda gittikçe temel güvenlik sorunu haline gelen iklim değişiklikleri ve dünyayı bekleyen diğer doğal tehlikeler konusundaki çalışmalar büyük oranda uzaya ve uydu sistemlerine dayanmaktadır. Askeri kullanım ve ülke savunması kapsamında ise sınır güvenliğinin sağlanması, birliklerin güvenilir bir şekilde iletişim sürekliliğinin sağlanması, suçluların izlenmesi uzay teknolojilerinin üretilmesi ve kullanılması ile doğru orantılıdır.

Bilimsel ve teknolojik üstünlüğün bir uzantısı ve göstergesi olarak, uzay ve uydu teknolojilerine olan hâkimiyet, gelişmiş ülkelerin kalkınma politikalarında 21nci yüzyıl için öncelikli alanlarından biri olarak yer almaktadır. Bu alanlardaki her türlü gelişme ve uygulamalar, yeni yüzyılda bilgi çağıının ayrılmaz bir parçası olarak insan yaşamında yer bulmaktadır, yer bulmaya da devam edecektir.

Burada vurgulanmak istenen yalnız ekonomik kazanç değildir. Güçlenen ekonomi ile birlikte sağlanan kontrollü güvenlik ortamı, yeni askeri yetenekler kazanılması ve politik güçtür. Milisaniyelerin insan yaşamı için önemli olduğu günümüzde zaman, gelişmiş teknoloji sayesinde artık çok iyi kullanılabilir. Bilginin edinilmesi ve sonuca en kısa sürede ulaşılması bu derece hayati önem taşıırken, düşmana ait bilgiye gerçek zamanlı olarak erişmek ve yine gerçek zamanlı olarak tüm kuvvetlerle muhabere devamlılığı sağlamak zorunlu olmaktadır.

## **2. AMAÇ**

Bu tezin başlıca amacı, görev alanlarına göre uydu teknolojilerinde meydana gelen gelişmeleri inceleyerek, bu teknolojilerin gelmiş olduğu noktayı gözler önüne sermek, ülkemizin uzay çalışmalarındaki yerini belirleyerek ülkemizdeki kurumlar ile yapılan projeleri incelemek ve bu konularda ne kadar eksik olduğumuzu ortaya koymaktır. Böylelikle tezimin bu eksiklikleri gidermek adına ülkemiz ve Türk Silahlı Kuvvetleri için yol gösterici olması amaçlanmıştır. Bu amaçla uzay teknolojileri konusunda özellikle TSK konumunun, ihtiyaçlarının ve yapılması gerekenlerin belirlenmesi için değerlendirme ve öneriler ortaya konmaya çalışılmıştır.

### 3. KAPSAM

Bu çalışma kapsamında, uzayın tarihi dünyada ve ülkemizde gelişimi kısa bir şekilde özetlenmiştir. Tarihsel gelişimden sonra teknolojik gelişmelerle birlikte insanoğluna faydası gittikçe artan yapay uydular incelenmeye başlanmıştır. Öncelikle uydu tanımı yapılarak kullanım amaçları sıralanmış, kullanıldıkları yerlere göre yörüngelere sahip oldukları belirtilerek mevcut yörünge tipleri anlatılmıştır.

Yörüngelerine göre uydular farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Bu amaçlar uyduların kullanıldıkları alanları oluşturmakta olup, her bir alanda üretilen uydulara ait ilk üretilen ve son üretilen modelleri üzerlerindeki aygıtları ile birlikte elde edilen bilgiler sınırında incelenmiştir. Bu alanlar, astronomi, meteoroloji, haberleşme, uzaktan algılama, casus uydular, seyrüsefer uyduları, arama kurtarma uyduları ve bilimsel araştırma uyduları şeklindedir.

Dünyadaki çeşitli alanlarda kullanılan uydu tipleri incelendikten sonra ülkemizde yapılan uzay çalışmaları araştırılmış, elde edilen bilgiler neticesinde ülkemizin ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin uzay yarışındaki konumu, ürünlerimiz yapılanlar ve gelecek planlamaları sunulmuştur. Tüm bunların sonucunda, atılması gereken adımlar ve Türk Silahlı Kuvvetlerine düşen görevler ve yapılması gerekenler değerlendirilmiş ve öneri olarak sunulmuştur.

## 4. UZAY

### 4.1. UZAY KAVRAMI

Uzay, Dünya'nın atmosferi dışında evrenin geri kalan kısmına verilen isimdir. Bu ortam içerisinde şu ana kadar edinilen bilgiler ışığında canlıların yaşamasına elverişli tek gezegen, Samanyolu galaksisi içindeki Güneş sistemine ait Dünya gezegenidir. Gezegenimizi uzay boşluğu ile ayıran kesin bir hat bulunmamaktadır. Uzayın başladığı sınır hukuki olarak da belirlenebilmiş değildir. Bu konuda ülkeler arasında bir fikir birliği oluşmamaktadır.

### 4.2. UZAY TARİHÇESİ

Güneş sistemi kavramının bugünkü modeline ulaşması için düşünce evrimi binlerce yıl öncesinden başlamıştır. Eski Sümer, Babil ve Mısır'dan sonra ilk tanımlamalardan biri M.Ö. 580-500 yılları arasında yaşamış Pisagor'a aittir. Pisagor'un teorisine göre, evrenin merkezinde bir ateş vardır. Bu merkezsel ateş etrafında, uzaklık sırasına göre; Dünya , Ay, Venüs, Merkür, Güneş, Mars, Jüpiter, Satürn ve yıldızlar birer dairesel yörüngede dolanmaktadırlar. M.S. 140 yıllarda yaşamış olan Ptoleme'nin ise Aristo'ya dayanarak kurduğu model Dünya'da 1500 yıl boyunca kabul gören model olmuştur. Ptoleme'ye göre merkezde dünya bulunmakta, gezegenler birer çember üzerinde dolanmakta idi. Güneş sistemine ait ilk önemli teori, M.S. 1473-1543 yılları arasında Kopernik tarafından ortaya atılmıştır [1]. Kopernik, dünyanın ve diğer gezegenlerin Güneş etrafında döndükleri kuralını açıklamıştır. Heliosentrik (helios=gr. Güneş) teori bugün Kopernik teorisi olarak da adlandırılır. Kopernik teorisi ile yer merkezli evren düşüncesinden Güneş merkezli evren düşüncesi ortaya çıkmıştır. Kopernik'in ardından Tycho Brahe'nin gezegen ve yıldızların konumlarının belirlenmesine ilişkin astronomik gözlemleri sonucu Güneş merkezli evren modelinin doğruluğu kanıtlanmıştır ve Kepler'in kendi adıyla anılan yasalarının geliştirilmesine katkıda bulunulmuştur.

1686'dan önce ayın ve gezegenlerin hareketleri hakkında pek çok bilgi toplanmasına rağmen, gök cisimlerinin bilinen hareketlerine neden olan kuvvetler net olarak anlaşılamamıştır. Ayın doğrusal bir yörüngede hareket etmediği, yaklaşık bir dairesel yörüngede hareket ettiği, bunun da ayın üzerine net bir kuvvetin etki etmesiyle gerçekleştiği biliniyordu. Isaac Newton, bu kuvvetin dünyanın ay üzerine uyguladığı kütle çekiminin bir sonucu olduğu kanısına vardı. Ayrıca ayın yörüngesinde dolanmasını sağlayan çekim kuvvetinin, ağaçtaki bir elmanın yere düşmesine de neden olduğunu gördü [1].

Uzay faaliyetlerinin başlamasında Aristo'nun durağan kainat modeli, Isaac Newton'ın Hareket Kanunları ile Albert Einstein'ın dinamik kainat modeli bilimsel bilginin temelleri olarak sayılmaktadır. Bu bilimsel bilginin üzerine gelen ilk adım ise

roket bilimindeki gelişmelerdir. M.Ö. 479 yılında kullanılan ve Bizanslılar tarafından geliştirilen ve “Rum Ateşi” adı verilen roket ilk örneklerdendir [2]. Fakat roketi gerçek anlamda askeri amaçla ilk kullananlar, M.Ö. 3’üncü yüzyılın sonlarına doğru Çinliler olmuştur. Çinliler, İmparator Vi-Tey devrinde ve M.S. 85 yılında yaptıkları bir savaşta, barutlu fişegi kullanmışlardır.

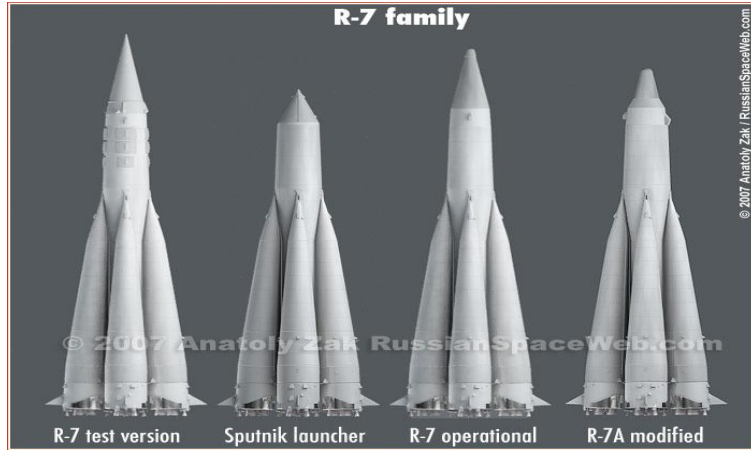
Barut yakıtlı ilk roketlerin yapımı Avrupada da öğrenildikten sonra roketlerin askerî amaçlarla savaşlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu arada zamanla barut yakıtlı roketlerin güçleri menzilleri, ağırlıkları ve hedefe ulaşımında güvenilirlikleri oldukça geliştirildi, ikinci Dünya Harbi’ne kadar roketler sadece patlayıcı maddeleri uzak hedeflere fırlatma amacıyla kullanıldı. Ancak bu arada, roketlerin başka amaçlarla da örneğin, uzay uçuşlarında kullanılabileceği öğrenilmişti. 19. ve 20. yüzyıllarda gerçekleşen teknolojik ilerlemeler sonunda, bir çok kimse roketlerle Ay’a gidilebileceğine inanmaya başlamıştır. Rusyada N.I.Kibalchich (1853- 1881) insan taşıyan roketlerin yapılabileceğini savunmuş ve 1890’da Alman H. Gansvwindt (1856- 1934) bu düşüncüyü daha da geliştirerek roketlerle yönlendirilebilen insanlı uzay araçlarının yapılabileceğini göstermeye çalışmıştır. 1898 de Rus K.Tsiolkovsky (1857- 1935) roket operasyonunun matematiksel formülleri üzerine ilk çalışmasını tamamlamış, roketlerde katı yakıt yerine sıvı yakıt kullanımının gerekliliği üzerinde durmuştur [3]. Sıvı yakıtlı daha fazla güç elde edildiğini ve bu gücün daha kolay kontrol edilebildiğini göstermiştir. Tsiolkovsky daha sonraki çalışmalarıyla çok kademeli roket kavramını geliştirmiştir. Ancak Tsiolkovsky kuramcı olduğu için düşüncelerini deneme evresine sokamamıştır.

Avrupa’da ilk sıvı yakıtlı roket denemesini 1931 de Alman J.Winkler (1897- 1947) yapmıştır. 1927’de kurulan Alman Uzay Uçuşları Derneği de sıvı yakıtlı roket denemelerine başlamıştır. Bu denemeleri yapanlardan biri de o zaman çok genç olan W. Von Braun (1912- 1977) dur. Almanya’da roket çalışmaları 1932’de ordu tarafından ele alınmış, 1937 ‘de bir deneme istasyonu kurulmuş ve sonra bu istasyonda V- 2 roketleri geliştirilmiştir. Bir tonluk savaş başlığı taşıyan bu sıvı yakıtlı roketler, bugünkülerin öncüsü olarak savaşların gidişini değiştirdi ve Dünya’nın uzay çağına girişinde önemli bir rol oynadılar [4].

İkinci Dünya Savaşı sonunda Alman roket uzmanları, başta Von Braun olmak üzere Amerikan ordusuna teslim olup çalışmalarına Amerika’da devam ettiler. Savaştan hemen sonra Amerikan hava kuvvetleri; Atlas, Titan ve Thor gibi güçlü roketler geliştirirken Rus roket uzmanları (Örneğin; F.Tsander, S.Korolev, V.Glushko ve M.Tikhonravov) Tsiolkovsiky’nin bulgularını izleyerek kısa zamanda Atlantik’i bile geçebilecek güçte roketler geliştirdiler (Şekil 4.1). 1950’de uluslararası Astronotik Federasyonu kurulmuş, yıllık toplantılarında uzay uçuşu problemleri tartışılmış, uzay uçuşu için gerekli teknolojiye ulaşıldığında önce aletli ardından insanlı uzay araçlarının Dünya yörüngesine sokulması düşünülmüş, sonraki hedefler; Ay, Venüs, Mars ve diğer yakın gezegenler olarak belirlenmiştir. Uygulamalar zengin ülkeler tarafından

yapılabilmiş, 1955'lerde Rusya'da ve Amerika'da uzay uçuş programları plânlanarak uygulama aşamasına girilmiştir.

Ruslar ilk kıtalararası roketi 1957 Ağustos'unda fırlattılar. Rusya'da bu güçlü roketler aynı yılın 4 Ekim günü dünyanın ilk yapay uydusu olan Sputnik 1'i Dünya yörüngesine oturtmak için kullanıldı. Bu olay uzay çağını başlatan en önemli olay olarak tarih sayfalarında yerini almıştır [5]. Sputnik 1, dünyaya 250 km. uzaklıktaki yörüngesinde içerisindeki iki adet radyo vericisi ile bulunuyordu. Bu radyo vericileri sayesinde yayılan radyo dalgalarının analizi sonucunda İyonosferin elektron yoğunluğu hakkında veriler toplandı.



**Şekil 4.1 R-7 Roketi**

Sovyetler güçlü çok kademeli roketlerine sürekli yeni kademeler ekleyerek, Vostok ve Soyuz gibi insanlı ve insansız uzay araçlarının fırlatılmasında yararlanmışlardır. Sovyetler hemen birincinin ardından 3 Kasım 1957'de Sputnik 2'yi içinde Laika adlı bir köpekle birlikte yer yörüngesine oturturken ABD, aynı yıl Vanguard uzay aracının fırlatılmasında başarısız olmuş ve 1950 yılında üretmiş olduğu Redstone roketi yardımı ile 31 Ocak 1958'de ilk başarılı uydusu olan Explorer 1'i yörüngeye yerleştirmeyi başarmıştır [6]. Sovyetler Birliği tarafından Sputnik 2'nin fırlatılmasından sonra 12 Nisan 1961 tarihinde, VOSTOK 1 adlı uzay aracı ile, 108 dakikalık uçuşu başarıyla tamamlayan Rus kozmonot Yuri GAGARIN, uzaya gönderilen ilk insan olmuştur. ABD'nin ilk insanlı uzay uçuşu ise 5 Mayıs 1961'de Alan B. SHEPARD tarafından gerçekleştirilmiştir. Shepard, NASA'nın Mercury Programı çerçevesinde 15 dakika 28 saniye uzayda kalmıştır [7].

Amerika'da Redstone ve Uno roketlerinden sonra Von Braun ve ekibi, insanlı uzay uçuşları için çok kademeli Satürn roketini geliştirdiler. Apollo projesi için geliştirilen o zaman Dünya'nın en güçlü roketi olan Satürn V ilk kez 1967'de uygulamaya sokuldu. Sovyetler Satürn V'in yarı gücündeki Proton roketini geliştirmişlerdi. Proton roketi insanlı Ay yolculukları için geliştirilmiştir.

ABD'nin ilk insanlı uzay uçuşundan sadece 20 gün sonra, 25 Mayıs 1961 tarihinde ABD Başkanı J.F. Kennedy Kongre'de uzaya yapılan yatırımlara önemli kaynak ayrılması için yaptığı konuşmada, on yıldan önce ABD'nin bir insanı Ay'a gönderip emniyetle geri getirmeyi hedef olarak seçtiğini, bunun acil ulusal bir gereklilik olduğunu belirtmiştir. Başkan Kennedy'nin 1961'deki başkanlık döneminin daha başında vaadettiği ABD'nin uzayda önderliği konusu, 20 Temmuz 1969'da insanın aya ilk ayak basması sayesinde gerçekleşti ve bu olay, uzay yarışının yol açtığı uydu haberleşme teknolojisindeki olağanüstü hızlı gelişme sayesinde, dünyada 500 milyondan fazla insan tarafından canlı olarak izlenebildi.

ABD'nin Apollo projesiyle ilk insanlı Ay yolculuğundan sonra Ruslar insanlı Ay projesini iptal edip Proton roketini insansız uzay uçuşları için kullanmışlardır. Daha sonra Ruslar, Satürn V'ten çok daha güçlü dev bir roket, yaptılar. Bu roket Ay yolculuklarında ve dev bir uzay istasyonunun Dünya yörüngesine oturtulması için kullanıldı. Bu roket, 10 tonluk kütleyi Dünya yörüngesine oturtacak, 60 tonluk kütleyi Ay'a gönderebilecek güçtedir. Raporlara göre üç kademeli olan bu dev roket, 1968-1972 yıllarında kaza geçirdiği için Ruslar daha sonra Energia adlı daha güçlü yeni bir roket sistemi geliştirmişlerdir.

Bir diğer önemli gelişme ise Sovyetler Birliği'nin 1971-1982 yılları arasında yapımını uzayda gerçekleştirdiği ve dünyanın ilk uzay istasyonu olan Salyut istasyonu olmuştur. Salyut'un montajı birden fazla uzay uçuşu ile gerçekleştirilmiştir. İstasyonun sahip olduğu teknolojinin zaman içerisinde ilkel kalması nedeniyle program 1991 yılında sonlandırıldı [8]. Bu sırada NASA, Skylab istasyonunu yörüngeye oturttu. Skylab 1973-1979 yılları arasında görevde kaldı. Sovyetler Birliği ikinci uzay istasyonu olan Mir uzay istasyonunu ise 1986-1996 yılları arasında modüler bir anlayışla uzayda inşa etti. Yeni nesil uzay istasyonlarının öncüsü olan Mir, 2001 yılında Güney Pasifik Okyanusu'na düşürülene kadar 15 yıl yörüngede kaldı. Birleşimi 1986-1996 yılları arasında tamamlanan Sovyet uzay istasyonu Mir, Mart 2001'de tekrar atmosfere girerek görevini tamamladı. 1998 yılında yapımına başlanan Uluslararası Uzay İstasyonu halen yeryüzünden 350 km. yukarıdaki yörüngesinde başarıyla çalışıyor. Dünya çevresinde günde 15,7 kez dolanan bu istasyonu bulutsuz gecelerde çıplak gözle bile görmek mümkündür [9].

1980'li yıllara gelinirken hem ABD'de hem Rusya'da uzay mekiği denen ve tekrar tekrar kullanılabilen uzay araçları geliştirildi. Uzay mekikleri uzaya fırlatılıp, Dünya etrafındaki yakın uzayda görevlerini yaptıktan sonra tekrar kullanım için tıpkı bir uçak gibi yer yüzüne inebilmektedir. 1980'li yılların başında ABD tarafından uygulamaya sokulan uzay mekikleri, birbirine bağlı üç roketle hareket ettirilmekte, yakıt olarak ayrı tanklarda sıvı hidrojen ve sıvı oksijen kullanılmaktadır. Ek olarak yanlarda iki tane katı yakıtlı roket bulunmaktadır. Mekik, yerçekiminden yavaş yavaş kurtuldukça kademeli olarak işi biten yakıt depolarını okyanus üstlerinde boşluğa bırakmaktadır. Ayrıca, mekiklerin kendi üzerlerinde küçük yapıtlı manevra roketleri

bulunmaktadır. Bugün için roket yakıtları büyük hacimli ve ağır kimyasal yakıtlardır. Özellikle büyük kütlelerin uzaya fırlatılmasında kullanılan roket yakıtları çok fazla olması gerektiğinden, fırlatma işi mühendislik açısından oldukça zorlaşmakta hatta tehlikeli olmaktadır. Bu bakımdan geleceğin roketleri için başka yakıt türleri düşünülmektedir. Çok yeni olmamakla birlikte kullanılan ve halen geliştirilmeye devam edilen itme sistemleri arasında iyon roketi veya elektrik roketi bulunmaktadır. Düşünceye göre ağır bir elementin, örneğin; sezyumun atomları tamamen iyonize oluncaya kadar ısıtılacak ve oluşan çok sayıda yüklü parçacık (plâzma) güçlü bir elektrik alanıyla hızlandırılıp uzaya püskürtülecek. Etki tepki prensibine göre de roket zıt yönde hızlanacaktır. Hesaplara göre iyon roketlerinde itme gücü çok fazla olmamakta ancak çok az yakıtla roket uzun süre ivmeli bir hareket yapabileceği için büyük hızlara ulaşacaktır. İyon roketlerinin ilk fırlatma sırasında yakıt kütleleri de az olduğundan bu roketlerle yer çekiminin daha kolay yenileceği sanılmaktadır. İyon roketlerinin ilk testi 1964 yılında "Space Electric Rocket Test" (SERT) I and II projesi ile gerçekleştirilmiştir [10].

Bugün, şimdiye kadar gerçekleştirilen başarılı uzay uçuş projeleri, proje adlarıyla (örneğin Apollo projesi) bilinmektedir. Sovyetlerin en başarılı uzay uçuş projeleri sırasıyla; Sputnik, Vostok, Voskhod ve Soyuz projeleridir. Bu projelere göz atacak olursak; Sputnik projesi uzay çağını başlatan en önemli projedir. Vostok projesi, Rusça'da "Doğu" anlamına gelen Sovyetler Birliği'nin insanlı uzay uçuş programıdır. İnsanoğlu ilk defa Vostok 1 uçuşuyla uzaya gittiğini daha öncesinden belirtmiştik. Voskhod projesi ise 1960'larda gerçekleştirilen insanlı uzay uçuş programı olup Vostok programının devamı olarak düşünülmüştür ve o programdan kalan donanım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Program kapsamındaki uçuşlarda Voskhod uzayaracı kullanılmıştır. Soyuz Projesi, 1960'lı yılların başında Sovyetlerin Ay projesi kapsamında başlatılan insanlı uzay uçuşu projesidir. Bu proje kapsamında Soyuz uzayaracı geliştirilmiştir. ABD'nin Ay'a daha önce ayak basması üzerine Sovyetlerin Ay projesi iptal edilmiştir.

Önemli ABD uzay uçuş projeleri ise; Vanguard, Mercury, Gemini, Apollo ve Voyager projeleridir. Bu projelere kısaca bir göz atacak olursak; Vanguard, tezimin meteoroloji uyduları bölümünde bahsedeceğim ilk meteoroloji uydu projesidir. Mercury Projesi ABD'nin insanlı ilk uzay yolculuğu projesidir. 1959'dan başlanılarak 1963'e değin Dünya yörüngesine insan gönderinceye kadar sürdürülmüştür. Gemini projesi ise NASA tarafından gerçekleştirilen insanlı Ay yolculuğu Apollo Projesi'ne hazırlık olarak uyguladığı bir projedir. Uzaya fırlatılmak üzere sipariş edilen 12 adet araç, kesik koni biçiminde 2 kişilik olacak şekilde tasarlanmışlardır. Apollo uzay gemileri ise 3 kişilik bir kabin, bir füze ve kendinden itmeli bir kapsülden oluşmaktadır [11].

Ayrıca ilk uluslararası uçuş projesi olan Apollo-Soyuz test projesi 15-24 Temmuz 1975'te gerçekleştirilmiştir. Rusya ve ABD'den sonra gelişmiş Batı Avrupa ülkeleri, Çin, Japonya, Kanada, Hindistan, Brezilya ve Avustralya gibi birçok ülke uzay araştırmalarında önemli adımlar atmıştır. Ancak uzay araştırmaları çok pahalı bir uğraş

olduğundan, Rusya ve ABD dışındaki çalışmalar insansız küçük projelerle sınırlı kalmıştır. ABD'deki uzay araştırmalarını Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi-NASA yürütmektedir. İlk 20 yılda NASA sivil ve askerî amaçlar için 90 trilyon dolar harcamıştır, yarım milyondan fazla insan çalıştırmaktadır. Rusya'da bu işi Bilimler Akademisi ve bu kuruma bağlı Kozmik Araştırmalar Enstitüsü yürütmektedir. Uzay araştırmalarında üçüncü güç 1964'te Avrupa Uzay Araştırmaları Organizasyonu-ESRO olarak kurulup 1975'te Avrupa Uzay Ajansı-ESA ya dönüşen Avrupa ortaklığıdır.

### **4.3. TÜRKİYE'DE UZAY TARİHİ**

Ülkemizde uzay alanındaki ilk adımlar 1933 yılında İstanbul Üniversitesi'nde Astronomi Enstitüsünün kurulması ile atılmıştır. Uyduların dolaylı olarak kullanılması çalışmaları, haberleşme uygulamaları için 1968 yılında PTT Genel Müdürlüğü bünyesinde Peyk Telekomünikasyon Grup Başmühendisliği oluşturulması ile devam etmiştir. Bu çalışmalar neticesinde aynı yıl INTELSAT (Uydular Aracılığı ile Haberleşme Uluslararası Teşkilatı) organizasyonuna üye olunarak, uydu aracılığı ile ilk telefon kanalları Yugoslavya ve İran istasyonlarından yararlanılarak kuruldu. Ortaya çıkacak talepler için Ankara'da Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk yer istasyonu olan AKA-1, 23 Nisan 1979 günü hizmete girerek, İngiltere'yle 11 telefon kanallı bağlantısı ile servise verildi. AKA-1'in hizmete verilmesiyle Intelsat üzerinden Atlantik bölgesi uyduları kullanılarak 13 ülke ile haberleşme sağlandı. sayısal haberleşme sistemleri doğrultusunda 03 Kasım 1985 tarihinde Eutelsat sistemiyle çalışan ve TDMA kapasitesi bulunan AKA-2 yer istasyonu kuruldu [12].

1975 yılında TÜBİTAK-MAM Uzay Teknolojileri Grubu, Uzaktan Algılama Laboratuvarını oluşturdu. Bu grup uydu görüntüleri yardımıyla çeşitli çevre, tarım ve arazi planlaması görevlerini yürüttü. 1983 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi kuruldu. Bilim ve teknoloji alanındaki araştırma ve geliştirme politikalarının ekonomik kalkınma, sosyal gelişme ve millî güvenlik hedefleri doğrultusunda tespit edilmesi, yönlendirilmesi ve koordinasyonunun sağlanması” amacıyla, 4 Ekim 1983 tarihli ve 18181 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 77 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) kurulmuştur.

1990 yılında, uzayla ilgi olabilecek devlet kurumlarının katılımı ile Ankara da “Uzay Bilim ve Teknolojileri Komitesi” (UBİTEK) kuruldu. Sekreteryâ görevini TÜBİTAK’ın yürüttüğü komite, Türkiye’deki uzay bilim ve teknolojileri birikimini, bu alanda görüş oluşturup politika belirleme yönünde değerlendiren; konuya ilişkin eğitim çalışmaları ve incelemeler yapan/yaptıran bir platform görevi gördü [13]. 1993 yılında, BTYK tarafından kararlaştırılan “Türk Bilim ve Teknoloji Politikası 1993-2003” hedefleri kapsamında “uzay teknolojileri” öncelikli bilim ve teknoloji alanlarından biri olarak belirlendi ve Başbakanlık genelgesi ile, “Türksat-Offset” Anlaşması kapsamında Türkiye’de bir “Uzay Ajansının” kurulması hususunun gündeme alınması sağlandı [14].

1993 yılında, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü faaliyete geçti. Bu yıldan itibaren Türkiye ilk defa, Uluslararası bir uzay-bilim-astrofizik (Spectrum X-Gamma) projesinde taraf olarak yer aldı. 1996 yılında, Astronomi ve Uzay Bilimlerinde Uluslararası çalışmalarda kullanılmak üzere Türkiye'nin ilk ulusal gözlemevi TÜBİTAK TUG Antalya'da kuruldu (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2 TÜBİTAK TUG**

Komuta-kontrolün en önemli ögesi olan haberleşmenin –özellikle uydu haberleşmesinin öneminin anlaşılması üzerine, milli imkanlarla üretilmiş bir uyduya sahip olunması gerekliliği ortaya çıktı. Ancak milli imkanlarla gerçekleştirmek için yeterli altyapı bulunmadığından, Fransız Aerospatiale (Alcatel Space) şirketi ile görüşmeler başlatıldı. Aerospatiale şirketi tarafından tasarlanan ve Türkiye'nin uzayda ilk uydusu konumunda yer alması düşünülen Türksat 1A uydusu fırlatma esnasında kaybedildi. Takiben Türksat 1-B uydusu 11 Ağustos 1994 tarihinde yörüngeye yerleştirildi. Türksat 1-A uydusunun fırlatma esnasında kaybedilmesini takiben Fransız şirketi ikinci bir uydu üretimine başladı. Bu yeni uydu Türksat 1-C ismi ile 10 Temmuz 1996 yılında fırlatıldı. Birinci nesil uyduların başarılı olması sebebi ile yeni nesil Türksat 2-A (EURASIASAT-1) uydusu 1 Şubat 2001 tarihinde yörüngeye oturmasını takiben kullanıma başlandı. Serinin şuan için sonuncu uydusu olan Türksat 3A'nın üretimine 10 Şubat 2006 tarihinde Alcatel firması ile yapılan anlaşma ile başlandı. Mayıs 2008 yılındaki başarısız 2 fırlatma denemesinden sonra 13 Haziran 2008 yılında 42.0° Doğu boylamında hizmet verecek şekilde yörüngesine yerleştirildi.

1995 yılında, TÜBİTAK “Bilgi Teknolojileri Elektronik Araştırma Enstitüsü” (BİLTEN) uzay ve uydu teknolojileri konusunu da AR-GE faaliyetleri kapsamına aldı. 1997 yılında, TÜBİTAK tarafından Türkiye ile Avrupa Uzay Ajansı (ESA) arasında uzay alanında muhtemel bir işbirliği antlaşması yapmak amacıyla ilk resmi temaslar başlatıldı. 1997 yılında, TÜBİTAK koordinatörlüğünde “Ulusal Uzay ve Havacılık Konseyi” kurulması konusunda bir kanun tasarısı hazırlanmaya başlandı [15]. İlk olarak Havacılık Konseyi kurulması şeklinde olan bu çalışma, Genelkurmay Başkanlığı'nın önerisi ile Havacılık ve Uzay Konseyi kurulması olarak değiştirilmiştir.

1998'de İTÜ Uydu Yer İstasyonu ihalesi yapıldı. 2000 yılı içinde geniş bir haberleşme-uzaktan algılama entegre sistemi olarak tasarım, üretim, montaj ve test aşamalarının tamamlanmasından sonra operasyonel çalışmaya hazır duruma getirildi. Aynı yıl içerisinde TÜBİTAK-BİLTEN, 2002 yılında faaliyete geçirilmesi için Mini uydu ihalesine çıktı. 2000 yılında Türkiye TÜBİTAK vasıtasıyla Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ile bir işbirliği antlaşması yapmak için resmi başvuruda bulundu.

Türk Uzay Kurumu oluşturulması anlamında UBİTEK'in önerisi DPT tarafından reddedilmişti, aynı şekilde 1998 yılında Ulaştırma Bakanlığının da TUK kurma girişimi kabul edilmedi. Milli Savunma Bakanlığı nezdinde 2000 yılında Türkiye Uzay Ajansı Kurulması Toplantısı yapıldı. 26 Şubat 2001 tarihinde Milli Güvenlik Kurulu Türk Uzay Kurumu (TUK)'nun oluşturulması kararını alarak yetkiyi Hv.K.K.lığı'na devretti. Hv.K.K. yaptığı çalışma neticesinde TUK'un kurulması için yaptığı kanun teklifini Başbakanlığa gönderdi. Taslak Kanun TBMM'de yasalaşmayı beklemektedir. 2002 yılı sonlarında ise Bakanlar Kurulu yetkisine dayanılarak Hv.K.K.lığı tarafından, Türkiye'nin uzay politikası çalışmaları başlatıldı.

27 Eylül 2003 tarihinde uzaktan algılama uydusu BILSAT araştırma uydusu yörüngeye yerleştirildi. BILSAT projesinin başarıyla hayata geçmesinden sonra, DPT'den sağlanan yaklaşık 5 milyon dolarlık kaynak ile özgün tasarımlar yapılarak gerçekleştirilecek olan RASAT uydu projesine başlandı. 2007 yılında fırlatılması planlanmaktaydı. Ancak teknik ve mali sebeplerden ötürü program uzadı. TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY), Devlet Planlama Teşkilatı tarafından sağlanan kaynakla RASAT uydusunun 2010 yılında International Space Company Kosmotras (ISCK-Uluslararası Uzay Şirketi Kosmotras) adlı şirketin işlettiği, Ukrayna yapımı Dnepr fırlatma aracı ile fırlatılması planlanıyordu. Ancak şuan için fırlatılması ile ilgili kesin bir tarih bulunmamaktadır.

Hava Kuvvetleri Komutanlığı, uzay teknolojilerinin geleceğini görebilecek ve yönetebilecek komutanlar yetiştirilmesinde önemli bir rol üstlenecek olan Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'nü (HUTEN) Hava Harp Okulu bünyesinde 17 Ağustos 2001 tarihinde hizmete açmıştır. Lisansüstü programları arasında Uzay Bilimleri ana bilim dalı da bulunmaktadır. Çalışmaları Tezin 7'nci bölümünde anlatılacaktır.

Ülkemizin BILSAT'tan sonraki ikinci uzaktan algılama uydusu olan RASAT ve keşif-gözetleme uydu sistemi GÖKTÜRK projesi tezin 7'nci bölümünde anlatılacaktır.

## 5. UYDULAR VE TEKNOLOJİLERİ

### 5.1. UYDU KAVRAMI

Uydular, birkaç yüz gramdan onlarca tona kadar değişen kütlelerde ve görevlerine göre her biri farklı şekillerde kullanılan, iletişim sistemlerini kullanarak yer istasyonu ile haberleşme ve bunları gerçekleştirirken uzayın son derece zorlu ortam koşullarından etkilenmemek için birçok elektronik ve mekanik alt bileşenden oluşan uzayda bir yörüngeye sahip olan insan tasarımı yapılarıdır. “Faydalı yük” uyduyu uzaya yollamamızın başlıca nedenidir. Ancak bu, diğer alt sistemlerin faydasız olduğunu göstermez. Diğer alt sistemler faydalı yüke gerekli enerji ile çalışabilmesi için gerekli koşulları sağlamak ve ürettiği verileri yer istasyonuna aktarmak gibi kritik görevler üstlenir. Örnek olarak ilerleyen bölümlerde inceleyeceğimiz, uzayın derinliklerini fotoğraflayan Hubble Uzay Teleskobu’nun faydalı yükü 2,4 metre çapında bir teleskoptan oluşan görüntüleyicisidir. Hubble örneğinde olduğu gibi, uydunun diğer alt sistemlerinin dev bir faydalı yükün “çevresine” monte edilmesi sıkça karşılaşılan bir durumdur.

Uydunun amacı yada görevi neyse faydalı yükün bu göreve göre tasarlandığını belirtmiştik. Örneğin dünyanın bulutluluğunu ve hava hareketlerini görüntüleyebilmek için meteoroloji uydularını kullanırız. Bu tip uydular meteorolojik olayları küresel olarak inceleme olanağı sağlarken, dünya çevresindeki yörüngelerinde hareketleri sırasında, sensörleri (anten, kamera, lens vb.) tarafından kaydedilen verileri belli aralıklarla yada anlık olarak yer istasyonlarına gönderirler. Haberleşme kolaylığı ile insanlığa büyük faydası olan bu cihazların en önemli özelliklerinden birisi de yer gözlem istasyonlarının kurulamadığı, verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutupsal bölgeler gibi pek çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilebilmesidir.

Değişik yeteneklere sahip, farklı görevlerde kullanılan çok çeşitli uydu sistemleri mevcuttur. Genel olarak küresel haberleşme uyduları, keşif-gözlem uyduları ve uzaktan algılama uyduları bu sistemlerin çoğunluğunu oluşturur. Bunların yanı sıra seyrüsefer uyduları, meteorolojik amaçlı uydular, astronomi uyduları ve arama kurtarma amaçlı uydular da mevcuttur.

### 5.2. YÖRÜNGE KAVRAMI

Uyduların kullanım amaçları dünya çevresinde izleyecekleri yörüngeleri belirler. Başka bir deyişle kullanılması düşünülen uydunun amacına uygun olarak yörüngesi de değişmektedir. Örneğin alçak irtifada bulunan uyduların yörüngeleri LEO (Low Earth Orbit) olarak isimlendirilmektedir. Yörüngesinde dönerken yeryüzü ile aynı açısız hıza sahip olan ve ekvator düzlemi üzerinde bulunan yörüngeler ise GEO (yere eşzamanlı) yörüngeler olarak isimlendirilir. Bu yörüngedeki uydular yerden bakıldığında devamlı

aynı noktada görünmektedir. Ancak belirsiz salınımlar yine de meydana gelir. Bu salınımların önlenmesi için uydu üzerinde bulunan iki adet denge roketi devreye girer ve uydunun yörünge üzerinde tam olarak sabit kalması sağlanır. Yörünge kavramına yaptığımız bu kısa girişin ardından, yörünge kavramının ardında yatan kuramları tarihi ile birlikte inceleyelim.

Kopernik'ten sonra Tycho Brahe, 20 yıllık bir periyot boyunca, hassas astronomik gözlemler yaptı ve Güneş sisteminin bugün de kabul edilen modelinin temellerini kurdu [16]. Brahe'nin öğrencisi olan Johannes Kepler, Brahe'nin astronomik verilerinden yararlanarak gezegenlerin hareketlerine ait bir matematiksel modeli oluşturmak için yaklaşık 16 yıl boyunca çalıştı. Kepler ilk önce, Güneş etrafındaki dairesel yörüngeler fikrinin bırakılması gerektiği sonucuna ulaştı. Sonunda Kepler, Mars'ın yörüngesinin, odak noktalarından birinde güneşin bulunduğu bir elips şeklinde tanımlanabileceğini buldu. Daha sonra bu fikri bütün gezegenlerin hareketlerini kapsayacak şekilde genelleştirdi [17]. Bunlar, Kepler yasaları diye bilinen, üç ifadede özetlenebilir. Gözleme dayalı olan bu yasalar Güneş sistemine uygulandığında:

- “Gezegenler, odaklarından birinde Güneş olan bir elips şeklindeki yörüngelerde dolanırlar (Yörüngeler Yasası)”,
- “Gezegeni Güneşe birleştiren doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar (Alanlar Yasası)” [18],

$$\frac{dA}{dt} = \left( \frac{1}{2} r^2 \dot{\theta} \right)$$

$A$  : Taranan alan

$r$  : Yarıçap

$\dot{\theta}$  :  $\theta$  açısının(taranan alanı oluşturan açı) zamana göre türevi

Dairesel yörüngede,  $\left( \frac{1}{2} r^2 \dot{\theta} \right)$  ifadesi birim zamanda taranan alanı ifade etmektedir. Matematiksel olarak bu ifadenin zamana göre türevinin sıfır olması, gezegen tarafından birim zamanda taranan alanın sabit olduğu anlamına gelmektedir. Bu yasa eşit alanlar yasası olarak ta bilinir.

- Gezegenin Güneş çevresinde dolanım periyodunun karesi, Güneşe olan ortalama uzaklığının küpü ile orantılıdır (Periyotlar Yasası)

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{sabit} (\cong 2.97472505 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^{-3})$$

$T$  : Gezegenin Güneş çevresindeki dolanım periyodu

$R$  : Gezegen ile Güneş arasındaki ortalama mesafe

Yer'in cisimleri veya genel olarak kütlelerin birbirlerini çektiklerini keşfeden Newton'dur. Newton'u bu buluşa yöneltten ise "Gezegenler Kepler yasalarına göre dolandıklarından Güneş bunlara nasıl bir kuvvet uygular?" sorusu olmuştur. Newton önce ayın yer çevresindeki dolanımını açıklamaya çalıştı. Ayın dolanım periyodu 27 gün 7 saat 43.1 dakika ve yere uzaklığı yaklaşık 60 yer yarıçapına eşit olduğu biliniyordu. Ay, yer tarafından çekilmeseydi düzgün doğrusal hareketini sürdürürdü. Oysa ki yer çevresinde düzgün dolandığı görülmektedir. O halde merkezci bir kuvvetin etkisindedir. Bu kuvvet yerin aya uyguladığı çekim kuvvetidir ve " $a = v^2/R$ " veya " $a = \omega^2.R$ " merkezci ivmesini sağlamaktadır. Ay'a uygulanan çekim değeri;

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2.R = 2,7.10^{-3}m/s^2 \text{ kadardır.}$$

$T$  : Ay'ın yer etrafındaki dolanım periyodu,

$R$  : Yer ile Ay arası mesafe,

$a$  : Merkezci ivme,

Oysaki yeryüzündeki bir kütleye uygulanan ivme  $9,8 m/s^2$  'dir. Bu duruma göre yerçekimi uzaklıkla azalmaktadır. Newton, 1666 yılında bu düşünceye dayanarak kütle çekim yasasını keşfetmiştir [19].

- "Evrendeki her parçacık başka bir parçacığı, kütlelerinin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olan bir kuvvetle çeker"

Çekim kuvvetinin büyüklüğü;

$$F = G \frac{m_1.m_2}{r^2}$$

$m_1, m_2$  ; Parçacıkların kütleleri,

$r$  : Parçacıklar arası mesafe,

olarak tanımlanır. Burada  $G$ , çekim sabiti denilen evrensel bir sabittir. Deneysel olarak ölçülmüştür ve SI birim sistemindeki değeri;  $G = 6,672.10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$  'dir.

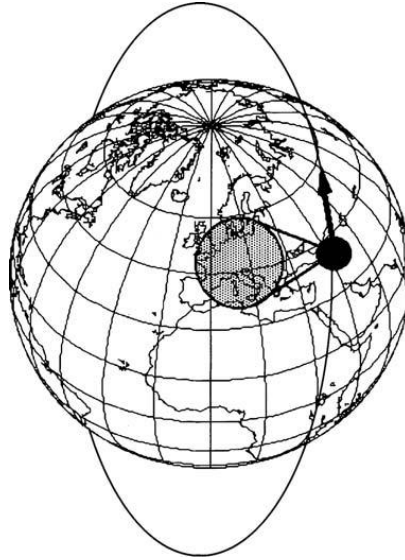
İki kütlenin birbirine uyguladığı çekim kuvveti ve Kepler yasaları, insan yapımı uyduların dünya çevresindeki yörüngelerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Uydu yörüngesinin dünya yüzeyine olan uzaklığı, uydunun hızına bağlı olarak değişir. Uydunun dünyaya olan mesafesi azaldıkça o uyduyu yörüngesinde sabit tutan hız artar, mesafe arttıkça hızı azalır. Bir uydu yörüngeye yerleştirildikten sonra, çekim kuvvetleri arasındaki denge sabit kaldığı sürece yörüngesinde değişmez. Yerçekimi kuvvetinde meydana gelen bir değişiklik veya diğer dış etkiler uydunun yörüngesini bozabilmektedir. Bozucu etkiler bulunmadığı sürece uzaydaki tüm yörüngeler daire,

elips, hiperbol, parabol gibi konik şekillerde olabilir. Çok genel olarak uydu yörüngeleri; dünyaya olan uzaklıklarına, kullanım amaçlarına ve yörünge düzlemlerine göre adlandırılmaktadır.

Uydu kavramından bahsederken, uyduların özellikle haberleşme, uzaktan algılama ve seyrüsefer gibi çok geniş alanlarda faaliyet göstermekte olduğunu belirtmiştik. Bu görevleri icra eden uyduların yerleştirildiği yörüngeler, icra edecekleri görevin özelliklerine bağlı olarak, farklılıklar göstermektedirler. Bu yörüngeler;

#### **5.2.1. LEO (LOW EARTH ORBIT-ALÇAK İRTİFA DÜNYA YÖRÜNGESİ):**

Bu tip yörüngeye sahip uydular 2000 kilometreye kadar irtifada bulunabilirler (Şekil 5.1). Her eğim açısına sahip olabilirler. Bu yörüngeye sahip uydular Dünya'ya yakın olduklarından çoğunlukla gözlem amaçlı kullanılırlar.



**Şekil 5.1 LEO Yörünge**

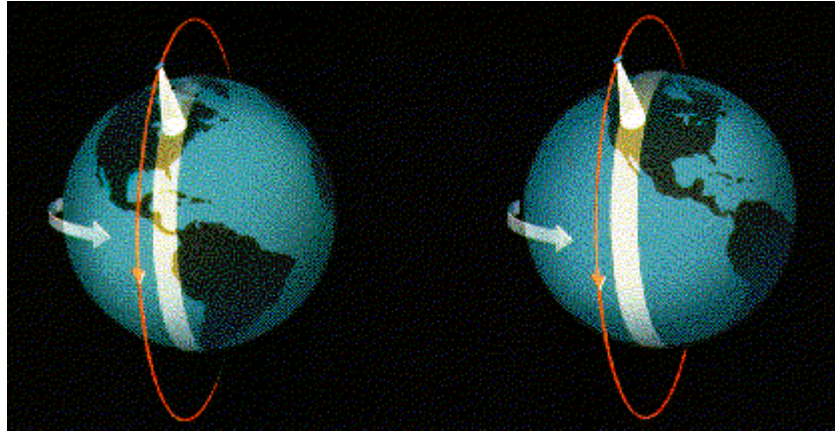
Gözlem uydularına ek olarak LEO yörüngesinde bazı haberleşme uyduları da bulunmaktadır. Örneğin gerçek zamanlı haberleşme sağlayan ve 66 adet uydudan oluşan IRIDIUM uydular sistemi 780 km. yüksekliktedir. Bir başka örnek ise 42 uydudan oluşan  $i=52^\circ$ 'lik eğim açısına sahip 1414 km. yükseklikteki GLOBALSTAR sistemidir [20].

LEO yörüngesinin özelliklerini taşıyan ancak bazı istisnai özelliklere sahip iki yörünge türü daha bulunmaktadır. Bunlar, Kutupsal Yörünge ve Güneşe Eşzamanlı Yörünge'dir.

##### **5.2.1.1. KUTUPSAL (POLAR) YÖRÜNGE:**

LEO tipinde olup eğim açısı yaklaşık  $90^\circ$  civarındadır. Bu tip yörüngeye sahip uydular eğim açıları gereği kutuplar istikametinde döndüklerinden, her dönüşünde

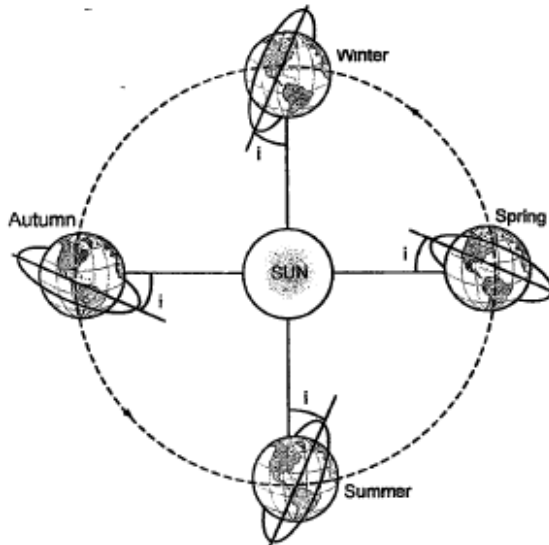
ekvator üzerinde farklı bir boylamdan geçer (Şekil 5-2). Böylece bu yörüngeye yerleştirilmiş bir uydu ile belli bir zaman aralığı sonunda bütün dünya izlenmiş olur. Kutupsal yörüngeler genellikle haritalandırma, gözlem, casus ve bilimsel uydular ile istihbarat amaçlı uydular tarafından kullanılır [20]. Bu yörünge en önemli dezavantajı ise Dünya üzerindeki herhangi bir noktanın aynı uydu tarafından sürekli ve kesintisiz olarak gözlemlenmesine olanak vermemesidir. Bu yörünge tipindeki uydulara örnek olarak SPOT, ICONOS, NOAA gibi gözlem uyduları ve COSPAS-SARSAT arama kurtarma uydularını verebiliriz. Örneğin, SPOT uydusu: 830 km. yükseklikte olup eğim açısı  $i=98,7^\circ$ , periyodu 101 dakikadır. Eğim açıları farklı seçilerek ve uydu sayısı arttırılarak küresel haberleşme için de kullanılmaktadır.



**Şekil 5.2 Polar Yörünge**

#### **5.2.1.2. GÜNEŞE EŞZAMANLI (SUN SYNCHRONOUS) YÖRÜNGE:**

Bu yörüngeki uydular, dünya ile Güneş arasındaki doğru hattına göre hep sabit açıdaki bir yörünge düzleminde bulunmaktadır (Şekil 5.3).



**Şekil 5.3 Sun Synchronous Yörünge**

Bir başka değişle güneş-dünya arasındaki çizgi ile uydunun yörünge düzlemi arasındaki açı hep sabittir. Bu tip yörüngeye sahip uydular pasif algılamada, meteorolojik veya atmosferik çalışmalarda kullanılmaya uygundur. Bu yörüngedeki uydular, dünya üzerinde bilgi alınması yada gönderilmesi istenen noktadan, uygun aydınlık şiddetinden faydalanarak görüntü elde edebilmesi için hergün aynı lokal zamanda geçerler [21]. Örnek olarak 798 km. yükseklikteki RADARSAT uydusu, LANDSAT-1, 2 ve 3 ve IRS-1A uyduları örnek verilebilir.

### 5.2.2. GEOSTATIONARY YÖRÜNGE ( YERE EŞZAMANLI YÖRÜNGE):

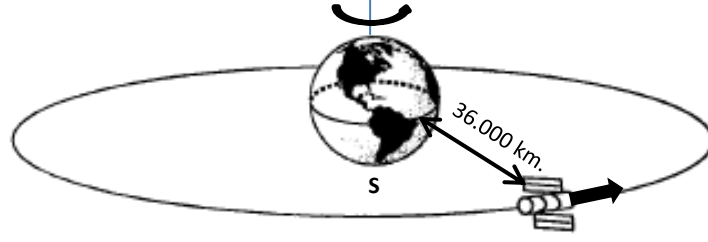
Bu yörünge sınıfı uydu yörüngeleri arasında önemli bir yere sahiptir. Eğim açısı  $i=0^\circ$  olan bu yörünge tipi ekvator düzlemi üzerindedir. Normal koşullarda bu yörüngedeki uydular ekvator üzerindeki belli boylamlarda bulunurlar. Örneğin GOES East ve GOES West uyduları Amerika üzerindeki  $75^\circ$  Batı ve  $135^\circ$  Batı boylamları üzerindedir. Bir diğer örnek ; ülkemizin sahip olduğu TÜRKSAT 1C, 2A ve 3A uyduları  $42^\circ$  Doğu boylamları, TÜRKSAT 1B ise  $31^\circ$  Doğu boylamı üzerindedir. Yere eşzamanlı yörüngedeki uyduların bulundukları boylamdan sapmadan yörüngelerini devam ettirebilmeleri için yörünge periyotlarının dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüş periyoduna eşit olması gerekmektedir. Dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüş periyodu 86164 sn. olduğuna göre yere eşzamanlı yörüngeye sahip bir uyduda ekvator düzlemi üzerinde bulunduğu boylamı korumak için aynı periyotla dönmelidir. Dönüş periyodu  $T_s$  aşağıdaki bağıntıda görüldüğü gibi, uydunun dünyanın merkezinden yüksekliğine, kütleçekim sabiti  $G$  ve dünyanın kütlesi  $M_E$  'ye bağlıdır [21].

$$T_s = \frac{2\pi(R_E + h)}{V_s} \Rightarrow T_s = 2\pi \frac{(R_E + h)^{3/2}}{\sqrt{GM_E}}$$

$T_s = 86164$  sn. ise  $R_E + h$  yüksekliğini  $42164,12 \times 10^6$  m. olarak elde ederiz. Yere eşzamanlı bir uydunun yerden yüksekliğinin  $h = 35,785 \times 10^6$  m.  $\cong 36000$  km. olması gerektiğini görmekteyiz (Şekil 5.4).

Bu yörünge aynı zamanda CLARKE YÖRÜNGESİ olarak ta adlandırılır. Yerdeki alıcı-verici antenlerin gökyüzünde uydunun bulunduğu sabit noktaya bakması ve haberleşmenin devamlılığı için bu uyduların dünyaya göre konumlarının da sabit olması gerekir. Bu sebeple uydular dünya ile eş zamanlı yörüngelere yerleştirilir. Uydunun bu yörüngede dünyaya göre sabit kalması üç koşula bağlıdır:

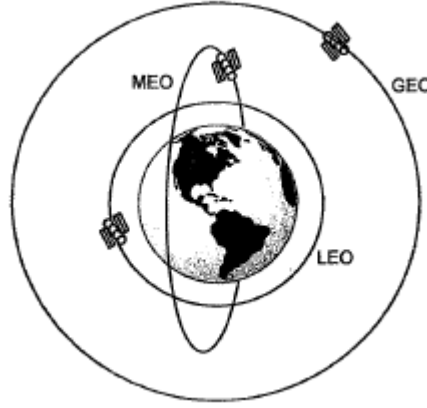
- Dünya ile aynı yönde dönmesi,
- Ekvator düzleminde konumlanması,
- Açısal hızlarının dünya ile aynı olması, (23.94 saatte tam turunu tamamlaması).



**Şekil 5.4 Yere Eş zamanlı Yörünge**

### 5.2.3. MEO (MEDIUM EARTH ORBIT-ORTA İRTİFA DÜNYA YÖRÜNGESİ):

İrtifaları LEO yörüngesinden GEO (35785km.) yörüngesine kadardır ve dairesel yörünge düzleminde bulunurlar (Şekil 5.5).



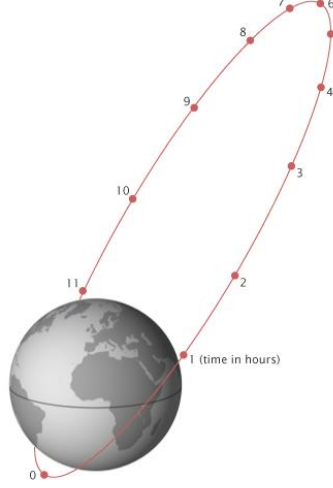
**Şekil 5.5 LEO, MEO ve GEO Yörünge**

Yaklaşık 10-15 uydu kullanılması ile dünyanın tamamının örtülmesi sağlanarak, gerçek zamanlı haberleşme imkanı sunar. 2 veya 3 yörünge düzlemine yerleştirilen uydular sayesinde haberleşme devamlılığı sağlanmış olur. Yalnızca haberleşme uyduları değil seyrüsefer uyduları da bu yörüngede bulunmaktadır. Bu tip yörüngede ki uydulara örnek olarak GPS uydularını ve haberleşme amaçlı ICO uydularını verebiliriz. GPS uydularından tezin ilerleyen bölümlerinde de bahsedilecek olup, kısaca 20000 km. irtifada bulunan ve 6 farklı eğim açısındaki yörüngelere yerleştirilmiş 24 uyduluk bir filodur. INMARSAT projesi olan ICO uydular sistemi ise küresel haberleşme amaçlı kullanılmakta olup, 2'si yedek toplam 12 uydudan oluşan ve eğim açısı 45°'lik 2 farklı MEO yörüngesinde konuşlandırılmış bir sistemdir [20].

### 5.2.4. HEO (HIGHLY ELLIPTICAL ORBIT-ÇOK ELİPTİK YÖRÜNGE):

Bu tip yörüngedeki uyduların kutupların haberleşmesinde kullanılırlar. Dünya'ya en yakın noktası yaklaşık 500 km. ve dünya'ya en uzak noktası 40000 km.'yi bulan, eliptik yörünge düzlemidir. Bu yörüngedeki uydu sistemlerine örnek olarak Rusya'nın MOLNIYA (Şekil 5.6) ile TUNDRA uyduları verilebilir. Molniya ve Tundra uyduları

kutup haberleşmesini ve devamlılığını sağlamak için kullanılmaktadır. Bu uydular haberleşme görevini yerine getirebilmeleri için  $i=63,5^\circ$ 'lik özel eğim açısına sahiptirler. Molniya yörüngesindeki uydular, apogee (yeröte) dediğimiz dünyaya en uzak olduğu durumda 40000 km. mesafede, perigee (yerberi) dediğimiz dünyaya en yakın olduğu noktada 400 km. mesafeden geçmektedir [21].



**Şekil 5.6 HEO yörüngesindeki Molniya uydusu**

### **5.3. KULLANIM ALANLARINA GÖRE UYDULAR VE BİLEŞENLERİ**

Yukarıda bahsedilen her bir yörünge farklı amaçlarda kullanımlarda tercih edilmektedir. Uyduların yörüngelerinin belirlenmesi dışında, üstlenecekleri görevler de kullanım alanlarını belirlemektedir. Kullanım alanlarına bakıldığında insanlığa bilim ve teknoloji konusunda bir çok bilgi ve tecrübe kazandırdığı daha iyi anlaşılacaktır. Şimdi uyduların kullanım alanlarına bir göz atalım ve bu alanlarda üretilmiş uyduları veya üretilmesi planlanan uyduları teknik özellikleri ile birlikte inceleyelim.

#### **5.3.1. HABERLEŞME UYDULARI**

Uydu haberleşme sistemleri SATCOM (Satellite Communication) sistemi olarak isimlendirilmekte olup, alıcı ve verici yer istasyonları ile uydulardan oluşur. Dünya üzerinde iki nokta arasında güvenilir iletişim sağlamanın üç yolu vardır: Bunlar telsizler, karasal hatlar ve uydulardır. Karasal hatlar önceden planlanıp döşenmesi gerektiğinden hareketli platformlara hizmet veremez. Telsizler ise frekansa, hava koşullarına ve güce bağlı olarak bant genişliği menzil kısıtlamasına sahiptirler. Uydu haberleşmesinde ise böyle kısıtlar yoktur. Uydu teknolojisinin en büyük faydaların başında haberleşme ve bilgi aktarımı gelmektedir. Uzayda bulunan uydular vasıtasıyla televizyon ve radyo yayınları, telefon, data haberleşmesi ve hızlı internet bağlantısı gibi her türlü bilgi ve sinyal dünyanın istenilen bölgesine zaman farkı olmadan aktarılmaktadır. Haberleşme uydularının genel olarak GEO yörüngesinde bulunmakta olduğunu daha öncede belirtmiştik.

NASA'nın ilk haberleşme uydusu 1960 yılında uzaya fırlatılan 30,5 m. çapında bir balonu andıran Echo 1A uydusudur (Şekil 5.7). Görevi radyo sinyallerini bir yer istasyonundan bir başka yer istasyonuna aktarmak olan Echo 1A, yerden bakıldığında büyük bir yıldız gibi görünmekteydi. Telemetri sistemi 107,9 Mhz.'de yayın yapmakta olup 70 adet güneş paneli yardımı ile şarj edilen 5 adet nikel kadmiyum bataryadan gücünü sağlamaktadır. Uydunun taşıdığı özel bir yük olmayıp, yüzeyi 960-2390 Mhz. arasındaki sinyalleri yansıtacak şekilde kullanılmaktadır [59].



**Şekil 5.7 Echo 1A Haberleşme uydusu**

Günümüzde kullanılan haberleşme uydularına örnek verecek olursak fazla uzağa gitmeye gerek yoktur. Ülkemizin sahip olduğu ve GEO yörüngesinde bulunan TÜRKSAT serisi uydulardan, TÜRKSAT 3A'nın teknik özelliklerine bir göz atacak olursak; Üretici ALCATEL ALENIA SPACE INDUSTRIES firmasıdır [22]. 13 Haziran 2008 tarihinde fırlatılarak 42° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. 12 adet 36 Mhz. ve 12 adet 72 Mhz'lik transponder'a sahiptir. 6 adet te yedek olarak bulunmaktadır. 6112 Watt'lık enerji tüketimi bulunmaktadır.

Küresel haberleşme amaçlı uydu filosu kuran INTELSAT, 1969 yılında 19 ülkenin bir araya gelmesiyle kurulmuş bir organizasyondur. Türkiye'nin de üyesi olduğu INTELSAT, 42 üye ülkeyi ve 40 yatırımcı kuruluşu bünyesinde bulundurmaktadır. INTELSAT tüm okyanus (Atlas, Hint ve Büyük) bölgelerini kapsamaktadır. INTELSAT'ın sunduğu; uluslararası veya bölgesel, özel veya is amaçlı, kısa veya uzun dönemli ses ve veri servislerinin başlıcaları:

- Düşük trafikli, anahtarlama, isteğe bağlı çalışan kırsal alan şebekeleri,
- Yüksek trafik ihtiyaçlarına yönelik TDMA servisi,

- 64 Kbps–155 Mbps arasında ses, veri, video konferans, sayısal televizyon servisi,

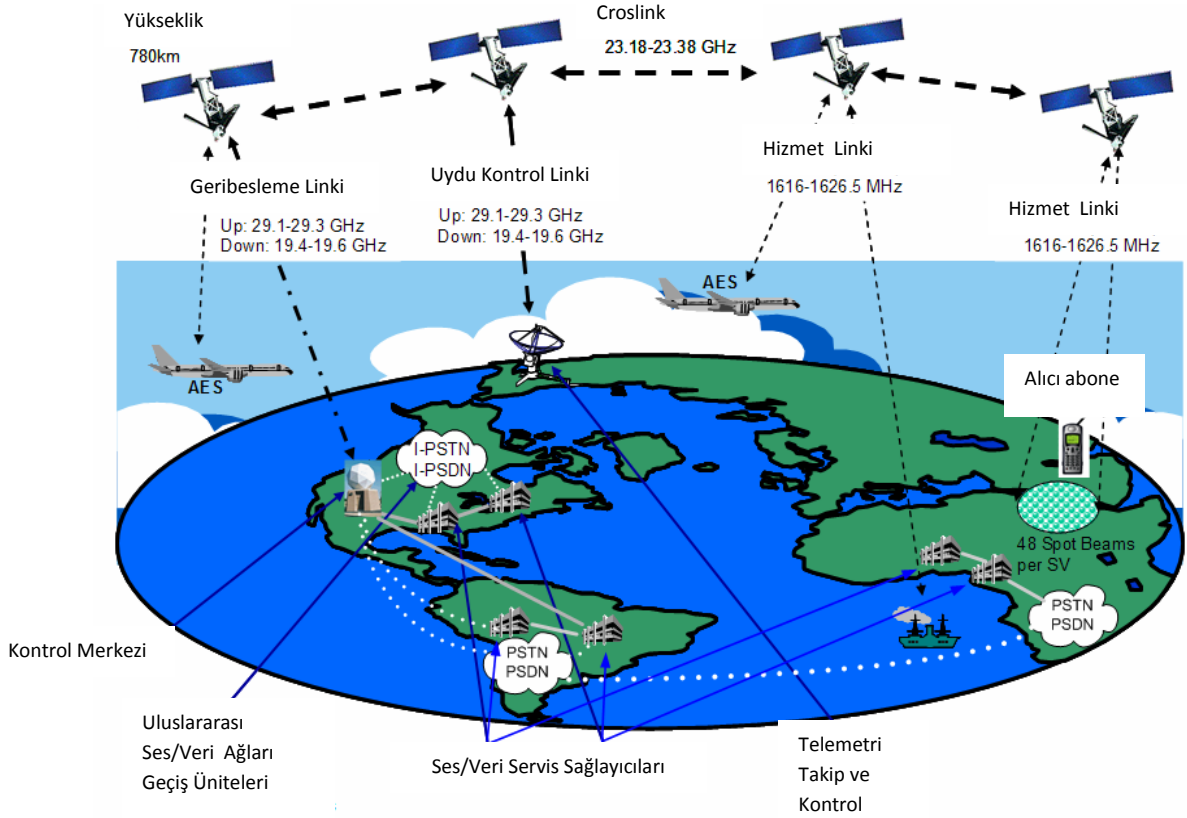
- Küçük çapta antenler ile ses, veri ve televizyon uygulamalarını kapsayan iş amaçlı özel şebekelerdir.

Bu organizasyona ait Intelsat-11 uydusu, 2007 yılında GEO yörüngesine yerleştirilmiş olup  $43^\circ$  Batı boylamındadır. 2500 kg. ağırlığında ve Galyum Arsenide yapısında 4 güneş paneli bulunmaktadır. 2 adet Lityum-iyon bataryası mevcuttur ve bu bataryalar saatte 3850 W. veya daha fazla güç sağlayabilirler. 12 adet C bant transponder ve 18 adet Ku bant transponder'a sahiptir. Amerika, Meksika ve Güney Amerika'ya yayın yapmaktadır [23].

1977 yılında Avrupa Telekomünikasyon Uyduları (EUropean Telecommunication SATellites: EUTELSAT) adlı organizasyon, Avrupa ülkelerinde, ses, görüntü ve veri iletişiminin sağlanması ve daha geniş kapsama alanı elde edilmesi amacıyla kurulmuştur. Türkiye'nin de üye olduğu organizasyon Avrupa dışına da yayın yapmaktadır. EUTELSAT-I ve II serisi uydular ile ( $15^\circ$  Batı ve  $75^\circ$  Doğu pozisyonları arasında), Ku ve Ka bandında toplam 26 adet GEO uydusu ile hizmet vermektedir. EUTELSAT organizasyonu, konvansiyonel haberleşme hizmeti dışında, EUTELTRACS sistemi ile pozisyon bilgilerini içeren iki yönlü mesaj alışveriş servisini de sunmaktadır.

Filo olarak görev yapan ve LEO yörüngede bulunan Iridium iletişim uyduları ise, uydu telefonlarının birbirleriyle olan bilgi ve ses akışını sağlamak için kullanılan uydulardır. Toplam sayıları 66 olmakla beraber ilk planlanan sayıları 77 olduğu için 77 atom numaralı elementin yani iridyumun ismi bu uydulara verilmiştir. Yörüngeleri ekvatora  $86,4^\circ$  eğiktir. Birbirlerinden bağımsız 6 hareketli yörünge düzlemi üzerinde bulunurlar. Her bir yörünge düzlemi, yanındaki yörünge düzleminden  $31,6^\circ$  eğiktir. (Ama 1. ve 6. yörünge düzlemleri arasında  $22^\circ$  fark vardır.)

IRIDIUM uyduları 66 adet asil 6 adet yedek uydudan oluşmaktadır. Her bir yedek uydu bir yörünge düzleminde bulunur. LEO tipi yörüngeye sahip olup deniz seviyelerinden yükseklikleri 780 km. kadardır. Yörüngedeki hızları 27088 km/s kadar çıkabilir [32]. IRIDIUM uyduları haberleşme akışını sağlamak için kendi yörüngesinde bulunan komşu uydular ve yan yörüngelerinde komşu uydular ile sürekli irtibat halindedir. Birbirleri ile 23,18-23,38 Ghz. frekansında bağlantı yapar. Periyotları yaklaşık 100 dakikadır. Yeryüzündeki abonelerine 1616-1626,5 Mhz. frekansında hizmet sunmaktadır. Yer istasyonu ile bağlantısı; Uplink 29,1-29,3 Ghz., Downlink 19,4-19,6 Ghz. Frekansındadır. IRIDIUM uydu sistemlerinin birbirleri, yer istasyonu ve yer terminalleri ile iletişim ağı Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Ayrıca telefon görüşmeleri hizmetinin yanı sıra, veri iletimi yeteneği ile görüntülü iletişim ve internet hizmeti de vermektedir.



**Şekil 5.8 IRIDIUM uyduları haberleşme yapısı ve frekansları**

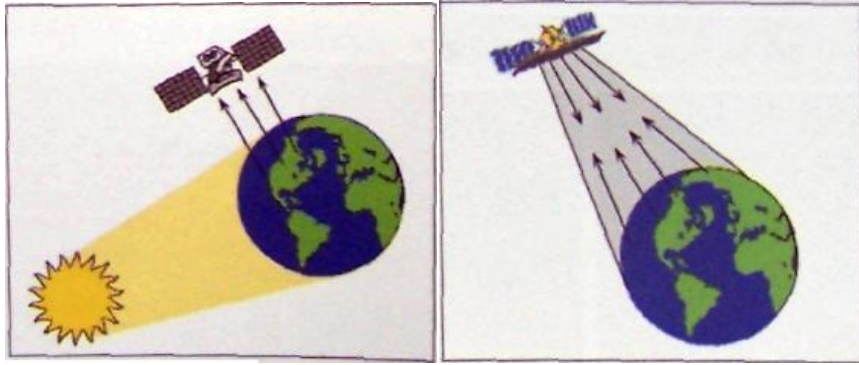
### 5.3.2. GÖZLEM UYDULARI

Uzaktan algılama uydularının, algılama sistemleri, cisimlerin yansıttığı veya cisimlerin dış sıcaklığına bağlı olarak yaydıkları elektromanyetik radyasyonun, uzaya yerleştirilen uydular üzerinde bulunan sensörler tarafından ölçülmesi (pasif algılama) veya uydu üzerinde bulunan elektromanyetik dalga kaynağı ile cismin aydınlatılması (aktif algılama) prensibine dayanır [60]. Bulut miktarı, ozon yoğunluğu, sıcaklık ve nem, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılamaya; okyanus dalga boyu, dalga yüksekliklerinin ve deniz yüzeyi rüzgar hızı ve yönünün tespiti aktif algılamaya örnek olarak verilebilir.

Aktif Algılama ; Enerji kaynağı benzetimi yapılarak radyasyon yayan sensörlerden çıkan dalgaların hedeften yansıtılarak sensörlerle tesbit edilmesidir. Avantajı günün herhangi bir zamanında yapılabilmesi ve Güneş kısıtlaması olmamasıdır. Bulutlu ve kapalı havalarda kullanılmaktadır. Aktif algılama uydunun kendi kaynakları ile yaptığı bir algılamadır. Bu yöntemde gece gündüz olması veya meteorolojik etmenler çok önemli değildir. Bu tip algılayıcılar Güneş enerjisine ihtiyaç duymazlar kendi elektromanyetik dalgalarını kendileri üretir, gönderir ve tekrar geri almak suretiyle görüntü elde ederler. Bu tür sistemler gece gündüz demeden sürekli

görüntü alma kapasitesine sahiptirler. Trafik polislerini kullandığı radarlarda aktif algılayıcılara iyi bir örnektir.

**Pasif Algılama** ; Güneş ışığından gelen, absorbe olan veya tekrar yansıtılan radyasyonun pasif sensörler yardımıyla alınmasıdır. Geceleyin Güneş enerjisi bulunmadığından yansıma ve absorbe söz konusu değildir (Şekil 5.9). Pasif algılamada Güneş gibi başka bir kaynaktan gelen ışınların cisimlere çarptıktan sonra uyduya ulaşarak veri elde edilmesi yöntemidir. Bu yöntemde gece ve gündüz olması elde edilen veriyi etkileyeceği gibi meteorolojik etmenlerde etkilidir. Bu tip algılayıcıların önemli 2 özeliği vardır. İlk olarak yalnızca Güneş yada Güneş gibi bir enerji kaynağı mevcutken algılama yaparlar, hava bulutlu ise algılama yapamazlar. İkinci önemli özelliği de aktif algılamada olduğu gibi yeryüzeyi üzerindeki cisimlere gönderilecek enerjisiyi kendisi üretmediği için enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Ayrıca bu sistemler gündüz hava açıkken yansıyan tüm cisim görüntülerini algırlar. Ancak algılanan bu görüntüler saklanma maliyeti yüksek olduğundan depolanamaz. Bu yüzden talep üzerine istenilen görüntü alınır ve kaydedilir böylece maliyet düşürülmüş olur [25].



**Şekil 5.9 Pasif Algılama ve Aktif Algılama**

**Elektromanyetik Spektrum** ; kısa dalgalılarından (gamma ve x ışınları dahil) uzun dalgalılarına (mikrodalga ve radyo dalgalarını da) kadarki alanı kapsamaktadır. Bu spektrumdaki 0,4  $\mu\text{m}$ .’den 0,7  $\mu\text{m}$ .’ye kadar dalgalıboylarını kapsayan alana görünür (Visible) spektrum adı verilir. 0,7  $\mu\text{m}$ .den 100  $\mu\text{m}$ .’ye kadarki alana Infrared (IR) spektrum, 0,4  $\mu\text{m}$ .’den daha aşağıya doğru 0,01  $\mu\text{m}$ .’ye kadar olan alanı kapsayan bölüm ise Ultraviyole (UV) spektrum olarak adlandırılır [26].

**Radyometrik Çözünürlük**: Elektromanyetik enerji miktarındaki farklılıkları ayırt etme gücüdür. Bir görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürlüğü, enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğini gösterir.

**Spektral Çözünürlük** ; Algılama yapılan dalgalıboyu aralığı ile ilgilidir. Spektral çözünürlüğün iyi olması bir kanal yada bandın algıladığı dalgalı boyu aralığının küçük olduğunu gösterir. Multispektral Çözünürlük, birbirini takip eden dalgalıboyu

aralıklarının ayırt edilebilmesi yeteneğidir. Dalgaboylarının görünür, IR ve UV bantlarının çoğunun ayırt edilebilmesine ise Hiperspektral çözünürlük adı verilir [26].

Son yıllarda değişik geometrik özelliklerde yüksek çözünürlüklü birçok uydu sistemi kullanıma girmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler tarafından yoğun ilgi gösterilen ve kullanılan düşük maliyetli ve özel amaçlı küçük uydu sistemlerinin sayısının arttığı gözlenmektedir. Bu tür uydular da haritacılık alanında kullanılabilir. Bu uydu sistemlerinin konumsal çözünürlükleri çoğunlukla 1 km. ile 1 metre, radyometrik çözünürlükleri 3 bit ile 12 bit ve zamansal çözünürlükleri 1 gün ile 40 gün arasında değişmektedir [33].

Uyduların üzerlerindeki algılayıcı ve tarayıcı sistemler optik algılayıcı olarak geçmektedir. Optik algılayıcılardan elde edilen görüntüler çözünürlüklerine göre sıralanacak olursa;

- Düşük çözünürlüklü,
- Orta çözünürlüklü,
- Yüksek çözünürlüklü

şeklinde belirtilmektedir.

#### **5.3.2.1. DÜŞÜK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR**

Konumsal çözünürlüğü 250 m. ile birkaç km. arasında değişen; kıta, ülke, eyalet, bölge gibi çok büyük alanların incelenmesi, bölgesel ve çevresel olayların görüntülenmesi, 1:500.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretilmesi, iklim ve meteorolojik olayların gözlenmesinde kullanılan uydu görüntüleridir. Bu gruba giren uydu görüntüleri genellikle çok bantlı (multispektral) algılayıcılardan alınan görüntüler şeklinde olup, örnek olarak GOES, SEASAT, ENVISAT, METEOSAT, NOAA-AVHRR, TIROS, NIMBUS, GMS, MOS ve MODIS görüntüleri sayılabilir. ESA tarafından 2002 yılında uzaya gönderilen ENVISAT uydusunun konumsal çözünürlüğü 75-300 m. radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü 3 gündür. Algılama yaptığı bölgenin şeritsel uzunluğu 54-400 km. arasında değişmektedir. Algılayıcı tipi ASAR MERIS olarak belirtilmektedir [33].

#### **5.3.2.2. ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR**

Konumsal çözünürlükleri 10 m. ile 250 m. arasında değişen, pankromatik ve multispektral algılayıcılar ile analog kamera sistemlerinden alınan, 1:50.000 ile 1:250.000 arası ölçeklerde topoğrafik harita üretimi ve revizyonunda kullanılan, arazi bitki örtüsünün sınıflandırma verilerini elde etmeye yarayan uydu görüntüleridir. Örnek olarak, LANDSAT, SPOT, RESURS-01 (MSU-SK), IRS-1C (WIFS), MOMS-01/02, KFA-1000, TK-350, HIROS gibi uydu görüntüleri verilebilir. Bu görüntüler; geniş alanları kapsarlar, fiyatları ucuzdur ve spektral çözünürlükleri yüksektir. Özellikle çevre araştırmalarında yoğun olarak kullanılırlar. NASA tarafından kullanılan ve 1999

yılından beri hizmet veren LANDSAT-7 uydusu, pankromatik algılayıcı tipine sahip olup yakın ve orta kızılötesi bantlarında içerir. Konumsal çözünürlüğü 15-60 m., radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü 16 gündür. Algılama yaptığı bölgenin şeritsel uzunluğu 185 km.dir. SPOT-5 uydusu 2002 yılında uzaya gönderilen son spot serisi uydudur. SPOT-6 ve 7, 2011-2012 yıllarına planlanmaktadır. SPOT-5 uydusunun algılayıcı tipi pankromatik, multispektral ve kısa dalga infrared bantlarındadır. Konumsal çözünürlüğü 5-20 m. radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü 2-3 gündür [33].

### 5.3.2.3. YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDULAR

Uzaysal çözünürlükleri 0.5 m. ile 5 m. arasında olan, pankromatik ve multispektral algılayıcılar ile analog kamera sistemlerinden alınan uydu görüntü verileridir. Bu uydu görüntülerinin mevcut durum itibarıyla 1:10.000-1:50.000 arası ölçeklerde topoğrafik harita üretimi ve revizyonunda sorunsuz olarak kullanılması olanaklı görülmektedir. Yüksek çözünürlüklü görüntü alan ticari uyduların sayısının artmasıyla birlikte, bu görüntüler hakkında yapılan çalışmalar ve kullanım alanları da artmıştır. Örnek olarak, IKONOS, QUICKBIRD, GEOEYE uydularını verebiliriz. 2001 yılında uzaya gönderilen QUICKBIRD uydusunun konumsal çözünürlüğü 2,44 m.- 2,88 m. arasında olup radyometrik çözünürlüğü 11 bit ve zamansal çözünürlüğü 1-3,5 gün arasındadır. 1999 yılında kullanıma sunulan IKONOS-2 uydusu ise pankromatik ve yakın infrared bantlarında 0,82 m. pankromatik ve 3,2 m. multispektral görüntüyü, 11 bit radyometrik çözünürlük ile elde eder. Algılama yaptığı bölgenin şeritsel uzunluğu 11 km.dir. GEOEYE-1 uydusu 2008 yılında fırlatılmıştır. Görüntü kalitesi oldukça iyidir. Çözünürlüğü pankromatik olarak 0,41 m, multispektral olarak 1,65 m.dir. Algılama yaptığı bölgenin uzunluğu 15,2 km.dir. Yere eşzamanlı olan yörüngesini 98dk.'da tamamlar [33].

IKONOS-1 uydusu, 1999 yılında yörüngesine yerleştirilmek üzere hazırlandı fakat başarısızlıkla sonuçlandı. Daha sonra 24 Eylül 1999 günü IKONOS-2 uydusu Spaceimaging Şirketi'nce uzaydaki yörüngesine yerleştirildi. 2 yıldız izleyici ve bir Güneş algılayıcısı ile yörünge irtifasının doğruluğu kontrol edilmektedir. 4 adet tepki motoru bulunur. Konum bilgisi GPS alıcısı tarafından sağlanır. Hizmet süresi 7 yıldır. Gücü 3 güneş panelini tarafından sağlanan sağlanmaktadır. Uygulamada bu gün için duyarlılığı yüksek uydular arasında yer alır. IKONOS uydusu pankromatik bantta 0,82 m. yersel çözünürlüklü ve multispektral bantta 3,2 m. çözünürlüklü algılama yapmaktadır. Ayrıca stereo algılama yapma özelliği de vardır.

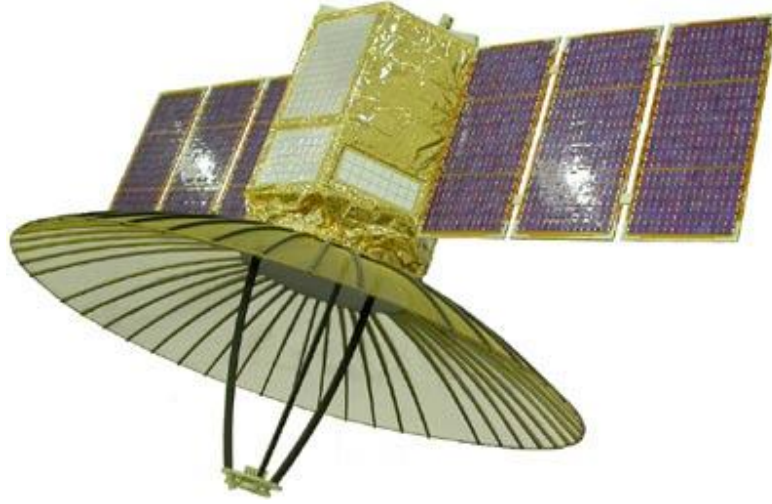
Uydunun, eğik alımda görüntü yineleme aralığı 1-3 gün, normal (dik, düşey, nadir gözlem) alımda görüntü yineleme aralığı ise 14 gündür. Normal alımda 681 km. enindeki şerit içinde 1m., eğik alımda 1450 km. enindeki şerit içinde 1.5 m. çözünürlükte görüntüler alabilmektedir. Bir görüntünün arazide kapladığı alan ortalama 11 km. x 11 km. olup, dünya çevresinden bir kez geçişte  $10.000 \text{ km}^2$  'lık bir alanın

görüntüsü alınabilmektedir. IKONOS uydusu ile, uydu yörüngesi boyunca veya yan yana iki yörünge geçişi ile stereo görüntü alımı olanaklıdır. İki temel ürün yanında, IKONOS uydusunun pankromatik (1 m.) ve multispektral (4 m.) görüntüleri birleştirilerek, 1 m. çözünürlüğe sahip renklendirilmiş görüntüler elde edilebilmektedir.

IKONOS uydusunun özellikleri şu şekilde açıklanabilir. Günümüzde IKONOS uydu verilerinden; harita üretimi çalışmalarında, yerel yönetimlerin karar/destek çalışmalarında, telekomünikasyon hizmetlerinde, tarımda, ormancılıkta, enerji ve altyapı çalışmalarında, çevrenin izlenmesinde, afet yönetim çalışmalarında, doğal kaynakların belirlenmesinde, petrol ve boru hatlarının etüdünde, ulaştırmada, güvenlikte, savunmada, coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında vs. etkin olarak yararlanılmaktadır. IKONOS uydusu 681 km. yükseklikte, dünyayı 98 dakikada bir, Güneş eşzamanlı bir yörüngede dönmektedir [34].

Özellikle yüksek çözünürlüklü uydulara en iyi örnekler şüphesiz görüntü istihbaratı (IMINT) ve haberleşme istihbaratı (COMINT) amacıyla askeri amaçla kullanılan casus uydulardır. Yüksek çözünürlükte fotoğlarlar elde etmek, istihbarat üretmek, haberleşmenin dinlenmesi, haberleşmenin gizlenmesi, nükleer testlerin algılanması, fırlatılan füzelerin tesbit edilmesi gibi ek kabiliyetlere sahiptir. Adından da anlaşılacağı üzere bu uydular görevlerini gizlilik içinde yapmak durumundadırlar. Bu gizlilik uyduların teknik bilgilerinin elde edilmesinde zorluklara neden olmaktadır. Casus uyduların en önemli özelliği yüksek çözünürlüğe sahip sistemleri olmasıdır. 8-10 cm. civarında çözünürlüklü kamera sistemleri olduğu bilinmektedir.

Genel olarak casus uydu kullanımında öne çıkan ülkeler Amerika ve Rusyadır. İsrail’inde yaptığı çalışmalar neticesinde teknolojisini geliştirmekte olduğunu söyleyebiliriz. 2008 yılında uzaya gönderilen, İsrail Uzay Endüstrisi tarafından geliştirilen TECSAR (The technological synthetic aperture satellite) uydusu alçak irtifa yörüngesinde düşman ülkelerin aktivitelerini gözlemlemek için kullanılmaktadır (Şekil 5.10). TecSAR uydusu 3 eksende kontrol edilebilme kabiliyetine sahiptir. X-Band radarı sayesinde pankromatik ve multispektral görüntüler elde edebilmektedir. Radar anteni manevra kabiliyetine sahiptir. Bu sayede uydu kendi yörüngesinde hareket ederken farklı bakış açılarından yada farklı konumlardan görüntü istenilen yere aktarılabilir. Aynı anda tüm modlarını kullanabilir. Bulut yada fırtına örtüsü altında kalan bir alan olduğunda çözünürlüğü en yüksek algılama modunu kullanarak görüntüyü elde eder. Elde edilen tüm görüntüler birleştirilerek mozaik yapısında resim haline getirilir. Çözünürlüğü 1 m. olan görüntüler üretir.



**Şekil 5.10 TECSAR-1**

İsrail casus uydular serisinden olan OFEQ uydularını 1995 yılından itibaren yörüngeye yerleştirmeye başlamıştır. Serinin 6'ncı ve son uydusu OFEQ-9, 22 Haziran 2010 yılında İsrail'in Palmachim hava üssünden fırlatılmıştır. Elbit Systems EL-OP ismi verilen yüksek çözünürlüklü kamerası faydalı yükünü oluşturmaktadır. 600 km. irtifada bulunmaktadır. Kamerası 0,5 m. monokromatik çözünürlüğe sahiptir.

Amerika Birleşik Devletlerinin istihbarat sağlamak amacıyla kullandığı bir çok casus uydusu olduğu bilinmektedir. Bunlardan LACROSSE uydusu dünyadan 600 km. uzaklıktaki yörüngesinde görev yapmaktadır. Ağırlığı 15 ton kadardır. 45 m. genişliğindeki Güneş panellerinden enerji ihtiyacını sağlamaktadır. Üzerinde synthetic aperture radar (SAR) mevcuttur. Gece karanlığında ve bulut ötesinden kaliteli görüntüler elde edebilir. Gözlemlenecek yer üzerinden günde 2 kez geçer. LACROSSE uydusuna Onyx, Vega, Indigo gibi isimler verilmektedir. KEYHOLE uyduları, KH-1'den KH-13'e kadar isimlendirilmiş bir dizi kutupsal uydular serisidir. Her biri farklı bandlarda görüntü üretebilen, bazıları optik ve infrared kameralara sahip casus uydulardır. 2003 yılında Irak savaşında LACROSSE ve KEYHOLE uydularından elde edilen görüntüler ortak olarak kullanılmıştır. MILSTAR uydusu 33000 km. irtifadaki yörüngesinde askeri haberleşme amacıyla kullanılan bir uydudur (Şekil 5.11). Her türlü yer istasyonunun(denizaltı, gemi, uçak, yer istasyonu) güvenli bir şekilde haberleşmesini sağlar. Karıştırmaya karşı korumalıdır. Haberleşme dataları (ses, fax, mesaj) kriptolu olarak iletilir.



**Şekil 5.11 MILSTAR**

### 5.3.3. SEYRÜSEFER UYDULARI

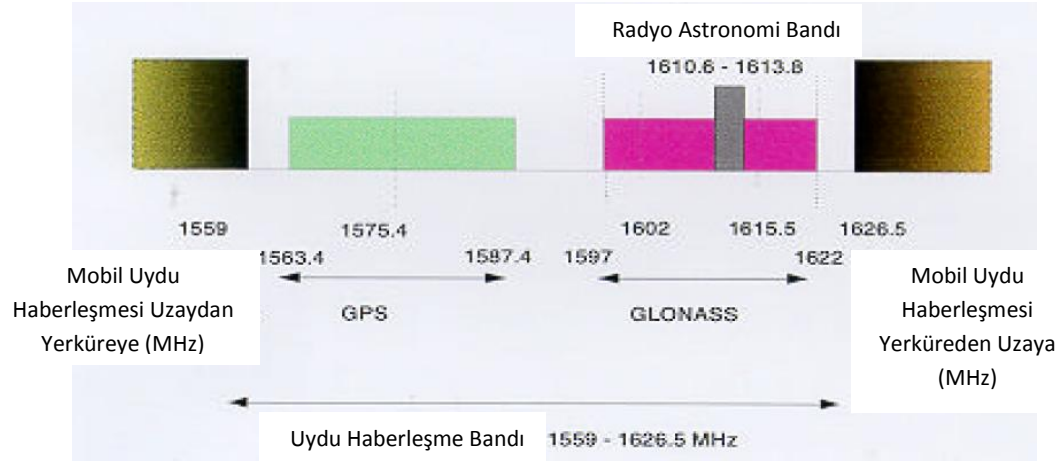
Küresel uydu seyrüsefer sistemi (Global Navigation Satellite Systems - GNSS), uydu seyrüsefer sistemleri için kullanılan bir terimdir. GNSS'yi oluşturan seyrüsefer uydularından gönderilen sinyaller, yeryüzünde sabit duran elektronik alıcılar tarafından alınarak bulunulan noktanın enlem, boylam ve yüksekliğini ve bulunduğu noktada yerel saatin kaç olduğunu tam olarak hesaplayabilir.

Uydularla konum belirleme sistemleri denince akla Amerika Birleşik Devletlerinin GPS, Avrupa Birliğinin GALILEO ve Rusya'nın GLONASS uyduları gelmektedir. Bu üç uydu sistemi GNSS olarak isimlendirilmektedir. Çin'de kendisine ait seyrüsefer sistemini geliştirmeye çalışmakta ve GNSS olma yolunda ilerlemektedir. Çizelge 5.1'de GNSS sisemleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Çizelge 5.1 GNSS Sistemlerinin Karşılaştırılması**

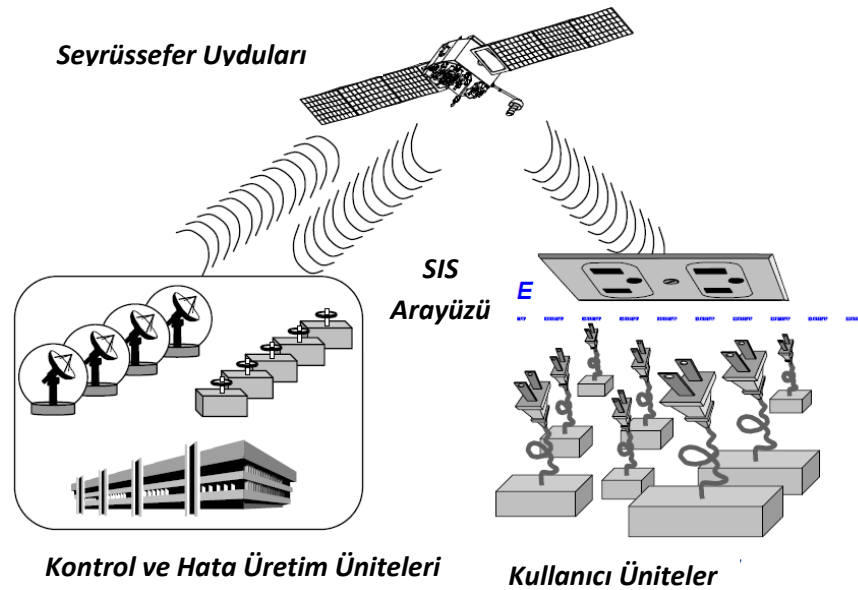
| Sistem           | Ülke           | Kodlama | Yörünge ve Periyot | Uydu Sayısı | Son Durum  |
|------------------|----------------|---------|--------------------|-------------|------------|
| GPS              | USA            | CDMA    | 20200km, 12,0saat  | >24         | Kullanımda |
| GLONASS          | RUSSIA         | FDMA    | 19100km, 11,3saat  | 24          | Kullanımda |
| COMPASS (Beidou) | CHINA          | CDMA    | 21150km, 12,6saat  | 35          | Geliştirme |
| GALILEO          | EUROPEAN UNION | CDMA    | 23,222km, 14,1saat | >27         | Geliştirme |

GPS sistemi en az 24 uydudan (18 aktif 6 yedek) oluşur. Uydular dünya yüzeyinin 20000 km üzerindeki yörüngelerinde yüksek bir görüş açısına sahiptirler. Bu irtifada 1 tur 12 saatte tamamlanır. Ufuk çizgisi üzerinde günün saatine ve konuma bağlı olarak aynı anda 8-12 uydu bulunur. Yeryüzü üzerindeki herhangi bir noktanın 3 boyutlu koordinatlarını elde etmek için ise en az 4 adet uydudan alınan sinyallerin işlenmesi gerekmektedir. Görüşün açık olduğu normal bir durumda bir GPS cihazı 6-8 uydu ile iletişim kurabilir. İletişim frekans aralığı Şekil 5.12’te SIS arayüzü ise Şekil 5.13’te gösterilmiştir.



**Şekil 5.12 GPS ve GLONASS Sistemleri Frekans Bantları**

GPS uydularının 7,5-11 yıllık ömürleri bulunmaktadır. Günün 24 saatinde hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır. Uyduların yer sistemlerine gönderdiği mesaj yapısı, haberleşme zamanı, konum bilgisi, sinyal kalitesi, saat doğrulaması, atmosferik gecikme doğrulaması ve kuzey bilgisi şeklindedir [35].



**Şekil 5.13 GPS SIS (Signal In Space) Arayüzü**

GALILEO, ABD'nin denetimi altındaki GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile Rus GLONASS sistemlerine alternatif konumlama sistemleridir. Toplam 30 adet uydunun dünya yörüngesine oturtularak hizmet vermesi düşünülen sistemin deneme uydusu 2005 yılında gönderildi. Tasarının 2010 yılında tamamlanması öngörülüyordu. Şuan için 2013-2014 olarak düşünülmektedir. GALILEO sistemi ile: Şu an ki GPS sisteminden daha kesin ve daha hassas konumlama bilgisine ulaşılacak, dünyanın kuzeyi ve İskandinavya ülkelerine daha iyi hizmet sağlanacak, uydular hassas(harp durumlarında) zamanlarda dahi açık kalacaktır.

Galileo tasarısı 1999 yılında Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'den gelen dört farklı tasarı önerisini değerlendirilmesiyle başlamıştır. 26 Mayıs 2003 tarihinde Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tasarımı resmi olarak üstlenmiştir. Tasarının resmi olarak açıklanan bütçesi 1,1 milyar Avrodur. 2006-2010 yılları arasında uzaya 30 adet uydu gönderilmesi planlanmaktadır. Bu uyduların ilki GIOVE deneme uydusu 28 Aralık 2005 tarihinde Kazakistan uzay istasyonundan fırlatılmıştır. Tasarının ticari işletmelere açılma kararı ve Avrupa Birliği Ülkeleri dışındaki ülkelerin de ortak edilmesi kararını takiben tasarı bitiş tarihi 2 sene önceye alınabilecektir.

GALILEO, 23.000 km'den fazla uzaklıkta dünyayı çevreleyen, üç katmana bölünen 30 uyduluk (27 kullanılan, 3 yedek) bir sistem olacaktır. 30 uydu olması sistemin mükemmel doğrulukta çalışmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Sistem konum bilgisinin yanında aynı zamanda kullanıcılarına gönderilen konum bilgisinin doğruluk yüzdesini de gönderecektir.

Toulouse ve Londra'da iki adet GALILEO kontrol merkezi, Münih ve Roma yakınında Fucine'de iki adet kontrol merkezi olması planlanmaktadır. Alınan bilgileri kontrol etmek için 20 sensör istasyonu bu iki kontrol merkezine bağlı olacak, düzeltmeler uydulara 15 uydu yer bağlantı istasyonu ile geri gönderilecektir.

Ayrıca, GALILEO uydular ve denetim istasyonları arasında iki yönlü iletişim yeteneğine de sahip olacaktır. Bu sayede, acil durum sinyalleri iletebilecek veya kullanıcının konumu kesin olarak belirlenebilecek ve yardımın yolda olduğunu onaylamak üzere bir mesaj gönderilebilecektir.

GLONASS (GLObal Navigation Satellite System), Rusya tarafından geliştirilen ikinci kuşak bir sistemdir. Sistemin tasarımına 1970'lerin ortalarında başlanmıştır. GLONASS'dan önce 1979'da 4 uydu ile işleyen ilk uydu destekli konum belirleme sistemi kurulmuştur. COSMOS adı verilen ilk GLONASS uydusu, 1982 yılında uzaya fırlatılmıştır. Sistem, denizcilerin koordinat ve zamana ilişkin gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış ve askeri gizliliğin kalkması nedeniyle 1992 yılında sivil kullanıma açılmıştır [36].

1995 yılında Rus Uzay Kuvvetleri Bilimsel Bilgi Merkezi (Coordinational Scientific Information Center of the Russian Space Forces) kurulmuştur. Bu kurum,

GLONASS bilgilerini sivil kullanıcılar için yayınlamaktadır. GLONASS uydu sistemi Ocak 1996'da tamamlanmıştır. Sistem, GPS'e benzer birimlerden oluşmaktadır. Buna ilişkin 8 adet Yer Kontrol İstasyonu, Rusya Federasyonu sınırları içerisinde konuşlandırılmıştır.

Sistem, 18840-19940 km. yükseklikte, yaklaşık 65° eğimli 3 dairesel yörüngede dönen 24 uydudan oluşmaktadır. Uydularda cesium zaman standardı (saati), bilgisayar ve optik geri-yansıtıcılar vardır. Uydulardaki sistemin enerjisi, GPS uydularında olduğu gibi Güneş panelleri yardımıyla sağlanmaktadır. GLONASS uyduları, L-bandında iki taşıyıcı sinyal kullanır. Koherent olan bu sinyaller, GPS'in aksine, her uydu için farklıdır. L1 bandı, 0,5625 MHz. lik adımlarla büyüterek 1602,5625 MHz. den 1615,5 MHz. arasında değişir. L2 bandı ise 0, 4375 MHz. lik adımlarla artarak 1246,4375 MHz. den 1256,5 MHz. aralığında uzanır. L1 ve L2 bandları P kodunu taşımaktadır. L1 bandı aynı zamanda C/A kodunu da taşımakta iken 2002 yılında, L2 bandında da artık C/A kodunun taşınacağı rapor edilmiştir [36].

#### **5.3.4. METEOROLOJİ UYDULARI**

Meteoroloji uyduları, Dünya'nın etrafındaki atmosferik olayların resimlerini çeken, bulut yoğunluğunu, nem ve sıcaklık değişimlerini ölçen, elde ettiği verileri yer istasyonlarına ileten uydulardır. Meteoroloji uydularından alınan bilgiler yardımıyla hava tahminleri yapılmakta, fırtına ve kasırgalar gibi doğa olaylarının oluşabileceği yerler belirlenmekte ve çok öncesinden televizyon, radyo ve gazete gibi iletişim organlarınca insanların bilgisine sunulmaktadır.

Bu uydular genel olarak kutupsal veya yere eşzamanlı yörüngelerde bulunur. Kutupsal yörüngelerde yaklaşık 850 km. yüksekliğindedir. Kutupsal yörüngedeki meteoroloji uydularına NOAA, IRS, ERS-1, Oceansat-1 örnek verilebilir. Yere eşzamanlı yörüngede bulunan uydular ise GOES-W, E, INSAT-1,2 , METEOSAT 5,6 uyduları örnek verilebilir. Meteoroloji uyduları aktif ve pasif algılayıcı sensörlere sahiptir [30].

17 Şubat 1959 yılında uzaya fırlatılan ilk meteoroloji uydusu Vanguard- 2'dir (Şekil 5.14). Küre şeklinde bir uydu olup etrafında uzantı halinde alıcı-verici antenleri bulunmaktadır. Uydunun amacı bulutların yoğunluğunu ölçmektir, ancak çok sınırlı bilgi toplayabilmiştir. 1 Nisan 1960'da NASA tarafından fırlatılan TIROS-1 uydusu ise ilk başarılı meteoroloji uydusu olarak kabul edilir.



**Şekil 5.14 Vanguard-2 Uydusu**

Vanguard-2 uydusu, bulut sınırlarını ve bulutların yayılma miktarını ölçme görevi ile üretilmiştir. 50,8 cm. yarıçaplı magnezyum bir küredir. Herbirinde 2 adet fotosel (ışığa duyarlı sensör) bulunan 2 optik teleskopa sahiptir. Küre şeklindeki uydu içerden altın kaplı, dışardan ise silikon-oxide ile güçlendirilmiş alüminyum ile kaplıdır. Bu kaplama içerdeki elektronik devreleri dışardan gelecek ısıya karşı korur. Radyo haberleşmesi 1 W. (Watt) 108,03 Mhz.'lik telemetri vericisi, ve 10 mW. (miliwatt) 108 Mhz.'lik takip maksatlı devamlı dalga yayın yapan vericiden oluşmaktadır. Günümüzdeki wireless cihazların ortalama 50 mW.'lık yayın yaptıklarını gözönünde bulundurursak, 1960'lı yıllardaki teknolojiye göre takip amacıyla yayınladığı sinyalin gücünün beşte biri kadar az olduğunu görebilmekteyiz. Üzerinde bulunan tape recorder(veri kaydedici) sayesinde sırayla çalışan iki optik kameranın kayıtları tutulmaktadır. Komut alıcısı ise yalnızca kayıt cihazını aktif hale getirip kaydettiği verileri telemetri vericisinden yayın yapması için kullanılmaktadır. Uydunun kendi eksenini etrafındaki 50 rpm.'lik dönüşü nedeniyle yayınlanan veriler tatmin edici kararlılıkta yer istasyonuna gönderilememektedir. Bu yüzden sınırlı sayıda bilgi gönderebilmiştir. Yörüngesi sırasında dünyaya en yakın noktası (perigee) 559 km. en uzak noktası (apogee) 3320 km. olmaktadır. 1 turunu 125,59 dk.'da tamamlar. Yörünge ömrünün 300 yıl olması beklenmektedir [37].

NOAA tarafından işletilen sabit yörüngeli uydu serisi, 17 Mayıs 1974'de fırlatılan Senkronize Meteorolojik Uydu-1 (SMS-1) ile başladı. TIROS-N gibi, SMS-1 ve SMS-2 deneysel uydular olarak düşünüldü ve ilk olarak NASA tarafından işletildi. Sabit Yörüngeli Operasyonel Çevresel Uydular (GOES) birleştirilerek NOAA tarafından işletildi. SMS-1 ve SMS-2 ve GOES 1, 2 ve 3, FORD Aerospace tarafından, NASA'nın uygulama teknoloji uyduları 1 ve 3 (ATS 1 ve ATS 3) örnek alınarak dizayn ve inşa edildi. GOES 4, 5, 6 ve 7 Hughes Aircraft tarafından dizayn ve inşa edildi. GOES-8 1995 yılında fırlatıldı ve bunun yerine geçen uydular (GOES J-M) Space Systems/Loral tarafından inşa edilmiştir.



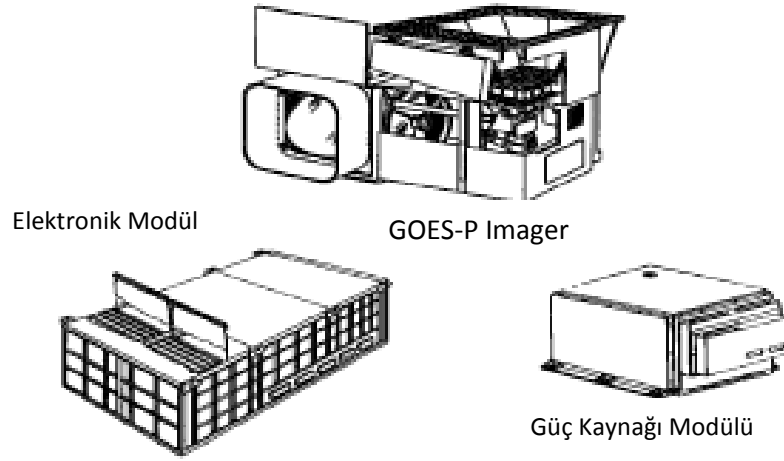
**Şekil 5.15 GOES-P Test Aşaması**

Yeni nesil meteoroloji uydularından GOES-P Florida'daki Cape Canaveral Hava Kuvvetleri Üssü'nden 5 Mart 2010 tarihinde Delta IV roketi yardımıyla uzaya fırlatıldı. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ve NASA işbirliği ile tasarlanan ve testleri yapılan bu uydu, fırtına gözlemleme ve meteorolojik olayları gözlemlemek için uzaya önceden fırlatılmış GOES uydularının sonuncusudur (Şekil 5.15).

35888 km. yükseklikte yer ile sabitlenebilmesi 10 günü bulmuştur. Yörüngeye oturduğunda ise ismi GOES-15 olacak. 5 ay boyunca uydudaki tüm aletler kontrol edilecek ve aletlerin ayarları tamamlanacak. NOAA'nın halihazırda çalışan 2 GOES uydusu daha bulunmakta; bunlar doğuda GOES-12 ve batıda GOES-11 uydularıdır.

GOES-P uydusu yüksek derecede gelişmiş kontrol sistemine sahip olup, geliştirilmiş ölçüm aygıtları ile donatılmıştır. Bu aygıtlar;

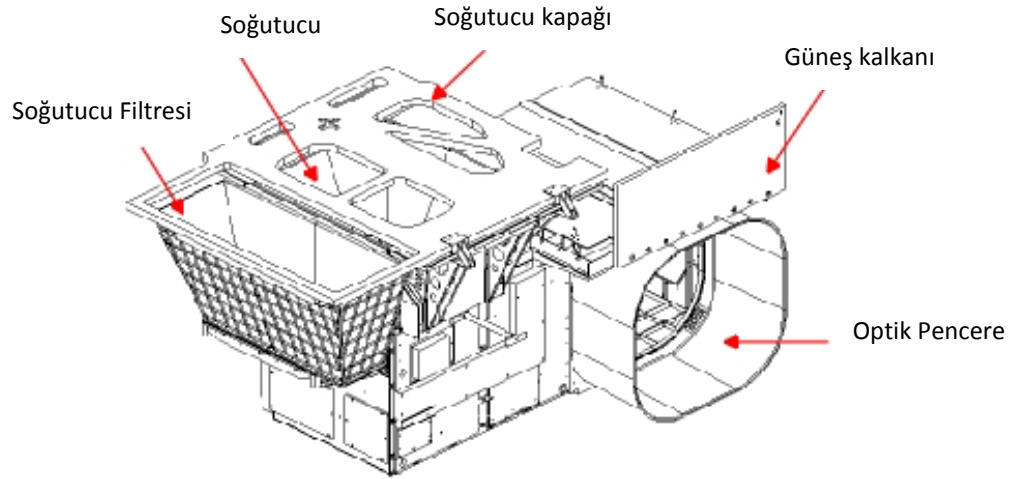
**GOES-P Imager :** Dünyadan yansıyan Güneş enerjisini ve infrared saçılımını hisseden çok kanallı (5 kanal) bir aygıttır. Doğu-batı ve kuzey-güney ekseninde tarama yapabilen aynalı bir kamera sistemi mevcut olup, tüm dünyanın görüntüsünü sektörler halinde birleştirip disk imajı olarak kaydedebilmektedir (Şekil 5.16).



**Şekil 5.16 GOES-P Imager ve Yardımcıları**

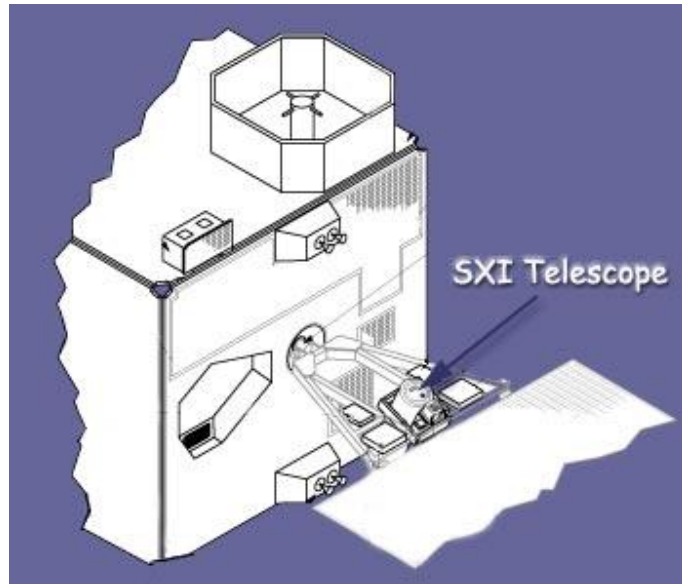
Görünür ve IR bantlarına ait tüm kanallardaki sinyalleri 10 bit olarak kodlar. Veri iletimi 2620800 bps.'dir. 5 kanallı görüntü sisteminde 22 adet dedektör mevcuttur. Görünür kanalda, silikon yapıdaki 8 dedektör, IR kanalında ise 4 farklı yapıda dedektör bulunmaktadır. Tarama sistemi, iki ekseninde hareketli aynaya sahip teleskoptan oluşmaktadır. Hareketli ayna sayesinde kuzeyden güneye 8 km.lik bir alan, doğu-batı yönünde saniyede 20 derecelik bir açıyla tarar [31].

**Sounder :** Atmosferin nem ve sıcaklık karakteristiklerini toplayarak saklayan, herbiri ayrı geçirgenlikteki filtrelerle düzenlenmiş toplamda 19 kanaldan oluşan bir ayardır (Şekil 5.17). 7 uzundalga (LW), 5 ortadalga (MW), 6 kısdalga (SW) ve 1 görünür dalgaboyundaki spektrumlarda spektral analiz yapabilir. Imager gibi Sounder aygıtı da tüm dünyanın görüntüsünü disk imajı olarak birleştirmektedir. Tüm kanallarındaki sinyaller 13 bit olarak kodlanır. Veri iletimi 40 kbps.'dir. 10 km.lik bir alanı tarama yapabilir. 31,1 cm. çapında teleskop penceresi mevcuttur. Görünür dalgaboyundaki kanal, bulutların tesbit edilmesi için 0,70  $\mu\text{m}$ . dalgaboyuna ayarlanmıştır. GOES uydusunun altsistemleri için güç kaynağı nominal değeri 42 Volt'tur. Sounder üzerindeki güç kaynağı bu gerilimin gerektiği kadarını DC/DC konvertör vasıtası ile elektronik devrelerine dağıtır [31].



**Şekil 5.17 GOES-P Sounder**

**Solar X-Ray Imager (SXI) :** SXI Güneş parlamalarının yerlerini, yüksek hızlardaki Güneş rüzgarlarının jeomanyetik etkilerini, patlamalarla oluşan ve manyetik rüzgarlarla taşınan kütlelerin tesbit edilmesini, aktif bölgelerinin yapısının ve sıcaklık değişimlerinin tesbitini sağlayan bir aygıttır (Şekil 5-18). Manyetik spektrumun X-ışınları bandında görev yapmaktadır. Güneş yüzeyindeki her bir aktiviteyi dakika dakika disk imajı olarak kaydedebilmektedir. Görüş alanı 0,7 derecedir. Topladığı sinyaller 12 bit olarak kodlanır. RAD6000 tipi mikroişlemcisi 20 Mhz. olup, yer istasyonundan alınan komutları işlemek için kullanılır. Bu sayede görüntülerin sıralanması, işlenmesi, arayüzlerin kontrolü, görüntünün yer istasyonuna aktarılması, dahili sistem saatinin çözünürlüğünü 1ms. den daha iyi durumda tutmak için yönetilmesi, işlemlerinde görevlidir.

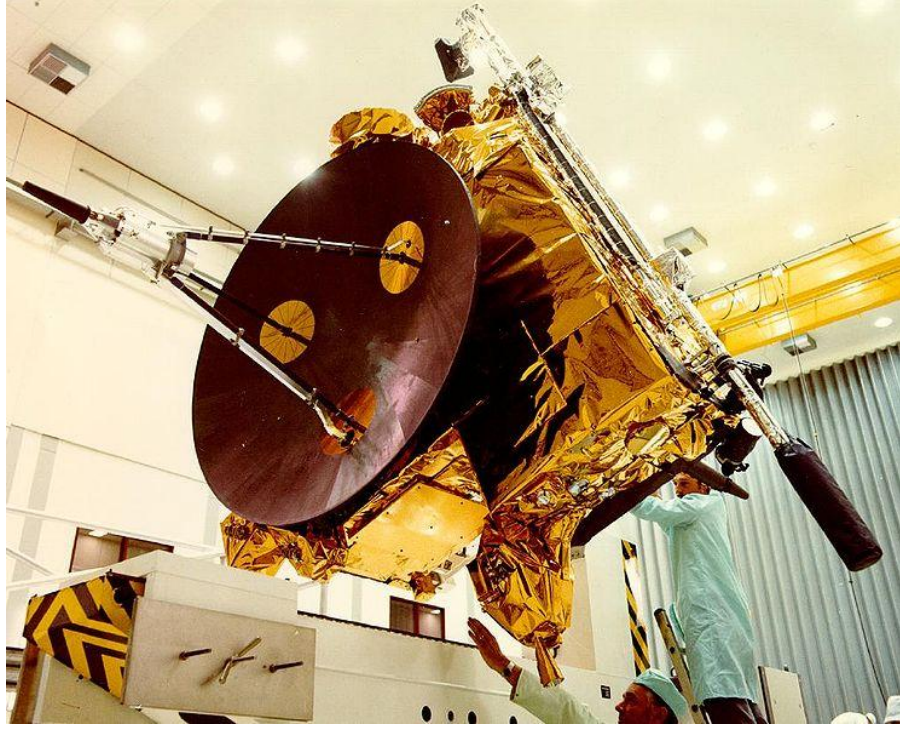


**Şekil 5.18 GOES-P Solar X-ray Imager (SXI)**

**Thermal Controller :** GOES-P uydusunda iki tip sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Termistörler ve platinyum resistörler. Platinyum resistörler, iticilerin ve Güneş panellerinin kontrol edilmesi gibi daha büyük operasyonlarda kullanılırken, termistörler, iç sıcaklığın  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $70^{\circ}\text{C}$  aralığında tutulması için daha kısıtlı işlemlerde kullanılır. Sensörler ünitelerin üzerine yada uydunun gerekli yüzeylerine yerleştirilmişlerdir [31].

Uzay bilimi tek bir bilim dalından oluşmamaktadır. Güneş ve gezegen araştırmalarından, kimyasal uygulamalara dek uzanan geniş çaplı ve birbiriyle sıkı ilişki içinde olması gereken bilimleri kapsamaktadır. Bütün bu bilimlerin ortak amacı ise, yakın ve derin uzayı araştırırken bizlere olabildiğince bol miktarda bilgi ve örnek sağlaması, belki de maddenin varlığının, oluşumunun yada oluşum nedenlerinin tesbit edilmesidir. ESA, NASA, JAXA vb. birçok uzay kurumu bilgiye ve cevaplara ulaşmak için bütün bu bilim programları üzerinde yoğun olarak çalışmaktadır. Bu denli geniş çaplı bir alana yayılmış projelerin tümünü saymak, burada mümkün olamayacaktır.

Yörüngelerinde görev yapan araştırma uydularına örnek olarak Ulysess (Şekil 5.19), INTEGRAL, XTE, Swift uydularını verebiliriz.



**Şekil 5.19 Ulysess**

Güneş çevresinde kutupsal bir yörüngeye oturtulmak üzere 1990 yılında Discovery Uzay Mekiği'yle (STS-41 görevi) fırlatılan Ulysses uzay aracı, bu yörüngenin gerektirdiği ivmeyi kazanması amacıyla Jüpiter'in yakınından geçerek gezegenin çekim gücünden yararlanabileceği bir yol izledi. Asıl ismi Odysseus olarak planlanmış olup, daha sonra ismi Ulysses olarak değiştirilmişti. Asıl olarak 1986 yılında Challenger Uzay Mekiği ile fırlatılması planlanmıştı; fakat Challenger'ın kaybıyla birlikte, fırlatma dört yıl gecikti. 8 Şubat 1992'de Jüpiter'in 450.000 km. kadar yakınından geçen araç, bu fırsatı değerlendirerek 2-14 Şubat tarihlerini kapsayan dönemde Jüpiter'in manyetosferi üzerinde yoğunlaşan gözlemlerde bulundu. IO uydusunun Plazma Torus'u içinden geçerek ölçümler yaptı, manyetosferin çeşitli bölgelerinde manyetik alan, değişik frekanslarda ısınımlar, yüksek enerjili parçacıklar, ve plazma bileşenlerini hedef alan çok sayıda gözlem yaptı. Jüpiter yakın geçişi sonrasında kazandığı kutupsal yörüngesi sayesinde, Jüpiter manyetosferinin tutulum düzlemi dışındaki daha önce araştırılmamış bölgelerinde de gözlem yapma olanağını sağlamıştır. 18 yıl 9 aylık bir sürenin ardından, uydunun görevi sona erdi [40].

Bilimsel amaçlı kullanılan diğer bir uydu tipinin uzay istasyonları olduğunu belirtmiştik. Bu yapılar uydudan çok, parça parça birleştirilerek oluşturulmuş dev laboratuvarlara benzemektedirler. Bunlara en güzel örnek LEO yörüngesinde bulunan Uluslararası Uzay İstasyonu (International Space Station-ISS) verilebilir. 1998 yılından itibaren yörüngesinde inşa edilmeye başlanmış ve 2010 yılı itibariyle tamamlanması planlanmıştır. Görevlerinin süresi ise 2015 yılına kadar planlıdır. 2009'da yeni

eklentilerin de yapılmasıyla, Dünya'nın en büyük yapay uydusu konumuna gelmiş bir uzay istasyonudur [42].

ISS programı Birleşik Devletler Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), Rus Federal Uzay Ajansı (ROSCOSMOS), Japon Uzay Ajansı (JAXA), Kanada Uzay Ajansı (CSA) ve 10 Avrupa ülkesinin bulunduğu Avrupa Uzay Ajansı (ESA) birlikteliğinde yürütülmektedir. Brezilya Uzay Ajansı (AEB), NASA ile yaptığı ayrı bir anlaşma ile bu ortaklığa katkıda bulunmakta, İtalyan Uzay Ajansı (ASI) ise ESA'nın ISS projelerine tamamen katıldığı gibi, ayrı olarak da değişik anlaşmalarla katkı sağlamaktadır. Çin hükümeti ise Rus Uzay Ajansı ile birlikte programa destek sağlamak istediğini belirtmiştir [42].



**Şekil 5.20 ISS**

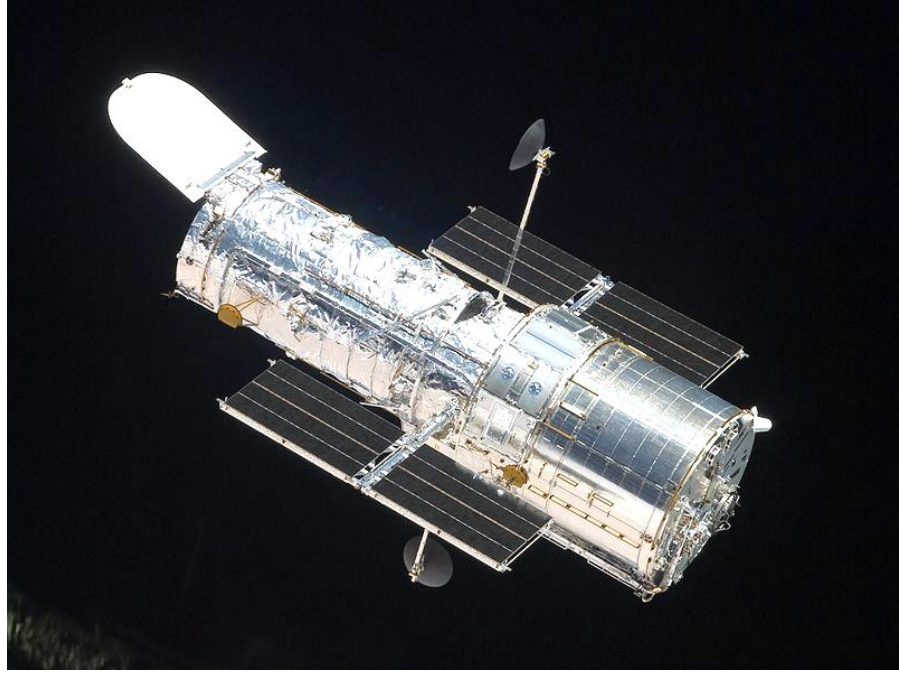
Uzay istasyonu, Dünya'dan çıplak gözle de görülebilir şekilde Alçak Dünya Yörüngesinde yerden 350 km. kadar yükseklikte, 27700 km/h ortalama bir hızla dolanmaktadır. Gün içerisinde yörüngesini 16 (15.7 tam olarak) kez tamamlar (Şekil 5.20). ISS'de ilk Keşif 1 görevinden beri 2 Kasım 2000 tarihinden başlayarak insanlı uçuşlar yapılmıştır. 3 kişilik mürettebat kapasitesi, son eklentiler ve gerekli enerjiyi sağlayabilecek yeni Güneş hücresi panelleriyle istasyonda, 6 kişiyi çalışabilecek duruma getirmiştir. İstasyon şu ana kadar 16 farklı ülkeden görevli astronotları ve 6 uzay turistini ağırlamış bulunuyor [41].

28  $m^2$ lik Güneş panelleri 34 Volt ve 3 kW. değerlerinde elektrik gücü sağlayabiliyor. İçinde ise 72  $m^3$ 'lük hacimde dünya atmosferi kimyasına denk atmosferi bulunuyor. İstasyonun şu anki haliyle temel gelişimden birincil olarak sorumlu olan ülke halen Amerika Birleşik Devletleridir. 3 birleştirici modülü, 1 laboratuvarı, 4 Güneş paneli, yaşam alanı modülleri ve diğer ek modül ve blokları ile en büyük paya sahipler [41].

Yeryüzünde yapılması daha zor ve zahmetli olan, uzun zaman alabilen protein kristal çalışmaları, uzay şartlarında kolayca yapılabilmekte ve proteinlere ait yapıların daha iyi anlaşılabilmesine olanak tanımaktadır. Elde edilen bilgiler, bizi hem yaşamın kaynağını anlama noktasına biraz daha yaklaştırmak, hem de yeni ilaçlar gibi pratik ve oldukça faydalı gelişmeleri yaratabilme niteliğine sahipler. Tıpla alakalı olarak bir başka araştırma alanı da doku kültürleridir. Doku kültürlerinin hazırlanması ve bu kültürlerin yaşatılmasında gerekli olan steril ve yerçekimsiz ortam uzay şartlarında yaptığımız her yönde rahatlıkla bulunabiliyor. Yerçekimsiz bir ortam, kültür veya kültürler hazırlamak için çok gerekli olmasa da, böyle bir ortam dokuların dış basınç etkisinden daha az etkilenmesine ve daha pürüzsüz bir gelişime olanak tanıyor. Doku kültürleri ile, yine canlılık sisteminin ince noktalarını kavramamız için pek çok deney yapılabilmektedir. Yerçekimsiz ortamın insan vücudu üzerine olan etkilerinin araştırılması da insanlığı gelecekte yapılacak başka yolculuklara hazırlamakta ve bize yeni bilgiler kazandırmaktadır [43].

Uluslararası Uzay İstasyonu'nda her şeyden önce uzayın ne olduğu öğrenilmektedir. Dünya daha yoğun bir donanım ile izlenebilmekte, dünyanın ve uzayın bilinmezliklerine ilişkin detaylı raporlar elde edilebilmektedir.

Astronomi görevi yapan uydularda bilimsel uydu sınıfına girmektedir. Örneğin bir teleskop ile yeryüzünden bakıldığında bir çok yıldız ve gezegeni birarada görmeniz mümkündür. Ancak keşfedilmeyi bekleyen sayısız galaksiyi, gezegeni veya karadelik gibi oluşumları görmek yeryüzündeki güçlü teleskoplarla bile bazen mümkün olamamaktadır. Bunun en büyük nedeni, atmosferdir. Gaz moleküllerinden oluşan atmosfer, meteorolojik etkenlerle de birleştiğinde, uzay boşluğundaki nesneleri keşfetmek isteyen biri için buğulu bir cam etkisi yaratmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için geliştirilen astronomi uyduları, uzay boşluğundaki yörüngelerinde olumsuzluklardan etkilenmeksizin teleskop görevini yerine getirip, keşfettiği oluşumları yada nesneleri yer istasyonlarına iletmektedir. Bilinen en iyi astronomi uydusu HUBBLE uzay teleskobudur (Şekil 5.21).



**Şekil 5.21 Hubble Uzay Teleskobu**

Nisan 1990'da STS-31 Görevi esnasında Uzay Mekiği Discovery tarafından Dünya etrafındaki yörüngesine taşınmış bir uzay teleskopudur. İlk uzay teleskopu olmamasına rağmen, Hubble en büyüklerindendir ve birçok üstün özelliğe sahiptir. Ayrıca hem hayati öneme sahip bir araştırma aracı olması hem de astronomi için etkili bir unsur olması nedeniyle çok tanınmıştır. NASA ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) arasında ortak bir çalışmadır ve Compton Gama Işını Gözlemevi, Chandra X-ışını Gözlemevi ve Spitzer Uzay Teleskobu projelerinden oluşan NASA'nın Büyük Gözlemeleri programının bir parçasıdır [27]. Hubble uzayda bakımı astronotlar tarafından yapılacak şekilde tasarlanmış tek teleskoptur. Sonuncusu Mayıs 2009'da olmak üzere beş adet bakım uçuşu gerçekleştirilmiştir. İlk servis uçuşu Aralık 1993'te Hubble'ın görüntüleme hatasının düzeltilmesi için gerçekleştirildi. 2, 3A ve 3B bakım uçuşları sırasında çok sayıda alt sistem onarılmış ve birçok gözlem cihazı daha modern ve yetkin olanlarıyla değiştirilmiştir. Ancak, 2003 yılında Columbia Uzay Mekiği'nin yaşadığı kazadan sonra beşinci bakım uçuşu güvenlik gerekçeleri ile iptal edildi. Uzun tartışmalardan sonra NASA kararını tekrar gözden geçirdi ve kurumun yöneticisi Mike Griffin son kez olmak üzere bir servis uçuşu yapılmasına karar verdi. Son bakımı Mayıs 2009'da gerçekleştirildi; iki yeni cihaz takıldı ve çok sayıda tamir yapıldı.

Fırlatıldığında Hubble 5 bilimsel cihaz taşıyordu; Geniş Alan ve Gezegen Kamerası (WF/PC), Goddard Yüksek Çözünürlük Tayfölçeri (GHRS), Yüksek Hız Fotometresi (HSP), Silik Nesne Kamerası (FOC) ve Silik Nesne Tayfölçeri (FOS). Geniş Alan ve Gezegen Kamerası (WF/PC), esas olarak optik gözlemler için geliştirilmiş bir yüksek çözünürlük görüntüleme aracıydı. Bu cihaz NASA'nın Jet Roket Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş ve özel astrofiziksel araştırmalar için tayf

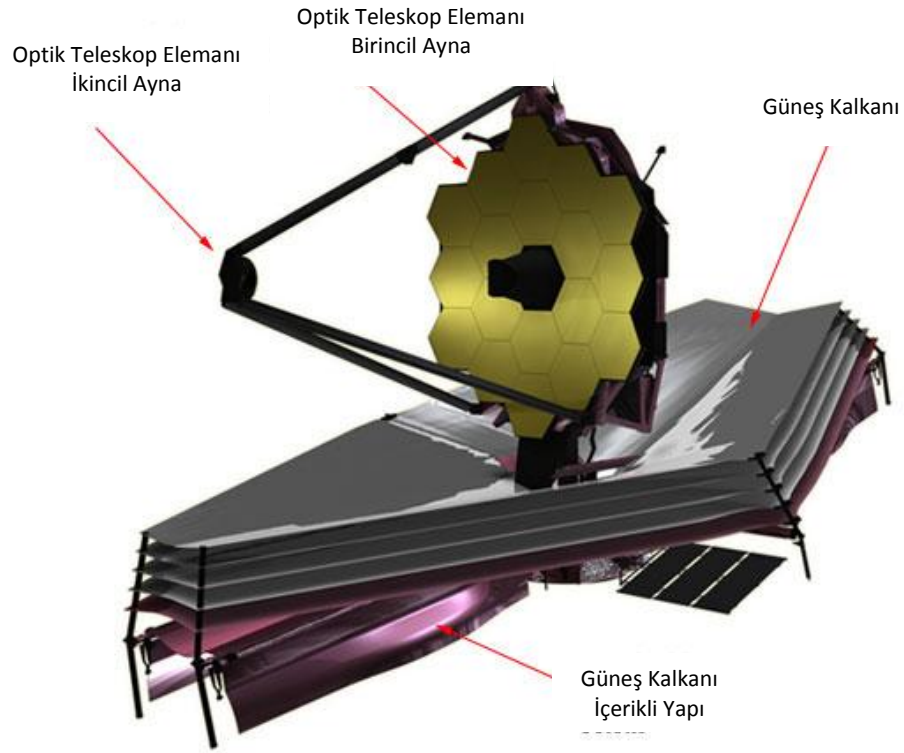
izgilerini izole eden 48 tane filtreden oluşturulmuştu. Cihaz, her biri 4 tanesini kullanacak şekilde 2 kamera arasında bölüştürülmüş 8 tane CCD ipi içermektedir. "Geniş alan kamerası"(WFC) znrlğn çoğalmasına bağlı olarak geniş açıda bir alanı kapsamaktaydı; "gezegen kamerası" (PC) ise sahip olduğu daha büyük büyültme gücü ile geniş alan kamerasının çiplerine nazaran daha etkili odak uzaklığındaki görüntüleri almaktaydı [44].

Goddard Yüksek znrlk Tayfölçeri (GHRS), ultraviyole ışığında çalışmak üzere tasarlanmış bir tayflerdi. Goddard Uzay Uçuş Merkezi'nde imal edilmişti ve 90,000'lik spektral çözünürlüğü gerekleştirebiliyordu. Ultraviyole gözlemleri için imal edilen diğer cihazlar FOC ve FOS'du; bunlar Hubble'da yer alan cihazlar arasında en st düzey uzamsal yeterliliği olan araçlardı. CDD'lere nazaran bu üç cihaz algılayıcı olarak foton-sayıcı olarak kullanıyordu. FOC, ESA tarafından yapılırken, FOS Martin Marietta şirketi tarafından imal edilmişti [45].

Son cihaz ise Madison'daki Wisconsin niversitesi tarafından tasarlanıp imal edilen HSP'ydi. Farklı yıldızların ve parlaklık açısından değişiklik gösteren diğer astronomik nesnelerin görülebilir ve ultraviyole ışınlarının gözlemlenebilmesi için geliştirilmişti [45].

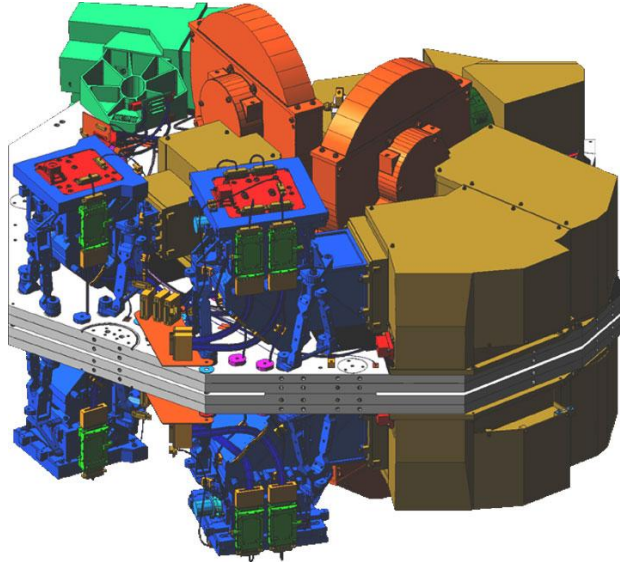
Hubble'ın kılavuz sistemi de bilimsel bir cihaz olarak da kullanılabilir. Cihazın üç adet Hassas Kılavuz Algılayıcıları (FGS'ler) bir gözlem sırasında teleskobu sabit tutmak için kullanıldıkları gibi yaklaşık olarak 0.0003 arc saniye kesinlikte en ileri seviyede astronometri ölçümleri de yapabilmektedirler. Hubble, 612 km. yükseklikteki yörüngesinde, optik, ultraviyole ve yakın-kızıl ötesi dalgaboylarında gözlem yapmaktadır. Teleskop 13,2 m. uzunluğunda ve 4,2 m. apındadır. Yörüngesindeki 1 tam turunu 96 dk.'da tamamlar. 2,4 m.'lik birincil aynası, astronomik objelerden aldığı görüntüyü, 30 cm.'lik ikincil aynasına gönderir. İkincil ayna gelen görüntüyü WF/PC'ye göndererek buradaki diğer elektronik ekipmanlar yardımıyla görüntü verisini elde etmiş olur. Yerde konuşlu teleskoplara göre 5-10 kat daha iyi çözünürlüğe sahiptir [28].

2014 yılında fırlatılmak üzere NASA tarafından üretim programına dahil edilen The James Webb Uzay Teleskobu (JWST) eskiyen Hubble Uzay Teleskobu'nun kızılötesi bandındaki araştırma görevini gerçekleştirecektir (şekil 5.22). Asıl hedefi evrende yer alan daha uzaktaki cisimleri;diğer temel cihazlar veya Hubble'ın görmediği cisimleri, gözlemlemek olacak. JWST, NASA'nın başkanlığında 15 farklı devletin, Avrupa Uzay Ajansı ve Kanada Uzay Ajansı'nın ortak yürüttüğü bir projedir. Dünya'dan 1,5 milyon km. uzaktaki yörüngesinde görev yapması planlanmaktadır [29].



**Şekil 5.22 James Webb Uzay Teleskobu**

**Near Infrared Camera (NIRCam) :** Üzerinde taşıdığı Near Infrared Camera (NIRCam) teknolojisi 10 adet mercury-cadmium-telluride (HgCdTe) algılayıcı dizisi ile 0,6-5  $\mu\text{m}$ . dalgaboyunu algılamaktadır (Şekil 5.23).



**Şekil 5.23 NIRCam**

**MID-IR ve Near-IR Dedektörleri :** Infrared Dedektörü olarak Raytheon firmasına ait Mid-IR detector ve Rockwell firmasına ait Near-IR Detector kullanılacaktır. 4 mega-pixel çözünürlüklü (NIR) mercury-cadmium-telluride dedektörü 0,6-5  $\mu\text{m}$ ., 1 mega-pixel çözünürlüklü Mid-IR silicon-arsenic dedektörü 5-29  $\mu\text{m}$ . dalgaboylarında algılama yapabilmektedir (Şekil 5.24).



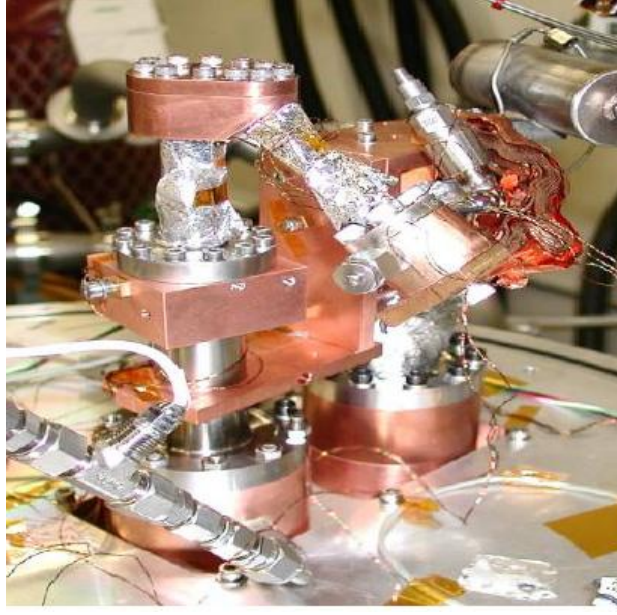
**Şekil 5.24 MID-IR ve Near-IR Dedektörleri**

**Cryogenic Data Acquisition Integrated Circuit :** Mid-IR ve Near-IR dedektörlerinden elde edilen analog sinyali 16 bit dijital yapıya çeviren analog-digital konverter olarak görev yapar. Üretilen verinin uygun şekilde dağıtılması için düşük güçle çalışan bir mikroişlemciye sahiptir. Güneşten gelecek konvansiyonel ısıya karşı gürültü karşılaştırması yapabilmektedir (Şekil 6.25).



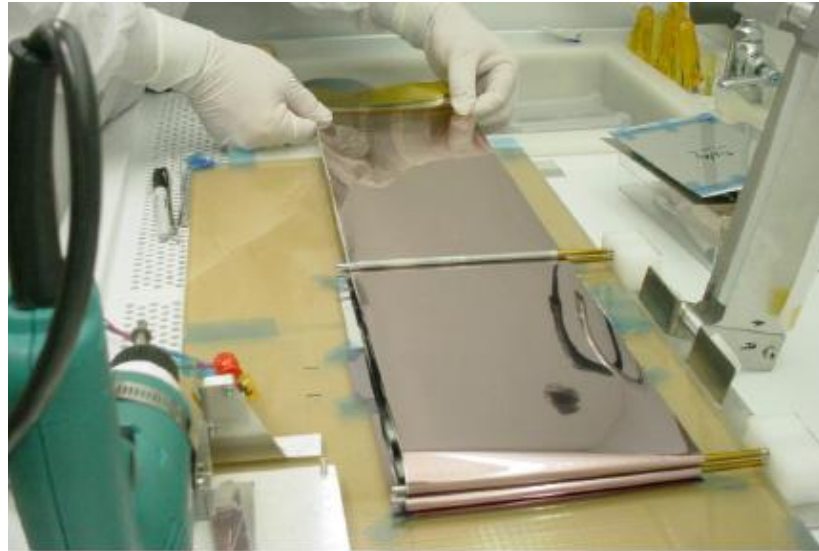
**Şekil 5.25 Cyro ASIC Tümleşik Devresi**

**Cryocooler :** Mid-IR dedektörünün sağlıklı olarak algılama yapabilmesi için gerekli olan 7K'lık ( $[K] - 273.15 = [^{\circ}C] = 266,15^{\circ}C$ ) sıcaklığı sağlamakla görevlidir. Soğutma başlığı 20 metre mesafeden Cryocooler kompresörü yardımıyla elektronik devrelere soğutma yapabilmektedir. Bu sayede Mid-IR dedektörü, cisimlerden gelen ısı değişimliklerini algılayabilecek sıcaklıkta tutulmaktadır (Şekil 5.26).



**Şekil 5.26 Cryocooler**

**Sunshield** : Güneş kalkanı olarak adlandırdığımız bu materyal, Güneşin etkisiyle iç sıcaklığın artmasını önleyerek ısıнын 50K'in ( $-223,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) altındaki sıcaklıklarda tutulmasını sağlamaktadır (Şekil 5.27). Silikon kaplı Kapton maddesi, Güneş ısısını yansıtıcı özellikte olup termal bir kalkan görevi görür. Kapton maddesi polimer film yapısındadır.  $-273$  to  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda stabildir. Ayrıca esnek baskı devre yapımında da kullanılmaktadır. Mekanik, termal, mikrometeoroid ve radyasyon testlerinde başarılı olmuştur.



**Şekil 5.27 Sunshield**

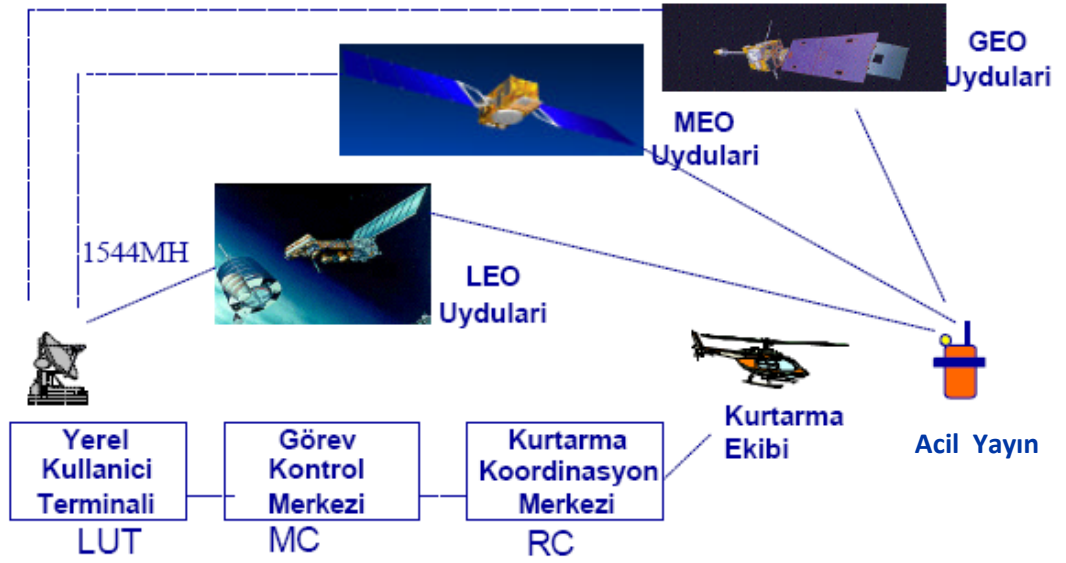
### 5.3.6. ARAMA KURTARMA UYDULARI

Ülkemizde ve dünyada mevcut Arama Kurtarma operasyonları, çoğunlukla LEO ve GEO uyduları destekli COSPAS/SARSAT sistemleri ve diğer olanaklar ile yürütülmektedir. Daha etkin, hızlı ve düşük maliyetli sistemlerin kurulması ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar sonucunda gelişmiş ülkeler, MEOSAR sistemlerinin kurulmasına yönelik çalışmalara başlamışlardır.

COSPAS-SARSAT Sistemini oluşturan, Cezayir, Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Şili, Çin, Güney Kıbrıs, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, Hindistan, Endonezya, İtalya, Japonya, Kore, Madagaskar, HongKong, Norveç, Yeni Zelanda, Nijerya, Hollanda, Pakistan, Peru, Polonya, Rusya Federasyonu, Suudi Arabistan, Singapur, Güney Afrika, İspanya, İsveç, İsviçre, Tayland, Tunus, Türkiye, İngiltere, Amerika, Vietnam'dan oluşmaktadır [38]. Bu sistem Dünya'nın pek çok ülkesinde bulunmaktadır.

Arama-Kurtarma modüllerinin yer aldığı LEO ve GEO uydularının algıladığı 406 MHz. veya 121.5-243 MHz.'de çalışan imdat vericilerinden alınan sinyaller COSPAS-SARSAT ağı içerisinde yer alan ülkelerde kurulu görev merkezlerine gönderilmesi sonucunda acil müdahale imkanı ve kurtarma çalışmalarına en kısa sürede başlanması imkanı sağlamaktadır. COSPAS-SARSAT sisteminin yapısı; Acil durumlarda sinyal gönderen vericiler (hava, deniz veya kişisel araçlarla), Acil durum vericileri tarafından yayınlanan sinyalleri alan ve Dünya ile eş zamanlı ve dünyaya yakın yörüngede bulunan uydularda mevcut olan cihazlar, Mahalli Kullanıcı Terminalleri olarak isimlendirilen ve uydu tarafından gönderilen sinyalleri algılayarak duruma göre alarm sinyalleri oluşturan anten sistemleri, Mahalli Kullanıcı Terminalleri tarafından oluşturulan alarmları işleyen ve bunları Kurtarma Koordinasyon Merkezlerine ve Arama ve Kurtarma Alt Temas Noktalarına gönderen Görev Kontrol Merkezleri şeklindedir.

2009 yılı itibarı ile 121.5 MHz. vericilerin devre dışı bırakılması ve bu vericilerde ID bilgisinin yer almaması, 2009 yılından sonra daha gelişmiş ve daha çok ID bilgisi içeren, konum tespitinde daha net bilgiler gönderen 406 MHz. vericilerin kullanımının daha da yaygınlaşacağı ayrıca konum tespit süresinin LEO-GEO sistemlerinden daha kısa sürede yapılabilmesi hususunda yapılan çalışmalar sonucu MEOSAR adı verilen sistemin geliştirilmesi yönünde çalışmalara başlamıştır [46].



**Şekil 5.28 MEOSAR Sisteminin Uluslararası SAR sistemine dahil edilmesi**

MEOSAR sistemi, COSPAS/SARSAT sistemlerinin yetersizliğinden ortaya çıkmıştır (Şekil 5.28). Daha hassas konum bilgisi ve ID bilgisi vermesi planlanmaktadır. Bazı durumlarda tesbit edilen konum bilgisi ile gerçek konum çakışmamakta olup can kaybına sebep olabilmektedir. Bazı durumlarda verici cihazın COSPAS/SARSAT sisteminin kapsama alanında olması gerekmektedir. Bu durum özellikle denizciler için bir dezavantajdır.

MEOSAR sistemlerinin S bandında test çalışmalarına başlanmasının sebebi uydu üzerinde yer alan diğer vericiler ile frekans karışımının engellenmesidir. Sistem halihazırda kullanılan COSPAS-SARSAT (LEO) verilerini de alabilecek ve ileride devreye girecek olan GALILEO serisi ve GLONASS uydu verilerini alabilecek şekilde tasarlanmıştır [47]. Anten sistemleri ileride S banttan L bandına geçildiğinde iletişimde problem yaşanması ihtimalini ortadan kaldırmak amacı ile S frekans bantlarında da çalışacak şekilde çift bantlı ve çift polarizasyonlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece sadece GEO ve LEO yerel terminallerinden gelen durum bilgisinin değerlendirilmesinin yanı sıra MEOSAR'dan gelen bilginin de gözlemlenmesini sağlayarak kaza mahallinin konumunun %99 oranında daha kesin olarak saptanarak can kaybının ortadan kaldırılmasına hizmet edecektir [48].

Kurulacak olan MEOSAR sistemi ile var olan C/S sisteminde anlık alınan sinyallerin yeryüzü kapsama sahasındaki artış oranı, tehlike çağrılarında kısaltılan müdahale süresi, VTS/OTS sistemlerinin birleştirilmesi ile arttırılan anlık izlenen gemi sayısının arttırılması planlanmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 5.2'de SARSAT sisteminde kullanılan 121,5 MHz. ile 406 MHz. frekansları arasındaki farklılıklar verilmektedir [39].

**Çizelge 5.2 SARSAT Sistemi Özellikleri**

|                          |                 |                                  |
|--------------------------|-----------------|----------------------------------|
| KARAKTERİSTİK            | 121.5/243.0 MHz | 406 Mhz                          |
| Pozisyon Doğruluğu       | 20 - 30 km      | 2 - 5 km                         |
| Kapsama                  | Yerel           | Küresel                          |
| Kullanıcı Tanımlama Kodu | Yok             | Var                              |
| Verici Güç Çıkışı        | 50 - 100 mW     | 5 W                              |
| Sinyal Tipi              | Analog          | Digital                          |
| Sinyal Tekrarlaması      | Devamlı         | Her 50 Saniyede<br>440 ms. yayın |

## **6. TÜRKİYE’DE DURUM VE TSK’NIN YERİ**

### **6.1. TÜRKİYE’DE YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Öyle görünüyorki Türkiye’de uzay teknolojileri alanında yapılan çalışmalar ve bazı alt sistemlerin uluslararası düzeyde talep görmesi yakın gelecekte mümkün olabilecektir. Ülkemizde gerek altyapı gerekse insan kaynaklarını geliştirme adına çalışmalar sürmekte ve uluslararası uzay endüstrisine ürün ve hizmet sağlayarak aranılan bir ülke olmak adına gerekli adımları atma yolunda çalışmalara devam edilmektedir. Bu çalışmalara öncelikle TÜBİTAK ile başlamak gerekirse;

#### **6.1.1. TÜBİTAK VE ULUSLARARASI İLİŞKİLERİ**

TÜBİTAK 1963 yılında kurulmuştur. Kuruluş aşamasında en temel görevleri, özellikle doğa bilimlerinde temel ve uygulamalı akademik araştırmaları desteklemek ve genç araştırmacıları teşvik etmek, özendirmektir. TÜBİTAK, Türkiye’nin bilim ve teknoloji politikalarının belirlenmesinde Hükümete yardımcı olmak sorumluluğunu, ilk kez “Türk Bilim Politikası; 1983-2003” dokümanını hazırlama görevini üzerine alarak üstlenmiştir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun (BTYK) 1983 yılında kurulması ve bu kurulun sekreteryası görevinin TÜBİTAK’a verilmesi, bu sorumluluğu belirgin ve somut bir görev haline getirmiştir. Bu görevle bağlantılı olarak, TÜBİTAK önümüzdeki yirmi yıllık dönemde uygulanacak bilim ve teknoloji politikalarının belirlenmesine yönelik olarak “Vizyon 2023” adlı kapsamlı bir proje gerçekleştirmiş, ayrıca 2005-2010 Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları Uygulama Planı, 2008-2010 Ulusal Yenilik Stratejileri Uygulama Planı ve 2007-2010 Uluslararası BTY Stratejileri Planının hazırlanmasında koordinasyonu sağlamıştır.

TÜBİTAK, kuruluş kanunu gereği, uluslararası ikili ve çok taraflı bilimsel ve teknolojik işbirliği faaliyetlerinde Türkiye’yi temsil etmekte ve bu alandaki koordinasyonu sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, Türkiye’nin 2003 yılından itibaren AB Çerçeve Programlarına tam katılımı sonrasında bu programların ulusal koordinasyonunu sağlamaktadır. TÜBİTAK’ın yapmış olduğu işbirliği faaliyetlerine bir göz atacak olursak;

**Avrupa Komisyonu ;** Avrupa Komisyonu Küresel Yeryüzü Gözlem Grubu (GEO) Avrupa Proje Çalıştayı 8–9 Ekim 2009 tarihlerinde İstanbul’da TÜBİTAK’ın ev sahipliğinde gerçekleştirilmiştir. Burada amaçlanan,

- GEO girişimi ile Yeryüzü Gözlemi üzerine olan ve Çerçeve Programlarca fonlanan Avrupa Komisyonu projelerinin arasındaki işbirliğini artırarak Küresel Yeryüzü Gözlem Sistemleri (GEOSS) bağlamında bütünleşmiş bir Avrupa Yeryüzü Gözlem yaklaşımına katkı sağlamak,

- Avrupa'nın GEOSS'un Küresel Veri Setlerinin katkısını artırmak ve bunu kalıcı kılmak GEO tarafından gerçekleştirilmiş olan ilerlemeleri 2010 GEO Bakanlıklar Düzeyindeki Çin Zirvesi için planlamak ve hazırlamaktır.

TÜBİTAK'ın ev sahipliğinde yapılan bu çalışmaya Avrupa'dan 45 proje koordinatörü ve uzmanı ile Türkiye'den 30 Bilim insanı ve uzman katılmış, Avrupa Komisyonu destekli 35 projenin poster gösterimi yapılmış ve çalıştay süresince Türk ve Avrupalı uzmanlar arasında Avrupa Komisyonu 7. Çerçeve Programına yönelik işbirliği geliştirme amaçlı çalışmalar yapılmıştır [57].

**GEO Küresel Yer Gözlem Grubu Türkiye Etkinlikleri ;** 13. GEO Bilim ve Teknoloji Eş başkanlar Komite Toplantısı TÜBİTAK'ın ev sahipliğinde, 24-26 Mart 2010 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. GEO sekreterliği, NASA, Avrupa Komisyonu, WMO, ICSU başta olmak üzere çeşitli uluslararası kuruluş ve ülkelerden temsilciler, Türkiye'den TÜBİTAK ile kamu kesiminden ilgililer katılmıştır. Toplantının özel gündem konusu afetler olarak belirlenmiştir [57].

**Rusya Federasyonu Uzay Ajansı ;** Rusya Federal Uzay Ajansı (Roscosmos) ile TÜBİTAK arasında "Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla Keşfi ve Kullanımı" Alanında İşbirliği Mutabakat Zaptı TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Nüket YETİŞ ve Roscosmos Başkanı Anatoly Perminov tarafından 6 Ağustos 2009 tarihinde Ankara'da imzalanmıştır. 5 yıl geçerliği olacak Mutabakat Zaptı çerçevesinde taraflar, aşağıdaki alanlarda ortak faaliyetler geliştirmeyi amaçlamaktadır;

- Astrofizik araştırma ve gezegenlerle ilgili çalışmalar da dahil olmak üzere dış uzayın keşfi,
- Dünyanın uzaydan uzaktan algılanması ve uzay meteorolojisi,
- Uydu seyrüseferleri, ilgili teknolojiler ve hizmetler,
- Uzay haberleşme, televizyon, yayın ve ilgili bilgi teknolojileri ve hizmetleri,
- Uzay atıklarının oluşumunu izleme, önleme ve azaltma dahil olmak üzere uzay çevresinin korunması,
- Yeryüzü uzay altyapısı ve kullanımı.

Türkiye ile Rusya arasında uzay alanında ortak bir işbirliği geliştirmek üzere Rusya'nın uzay altyapısı ve uzay yeteneklerinin yerinde görülmesi ve ortak işbirliği alanlarının belirlenmesi amacıyla Roscosmos'un resmi davetlisi olarak TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Nüket Yetiş'in başkanlığında, ilgili tüm kurum ve kuruluşların yetkililerinden oluşan bir heyet 15-19 Eylül 2009 tarihleri arasında Moskova'daki ilgili uzay kuruluşlarına ziyarette bulunmuştur.

TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Nüket Yetiş ile Roscosmos Başkanı Anatoly Perminov arasında ziyaretin sonuç bildirgesini gösteren bir protokol imzalanmıştır. Bu protokolle taraflar arasında ortak bir çalışma grubu kurulması karara bağlanmıştır. Bu kararın ardından 7-10 Aralık 2009 tarihlerinde TÜBİTAK TÜSSİDE’de (Gebze) “Türkiye-Rusya Uzay Araştırmaları ve Teknolojileri” konusunda ortak çalıştay ve TÜBİTAK-Roscosmos Ortak Çalışma Grubu Birinci Toplantısı düzenlenmiştir. Toplantı sonunda, “Türk-Rus Uzay Alanında İşbirliği Ortak Çalışma Grubu İlkeleri” ve “Türk-Rus Uzay Alanında İşbirliği Ortak Çalışma Grubu Birinci Toplantısı Tutanağı” imzalanmıştır. Tutanakta, çalışma gruplarınca belirlenen, TÜBİTAK ve Roscosmos’un işbirliğiyle yürütülebilecek, 4 ana başlık altında yaklaşık 30 proje konusu yer almaktadır.

Buna ek olarak, Türk-Rus Hükümetlerarası Karma Ekonomik Komisyonu (KEK) 10. Dönem Toplantısı çerçevesinde Roscosmos yetkilileri 5-6 Mayıs 2010 tarihinde TÜBİTAK Başkanlığını ziyaret etmişlerdir. Yapılan ziyarette, KEK Toplantısı sonucunda imzalanacak protokolde TÜBİTAK ve Rus Uzay Ajansı (Roscosmos) arasında “Uzay Alanında İşbirliği” başlığı altında imzalanacak metin, ikili ilişkilerde varılan nokta ve gelecekte yapılabilecekler değerlendirilmiştir. Uzay alanında ülkemizle başlatılan işbirliklerinde daha güçlü bir çerçeve oluşturmaya ve işbirliğini çeşitlendirmeye yönelik olarak Rusya tarafı uzay alanında hükümetlerarası iki taslak anlaşma metnini TÜBİTAK’a iletmış olup, metinler Dışişleri Bakanlığı tarafından incelenmektedir [57].

**Almanya Uzay Ajansı ;** Almanya’daki uzay faaliyetlerinin yerinde görülerek uzay alanında ikili işbirliği olanaklarının araştırılması amacıyla Alman Uzay Ajansı (DLR)’ın davetlisi olarak TÜBİTAK koordinasyonunda Türk Uzay sanayi uzmanlarından oluşan bir heyet 13-17 Eylül 2009 tarihleri arasında Almanya’ya ziyaret gerçekleştirmiştir. Türk heyetinin Almanya’yı ziyaretiyle başlatılan ilişkilerin devamında, 21-25 Şubat 2010 tarihlerinde Alman Uzay Ajansı (DLR) başkanlığında, Almanya’da uzay alanında faaliyet gösteren firmalar ve üniversitelerden oluşan bir heyet ülkemizi ziyaret etmiştir. 22 Şubat’ta heyetin TÜBİTAK Başkanlığını ziyaret etmesi ile başlayan ve her iki ülkeden özel sektör ve kamu sektöründe uzay alanında faaliyet gösteren başlıca aktörleri bir araya getiren program, hem Ankara ve hem de İstanbul da çeşitli kurum/kuruluşları ziyaretleri ile devam etmiştir. Tüm paydaşların bir araya geldiği bu toplantılarda önümüzdeki dönemde yapılması muhtemel işbirlikleri ile ilgili görüşülmüştür. Ayrıca, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Bilkent Üniversitesi, TAI, ASELSAN, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve İstanbul Teknik Üniversitesi ziyaret edilmiştir [57].

**Birleşmiş Milletler ;** Birleşmiş Milletler-Avrupa Uzay Ajansı-Türkiye ortak katkısıyla “Uzay Teknolojisi Uygulamalarının Sosyo-Ekonomik Yararları” konu başlıklı çalıştay 14-17 Eylül 2010 tarihlerinde İstanbul’da TÜBİTAK’ın ev sahipliğinde düzenlenmesi planlanmaktadır. Çalıştay sonunda uzay teknolojilerinin geliştirilmesi ve

uygulamaları konusunda ulusal, bölgesel ve uluslararası işbirliği ilkelerinin tartışılması, uzay teknolojisi ve altyapısı hakkında fikirlerin geliştirilmesi ve uzay kültürünün toplum içindeki farkındalığının artırılması amaçlanmaktadır. Çalıştayın temasını,

- Uzay Teknolojilerinde kapasite oluşturulması,
- Uzaktan Algılama Uygulamaları,
- Küresel Uydu Konumlandırma Sistemleri Uygulamaları ve Uydu İletişimi,
- Bölgesel ve Uluslararası İşbirliği, konuları oluşturmaktadır [57].

**Uluslararası Uzay Konfederasyonu (IAF)** ; TÜBİTAK'ın IAF'e tam üyelik başvurusu IAF Genel Kurulunun 13 Ekim 2009 tarihinde Güney Kore'de yapılan toplantısında oybirliğiyle kabul edilmiştir. 2010 yılından itibaren TÜBİTAK Uluslararası Uzay Konfederasyonu faaliyetlerine tam üye kuruluş olarak katkı sağlayacaktır [57].

**Asya-Pasifik Uzay İşbirliği Organizasyonu (APSCO)** ; TÜBİTAK Asya Pasifik bölgesinde uzayın barışçıl amaçlarla kullanımını ve ülkeler arası bu konudaki işbirliğini artırmayı hedefleyen APSCO'ya üye olmak için gerekli süreci işletmiş ve 1 Haziran 2006'da APSCO Konvansiyonunu imzalayarak Türkiye'nin kurucu üyelerden biri olmasını sağlamıştır. Üyelik süreci uluslararası anlaşmanın Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından onaylanmasına müteakip Resmi Gazetede yayımlanması ile tamamlanacaktır. APSCO tarafından 29 Mart - 2 Nisan 2010 tarihleri arasında "Uzaya İlişkin Bilgi Paylaşımı Hizmet Platformu ve Pilot Projesi Uygulaması Önerisi"ne ilişkin çalışmalar konusunda düzenlenen çalışmaya TÜBİTAK tarafından katılım sağlanmıştır [57].

#### **6.1.2. TÜBİTAK-UZAY (UZAY ARAŞTIRMALARI ENSTİTÜSÜ)**

1985 yılında ODTÜ kampüsünde Bilişim Teknolojileri Araştırma Enstitüsü olarak kurulan ve adı 2000'li yıllarda Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK-UZAY) olarak değiştirilen enstitü, uzay teknolojileri, elektronik, bilgi teknolojileri ve ilgili alanlarda Ar-Ge projeleri yürütmektedir. Enstitünün amacı, araştırma alanında ulusal çapta öncü bir rol almak ve uzmanlık alanlarında ülke sanayiinin sistem tasarımı, seçimi, kullanımı ve ürün geliştirilmesi konularındaki teknik problemlerinin çözümüne yardımcı olmaktır.

TÜBİTAK - UZAY, küçük uyduların tasarımı, üretimi ve test edilmesi alanındaki yeteneklerin geliştirilmesine, Ulusal Uzay Programı'na öncülük etmeye ve uzay teknolojilerinde uluslararası işbirliğinin oluşturulmasına öncelik vermektedir.

TÜBİTAK - UZAY'ın faaliyet gösterdiği alanlar şunlardır:

- Uzak Teknolojileri: Uydu sistemleri, uydu alt-sistemleri, uydu yer istasyonu alt sistemleri, uydu test ve entegrasyon sistemleri,
- Elektronik: Tümdevre tasarımı, iletişim sistemleri, elektronik sistem tasarımı, elektro-optik görev yükleri,
- Veri işleme: İşaret işleme, uzaktan algılama, örüntü tanıma, veri madenciliği, makine öğrenmesi,
- Güç Elektroniği: Güç kalitesi, kompanzasyon sistemleri, elektrikli motor sürücüler, anahtarlamalı güç kaynakları, yenilenebilir enerji,
- Elektrik üretim ve iletim sistemlerinin analizi, dağıtım otomasyonu konusunda strateji araştırma ve geliştirme, dağıtım sistemlerinde gözetimli denetim ve veri toplama (SCADA) sistemleri, dağıtım sistemlerinin planlanması, tasarımı ve işletilmesi için kriter belirleme.

Ayrıca TÜBİTAK - UZAY, Türkiye'nin BiLSAT uydusundan sonra sahip olacağı ikinci uzaktan algılama uydusu olan RASAT Araştırma Uydusunun çalışmalarını yürütmektedir. Yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine ve Türk mühendislerce tasarlanıp geliştirilen yeni modüllere sahip olacak olan RASAT, Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusu olacak ve çevre, haritacılık, afet izleme, şehir-planlamacılık gibi alanlarda kullanılacaktır [56].

### **6.1.3. TÜBİTAK-SAGE (SAVUNMA SANAYİ ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME ENSTİTÜSÜ)**

Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü-SAGE 1972 yılında kurulmuştur. SAGE'nin temel görevi, savunma sistemlerinin temel araştırmasından ve kavramsal tasarımından başlayarak, bu sistemlerin mühendislik ve prototip üretimlerini içeren araştırma ve geliştirme faaliyetlerini yürütmektir. Projelerin çoğu ilgili sanayi kuruluşları ile ortak olarak yürütülmektedir. İç balistik, aerodinamik, uçuş mekaniği, roket motoru yakıtları ve ateşleyicileri, güdüm ve kontrol ve malzeme teknolojileri gibi alanlarla ilgilenilmektedir. Projeleri arasında tanksavar roketleri ve füzeleri, aydınlatma roketi, GPS destekli ataletsel seyrüsefer sistemleri, tasarım yazılımları ve havadan karaya mühimmat sistemleri bulunmaktadır [56].

### **6.1.4. BİLSAT**

BİLSAT-1 uydusu 26 Eylül 2003 tarihinde Rusya' nın Plesetsk kasabasındaki uzay üssünden fırlatılmıştır. Toplam ağırlığı 129 kg. olup, 686 km. yükseklikteki yörüngesinde hareketine devam etmektedir. Temel görevi uzaktan algılama olan ve bir ölçüde haberleşme yeteneği de bulunan BİLSAT' ın İngiltere'deki SSTL firmasındaki

üretimine teknoloji transferini sağlamak amacıyla 12 Türk mühendisi ve 4 teknisyen katılmıştır [50]. Teknik özellikleri Çizelge 6-1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.1 BİLSAT-1’in Teknik Özellikleri**

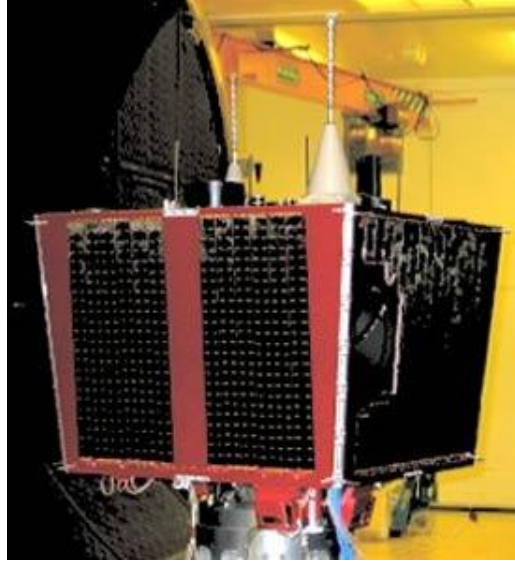
|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ağırlık</b>          | 129 kg.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Yörünge</b>          | 686 km. dairesel, Güneş’le eş zamanlı                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Yönelme Kontrolü</b> | Üç eksen, itki motoru ile yörünge düzeltme                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Yaşam Süresi</b>     | Üç eksen kontrolü 5 yıl, ayak ucuna bakar durumda +10 yıl                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Kameralar</b>        | 4 Bandlı MS görüntüleyici özellikleri:<br>Yersel Çözünürlük: 27,6 m.<br>Radyometrik band aralıkları: (µm)<br>Band 1: 0,45 – 0,52 ( Mavi )<br>Band 2: 0,52 – 0,60 ( Yeşil )<br>Band 3: 0,63 – 0,69 ( Kırmızı )<br>Band 4: 0,76 – 0,90 ( Yakın Kızılötesi )<br>12,6 metre yer örnekleme mesafesi olan bir siyah/beyaz kamera |

TÜBİTAK-BİLTEN’de kurulan yer istasyonu aracılığı ile veriler yere indirilebilmektedir. Böylece BİLSAT’tan elde edilen görüntülerden ürün rekoltesi, çevre kirliliği, tabi afetlerin neden olduğu hasarın değerlendirilmesi gibi amaçlarla yararlanılabilmektedir. TÜBİTAK-BİLTEN bu amaçla hem kamu kuruluşları ile hem de uluslararası kuruluşlarla çeşitli ortak projeler üretme amacındaydı.

3 sensörlü, 12 m. pankromatik, 24 m. multispektral çözünürlüğe, 9 adet süperspektral banda sahip BİLSAT uydusu, pil hücrelerinden iki tanesinin ömrünü tamamlaması ile, Ağustos 2006 tarihi itibarı ile enerji depolayamaz duruma gelmiş ve bu nedenle operasyonları sona ermiştir [49].

Bu proje kapsamında;

Küçük uydu tasarımı ve üretimi için gerekli temiz odalar, prototip laboratuvarlar, test laboratuvarları gibi altyapı binaları kurulmuştur. Uydunun işletimi için Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (BİLTEN)’ de bir adet sabit yer istasyonu kurulmuştur. Bir teknoloji transfer ekibi İngiltere’ de eğitim almış ve uydunun yapım aşamasına fiilen katılmışlardır. Uydunun iki görev yükü BİLTEN elemanları tarafından Türkiye’ de tasarlanarak üretilmiştir. BİLSAT-1 uydusunun iki önemli yükü bulunmaktadır. ÇOBAN ve GEZGİN olarak isimlendirilen bu yüklerin görevleri aşağıda belirtilmektedir. BİLSAT-1 uydusu Şekil 6.1’de görüldüğü gibi küp şeklindedir.



**Şekil 6.1 BİLSAT-1**

**ÇOBAN (Çok Bandlı Kamera);** Sekiz kanallı düşük çözünürlükte bir kameradır. Adını “ÇOk-BANtlı Kamera” sözünün kısaltılmasından almıştır (Şekil 6.2). Bu sayede TÜBİTAK UZAY, çalışabilen elektro-optik sistemlerin tasarımı konusunda deneyim kazanmıştır. ÇOBAN BİLSAT-1 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Tasarım ve üretim Türkiye’de Türk mühendisleri ve teknisyenlerince yapılmıştır. Tüm fikri mülkiyet hakları TÜBİTAK UZAY’a aittir. Türkiye’de tasarlanıp uzaya gönderilen ilk iki sistemden biridir. ÇOBAN, genel anlamda uzay sistemleri tasarımı konusunda, özel olarak da CCD (ışığa karşı duyarlı algılayıcı) elektroniği ile elektronik, optik ve mekaniğin entegrasyonu konusunda deneyim kazanmak için tasarlanmış deneysel bir görev yüküdür [50].

Teknik Özellikleri;

**Yer Örneklemeye Mesafesi:** 120 metre

**Kanal Sayısı:** 4

**Frekans Bandları:**

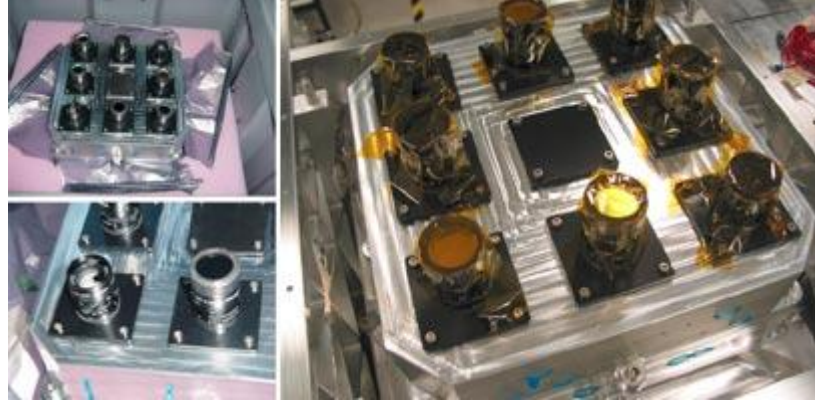
375-425 nm, 410-490 nm, 460-540 nm, 510-590 nm,

560-640 nm, 610-690 nm, 660-740 nm, 850-1000 nm

**Çözünürlük:** 640 x 480, Pankromatik 12m., Multispektral 24m.

**Radyometrik Çözünürlük :** 8 bit

**Zamansal Çözünürlük :** 4 gün



**Şekil 6.2 ÇOBAN**

**GEZGİN (Gerçek Zamanda Görüntü İşleyeN);** Kameralardan gelen görüntüleri anında sıkıştıran hızlı bir sayısal veri işleme kartıdır. Tamamen TÜBİTAK olanaklarıyla ve Türk mühendis ve teknisyenlerinin çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir. Amacı 4 kameradan aynı anda alınan (kırmızı, yeşil, mavi ve kızılötesi) ve 2048x2048 piksel boyutundaki çok-bantlı görüntüleri JPEG2000 algoritması ile gerçek zamanda kayıpsız sıkıştırarak uydu üzerindeki veri depolama alt sistemlerine aktarmaktır. Stereoskopik görüntüleme sistemleri desteklenmektedir. Uzay ortamı çalışma koşullarına uygun olarak yedekli ve yeniden konfigüre edilebilir nitelikte tasarlanmıştır. Tüm görüntü işleme ve veri aktarma işlemlerini 5 sn'de gerçekleştirerek BİLSAT-1 uydusunun yörüngede aldığı ardışık görüntülerin gerçek zamanda sıkıştırılarak kaydedilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 6.3) [50].

Aşağıda GEZGİN'in veri sıkıştırma basamakları verilmektedir;

- Çok bantlı kameradan aynı anda 4 bant 2048x2048 çözünürlüklü görüntü,
- SRAM dış bellekten 256x256 parçalı işleme,
- 2 Paralel görüntü dizgisinden ayrık dalgacık dönüşümü,
- Dalgacık dönüşümü altbant dizgi zamanlaması,
- TMS320C6701 dış veri alanına (SDRAM) 32-bit paralel asenkron veri transferi TMS320C6701 iç veri alanına entropi kodlama için 64x64 kod blokları halinde sıralandırma,
- 2 görüntü akışından paralel entropi kodlaması,
- Sıkıştırılmış görüntülerin serpiştirilmiş dizgi düzenlemesi,
- Sıkıştırılmış görüntülerin seri kanallardan veri depolama birimlerine aktarımı.



**Şekil 6.3 GEZGİN**

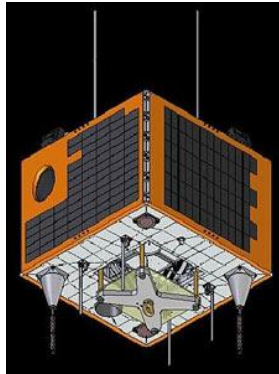
Başta da belirttiğimiz gibi BİLSAT-1 uydu verilerinin pek çok alanda kullanılması planlanmaktaydı Bu alanlardan bazıları şunlardır;

- Şehircilik ve jeoloji (Arazi örtüsü kullanımı, kentsel kullanım alanlarının sınıflandırılması, kaçak yapılaşmanın tespiti),
- Çevre (CED raporlarında kullanma, çevresel modelleme),
- Ormancılık (Hastalıkların tespiti, yangınlardan sonra hasar tespit çalışmalarında),
- Haritacılık (Üç boyutlu modellemeye),
- Afet yönetimi.

#### **6.1.5. RASAT**

RASAT Araştırma Uydusu, Türkiye'nin ve TÜBİTAK UZAY'ın BİLSAT uydusundan sonra sahip olacağı ikinci uzaktan algılama uydusudur. Yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine ve Türk mühendislerce tasarlanıp geliştirilen yeni modüllere sahip olacak olan RASAT, Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusu olacaktır (Şekil 6.4).

TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY), Devlet Planlama Teşkilatı tarafından sağlanan kaynakla Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk gözetleme uydusu RASAT'ı, 2010 yılında uzaya göndermesi planlanıyordu.



**Şekil 6.4 RASAT**

Tasarım, üretim ve test aşamalarının tamamının Türk çalışanlar tarafından gerçekleştirildiği ilk uydu olan RASAT ile TÜBİTAK UZAY tarafından tasarlanıp geliştirilen uydu sistemlerinin uzayda denenmesi ve tarihçe kazanarak diğer milli uydu görevlerinde kullanılması hedefleniyor. RASAT'tan elde edilecek uydu görüntüleri ayrıca, şehir bölge planlama, ormancılık, tarım, afet izleme ve benzeri başka amaçlarla da kullanılabilecek. İlk yerli yapım uydu olması aslında ülkemiz için büyük önem taşımaktadır.

Uydu yapma yeteneğimizi göstermek ve uydu görüntüleri sağlamak amacıyla üretilen RASAT'ın, International Space Company Kosmotras (ISCK-Uluslararası Uzay Şirketi Kosmotras) adlı şirketin işlettiği, Ukrayna yapımı Dnepr fırlatma aracı ile fırlatılması planlanmaktadır. Fırlatma, Rusya'nın güneydoğusundaki Orenburg Bölgesinde bulunan Yasny Fırlatma Üssünden gerçekleştirilecek. RASAT uydusu, çoklu uydu fırlatmasına katılan uydulardan biri olacak. Teknik özellikler (Çizelge 6.2);

**Çizelge 6.2 RASAT Teknik Özellikleri**

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ağırlık</b>                     | 110kg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Yörünge</b>                     | 700 km'de dairesel, Güneşe eşzamanlı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Yönelme Kontrolü</b>            | 3 eksen kontrollü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Yaşam Süresi</b>                | 5 yıl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Tayfsal Çözünürlük(µm)</b>      | 0.42 – 0.73 (Pankromatik)<br>1. Bant: 0.42 – 0.55 (Mavi)<br>2. Bant: 0.55 – 0.58 (Yeşil)<br>3. Bant: 0.58 – 0.73 (Kırmızı)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Uzamsal çözünürlük</b>          | Pankromatik: 7.5 m<br>Çok bantlı: 15 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Yörünge süresi</b>              | 98.8 dakika                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Ekvator geçişi yerel zamanı</b> | 10:30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Radyometrik çözünürlük</b>      | 8 bit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Zamansal çözünürlük</b>         | 4 gün                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Şerit genişliği</b>             | 30 km.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Faydalı yükler</b>              | <u>Optik faydalı yük:</u> Stereoskopik görme özelliğine sahip Pushbroom görüntüleyiciden oluşmaktadır.<br><u>BiLGE:</u> Spacewire veriyolu kullanabilen uçuş bilgisayarı.<br><u>GEZGiN-2:</u> JPEG2000 algoritmaları ile yüksek hızda çok bantlı görüntü sıkıştırma ve şifreleme yapabilen yeni nesil görüntü işleme kartı.<br><u>X-Bant Verici Modülü:</u> 100 Mb/s iletim hattına ve 7W çıkışa sahip iletişim sistemi. |

Fırlatma, kıtalararası bir balistik füze olan SS-18'den geliştirilen Dnepr fırlatma aracı ile gerçekleştirilecek. Dnepr, günümüzde alçak yörüngeye yapılan mini uydu fırlatmaları için kullanılan en hassas ve etkin fırlatma araçlarından biri olarak biliniyor. Prototip geliştirme ve operasyonel fırlatma aracı üretme sürecinde 160'ın üzerinde SS-18 roket fırlatması yapılmış ve bunlardan 13 tanesi Dnepr programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. RASAT'ın katılacağı fırlatmanın, Dnepr fırlatma aracının uydu taşımak için yapacağı 17. fırlatma olması planlanıyor.

Devlet Planlama Teşkilatı tarafından sağlanan kaynakla üretilen RASAT uydusu ile, Türkiye'nin ileri teknoloji üretebilme potansiyelinin artmasına önemli katkıda bulunacak.

RASAT uydusuna ait olacak altsistemler aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

**GEZGİN-2 ;** JPEG 2000 algoritması ile gerçek zamanda görüntü sıkıştırma GEZGİN altsisteminin, JPEG 2000 algoritmasının tamamen tümleştirilmesini ve yeni görüntü işleme/şifreleme işlevleri de içeren bir sürümüdür.

**X-BANT Haberleşme Sistemi ;** 7W çıkış gücüne sahip çok yüksek verimlilikli güç yükselteci içeren bir sistemdir. 700 km. yörüngedeki bir LEO uydudan 100 Mb/s. hızına kadar veri aktarabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Sistemin tasarım ve gerçekleştirim çalışmaları analog, sayısal ve RF alt sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirimi temelinde sürdürülmektedir. Güç Yükselteci devreleri uydu uygulamalarına uygun, verimliliği yüksek olarak tasarlanmıştır. Sistem CCSDS uyumludur.

#### Özellikleri :

Merkez frekansı : 8.23 GHz.

Modülasyon : QPSK-OQPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

Veri hızı : 25/50/100 Mbps.

Kodlama: RS & Convolutional Kodlama

Çıkış Gücü : 7 W (38.5 dBm.)

Çıkış Gücü Verimliliği : 25-30 %

**BİLGE:** (Uçuş Bilgisayarı ve Veri Yolu) ; Yüksek hızlı ve ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından kullanımı özendirilen bir veri yolu standardı olan Spacewire'ı kullanma yeteneğine sahip, yüksek başarımlı istekleri olan uydu görevlerinde kullanılabilecek bir uçuş bilgisayarıdır.

Görüntü Arşiv, Tarama ve İşleme Programı ; Uydulardan alınan görüntüleri arşivleyen, bu görüntülere yönelik sorgulamalar yapabilen ve bu görüntüleri çeşitli düzeylerde işleyebilen bir sistemdir [51].

#### 6.1.6. TÜRKSAT

Ülkemizde Uydu Haberleşme alanında, kontrolünü yaptığı uydular üzerinden haberleşme hizmetleri veren tek kuruluş TÜRKSAT A.Ş.'dir. Kurumun mülkiyetinin tamamı Hazine Müsteşarlığında, yönetimi ise Ulaştırma Bakanlığı kontrolü altındadır.

Türkiye'nin ilk uydusu olan Türksat 1B uydusu 1994-2006 yılları arasında 31.0° Doğu pozisyonunda hizmet vermiştir. Fırlatılma tarihi 10 Ağustos 1994 (Ariane 4) olup 31.0° Doğu Boylamında görev yapmıştır. 6 geniş bant (72 Mhz.) ve 10 dar bant (36 Mhz.) frekanslarında yayın yapmıştır. Hizmet süresi 12 yıl olup 2006 yılında ömrünü doldurmuştur.

Türksat 1C uydusu 10 Temmuz 1996 (Ariane 44-L) yılında fırlatılmıştır. 42° Doğu Boylamında görev yapmaktadır. 16 adet Ku-Band transponder (5x72 MHz., 2x54 MHz., 9x36 MHz. ve 8 adet yedek transponder ) mevcuttur. 2800 Watt gücüne sahiptir. 1747 kg. ağırlığındadır.

Türksat 2A uydusu 10 Ocak 2001 (Ariane 44-P) yılında fırlatılmıştır. 42° Doğu Boylamında görev yapmaktadır. 32 adet Ku-Band transponder (20x33 MHz., 12x36 MHz., 9x36 MHz. ve 6 adet yedek transponder ayrıca 2 adet X-Band transponder) mevcuttur. 2800 Watt gücünde olup 3400 kg. ağırlığındadır.

Türksat 3A uydusu 13 Haziran 2008 (Ariane 5-ECA) yılında fırlatılmıştır. 42° Doğu Boylamında görev yapmaktadır. 24 adet Ku-Band transponder (12x36 MHz., 12x72 MHz. ve 6 adet yedek transponder) mevcuttur. 6112 Watt gücünde olup 3070 kg. ağırlığındadır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 TÜRKSAT 3A

TÜRKSAT Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme AŞ Genel Müdürlüğünün 2010 yılında yaptığı açıklamaya göre, TÜRKSAT 4A ve 4B uydularının yapımı için şartname gönderilen 6 firmadan 3'ünden teklif verdiğini belirtilmiştir. Uyduların yapım süresi 26 ay olarak planlanıyor. 2012'nin son çeyreğinde 4A ve 4B'nin uzaya fırlatılması amaçlanmaktadır. 4A ve 4B uydularının 20 yıl ömrü olması, mevcut sinyal gücünü muhafaza etmesi ve ilave bant konulması, Afrika kıtasını kapsama alanına alacak 4A uydusu için ekvator bölgesindeki bulut yoğunluğunda daha iyi çalışacak 'C Bant' özelliği olması, Asya bölgesini kapsama altına alacak 4B uydusu için de 'KA Bant' özelliği olması istenilen özellikler arasında bulunmaktadır. Daha sonra milli uydu üretiminde kullanılmak üzere, TÜRKSAT 4A ve 4B uydularının yapımında yaklaşık 30 mühendisimizin yer alması düşünülüyor, ancak uyduların şartnamesinde "Doğrudan Katılım Programı" şartı olduğu, ihaleyi kazanan firmanın bu maddeye yaklaşımına göre katılım sağlanabileceği görülmektedir [54].

Türksat serisi uydularımızın görevleri, Kamu-özel tv ve radyo yayınlarını iletme, internet hizmeti sağlamak, GSM, kırsal alan haberleşmesi, görüntülü görüşme hizmeti, uluslararası telefon haberleşmesi, acil durum haberleşmesi ve askeri haberleşme hizmetlerini vermektedir [53].

#### **6.1.7. GÖKTÜRK PROJELERİ**

GÖKTÜRK olarak isimlendirilen Keşif Gözetleme Uydu Sistemi kapsamında; TSK'nin hedef istihbaratına yönelik uydu görüntüsü ihtiyacını, karasuyu ve hava sahası kısıtlamaları olmaksızın gündüz ve iyi hava şartlarında karşılamak amacıyla LEO yörüngesinde (650-700 km.) konuşlandırılacak, çok yüksek çözünürlüklü Elektro-Optik (E-O) kamera taşıyan bir uydu ile sistemin yer kesimini oluşturacak olan sabit ve mobil uydu yer istasyonuna sahip olunacaktır. Bununla birlikte, proje kapsamında Uydu Montaj Entegrasyon ve Test (UMET) merkezi kurulacaktır. GÖKTÜRK projeleri teknik özellikleri;

- Uydu üzerinde bulunacak elektro-optik kamera sistemi, 4-band renkli ve siyah-beyaz görüntü alabilecektir.
- Güneş ışığından azami derecede faydalanabilmek amacıyla uydunun dairesel Güneş uyumlu alçak yörüngede (650-700 km. irtifada) konuşlandırılacaktır.
- Nokta, stereo, şerit ve geniş alan modlarında görüntüleme kabiliyetlerine sahip olunacaktır.

Ankara konuşlu yer istasyonu ile uyduyla iletişim kurabilecek, uydunun iletişim konisi dışında iken elde ettiği görüntüler daha sonra yer istasyonuna aktarılmak üzere depolanacaktır. Yörünge özellikleri doğrultusunda uydu ile tüm dünya üzerinden görüntü elde edilebilecektir. Bu yörüngede uydunun periyodu yaklaşık 98 dakika olup, dünya etrafında bir günde 14 periyot tamamlayacaktır.

## **GÖKTÜRK-1;**

SSM.lığı sorumluluğunda yürütölmekte olan GÖKTÜRK-1 Projesinin teknoloji transferi ile gerçekleştirilmesi öngörölmekte olup, üzerindeki faydalı yükün 1m. çözünürlükten daha iyi olması hedeflenmektedir. Kontrat tarihi 16 Temmuz 2009 olup, Telespazio S.p.A. (İtalya) firması ile yapılmıştır. Tedarik makamı Savunma Sanayi Müsteşarlığıdır. Ana uydu yer istasyonu ve mobil yer istasyonu sözleşmenin efektif olma tarihinden itibaren 34 ay sonra teslim edilecek, uydu ise 40'ıncı ayda yörüngeye fırlatılacaktır. 2 ay sürecek yörünge testleri ve kalibrasyonu takiben uydu hizmete girecek ve tüm sistemin nihai kabulü uydunun 6 ay süre ile tam faaliyet göstermesini takiben yapılacaktır [58].

## **GÖKTÜRK-2;**

Uydu 2.5 m. siyah-beyaz, 10 m. renkli görüntü çözünürlüğüne sahip olacaktır. Bunun yanında uydu; şerit, nokta hedef, geniş alan, stereo modlarında görüntüleme yapabilecektir. Uydu üç ekseninde kontrol edilebilecek ve stereo görüntüleme kabiliyeti bulunacaktır. Elde edilen görüntüler 8-bit ile kodlanacaktır. Bu değerin 11 veya 16 bit seviyesine çıkarılması hususu proje kapsamında değerlendirilecektir. Uydu kapsama alanı içerisinde iken alınan görüntüler eş zamanlı olarak yer istasyonuna indirilebilecektir. Uydunun iletişiminin olmadığı durumlarda ise elde edilen görüntüleri yer istasyonuna aktarabilmesi için en az 1.5 GByte görüntü depolama kabiliyeti olması hedeflenecektir. Uydunun üzerinde, ana elektro-optik kamera dışında, ikinci bir kamera daha bulunması planlanmaktadır. Böylece, ana kameranın bozulması durumunda uydunun tamamen işlevsiz hale gelmesi engellenecek, diğer durumda da ekstra veri üreterek görev yapması desteklenecektir. Keşif gözetleme uydu sisteminin envantere girmesi ile birlikte keşif mimarisine önemli bir sistem yeteneğı kazandırılmış olacak ve gelecekte, uydu görüntülerinin keşif uçakları ve İnsansız Hava Araçları ile birlikte kullanılması ile etkin bir görüntü istihbarat üretim yeteneğıne kavuşulacaktır. SSM tarafından yürütölen GÖKTÜRK-2 Projesi'nde yerli ana yüklenici olarak TUSAŞ görevlidir.

TÜBİTAK tarafından desteklenen aynı proje kapsamında tasarımı, üretimi, montajı, entegrasyonu ve testleri milli imkanlarla gerçekleştirilecek olan alçak yörünge keşif uydu sistemi ile 2012 yılında görüntü alınması hedeflenmektedir. GÖKTÜRK-2 Projesi çerçevesinde TUSAŞ tarafından, Türkiye'nin bu kategorideki uyduları için temel oluşturacak standart yapı/platformun tasarım, üretim ve dokümantasyonu oluşturulmuş olacaktır. TUSAŞ, kritik uydu alt sistemlerine ilişkin Ar-Ge projeleri ile uydu teknolojilerindeki uluslararası seviyeye ulaşmayı hedeflemektedir.

GÖKTÜRK-2 Destekleme Sözleşmesi Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı ve TÜBİTAK UZAY-TAI İş Ortaklığı arasında 13 Nisan 2007 tarihinde imzalanmış olup, sözleşme 1 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

GÖKTÜRK-2 Projesi; TUSAŞ'ın ve Türkiye'nin ilk milli Uydu Sistemi Geliştirme Projesi, aynı zamanda TUSAŞ'ın Türk Uzay Sanayi olma hedef ve görevini yerine getirmek amacıyla attığı ilk ve en önemli adımdır [55].

#### 6.1.8. İTÜPSAT1

BİLSAT ve RASAT uydularının haricinde, İTÜ Uzay Mühendisliği bölümünde öğrenim gören öğrencilerin yapımı olan ilk deneysel mini yapay uydu İTÜpSAT1'dir. İTÜpSAT1 uydusu kendisi gibi mini yapıya sahip Oceansat 2, UWE 2, SwissCube, BeeSat, RUBIN 9.1 ve RUBIN 9.2 uyduları ile birlikte 23 Eylül 2009 tarihinde uzaya başarılı bir şekilde Hindistan'dan fırlatılmıştır. Başarılı geçen fırlatmadan bir süre sonra, 700 km. irtifadaki alçak dünya yörüngesine yerleşen ve altıgen şeklindeki İTÜpSAT1 yapay uydusunun ilk olarak gönderdiği işaret sinyali Kaliforniya Politeknik Üniversitesi tarafından alınmıştır. Uydu, kuzey-güney kutupsal yörüngede, saniyede 7.5 kilometreye ulaşan bir hızla, her 98,5 dakikada bir kez tur atmaktadır. Eğim açısı  $98,29^\circ$ 'dir [52].

Bir CubeSat uydusu olan İTÜpSAT1 uydusu (Şekil 6.6), 10 cm. x 10 cm. x 10 cm. boyutunda olan ve ağırlığı bir kilogramı geçmeyen bir küp biçimindedir.



Şekil 6.6 İTÜpSAT1 yapay uydusu

Bu kit içerisinde yerleştirilmiş on board bilgisayar aracılığıyla kontrol edilen hareket, ısı, manyetik alan ve diğer ortam değişkenlerini algılayabilecek sensörler ile 640\*480 çözünürlüğe sahip cmos kamera bulunuyor. Enerji ihtiyacını üzerinde bulunan solar paneller ile karşılayan bu uydudan gelen sinyalleri amatör radyoculuk ile uğraşanların kolayca alabileceği şekildedir.

İTÜpSAT1'in sinyal frekansı 437.325 MHz., FM 1 KHz. modüleli MORS TANITIM (beacon) modunda olup, işaret sinyali olarak mors koduyla "TA1KS ITUPSAT1 HR" bilgisini göndermektedir. UHF amatör telsiz cihazı ile söz konusu frekansta uygun anten kullanarak dinleme yapılabilir. 70cm.lik bir anten yardımı ile uydudan yayılan sinyal dinlenebilmektedir [52].

### **6.1.9. BİLÜZAY (BİLKENT ÜNİVERSİTESİ UZAY TEKNOLOJİLERİ ARAŞTIRMA MERKEZİ)**

Vizyonu; “Uzay haberleşmesi teknolojilerinin araştırma ve geliştirmesinde yer alan lider araştırma merkezleri arasında olmak” ve Misyonu; uzay haberleşmesi teknolojilerine odaklı, araştırma ve geliştirme yapan, yaratıcılığı ve yenilikçiliği cesaretlendiren, üniversite ve sanayii işbirliğini ürün odaklı projelerle hayata geçiren ve Bilkent Üniversitesi’ne değer katan bir araştırma merkezi olmak olan BilUzay 2006 yılında kurulmuştur. BilUzay’da uydu haberleşme alt sistemleri, uzay ortamında mikrodalga haberleşme sistemleri, EHF/SHF bant alıcı-verici sistemleri ve yer-uydu arası haberleşme sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır [56].

### **6.1.10. ROKETSAN**

1988 yılında ulusal füze ve roket programlarında öncü olmak üzere Savunma Sanayii İcra Komitesi kararıyla kurulan ROKETSAN, bugün Türkiye savunma sanayinin teknoloji üreten stratejik merkezlerinden biridir. Roket ve füze sistemleriyle ülke savunmasına hizmet etme, Türkiye’nin teknolojik altyapısına katkıda bulunma misyonu, füze teknolojilerinde lider kuruluş olma, özgün ürünleri ve ileri teknolojisi ile dünyada ilk 50 firma arasında yer alma vizyonu ile hareket etmektedir. Ulusal ve uluslararası projelerde yer alan ROKETSAN yapısal, termal, mekanik tasarımlar; iç balistik; güdüm-kontrol, silah sistemleri, aerodinamik, kompozit malzeme, yakıt sistemleri ve harp başlığı teknolojilerinde uzmanlaşmıştır. Roket motor gövdelerinin üretim ve yalıtımı, her türlü mekanik ve plastik parçaların üretimi, kompozit malzemelerin hazırlanması ve işlenmesi gibi üretim yeteneklerine sahiptir [56].

### **6.1.11. ASELSAN**

ASELSAN, 1975 yılında Türk Silahlı Kuvvetlerinin haberleşme cihaz ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kurulmuştur. ASELSAN elektronik ürünler ve sistemler tasarlayan, geliştiren, üreten ve ürünlerinin satış sonrası servis hizmetlerini karşılayan; yüksek teknolojili ve çeşitli ürün yelpazesine sahip bir elektronik sanayi kuruluşudur.

ASELSAN’ın misyonu, kara, hava, deniz, uzay ve sivil uygulamalar kapsamında her nevi elektrik, elektronik, elektronik harp, haberleşme, mikrodalga, elektro-optik, güdüm, bilgisayar, bilişim, yazılım, kriptoloji ve güvenlik konularında Türk Silahlı Kuvvetleri’nin dışa bağımlılığını en aza indirecek; tüm müşterilerinin ihtiyaçlarını azami ölçüde karşılayacak; güncel ve gelişen teknolojilerle uyumlu, nitelikli ve maliyet etkin ürün ve sistem çözümleri tasarlamak, geliştirmek, üretmek ve her koşulda devamlılığını sağlamak yönünde öncü olmak; ASELSAN’ın sahip olduğu varlık ve kaynakları çoğaltmak ve değerlerini sürekli artırmaktır. Vizyonu da, yüksek, özgün ve

milli teknolojik olanak ve yetenekleri yaratarak dünyanın en büyük elli savunma sanayi firmasından biri olmaktadır.

ASELSAN’da ürün geliştirme faaliyetlerinde en son elektronik, elektro-optik ve mekanik teknolojiler bilgisayar destekli geliştirme ve üretim altyapısı ile birlikte uygulanmaktadır. ASELSAN’ın çalışmaları arasında haberleşme cihazları (havacılık ve uydu haberleşme sistemleri vb.), savunma sistemleri teknolojileri, radar, elektronik harp ve istihbarat sistemleri ve mikroelettronik güdüm ve elektro-optik bulunmaktadır [56].

#### **6.1.12. HAVELSAN**

1982 yılında HAVELSAN-AYDIN ismi ile bir Türk - ABD şirketi olarak kurulan ve 1985 yılında sermayesinin %98’i Türk Silahlı Kuvvetleri’ni Güçlendirme Vakfı’na bağlı olarak faaliyet göstermeye başlayan HAVELSAN, yazılım yoğun sistem alanlarında faaliyet göstermektedir. HAVELSAN uzmanlığını, Komuta Kontrol Muhabere, Bilgisayar, İstihbarat Gözetleme ve Keşif Sistemleri (C4ISR) kapsamında, Hava Savunma Sistemleri, Deniz Savaş Sistemleri, Simülasyon ve Eğitim Sistemleri, Yönetim Bilgi Sistemleri, Enerji Yönetimi ve Anayurt Güvenliği alanlarına odaklanmıştır. Askeri sistemler yanında 2001 yılında Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP) ve Tapu Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) projeleri ile ilk sivil projelere de imzasını atmıştır. 2002 yılında Güney Kore ile CN-235 Seviye D Uçuş Simülatörü sözleşmesi imzalayarak ilk yurtdışı ihracatını gerçekleştirmiştir. Projeleri arasında HAVELSAN Barış Kartalı (BK) Havadan Erken İhbar Komuta ve Kontrol Uçağı, Deniz Karakol Uçağı (MELTEM), Açık Semalar Gözlem Uçağı (ASA) ve Elektronik Harp Test ve Eğitim Sahası (EHTES) bulunmaktadır [56].

#### **6.1.13. TAI-TUSAŞ UZAY VE HAVACILIK SANAYİ AŞ**

Vizyonunu “Özgün ürünlere sahip ve küresel rekabet gücüne ulaşmış “dünya markası havacılık şirketi” olmak” ve misyonunu “Ülkemiz uzay ve havacılık sanayisinin gelişmesine öncülük yapmak” olarak tanımlayan TUSAŞ 1984 yılında kurulmuştur. Günümüzde Türkiye’de uçak, helikopter, insansız hava araçları (İHA) ve uydu gibi hava-uzay platformlarının tasarımı, geliştirilmesi, imalatı, entegrasyonu, modernizasyonu ve satış sonrası hizmetleri alanlarında bir teknoloji merkezi konumundadır. TUSAŞ faaliyetlerini Akıncı-Ankara’da yüksek teknoloji ürünü makine ve teçhizatla donatılmış tesislerinde ve mühendislik esaslı faaliyetlerin önemli bir bölümü de ODTÜ-Teknopark alanında yürütmektedir. Hissedarları arasında Türk Silahlı Kuvvetleri’ni Güçlendirme Vakfı, Savunma Sanayii Müsteşarlığı ve Türk Hava Kurumu’nun bulunduğu TUSAŞ’ta 1200’ü mühendis olmak üzere toplam 3000 kalifiye ve deneyimli personel çalışmaktadır. TUSAŞ günümüze kadar yüksek teknoloji ürünü F-16 Savaşan Şahinler, CN-235 Hafif Nakliye/Deniz Karakol/Gözetleme Uçakları, SF-260D Eğitim Uçakları, Cougar AS-532 Arama Kurtarma (SAR), Silahlı Arama Kurtarma (CSAR) ve Genel Maksat Helikopterleri’nin ortak üretimini başarıyla gerçekleştirmiştir [56]. Türk “Özgün Uydu Geliştirme Projesi”ne aktif olarak katılan

TUSAŞ bu doğrultuda yeni bir Uydu Montaj ve Entegrasyon Test Tesisi inşa edecektir. Ayrıca sivil havacılık alanında da faaliyetler gerçekleştirmektedir. Şu anda yürütülen programlar ise şunlardır:

- Yapısal ve Uydu Tasarım ve Üretim,
- Entegre Helikopter Sistemleri,
- Entegre Uçak Sistemleri,
- Diğer Sektörlerle Entegrasyon.

#### **6.1.14. UZAY KAMPI TÜRKİYE**

İzmir'in Gaziemir ilçesindeki Ege Serbest Bölgesi'nde kurulu olan kamp 12 Haziran 2000 tarihinde açılmıştır. Apollo Proje Mühendisi İsmail Akbay'ın danışmanlığında açılan Uzay Kampı Türkiye'deki uzay bilimleri eğitimine tüm dünyadan öğrenciler bireysel ve okul grubu olarak katılabilmektedir. Bir uzay ve bilim merkezi olan Uzay Kampı Türkiye; gençleri bilim, matematik ve teknoloji alanında kariyer yapmaları için motive etmeye odaklanmış iletişim, takım çalışması ve liderlik eğitimleri; uzayda yaşama ve çalışma hissini veren simülasyonlar; dünyanın dört bir yanından gençleri bir araya getiren programları yanı sıra yetişkinlere yönelik şirket gelişimi ve motivasyon programları sunmaktadır. Ülkemizde uzay ile ilgili bilginin ve farkındalığın artmasında önemli merkezlerden biri olarak gösterilebilir [56]. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından da tanınmaktadır. Kamp; merkezi Hunstville Alabama'da bulunan Amerika Uzay Bilimleri Sergi Komisyonu Lisansına sahiptir.

#### **6.2. TSK'NIN YERİ**

##### **6.2.1. TSK ve GÖKTÜRK Projesi**

GÖKTÜRK olarak isimlendirilen Keşif Gözetleme Uydu Sistemi kapsamında; TSK'nin hedef istihbaratına yönelik uydu görüntüsü ihtiyacını, karasuyu ve hava sahası kısıtlamaları olmaksızın gündüz ve iyi hava şartlarında karşılamak amacıyla kullanılacak, Proje kapsamında çok yüksek çözünürlüğe sahip bir adet elektro-optik görüntüleme uydusu, Ahlatlıbel Hv.Rd.Mvz.K.lığı arazisinde kurulacak ana uydu yer istasyonu ve bir adet mobil yer istasyonu tedarik edilecek, ayrıca TUSAŞ'ın Akıncı'daki arazisinde geniş kapsamlı bir uydu montaj, entegrasyon ve test altyapısı teşkil edilecektir. Proje Hv.K.K.lığı personelinin uydu ve yer istasyonu işletme ve bakım eğitimleri ile uydu görüntüsü işleme/kullanma eğitimlerinin yanı sıra, yerli sanayinin iş payı alması ve yüklenici firma faaliyetlerine doğrudan katılımı yöntemleriyle teknolojinin transfer edilmesini ve depo seviyesi bakım kabiliyetinin Türk sanayisine kazandırılmasını da içermektedir. Bununla birlikte, proje kapsamında Uydu Montaj Entegrasyon ve Test (UMET) merkezi kurulacaktır.

Proje kapsamında geliştirilecek uydu; çok yüksek çözünürlükte ve yüksek koordinat doğruluğunda siyah-beyaz ve 4 band renkli olmak üzere, nokta hedef, şerit, geniş alan ve stereo modlarında görüntüleme yapabilecek nitelikte olacaktır. İlgili yer istasyonu Ahlatlıbel Hv.Rd.Mvz. K.lığı arazisinde teşkil edilecek olup, çekilen görüntüler uydu üzerinde veri kayıt depolarında tutulacak ve yer istasyonu ile bağlantı kurulduğunda yere indirilecektir. Uydunun komutası kurulacak yer istasyonundan yapılacaktır. Bununla birlikte proje kapsamında yedek yer istasyonu olarak kullanılmak üzere temin edilecek mobil yer istasyonu, acil durumlarda 3 ay süre ile ana yer istasyonu olarak hizmet verebilme yeteneğine sahip olacaktır.

Proje kapsamında tedarik edilecek ana uydu yer istasyonu ve mobil uydu yer istasyonu ASELSAN A.Ş.'nin alt yükleniciliği üzerinden geliştirilecektir. Uydu üzerinde birtakım yapısal elemanlar TUSAŞ tarafından üretilecek, birtakım elektronik ekipman ise TÜBİTAK tarafından geliştirilecektir. Ayrıca uydunun kalifikasyon ve kabul testleri TUSAŞ'ta kurulacak uydu montaj, entegrasyon ve test merkezinde gerçekleştirilecektir. Bunlara ilave olarak adı geçenler de dahil olmak üzere çeşitli Türk firmalarının mühendisleri doğrudan katılım yoluyla ana yüklenici firmanın altında proje faaliyetlerine katılım sağlayacaktır.

Türk Silahlı Kuvvetleri ve diğer kamu kurumlarının sivil uydu görüntü ihtiyacını karşılamak amacıyla başlatılan, TÜBİTAK-UZAY ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TAI), işbirliğiyle gerçekleştirilen “2,5 Metre Çözünürlüklü Görüntüleme Amaçlı Bilimsel Araştırma ve Teknoloji Geliştirme (GÖKTÜRK 2)” projesinde üçüncü yıl çalışmaları tamamlanmış olup uydunun üretim aşamasına geçilmiştir. Göktürk-2 Yapısal Yeterlilik Modeli için yapısal testler Fransa’da başarıyla tamamlanmıştır. Bu yüksek çözünürlüklü yer gözlem araştırma uydusunun 2012 yılında uzaya gönderilmesi yönünde fırlatıcı firmalarla görüşmelere başlanmıştır [57].

Keşif Gözetleme Uydu Sistemi TSK ihtiyaçları doğrultusunda; barış, kriz ve savaş dönemlerinde kullanılacaktır. Bunun yanında Kamu kurumlarının olabilecek uydu görüntüsü taleplerinin karşılanması ile dost ve müttefik ülkelerin barışı koruma harekatı ve/veya terörle mücadele kapsamında olabilecek görüntü isteklerinin de karşılanması planlanmaktadır [55].

#### **6.2.2. “2,5 M” ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ELEKTRO-OPTİK UYDU KAMERASI**

##### **PROJESİ**

Türk Silahlı Kuvvetlerinin istihbarat gereksinimleri doğrultusunda, ulusal yer gözlem yeteneğinin kazanılabilmesi ve bu amaçla kullanılacak uydu sistemleri için kritik olduğu değerlendirilen opto elektronik bir prototip kameranın geliştirilmesi projenin ana amacıdır. Proje, ülkemizde uzaya dönük optik tasarım, yüksek hassasiyetli küresel olmayan (aspheric) geniş yüzey işleme teknolojisi, uzay koşullarında ısı tasarım

ve uzaydan opto-elektronik görüntü alma gibi uzay ARGE için gerekli yeteneklerin kazanılmasını sağlayacaktır.

Projenin tedarik makamı MSB ARGE ve Tekno.D.Bşk.lığıdır. Sözleşme 03 Temmuz 2007 tarihinde imzalandı ve 2010'da projenin tamamlanması planlanmaktadır.

Proje kapsamında geliştirilecek kamera, pankromatik ve çok bantlı görüntüleme yeteneğine sahip olacaktır. Pankromatik (siyah-beyaz) modda yer örnekleme aralığı 2,5 m veya daha iyi çözünürlükte, çok bantlı (multispectral) modda 10 m veya daha iyi çözünürlükte olacak ve optik çözünürlük yer örnekleme aralığını destekler nitelikte olacaktır.

Entegre edilmiş sistemin boyutları 60x60x90 cm'yi aşmayacak ve toplam ağırlık 40 kg'dan çok olmayacaktır. Sistem üzerindeki yerel veri depolama biriminin kapasitesi kamera sistemin konuşlandırılacağı platform üzerindeki veri iletim hızı isterlerinin asgari seviyede tutulması amacıyla, Türkiye'nin güneyinden kuzeyine alınabilecek bir şerit görüntüyü depolayabilecek kapasitede olacak ve yükseltilmeye imkan verecek yapıda olacaktır.

Uzay kalifikasyonu için, görüntüleme sisteminin en az titreşim, radyasyon, ısıl döngü ve ısıl vakum testlerini başarıyla geçmesi istenecektir.

“Uydu Yönelim Kontrolü İçin Moment Kontrol Jiroskopu ve Enerji Saklayabilen Değişken Hızlı Moment Kontrol Jiroskopu Geliştirilmesi” (Ana yüklenici: TAI) ve “Yüksek Çözünürlüklü Elektro-optik Kamera Geliştirilmesi” (Ana Yüklenici: ODTÜ Fizik Bölümü) projeleri TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma Geliştirme Projeleri Destekleme Programı kapsamında yürütülmektedir. Bu projelerde Milli Savunma Bakanlığı müşteri kuruluşur. Projeler 2010 yılında tamamlanacaktır [57].

### **6.2.3. UYDU YÖNELME KONTROLÜ İÇİN ENERJİ SAKLAYABİLEN**

#### **DEĞİŞKEN HIZLI MOMENT JİROSKOBU GELİŞTİRME PROJESİ**

TÜBİTAK Kaynaklı ARGE projesi olarak yürütülen DÖNENCE Projesinin hedefi, uyduların yüksek hassasiyette kontrolünü sağlayan Moment Kontrol Jiroskobu (MKJ) teknolojisi elde edilmesidir. Projede bir sonraki aşama olarak, yönelim ve enerji depolama ihtiyaçlarının ikisine birden cevap verebilecek bir sistem olan Enerji Saklayabilen Moment Kontrol Jiroskoplarının (ESMKJ) geliştirilmesi hedeflenmektedir. Projenin tedarik makamı MSB ARGE ve Tekno.D.Bşk.lığıdır.

Proje kapsamında;

- 100 - 300 kg aralığındaki bir uydu için yönelim kontrol ve güç gereksinimlerini sağlayacak (4'lü) ESMKJ kümesi içerisinde kullanılmak amacıyla bir adet ESMKJ prototipi geliştirilecek,

- Geliştirilen prototipin daha büyük uydularda (500-900 kg arasında seçilen bir uydu) kullanımına yönelik boyutlandırma ve sistem geliştirme kabiliyetleri elde edilecek ve raporlanacak,
- ESMKJ prototipinin dönüş hızı asgari 10000 RPM, deşarj derinliği asgari 70%, enerji depolama kapasitesi asgari 10 Watt-saat ve 16 Vdc-40 Vdc aralığında çalışacak ve,
- Uydunun yönelimini gerçekleştirecek sürücü algoritmaları oluşturulacaktır.

Mevcut duruma bakacak olursak ; Yapılan ihale sonucunda TUSAŞ ile MSB.lığı arasında protokol imzalanmış, TÜBİTAK panel görüşmelerinde TUSAŞ tarafından standart sözleşmede yer alan bazı mali hükümlere ilişkin bir takım çekinceler belirtmiş ve TÜBİTAK'ın standart sözleşmesinde mali hususlara ilişkin düzenlemeler yapılmıştır.

Moment Kontrol Jiroskobu Uçuş Modeli (MKJ UM) iş paketine yönelik Kabul Seviyesi Testler kapsamında, TUSAŞ A.Ş. tarafından üretimleri tamamlanan, 4 adet MKJ UM'nin Isıl Vakum Döngü (IVD) ve Titreşim Testleri İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)'nde icra edilmiştir. Yapılan testlerde elde edilen sonuçlar ile ECSS-E-10-03A standartları arasında uyum gözlenmiştir.

MKJ UM ve ESMKJ iş paketlerine yönelik proje isterlerinin değerlendirileceği, çevresel ve fonksiyonel testlerinin yapılacağı Kabul Faaliyetleri 10-11 Haziran 2010 tarihlerinde TUSAŞ Akıncı - TUSAŞ ODTÜ Teknokent Tesislerinde icra edilmiştir. MKJ Uçuş Modeli Üretimi ve Entegrasyonu ile ESMKJ Prototipi Üretimi ve Entegrasyonunun Haziran 2010 tarihinde tamamlanarak proje başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır [55].

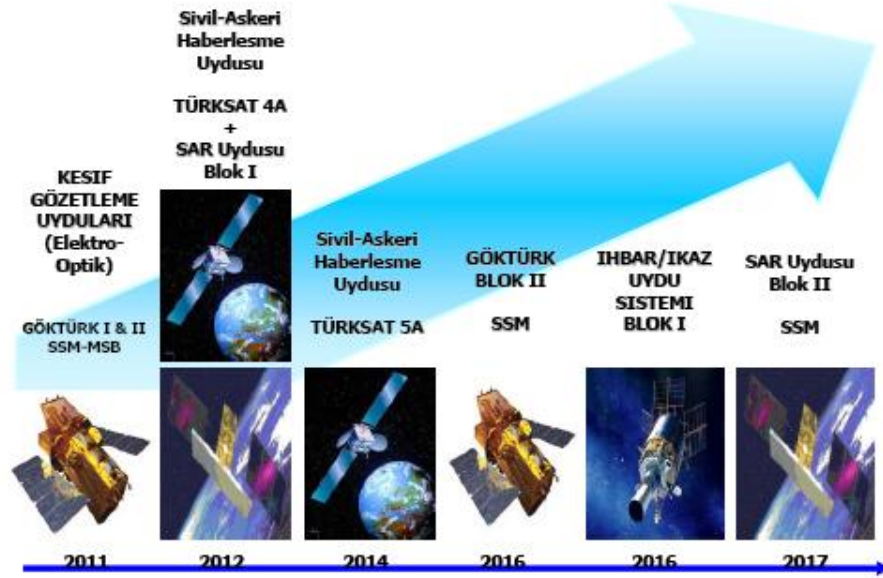
#### **6.2.4. MÜŞTEREK MİLLİ ASKERİ HABERLEŞME UYDU PROJESİ**

Proje kapsamında, TSK'nın halen TÜRKSAT-2A uydusunu kullanarak gerçekleştirdiği Ku ve X-Band haberleşme ihtiyaçlarına ilave olarak EHF bandında kazanmak istediği haberleşme yeteneğinin karşılanması hedeflenmektedir. SSM.lığı sorumluluğunda yürütülmekte olan proje kapsamında TSK ihtiyaçlarının, TÜRKSAT-2A yerine 2013-2014 yılında atılacak TÜRKSAT 4A'ya konulacak askeri uydu aktarıcılar ile karşılanacaktır [61].

#### **6.2.5. ASKERİ UYDU YOL HARİTASI**

Savunma Sanayi Müsteşarlığı tarafından TSK ihtiyaçları değerlendirilerek Hava Kuvvetleri Komutanlığı ile birlikte Askeri Uydu Yol Haritası oluşturulmuştur (Şekil 6.7). Bu yol haritası ile GÖKTÜRK Programından başlayarak uydu programlarının tarihsel gelişimi ortaya konulmuştur. Bu yol haritasına göre 2011 yılında GÖKTÜRK I'ın fırlatılması planlanmaktadır. Ancak şuan ki duruma göre 2012'den önce

fırlatılamayacağı değerlendirilmektedir. Bu proje kapsamında kazanılan yetenekler ile sonraki uydu programlarında Türk mühendisleri tarafından sistem tasarımı, test ve entegrasyonu yapılan uyduların fırlatılması planlanmaktadır [55].



Şekil 6.7 Askeri Uydu Yol Haritası

#### 6.2.6. İŞLEMSEL EHF UYDU AKTARICISI VE TEST ORTAMI

##### GELİŞTİRİLMESİ PROJESİ

Aselsan ve Bilkent Üniversitesi'nin 'İşlemsel EHF Uydu Aktarıcısı ve Test Ortamı Geliştirilmesi Projesi' ile Türk Silahlı Kuvvetleri'nin, yüksek frekanslarda ve güvenli uydu haberleşmesi ihtiyacı karşılamaktadır. Dünyada sadece Amerika Birleşik Devletleri'nin uydularında işlemsel EHF(Extremly High Frequency) kullanıldığı bilinmektedir. Aselsan, proje kapsamında işlemsel uydu aktarıcısı ile anteninin tasarımını ve üretiminin yanı sıra fonksiyonel testlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli bir test ortamı oluşturarak üretimini gerçekleştirmektedir. Ayrıca üretimi tamamlanan birimlerin uydu platformlarında kullanımı için gerekli tüm kalifikasyon testlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan test altyapısı da proje kapsamında oluşturulmaktadır. Proje, Türkiye'nin ileride ihtiyaç duyacağı haberleşme uydularında yer alacak diğer tüm aktarıcılarının da milli olarak üretilmesi için çok önemli bir bilgi birikimi ve altyapı sağlayacak.

Savunma Sanayii Müsteşarlığı(SSM) ile ASELSAN ve Bilkent Üniversitesi arasında 4 Haziran 2008 tarihinde imzalanan 'İşlemsel EHF Uydu Aktarıcısı ve Test Ortamı Geliştirilmesi Projesi' hayata geçirilmiştir [55].

### 6.2.7. HUTEN (HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ)

Bilgi, endüstriyel çağın bitip bilgi çağının başladığı bir dönemde, çağımızın en etkili silahı haline gelmiştir. Bilim ve teknolojiyi yakından takip edebilen yetişmiş insan gücünün öneminin bilincinde olan Hava Kuvvetleri Komutanlığı, geleceğin komutan ve yöneticilerinin yetiştirilmesinde önemli bir rol üstlenecek olan Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'nü Hava Harp Okulu bünyesinde kurarak 17 Ağustos 2001 tarihinde hizmete açmıştır.

Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'nde Havacılık, Elektronik, Bilgisayar, Endüstri Mühendisliği ve Uzay Bilimleri Ana Bilim Dallarında Lisansüstü eğitim ve doktora programları bulunmaktadır. 2003-2004 Eğitim-Öğretim Yılı 2. yarıyılından itibaren Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda doktora eğitimine, 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 1. yarıyılından itibaren Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda doktora eğitimine, 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 2. yarıyılından itibaren de Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda doktora eğitimine başlanmıştır.

HUTEN'in İstanbul Teknik Üniversitesi, TÜBİTAK, İstanbul Üniversitesi, Marmara Üniversitesi ve Boğaziçi Üniversitesi gibi kurumlarla yürüttüğü ve öncülüğünü üstlendiği faaliyetlerden birisi de, ilki 2003 yılında düzenlenmiş olan RAST, “Recent Advances in Space Technologies - Uzay Teknolojilerinde Yeni Gelişmeler” konferansıdır, ve her iki yılda bir düzenlenmeye başlanarak geleneksel hale gelmiştir. Aynı zamanda çok sayıda ülkeden katılımcılarında katkısıyla uluslararası bir konferans düzeyindedir. RAST konferanslarının amacı özellikle gelecekte uygulama alanı bulacak olan uzay teknolojilerindeki gelişmeler konusunda önde gelen bir forum haline getirmektir. RAST konferansları uzayın tüm alanlarını kapsamakla beraber, herbir konferans ayrı bir temaya vurgu yapmaktadır. Örneğin RAST 2007 “DAHA GÜVENLİ BİR DÜNYA İÇİN UZAY” temasını işlemektedir. Sonuncusu 2011 yılında, Hava Kuvvetlerinin 100ncü kuruluş yıldönümünde ve her zaman olduğu gibi yine İstanbul'da düzenlenecektir.

HUTEN, İTÜ, Boğaziçi Üniversitesi, Marmara Üniversitesi ve Bahçeşehir Üniversitesinin organizasyonu ile düzenlenen çalışmalardan birisi de 2006 yılında icra edilen ASEW-Havacılık ve Uzay Mühendisliği Eğitimi Uluslararası Çalıştaydır. Havacılık-Uzay Mühendisliği eğitim-öğretimindeki değişimlerin gözden geçirilerek bu değişimlerin günümüz şartlarında değerlendirilmesi, düzenlenen bu çalıştayın amaçları arasındadır. Havacılık-uzay mühendisliği programlarının tasarımı ve yürütülmesinde deneyim sahibi olan akademisyen ve uygulamalarla ilgili olarak çalışan mühendisler, müfredat değişikliklerinin gerekçeleri ve etkileri, bu değişikliklerin ilgili endüstrinin gereksinimleri ile ilişkisi konusundaki bilgi ve deneyimlerini paylaşmak üzere çalışmaya davet edilmiştir.

Ayrıca 1'inci Aviyonik ve Sistem Entegrasyonu Sempozyumu (ASES-2010), Hava Harp Okulu ile Bilkent, İstanbul Teknik ve Orta Doğu Teknik Üniversitelerinin

işbirliği ile 29-30 Nisan 2010 tarihlerinde düzenlenmiştir. Sempozyumun kapsamında, “Türkiye’nin Milli Sistem Entegrasyon Kabiliyetinin geliştirilmesinin önemi” ile “Sivil Havacılık Bakım/Onarım faaliyetlerinin geleceğinin” tartışılacağı paneller de beraberinde icra edilmiştir. 1’inci Aviyonik ve Sistem Entegrasyon Sempozyumu askeri kurumların yanı sıra akademisyenleri, Sivil Havacılık ve Savunma Sanayinde görev alan resmi/özel kurum temsilcilerini bir araya getirerek Türkiye’nin Havacılık imkan ve kabiliyetlerinin geliştirilmesine yönelik önemli bir boşluğu dolduracağı ve sinerji olanakları yaratacağı öngörülmüştür.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezimde haberleşme, gözlem, seyrüsefer, meteoroloji, bilimsel amaçlı ve arama kurtarma alanlarına göre uydu çeşitleri ve bu uydulara ait bazı altsistemlerin özellikleri 5'inci bölümde anlatılmıştı. Örneğin Echo 1 uydusundan Türksat serisi uydulara kadar ya da Hubble teleskobundan JWUT'a kadar olan tüm gelişmeler, teknolojinin dünyada ne kadar hızlı ilerlediğini göstermektedir. Yüksek çözünürlüklü kameralara sahip uydu sistemlerinin daha da yaygınlaşması, ülke güvenliği açısından gözlem uydularının önemini göstermekte, arama kurtarma uydularının ihtiyaca binayen yeni ve daha güçlü özelliklere sahip uydular ile güçlendirilmesi, çoğunlukla ihtiyaçların ortaya çıkması ile meydana gelmiş gelişmelerdir. Ülkemiz açısından ise uzay teknolojilerindeki gelişmelere biraz uzak kalmış olsak da, son yıllarda eldeki mevcut imkanlar ölçüsünde gerçekleştirilen veya gerçekleştirilmeye çalışılan projeler, ilerlemek için çaba harcadığımızın bir göstergesidir. Yerli kurum ve kuruluşların kendi çabaları ya da uluslararası işbirlikleri ile ortaya çıkardığı Bilsat, itüpsat1, Türksat gibi projeler sayesinde veya ülkemizde oluşturulan TÜBİTAK, ASELSAN, HAVELSAN gibi kurumlar aracılığıyla uzay bilimleri ve teknolojileri alanlarında kendi çabalarımızın da olduğu ve artarak devam ettiği değerlendirilmektedir. Ancak bu çalışmaların daha da geliştirilerek sürdürülebilmesi amacıyla mevcut altyapımızın geliştirilmesi ve bilgi birikiminin artırılması gerektiği ortadadır. Bu bölümde, uzay ve uydu teknolojilerinde anlatılan gelişmeler ışığında TSK ve özellikle Hava Kuvvetleri Komutanlığı için bazı değerlendirmeler ve öneriler yer almaktadır.

Uzay ve uydu teknolojileri konusunda yeterli altyapısı ve bilgi birikimi bulunmayan bir ülke için yapılması gereken, uzay teknolojileri alanlarında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ile işbirliklerini düzenlemek ve arttırmak amacıyla bir uzay kurumu oluşturmak, ardından bilgi ve yeteneklerin artması ile ulusal güvenlik ihtiyaçlarını karşılayacak milli uzay sistemleri geliştirmek, aynı zamanda sınırlı ekonomik imkanları göz önünde bulundurarak maliyet etkin çözümler üretilmesinin yollarını aramaktır. Üretilecek uzay teknolojilerinin, en yüksek oranda ve en kısa zamanda geri dönüşüm yaratacak şekilde tasarlanarak milli sermayenin ve beyin gücünün en yüksek miktarda ülke içinde kalmasını sağlamaktır. TSK, TÜBİTAK gibi uzay çalışmaları ile ilgili kurumların vizyonlarında bulunan “teknolojilerin milli imkanlarla ve yurtiçi kaynaklarla geliştirilmesi” görüşüne uygun olarak, öncelikle uzay ve uydu sistemlerinin altyapılarının ve yazılımlarının milli olanaklarla geliştirilmesi, savaş koşullarında tüm teknolojik sistem bakım ve kontrolünün ülkemizde olmasına olanak sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Hava Savunmasında ise atmosfer ve uzayı birlikte dikkate almak ile uzayda konuşlanabilecek sistemler, güvenlik sınırlarını ortadan kaldıracak, tehdit alanının olduğu kadar savunma alanında genişlemesine sebep olacaktır. Harbin istenildiği gibi yönlendirilebilmesi için Silahlı Kuvvetlerin bu yeni ortama göre ihtiyaçlar geliştikçe yapılanmasının da değişmesi kaçınılmazdır. Özellikle görüntü istihbaratı üretmeye

yönelik olarak ihtiyaç duyulan yüksek çözünürlüklü görüntü üretim yeteneklerini, şu anki koşullarda keşif uçakları ve İHA'lar olarak iki sınıfta inceleyebiliriz. Keşif uçakları ve İHA'lar hızlı reaksiyon gösteren sistemler olarak muhabere sahasındaki ihtiyaçların karşılanması için etkin olarak halihazırda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, özellikle barış zamanında, hava sahası ihlali yapmadan düşman derinliklerinden hassas hedef bilgisi elde edilmesi, stratejik istihbarat üretiminde uydu sistemlerinin gerekliliğini zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizin söz konusu yüksek çözünürlüklü görüntüleri ticari olarak elde etmesi de mümkündür. Fakat, savunma amaçlı kullanımda, ticari bir uydudan görüntü almak genellikle tercih edilir bir yöntem olamaz. Ticari uydulardan satın alınan görüntüler, yurt dışı kaynaklı olduğundan görüntü kalitesi ve güvenilirliği itibarıyla, sisteme sahip olan ülkenin sınırlamaları ile karşılaşmak olası bir sonuçtur. Ayrıca, bu gibi stratejik görüntü istihbaratı temin edilecek uydu sistemlerinin bir başka ülkeye ait olması, uzun vadede hem ekonomik bir çözüm olmaz, hem de muhtemel bir uyuşmazlık durumunda bilgi akışı sekteye uğrar.

Görüntü istihbaratının kullanılıp değerlendirileceği ve hareketin bu bilgiler üzerinden yürütüleceği Türk Silahlı Kuvvetlerinde öncelikle, uzay teknolojilerinde gelişmekte olan ülkelere olduğu gibi askeri uzay teşkilatları veya gerekirse Uzay Komutanlıkları kurulması gerektiği değerlendirilmektedir. Şu anki doktrinlerde belirtildiği üzere hava-uzay sorumluluğu birlikte düşünülmesi uygundur. Hava ve uzay ortamını birbirinden ayıran doğal bir engel olmadığı göz önüne alırsak, "AEROSPACE" kavramı, Hava Kuvvetlerinin faaliyet göstereceği tek ve bütün halinde bir ortam olarak algılanması gerektiği öngörülmektedir. Hava-uzay sahasının yönetiminde TSK yapısı içerisinde Hava Kuvvetlerinin bünyesinde bir idarenin olması, gelişen uzay faaliyetlerinin takibi ve koordinesi için önem arz ettiği görülmektedir. Bu görevi üstlenecek makam ise Hv.K.K.lığı altında oluşturulacak Uzay Komutanlığı olacağı değerlendirilmektedir.

Ülkemiz için, uzay teknolojilerine ait bilgi birikimlerinin ve eğitim ihtiyaçların tanımlanması, sistemlerle entegrasyon kabiliyetlerinin belirlenmesi, ihtiyaçlara uyan çözümlerin belirlenmesi konularında çalışmalar yapılması da öncelikler arasındadır. Bu bilgiler ışığında Vizyon 2023 Strateji Belgesini de inceleyerek bir karşılaştırma yapacak olursak;

- *"Askeri ve sivil amaçlı bilgi haberleşmesi ve bilgi yönetimi alanlarında, tümleşik sistemden bireysel kullanıcıya kadar her düzeyde, yüksek bilgi hizmeti kalitesine ulaşılmasını, bilgi ve haberleşme güvenliği teknolojileri,*
- *Sistem ve kullanıcı düzeyinde fiziki ve biyolojik güvenliğin sağlanması amacıyla kullanılan ileri sensör ve sistem teknolojileri,*
- *Sistem-kullanıcı etkileşimini ve sistem kullanım etkinliğini artıran teknolojiler,*
- *Sivil ve askeri amaçlı kullanılabilecek insansız sistem ve robotik teknolojileri,*

- *Özellikle uzay teknolojilerinde gelişme sağlayabilmek için sivil ve askeri amaçlı kullanılabilecek uydu ve uzaya araç gönderme ve uzay koşullarında fiziki koruma teknolojileri,*

- *Ulusal savunma açısından kritik silah, karşı silah ve korunma teknolojileri”,*

alanlarına önem verilmesi gerektiği görülmektedir [56].

Bu alanlarda yapılan ya da yapılacak olan çalışmaları desteklemek amacıyla gözönünde bulundurulması gerekenleri ise ana başlıklar altında aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

Uzay teknolojileri alanında:

- Gerekli ve yeterli altyapının daha da geliştirilmesi,
- Daha fazla finans kaynağı sağlanması,
- Yetişmiş ve araştırmacı bilimadamlarının sayısının artırılması,
- Yeni işbirliklerinin oluşturulması,
- Toplumun bilinçlendirilmesi çalışmalarına devam edilmesi,
- İhtiyaçları karşılayacak gerekli kuruluş ve yasaların, ortaya çıkacak ihtiyaç durumuna göre artırılması veya yeniden gözden geçirilmesi.

Uzay alanında bu gelişmelerin sağlanabilmesi için en acil ve somut adım Türkiye Uzay Kurumunun kurulması olarak değerlendirilmektedir.

Bu ana başlıklar altında Türk Silahlı Kuvvetleri'nin üzerinde daha fazla durması gereken konular;

- Gerekli araştırmaların yapılabileceği eğitim kurumlarının (Hava Harp Okulu bünyesindeki HUTEN gibi) ve araştırma merkezlerinin sayılarının artırılması ve bütçelerinin ihtiyaca göre yeniden düzenlenmesi,
- TSK personelinin bilinçlendirilmesi ve daha fazla sayıda personelin eğitime tertip edilebilmesi amacıyla uzay bilimleri ve teknolojileri alanlarındaki (RAST gibi) konferans, sempozyum, panel ve benzeri aktivitelerin sayısının daha da artırılması ve tüm birliklerden katılımın teşvik edilmesi,
- TÜBİTAK, ASELSAN, HAVELSAN, TAI ve benzeri kuruluşların yürüttüğü uzay teknolojileri ağırlıklı projelere lisans, lisansüstü ve doktora yapan personelin planlanarak bu alanlarda yetişmiş insangücünün artırılması,
- Uzay bilimleri ve uzay teknolojileri alanlarında eğitim sağlayan uluslararası eğitim kurumları ile işbirliği içinde bulunularak yurtdışında eğitim görmüş personel sayısının artırılması,
- Milli imkanlarla yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmesi için büyük yarar sağlayacak olan GÖKTÜRK gibi uydu projelerinin, tüm aşamalarında

yer alacak personel temin edilmesi ve ileride yeni ihtiyaçlara göre proje oluşturabilecek şekilde yetişmesinin sağlanması,

şeklinde değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, uzay teknolojilerinde ilerleyebilmek ve gelişimi hızlandırmak amacıyla gelişmiş ülkelerde de başarılı bir şekilde uygulanmakta olan ulusal seviyede bir yapılanmanın kaçınılmaz olduğu ortadadır. Burada yapılması gereken öncelikle Türkiye'ye ait bir uzay kurumu oluşumunun hızlandırılmasıdır. Oluşturulacak uzay kurumunun, tüm sivil ve askeri uzay faaliyetlerinde koordinasyonu sağlaması ve ulusal uzay politikasının belirlenmesinde en önemli rolü oynayacağı değerlendirildiğinde ne kadar önemli olduğu net olarak görülmektedir. Yine bu gelişimi hızlandıracak önemli bir araç olacak olan RASAT benzeri projelerin imkanlar dahilinde bir an önce gerçekleştirilmesinin gelişim açısından önemli olduğu da bilinmektedir. TSK'nın ise tüm bu yapılanmalarda mutlaka yer alması ve uzay kapsamlı projelerin her aşamasında kullanabilmek amacıyla yetişmiş personele sahip olması gerektiği değerlendirilmektedir.

Unutulmamalıdır ki yeterli işbirliği ve bilimsel düşünce sistemini kullanarak kendi imkanları ile teknolojisini hızla geliştiren her ülke hem kendi güvenliğini sağlayabilmekte hem de ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Özellikle uydu yol haritamız incelendiğinde (şekil 6.7) uydu teknolojileri konusunda milli imkan ve kabiliyetler oluşturulması kaçınılmaz olduğu net bir şekilde görülecektir. Aynı zamanda uydu teknolojileri ile ilgili proje ve çalışmaların birçok kurum ve kuruluşlar tarafından ayrı ayrı yürütülüyor olması, tüm bu faaliyetlerin ortak amaca yönlendirilmesini sağlayacak bir strateji belirlenmesini ve eğitimin arttırılmasını gerekli kılmaktadır. Ülkemizde Savunma Sanayi Müşteşarlığı ve sanayi şirketlerinin olduğu kadar Türk Silahlı Kuvvetleri'nin de, bu konuda diğer tüm kurum ve kuruluşlara öncülük etmesi gerektiği öngörülmektedir. Tezim ile ortaya koyduğum, dünyadaki teknolojik değişimler ve gelişmelerin ülkemiz kabiliyetleri arasına katılması, eğitim ve bilgi düzeyinin daha da artmasını sağlayacaktır. Bu sayede ülkemizin ekonomik olarak uzun vadede daha da güçlü hale geleceği, teknoloji imkanları kullanarak iç-dış güvenliğin sağlanması TSK'nın ihtiyaç duyacağı ortama önemli katkılarda bulunulacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] KALAYCIOĞULLARI İ., UNAT Y. (31 Ağustos – 4 Eylül 2004), “Kopernik Kuramı’nın Türkiye’deki Yansımaları”, XIV. Ulusal Astronomi Kongresi, Kayseri
- [2] JOEL L, (2004), “Gizli Tarih/Geçmişi Şekillendiren Gizli Güçler”, İthaki Yayınları(2007), syf;250-256
- [3] Air Command and Staff College Space Research Electives Seminars (2009), “AU-18 Space Primer”, Air University Press Maxwell Air Force Base, Alabama, (“<http://space.au.af.mil>” adresinden 12 Haziran 2010)
- [4] Dungan Tracy D. (2005), “V-2: A Combat History of the First Ballistic Missile”, Westholme Publishing
- [5] <http://history.nasa.gov/sputnik/>
- [6] <http://www.centennialofflight.gov/essay/Dictionary/REDSTONE/DI149.htm>
- [7] SWENSON Loyd S., GRIMWOOD James M., ALEXANDER Charles C. (2007-06-28). "This New Ocean: A History of Project Mercury" NASA SP-4201 (Scientific and Technical Information Division, Office of Technology Utilization, N.A.S.A.)
- [8] IVANOVICH Grujica S. (2008), “Salyut, The First Space Station : Triumph And Tragedy”, Praxis Publishing, Germany
- [9] CATCHPOLE J., (2008), “The International Space Station: Building For The Future”, Praxis Publishing Ltd, Germany
- [10] J. S. Sovey, V. K. Rawlin, and M. J. Patterson, (2001) "Ion Propulsion Development Projects in U. S.: Space Electric Rocket Test 1 to Deep Space 1," Journal of Propulsion and Power, Vol. 17, No. 3
- [11] WALSH Patrick J., (2001), “Echoes Among The Stars: A Short History Of The U.S. Space Program”, M.E.Sharpe Inc., New York
- [12] <http://www.turksat.com.tr/>
- [13] “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma planında Bilim ve Teknoloji”, 5 Temmuz 2000 tarih ve 24100 sayılı Resmi Gazete’nin Mükerrer Sayısı
- [14] “Bilim ve Teknoloji yüksek Kurulu Toplantısı-13 Aralık 2000”, (“<http://www.tubitak.gov.tr>” adresinden 01 Temmuz 2010)
- [15] ÜÇER,Ahmet Ş. (2001), “Türkiye ve Havacılıkta Bilim-Teknoloji-Sanayi Politikaları, I. Ulusal Uçak Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı”, Eskişehir

- [16] DREYER J. "Tycho Brahe: A Picture of Scientific Life and Work in the Sixteenth Century", Edinburgh 1890, reprinted New York 1963
- [17] KOUPELIS T. (2010), "In Quest of the Universe: Sixth Edition", Jones and Bartlett Publishers, LLC, syf: 54-59
- [18] HASSANİ S. (2000), "Mathematical methods: for students of physics and related fields", Springer-Verlag, New York, syf: 507-509
- [19] ÇİMEN A. (2008), "Tarihi Değiştiren Bilginler", Timas Basım Ticaret San. AŞ., syf:144-147
- [20] MARAL G. (2009), "SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS Systems, Techniques and Technology, Fifth Edition", Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications, Site de Toulouse, France
- [21] AGRAWAL V., MAINI A.K. (2007), "Sattelite Technology", Laser Science and Technology Centre, India
- [22] International Astronautical Federation, United Nations. Office for Outer Space Affairs, International Institute of Space Law (2007), "Highlights in Space 2006: Progress in Space Science, Technology and Applications, International Cooperation and Space Law", United Nations Publications, syf : 16
- [23] Orbital Sciences Corporation (2010), "INTELSAT-11 Fact Sheet", Virgina, ([http://www.orbital.com/newsinfo/publications/intelsat11\\_fact.pdf](http://www.orbital.com/newsinfo/publications/intelsat11_fact.pdf) adresinden 10 Eylül 2010)
- [24] KURU E. (2005), "Uydular : Kullanım Amaçları ve Bir Uygulama", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA
- [25] LEVIN N. (1999), "Fundamentals of Remote Sensing", Remote Sensing Laboratory, Geography Department, Tel Aviv University, Israel
- [26] JOSEPH G. (2005), "Fundamentals of Remote Sensing: Second Edition", Universities Press, India
- [27] HST Program Office (2003), "Hubble Facts: HST Orbit Decay and Shuttle Re-boost", Goddard Space Flight Center
- [28] DeVorkin D.H., Smith R.W. (2004), "Hubble Space Telescope: Imaging the Universe", National Geographic
- [29] <http://www.jwst.nasa.gov>

- [30] C.M. KISTAWAL “Meteorological Satellites”, Atmospheric Sciences Division Meteorology and Oceanographic Group Space Application Centre (ISRO), Ahmedabad
- [31] NASA (2009), “GOES-N/O/P Series DATABOOK”, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland
- [32] Meza M. (2007), “Manual for ICAO Aeronautical Mobile Satellite (Route) Service Part 2-Iridium Draft V4.0”, ICAO Working Paper
- [33] ERDOĞAN M., AKDENİZ H. (2004), “Uzaktan Algılama Amaçlı Uydu Sistemlerindeki Son Gelişmeler”, Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 132
- [34] İNTA., (2003), “IKONOS Uydu Görüntüleri ve Haritacılığa Yönelik İşlenmesi”, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara
- [35] GPS NAVSTAR (2008), “Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard”, DoD Washington
- [36] (2002), “Refer to the GLONASS Interface Control Document (ICD), Version 5.0”, Moscow
- [37] BILLE M., LISHOCK E. (2004), ”The First Space Race: Launching The World's First Satellites”, Texas A&M University Press
- [38] (2010), “Denizcilik Müsteşarlığı Stratejik Planı (2010-2013)”, T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı
- [39] GAUTHIER S. (2010), “Operational Differences Between MEOSAR and GEO/LEOSAR Capabilities”, Defence R&D Canada Centre for Operational Research & Analysis
- [40] <http://ulysses-ops.esa.int/ulysses/>
- [41] National Aeronautics and Space Administration Office of Space Flight (2000) “International Space Station Operations Architecture Study, Final Report”, Management, Organizational and Business Improvement Services
- [42] RAU Dana M., HIGGINS N. (2005), “The International Space Station”, Compass Point Books, Minneapolis
- [43] KAFA İlker M., “Uluslararası Uzay İstasyonu”, Uludağ Üniversitesi, AJANSTR Dergisi, syf:14-18
- [44] AMICO P., BELETIC James W., BELETIC Jenna E. (2004), “Scientific Detectors For Astronomy: The Beginning Of A New Era”, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, syf: 554-560

- [45] PETERSEN Carolyn C., BRANDT John C. (1998), “Hubble Vision: Further Adventures With The Hubble Space Telescope”, Cambridge University Press,
- [46] COSPAS-SARSAT 406 MHz. MEOSAR IMPLEMENTATION PLAN C/S R.012 Issue 1, (“<http://www.cospas-sarsat.org>” adresinden 23 Eylül 2010)
- [47] ZURABOV Y.G., IVANOV K.K., KUROPYATNIKOV A.D. (1998), “COSPAS/SARSAT Satellite System”, Proceedings of ICSC, syf:156-158). IEEE.
- [48] COSPAS-SARSAT 406 MHz. FREQUENCY MANAGEMENT PLAN, Issue 1 - Revision 3, (“<http://www.cospas-sarsat.org>” adresinden 23 Eylül 2010)
- [49] GOMARASCA Mario A. (2009), “Basics of Geomatics”, Springer Science&Business Media B.V., syf:308
- [50] <http://www.uzay.tubitak.gov.tr/bilsat/tr>
- [51] <http://www.bilten.metu.edu.tr/tubitakuzay/tr/projects/>
- [52] <http://usl.itu.edu.tr/tr/itupsat1-hakkinda-ayrintili-bilgi.php>
- [53] <http://www.turksat.com.tr>
- [54] <http://www.turksatonline.com/index.php>
- [55] Hava Kuvvetleri Komutanlığı Uzay Şb. Md. Bilgi edinme ziyareti (2010)
- [56] TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu ve Ulusal İnovasyon Girişimi (2009), “Yol Haritası Serisi 1:Uzay Ve Havacılık Teknolojileri Yol Haritası” (“<http://ref.advancity.net/tr/dokumanlar/greenpaper-spread.pdf>” adresinden 28 Ekim 2010)
- [57] TÜBİTAK UZAY Enstitüsü Toplantı (22 Haziran 2010), “Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 21. Toplantısı, Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler”, ANKARA, TÜBİTAK UZAY Enstitüsü Toplantı Salonu (“[http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files//BTYPD/btyk/21/BTYK21\\_Gelismelere\\_Iliskin\\_Degerlendirmeler.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files//BTYPD/btyk/21/BTYK21_Gelismelere_Iliskin_Degerlendirmeler.pdf)” adresinden 28 Ekim 2010)
- [58] <http://www.hvkk.tsk.tr/PageSub/Calismalarimiz/Projeler/UzayCalismalari.aspx>
- [59] DARLING D. (2003), “The Complete Book Of Spaceflight: From Apollo 1 To Zero Gravity”, John Wiley and Sons Inc, USA, syf:115-116
- [60] ESAT K.. (2009), “Madeni Uzaktan Algılamak”, Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Madencilik Türkiye Dergisi Sayı 3, syf : 20-21
- [61] <http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/projeler/mebs/uyduRadar/Sayfalar/TSKUyduMuharebe.aspx>

## **ÖZGEÇMİŞ**

Manisa’da 1980 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Manisa’da tamamladı. 1998 yılında Hava Harp Okulu Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2002 yılında mezuniyeti takiben Teğmen rütbesi ile 2. Ana Jet Üs Uçuş Eğitim Merkezi Komutanlığı’na pilot adayı olarak atandı. 2003-2004 yılları arasında Hava Sınıf Okulları ve Teknik Eğitim Merkezi Komutanlığında Savunma Subayı olarak eğitim aldı. Eğitimini başarıyla tamamladıktan sonra 2004 yılında 9. Ana Jet Üs Komutanlığı’na atandı. Bu görevleri müteakip Ağustos 2008 – Ağustos 2010 tarihleri arasında Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü (HUTEN)’nde yüksek lisans öğrenimini yaptı. 2009 Mayıs ayında Hava Sınıf Okulları ve Teknik Eğitim Merkezi Komutanlığı’na Teknik Öğretmen olarak atandı. İngilizce bilmektedir.