

Türkiye'nin Uzay Macerası

1960'lerde ABD ve Sovyetler Birliği arasındaki Soğuk Savaş ile başlayan uzay araştırmaları, yıldan yıla genişlemiş, uzayın dünya için önemi her geçen gün artmıştır. Günümüzde dünya yörüngesinde konumlanan uydular aracılığıyla uzay, bilimsel araştırmaların yanı sıra haberleşme, internet, görüntü alma, gözetleme, yayın ve konum gibi sayısız alanda yarış arenasına dönüşmüştür¹.

Uzay alanında artan faaliyetlerin gelecek yıllarda daha da yoğunlaşması beklenmektedir. Uydu teknolojilerinin yanı sıra, uzay turizminden uzay madenciliğine, lojistikten savunmaya pek çok alanda uzay sektörü büyük bir dönüşüm içindedir. Bu dönem pek çok kaynakta “Yeni Uzay (New Space)” olarak tanımlanmaktadır. Yeni Uzay, yeni bir yatırım felsefesine ve ticari güdülerle hareket eden özel uzay şirketlerinin gelişmesine yol açan bir dizi teknolojik ilerlemeyi içeren küresel bir eğilimdir². Fizibilite çalışmalarına göre, 2027 yılında yörüngedeki aktif uydu sayısının 8.000'i aşacağı ve toplam uzay ekonomisinin 1 trilyon dolar seviyesine ulaşacağı öngörülmektedir³.

Türkiye uzay araştırmaları alanında dünyanın lider ülkelerinin gerisinde kalmış olsa da özellikle son yıllarda gözle görülür bir atılım içindedir. Uzun zaman önce gelişmiş ülkelere aldıkları teknolojik destekle uydu teknolojilerine adım atan Türkiye, bugün kendi haberleşme ve keşif gözlem uydularını yerli ve milli imkânlarla yapabilir hâle gelmiş, uzay endüstrisi içinde çok uzun süredir çeşitli rollerde varlık gösteren bir ülkeye dönüşmüş, üstelik bu varlığını istikrarlı şekilde sürdürmek ve daha da büyütmek için girişimlerde bulunan bir sürecin içine girmiştir⁴. Bu atılımın gerisinde ise aslında çok sayıda kurum ve kuruluşun uzun yıllar öncesine dayanan çok sayıda projesi, emeği ve işbirliği bulunmaktadır. Analizimizde Türkiye'nin yıllar içinde uzay alanında attığı adımlar ve gelişimi değerlendirilerek yürütülen ve yakın gelecekte hayata geçmesi beklenen projeler incelenmiştir.

Türkiye'nin Uydu Çalışmaları

Ülkelerin uzay çalışmaları belirli yeteneklere göre kategorilere ayrılmaktadır. Bu kategoriler Ay'a İnsanlı Uçuş, Uzay İstasyonu, İnsanlı Uzay Uçuşu, Fırlatma Yeteneği, Dünya Dışı Yönetimler ile Yapay Uydular kategorileridir. Türkiye günümüzde Yapay Uydular kategorisinde yer almaktadır⁵.

1 <https://thinktech.stm.com.tr/tr/yeni-uzay-cagi-21inci-yuzyilda-kozmik-rekabet-ii-secili-ulkelerin-uzay-programlari-isiginda-uzay-stratejileri>

2 <https://thinktech.stm.com.tr/tr/yeni-uzay-cagi-21inci-yuzyilda-kozmik-rekabet-i-uzay-teknolojilerinin-gelecegi>

3 <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-uzaydaki-varligi-yakud-ile-guvende-olacak/2787471>

4 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2556160>

5 <https://www.aa.com.tr/tr/analiz/turkiyenin-uzay-atilimlari/2469763>

TÜRKSAT 1A

Pek çok ülke gibi Türkiye de uzay faaliyetlerine ilk olarak haberleşme uyduları ile adım atmıştır. Aerospatiale tarafından üretilen ve 24 Ocak 1994'te Fransız Guyanası'ndan fırlatılan TÜRKSAT 1A uydusu Türkiye'nin ilk denemesidir. Ancak bu uydu fırlatılma aşamasında, Ariane 4 roketindeki teknik arıza nedeniyle okyanusa düşmüştür⁶.

TÜRKSAT 1B

Başarısızlıkla sonuçlanan ilk denemeden kısa bir süre sonra 11 Ağustos 1994'te fırlatılan TÜRKSAT 1B Türkiye'nin ilk uydusu olarak tarihe geçmiş ve 2005'e kadar 12 yıl boyunca TV yayıncılığı ve veri haberleşmesi hizmeti vermiştir⁶.

TÜRKSAT 1C

TÜRKSAT 1B'nin ardından 10 Temmuz 1996'da TÜRKSAT 1C Fransız Guyanası'ndan Ariane 4 roketiyle fırlatılmış ve 2010 yılına kadar TÜRKSAT 1B gibi TV yayıncılığı ve veri haberleşmesi alanlarında görev yapmıştır⁶.

TÜRKSAT 2A

Fransız Guyanası'ndan Ariane 4 roketiyle fırlatılan TÜRKSAT 2A, 10 Ocak 2001 tarihinde yörüngeye yerleşmiş ve 2016 yılına kadar Rusya'yı da kapsayacak şekilde görev yapmıştır⁶.

BİLSAT

Türkiye'de yer gözlem uyduları geliştirme çalışmalarının ilk adımları ise 1999 yılına kadar uzanmaktadır. 2000 yılından itibaren bu çalışmalar hızlanmış, 2001-2003 yılları arasında Devlet Planlama Teşkilatından (DPT) sağlanan destekle ve teknoloji transferi yöntemiyle Türkiye'nin ilk optik uzaktan algılama ve yer gözlem uydusu BİLSAT yapılmıştır.

Uydu, TÜBİTAK'ın Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) ve İngiliz uydu teknolojileri şirketi Surrey Satellite Technology Limited-Surrey (SSTL) işbirliği ile yapılmıştır. Bu kapsamda, 2001 yılında uydu yapım sürecini öğrenmek ve bağımsız uydu yapabilme yeteneği kazanmak için İngiltere'ye sekiz araştırmacı gönderilmiştir. Uydu teknolojilerinin çeşitli alanlarıyla ilgili yüksek lisans eğitimi almak ve üretim, test ve tasarım aşamalarında çalışmak için yurtdışına giden 20 civarında araştırmacı uydu teknolojileri konusunda önemli bir birikim elde etmiştir. Ayrıca, BİLSAT uydusu yapılırken işin daha iyi öğrenilebilmesi amacıyla mühendislik modeli sayılabilecek bir uydu daha yapılmıştır⁷.

BİLSAT, 12 metre çözünürlüklü olarak geliştirilmiş ve yörüngede başarıyla çalıştırılmıştır. BİLSAT projesi kapsamında TÜBİTAK UZAY tesislerinde Yer İstasyonu ve uydu üretim/test laboratuvarları kurulmuş, yerli imkânlarla Çok Bantlı Kamera (ÇOBAN) ve Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme Kartı (GEZGİN)⁸ tasarlanmış ve uzay tarihçesi kazandırılmıştır. Bu ekipmanlar Türkiye'de tasarlanan ve üretilen, uzay tarihçesine sahip ilk ürünler olmuştur⁷.

Türkiye'nin 27 Eylül 2003 tarihinde kavuştuğu ve haritacılık, afet izleme, çevre izleme ve şehircilik planlaması amaçlarıyla görev yapan mini uydu BİLSAT'ın ömrü üç yıl olarak öngörülmüş, ancak ondan kazanılan tecrübeyle Türkiye uzaydaki uydu sayısını yıllar içinde üç kat artırmıştır⁶.

6 <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turkiyenin-uzay-seruveni-554915.html>

7 <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkimizda-0>

8 www.gezgin.gov.tr

TÜRKSAT 3A

13 Haziran 2008 tarihinde Fransız Guyanası'ndan Ariane 5 roketiyle fırlatılan yüksek kullanım kapasiteli TV yayıncılığı ve haberleşme uydusu TÜRKSAT 3A, Thales Alenia Space şirketi tarafından yapılmıştır⁶. Ayrıca uydunun yapımında 22 Türk mühendis görev almıştır. Hâlâ aktif olarak görev yapan bu uydu, 16 Temmuz 2008 tarihinde TÜRKSAT 1C uydusunun tüm sinyal trafiğini devraldıktan sonra görevine başlamıştır. Ayrıca, 27 Ekim 2008'de TÜRKSAT 2A üzerinden yayın yapan kanalların frekansları da TÜRKSAT 3A uydusuna transfer edilmiştir. TÜRKSAT 3A'nın 2028 yılına kadar hizmet vermesi beklenmektedir.

RASAT

BiLSAT projesiyle elde edilen deneyim kullanılarak yapılan RASAT, tamamı Türkiye'de Türk mühendislerce tasarlanıp üretilen ilk yerli gözlem uydusudur. 2004-2011 yılları arasında TÜBİTAK UZAY öncülüğünde, DPT desteğiyle geliştirilen ve 2011 yılında yörüngede devreye alınan RASAT projesi kapsamında, uydu montaj, entegrasyon ve test laboratuvarları büyütülmüş; uydu tasarım, üretim ve test konularında 100'den fazla uzman yetiştirilmiştir. Milli gözlem uydumuz RASAT ile Türkiye, uydu teknolojisinde söz sahibi bir ülke hâline gelmiştir. Ayrıca TÜBİTAK UZAY, bir uydu projesinin baştan sona gerçekleştirilmesini sağlayacak sistem tasarımı ve entegrasyon yeteneklerine sahip olduğunu göstermiştir⁷.

17 Ağustos 2011'de Rusya'nın Yasny Fırlatma Üssü'nden Denepr fırlatma aracıyla uzaya gönderilen RASAT, fırlatmadan 969 saniye sonra, Dünya'dan 687 km yükseklikteki hedef yörüngesine başarıyla yerleşmiştir⁹. RASAT, 7,5 metre çözünürlükte pankromatik, 15 metre çözünürlükte RGB görüntü çekebiliyor ve yörünge özelliği sayesinde dünyanın her yerinden görüntü alabiliyordu⁶.

RASAT'tan elde edilen ham görüntüler TÜBİTAK UZAY tesislerindeki yer istasyonuna indirilerek geometrik ve radyometrik düzeltmelerin ardından koordinatlandırma işlemleri yapıp GEZGİN Portalı'na aktarılmıştır. Uydu işleme ve geoportal oluşturma projesi kapsamında geliştirilen GEZGİN Portalı, Türkiye'nin ilk milli uydu görüntü portalıdır⁶.

RASAT projesi çerçevesinde geliştirilen Yüksek Performanslı Uçuş Bilgisayarı (BiLGE), 100Mbps hızında X-bant Verici ve Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme (GEZGİN-2) ekipmanları ile yerli uçuş ve yer istasyonu yazılımları başarıyla çalıştırılarak, uzay tarihçesi kazandırılmıştır⁷. Böylelikle, TÜBİTAK UZAY, sadece sistem seviyesinde değil alt sistemler kapsamında da yetkinliğini ortaya koyarak, Türkiye'de uzay alanında Teknoloji Hazırlık Seviyesi 9'a ulaşan tek kurum hâline gelmiştir⁹.

Yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme özelliğine sahip RASAT uydu sistemi, afet durumunda sensör ve platform analizi yaparak hızlı çözüm bulmayı kolaylaştırmıştır. RASAT geçmişte orman yangını izleme ve tahribatın haritalanması, su baskını haritalama ve tahmini, heyelan alanlarını haritalama, deprem sonrası yıkılmış binaların ve hasarın tespiti, afet yönetimi için güncel tematik verilerin oluşturulmasında kullanılmıştır. GEZGİN Portalı'na e-Devlet Kapısı ile bağlanan tüm Türkiye Cumhuriyeti vatandaşları RASAT uydusundan 2012 yılından bugüne dek çekilmiş tüm görüntüleri ücretsiz olarak indirebilmektedir⁷.

Üç yıl ömürlü olarak tasarlanan RASAT, 11 yıl sorunsuz çalıştıktan sonra 2022'de görevini tamamlamıştır. Görevi boyunca Dünya yörüngesinde 58.726 tur atan RASAT ile toplam 22.203 kez iletişim kurulmuş, kamerasıyla yaklaşık 3.284 kez görüntü çekilerek toplam 13.362 kare görüntü kaydedilmiştir. Bir çerçeve görüntü boyutu 30x30 km olan ve tek seferde 33 çerçeve, yani 960 km uzunluğunda şerit görüntüler alabilen uydulla, 12.025.800 kilometrekarelik alanın görüntüsü hizmete sunulacak çok geniş bir uydu görüntüsü arşivi ülkeye kazandırılmıştır⁹.

9 <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/ilk-yerli-gozlem-uydusu-rasatin-gorev-suresi-doldu/2671079>

GÖKTÜRK 2

2007-2012 yılları arasında Türk Hava Kuvvetlerinin yüksek çözünürlüklü istihbarat uydusu ihtiyacını karşılamak üzere TÜBİTAK UZAY'ın ana yürütücülüğünde, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ) ile birlikte 2,5 metre çözünürlüklü GÖKTÜRK 2 uydu projesi gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK UZAY'ın RASAT uydusu için geliştirdiği ve tarihçe kazandırdığı alt sistemler GÖKTÜRK 2 uydusunda ana sistem olarak kullanılmıştır. GÖKTÜRK 2'de Yakın Kızıl Ötesi (SWIR) Kamera Modülü (KUZGUN) ve Yönelim Ekipmanları Kontrol Modülü de geliştirilerek uzay tarihçesi kazanmıştır.

18 Aralık 2012'de Çin'in Jiuguan Üssü'nden uzaya fırlatılan GÖKTÜRK 2 uydusu ile birlikte Türkiye, kendi imkânları ile yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu üretebilen 16 ülkeden birisi olmayı başarmıştır. Türk Hava Kuvvetleri tarafından kontrol edilen GÖKTÜRK 2 uydusu hâlen yörüngesinde başarılı bir şekilde görevini yerine getirmektedir⁷.

GÖKTÜRK 2'nin uydu sistemi yanında görev bilgisayarı ve görev yazılımı da tamamen yerli ve milli olarak geliştirilmiştir¹⁰. GÖKTÜRK 2, Türkiye'nin savunma, çevre, şehircilik, tarım ve ormancılık alanlarındaki ihtiyaçlarını karşılamaktadır. RASAT uydusuna göre üç kat daha yüksek görüntü çözünürlüğüne sahip GÖKTÜRK 2, aynı zamanda RASAT'tan dört kat daha ağırdır¹¹.

TÜRKSAT 4A

Kazakistan'da yer alan Baykonur Uzay Üssü'nden Proton M roketiyle fırlatılan TÜRKSAT 4A uydusu, TV yayıncılığı ve veri haberleşmesi hizmeti vermektedir. İngiltere-Afrika'yı kapsayan TV amaçlı uydu yaklaşık dört ay boyunca 50 derece doğu boylamında test edildikten sonra 9 Haziran 2014 tarihinde görev yapacağı 42 derece doğu boylamına geçiş yapmıştır¹².

TÜRKSAT 4B

Haberleşme uydusu TÜRKSAT 4B, Japonya merkezli Mitsubishi Electric firması ile ortaklaşa tasarlanmış ve 16 Ekim 2015'te hızlı internet amacıyla Kazakistan'da bulunan Baykonur Uzay Üssü'nden Proton roketi ile uzaya gönderilmiştir¹².

GÖKTÜRK 1

TUSAŞ ve ASELSAN'ın teknolojik katkılarıyla İtalyan uzay şirketi Telespazio tarafından Millî Savunma Bakanlığı için tasarlanan GÖKTÜRK 1, 5 Aralık 2016 tarihinde Kourou'dan Vega roketi ile uzaya fırlatılmıştır. 0,50 m çözünürlüklü bu uydu, coğrafi kısıtlama olmaksızın dünyadaki herhangi bir yerde keşif yapma yeteneğine sahiptir. Uydu, haritalama ve planlama, arazi örtüsü araştırması, jeoloji, ekosistem izleme, afet yönetimi, çevre kontrolü, kıyı bölgesi yönetimi ve su kaynakları konularında çeşitli sivil uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu proje kapsamında TUSAŞ tesislerinde TÜRKSAT'ın da katkılarıyla "Uydu Üretim, Test ve Entegrasyon Tesisi" inşa edilmiş ve daha sonraki faaliyetlerde kullanılmaya başlanmıştır¹².

TÜRKSAT 5A

Uzaya giden Türk uyduları arasında en yeni olanı TÜRKSAT 5A, 8 Ocak 2021 tarihinde Elon Musk'ın CEO'su olduğu SpaceX firmasının Falcon 9 roketi ile ABD'deki Cape Canaveral Üssü'nden uzaya gönderilmiştir. 28 Haziran 2021'de hizmete alınan ve görev süresi 30 yıl olarak belirlenen TÜRKSAT 5A; Türkiye, Avrupa, Ortadoğu, Kuzey Afrika, Orta ve Batı Afrika, Güney Afrika, Akdeniz, Ege Denizi ve Karadeniz'i kapsayan bir coğrafyada 1.728 MHz kapasiteyle TV yayıncılığı ve veri haberleşme hizmetleri vermektedir¹².

¹⁰ <https://cdn.tua.gov.tr/60227c3d5f551.pdf>

¹¹ <https://www.ensonhaber.com/teknoloji/turkiyenin-uzaydaki-aktif-uydulari>

¹² <https://shiftdelete.net/dunden-bugune-uzaya-gonderilen-turk-uydulari>

TÜRKSAT 5B

TÜRKSAT 5B haberleşme uydusu ABD'nin Florida eyaletinde bulunan Cape Canaveral Üssü'nden, 19 Aralık 2021'de Space X'in Falcon 9 roketiyle uzaya fırlatılmış ve 14 Haziran 2022'de hizmete alınmıştır. Türkiye, Ortadoğu'nun tamamı, Basra Körfezi, Kızıldeniz, Akdeniz, Kuzey ve Doğu Afrika, Nijerya, Güney Afrika ve yakın komşu ülkeleri içeren geniş kapsama alanında hizmet veren TÜRKSAT 5B uydusunun 35 yıl görev yapması beklenmektedir⁵.

TÜRKSAT 5B'nin üretim süreçleri ve test aşamaları Türksat 5A'da olduğu gibi AIRBUS D&S tarafından tamamlanmış ve bu şirketin Fransa'nın Toulouse şehrindeki tesislerinde üretilmiştir¹³.

Türkiye, TÜRKSAT 5A ve TÜRKSAT 5B'yi fırlatarak aynı sene içinde uzaya iki uydu gönderebilen ender ülkeler arasına girmiştir¹⁴. Ka-bant veri iletim hızını 15 kat artıran TÜRKSAT 5B uydusu ile Türkiye, haberleşme alanındaki ihtiyaçlarını yerli çözümlerle karşılayabilir olmuştur⁵.

TÜRKSAT 5B, Sabit Uydu Servisi sınıfındaki TÜRKSAT 4A ve 4B'ye göre en az 20 kat fazla kapasite verimliliği bulunan yüksek verimli uydu kategorisinde yer almaktadır¹³.

TÜRKSAT 5B, kırsal ve dağlık alanlarda GSM sinyallerinin erişemediği alanlara ve GSM ağlarının çalışmadığı afet anlarında iletişim desteği vermektedir. Aynı zamanda eğitime de katkı sağlayan TÜRKSAT 5B ile 2.000'e yakın kırsal bölge okuluna verilen uydu internet hizmetinin kapsamı genişlemiştir¹⁵.

TÜRKSAT 6A

TÜRKSAT 1B ve arkasından gönderilen TÜRKSAT 1C, 2A, 3A, 4A, 5A ve 5B uyduları yurtdışı firmalardan temin edilmiştir. TÜRKSAT 6A projesinde ise TÜBİTAK UZAY, daha önceki RASAT ve GÖKTÜRK 2 projelerinde kazanılan uzay alanındaki tecrübelerinden de faydalanarak, proje ortakları TUSAŞ, ASELSAN ve CTECH firmalarıyla birlikte milli bir haberleşme uydu platformu geliştirmektedir. Proje kapsamında, uydu üzerinde kullanılacak yeni geliştirilen birçok alt sisteme uzay ve uydu tarihçesi kazandırılacak ve söz konusu alt sistemler, milli haberleşme uydularının altyapısını oluşturacaktır¹⁶. TUSAŞ tarafından üretilmekte olan TÜRKSAT 6A uydusu ile Türkiye dünyada kendi haberleşme uydusunu yapabilen 10 ülke arasına girecektir¹⁷.

Tasarımı tamamen Türkiye tarafından yapılan, altyapısı ve insan kaynağı milli olan ve 2023'ün ortalarında uzaya fırlatılması beklenen TÜRKSAT 6A, Avrupa'dan Hindistan'a çok geniş bir coğrafyada hizmet verecektir¹⁵.

Tasarımın doğrulanması amacıyla uydunun mühendislik modelinin üretim, entegrasyon ve testleri Ağustos 2022'de tamamlanırken, 2022'nin Aralık itibarıyla da sistem seviyesi testlerinden ilk işlevsel testler ve ısı vakum testleri başarıyla tamamlanmıştır. Uydunun sistem seviyesi test faaliyetleri başarılı bir şekilde sürdürülmektedir. TÜRKSAT-6A'nın SpaceX Falcon 9 roketiyle bu yıl fırlatılması beklenmektedir¹⁸.

¹³ <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-8inci-uydusu-uzayda/2451461>

¹⁴ <https://www.trthaber.com/haber/gundem/turksat-5b-hizmete-girdi-ilk-baglanti-abdulhamid-han-gemisine-687818.html>

¹⁵ <https://www.trthaber.com/haber/gundem/turkiyenin-uzaydaki-uydu-sayisi-8e-yukseldi-688019.html>

¹⁶ <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/turksat-6a>

¹⁷ <https://www.tusas.com/medya-merkezi/haberler/turkiye-nin-ilk-yerli-haberlesme-uydusu-tai-da-uretilecek>

¹⁸ <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turksat-6a-bu-yil-uzaya-firlatilacak-738167.html>



Şekil 1: TÜRSAT 6A

İMECE

BiLSAT, RASAT ve GÖKTÜRK 2 uydularından elde edilen tecrübeyle, metre altı uydularda kullanılabilir uyu alt sistemlerinin ülke içerisinde geliştirilmesi için gereken altyapının oluşturulması amacıyla 2017 yılında “İMECE Uydu Alt Sistemleri Geliştirme Projesi” başlatılmıştır. 800 kg ağırlıklı uydunun beş yıl hizmet ömrü olması öngörülmektedir¹⁹.

TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen ve Türkiye’de tasarlanıp üretilen yüksek çözünürlükteki gözlem uydusu İMECE ile birlikte Türkiye ilk kez metre altı çözünürlüğe sahip elektro-optik bir uydu kamerasına sahip olacak ve Türkiye’nin sivil ve askeri yüksek çözünürlüklü görüntü ihtiyacı, yerli kaynaklarla karşılanacaktır⁶. Coğrafi kısıtlama olmaksızın Dünya’nın her yerinden yüksek çözünürlüklü görüntü elde edecek olan İMECE, 680 km irtifada güneşe eş zamanlı yörüngede görev yapacak; tespit ve teşhis, doğal afet, haritalama, tarımsal uygulamalar gibi birçok alanda Türkiye’ye hizmet verecektir.

İMECE’nin tasarım, üretim, montaj, entegrasyon ve testleri, yer istasyonu anteni ve yazılımları gibi bütün komponentleri yerli ve milli olarak geliştirilmiştir. İMECE ile geliştirilen komponentler şunlardır: KKS alıcı, güneş algılayıcı, yıldızlar, tepki tekeri, tepki tekeri arayüz ekipmanı, elektro-optik kamera, X bant verici yönlendirilebilir anten, S bant antenler, veri sıkıştırma kayıt formatlama ekipmanı, S bant alıcı verici, elektrikli itki motoru ve yakıt besleme ekipmanı ve x bant verici²⁰.

TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen ekipmanlara, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Manyetometre ve Manyetik Tork Çubuğu ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi de (MAM) Sabit Güneş Paneli ile katkı vermiştir²⁰.

Yerli ve milli olarak üretilecek Türksat 6A ve İMECE’nin uzaya fırlatılmasıyla Türkiye’nin uzaydaki uydu sayısı 10’a çıkacaktır.

¹⁹ <https://uzay.tubitak.gov.tr/uydu-uzay/imece>

²⁰ <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turkiyenin-ilk-yerli-gozdem-uydusu-imecenin-uzay-yolculugu-takvimi-675800.html>

GÖKTÜRK 3 ve GÖKTÜRK-1Y

Türkiye'nin ilk Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) uydusu olacak Göktürk-3'ün 2028'de, Göktürk-1 uydusunun yerini alacak Göktürk-1Y uydusunun ise 2026'da fırlatılması planlanmaktadır. Gece ve gündüz her hava şartında görüntü elde edebilecek yüksek çözünürlüklü (< 1 m) SAR görev yükü taşıyan uydu sistemine sahip olunması amacıyla 2013 yılında GÖKTÜRK-3 üzerine çalışmalar başlatılmıştır²¹.

GÖKTÜRK-3 SAR Uydu Sistemi Geliştirme Projesi; uydu, sabit ve mobil yer kesimlerinin geliştirilmesini, fırlatma ve yörünge öncesi operasyonlar ile buna yönelik hizmetleri, entegre lojistik destek faaliyetlerini ve gerekli diğer sistem ve servisleri içermektedir. Bu kapsamda, SSB ve TUSAŞ arasında imzalanan GÖKTÜRK-3 SAR Uydu Sistemi Geliştirme Projesi iki aşamalı olacak şekilde planlanmış, projenin ilk fazını içeren sözleşme kapsamında Ön Tasarım Aşamasına kadar tüm faaliyetler TUSAŞ ana yükleniciliğinde yürütülmüş ve Mayıs 2016'da başarıyla tamamlanmıştır²².

Türkiye Uzay Çalışmalarında Öne Çıkan Kurumlar ve Projeler

TÜBİTAK UZAY

Türkiye'nin uzay alanındaki ihtiyaçlarını Ar-Ge yoluyla karşılamak, altyapı ve bilgi birikimi oluşturmak ve uzay alanında Ar-Ge mükemmeliyet merkezi hâline gelmek amaçlarıyla TÜBİTAK bünyesinde 1985'te hayata geçirilen Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY), Türkiye'nin uzay serüveninde bazılarını yukarıda saydığımız çok önemli proje ve hizmetlere imza atmıştır. Kurum uydu teknolojileri; haberleşme sistemleri, veri ve görüntü işleme, test, muayene ve analiz hizmetleri alanlarında çalışmaktadır ve Optik Sistemler Araştırma Laboratuvarı adında bir laboratuvara sahiptir²³.

TÜBİTAK UZAY, bugüne kadar gerçekleştirmiş olduğu RASAT ve GÖKTÜRK 2 uydu projelerinin sistem düzeyi gereksinim analizi, sistem tasarımı, arayüz yönetimi, test ve entegrasyon, güvenilirlik analizleri, risk yönetimi, kalite yönetimi, konfigürasyon yönetimi, vb. sistem düzeyi faaliyetlerini gerçekleştirmiştir. TÜBİTAK UZAY'ın yenilikçi ve yerlilik oranı yüksek uydu-uzay teknoloji ve uygulamalarına yönelik çalışmaları İMECE Uydu Alt Sistemleri Geliştirme Projesi kapsamında devam etmektedir.

Uydu ile ilgili proje ve çalışmaların yanı sıra, TÜBİTAK UZAY, RF (Radyo Frekansı) tasarım, pasif ve aktif mikrodalga devreleri, antenler ve özgün taban bant haberleşmesi konularında da milli yetenekler geliştirmeye devam etmektedir⁷.

Türkiye Uzay Ajansı ve Milli Uzay Programı

Uzay bilimleri, uzay araştırmaları ve uzayın kullanım alanlarında araştırmalar ve faaliyetler yapılması amacıyla 13 Aralık 2018 yılında Türkiye Uzay Ajansı (TUA) kurulmuştur. Millî Uzay Programı hazırlamak, uygulamak ve işbirlikleri arasındaki koordinasyonu sağlamakla görevlidir. 9 Şubat 2021 tarihinde TUA tarafından hazırlanan Millî Uzay Programı¹⁰ ile belirlenen hedefler şunlardır:

- 2023 yılında Ay'a sert iniş ve 2028 yılında yumuşak iniş yapmak,
- Uydu üretimini tek çatı altında toplamak,
- Bölgesel konumlama ve zamanlama sistemi (BKZS) kurmak,
- Uzaya bağımsız bir şekilde erişmek için uzay limanı kurmak,
- Bir Türk vatandaşını bilimsel misyon için uzaya göndermek,
- Uzay havasına ilişkin bilimsel araştırmalar yapmak,

21 <https://m5dergi.com/savunma-haberleri/gokturk-3-ve-gokturk-1y-uydularinin-firlatma-tarihine-erteleme/>

22 <https://www.tusas.com/urunler/uzay/yer-gozlem-ve-kesif-uydulari/gokturk-3>

23 <https://uzay.tubitak.gov.tr/>

- Uzaydaki nesnelere yerden gözlemlenebilirlik kabiliyetlerini artırmak,
- Uzay sanayi ekosistemini geliştirmek,
- Toplumda uzay farkındalığı geliştirmek ve insan gücü yetiştirmek,
- Uzay Teknolojileri Geliştirme Bölgesi kurmak.

TUA'nın varlığı ve Milli Uzay Programı (MUP) geliştirme çalışmalarına başlaması Türkiye için büyük önem taşımaktadır.

TUSAŞ Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET)

Türkiye'nin tam kapsamlı ilk ve tek Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET), GÖKTÜRK 1 Programı kapsamında 21 Mayıs 2015 tarihinde TUSAŞ tesislerinde açılmıştır. Yatırım maliyetleri TÜRKSAT tarafından karşılanan ve işletmesi TUSAŞ tarafından sürdürülen yaklaşık 3.800 m²lik 100.000 sınıf temiz oda ve yer destek ekipmanlarına sahip merkezde, kütlesi beş tona kadar birden fazla uydunun eşzamanlı montaj, entegrasyon ve test faaliyetleri gerçekleştirilebilmektedir.

USET Merkezi, yer gözlem, haberleşme ve benzeri özelliklerdeki tüm uzay sistemlerinin fırlatılmaya hazır hâle gelene kadar yapılması gereken alt montaj, montaj, sistem seviyesi entegrasyon, fonksiyonel ve çevresel test aktiviteleri, çok katmanlı yalıtım battaniye ve kablaj üretim alanlarında hizmet sağlamaktadır. Ayrıca merkez, Avrupa Uzay Standardizasyonu İşbirliği (European Cooperation for Space Standardization -ECSS) standartlarını karşılayan uzay sistemlerine yönelik ölçüm ve yer testleri için gerekli altyapıya sahiptir.

Merkezde uydu montaj faaliyetleri kapsamında; ekipman, alt sistem, kablolama ve yapısal parçalar bir araya getirilerek uydu ana mimarisinin oluşturulması amaçlanırken, entegrasyon faaliyetleri ile ekipman ve diğer bileşen bağlantıları yapılmakta ve uydu işlevsel hâle getirilmektedir. Bu sürecin ardından, uydunun uzayda karşılaşacağı olası tüm senaryoların oluşturulması ve uydu bileşenlerinin performanslarının doğrulanması için yapılan Fonksiyonel Testler aşaması gelmektedir. Çevresel Test sürecinde ise, uydu ve uydu bileşenlerinin fırlatıcı ve yörüngedeki çevresel koşullara dayanımı ve müşteri gereksinimlerine olan uygunluğu gösterilmektedir. TUSAŞ'ın yürüttüğü bu testlerle; fırlatılma anından yörüngeye oturtulmasına kadar uydunun karşılaşacağı ortam koşullarının, gerçeğe en yakın şekilde oluşturulması ve bu koşullara maruz kalan uydu ve uydu alt sistemlerinin sorunsuz olarak çalıştığı teminat altına alınmaktadır. Tüm çevresel ve fonksiyonel testlerden başarıyla geçen uydu, fırlatıcıya gönderilmek üzere hazır hâle gelmektedir. Ülkemizin ilk yerli haberleşme uydusu TÜRKSAT-6A'nın testleri de bu merkezde yapılmaktadır.

USET'te milli projeler yanında uluslararası uydu ve uzay projelerine de hizmet sağlanması amaçlanmaktadır. Merkezde uyduların ısı vakum testleri, kütle özellikleri ölçümleri, titreşim testleri, güneş paneli ve reflektör açılma testleri, elektromanyetik etkileşim ve uyumluluk testleri, kompakt anten testleri ve akustik testleri yapılmaktadır²⁴.

ROKETSAN Uydu Fırlatma, Uzay Sistemleri ve İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi

Türk Silahlı Kuvvetlerinin (TSK) roket ve füze ihtiyaçlarının karşılanması, Türkiye'de roket ve füze tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi konularında lider bir kuruma sahip olunması amacıyla, 14 Haziran 1988 tarihinde Savunma Sanayii İcra Komitesi kararı ile kurulan ROKETSAN, edindiği deneyimi uzaya taşımak üzere büyük bir hazırlık içindedir.

2015 yılında ROKETSAN'da temel olarak fırlatma teknolojilerine odaklanan Uzay Sistemleri ve İleri Teknolojiler Araştırma Merkezinin teşkilat yapısı kurulmuştur. İki yıl gibi kısa bir sürede uzay teknolojilerinin denenmesi ve sistemlere uzay tarihçesi kazandırılması amacıyla bilimsel bir sonda roketi geliştirilmiş ve 2017

²⁴ <https://www.tusas.com/urunler/uzay/test-merkezi/uzay-sistemleri-entegrasyon-ve-test-merkezi>

yılında uzaya ilk kez bağımsız erişim sağlanmıştır. 2018 yılında sonda roketi uçuş testleri yüzde 100 başarılı olarak gerçekleştirilmiş, böylece kademe ayırma ve atmosfer dışında kontrollü uçuş gibi pek çok teknoloji kazanılmıştır.

29 Ekim 2018 tarihinde ROKETSAN, Türkiye'nin uzaya bağımsız erişim yeteneğinin bir adım öteye taşınmasını hedefleyen Mikro Uydu Fırlatma Sistemi (MUFS) Geliştirme Projesinin hayata geçirilmesi için Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından görevlendirilmiştir²⁵.

Tamamen milli teknolojilerle geliştirilen katı yakıt teknolojisiyle 2018 yılında uzaya adım atan Türkiye, 29 Ekim 2020'de ilk kez sıvı yakıtlı roket motoru teknolojisiyle uzaya erişmiştir. ROKETSAN tarafından geliştirilen SR-0.1 sonda roketinin ilk prototipi, gerçekleştirilen test atışında başarılı bir biçimde 136 km irtifaya çıkarken; bilimsel araştırmaların yapılmasını sağlayacak faydalı yük kapsülünün uçuş esnasında ayrılma denemesi de başarıyla sonuçlanmıştır. Bu başarılı test, MUFS Geliştirme Projesi'nin yörüngeye hassas yerleştirme ihtiyacını karşılaması planlanan sıvı yakıtlı roket motorlarının geliştirilmesine büyük bir katkı sağlarken, Türkiye'nin uzayda bilimsel çalışmalarına başlaması açısından da bir ilk olmuştur²⁶.

Uzay Fırlatma Sistemleri ve Uzay Araçları için gerekli kritik teknolojiler, ROKETSAN mühendisleri tarafından tasarlanarak tamamen yerli imkânlarla üretilmiş ve bu denemeler sırasında başarıyla uzay tarihçesi kazandırılmıştır.

Uzay Fırlatma Sistemlerinin en önemli bileşenlerini oluşturan teknolojiler kullanılarak:

- İtke Vektör Kontrol özelliğine sahip Katı Yakıtlı Roket Motoru,
- İtke Vektör Kontrol ile birlikte elektromekanik kontrol tahrik sistemiyle sürülen aerodinamik hibrid kontrol,
- İtke Vektör Kontrol özelliğine sahip Sıvı Yakıtlı Roket Motoru ile uzayda çoklu ateşleme,
- Uzay ortamında hassas yönelim kontrolü,
- Milli sensörler ve milli Küresel Konumlama Sistemi Alıcısı ile Ataletsel Hassas Navigasyon,
- Uzayda kapsül ayırma,
- Çeşitli yapısal ve kimyasal malzemeler ve ileri proses teknikleri doğrulanmıştır.

Ayrıca, söz konusu denemeler sırasında, Yıldız İzler ve Radyasyon Ölçer gibi bilimsel yükler, sonda roketlerinin faydalı yükü olarak uzay ortamına taşınmış, uzay tarihçesi kazandırılmış ve bilimsel veriler toplanmıştır²⁵.

2023 yılında fırlatılması hedeflenen SR-1 Sonda Roketi, 300 km irtifa üzerine en az 100 kilogramlık faydalı yükü çıkartma yeteneğine sahip, Mikro Uydu Fırlatma Aracı (MUFA) teknolojilerinin deneneceği bir teknoloji platformu olacaktır. Diğer taraftan, MUFA'nın birinci kademesinin yan motorlar ile desteklediği ve daha yüksek kapasiteye (faydalı yük ve/veya yörünge irtifası) sahip bir MUFA konfigürasyonu için de çalışmalar hızlandırılmıştır.

Roketsan'ın Uydu Fırlatma Uzay Sistemleri ve İleri Teknolojiler Araştırma Merkezinde yürütülen MUFS projesi bittiğinde, 100 kilogram ve altındaki mikro uydular, yüksekliği en az 400 km olan Alçak Dünya Yörüngesine yerleştirilebilecek. 2026 yılında fırlatılması hedeflenen mikro uydu ile Türkiye, dünyada sayılı ülkenin sahip olduğu uydu fırlatma, test etme, üretme altyapısı ve üs kurma yeteneğine kavuşmuş olacak²⁵.

SR-1 Sonda Roketinin ardından ROKETSAN, ŞİMŞEK Fırlatma Aracı için çalışmalarını sürdürmeyi planlamaktadır. 400 kilogram ağırlığında faydalı yüke sahip olacak ŞİMŞEK-1 Fırlatma Aracı ile 2027 yılında

²⁵ <https://www.roketsan.com.tr/tr/urunler/mikro-uydu-firlatma-sistemi>

²⁶ <https://www.roketsan.com.tr/tr/medya/haberler/turk-roketi-ilk-kez-sivi-yakitla-uzayda>

550 km irtifaya çıkılması hedeflenmektedir. ŞİMŞEK-1'in ardından ise daha üstün yeteneklere sahip ŞİMŞEK-2 Fırlatma Aracı gündeme gelecektir²⁷.

Yerli ve Milli Sonda Roket Sistemi

ROKETSAN dışında yerli ve milli roket teknolojileri geliştirme üzerine çalışan özel şirketler de faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunlardan biri olan Delta V, Millî Uzay Programı çerçevesinde Ay'a gönderilmesi hedeflenen insansız uzay aracında kullanılması planlanan Sonda Roket Sistemini (SORS) geliştirmektedir²⁸.

Hibrid motor teknolojisiyle geliştirilen ve ilk uçuşu Aralık 2020'de gerçekleştirilen SORS, 10'dan fazla kez başarılı şekilde fırlatılmıştır. Tüm gösterim testleri tamamlanan SORS, ticari ürün olarak kullanıma hazır durumdadır²⁹. Ay'a Sert İniş Görevi için Delta V'in geliştirdiği Hibrid İtki Sistemi (HİS), dünyada yörünge operasyonlarında kullanılan ilk hibrid roket sistemi olacaktır. HİS aynı zamanda sıvı yakıtlı yörünge transfer araçlarına nazaran maliyet etkinlik ve güvenlik avantajları ile yörünge görevlerinde de kullanılabilir. Gelecekte bu teknoloji kullanılarak daha verimli ve gelişmiş uzay itki sistemleri yapılması planlanmaktadır³⁰.

Parçacık Radyasyonu Test Altyapısı (ODTÜ-Saçımlı Demet Hattı)

Türkiye, uzaya gönderilecek uyduların ve bileşenlerinin uzay koşullarındaki radyasyona karşı dayanıklılığını yerde test etmek amacıyla Parçacık Radyasyonu Test Altyapısının kurulumunu da 2019 yılında tamamlamıştır.

Türkiye'nin ilk Parçacık Radyasyonu Test Altyapısı olma özelliği taşıyan ODTÜ-Saçımlı Demet Hattı, ODTÜ Uzay ve Hızlandırıcı Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezinin (İVME-R)³¹ çalışmalarıyla kurulmuştur³². ODTÜ İVME-R; CERN tarafından kurulan CERN openlab'e Türkiye'den üye olan ilk araştırma merkezidir.



Şekil 2: ODTÜ-Saçımlı Demet Hattı³³.

27 <https://www.savunmasanayist.com/roket-san-550-kilometreye-cikacak-simsek-icin-calisiyor/>

28 <https://www.tua.gov.tr/tr/haberler/sonda-roket-sistemi-basariyla-firlatildi>

29 <https://deltav.com.tr/index.php/sonda/>

30 <https://deltav.com.tr/index.php/his/>

31 <https://ivmer.metu.edu.tr/hakkimizda>

32 <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-ilk-uzay-radyasyonu-test-altyapisi-kuruldu/1662186>

Uyduların uzay radyasyonundan etkilenip çalışamaz duruma gelmemesi ve ömürlerinin kısaltılmaması amacıyla bu proje kapsamında, uydulardaki güneş hücreleri, lityum iyon pilleri ve çok katmanlı yalıtım malzemeleri gibi İMECE uydusuyla uzaya gönderilecek ekipman ve malzemelerin dayanıklılığı Avrupa Uzay Ajansı (ESA) standartlarına göre test edilebilmektedir. Ayrıca, uydularda kullanılmak üzere Yerli Radyasyon Monitörünün de geliştirilmesi hedeflenmektedir. Uydularda radyasyon kaynaklı meydana gelebilecek aksaklıklar tespit edilerek radyasyon etkilerinin raporlanması sağlanacak ve uzay aracı görev planlamalarında Yerli Radyasyon Monitörünün verilerinden faydalanılacaktır. Proje, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Proton Hızlandırıcı Tesisi kullanılarak geliştirilmiştir³².

ODTÜ İVME-R Saçılımalı Demet Hattı'nda; aralarında TÜBİTAK UZAY, TÜBİTAK MAM, ODTÜ, Sabancı Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve daha birçok farklı kurumun geliştirdiği elektronik ekipmanlar, metalik camlar, güneş hücreleri, kaplama ve zırlama malzemelerine ait radyasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Merkezde radyasyon testleri öncesinde, radyasyon ve nükleer fizik alanında kullanılan güvenilir simülasyon programlarıyla analizler yapılmaktadır. Bu analizlerle radyasyon testlerinde oluşabilecek radyoizotoplar ve doz hızları hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir³³.

Türkiye'nin İlk Cep Uydusu ile Ticari Uyduları da Uzayda

Türkiye son yıllarda uzay çalışmalarında yakaladığı ivmeyi akademinin ve özel sektörün uzay faaliyetleriyle de sürdürmektedir. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi (BEÜ) Mühendislik Fakültesi öğrencilerinden oluşan Grizu-263 Uzay Takımı'nın tasarladığı, Türkiye'nin ilk cep uydusu Grizu-263A, 13 Ocak 2022'de ABD'den uzaya fırlatılmıştır. 5x5x5 santimetre boyutlarındaki uydunun yaklaşık 525 km alçak dünya yörüngesinde 4 yıl 8 ay görev yapması planlanmaktadır³⁴.

Bu gelişmeyi 2022'nin Mayıs ayında Türkiye'nin ilk ticari uydusunun fırlatılması izlemiştir. Türk şirketi Plan-S'nin Connecta T1.1 adlı uydusu, Florida'daki Cape Canaveral Uzay Kuvvetleri İstasyonundan SpaceX firmasının Transporter 5 görevi kapsamında Falcon-9 roketiyle uzaya fırlatılmış ve başarıyla devreye alınmıştır³⁵. Ağustos 2021'de Ankara Bilkent Cyberpark'ta kurulan ve sadece dokuz ay gibi kısa bir zamanda Connecta T1.1 uydusunu fırlatan Plan-S, ikinci uydusu Connecta T1.2'yi de 2023'ün ilk günlerinde yine SpaceX'in Falcon 9 roketi ile uzaya fırlatmıştır. Ağustos 2021'de Ankara Bilkent Cyberpark'ta kurulan ve kendi özsermayesi ile çalışmalarını sürdüren Plan-S, Connecta T1.2 uydusunun da tüm entegrasyon ve test süreçlerini kendi çatısı altında tamamlamıştır³⁶.

Plan-S, Connecta T1.2'yi Nesnelerin İnterneti (Internet of Things -IoT) uygulamaları ve uydu haberleşmesi için tasarlayarak IoT cihazlarının iletişimine yönelik birçok ek uygulamanın da denenebileceği bir altyapıya sahip olacaktır. Şirket, "Yer Gözlem" konusunda çalışmalar yürütecek yeni uydusunun çalışmalarını da sürdürmektedir³⁶.

Ay Araştırma Programı Projesi-1 (AYAP-1)

Ay Araştırma Programı'nın ilk projesi kapsamında TÜBİTAK UZAY proje sorumlusu kuruluş olarak uzay aracının tasarımı, geliştirilmesi, testleri, fırlatılması ve operasyonlarından sorumlu olacaktır. Bu ilk proje kapsamında Dünya'dan Ay'a ulaşacak ve buradan veri toplayarak Ay yüzeyi ile teması sağlayacak bir uzay aracı geliştirilecek ve görev operasyonları yürütülecektir. Bununla birlikte geliştirilecek birçok milli sistem ve ürüne derin uzay tarihçesi kazandırılarak Türkiye'nin uzay teknolojileri pazarındaki rekabet gücü artırılabilecektir. Türkiye'nin Ay'daki mevcudiyetinin sürdürülebilir kılınmasıyla, Ay'ın keşfi ve uluslararası işbirlikleri

33 <https://bit.ly/3ygf1o4>

34 <https://www.youtube.com/watch?v=q9TZ-jWLF78>

35 https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/turkiyenin-ilk-ticari-uydusu-plan-s-firlatildi,Tm_1-s-YSkC8nN0Rjfmjsg

36 <https://www.defenceturk.net/turkiyenin-ticari-uydulari-firlatilmaya-devam-ediyor>

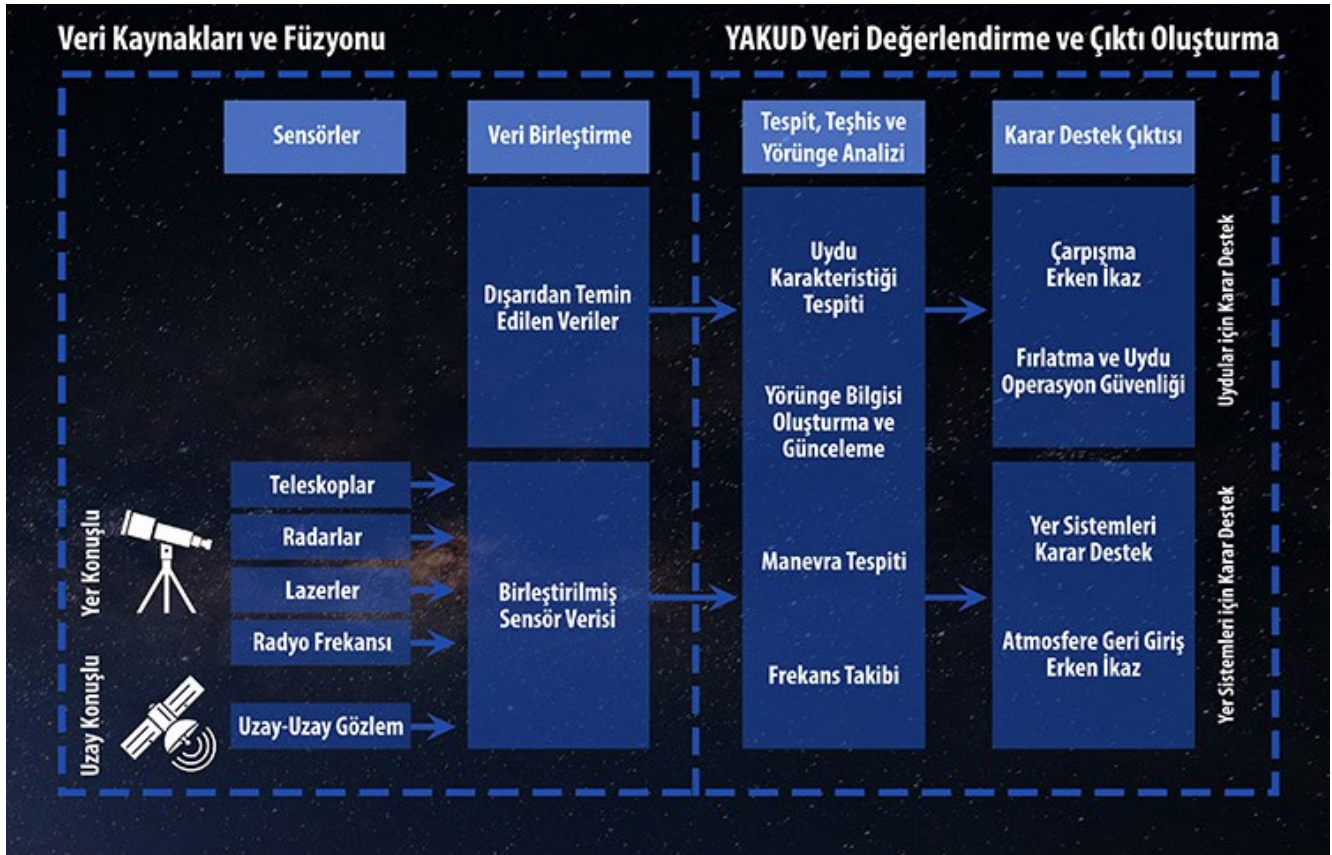
konularında geleceğe yönelik önemli bir yetenek de kazanılmış olacaktır. Proje kapsamında şu ana kadar görev ve operasyonel konsept tanımlama, sistem gereksinimlerinin belirlenmesi ve uzay aracı kavramsal tasarım çalışmaları başarıyla tamamlanmıştır. Bu proje kapsamında geliştirilecek sistemler, teknolojiler, toplanacak bilimsel ve operasyonel veriler ile görev operasyonları kapsamında elde edilecek tecrübe ikinci aşama için hedeflenen yumuşak iniş görevine (AYAP-2) temel oluşturacaktır³⁷.

YAKUD Projesi

Türkiye'nin uzay çalışmalarında diğer bir önemli proje de ASELSAN'ın, SSB koordinasyonunda 2020 yılında başlattığı Yakın Uzay Durumsal Farkındalık (YAKUD) Projesi'dir.

En alçak irtifada bulunan LEO (Low Earth Orbit) yörüngesi Dünya'ya 200-2.000 km yüksekliktedir ve bu yörüngedeki uyduların faydalı yükleri yeryüzünden bilgi toplamaya oldukça elverişlidir. İletişim ve meteoroloji uyduları ise çoğunlukla yaklaşık 35.786 km irtifada bulunan GEO (Geostationary Orbit veya Geosynchronous Earth Orbit) yörüngededir. LEO'daki 5.000'den fazla aktif uyduya ek olarak, görevini tamamlamış uydu ve bu uydulardan kopmuş parçaların sayısı milyonları bulmakta, bu durum uzay çalışmalarının güvenliğini tehlikeye sokmaktadır³⁸. Aynı zamanda pek çok ülke bu yörüngelere sürekli yeni uydular fırlatmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin üzerinden geçen uyduların tespitinin ve bu durumun farkındalığının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Gerçek veya gerçeğe yakın zamanlı bilgiler kullanılarak, uzaydaki bu trafiğin farkında olunması "Yakın Uzay Durumsal Farkındalık" olarak tanımlanmaktadır³.

YAKUD projesiyle yakın uzay durumsal farkındalığa odaklanılacak olup, LEO yörüngedeki uyduların ve uzay çöplerinin tespiti sağlanacak ve değerlendirilecek bu verilerle milli uzay görevlerinin planlanmasına girdi




Şekil 3: YAKUD veri değerlendirme ve çıktı oluşturma³.

37 <https://uzay.tubitak.gov.tr/projeler/ayap>

38 <https://thinktech.stm.com.tr/uzay-coplerinin-tehlikeleri>

sağlanacaktır. Proje kapsamında çeşitli veri kaynaklarından, gözlemelerinden, teleskoplardan ve diğer çeşitli sensörlerden alınacak veriler birleştirilecek ve uzay hava resmi oluşturulacaktır. YAKUD Projesi ile birlikte ASELSAN'ın Hava Savunma Komuta Kontrol tasarımı, radar, haberleşme, simülasyon, mekanik tasarım, algoritma tasarımı gibi yeteneklerinin uzay alanında da uygulanması hedeflenmektedir³⁹.

Atılması Gereken Bazı Adımlar

Uzay teknolojileri ülkelerin gelişimine ve refah seviyesine çok ciddi katkılar sağlamaktadır. Türkiye uzayla ilgili koyduğu iddialı hedeflerine zaman içinde ulaşma potansiyeline sahip olduğunu kısa zamanda katettiği mesafeyle göstermiştir. Şüphesiz daha gidilecek uzun bir yol vardır. Bu çerçevede kamuoyunun uzay alanındaki farkındalığının artırılması önem taşımaktadır. Bu sayede nitelikli insan gücü yetiştirmek mümkün olacağı gibi, halkın yüksek maliyetli uzay yatırımlarına desteği de artırılabilir. Uzay son yıllarda askeri anlamda da her geçen gün önem kazanmakta, uzay tabanlı tehditler nedeniyle askeri anlamda da bir uzay vizyonu geliştirilmesine ihtiyaç artmaktadır. Dolayısıyla askeri bir uzay vizyonunun da geliştirilmesi önem taşımaktadır. Uzay alanında sivil askeri ayrımına gidilmeden bütüncül bir uzay anlayışı geliştirilmesi Türk uzay sanayiinin büyümesini ve rekabetçilik kazanmasını sağlayacaktır. Bu nedenle uzayın savunma sanayii kapsamında kullanılmasında kamu ve özel sektör arasında güçlü bir sinerji oluşturulmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir⁴⁰. 

39 <https://www.aselsan.com.tr/tr/inovasyon/haber-detay/yakud-yakin-uzay-durumsal-farkindalik-uzay-harekat-komuta-kontrol-merkezi-4342>

40 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/adaletdergisi/issue/70479/1135211>