

UYDU TEKNOLOJİLERİNDE
MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİ

*NATIONAL TECHNOLOGY INITIATIVES
IN SATELLITE TECHNOLOGIES*

Prof. Dr. Kemal YÜKSEK

UYDU TEKNOLOJİLERİNDE MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİ

Prof. Dr. Kemal YÜKSEK

TÜRKSAT A.Ş. Yönetim Kurulu

Özet

İnsanoğlu var olduğu sürece haberleşme ihtiyacı duymuş ve bunu zaman içerisinde çeşitli yollar ile gidermiştir. Gerek mağara resimleri gerekse duman ile veya eğitilmiş güvercinler ile bu gereksinim bir şekilde karşılanmaya çalışılmıştır. Yıllar içerisinde yapılan çalışmalar bu gereksinimi karşılamak için çok yoğunlaşmış, matbaa ve sonrasında kablolu haberleşmenin ilk aletleri olan telgraflar ile devam etmiştir. 1838 yılında telgraf, 1876 yılında telefon ile devam eden kablolu haberleşmeye 1926 yılında ilk olarak görüntü gönderimi de eklenmiştir. 1970'li yıllarda ise artık kablosuz haberleşmeler ön plana çıkmıştır. Mobil telefonlar ve hiç şüphesiz uydu haberleşmeleri artık günlük hayat için olağan haberleşme yöntemleri olma yolculuğuna başlamıştır. Uydu haberleşmesi yolculuğu alanında ise Türkiye ilk başlarda yabancı uydu kuruluşlarından uydu kanalı kiralama yoluna gitse de bu kullanım stratejik ve ekonomik olmadığı da dikkate alınarak Millî Uydu Sistemlerimizin gerçekleştirilmesi için çalışmaların yapılmasına karar verilmiştir. Bu hedefi gerçekleştirmek için Türkiye, 1990'lı yıllardan itibaren uydu çalışmalarına başlamıştır. İlk uydumuz Türksat-1A roketin üçüncü katındaki bir arıza nedeniyle okyanusa düşmüş ancak 11 Ağustos 1994'te Türksat-1B haberleşme uydusu uzaya fırlatılmıştır. Akabinde TÜRKSAT-1C, TÜRKSAT-2A, TÜRKSAT-3A, TÜRKSAT-4A, TÜRKSAT-4B, TÜRKSAT-5A, TÜRKSAT-5B uyduları başarı ile fırlatılmış ve bu uydular T3A, T4A, T4B, T5A ve T5B görevlerine devam etmektedir. Yerli imkânlarla üretilen TÜRKSAT-6A uydusu 2023'te fırlatılması planlanmaktadır. 2023 yılının 2. çeyreğinde TÜRKSAT-6A uydusunun test faaliyetlerinin tamamlanarak nakliye için hazır hale getirilmesi, 3.çeyreği içinde ise bu uydunun fırlatılması planlanmaktadır. TÜRKSAT-6A kapsamında elde edilen tecrübe, altyapı ve uçuş donanımlarının gelecekteki uydu programlarımızda kullanılması ve bu sayede uydu sektöründeki yurt dışı bağımlılığın azaltılması amaçlanmaktadır. BİLSAT ve RASAT, TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen alçak yörünge uydularıdır. Yine alçak yörünge uyduları olan GÖKTÜRK-1, GÖKTÜRK-2 yüksek çözünürlüklü Elektro-Optik (E/O) kamera taşıyan uydulardır. GÖKTÜRK-1 Projesi kapsamında uzay ve uydu sistemlerine yönelik teknoloji, uzman insan gücü ve altyapı geliştirilmesinin yanı sıra ülkemizin gelecekteki gözlem ve haberleşme uydularının yurtiçinde üretilmesine yönelik kritik bir altyapı olan Uydu Montaj, Entegrasyon ve Test (USET) Merkezi kurulmuştur. Yukarıda sayılan gelişmeler kaçınılmaz olarak ülke içerisindeki kurum-kuruluş ve genç mühendislerle ilham olmuş ve artık LEO yörüngede uydu geliştirme faaliyetleri hız kazanmıştır. Bu alandaki millî hareketlenmeye TÜRKSAT Model Uydu Yarışması da öncülük etmiş ve sonrasında bu yarışma TEKNOFEST bünyesine alınmıştır. Türkiye'nin öncü teknoloji kurumu TÜRKSAT tarafından 7.'si düzenlenecek Model Uydu Yarışmasında uydu ve uzay teknolojileri alanında insan kaynağı yetiştirilmesi amaçlanmaktadır. TÜRKSAT tüm bu fonksiyonları yerine getirirken, hem insan kaynağı kalitesini artırmak hem de başta gönül coğrafyasında uydu ve uzay bilimi noktasında bir sertifikasyon servisi sunumunu sağlamak adına modern bir eğitim yaklaşımını bünyesine katacaktır. Dijital olarak üretilecek sektör ve kurum içi eğitimler bir platform vasıtasıyla ilgili uluslararası birimlere sunulacak böylece sürdürülebilir bir sistem kurgulanmış olacaktır. Olumsuz insan faktörünü minimum yapan bu sistem ile yapılacak bütünlük değerlendirmeler ile evrensel kabul gören sertifikalar üretilecektir. Ayrıca bu sistem üniversitelere yansıtılarak gençlerin eğitimleri sırasında sertifika sahibi olmalarının önü açılacaktır.

Anahtar Kelimeler

Uydu Haberleşmesi, Millî Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin Uydu Teknolojisi.

NATIONAL TECHNOLOGY INITIATIVES IN SATELLITE TECHNOLOGIES

Prof. Dr. Kemal YÜKSEKⁱⁱ
TÜRKSAT INC. | Chairman of the Board

Abstract

There has been a need for communication since the existence of mankind. The man has tried to solve this problem in various ways, such as, by using cave paintings, smoke, fire, or trained pigeons. The printing press was the main tool for communication for some years, and then the telegraphs were the first tools of wired communication. The telegraph was introduced in 1838, and the telephone in 1876. Image sending was used for the first time in 1930. In the 1970s, wireless communications became eminent. Today, mobile telephone and satellite communications become the usual means of communication for daily life. For satellite communications, Türkiye initially chose to rent satellite channels from foreign satellite companies. But this was neither strategical nor economical, so Turkish authorities decided to establish Türkiye's own National Satellite Systems. In order to achieve this goal, Türkiye has started satellite studies since the 1990s. The first Turkish own satellite TÜRKSAT-1A crashed into the ocean due to a malfunction on the third floor of the rocket. On 11 August 1994, TÜRKSAT-1B communication satellite was launched into space. TÜRKSAT-1B, TÜRKSAT-1C, TÜRKSAT-2A, TÜRKSAT-3A, TÜRKSAT-4A, TÜRKSAT-4B, TÜRKSAT-5A, TÜRKSAT-5B were successfully launched and for the time being TÜRKSAT-3A, TÜRKSAT-4A, TÜRKSAT-4B, TÜRKSAT-5A and TÜRKSAT-5B have been continuing their duties. TÜRKSAT-6A, which was produced with domestic resources, is planned to be launched in 2023. It is planned to complete the test activities of the TÜRKSAT-6A satellite in the 2nd quarter of 2023 and to make it ready for transportation, and to launch it in the 3rd quarter. It is aimed to use the experience, infrastructure, and flight equipment gained within the scope of TÜRKSAT-6A in our future satellite programs, thereby reducing foreign dependency in the satellite sector. BİLSAT and RASAT, are low orbit satellites developed by TÜBİTAK UZAY. GÖKTÜRK-1 and GÖKTÜRK-2, which are also low orbit satellites, can carry high resolution Electro-Optic (E/O) cameras. Within the scope of the GÖKTÜRK-1 Project, the Satellite Assembly, Integration, and Test Center (USET) was established. This center was a critical infrastructure for the domestic production of communication satellites. The above-mentioned developments inevitably inspired institutions-organizations and young engineers in Türkiye and increased momentum for satellite development activities in LEO orbit. The TÜRKSAT Model Satellite Competition also pioneered the national mobilization in this field. Afterwards, this competition was included in TEKNOFEST. TÜRKSAT organizes the 7th Model Satellite Competition. TÜRKSAT aims to train human resources in the field of satellite and space technologies. While fulfilling these objectives, TÜRKSAT will increase the quality of human resources and provide a certification service in the field of satellite and space science. This will be beneficial for our friendly countries. Digitally produced training materials will be presented to the relevant international units so that a sustainable system will be established. This system will minimize the negative human factor, and will provide universally accepted certificates to be produced. This system will be able to be used by the universities and students may have certificates during their education.

Keywords

Satellite Communication, National Technology Initiatives, Türkiye's Satellite Technology

ⁱⁱ kemal.yuksekk[at]antalya.edu.tr | ORCID: 0000-0003-0008-7858

Giriş

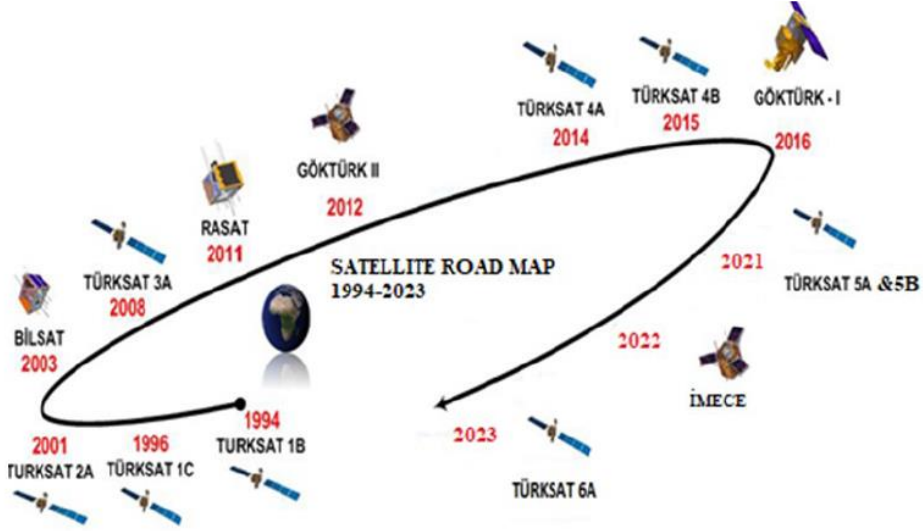
Gelişen uydu üretim teknolojisi ve fırlatma maliyetlerinin düşmesi ile birlikte özellikle son yıllarda uzaya gönderilen uydu sayılarında artış yaşanmaya devam ediyor. Uydu ve fırlatma teknolojilerindeki gelişim, uydu haberleşmesinin en temel taşlarından olan yer sistemlerindeki yenilikler ve uydular üzerinden verilen hizmetlerin çeşitliliğini yakından takip etmeyi sektöre ilgi duyan herkes için önemli hale getiriyor.

Türkiye'nin GEO Haberleşme Uyduları

Türkiye'nin uydu ile tanışması 1990'lı yıllarda başlamıştır (Özalp, 2009; Zaman, 2020). 21 Aralık 1990'da Fransız Aerospatiale firması ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmıştır. 24 Ocak 1994'te Türksat-1A roketinin üçüncü katındaki bir arıza nedeniyle okyanusa düşmüştür. Ariane 5 ECA fırlatıcısıyla Kourou'daki Guyana Uzay Merkezi'nden 11 Ağustos 1994'te Türksat-1B haberleşme uydusu 42° Doğu yörüngesine, 10 Temmuz 1996'da Türksat-1C uydusu 31° Doğu yörüngesine, 11 Ocak 2001'de Türksat-2A uydusu 42° Doğu yörüngesine, 13 Haziran 2008'de Türksat-3A uydusu 42° Doğu yörüngesine gönderilmişlerdir.

Japon Mitsubishi Elektrik ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmıştır. Bu anlaşmanın sonucu olarak Kazakistan Baykonur uzay üssünden Proton M fırlatıcısı ile 14 Şubat 2014'te Türksat-4A uydusu 42° Doğu yörüngesine, 16 Ekim 2015'te Türksat-4B uydusu 50° Doğu yörüngesine yerleştirilmiştir. Fransız Airbus firması ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmış ve Türksat-5A uydusu 8 Ocak 2021'de 31° Doğu yörüngesine, Türksat-5B uydusu 19 Aralık 2021'de 42° Doğu yörüngesine Falcon 9 roketi ile ABD'nin Florida Cape Canaveral Üssü'nden başarıyla fırlatılmıştır. Ülkemizde yerli olarak geliştirilen Türksat-6A uydusu 2022 son çeyreği ve 2023 ilk çeyreği arasında 42° Doğu yörüngesine yerleştirilecektir.

Türkiye haberleşme uydularını kullandığı dört adet yörünge hakkına sahiptir. Bu yörüngeler 8,5°, 31°, 42° ve 50° doğu yörüngeleridir. TÜRKSAT 3A, 4A, 4B ve 5A uyduları aktif olarak hızlı ve güvenilir bir haberleşme sağlamaktadır. Uydu haberleşme sistemlerinde C-bandı, X-bandı, Ku-bandı ve Ka-bandı kullanılmaktadır. Şekil 1'de yörüngede olan Türksat'ın aktif ve görevi biten haberleşme uyduları ve Türkiye'nin uydu yol haritası görülmektedir. Tablo 1'de ise ülkemizde yerli olarak geliştirilen Türksat 6A haberleşme uydusunun teknik özellikleri görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye'nin uydu yol haritası

Tablo 1. Türksat 6A Haberleşme Uydusunun Teknik Özellikleri

Özellikler	
Yörünge	42° Doğu Yersabit
Faydalı Yük	20 adet Ku-Bant Aktarıcı (140W çıkış) 3 Adet X-Bant Aktarıcı (120W çıkış)
Hizmet Ömrü	> 15+1 yıl
Güvenilirlik	> %80 (15. yıl sonu)
Fırlatma Uyumluluğu	Ariane V Proton M Space X
	~ 1800 kg kuru ~ 4200 kg ıslak
Azami Güç Üretimi	12kW 8kW (ömür sonu)

Türkiye'nin LEO Haberleşme Uyduları

Haberleşme uyduları alanında TÜRKSAT'ın faaliyetleri devam ederken yere yakın yörünge dediğimiz LEO yörüngede ise ilk çalışmalar TÜBİTAK ile başlamıştır.

BİLSAT uydusunun, ÇOBAN ve GEZGİN adı verilen, iki görev yükü TÜBİTAK UZAY tarafından yerli sanayi katkılarıyla Türkiye'de tasarlanarak üretilmiş ve uyduya yerleştirilmiştir. BİLSAT projesi, Türkiye'de küçük uydu teknolojilerini başlatmak, geliştirmek ve desteklemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. SSTL (Surrey Satellite Technology Limited) firması ile ortak olarak, küçük uyduların tasarımı ve üretimi için gerekli altyapıyı oluşturmak amacıyla bir yer istasyonu kurulmuştur. Türkiye'nin ilk uzaktan algılama uydusu olan BİLSAT Rusya'nın Plesetsk Rampası'ndan Cosmos-3 fırlatma aracıyla uzaya gönderilmiştir. 5 yıllık bir görev ömrüne sahip olmak üzere tasarlanan BİLSAT; 686 km irtifada, Güneş ile eşzamanlı bir yörüngede görevini tamamlamıştır (Yılmaz vd., 2020; Tübitak Uzay).

RASAT Araştırma Uydusu, Türkiye'nin ve TÜBİTAK UZAY'ın BİLSAT uydusundan sonra sahip olduğu ikinci uzaktan algılama uydusudur. Yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine ve Türk mühendislerce tasarlanıp geliştirilen yeni modüllere sahip olan RASAT, Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusudur. Bu uydu 17 Ağustos 2011 tarihinde Rusya'nın Kazakistan sınırındaki Orenburg bölgesinde bulunan Yasny Fırlatma Üssü'nden Dnepr fırlatma aracıyla uzaya gönderilmiştir. Uydu, herhangi bir kısıtlama olmaksızın Dünya'nın her yerinden 7,5 metre siyah-beyaz, 15 metre çok bantlı çözünürlükte görüntü alabilmektedir. Yaklaşık 700 kilometre irtifada Güneş'e eş zamanlı yörüngede görev yapan RASAT'tan gelen görüntüler, onun denizlerde petrol sızıntılarının belirlenmesi, kentsel gelişimin izlenmesi, arazi kullanımı, tarım, barajlardaki su seviyelerinin takibi, şehir planlama ve haritalama gibi birçok alanda kullanılabilmesine imkân tanımaktadır. Tasarım ömrü 3 yıl olarak planlanan RASAT, bugün hala görevini başarıyla sürdürmektedir.

Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2, Türk mühendislerince tasarlanmış ve 18 Aralık 2012 yılında Çin'deki Jiuquan Fırlatma Merkezi'nden LongMarch 2D roketi ile gerçekleştirilen fırlatma operasyonu ile yaklaşık 700 km irtifaya sahip Güneş eş zamanlı görev yörüngesine yerleştirilmiştir. Türkiye'nin yüksek çözünürlüklü yerli keşif uydusu GÖKTÜRK-2, tasarım ömrü 5 yıl olmasında rağmen yörüngesindeki 10. yılını geride bırakmıştır. Uluslararası standartlarda yüksek güvenilirlik düzeyine sahip GÖKTÜRK-2 uydusu, savunma, çevre, şehircilik, tarım ve ormancılık alanlarında önemli ihtiyaçları karşılarken, afet izleme, şehir planlama, tarım alanları izleme, orman yangınları ve istihbarat alanlarında da kamu kuruluşlarına uydu görüntüleri sağlamaktadır. Yüksek yerlilik oranıyla üretilen 2,5 metre çözünürlüklü GÖKTÜRK-2 Projesi kapsamında; uzay ve uydu sistemlerine yönelik teknoloji, uzman insan gücü ve alt yapı geliştirilmesi, kamu kurum ve kuruluşlarının gözlem ve araştırma ihtiyaçlarının millî imkân ve kabiliyetlerle karşılanması hedeflenmiştir. Geline durum itibarıyla bu hedeflere ulaşılmış ve ülkemizin gelecekteki uydu projelerinde görev alacak uzman insan gücü yetişmiştir (TÜBİTAK, 2022). Buna ek olarak, uydu ve ekipman tasarımı, analizi, üretimi, montajı, entegrasyonu ve test faaliyetlerine yönelik altyapı ve kabiliyetler kazanılmıştır.

SSB tarafından yürütülen ve ana yükleniciliği Telespazio-İtalya (TPZ) ve ThalesAlenia Space-Fransa (TAS-F) firmalarının sorumluluğunda olan yüksek çözünürlüklü Elektro-Optik (E/O) kamera taşıyan GÖKTÜRK-1 Yer Gözlem ve Keşif Uydusu 5 Aralık 2016'da

Vega roketiyle Fransız Guyanası'ndan uzaya başarıyla fırlatılmıştır (TUSAŞ, 2021). 1 metrenin altında çözünürlüğe sahip GÖKTÜRK-1 Uydu Sistemi; coğrafi kısıtlama olmaksızın Dünya üzerinde herhangi bir bölgeden askerî istihbarat amaçlı yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmesine imkân tanımakta; aynı zamanda pek çok sivil uygulama alanında da görüntü ihtiyacını karşılayacak kapasiteyi kullanıcılarına sunmaktadır. GÖKTÜRK-1 Projesi kapsamında uzay ve uydu sistemlerine yönelik teknoloji, uzman insan gücü ve alt yapı geliştirilmesinin yanı sıra gelecekteki gözlem ve haberleşme uydularının yurtiçinde üretilmesine yönelik kritik bir altyapı olan Uydu Montaj, Entegrasyon ve Test (USET) Merkezi kurulmuştur. GÖKTÜRK-1 Uydusu'nun çevresel ve işlevsel testleri USET Merkezinde Türk mühendislerin katılımları ile gerçekleştirilmiş olup, fırlatma sahasına bu merkezden sevk edilmiştir. Tasarım ömrü 7 yıl olan uydu, yaklaşık 681 km irtifada Güneş eş zamanlı yörüngede görevini başarıyla yürütmektedir.

TÜRKSAT ve Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU)

Ülkemizin de kurucuları arasında bulunduğu Birlik, Birleşmiş Milletlerin bilgi ve iletişim teknolojilerinden sorumlu uzmanlık kuruluşudur (ITU, 2022a). Frekans spektrumunun 8,3 kHz-3000 GHz aralığında frekans tahsisini yapan Birliğin radyo frekans spektrumuna ilişkin amaçları arasında; ülkelerin sahip olduğu radyo istasyonları arasındaki zararlı girişimleri önlemek için radyo frekans spektrumunda band ve frekans tahsisi yapmak, radyo frekans kayıtlarını tutmak, geo-senkron yörüngedeki ve diğer yörüngelerdeki uyduların karakteristiklerinin kayıtlarını tutmak, farklı ülkelerin radyo istasyonları arasındaki zararlı girişimleri önleme çalışmalarını koordine etmek, radyo haberleşme hizmetleri için radyo frekans spektrumun, geo-senkron ve diğer uydu yörüngelerinin kullanımlarını geliştirmek yer almaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda tüm ITU üye devletlerince uyulması gereken hükümler ITU Radyo Regülasyonu (RR) ve Uygulama Kuralları'nda düzenlenmiştir. Gelişen teknoloji, yeni servisler ya da mevcut servislerdeki değişiklikler kapasite ihtiyacı ve spektrum talebini ortaya çıkarmakta ve mevcut düzenlemelerin güncellenmesini gerektirmektedir. ITU tarafından dört yılda bir düzenlenen Dünya Radyokomünikasyon Konferansı'nda (WRC) Radyo Regülasyonu bu doğrultuda gözden geçirilmekte ve güncellenmektedir. Dolayısıyla, radyo frekans spektrumunda sunulan servisler ve yapılan çalışmalara dair her türlü frekans planlaması ve spektrum yönetimi WRC'de yapılmaktadır.

Frekans Koordinasyon ve Frekans ve Yörünge Kullanım Haklarının Kazanılması: Herhangi bir ülke ya da operatör tarafından haberleşme uydusu işletmeye alınabilmesi için ITU nezdinde bu uydunun yörüngesi, frekans bandı, kapsama alanı ve servis tipi gibi teknik özellikleri ile uyumlu uydu şebekesinin kayıt altına alınması gerekmektedir. Uydu şebekesinin kayıt altına alınabilmesi için yürütülmesi gereken faaliyetler başvuru, koordinasyon, kullanıma alma, bildirim ve MIFR'ye kayıt aşamalarından oluşmaktadır (ITU, 2022b).

Uydu Şebeke Başvurusu: Teknolojik gelişmeler, uydu planlamaları ve stratejik hedefler doğrultusunda belirlenen parametreler kullanılarak ITU tarafından geliştirilen yazılımlarla hazırlanan uydu şebekelerine ilişkin teknik detayların ITU'ya gönderilmesi ile başvuru gerçekleştirilmiş olur ve başvuru ITU tarafından 2 haftada bir yayınlanan BR-IFIC'de (International Frequency Information Circular) CR/C (Coordination Request) bölümünde yayınlanır. Koordinasyon bilgileri gönderilen uydu şebekesinin ITU tarafından RR hükümlerine uygunluğu incelenir. Başvurunun uygun bulunması durumunda söz konusu uydu şebekesinin başvuru tarihi koruma tarihi olarak kaydedilir (date of protection). Uygun

bulunmaması durumunda uygunsuzluğun giderilmesi amacıyla başvuran idareye iade edilir. Bu durumda uygunsuzluğun giderildiği tarih koruma tarihidir.

Koordinasyon: Başvurusu yapılan uydu şebekesinin koruma tarihinden önce diğer ülke idareleri veya operatörlerin kayıtlı ya da başvurusu yapılarak koordinasyon süreci devam eden uydu şebekeleri üzerindeki etkisi incelenerek RR prosedürlerine göre etkilenen öncelikli uydu şebekeleri ITU tarafından tespit edilir ve bu tespitler aynı CR/C’de yayınlanır. ITU’nun belirlediği girişime uğrama ihtimali olan bu uydu şebekelerinin ait olduğu idareler ve yaptıkları analizler neticesinde girişime uğrayabilecekleri sonucuna varıp itiraz eden diğer idareler ile koordinasyon yapılması ve onay alınması gerekmektedir. Karşılıklı yazışma veya frekans koordinasyon toplantıları ile yürütülen faaliyetler neticesinde anlaşılan hususlar karşılıklı imzalanarak tutanak altına alınmaktadır. Bu şekilde yapılan anlaşmalar ile uydu şebekelerinin kullanımına ilişkin belirlenen şartlar aksi belirtilmediği takdirde ilgili uydu şebekeleri geçerli olduğu sürece yürürlükte kalmakta ve uyduların bu şartlara uygun olarak işletilmeleri gerekmektedir.

Kullanıma Alma: Başvurulan uydu şebekelerinin MIFR’a kayıt edilerek kullanılabilmesi için belirli süre içerisinde ITU düzenlemeleri ile belirlenen gereksinimlerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Buna göre plansız bant frekanslarında başvuru tarihinden itibaren 7 yıl, planlı bant frekanslarında başvuru tarihinden itibaren 8 yıl içerisinde koordinasyon faaliyetlerinin tamamlanması ve başvuru parametrelere uygun özellikte bir uydunun bu süre içerisinde ilgili yörüngede en az 90 gün boyunca kullanılması ve söz konusu kullanımın ITU’ya bildirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde söz konusu uydu şebekesi ITU tarafından iptal edilmektedir.

Notifikasyon ve MIFR’ye Kayıt: Bir uydu şebekesinin kullanım hakkının elde edilebilmesi için onay alınması gereken tüm idarelerle gerekli koordinasyon çalışması tamamlanır ve anlaşmaya varılan değerler üzerinden başvuru parametreleri güncellenerek ITU’ya bildirim bilgileri (Notification) gönderilir (ITU, 2022c). ITU’nun yapacağı kontrollerin ardından koordinasyonun tamamlandığı ve uydu şebekesinin hizmete alındığının belirlenmesi ile birlikte ilgili tahsisler MIFR’ye kaydedilir. Böylelikle MIFR’ye giren uydu şebekeleri uluslararası seviyede tanınmış ve koruma altına alınmış olur. MIFR’de kayıt altına alınmış uydu şebekeleri yörüngede uygun uydu bulunduğu sürece geçerliliğini devam ettirir. Kayıtlı yörüngedeki uydunun ömrünü tamamlaması veya herhangi bir nedenden dolayı yörüngeden ayrılması durumunda, ilgili şebeke için ITU’ya askıya alma bildirimini gönderilmesi gerekir. Bu durumda uydunun yörüngeden ayrıldığı tarihten itibaren 3 yıl içerisinde kayıtlı uydu şebekesine uygun bir uydunun tekrar kullanıma alınması ve ITU nezdinde gerekli bildirimlerin yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde kayıtlı uydu şebekeleri iptal edilir.

TÜRKSAT-6A ile Kazanılan Bilgi ve Deneyimler

Yukarıda bahsedilen çalışmaların hiç şüphesiz en büyük kazanımını Türkiye, Türksat-6A uydusunun üretimi için kazanmış olarak bu yola sağlam adımlar ile devam etmektedir. Tasarımı ve sistem mühendisliği tamamen Türk mühendisleri tarafından yapılan bu uydunun yer kesimi yazılımları da yine ülkemizde geliştirilmektedir. TÜRKSAT A.Ş. yetişmiş insan kaynağı ile sahip olduğu sektör ve uydu programları tecrübesiyle TÜRKSAT-6A uydusunun geliştirilmesinde önemli mühendislik katkıları sunmaktadır.

TÜRKSAT-6A projesinde TÜRKSAT A.Ş. ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı müşteri kurumlar olarak, TÜBİTAK-UZAY proje yöneticisi olarak ve TUSAŞ, ASELSAN A.Ş. ve Ctech firmaları da proje yürütücüsü olarak görev almaktadır. Bu proje kapsamında

uluslararası kabul görmüş model felsefesine göre Isıl Yapısal Yeterlilik Modeli (IYYM), Mühendislik Modeli (MM) ve Uçuş Modeli (UM) olmak üzere 3 ayrı model inşa edilmesi planlanmıştır. Isıl Yapısal Yeterlilik Modeli ve Mühendislik Modelleri tasarımı doğrulamak ve fırlatılacak Uçuş Modeli için gerekli tasarım iyileştirmelerini belirlemek amacıyla kurgulanmıştır. Bu kapsamda modellerin geliştirilmesi üzerine geçmişten günümüze kadar aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilmiştir:

- Çalışmalara 2014 yılı Aralık ayında proje tasarım faaliyetleri ile başlamıştır.
- Nisan 2018’de Isıl Yapısal Yeterlilik Modeli’nin (IYYM) entegrasyonu tamamlanarak sistem seviyesi Isıl Denge Testi, Akustik Titreşim, Sinüs Titreşim Testleri, Kütle Merkezi Ölçümleri, Statik Yük Testi gibi test faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.
- Mart 2019’da uydu mühendislik modeli entegrasyon faaliyetleri tamamlanmıştır. Uydu MM entegrasyonunun tamamlanmasının akabinde MM Test Hazırlık Gözden Geçirme (THGG) Toplantısı 15 Nisan 2021 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda, sistem seviyesi Başlangıç Seviyesi Fonksiyonel Testler, MM Isıl Vakum Testi (IVT), Akustik ve Titreşim test faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda Kompakt Anten Test (CATR) için hazırlıklar TUSAŞ’da yerleşik USET merkezinde devam etmektedir.
- Uçuş Modelinin entegrasyonu Mayıs 2022’de tamamlanmıştır ve yine mayıs ayı içerisinde modelin ilk fonksiyonel testlerine başlanmıştır. Bu testlerin tamamlanması sonrasında çevresel testler (Isıl vakum, titreşim, akustik ve anten doğrulama) icra edilecektir.

Proje yönetici ve yürütücü kuruluşları tarafından proje kapsamında geliştirilen 29 adet %100 yerli uydu ekipmanın Yeterlilik Modeli, Mühendislik Modeli ve Uçuş modelinin üretim ve testleri tamamlanmış olup, söz konusu ekipmanlar uyduya başarıyla entegre edilmiştir. Uydunun uzaydaki yörüngesinde göreve başlamasıyla bu ekipmanlar uzay tarihçesi kazanacaktır.

TÜRKSAT A.Ş.’nin sorumlu olduğu fırlatıcı belirleme ve hizmet alımı çalışmaları kapsamında titizlikle yapılan değerlendirme ve müzakere süreci neticesinde aday firmalardan olan SpaceX (Falcon-9) firması ile 5 Temmuz 2021 tarihinde “TÜRKSAT-6A uydusu fırlatma hizmeti temini sözleşmesi” imzalanmıştır. Bu sözleşme, TÜRKSAT A.Ş. olarak fırlatma hizmeti için uydu üreticisi firma yerine fırlatıcı firma ile doğrudan imzalanan ilk sözleşme niteliğindedir. Ayrıca TÜRKSAT-6A uydusu, Türksat-5A ve Türksat-5B uydularından sonra SpaceX şirketine ait Falcon-9 roketiyle fırlatılacak haberleşme uydusu olacaktır. Söz konusu fırlatıcı hizmeti alımı sözleşmesi kapsamındaki faaliyet ve işlemler TÜRKSAT A.Ş. koordinasyonluğunda ilgili uzmanlar tarafından yürütülmektedir.

2023 yılının 2. çeyreğinde TÜRKSAT-6A uydusunun test faaliyetlerinin tamamlanarak nakliye için hazır hale getirilmesi, 3.çeyreği içinde ise fırlatılması planlanmaktadır. TÜRKSAT-6A kapsamında elde edilen tecrübe, altyapı ve uçuş donanımlarının gelecekteki uydu programlarımızda kullanılması ve bu sayede uydu sektöründeki yurt dışı bağımlılığının azaltılması amaçlanmaktadır.

Yukarıda sayılan gelişmeler kaçınılmaz olarak ülke içerisindeki kurum-kuruluş ve genç mühendislere ilham olmuş ve artık LEO yörüngede uydu geliştirme faaliyetleri hız

kazanmıştır. Bu alandaki milli hareketlenmeye TÜRKSAT Model Uydu Yarışması da öncülük etmiş ve sonrasında bu yarışma TEKNOFEST bünyesine alınmıştır.

TÜRKSAT'ın Eğitime Destek Hizmetleri

Türkiye'nin öncü teknoloji kurumu TÜRKSAT tarafından 7.'si düzenlenecek Model Uydu Yarışması, uydu ve uzay teknolojileri alanında insan kaynağı yetiştirilmesini amaçlanmaktadır.

ABD genelindeki uydu çalışmalarına üniversiteleri teşvik etmek ve insan kaynağı yetiştirmek amacıyla NASA'nın sponsor olduğu CANSAT adıyla organize edilen yarışma konseptinin, 2015 yılında TÜRKSAT tarafından yurtiçinde düzenlenmesi kararı alınmış olup TÜRKSAT Model Uydu Yarışmamız, 2018 yılında Türkiye Teknoloji Takımı (T3 Vakfı) Vakfı ile TÜRKSAT arasında imzalanan sözleşme ile Teknofest Organizasyonuna dahil edilmiştir.

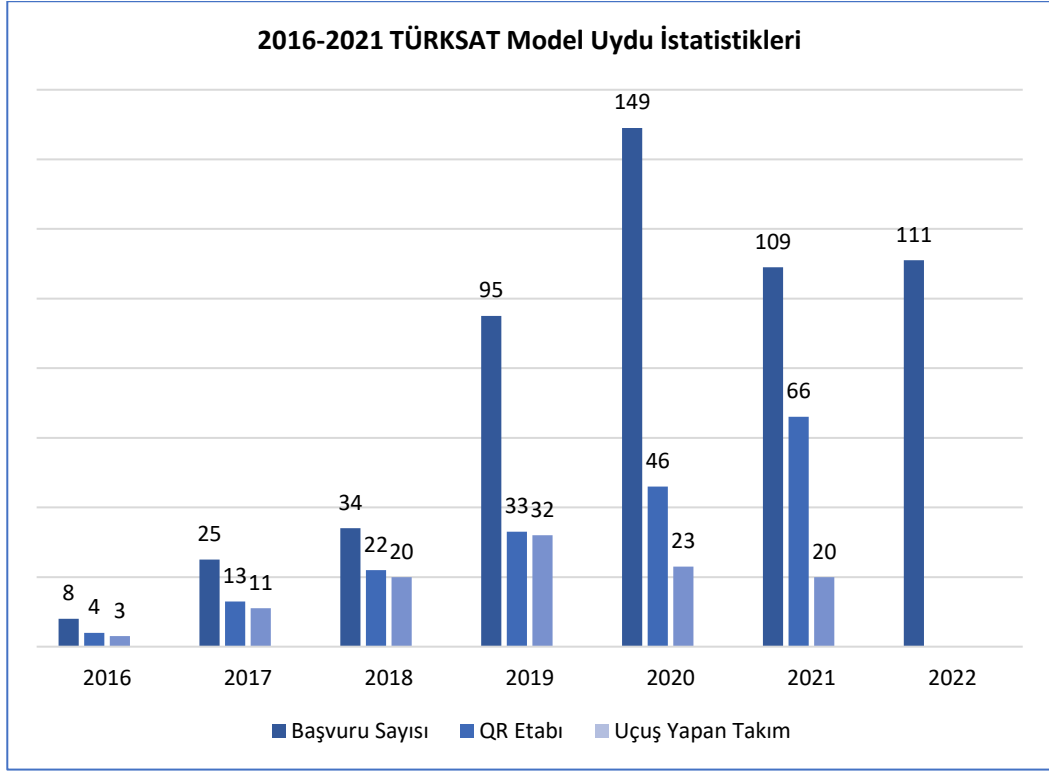
TÜRKSAT Model Uydu Yarışmasının süreçleri uydu/uzay projesini küçük ölçekte yansıtabilecek şekilde planlanmıştır. Tasarımdan üretime ve görev sonrası gözden geçirilmesine kadar bir uydu/uzay projesinin tüm yönlerini içermektedir. Yarışmacılara bir uzay sisteminin tasarımından göreve başlamasına kadar geçen sürecini deneyimleme fırsatı sağlamaktayız. Özellikle yurtdışında düzenlenen yarışmalara katılım maliyetlerinin yüksekliği dikkate alındığında bu yarışma öğrencilere düşük bütçeler ile gerçek uzay projesi deneyimi kazandırmaktadır. Üniversitede eğitim alan öğrencilerin, teorik bilgiyi pratiğe dönüştürme becerisi, disiplinler arası çalışma ve tecrübe paylaşımını güçlendirerek sektörün insan gücü çarpanına katkı sağlamaktadır.

Millî teknoloji hamlesi kapsamında yarışma süreçlerine dahil olan birçok yarışmacı kurdukları firmalarla Uzay ve Havacılık sektöründe irade beyan etmişlerdir. Bu takımlardan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi takımlarından Grizu-263 takımı cep uydu tasarlayarak Ocak 2022'de alçak yörüngeye uydularını yerleştirmiştir. TÜRKSAT, roket yarışmalarında başarı gösteren takımlar ile iş birliği yaparak Türksat Model Uydu yarışmasının fırlatma süreçlerine destek veren alt yükleniciler olmalarını sağlamıştır. İş birliği yapılan İTÜ Pars Roket grubu 2020 yılında alt yüklenici olarak görev almıştır. Pars Roket takımı şu an roket hibrit motoru üzerine Novart A.Ş firması adı altında çalışmalarını sürdürmektedir. İş birliği yapılan diğer takımlardan 2021 ve 2022 yılında alt yüklenici olarak görev alan Pamukkale Üniversitesi Hazar Roket Takımı Alya Havacılık ve Uzay firması altında çalışmalarını sürdürmektedir. Hazar roket takımı Azerbaycan'da düzenlenen Teknofest etkinliğinde Azercosmos firmasının alt yüklenicisi olarak roket süreçlerine destek vermiş ve ilk ihracatını gerçekleştirmiştir.

Ayrıca Amerika'da düzenlenen Cansat yarışmalarında üstün başarı elde etmiş teknik destek verilen takımlarımız bulunmaktadır. Cansat süreçlerinde başarı gösteren ilk 20 takımdan uluslararası katılımcılar arasında sayıca en çok Türk takımları yer almaktadır.

İlk defa 2016 yılında 3 takım 18 kişi ile başlayan süreç, 2022 yılında 111 başvuru ile yaklaşık 700 kişiye ulaşan bir yarışmaya dönüştü. 2021 yılında QR (Qualification Review) aşaması tamamlanarak 20 finalist takım belirlendikten sonra, takımların Model Uyduları yarışmaya özgü tasarlanan roketler ile fırlatılmıştır.

2016 yılında başlayan Türksat Model Uydu yarışma süreci, 2022 yılına kadar olan yarışma istatistikleri aşağıdaki şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Türksat model uydu yarışması istatistikleri

TÜRKSAT Model Uydu Yarışması 2022 Yenilikleri ve Finalist Takım Görevleri

7 etaptan ilk 5'ini geçen takımdan, görev yükünün inişi esnasında 8 sensörden (sıcaklık, basınç, auto-gyro, kamera, vb) alınan telemetri verilerini ve görüntü verisini anlık yer istasyonuna aktararak komuta kontrol bilgisayar ara yüzünde grafiksel görselleştirilmesi istenir. Yukarıda bahsi geçen görevleri içeren mevcut 34 gerekliliğin ötesinde bu yıl düzenlenen yarışmada takımlar;

- **İrtifa Sabitleme:** Görev yükü, taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra 200 (+/- 50) m aralığında autogyro & ivmeölçer kontrol sistemi ile 10 saniye askıda kalarak stabil olarak irtifasını sabitleyecektir.
- **Sistemler Arası Haberleşme Ağı (SAHA):** Taşıyıcı üzerine entegre edilecek tek yönlü veri aktaran modül ile görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra görev yüküne basınç ve konum verisini göndermektedir. Görev yükü taşıyıcıdan alması olduğu bu paketi mevcut telemetri dosyasına ekleyerek yer istasyonuna aktaracaktır. Takımlar yer istasyonu ara yüzünde taşıyıcı ile görev yükü arasındaki irtifa değişimini ve aralarındaki bağlantı durumunu gösterecektir.
- **Özgün Görev 1:** Görev yükü taşıyıcıdan ayrıldıktan sonra, görev yükünün atmosfer içerisinde görünürlüğünü arttırabilmek amacı ile takımların önerdikleri özgün çözümleri tasarımlarında uygulamalı olarak doğrulayacaktır.
- **Özgün Görev 2:** Belirtilen boyut ve ağırlık sınırları içerisinde, her takım gerçek uydu veya uzay görevlerinden esinlenerek tasarımsal bir yaklaşım ya da bilimsel bir

verinin elde edilip işlenebileceği herhangi bir özgün görevi uygulamalı bir gösterim ile gerçekleştirecektir.

- **Asenkron Video Transferi (Bonus Görev):** Model uydu roketten ayrıldıktan sonra yer istasyonundan model uyduya aktarılan 300 KB'lık video, uçuş anında tekrar model uydudan farklı frekansta çalışan başka bir yer istasyonu bilgisayarına gönderilecektir. Böylece haberleşme uydusu çalışma prensibi tam anlamı ile gerçekleştirilmiş olacaktır.

Belirtilen görevler ile Türksat Model Uydu Yarışması'na yarışmanın ötesinde bir değer katması beklenmektedir. Mevcut durumda TÜRKSAT olarak yarışmacı takımların eğitilmesi, yarışma gerekliliklerinin oluşturulması, gerekliliklerin uygunluk analizlerinin gerçekleştirilmesi, yarışma süreçleri boyunca takımlar tarafından oluşturulan raporların teknik olarak değerlendirilmesi, takımların mentorler / hakemler tarafından yönlendirilmesi ve 8 ay sürecek olan bu yarışma sürecinin takip ve organizasyonu gerçekleştirmekteyiz.

Sonuçlar ve Değerlendirme

Yukarıdaki bölümlerde detayları aktarıldığı şekilde, Türkiye'nin uydu sistemleri konusundaki yolculuğu hem yörünge hakları kazanma hem de uydu ve roket çalışmalarında oldukça kapsamlıdır. Kazanılan bu ivmenin daha çok Millî Teknolojiler geliştirilmesi ve ülkemize katkı sağlaması beklenmektedir. Mart 2022 itibarı ile uzayda Türkiye'ye ait olan uzay cisimleri aşağıdaki Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2'den de görüldüğü gibi Türkiye uzayda söz sahibi olmak adına onlarca yıldır çalışmalarının meyvelerini hem toplumsal farkındalığın artması hem de yeni nesil girişimler ile almaya başlamaktadır. Artık, uzaya ulaşmak için hükümet destekli büyük yatırımlar kadar teknoloji kuruluşları ve üniversite bünyesindeki laboratuvarlar da çalışmaktadır.

Gelişen teknolojinin büyük bir alanı olarak karşımıza çıkan uzay, havacılık ve savunma sanayii konularında çalışan insan sayısı yıllar içerisinde artış göstermektedir. Türkiye'de konuya ilgi duyan genç çalışan sayılarındaki artışları da bunun en güzel örneğidir. Fırlatıcı maliyetlerinin giderek azalması ve farklı kütlelerdeki uyduların uzaya fırlatılmasını sağlayan çeşitli firmaların artması uzaya ulaşım teşebbüslerinin ivmelenmesini hiç kuşkusuz sağlamaktadır.

Tablo 2. Türkiye'ye Ait Olan Uzay Cisimleri

Satellite Name	Debris	Decay	Active	Orbit
BILSAT-1	*			LEO
BEEAGLESAT		27.04.2019		LEO
GOKTURK-1A			*	LEO
GOKTURK-2			*	LEO
HAVELSAT		28.02.2019		LEO
ITUPSAT-1			*	LEO
TURKSAT-1B	*			GEO
TURKSAT-1C	*			GEO
TURKSAT-2A	*			GEO
RASAT			*	LEO
TURKSAT-3A			*	GEO
TURKSAT-4A			*	GEO
TURKSAT-4B			*	GEO
TURKSAT-5A			*	GEO
TURKSAT-3USAT	*			LEO
UBAKUSAT		11.06.2020		LEO
GRIZU 263A			*	LEO
TURKSAT-5B			*	GEO

TÜRKSAT tüm bu fonksiyonları yerine getirirken hem insan kaynağı kalitesini artırmak hem de başta gönül coğrafyasında uydu ve uzay bilimi noktasında bir sertifikasyon hizmeti sağlamak adına modern bir eğitim yaklaşımını bünyesine katacaktır. Dijital olarak üretilecek sektör ve kurum içi eğitimler bir platform vasıtasıyla uluslararası birimlere sunulacak ve böylece sürdürülebilir bir sistem kurgulanmış olacaktır. Olumsuz insan faktörünü minimum yapan bu sistem ile yapılacak bütünlük değerlendirmeler ile evrensel kabul gören sertifikalar üretilecektir. Ayrıca bu sistem üniversitelere yansıtılarak gençlerin eğitimleri sırasında sertifika sahibi olmalarının önü açılacaktır.

Kaynakça / References

- International Telecommunication Union. (01.06.2022a). *Collection of the Basic Texts of the International Telecommunication Union (Edition of 2019)*. <https://www.itu.int/pub/S-CONF-PLN-2019> (Erişim Tarihi: 15.06.2022)
- International Telecommunication Union. (01.06.2022b). *World Radiocommunication Conference*. <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx> (Erişim Tarihi: 15.06.2022)
- International Telecommunication Union. (2022c, Haziran 01). *Radio Regulations (Edition of 2020)*. <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2020> (Erişim Tarihi: 15.06.2022)
- Özalp, T. (2009). Space as a strategic vision for Turkey and its people. *Space Policy*, 25(4), ss. 224-235.
- TUSAŞ - Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. <https://www.tusas.com/urunler/uzay> (Erişim tarihi: 29.05.2022)
- TÜBİTAK. (29.05.2022). Uydu Projeleri. <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/uydu-projeleri> (Erişim Tarihi: 29.05.2022)
- Yılmaz, Ü.C. Sakaci, C. Koçak, M.D. Er, T. & Toktamış, B. (2020). De-orbitand Deactivation of a GEO
- Satellite: TURKSAT-2A. *2020 AAS/AIAA Astro-dynamics Specialist Virtual Conference*, 9-12 August 2020, 1877-1883
- Zaman, N. (2020). Paratic. <https://paratic.com/iletisim-araclari-nelerdir-kronolojik-siralama/> (Erişim tarihi: 18.03.2020)

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Kemal YÜKSEK | TÜRKSAT A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı | kemal.yukse[at]antalya.edu.tr | ORCID: 0000-0003-0008-7858

1969 yılında Trabzon, Çaykara'da doğdu. Matematik alanında lisans, Bilgisayar Mühendisliği alanında yüksek lisans ve Uygulamalı Matematik alanında doktora eğitimlerini tamamlamıştır. 1994 yılında Araştırma Görevlisi olarak akademik hayatına başlamıştır. 2000 yılında Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde Yardımcı Doçent olarak göreve başlayan Yüksek, aynı bölümde Bölüm Başkan Yardımcılığı görevini yürütmüş ve 2012 yılında Doçentlik unvanı kazanmıştır. 2017 yılında profesörlük unvanı alan Yüksek'in uzmanlık alanları arasında yazılım, veri tabanı tasarımı, matematiksel modelleme, yapay zekâ, bilgisayar grafiği, eğitim yönetimi ve sivil havacılık yönetimi bulunmaktadır. 2013-2018 yılları arasında Türk Hava Yolları'nda Eğitim Başkanı olarak görev yapan Yüksek, Mayıs 2019'da Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Genel Müdür Yardımcısı, Mart 2019'da Türksat Yönetim Kurulu Başkanı ve Ocak 2021'de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Genel Müdür Vekili olarak atanmıştır. Birçok ulusal ve uluslararası akademik makalenin yazarı olan Yüksek, evli ve üç kız babasıdır.

Prof. Dr. Kemal YÜKSEK | TÜRKSAT INC. Chairman of the Board of Directors | kemal.yukse[at]antalya.edu.tr | ORCID: 0000-0003-0008-7858

He was born in 1969 in Trabzon, Çaykara. He completed his undergraduate studies in Mathematics, his master's degree in Computer Engineering and his doctorate in Applied Mathematics. He started his academic life as a Research Assistant in 1994. He started his career as an Assistant Professor in the Department of Computer Engineering in 2000, served as the Deputy Head of the Department in the same department and earned the title of Associate Professor in 2012. Yüksek, who received the title of professor in 2017, specializes in software, database design, mathematical modeling, artificial intelligence, computer graphics, education management and civil aviation management. He served as the Head of Training at Turkish Airlines between 2013-2018, in May 2019, he became Deputy General Manager of the General Directorate of Civil Aviation. He became the Chairman of Türksat Board of Directors in March 2019. In January 2021, he was appointed as the Deputy General Manager of the General Directorate of Civil Aviation. Yüksek is the author of many national and international academic articles, he is married and has three daughters.