

# CUMHURİYET'İMİZİN 100. YILINDA UYDU TEKNOLOJİLERİ VE MESLEK ODAMIZ

Cevdet ASLAN - *EMO Ankara Şubesi 26. Dönem YK Başkan Yardımcısı*  
*cevdet.aslan@gmail.com*

Uzay araştırmalarında küresel rekabet ve ülkeler arası yarış geçmişten günümüze hızını hiç kesmeden devam etmektedir. Bu dinamik ve rekabetçi ruhu ağır basan ortamın oluşmasında kuşkusuz ki iki olay etkilidir bunlardan ilki 4 Ekim 1957 tarihinde SSCB tarafından Sputnik 1 uydusunun uzaya gönderilmesi ve ikincisi de Amerika'nın 1969'da Apollo uzay gemisi ile Ay'a insanlı iniş yapmasıdır. Yaşanan bu gelişmelerin hemen ardından uzay ortamı hızlıca ticarileşen bir alana evrilmiş ve günümüzde haberleşme, istihbarat, bilimsel uygulamalar gibi anahtar hizmetlerin sağlandığı bir şekle bürünmüştür. Uydu tipleri yörünge özelliklerine, uygulama alanlarına ve uydu boyutlarına göre farklı kategorilere ayrılmaktadır. Yörüngelere göre yakın (LEO), orta (MEO), yer sabit (GEO), gezegenler arası, ekvatorial, kutupsal yörünge ana başlıklarında uydular sınıflandırılmaktadır. Sağladıkları hizmet türlerine göre ise veri, görüntü alma ve haritalama, hava tahmini vb. konularda; haberleşme, navigasyon, uzaktan algılama ve yer gözlem, meteoroloji, askeri uydular ilgili disiplinlerde çeşitli servisler sunmaktadır. Boyutlarına göre uydular; büyük (> 1 ton), orta (500 - 1000 kg), mini (100-300 kg), mikro (10-100 kg), küpsatları da içeren nano (1-10 kg) sınıflarına ayrılmaktadır.

Haberleşme uyduları çok uzun menzillerde kablosuz iletişim imkânı sunan uzay platformlarıdır. Ülkemizde de 22 Temmuz 2004 tarihinde

kurulan, uydu ve haberleşme sektöründe yerli telekomünikasyon uydusu operatörü TÜRKSAT Uydu Haberleşme Kablo TV İşletme A.Ş. uzay ve uydu teknolojileri alanında sektöre öncülük etmektedir. 19 yıllık geçmişinde, 1994'te fırlatılan TÜRK-SAT-1B'nin ardından sırasıyla, 1996'da TÜRK-SAT-1C, 2001'de TÜRK-SAT-2A ile uzun süre ulusal ve uluslararası yayıncılık ve haberleşme servislerini sağlamış, 2008'de uzaya fırlatılan TÜRK-SAT-3A, 2014'te TÜRK-SAT-4A, 2015'te TÜRK-SAT-4B ve 2021'de TÜRK-SAT-5A ve TÜRK-SAT-5B yüksek kapasiteli uydular ile yayıncılık, veri hizmetleri ve çeşitli haberleşme servislerini sağlamaya devam etmektedir. Bunlardan TÜRK-SAT-5B'de yerli katılım programı kapsamında ASELSAN haberleşme görev yükü ekipmanları kullanılmaktadır. İlk küp uydulardan biri olup 2013 yılında fırlatılan TÜRK-SAT-3USAT, İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarı ve Radyo Frekans Elektronik Laboratuvarı tarafından, Türk Amatör Uydu Teknolojisi Örgütü (TAMSAT) ile birlikte ortaklaşa geliştirilen üç birim (3U) boyutlarında yakın yörünge uydusudur.

Haberleşme uyduları geniş bir yörünge irtifa aralığında hizmet vermektedir. Büyük boyutlu ve yüksek kapasiteli haberleşme uyduları 35.786 kilometre irtifaya sahip olan jeosenkron yer sabit yörüngede farklı coğrafi boylamlarda tahsis edilen yörüngelerde seyir etmektedirler, bu

sayede uydular haberleşme görevini düzenli olarak aynı coğrafi bölge ve kapsama alanlarını takip ederek gerçekleştirmektedir. Haberleşme uydularının temel misyonu ve işlevi; barındırdıkları faydalı yük olarak adlandırılan haberleşme modülü vasıtasıyla Dünya'dan uduya doğru yönlendirilen yüksek frekans sinyallerinin alınıp bazı işlemlerden geçirilerek haberleşmeye imkân verecek şekilde Dünya'ya tekrar iletmektir. Bu işlemlerin başlıca olanları; sinyallerin filtrelenerek alınması, frekans aşağı veya yukarı çevrimi yapılması, ayrıştırılarak gerekli güç seviyelerine yükseltilmesi ve sinyallerin birleştirilerek istenmeyen spektrumun filtrelenerek antenler vasıtasıyla yere iletilmesidir.

Yerli ve milli imkânlarla geliştirilen en büyük ar-ge projesi olan TÜRK-SAT-6A haberleşme uydusu 2024'ün ikinci çeyreğinde uzaya fırlatılması ve 42 derece doğu boylamından yayıncılık ve haberleşme servislerini yerli geliştirilen görev yükü ve platform sistemleri ekipmanlarıyla gerçekleştirmesi planlanmaktadır. Yerli uzay endüstrisinin gelişmesine katkıda bulunmak, uzay ekosistemine katma değer sağlayacak olan ürünlerin yerli imkânlarla geliştirilmesinin önünü açmak, yetkin insan kaynağını yetiştirmek ve uzay ortamında stratejik kabiliyetlerimizi artırmak amaçlı yola çıkan TÜRK-SAT-6A uydu projesinin entegrasyon ve test fazında sonlara yaklaşılmıştır.



TÜRSAT-6A haberleşme uydusu uçuş modeli.

Bu tipte büyük haberleşme uydularının yanında, geleneksel GEO uydu ağı iletim gecikmesi, yüksek yayılma kaybı, yeterli olmayan işleme kapasitesi, düşük ağ verimi ve yüksek iletişim maliyeti özelliklerine sahip olduğundan dolayı temel olarak yer iletişim ağının genişletilmesi ve tamamlayıcısı olarak LEO yörüngelerde takım uyduların kullanıma alınması yaygınlaşmaktadır. Yakın gelecekte hayatımıza girecek olan, sürücüsüz, yüksek internet hızı kullanan, birbirleriyle sürekli iletişim halinde olan araçlar, nesnelerin interneti (Internet of Things) ve geniş bant internet ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla birlikte daha yüksek hızlarda veri haberleşmesi sağlayan ve daha az maliyetli LEO takım uydu sistemleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca küçük boyutlu olan yüzlerce uydunun aynı anda atılabilmesi, uydu imalatı ve yörüngeye yerleştirme maliyetlerinde (tekrar kullanılabilen roketler) ciddi düşüşler yaşanmasıyla LEO'da (yaklaşık 1200 km) büyük yatırımlar yapılmaktadır. LEO uyduların dünyaya yakın olmalarının avantajı kullanılan antenlerin ve diğer uydu ekipmanlarının büyük olmasına gerek duyulmamasıdır. En önemli avantajlarından biri bu uyduların gecikme süreleri karasal sistemlerle yarışacak düzeylere inmektedir.

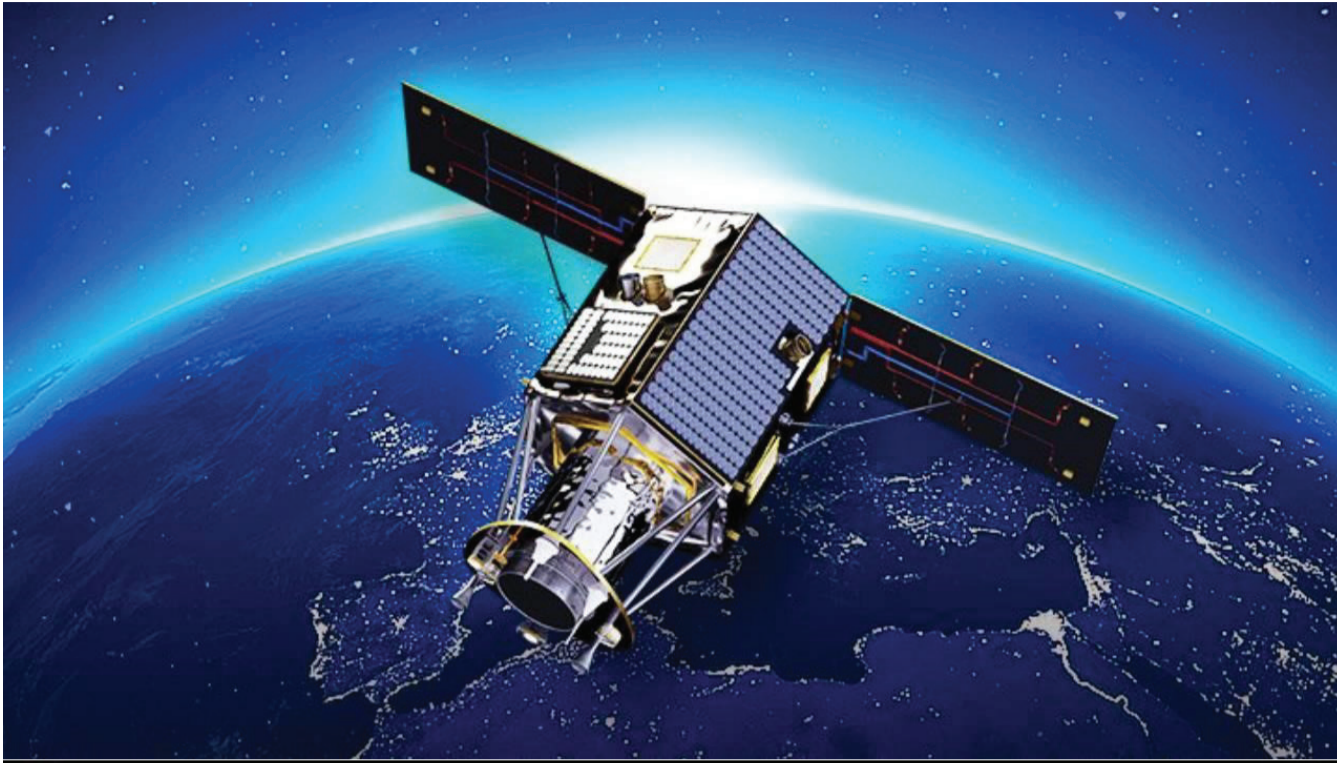
LEO'daki uyduların bir başka özelliği de yüksek sistem kapasitesini sağlamasıdır. Yeni teknolojilerle geniş bantta tek noktaya 250 Mbps yüksek veri hızı sağlanabilmekte ve takım uydu sistemlerinde toplam kapasite olarak 2 Tbps seviyeleri öngörülmektedir.

Uzaktan algılama ve yer gözlem uygulamaları uzay sistemlerinin yoğun şekilde kullanıldığı diğer alanlardan biridir. Uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir. Enerji olmadan algılama yapmak mümkün olmadığından dolayı uzaktan algılama için kullanılan enerji kaynağı da ya güneş ya da yapay bir güç kaynağıdır. Bu noktada Güneş veya başka bir enerji kaynağından alınan enerjiyi algılama yöntemi pasif uzaktan algılama, bilgi edinecek olan bölgenin yapay bir enerji kaynağıyla aydınlatıldığı yöntem ise aktif uzaktan algılama olarak tanımlanmaktadır. Pasif uzaktan algılama

sistemlerinde gece veya gündüz olması ve meteorolojik etmenler elde edilen sonucu doğrudan etkilemekte iken aktif uzaktan algılama yönteminde bu durum önem teşkil etmez, zira mikrodalga spektrumda yayılım yapan uzay tabanlı aktif radar sistemleri gece-gündüz fark etmezsiniz istenilen bölgelerden veri elde edebilmektedir. Ülkemizde BİLSAT, RASAT uzun yıllar uzaktan algılama alanında hizmet vermiş, GÖKTÜRK-2, GÖKTÜRK-1 ve İMECE uydularıyla birlikte PLAN-S'in CONNECTA takım uyduları optik yer gözlem görevlerini icra etmekte ve talep eden kurumlara haritalama, şehir planlama, orman örtüsü belirleme, deprem ve sel gibi afetlerin yönetimi, sayısal arazi modeli üretimi, jeoloji ve kıyı bilimleri gibi uygulamalarda nitelikli yerli uydu görüntüleri sağlamaktadır. Yeryüzünün özellikleri, yüzey deformasyonları (radar uyduları ve interferometri tekniği ile), şehir planlama, atmosferik incelemeler, küresel iklim değişikliği, güvenlik, acil durum ve arama kurtarma faaliyetleri (sel felaketlerinde, orman yangınlarında, aşırı kuraklık gibi acil durumlarda erken uyarı ve durumsal analizler), okyanuslar ile ilgili

**"Yakın gelecekte hayatımıza girecek olan, sürücüsüz, yüksek internet hızı kullanan, birbirleriyle sürekli iletişim halinde olan araçlar, nesnelerin interneti (Internet of Things) ve geniş bant internet ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla birlikte daha yüksek hızlarda veri haberleşmesi sağlayan ve daha az maliyetli LEO takım uyduları ön plana çıkmaktadır."**

bilgi toplama ve benzeri durumlar için yüksek hassasiyetli yer sabit ve LEO yörüngeli gözlem uyduları yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla tasarlanan uydu görevlerine özgü farklı servisler başlıca; atmosferik bileşenlerin takip edilmesi konusunda anlık durum, gelecek durum tahminleri ve projeksiyonu, ölçülen verilere yönelik analiz sonuçları sağlık, çevre, yenilenebilir enerji, tarım, meteoroloji ve klimatoloji gibi çeşitli bilim alanlarında kullanılmaktadır.

**TOGG Teknoloji Kampüsü**

IMECE uzaktan algılama ve yer gözlem uydusundan alınan görüntü.

Bunların yanında uzay keşifleri için bilimsel araştırma, askeri amaçlı keşif ve gözetleme, küresel ve bölgesel konum belirleme amaçlı navigasyon ve insanlı görevler gibi farklı hedefler için de uzay görevleri bulunmaktadır. Bilimsel görevlere örnek olarak Hubble ve James Webb uzay teleskopları, küresel konum belirleme amaçlı L bant spektrumunda çalışan GPS, GLONASS, BEIDOU ve GALILEO takım uyduları, insanlı görevler için ise Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) örnek olarak verilebilir.

Farklı uygulama alanlarında hem maliyet etkin servisler hem tamamlayıcı niteliğinde olması hem tasarım, üretim ve testlerinin büyük uydu projeleri kadar kapsamlı, detaylı ve karmaşık yapıda olmaması ve uydu fırlatma servislerinin oldukça azalması sebebiyle günümüzde küp (nano) uydular ve yeni uzay kavramı oldukça hızlı gelişim sergilemektedir. Modern küçük uydular, nispeten düşük maliyetle, küçük boyutlu ekiplerle ve hızlı zaman dilimlerinde (genel olarak 8-12 ay) üretilmektedir. Kar-

maşık işlevselliği elde etmek için en son teknoloji ticari ürünlerden ziyade raf ürünlerinden (Commercial off the shelf - COTS) faydalanırken, aynı zamanda karmaşık mekanizmalara bağımlılığı en aza indirmektedir. Gumush AeroSpace ve ASELSAN iş birliği ile geliştirilen KILIÇSAT 3U otomatik tanımlama sistemi uydusu bu tipteki küp uydulara örnek olarak verilebilir.

Yeni uzay sektörü oldukça hızlı şekil değiştirebilmekte ve yeni konseptlere çok hızlı şekilde adapte olabilmektedir. Bu alandaki yenilikleri takip edebilmek amacıyla 18-19 Ekim 2023 tarihlerinde TÜRKSAT Yakın Yörünge ve Küp Uydu Çalıştayı ATO Congressium'da düzenlenmiştir. Milli uzay ekosistemi aktör ve paydaşlarını bir arada toplamak, ihtiyaçları, yeterlilik ve kabiliyetleri ortaya koymak ve sektörü yakınlaştırmak amacıyla iki gün süresince savunma sanayii, akademik camia ve sektörden beklenenin çok üzerinde talep görmüştür. Çalıştayda Türkiye'nin yakın yörünge ve küp uydu deneyimleri, haberleşme, uzaktan algılama, uzay durumsal farkındalık, yeni uzay ve gelecek öngörülerini, fırlatma ve yer segmenti teknolojileri ile birlikte uzay hukuku ve model uydu kavramları detaylı biçimde tartışılmıştır. Yeni uzay ekosisteminde sürdürülebilirlik, uzay hukukunun kapsayıcılığı, uzay segmentinde haberleşme, acil durum yönetimi, uzaktan algılama, yörünge servisleri teknolojilerinde ilerleyen projeler, proje ve kaynakların verimli kullanımı, vb. konular hakkında sektörel tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu yönde yapılan ilk çalıştay olmakla birlikte süreklilik için gelecek yıllarda da bunun devamının yapılması planlanmaktadır.

"Yeni uzay" terimi genellikle geleneksel uzay endüstrisi dışında kalan, genellikle özel şirketlerin liderlik ettiği bir dizi uzay tabanlı aktiviteyi ifade etmekte ve gelişen teknoloji

ve özel sektörün uzay keşif ve kullanımındaki artan rolüyle ilişkilendirilmektedir. Uzay endüstrisindeki bu evrim, uzayın sadece bilimsel görevler için veya devlet kurumları tarafından değil, cazip görülen ticari fırsatlar ve kaynaklar için de bir saha olarak görülmesine yol açmaktadır. Uzaya erişim maliyetlerinin azalması, küçük uydu teknolojilerinin yükselişi ve ticari amaçlı uzay faaliyetlerinin artmasıyla dikkat çekmesiyle birlikte özel şirketler, uydu fırlatmaları, uzay turizmi, uzay madenciliği gibi alanlarda önemli girişimler çerçevesinde her gün pek çok yeni firma kurulmaktadır. Yeni uzay kavramı, takım uydu projeleri ve yeni girişimler gibi gelişmeleri takiben ticarileşen uzay sektörü Türkiye'nin içinde bulunması gereken büyük bir meslek alanıdır. Ülkemizde haberleşme, fırlatma ve uzay sistemleri gibi kritik teknolojilerin geliştirilmesi, projelere gerekli desteğin sağlanması, kıymetli iş gücünün bu alanda eğitilmesi ve yoğunlaştırılması, Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin sürdürülmesi ve yerliliği artıracak yönde yapılacak olan çalışmalar ülkemizde kısa ve orta vadede ele alınması gereken konulardır.

Uzay teknolojilerinin önemi ülkemizde diğer kurumlarımızın da dikkatini çekmiştir. Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde 'Uzay Komutanlığı' kurulacağı ve bunun da resmi çalışmalarına başlandığı açıklanmıştır. NATO bünyesinde yapılan uzay çalışmalarına uyum sağlamak amacıyla çalışmaların sürdürüldüğü, öncelikle alay seviyesinde sonraki dönemlerde ise tuğay ve tümen seviyesine yükselmesi planlanan Uzay Komutanlığı'nın çok kısa sürede hayata geçeceği belirtilmektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan da görülebileceği gibi uydu teknolojilerinin her zamankinden daha çok üzerinde durulması, her seviyede çalışılması ve özellikle de meslek odamızda yeni bir meslek alanı olarak tanınması ve bu alanın kısa sürede başlatılması gereklidir.

EMO Ankara Şubesi Başkanımızın da yaptığı konuşmalarda defalarca belirttiği gibi Odamızda uydu teknolojilerine ilginin artırılması, meslektaşlarımıza bu alanda da yeni bilgilerin aktarılması çalışmalarına başlandığını hepimiz biliyoruz. Odamızın büyümesi ve gelişmesi, meslektaşlarına daha iyi hizmet verebilmesi, yeni gelişen alanların meslek alanı haline getirmesi ile mümkün olacaktır. Pek çok yeni meslek alanının kısa sürede Odamıza kazandırılması gereklidir. Bu makalede de açıklandığı gibi en önemlisinden birisi de uydu teknolojileridir. Bu alanın Odamız da yeni bir alan olarak tanımlanması, "Uydu SMM" çalışmalarının olgunlaştırılması, bu konuların Odamıza kazandırılmasına hız verilmesi ve meslektaşlarımızın bu alanda da varlığını sürdürmeleri, söz sahibi olmaları, bilgi birikimi ve de-



Yakın Yörünge ve Küp Uydu Çalıştayı'ndan bazı kareler.

neyimlerini bu alana da aktarmaları, bu alanın meslek açısından da desteklenmesi adına Odamızın bu alanlarda çalışmaların tüm paydaşlarla desteklenmesi gereklidir.

Cumhuriyetimizin 100. Yılında her alanda olduğu gibi "uydu ve havacılık" alanlarında da başarı hikayelerinin yazılmasına devam edilmesi, bu alanın Odamız bünyesinde meslek alanı olarak kazandırılması dileğimidir.