
Oktay Algün¹

Burcu Dikmen²

Selime Gürol³

Murat Hüdaverdi⁴

Hilal Özen⁵

Celal Tüfekçi⁶

¹Jeoloji Mühendisi,

²Dr., Kimya Mühendisi

³Y. Lisans, Matematikçi,

⁴Dr., Parçacık Fizikçi ve
Astrofizik

⁵Y. Lisans, Jeoloji Mühendisi,

⁶Dr., Makine Mühendisi,

TÜBİTAK Uzay Teknolojileri
Araştırma Enstitüsü

Uzay Teknolojileri Uygulamaları



Hiç düşündünüz mü, gece gökyüzüne baktığında gördüğü sonsuz boşluk insanoğlu için ne kadar gizemli. “Her şey bir gaz ve toz bulutu ile başladı”. Uzak tarihinin başlangıç noktası işte bu klasik ifade. Günümüzde uzay hakkında artık bundan çok daha fazlasını biliyoruz. Uzak teknolojileri konusunda ileri düzey çalışmalar gerçekleştiriyor, uzaya giden araçlar geliştiriyor, bilimsel deneylerle uzayın hâlâ gizemini koruyan bilimcilerini çözmeye çalışıyor ve bu arada da elimizdeki bilgileri daha da çoğaltmaya, uzaydan daha fazla faydalanmanın yollarını bulmaya çalışıyoruz. Yazımızda, bu teknolojilerin evlerimizdeki televizyondan arabamızdaki navigasyon cihazına, deprem araştırmalarından tarımla ilgili araştırmalara, ne kadar geniş bir alanda ve nasıl kullanıldığına kısaca göz atacağız. Okurken uzayın heyecanını tatmanız dileğiyle...

Galileo'nun asistanlarından biri olan Torricelli civayla yaptığı deneyler sırasında vakumu yani “boşluğu” keşfetti. Günümüzde laboratuvar ortamlarında kurulan vakum odaları na ilham veren bu keşif, uzayın bir kesitini canlandırmamıza olanak verdi ve uzay boşluğu hakkında ilk düşüncelerimizin tohumlarını attı.

Vakum ve hava basıncı üzerine yapılan çalışmalar bugün ampul, dondurulmuş ve kuru gıdalar, parçacık hızlandırıcılar, elektron mikroskobu gibi Torricelli'nin hayal bile edemeyeceği birçok değişik alanda kullanılıyor. Torricelli'nin keşfinin uzay çalışmalarında bir milat olduğunu söylemek yanlış olmaz. Ancak uzayın laboratuvar şartlarında oluşturamayacağımız başka özellikleri de var. Bir örneği laboratuvar vakum odasına koyarak, uzay ortamına eşdeğer ışınlam (radyasyon) bombardımanına tutabiliriz. Ama yerçekimini ortadan kaldıramayız. Serbest düşme uçuşlarıyla kısa süreliğine “sıfır çekim” ortamı oluşturabilirsek de, uzun süreler gerektiren deneylerin yapılması için bu yeterli değil. Dünya yörüngesine, tam zamanlı olarak sıfır çekim ortamı sunan laboratuvarlar yani uzay istasyonları işte bu nedenle yerleştiriliyor.

Bilim insanları uzay istasyonu laboratuvarlarında yürütülen deneylerde fizik, biyoloji, kimya gibi temel bilimlerin cevaplanmamış sorularına yanıt arıyor. Örneğin yerçekiminin canlı oluşumundaki etkileri, baş, kol ve ayakların oluşumunda üst-alt kavramlarının önemi, bitkilerde suyun köklerden yaprak uçlarına kadar iletiminde yerçekiminin işlevi gibi akla gelebilecek hemen her konu araştırılıyor.

Dünyada sıradan olan, hiç de sorgulamadığımız süreçler uzay ortamında farklı gelişebilir, çünkü bir çok şey uzayda farklı davranış gösterir. Çiçekler bile uzay ortamında farklı kokar. Parfüm sektöründen dev bir firmanın desteğiyle yapılan bir araştırmada uzaya gül gönderildi. Gül, yeni çevresel ortamında yerde olduğundan çok farklı, yepyeni bir koku geliştirdi. Dünyada rastlanmayan, egzotik kokular bulma yarışı kozmetik devlerinin iştahını kabarttı. Elde edilen bu koku, bir Japon kozmetik şirketi tarafından piyasaya sürüldü. Farklı bitki karışımlarıyla yapılan çalışmalar da tüm hızıyla devam ediyor.

Bir başka çarpıcı örnek de alevin davranışı. Hepimiz bir kibrit veya mum alevinin neye benzediğini biliriz. Isınan hava yükseldiği için, alev damla biçimini

alır. Ancak uzayın çekimsiz ortamında alt-üst kavramının olmaması nedeniyle ısınan hava yükselmez. Yön olarak her şey hemen hemen simetrik olduğundan, alev küre biçimini alır. Uzayda alevin ateş topları halinde salındığı da görülmüştür. Ateş topçuklarının çok az miktarda yakıt tüketerek yanması, bilim insanlarına yakıt tasarruflu motor uygulamaları konusunda yeni fikirler vermiştir.

Günümüzde, iklim değişiklikleri, örneğin ozon tabakasının incilmesi, buzulların erimesi gibi yaşamı tehdit eden olaylar gelişen teknolojinin olumsuz etkileri olarak karşımıza çıkıyor. Bu da gösteriyor ki sosyal ve ekonomik refahın sağlanmasında, doğal alanların ve kentleşme alanlarının denetlenmesi ve izlenmesi temel ihtiyaçlar arasında. Eskiden şehirlerin en yüksek noktalarına başta yangın olmak üzere sıra dışı olayları izleyebilmek için kuleler yapılır, gözcüler yerleştirilirdi. Kalabalıklaşan şehirler, genişleyen yapılanma alanları, yüksek gökdelenler nedeniyle böylesi gözlem kuleleri artık çok anlamlı değil.

Peki bu izleme nasıl yapılacak? Yangın kulesindeki gözlemci ozonun delindiğini bize haber verebilecek mi? Buzulların eridiğini hangi yükseklikten gözlemleyebileceğiz? Dahası, afetlere ne kadar çabuk tepki verebilecek, ne kadar hızlı müdahale edebileceğiz?

İşte bütün bu soruların cevabı uzay teknolojilerinde saklı. Artık uzay teknolojilerinden, tarımdan eğitime kadar pek çok alanda yararlanabiliyoruz. Gelişen bilim ve teknoloji sayesinde insanoğlunun ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik çeşitli uygulama alanları ortaya çıkıyor. Eskiden çok zor koşullar altında haberleşirken günümüzde uzay teknolojilerini kullanarak iletişim kurabiliyoruz. Bir zamanlar yıldızlar veya pusula yardımıyla konumunu bulan insanoğlu günümüzde GPS teknolojisini kullanarak bir cep telefonu ile konumunu belirleyebiliyor, bununla kalmayıp yakın ve uzak çevresi hakkında bilgi sahibi de olabiliyor.

Uzak teknolojilerinin önemli bir alanı olan uydu teknolojilerinden haberleşme, görüntüleme/uzaktan algılama ve ko-



Uyduları kullanarak haberleşme sağlayan sistemler artık hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuş durumda. Türkiye'nin yer-sabit haberleşme uyduları Türksat A.Ş. tarafından işletiliyor.

numlandırma amaçları ile oldukça etkin bir şekilde yararlandığımızı söylemek mümkün. Haberleşme uyduları sayesinde Dünya'nın pek çok yerinin görüntüsünü alabiliyoruz. Cep telefonlarımızı kullanırken uydudan faydalandığımızı biliyorsunuz. Gitmek istediğiniz adresi bulmak için artık interneti kullanıyorsunuz, bu yolla hemen bir haritaya ulaşabiliyorsunuz değil mi? İşte bu da uyduların marifeti. Tüm bu kolaylıkları sağlayan araçlara "uzaktan algılama sistemleri" diyoruz. Yeni nesil pusula diyebileceğimiz Küresel Konumlandırma Sistemi de (GPS) uydulardan alınan veriler aracılığı ile yolumuzu bulmamızı sağlıyor. Şimdi bize bu hizmetleri veren uyduların teknolojisini yakından inceleyelim.

Haberleşme

Arthur Clarke adında bir İngilizin 1945 yılında, yani günümüzden oldukça uzun bir süre önce, yer-sabit (yeryüzüyle eşzamanlı olarak dolanan, dolayısıyla yere göre sabit konumda görünen) uyduları kullanacak ve tüm Dünya'yı kapsayacak bir iletişim ağı hayal etmesi, uyduların haberleşmesinde her şeyin başlangıcı oldu. Esasında bu kavramları çok daha

önceden teorik olarak ortaya koymuş ve bilimsel olarak ispatlamış bilim insanları vardı. Ancak Clarke bir bilim kurgu yazarı ve mucit olarak ne kadar ileri görüşlü olduğunu göstermiş ve 3 yer-sabit uydularla tüm Dünya'nın aynı anda kapsanabileceğini düşünmüştür.

Uzaya gönderilen ilk uydular, Sovyet Rusya tarafından 1957'de fırlatılan Sputnik 1'di. Fakat bu uydular yer-sabit uydular değildi. İlk yer-sabit uydular 1964 Tokyo Olimpiyatları'nın yayınında kullanılarak, ABD'nin gönderdiği Syncom 3 adlı uydular oldu.

Uyduları kullanarak haberleşme sağlayan sistemler artık hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuş durumda. Haberleşme uydularıyla televizyon ve radyo yayınları yapılabildiği gibi veri servisleri de sağlanabiliyor. Haberleşme uydularının yer-sabit olmasının temel nedeni, bu teknolojinin yeryüzündeki kullanıcıların uyduların servislerini almalarını sağlayan antenlerini bu uydulara kolaylıkla yönlendirerek sabitlemesine olanak sağlaması. Haberleşme uyduları yere göre sabit olmasaydı bu hizmetten faydalanabilmek için antenlerimizi sürekli uyduların takip edecek şekilde çevirmek zorunda kalırdık.

Haberleşme uydularının temel işlevi, yerden gönderilen yayını alarak yeryüzündeki kapsama alanlarına yollamaktır. Bu işlevi kesintisiz olarak yerine getirmeleri zorunludur, çünkü kimse en heyecanlı maçı veya sevdiği diziyi seyrederken kesinti yaşamak istemez. Bir haberleşme uydusunun iletişim kapasitesi de göz önüne alındığında ağırlığı 1,5 tondan 7 tona kadar çıkabilir. Ancak çok daha çarpıcı olan, böyle bir ağırlığı yeryüzünden uzaya götürecek bir fırlatıcı roketin toplam kalkış ağırlığının 750 tona kadar çıkabilmesi.

Bir haberleşme uydusu sadece 35.786 km yükseklikte dolanan bir uydudan ibaret değildir. Uydunun izlendiği ve durumunun sürekli kontrol edilerek gerekli müdahalelerin yapıldığı bir yer istasyonu vardır. Yer istasyonundan uydulara komutlar gönderilerek istenilen işlevlerin yerine getirilmesi sağlanır. Uydular yer istasyonuna sinyal göndererek donanımların işleyişini hakkında sürekli bilgi verir. Uyduların televizyon kanalları ve çeşitli hükümet organları gibi temel kullanıcıları vardır. Bunlar uyduların son kullanıcılarına iletmek istedikleri bilgileri uydulara çıkarak (uplink) yayımlar. Uydular da bu yayımları alarak yeryüzündeki son kullanıcılara ulaştırmak üzere tekrarlar (downlink). Uyduların temel kullanıcıları zaman zaman mobil araçlar kullanarak, stüdyo dışından -canlı spor yayınlarında olduğu gibi- uydulara yayın çıkabilir. Günümüzde haberleşme uyduları ile kırsal alanlara internet servisleri götürülebileceği gibi okullar, hastaneler ve mahkemeler gibi kamu kuruluşlarının bilgiye ulaşması da kolayca sağlanabiliyor. Türkiye'nin yer-sabit haberleşme uyduları Türksat A.Ş. tarafından işletiliyor ve sözü edilen birçok servis bizim uydularımız aracılığı ile de verilebiliyor.

Şu anda gökyüzünde değişik ülkeler tarafından yer-sabit yörüngede işletilen yüzlerce aktif haberleşme uydusu var. Dünya'nın merkezinden 42.164 km (35.786 km yükseklik + 6378 km dünya yarıçapı) uzakta tek bir yörünge olmasına rağmen, nasıl oluyor da çok sayıda ülke

bu yörüngeden bir kargaşa olmadan yararlanabiliyor hiç düşündünüz mü? Evet, dünyanın tüm ülkeleri yer-sabit bir haberleşme uydusu kullanmak istediklerinde bu yörüngeyi kullanmak durumunda lar ve bu bir sorun oluşturmuyor! Çünkü bütün haberleşme uyduları aynı hızda (3 km/sn) uçar, ancak farklı yörünge konumları işgal eder. Bir başka deyişle, yörünge dairesi üzerinde aralarında güvenli bir mesafe bulunan uyduların hızları eşit olduğundan, birbirlerini yakalamaları ve çarpışmaları söz konusu değil. Örneğin Türksat 3A uydusu ülkemiz için ayrılmış 42° doğu boylamında tutuluyor.

Peki, bu kadar uydunun yayın frekansları nasıl oluyor da birbirine karışmıyor? Esasında bir düzenleme olmasa ve ülkeler rastgele frekanslarda yayın yapsa çok büyük anlaşmazlıklar olurdu. Bu tür karışıklıkları önlemek için hangi uydunun hangi yer-sabit yörünge konumuna (42° doğu gibi) yerleşeceği ve oradan hangi frekansları kullanarak yayın yapacağı, 1865 yılında kurulan, kurucuları arasında Osmanlı

İmparatorluğu'nun da bulunduğu Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (*International Telecommunication Union - ITU*) tarafından düzenleniyor.

Haberleşme uydularının ömrünün 10-15 yıl olduğunu belirtmiştik. Peki görevini tamamlayan uydulara ne oluyor dersiniz? Ömürleri dolduğunda kullanılmak üzere bir miktar yakıtı yedekte tutuyor, yer istasyonundan gönderilen bir komutla "uzay çöplüğü" denilen, yaklaşık 300 km daha ötede serbestçe dolanacakları bir dış yörüngeye itiliyorlar. Bunu yapmak zorunlu, çünkü yakıtı biten uyduların ileride yeni uydular için tekrar kullanılacak olan yer-sabit yörünge konumunda kontrolsüz kalması gerekir.

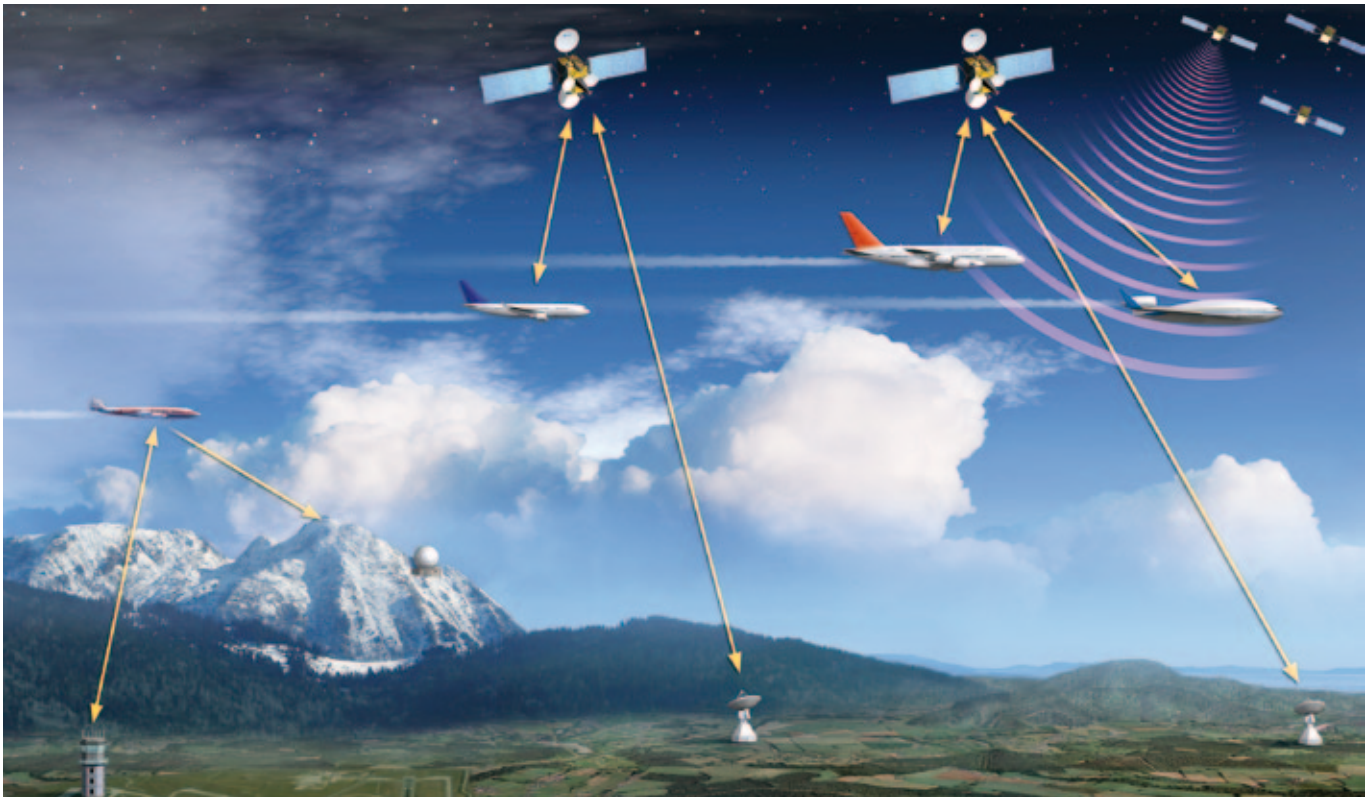
Uydu haberleşmesi sadece yer-sabit uydulardan mı sağlanır? Tabii ki hayır! Dünyaya yakın yörüngede uçan uydu sistemleri kullanılarak da haberleşme sağlanabilir. Özellikle ABD'de bazı mobil telefon servis sağlayıcıları alçak yörüngede dolanan uydularla iletişim servisi verir. Ancak tek bir uydu ile iletişim ser-

vislerinin kesintisiz verilebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu tür sistemler birçok uydudan oluşan bir uydu takımı (*satellite constellation*) olarak fırlatılır.

Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, yeryüzünün fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını yerle bağlantısı olmayan algılayıcılar taşıyan araçlarla (balon, uçak, uydu vb.) eşzamanlı olarak inceleme ve kaydetme tekniği olarak özetlenebilir.

Uzaktan görüntüleme macerasının ilk denemeleri ipli balonlar ve güvercinlere yerleştirilen küçük kameralarla yapıldı. Bilinen ilk hava fotoğrafı Gaspard Felix Tournachon (Nadar) tarafından 1858 yılında Paris üzerinde, 570 m. yükseklikteki ipli bir balondan çekilmiştir. Daha sonra 1903 yılında patenti Julius Neubronner'e ait, güvercinlerin göğsüne monte edilen ve sadece 70 gram ağırlığında kameralar üretildi ve bu kameraların takıldığı güvercinlerden bir filo oluşturuldu.



Uzay teknolojilerinin önemli bir alanı olan uydu teknolojilerinden haberleşme, görüntüleme/uzaktan algılama ve konumlandırma amaçları ile oldukça etkin bir şekilde yararlanıyoruz. Bu teknolojiler özellikle modern ulaşım araçlarını yöneten sistemlerin sağlıklı çalışabilmesi için büyük önem taşıyor.

Uçurtma, balon, uçak derken uzaktan algılama -diğer bir deyişle yer gözlem-cihazları uzaya kadar taşındı. Gözlem ya-pılabilen mesafe arttıkça, çok daha geniş, normal şartlarda erişilmesi çok zor veya imkânsız bölgelerin görüntülenmesi ola-nağı doğdu. Diğer yöntemlerle (uçak, ba-lon, insansız hava aracı, radar vb.) görün-tüleme çalışmaları devam etse de en yay-gın yöntem uzaydan, uydular aracılığıyla yapılan görüntülemedir. Bu yazı da uzay-dan yapılan “yer gözlem” çalışmalarına odaklanıyor. Dünya'nın uzaydan çekilen ilk fotoğrafları uzay çağıının ikonları ol-du ve ortak evimiz hakkındaki gerçekle-ri keşfedebilmemiz için bu alanda gerek-li teknolojinin geliştirilmesi konusunda cesaret verdi. Bugün, yörüngelerde do-lanan uydular sürekli olarak gezegenimi-zin görüntülerini alıyor. Bu uzay tekno-lojileri, gezegenimizi daha iyi anlayabil-mek ve kaynaklarının daha iyi yönetil-mesini sağlamak için güçlü bilimsel araç-lar haline gelmeye başladı. Tek bir uydu görüntüsü bir kıta üzerindeki hava kirlili-ği, depremler ve orman yangınları so-nucunda meydana gelen bölgesel net has-sar ya da geniş çaplı bir kasırga hakkında bilgi verebiliyor.

Yer gözlem uyduları uzun zaman pe-riyodunda veri sağlayabildikleri için za-man içerisinde meydana gelen çevresel değişiklikleri de gözlememize yardımcı oluyor. Arşivlerdeki geçmiş yıllara ait uy-du verileri yağmur ormanlarının düzen-li olarak yok oluşunu, deniz seviyesinde-ki yıllık 2 mm'ye yaklaşan yükselmeyi, eriyen buzulları ve atmosferik kirliliğin neden olduğu ozondaki azalmayı bizle-re gösteriyor.

Bir başka örnek tarım uygulamala-rından verilebilir. Görüntüleme ve küre-sel konumlandırma teknolojileri sayesinde toprak özelliklerinin ve organik mad-de miktarının belirlenmesi, toprağın Ph (asidite) düzeyi ve bitki besin element-lerinin saptanması, nem içeriğinin algı-lanması, toprak sıkışmasının ölçülmesi mümkün. Hassas tarım teknolojileri ola-rak adlandırılan bu tür sistemlerde, tar-ladaki ürünün ihtiyacına göre kimi ye-re daha az kimi yere daha fazla gübre ve-

ya ilaç atarak hem tasarruf hem de daha çevreci bir tarım yapılmış oluyor. Bunun yanı sıra arazinin az ve çok verim veren yerlerinin belirlenmesi, buna bağlı ola-rak da gerekli işlemlerin uygulanmasıyla hem tarımsal ve çevresel hem de ekono-mik verimlilik sağlanıyor.

Her gün doğumunda, yeryüzü güneş ışınları ile aydınlanır. Bu ışınlardan bazı-ları soğurulur, bazıları da uzaya geri yan-sıtılır. Elektromanyetik tayfın görünür ve kızılötesi aralıkları da dahil olmak üzere, çeşitli dalga boylarında uzaya geri yansı-yan bu enerjiyi kaydettikleri için “optik” olarak adlandırılan cihazlar, yer gözlem cihazlarının temel sınıflarından birini oluşturur. Optik algılayıcılar, güneş ışın-larının yansımaları ölçme ilkesine göre çalıştıkları için “pasif algılayıcılar” olarak da adlandırılırlar.

Radar olarak bilinen diğer algılayıcılar ise aktif olarak mikrodalga sinyalinin yer-yüzüne gönderir ve bu sinyallerin yeryü-zünden yansımalarını kaydeder. Bu se-beple optik algılayıcıların aksine bunlara “aktif algılayıcılar” denir. Bu algılayıcılar doğal ışınımdan bağımsız çalıştıkları için bulutlara rağmen ve gece karanlığında da veri alma üstünlükleri vardır.

Altimetre olarak adlandırılan başka bir algılayıcı ise yüksek hassasiyette mik-rodalga ve lazer sinyallerinin uyduya ge-ri dönüş zamanını kaydeder, bu bilgi de yeryüzü ya da deniz yüksekliğinin san-timetre hassasiyetinde ölçülmesine ola-nak sağlar.

Atmosfer ile ilgili çalışmalar da yer gözlem konularının bir parçasıdır. At-mosferik algılayıcılar ışığın, ısının ve radyo dalgalarının atmosferden geçerken nasıl etkilendiğini ortaya çıkarır. At-mosfer tarafından soğurulan ya da yayı-lan tayfsal dalga boylarının imzaları at-mosferde bulunan elementler ve gazlar hakkında bize bilgi verir.

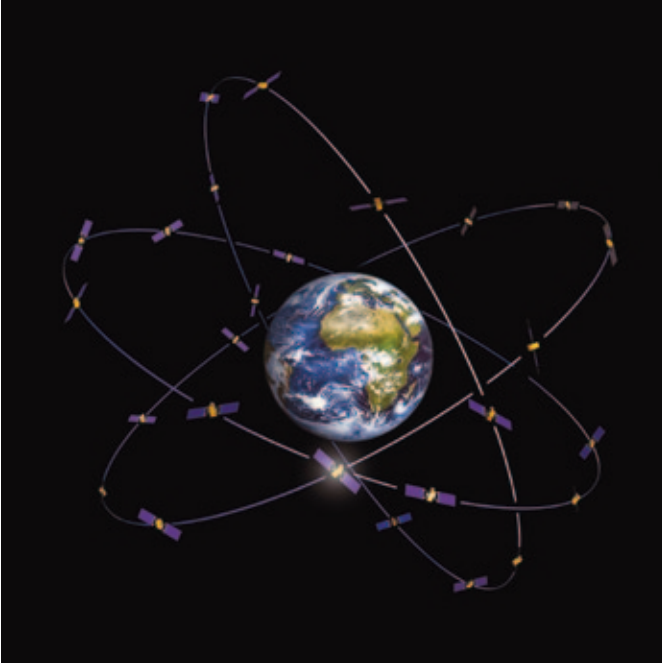
Düşük uzamsal çözünürlüğe (örn: MERIS 300m, NOAA 1 km) sahip algıla-yıcılar okyanus çalışmaları yapmak, böl-gesel arazi örtüsünü, hava durumunu ve bulut örtüsünü incelemek için uygun-dur. Orta çözünürlüğe sahip algılayıcı-lar (örn: Landsat 30m, BİLSAT 28m) ge-

nellikle tarım alanları ve doğal kaynakla-rın haritalanmasında, doğal afetlerin yol açtığı hasarların tespitinde kullanılırken yüksek çözünürlüğe sahip algılayıcılar (örn: IKONOS 4m, Worldview-2 1.84m) yolları, binaları hatta araçları gösterebil-dikleri için bu algılayıcılardan alınan gö-rüntüler genelde şehir bölge planlamada etkin olarak kullanılır. Buradan da an-la-sılacağı üzere çözünürlüğün düşük olma-sı o görüntünün kullanılamaz ya da kö-tü bir görüntü olduğu anlamına gelmez. Görüntünün niteliğinde kullanım amacı çok önemlidir.

Alçak yörüngede (yeryüzünden orta-lama 700 km yükseklikte) bulunan uzaktan algılama uyduları Dünya'nın etrafında belli bir yörüngede dolaştıkları için her turlarında yeryüzünde farklı bir alanı gö-rürler ve algılayıcılarının çözünürlüğü ne kadar yüksekse bu alanı tekrar görmele-ri için gereken zaman o kadar uzun olur. Aynı alanı görme zamanını düşürebil-mek için bazı yer gözlem uydularının çö-zünürlükleri değişken ve yönlendirilebi-ler olur. Aynı alanın tekrar görüntülenme süresini kısaltmak için, takım uydu sis-temleri de kullanılır.

Uydu kayıtları genelde görüntü (basılı fotoğraf) olarak karşımıza çıksa da aslın-da bu görüntünün altında sayısal bir ve-ri bulunur. Bu sayısal veri, son kullanıcı-nın talep ettiği bilgiye göre bilgisayar or-tamında farklı yazılımlarla işlenebilir.

21. yüzyılda değişmeye devam eden dünyamızda insanlığın yüzleştiği temel sorunları çözmek için uzay teknolojile-ri etkin olarak kullanılmaya devam edi-yor. Artık sadece yerbilimleri, atmosfer ve oşinografi verileri ayrı ayrı ele alınmı-yor, hepsinden alınan veriler sentezlene-rek küresel problemlere çözümler aranı-yor. Bu çözümler aranırken uzay tekno-lojileri sayesinde ölçümler küresel olarak elde edilebiliyor ve tekrar edilebiliyor; bu da zaman değişikliğinden kaynaklanan problemleri saptamamıza yardımcı olu-yor. Farklı değişkenlerin gözlemi eş za-manlı yapılabiliyor, bu da tüm sistemin durumunun aynı zamanda algılanması-na ve sistem içindeki ilişkilerin tanımlanmasına olanak veriyor. Hemen hemen



Günümüzde uygulamaları artık sivil alanlarda da çok yaygın kullanılan seyrüsefer (navigasyon) uyduları sayesinde Dünya üzerinde mobil konumlama (enlem, boylam ve yükseklik) birkaç metre hassasiyetle mümkün olabiliyor. Küresel Navigasyon Uydu Sistemlerindeki uydular bir takım olarak değişik yörüngelerde hareket ederek küresel kapsama sağlıyor. Bu uydulardan gönderilen zamanlama sinyalleri yeryüzünde kullandığımız mobil alıcılarda tanınıyor ve konum verisine çevriliyor.

gerçek zamanlı veri transferi (birkaç saat içinde) sağlanıyor.

Uzaydan yer gözlem, yer bilimleriyle ilgili konularda çalışan araştırmacıların, algılayıcıların yapılmasıyla uğraşan mühendislerin, yeryüzünde ve onu çevreleyen atmosferde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri açıklamaya çalışan bilim insanlarının karşısına zorlayıcı ve onları yeni araştırma alanlarına yönelten problemler çıkardı. Yaşanan problemlere cevap arayışı doğal olarak uzay teknolojilerinin ilerlemesine de katkı sağladı.

Özellikle farklı uzay ajanslarından ve dolayısıyla farklı teknolojik altyapıya sahip uydu algılayıcılarından alınan verilerin ortak kullanımının artmasıyla birlikte, bu verilerin standart bir şekilde üretilmesi önemli hale geldi. Bu kapsamda, çoğu uzay verisi üreten ve kullanan araştırmacıların bağlı bulunduğu kurumsal yapılar CEOS (Yer Gözlem Sistemleri Komitesi) adı verilen bir çatı altında toplanarak yaşanan sorunlara ortak çözümler aranmakta. Burada önemli olan, her çalışma alanında olması gerektiği gibi, herkesin uzlaştığı tek bir dil üzerinden konuşmak.

Ülkemiz de çeşitli kuruluşlar aracılığı ile küresel uzay çalışmalarına katkıda bulunuyor. TÜBİTAK'ın Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) CEOS'un üyesi. Bu komite tarafından referans test sahası olarak onaylanan Tuz Gölü'nün mutlak radyometrik kalibrasyon amaçlı kullanımını için, uluslararası platformlarda çalışmalarına devam ediyor. Mutlak radyometrik kalibrasyon, optik yer gözlem uydusu verilerindeki sayısal değerler ile yer parlaklık değeri arasında ilişki kurmayı mümkün kılan bir kalibrasyon işlemi. Diğer bir deyişle, atmosfer üzerinden tespit edilen sayısal verilerin yeryüzündeki fiziksel parlaklık ile eşleştirilmesi. Bu işlem sonucunda, atmosferik etkiler ve aydınlanma koşulları dikkate alınarak, uzaydaki algılayıcıya ulaşan ışıkla ilgili bilgiler elde edilebilir. Bu işlemin bir yararı da bu verilerin standart bir ölçüye sokarak farklı sensörler -uydular- tarafından alınan verilerin uyumlu ve karşılaştırılabilir olmasını sağlaması. Mutlak radyometrik kalibrasyon, uydu verisinin devamlılığı, güvenilirliği ve yaygın kullanımı için önemli bir ihtiyaç.

Tuz Gölü dünyada CEOS tarafından referans test sahası olarak onaylanan 8 merkezden biri ve uluslararası uzay çalışmalarına önemli katkıları var (bu merkezler hakkında detaylı bilgi için http://calval.cr.usgs.gov/sites_catalog_ceos_sites.php#CEOS adresine başvurabilirsiniz). Bu amaçla, dünyanın çeşitli ülkelerinden bilim insanları Türk araştırmacılarla birlikte Tuz Gölü'nde belirli dönemlerde kalibrasyon çalışmaları yürütüyor.

Navigasyon

Günümüzde uygulamaları artık sivil alanlarda da çok yaygın kullanılan seyrüsefer (navigasyon) uyduları, Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (*Global Navigation Satellite Systems*-GNSS) olarak biliniyor. Bu teknoloji ile Dünya üzerinde mobil konumlama (enlem, boylam ve yükseklik) birkaç metre hassasiyetle mümkün olabiliyor. GNSS uyduları bir takım halinde değişik yörüngelerde hareket ederek küresel kapsama sağlıyor. Bu uydulardan gönderilen zamanlama sinyalleri yeryüzünde kullandığımız mobil alıcılarda tanınıyor ve konum verisine çevriliyor.



Uzay istasyonları yerküresel ortamın yarattığı etkilerin araştırılması için bir laboratuvar olmanın yanı sıra Ay'a ve Mars'a yapılacak uzay uçuşlarına da hazırlık araştırmaları için kullanılıyor. NASA'nın Skylab istasyonu (solda) 1973-1979 yılları arasında görevde kaldı. Sovyetler Birliği ikinci uzay istasyonu olan Mir uzay istasyonunu (sağda) 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.

Şu anda aktif olan tek GNSS sistemi, ABD'nin ilk başta askeri amaçlar için planladığı GPS (*Global Positioning System*-Küresel Konumlama Sistemi) teknolojisi. Eski Sovyetler Birliği ABD ile neredeyse eş zamanlı olarak GLONASS isimli sistemini aktif olarak hayata geçirmişti, fakat Sovyetler'in çöküşü ile birlikte bu sistem de kullanılabilirliğini yitirdi. Hindistan ile işbirliği yapan Ruslar GLONASS'ı 2010 yılına kadar tekrar aktif hale getireceklerini ilan etti. Bunlara ek olarak küresel kapsama yapabilecek GNSS uydu takımı çalışmalarına Avrupa Birliği Galileo (tahmini faaliyet başlangıcı 2013), Çin Halk Cumhuriyeti ise Compass (tahmini faaliyet başlangıcı 2015) isimli programları ile katılıyor.

ABD'nin GPS uydu takımı, sayıları 24-32 arasında değişebilen, ekvator düzlemine 55° eğimli düzlemlerde, orta yükseklikteki Dünya yörüngelerinde (MEO-Medium Earth Orbit) hareket eden uydularla görevini yerine getiriyor. Bu uyduların periyodunun 12 saat olması istendiğinden ortalama yükseklikleri 20.200 km civarında.

En az 4 uydudan eş zamanlı veri alınarak hem konum, hem hız ve hem de

yüksek doğrulukta zaman bilgisi kullanılarak gerçek zamanlı bir seyrüsefer sistemi oluşturmak mümkün. Bundan dolayı bugün araçlarımızda bulunan navigasyon cihazına gideceğimiz adresi girerek, cihazın sesli talimatları ile gitmek istediğimiz yere rahatça varabiliyoruz. Hatta yolda giderken yolumuzun üzerinde uğramak istediğimiz, bize en yakın yemek, konaklama, vb. yerlerini cihazımızın veri tabanından seçebiliyor ve izleyeceğimiz yolu bu bilgilere göre gerçek zamanlı güncelleyebiliyoruz. Doğru bilgilere ulaşmak için cihazda yüklü olan veri tabanının güncel olması gerektiğini de bu arada hatırlatalım.

Günümüzde navigasyon cihazları o kadar yaygınlaştı ki artık cep telefonlarında bile bu yeteneğe sahip teknoloji var. Şunu da hatırlatalım ki navigasyon cihazlarının doğru olarak çalışabilmesi için dış mekânlarda, cihaz antenlerinin uydu sinyallerini yakalayabileceği şekilde kullanılmaları gerekiyor. Arkadaşınıza yeni GPS cihazınızı tanıtırken eğer iç mekânlarda çalışmadığını görürseniz hiç şaşırmayın.

Bütün bu uyduların geliştirilmesinde, yörüngeye oturtulmasında ve işletil-

mesinde birçok ülkenin uzay ajansı çeşitli roller üstleniyor. Ülkeler uzay teleskoplarının getirdiği maliyetleri eskiden olduğu gibi tek başlarına karşılamak yerine genellikle çok uluslu projelerle hayata geçiriyor.

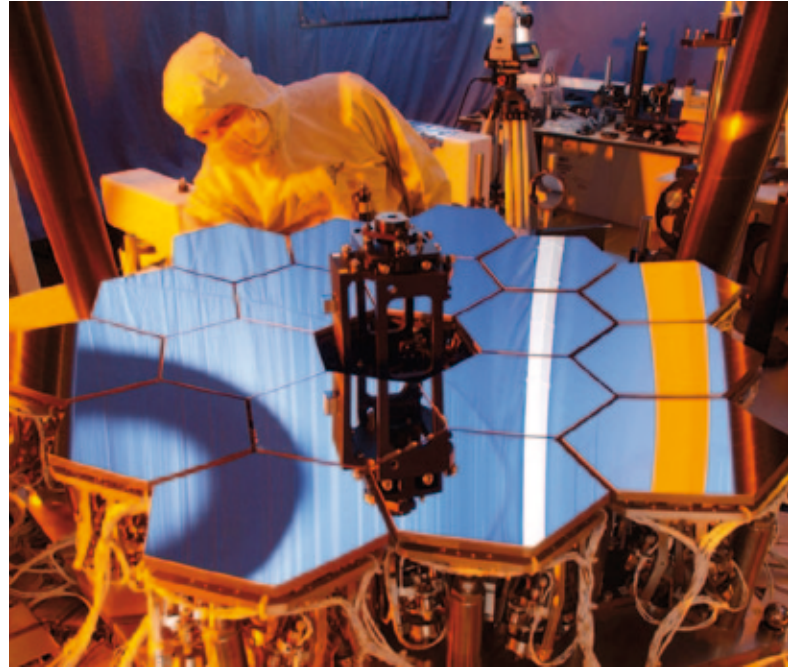
Gördüğümüz gibi uzay teknolojilerinin bir alt başlığı olan uydu teknolojilerinden insanoglu pek çok alanda faydalanabiliyor. Elbette uzay teknolojilerinin hikâyesi burada bitmiyor, uydu çalışmaları dışında pek çok alanda da çalışmalar hızla devam ediyor. Gezegen araştırmaları, uzay istasyonları, teleskoplar ve uzayda yapılan deneyler diğer başlıklar. Şimdi bu alanlardaki gelişmelere kısaca bakalım.

Uzay İstasyonları

İlk uzay istasyonu Sovyetler Birliği'nin Salyut istasyonudur. Salyut'un montajı birden fazla uzay uçuşu ile 1971-1982 yılları arasında uzayda yapıldı. Program, istasyonun sahip olduğu teknolojinin ilkel kalması nedeniyle 1991 yılında sonlandırıldı. Bu sırada NASA, Skylab istasyonunu yörüngeye oturttu. Skylab 1973-1979 yılları arasında görevde kaldı. Sovyetler Birliği ikinci uzay istasyonu olan



Uzaydaki gözlerimiz olan uzay teleskopları bize evrenin daha önce hiç görmediğimiz yerlerini gösteriyor. Fırlatıldığı günden bu yana hem gökbilimcileri hem de tüm bilim dünyasını hayret içinde bırakan görüntüler alınmasını sağlayan Hubble Uzay Teleskopu, gökbilime çok önemli katkılar yaptı.



NASA, 2015 civarında görev süresi bitecek olan Hubble'ın yerine, yeni bir uzay teleskopu geliştiriyor. 2014'te fırlatılması planlanan James Webb Uzay Teleskopu (JWST) olarak adlandırılan bu yeni optik/kızılötesi teleskopun ayna çapı 6,5 metre olacak. Bu ayna altıgen biçimli toplam 18 parçadan oluşacak. Yukarıda teleskopun aynasının küçük ölçekli çalışan modeli görülmüyor.

Mir uzay istasyonunu 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 Şubat 2003'te 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 mümkün.

Günümüzde uzayda inşa edilmekte olan Uluslararası Uzay İstasyonu (*International Space Station-ISS*) adından da anlaşılabilir üzere çokuluslu bir girişim. Başta NASA, İKI ve ESA olmak üzere çok sayıda ülkenin uzay kurumlarının katkıları ile inşa ediliyor. Örneğin NASA modüllerin uzaya taşınması işini üstlenmişken, tüm mürettebat Soyuz uzay araçları ile Rusya tarafından uzaya götürülüyor. İnşasına 1998 yılında başlanan ISS'nin 2011 yılında tamamlanacağı öngörülmüyor. 350 km yükseklikteki yörün-

gesinde, saatte 27.700 km'lik hızıyla dönen ISS Dünya'nın çevresinde günde 16 tur atıyor. Tamamlandığında uzayda inşa edilmiş en büyük yapı olacak olan ISS yaklaşık 300 ton ağırlığında ve 70 m'ye 108 m genişliğinde. Büyüklüğünden dolayı, gökyüzünde oldukça parlak bir cisim olarak görülebiliyor.

Uzay istasyonları ve özelde Uluslararası Uzay İstasyonu yerçekimsiz ortamın yarattığı etkilerin araştırılması için bir laboratuvar olmanın yanı sıra Ay'a ve Mars'a yapılacak uzay uçuşlarında da bir ara istasyon görevi yapacak.

Uzay Teleskopları

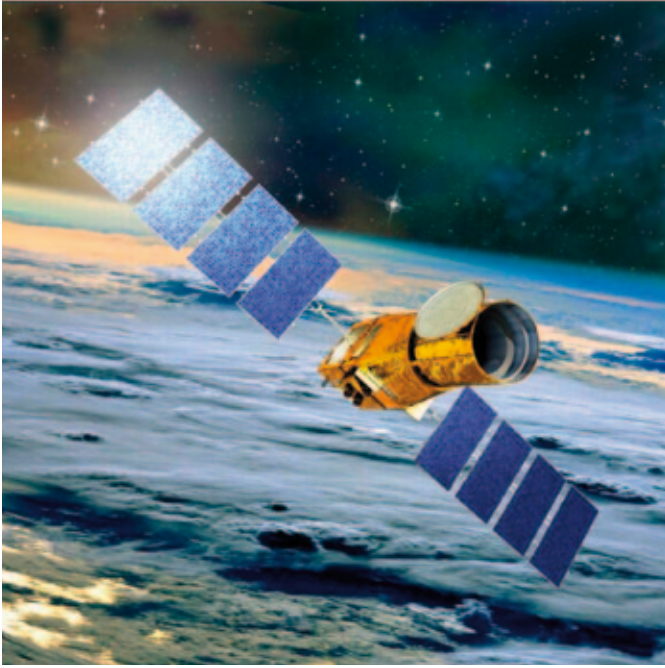
Uzay teknolojileri hiç kuşkusuz evrendeki yerimizi anlamamıza da çok önemli katkılarda bulunuyor. Uzaydaki gözlerimiz olan uzay teleskopları bize evrenin daha önce hiç görmediğimiz yerlerini gösterirken, gezegenlere gönderilen araçlar, içinde yaşadığımız sistemi anlamamızı sağlıyor.

Atmosfer Dünya'nın en önemli kısımlarından biri ve yaşam için vazgeçilmez. Ancak astronomlar atmosferi hiç sevmeyiz! Çünkü gökcisimlerinden gelen ışık

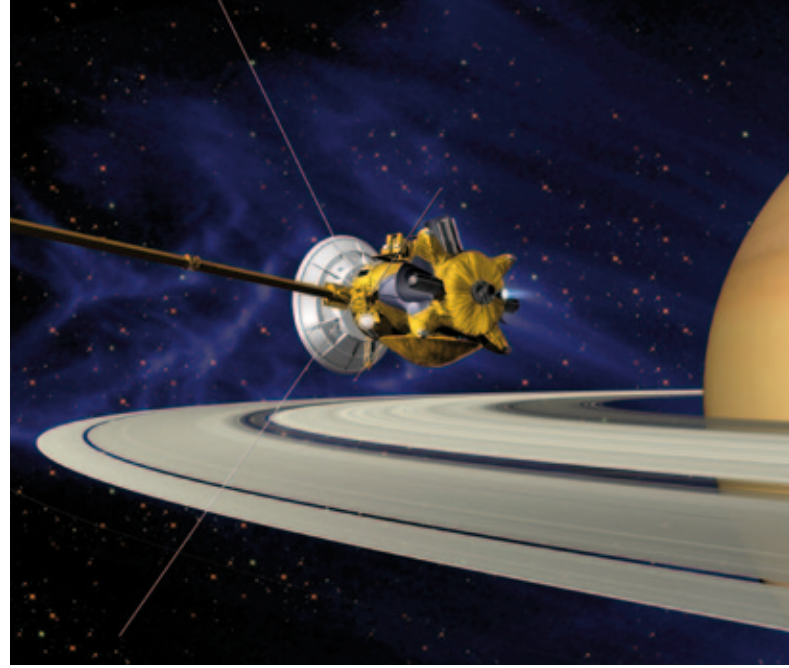
atmosfer tabakalarından geçmek zorundadır, bu da gözlemler sırasında elde edilen verileri bozar.

Astronomların ve astrofizikçilerin gökcisimleri hakkında elde ettiği tüm bilgiler, bu cisimlerden gelen ışığın incelenmesi ve analizi ile mümkün olur. Işık gökcisimini terk ettikten sonra neredeyse boş sayılabilecek yıldızlararası veya galaksilerarası uzaydan geçer ve Dünya'ya ulaşır. Ancak burada karşısına çok yoğun bir katman çıkar: Atmosfer! Işık bu yoğun katmandan geçerken atmosferin bozucu etkilerine maruz kalır. Roket ve fırlatma teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte atmosferin dışına, yörüngeye bir teleskop koyma fikri de gelişmiştir. Ayrıca yörüngeye yerleştirilecek bir teleskop, Dünya'da olduğunun aksine günün çok daha büyük bir kısmında gözlem yapabilir ve hava koşullarından da etkilenmez.

Uzaya teleskop koymayı gerektiren önemli bir neden de yine atmosferin bir özelliği ile ilgili. Atmosfer yalnızca ışık üzerinde bozucu etki yapmakla kalmaz, aynı zamanda bazı dalga boylarında gelen ışığın Dünya'ya ulaşmasını da engeller. Örneğin gökcisimlerinden gelen gama, x-ışını ve morötesi gibi yüksek ener-



NASA, ESA ve CNES ötegezegenleri bulmak için uzaya uyduları gönderdi. Bunlardan ilki Fransızların 2006 yılında fırlattığı COROT uydusu. COROT 2009 yılında şimdiye kadar bilinen en küçük Güneş Sistemi dışı gezegeni keşfetti.



Ay'a ve gezegenlere gönderilen araçlar Güneş Sistemi'ni daha iyi anlamamızı sağlıyor. Bu gök cisimlerinin yörüngelerine yerleştirilen uydular ve yüzeylerine indirilen araçlar sayesinde bugün sistemimizi daha yakından tanıyoruz. Yukarıda Satürn ve uydularını inceleyen Cassini uzay aracının çizimi görülmüyor.

jili ışınlar (fotonlar) Dünya'ya ulaşamaz. Bunun bir sonucu olarak da Dünya'daki teleskoplar bu sinyalleri alamaz. Ancak astronomlar çok iyi bilir ki, gök cisimlerinin hepsi, neredeyse bütün dalga boylarında ışır. Bu cisimlerin bir kısmı bazı dalga boylarında daha çok ışır. Gama ışınlarını algılayabilen görüntüleyici aygıtlarla görülebilen gama ışın patlamaları, x-ışınlarını algılayabilen görüntüleyici aygıtlarla görülebilen x-ışın çift yıldızları ve Güneş patlamaları bunlara örnek olarak verilebilir. Farklı dalga boylarında gelen ışınların da incelenmesi ile astronomlar gök cisimleri hakkında daha fazla bilgi elde edebiliyor ve bütünü daha iyi anlayabiliyor. Günümüzde yalnızca optik dalga boylarında yapılan çalışmalar yeterli değil. Yer tabanlı optik teleskoplarla elde edilen verilere atmosfer dışından alınmış uzay teleskobu verileri de mutlaka eklenmeli ve araştırmalar bu şekilde yürütülmeli.

Elbette bu türden uyduların veya daha özel adları ile uzay teleskoplarının verimli kullanımı birçok teknolojik gelişmeye bağlıdır. Teleskopların ve alıcılarının gelişmiş ve hassas olması başlı başına yeterli değildir. Bunları destekleyen elektronik devrelerin ve bilgisayarların da söz

konusu projeleri hayata geçirebilecek kadar gelişmiş olması gerekiyordu. Ve üretilen uzay teleskoplarının yörüngeye yerleştirilme sürecinde kullanılan roket teknolojisi! Bütün bunlar, II. Dünya Savaşı'ndan sonra ABD ve Sovyetler Birliği arasında yaşanan Soğuk Savaş döneminin ürünüdür.

Böylece astronomlar ilk defa 1970'lerin sonlarına doğru görünür dalga boyu dışında başka dalga boylarında da gözlem yapma olanağı buldu. Aslında uzay teleskoplarından önce yüksek irtifa balonları ile bazı deneyler ve gökbilimsel gözlemler yapılmışsa da, uzay teleskopları ile karşılaştırıldığında bunlar yetersiz girişimlerdi.

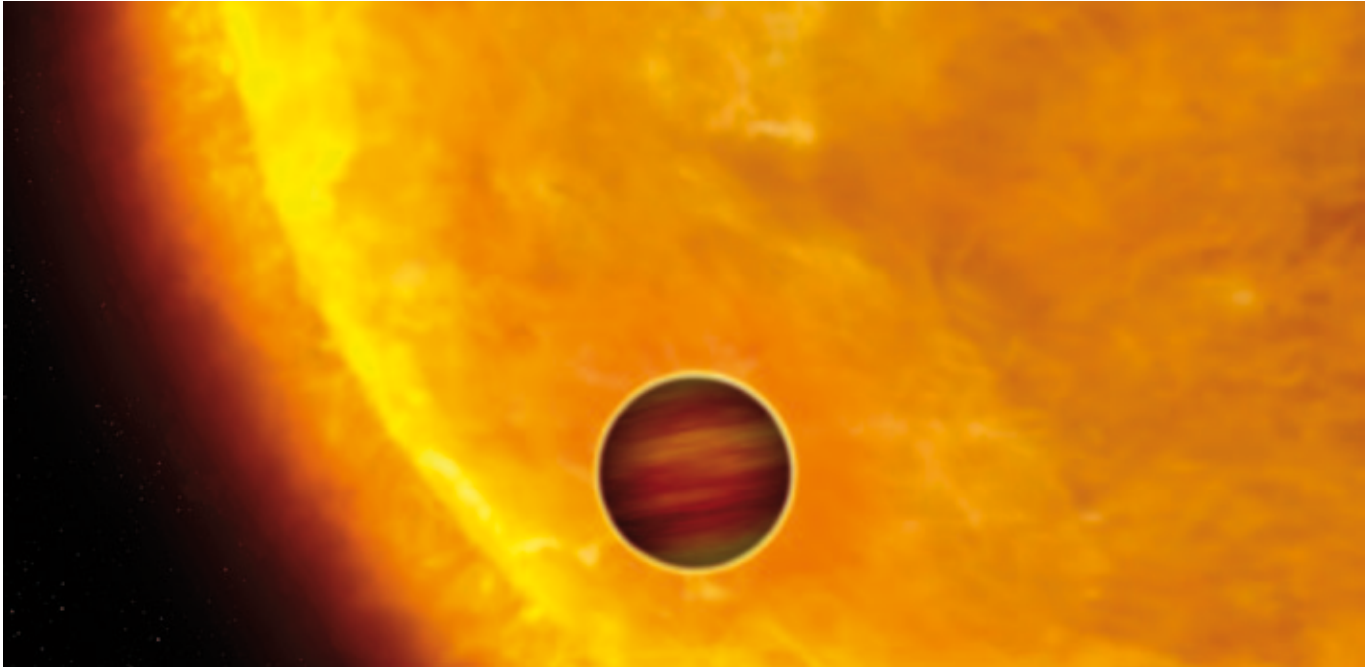
İlk uzay teleskopları 1970'lerde atmosfer dışındaki yerlerini aldı. Bunların içinde Uhuru x-ışın uydusu (1970-1973) ilk uzay teleskobu olarak adlandırılabilir. Uhuru ile başlayan süreç hem x-ışınlarını hem gama ışınlarını hem de morötesi bölgeyi kapsayacak şekilde genişledi.

Burada esas olarak optik bir teleskop olan Hubble Uzay Teleskobu'nun ele alınması gerekir. Hubble'in yörüngeye sokulmasındaki temel neden, Dünya'nın atmosferinin bozucu etkilerinden kurtulmak-

tır. Hubble, 1990 yılından beri Dünya'nın yörüngesinde bilimsel gözlemler yapıyor. Yani şimdiye kadar en uzun süreyle çalışan uzay teleskobu. Mayıs 2009'da NASA, Hubble'a son bir bakım ziyareti yaparak teleskobun ömrünü bir 5 yıl daha uzattı. Fırlatıldığı günden bu yana hem gökbilimcileri hem de tüm bilim dünyasını hayret içinde bırakan görüntüler alınmasını sağlayan Hubble Uzay Teleskobu, astronomiye çok önemli katkılar yaptı. NASA 2015 civarında görev süresi bitecek olan Hubble'in yerine, yeni bir uzay teleskobu geliştiriyor. James Webb Uzay Teleskobu (JWST) olarak adlandırılan bu yeni optik/kızılötesi teleskobun ayna çapı 6,5 metre olacak. Ayna çapı 2,5 metre olan Hubble ile inanılmaz görüntüler elde eden astronomların bu sefer nasıl görüntülere ulaşacağı çok büyük merak konusu.

Gezegen Araştırmaları

Ay'a ve gezegenlere gönderilen araçlar Güneş Sistemi'ni daha iyi anlamamızı sağlıyor. Bu gök cisimlerinin yörüngelerine yerleştirilen uydular ve yüzeylerine indirilen araçlar sayesinde bugün sistemimizi daha yakından tanıyoruz. Öy-



Bugüne kadar çok sayıda Jüpiter benzeri dev ötegezegen keşfedildi. Ancak artık bu gezegenler bizi o kadar heyecanlandırmıyor. Mart 2009'da fırlatılan Kepler uzay teleskobu sayesinde birkaç yıl içinde Dünya büyüklüğünde ötegezegenlerin keşfedilmesi bekleniyor.

le ki, günümüzde Ay'ın ve Mars'ın yüzeyi kendi gezegenimizin yüzeyinden daha iyi haritalanmış durumda. Kendi gezegenimizi bu kadar iyi haritalayamamamızın nedeni yüzeyinin büyük kısmının sularla kaplı olması ve bitki örtüsü nedeniyle dinamik bir yapısının olması.

Güneş Sistemi'yle ilgili edindiğimiz bilgiler arasında belki de en önemlilerinden biri, Dünya dışında hiç bir gezegenin bildiğimiz anlamda yaşamı destekleyecek koşullara sahip olmadığı. Bu, gezegenimizi daha özel bir yer yapıyor.

Güneş Sistemi'yle ilgili elde edilen veriler, genel olarak evreni anlamamıza da katkıda bulunuyor. Günümüzün teknolojisi ve bilgi birikimiyle artık ötegezegenleri de (kendi sistemimiz dışındaki gezegen sistemlerini) gözleyebiliyoruz. Başka yıldızların çevresinde dolanan Dünya benzeri ötegezegenleri keşfetmemiz an meselesi.

Atmosferin bozucu etkileri yüzünden, Dünya tabanlı teleskoplarla özellikle küçük kütleli gezegenlerin bulunması pek mümkün değil. Bununla birlikte şimdilerde sayıları 350'yi bulan bu gezegenlerin çoğu Dünya tabanlı teleskoplar ile keşfediliyor. Ancak bu gezegenler genel-

likle Jüpiter benzeri, dev, gaz gezegenler ve bu halleriyle bizi pek heyecanlandırmıyorlar. Çünkü başka yıldızların çevresindeki gezegenleri ararken aslında bulmak istediğimiz Dünya benzeri gezegenler ve hatta yaşama izin verebilecek koşullara sahip gezegenler.

Gezegenin yıldızın ışığında yaratacağı azalma miktarını gözlemek Dünya tabanlı teleskoplardan çok uzay teleskopları için uygun bir hedef. Bu nedenle, özellikle Dünya benzeri gezegen araştırmaları için uzaya teleskop gönderilmesi oldukça önemli.

NASA, ESA ve CNES bu ötegezegenleri bulmak için uzaya uydu gönderme girişimlerinde bulundu. Bunlardan ilki Fransızların 2006 yılında fırlattığı COROT uydusu. COROT 2009 yılında şimdiye kadar bilinen en küçük Güneş Sistemi dışı gezegeni keşfetti. Bu gezegen Dünya'nın iki katından biraz daha küçüktü, ancak yüzey sıcaklığının 1000-1500 K derece civarında olması nedeniyle henüz yaşam için uygun bir yer değildi.

Bu keşiften yaklaşık bir ay sonra Mart 2009'da, NASA Kepler uydusunu yörüngeye oturttu. Kepler, NASA'nın iki önemli dış gezegen arama projesinden biriy-

di. Diğer proje, yani Yer Benzeri Gezegen Bulucu (*Terrestrial Planet Finder*-TPF) 2007 yılındaki bütçe kısıntıları nedeniyle belirsiz bir tarihe ertelendi.

Amerika ve Fransa'dan sonra Avrupa Uzay Ajansı da (ESA) 2016 yılında Güneş Sistemi dışı gezegenleri araştırmak için Darwin adlı uyduyu fırlatmayı planlıyor.

Bütün bunlardan yola çıkarak artık uzayın insanoğlu için çok da yabancı olduğu söylenemez. Gün geçtikçe de daha çok bilgi sahibi olacağız, çünkü bu alandaki çalışmalar hızla ve başarıyla devam ediyor. Uzaya gitme hayalleri artık sadece hayal değil, gelecekte Mars'a tatil gitmek işten bile olmayabilir. NASA'da görev yapan bilim insanlarından Dr. Charles'ın dediği gibi, Torricelli 17. yüzyılda keşfettiği vakumun bugün insanoğlunu getirdiği noktayı asla tahmin edemezdi.

Kaynaklar

- Jensen, John R., *Introductory Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 3. Basım, Prentice Hall, 2000.
 Arthur, C., "Extra-Terrestrial Relays: Can Rocket Stations Give World-Wide Radio Coverage?", *Wireless World*, s. 305-308, 1945.
www.esa.int
www.nasa.gov
<http://tr.wikipedia.org/>
http://en.wikipedia.org/wiki/Communication_satellite
<http://en.wikipedia.org/wiki/Orbit>
[http://en.wikipedia.org/wiki/Iridium_\(satellite\)#Satellites](http://en.wikipedia.org/wiki/Iridium_(satellite)#Satellites)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Orbcomm>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Globalstar>