



**YENİ UZAY ÇAĞI:
21'İNCİ YÜZYILDA KOZMİK REKABET IV
Uluslararası Uzay İstasyonu ve
Uzay İstasyonlarının Geleceği**



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 STM ThinkTech

1. GİRİŞ

“Yeni Uzay Çağı: 21’inci Yüzyılda Kozmik Rekabet” konulu araştırma raporumuzun önceki bölümlerinde^{[1], [2], [3]} belirttiğimiz üzere, uzay yeteneklerini geliştirmenin çok sayıda avantajı bulunmaktadır. Uydular askeri ve sivil iletişimi kolaylaştırmaktadır. İnsanlı uzay seyahatleri uluslararası prestij sağlarken, aynı zamanda bilim ve teknoloji için fırsatlar da sağlamaktadır. Uzayda yapılan deneyler Dünya’daki tıbbi, çevresel ve teknolojik zorlukları ele almak için kullanılan çok sayıda atılımla sonuçlanmaktadır. Ayrıca yeni yeni gelişen özel sektör katılımlı uzay ekonomisi, yeryüzünde refahın artması ve ekonomik rekabet avantajı elde edilmesine katkı sunmaktadır.

Söz konusu getirilerinden ötürü uzay, jeo-stratejik alanda yeni rekabet sahası haline gelmiştir. Uzayda ticari faaliyetlerin artmasına paralel olarak tehdit algısında değişim söz konusudur^[4]. Dünyanın belli başlı ülkeleri uzaydan gelebilecek tehditlere karşı girişimlerini artırmış, istihbarat uydularının sayısını çoğaltmış^[5], uzay kuvvetleri tesis etmiş^[6] ve uydusavar füzeleri^[7] geliştirmiştir. Uzayda hakimiyet kuran ülkenin yeryüzünde büyük jeo-stratejik avantaj elde edeceği görüşü^[8] giderek taraftar kazanmaktadır.

Ancak uzay, sadece rekabete değil, yeryüzünde eşine az rastlanır bir işbirliğine de sahne olmaktadır. ABD, Rusya, Avrupa (ESA), Kanada ve Japonya uzay ajanslarının işbirliğinde inşa edilen Uluslararası Uzay İstasyonu projesi, Nobel Barış Ödülü’ne aday gösterilmeyi hak edecek nitelikte bir barış projesidir^[9]. “Yeni Uzay Çağı: 21’inci Yüzyılda Kozmik Rekabet” konulu araştırma raporumuzun bu dördüncü ve son bölümünde, uzay istasyonları, Uluslararası Uzay İstasyonu (International Space Station –ISS) özelinde incelenecektir. Uzay istasyonlarının

işlevleri, verimli olup olmadıkları, yeni istasyon projeleri ve bu tür uzay yapılarının gelecekteki evrimine ilişkin konular ele alınacaktır.

2. UZAY İSTASYONLARI VE İŞLEVLERİ

Uzay istasyonları, insanların içinde yaşayıp bilimsel, askeri ve ticari deneyler yapabileceği kalıcı uydulardır. Bir başka deyişle yörüngeye yerleştirilmiş ve insan yerleşimini uzun süreler boyunca desteklemek için gerekli olan basınçlı muhafaza, güç, kaynaklar ve çevre sistemlerine sahip yapay yapılardır.

İnsanlı uzay istasyonları, yeryüzünde yapıma imkân olmayan ya da yapılırsa da maliyeti çok yüksek olacak bir dizi çalışmanın yürütülebileceği uzay laboratuvarları, Ay ve Mars’a planlanan insanlı yolculuklar veya diğer derin uzay çalışmaları için ikmal veya aktarma istasyonu olarak işlev görebilmektedir.

Fırlatma araçlarının kapasite sorunları, atmosferden çıkış ve dönüşte yaşanan zorluklar bu tür istasyonlara ilginin artmasına sebep olmuştur. Uzay istasyonlarının varlığı, yakıt, yapı malzemeleri, parçalar, ekipmanlar ve diğer malzemelerin parça parça uzaya götürülüp burada aktarılması, birleştirilmesi, yeniden düzenlenmesi ve uzay araçlarının ihtiyaçlarının karşılanmasına imkân tanımaktadır. Sayıları giderek artmakta olan yeniden kullanılabilir fırlatma araçlarıyla küçük miktardaki kargo yörüngedeki uzay istasyonlarına taşınabilir ve burada insan eliyle veya robotik araçlarla bir araya getirilebilirler.

Konfigürasyonuna bağlı olarak bir uzay istasyonu, çeşitli aktiviteler için bir üs görevi görebilir. Güneş ve diğer astronomik nesnelere gözlemleri; Dünya'nın kaynakları ve çevresi üzerine çalışmalar; askeri istihbarat, keşif ve gözlem faaliyetleri; insan fizyolojisi ve biyokimyası dahil biyolojik sistemlerle, mühendislik aygıtları ve yapılarının ağırlıksız veya mikro (düşük) yerçekimi durumunda davranışlarının uzun vadeli araştırmaları bu aktiviteler arasında bulunmaktadır.

Uzay üslerinin eşsiz ortamları, Dünya'da mümkün olmayan deneylerin yapılmasına imkân tanımaktadır. Uzay üsleri çok sayıda algılayıcı ve ölçüm cihazıyla evreni ve yeryüzünü doğrudan gözlemleyerek araştırma ve üretim için mükemmel yakın havasız ve mikro yerçekimi ortamını kullanmaktadır.

Uzay istasyonu, ekipman için bir hazırlık üssü olmasının yanı sıra, personel için de bir transfer noktası olarak kullanılabilir. Uzun uzay yolculukları için hazırlanan mürettebat, yola çıkmadan önce istasyonda, uzay ortamına bir ön adaptasyon döneminden geçebilir. İstasyon, karantina için de kullanılabilir. Zira geri dönen uzay aracı ve personel patojen mikrop veya bakteri taşıyabilir.

Bir uzay istasyonu tasarlamak ve inşa etmek için çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Küçük uzay istasyonları bütün halinde uzaya taşınmıştır. Büyük uzay istasyonları ise modüller halinde uzaya fırlatılmış ve yörüngede birbirine monte edilmiştir.

Ancak insanların uzun süre kalabileceği bir istasyon için olmazsa olmaz koşullar vardır. Bunların başında, istasyonun ve mürettebatın temel ihtiyaçlarını karşılayacak düzenli kargo seferlerinin tesis edilmiş olması gelmektedir. Uzay istasyonlarının yeterli sayıda yaşama ve kenetlenme limanlarına sahip olması da hayati önem taşımaktadır. Bu limanlar, uzay istasyonlarında yaşamın, dolayısıyla bilimsel çalışmaların yürütülmesi için gereklidir. Uzay istasyonları sınırlı kapasitede depolama alanına sahip olacağından sık sık kargo araçları tarafından ziyaret edilmek durumunda kalacaklardır.

İkinci olarak ise yaşama uygun basınçlı kabin ve modüllerin varlığı gelmektedir. Bu kabinler uzaydaki insanların hava ihtiyacını karşılamakta, onları uzayın soğuğu ve kozmik radyasyondan koruyabilmektedir. Üçüncü önemli öncelik, enerji sistemlerinin varlığıdır. Uzay istasyonlarında bilimsel çalışmaların yürütülmesi, gerekli manevraların yapılması, bilişim sistemlerinin işlerliğinin sağlanması ve en önemlisi yaşam destek ünitelerinin devamlılığı için enerji sistemleri şarttır. Bunun için bugüne kadar güneş panelli elektrik üretim sistemlerine başvurulmakta ancak acil durumlar için kimyasal yakıtlar depolanmaktadır.

Uzay istasyonlarının türü, şekli, irtifası ve bileşenleri konusunda belli bir şablon (prototip) söz konusu değildir. NASA'ya göre alçak Dünya yörüngesine konuşlandırılacak bir uzay istasyonunun ömrünün uzun olması, "atmosfer çekişi" etkisinden kaçınması ve yakıt avantajından yararlanması için en az 350 kilometre irtifada olması gereklidir^[10]. Atmosfer çekişi etkisi nedeniyle alçak Dünya yörüngesindeki araçlar her yıl kilometrelerce irtifa

kaybedebilmektedir. Nitekim Uluslararası Uzay İstasyonu/ International Space Station (ISS), her yıl iki kilometre alçalmaktadır. Bu etkiden kurtulabilmek için ISS'nin tahrik sistemleri bulunmaktadır^[11].

Ancak, yine NASA'ya göre, uzay radyasyonunun insan ve makineler üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınılması için yaklaşık 800 km irtifanın altında konuşlandırılması faydalı olacaktır. Nitekim ISS'nin irtifasının 380 km ile 460 km arasında tutulması tavsiye edilmektedir^[12].

2.1 Uluslararası Uzay İstasyonu Öncülleri ve Paralel Projeler

Büyük, kalıcı, insanlı bir Dünya uydusunun önemi, roket uçuşu tarihinin oldukça erken dönemlerinde anlaşılmıştır. 1920'li yıllarda bile Dünya yörüngesinde insanların konaklayabileceği üslerin kurulmasının pek çok yarar getireceğine dair makaleler kaleme alınmıştır^[13]. O zamandan bu yana literatürde, uzay istasyonlarının ve özel uzay araçlarının kullanımları ve işletilmesi hakkında çok sayıda görüş dile getirilmiştir.

Uzay istasyonu kurulmasına yönelik somut adımların atılması için İkinci Dünya Savaşı sonrası beklemek gerekmiştir. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) 1950'li yılların ortalarından itibaren giriştikleri uzay yarışında uzaya insan gönderilmesinin yanı sıra, Dünya yörüngesinde kalıcı bir istasyona sahip olma fikri de erken dönemde gelişmiştir. Ancak geliştirilen projeler, uzay yarışında ülkelerin önceliklerinin sürekli değişmesi, gerekli teknolojilerin olgunlaşmasının beklenmesinin gerekliliği ve mali sıkıntılar nedeniyle 1970'li yılların başına kadar hayata geçirilmemiştir. Çin ve diğer ülkeler ise uzay istasyonu çalışmalarına on yıllar sonra katılmışlardır. Bugün 80'den fazla ülkenin uzay programı olmasına rağmen yörüngede sabit bir istasyon sahibi ülkelerin sayısı hayli kısıtlıdır ve bunlardan çok azı hayata geçirilmiş veya ilk adımları atılmıştır.

2.1.1 Salyut Programı (SSCB)

Uzay çalışmalarında pek çok ilke imza atan Sovyetler Birliği, uzayda ilk kalıcı istasyonu da kuran ülke olmuştur. Mir Uzay İstasyonu'nun kurulmasından önce Salyut programı başlatılmış ve çok sayıda istasyon prototipi uzaya gönderilerek, teknoloji geliştirilmesinin yanı sıra uzay araçlarının istasyonla kenetlenme kabiliyetleri artırılmıştır.

Salyut ("Selam" veya "Havai Fişek" anlamına gelmektedir) adı verilen bu program, 1971'den 1986'ya kadar sürmüştür. 15 yıllık süre zarfında bir dizi insanlı araştırma laboratuvarı ve iki adet askeri amaçlı keşif modülü uzaya gönderilmiştir.

1971'de yörüngeye giren Salyut 1 istasyonu, aslında Almaz ve Soyuz uzay aracı sistemlerinin bir kombinasyonudur. Almaz sistemi başlangıçta uzay askeri amaçları için tasarlanmış, sivil amaçlı Salyut Uzay İstasyonu için yeniden tasarlanmıştır. Soyuz uzay aracı, kozmonotların Dünya'dan uzay istasyonuna ulaşımını sağlamıştır.

Salyut 1, yaklaşık 15 metre uzunluğunda ve yemek ve dinlenme alanları, yiyecek ve su depoları, bir tuvalet,

kontrol istasyonları, egzersiz ekipmanları ve bilimsel ekipmanı barındıran üç ana bölmeye sahip bir istasyon olmuştur. Salyut 1’de konaklayan ilk ekip uzayda 24 gün geçirmiştir. Ancak söz konusu mürettebat Dünya’ya dönüşte Soyuz 11 kapsülünün basıncının düşmesi nedeniyle yaşamını yitirince Salyut 1’in diğer görevleri iptal edilmiş ve Soyuz uzay aracı yeniden tasarlanmıştır^[14]. Ancak kısa süre sonra programa geri dönülmüş, Salyut uzay istasyonlarının ilk neslinde yedi uzay istasyonu, ikinci neslinde ise iki uzay istasyonu daha uzaya gönderilmiştir. Bunlardan üçünde sivil amaçlı araştırma modüllerine askeri amaçlı modüller de eklenmiştir.

Salyut uzay istasyonlarında, uzayda insan yaşamını olumsuz etkileyen faktörler konusunda testler yapıldığı gibi çok sayıda astronomi, biyoloji ve yeryüzü kaynaklarına ilişkin deneyler yapılmıştır.

Salyut uzay modüllerinin her biri dört kozmonot kapasiteli tasarlanmıştır. Kozmonotlar Salyut istasyonlarında uzayda kalma rekorları kırmış, çok sayıda uzay yürüyüşü faaliyeti gerçekleştirmiştir. Kozmonotlar uzayda toplam 1.697 gün geçirmiştir. Programın son iki istasyonu Salyut 6 ve Salyut 7 önekilere kıyasla daha fazla mürettebat ağırlamıştır. Bu iki istasyonda geçirilen gün sayısı 1.499’a ulaşmıştır (Toplam Salyut programında insanlı geçirilen gün sayısının yüzde 88’i). Salyut 6 ve 7 aynı zamanda, yanaşma limanına (Docking port) sahip ilk uzay istasyonları olmuştur.

Salyut ve devamındaki Soyuz programı, uzay istasyonu teknolojisinin gelişiminde büyük katkı sağlamıştır. Program, Sovyetler’in Mir Uzay İstasyonunun iskeletini de oluşturmuştur.

2.1.2 Skylab (ABD)

ABD’nin ilk uzay üssü prototipi 1973 yılında uzaya gönderilmiştir. Skylab adı verilen tek parçalı istasyon kalıcı bir istasyon için teknoloji geliştirme ve kabiliyet artırma görevini üstlenmiştir.

ABD Uzay Ajansı NASA, uzayda bir üs kurmayı 1950’li yılların başından itibaren planlamaya başlamış ancak SSCB’nin uzaya ilk uydu (Sputnik-1) ve ilk insanı (Yuri Gagarin) göndermesinin ardından Ay’a insanlı uçuş misyonuna odaklanarak uzay üssü planını ertelemiştir.

Ajans, 1969 yılında 10 astronotun barınabileceği ve Ay’a seyahatlerde bir geçici barınma, aktarma ve Ay’a seyahat edecek astronotları taşıyacak “Uzay römorkörlerinin” yaşayabileceği bir uzay üssü de (Space Base) tasarlamış ancak bu proje hayat bulmamıştır^[15].

Space Lab ise Ay’a insanlı seyahatlerde bir geçici merkez olarak tasarlanmıştır. Boş bir roket çeperinden devşirilen üç mürettebat kapasiteli küçük Skylab, NASA’nın kabul ettiği üzere çok sayıda tasarım sorununa sahip olmasına rağmen, “SSCB’yi dünyanın uzayda istasyon sahibi tek ülkesi olarak bırakmamak adına” Mayıs 1973’te apar topar uzaya gönderilmiştir. İstasyonun yaşam alanları eksik, var olanları dağınık ve yetersizdir. Ayrıca istasyonun araştırma olanakları kısıtlıdır. Dolayısıyla istasyonda daha ilk günlerde sorunlar çıkmaya

başlamıştır. ABD’nin Ay misyonlarını taşıyan Saturn V roketiyle uzaya fırlatılan SkyLab’da hemen hemen ilk günden itibaren teknik sorunlar çıkmıştır. Buna rağmen, yaklaşık 10 aylık sürede üç Skylab misyonu gerçekleştirilebilmiştir. Bu üç misyonda astronotlar uzayda toplam 171 gün kalmış yine de 300’e yakın bilimsel deney gerçekleştirebilmişlerdir^[16].

Skylab’a giden astronotlar uzay yürüyüşü ile laboratuvarın güneş panellerini onarmayı başarmışlar ve bu da ileride uzay inşa çalışmaları için önemli deneyimler sağlamıştır. Ancak ABD, SkyLab’ı uzun vadeli bir üs olarak düşünmemiştir. Nitekim 3 Şubat 1974’te son astronotlar da uzay üssünü terk ettikten sonra SkyLab kaderine terk edilmiş, 1979’da atmosfere girerek yok olmuştur^[13].

2.1.3 Mir Uzay İstasyonu (SSCB-Rusya)

Sovyetler Birliği’nin 1986’da uzaya gönderdiği Mir Uzay İstasyonu, gerçek anlamda ilk uzay istasyonu olarak anılmaktadır^[17]. İstasyon 15 yıl yörüngede kalmış ve son dokuz yıl boyunca üste her zaman bir kozmonot bulunmuştur. Uzay istasyonu, ömrü boyunca 12 farklı ülkeden 125 kozmonot ve astronotu ağırlamıştır. İstasyon ayrıca 17 uzay seferinde geçici konaklama merkezi olarak kullanılmıştır.

İstasyona ömrü boyunca, ABD’nin uzay mekikleri dahil 31 uzay aracı yanaşmış, 64 insansız kargo gemisi periyodik olarak Mir’e malzeme ve ekipman taşımıştır. İstasyonda 23.000’den fazla bilimsel deney yapılmıştır^[18]. Mir sayesinde ilk kez Dünya dışı bir mekânda tohumdan bir buğday ürünü yetiştirilmiştir^[19].

Salyut 1’den yedi kat daha büyük Mir, 19 metre uzunluğa, 31 metre genişliğe kadar ulaşmıştır. İstasyonun toplam ağırlığı son döneminde 129.700 kilograma ulaşmıştır^[20].

Mir’in çekirdek modülünün yanı sıra Kvant-1 (Kuantum-1) teleskoplu kainat gözlem modülü; biyolojik araştırmalar, yeryüzü gözlem ve uzay yürüyüşlerinin yapıldığı Kvant-2 modülü; biyolojik ve malzeme işleme deneylerinin yapıldığı Kristall modülü; Dünya kaynakları ve atmosferinin incelendiği Spekr (Spektrum) modülü; Dünya atmosferinin incelendiği radar ve spektrometre gibi araçlarının bulunduğu Priroda (Doğa) uzaktan algılama modülü ve yanaşma modülleri yer almıştır^[18].

Mir, 15 yıl boyunca Dünya’nın etrafında 86.000’den fazla tur atmıştır. Üç kozmonot kapasiteli istasyonun, uzayda kaldığı sürenin yüzde 80’inden fazlasında en az bir kozmonot bulunmuştur. Valeri Polyakov, Mir’de 437 gün 18 saat geçirerek uzayda en uzun süre kalan insan rekorunu kırmıştır^[18].

Mir Uzay İstasyonu son döneminde ISS’ye hazırlık çalışmalarına da ev sahipliği yapmıştır. NASA astronotları 1994 yılında, ISS’ye hazırlık olarak, Mir’de zaman geçirmişlerdir.

Mir Uzay İstasyonu, 20’nci yılına girdikten sonra, kaza ve arızaları artmıştır. Genellikle bilgisayar arızaları, oksijen emici ünitelerin arızaları ve elektrik kesintileri yaşanmıştır. 1997 yılında Progress tedarik aracıyla olan

çarpışması, Spektr'ın gövdesinin bütünlüğünü bozmuş ve modülü yaşanmaz hale getirmiştir. Mir istasyonunda çıkan sorunlar ve kazalar, istasyonun bazı modüllerini devre dışı bırakıp maliyetleri artırmış, Rus Uzay Ajansı ROSCOSMOS Mir'in bakım masraflarını karşılayamaz hale gelince, NASA ile ortak ISS projesine yönelmiştir. Rusya'da Mir'in devre dışı bırakılmaması yönünde yürütülen kampanyalara rağmen ROSCOSMOS, 2000 yılında Mir'i devre dışı bırakma kararı almış, Şubat 2001'de Mir'in roket motorları, istasyonu yavaşlatmak için ateşlenmiştir. Mir, 23 Mart 2001'de Dünya atmosferine yeniden girmiş ve yanarak dağılmıştır. Enkaz, Avustralya'nın 1.667 km doğusunda Güney Pasifik Okyanusu'na düşmüştür.

2.1.4 Tiangong Uzay İstasyonları (Çin)

ISS yörüngedeyken programa katılmayan Çin, kendi uzay istasyonu programını sürdürmüştür. Uzay yarışına ABD ve SSCB-Rusya'ya göre daha geç atılan Çin, 1980'lerden itibaren uzayda bir istasyon sahibi olma planları yapmış, 1990'lı yılların başında insanlı uzay çalışmaları için 30 yıllık bir program açıklamıştır. Bu plana göre, önce insanlı bir kapsül uzaya gönderilecek, ardından insansız araçlarla yaşama ve kenetlenme teknolojileri geliştirilecek; nihayetinde 2020 yılı gibi 20 tonluk sürekli bir uzay istasyonu geliştirilecektir^[21].

Bu planın ikinci fazı kapsamında Tiangong-1 ve Tiangong-2 uzay istasyonları hayata geçirilmiştir. Tiangong-1 (Gökyüzü Sarayı) 2011'de uzaya gönderilmiş, 2 Nisan 2018'de atmosfere girerek yok olmuştur. Ancak yaklaşık altı buçuk yıl uzayda kalmasına rağmen Çinli taykonotlar sadece 21 gün istasyonu kullanmışlardır.

Tiangong-1 iki taykonot kapasiteli küçük bir uzay istasyonu olarak tasarlanmıştır. Sadece iki modülü (yaşam ve deney modülü ile tahrik modülü) bulunan Tiangong-1, 10,4 metre uzunluğunda ve 3,4 metre genişliğindedir. Çin, uzay istasyonu prototipi olarak kullandığı Tiangong-1'de özellikle kenetlenme deneyleri yapmıştır. Uzay araçlarını birbirine kenetleme kabiliyeti, daha büyük uzay istasyonları, Ay veya Mars yörünge araçlarına sahip olmak isteyen ülkeler için önemlidir. Bu amaçla Tiangong-1'e yaklaşık bir yıl boyunca sadece insansız araçların yaşaması ve kenetlenmesi sağlanmıştır. Ardından iki grup halinde toplam altı taykonot tarafından ziyaret edilmiştir^[22].

Çin, 2016'da, henüz Tiangong-1 ile temasın yitirildiği yıl, Tiangong-2 uzay istasyonunu alçak yörüngeye göndermiştir. İlki gibi Tiangong-2 de uzay istasyonu teknolojilerinin test edilmesi amacıyla taşımıştır.

Tiangong-2 de ilki gibi iki astronot kapasiteli küçük bir uzay üssüdür. Çinli uzay insanları istasyonda sadece 26 gün geçirmişlerdir. Bu süre zarfında, bir dizi bilimsel ve teknik deneyin yanı sıra, yerçekimsiz ortamın psikolojiye etkileri ve insan-makine uyumuna dair deneyler gerçekleştirmişlerdir. Taykonotların ayrılmasının ardından istasyonda bir dizi insansız yaşama ve manevra deneyi daha yapılmış, istasyon 2018'de devre dışı bırakılmıştır.

3. ULUSLARARASI UZAY İSTASYONU VE ÖNEMİ

ISS, alçak Dünya yörüngesinde (Low Earth Orbit -LEO) yaklaşık 400 kilometre irtifada yerleştirilmiş modüllerden oluşan, gelişmiş canlı yaşamına uygun uluslararası araştırma tesisidir. Son basınçlı modül Leonardo, 2011 yılında eklenmiştir. 2016 yılında ise Bigelow Industries'in deneysel amaçlı şişirilebilir bir modülü istasyona eklenmiştir. Rusya'nın 2020'den sonra istasyona yeni modüller eklemesi beklenmektedir. Kullanımı uluslararası anlaşma ile belirli olan ISS'nin 2028'den sonra hizmetten alınması beklenmektedir.

ISS, alçak dünya yörüngesinde ekvatora yaklaşık 51,6 derecelik bir açı yaparak, saatte 28.163,52 km hızla tur atmaktadır. ISS, sürekli olarak yavaşlar ve yüksekliğini korumak için periyodik olarak yeniden yükselmesi gerekmektedir. İstasyon, yörüngedeki tehlikeli nesnelere (Diğer uydular, füze parçaları ve uzay çöpleri) tehditten korunabilmek için manevra yapma kabiliyetine de sahiptir. Dünya'nın etrafındaki bir turunu 90 dakikada tamamlayan ISS, 24 saatte toplam 16 kez Dünya çevresinde tur atmaktadır. Bu nedenle astronotlar, 16 kez gün batımı, 16 kez gün doğumuna şahit olmaktadır.

ISS, uzaydaki en büyük insan elinden çıkmış yapıdır. Neredeyse 72,8 metre uzunluğunda ve 108,5 metre genişliğindeki ISS, Mir'in iki katı büyüklüğündedir. ISS, bir Amerikan futbol sahası büyüklüğünde olup, 860 m³lük bir basınç hacmine sahiptir. Toplam ağırlığı 400 tondur ve 36 ayrı parçadan oluşmaktadır. Güneş panelleri 2,247 m²lik bir alanı kaplar ve yılda 735.840 kw-saat elektrik enerjisi üretir.

Yapımı 1998'de tamamlanan, ilk astronotlarını Temmuz 2000'de ağırlamaya başlayan ISS, bu tarihten itibaren hiç boş kalmamıştır. İstasyondaki mürettebat sayısı zaman zaman üç, beş veya 10 kişi olarak değişiklik göstermektedir. Ancak genelde istasyonda altı mürettebat bulunmaktadır. Görev süreleri ekseriyetle altı aydır. ISS astronotları 2010 yılında, Mir'in uçuş günlerinin rekorunu kırmıştır. İstasyonu, Kasım 2020 itibarıyla 19 farklı ülkeden 243 bilim insanı ve uzay turistleri ziyaret etmiştir.

3.1 Uluslararası Uzay İstasyonu Anlaşmasına Götüren Koşullar

ISS, ABD (NASA), Rusya (RUSCOSMOS), Japonya (JAXA), Kanada (CSA ASC) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından ortaklaşa, bu ülkeler arasındaki anlaşmalar uyarınca yönetilmektedir. Yaklaşık 150 milyar dolara mal olduğu^[23] ileri sürülen ve yıllık operasyon maliyetlerinin üç milyar dolara ulaştığı belirtilen ISS, 15 yıllık bir ömür için tasarlanmıştır. Ancak 2014'te ISS'nin 10 yıl daha kullanılması karar verilmiştir. ABD hükümetinin 2024 sonrasında ISS'nin finansmanına katılmayacağını açıklamasına rağmen Rusya ve diğer ortaklar, ana modüllerinin 30 yaşına ulaşip bakım maliyetinin faaliyetlerini yürütmeyi engelleyeceği 2028 yılına kadar istasyonun kullanılması gerektiğini savunmaktadır.



ISS'nin oluşturulma fikrini 1981-1989 yılları arasında görev yapan 40'ıncı ABD Başkanı Ronald Reagan ortaya atmıştır. Reagan, 1984 yılında NASA'ya sürekli bir uzay istasyonu kurulması yönünde uluslararası işbirliği arama görevini vermiştir. Reagan, istasyonun özel sektöre de açık olmasını istemiştir.

Uluslararası işbirliği öncesinde NASA "Freedom" (Özgürlük), ROSCOSMOS ise "Mir-2" uzay istasyonları projelerini geliştirmiş ancak yüksek maliyetlerinden ötürü her iki proje de hükümetler tarafından kabul görmemiştir.

Mir-2 uzay istasyonu, modüller eklenerek istenildiği kadar büyüeyebilen yapısı ve ilk modülden itibaren mürettebat konaklamasına imkân tanıyan tasarımı ile dikkat çekmiştir^[24].

Freedom ise NASA'nın uzay mekiği programı paralelinde hazırladığı kalıcı yörünge uzay istasyonu projesinin adıdır. Uzay mekikleri aslında yeryüzü ile istasyon arasında yeniden kullanılabilir fırlatma araçları olarak görev yapmak üzere tasarlanmıştır. Ancak uzay mekiği programının gecikmesi ve mali sorunlar uzay istasyonu programının rafa kaldırılması sonucunu getirmiştir^[25].

ABD, istasyonun yüksek maliyetinin karşılanması için 14 ülkeyle işbirliğine gitmiştir. Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından Rusya da projeye davet edilmiştir. Böylece katılan ülke sayısı 1993'te 15'e yükselmiştir (ABD, Rusya, Kanada, Japonya, Brezilya ve Avrupa Uzay Ajansı ESA'ya üye 10 ülke). Başlangıçta Brezilya'nın da programa katılması, istasyona kargo taşıyacak araçların üretimini yapması öngörülmüştür. Ancak Brezilya söz konusu araçları geliştirmede olduğu gibi, ISS'nin bazı parçalarını üretme taahhüdünü de yerine getirme yönünde adım atmamıştır^[26].

Yine de ISS, siyasi ve hukuksal açıdan tarihin en karmaşık uzay araştırma projesidir. İstasyonun temel yasası

1998'de kabul edilen Uzay İstasyonu Devletlerarası Anlaşması'dır. Sonrasında ortaya çıkan birçok husus (örneğin istasyona turist kabulü) çok sayıda alt anlaşma ile düzenlenmiştir.

3.2 ISS Fiziki Yapısı ve Kabiliyetleri

ISS, belirli ülkelerde inşa edilen bileşenlerin bir araya getirilmesiyle yapılmıştır. İstasyon, basınçlı yaşam modülleri, yapısal bağlantı modülleri, güneş panelleri, termal radyatörler, yanaşma ve kenetlenme limanları (Docking ports), deney alanları ve robotik kollardan oluşmaktadır.

İstasyon idari açıdan iki ana kısımdan oluşmaktadır: Rus Yörünge Bölümü ve ABD Yörünge Bölümü. Rus bölümü ROSCOSMOS tarafından yönetilmektedirken, ABD kesimi çok sayıda ülke tarafından paylaşılmaktadır.

İstasyonda, mürettebatın içinde yaşayabildiği tek alan modül sistemleridir. Bu modüller şunlardır^[27]:

- **Zarya:** ISS'nin inşa edilen ilk modülüdür ancak mülkiyeti ABD'ye aittir. İstasyon bir araya getirilirken ana elektrik üretim istasyonu, depolama ve tahrik sistemlerine sahip bölümü olmuştur. Halen depolama alanı ve yakıt tankı hizmeti görmektedir.
- **Unity:** ABD tarafından üretilen ilk modüldür. Silindirik şeklindedir ve modüller arasında bağlantı kurmaktadır.
- **Zvezda:** İstasyona monte edilen ilk yaşam destek ünitesidir. Halen iki mürettebatın yaşam alanı olarak kullanılmaktadır.
- **Destiny:** ABD tarafından üretilen araştırma modülüdür.

- **Quest:** Mürettebatın uzay yürüyüşü yapmasını sağlayan hava kilidi modülüdür (Airlock). Quest Hava Kilidi, astronotların dış uzay aktivitelerini gerçekleştirmek için kullandıkları ve bu aktiviteler için uzay kıyafetlerini (EMU) giydikleri bir alandır.
- **Pirs and Poisk:** Rusya'nın hava kilidi modülleridir. Kozmonotların uzay elbiselerini giydiği ve uzay yürüyüşü için çıktıkları kapaklar buradadır.
- **Harmony:** ABD, ESA ve Japonya'nın modülleri arasında bağlantıyı sağlayan modüldür. İstasyonunun elektrik kaynaklarından biri ve elektronik verilerinin saklandığı yerdir. Dört uyku kabini de buradadır.
- **Tranquility:** ESA ve İtalyan Uzay Ajansı tarafından inşa edilen modül, yaşam destek sistemleri, çevre kontrol sistemleri, tuvalet, egzersiz aletleri ve Cupola gözlem alanını kapsamaktadır. Özellikle dünya ve uzayın neredeyse 360 derece gözlemine imkân veren Cupola gözlem alanı ile ünlüdür.
- **Columbus:** Avrupa Uzay Ajansının ISS'ye en büyük katkısı olan deney laboratuvarı modülüdür. 1,4 milyar avroya mal olmuştur ve ISS'ye 2008'de eklenmiştir.
- **Kibo:** Japon Uzay Ajansının ürettiği ISS'nin en büyük modülüdür. Üç bölümden oluşmaktadır ve Japon ekiplerin bilimsel çalışmaları ile yaşam alanlarını içermektedir.
- **Rassvet:** Rusya'nın Mir istasyonu ile aynı özelliklere sahip yaşama ve depolama modülüdür.
- **Leonardo:** ISS'ye en son eklenen basınçlı modüldür. 2011'de istasyona kenetlenmiştir. Asıl amacı yedek parçaların stoklanmasını sağlamak ve atık yönetimidir.
- **Bigelow:** Bigelow, Aerospace tarafından geliştirilen şişirilebilir deneysel modüldür. 2016'da istasyona kenetlenmiş, şişirilerek basınçlı hale getirilmiştir.

3.3 ISS'nin İşlevleri

ISS başlangıçta bir laboratuvar, gözlemevi ve üretim tesisi olarak tasarlanmıştır. Daha sonra eğitim, ticari Ar-Ge çalışmalarıyla uzay turizmi faaliyetlerine de izin verilmiştir. Bu değişim başlangıçta bir prestij ve diplomatik görev atfedilen istasyonu bilim ve teknoloji geliştirme merkezi haline getirmiştir.

3.3.1 Bilimsel Çalışmalar

Bilim insanları tarafından kullanılmaya başlamasının üzerinden 20 yıl geçen ISS, yeryüzünde yapılması güç 3.000'den fazla deneye ev sahipliği yapmıştır^[28].

İstasyondaki bilim deneylerinin çoğu, mikro yerçekiminde işlerin nasıl farklı işlediğini araştırmayı amaçlamaktadır. Diğer deneyler, gezegene veya uzaya göz atmak için istasyonun alçak Dünya yörüngesindeki konumundan yararlanmaktadır.

İstasyon mikro seviyede yerçekimli ortamda ve uzayın sert koşullarında çok sayıda araştırmacının aynı anda gerçekleştirilmesine imkân tanımıştır. Astrobiyolojiden astronomiye, meteorolojiden tıbbı ve insan bilimlerine kadar pek çok alanda araştırma gerçekleştirilmiştir. NASA tarafından derlenen belli başlı araştırmalar şunlardır^[29]:

Tıp ve Farmakoloji

- Alzheimer, Parkinson, kanser ve astım hastalıklarına yol açan mutasyonlar uzay ortamında incelenerek bu hastalıkların tedavi süreçlerinde ilerleme sağlanmıştır.
- Uzay istasyonunda yapılan protein kristali büyümesi deneyleri kanserden dış eti çekilmesine kadar çok sayıda hastalığın tedavisinde kullanılan ilaçların geliştirilmesini sağlamıştır.
- Uzay çalışmaları kemik ve kas erimesi sorunlarının anlaşılması ve önlenmesine ilişkin bilginin artmasını, kireçlenmeye ilişkin tedavi yöntemlerinin geliştirilmesini beraberinde getirmiştir.
- Uzay istasyonundaki bilim insanlarının sağlıklarının kontrol altında tutulması için geliştirilen uzaktan kontrollü ultrason sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem uzaktan sağlık hizmetlerine ulaşmada devrim yaratacak niteliktedir.

Fizik

- "Soğuk alev" yaklaşık 150 yıldır bilinmesine rağmen gözlenmesi için ISS deneyindeki keşfini beklemiştir. Bu keşfin yeni motor ve tahrik sistemlerinin geliştirilmesinin önünü açması beklenmektedir.
- Geliştirilen içme suyu arıtma sistemleri sayesinde astronotlar kullandıkları suların yüzde 93'ünü arıtılabilmektedir. Söz konusu sistemler dünyada su kıtlığı çekilen bölgelerde çözüm olabilir.
- Düşük yerçekimli ortamda sıvı akışkanlığı deneyleri yapılarak ileri medikal cihazlardan ısı transferi sistemlerine kadar pek çok yeniliğe kapı aralanmıştır.

Astrofizik

- "Kara madde" olarak da anılan maddenin beşinci hali teorik olarak bilinmekle birlikte ilk kez ISS'de yapılan deneyde varlığı kanıtlanmıştır.
- ISS'nin sahip olduğu Alpha manyetik spektrometre sayesinde 100 milyar kozmik partikül incelenmiş ve kainatın nasıl oluştuğuna dair bilgilerin artmasına katkı sağlanmıştır.
- İstasyonun dışına yerleştirilen NICER ve MAXI adı verilen cihazlar sayesinde pulsarlar ve karadelikler hakkında yeni bilgiler elde edilmiştir.

Yer Bilimleri

- ISS, modüllerinin içindeki ve dışındaki sensör ve cihazları sayesinde yeryüzünün coğrafyası, su kaynakları, tarım arazileri, bitki kuşakları, havası ve tüm karasal alanları hakkında, diğer uzaktan algılama uydularının elde edebileceğinin ötesinde veriler sağlamıştır.
- ISS, dünyadaki doğal felaketlerle mücadelede uzaydan önemli veriler sağlamıştır.

Biyoloji ve Yaşam Bilimleri

- ISS, düşük yerçekimi ortamında bitki yetiştirilebileceğinin kanıtlandığı yer olmuştur. Astronotlar Ağustos 2015'te uzayda yetiştirilen bitkilerle salata yapabilmıştır.

- ISS’de mikroplar üzerinde de araştırmalar yapılmıştır. Ağustos 2020’de bilim insanları Dünya’da bulunan Deinococcus Radiodurans adı verilen bakterinin uzayda üç yıl yaşayabildiğini bildirmiştir. Bu bulgu, kainatta yaşamın uzay tozları, meteorlar, göktaşları, kuyruklu yıldızlar ve küçük gezegenler veya uzay araçları aracılığıyla yayılabileceği hipotezini kısmen doğrulamaktadır.
- Düşük yerçekimli ortamın insan bedenine etkileri ISS’nin en çok meşgul olduğu konulardan biridir. NASA, uzay uçuşunun insan vücudunda neden olduğu değişiklikleri izlemek için aynı ikiz astronotlara sahip olma avantajını kullanmıştır. 2015 ila 2016 yıllarında astronot Scott Kelly ISS’de yaklaşık bir yıl geçirirken, ikiz kardeşi Mark, Dünya’da kalmıştır. Deney sonunda uzayda uzun zaman geçirmeye bağlı bazı genetik değişiklikler saptanmıştır.
- Deniz taşımacılığında güvenliği ve tasarrufu artıran genişletilmiş menzilli “Otomatik Tanımlama Sistemi (Automatic Identification System -AIS)”nin ilk denemeleri ISS’de yapılmıştır^[36].
- Yeni nesil uyduların görev yüklerinin performansını artıran Güvenilir Çok İşlemcili Görev Yüğü İşlemcisi (Dependable Multiprocessor Payload Processor) ISS’de denenmiştir^[37].
- Bir havacılık şirketi, 7–10 metre çapındaki asteroidler ve diğer yörünge enkazları için ağ yakalama sisteminin yeteneklerini göstererek, teknoloji hazırlık seviyesini yükseltmiştir^[38].
- Çeşitli araştırma kurumları, akademik kuruluşlar ve özel şirketler, hücre kültürü, protein kristali büyümesi, malzeme testi ve diğer alanlarda ISS’yi laboratuvar olarak kullanmaktadır.

3.3.2 Teknoloji Geliştirme ve İnovasyon

ISS, güçlü bir Ar-Ge platformu sağlamanın yanı sıra, mürettebatlı ve mürettebatsız uzay keşifleri için yetenekleri genişletebilecek yenilikleri göstermek için kullanılabilen tek uzun süreli uzay tabanlı platformdur. ISS, uydu bileşenlerinin ve sensörlerin test edilmesinden yörünge içi üretime ve gelişmiş Ar-Ge için yeni tesislerin çalıştırılmasına kadar çok çeşitli girişimleri kapsayan teknoloji geliştirme fırsatları sunmaktadır.

ISS, yeryüzü gözlem uydularının yaygın olarak kullanmaya başladığı çok sayıda sensör, ölçüm cihazı ve uzaktan algılama cihazının ilk kez denendiği yerlerin başında gelmektedir. Bu çalışmalar ISS’yi büyüklüğü 300 milyar doları aşan uzay ekonomisinin gelişmesinde ön saflara yerleştirmektedir. Bunun dışında ISS’nin öncülük yaptığı teknoloji geliştirme çalışmalarından bazıları şunlardır:

- Ay ve Mars misyonlarında kullanılacak hidrojen yakıt pilleri ve diğer bazı yeni elektrik üretimi ve depolanmasına yönelik teknolojiler ISS’de denenmiştir^[30].
- Uzayda imalatın ilk temelleri ISS’de atılmıştır. “Kursuz” fiber optik kabloların üretilmesi bunlardan biridir^[31].
- 2014’te ISS’de üç boyutlu yazıcı kurulmuştur. O zamandan beri düşük yerçekimli ortamda farklı malzemelerle katmanlı imalat deneyleri yapılmaktadır^[32]. Söz konusu çalışmalar astronotlara ihtiyaç duydukları parça ve araçları uzayda üretme imkânı tanırken, katmanlı imalat sürelerini kısaltacak yöntemin geliştirilmesinin de önünü açabilecektir^[33].
- ISS, yörüngeye çok sayıda bilimsel ve ticari küp uydunun yerleştirilmesini sağlamıştır. İstasyondaki bilim insanları, uyduların son kontrollerini yaparak yörüngeye sorunsuz yerleşmelerini sağlayıp, düşük bütçeli uydu projelerine katkı sağlamaktadır^[34].
- Ticari bir şirket, uzay tabanlı Ar-Ge için uydu sistemlerinin maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilecek bir nano uydu sisteminin yörünge içi montajı ve konuşlandırılmasını yapmıştır^[35].

3.3.3 Eğitim

ISS’nin ana misyonlarından biri de bilimsel ve teknolojik (Science Technology Engineering and Mathematics -STEM) eğitim çalışmalarına katkı sağlamaktır. Program üyesi ülkelerde çocuklar ve gençlerin ISS’ye bağlanarak burada görevli astronotlarla birlikte bilimsel deneyler yapmalarını sağlayacak onlarca program bulunmaktadır.

ISS astronotları kendi ülkelerindeki eğitim kurumları ile canlı bağlantılar kurmakta; temel bilimler, astronomi ve teknoloji konusunda bilgi paylaşmaktadır.

ISS’de sürekli yayın yapan bir radyo ve gerçek zamanlı Dünya görüntülerini paylaşan Earthcam bulunmaktadır. Bu olanaklar öğretmen ve öğrencilerle mürettebatı bir araya getirmektedir.

ISS’ye taraf ülkelerin ajansları, yapılan çalışmalara ilginin sürmesi için halkla ilişkiler çalışmalarına da önem vermektedir. Fırlatma, geri dönüş ve uzay yürüyüşü gibi faaliyetler canlı olarak yayınlanmakta; astronotların uzayda yaptığı bilim dışı faaliyetlerin videoları (Dünya görüntüleri, şarkılar, oyunlar, yerçekimsiz ortamın avantaj ve dezavantajlarının anlatıldığı videolar ve diğer sanatsal faaliyetler) yayınlanmakta; oyuncaklar, bilimsel deney setleri ve diğer eğitim malzemelerinin üretimi ve dağıtımını desteklenmekte; farklı ülkelerin astronotları istasyonda konuk edilerek bu ülkelerde uzay çalışmaları cesaretlendirilmektedir. Nitekim Rusya, Cumhuriyetin 100’üncü yılının kutlanacağı 2023 yılında Türkiye’ye bir Türk astronotunu ISS’de konuk etmeyi önermiştir^[39].

3.3.4 Turizm

Uzay çalışmalarının artan maliyeti uzay ajanslarını ek gelir arayışına itmiştir. Bunun neticelerinden biri ISS’nin uzay turizmine açılmasıdır.

2001 yılında ABD’li işadamı Dennis Tito, 20 milyon dolar karşılığında ISS’nin Rus bölümünü ziyaret eden ilk uzay turisti olmuştur. ISS’nin Rus bölümü bugüne kadar sekiz turist ağırlamıştır. NASA da 2019 yılında ISS’ye turist kabul etmeye başlayacağını açıklamıştır^[40]. Bu yönünün ardında ABD eski Başkanı Donald Trump’ın, 2025 yılından sonra ABD’nin ISS bütçesine fon sağlamayı



keseceğini açıklamasının etkisi olduğu belirtilmektedir. NASA'nın ISS'ye turist taşınmasını özel sektöre bırakacağı tahmin edilmektedir. Nitekim, Dragon kapsülleriyle ISS'ye kargo taşıyan ve Temmuz 2020'de istasyona astronot taşıyarak insanlı uzay uçuşu gerçekleştiren ilk özel şirket konumuna yükselen SpaceX, 2021 sonunda üç uzay turistini ISS'de 10 günlük konaklama için taşıyacağını açıklamıştır^[41]. ISS'yi 2024 veya 2028 sonrası satın alıp özel bir işletme yapacağı konuşulan Axiom Space şirketinin de Space X ile işbirliği yaparak ISS'ye turist götürme planı bulunmaktadır^[42].

3.4 Uluslararası Uzay İstasyonu'nun Geleceği

ISS programı, uluslararası anlaşmaya göre 2015 yılında istasyonun kullanımının sona ermesini öngörmüştür^[43]. Ancak ISS 1998 yılından itibaren uzaydadır ve 2 Kasım 2000 tarihinden bu yana mürettebatsız kalmamıştır. Dolayısıyla yoğun bir şekilde kullanılmakta ve bilimsel araştırmalara büyük katkı sağlamaktadır. ABD Kongresi istasyona 2024 yılına kadar fon sağlanması kararı alınca, istasyonun da ömrü uzamıştır^[44]. Üç ila dört milyar dolar arasında olduğu belirtilen ISS'nin yıllık işletme giderlerinin yüzde 77'si ABD tarafından karşılanmaktadır. Rusya ise ISS'nin 2028'e, yani inşa edilmesinin 30'uncu yıl dönümüne kadar kullanılmasını önermiştir. Uzayın çetin şartlarında uzay istasyonunun 30 yıldan daha fazla kullanılması, metal yorgunluğu, atmosfer çekiş etkisi, uzay radyasyonu ve uzay çöpleriyle çarpışma riski gibi nedenlerle tehlikeli olabilecektir^[45]. Bu koşullarda ISS'nin geleceğine ilişkin seçenekler sınırlı kalmaktadır.

3.4.1 Ortak Ülkeler ISS Giderlerine Katkılarını Artırabilir

NASA dışında ISS ortaklarının istasyonun ömrünü uzatma veya maliyetlerine daha fazla katkı sağlama yönünde inisiyatif geliştirdiğine dair işaret yoktur. Yıllık bütçesi NASA'nın 22,6 milyar dolarlık bütçesinin onda biri kadar olan ROSCOSMOS (2,77 milyar dolar), NASA'nın Soyuz fırlatma araçlarını kullanmaya son vermesiyle en önemli gelir kaynağından da olmuştur^[46]. Gelecek bölümde aktarılacağı üzere Rusya, ISS'deki modüllerini sökerek alçak yörüngede daha küçük bir uzay istasyonu kurmayı planlamaktadır.

3.4.2 İstasyon Özel Sektöre Devredilebilir

Özel sektör uzay şirketlerinin artan faaliyetleri yeni bir uzay ekonomisi ortaya çıkarmıştır. Özel uzay şirketleri ISS'nin 2024 sonrası geleceğinde de önemli bir rol oynayabilir. Nitekim SpaceX'in ardından yeni şirketler de yeniden kullanılabilir fırlatma araçlarıyla uzay seferleri düzenlemeye hazırlanmaktadır. Fırlatma seçeneklerinin artması ve beraberinde getireceği maliyet avantajı daha fazla özel şirketin uzayda ticari faaliyetler yürütmesinin kapısını aralayacaktır. Bu şirketlerden bazıları ISS ile ilgilenmeye başlamıştır. Bigelow Industries ISS'ye şişirilebilir BEAM modülünü eklemiştir^[47], Axiom Space ve Space X ISS'ye uzay turisti taşıyacağını açıklamıştır^[42], NASA Axiom'u ISS'nin ilk ticari modülünü geliştirmekle yetkilendirmiştir^[48].

NASA da ISS'nin ticari faaliyetlere daha fazla açılması taraftarıdır ve 2019 yılında beş aşamalı bir plan açıklamıştır^[49].

İlk aşamada istasyonda üretimden pazarlamaya kadar çeşitli faaliyetlerin gerçekleşmesine izin verecek yeni

bir ticari kullanım politikasının oluşturulacağı kaydedilmiştir. Bu aşamada istasyona kargo taşınması ve ilgili hizmetlerin fiyatlandırılması yapılacaktır.

NASA ikinci aşamada, uzay turistlerinin yanı sıra özel amaçlı bilimsel ve ticari faaliyet yönetecek “Özel astronotların” ISS’yi kullanmasına izin verecektir. Ancak özel astronotlar ISS’de en fazla 30 gün kalabilecektir. NASA, söz konusu konaklama ve çalışmalarından günlük 35.000 dolar almayı planlamaktadır.

NASA’nın ISS’nin ticarileştirilmesi planının üçüncü aşamasında ise özel şirketlere istasyona kendi modüllerini ekleme izni verilmesi gelmektedir. En az üç şirketin istasyona modül eklemekle ilgilendiği belirtilmektedir. NASA ayrıca özel sektörden ISS’ye ilişkin beklentileri bir araya getirerek gerekirse değişikliklerde bulunmayı da planlamaktadır.

NASA, ISS’den ticari uzay istasyonlarına kademeli bir geçiş öngören ve NASA’nın birçok müşteriden biri olacağı uzun vadeli bir vizyonun parçası olarak istasyonun daha fazla ticari kullanımını teşvik etmektedir. Bu da, insanlı ay görevlerini yeniden başlatmak için NASA kaynaklarını serbest bırakacaktır. NASA’nın son aşamadaki planı ise talebe bağlı olarak istasyonun mülkiyetini 2028 sonrası özel sektöre devretmektir.

3.4.3 İstasyon Servis Dışı Bırakılabilir

ISS’nin yaşı ve yönetim yapısı nedeniyle 2024 veya 2028 sonrasında kullanıma olasılığı giderek azalmaktadır. Bu durumda ISS’nin güvenli biçimde yörüngeden çıkarılması dışında seçenek kalmamaktadır. Ancak ISS’yi devre dışı bırakmak büyük maliyetli bir işittir. NASA’nın tahminlerine göre, ISS’nin yararlı ekipmanlarının sökülüp güvenli biçimde atmosfere sokularak yanarak yok olması veya okyanusa gömülmesinin sağlanması üç yıl alacak ve bu operasyon en az 950 milyon dolara mal olacaktır^[45].

ISS’nin atmosfere sokulmak yerine uzayın derinliklerine gönderilerek yörüngeden çıkarılması mümkündür. Ancak bunun için yaşlı istasyona yeni tahrik sistemleri eklenmesi ve son bir kez manevra yaptırılıp Dünya’ya güvenli bir uzaklığa götürülmesi ve burada gelecek kuşakların ziyaretini beklemeye bırakılması mümkündür. Ancak bu işlemin maliyetinin de en az atmosfere sokulup yok olmasını sağlamakla hemen hemen aynı olduğu belirtilmektedir^[46].

3.5 Türkiye’nin Uluslararası Uzay İstasyonu’ndaki Faaliyetleri

Uluslararası işbirlikleri aracılığıyla ISS’de bilimsel çalışmalar ve teknolojik test yapan ülkeler arasında Türkiye de bulunmaktadır. Türkiye’nin uydu ve uydu görev yüklerinin denemeleri ISS’de yapılmıştır.

İlk çalışmalar ASELSAN ve İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) tarafından yürütülmüştür. ASELSAN, Türk Silahlı Kuvvetleri’nin uydu haberleşme ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirdiği üç mikro modüllü Japonya Uzay Ajansı aracılığıyla ISS’deki KIBO modülünde test etmiştir^[49]. Ka Bant Katı Hal Güç Yükselteç (SSPA) modülü, X-Bant Düşük Gürültülü Yükselteç (LNA) modülü ve bunların içine konulduğu mekanik kutudan oluşan

ASELSAN RF Birimi^[50], Aralık 2016-Mayıs 2017 döneminde ISS’de aşırı soğuk, radyasyon ve yerçekimsiz ortam gibi uzay şartlarına maruz bırakılmış ve başarıyla sona eren testlerin ardından Dünya’ya geri getirilmiştir^[51].

İTÜ ise aynı uçuşta, üniversitenin bilim insanları tarafından geliştirilen uydu teknolojilerinde kullanılacak, kendini çok yönlü onarabilen nano kompozit malzemeleri de test etme imkânı bulmuştur. Söz konusu malzemeler ISS’nin dış yüzeyinde başarıyla denenmiştir^[51].

İTÜ ayrıca Japonya’nın modülü aracılığıyla ISS’yi kullanmıştır. Japonya’da geliştirilen İTÜ’ye ait UBAKUSAT uydusu, Mayıs 2018’de SpaceX tarafından ISS’ye taşınmış ve JAXA’nın KIBO modülünden Dünya alçak yörüngesine bırakılmıştır. 3U küp uydu olan UBAKUSAT, görev yükü olarak, bir lineer transponder ve radyasyon ölçümü yapacak bir kart uydu taşımaktadır. Ses verisi transferinde kullanılan uydu yaklaşık 3,3 kilogram ağırlığındadır^[52].

Türkiye’de kurumlar ISS’den faydalanmak için Avrupa Birliği ile işbirliğine de başvurmuştur. Avrupa Birliği’nin QB50 Projesi kapsamında HAVELSAN ile İTÜ ortaklığında geliştirilen HAVELSAT, 17 Nisan 2017’de ISS’ye gönderilmiş ve 2017’nin Mayıs ayında buradan serbest bırakılarak alçak kutupsal yörüngeye yerleştirilmiştir^[52]. 2U küp uydu olan HAVELSAT, iletişim amaçlı SDR antenlerine ve görüntü işleme donanımına sahiptir. HAVELSAT’ın QB50 için taşıdığı görev yükleri arasında çok antenli Langmuir cihazı (mNLP) da bulunmaktadır. Bu cihaz çevresindeki elektron yoğunluğunu ölçmektedir^[53].

4. GELECEK UZAY İSTASYONU PROJELERİ

4.1 Ulusal Uzay Ajanslarının Projeleri

ISS ömrünün sonuna doğru yaklaşırken, uzayda sürekli insan varlığını sürdürecektir çok sayıda proje ortaya konulmuş ve bunlardan bazıları hayata geçirilmeye başlanmıştır. Gelecekte, özel aktörlerin ISS’nin geride bıraktığı boşluğu giderek daha fazla doldurması ve bazı devletlerin kendi uzay istasyonlarını kurmaya çalışması muhtemeldir. Bu bölümde söz konusu projelerden bazıları incelenecektir.

4.1.1 Lunar Gateway

Lunar Gateway

İşletici Kuruluş	: NASA (ABD)
Partner kuruluş:	: ESA (Avrupa), CSA (Kanada)
Yörünge	: Ay yörüngesi
Montaj başlangıcı	: 2023
Faaliyete geçiş tarihi	: 2026
Öngörülen ömür	: 15 yıl
Maliyet	: 375 milyon dolar

Kaynak: NASA^[54], CSA^[55], parabolic Arc^[56].

Lunar Gateway, NASA’nın Ay ve Mars misyonları için aktarma, lojistik ve komuta merkezi olarak tasarladığı bir uzay üssüdür. ISS’nin yaklaşık beşte biri büyüklüğünde

tasarlanan bu istasyon, tamamlandığında bilimsel araştırma için modüller ve dört astronottan oluşan mürettebat için yaşam alanlarını kapsayacaktır. 2024'te yapılması planlanan Ay'a insanlı yolculuk (Artemis) misyonundan önce de insansız olarak faaliyete başlayacaktır.

Lunar Gateway, ISS gibi yeni teknolojiler için bir test ortamı olacaktır. Ancak istasyonun asıl işlevi Ay yüzeyinin keşfi çalışmalarında bir buluşma noktası ve ay operasyonları için komuta kontrol merkezi görevi görmektedir. Lunar Gateway ileride Mars'a yapılacak insanlı uçuşlar için de lojistik ve iletişim aktarma merkezi görevi görecektir.

ISS'den farklı olarak, Lunar Gateway sürekli olarak mürettebatlı olmayacak, ancak yılda en az bir kez yerleşik olacaktır. Yapay zekâ tabanlı bir robotik sistem olan Canadarm3, uzay gemisinde hiç kimse olmadığında, Ay ileri karakolunda yapılan bilim deneyleri de dahil olmak üzere, Lunar Gateway'e yönelebilecektir^[55].

Giderek daha fazla ülke Lunar Gateway'e ilgisini dile getirmektedir. NASA ve ESA Ekim 2020'de işbirliklerini imzaya dökmüşlerdir^[57]. ESA, istasyonun lojistik ve yaşam modüllerinden birini inşa edecek, lojistik modülü, ISS'nin Cupola'sı gibi, geniş açılı bir seyir ve gözlem penceresine sahip olacaktır. Kanada Uzay Ajansı Canadarm3 adı verilen robot kol ile istasyona katkıda bulunacaktır^[54]. Japonya Uzay Ajansı JAXA da istasyona kendi modülü ile katılma niyetini dile getirmiştir^[54]. Ancak ABD yönetiminin diğer ülkelerin katılımına henüz sıcak bakmadığı belirtilmektedir^[58].

4.1.2 OPSEK (Rusya)

OPSEK

İşletici Kuruluş	: ROSCOSMOS (Rusya)
Partner Kuruluş	: Belirsiz
Yörünge	: Alçak Dünya Yörüngesi (370-450 km, 70°)
Montaj Başlangıcı	: 2021(Tahmini)
Faaliyete Geçiş Tarihi	: Belirsiz
Öngörülen Ömür	: 15 yıl
Maliyet	: Belirsiz

Kaynak: Russian Space News^[59]

Rusya Uzay Ajansı tarafından geliştirilen Yörünge komutalı Montaj ve Deney Kompleksi (Orbital Piloted Assembly and Experiment Complex -OPSEK) programı, Lunar Gateway'in aksine, ISS gibi alçak Dünya yörüngesinde (LEO) kalacaktır. OPSEK görevlerden dönüş yolculuğunda kozmonotları barındırırken gelecekteki insanlı uzay aracının inşası için bir üs görevi görecektir.

Rusya yeni uzay istasyonunun çoklu görevleri üstlenebilir olmasını planlamaktadır. OPSEK, hem Rusya topraklarını daha çok kapsayan bir yörüngeye yerleştirilip, yeryüzü gözlem ve uzaktan algılama faaliyetleri yürütecek, hem bilimsel araştırma laboratuvarı olacak hem Rusya'nın Ay ve Mars misyonlarının uzay araçları için montaj istasyonu olarak kullanılacak hem de söz konusu

araçların Dünya'ya dönüşünde geçici konaklama alanı olacaktır^[60].

Rusya tarafından ISS'nin halef istasyonu olarak kabul edilen OPSEK'in, başlangıçta ISS'nin artık kullanımda olmayan Rusya'ya ait modülleriyle inşa edilmesi planlanmıştır. Ancak 2017'de projenin teknik olarak uygulanabilir olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle OPSEK'in 2020'den itibaren yeni unsurlarla geliştirileceği belirtilmektedir. İstasyonun ana modülünü bir top şeklindeki Prichal modülü oluşturacaktır. Altı kenetlenme limanına sahip olacak şekilde tasarlanan Prichal, OPSEK'in tek sabit modülü olacağı, ona eklenecek modüllerin misyon süreleri ve ömürlerinin farklı olabileceği belirtilmektedir^[61]. Rusya'nın ISS'nin ilk modülü olan Zarya'nın bir kopyası olan bilimsel araştırma modülü Nauka (Bilim) modülünün Ağustos 2020'de son testler için Baykonur Uzay Üssü'ne götürüldüğü belirtilmektedir^[62].

Yine de Rusya'nın yeni uzay istasyonunun adı dahil pek çok konu belirsizdir. Projenin ne zaman faaliyete geçeceği bilinmezliğini korumaktadır. Ancak ROSCOSMOS yöneticileri Ekim 2020'de Rusya'nın "Fazla Amerikan merkezli" olduğu gerekçesiyle Lunar Gateway projesine katılmayı düşünmediğini ve LEO'da yeni bir istasyonu tek başına kurmaya odaklanacağını belirtmiştir^[63]. Ancak OPSEK projesinin henüz bütçe bulamadığı, ROSCOSMOS'un NASA ve ESA'ya projeye katılma çağrılarının ise henüz yanıt bulmadığı belirtilmektedir.

4.1.3 TIANGONG Uzay İstasyonu (ÇİN)

Çin Büyük Modüler Uzay İstasyonu

(Chinese Large Modular Space Station veya sadece Chinese Space Station -CSS)

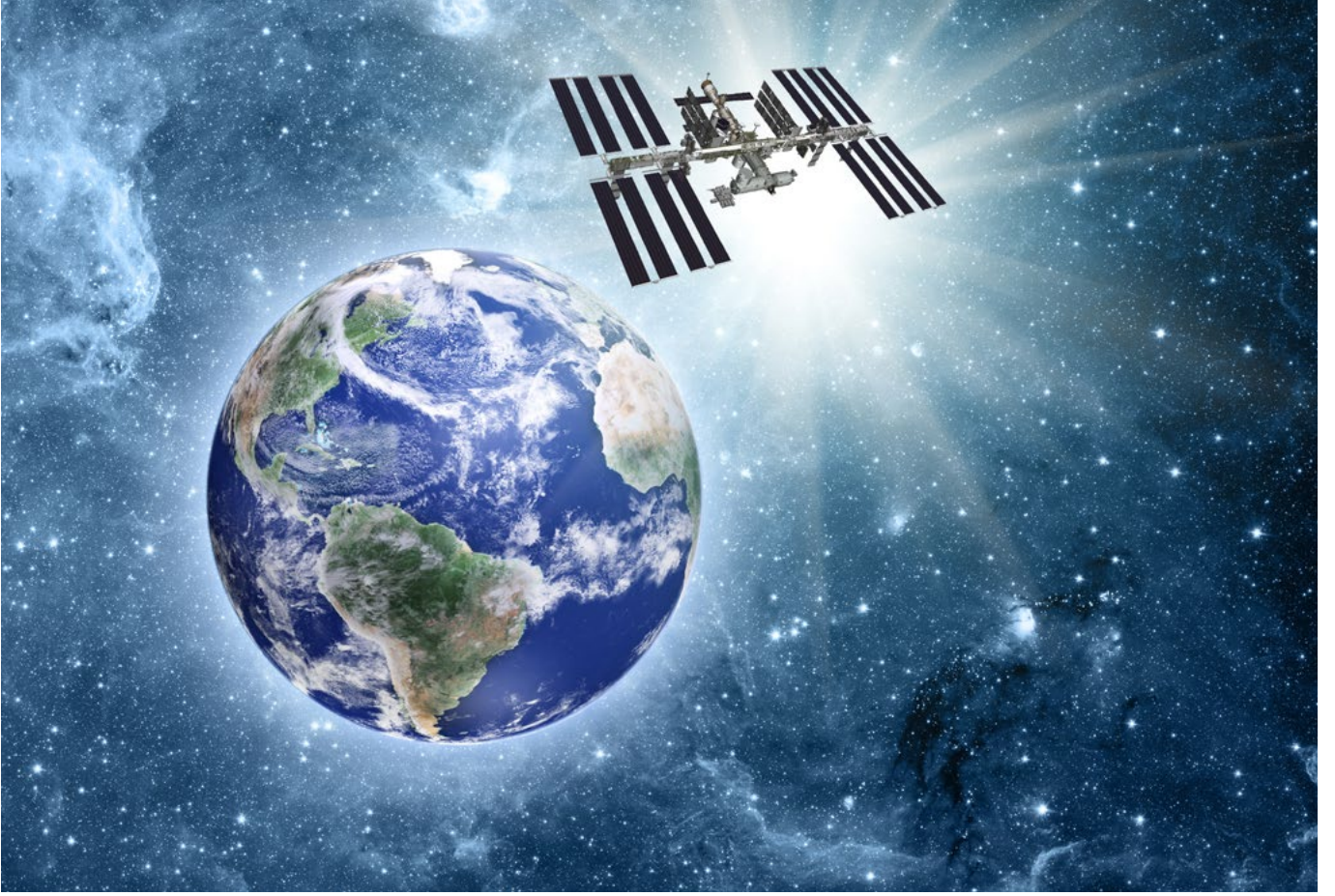
İşletici Kuruluş	: ROSCOSMOS (Rusya)
Partner Kuruluş	: Belirsiz
Yörünge	: Alçak Dünya Yörüngesi (340 - 450 km, 41°-43°)
Montaj Başlangıcı	: 2021(Tahmini)
Faaliyete Geçiş Tarihi	: 2023 (Tahmini)
Öngörülen Ömür	: 10 yıl
Maliyet	: Belirsiz

Kaynak: Xinhua Haber Ajansı^[64]

ISS projesine bazı iddialara göre ABD'nin itirazı üzerine katılmayan Çin, kendi bağımsız uzay üssünü faaliyete geçirmeye yakındır.

Bazı kaynaklarda adı Tiangong Çin Büyük Modüler Uzay İstasyonu veya sadece Çin Uzay İstasyonu (CSS) olarak geçen istasyonun 2023'te faaliyete geçmesi beklenmektedir.

CSS, 1992'de Çin hükümeti tarafından açıklanan uzay istasyonu programının üçüncü ve son halkasını oluşturmaktadır. Bu büyük modülün öncülleri Tiangong-1 ve Tiangong-2'dir. Bunlar artık hizmet dışıdır. CSS'nin ilk modülü Tianhe'nin fırlatılması COVID-19 salgını nedeniyle çeşitli tarihlere ertelendikten sonra 2021 yılının ilk yarısında uzaya gönderilmesi beklenmektedir.



Tianhe'den sonra, diğer iki modül, Wentian ve Mengtian uzaya gönderilecektir. Tamamlandığında, T şeklindeki uzay istasyonu Çin'in uzay araştırmaları, yaşam bilimleri, biyoteknoloji, malzeme bilimi ve temel fizik alanlarındaki deneylerine ev sahipliği yapacaktır.

Tianhe adlı istasyonun ana modülü, toplam 16,6 metre uzunluğa, maksimum 4,2 metre çapa ve 22,5 ton kalkış kütlesine sahip ve şu anda Çin tarafından geliştirilen en büyük uzay aracıdır. Tianhe çekirdek modülü, mürettebatın yönetim ve kontrol merkezi ve ana yaşam alanı olacak ve bazı bilimsel ve teknolojik deneyleri destekleyecektir. Çekirdek modüldeki yaşam alanı yaklaşık 50 metreküptür. İki laboratuvar kapsülü ile birlikte, tüm yaşam alanı 110 metreküpe çıkacaktır.

Çekirdek modül, iki laboratuvar kapsülüne bağlanan iki kenetlenme limanına ve mürettebat uzay aracı, kargo ve diğer uzay gemileri için üç kenetlenme limanına sahiptir. Aynı zamanda astronotların olağanüstü faaliyetler yürütmesi için bir çıkışa sahip olacaktır.

Wentian adlı ilk laboratuvar kapsülü, esas olarak bilimsel ve teknolojik deneylerin yanı sıra acil durumlarda çalışma ve yaşam alanı ve barınak için kullanılacaktır.

Mengtian adlı ikinci laboratuvar kapsülü, ilkinin benzer işlevlere sahip olacaktır. Astronotlar ve mekanik kollar yardımıyla kargo ve aletlerin giriş ve çıkışını desteklemek için özel bir hava kilidi odası ile donatılacaktır.

CSS, tamamlandığında ISS'nin beşte biri büyüklüğünde, bir başka deyişle Rusya'nın Mir Uzay İstasyonu ile hemen hemen aynı boyutta olacaktır. ISS'den daha

küçük boyutlarda olması CSS'nin maliyetini önemli ölçüde azaltacaktır. Ancak küçük istasyon daha az mürettebat konuk edecek, daha az bilimsel çalışma alanına ve ekipmana sahip olacaktır. CSS, altı ayda bir değişecek üç taykonot için tasarlanmıştır.

CSS'nin Tianhe-1 adı verilen çekirdek modülü 18,1 metre uzunluğunda ve 22 ton ağırlığında olacaktır. İstasyonun temel tasarımında Wentian ve Mengtian adı verilen iki deney modülünün bulunduğu belirtilmektedir. İstasyonun beş yaşama ve kenetlenme modülüyle, robot kollar ve bir vince sahip olacağı da belirtilmektedir. İstasyonda Hubble uzay teleskopunun görüş mesafesinin 300 katı kabiliyette bir uzay teleskopunun da CSS'te bulunması beklenmektedir^[65].

Çin yönetimi istasyonda uluslararası işbirliğine açık olduğunu bildirmektedir. Mayıs 2018'de istasyonun tüm Birleşmiş Milletler üyelerinin işbirliğiyle kullanılabileceği bildirilmiştir^[65]. Ek olarak, Çin, insanlı uzay istasyonunu uzayda daha fazla başarı elde etmek için bir sıçrama taşı olarak kullanmayı ummaktadır. Çin'in uzun vadeli hedefleri arasında Mars'a insansız bir araç göndermek ve Ay'da insanlı bir araştırma üssü kurmak bulunmaktadır^[66]. Çin, Temmuz 2020'de Mars'a üç araçlık bir misyonu başlatmıştır^[67]. Çin'in üçüncü bir hedefi ise 2030 yılına kadar Jüpiter'e uzay aracı göndermektir^[68]. Çin'in derin uzay çalışmaları ve uzay istasyonunun ihtiyaçlarını karşılamak için yeniden kullanılabilir bir fırlatma aracını Eylül 2020'de test ettiği de iddia edilmektedir^[69].



4.2 Özel Sektör Uzay İstasyonu Planları

Uzay istasyonları, uzayın insan yaşamı üzerine etkilerine ilişkin değerli bilgiler sağlarken, uzay çalışmalarına ilginin artmasına da katkı sağlamıştır. Bugün çok daha fazla insan uzay çalışmalarıyla yakından ilgilenmekte, uzay çalışmalarının getirilerinden yararlanmak ve uzay deneyimini yaşamak istemektedir. Artan ilgi firmaları uzay turizmi, uzayda özel araştırma ve eğitim çalışmaları yürütmek veya derin uzay çalışmaları yürüten kuruluşlara lojistik ve konaklama hizmetleri sunmak amacıyla uzay istasyonları planlamaya sevk etmiştir. Tümü ABD merkezli olan şirketlerin programları farklı olgunluk düzeyindedir. Bunlardan bazıları bu bölümde incelenecektir.

4.2.1 Axiom Space Station

Adını NASA ile ISS için yaptığı ticari modül üretimi ve uzay turizmi anlaşması ile duyuran ABD merkezli Axiom Space, tarihin ilk özel teşebbüse ait uzay istasyonunu kurmaya çok yakındır.

Alçak Dünya yörüngesinde kurulması planlanan Axiom Space Station (ASS), şirketin NASA ile yaptığı yedi yıllık anlaşma uyarınca üreteceği modüllerle, ISS'nin ömrünü tamamlamasının ardından inşa edilecektir^[70]. Bu süre zarfında Axiom, ISS üzerindeki modüllerin ticari işletmesini yapacak, uzay turistleri ve uzay araştırmacılarının istasyona ulaşmasını ve konaklamasını sağlayacaktır.

ASS'nin tasarımı diğerlerinden hayli farklılık arz etmektedir^[71]. ASS'nin güneş panelleri, lojistik ve tahrik sistemlerinin yer aldığı bölümü, yaşam modüllerinden dik bir açıyla ayrılmaktadır. Bu tasarım konaklama bölümlerine daha fazla dünya manzarası kazandırmaktadır.

Ayrıca ASS'nin Dünya'ya bakan bölümünde neredeyse 360 derece seyir imkânı bulunan bir gözlem odası da inşa edilmesi planlanmaktadır.

4.2.2 Bigelow B330

Özel bir uzay istasyonu kurma çabası gösteren şirketlerden biri de ABD merkezli Bigelow Aerospace'tir. Firma, kendi tasarımı şişme modüllerle ticari uzay üsleri inşa etmeyi amaçlamaktadır.

Şişme modüller Bigelow'dan çok daha önce, 1960'lı yıllarda NASA tarafından geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bigelow, bu konsepti geliştirerek, geniş, düşük maliyetli ancak uzay koşullarına dayanıklı modüller geliştirmiştir. Bunlardan biri 2016'da ISS'ye eklenmiştir. 2021'de Bigelow bu nedenle kendi başına yola çıkacak ve 16,5 m uzunluğundaki iki yaşanabilir canlı modülü uzaya göndermeyi planlamıştır.

330 metreküp hacme sahip bu modüller B330 olarak adlandırılmıştır. Modüller 110 metrekare kullanım alanına ve üç metre çapa sahiptir. Bu geniş hacim hem yaşam olarak hem de lojistik depolama alanı olarak kullanılmaya müsaittir. Bigelow bu modüllerin her birinin ayrı ayrı uzay istasyonu olarak kullanılabilmesine inanmaktadır. Şirket Eylül 2019'da modüllerin "dört astronotun sınırsız süre, beş astronotun ise aylarca kalabileceği" nitelikte olduğunu iddia etmiştir^[72].

Şirket B330'ları ilerleyen zamanda birbirine bağlayarak devasa özel uzay istasyonları oluşturmayı planlamaktadır. Şirketin bu tür istasyonları uzay ajansları ve özel firmalara kiralama veya "uzay oteli" olarak işletmeyi planladığı belirtilmektedir^[73]. Ancak firma bir dizi

mali zorluk içine girmiştir. Ocak 2020’de şirket, yeterli fon alamadığını gerekçe göstererek NASA’nın ISS’ye ticari modül eklenmesi ve istasyonda daha fazla ticari faaliyet yürütülmesine ilişkin programına katılmayacağını açıklamıştır^[74]. Son olarak COVID-19 pandemisi şirketi zora sokmuş, firmanın tüm çalışanları Mart 2020’de işten çıkarılmıştır. Projenin geleceği belirsizliğe girmiştir^[75].

4.2.3 Blue Origin

ABD’li işadamı Jeff Bezos’un kurduğu uzay ve havacılık şirketi Blue Origin, fırlatma araçlarının geliştirilmesinin ardından uzay yapılarının geliştirilmesiyle de ilgilenmeye başlamıştır. Bezos, Eylül 2020’de yakın gelecekte “milyonlarca kişinin yaşayıp çalışacağı uzay yapıları geliştirmek üzere” hareket geçeceğini duyurmuştur. Blue Origin, 2019’da NASA’ya ticari bir uzay üssü konsepti de sunmuştur^[76]. Ancak projenin detayları henüz kamuoyu ile paylaşılmamıştır.

4.2.4 Potansiyel Uzay İstasyonu Projeleri

ABD’de uzay istasyonu projeleri geliştiren şirketler yukarıdakilerle sınırlı değildir. Örneğin NASA’nın Ay ve Mars’a insanlı uçuşlarında ara istasyon olarak kullanılmak için 2019’da açtığı “Derin Uzay Yaşam Alanı” geliştirme çağrısına altı firma tasarımlarıyla başvurmuştur. Bunlardan biri olan Bigelow Aerospace, daha önce belirtildiği üzere çekilmiştir. Lockheed Martin, Northrop Grumman, Sierra Nevada Corporation, Boeing Space ve NanoRacks firmalarının geliştirdiği prototiplerin testleri de başlamıştır^[77]. Söz konusu prototipler gerek hacim gerekse teknoloji açısından yeni bir uzay üssü neslinin habercisi olarak nitelenebilecek türdendir. NASA testler sonucunda sadece bir konsept üzerinde durmayacağını, ihtiyaca göre birden fazla istasyona onay verebileceğini bildirmiştir. O nedenle söz konusu şirketler gelecekte uzay istasyonu kabiliyetine sahip şirketler olarak anılabilir.

5. UZAY İSTASYONU VE DİĞER İNSANLI UZAY PROJELERİNE ELEŞTİRİLER

İnsanlı uzay istasyonları uzay çalışmalarının önemli bir parçası olarak görülürken, söz konusu projeler üzerine kuşkularını dile getirenlerin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır.

Özellikle ISS’nin yüksek kurulum ve işletim maliyetleri büyük eleştiri konusudur. Örneğin, İngiliz astrofizikçi Lord Rees, başta ISS olmak üzere insanlı uzay projelerinin bilimsel katkısının düşük olduğunu, yapılan deneylerden

elde edilen verimin düşük kaldığını, bu tür projelere para harcamak yerine uzay robotlarının kullanıldığı projelere kaynak ayrılması gerektiğini savunmaktadır^[23].

Benzer şekilde NASA’nın Lunar Orbiter planı da eleştirilmektedir. İstasyonun sadece yeni Ay misyonunun maliyetini artıracığı, yarım yüzyıl önce yapıldığı gibi Ay’a doğrudan gidilmesi gerektiği kaydedilmektedir^[58].

Bir grup bilim insanı ise sadece uzay istasyonları değil, Mars ve Ay’a kurulması planlanan üsleri, hatta tüm insanlı uzay programlarını eleştirmektedir. Bir grup ABD’li bilim insanı, Ay ve Mars şartlarının insan yaşamına uygun olmadığına, uzayda uzun süreli yolculukların insanın fiziki ve ruhsal sağlığına olumsuz etkilerine dikkat çekerek söz konusu projelerin iptal edilip, uzay çalışmalarının robotik araçlarla yapılması gerektiğini savunmuştur^[78].

Nobel Fizik ödüllü Steven Weinberg bunlardan biridir. “Uzayda insanları canlı tutmak için boşu boşuna para harcadığını” savunan Weinberg, bilimsel getirisi olmayan insanlı programlar nedeniyle, özellikle astrofizik ve diğer temel bilimlere katkı sağlayacak araştırmalara bütçe ayırlamadığını savunmuştur^[79].

6. SONUÇ

Uzay istasyonları, Soğuk Savaş ortamında ideolojik rekabetin unsurlarından biri olarak başlayan uzay çalışmalarında, tarafların uzay çalışmalarına ilgisinin azaldığı bir dönemde, bilimsel çalışmaların sürmesini sağlamıştır. İnsanlı uzay istasyonları pek çok alanda bilimsel ve teknolojik gelişmeyi teşvik etmiştir. İstasyonlardaki insanları canlı tutma çabası, daha güçlü ve daha düşük maliyetli iyi fırlatma araçlarının; mürettebatı uzayın zararlı etkilerinden koruyacak kıyafet, ekipman ve uzay araçlarının ve uzayda üretim gibi kabiliyetlerin geliştirilmesinin önünü açmıştır.

Uzay istasyonlarının bilimsel laboratuvar olarak işlevlerinin kısıtlı kaldığına dair, “Verimine göre oldukça pahalı” olduğu yönündeki eleştirilerde haklılık payı göz ardı edilemez. Ancak uzay istasyonlarının, özellikle Uluslararası Uzay İstasyonu’nun, 21’inci yüzyılda canlı bir uzay ekonomisinin gelişmesinin lokomotiflerinden biri olduğu da göz ardı edilmemelidir. İstasyondaki ekiplerin ihtiyaçlarının makul maliyetlerde karşılanmasına yönelik arayışlar, canlı bir uzay ekonomisinin doğmasına yardımcı olmuştur.

Uzaya daha fazla insanın erişiminin sağlanmasına imkân tanıyan uzay istasyonları, uluslararası kamuoyunun uzaya ilgisini canlı tutmaktadır. Bu sayede uzay ajansları bilimsel ve teknolojik çalışmaları için gerekli fonlara erişebilmektedir. Bu nedenle uzay istasyonları uzay çalışmalarının önemli bir parçası olmayı sürdüreceği gibi görünmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] *STM ThinkTech*, (2020), “YENİ UZAY ÇAĞI: 21’İNCİ YÜZYILDA KOZMİK REKABET I - Uzay Teknolojilerinin Geleceği”, (4 Haziran 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=346>
- [2] *STM ThinkTech*, (2020), “YENİ UZAY ÇAĞI: 21’İNCİ YÜZYILDA KOZMİK REKABET II - Seçili Ülkelerin Uzay Programları İçerisinde Uzay Stratejileri”, (27 Temmuz 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=359>
- [3] *STM ThinkTech*, (2020), “YENİ UZAY ÇAĞI: 21’İNCİ YÜZYILDA KOZMİK REKABET III - Takım Uydular Çağında Fırsat ve Tehditler”, (30 Kasım 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=391>
- [4] *STM ThinkTech*, (2019), “Uzayda Silahlanma Yarışı”, (6 Mayıs 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=229>
- [5] *Defense Intelligence Agency*, (2019), “Challenges To Security In Space”, (Ocak 2019), https://www.dia.mil/Portals/27/Documents/News/Military%20Power%20Publications/Space_Threat_V14_020119_sm.pdf
- [6] *United States Space Force*, <https://www.spaceforce.mil/>
- [7] Mizokami, Kyle; (2020), “Anti-Satellite Weapons Are Becoming a Very Real Threat”, *Popular Mechanics*, (1 Nisan 2020), <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a32008306/anti-satellite-weapons/>
- [8] Blake, Duncan; (2017), “Space could become the battleground of the future”, *World Economic Forum*, (24 Kasım 2017), <https://www.weforum.org/agenda/2017/11/the-conflicts-of-the-future-will-take-place-in-space-heres-one-way-were-preparing>
- [9] Roberts, Michael; (2020), “Why the International Space Station Deserves Consideration for a Nobel Peace Prize”, *ISS National Laboratory*, (5 Ağustos 2020), <https://www.issnationallab.org/blog/international-space-station-deserves-consideration-nobel-peace-prize/>
- [10] NASA, (2011), “Higher Altitude Improves Station’s Fuel Economy”, (14 Şubat 2011), https://www.nasa.gov/mission_pages/station/expeditions/expedition26/iss_altitude.html
- [11] Lepoutre, Philip; (2019), “Why the International Space Station orbits at 400 kilometers in space?”, *Veto*, (3 Ocak 2019), <https://www.veto.be/artikel/why-the-international-space-station-orbits-at-400-kilometers-in-space>
- [12] *Forbes*, (2017), “What Are The Highest And Lowest Points In The Orbit Of The ISS?”, (15 Mart 2017), <https://www.forbes.com/sites/quora/2017/03/15/what-are-the-highest-and-lowest-points-in-the-orbit-of-the-iss/?sh=6cd05c4d4053>
- [13] Shira Teitel, Amy; (2015), “A Brief History of Space Stations before the ISS”, *Popular Science*, (23 Kasım 2015), <https://www.popsci.com/brief-history-space-stations-before-iss/>
- [14] Freudenrich, Craig; “How Space Stations Work - Salyut: the First Space Station”, *How Stuff Works*, <https://science.howstuffworks.com/space-station2.htm>
- [15] NASA, “SP-400 Skylab, Our First Space Station”, <https://history.nasa.gov/SP-400/ch2.htm>
- [16] D. Launius, Roger; “Space Stations: Base Camps to the Stars”, *Repository*, https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/17610/nasm_Space_Stations-v35_Chapter_23rev-Final.pdf
- [17] PBS, “The Station -Russian space history”, <https://www.pbs.org/spacestation/station/russian.htm>
- [18] NASA, “Mir Space Station”, <https://history.nasa.gov/SP-4225/mir/mir.htm>
- [19] B Salisbury, F; (1995), “Growing super-dwarf wheat in Svet on Mir”, *National Library of Medicine*, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11538572/>
- [20] Freudenrich, Craig; “How Space Stations Work - Mir: the First Permanent Space Station”, *How Stuff Works*, <https://science.howstuffworks.com/space-station4.htm>
- [21] *China Space Report*, “Tiangong”, <https://chinaspacereport.wordpress.com/spacecraft/tiangong/>
- [22] Howell, Elizabeth; (2018), “Tiangong-1: China’s First Space Station”, *Space.com*, (26 Mart 2018), <https://www.space.com/27320-tiangong-1.html>
- [23] Hollingham, Richard; (2020), “Should astronauts abandon the space station?”, *BBC*, (2 Kasım 2020), <https://www.bbc.com/future/article/20201030-should-astronauts-abandon-the-space-station>
- [24] *NickD’s Orbiter Vault*, “Mir-2 (project 1993) Space Station”, <http://nickd.freehostia.com/OrbiterVault/mir2.html>
- [25] Chang, Kenneth; (2020), “How the Space Station Became a Base to Launch Humanity’s Future”, *The New York Times*, (2 Kasım 2020), <https://www.nytimes.com/2020/11/02/science/international-space-station-20-anniversary.html>
- [26] *Russian Space Web*, “International Space Station, ISS”, <http://www.russianspaceweb.com/iss.html>
- [27] NASA, (2015), “Reference Guide To The Space Station”, (Eylül 2015), <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/np-2015-05-022-jsc-iss-guide-2015-update-111015-508c.pdf>. (Erişim Tarihi: 27 Aralık 2020)
- [28] Witze, Alexandra; (2020), “Astronauts have conducted nearly 3,000 science experiments aboard the ISS”, *Nature*, (3 Kasım 2020), <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03085-8#:~:text=Over%20that%20time%2C%20astronauts%20on,Research%20in%20orbit>
- [29] NASA, (2020), “20 Breakthroughs from 20 Years of Science aboard the International Space Station”, (26 Ekim 2020), https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/iss-20-years-20-breakthroughs
- [30] ABB, (2020), “Hydrogen fuel cells: driving sustainable mobility on the Moon and beyond”, (23 Nisan 2020), <https://new.abb.com/news/detail/60918/hydrogen-fuel-cells-driving-sustainable-mobility-on-the-moon-and-beyond>
- [31] *Wired*, (2019), “The Best Place to Make Undersea Cables Might Be ... in Space”, (9 Kasım 2019), <https://www.wired.com/story/the-best-place-to-make-undersea-cables-might-be-in-space/>
- [32] Saunders, Sarah; (2018), “3D Printing with Human Waste: Astroplastic Takes Raw Materials from Colon to Mars Colony”, *3Dprint.com*, (10 Nisan 2018), <https://3dprint.com/209622/human-waste-3d-print-bioplactic/>
- [33] P., Alexandra; (2018), “A new 3D printer aboard the International Space Station?”, *3Dnatives*, (25 Mayıs 2018), <https://www.3dnatives.com/en/3d-printer-space250520184/#>
- [34] NASA, (2015), “Deploying Small Satellites From ISS”, (10 Kasım 2015), https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/cubesat
- [35] NASA, (2020), “On-orbit Autonomous Assembly from Nanosatellites (OAN)”, (29 Ocak 2020), <https://data.nasa.gov/dataset/On-orbit-Autonomous-Assembly-from-Nanosatellites-O/k6ad-vd7c>
- [36] *The European Space Agency*, “AIS on ISS”, http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/AIS_on_ISS
- [37] Bassett, Renee; (2014), “The Industrial Internet of Things...in Space”, *Automation World*, (16 Ekim 2014), <https://www.automationworld.com/products/data/blog/13312566/the-industrial-internet-of-thingsin-space>
- [38] Hoyt, Robert; (2015), “WRANGLER: Capture and De-Spin of Asteroids & Space Debris”, *Tethers Unlimited*, (23 Nisan 2015), https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2014_phase_i_robert_hoyt_wrangler.pdf
- [39] Abay, Emre Gürkan; (2019), “Rusya’dan ‘Türk astronot’ teklifi”, Anadolu Ajansı, (27 Ağustos 2019), <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/rusyadan-turk-astronot-teklifi/1566405>
- [40] Tangermann, Victor; (2019), “It’s Official: NASA Is Opening The International Space Station to Tourists”, *Science Alert*, (11 Haziran 2019), <https://www.sciencealert.com/nasa-is-opening-the-space-station-to-tourists>

- [41] O’Kane, Sean; (2020), “SpaceX will send three tourists to the International Space Station next year”, *The Verge*, (5 Mart 2020), <https://www.theverge.com/2020/3/5/21166657/spacex-tourists-iss-international-space-station-orbit-falcon-9-dragon>)
- [42] Sheetz, Michael; (2020), “SpaceX signs deal to fly 3 space tourists to the International Space Station late next year”, *CNBC*, (5 Mart 2020), <https://cnb.cx/3m1oo2i>
- [43] Rinehart, Will; (2018), “The Options for the Future of the International Space Station”, *American Action Forum*, (25 Eylül 2018), <https://www.americanactionforum.org/insight/the-options-for-the-future-of-the-international-space-station/>
- [44] *Explaining Science*, (2018), “The future of the International Space Station”, (1 Kasım 2018), <https://explainingscience.org/2018/11/01/future-of-the-international-space-station/#:~:text=Soyuz%20MS%20spacecraft%20docked%20to,for%20the%20ISS%20by%202025>
- [45] K. Martin, Paul; (2018), “Examining The Future Of The International Space Station”, *NASA*, (16 Mayıs 2018), <https://oig.nasa.gov/docs/CT-18-001.pdf>
- [46] Grush, Loren; (2020), “What the future of the space station looks like after SpaceX’s historic launch”, *The Verge*, (2 Haziran 2020), <https://www.theverge.com/21276881/nasa-spacex-iss-international-space-station-future-commercial>
- [47] Atkinson, Nancy; (2013), “NASA to BEAM Up Inflatable Space Station Module”, *Universe Today*, (16 Ocak 2013), <https://www.universetoday.com/99486/nasa-to-beam-up-inflatable-space-station-module/>
- [48] Foust, Jeff; (2020), “NASA selects Axiom Space to build commercial space station module”, *Space News*, (28 Ocak 2020), <https://spacenews.com/nasa-selects-axiom-space-to-build-commercial-space-station-module/>
- [49] Foust, Jeff; (2019), “NASA releases ISS commercialization plan”, *Space News*, (7 Haziran 2019), <https://spacenews.com/nasa-releases-iss-commercialization-plan/>
- [50] Yıldırım, Göksel; (2016), “ASELSAN uzaya çıktı”, *Anadolu Ajansı*, (14 Aralık 2016), <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/asel-san-uzaya-cikti/705949#>
- [51] Ünal, Arife Yıldız; (2018), “‘Mikrodalga modüllerinin’ uzay testleri başarıyla tamamlandı”, *Anadolu Ajansı*, (2 Aralık 2018), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/mikrodalga-modullerinin-uzay-testleri-basariyla-tamamlandi/1327323>
- [52] *Gunter’s Space Page*, “HAVELSAT (QB50 TR02)”, https://space.skyrocket.de/doc_sdat/havelsat.htm
- [53] *STM ThinkTech*, (2019), “Küçük Uydular ve Başarı Potansiyelleri”, (Şubat 2019), https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/222201917224520_stm_kucuk_uydular_ve_basari_potansiyelleri.pdf
- [54] NASA, “Gateway”, <https://www.nasa.gov/gateway>
- [55] *Canadian Space Agency*, “The Lunar Gateway”, <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/moon-exploration/lunar-gateway.asp>
- [56] Messier, Doug; (2020), “Lunar Gateway’s Power & Propulsion Element Faces Cost Increases”, *Parabolic Arc*, (29 Mayıs 2020), [http://www.parabolicarc.com/2020/05/29/lunar-gateways-power-propulsion-element-faces-cost-increases/#:~:text=The%20first%20element%20of%20NASA's,Government%20Accountability%20Office%20\(GAO\)](http://www.parabolicarc.com/2020/05/29/lunar-gateways-power-propulsion-element-faces-cost-increases/#:~:text=The%20first%20element%20of%20NASA's,Government%20Accountability%20Office%20(GAO))
- [57] NASA, (2020), “NASA, European Space Agency Formalize Artemis Gateway Partnership”, (27 Ekim 2020), <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-european-space-agency-formalize-artemis-gateway-partnership>
- [58] Foust, Jeff; (2019), “NASA’s Lunar Space Station Is a Great/Terrible Idea”, *IEEE Spectrum*, (8 Temmuz 2019), <https://spectrum.ieee.org/aerospace/space-flight/nasas-lunar-space-station-is-a-great-terrible-idea>
- [59] Jones, Andrew; (2020), “China selects 18 new astronauts ahead of space station construction”, *Space News*, (2 Ekim 2020), <https://spacenews.com/china-selects-18-new-astronauts-ahead-of-space-station-construction/>
- [60] *Russian Space*, “A concept of the Russian successor to the ISS”, <http://www.russianspaceweb.com/opsek.html>
- [61] *Russian Space*, “Prichal Node Module, UM”, http://www.russianspaceweb.com/iss_node.html
- [62] Clark, Stephen; (2020), “Russia’s long-delayed space station research module arrives at launch base”, *Space Flight Now*, (25 Ağustos 2020), <https://spaceflightnow.com/2020/08/25/russias-long-delayed-space-station-research-module-finally-arrives-at-launch-base/>
- [63] Clark, Stephen; (2020), “Russia’s space agency unlikely to join NASA-led lunar program”, *Space Flight Now*, (25 Ağustos 2020), <https://spaceflightnow.com/2020/10/14/russias-space-agency-unlikely-to-join-nasa-led-lunar-program/>
- [64] *Xinhuanet*, (2020), “China Focus: More details of China’s space station unveiled”, (15 Mayıs 2020), http://www.xinhuanet.com/english/2020-05/18/c_139067133.htm
- [65] *ChinaPower*, “What’s Driving China’s Race to Build a Space Station?”, <https://chinapower.csis.org/chinese-space-station/>
- [66] *Xinhuanet*, (2018), “Spotlight: China welcomes all UN member states to jointly utilize its space station”, (29 Mayıs 2018), http://www.xinhuanet.com/english/2018-05/29/c_137213340.htm
- [67] Jones, Andrew; (2020), “China’s Tianwen-1 Mars probe snaps epic deep-space selfie (photos)”, *Space.com*, (12 Ekim 2020), <https://www.space.com/china-tianwen-1-mars-spacecraft-selfie-deep-space>
- [68] Sinha, Ritvik; (2019), “The rise of the Chinese aerospace sector”, *Prescouter*, (Kasım 2019), <https://www.prescouter.com/2019/11/rising-chinese-aerospace-sector/>
- [69] O’Callaghan, Jonathan; (2020), “China seems to have launched a secret reusable space plane”, *New Scientist*, (4 Eylül 2020), <https://www.newscientist.com/article/2253813-china-seems-to-have-launched-a-secret-reusable-space-plane/>
- [70] NASA, (2020), “NASA Selects First Commercial Destination Module for International Space Station”, (28 Ocak 2020), <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-selects-first-commercial-destination-module-for-international-space-station>
- [71] *Axiom Space*, “Orbiting above Earth”, <https://www.axiomspace.com/axiom-station>
- [72] Neilson, Susie; (2020), “The space station is showing its age after housing people for 20 years. Companies are already designing new space habitats to take its place.”, *Business Insider*, (3 Kasım 2020), <https://www.businessinsider.com/space-station-getting-old-companies-making-new-versions-2020-11>
- [73] Chang, Kenneth; (2018), “How Many Space Stations Does This Planet Need?”, *The New York Times*, (22 Ekim 2018), <https://www.nytimes.com/2018/10/22/science/private-space-stations.html>
- [74] Foust, Jeff; (2020), “Bigelow Aerospace sets sights on free-flying station after passing on ISS commercial module”, *Space News*, (29 Ocak 2020), <https://spacenews.com/bigelow-aerospace-sets-sights-on-free-flying-station-after-passing-on-iss-commercial-module/>
- [75] Foust, Jeff; (2020), “Bigelow Aerospace lays off entire workforce”, *Space News*, (23 Mart 2020), <https://spacenews.com/bigelow-aerospace-lays-off-entire-workforce/>
- [76] NASA, (2018), “LEO Commercialization Concept”, (11 Aralık 2018), https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/leo_commercialization_study_results.pdf
- [77] NASA, (2019), “NASA Begins Testing Habitation Prototypes”, (27 Mart 2018), <https://www.nasa.gov/feature/nasa-begins-testing-habitation-prototypes>
- [78] Boyle, Rebecca; (2020), “Can a Moon Base Be Safe for Astronauts?”, *Scientific American*, (22 Ekim 2020), <https://www.scientificamerican.com/article/can-a-moon-base-be-safe-for-astronauts/>
- [79] Than, Ker; (2007), “Nobel Laureate Disses NASA’s Manned Spaceflight”, *Space.com*, (19 Eylül 2007), <https://www.space.com/4357-nobel-laureate-disses-nasa-manned-spaceflight.html>



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

