

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ BİLİM DALI

UZAY EKONOMİSİ VE UZAY MADENCİLİĞİ KAVRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Matlyuba BEBİTOVA

KOCAELİ 2020

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ BİLİM DALI

UZAY EKONOMİSİ VE UZAY MADENCİLİĞİ KAVRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Matlyuba BEBİTOVA

Doç. Dr. Didem RODOPLU ŞAHİN

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 24.02.2021-06

KOCAELİ 2020

Önsöz

Bu tez çalışmasında Uzay piyasasında gelişmiş ülkeler tarafından yakın gelecekte gerçekleşmesi umulmakta olan Uzay Madenciliği ve önemi, konunun Türkiye’de de bilinçlilik ve önem kazanması adına literatür incelenmesi ve çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma esnasında sonsuz desteğiyle gelişmeme her türlü katkıda bulunan, yol gösteren değerli danışmanım Doç. Dr. Didem Rodoplu Şahin’e ve bütün eğitim hayatım boyunca bana maddi manevi desteğini esirgemeyen annem Narjan Hasanova’ya en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Matlyuba BEBİTOVA

Kocaeli, Aralık 2020

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ABSTRACT.....	VI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
TABLolar LİSTESİ.....	XI
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. UZAY PİYASASI VE EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	4
1.1. ASTROFİZİK OLARAK UZAY.....	4
1.2. UZAY EKONOMİSİ KAVRAMI.....	4
1.3. UZAY KULLANIMINA YÖNELİK ARTAN İLGİ.....	13
1.3.1. Yatırımlar.....	13
1.3.2. Gelirler.....	14
1.3.3. Küresel Hükümet Uzay Bütçeleri.....	17
1.4. UZAY EKONOMİSİNİN KAHRAMANLARI.....	18

İKİNCİ BÖLÜM

2. EKONOMİK KAYNAK OLARAK UZAY.....	20
2.1. UZAY MADENCİLİĞİ.....	20
2.1.1. Yeryüzünün Kaynak Kıtlığı.....	22
2.1.2. Uzayda Zengin Kaynak Çeşitliliği.....	25
2.1.3. Ay, Mars, Asteroit ve Diğer Gök Cisimlerinin Madenciliği.....	27
2.1.4. İnsanoğlu Kaynaklı Çevre Kirliliğinin Giderek Artması.....	41
2.1.5. İlk Uzay Kullanımı Fikri.....	47
2.1.6. Uzay Madenciliği Teknolojileri.....	49
2.2. UZAY MADENCİLİĞİNE İLİŞKİN ZORLUKLAR.....	63
2.2.1. Maliyetler.....	63
2.2.2. Sürdürülebilir Gelişme.....	68
2.2.3. Uzaydaki Doğal Tehditler.....	74
2.2.4. Uzay Mürettebatının Sağlık Sorunları.....	76
2.2.5. Siber Tehditler.....	77

2.2.6. Uzak Teknolojilerinde Eksiklikler.....	78
2.2.7. İlgili Deneyler hem yerde hem uzayda.....	81
2.2.8. Madencilikle İlgili Başarılmış Adımlar.....	84

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. UZAY FİNANSMANI.....	86
3.1. UZAY FİNANSMANI TANIMI VE KAPSAMI.....	86
3.2. NEDEN UZAY FİNANSMANI.....	86
3.3. UZAY FİNANSMANI SÜRECİ.....	88
3.3.1. Finanse Edilebilirliği Artıran Küresel Yasal Politika Çerçevesi.....	90
3.3.2. Piyasa Rekabetinin Gelişimi.....	104
3.3.2.1. Yatırımcıları Çeken Mekanizmalar.....	106
3.3.2.2. Özel Sektör Katılımcıların Rollerini.....	111
3.3.3. Yatırım Risklerini Azaltan Etkenler.....	113
3.3.3.1. Uzak yatırımı neden riskli?.....	113
3.3.3.2. Ulusal veya Uluslararası Uzak Bankası.....	120
3.3.3.3. Ulusal Ticari Güvenceler.....	123
3.3.3.4. Yatırım Engellerini Azaltan Farklı Mevzular.....	126
SONUÇ.....	129
KAYNAKÇA.....	134

ÖZET

Uzay programlarının uzay faaliyetleri geleceğin yeryüzü kıtlık, sosyo-ekonomik, çevresel ve ekolojik sorunları adına umut vaat edici gözükmektedir. Bilimsel deneyler ve deneyimlerin yardımıyla gelişmekte olan faaliyetler, Uzay Piyasasının yeni sektörü - Uzay Madenciliğini ortaya çıkarması: kıt kaynaklarla baş etme, yeşil yenilenebilir enerji gibi çevre dostu kararların hükmü ve en önemlisi uzay zenginliklerinin kullanımı vesilesiyle ekonomik büyümeye ilişkin küresel sorunların etkili bir şekilde çözüme kavuşması vs. adına gün geçtikçe uzay topluluğunu daha fazla beklentide bırakmakta. Yeni sektöre girişmeden önce, uzay kaynaklarının kullanım hakları ve makul mülkiyeti aynı zamanda sürdürülebilirliği ile ilgili, ekonomi ve mevzuatı kapsayan, açık ve net uzay politikasını kurmakla başlamak çok önemlidir. Destekleyici kanunlar, kurallar ve yasal çerçeveler oluşturmadıkça bu eylem bizi ileride yukarıda bahsedilen faydaların aksine karmaşıklık ve kaosa götürecektir. Dahası, eğer yüksek düzey finansman riskini, belirsizlik tehlikesini, süper güçlerin sömürü ve manipülasyonunu dikkate alırsak, uzlaşmış ticaret ve uzay kalkınması için bu faaliyetlerin sağlam ve sürekli yönetimi kaçınılmaz hale gelecektir. Bu önemli yönetimin ehemmiyeti, sahip olduğumuz, ABD ve Lüksemburg gibi bazı devletlerin ihtilaf ve itaatsizliğine neden olan, yetersiz kuruluş ve yasal çerçevelerden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı, bu çalışma, belirsiz ve yanlış anlaşılmakta olan hem Dış Uzay Antlaşması ile Ay Anlaşmasını içeren Uzay Hukukuna göre “evrensel ortak varlıklarının” hem de finanse edilebilirlik ve güvenirlilik için Uzay Protokolünün açıklamasına; gerekli ve sorumlu taraflarca güncellenmiş, verimli ve etkili mevzuatın ortaya konulması gereğinin üzerinde durmaya çalışmıştır. Her insani eylemin bu hassas çevre üzerinde bedeli vardır, neticede hepimiz sürdürülebilirliği korumakla sorumluyuz ve çalışma bunun nedenini açıklamaktadır. Farkındalığın artması, söz gelimi, Kasım 2016’da Avrupa Uzay Ajansı tarafından düzenlenen ‘Vatandaşların Avrupa adına Uzay tartışmasında’ 2000 katılımcının %84’ünün uzayın korunması gerektiğini düşündüğü sonucuyla bitmesi dikkat çekmektedir. Türkiye’de bu konuyla ilgili çalışma eksikliği olduğundan, çalışmanın amacı özellikle toplumun arasında farkındalığı artırmak, beraberinde Uzay Ekonomisinin önemini (1. bölüm); neden Uzay Madenciliği fikrinin gerçekleşmesi gerekliliğinin önemini (2.bölüm); neden Uzay Finansmanına ihtiyaç duyulduğunu, sektöre girişimin neden riskli olduğunu ve

sorunsuz Uzay faaliyetleri için yasal çerçevelerin gerekliliğini (3. bölüm) ayrıntılı bir şekilde cevaplayarak boşluğu kapatmaktır. Uzay Madenciliği her ne kadar imkansız gözüyle bakılırsa da, uzayı ulaşılabilir kılan robotik ve yapay zeka teknolojilerinde zaten ilerlemeler kaydetmekte olduğumuzu unutmamalıyız. Bill Gates’in 2017’de dediği gibi, “robotbilimi, bilgisayar işletmelerinin 20 yıl önce yaptığı gibi gelişmektedir”.

Anahtar Kelimeler: *Uzay Ekonomisi, Uzay kaynakları, Uzay Madenciliği, Uzay Finansı, Uzay Hukuku*

ABSTRACT

Space facilities of space programs are auspicious about the future's worldwide scarcity, socio-economic, environmental and ecological difficulties of our planet. As they have been progressing by the help of scientific experiments and experiences, they are making more and more expectant our space community with each passing day, to be further capable of solving global problems effectively related to scarce resources, provision of eco resolutions like green renewable energy and most importantly economic growth through the use of space riches which will at the end bring out very new sector of Space Market – Space Mining. Before we set out to engage in this new industry, it is essential to start with the constitution of clear space policy pertaining economics and legislation that are concerning the utilisation rights and feasible ownership of space resources as well as sustainability. Unless we establish supportive laws, rules and legal frameworks, this practice will lead us on to the complication and chaos onwards that can debar us from the benefits mentioned above. Moreover, if we take into consideration a high level of risk in financing and danger of uncertainty, exploitation and manipulations of superpowers, for harmonised commerce and space development, solid and durable governance of these activities becomes unavoidable. And what's more, importance beyond this crucial management derives from inadequate institutions and legal frameworks which we possess now and which results in disunity and insubordination of some countries like the US and Luxembourg. Therefore, this study focuses on the explanation of “global commons” according to the Space Law including both Outer Space Treaty and Moon agreement which are dimly and misunderstood by initiators and Space Protocol for financeability and credibility; emphasis of need to put forward updated, efficient and forcible legislation by required and accountable parties. Every human made action has a cost in this fragile environment, consequently we are all liable for maintaining sustainability and this study describes why this is so. It is worth explaining it because of the growing recognition among us and it is notable that in November 2016 organised by the European Space Agency (ESA) “Citizens’ Debate on Space for Europe” ended up with the result that shows 84% of 2000 participants think that space should be protected. Since there are lack of studies regarding this topic in Turkey, mainly, this paper's purpose is connected with raising awareness particularly among the turkish communities and closing the gap by introducing shortly why the Space Economy is

important (1st section); the importance of realization of Space Mining (2nd section); why the Space Finance and legal frameworks are necessary and venturing is risky (3rd section). Even if Space mining seems blur, we should not forget that we are already achieving advances in technology in terms of robotics and artificial intelligence through which space becomes more reachable. As Bill Gates said in 2017, “robotics is developing in much the same way that the computer business did 20 years ago”.

Keywords: *Space Economy, Space resources, Space Mining, Space Finance, Space Law*

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD: Amerika Birleşik Devletleri
AIM: Asteroid Impact Mission /Asteroit Etkileme Görevi
ARM: The Asteroid Redirect Mission /Asteroid Yönlendirme Misyonu
BAE: Birleşik Arap Emirlikleri
BM: Birleşmiş Milletler
CAA: Sivil Havacılık Otoritesi
CNES: Centre National d'Etudes Spatiales/Ulusal Uzay Çalışmaları Merkezi
COSPAR: Uzay Araştırmaları Komitesi
DART: Double Asteroid Redirection Test / Çift Asteroit Yönlendirme Testi
DLR: German Aerospace Center /Alman Havacılık ve Uzay Merkezi
ESA: Avrupa Uzay Ajansı
GCR: Galactic Cosmic Rays /Galaktik kozmik ışınlar
IAA: International Academy of Astronautics/Uluslararası Astronotik Akademisi
IAU: Uluslararası Astronomi Birliği
ICAO: International Civil Aviation Organization/ Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IEA: Uluslararası Enerji Ajansı
IFR: Uluslararası Robotik Federasyonu
IMF: Uluslararası Para Fonu
ISMU: Indigenous Space Materials Utilization/Yerel Uzay Malzemelerinin Kullanımı
ISRO: Indian Space Research Organisation/Hindistan Uzay Araştırma Örgütü
ISRU: In-Situ Resource Utilization/Yerinde Kaynak Kullanımı
JAXA: Japon Uzay Ajansı ve İdaresi
LEO: Alçak yörünge
LOX: Liquid oxygen/sıvı oksijen
NASA: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NEA: Yakın Dünya Asteroitleri
NEO: Dünyaya Yakın Cisimler
OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development /İktisadi İş birliği ve Kalkınma Teşkilatı
OST: Outer Space Treaty/Dış Uzay Antlaşması
PDCO: Gezegen Savunma Koordinasyon Ofisi
PV: Fotovoltaik güneş pili
ROSCOSMOS: Rusya Uzay Ajansı
SEP: Solar Electric Propulsion / Güneş Elektrikli Tahrik
SPSS: Space Solar Power Satellite/Uzay Güneş Enerjisi Uydusu
SRSI: Self-sufficient Replicating Space/Kendi kendine yeten ve kendini türetebilen Uzay
SSA: Space Situational Awareness /Uzay Durumsal Farkındalık
STARS-C: Space Tethered Autonomous Robotic Satellite – Cube/ Uzay Bağlı Otonom Robotik Uydu – Küp
STARS-E: Space Tethered Autonomous Robotic Satellite – Elevator/ Uzay Bağlı Otonom Robotik Uydu – Asansör
STMD: Space Technology Mission Directorate/Uzay Teknolojisi Misyon Müdürlüğü
UBİTEK: Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Komitesi
UKSA: İngiltere Uzay Ajansı

UNCLOS: Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi

UNOOSA: Office for Outer Space Affairs /Dış Uzay İşleri Ofisi

UTEB: Uzay Teknolojileri ve Eğitim Birliği

UUI: Uluslararası Uzay İstasyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Uzay aracı yakıtı olarak suyun kullanımı	38
Şekil 2. Uzay cisimlerinde suyun varlığı	38
Şekil 3. Platinin farklı sektörlerde yaygın kullanımı	39
Şekil 4. Ay enerjisi sistemi.....	43
Şekil 5. 3D Baskı Çalışmaları	52
Şekil 6. 3D Konaklama Kurulumu	52
Şekil 7. 3D ile kurulan Konaklama & Koruma	52
Şekil 8. Tech çalışmasından, 500 tonluk bir asteroidi yakalayan uzay aracı	53
Şekil 9. Küçük asteroid yakalanması (NASA/JPL).	54
Şekil 10. Robotik kaya yakalama seçeneği (NASA/AMA,Inc.).	54
Şekil 11. Güneş enerjisi sağlayan tertibat yapılandırması (Credit:NASA/JPL).....	54
Şekil 12. Kaynak çıkarma matkabı	56
Şekil 14. Kaynak çıkarma Aracı 2	57
Şekil 13. Kaynak çıkarma Aracı 1	57
Şekil 15. Uzay asansörünün kavramsal figürleri.....	58
Şekil 16. Ay Enerjisi Sistemi 2.....	61
Şekil 17. Uzay çöpleri ve enkazı	70

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Uzay yatırımlarından türemiş sosyo-ekonomik etkilerden yararlanmakta olan seçilmiş sektörler	6
Tablo 2. Uzay yatırımlarından elde edilen olumlu etki türleri.....	6
Tablo 3. Uzay sektörünün içindeki ve dışındaki uzay yatırımlarından türemiş faydalar.....	7
Tablo 4. Ülkelerin Uzay Bütçeleri.....	18
Tablo 5. Kablo ekme tasarımının mevcut teknolojik durumu.....	59

GİRİŞ

Uzay, insanlığın doğası gereği evrende yaşam anlayışımızı geliştirmek için arayış ve buluşların merak kaynağı; teorilerin, hipotezlerin ortaya atıldığı; keşiflerin yeri... olarak insanlığın hayal gücünü ele geçirmiştir. Ancak günümüzde uzay, bilim adamları, teknoloji uzmanları ve en önemlisi girişimciler tarafından “uzay nedir?” sorusunu cevaplayarak merak giderme için yaratıcılıklarını ve zenginliklerini yatırım yaptıkları alan olmaktan daha ziyade, giderek artan ekonomik fırsatların sınırı olarak görülmekte ve değerlendirilmektedir. Bu ekonomik fırsat kavramını açacak olursak; dünya kaynaklarının sınırlı doğası ve bunları ikame edecek kaynakların geliştirilmesi dolayısıyla bu durumdan kaynaklı çevresel ve sosyal maliyetlerin artması, iktisatçılar ile bilim adamlarının ortaklaşa yürüttüğü uygulanabilir çözümlerin ve önceliklerin listesine “uzay kaynaklarını” dahil etmeleri, onların erişimi, kullanımı söz konusudur. Hatta yakın gelecekte ülkelerin ekonomik, siyasi ve teknolojik rekabetinde tarafların hangisinin güçlü, gelişmiş olup olmadığını ileri uzay faaliyetlerinin ve yatırımlarının göstereceği ve kanıtlayacağı söylenmektedir. Başka bir deyişle, uzay bilim adamlarının iddia ettiği, ortaya çıkacak yeni bilimlerle Dünya’nın siyasi, ekonomik ve eğitsel durumunun iyileşmesi, uzay kaynaklarını kullanma yeteneğine dayanacaktır. Sadece 16 Psyche gibi büyük asteroidin milyon yıl boyunca mevcut tüketim oranlarında insanlara yetecek kadar metal içerdiği düşünülürse, güneş sistemindeki kaynaklar, Dünyadaki kaynaklara kıyasla neredeyse sonsuzdur. Sürekli tüketim ve kullanımın sonucu olarak yeryüzünün kaynak kıtlığıyla yüzleşmesi zaman meselesidir ve tartışılmazdır. Kaynakların fiziksel kıtlığı, giderek fiziksel rezervlerle takviye edilmezse, ileride kaynakların ekonomik kıtlığına sebep olacaktır, yani fiziksel kıtlık ekonomik kıtlığı doğuracaktır. Daha açık bir ifadeyle, kaynakların azalması; azalan kaynakların çıkartılmasının zorluğu ve yüksek maliyetleri; üreticileri mal ve hizmetlerini yüksek fiyattan sunmasına mecbur edecektir bu sebepten talep eğrisinde tüketicilerin yüksek fiyatları ödemeyi reddedeceği nokta ortaya çıkacaktır, dolayısıyla o noktada kaynakların ekonomik kıtlığı fiziksel kıtlığını geçmiş, Uzay kaynaklarına başvurulması kaçınılmaz hale gelmiş olacaktır (Lee, 2012, s. 316). Dünyada çoğu ülkede artık uzay ajansları, kurumları vardır ve onların işi bir tek uzaya roket, uydu uçurtmak değil, bunun dışında bu kuruluşlar çok daha geniş çapta çalışmalar yapmakta

ve asıl amaçları uzayı dünyanın lehine kullanmaktır. Uzay sektörü, insanlığa toplumsal ve ekonomik anlamda önemli derecede fayda sağlayan yeni bir sektördür. Uzaya sektörüne yönelik faaliyetler, aynı zamanda yeni sanayi kollarının oluşmasına ve dolayısıyla istihdam olanaklarının artmasına da katkı sağlamaktadır. Günümüzün uzay sektörü; uydu üretimi ve hizmetini sunan, uzay mekiği üretimini yapan, uzaya yönelik faaliyetlerin yürütülebilmesi için gerekli altyapıyı kuran, uzay turizmini gerçekleştirmeye, söz konusu uzaya, yönelik her tür araştırma faaliyetlerini yürüten tarafları bünyesinde barındıran bir sektör konumundadır. Uzay çalışmaları malzeme bilimi, tıp ve insan biyolojisi, elektronik, bilgisayar, tahrik sistemleri, enerji üretimi, nanoteknoloji, iletişim, hava tahmini, atık geri dönüşümü sistemleri, jeoloji vs. gibi birçok hayati önem taşıyan konularda araştırmalar yürütmekte ve gerektirmektedir.

Uzay Ekonomisinde Uzay Madenciliği ise her ne kadar geleceğin kaynak sorunları için umut vaat edici olarak gözükse de yatırım ve finansman faaliyetleri ile sıkı ve adil yönetim kapsamındaki açıklıkların kapatılması gerçekleşmeden bu eyleme girişim tam tersine ciddi ve siyasi sorunlar doğurabilecek, bu bağlamda bizi hayal kırıklığına götürebilecektir. Uzaydaki her şey insanlığın evrensel ortak varlıklarıdır. Madencilik fırsatlarından eşit derecede faydalanmak, Devletlerin ekonomik ve teknolojik koşullarına bakılmaksızın, herkesin hakkıdır. Ancak bilindiği üzere, mali güçlerin eşitsizliği, uzay madenciliği ve yatırım faaliyetlerinin ne şekilde yürütülebileceği konusu üzerine senaryoların eksikliği, iş birliğinin yapılması durumunda tarafların menfaatlerinin dağılımının ne şekilde adil olup olmadığı hususunda yasal hükümlerin bulunmaması vs. birçok uzaycıların ortak çözümler bulmada çalışmalar yürütmesine sebep olmuştur, aynı zamanda bu çalışmada da detaylı bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı Uzay Madenciliği kavramını detaylandırmak, okuyucuların uzaya olan merakını daha da arttırmayı sağlamak ve günümüz şartlarının iyileşmesinin ve kolaylaşmasının sebebinde uzayın önemli derecede katkısının olduğunu göstermek, farkındalık yaratmak, gelecekteki karşılaşılabileceğimiz sorunların çözümünün uzayda, uzay çalışmalarında olduğunu ve bu yüzden de uzay alanında aktif katılım sağlanması gerektiğini vurgulamaktır. Bu amaç çerçevesinde çalışma 3 bölümden oluşturulmuştur: 1- Uzay Piyasası ve Ekonomik Açısından Değerlendirilmesi, 2 - Uzay Madenciliği, 3 - Uzay Finansmanı.

Böylelikle, “uzay nedir?” sorusunun yerini “neden uzay?” sorusunun almış olduğu, cevaplarının ise Uzay Madenciliği kavramında yer aldığı, yakın zamanda da uygulamaya geçmesi beklenildiği dönemine girmiş bulunmaktayız.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. UZAY PİYASASI VE EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

1.1. ASTROFİZİK OLARAK UZAY

Bilindiği üzere Dünya ötesi Uzaydır. Ancak, bilimsel olarak bunun bir sınırlandırılması ve ölçümü vardır. Bununla ilgili bazı yaklaşımlar, sınırın Dünya yüzeyinden yaklaşık 80–85 km uzaklıkta olan “meteorolojik atmosferden” başladığını ve aynı zamanda "hava sahası" ifadesinin “havanın var olduğu bölge” olması gerektiğini savunmuştur. Uzay Araştırmaları Komitesi'nin (COSPAR) temsilcileri, Dünya üzerindeki uzayın üç bölgeye bölünmesini önermiştir; ilki en alt katman olan Devletlerinin kendi "hava sahası" olarak tam egemenliğini uygulayabileceği ilk 50 veya 60 km ye kadar olan sınırdır. İkinci bölge, yeni özel yasal rejime tabi olan, "hava sahası" ile Dünya'nın yaklaşık 100 km yukarısındaki yükseklik arasında yer alan "mezospace". Üçüncü bölge ise, Dünya yüzeyinin 100 km ötesinde uzanan dış uzaydır. Devletler tarafından savunulan en yaygın öneri ise, şu anda, Dünya'nın yörüngesinde dönen bir uydunun en alt kenarına dayanan Dünya yüzeyinin 110 km yukarısında olan sınırdır. COSPAR tarafından yapılan çalışmalar gibi çeşitli araştırmalar, deniz seviyesinden 100 km yüksekliğin altında uyduların yörüngede devam edemeyeceklerini ve Dünya'ya düşeceklerini göstermiştir ve dolayısıyla, Uzayın Dünyadan 110 km ötesi olarak tanımlanması uluslararası hava hukukunun koşullarıyla uygun kabul görmüştür (Lee, 2012, s. 200).

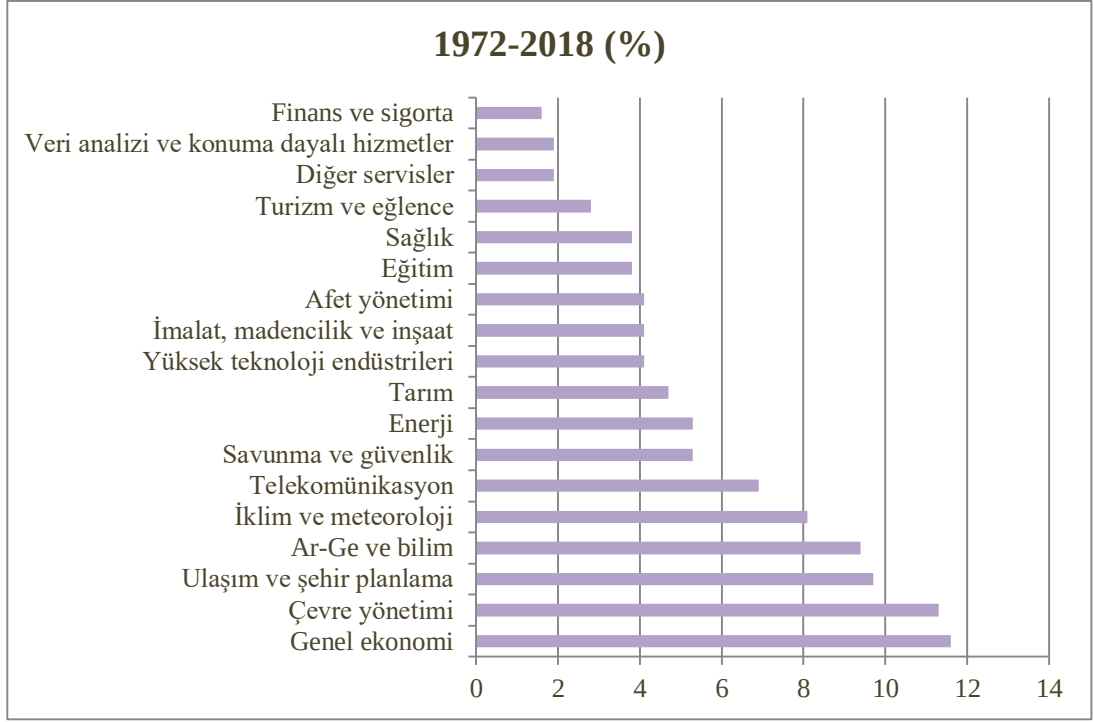
1.2. UZAY EKONOMİSİ KAVRAMI

Dünya atmosferinin dışında (ya da son katmanlarında) yürütülen faaliyetler ve faaliyetlerden kaynaklı ekonomik, sosyal, askeri veya bilimsel hedefler çerçevesinde faydaların sağlanması, Uzay Piyasasını oluşturur (Bozkurt & Ercan, 2016, s. 3). Uzay Piyasasının sağladığı mal ve hizmetlerin tüketicilerle buluşması; aynı zamanda günümüzün ve gelişmekte olan geleceğin ileri uzay faaliyetleri ve teknolojileri adına

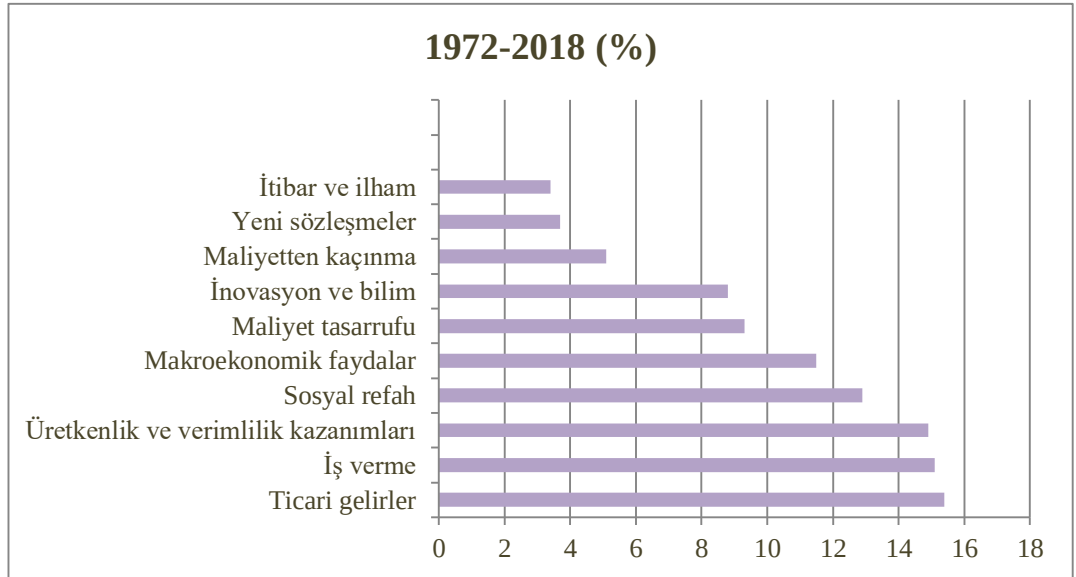
atılan adımlar, çeşitli firmaları birbirine bağlayarak hizmet sağladıkları endüstriler etrafında Uzay Ekonomisini oluşturur (Sheetz, 2019). Daha açık bir ifadeyle, kendinde her çeşit faaliyetleri: uzayı keşfetme, anlama, yönetme ve kullanma bağlamında, insanlığa değer ve yarar sağlayan ve yaratan, sürekli değişen ve gelişen dinamik eylemlerin tümü Uzay Ekonomisidir. Bu sebeple uzay ekonomisi, araştırma ve geliştirmeden, uzay altyapısının üretimi ve kullanımından (yer istasyonları, fırlatma araçları ve uydular) uzay destekli uygulamalara (navigasyon ekipmanı, uydu telefonları, meteoroloji hizmetleri vb.) ve bilimsel bilgilere kadar geniş yelpazede yer alan uzayla ilgili ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi, sağlanması ve kullanılmasıyla ilgilenen tüm kamu ve özel aktörleri içerir. Bu aynı zamanda uzaydan türetilmiş ürün, hizmet ve bilgilerin ekonomi ve toplum üzerindeki gittikçe yayılan ve sürekli değişen etkilerini (hem nicel hem de nitel) içerdiğinden, uzay ekonomisi uzay sektörünün kendisinin de ötesine geçmiş durumdadır (OECD, 2019, s. 32).

Uzay Faaliyetlerinin - Teknoloji Transferlerinin - Küresel Ekonomi Üzerindeki Etkileri

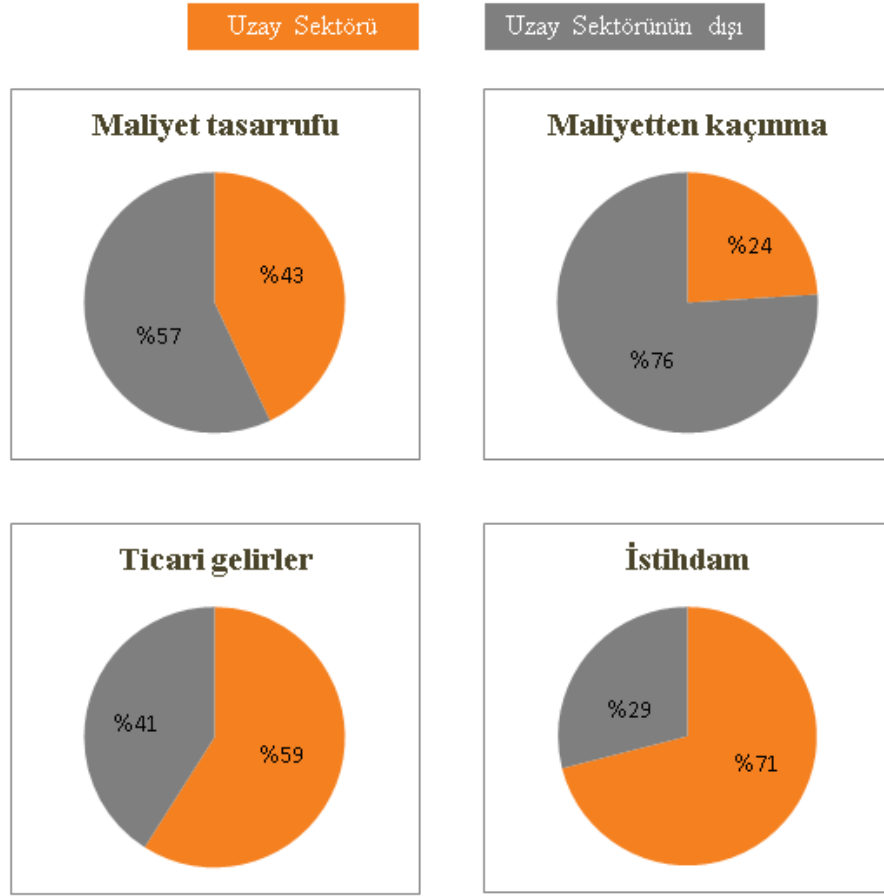
Uzayın faydaları sadece uzay piyasasında faaliyet gösteren katılımcıları etkilememekte, birçok çalışma, uzay dışı firmalar üzerinde ve daha geniş toplumsal düzeyde faydaların olumlu etkilerini rapor etmiştir. Maliyet tasarrufu ve maliyetten kaçınma durumları buna örnektir. Tüm maliyet tasarruflarının yaklaşık %57'si ve maliyetten kaçınma durumunun dörtte üçünden fazlası uzay piyasasının ötesinde gerçekleşmektedir. Söz konusu, bu kategorilerdeki faydalar genellikle uzay teknolojilerinin diğer alanlara uygulanmasından, Teknoloji transferinden, kaynaklanmakta ve bu da işletme maliyetlerinin düşmesine neden olmaktadır. Maliyetten kaçınma, çevre yönetimi, meteoroloji ve afet yönetimi kapsamındaki uygulamalarla da büyük ölçüde bağlantılıdır. Çoğu zaman uydu verilerine dayanarak sağlanan bilgiler, ekonomik veya sosyal maliyet ve kayıpları önleyerek tahminlerin ve karar vermenin iyileştirilmesini mümkün kılmaktadır. Aynı şekilde, uzay yatırımlarının ticari gelirler ve istihdam üzerindeki olumlu etkileri uzay firmalarında daha sık görülmektedir. Gelir üzerindeki etkilerin yaklaşık %59'u ve istihdam yaratma üzerindeki etkilerin %71'i uzay sektöründe ölçülmüştür (OECD, 2019, s. 45).



Tablo1. Uzay yatırımlarından türemiş sosyo-ekonomik etkilerden yararlanmakta olan seçilmiş sektörler (OECD, 2019, s. 45).



Tablo 2. Uzay yatırımlarından elde edilen olumlu etki türleri (OECD, 2019, s. 46).



Tablo 3. Uzay sektörünün içindeki ve dışındaki uzay yatırımlarından türemiş faydalar (OECD, 2019, s. 46).

Uzay teknolojisi transferinin örnekleri

Bir sektörde ortaya çıkan teknolojinin başka bir sektörde uygulama bulduğu sürece teknoloji transferi denir. Terim "bil-yap, beceriler, teknik bilgi, prosedür, yöntemler, uzmanlık veya teknolojinin bir organizasyonel ortamdan diğerine hareketini" belirtir. Uzay kuruluşları giderek daha fazla uzay teknolojisi transferlerinin örneğini kaydetmektedirler. Sağlık, ulaşım, tüketim malları, hava kalitesi kontrolü ve kamu güvenliği gibi uzay teknolojisinden etkilenmiş alanlar bunlardan sadece birkaçıdır. Hatta bazı durumlarda, teknolojiler, uzay programlarında belirli bir sektördeki net ihtiyaçları ele almak için önceden belirlenmiş bir hedefle geliştirilmektedir. Bazı alanlarda ise, uygulama ve ticarileştirme fırsatları daha sonra farklı alanlarda ortaya çıkan beklenmedik kullanımlar ile ortaya çıkmaktadır. Örneğin,

Uzay Mekiği/Space Shuttle programı fırlatılmasından itibaren on yıllar boyunca farklı alanlarda birçok sektörü etkileyebilmiştir. Shuttle ve işlemleştirmesine hizmet etmek için geliştirilen teknolojilerin çoğu yıllar boyunca sağlıktan ulaştırma ve tüketim mallarına kadar çok sayıda alanı etkilemiştir. NASA, 1976 ve 2018 yılları arasında başarıyla geliştirilen yaklaşık 2.000 ticari ürün ve hizmeti belgelemiştir. Bunların çoğu, 41 yıl boyunca yılda ortalama 18 ürün ile imalat ve tüketici ürünleri sektörlerinde kaydedilmiştir (OECD, 2019, s. 128). Teknoloji transferlerinin sayısız örnekleri var: NASA'nın uzay faaliyetlerini sürdürmek için icat ettiği aletleri kameralı cep telefonları, su arıtma sistemi, elektrik süpürgeleri, kablosuz kulaklıkları, dizüstü bilgisayarları, GPS (Jet Propulsion Laboratory, 2019), yapay uzuvları, led lambası, güneş enerjisinden yararlanma teknolojileri, iletişim ve interneti, nike atletik ayakkabıları, kızılötesi kulak termometreleri, geliştirilmiş Radyal Lastikler, dondurarak kurutma teknolojisi, toz yağlayıcılar, taşınabilir kablosuz vakumlar vb. (Wachowicz & Bury, 2017, s. 3).

Mevcut durumda ticari uzay piyasası ve ekonomisi televizyon, mobil iletişim, geniş bant ve veri bağlantıları vs. gibi uyduların sağladığı hizmetler ve ürünler tarafından hükmedilmektedir. İlgili diğer sosyo-ekonomik uygulama sektörleri ise ulaşım ve kamu güvenliği, çevre ve kaynak yönetimi, sağlık ve tıp ve bilgisayar teknolojileridir. Yirmi yıl kadar önce, Avrupa Uzay Ajansı, uzay teknolojilerine dayalı en fazla ticari ürün geliştiren sektörleri haritalamıştır. Bunlara yazılım çözümleri, mühendislik, enerji, tıbbi uygulamalar, nakliye, güvenlik ve emniyet vs. örnektir. ESA İş Kuluçka Merkezleri'nin programında 1990-2006 yılları arasında kaydedilen transferlerin analizi, uzay bilimleri, fırlatma programları, insan uzay uçuşu ve telekomünikasyondan yapılan transferlerin en fazla sayıda yeni ticari ürün ürettiğini göstermiştir. Farklı sektörlerle transfer edilen uzay teknolojisi transferlerinin daha yeni belgelenmiş ESA uygulamaları, örneğin, hastane yoğun bakım servislerindeki hava temizleme sistemleri, madencilerin güvenliğini artırmak için tünel kayalarının radar araştırması ve yarış yatlarından koşu ayakkabısına kadar çok çeşitli ürünler için geliştirilmiş malzemeleri içermektedir (OECD, 2019, s. 57). Belçika'nın Flanders bölgesinde, örneğin, coğrafi sınırlama ve uydu iletişimi, tramvay ağındaki yeraltı sensörlerinin yerini almıştır. Tarn'da (Fransa), şehrin içme suyunu ve bu malzemelerin gerçek zamanlı yönetimi ve güvenliğini sağlamak için bir uydu iletişim sistemi kullanılmaktadır (Bockel, 2018, s. 10).

Uydu verileri söz gelimi, ekonomide ve tüketimde son derece önemli olan tarımsal verimliliğin incelenmesine, öğrenilmesine katkı sağlamaktadır. Örneğin, kuzeydoğu Iowa'da arazi kullanımı ve tarımsal üretimle ilgili bilgi üreten uydulardan gelen verilerin etkisi üzerine yapılan araştırmada, bulguların uzay verilerinin 2001 ve 2010 yılları arasında yılda yaklaşık 860 milyon dolar (2010 yılının dolar değeriyle) fayda sağladığını göstermiştir ki bu 2013 yılında toplam 38,1 milyar dolar değerine ve 8,8 milyar dolar değerinde tahmini fayda akışına karşılık gelmiştir (NASA fonlarının %23'üne tekabül eder).

Başka sosyo-ekonomik faydalara örnek vermek gerekirse, suyun temel ihtiyaç olması, aynı zamanda üretimde sektörlerin faaliyetlerini sürdürmesinde temel kaynak olması, NASA bilim adamlarını, UUI (Uluslararası Uzay İstasyonu) için su filtreleme sistemini, daha sonra Water Security Corporation tarafından Afrika'daki kırsal köylere ve başka da birçok bölgelere temiz ve uygun fiyatlı içme suyu sağlayan (solunum, ter ve idrardan gelen atık sularını içilebilir hale dönüştüren) teknoloji – Water purification System - geliştirmesine yol açmıştır (Lickfold & Jetter , 2018, s. 5).

Gezegeneğimizin birçok yerinde, depremler, tsunamiler ve siklonlar gibi ciddi felaketler ile yüz yüze karşılaşılabiliyoruz, bu da yaşam, servet ve bazı durumlarda ülkeler ve değerli kültürel mirasları tarafından on yıllarca süren ilerlemelerin kaybına/yıkımına neden olabilmektedir. Bazı devletler deprem veya şok dalgası yayılımını tahmin etmek için uydudan görüntüler kullanarak, yeterli uyarı ile insanların daha güvenli bölgelere taşınabilmesi için, deprem tahmini üzerinde çalışmaktalar. Uzay teknolojisi aynı şekilde volkanik patlamaların, toprak kaymasının, çığların, ani sellerin, fırtınaların, kasırgaların tahmin edilmesi ve modellenmesi için de kullanılabilmektedir (Kalam, 2008, s. 7). Başka da uydu görüntülerinin biyolojik çeşitlilik, ormansızlaşma ve vahşi yaşam için potansiyel yaşam yerlerinin tanımlanması; gerçek zamanlı olarak kasırgaların konumlarını, hızlarını ve boyutlarını gösteren öngörücü modeller ve elde edilen veriler ve bilgilerle şehirlerin bu duruma hazırlanması ve önlemlerin alınması vs. gibi birçok çevresel sorunların çözüme kavuşmasına katkı sağlamaktadır. Uzay havası gözlemleri, güneş fırtınası ve koronal kitle atıkları gibi Dünya'yı etkileyebilecek güneşin, gezegensel ve gezegenler arası çevrelerin izlenmesini sağlamaktadır. Bu olaylar, elektrik arızasına neden olabilen, radyo iletişimini engelleyebilen, Global Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS)

sinyallerini değiştiren, uzay ve/veya yer tabanlı insan faaliyetlerini ve altyapısını ciddi şekilde etkileyebilen kozmik ışınlar ve enerjik parçacıklar üretebilmekte, yansıtılabilmektedir veya jeomanyetik fırtınalara neden olabilmektedir. Uzay hava tahminleri, uçuşları yönlendirerek veya iptal ederek, savunmasız altyapıyı güvenli moda geçirerek hasarı azaltmayı veya önlemeyi mümkün kılmaktadır (OECD, 2019, s. 128).

Sağlık sistemleri gelişmekte olan ekonomiler için önemli bir sektörü temsil etmektedir ve uzay teknolojisi transferiyle ilgili yıllar boyunca sektörde belirli zorlukların üstesinden gelmek için spesifik uydu teknolojilerinin kullanımı gösterilmiştir. Örneğin, 1990 yılında tıp endüstrisi tarafından ticari olarak geliştirilen kardiyak görüntüleme sistemi, NASA dünya kaynakları araştırma uydularındaki kamera teknolojilerinden türetilmiştir. Genel olarak, farklı uzay kurumlarındaki tıbbi uygulamalara uzay teknolojisi transferlerinin kaydedilmiş birçok rneği vardır. 1980'lerin başlarında ilk Fransız insan uzay uçuşları sırasında geliştirilen ultrason problemlerine dayanarak, yenilikçi ekokardiyografi problemleri geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir ve biriken satışları yaklaşık 200 milyon Euro civarında olmuştur. Uzay teknolojisi, uzak bölgelerde yaşayan nüfuslara temel tıbbi hizmetler, danışmanlık ve hasta verilerinin uzmanlarla paylaşılmasını sağlamaktadır. Epidemiyoloji, hastalıkların ve hastalık taşıyan böceklerin yayılmasını izlemek için uydu görüntülerini kullanan bir diğer alandır. Başka bir rnek, Fransa uzay ajansı (CNES) şu anda bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek için tele-epidemiyoloji alanında dünya gözlemini kullanan birkaç proje yürütmektedir. CNES, salgınları izlemek, tahmin etmek ve önlemek için iklim, evre ve sağlık ilişkileri arasındaki bağlantıya dayanan belirleyici bir yaklaşım geliştirmiştir. Çevresel değişkenleri uydu görüntüleri ile birleştirerek, hastalık taşıyan böceklere maruz kalmayı takip edebilen tahmini risk haritaları çizmek mümkündür. Bu kavram şu anda sıtma (Arjantin, Burkina Faso, ad, Mali ve Senegal), bilharzia (Çin Halk Cumhuriyeti), vibrio (Akdeniz havzası) ve dang (Arjantin ve Martinik) difüzyonunu izlemek için uygulanmaktadır (buradaki fikir, farklı çevresel özelliklere sahip farklı yerlerde daha geniş hastalıklara uygulanabilen erken uyarı sistemleri geliştirmektir) (OECD, 2019, s. 128). 1963 Nisan'ında Relay haberleşme uydusu ile Bristol'deki (İngiltere) bir hastanın beyin dalgalarının, birkaç dakika içinde New Jersey'e (ABD) gönderilmesi,

orada incelenerek teşhisin yine aynı yoldan İngiltere'ye bildirilmesi, sorunların hızlı ve önemli bir şekilde çözüme kavuştuğuna örnektir (Bozkurt & Ercan, 2016, s. 4).

Küresel uzay sektörü 2017 yılında dünya çapında yaklaşık 1 milyon kişiyi istihdam etmiştir. ABD'de yaklaşık 350.000 tam zamanlı çalışan, Rusya Federasyonu'nda 200 000 ve Avrupa'da yaklaşık 60.000 çalışan aktiftir. Bunlar sadece tahminlerdir, çünkü ayrıntılı resmi istatistikler her ülke için mevcut değildir. Uzayla ilgili istihdam, uzay idarelerinin ve kamu tarafından finanse edilen araştırma ve geliştirme programlarının (uzay ajansları, sivil ve savunma ile ilgili kuruluşlardaki uzay departmanları), ana/temel uzay imalat endüstrisinin (roket, uydu, yer sistemleri kurma), endüstriye ve daha geniş uzay hizmetleri sektörüne doğrudan tedarikçilerinin (özellikle ticari uydu telekomünikasyonları) yönetilmesine ilişkin sorumlulukları olan kamu idarelerindeki işleri içerir. Bu tahmine, üniversiteler veya askeri personel gibi uzay programlarında doğrudan veya dolaylı rol oynayan diğer önemli katılımcılar dahil değildir. Avrupa'da, uzay imalat sektörü istihdamı dönem içinde sürekli artmış ve 2017'de yaklaşık 43.000 tam zamanlı çalışana ulaşmıştır. Kuzey Amerika'da 2017 yılında uzay imalatında 80.000 kişi istihdam ederken, Kanada yaklaşık 5.000 kişiyi istihdam etmiştir. Asya'da, 2008'den beri Japonya 9000, Kore ise yaklaşık 3.000 işçi çalıştırmaktadır. Dünyanın en büyük uzay programına sahip ülkelerden biri olan Çin Halk Cumhuriyeti'nde, istihdama ilişkin verilere kolayca erişilememektedir. Çin Ulusal İstatistik Bürosu'na göre, Çin uzay imalatında 2016 yılında devlet işletmelerinde yaklaşık 26.000 kişi istihdam edilmiştir (bu, 2008'e kıyasla küçük bir değişikliği ve muhtemelen çok az değerlendirilmiş bir tahmini temsil etmektedir).

Teletıp gibi eğitim de tele eğitim sayesinde uzak bölgelerde yaşayan nüfusa ulaşmanın bir yolu olarak uydu bağlantısından yararlanılmaktadır. Bazı ülkelerde, mobil öğrenme merkezleri ve okullar - giderek sınıflar, kurslar, interaktif alıştırmalar ve eğitimler de dahil olmak üzere uydudan farklı öğrenme hizmetleri yoluyla aktarılan yer istasyonları ile donatılmıştır. Onlar tek yönlü TV yayını, video/bilgisayar konferansı ve web tabanlı talimatlar gibi çok çeşitli etkileşimli eğitim kanalları aracılığıyla sunulmaktadır (OECD, 2019, s. 128).

Apollo uzay görevi için NASA, ay yüzeyinin altından toprak numunesi çıkarabilen taşınabilir, bağımsız matkaba ihtiyaç duymuştur. Bunun üzerine Black & Decker, matkabin motorunu tasarlayarak minimum güç tüketiminin sağlanmasına, bu

da Dustbuster adlı kablosuz minyatür elektrikli süpürge'nin geliştirilmesine yol açmıştır (Wachowicz & Bury, 2017, s. 3).

Tüm bunlar genel olarak uzay programlarından dolayı etkiler olarak tanımlanabilmekte ve şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Teknolojik etkiler: uzayla ilgili yeni teknolojinin alıcı aktörler tarafından doğrudan uygulanmasıyla üretilen etkiler.
- Ticari etkiler: ağ ve itibar etkileri.
- Örgütsel etkiler: yeni teknolojilerin geliştirilmesinde ve kullanılmasında uzay ve uzay dışı katılımcılar arasındaki iş birliğinden türemiş deneyim ve bilgi birikimi.
- İş faktörü etkileri: Yeni beceriler, yetenekler ve uzmanlık edinen çalışanların, çalıştıkları kuruluşun diğer departmanlarına olan etkileri.

Genel anlamda hem yeryüzünde hem uzayda yürütülen uzay araştırmaları ulaşım ve araştırmaları, meteoroloji, kirlilik kontrolü, jeodezi, yağmur ormanlarının korunması, tıp/sağlık, eğitim, askeri, tarım, havacılık ve üretim teknolojileri vs. gibi birçok ekonomiye doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan sektörlerle fayda sağlamış, güvenlik, konfor ve rahatlığı artırarak Dünya yaşamının üzerinde derin bir etkiye sahip olmuştur. Günümüzde tüm endüstriler; bilgisayar sistemleri, doğal kaynakların haritalaması vs. uzay teknolojisi üzerine inşa edilmiş durumdadır. Havacılık endüstrisinde neredeyse tüm uçak ve sistemleri uzay ajansları tarafından geliştirilen teknolojileriyle işletilmektedir (Cruddas, 2015). Uzay ajanslarının faaliyetlerini sürdürmek için yeni teknolojiler icat etme motivasyonu olmadan bu yardımcı (auxiliary) faydaların birçoğu günümüzde belki de gerçekleşmemiş olacaktı.

Sonuç olarak, Uzay gittikçe genişleyen ekonomik aktivitelere olanak sağlamakta, geleneksel sistemleri de ikame etmektedir (Bockel, 2018, s. 10). Ve bütün bunları göz önünde bulundurursak, uzay ekonomisinin uzay sektörünün kendisinin de ötesine geçtiğini söylemek yanlış olmayacaktır.

Uydu endüstrisinin ötesinde, ticari uzay, ayrıca insanlı uzay uçuşu, platformlar, imalat, madencilik ve kaynak kullanımı ve diğer pazarları da içerir. Bu pazarlar nispeten erken aşamalarında ve ilk yatırımlarını çekmektedirler. Bu pazarların nasıl gelişeceğini kesin olarak tahmin etmek şu an için mümkün değildir. Belirsiz, öngörülemeyen talep doğal olarak beraberinde riski getirir, yüksek sermaye

harcamalarını gerektirir. Bu yüzden başta telekomünikasyon olmak üzere uzay destekli hizmetler, karlılığın genellikle marjinal olduğu uydu üretim ve fırlatma hizmetlerinden daha kazançlı olma eğilimindedir (Bryce Space and Technology, LLC, 2017, s. 11).

1.3. UZAY KULLANIMINA YÖNELİK ARTAN İLGİ

1.3.1. Yatırımlar

Son zamanlarda toplumda uzay faaliyetlerinin doğrudan ve dolaylı yararlarının bilincine varılmasını, ilgi ve farkındalığın artmasını sayılarla ifade etmek gerekirse, 2012'den 2017 yılları aralığında uzay girişimlerine yapılan yatırım (10.238,3 milyon ABD doları), 2000-2012 yılları aralığındaki toplam yatırımdan (3.688,7 milyon ABD doları) yaklaşık üç kat daha fazla olarak gerçekleşmiştir (global olarak) (Bockel, 2018, s. 10). Euroconsult'ın Hükümet Uzay Programları 2019 raporuna göre, küresel hükümet uzay bütçeleri beş yıllık %5,75'lik büyüme oranını elde ederek 2018'de toplam 70,9 milyar ABD doları olmuştur. Dünya gözlemi (meteoroloji dahil) en yüksek fonlu uzay uygulamasıdır, sivil ve askeri yararları nedeniyle de genellikle gelişmekte olan ülkeler için ilk yatırım alanıdır. İnsanlı uzay uçuşu gibi ileri uzay faaliyetlerinde, 11,6 milyar dolar ile, BAE ve Hindistan dahil, kendi uzay programlarını yürüten dokuz ülkede yatırımlar önemli derecede artış göstermeyi devam etmektedir. Tam olarak uzaya yatırım yapan devletlerin sayısı 2018'de rekor kaydederek 88'e ulaşmış ve bu sayı halen artmaya devam etmektedir. Ve on yıl önce bu durum bu rakamın yarısından biraz daha fazlasıydı. Sadece 2018'de Türkiye, Lüksemburg, Avustralya, Zimbabve, Yunanistan ve Portekiz dahil olmak üzere altı yeni uzay ajansı kurulmuştur. Hükümetlerin uzayı ulusal, sosyo-ekonomik, stratejik ve teknolojik gelişmelerini desteklemek için değerli bir yatırım olarak görmesi, dolayısıyla maddi anlamda yatırımlarını artırması, onların uzay varlıklarının ülkelere sosyo-ekonomik faydalar sağladığını kabul ettiğinin göstergesidir (Seminari, 2019). Uzay sektöründe, startup öz sermaye yatırımları 2018'de yaklaşık 3-3,25 milyar ABD doları olmuştur. 2011'de 200 yatırım anlaşmasından 2017'de 1.400'ün üzerine çıkarak yatırım işlemlerinin sayısı da küresel olarak artmıştır. 1950'lerin ve 60'ların ilk uzay

programlarından bu yana, özel aktörler artık yenilikçi malzeme, teknoloji ve süreçlerin kullanımında giderek daha fazla öncülük etmektedirler (OECD, 2019, s. 34).

1.3.2. Gelirler

Ticari uzay pazarı hızla büyüyerek, 2001 ve 2011 yılları arasında, uzay taşımacılığı ve ilgili sektörlerdeki ekonomik faaliyetleri %239 artmıştır. 2015 yılında küresel uzay pazarı 323 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Bockel, 2018, s. 10). 2014'ten 2019'a kadar olan gelirlerdeki ana artış, özellikle konumlandırma ve navigasyon ekipmanı tarafından itilen tüketici toprak ekipmanlarının gelişiminden kaynaklanmaktadır. Bryce şirketinin 2019 Uzay Endüstrisi Durumu raporu (ABD Uydu Endüstrisi Birliği tarafından) tahmini 277 milyar ABD Doları gelirin yaklaşık %87,8'inin uydu kapasitesine dayalı faaliyetlerden kaynaklandığını göstermiştir. Uzay ekonomisi gelirlerinin büyük bir kısmının, 126,5 milyar ABD doları, ticari uydu hizmetlerinden, yani toplam gelirlerin %45,6'sı, kaynaklandığı düşünülmektedir (uydu sabit servisleri 17,9 milyar dolar, mobil uydu hizmetleri 4 milyar dolar; uydu radyosu 5,8 milyar dolar; uydu geniş bandı 2,4 milyar dolar; ticari uzaktan algılama 2,1 milyar dolar ve uydu televizyon hizmetleri de 94,2 milyar dolardır). Gelirlerin en büyük ikinci payı (125,2 milyar ABD doları, tahmini uzay ekonomisinin %45'i) konumlandırma, navigasyon ve zamanlama (PNT) sinyallerini (93,3 milyar ABD doları) alan cihazlar ve yonga setlerinden, uydu televizyon antenlerinden (18,1 USD), tüketici ekipmanı ve çok küçük delikli terminaller ve ağ geçitleri (13,8 milyar) gibi diğer ağ ekipmanından oluşmaktadır. Genel olarak bu sektörler tüketici elektroniği şirketleri tarafından hükmedilmektedir. Uzay sistemlerinin imalat gelirleri 19,5 milyar ABD Doları, yani toplam gelirlerin %7'si olarak değerlendirilen, ticari araç fırlatma endüstrisi 6,2 milyar ABD Doları'nı (yani toplamın %2,2'sini) temsil etmektedir. Bunlar diğer bütünlerin temeli, dijitalleşme ve yeni gelenlerin artan rekabetinden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Bu sonuçları önceki 2014 raporuyla karşılaştırdığımızda, gelirler 246 milyar dolar (orijinal raporda 2014 doları değeriyle 203 milyar dolardır) olmuştur. Uydu navigasyon, konum ve zamanlama cihazları ve ilgili büyütme hizmetleri, 2015-2020 yılları arasında yıllık %6'dan fazla büyüyebileceği tahmin edilmiştir. Karşılaştırıldığında, köklü küresel ticari havayollarından elde edilen

gelirler, 2018 yılında 821 milyar ABD doları tutarında net karla 32,3 milyar ABD doları olmuştur (OECD, 2019, s. 34).

O'Sullivan Harvard Business Review'ın yayınladığı röportajda iki farklı uzay ekonomisine atıfta bulunmuştur. O, bir yandan dünya odaklı uzay faaliyetlerinin - telekomünikasyon ve gözetim vs. - yürütülmesi gerektiğini açıklamakta, öte yandan ise, derin uzay araştırmaları ve asteroit madenciliği gibi yeni endüstrilerin ortaya çıkması gerektiğinden bahsetmektedir. Dünya odaklı uzay faaliyetleri her geçen gün gelişme göstermektedir zaten (Emen, 2019). Uzayın madenciliğinin ise birkaç on yıl içinde yaygın bir uygulama haline gelmesi beklenmektedir. Uzay madenciliğinin kıt, nadir kaynaklar için olası çözüm olarak görülmesi toplumun ilk olarak platin, altın gibi kaynakların tedarikliğini düşünmesine neden olmuştur. Stephen Hawking, ölümünden önceki son yayın röportajında “altın sadece Dünya'da değil, her yerde nadirdir,” ve nötron yıldızlarının çarpışması gibi altının oluşması için çok az yolların olduğunu belirtmiştir. Ancak bilim adamları bunun üzerine bir istisna keşfetmiştir: Asteroid Psyche 16. Psyche 16, 17 Mart 1852'de İtalyan gökbilimci Annibale de Gasparis tarafından keşfedilmiş ve daha önce gözlemlenen diğer asteroitlerin aksine metallere (neredeyse altından) oluştuğuna inanılmıştır. Bloomberg makalesinde, Stony Brook Üniversitesi'nden Noah Smith, Psyche 16'nın 700 quintillion dolar değerinde, gezegendeki herkese 93 milyar dolar verecek kadar yeterli olduğunu dikkat çekmiştir. Ancak başka bir gerçek, fiyat göreceli kıtlığın bir fonksiyonudur, arz arttığında fiyatlar düşer, yani arzdaki büyük artış fiyatta çok büyük bir düşüşe yol açmaktadır (Emen, 2019). Bu durumdan kaynaklı, platin gibi değerli metallerin çıkarılmasının küresel ekonomiyi ters etkileyeceği de düşünülmektedir. Ani ve bol miktarda platin bulunması karşılığında onun toplam değerini etkileyerek fiyatını dikkate değer biçimde düşürebilecektir. Başka bir alternatif bakış açısı, platinin mevcut değerlemesi göz önüne alındığında, uygun altyapı kurulduktan sonra, önemli kâr olasılığının yükseldiğini önermektedir.

Gelecekteki uzay madenciliği faaliyetleri hakkında ise, özellikle uzayın madenciliğine en çok ilgi duyan Lüksemburg, Uzay Ajansı tarafından yürütülen uzay kaynaklarının kullanımı üzerine sosyo-ekonomik etki değerlendirmesi, 2018-2045 yılları döneminde 70-170 milyar Euro'luk olası bir piyasa geliri öngörmektedir (Emen, 2019). Önde gelen danışmanlık firmaları ve yatırım bankalarından alınan birçok yeni tahminler farklı öngörülerini sağlamıştır. Uzay ekonomisi çeşitli aktiviteleri ve farklı

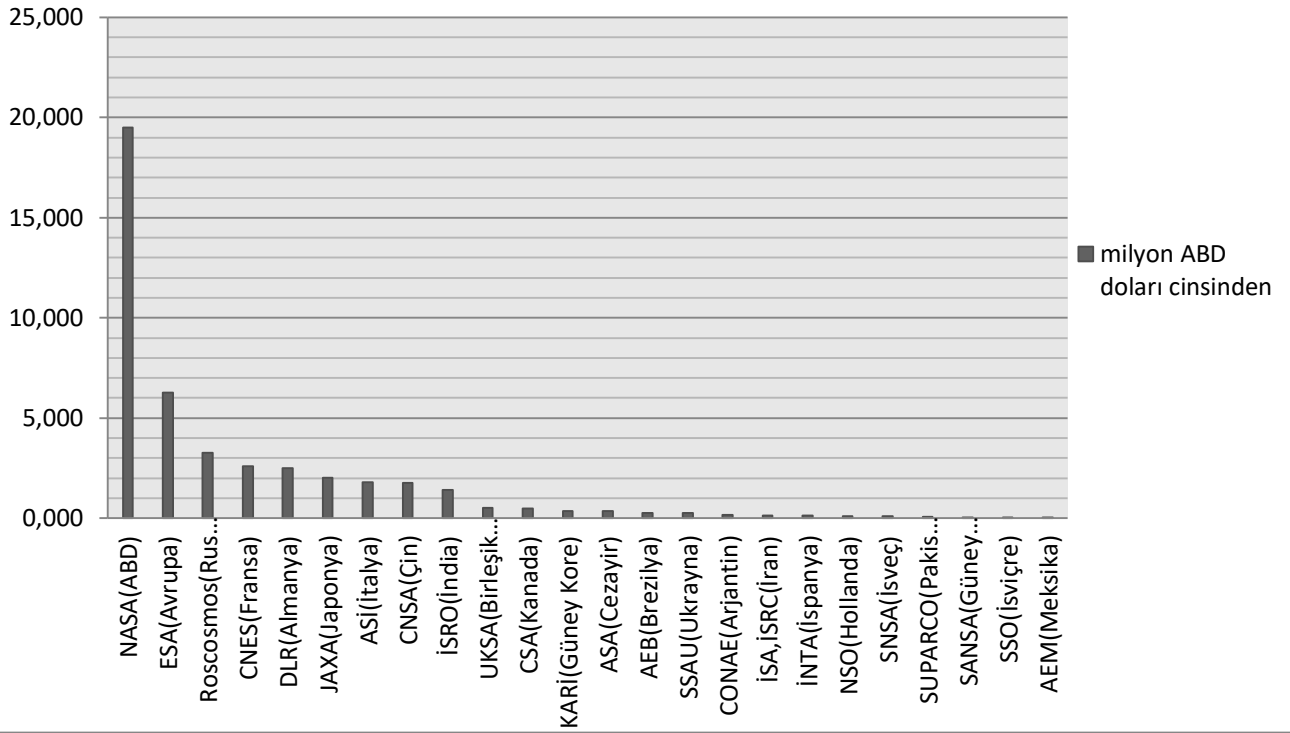
değer zincirlerini kapsadığından tahmin yapma konusunda güçlülük yaratır. Yatırım şirketi Goldman Sachs'ın 2018 tarihli raporu, uzay ekonomisinin 2040'larda 1 trilyon ABD dolarına ulaşacağını öngörürken, Morgan Stanley tarafından yapılan farklı bir çalışmada 2040'larda 1,1 trilyon dolarlık (bugünün değerleriyle 350 milyar dolardan fazla) uzay ekonomisi öngörülmüştür. Bank of America Merrill Lynch tarafından yapılan üçüncü bir araştırma ise, piyasanın aynı zaman diliminde 2,7 trilyon dolara yükselebileceğini tahmin etmiştir (OECD, 2019, s. 34). Taylor ise, ekonominin hala belirsiz olmasına rağmen, uzayın potansiyeline inancını “Uzay yakında dünya ekonomisinin %10'u değerinde olacak” diyerek belirtmiştir (Cruddas, 2015).

Uzay ve savunma şirketlerindeki hisse senetleri uzun yıllardır yatırım fonlarında çekici portföyler oluşturmuştur, ancak uzaya spesifik odaklanma nispeten yenidir. Bu sadece sektörün dijitalleşmesini, yenilikçi oyuncuları ve çağın getirdiği teknolojileri değil, aynı zamanda giderek artan şekilde ticarileştirme ve endüstri ortaklıklarına odaklanan hükümet politikası ve proje yönetimindeki stratejik değişimleri de yansıtmaktadır (OECD, 2019, s. 38). Dünya'da karşılaşılan artmakta olan zorluklar, geleceğe yatırım yapmanın ve uzayın teknolojik, çevresel ve tıbbi ilerleme için sağlayabileceği avantajlardan yararlanmanın önemini vurgulamaktadır. Yatırımların sağlanması küresel ölçekte insanlığın ilerlemesine katkıda bulunurken, karlı işletmeler ve dinamik ekonomiler de yaratmaktadır. Uzay ile ilgili teknolojiler endüstrilerin büyümesini desteklemiş ve birbirine bağlı 78 trilyon dolarlık küresel ekonomiyi bir araya getirmede önemli rol oynamıştır. Uzay araştırmaları için orijinal paradigmanın Soğuk Savaş'ın üstünlük için yarışlarından biri olmasına rağmen uzay, aynı zamanda önemli bir uluslararası iş birliği sahası haline gelmiştir. Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS), uzaydaki devletlerarası iş birliğinin önemli simgesidir, dahası paylaşılan misyonların, uluslararası tedarik ve ortak bilimsel projelerin de sayısız örneği vardır (Bockel, 2018, s. 1). On yıllar öncesinde, asteroitlerde madencilik gerçekçi görünmüyordu, ancak bugün bu alanda faaliyet gösteren şirketler vardır ve bu fütüristik gözüken faaliyetlerin daha gerçekçi ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir (Emen, 2019). Ancak bunun süratli ve herkese yararı dokunacak şekilde gerçekleşmesine vesile olacak yatırımların yetersizliğine çözüm olacak uluslararası iş birliğinin yapılması şarttır (Sheetz, 2019).

1.3.3. Küresel Hükümet Uzay Bütçeleri

2018'in 70,9 milyar dolarlık hükümet uzay yatırımlarının %63'ü (askeri bütçeler daha uzun bütçe döngülerinde dalgalanma eğilimi gösterdiğinden) sivil programlarına harcanmıştır. Sivil programlar, dünyanın uzay harcamalarındaki büyümeyi artırmaktadır. 2018'de toplam 44,5 milyar dolar, 2017'ye göre %4,3 artışı göstermektedir. 2018'deki dünya savunma bütçeleri, 2017'ye göre %8,3 artışla 26,4 milyar dolara ulaşmıştır. Dünya bütçelerinin büyüme eğilimini orta vadede sürdürmesi ve 2025 yılına kadar, düşüşten önce, tahminen 84,6 milyar dolar seviyesine ulaşması beklenmektedir. 2018'de 24 hükümet sivil ve savunma ajansı, 2017'nin 75 uydusundan %84 artışla, 50 kilogramın üzerinde 138 uydu fırlatmıştır. Bu hem hükümet uydularının hem de uyduları fırlatan kuruluşların sayısında rekor olarak kaydedilmiştir. En üretken ülkeler Çin (58 uydu), ABD (22) ve Rusya (17) olmuştur. 2018'in 79 uzay aracı sivil (%42'si Dünya gözlemi, %15'i uydu iletişimi) diğer 59 uzay aracı ise savunma uyduları olmuştur. Hükümetlerin, önümüzdeki on yılda 1.553 yeni uydu fırlatması (yılda ortalama 150'den fazla) beklenmektedir. ABD, Çin, Rusya, Fransa ve Japonya ilk beş ulusal uzay programını temsil etmektedir. Uluslararası Uzay İstasyonu sonrası keşif misyonları hız kazandığından, Uzay bilimi ve keşifi, güçlü büyüme tahminleriyle toplam 7 milyar dolar olmuştur. Geçmişte ABD ve Rusya tarafından tekelleştirilen 2,1 milyar dolarlık uzay güvenliği hem hükümet tarafından hem de özel katılımcılar tarafından, Uzay Durumsal Farkındalık (SSA- Space Situational Awareness) arttıkça, daha fazla ülkenin yatırımlara başladığını görmüştür (Seminari, 2019).

Aşağıdaki tabloda ülke bütçeleri uzay araştırmalarının masraflarına göre düzenlenilmiştir, yani daha yüksek bütçe uzay araştırmalarında daha fazla faaliyet veya daha iyi performans anlamına gelmemektedir. Söz konusu, her bir bütçenin farklı projeler için kullanıldığını bilmek gereklidir. Aşağıdaki tabloda ülke ajanslarının gelirleri grafik şeklinde gösterilmiştir.



Tablo 4. Ülkelerin Uzay Bütçeleri (Wikipedia, 2019)

1.4. UZAY EKONOMİSİNİN KAHRAMANLARI

İleri uzay faaliyetlerinde ve madenciliğinde liderlik etmek isteyen sadece ABD, Lüksemburg, Japonya değildir, bunlardan başka Brüksel, Birleşik Arap Emirlikleri, Hindistan, Kanada vb. kendi istekleri için zemin hazırlamaktalar. Hatta devletler bazı projelerini iş birliğine dayanarak yürütmeyi düşünmekteler. Bu bağlamda geleceğin kuruluşu için önemli bir araç (proje), NASA'nın Ay'ın etrafında dönmesi planlanan uzay istasyonu Lunar Orbital Platform-Gateway olacaktır. 2019'un başlarında, Kanada ABD liderliğindeki bu projeye resmen katılan ilk ülke olmuştur. Avrupa Uzay Ajansı, JAXA ve Roscosmos da dahil olmak üzere Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki diğer ortaklar da NASA'nın bu projesine katılmaya ilgi duyduklarını ifade etmişlerdir (Gilbert & Bazilian, 2019). Aynı zamanda, Lüksemburg ile Japonya da iş birliği konusunda anlaşma yapmışlardır. Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, bazı devletler çoktan - ABD, Lüksemburg, Birleşik Krallık - uzay kaynaklarının özel şirketlere ait olabileceğini kabul eden uzay kaynaklarının çıkarılmasını düzenleyen yasa kabul etmiştir. Bunlarla birlikte Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) de asteroit madenciliği hedefini belirlemiş, bu faaliyeti düzenleyecek ulusal uzay mevzuatını

hazırlamaktadır (Tepper, 2018, s. 2). Rusya henüz uzay madenciliği ve kaynak çıkarımı konusunda aktif bir yol izlememiş olarak gözüktüğü de önümüzdeki yıllarda küresel çabalarının yanı sıra uzay madenciliğine girişmesi muhtemeldir. Rusya'nın fonlama konusunda kapasite boşluğu vardır, çünkü 2015'e kadar Ay'da kalıcı bir baz oluşturma planını henüz gerçekleştirememiştir (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 12).

Umman ve Kaliforniya'da GlassPoint Solar, sanayi için dünyanın en büyük güneş enerjisi projelerinden bazılarını işletmekte ve geliştirmektedirler. GlassPoint'in serayla çevrili aynaları ısıyı su içeren borulara odaklayarak gün boyunca güneşi takip etmekte, konsantre güneş ışığı (Umman'ın en büyük petrol üreticisi tarafından) petrolü yerden çıkarmak için kullanılan buharı üretmek için suyu kaynatmaktadır. Hali hazırda her gün 660 metrik ton buhar sağlayabilen GlassPoint'in Miraah tesisinin kapasitesi, tamamlandığında, 1 gigawatt'lık güneş termal enerjisini sağlayabilecektir. Aynı teknoloji, ülkenin en büyük ve en eski işletme petrol sahalarından kaynaklı emisyonları azaltmak için Kaliforniya'da da kullanılmaktadır. Bu arada, son derece yüksek sıcaklıkta (800-1.000 derece) endüstriyel işlemlerin ihtiyaçlarını karşılamak için, Avrupa Birliği de çimento, kireç ve alçıtaşı üretmek için kullanılabilecek güneş termal enerjisini geliştirmek için araştırma projesi olan SOLPART'ı geliştirmektedir (Moss, 2019).

Günümüzde artık Devletlerin ajansları kadar özel şirketleri de Uzay faaliyetlerini yürütmekte büyük rol oynamaktadır. Uzayın Madenciliğine ise SpaceX, Blue Origin, Boeing, Virgin Galactic, Deep Space Industries, Planetary Resources, Moon Express, United Launch Alliance, Kleos Space, TransAstra, Aten Engineering, OffWorld, SpaceFab.US ve Asteroid Mining Corporation Ltd. gibi başka da bir dizi ticari özel şirketler (yüzü aşmış) ilgi duymuş, girişim yapmış bulunmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. EKONOMİK KAYNAK OLARAK UZAY

2.1. UZAY MADENCİLİĞİ

Uzay piyasası başka piyasalarla son derece ilişkiliyken, piyasa kendi içinde yatırım fırsatlarını, şu dört kategoriye ayırarak:

1. İnsanlı uzay uçuşu,
2. Ulusal güvenlik,
3. Uydu komunikasyonu,
4. Görüntü ve veri analizi, olarak sınıflandırmıştır. 21.yüzyılda bunların üzerine Uzay madenciliği de (5) dahil edilmiştir (Sheetz, 2019).

Söz konusu uzmanlar tarafından gelecekte yalnız uzay ekonomisi değil aynı zamanda küresel ekonomiye ciddi katkılar sağlayacağı öngörülen Uzay Madenciliğine gelince, bu süreç uzayda bulunan bütün gök cisimlerinden - Ay, Mars, asteroit, gezegenler – faydalanmak için, kaynakların araştırılması, bulunması, çıkarılması, işletilmesi ve temin edilmesidir. Uzay Madenciliği fikri bir tek kaynak elde ve temin etme (arz ve talep) amacına dayanmamaktadır. Düşüncenin ortaya çıkmasına dünya kaynaklarının kıtlığı, değerli kaynakların uzay cisimlerinde yüksek konstrasyonlarda bulunması ve artmakta olan nüfus kaynaklı çevresel sorunların çoğalması ve çözümsüzlüğü (şu anda) ve en önemlisi işletme (kâr elde etme) ile alakalı etkenler neden olmuştur. İleri teknoloji ve ekonomik güçlere sahip hükümetler ve uzay ajansları bilim adamlarının bu zamana kadar uzaydan elde ettikleri bilgi ve deneyimlerine dayanarak, yeryüzü nüfusunun giderek artmasından kaynaklı sanayilerin büyümesi ve kaynak kıtlığı mücadelesi kapsamında yeşil ekonomi ve sanayiye olan ihtiyacı karşılama endişesini göz önünde bulundurarak, uzayı – Uzay Madenciliğini – potansiyel çözüm olarak görmektedirler.

Güneş sisteminde metallerin, minerallerin ve enerji kaynaklarının hatta buz ve farklı şekillerde su kaynaklarının bulunması Uzaya karşı politik ve ticari ilgiyi artırarak bu kavramı giderek daha gerçekçi ve ulaşılabilir hale getirmektedir. Uzay kaynakları dünyadaki kaynaklar kadar çeşitlidir. Gök cisimlerinin metallere, gazlara,

nadir toprak elementlerine, altın, platin, alüminyum, nikel, titanyum, helyum-3, hidrojen, lityum, kobalt, bakır, çinko, niyobyum, molibden, lantan, europium, tungsten, iridyum, toryum ve rodyum vs. gibi minerallere zengin olduğu kanıtlanmıştır. Bunlar hem Dünya’da kullanım için getirilebilir hem de ileri uzay keşifleri, araştırmaları veya kolonileşme için yapı malzemeleri (güneş enerjisi, motor yakıtı vs.) olarak yerinde kullanılabilir. Örneğin, uzay bilimindeki son gelişmeler, iç güneş sisteminde suyun var olduğunu göstermiştir. Uzayda en kolay erişilebilir su kaynağının Ay’da olduğu düşünülmektedir. Ay kutuplarının yakınındaki kalıcı gölgeli bölgelerde buz şeklinde sular bulunur. Bu nedenle, ay kutuplarının erişim için erken rekabeti görecektir bölgeler olması muhtemeldir.

Uzay Madenciliğine karşı her ne kadar hükümetler daha ilgili gözükse de son yıllarda bu işe giren tarafların aslında birçok özel şirketler tarafından gerçekleştirilmesi dikkat çekmektedir. Bunlar: Deep Space Industries, Planetary Resources, Moon Express, Kleos Space, Trans Astra, Aten Engineering, Off World, Space Fab. US, Space X ve Asteroid Mining Corporation Ltd (Campa & vd, 2019, s. 2). Şirketler ve ülkelerin sayısının artması, Philip T. Metzger’in dediği gibi “Bazı yeraltı araştırmaları yalnızca bilimsel nedenlerle finanse edilmektedir, ama çok daha fazlası ekonomik nedenler için finanse ediliyor” olması, uzay madenciliği için de geçerli bir durumdur, ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu veritabanı, soyut bilime kıyasla çok daha fazla jeologun iktisadi faaliyetlerle finanse edildiğini göstermektedir (Metzger, 2016, s. 5). Hem Peter Diamandis (Google#LunarXPrize yarışmasının kurucusu) hem de Neilde Grasse Tyson (ABD astrofizikçisi) madenciliği finansal getiriler için değerlendirilmesi gereken fırsat olarak ileri sürerken NASA uzaydaki kullanıma elverişli bir asteroidin - Phystache 16 - değerinin 700 kentilyon dolar civarında olabileceğini tahmin ederek, bu miktarın dünyadaki her birimiz için yaklaşık 95 milyar dolara eşdeğer olduğunu ileri sürmüştür (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 5). Asteroid madenciliğine odaklanan startup şirketi Planetary Resources, madencilik hedeflerini temsil edebilecek 600.000’den fazla asteroidi içeren bir veri tabanı (Asterank) derlemiştir (Christensen & vd, 2019, s. 2).

Robot biliminin gelişimi hakkında Bill Gates (2017) “robotbilimi, bilgisayar işletmelerinin 20 yıl önce yaptığı gibi gelişmektedir” (Metzger, 2016, s. 3) diyerek aslında 20 yıl içinde robotiğin büyük ölçekte değişeceğini vurgulamıştır. Uzay endüstrisi robotik üretim ile en kolay ve üretilmesi en az altyapı gerektiren

malzemelerden yapmaya başlayarak gök cisimlerini robotik olarak kazabilir. Örneğin, uzayda bina yapıları için ay regolitinden ham metal elde edilebilir. Bu faaliyetlerin uzayda gerçekleşmesi uzay görevlerini daha etkili hale getirecektir çünkü görevler sırasında sorunlara yanıt vermek için daha fazla esneklik sağlarken Dünya'dan fırlatılması gereken kütle miktarını azaltacaklardır. Bunun için SRSI'yi (Self-sufficient Replicating Space - Kendi kendine yeten ve kendini türetebilen Uzay) inşa ederlerse, zaman içinde endüstri, donanımların uzayda yapılması ile malzeme ve parçaların Dünya'ya bağımsız bir şekilde üretilmesinden kaynaklı tedarik zinciri geliştirebilecek, Mason Peck'in (eski NASA baş teknoloji uzmanı) dediği gibi hem riski hem maliyetleri azaltan “Kütlesiz Keşif” vasıtasıyla, Dünya'dan sadece insanların fırlatılmasına gerek kalacaktır (Metzger, 2016). Campa ve Szocik (2019, s. 1) ise “Neden Uzay” sorusunu, uzay projelerine yapılan yatırımları destekleyecek robotik ve genel anlamda uzayın faydalarını dikkate alarak, şöyle yanıtlamıştır:

- 1) Uzay madenciliği çok karlı;
- 2) İnsanlar uzayda uzun süre yaşayamazlar ve
- 3) Otomasyon zaten Dünya'nın önde gelen trendlerinden biridir.

Bu bağlamda, 1996 yılında fırlatılan ABD'nin robotik uzay aracı NEAR, daha sonra 2003 yılında fırlatılan Japonya'nın Hayabusa1 ve ardından 2004 yılında fırlatılan ESA'nın (Avrupa Uzay Ajansı) Rosetta misyonları Uzay Madenciliği amacıyla gerçekleştirilen ilk başarılı çalışmalarına örneklerdir, başka devletlerin de, Rusya ve Çin gibi, devam ede gelen birçok çalışmaları zaten çoktan mevcuttur (Lee, 2012, s. 90).

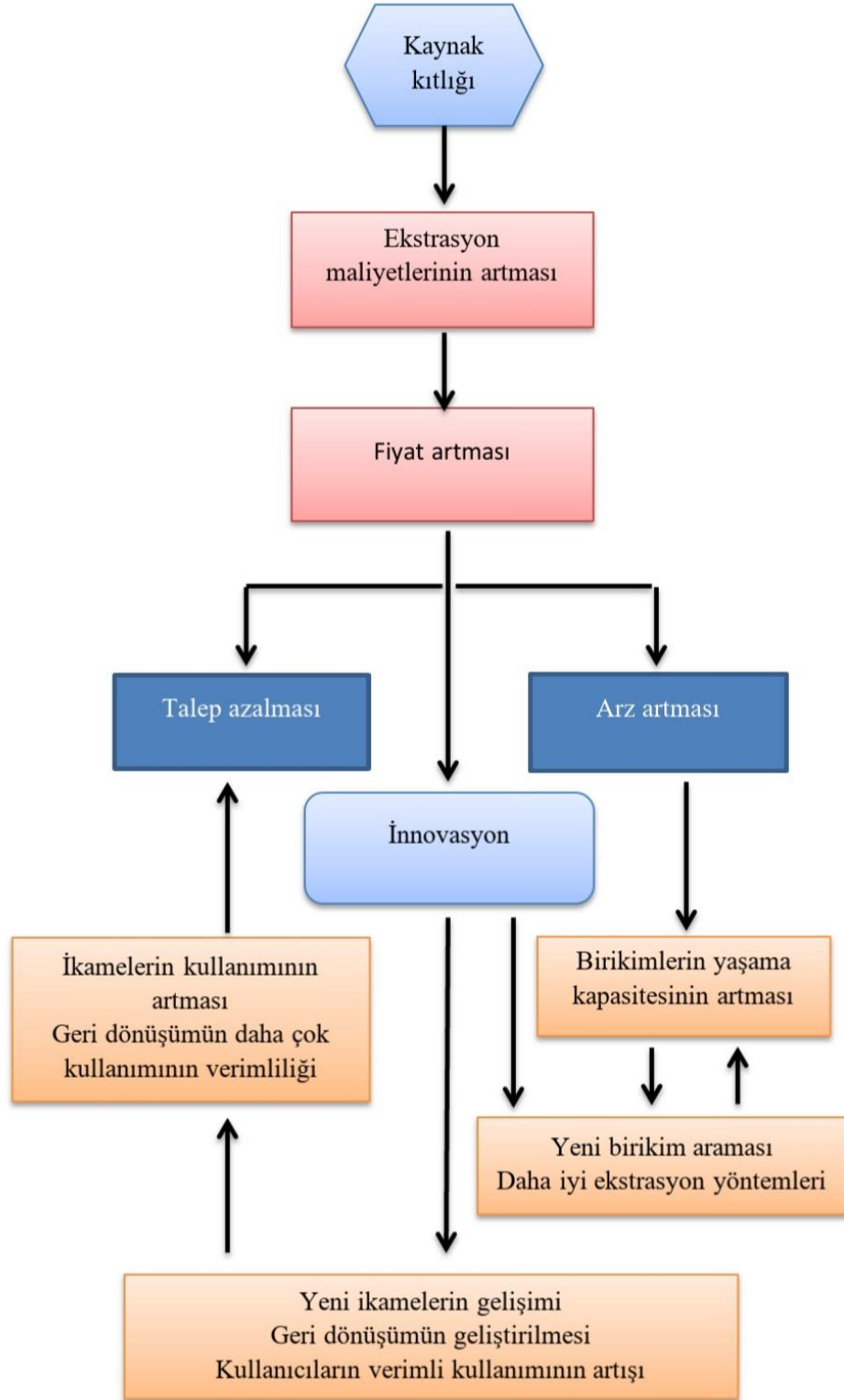
2.1.1. Yeryüzünün Kaynak Kıtlığı

Uzay Madenciliği düşüncesinin ortaya çıkmasına sebep olan kıt kaynaklarını sayılarla ifade etmek gerekirse:

- 2016 yılı itibarıyla dünyada 1,65 trilyon varil kanıtlanmış petrol rezervleri bulunmaktadır, bu yıllık tüketim seviyesinin 46,6 katına eşittir, 47 yıllık petrolün kaldığı anlamına gelir (mevcut tüketim seviyesi ile kanıtlanmamış rezervler hariç) (Oil reserves, 2016).

- 2017 yılı itibarıyla dünyada 6.923 fit küp kanıtlanmış gaz rezervi bulunmaktadır. Bu yıllık tüketimin 52,3 katıdır ve yaklaşık 52 yıllık gazın kaldığı anlamına gelir (mevcut tüketim seviyesi ile kanıtlanmamış rezervler hariç) (Gas reserves, 2017).
- 2016 yılı itibarıyla dünyada 1,139.471 ton (kısa ton) kanıtlanmış kömür rezervleri bulunmaktadır, bu yıllık tüketim seviyesinin 133,1 katına eşittir, 133 yıllık kömürün kaldığı anlamına gelir (mevcut tüketim seviyesi ile kanıtlanmamış rezervler hariç) (Coal reserves, 2020).
- Yeryüzü sularının %0,5'i elde edilebilir tatlı sulardır. Bu miktar gitgide azalmaktadır (Water facts-Worldwide Water Supply, 2019).

Tuzlu suları tatlı içilebilir sulara dönüştürmek gibi birçok kaynakların elde edilmesi: çıkartılması yoğun enerji tüketimi gerektiren süreçler olduğundan, enerji kıtlığına ve dolayısıyla başka birçok kaynakların da kısılaşmasına; kısılaşan kaynakları çıkarma zorluğu veya kaynak boşaltılmasından sonra meydana gelebilecek doğal afetler/çevresel zararlara yol açmasına götürmesi büyük olasılıktır. %3,5'lik bir büyüme oranı ile toplam kaynakların sekizde birini tüketmek 400 yıl alacaktır. Bu miktar, bundan sonra her 20 yılda bir ikiye katlanacak ve söz konusu sekizde birini tükettiğimizde bu top yekün tahribatın önlenmesi adına 60 yıl kalmış olacaktır (Nature Astronomy, 2019, s. 1). 2017 yılında, Laszlo Kestay (ABD Jeoloji Araştırmaları Astroloji Bilim Merkezi'nin araştırma jeologu) yaptığı çalışmasında, Dünya'ya yakın asteroitlerde öngörülen su ve metal kaynaklarının mevcut ihtiyaçlarla karşılaştırıldığında muazzam miktarda hatta uzayda milyon yıl boyunca insan faaliyetlerini sürdürebilecek ve artış sağlayabilecek miktarda olduğunu ispat etmiştir (Pandya, 2019).



Şekil 1. Kaynak kıtlığına piyasa tepkisi (Lee, 2012).

2.1.2. Uzayda Zengin Kaynak Çeşitliliği

Doğal kaynaklar açısından Dünya gezegeni zengin olarak gözüktüğü de uzaydaki araştırılmakta olan çoğu gezegenlerin veya nesnelerin de değerli eşyalarla dolu olduğu kanıtlanmıştır. Rachel'in dediği gibi "Milyarlarca sene önce, güneş sistemi oluşurken, yerçekimi ağır malzemeleri yeni yeni oluşmakta olan gezegenlerin içine doğru çekerek, nispeten daha hafif taş malzemelerinin yüzeye çıkmasını sağlamıştır. O gezegenler parçalandıklarında ise asteroidlere dönüşmüştür. Bunlardan bazılarının yüzeyi taş parçacıklarından oluşurken, bazıları platin, altın, gümüş, palladyum vs. gibi Dünya'da çok kıymetli ve ender olan kaynaklardan oluşmaktadır." (Riederer, 2014). Uzayın madenciliği hakkında ise anlaşılması gereken ilk şey, bunun sadece asteroidlerde, Ayda veya gezegenlerde madencilik yapmak ve sonradan kaynakları Dünya'ya getirmek ile ilgili olmadığıdır. Bazı kaynakların getirilmesi düşünülse/tasarlanılsa bile çoğunun uzayın kendinde kullanılması hakkında görüşler vardır. Anderson (Space Angel Network genel müdürü), "kaynakları uzayda tutmanın ve onları Güneş Sistemi ve ötesini keşfetmeye devam etmek için kullanmanın çok fazla değeri vardır" diyor (Cruddas, 2016). Konuyla ilgili uzay bilim adamları, uzayda kaynakların işletilmesi için altyapı hizmetlerini sağlayacak gezegen üsleri, temelleri, gezegenler arası benzin istasyonları, asteroitleri taşıt olarak kullanma gibi birçok projelerin tasarımı üzerinde çalışmalar yürütmektedirler. Esasen uzayda madencilik faaliyetlerini yürütmek için bilim adamları tarafından en temel ihtiyaçlar olan su ve enerjinin elde edilmesi üzerine büyük çaplı araştırmalar yapılmaktadır. Örneğin, Ay ve Mars'taki doğal kaynaklar üslerde gerekli olan ürünlere dönüştürülebilirse, onları dünyadan getirme ihtiyacı ortadan kalkmış olacaktır. Bu kaynaklarla, çalışanların nefes alması için gerekli olan oksijen ve azot, içmeleri için de su ihtiyaçları karşılanabilecek, uzay taşıtları için yakıt üretilebilecek, bitkilerin yetiştirilmesini sağlamak için ay toprağından veya regolitten karbondioksit (CO₂) elde edilebilecektir. Yerli malzemelerden tuğla ve levha üretilirse doğal ortamlar, iş yerleri ve ambarlar inşa edilebilecektir. Taşlardan ve topraktan metal elde edilebilirse onlardan direkler, teller ve hatta belki de güneş enerjili petekler de yapılabilecektir. Kısaca, yaşam için gerekli olan bütün esas malzemeler yerli kaynaklardan üretililebilecektir. Bu programın, yani ISMU (Indigenous Space Materials Utilization - Yerel Uzay Malzemelerinin Kullanımı), fikir aşamasından, araştırma ve geliştirme evresine geçmeye hazır olduğu

belirtilmiştir. Ay ve Mars üsleri uygulamaya geçerse, ISMU (eski adı In-Situ Resource Utilization/ISRU - Yerinde Kaynak Kullanımı) fiyatların inmesini ve olanakların yükselmesini sağlayabilecektir. Programın asıl amacı bu üsleri, maden işleme faaliyetleri için gerekli olan ihtiyaçlardan, Dünya'ya olan bağımlılıktan olabildiğince uzaklaştırmak ve uzay keşfinin maliyetini indirgemektir (Sullivan & McKay, 1991, s. 7).

Peter R. göre, Asteroit üzerinde işletmeler kurmak beraberinde önemli mühendislik sorunları getirir. Bunun yerine asteroitlerin uzaktan otomatikleştirilmiş sistemlerle ve dronlarla madenciliğinin yapılması daha muhtemeldir. Bunu sağlamanın bir alternatifi Mars'ta temel kurmak ve bu temeli asteroitlerin madencilik sistemlerini yönetmek için kullanmaktır. Yörüngeleri Dünya ve Mars'a yakın olan ve güneşin etrafında eliptik olarak dönen bazı asteroitler vardır. Onlarda çukurlar açılabilir ve böylelikle onlar bir nevi taşıt olarak kullanılabilir, astaronotları radyasyondan koruyabilir ve yakıt ihtiyacını azaltabilir. “Şimdiden, birkaç sene içerisinde beklenen teknolojilerle yörüngelerini kolayca değiştirebileceğimiz onlarca ve daha fazla asteroitten haberimiz var.” diyor Elvis. Genel olarak, yer çekimi ve hava korumasından dolayı insanlı temeller için gezegenler daha çok tercih edilmektedir. Asteroitler yaşamak için pek rahat yer değildir (Allison, How we could survive on an asteroid, 2018). Bir uzay gemisini dünya yörüngesinden dışarı fırlatmak için çok büyük bir enerjiye ihtiyaç duyulur. İhtiyaç duyulan enerji miktarı sadece gemideki yakıt ve gerekli araç gereçlere bağlı olarak yükselir. Gezegenler arası benzin istasyonlarının kurulması, Dünya yörüngesi dışında da bu tarz yakıtı erişebilmek için kolaylık sağlar. Bu şekilde, uzay gemileri ayın, gezegenlerin veya asteroitlerin üzerinde benzin takviyelerini gerçekleştirerek yolculuğuna devam edebileceklerdir (Anderson & vd, 2019). Söz gelimi, Japonya şu anda 2030 yılına kadar sabit yörüngede yaklaşık 5 GW elektrik üretebilecek tam ölçekli SPSS'nin (Space Solar Power Satellite/Uzay Güneş Enerjisi Uydusu) olası gelişimi üzerine çalışma yapmaktadır. Bu projeyi engelleyen ana faktörlerden biri, böyle bir yapının birkaç bin tonluk kütleyle sahip olması ve bunun da fırlatma maliyetlerini çok yükseltmesidir. Malzemelerin uzay kaynaklarından elde edilmesi ve işlenmesi durumunda, uzayda bu tür büyük ölçekli yapıların inşa edilmesinin maliyetleri, Dünya'dan fırlatma maliyetlerinin yaklaşık %99'unu ortadan kaldırarak önemli ölçüde azaltılabilecektir (Lee, 2012, s. 23). Planetary Resource (uzayın madenciliği şirket) “uzay altyapısının” uzun süreli cari fiyatların düşmesine

yardımcı olacağını ummaktadır. Örneğin, asteroitlerden su çıkarılarak, suyun güneş enerjisi yardımıyla hidrojene ayrılması sonucunda yakıt fiyatları düşürülebilir. Teorik olarak, asteroitlerden kazılan hidrojen yakıtının maliyeti dünyadaki yakıttan oldukça düşüktür. Eğer bu konuda başarılı olunursa, “uzay altyapısına” yapılan yatırım ve ölçek ekonomileri işlemsel maliyetleri önemli derecede düşürülebilir (Wikipedia, 2020c).

Chris Lewicki’nin dediğine göre: “Bu konuda fazla bilginiz yoksa bu konuda tereddüt etmeniz çok doğaldır. Çoğu insan sadece manşetleri okur ve varsayım yapar.” (Cruddas, 2016).

2.1.3. Ay, Mars, Asteroit ve Diğer Gök Cisimlerinin Madenciliği

Asteroitler, Ay ve Mars Uzay sektörünün potansiyel yeni alt sektörü - Uzay Madenciliğinin ilk olası istikametleridir. Hatta, asteroitlerin iç güneş sisteminde daha çok bulunmasından kaynaklı, Mars ve Jüpiter yörüngeleri arasındaki ana asteroit kuşağı da dahil, uzay aracının Dünyadan erişmesi için gereken enerji açısından nispeten kolay olmasından, madenciliğin ilk hedefleri olması muhtemeldir. Bu asteroitler Dünya’ya Yakın Cisimler olarak adlandırılır (NEO). Bunlarla beraber diğer cisimler: gezegenler, arjunalar, koorbital asteroitler, kısa dönem kuyruklu yıldızlar da uzayın madenciliğine katkıda bulunabilecek ileri keşif faaliyetlerinin yürütülmesini sağlayacağı düşünülmekte olan bölgelerdir.

Dünya Güneşin etrafında dönerken 13,000’e yakın asteroitlerin de yanından geçip gitmekte. Bunlar Dünya’ya Yakın Cisimler (NEO near-earth objects) olarak adlandırılmaktadır (Cruddas, 2016). Asteroit madenciliği NEO ve diğer ikincil gezegenlerdeki doğal kaynakların keşfi, araştırılması ve elde edilmesidir. Sert kaya mineralleri asteroit veya etkisiz kuyruklu yıldızlarından kazılıp çıkarılabilmektedir ve söz konusu altın, gümüş ve platin gibi değerli metallerin dünyaya getirilmesi düşünülürken, demir grup metalleri ve diğer genel metallerin uzay inşaatı için kullanılması bilim adamları tarafından tasarlanılmaktadır. Asteroitlerdeki bu değerli metaller dünyada olduğu gibi yer altında gömülü değildir. Aksine onlar bol miktarda asteroitlerin yüzeyinde bulunmaktadır. Asteroit kuşağı, asteroitlerin asıl kaynağıdır. Asteroitlerin boyutları yüzlerce kilometreden küçük bir ev boyutlarına kadar değişmektedir (Allison, 2018). Asteroitler, demir, nikel, troilit, olivin, piroksen,

plajiyoklaz feldispatın gibi metalik elementlerin yanı sıra arsenik, selenyum, germanyum, fosfor, karbon ve kükürt gibi metal olmayan elementleri de içermektedirler. Aynı zamanda bu asteroitlerde, su buz, kuru buz, amonyak ve hidrojen siyanür gibi derinliklerinde hapsolmuş çeşitli uçucuların yanı sıra, uçucu olmayan hidrokarbonlar ve silikat kalıntılarından oluşan bir katman altında gizlenmiş çeşitli silikatlar ve hidrokarbonların olduğu da düşünülmektedir. Keşfedilmekte olan Dünyaya Yakın Asteroitlerin sayısı her yıl yaklaşık en az 50 asteroit olarak artmaktadır ve istatistiksel olarak tahmin edilen 100 km'den daha büyük çapa sahip Yakın Dünya Asteroitlerinin sayısının birkaç bin olduğu tahmin edilmektedir (Lee, 2012, s. 64).

Güneş sistemindeki asteroitlerin çoğu, Mars ve Jüpiter'in yörüngeleri arasındaki ana kuşakta bulunmaktadır. Ceres - italyan gökbilimci Giuseppe Piazzi tarafından 1 Ocak 1801'de keşfedilen ana kuşağın ilk en büyük asteroiti olmuştur. Bu 2006 yılında Uluslararası Astronomi Birliği (IAU) tarafından cüce gezegen olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Ceres'in yüzey bileşimi C tipi (aşağıda detaylı anlatılan) asteroitlere benzer. Ay'ın yalnızca yaklaşık %17'si kadar bir yüzey yerçekimi ile Ceres'in, güneş sisteminin dış bölgelerinde keşif için bol miktarda erişilebilir kaynak sağlayabileceği düşünülmektedir (Mazanek & vd, 2015, s. 8). Ceres, gelecekteki asteroit madenciligi altyapısı için ana üs ve ulaşım merkezi haline gelebilir ve mineral kaynaklarının Mars'a, Ay'a ve Dünya'ya taşınmasını sağlayabilecektir. Küçük kaçış hızı ve büyük miktarlarda su buzunu barındırması, asteroit kuşağından ve ötesine geçen gemiler için su, yakıt ve oksijen kaynağı olarak da hizmet verebilir. Mars'tan veya Ay'dan Ceres'e ulaşım, Dünya'dan Ay'a ulaşımdan daha enerji tasarruflu olacaktır. Eylül 2016 itibarıyla değeri 100 trilyon ABD Dolarını aşan 711 bilinen asteroit bulunmaktadır (Wikipedia, Asteroid Mining, 2020c).

NEO'lar, karbon (C-tipi), metal (M-tipi) ya da silisli (S-tipi) asteroitler olarak sınıflandırılmaktadır. Çoktan kimliği tespit edilen dünyaya yakın asteroit sayısı şimdi 20,000'i aşmış ve sayısı hala çoğalmaya devam etmektedir. Sadece 2018 yılında 1800'den fazlası keşfedilmiştir. Asteroitlerin birçok türü belirlenmiştir ama onların arasında 3 ana tür C-tip, M-tip ve S-tipi asteroitleri mevcut:

1. C-tip asteroitleri - şimdilik madencilik için yararsız fakat asteroit ötesi keşiflerde kullanılabilecek yüksek su miktarına sahip olanlardır. Bu asteroitlerin karbon, fosfor gibi organik malzemeleri bir de besin yetiştirmede gerekli olan gübre gibi

ana malzemeleri vardır. Asteroitteki mevcut su kullanılarak misyon masraflarının düşürülmesi düşünülmektedir.

2. S-tip asteroitleri - az miktarda suyu olmasına rağmen dikkat çekmektedirler. Çünkü çok sayıda nikel, kobalt gibi metalleri ve altın, platin, rodyum gibi değerli metalleri içermektedir. 10 metre küçüklüğündeki bir S-tipi asteroitin 50 kilosu platin ve altın gibi nadir metaller olmak üzere toplamda 650,000 kiloya kadar metal içerebilmektedirler.
3. M-tip asteroitler nadir olmalarına rağmen S-tip asteroitlerden 10 kata kadar daha fazla metal içermektedirler (Emspak, 2016).

Dahası, gökbilimciler yüzeyinde 3 mm emme özelliği olan asteroitlerin genellikle bol miktarda hidratlanmış silikat varlığını gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Genel olarak hidratlanmış silikatlar, uygun işleme yöntemlerinden sonra su, silikon ve serbest metallerin (paslanmayan) elde edilmesini sağlayabilmektedirler. Örneğin, M sınıfı asteroitlerden 55 Pandora ve 92 Undina'nın hidratlı silikatların varlığını yansıtan 3 mm'lik özelliklere sahip olduğu keşfedilmiştir. Öte yandan, bir başka M sınıfı asteroidi 16 Psyche'nın gözlemleri, 3 mm'lik özelliğinin olmadığını gösteriyor. Psyche, yüksek radar albedosu (yansıttığı ışın oranı) nedeniyle genellikle diğer asteroitlerden daha yüksek metalik demir içeriğine sahip olarak kabul edilmiştir. Hidratlı M sınıfı asteroitlere ek olarak, C sınıfı asteroitlerin büyük çoğunluğunun hidratlanmış silikatlı yüzeyler ve buzdan oluştuğu da bulunmuştur (Lee, 2012, s. 59).

ISRU (In-Situ Resource Utilization – Yerde Kaynak Kullanımı) için umulan 3 esas asteroit malzemesi vardır:

1. Regolit:
 - a) mineral oksitlerden alınmış oksijen
 - b) demir, nikel ve platin grup metalleri
2. Regolitle bağlanmış su ve diğer uçucular
3. Radyasyon koruması ve inşaatı için toptan malzemeler (Mazanek & vd, 2015, s. 5).

Güneş sistemindeki asteroitlerin çoğu, Mars ve Jüpiter arasındaki asteroit kuşağında bulunmaktadır. Ancak bazı yakın dünya asteroitlerin yörünge yolları onları nispeten gezegenimize, yaklaşık 30 milyon mil, yaklaştırmaktadır. Bunlar için

Planetary Resources yakın dünya asteroitlerini araştırarak, masaüstü bilgisayar büyüklüğünde, teleskopla donatılmış küçük bir uzay aracını yani uzay dronunu geliştirmiştir. Bir asteroid tanımlanıp değerli olduğu belirlendiğinde, çıkarma işlemi başlayabilir, ancak bu yeni bir dizi teknik engeller ortaya çıkarmaktadır. Ağır makineleri Dünya'dan uzaya götürmenin zorluğu ve masrafı nedeniyle, bazı araştırmacılar gerekli ekipmanı oluşturmak için uzayda bulunan malzemeleri kullanmak için 3D baskı teknolojisinin kullanılmasını önermiştir. Karasal madencilik yöntemlerinin de uzayın madenciliği için düşünülmektedir. Ancak bu ekstraksiyon süreçleri, Dünya'nın basıncı ve yerçekimine göre geliştirilmiştir ve uzayın düşük yer çekimli, vakum ortamında işlev görmek için yeniden modifiye edilmesi gerekecektir (Riederer, 2014).

Gerlac yakın dünya asteroitine ulaşmak için gereken enerjinin, sabit yörüngeye bir iletişim uydusu yerleştirmek için gereken enerjiden daha az olabileceğini, dolayısıyla, asteroitlerden elde edilen kaynakları dünya yörüngesiyle kesişen yörüngeye yerleştirmek için gereken enerji, kütleyi, Dünya'nın yüzeyinden yörüngeye kaldırmak için gereken enerjiden çok daha az olabileceğini öne sürmüştür (Lee, 2012, s. 74). "Selling Space" tartışmasının ardından düzenlenen basın toplantısında Neilde Grasse Tyson (ABD astrofizikçisi), bu sürecin neden uzay madencileri için bu kadar önemli olduğunu "Doğa, malzemeleri sizin için önceden eledi. En çılgın hayallerinizin ötesinde bir servet, orada sizin almanız içindir. Sizin ilk oraya gitmeniz gerekiyor." diyerek belirtmiştir.

Ay

Apollo misyonları, ay toprağının çeşitli bileşiklerde oksijen, silikon, alüminyum, demir, kalsiyum, magnezyum ve titanyum içerdiğini ortaya çıkarmıştır. Ay'da madencilik için neredeyse hiç serbest metal (paslanmayan) bulunmasa da, ilmenitten demir ve oksijen ayrıca feldispattan alüminyum ve oksijen üretme süreçleri bilimsel çevrelerde incelenmiş elde edilebilirliği gözlemlenmiştir. Ay kaynaklarının madenciliğinin belirgin avantajı, Ay'ın Dünya'ya yakınlığıdır. Onun Güneş'in veya Güneş Sistemindeki başka gezegenin yörüngesinden ziyade Dünya'nın yörüngesinde dönüyor olması, her an erişilebilir olduğu anlamına gelmektedir (Lee, 2012, s. 51). Ay'ın Dünya'ya yerçekimi ile bağlanmış ve 238.000 mil (383.000 km) uzaklıkta

bulunan en yakın yakın-Dünya cismi olması ve kaynak ikmalini nispeten önemli ölçüde kolaylaştıracağına düşünülmesi, Ay madenciliğinin muhtemelen insanlık için bir sonraki adım olduğunu göstermektedir (Allison, 2015). Dünya ile Ay arasındaki kısa mesafe, iletişimin neredeyse anlık olduğu anlamına gelmektedir ve robotik madencilik operatörlerinin Dünya'dan gerçek zamanlı uzaktan kontrolüne izin verebilecektir. Ay'da 1990'larda keşfedilen önemli su birikintileri, Ay'ı yerleşim için potansiyel olarak iyi bir yer haline getirmenin yanı sıra, itme için yakıt olarak kullanılacak hidrojen ve oksijenin yerinde üretimini de (bu tür su kaynaklarının yenilenmesi veya geri dönüştürülmesi için teknolojinin bulunması halinde) sağlayabilecektir (Lee, 2012, s. 51).

Ay, Amerika Birleşik Devletleri, eski Sovyetler Birliği ve son olarak Çin tarafından birkaç kez ziyaret edilmiştir. Çeşitli misyonlar vasıtasıyla getirilen örnekler ve o zamandan beri toplanan veriler, ay kayalarının ve tozunun mineral zenginliğini kanıtlamıştır. Dahası, NASA'nın LCROSS ve Lunar Reconnaissance Orbiter ve Hindistan'ın Chandrayaan-1 misyonu gibi son yörünge görevleri, ay kutuplarına dağılmış çeşitli yerlerde büyük su buzu birikintilerini göstererek Ay'a olan ilgiyi daha da artırmıştır (Emspak, 2016).

Bu zamana kadar Dünya'ya getirilen 400 kilo ay kayası ve regolit yüzey malzemesi ve Ay'ın analizi, Ay'ın önemli ve faydalı elementler açısından zengin olduğunu göstermiştir. Ay'da bulunan başlıca metaller silikon, demir, kalsiyum, alüminyum, magnezyum ve titanyumun - hepsi çeşitli minerallerde bileşikler olarak birleşiktirler. Minerallerden oksijen salındığında bir veya daha fazla metal muhakkak birlikte üretilir. Madencilikte iyi tasarlanmış oksijen tesisleri bu durumdan yararlanacak ve yeterli miktarlarda metal üretebileceklerdir. Üretilen spesifik metaller, kullanılan kimyasal işleme bağlı olacaktır. Laboratuvarlarda, güneş pili üretimi için kabul edilebilir saflıklarda, simüle edilmiş ay toprağından (ayın yüksek bölgelerinde bulunanlara benzer doğal karasal anortozit) silikon üretilmiştir. Havacılık endüstrisinde önemli yapısal metalleri temsil ettikleri için - alüminyum, magnezyum ve titanyumun üretiminin de pratik olabileceği tahmin edilmektedir. Uzay çalışanları Apollo döneminde Ay materyallerinin ayrıntılı mineralojisini ve kimyasını, ayrıca Ay'ın çeşitli yerlerindeki kaya ve toprak bileşimlerini öğrenmiştir. Bol oksijene ek olarak - ay kayalarının ve toprakların ağırlığının yaklaşık yüzde 45'i kimyasal bağlı

oksijendir - bu malzemeler ayrıca önemli ölçüde silikon içermektedir (Sullivan & McKay, 1991, s. 15).

Hidrojen veya metan gibi aydan türetilmiş yakıtlar orada üretildiğinde ise, sevkியatta, onların yerine araştırmalara lazım olacak insanlar, ekipmanlar vs. ek kapasiteler önemli ölçüde artabilir/gönderilebilir. Regolitin temel malzeme üretimi için kullanılması belki de uzay gemisi yakıtının üretimi kadar önemli olabilecektir. Yakıt için metan üretimi başka bir alternatif olarak seçilebilir. Metan, hidrojen kadar güçlü bir itici gaz olmasa da sıvılaştırılması çok daha kolaydır ve daha az regolitin işlenmesini gerektirecek ve belki de genel olarak daha iyi bir sistemle sonuçlanabilecektir. Metan aynı zamanda depolanabilir bir itici gaz olarak kabul edilmektedir, bu da ay günü içerisinde kaynamadan kaynaklı daha az kayıp anlamına gelmektedir. Bu seçenek özellikle, Mars'taki üs operasyonlar için metan üretmek amacıyla Mars atmosferini bir kaynak olarak kullanmayı seçerseler cazip gelebilecektir (Sullivan & McKay, 1991, s. 15).

Helyumun basınçlı gaz, ısı değişim sıvısı ve belki de karasal enerji üretiminde önemli bir element olması dahil olmak üzere birçok kullanım yönü vardır. Herhangi bir özel gazı üretmeyi amaçlayan bir işlemin, regolitten geriye kalan gazları da serbest bırakacağını anlamak önemlidir. Örneğin, hidrojen veya metan üretmek için inşa edilen tesis aynı zamanda helyum ve nitrojeni de izole edebilecektir. Bununla birlikte, bu gazları üretmek için gereken madencilik miktarı çok fazladır. Regolitte bulunan gazların konsantrasyonları milyonda birkaç parçadan (ppm) birkaç yüz ppm'ye kadardır. Bu elementleri regolitten çıkarma planları çoktan tasarlanılmış ve ilgili ön süreçler zaten vardır (Sullivan & McKay, 1991, s. 15).

Bunlarla birlikte, NASA'nın yapmış olduğu araştırmalar ve atölye çalışmalarında ay taşları ve toprağından oksijeni potansiyel olarak elde etmeye yarayan birçok kimyasal yöntemler de belirlenmiştir. Konuyla ilgili ABD'nin NASA'sı, üniversiteleri, sanayileri başka da birçok kurumları bitki tasarımına en uygun olan yöntemi bulabilmek için yukarıda bahsedilen yöntemleri daha iyi anlayıp kavrayabilmek için çalışmalar yürütmektedirler. Yüksek oksijen miktarı uzay gemisi dışındaki ortam ve faaliyetler için yürütülecek hayat destek sistemlerinin daha az karmaşık hale gelmesini sağlayabilecektir. Dolayısıyla bu sistemlerin fiyatları ve bakımlarını da azaltabilecektir (Wall, 2015).

Oksijen üretiminin yanı sıra farklı metallerin üretimi de nispeten kolay olmalıdır. Madencilik için metal çıkarmak ve onlardan yararlı ürün üretmek, oldukça üretim kabiliyeti gerektirecektir. Ay veya Mars üssünde yerel olarak üretilen metallerin bazı potansiyel kullanımları - yapısal kirişleri, çubukları, temel ankrajlar için döküm şekilleri oluşturmak için plakaları, tutturaç/bağlaçlar, tuğlaları, masalar ve sandalyeleri, enerji depolayan güneş pilleri için ağırlıklar ve volanları, otobüs barları ve güç üretimi için teller ve yakıt dağıtım boruları ve depolama tanklarını, su ve diğer sıvı sprey kaplamalar veya roket yakıtlarında toz metaller kurmak için astarları içerir (Sullivan & McKay, 1991, s. 14). SpaceX ve Virgin Galactic gibi şirketler, son on yılda 13 milyar dolar (8,3 milyar sterlin) ile uzay araştırmalarını ticarileştirmeye başlamışlardır. Bu yatırımcılar uzayın madenciliği dışında ay tatilleri ve Mars'a geziler gibi fikirlerin gerçekleştirilmesi için de çalışmalar yürütmekteler. Yakın zamanda, NASA tarafından kısmen finanse edilen bir rapor, kalıcı bir Ay üssünün 2030'larda bitirilebileceğini ve özel yatırımcıların bunun inşasına yardımcı olabileceğini öne sürmüştür (Cruddas, 2015). Örneğin, Hakamada, merkezi Tokyo'da bulunan ve Lüksemburg'da da faaliyet gösteren özel bir uzay araştırma şirketi olan Ispace'in CEO'sudur. O misyonu 2020'de ay yörüngesini tamamlamayı ve ardından 2021'de yumuşak ay inişi yapmayı planladığını söylemiştir. O “İlk iki görevimiz teknolojimizin bir göstergesi olacaktır. Biz oradan, müşteri yüklerini aya getirmek için yüksek frekanslı nakliye hizmeti kurmaya başlayacağız. Ay'da su kaynaklarını bulursak, uzayda yepyeni bir kaynak endüstrisi geliştirebiliriz. Donmuş su havzasının keşfi insanların daha uzun süre Dünya'dan uzak kalmasına yol açacaktır.” diyor (Calderon, 2018).

Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi'nde yardımcı doçent astrofizikçi madencilik için, "Mars ve Ay her ikisi de hem yerçekimi açısından hem de mevcut yeraltı tünellerini kullanarak radyasyondan korunma açısından daha ılımlıdır.” diyor (Allison, 2018). Uzmanlar, insan yaşamının gelişmesi için gerekli tüm unsurları içeren yapay "biyosfer" oluşturma fikrini daha sert zeminlere - gezegen veya ay - kurma fikrini desteklemekteler. Bu konuda Mars uzaycılarının dikkatini çekmiş, 2025 yılına kadar orada yeni bir uygarlık kurmak için adımların atılmaya başlandığı istikamet haline gelmiştir (Robson, 2014).

Mars

Uzay bilim adamları suyun Mars'ın kutuplarında buz halinde mevcut olduğu konusunda hemfikirler. Suyun, gezegenin başka yerlerinde olması da muhtemel ama kesin değildir, belki donmuş toprak tabakası veya mineral hidrat bileşimi halinde var olduğu tahmin edilmektedir (Sullivan & McKay, 1991, s. 16). Marsın, bol miktarda kükürt, potasyum, titanyum, nikel, çinko, demir ve diğer nadir metalleri barındırdığı da düşünülmektedir (Lee, 2012, s. 53). Çoğunlukla karbondioksitten oluşan Mars atmosferi, yaşam desteği veya uzay aracı yakıtında kullanım için oksijen salmak üzere işlenebilir. Aynı şekilde orta performanslı roket yakıtı olabilecek karbon monoksit te ortak üründür. Oksijen ve az miktarda hidrojen birleştirilerek su elde edilir. Atmosfer kullanımının avantajı, madenciliğin dahil olmamasıdır ve çok daha güvenilir sistem sağlayan basit gaz işleme ekipmanları kullanılabilmesidir. Yaşam destek teknolojileri her zaman CO₂'in metan dahil diğer bileşiklere dönüşümü ile ilgili süreci uygulaya gelmiştir. Bu süreç yaklaşık yüz yıl önce keşfedilmiş ve günümüzde hala birçok kimya fabrikası tarafından kullanılmaktadır. Bu teknolojinin doğrudan Mars atmosferine uygulanması oksijen üretimine olanak sağlayacaktır (Sullivan & McKay, 1991, s. 21). Mars'ın iki ayı olarak bilinen Phobos ve Deimos'un su kaynaklarıyla zengin olma ihtimali de vardır (Sullivan & McKay, 1991, s. 23). Absorpsiyon spektroskopisi yoluyla yapılan bilimsel çalışmalar, bu uyduların kutuplarının yaklaşık yirmi metre ve ekvatorlarının yaklaşık 100 m derinliklerinde derin ilkel buzlanma olasılığını ortaya çıkarmıştır. Ve iyi gelişmiş regolit tabakalarının olduğu da gözlemlenmiştir (Lee, 2012, s. 54).

Mars Dünya'dan 225 milyon kilometre uzaklıktadır. Mars'ın bilinen olumsuzluklarına rağmen (soğuk havası, toksik toprağı, düşük yer çekimi vs.), dünyanın dört bir yanından 200.000'den fazla insan, kızıl gezegende kalıcı bir insan yerleşimi kurma misyonu Mars One için başvurmuştur (Hollingham, 2015). Mars One Hollanda projesi 2012'de başlatılmış ve halihazırda proje için 200.000 kişilik havuzdan 40 başvuru incelenerek dikkate alınmıştır. Projenin, finanse etmeye yardımcı olacak bir realite TV şovunun parçası olarak eğitim almaları üzerine çalışmaları mevcuttur (Robson, 2014).

Uzayın madenciliğinde tüm süreçlerin yargılanması gerektiği kriterler vardır. Uzay çalışmalarında bu engeller ince analizlerden geçmelidir. ISMU (Indigenous

Space Materials Utilization - Yerel Uzay Malzemelerinin Kullanımı) tesisleri düşük yerçekiminde çalışacaklar ve kapalı yapı içine alınmadıkça, vakuma, güneş radyasyonuna ve şiddetli sıcaklık değişimlerine maruz kalacaklardır. Çalışanlar, her biri iki hafta süren Ay'ın gündüz ve gece döngüsüne tabi olacaklardır. Bu nedenle, iş güvenliği ve çalışabilirlik son derece önemlidir. Uzmanlar sıkı bakım ve yedek parça gerektiren karmaşık sistemlerden mümkün olduğunca kaçınılmasını göz önünde bulunduruyorlar. Uzaktan çalıştırılabilen veya Dünya'dan denetlenebilen sistemler, üs operasyonlarını hafifletebilecektir. Telerobotik madencilik, Mars kadar olan uzaklıklarda pratik değildir ve tamamen otomatikleştirilmiş sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Son derece düşük yer çekimi olan Mars ve onun aylarında maden işleme için yeni donanımlara ihtiyaç duyulacaktır. Erken keşif senaryoları bunların gerçekleşmesinin zor olduğunu öne sürerken, Mars üzerinde ve yanında gerçekleşecek olan etkinlikler bu cisimlerdeki potansiyelden yararlanabilecektir (Sullivan & McKay, 1991, s. 23).

Diğer gök cisimleri

Ay ve Mars'tan başka, Merkür'ün yüzeyinin demir ve titanyum oksitleri açısından zengin olduğu keşfedilmiştir. Venüs'e doğrudan kanıtların olmamasına rağmen (inen araçlar ve yüzey mineralojik analizlerle), gezegenin de aynı şekilde Merkür gibi benzer mineralojiye sahip olduğu düşünülmektedir. Gaz devleri Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün, döteryum ve helyum-3'ün çıkarılması için gerekli olabilecek hidrojen ve helyum içerir çoğunlukla, bununla birlikte bunların su içerdiği de bulunmuştur.

Kuiper kuşağı ve Oort bulutunun, çok sayıda buzlu cisim içerdiğine inanılmaktadır. Kuiper kuşağı, Neptün'ün yörüngesinin ötesindedir ve varsayılan Oort bulutunun ise Güneş'in en yakın komşusu Proxima Centauri'ye giden yolun dörtte birini uzatabildiği düşünülmektedir (Mazanek & vd, 2015, s. 8).

Apollos, Amors ve Atens gibi Yakın Dünya Asteroit gruplarına ek olarak takriben dairesel yörüngeleri olan Arjunas adlı asteroit sınıfı da vardır. Arjunalar, çok düşük yörünge eksantrikliği (dışmerkezlilik) ile yarıçapta yaklaşık 1 AU (astronomik birim) yörüngelerine sahiptir. Dünya'ya olan yakınlıkları ve küçük boyutları,

asteroidin yörünge eğiminin minimum olması koşuluyla Arjunalara gidip gelme çok enerji verimli çalışma haline gelebilir.

Dünya'nın yakınından geçtikten sonra Güneş'in yörüngesinde dönerek Dünya'nın yakınında değişik yörüngelerde hapsolmuş olan Yakın Dünya Asteroitlerinin - Koorbital Asteroitler - var olması da uzun zamandır teorik olarak olasılık göstermiştir.

Kısa dönem kuyruklu yıldızlar da madencilik için alternatif olarak görülmekte ve kuyruklu yıldız kökenli asteroitlerinin hidrokarbon ve diğer uçucu maddeleri içerdiği düşünülmektedir. Kısa dönem kuyruklu yıldızlar genellikle su buzu, kuru buz, amonyak (NH₃), hidrojen siyanür (HCN), hidrokarbonlar ve silikatlardan oluşur. Meteorlar genel olarak Taş, Taş-Demir ve Demir olarak sınıflandırılmaktadır (Lee, 2012, s. 67).

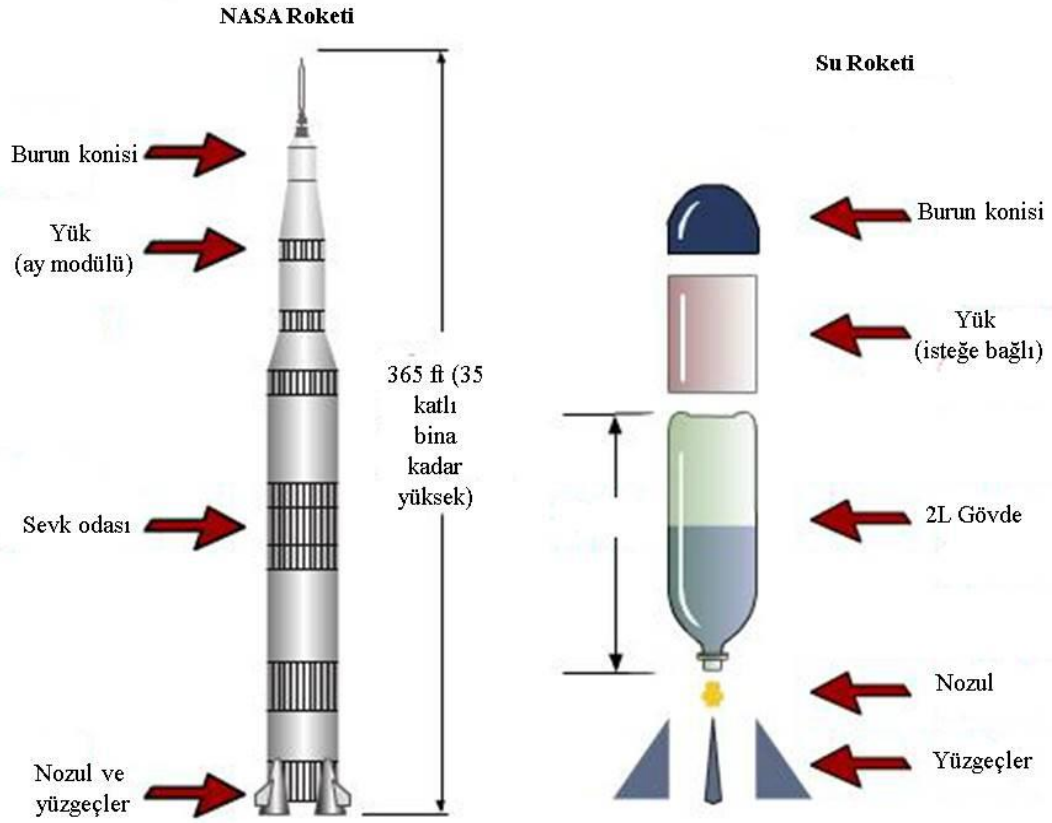
Su

Suyun, uzayda madencilik faaliyetlerini yürütmek için gerekli olması, bilim adamlarını deneylerle su elde etmek için çalışmalar gerçekleştirmesine, örneğin, NASA'nın İnsanlı Araştırma ve Operasyonlar Misyona Müdürlüğü (Operations Mission Directorate) kurarak, yerinde kaynak kullanımı için sistemler üzerine araştırmalar yürütmesine yol açmıştır. Söz konusu elektroliz, hidrojen ve oksijeni sudan ayırmak için iyi bilinen bir işlemdir. Aynı zamanda hidrojen indirgenmesi gibi farklı ve çeşitli yöntemler ve teknolojiler de ay tozu işlenmesinde (veya regolit) kullanılabilir. Artı, Ay suyunun yalnız astronotlar ve yerleşimler için değil, aynı zamanda ileri veya geri dönüş yolculukları için roket yakıtı olarak hidrojen ve oksijen elde etmek için de kullanılabilir olması da öngörülmektedir (Nature Astronomy, 2019, s. 1).

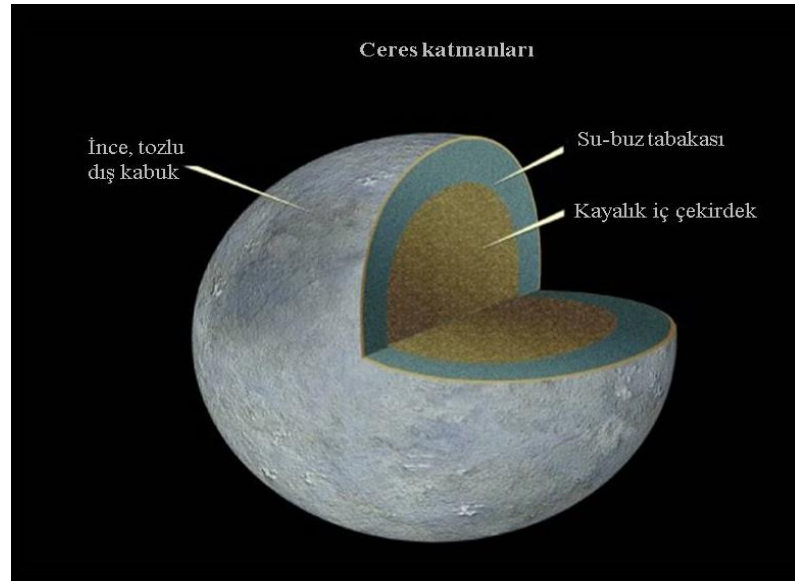
Bilim adamları şu an için yeryüzü su ihtiyacını uzaydan temin etmek yerine daha çok uzayın kendisinde araştırmalar ve keşifler sırasında kullanımı ile ilgili konular üzerinde çalışmaktalar. Su, gelecekteki insanlı uzay araştırmaları için en önemli kaynaktır. Buzullar eritilerek suya dönüştürülebilmekte, su da roketin motor yakıtını (hidrojenden) oluşturmak için hidrojen ve oksijene bölünebilmektedir. Uzay araçları yakıtları, astronotları radyasyondan korumak, termal kontrol, insani tüketim ve bunlardan başka çeşitli uygulamalar (temizlik, bitki yetiştirme, vb.) dahil olmak üzere farklı amaçlar için kullanılacaktır. Lewicki: "Yeryüzüne düşen göktaşlarında bulunan

sudan, asteroitlerde suyun mevcut olduğu anlaşılmıştır. Onların inmek için fazla enerjiye ihtiyacı yoktur. Bu ayın yüzeyine yolculuk yapmaktan daha kolaydır.” şeklinde açıklama yapmıştır. İnsanlar dünya yörüngesinin sınırları dışına çıktıkları sürece, su hayat desteği ve gıda yetiştirilmesi için gerekli olacaktır. Uzaya 1 ton su göndermenin ücreti 50 milyon dolardır (Cruddas, 2016). Mevcut standartlarla uzaya seyahat etmek, Amerika'yı baştanbaşa gezmeye eşdeğerdir, ancak tüm yakıtı beraberinde taşımaya zorunda kalmak çok daha zorluktur. Dünya'dan ilk 300 kilometreyi geçmek, sonraki 300 milyondan daha fazla enerjiyi gerektirir. "Dünya'nın yörüngesindeyken, Güneş Sistemindeki herhangi bir yerin yarısındasınız" diyor Lewicki. Uzayda suyun elde edilmesi uzay araçlarının uzayda yakıt ikmali yapmasına ve önemli ölçüde daha uzağa gitmesine yol açacaktır (Cruddas, 2016). Karbonlu asteroitlerin genellikle %10'u sudur. Elvis, "Su, evrendeki en yaygın elementlerden yapıldığı için uzayda oldukça yaygındır. Su oksijene ve hidrojene ayrılabilir ve oksijeni solumanıza olanak tanır." diyor (Allison, How we could survive on an asteroid, 2018). Karbonlu kondritler genel olarak demir, nikel ve kobalt metallerini de içermektedir. Bu yüzden bu asteroitleri hedef almak, madencilere bir şeyleri dünya dışında kurma olanağı sağlayabilecektir. Lewicki'ye göre bu, suyun faydalanmasından bir sonraki adımdır (Wall, 2015). Eğer asteroitler uzay araçlarının yakıtını yanında taşımasını gerektirmeden gelecekteki derin uzay misyonlarına yakıt sağlamak için dünya dışı/yörünge "benzin istasyonları" olarak hizmet edebilirse bu aynı zamanda uzay yolculuğunu daha uygun maliyetli ve verimli hale de getirecektir (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 8).

Akıllı özerk robotları kullanarak Ay'ın ve yakın asteroitlerin madenciliği hakkında ciddi planlar yapılmaktadır. Bu konuda kendi planıyla ilgili Amazon ve Blue Origin uzay şirketinin CEO'su Jeff Bezos, Ay'dan su elde etmenin hidrojen, karbon, silikon, metaller ve diğer önemli malzemelere daha fazla erişim sağlamasına fırsat vereceğini açıklamıştır (Pandya, 2019). ABD'nin eski uzay politikası müdürü ve Planetary Resources şirketinin şu anki başkan yardımcısı Peter Marquez'e göre ise "Dünya'ya yakın bir asteroidin 135 uzay mekiği görevinin tamamını doldurmak için yeterli su vardır" (The Reeves Law Group, 2017).



Şekil 2. Uzay aracı yakıtı olarak suyun kullanımı (Water Bottle Rockets).

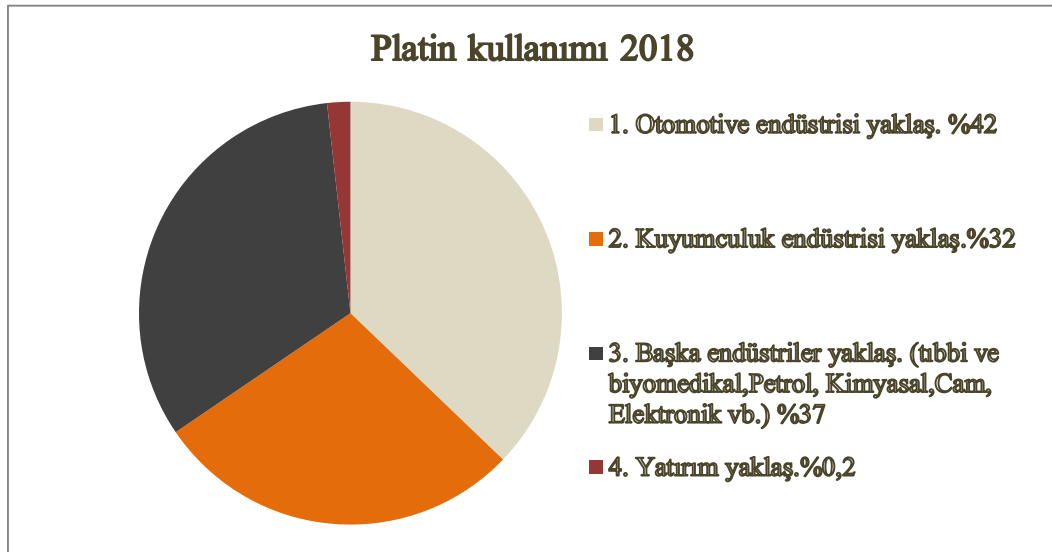


Şekil 3. Uzay cisimlerinde suyun mevcudiyeti (Wikipedia, 2020b).

Asteroitten ilk su, 2020'nin ilk yarısında çıkarılması planlanılmıştır (Cruddas, 2016). Bununla ilgili Planetary Resources'ın başkanı ve baş mühendisi Chris Lewicki "Sonraki 10 yılda hatta 2020'nin ilk yarısında, asteroitlerden elde edilen suyun dağılımını ve uzay içi yakıt ikmali ekonomisinin oluşumunu göreceğimizi beklemekteyiz." diyor. Lewicki'nin dediğine göre, asteroitlerdeki suyu keşfedecek ve onu elde edecek teknolojiyi sağlamak zor veya pahalı değildir. Bilimsel uzay araçları gök cisimlerinin üzerindeki maddeleri her zaman kolaylıkla tespit ederler. Asteroitten su elde etmek, basitçe onu alıp güneşin onu ısıtmasını sağlamaktır (Wall, 2015).

Platin

Platin hem sanayide yüksek teknoloji hem de mücevher üretiminde kullanılması nedeniyle yararlı ve değerli metaldir.



Şekil 4. Platinin farklı sektörlerde yaygın kullanımı (Platinum uses, 2019).

Reuters haber ajansının 2012 yılında Planetary Resources şirketiyle yaptığı reportajına göre, 30 metre uzunluğundaki (98 fit) bir asteroid, 25 milyar ABD dolarından 50 milyar ABD dolarına kadar değerinde platin içerebilmektedir (bugünün değerleriyle 28,5 milyar ABD dolarından 57 milyar ABD dolarına kadar) (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 7). Bir radyo röportajında Amerikan astrofizikçilerin

yetkililerinden olan Neilde Gresse Tyson uzay madenciliği hakkında “Eğer bir ev büyüklüğünde olan bir asteroidi dünyaya taşırsanız, onda dünya tarihinde kazılan platinden daha fazla platin, dünya tarihinde kazılmış altından çok daha fazla altın elde edilebilecek” demiştir. Söz konusu, Planetary Resources bir asteroidi uzun zamandır takip etmektedir. O dünya yörüngesinin yanından her 23 ayda bir geçer ve boyutu $0.5\text{km} \times 1\text{km}$. Uzay gemisi ona 8 ayda ulaşabilir. Diamandis göre onun toplam değeri 300 milyar dolar ile 5 trilyon dolar arasındadır. Eğer gelecekte bu asteroitten platin çıkarılırsa platinin evrensel fiyatı düşebilecek, böylece bazı mal ve hizmetlerin fiyatları daha uygun hale gelebilecektir. Mesela lüks mücevherat, aynı zamanda arabalar için katalik dönüştürücüler, dizüstü bilgisayarlar ve dijital video kaydedicisi için sabit diskleri vs. (Riederer, 2014).

Bunların yanı sıra özellikle dikkat edilmesi gereken nokta, asteroitler üzerindeki platin grubu metallerin miktarıdır. Platin grubu metalleri arasında platin, paladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyum bulunur. Bu metaller oldukça değerli ancak Dünya'nın kabuğunda nadir ve düşük konsantrasyonlardadır. Lewis ve Meinel, Dünya'da bulunan tüm yaygın meteorit sınıflarının, dünyadaki en iyi madenlerden bile daha yüksek platin grubu metal konsantrasyonlarına sahip olduğunu ifade etmiştir. Onlar asteroitlerin de benzer şekilde yüksek platin grubu metal konsantrasyonlarına sahip olacağını öne sürmüşlerdir. Hidrojen bazlı enerji ekonomisinin platin grubu metallerle olan küresel talebi artırmasıyla birlikte, asteroitler üzerindeki mineral kaynaklarının çıkarılması ve kullanılması zamanla uygulanabilir hale gelecektir. Platin üretimi, klor, amonyak, hidroklorik asit ve demir, çinko ve nikel gibi çeşitli ağır metallerin salınımını içeren ağır kirletici süreç olduğundan belli bir dereceye kadar uygun kabul görmemiştir.

Gök cisimlerinin kaynaklarından yararlanma ihtiyacı aşağıdaki faktörlerle birlikte düşünüldüğünde, hidrojen ekonomisinin uygulanması için ihtiyaçların tasarlanmasında özellikle önemlidir:

- 1) Platin ve platin grubu metaller için artan talep;
- 2) Platin ve platin grubu metallerin yenilenmeyen ve dolayısıyla Dünya kabuğunda sınırlı kaynaklar olması;

- 3) Platin ve platin grubu metallerin nadiren ve çok düşük konsantrasyonlarda oluşması, az miktarda metal çıkarmak için büyük miktarda madenin işlenmesini gerektirmesi;
- 4) Büyük miktarlarda maden çıkarmanın yanı sıra bu tür metallerin çıkarılması ve rafine edilmesiyle ilgili süreçlerle ilişkili ağır çevresel maliyetlerin olması;
- 5) Ay ve Dünya'ya Yakın Asteroitlerin çoğu, Dünya'nın kabuğunda bulunanlardan daha yüksek konsantrasyonlarda platin grubu metallerine sahipliği (Lee, 2012, s. 50).

Ancak, maliyetleri göz önünde bulundurarak bazı bilim adamları tarafından platinin değerinin artabileceği aynı zamanda arzın artmasıyla fiyatın da düşebileceği tartışılmakta olan bir konudur.

2.1.4. İnsanoğlu Kaynaklı Çevre Kirliliğinin Giderek Artması

Uzay Madenciliğine girişimin sebebi yalnız kaynak elde etmeyle sınırlı değildir. Üretim, yakıt ve kimyasal üretimi, madencilik - son derece karmaşık ve çeşitlidir. Onlar bir anahtar girdiyi paylaşıyorlar: çok fazla ısıya ihtiyaç duyarlar, bu da üretim için çok fazla miktarda yakıt gerekliliği demektir. Isı ve buhar, küresel ekonominin temelini oluşturan yakıt ve kimyasal üretimindeki endüstriyel süreçler için kritik öneme sahiptir, aynı zamanda gittikçe çoğalan sera gazı emisyonu kaynağıdır. Dünya'da fosil yakıtlar, endüstri için hala dominant ısı kaynağı olmaya devam etmektedir. Ve artık günümüzde endüstri daha temiz alternatifler keşfetmeye başlamıştır – güneş buharı gibi. Doğru teknoloji ile güneş enerjisi hem göz ardı edilen emisyonları azaltmada, böylece iklim değişikliğini önlemede, hem de endüstriyel buhar üretimi için güvenilir, verimli ve düşük maliyetli enerji kaynağı olabilmektedir. Sanayiler, en büyük enerji tüketicisidir. Endüstriyel enerjinin %74'ü buhar işleyen ısı biçimindedir. Dünya çapında sanayiler toplam emisyonun 1/4'ünden sorumludur. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2050 yılına kadar endüstriyel emisyonların %24 oranında artacağını öngörmektedir (Moss, 2019).

Bu yüzyılda yeryüzü medeniyeti fosil yakıtların tükenmesine neden olacaktır. Petrol rezervleri, ardından gaz ve sonunda kömür olarak gittikçe tükenmek üzeredirler. Ancak, güneş enerjisi temiz ve tükenmezdir. Yeryüzündeki güneş akışı her gün sadece

6-8 saat boyunca elde edilebiliyorken, uzay güneş enerjisi istasyonunda meydana gelen radyasyon her gün 24 saat boyunca kullanıma elverişli olacaktır. Uzay araştırmalarının, gelecek için, uzaydan çok yıllık yenilenebilir enerji temini için küresel bir misyona katılmaktan daha iyi bir vizyonu olabilir mi? Dünya yüzeyinin %70'inden fazlası sudur, ama bunun sadece %1'i tatlı su olup içme amacı için kullanılmaktadır. 2050 yılına kadar dünya nüfusu 9 milyar insanı aştığı durumda, 6 milyardan fazla insan orta, yüksek ve aşırı su kıtlığı koşulları altında yaşıyor olacaktır. Büyük nüfus için güvenli ve temiz içme suyu sağlamaya yönelik dört yöntem vardır. Birincisi, su kaynağını yeniden dağıtmak; ikincisi, su talebini korumak ve azaltmak; üçüncüsü, kullanılmış su kaynaklarını geri dönüştürmektir ve dördüncüsü yeni tatlı su kaynakları bulmaktır. Gelişmiş teknolojiler sayesinde büyük ölçeklerde deniz suyunu tuzdan arındırarak yeni su kaynakları oluşturmak, güvenli ve taze içme suyu kaynağı sağlamak için uygun maliyetli bir yöntemdir. Ama bu yoğun enerji tüketimi gerektiren bir süreçtir. Dolayısıyla, yenilenebilir enerjinin uzay güneş uydularından sağlanması ve tatlı su maliyetinin önemli ölçüde azaltılması planlanılmaktadır (Kalam, 2008, s. 6).

Yeşil Enerji

Ay enerjisinin yeryüzündeki enerji endüstrisine önemli derecede katkıda bulunma ihtimali yüksektir. Enerji üretimi çok geniş ve büyümekte olan piyasadır. Enerji kanunen (doğa hali) olarak aydan yeryüzüne aktarılabilen bir üründür. 1989'da NASA raporunun sonuçlarına göre, gelecek yüzyılın enerji ihtiyacı için ay üssünden olanak tanınan 2 seçenek göz önünde bulundurulmaktadır. Bunların birincisi – ay yüzeyinde biriken ve mikro dalgalarla yeryüzüne ışınlanan güneş enerjisi; ikincisi ise – yeryüzüne getirilebilecek He-3 yani helyumun hafif izotopudur (Kalam, 2008, s. 5). Sullivan ve Mckay'e (1991, s. 15) göre “Büyük miktarda dizilen güneş pilleri Ay'da üretilecek ve yerleştirilecektir. Topladıkları enerji mikrodalgalara dönüştürülecek ve Ay'daki yerli malzemelerden üretilen büyük antenalar kullanılarak Dünya'ya aktarılacaktır. Ay toprağında bulunan He-3'ten elde edilen enerjinin 20 tonu (bir uzay mekiği yükünden daha az) ABD'nin bir yıllık elektrik ihtiyacını giderebilir.”

Son araştırmalardan daha önceki araştırmalara göre bu tür proje için gerekli olan tüm malzemeleri dünyadan piyasaya sürmek pek mümkün değildi. Burada Ay Güneş

Enerji Sisteminin bir parçası olarak düşünölen güneş kollektörlerinin sırası gösterilmektedir. Bu alan güneşten gelen enerji biriktirecek ve sonradan elektriğe dönüştürecektir. Sonradan, bu enerji, yeryüzüne doğru yönlendirilmiş mikro dalga ışınlarına çevrilecektir. Yeryüzündeki büyük rektenalar (dalgalı akımı doğru akıma çeviren anten) bu enerjiyi biriktirerek mevcut ve yeni dağılım şebekelerine yönlendirecektir. Bu konudaki bilimsel esaslar çoktan geliştirilmeye başlanmıştır (Sullivan & McKay, 1991, s. 18).



Şekil 5. Ay enerjisi sistemi (Yeah, 2014).

Uzay tabanlı güneş enerjisi santralleri, eşdeğer büyüklükteki yer tabanlı güneş santrallerine göre 6-15 kat daha fazla sermaye kullanımına sahiptir. Büyük ölçekli içme suyu kaynakları için uzay güneş enerjisini ters osmoz teknolojisine bağlama, uzayın sağlayacağı bir başka büyük katkı olabilecektir (Kalam, 2008, s. 6).

Helyum izotopu regolitten elde edilebilir. He-3'un dünyada elektrik gücünü sağlamak için füzyon reaktörlerde kullanılması olasıdır. Bu teknoloji, henüz araştırma aşamasındayken, uranyum tüketen mevcut fizyon temelli bitkilerden çok daha "temiz" ve hatta şu anda geliştirilmekte olan ve yakıt olarak radyoaktif trityum kullanan füzyon tesislerinden bile daha temiz olmayı vaat ediyor. Toplam helyumun 2-3000'inde yalnızca 1 parça He-3 içermesi ve toplam helyum seviyesi yalnızca 10 ile 200 ppm

olduğundan, bir kilogram He-3 elde etmek için on milyonlarca kilogram regolitin çıkarılması gerekmektedir. Bu konu şu anda Amerikan, Avrupa ve Japon füzyon araştırmacı bilim adamları tarafından incelenmekte, gerekli olan teknolojiler üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Bu bilim adamlarından bazıları He-3/döteryum reaksiyonu kullanan deneme amaçlı füzyon gücünün 10-15 sene içinde, ticari güç reaktörün ise 20 sene içinde kurulabileceğine inanmaktalar. Bu reaktör çok az miktarda radyoaktivite oluşturacaktır ve oluşacak olan radyoaktivite miktarı hastanelerin tıp alanlarında oluşan radyoaktivite ile eşdeğer olacaktır. Elektriği sağlamak için kullanılan mevcut yakıt maliyeti on milyarlarca dolardır ve artmaya devam etmektedir. He-3'ün tek mekik yükünün maliyetinin de yaklaşık olarak aynı miktarda olacağı tahmin edilmektedir. Hatta fosil yakıtların çevresel etkisi maliyete dahil edilirse toplamda daha fazla maliyete sebep olacağı düşünülmektedir (Sullivan & McKay, 1991, s. 16).

Başka da dünyada yeşil ekonomiye geçiş kapsamında, sürdürülebilirlik adına uygulamaların giderek artmasının, yeşil ikame mal/hizmetler gibi, çözüm olarak olumlu sonuçları doğuracağı her ne kadar görünürde etkili gibi gözükse de nüfus, tüketim ve konforlu yaşam tarzına bağımlılığın azalması gerçekleşmeden, o yeşil çözümlerin bile çevreye yan etkileri, maliyeti aynı şekilde olacaktır. Örneğin, günümüzde birçok bölgelerde kurulan güneş pilleri/panelleri yeşil enerji üretimi için büyük çapta kabul görerek, dünyada hali hazırda yarım terawattın üzerinde temiz elektrik üreterek dramatik büyümesini sürdürmekte. Fakat fotovoltaik güneş pili (PV) modüllerine faydalı ömürlerinin sonunda ne oluyor? PV atık bertarafı toplum tarafından bilinmese de uzak gelecek için ciddi sorunlar yaratabilecektir. Söz konusu, bazı güneş pillerinin yapısını oluşturan malzemeler aslında geri dönüşümü olmayan, Kaynak Koruma ve Kurtarma Yasası (Resource Conservation and Recovery Act) kapsamında tehlikeli atık olarak nitelendirilen, kurşun veya kadmiyum gibi, malzemelerdir. Bir modülün ağırlıkça yüzde 80-90'ı camdan yapılır. Geri dönüşümlü cam, kontaminasyondan arındırılmışsa, birçok kez geri döndürülebilir. Sorun, geri dönüşümcülerin, antimon ile kontaminasyonundan dolayı, PV atıklarından yüksek kaliteli cam üretememesidir. Sektörler büyüdükçe PV atıklarının sayısı artmaya devam edecektir. Bilgisayarlar, televizyonlar ve cep telefonları da dahil olmak üzere toplam e-atık yıllık yaklaşık 45 milyon metrik tondur. PV atık toplama ve geri kurtarma sistemi (collection and recovery system elusive) uygun maliyetli, yüksek değerli

malzeme geri kazanımı sağlayabilen olmaya devam etmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (The International Renewable Energy Agency), geri kurtarılan malzemelerin 2050 yılına kadar 15 milyar doları (ABD) aşabileceğini bildirdi (Mulvaney & Bazilian, 2019). Zehirli malzemelere maruz kalma, artan bertaraf maliyetleri ve yetersiz fonlarla yönetilen atık depolama sahalarındaki aşırı kapasite, araştırmacıların, döngüsel ekonomi gibi kavramlara dayanan küresel güneş atığı yönetimi çözümlerini araştırmasına yol açmıştır. Tüm bu eğilimler, sürdürülebilirliği sağlamak için daha yeşil bir ürün tasarımı ve tedarik zinciri sorumluluğuna ihtiyaç olduğunu göstermektedir. PV atıklarının toplanmasını ve geri dönüştürülmesini sağlayacak atık sistemleri, düzenlemeleri yoktur, elementlerin yapısı ve doğası gereği, olması da zordur. Bu bağlamda, uzayda kurulacak güneş enerjisi sistemleri gelecek için çevresel maliyetlerin oluşmasını önleyecek, geri dönüşümü olmayan zararların azalmasında etkili çözüm olacaktır.

Bu yöntemlerin bizi hava kirliliğinden, asit yağmurundan, ozon oluşumundan, küresel ısınma ve yüksek radyoaktif yakıtlı işlemlerden kurtarmasının yanı sıra enerji temininin maliyeti tartışılmakta olan bir konudur. Bazı araştırmacılar maliyetinin günümüz yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek, bazıları da teknolojinin ilerlemesiyle operasyonların gelişmesinden kaynaklı karbon ayak izi ve emisyonların azalması sonucunda maliyetlerin de düşeceğini söylemekteler. Abdul'un dediği gibi: "Son kırk yılda, balonlarla, roket deneyleriyle, uydularla, deneysel teknikler ve aygıtlama ile yapılan uzay gözlemleri, atmosferik süreçler hakkında entegre edilmiş değerli bilgiler sağlamıştır. Bu atmosferik gözlemlerden son kırk yılda neler öğrendik? Hangi bilgiler bizi zenginleştirdi? 20. yüzyıldan günümüze kadar bu atmosfer dinamik olarak nasıl değişti ve değişiyor? Biz çoktan dünyanın hem stratosferik soğutma (ozon deliği nedeniyle) hem de troposferik ısınma (artan sera gazları nedeniyle) ile karşılaştığını biliyoruz. Atmosfere daha fazla zarar gelmesini önleme adına, temiz yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak derhal enerji bağımsızlığının benimsenmesi, buna çözüm olabilecektir" (Kalam, 2008, s. 7).

Bu enerji temini alternatifleri bir tek dünya için değil uzayın kendine gerçekleşmesi planlanan faaliyetler için de önemli derecede etkili ve verimli olacaktır. Örneğin, yörüngede 1 kg, yerde 10 kg'dan fazlasına eşdeğerdir (roketin GEO yörüngesine 5 ton veya LEO'ya (alçak yörüngeye) 10 ton koyması için 250 ton yakıtı ihtiyacı vardır). Bu sınırlama, yakıt yüke dönüştüğü için gezegenler arası misyonları

zorlaştıran önemli faktör olacaktır (Falcon 9, 2020). Uzay madenciliğindeki sıra dışı bir öneri: bir NEA'yı Dünya'ya ve Ay yörüngesine "yeniden yönlendirmek" olmuştur. Asteroit ve uzay aracı bağlandığında, güneş enerjisiyle çalışan tahrik sistemi asteroidi aya götürebilir ve onu ay yörüngesine yerleştirebilir. Asteroidin kütlesine bağlı olarak bu süreç altı ile on yıl arası sürebilecektir (Riederer, 2014).

Sonuç olarak, dünyanın dört bir yanında insanlar arazide yaşamaktan şehirlere taşınmaya ve daha fazla ürün/hizmet satın alıp tüketmeye geçtikçe, endüstriyel faaliyetler artmaya devam edecek ve buna karşın emisyonları azaltma ihtiyacı daha da acil hale gelecektir (Moss, 2019). Teknoloji ilerledikçe git gide şirketlerin, hem maliyet ve emisyonu, aynı zamanda hem karbon ayak izini azaltarak, güneş buharına geçmeye başlaması beklenmektedir.

Yukarıda bahsedilen çalışmaların sonucunda yer alan ortak üç kavram dikkat çekmektedir: yasal yapılar, yatırım teşvikleri ve teknik engeller. Ricky J'nin dediğine göre, yakın zamanda kaynakların kısılaşması ve bundan kaynaklı teknoloji alanında çalışmaların yoğunlaşması ve dolayısıyla uzay aracı, tahrik sistemleri ve robotik madencilik ekipmanlarının devamlı teknolojik yeniliklerle teknik engellerin azalmasını getirmesi, maliyetlerin azalmasına ve finansal teşviklerin çoğalmasına yol açacaktır. Bu tahminler meydana geldiğinde ise bizim karşılaştığımız asıl mesele yasal meseleler olacaktır. Yasal belirsizlikler olduğu sürece, aşırı yüksek finansal girişim sorunlarının çözüme kavuşması ve yatırım uygulamalarının gerçekleşmesi söz konusu olamayacaktır. Ancak bütün bu sorunların ve konuların ele alınmasından sonra, Uzay Madenciliği şu yedi aşamayla uygulanabilir hale gelecektir:

- 1) Planlama: belirli seçilmiş gök cisimlerinin madenciliğinin fizibilitesinin mineralojik ve teknik çalışmasını içerir.
- 2) Araştırma: mineralojik numuneleri analiz etmek için uzay araçlarının kullanılmasını ve uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak çeşitli birikintilerin geçerliliğini değerlendirmeyi içerir.
- 3) Fırlatma: madencilik için uzay aracının fırlatılmasına kadar olan operasyonları kapsar.
- 4) Transit: fırlatma aşamasından madencilik aracının varış noktasına ulaşmasına kadar olan süreçleri kapsar.

- 5) Çıkartma: madencilik aracının hedeflenmiş gök cismi üzerine inişinden bütün kaynakları çıkarana kadar olan süreçler.
- 6) Getirme: kaynağın uzayda işlenip işlenmemesine bakılmaksızın, çıkarılan kaynağın Dünya'ya veya ay yörüngesine getirilmesini/götürülmesini içerir.
- 7) Kullanma: çıkarılan kaynakların işlenmiş, işlenmemiş veya herhangi bir biçimde kar amaçlı satılması durumudur (Lee, 2012, s. 10).

2.1.5. İlk Uzay Kullanımı Fikri

Uzay cisimlerinden doğal kaynakların kullanımı, uzaycılara göre Uzay Çağı'ndan daha eski bir fikirdir. Asteroit madenciliğinin ilk bahsi sözde bilim kurgu tarzında 1898 yılında New York Evening Journal'da yayınlanan Garrett P. Serviss'in "Edison'un Mars'ı Fethi" hikayesiyle ortaya çıkmıştır. Edison'un Mars'ın Fethi, Amerikalı astronom ve yazar Garrett P. Serviss'in bilim kurgu romanıdır. H. G. Wells'in 1897 hikayesi "Dünyalar Savaşının" büyük ölçüde değiştirilmiş bir versiyonu olan "Mars'tan Savaşçıların" devamı olarak yazılmıştır. Romanın bu tarzda ilk ortaya çıkan eserlerden biri olması ve başka da birçok eserlerin ortaya çıkmasına ilham olması nedeniyle bilim kurgu tarihinde ayrı bir yeri vardır. Serviss kendisini Edison'un danıştığı bir profesör olarak; Edward Emerson Barnard, Lord Kelvin, Wilhelm Röntgen ve Silvanus P. Thompson gibi bilim adamlarını ve Kraliçe Victoria, ABD Başkanı William McKinley, Kaiser Wilhelm II ve İmparator Mutsuhito gibi devlet başkanlarını da eserine dahil etmiştir (Wikipedia, 2020a). Başka da 1903'te Konstantin Tsiolkovski, "asteroitlerin sömürülmesini", Reaksiyon Motorları Aracılığı ile Kozmik Uzayın Keşfindeki, uzayı ele geçirme için 14 nedenden biri olarak dahil etmiştir (Mazanek & vd, 2015, s. 1). Özellikle, 1957 yılında Ruslar tarafından ilk yapay uydunun başarılı bir şekilde uzaya fırlatılması, ardından 1961 yılında ilk kozmonot Yuriy Gagarin'in başarılı bir şekilde uzaya gidip gelmesi, artık bu konunun 20.yüzyılın yarısından sonra daha da ciddiye alınmaya başlandığının, hükümetlerin de bu konuda uzay yarışına ilk resmi adım attıklarının göstergesi olmuştur.

Uzaya atılan ilk başarılı adımların Ruslar tarafından gerçekleştirilmesi dolayısıyla Amerika'nın bu durumdan kaynaklı harekete geçerek 1963-1969 yılları aralığında, uzay kaynaklarının kullanımı ile ilgili faaliyetlerle ilgilenen araştırmacıların ve mühendislerin gayri resmi bir organizasyonu WGER'i kurması

beklenmemiş bir durum değildi. Grup, ay ve gezegen araştırmalarının karasal arzlara bağımlılığını azaltmak amacıyla dünya dışı kaynakların istihdamının fizibilitesini ve kullanılabilirliğini değerlendirmek, bilinçli kurumlara bu hedeflerle ilgili şartlar konusunda tavsiyelerde bulunmak ve bu hedefleri etkileyen sonuçlara dikkat çekmek için oluşturulmuştu. WGER, çevre, kaynaklar, biyoteknoloji, tesis yapımı, işletme ve bakım, madencilik ve işleme ile ilgili sorulara odaklanan dört alt gruba ayrılmıştı. Grup 1963'ten 1969'a kadar yedi kez yıllık toplantılar düzenlemiş, toplantıların sonucunda bildiri çalışmaları ve tartışmaların transkriptleri toplantı raporlarında toplanmıştır (Meurisse & Carpenter, 2020, s. 6).

1970'lerde ise, mikrodalga aktarım yoluyla güneş enerjisini, dünyadaki yerli ve endüstriyel tüketim için, kullanılabilir elektriğe dönüştüren/toplama antenlerine ileten devasa bir dizi güneş enerjisi hücrelerinin jeostasyonel yörüngede Dünya'nın etrafında döndüğü, uzay güneş enerjisi uydusu (space solar power satellite) kavramı geliştirilmiştir (Lee, 2012, s. 22).

Dr.Brianc O'Leary, NASA'nın eski bir çalışma grubunun astronot adayı ve Asteroidal Kaynaklar Grubunun takım lideri, 1977 yılında NASA'nın Ames Uzay Yerleşimleri Yaz Çalışması sırasında, Dünyaya yaklaşan Apollo ve Amor asteroitlerini (yeniden yönlendirmek için gerekli hız değişikliğinin (ΔV) düşük olduğu zamanlarda) Dünya'nın çevresine taşımak için kitle sürücülerini kullanmayı ve Dünya açısından uzay kaynaklı materyalleri elde etmek için en yakın yerin Ay olduğunu önermiştir (Mazanek & vd, 2015, s. 1).

Bunlara ek olarak, Ay'da kendi kendini üreten robotlar kavramı da 3D baskı teknolojilerinin popülerleşmesinden çok daha önce ortaya çıkmıştır. 1997 ve 2000 yılları arasında üç ISRU (In-Situ Resource Utilization – Yerinde Kaynak Kullanımı) teknik çalıştayları: bir Teknik Değişim Toplantısı ve iki Uzay Kaynakları Yuvarlak Masalarının organizasyonları, bilim adamları ve mühendisler arasındaki derin ilginin hala devam ettiğinin göstergesi olmuştur. ISRU deneysel çalışmaları için finansman kısıtlamasının, mimari çalışmaların, Ay ve Mars için görev senaryolarının, teknoloji incelenmesinin ve ay üssüne olan ihtiyacı destekleyen strateji odaklı belgelerin vs. artışına neden olduğu düşünülmektedir (Meurisse & Carpenter, 2020, s. 16).

Birleşmiş Milletlerin yayınladığı dünya nüfusunun 2050 yılında tahmini 9,7 milyara (yavaş bir hızla hesaplandığında) ulaşması ihtimalini (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019), beraberinde talep, tüketim ve

endüstrilerin de büyümesine önemli derecede yol açacağını birçok devlet çok daha öncesinden öngörmüş ve bu durumu dikkate alarak uzay kaynaklarına erişmeye aslında bildiğimizden çok daha erken davranmaya başlamışlardır.

2.1.6. Uzay Madenciliği Teknolojileri

Uzay madenciliği her ne kadar yeni kavram olarak görünse de düşüncenin ilk fikirleri yukarıda bahsedildiği gibi 18-19.asırlara kadar dayanmaktadır. Dolayısıyla madenciliği mümkün kılan uzay madenciliği teknolojisi de çoktan üzerinde çalışıla gelen bir alandır. Aslında bu geleceğin yeni sektörüne yapılacak olan yatırımlar uzay madenciliği teknolojilerini icat etmek, geliştirmek ve elde etmek içindir. Günümüzde teknoloji artık insan gücünün ötesine geçmiş ve herhangi amaç doğrultusunda olmazsa olmaz faktör olarak değer kazanmıştır. Uzayın madencilik fırsatlarından istifade edebilmemiz de tamamen elimizdeki uzay teknolojilerine bağlıdır.

2017'de Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması, yeryüzünde mineral kaynak değerlendirmeleri yapmak için geleneksel yöntemlerinin asteroitlere başarılı bir şekilde uygulanıp uygulanamayacağını belirlemek için bir fizibilite çalışması gerçekleştirmiştir ve yapabileceklerini belirtmiştir. Çalışma, asteroitler üzerindeki kaynak birikimlerinin karasal madencilik operasyonlarına aşına olan yöntemlerle modellenebileceğini, tanımlanabileceğini ve ölçülebileceğini ve özellikle uzay kaynakları için yeni yaklaşımların gerekli olmadığını bulmuştur (Christensen & vd, 2019, s. 3). Bu fiziksel uygulamaların yanı sıra kimyasal olanlar, laboratuvar deneyleri gibi, zaten Dünya'da gerçek veya simulasyon yollarıyla gerçekleştirilmektedir. Sözgelimi, NASA çalışanı Thomas Sullivan (1991, s. 18) "Laboratuvarda, güneş pili üretimi için saf silikon, yapılar ve teller için demir, reflektörler için fiberglas ve demir, simule edilmiş ay malzemelerinden çeşitli farklı bireysel ürünler yapma yeteneğini biz zaten gösterdik." diyerek, bu konuda önemli deneyimlerin var olduğunu vurgulamıştır. OECD ise bu konuda, yedek parçaların gerekli olduğu durumlarda Dünya'dan götürmek yerine uzayda üretilmesini mümkün kılan eklemeli üretim, özellikle uzay araştırması, yerleşimi için ilgi çekicidir, havacılık bileşenleri kullanan teknoloji 2014 yılından beri UUI'da test edilegelmektedir ve istasyondaki eklemeli üretim tesisi, araçları, bileşenleri ve diğer donanımları yazdırabilir/basabilmektedir (OECD, 2019, s. 82). Bu tesisin geliştiricisi, Made in Space şirketi, yakında yaşam destek sistemleri

için konaklama, birden fazla malzemeden oluşan bileşenler gibi havacılık için hassas metal parçalarını üretebilen mikro yerçekimi için hibrid kompozitler/metal yazıcı geliştirmek üzere NASA'dan hibe kazanmıştır.

Uzay cisimlerini keşfetme, araştırma kapsamında tasarlanan misyonlar amacına göre farklı türlere ayrılmaktadır: gök cisminin yanından geçenler, yörüngede dönenler, gök cismine inenler, gök cisminde numune getirenler ve bu misyonları yürüten, ticari madencilik girişiminin aşamalarına göre teknolojik gereksinimlerin, şunları içermesi beklenmektedir:

- Hem giden yolculukta hem de gelen yolculukta nakliye teknolojileri;
- Gelişmiş otomatik roketilik yetenekleri;
- İniş yetenekleri;
- Otomatik veya robotik uzay madenciliği ekipmanı;
- Uzay malzemesi işleme yetenekleri;
- Gelişmiş bilgisayarlı hedefleme yetenekleri;
- Gelişmiş uzay enerji üretim ve tahrik sistemleri (Lee, 2012, s. 280).

Uzay geliştirme faaliyetlerinin uzaktan yönetilecek özerk robotlarıyla yürütülmesi planlansa da arıza durumunda robotlar teknik sorunlarını onarmak, sorunların temel nedenini tanımlamak için yeterince gelişmiş değildir. İnsanlar olmadan, bir madenci veya üretim robotu kırıldığında, üretim yerindeki işlemler Dünya'dan bir yedek robot gönderilinceye kadar durdurulabilir. Bu arızalar sık sık beklenebilir çünkü bu alanlardaki karasal teknolojiler henüz gök cisimlerinin ortamına iyi adapte edilmemiştir. Bilimsel olarak bu tarz robotların daha sağlam donanımsal olmaları gerekir. Bu yüzden insanların robotlarla iş birliği yapması, sinerji sağlayarak yalnızca robotik ile uzay geliştirme faaliyetlerinden çok daha hızlı olabilecektir aynı zamanda ekonomik ve çevresel faydaların çok daha erken tahakkuk etmesine yol açabilecektir. Spudis ve Lavoie'nin gösterdiği gibi, ayda kaynaklarının kullanımına dayanan bir ay ss, her şeyin Dünya'dan fırlatılmasından çok daha ucuz olacaktır (Metzger, 2016, s. 5).

Mevcut durumda bizi uzaya götüren her ne kadar insanlı, insansız uzay araçlarına sahip olsak ta, asıl bizim ihtiyacımızı karşılayacak olanlar, uzayda madencilik işlemlerini yürütmek için özerk, uzaktan kontrollü, yapay zekalı makineler

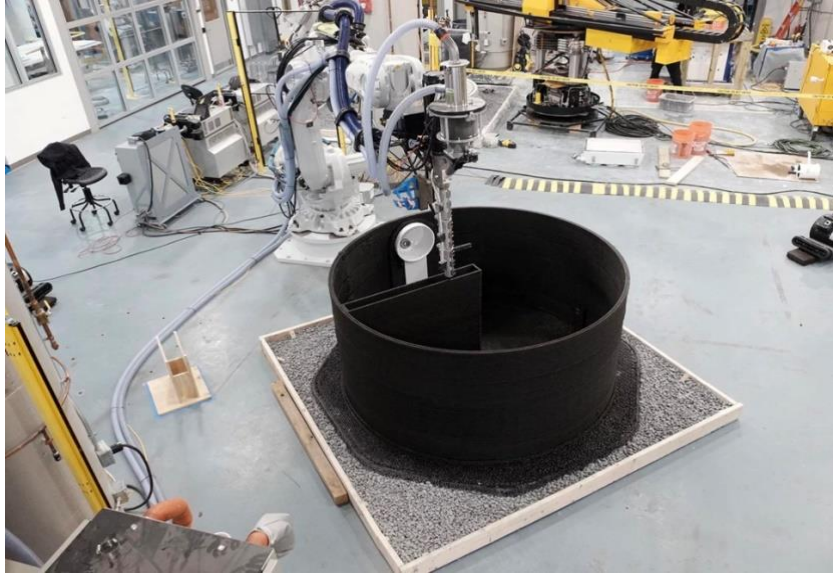
olacaktır. 3D baskı, Asteroit yakalama teknolojisi, Kaynak çıkarma teknolojisi, Asteroit yönlendirmesi, Sevkiyat asansörü, Robotik cihazlar, güneş pilleri, teller, mikrodalga reflektörler, mobil bağlantılar, nesnelerin interneti, bilişsel çalışmanın otomasyonu, bulut teknolojisi, özerk veya yarı özerk araçlar, nano malzemeler ve nano yapılar, enerji depolama teknikleri vs. uzay madenciliği teknolojilerine örnektir. Hatta bu büyük proje için gerekli tüm öğeleri uzaydaki kaynaklardan yapıp yapılmayacağı konusunda önemli çalışmalar, deneyler yapılmaktadır. Örneğin, uzaktan çalıştırılabilen regolit elde etme ve işleme teknolojisi ile inşaat makineleri, yollar, binalar, ofisler ve fabrikalar inşa edilebilecek, işgücünü hafifletirken insan varlığında riskleri azaltabileceklerdir (Sullivan & McKay, 1991, s. 17).

3D Baskı

3D baskı bilindiği üzere, dijital ortamda tasarlanan herhangi nesneyi fiziksel yapıya dönüştürebilen teknolojidir. NASA dev 3D teknolojisiyle Ay'da ve Mars'ta üretimi desteklemek için insanların ihtiyaç duyacağı konaklama koranaklarının inşaatını başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. CEO'su Chris Lewicki'ye göre, "3D baskı teknolojisi kullanarak asteroitlerden malzeme alınabilir ve uzaktan kontrol sağlayarak aletler, makineler ve hatta doğal yaşam yerleri Dünya'dan inşa edilebilir, bu da araştırma maliyetini daha da azaltır. 3D, roketin taşımaması gerektirmeyen herhangi bir şeyi basabilir." (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 7). Ayrıca ESA'nın Genel Müdürü Woerner, dev bir 3D yazıcısı kullanarak Mars üssü inşa etmek için araştırılan teknolojinin önce Ay'da denenmesinin daha uygun olacağını öne sürmüştür (Hollingham, 2015).



Şekil 6. 3D Baskı Çalışmaları (Staedter, 2019).



Şekil 7. 3D Konaklama Kurulumu (Staedter, 2019).



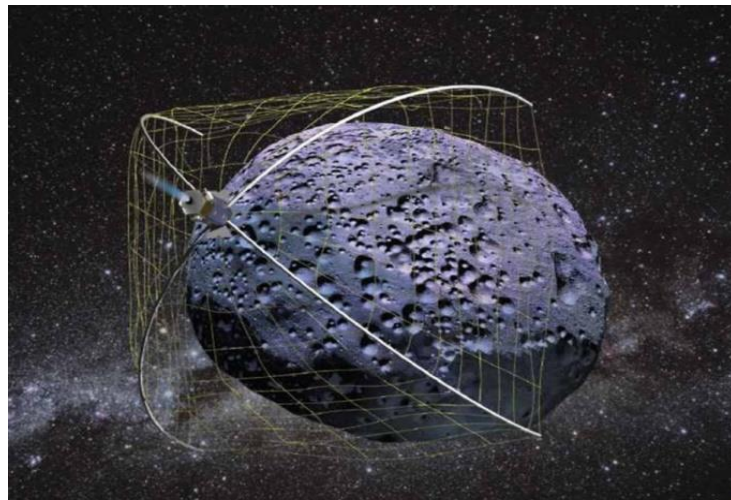
Şekil 8. 3D ile kurulan Konaklama & Koruma (Staedter, 2019).

Asteroit Yakalama Teknolojisi

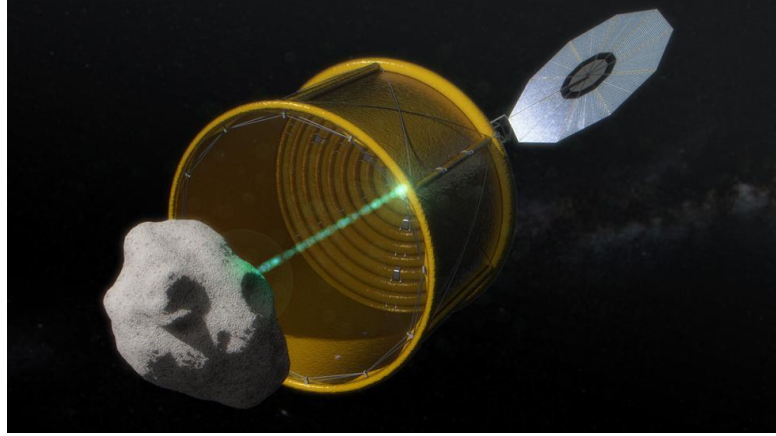
Planetary Resources ve Deep Space Resources da dahil olmak üzere birçok özel şirket aktif olarak hangi asteroidlerin kar için en büyük potansiyeli sunduğunu araştırmaktalar, kaynakları elde etme yeteneklerini geliştirmek adına ciddi çalışmalar yürütmekteler. 2014 yılında NASA altı asteroidin inceleme altında olduğunu, asteroidlerin nasıl yakalanacağı hususunda, kesin olarak henüz karar verilmiş bir misyon bulunmasa da şişirilebilir torbaya sararak asteroid yakalama uygulamasının elverişli olduğunu, her şey planlandığı gibi yürürse, NASA, astronotların asteroidi/kayayı 15 yıl içinde inceleyebileceğini/işleyebileceği konusunda tahmin yürüttüğünü söylemiştir (Robson, 2014).

Asteroid Yönlendirme (Yön Değiştirme) Teknolojisi

Asteroid Yönlendirme Misyonu (The Asteroid Redirect Mission (ARM)), 2020'lerin ortalarında gerçekleşmesi beklenilmiş, yüksek spesifik sevke sahip, güçlü, gelişmiş Güneş Elektrikli Tahrik (Solar Electric Propulsion (SEP)) sistemi ve şu anda mevcut olan teknolojileri kullanarak küçük bir yakın dünya asteroidini veya uzay cismini ay ile dünya arasındaki boşluğa robotik olarak döndürme amacını içeren bir görev konseptidir. Misyon, NASA Uzay Teknolojisi Misyon Müdürlüğü (STMD - Space Technology Mission Directorate) tarafından geliştirilmektedir. Asteroid Yönlendirme Misyonu üç ana bölümden oluşur: 1) tanımlamak; 2) yönlendirmek ve 3) araştırmak (Mazanek & vd, 2015, s. 2).



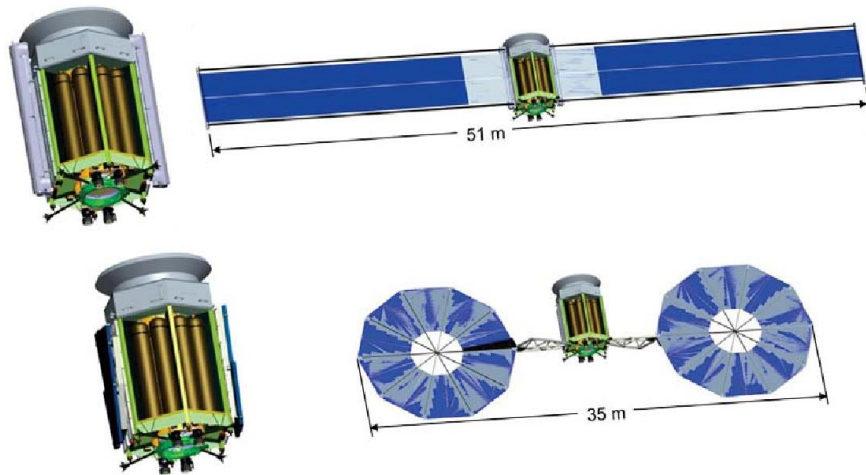
Şekil 9. Tech çalışmasından, 500 tonluk bir asteroidi yakalayan uzay aracı (NASA: Hoyt, Robert, 2017).



Şekil 10. Küçük asteroit yakalanması NASA (Prigg, 2014).



Şekil 11. Robotik kaya yakalama seçeneği NASA (Prigg, 2014).



Şekil 12. Güneş enerjisi sağlayan tertibat yapılandırması (Prigg, 2014).

Emspak’a göre (2016), bu çalışmada en çok öğrenilmek istenilen nokta, misyonun bir asteroidi tehlikeli bir yörüngeye gönderme riski olmadan tam olarak ne kadar hareket ettirebileceğini bulmaktır. Avrupa Uzay Ajansı ve NASA’nın ortak bir misyonu önümüzdeki birkaç yıl içinde Asteroid Impact and Deflection Assessment (Aida) adı altında bu teknolojiyi test edecek. Görev, birincisi 2020'nin sonlarında fırlatılacak Asteroid Impact Mission (Aim) ve ikincisi 2021'de gerçekleşecek Double Asteroid Redirection Test (Dart) olarak adlandırılan iki uzay aracından oluşmaktadır. 2022'de Didymoon adlı asrteroidin eşlik ettiği 65803 Didymos adlı bir çift asteroide ulaşılması planlanmaktadır. Didymos, 780 metre genişliğinde, Didymoon ise 170 metre genişliğindedir. Onlar sadece 1,100 metre arayla yakındırlar. Aim aracının asteroit ile buluşması ve kompozisyonunu incelemesi tasarlanmaktadır. Dart vardığında Didymoon'a çarpacak ve Aim bunun yörüngesindeki etkinin ne olduğunu görebilecektir.

Kaynak Çıkarma Teknikleri

Kaynak Çıkarma Teknolojisi kazma, sondajlama vs. yollarıyla gök cisminde kaynak elde etmeyi sağlayacaktır. Uzayda kaynak çıkarma tekniklerine: açık işletme madenciliği, şaft madenciliği, manyetik tırmıklar, ısıtma, mond işleme, kendi kendini türeten makineler vb. örnektir.

Yüzey madenciliği: Bazı asteroit türleri, kepçe veya burğu kullanılarak veya daha büyük parçalar için "aktif gasp/kapma" yoluyla yüzeyden kazılabilir. Birçok asteroidin bu yaklaşımı mümkün kılan moloz yığınlarından oluştuğuna dair güçlü kanıtlar vardır.

Şaft madenciliği: Asteroide bir mayın kazılabilir ve malzemeler şafttan çıkarılabilir. Bu, yüzey regoliti altındaki astro konumunun doğruluğunu belirlemek için kesin bilgiyi ve madeni işleme tesisine taşımak için bir taşıma sistemini gerektirir.

Manyetik tırmıklar: Yüksek metal içeriğine sahip asteroitlerden, mıknatıs vasıtasıyla metal kaynaklar toplanabilir.

Isıtma: Sulu mineraller içeren karbonlu kondritler gibi asteroitler için, su ve diğer uçucular basitçe ısıtılarak elde edilebilir. Honeybee Robotics tarafından 2016

yılında gerçekleştirilen su ekstraksiyon testi, Deep Space Industries ve Central Florida Üniversitesi tarafından geliştirilen asteroit regolit simülantını kullanmıştır.

Mond işlemini kullanarak çıkarma: Demir bakımından zengin bir asteroitten nikel ve demir mond işlemi ile elde edilebilir. Bu, karbon monoksitin nikel için 50 ile 60 °C arası, demir için daha yüksek sıcaklıkta asteroitten elde edilmesini ve yüksek basınçlarla ve aşındırıcı karbonillere dirençli malzemelerle kaplanmasını içerir. Yöntem nikel tetrakarbonil ve demir pentakarbonil gazları oluşturur, daha sonra yüksek sıcaklıklarda tekrar gazdan nikel ve demir çıkarılabilir ve geriye platin, altın vs. kalıntı olarak kalır (Wikipedia, 2020c).

Kaynak çıkarma çalışmasına, Japonya'nın Lunar-A'sı ve İngiltere Uzay Ajansı'nın MoonLite önerisi gibi yüzey delicilerini (çok daha küçük ölçekte) örnek verebiliriz. MoonLite önerisini Esa, bir gezegenin veya ayın yüzeyini ve yeraltını örnekleme ve analiz etmek için yüksek hızlı bir dağıtım mekanizması olarak dikkate almıştır (Allison, 2015).



Şekil 13. Kaynak çıkarma matkabı (Zacny, 2013).



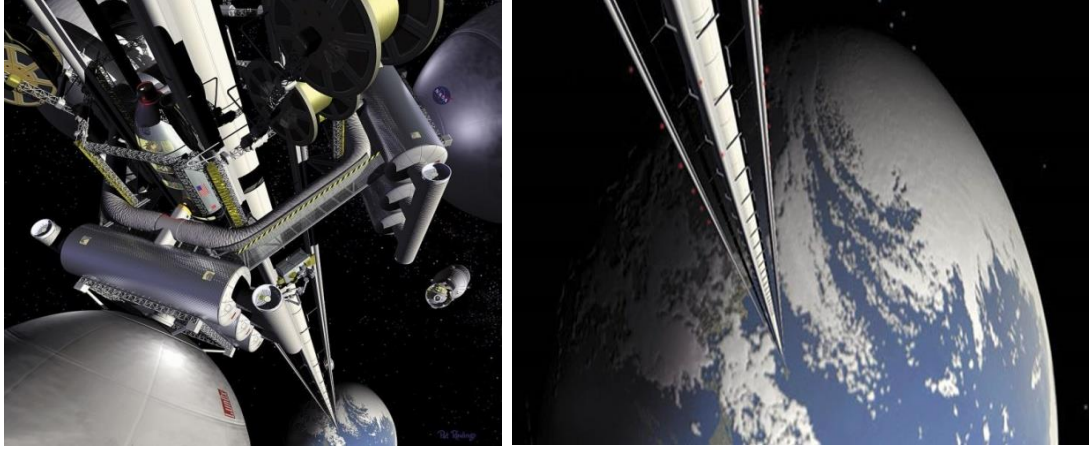
Şekil 14. Kaynak çıkarma Aracı 1 (Zacny, 2013).



Şekil 15. Kaynak çıkarma Aracı 2 (Zacny, 2013).

Sevkiyat asansörü

Dünyayı ve uzay istasyonlarını bağlayan, yük taşıyabilen uzay asansörü, dünyadan uzaya nihai uzay ulaşım sistemi olacaktır, çünkü sistem mevcut kimyasal tahrik ile karşılaştırıldığında çevre ve insan vücudu üzerinde düşük etkiye sahip, düşük maliyetli ve güvenli ulaşım yöntemi olacaktır. Son yıllarda karbon nanotüpler gibi yeni malzemelerin ve teknolojik gelişmelerin icat edilmesi, böyle bir sistemin yapımını mümkün kılmaktadır. Uzay asansörü teknolojisi ile ilgili çalışmalar şu anda özellikle Japonya ve uzay yetenekli ülkeler tarafından yürütülmektedir. Uzay asansörünün geliştirilmesinde önce kabloların (bağlantı) uzayda düzgün bir şekilde yerleştirilmesi şarttır. Son 10 yıl içinde uzayda bağlantıların dağıtımı ile ilgili bazı deneyler yapılmıştır, ancak uzay ortamında henüz başarılı bir dağıtım gerçekleştirilememiştir. Dünya çapında ise, SEDS, TiPS ve YES gibi uzayda bazı başarılı bağlantı dağıtım deneylerinin yapılmışlığı da vardır.



Şekil 16. Uzay asansörünün kavramsal figürleri (Snowden, 2018).

Uzay asansörü için bir diğer önemli teknoloji, uzayda ip üzerinde yukarı ve aşağı hareket eden tırmanıcıdır. Tether (kablo) dağıtım teknolojisini doğrulamak için STARS-C (Space Tethered Autonomous Robotic Satellite – Cube/ Uzay Bağlı Otonom Robotik Uydu – Küp), tırmanıcıyı doğrulamak için STARS-E (Space Tethered Autonomous Robotic Satellite – Elevator/ Uzay Bağlı Otonom Robotik Uydu – Asansör) adlı iki mikro uydu tasarlanmaktadır. STARS-E başlangıç aşamasındadır ve tasarımlar kademeli olarak kurulmaktadır ve birkaç yıl içinde piyasaya sürülmesi beklenmektedir. Bu mikro uyduları kullanarak yapılan bu uzay deneyleri, uzay asansörünün gerçekleştirilmesine yönelik ilk adımlar olacaktır (Yamagiwa, et al., 2017, s. 8). STARS-C, 9 Aralık 2016'da çıkarılmış, 19 Aralık 2016'da J-SSOD'dan piyasaya sürülmüş ve 2 Mart 2018'de yeniden girişine kadar çalıştırılmıştır. Ancak, iletme koşulları çok zayıf olduğundan bağlantı dağıtım hakkında ayrıntılı veriler elde edilememiştir (Yamagiwa & vd, 2019, s. 1). Kablo ekme tasarımının mevcut teknolojik durumu:

Parametre	Gereken	Erişilen	Yıl	Notlar
Hız	83 m/s (300 km/s) ^a	18,3 m/s (66 km/s) 4 m/s (14 km/s)	2010 2009	300m mesafeye kadar pille çalışan tırmanıcı, İkinci Japon Uzay Asansörü Teknik ve Mühendislik Yarışması.

Parametre	Gereken	Erişilen	Yıl	Notlar
				1 km yüksekliğe kadar ışınlı çalışan tırmanıcı, Space Elevator Games 2009.
Tırmanıcı				
Güç ışıını		1 kW	2009	300 metreden fazla mesafe.
Roket/uydu yükü		10kg	2009	Uzay Asansörü Oyunları 2009 sırasında tahmini tırmanıcı alt durağı 6 m/s'nin (22 km /s) üzerinde hız ile yaklaşık 30 m yukarı sürükledi.
Kuvvet	30-100 Meganewton/(kg/m)	7,100 N	2010	House Tether (Zylon fiber ve M77 yapıştırıcı).
Lazer güç ışıını				
Yükseklik	36,000 km	1km	2009	4 m/s (14 km/h) üzerinde hız.
Bağlantı				

Tablo 5. Kablo ekme tasarımının mevcut teknolojik durumu (Wikipedia, 2020d).

Asansör hızıyla 36.000 km'lik sabit yörünge yüksekliğine ulaşmak 5 gün sürecektir.2019'da Uluslararası Astronotik Akademisi, 2018 yazından itibaren uzay asansörünün değerlendirmesini özetleyen bir çalışma raporu olan "Uzay Asansörü Çağına Giden Yolu" yayınlamıştır. Uzay profesyonellerinden oluşan grup, uzay asansörü gelişiminin durumunu bir araya getirip değerlendirerek benzer sonuçlara varmışlardır (Yamagiwa & vd, 2019):

- a) Dünya Uzay Asansörleri, IAA (International Academy of Astronautics/Uluslararası Astronotik Akademisi) 2013 çalışmasının sonucunu pekiştirerek, uygulanabilir görünüyor;

- b) Uzay Asansörü geliştirme başlangıcı çoğu kişinin düşündüğünden daha yakındır.

Uydular

Planetary Resources tarafından geliştirilen üç farklı uydu, asteroitleri bulmak ve hasat etmek için görevlendirilecektir:

1. Arkyd Series 100 (Leo Space teleskop), yakındaki asteroitlerde hangi kaynakların var olduğunu bulmak, analiz etmek ve görmek için kullanılacak daha az maliyetli bir araçtır.
2. Arkyd Series 200 (Interceptor), uydu elde edilebilir kaynakların daha yakından analiz edilmesi için asteroit üzerine inecektir.
3. Arkyd Series 300 (Rendezvous Prospector), uydu derin uzay kaynaklarını araştırmak ve bulmak için geliştirilmiştir (Wikipedia, Asteroid Mining, 2020c).

Teknolojinin gelişmesiyle aynı zamanda 500 kg'dan daha hafif olan küçük uyduların da gelişmesi daha yaygın ve düşük maliyetli hale gelmiştir. Küçük uydular, uzay teknolojilerini kolay elde edilebilir ve piyasayı yeni kullanıcılara erişebilir kılmaktadır. Özellikle nano ve mikrouydular (1kg ve 50kg) giderek artmaktadır, yalnız bunların özellikleri daha kısıtlı ve görev ömürleri daha kısadır (1-2 yıl). Dolayısıyla uyduların şu türleri mevcuttur:

- Küçük uydu 100-500 kg
- Miniuydu 100-180 kg
- Mikrouydu 10-100 kg
- Nanouydu 1-10 kg (örneğin cubesat)
- Pikouydu 0.01-1kg
- Femtouydu 0.001-0.01 kg

Pocketcube ve suncube'ler özellikle eğitim amaçlı kullanılmaktadır (OECD, 2019, s. 84).

Ay Enerjisi Sistemi

Küresel enerji pazarının gelecekte artması beklenilmektedir. Enerji tasarrufu programları başarılı olsa bile, artan nüfus, Dünya'nın ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde kişi başına artan enerji kullanımı ve sanayiler, ay planlarında geleceğin enerji ihtiyaçlarını göz önünde bulundurulmasını talep etmektedir. Bu anlamda Ay Enerjisi Sistemi Ay'da işletilmesi için tasarlanmakta olan büyük ölçekli mühendislik programıdır.



Şekil 17. Ay Enerjisi Sistemi 2(megapixl, 2019).

Sullivan ve Mckay'in dediği gibi, “Odun veya kömürden petrol ürünlerinin kullanımına geçiş gibi benzer teknolojinin geçmişte değişmesinin onlarca yıl sürdüğünü hatırlamalıyız - bu, artan nüfus için yeşil enerji kaynağına bir sonraki adım olabilir.” (Sullivan & McKay, 1991, s. 18).

Robotik cihazlar

İnsanların muhtemelen uzayda yaşamak ve çalışmak için uygun olmamaları, uzay madenciliğine olan ilgiyi ve çalışmalarını durdurmayacaktır. Dünya’da insan gücü kapasitesinin yeterli olmadığı durumlarda robotik kullanımına başvurulması aynı şekilde bu durumun uzayda da geçerli olduğunun göstergesidir. Robot üretiminin gittikçe büyümeye devam etmesi de fütüristik gelişmelerin gerçekleşmekte olduğunun ayrı bir kanıtıdır. Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR) Dünya Robotik Raporu,

imalat sanayilerindeki küresel robot yoğunluğunun yeni ortalamasının 10.000 çalışan başına 85 robot birimi olduğunu göstermiştir. Bu, 2015 yılında 66 birimdi. IFR ayrıca “2017 yılında robot satışlarının %30 artışla 381.335 adede yükseldiğini, üst üste beşinci yıl için yeni bir zirveye ulaştığını” bildirmiştir. Söz konusu, 2013-2017 yılları aralığında, endüstriyel robotların yıllık satış hacmi %114 artmıştır(Campa & vd, 2019, s. 4).18 Eylül 2019, Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR) tarafından sunulan yeni World Robotics raporu, 2018'de 16,5 milyar ABD doları olan (yeni rekor) yıllık küresel satış değerini göstermektedir. 2018 yılında, bir önceki yıla göre yüzde 6 artışla, dünya çapında 422.000 ünite sevk edilmiştir. IFR, 2020-2022 yılları arasında, yıllık ortalama yüzde 12'lik bir büyüme beklemektedir(International Federation of Robotics (IFR), 2019, s. 1). Bu büyüme, robotların fiyatlarındaki süregelen düşüş ile açıklanmıştır. IFR verileri, altı büyük gelişmiş ekonomideki (ABD, Fransa, Almanya, İtalya, İsveç ve İngiltere) endüstriyel robotların fiyatının 1990-2005 döneminde neredeyse yarı yarıya azaldığını göstermektedir. Ayrıca, robotların kalitesi de iyileşmeye devam etmektedir. Michaels dediğine göre, “artan robot kullanımının yıllık işgücü verimliliği artışına yaklaşık 0,36 puan katkıda bulunurken, aynı zamanda toplam faktör verimliliğini artırarak çıktı fiyatlarını düşürmüştür”. Mutlak sayılar açısından, grafikler “2017'de iki milyon üniteyi geçtikten sonra, operasyonel stokun 2020'de üç milyon ünite seviyesine ulaşacağını ve 2021'de 3,8 milyon adede yaklaşacağını” göstermekte. Bu, 2018-2021 arasında, dünyadaki fabrikalara yaklaşık 2,1 milyon yeni endüstriyel robotun kurulacağı anlamına gelmektedir (Campa & vd, 2019, s. 4).

Sonuç olarak, yukarıda bahsedildiği gibi birçok, asteroit yönlendirme (redirecting) kavramı ve içerdiği kaynakların çıkarılması gibi vs. fikri gerçeğe dönüştürmek için gerekli olan teknolojiler artık mevcuttur ve çoğunun uzayda kullanılmak için modifiye edilmesi üzerine çalışılmaktadır. Mürettebattan önce gönderilen robot birimleri kritik deneyler yapacaktır. Uzay gemisinin yakıt üretimi (sıvı oksijen (LOX) gibi) çevrimiçi hale getirilecektir. Termal kontrol, kriyojenik mühendislik ve uzay güç kaynakları, iyi anlaşılan ortak ilgi alanı teknolojilerdir, ancak teleoperasyonlu madencilik ve üretim araçları uzay sektörü için yenidir. Silikon ve alüminyum gibi rafine edilmiş malzemelerin üretimi hali hazırda gösterilmiş olsa da bu hammaddelerden güneş pilleri, teller ve yapısal kirişlerin üretimi, imalatla oldukça fazla kapsamlılık/ilerilik gerektirir (Sullivan & McKay, 1991, s. 28). Söz konusu

madenciliğinin faydalarını tahakkuk ettirmek için yeni teknolojilerin geliştirilmesinden onların uzay ortamında nasıl çalıştıklarını deneyimlemeye kadar olan süreçler, başlı başına çaba gerektiren farklı farklı çalışmaları içermekte, zaruri kılmaktadır.

2.2. UZAY MADENCİLİĞİNE İLİŞKİN ZORLUKLAR

Uzay Madenciliğinin potansiyel olarak kazançlı bir iş olduğu düşünülmesine rağmen, sektörün ortaya çıkmasıyla, her bir sektörde de olduğu gibi, beraberinde zorlukları getirmesi tartışılmazdır. Sektörün yatırım sisteminin işleyişindeki eksiklikler, öngörülemeyen ve ölçülemeyen riskler ve getiriler, büyük miktarda maliyetler, potansiyel siber saldırılar, uzay çöplüğü, düzenleyici yasal çerçeveler ve engeller, hükümetler arası rekabet ve olası anlaşmazlıklar, sürdürülebilirliğin korunması, madencilik faaliyetlerini etkileyebilecek uzaydaki doğal tehditler, uzayda çalışanların karşılaşılabileceği sağlık sorunlar ve teknolojik eksiklikler vb. bu zorluklara örnektir.

2.2.1. Maliyetler

Genel anlamda Uzay girişimlerinin her türlü, uzun hazırlık, üretim, tedarik, teslimat sürelerini içerdiğinden ağır sermaye yatırımları ile yüksek risklidir ve bu yakın gelecekte ortaya çıkması beklenen asteroit madenciliği projeleri için de farklı değildir. Uzay Madenciliği her ne kadar ticari amaçlı olmayıp hükümeteysel olsaydı, hükümetler yine de bu uzay sektörüne, sosyo-ekonomik faydalarının yanı sıra, yalnız maliyet fayda oranını, mali getirileri artırmak maksadıyla ilgi duyarlardı. Bu yüzden bu tür girişimler günümüze kadar özellikle devlet yatırımlarıyla finanse edile gelse de artık çoğu projelerin özel girişimciler tarafından ele alındığını görmekteyiz. Bir asteroit madenciliği girişimini içeren maliyetlerin 1996 yılında bile 100 milyar \$ civarında olduğunun tahmin edilmesi, aslında bu sektöre girmenin baştan beri zor olduğunu vurgulamaktadır. Uzay Madenciliğinin altı maliyet kategorisi vardır (Lee, 2012, s. 83):

1. Araştırma ve geliştirme maliyetleri: kaynak çıkarma, işleme ve nakliye için benimsenecek metodolojilerin yanı sıra yeni ekipman, cihaz veya tahrik sistemlerinin icat edilmesi, tasarlanması, inşa edilmesi ve test edilmesinde yer alan maliyetlerdir.
2. Keşif ve araştırma (maden arama) maliyetleri: çıkarılabilen kaynakların kalitesini, çeşidini ve yerini makul bir kesinlikte belirlemek için belirli bir hedef nesneye fizibilite çalışması yapmak için gerekli adımların maliyetleri
3. İnşaat ve altyapı geliştirme maliyetleri: sondaj, patlatma ve nakliye masraflarının yanı sıra maden işleme teçhizatlarının, tesise ulaşımın masrafları
4. Operasyonel ve mühendislik maliyetleri: maaşlar, sarf malzemeleri, yakıt, bakım, vergiler, güvenlik sistemleri, inceleme, modelleme, yasal ve muhasebe gibi profesyonel hizmetlerin satın alınması gibi maliyetler
5. Çevre maliyetleri: asteroit üzerindeki çevresel etkiyi hafifletmeye veya en aza indirmeye dahil olan maliyetler
6. Zaman maliyeti: asteroit madencilği girişimine yatırılan sermayenin fırsat maliyeti; ticari kredi faizinin piyasa oranını taşıyan bir tasarruf hesabına yatırılmış olsaydı, girişimin tahmini süresi boyunca faiz kazanmış olurdu (Lee, 2012, s. 84).

Keck Uzay Araştırmaları Enstitüsü'nün (KISS) araştırmasına göre, 500 tonluk bir asteroidi tespit etmek ve düşük dünya yörüngesine getirme misyonunun maliyeti 2,6 milyar dolar olacaktır (asteroit içindeki materyalleri işlemek için gerekli altyapıyı geliştirme maliyetleri hariç) (Bockel, 2018, s. 10). Şu anda konvansiyonel (eski model) bir uyduyu fırlatmak, 12 milyon dolardan fazlaya mal olacaktır ve bu zorunlu sigortadan (bazen fiyatı iki katına çıkarabilen) öncedir. Ayrıca konvansiyonel uzay roketleri sadece bir kez kullanılabilir. Zheng'e (2017; Space Foundation Organization, 2017; Space Foundation Organization, 2017) göre günümüzde modern

teknolojiye sahip tamamen işlevsel yeniden kullanılabilir fırlatma sistemi (RLS) veya yeniden kullanılabilir fırlatma aracı (RLV) ise 10 milyar dolar değerindedir. Örnek vermek gerekirse, az miktarda (60 g; ikions) malzeme geri getirmesi planlanan (2 kg'a kadar getirebilen) NASA misyonu OSIRIS-Rex yaklaşık 1 milyar dolara mal olmuştur (Wikipedia, Asteroid Mining, 2020c).

Mayıs 2020'de fırlatılan Falcon 9 roketi, insanların ve yüklerin Dünya yörüngesine ve ötesine güvenilir bir şekilde taşınması için SpaceX tarafından tasarlanmış ve üretilmiş yeniden kullanılabilir, iki aşamalı bir roketir. Falcon 9, dünyanın ilk yörünge sınıfı yeniden kullanılabilir roketidir. Yeniden kullanılabilirlik, SpaceX'in roketinin en pahalı parçalarını değiştirmesine olanak tanımakta ve bu da uzaya erişim maliyetini düşürmektedir (SpaceX, 2020). Bu roket 62 milyon dolara mal olmuştur (Falcon 9, 2020).

Söz gelimi, Virgin Galactic ilk defa uzayı görme amaçlı çok kısa yolculuk tecrübesi ve eğlencesi için yolcularından 250.000 dolar; Xcor ise, uzay roketinde, iki kişilik, yolculuk için 95.000 dolar talep etmeyi planlamaktadır. Bu da yeni gelişecek Uzay Turizmi endüstrisinin ilk öngörülen tahminleridir (Hollingham, 2014).

Gertsch ve Gertsch'in önerdiği gibi, Empire, Colorado veya Kanal Tüneli'ndeki (The Channel Tunnel) Henderson Madeni'nin maliyeti ile karşılaştırıldığında bile, bu asteroit madenciliği girişiminin çoğu en büyük karasal projelerden daha yüksek riskleri ve daha uzun geri ödeme süresini içermektedir. Zira uçuş sırasında küçük bir arıza bile tüm işlemi sonlandırabilecek, yapılan büyük yatırımlar sıfır getiriyle sonuçlanabilecektir (Lee, 2012, s. 84). Bununla birlikte, Goldman Sachs'ın 2017 raporu, uzay aracına yapılan 2,6 milyar dolarlık yatırımın aslında ulaşım şirketi Uber'e yapılan yatırımın üçte birinden daha az olduğunu, hatta uzay madenciliğinin önündeki engellerin teknik engeller ile daha az ilgisi olduğunu ve daha çok işletmenin maliyet etkin hale getirilmesi ile ilgili olduğunu öne sürmektedir (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 8).

Maliyetlerin, gelişmekte olan birçok faktörler yardımıyla (teknoloji, yönetim tarzı/şekli, yasal düzenlemeler) giderek azalması uzay topluluğu tarafından umulmaktadır. Uluslararası Uzay İstasyonu'nun (ISS) yaklaşık 420 ton donanımdan oluşması, maliyetinin de yaklaşık 150 milyar ABD Doları olması, Alçak Yörüngeye (LEO) gönderilen insan derecelendirmesi sistemi (human rated system) 1 ton donanımın 360 milyon dolara mal olduğu anlamına gelir (Metzger, 2016). Buna

karşılık, NASA'nın "Ay ve Mars'ın İnsani Keşfi Hakkında 90 Günlük Çalışma Raporu", Ay'da sıvı oksijen (LOX) üretilmesi durumunda, teknoloji ve deneyimlerin gelişmesiyle, alçak yörüngeye fırlatılan kütle miktarının yılda 300 ton (yaklaşık 10 uzay mekiği) azalabileceğinin, dolayısıyla maliyetlerin de azalmasına yol açacağı tahminini yürütmüştür (Sullivan & McKay, 1991, s. 7). Başka da ISRO (Indian Space Research Organisation/Hindistan Uzay Araştırma Örgütü), iletişim uydularının ağırlığını azaltmak için elektronik tahrik kullanmaya başlamış, uydu ağırlığının yaklaşık yüzde 60'ı gemideki kimyasal yakıttan oluşuyorken ISRO uzayda manevra yapmak için elektrik gücü kullanımına geçerek uydunun kütlesini azaltmayı başarmıştır. ISRO ilk önce bu teknolojiyi GSAT 9 üzerinde test etmiş, bunun sayesinde de uydunun toplam ağırlığı elektronik tahrikle dörtte üç oranında azaltılmıştır (Staff Writers, 2018). Mesela, platin hem endüstriyel hem de mücevher uygulamalarında kullanılması nedeniyle çok değerlidir. Eylül 2019 itibarıyla platinin gram başına 32 \$ (altının gram başına 49 \$) olması ve bu fiyatların giderek artması, kaynakların azaldığının işaretidir (Wikipedia, Asteroid Mining, 2020c). Reuters haber ajansının 2012 yılında Planetary Resources şirketiyle yaptığı reportajına göre, 30 metre uzunluğundaki (98 fit) bir asteroid, 25 milyar ABD dolarından 50 milyar ABD dolarına kadar değerinde platin içerebilmektedir (bugünün değerleriyle) (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 7). Ayrıca bu tür girişimlerin sosyo-ekonomik faydalarının ve getirisinin uzun vadeli olduğunu, maliyetlerinin de yıllara dağıldığını dikkate alırsak aslında çok büyük rakamlar etmediğinin kanaatine varmış oluruz.

Bu konuda Philip T. (2016, s. 4) maliyetler faydalara göre çok daha düşüktür birincil bariyer ne teknik ne de ekonomik, demiştir. Çünkü Philip T'ye göre, zamanla uzayda Kendi kendine yeten ve kendini türetebilen Uzay (Self-sufficient Replicating Space) kurulmasıyla tahmin edilen bu yüksek maliyetlerin yanlış algılanmasının önüne geçilmiş olacaktır. Başka bir deyişle, SRSI uzayda uzayın kendi kaynaklarından madenciliği destekleyecek fiziki sermayenin (altyapının) oluşturulması, kurulması, faaliyetlerin tamamen uzaydan türemiş varlıklarla sürdürülmesidir. Göçmenler yeni bir bölgeye taşındıklarında, yanıyla hiçbir yük götürmemişlerdir, bunun yerine, zaman içinde yerel malzemeler kullanarak yerli sanayilerini kurmuşlardır. Bu durum Uzay madenciliği için de düşünülmektedir. Hatta bununla ilgili ilk çalışmada 1980, SRSI'yi başlatmak için 100 ton fabrika donanımının Ay'a gönderilmesi gerektiğinin sonucuna varılmıştır. Uzay uzmanlarına göre, 100 ton fabrika donanımı fırlatmak yerine,

zamanla zaten uzayda olan kitleyi kullanarak altyapı inşa edilebilir. Bunun ispatlamak için, Metzger ve diğerleri SRSI sayesinde fırlatma kütlesinde net bir azalma olup olmayacağını görmek için çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, birkaç on yıl boyunca Ay'a götürülen sadece 12 ton varlık ile 150 ton, 42 ton ile de 100.000 ton fabrika donanımının oluşturabileceğinin sonucuna varılmıştır. Ay'ın dişli oranı (gear ratio) yaklaşık 4'tür, yani Ay'a inen 1 ton LEO'da yaklaşık 4 ton yapar. Bu nedenle, Ay'a 12 veya 42 ton donanım götürmek demek, LEO'ya yaklaşık 48 veya 168 ton donanım götürmek demektir. Bu da tahminen 17 milyar ABD Doları ile 60 milyar ABD Dolarına mal olacaktır. Otuz yılı aşkın bir süreye yaydığımızda, bu yıllık 0,57 milyar ABD \$ dan 2 milyar ABD \$ a kadar, NASA bütçesinin yaklaşık %3'ü ile %12'ne veya Uİ ortak ülkelerinin uzay bütçelerinin %2'si ile %7'sine denk gelmektedir. Çalışma, sonuç olarak, bu 16 yıllık programın, toplam maliyetinin 2010 yılının değeriyle 88 milyar ABD doları olacağını, en kötü ihtimalle bile programın yıllık maliyetinin, Uİ ortak ülkelerinin sivil uzay bütçelerinin yaklaşık %22'sine eşit olacağını savunmuştur (Metzger, 2016, s. 4).

Maliyetler konusunda unutulmaması gereken başka bir konu da maliyetleri etkileyebilen güven, sadakat, doğru söyleme gibi dışsal faktörlerdir. Aslına, sonraki bölümlerde anlatıldığı gibi, yasal düzenlemelerin varlığı taraflar arasında güveni oluşturur, işlemlerin sorunsuz bir şekilde yürütülmesine yol açarak maliyetleri azaltır. Ancak, özellikle bu yeni sektörü düzenleyen yasal çerçevelerin eksikliği söz konusuysa, sektörde yatırım sisteminin işleyişinde maddi sermayeye güvence olarak sosyal sermayenin varlığı, değerler ve normlar gibi, önemli rol oynar. Bazı ekonomistlere göre, toplumun ekonomik refahının yaratılması özellikle değerlerin, güven duygusu gibi, yaygınlığına bağlıdır. Knack ve Keefer, 1981-1990 yıllarda yapılan anketin sonucu olarak %10 güven artışı iktisadi büyüme de %0,8'lik bir artışa neden olur. Arif'in dediği gibi, ekonomide güven düzeyi ile maliyetler arasında ters yönlü bir ilişki vardır, "iktisadi karar birimleri, ortak değer ve normlara uygun hareket edeceklerinden birbirlerine güvenirlerse işlerini yürütmenin maliyeti azalır. Tersine, birbirlerine güvenmeyen ekonomik birimler, nihayetinde kendini yalnızca müzakereye, anlaşmaya ve dava etmeye iten formel kurallar ve düzenlemeler sistemi içinde birbirleriyle iş birliği yaparlarsa, iktisadi ilişkilerin güvenden uzak, yasal prosedürler çerçevesinde yürütülmesi işlerin işlem maliyetini artırır" (Özsağır, 2007, s. 5).

Mevcut uygulamalarla birlikte uzayın potansiyel faydalarını elde etmekte çözülmesi gereken en önemli sorun maliyetlerdir. Uzaya erişimin maliyetini nasıl uygun hale getireceğiz? Soru, uzay pazarları yaratmaya ve uzaya düşük maliyetli erişimi gerçekleştirmek için en son teknolojileri ile yasal yapıyı geliştirmeye dayanmaktadır. Söz konusu, uzay yatırımlarının büyük miktarlar ve riskler içermesinden kaynaklı toplumda uzay madenciliği gibi girişimleri destekleyen yasal çerçevelerin, güvencelerin olmaması ve dolayısıyla bu durumdan da kaynaklı maliyetlerin yükselmesi, özel oyuncuların ve çoğunluk devletlerin bu gibi girişimlerden uzak durmaları doğal olarak/haliyle beklenilmedik bir durum değildir. Maddi ve sosyal sermayelerin her ikisinin de olmadığı durumlarda ise, SpaceX'in Elon Musk, Blue Origin'in Jeff Bezos tarafından finanse edildiği gibi, yatırımlar ilk aşamada öz sermaye ile ya da melek yatırımcıların desteği ile finanse edilmektedir.

ESA'nın Genel Müdürü Woerner, uzay araştırmalarına yapılan masrafları eleştirenlere şöyle yanıt vermektedir “Sera etkisine bakın, herkes bunun ne olduğunu biliyor ve biz onu araştırmak için uyduları kullanıyoruz, ama bu Dünya’da keşfedilmedi, Venüs’e giden keşif misyonu tarafından keşfedildi” (Hollingham, 2015).

2.2.2. Sürdürülebilir Gelişme

Uzay madenciliği kavramının geliştirilmesine bütün bilim adamları olumlu bakmıyor, bazı çevrecilere göre uzay uçuşu ve uzay madenciliğinin arkasındaki kültürel anlatıların karanlık tarafı, açgözlülük ve egosantrizm gelişmesi veya en azından ben bilirimciliktir. Onlar, uzayın çevresel bütünlüğü hakkında ne söylenebilir, gezegensel sürdürülebilirliğin Dünya'nın ötesine yayılması ne kadar önemlidir ve ne kadar genişletilmelidir gibi soruların önce cevaplanması gerektiğini savunmaktalar.

Uzay faaliyetlerinin sağladığı ve potansiyel faydalarının yanı sıra ihmal edilmiş başka bir önemli husus uzay faaliyetlerinin çevreye sağladığı ve potansiyel zararları ve onların maliyetleri ve sürdürülebilirliktir. Henüz Uzay Madenciliği gerçekleşmemişken ve tam anlamda çevresel etkileri (zararları) üzerine odaklı çalışmaların yok denecek kadar az olması söz konusuyken, şimdiden uzayda oluşan enkaz ve bu enkazın ne boyutlara ulaşabileceği konusunda birçok ülke bilinçsiz ve duyarsızdır. Mesele, uzay enkazının daha fazla uzay enkazının oluşumuna yol açmasıdır. Kessler Sendromu olarak bilinen bu durum, Kaskad etkisi ile sonunda

enkaz kuşağını oluşturarak yörüngeyi kullanılmaz hale getirebilmektedir. “Sürdürülebilirlik” terimi genellikle ekonomik ve ekolojik kalkınmanın birbirine karışmasını tanımlamak için kullanılır, yani kaynaklar o kadar sınırlı bir şekilde kullanılmalıdır ki onlar zamanla biz kullandıktan sonra toparlanabilmeli ve dolayısıyla bizim için hala elde edilebilir olmayı devam etmelidir. Bu terim ilk olarak 1987’de Brundtland komisyonu tarafından kullanıldı. Bu komisyonun resmi tanımına göre, sürdürülebilir kalkınma ‘gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeksizin günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir’, bir de bu ihtiyaçlar ‘Özellikle dünyanın temel ihtiyaçları’ iken. Dolayısıyla siyasi perspektifte sürdürülebilirlik ekonomik-ekolojik boyutların yanı sıra aynı zamanda en başından itibaren önemli bir sosyal boyutu da içeren bir kavramdır. Sürdürülebilirliğin olmadığı durumunda, karşılanması muhtemel risk: sadece Dünya’nın kaynaklarının tükenmekle kalmadığı aynı zamanda doğanın kendini onarma yeteneğinin ötesinde daha geniş çevrenin zarar görebileceğidir (Losch, 2019, s. 3). Başka bir yerde tanımlandığı gibi, uzayda sürdürülebilir kalkınma, uzay faaliyetlerindeki tüm katılımcıların keşiflerinin zararlı etkilerini ve çevresel ayak izlerini azaltmalarını gerektirmektedir, böylece gelecekteki girişimler önceki nesillerin etkilerini azaltmak için ek harcama gerektirmesinler. Uzay Çağı henüz yirmi yaşındayken, bazı gözlemciler tarafından LEO’daki enkaz durumunun kritik boyutlara ulaşabileceği durumu, onların ‘Yapay uyduların çarpışma sıklığı: Enkaz kuşağının oluşması’ adlı çalışmayı yapmasına sebep olmuştur. Çalışma, Kessler sendromu olarak bilinen, LEO’daki olası bir “kademeli çarpışma etkisi (collisional cascade effect)” konusunda uyarıda bulunmuştur. Bu, belirli bir yörüngedeki enkaz nesnelerinin miktarı arttıkça, aralarındaki çarpışma olasılığının da artacağını ve büyük bir nesne bir uzay aracına çarptığında, yüzlerce veya binlerce ek enkaz nesnesi üretebileceğini ve dolayısıyla diğer uzay araçlarını da etkileyebileceğini varsaymıştır. Sonunda, bu kaskad etkisi, ‘enkaz kuşağını’ oluşturarak yörüngeyi kullanılmaz hale getirecektir; ve amaçlanan kullanımı açısından, yörünge sürdürülemez hale gelecektir (Newman & Williamson, 2018, s. 3). Kısa bir ifadeyle, uzay enkazı daha fazla uzay enkazını oluşturabilir. Bir nesne uzayda başka bir nesne ile çarpıştığında, her iki nesne de parçalanabilir ve saçılan malzeme diğer nesneleri de etkileyerek daha büyük hasara yol açabilir. 10 Şubat 2009’da eski bir Sovyet dönemi uydusu, Rus Cosmos 2251, aktif bir Amerikan ticari iletişim uydusu, Iridium 33, ile çarpışarak enkaz bulutunu yüksek ve düşük yörünge etrafına

saçmıştır. Tüm çarpışmalar böyle dramatik yapısal hasara neden olmamakla birlikte, çipler, kraterler ve erozyon bir uydunun veya uzay aracının yapısal bütünlüğünü yavaş yavaş bozabilir. Bu olaylar milyonlarca dolarlık uzay aracına zarar verir ve uzay yürüyüşünde astronotları tehlikeye atabilir (Bockel, 2018, s. 12). Bundan başka da kazara gerçekleşen enkazların dışında, devletler tarafından kasıtlı, enkaza yol açan, Çinli yetkililer tarafından Ocak 2007'de Feng Yun 1C hava uydusunun kasıtlı olarak tahrip edilmesi gibi, durumlar da vardır (Newman & Williamson, 2018, s. 1).



Şekil 18. Uzay çöpleri ve enkazı (Weinberger, 2012).

Devletler ve ticari aktörler yeteneklerini genişlettikçe yörüngedeki nesne sayıları da hızla artmaktadır. Dahası, yeni uzay araçların, uyduların; giderek artmakta olan kullanılmayan veya hasarlı uydularla dolu aynı yörüngede dönmeleri, mevcut faydalanmakta olduğumuz uzay tabanlı sistemleri ve hizmetleri de aynı şekilde tehdit altında bırakmaktadır. NASA ve CNES (French Centre National d'Etudes Spatiales) şu anda binlerce yörünge enkazını takip ettiklerini ve bunlar gibi milyonlarcasının, çok küçük boya beneklerinden şarapnellere kadar, var olduğunu belirtmiştir. Bu malzemeler tehlikesiz görünebilirken, inanılmaz hızlarda seyahat ederler ve çarpışma durumunda büyük uyduları devre dışı bırakabilir veya/hatta yok edebilirler. ABD Stratejik Komutanlığı/Strategic Command sadece 2014'te 8000'den fazla çarpışma uyarısı kaydetmiştir ve bunların 121'i acil kaçırma manevraları gerektirmiştir (Bockel, 2018, s. 12). Başka bir araştırmaya göre, şu anda uzayın etrafında 1 milli metreden

büyük 166,8 milyon enkaz nesnesi dönmektedir ve bu nesnelerin 166 milyonu 1 santimetreden küçüktür (OECD, 2019, s. 105). Aslında uzay enkazını temizlemek için uzayda “mezarlık yörüngesi” vardır. Uzay nesnelerini tamamen yeryüzü ortamından kaldırmak için uygun fiyatlı teknolojinin olmaması, sözde, mezarlık yörüngesini (Dünya'nın 36.000 km yukarısı) en iyi seçenek haline getirmiştir. Ancak buna rağmen, bazı uydular sabit yörünge kuşağı boyunca kontrolsüz olarak sürüklenmeye bırakılmıştır (Bockel, 2018, s. 13).

Bu durumun ciddiyeti Birleşmiş Milletler'in Dış Uzay'ın Barışçıl Kullanımları Komitesi (UNCOPUOS- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space), eski başkanı Gerard Brachet tarafından şöyle özetlenmiştir “1957'den beri dış uzay kullanımı onun uzun vadeli sürdürülebilirliği konusunda oldukça dikkatsizdi. Durum, kirliliğin olumsuz etkisinin kasten aldırış edilmediği ve aşırı balıkçılığın uzun vadeli etkilerine görmemezlikten gelindiği deniz taşımacılığı ve okyanus kaynaklarından yararlanıldığı 19. ve 20. yüzyıllarla karşılaştırılabilir.”

Son zamanlarda, uzay faaliyetlerine sürdürülebilir yaklaşımın ihtiyacı, uzay toplumu içinde giderek daha fazla farkındalık oluşturmaya başlamıştır. Fakat bununla ilgili kılavuzun uzay ajansları tarafından onaylanıp BM'ye sunulması 2002 yılında gerçekleşmiş; 2007'de BM Bilim ve Teknik Alt Komitesi (UN's Science and Technical Subcommittee) tarafından onaylanmıştır. Ancak o zaman, UNCOPUOS raporu “mevcut uzay enkazı ortamının Dünya'nın yörüngesindeki uzay aracı için bir risk oluşturduğunun ortak bir anlayış olduğunu” kabul etmiştir (Newman & Williamson, 2018, s. 3). UNCOPUOS'ın, Bilimsel ve Teknik Alt Komitesi bünyesinde, Dünya'da sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen, sürdürülebilir uzay kullanımını içeren tematik alanlara yönelik Dış Uzay Faaliyetlerinin Uzun Vadeli Sürdürülebilirliği hakkında bir Çalışma Grubu oluşturmuştur (UNOOSA, 2017). Ayrıca, Dış Uzay İşleri Ofisi/ Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) Space2030 adlı yeni bir çerçeve stratejisi başlatmıştır (Losch, 2019, s. 1). Büyük uzay ajansları BM Uzay Enkazını Azaltma Kılavuzunu (UN Space Debris Mitigation Guidelines) “en iyi uygulama” örneği olduğunu ve gelecekteki yörünge enkazlarını sınırlama konusunda ihtiyatlı bir ilk adımı temsil ettiğini kabul ediyor (Newman & Williamson, 2018, s. 3). Bu bağlamda NASA, 2014'te şu üç ana hedefi içeren “gezegensel sürdürülebilirlik” başlıklı bir girişimi önermiştir:

1. Tüm insanların bol su, yiyecek ve enerjiye, aynı zamanda şiddetli fırtınalardan ve iklim değişikliğinin etkilerinden korunmaya erişebildiği bir dünya;
2. Yenilenebilir ürün ve kaynaklardan dünya çapında sağlıklı ve sürdürülebilir ekonomik büyüme;
3. Güneş Sistemi kaynaklarının Dünya halkına elverişli çok gezegensel bir toplum (NASA 2014) (Losch, 2019, s. 2).

ESA ise şu anda uzay enkazlarını ve dinamiklerini zaman içinde analiz etmek ve Enkaz Ortamı Uzun Vadeli Analiz (DELTA) aracı gibi azaltma uygulamalarının etkinliğini değerlendirmek için yeni modeller geliştirmektedir (OECD, 2019, s. 106). Bu konuda Türkiye de Avrupa'yla ortaklaşa 2011-2013 yılları aralığında P2-ROTECT projesi üzerine çalışmıştır. TÜBİTAK UZAY'ın dahil olmasıyla yürütülen bu proje, Uzay çöplerinin oluşturduğu riskleri hesaplama ve yönetme ile ilgili olmuştur. Başka bir ifadeyle, proje “çarpışma tahminlerinin iyileştirilmesi”, “Uzay araçlarının çarpışmanın etkilerinden daha iyi korunması” ve “Uzay çöplerinin ortamdan uzaklaştırılması” gibi yöntemler üzerine yeni yönetimlerin önerilmesi ve geliştirilmesine odaklanmıştır. Ayrıca, TÜBİTAK UZAY Yer operasyonlarının iyileştirilmesi, dağıtık uydu mimarilerinin tasarlanması, çöplerin uzaydan gözlemlenmesi ve uyduların çöplerden kaçınması için sensör tasarlanması üzerine projeye katkıda bulunmuştur (TÜBİTAK UZAY, 2013).Öte yandan özel sektör aktörleri, uzay enkazının giderilmesi talebini karşılamak için ürün ve hizmetler geliştirmektedir. Amaç, daha küçük nesneleri izlerken, büyük çöp nesnelerini yakalamak ve tahrip etmek için yenilikçi teknikleri benimseyen ticari olarak uygun fiyatlı enkaz giderme çözümleri geliştirmektir. Örnek olarak Astroscale, küçük uydular kullanarak, büyük çöp nesneleriyle kenetlenen ve onları yakılacak atmosfere götürebilen deorbit hizmetleri; Airbus ve Thales Alenia Space ise, enkaz giderme işlevlerine sahip servis araçlarını geliştirmektedirler (OECD, 2019, s. 106). Başka da uzay araçlarını, uydularını yeni yörüngelere taşıma ve yörünge enkazını temizleme konusunda, İsviçreli startup Clear Space'in, 2025'te Vespa yük adaptörünü yakalayıp Dünya'nın atmosferine getirmesi, Northrop Grumman'ın Mission Extension Vehicle-1 /Misyon Uzatma Aracı-1 gibi çalışmaları da mevcuttur. (Bockel, 2018)

Kasım 2016'da Avrupa Uzay Ajansı tarafından düzenlenen ‘Vatandaşların Avrupa adına Uzay tartışmasında’ 2000 katılımcının %84'ünün uzayın korunması

gerektiğini düşündüğü sonucuyla bitmesi artmakta olan farkındalığın uygulamalı bir kanıtıdır. Bu uyarılara ve konuyla ilgili bir takım akademik çalışmalara rağmen, çoğu ülkelerde uzay ortamının sürdürülebilir gelişimi kavramı gerekli siyasi dikkati almamıştır (Newman & Williamson, 2018, s. 6).

Bir de Uzay madenciliğinin uygulanması silahlanmasız, antlaşmalarda yasaklanmış olsa bile, mümkün olup olmadığı konusu da belirsizdir. Bunlar bakımından, 1972 Uluslararası Hasar Sorumluluğu Sözleşmesi (Sorumluluk Sözleşmesi), farklı durumlardan doğabilecek enkaz oluşumu ile ilgili düzenleyici yasa olarak bilinmekte. Bu yasanın da başka yasalara benzer şekilde etkili ve yeterli olup olmadığı konusu tartışılmaktadır (Lee, 2012, s. 12).

Yörünge içi zararlar ve kaldırma sorumluluğu ile ilişkili maliyetler uzayı kullanmakta olan bütün hükümetlere aittir. Sadece alçak yörüngede uzay faaliyetlerinin temiz ve dikkatli bir şekilde uygulanması değil, aynı zamanda gezegenlerin ve gök cisimlerinin de sürdürülebilir kullanımının göz önünde bulundurulması şarttır. En çok yakından tanılan Ay'ın, söz konusu, çevresi Dünya ile karşılaştırıldığında çok daha hassas olduğu bilinmektedir, bunun sebebi ise Ay'da atmosferin olmamasıdır. Ay'ın atmosferinde gerçekleşebilecek kazalar yol boyunca yanıp parçalanmak veya okyanuslara dökülmek yerine, doğrudan Ay'ın yüzeyini etkileyebilmektedir. Dünya'nın çevresi kendini tamir etme yeteneğine sahipken Ay'ın çevresinin böyle bir özelliği yoktur (Newman & Williamson, 2018, s. 4).

Özellikle yetkililer, Lee'nin (2012, s. 283) önerdiği gibi, gök cisimleri üzerinde araştırma ve çıkarma faaliyetlerini yürüten Devletler ve onların özel kuruluşlarına yönelik:

- Lisanslı sürelerinin sonunda tüm ekipman, demirbaş ve tesisatların çıkarılması ve/ya da Dünya'ya geri getirilmesi, aynı gök cisminde başka bir yere taşınması, başka bir gök cismine nakledilmesi ya da gezegensel bir atmosferde veya Güneş'te yakılarak imha edilmesi;
- Tüm kirleticilerin ve atık materyallerin lisanslı sürelerinin sonunda ortadan kaldırılması ve/ya da Dünya'ya geri getirilmesi ya da başka bir gezegenin ya da Güneş'in atmosferinde yok edilmesi;
- Dünya ve gök cisminin etrafındaki yörüngelerde uzay enkazı oluşumunun en aza indirilmesi;

- Mümkün olduğu ölçüde, lisanslı dönemde gök cismin yüzeyine ve toprağına verilen çevresel zararların iyileştirilmesi adına şu andan itibaren uygun kuralları kabul etmelidirler.

2.2.3. Uzaydaki Doğal Tehditler

Gezegenler arası uzayı keşfeden araçlar, küçük cisimlerle çarpışma, güçlü manyetik fırtınalar, artan güneş aktivitesi, güneş rüzgarı akımları gibi birçok tehditlere maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle, uzay mühendisliğı çok yüksek performanslı ürünlerin geliştirilmesini gerektirir. Tüm cihazlar ve elemanlar, özel donanım ile ve sıkı kontrol edilen koşullar altında hassasiyetle tasarlanmakta, test edilmekte ve monte edilmektedirler.

Asteroit kuşağı Dünya’dan milyonlarca mil uzaktadır. Dolayısıyla temel zorlukların biri radyasyon miktarı olacaktır. Bunlar, güneş radyasyonu, Jüpiter’in radyasyon kuşağı ve en çok ta kozmik ışınlardan. Galaktik kozmik ışınlar (Galactic Cosmic Rays/GCR) %90 yüksek enerjili proton, %9 helyum parçacığı ve %1 yüksek enerjili ağır iyondan oluşur. Harvard-Smithsonian Astrofizik Merkezinden Martin Elvis “Kozmik ışınlar, çoğunlukla protonlar veya yüksek enerjili çekirdekler olan yüksek enerjili parçacıklardır.” diyor. Dünya atmosferi tehlikeli ışınları emer ve uzay çalışmalarının da benzer korumaya ihtiyacı olacaktır. “Koruma için kalın bir su veya buz tabakası kullanılabilir, ancak birkaç metre kalınlıkta olması gerekir.” diyor, Martin (Allison, 2018).

Radyasyonun yanı sıra, sıfır veya mikro yerçekimine uzun süre maruz kalma da insan vücudu için zararlıdır. North Carolina Eyalet Üniversitesi’nde yardımcı doçent astrofizikçi Katie Mack “ISS’deki astronotlar, direnç makineleri ile her gün iki saat egzersiz yapmak zorunda kalıyorlar buna rağmen yine de sağlık sorunları yaşamaya devam ediyorlar” diyor. Herhangi uzun vadeli asteroit/gezegen yerleşimi, bu etkiyi hafifletmek için bir tür yapay yerçekimine ihtiyaç duyacaktır. Mikro yerçekiminin, uzay radyasyonunun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisini artırdığı ya da tersine indirdiğı de tahmin edilmektedir (Campa & vd, 2019, s. 4). Misyonlar çok riskli. Astronotlar mekanik kaza nedeniyle ölmese dahi, mikro yerçekiminde yaşamının, iyonlaşmaya ve kozmik radyasyona maruz kalmanın ve diğere tehlikeli çevresel koşulların etkileri nedeniyle sağlıkları ciddi şekilde tehlikeye girebilir. Buna rağmen,

astronotlar/adaylar, misyonlardaki riskleri kabul etmeye istekli, yetenekli ve hazır olduklarını farklı deneylerle kanıtlamışlardır.

Gezegenler arası yolculuk sırasında mikro yerçekimine maruz kalmakla birlikte başka bir tehlike hem gezegenler arası uzayın hem de Mars'ın Dünya benzeri manyetosfer ve atmosfere sahip olmamasıdır (Campa & vd, 2019, s. 3).

Gezegenler arası yolculuk sırasında radyasyona maruz kalmayı artıran bir başka faktör, ikincil radyasyondur. İkincil radyasyon, parçacıklar uzay aracına çarptığında ve daha sonra - uzay aracı malzemelerinden salınan parçacıklar ile birlikte - insan vücudundan geçtiğinde üretilir. Paradoksal olarak, uzay aracındaki anti-radyasyon kalkanı, koruyucu duvarlarla ve etkileşim yoluyla birincil radyasyonun tehlikeli etkilerini arttırabilir. İkincil parçacıklar, sadece birincil radyasyona dahil olan nötronları değil, aynı zamanda koruyucu malzemelerin parçalarını içeren radyoaktif ışın sağanağı üretebilir. Her iki tür radyasyon, galaktik ve güneş, aynı anda hareket etmez, dönüşümlü olarak hareket ederler. Güneş radyasyonu nispeten nadir görülür ve birkaç saatten birkaç güne kadar sürer. ISS'de emilen radyasyon dozunun Dünya'daki radyasyon dozundan on kat daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Bu indeks, gezegenler arası misyonlar sırasında UUI ile karşılaştırıldığından on kat daha artacaktır. En yüksek maruziyet Mars yolculuğu sırasında gerçekleşecektir (Campa & vd, 2019, s. 3). Mars'a 6 aylık yolculuk sırasında emilen radyasyon dozunun, Mars yüzeyinde yaklaşık 16 aylık kalma ile karşılaştırılabilir olduğu tahmin edilmektedir. Mars'ın fırlatma süresinin 26 ay olması nedeniyle, Mars'taki herhangi insan araştırma görevinin en az birkaç ay sürmesi ve hatta bir yıldan daha uzun sürebileceği beklenmektedir. Görev döngüsü sırasında astronotların radyasyona maruz kalmasındaki kabul edilebilir sürenin belirlenmesi için bir dizi parametrenin dikkate alınması gerekmektedir. Bunlar, yolculuk süresi ile Mars yüzeyinde geçirilen süre arasındaki değiş tokuşu, uzay aracı ve mikro yerçekiminde uzun süreli yerleşimin zararlı etkileri üzerindeki enerji ve arz tüketimine göre yolculuk süresinin ekonomisini içerir.

Uzayda yaşam, 90 dakikalık gündüz ve gece döngüleri, doğal ışık olmadan kapalı bir ortamda uzun süreli kalma ve kötü hijyenik tesisler de dahil olmak üzere bir dizi başka stres faktörleriyle de ilişkilidir (Campa & vd, 2019, s. 4).

2.2.4. Uzay Mürettebatının Sağlık Sorunları

Astronotlar, ağırlıksızlığın soğuk algınlığı gibi hissettiren etkilerinden şikayet etmekte, söz gelimi, Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki (ISS) mürettebat sık sık soğuk algınlığı hissini rapor etmektedir. Astronotlar üzerinde yapılan araştırmalar, yerçekimi eksikliğinin kemik kaybına ve kasların bozulmasına yol açtığını ve vücut sıvılarının kafada toplanarak şişmesine neden olduğunu göstermiştir (Hollingham, 2015). Azalan yerçekimi kafada bazen geçici ve kalıcı göz sorunlarına yol açabilen tehlikeli basınç oluşumuna neden olabilir. Kozmik radyasyon ise katarakta neden olabilir ve kanser riskini artırabilir (Robson, 2014). Uzay radyasyonundaki gibi, mikro yerçekiminin doğrudan doğruya verdiği zararları yoktur. Ancak uzay görevleri sırasında doku körelmesi (ya da “doku atrofisi”), kemikteki mineral yoğunluğu ve kemik kütlesi kaybı gibi sağlığa zararlı etkilerinden birkaçı görülebiliyor. Uzay radyasyonu ise mikroyerçekimi ve psikolojik stresin aksine hücrelere zarar vermektedir. Uzay radyasyonu ile ilgili en büyük mesele mutasyon riski değil, yüksek radyasyon dozunun emilmesi ile kansere yol açması, merkezi sinir sistemine zarar verebilmesi, görme yetisinin bozulması ve doku dejenerasyonuna neden olabilmesidir. Ayrıca, radyasyon astronotlara görevleri sırasında mide bulantısı da hissettirebilir. 6 aylık tipik UÜİ görevinde 100 mSv radyasyon dozu emilebiliyor. Radyasyonun merkezi sinir sistemindeki etkisi, astronot ekibinin idrak yeteneğine, motor fonksiyonu ve davranışlarının kısıtlanmasına, bunun sonucunda da güvenlik ve görev operasyonları performanslarının bozulmasına yol açabilir.

Dolaşım sistemi hastalıkları riski de uzay ortamının insan sağlığına olan etkisinin en büyük göstergesidir. Bu hastalıklar, kanser dışında, en büyük sağlık tehlikesi olarak görülmektedir. İnsan kalp ve kan damar sistemi, uzaydaki bir tek radyasyon ve değişik yerçekiminden değil aynı zamanda beslenme düzeni, kapalı alana hapsedilme ve kişilerarası ilişkilerden kaynaklanan stresten de olumsuz etkilenebilmektedir.

Dünya ve Mars arasında iletişim gecikmesi yeryüzündeki yer görev kontrolünden gelebilecek gerçek zamanlı desteği önleyebilmektedir. Bu sebepten çok hareketlilik ve idrak yetenekleri astronotlar için esas niteliklerdir (Campa & vd, 2019, s. 4).

Herhangi uzay çalışmasında tüm bu zorlukların ve daha fazlasının, insan yüz kılırları da dahil olmak üzere bazı malzemelerin düşük yerçekiminde daha yanıcı olma eğilimini göstermesi gibi ilginç ve günlük pratik sorunların çözülmesi gerekecektir (Robson, 2014). Bu bağlamda DLR (German Aerospace Center – Alman Havacılık ve Uzay Merkezi), Avrupa Uzay Ajansı ile ortaklaşa daha önce birkaç yatak istirahati çalışması gerçekleştirmiş aynı zamanda bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, kemik hastalığı çalışmalarında ve hastanede yatağa kapatılan insanlara bakım planı için Dünya'da da kullanılmıştır (Hollingham, 2015).

Son olarak NASA, asteroit gözlemleri için takas merkezi olarak hareket etmek ve Dünya ile çarpışma rotasında büyük uzay kayalarının nasıl ele alınabileceğini tartışmak, tehlike oluşturan uzay nesnelerini yönetmek için diğer uzay ajanslarıyla birlikte çalışmak üzere Gezegen Savunma Koordinasyon Ofisini kurmuştur (PDCO). “Şu anda PDCO (Planetary Defence Coordination Office), çeşitli gözlem programlarını koordine etmek için çok çaba harcıyor.” demiştir, Nasa'nın gezegensel savunma subayı Lindley Johnson. Başlıca asteroit çarpmaları nadirdir. İlgili çözümlerin hiçbiri kolay olmamakla birlikte bunlardan en az biri nükleer silah kullanımını belki gerektirebilecektir (Emspak, 2016).

2.2.5. Siber Tehditler

Siber saldırılar, aniden, hesapsız, plansız karşılaşılabilen, bütün sektörler, hükümetler, şirketler ve sivil toplum için büyüyen bir tehdittir. Madencilik faaliyetlerinin belki kısmen belki de tamamen özerk çevrimiçi makinelerle uzaktan yönetilmesi, özellikle siber saldırılara karşı müsait olduğunu, dolayısıyla bu konuda sağlam tedbirlerin, hem yazılım hem donanım anlamında, öncesinden alınmış olmasını gerektirir. Daha madencilik faaliyetlerinin gerçekleşmemiş olması, bu tarz tehditlerin dikkate alınmasının daha erken olduğu anlamına gelmez, sonuçta ajansların ve hükümetlerin bu konu üzerine büyük çaplı çalışmaları çoktan devam ede gelmektedir. Sektörün risk dolu ve birbirine/karşılıklı bağımlı safhalardan oluşması, bir sorun çıkması durumunda bütün işlemleri etkileyebileceği ve durdurabileceği varsayımı, sektörün özünde hassas olduğunun göstergesidir. Siber saldırılar, yeteneklerini test etmek isteyen bireysel bilgisayar korsanlarından, suç örgütlerinden, terörist gruplardan

veya askeri avantaj elde etmek isteyen devletlerden gelebilmektedir (Bockel, 2018, s. 11).

2.2.6. Uzay Teknolojilerinde Eksiklikler

Ay'a götürülen yüklerin çoğunun son derece karmaşık ekipman olacağı doğru olsa da yollar, roket patlaması koruması, yaşam alanları, depolama ve ekipman tamiri gibi basit ve temel altyapılara gerçek ihtiyaç vardır. Bunlar Dünya'dan götürülürse, uzay mekikleri için çok ağır yük olacaktır. Mesela, sadece güneş partikülü radyasyonundan korunma donanımı götürmek için birkaç uzay mekiğinin fırlatılması lazımdır. Günümüzün uzay mekiği fırlatma maliyeti dikkate alınırsa bu zararlı radyasyondan korunmak için gereken yüzlerce metrik ton yükü Ay'a kadar götürmenin maliyeti milyarlar doları aşacaktır. Mikro yer çekimine ve radyasyona karşı kullanılan önlemlerin eksik olduğu aşıkardır ve teknolojik açıdan uzayda uzun süre kalabilmek için yeterince etkili değildir. Bu önlemlerin yetersizliği misyonların yarı veya tamamen otomatik robotlarla değiştirilmesini gerektirmektedir (Campa & vd, 2019, s. 4).

Nakliye

Şu anda öngörüldüğü gibi, Ay üssünün maliyetinin büyük bir kısmı, Dünya'dan erzak ve uzay aracı yakıtı götürme maliyeti olacaktır. Bu yakıtın ana bileşeni sıvı oksijendir (LOX). Eğer yüksek teknolojilerin geliştirilmesi gerçekleşirse, NASA'nın "Ay ve Mars'ın İnsani Keşfi Hakkında 90 Günlük Çalışma Raporu", Ay'da sıvı oksijen (LOX) üretilmesi durumunda alçak yörüngeye fırlatılan kütle miktarının yılda 300 ton (yaklaşık 10 uzay mekiği) azalabileceği tahminini yürütmüştür (Sullivan & McKay, 1991, s. 7). Yeni bir ağır kaldırma fırlatma aracı (heavy lift launch vehicle-HLLV) geliştirilse bile, bu itici yakıtın fırlatılması için fiyat gene çok yüksek olacaktır. Nakliye sorunları ancak, faaliyetlerin yürütüldüğü gezegende oksijen üretilirse önemli ölçüde azalabilecektir (Sullivan & McKay, 1991, s. 7).

Korunma

Yukarıda anlatılan yolculuk sırasında mürettebatın karşılaşacağı zorluklarla başa çıkmak için mevcut koruma stratejileri yetersizdir. Mesela polietilen, uzay radyasyonu için alüminyumdan daha etkili koruma olabilir ya da başka bir çözüm yolculuk süresini kısaltmak olabilir. Ancak zaman ve itme teknolojisindeki gelişmelerde çok gerideyiz. Radyasyon ile ilgili en büyük sorun etkili koruma ile koruma donanımının kitlesi arasında denge bulmaktır, çünkü bu, uzay mekiği kargosunun ağırlığını ve itme enerjisinin miktarını etkileyecektir. En uygun görülen 5-7 sm korunma duvarları radyasyona karşı sadece %30-35 koruma sağlamaktadır (Campa & vd, 2019, s. 4). Apollo astronotları Ay'da birkaç gün kaldıkları için onlara ağır koruma lazım olmamıştır. Ancak uzay madenciliğinin gerçekleşmesi durumunda, Ay'da uzun süreli yaşam ortamları yer altında tünel şeklinde yapılabilir. Bu doğal koruma sağlar. Erken yaşam ortamları ise, önceden hazırlanmış Uzay İstasyonu Özgürlüğü/Space Station Freedom gibi modüller veya Dünya'dan getirilen şişme yapılar ile oluşturulabilir (Sullivan & McKay, 1991, s. 19).

Ya da başka bir mevzu, uzayda, yeryüzünden getirilen mikropların olası negatif etkisinden çalışanlar nasıl kaçınabilir? İnsanların ve makinelerin büsbütün sterilizasyonu mümkün olsa bile %100 sterilizasyonunun ölüme yol açacağı da muhtemeldir. Genel olarak bu tür problemler makineler için de geçerlidir (Losch, 2019, s. 4).

İleri uzay faaliyetlerinde ve madencilikte, en büyük öncelik yeryüzünün korunması olsa da, yine de uzayda bir tek çalışanların korunması değil, diğer gezegenlerin de yeryüzü yaşamından, dünyadan gelen mikroplar ile kirlenmeden, korunması ve sürdürülebilirliği için temiz tutulması - Gezegenel Koruma – gereklidir (Robson, 2014). Ve bu, Dış Uzay Antlaşması ve Araştırmaları Komitesi (COSPAR) tarafından sağlanan poliçeye uygun olarak 9.maddede “diğer gezegenlerdeki canlı organizmaların gezegen çevrelerini kirlitmelerini önleme” süreci olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda yeryüzüne getirilen numunelerin çevreye hiçbir şekilde zararlı organizmaları yaymamaları da garantilenmelidir. Bu konuda, Lüksemburg'un basın bülteni hedefinin “doğal yaşam alanlarına zarar vermeden, uzayda hareket etmekte olan cansız kayalar üzerindeki daha önceden keşfedilmemiş çok sayıda maden kaynaklarına erişimin sağlamak” olduğunu belirtmiştir (Losch,

2019, s. 3). Medencilik ayrıca, asteroit tozu veya az sıkışık taş bulutları oluşturabilir ve bu da uydu operasyonları için tehlike meydana getirebilir (Robson, 2014).

İletişim Gecikmesi

İleriye doğru seyahat ettikçe iletişimde sorun yaşanmaya başlayacaktır. Mars ortalama 225 milyon km uzaklıktadır: ışık hızıyla yaklaşık 12,5 dakika. Bu süre iki gezegen arasındaki, örneğin, en basitinden sorunların gerçek zamanlı olarak yönetilememesi/çözülememesinden vs. kaynaklı etkileşimi etkileyerek neticede gerginliğe yol açabilir. Bundan başka, mesela, Voyager uzay aracı güneş sisteminin sınırlarının ötesinde, Dünya'dan 19,5 milyar kilometre uzaklıktadır. Araştırmacılar bu uzak mesafeye rağmen, yine de oradan mesaj alabilmekteler; ancak her iletinin ulaşması 18 saat sürmektedir.

Günümüze kadar, iletişim akışını sürdürmek için süperluminal (ışık hızından daha hızlı) iletişimi geliştirmeye gerek duyulmamıştır. Ay, yaklaşık 384.400 kilometre mesafe ile insanların uzaya gittikleri en uzun istikamet olmuştur. Işığın bu mesafeyi kat etmesi 1,3 saniyedir. Bu karşılaştırıldığında, dünyanın diğer tarafından birini telefonla ararken karşılaşılabilen gecikmeye benzer. Işık hızı, Londra ve New York arasındaki Atlantik ötesi yolculuğu saniyede 50 defadan fazla geçecek kadar hızlıdır. Böyle bir hız ile ışıktan daha hızlı iletişim bulmak merak edilen konuların arasında yer almaktadır. Derin uzay nesneleri arasındaki geniş mesafelerde, ışık hızında bile seyahat eden mesajların ulaşımı ciddi derecede zaman alır. Işık hızı gibi fizik yasalarının evrimi imkansız olarak bilinmektedir. Buna rağmen, konuyla ilgili araştırmacılar tarafından, ışıktan daha hızlı veya “süperluminal” iletişimi sağlayabilecek bazı geçici çözümler önerilmiştir. Einstein'ın görelilik teorisine göre, iletişim sorunları böyle devam edecektir. Işık hızı evrensel sabit olduğu için hiçbir şey süperluminal olamaz. California Teknoloji Enstitüsü'nün Jet Tahrik Laboratuvarındaki (derin uzay telekomünikasyon sistemleri için NASA'da çalışmış) Les Deutsch'a göre, bu sınırlamanın etrafında bir yol keşfedilecek olsaydı, “bu bilgi teorisi yasalarını ihlal eder ve temel fiziğin yeniden biraz düşünmesini gerektirmektedir.” NASA derin uzay telekomünikasyon sistemleri tasarlayarak, yıllardır bunun üzerine çalışmalar sürdürmektedir. Optik (Lazer) iletişim

teknolojisi şu anda tanıtılmaktadır, ancak bu hala geliştirme aşamasındadır (Zheng, 2018).

Uzayda su veya mineral kaynaklarını başarılı bir şekilde elde etmek için uzay endüstrisi teknolojileri için birden fazla yeni sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uzay kaynakları görevlerinin, derin uzaydaki vakum, mikro yerçekimi, aşırı sıcaklık değişimleri, radyasyon ve diğer tehlikeleri ele almak için gelişmiş mühendislik gereksinimleri vardır. Diğer ilgili zorluklar arasında kaynak araştırmaları ve karakterizasyonu, uzay kaynak ekonomisi ve işleme ve üretim teknolojileri yer almaktadır (Gilbert & Bazilian, 2019).

2.2.7. İlgili Deneyler hem yerde hem uzayda

Uzaya gitme konusu ciddi hale geldikçe, böyle bir göreve yönelik en büyük tehditlerin biri mürettebatın psikolojik durumu olabilecektir. Bu bağlamda birçok deneyler yapılmıştır. DLR'ın (German Aerospace Center – Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) Havacılık ve Uzay Tıbbi Enstitüsü'nün kardiyologu Ulrich Limper “bir yatakta 60 gün boyunca hiçbir şey yapmamanın bu kadar zor olabileceğini kim düşünürdü” diyerek, bu zorunluk ve zorluğa rağmen, gönüllü adayların nadiren eğitimi bıraktıklarını söylüyor (Hollingham, 2015). Araştırmacılar, zihinsel sağlığın uzun mesafe uzay yolculuğuna nasıl tepki vereceğini test etmek için: karanlık, güney kutbunun kış boyunca birkaç ay gece olması ve alışkın olduğumuz gündüz-gece döngüsünün olmaması, aşırı soğuk, ortam -80C (-112F) dereceye kadar ulaşabildiğinden dışarı çıkmasının zor olması vs. gibi koşullarla Antarktika'yı deney yapmak için uygun buluyorlar. Ayrıca, izolasyon da var: tam olarak nerede olduğuna bağlı olarak, kış boyunca tahliyenin imkansız olduğu fiziksel izolasyon bir de, her gün aynı birkaç kişiyle yan yana bulunduğun sosyal izolasyon vardır. Norveç'in Bergen Üniversitesi'nde psikososyal bilimi profesörü Gro Mjeldheim Sandal Antarktika'daki Concordia İstasyonu'nda 27 kişinin duygularını incelemiştir. İstasyona erişim yalnızca Kasım'dan Şubat'a kadar mümkün olmuştur. Katılımcılar kaldıkları süre boyunca depresyona girmek yerine duygusal olarak stabil ve isole oldukları bir tür “psikolojik kış uykusuna” girmişlerdir. Uyku - astronotların uzay misyonunda, zihinsel taleplerine nasıl tepki vermesinde önemli rol oynar. Ve doğal gece-gündüz döngüsü olmadığında iyi bir gece uykusu çekmek zordur. Dünya'da uyku, uyanıklık döngüsü, yorgunluğa bir

de gün ışığına göre düzenlenir. İngiltere Leicester'deki De Montfort Üniversitesi'nin uyku araştırmacısı Joanne Bower, "Astronotlar uyku-uyanıklık modellerini senkronize etmek için ışık belirtisini/işaretini kullanamayacaklar. Katı programa sahip olmayan adaylar uyku düzenleriyle daha fazla zorlanıyorlar." diyor.

Dünya üzerinde simüle edilmiş Mars deneyleri çoktan beri vardır. Şimdiye kadarki en uzun deney, Rus-Avrupa ortak deneyi Mars500 olmuştur. Gönüllü adaylar Mars görevinin zorluklarını araştırmak için 520 gün boyunca Moskova banliyösünde simüle edilmiş bir uzay aracının içinde kapalı tutulmuştur. Araştırmacılar, altı istekli katılımcıyı, 80 metreden daha küçük yaşam alanında (Moskova), kapalı ambara kilitlemiştir (Robson, 2014). 2011'de sona eren 17 aylık deneysel misyonun, altı mürettebatından dördü uyku bozukluğu yaşamıştır. Adaylardan biri kronik olarak uykusuzluk sorunu ve bir diğeri de sonunda grubun geri kalanıyla tamamen senkronize olmayan bir uyku programıyla yüzleşmiştir. Mars500 programı, test konularını depresif düşüncelerini önleyecek kadar meşgul tutmuştur. Mars'ta örneğin, 22 dakikaya kadar iletişim gecikmesi ile astronotlar Dünya'daki insanlara her zaman kolay erişemeyecekler, bu yüzden mürettebatın kendi zihinsel sağlıklarını izlemeleri ve ellerinden geleni yapmaları (öz-kontrol) gerekecektir (Oakes, 2019).

Başka bir çalışma Mars One'nin düzenleyicisi Kraft ise "Zaman gecikmesinde 40 dakika uzakta olacağız, böylece cevaplarımızı bekleyemezler." diyor (Hollingham, 2015). İçer dönüklük, duygusal istikrarlılık vb. gibi niteliklere sahip insanları bulmak, Mars'a veya daha uzaklara gitmek için bir mürettebat oluşturmada ilk adım olacaktır. Uluslararası Uzay İstasyonu'na giden astronotlar örneğin, kısa sürede etkili bir şekilde nasıl rahatlayacakları konusunda eğitilmekteler. Söz konusu, uzun uzay yolculukları için astronotların beden eğitimi rutinlerine yoga ve meditasyon gibi şeylerin eklenmesi düşünülmüştür (Oakes, 2019). Bower ve meslektaşları, kış aylarında Antarktika deneylerinde bulunan uzay yolcuları için 23 maddelik zihinsel sağlık kontrol listesi hazırlamış, adayların duygularının zamanla daha değişken hale geldiğini keşfetmişlerdir. Bunlardan başka, uzaydaki radyasyon ve mikro yerçekimi gibi fiziksel faktörler de simüle edilebilir ve bu faktörler aynı zamanda insan ruhunu etkileyebilir; çok yabancı çevrede hapsolme ve Dünya'daki iş ve ev ortamıyla düzenli günlük temasın kaybedilmesi nedeniyle potansiyel olarak tehlikeli psikolojik etkilerin görülme sıklığını artırması da muhtemeldir. Birlik ve uyum duygusunun mevcudiyeti de önemlidir. İzolasyona girmenin, toplumdan uzak kalmanın suçluluk, kaygı, korku

ve hatta panik gibi zıt etkileri de olabilmektedir (Campa & vd, 2019, s. 3). Bu gibi zor süreçleri ve deneyleri yürütmek ve mürettebat seçmeye yardımcı olmak için Mars One'a atanan Kraft: "Onlara çok fazla zorluk yaşatacağım, umudum, Mars'a vardıklarında "Norbert'in bize denettiği şeylerle karşılaştırıldığında, Mars bir cennet" diyecekler." diyor. Kraft şu 4 adımı geçenleri mürettebata uygun görmektedir:

Adım 1: Fiziksel

Adım 2: Bilgi

Adım 3: Grup mücadelesi

Adım 4: İzolasyon

Adaylar, ilk gereklilik - tıbbi kontrolü geçtikten sonra geleneksel olarak mülakata dahil edilmekteler. Şimdiye kadar, dünyanın her yerinden 660 kişi bu aşamaya gelmiştir ve Kraft adayların her biri ile internet üzerinden video bağlantısı ile resmi olarak görüşmüştür. Farklı cinsiyetler, kişilikler ve beceriler ile mürettebat seçimine başlamak ve adayların birlikte çalışabileceklerini kanıtlamak için bir dizi grup mücadelesi deneyimi üzerine eğitim oturumları Hollanda'da gerçekleşmiştir. Simüle edilmiş Mars üssünde izolasyonun amacı, ekiplerin kapalı bir ortamda birlikte nasıl çalıştığını görmek olmuştur - tıpkı gerçek bir uzun süreli görevde olması gerektiği gibi. Kraft "On yıllık eğitim, çalışma ve onlara verdiğimiz zorluklar boyunca gitmeye hazır olduklarını göstermeleri gerekiyor" diyerek eğitimlerinin çok uzun süre sürdüğünü belirtmiştir. Örneğin astronotlar, kendi yiyeceklerini yetiştirmekten kırık tuvaletleri tamir etmeye, uzay gemilerini uçurmaya kadar her şeyi kendileri yapmak zorunda kalacaklardır (Hollingham, 2015).

Başka bir deney Envihab, bilim adamlarının, doktorların ve mühendislerin Dünya'nın ötesindeki ortamı - uzay istasyonunu simüle edebilmesi için tasarlanmıştır. DLR'nin (German Aerospace Center – Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) Havacılık ve Uzay Tıbbi Enstitüsünden kardiyolog Ulrich Limper "Tüm çevresel koşulları - gürültü, ışık, sıcaklık ve hatta havadaki gazların karışımını - kontrol edebiliyoruz. Bu bize uzay uçuşu için olduğu kadar Dünya'daki bilim için de önemli olan çok kontrollü çalışmalar yapma fırsatı veriyor" diyor. Envihab'da yapılan ilk büyük çalışmanın zorluğu, uzun süreli uzay uçuşunun etkilerini incelemek için arka arkaya 60 gün yatakta yatmak olmuştur. Deney için 12 kişi seçilmiştir. Uzay yolculuklarında

vücudun yerçekimi olmadan hayata nasıl adapte olduğunu anlamak için bu yatak istirahati çalışmaları uzun süreli ağırlıksızlığın etkilerini simüle etme fırsatı tanımıştır. Örneğin, Mars'a gidip gelme görevi, en az 18 ayı uzayda olmak üzere en az iki yıl sürebilecektir. Adayların ayrıca beslenme kontrollü diyet yemekleri yemeleri, sürgü ve idrar şişeleri kullanarak tuvalete gitmeleri gerekecektir. Kapalı devre TV'de günün 24 saati izlenecekler ve hatta duş almak için özel su geçirmez eğimli yataklara aktarılacaklardır. En son araştırma, 18 ile 40 yaşları arasındaki erkekleri seçmiştir. Limper cinsiyetin büyük bir etkisinin olduğunu, ancak diğer araştırmalarda kadınları da kullanabileceklerini söylemiştir. 6 derecelik açıyla okumak, uyumak, film izlemek ya da video oyunları oynamak vs. artı bir dizi deneylere yer verilmiştir. Tesis içinde geçirilen üç hafta boyunca adaylar kilo, kan, kemik ve kas testlerinde taranmışlardır (Hollingham, 2015).

2.2.8. Madencilikle İlgili Başarılmış Adımlar

1991'den beri, her ziyareti yaklaşık 2 yıl olmak üzere 12 asteroidin ötesine uzay aracı gönderilmiştir. Çapı 1 km'den büyük bir milyondan fazla ve 10 dakikadan fazla çaplı birkaç milyar asteroit vardır. Şu anki bilimsel araştırma oranına göre yaklaşık 10 milyar yıl içinde bunların hepsini ziyaret edebileceğimiz hesaplanmıştır (Metzger, 2016, s. 5). Bu zamana kadar 10'dan fazla uzay aracı çoktan asteroitleri keşfetmiştir. 2006 yılında, JAXA'nın (Japonya Uzay Ajansı) Hayabusa'sı, asteroit üzerine inen ve ondan kalkan ilk uzay aracı olmuştur. O Haziran 2010'da Dünya'ya dönmüş ve örnekler getirmiştir. NEAR Shoemaker aracı asteroit Eros'a inmiştir. Stardust aracı da aynı misyonu yerine getirmiştir (Wachowicz & Bury, 2017, s. 3). NASA, OSIRIS-REx adlı uzay aracını Bennu adlı asteroide inmesi için misyon başlatmış, OSIRIS-Rex'in 2016'da fırlatılması, 2018'de asteroide ulaşması, asteroidi bir yıldan fazla bir süre boyunca tanımlaması ve ardından bilimsel çalışma için 2023 yılında Dünya'ya kaya ve toprak örnekleri geri getirmesi planlanmıştır. Ancak, NASA sarf ettiği zaman ve çabasına rağmen toplamayı planladığı asteroit miktarının çok az - iki ons olarak belirtmiştir (Riederer, 2014).

Avrupa Uzay Ajansı'nın 2004 yılında fırlattığı Rosetta uzay aracı, 2015'te bir kuyruklu yıldızın indikten sonra Philae modülünden geri görüntüler ve veriler göndermiştir. Böylelikle yakın dünya asteroitlerine ve Ay'a yapılan keşifler dikkate

değer bilgiler ve sonuçlar sağlamıştır. İlk Japon uzay aracı Hayabusa, 2003 yılında Itokawa asteroidinden numune getirmesi için fırlatılmıştır. Hayabusa 2010 yılında yaklaşık 100 gram malzeme ile geri gelmiştir. İkinci Japon Havacılık ve Uzay Araştırma Ajansı uzay aracı 2019'da Ryugu asteroidine ulaşmıştır. Araç bir sorun çıkmadığı takdirde, örneklerle iki yıl sonra Dünya'ya geri dönecektir (Emspak, 2016).

Planet Resources ve Deep Space Industries gibi şirketler hali hazırda asteroid madenciliğine yatırım yapıp gelmektedirler ve 2025 yılına kadar maden çıkarmaya başlaması düşünülmektedir (Allison, 2018). Planetary Resources, yakın dünya asteroidlerinden kaynak çıkarmak için bir dizi düşük maliyetli robotik uzay araçları göndermeyi hedeflemektedir. Uzay kaynaklarının madenciliği sanıldığından çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşebilir. Planetary Resources, ilk uzay aracını Temmuz 2015'te Uluslararası Uzay İstasyonu'ndan uygulamaya koymuştur ve bu Washington merkezli asteroid madenciliği şirketi, önümüzdeki birkaç yıl içinde giderek bir dizi araştırmayı da başlatmayı hedeflemektedir (Wall, 2015). Özel uzay madenciliği şirketlerinin temel önermelerinin biri, onların hükümet ajanslarından çok daha hızlı ve daha ekonomik çalışabilecekleri ve hükümet operasyonlarının ötesinde risk seviyelerini almaya istekli olmalarıdır (Riederer, 2014).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. UZAY FİNANSMANI

3.1. UZAY FİNANSMANI TANIMI VE KAPSAMI

Finansman, ticari faaliyetler ve projeler için fon sağlama, paranın zaman değerinden faydalanma süreci olduğundan, Uzay Madenciliği faaliyetlerinin de uygulanmasında, yatırımlarının, maddi ve maddi olmayan faydalarının, uzay bazlı mal ve hizmetlerinin sağlanmasında ana unsurdur. Uzay finansı, uzay araçlarının ve uzay misyonlarının planlanmasından gerçekleşmesine, günümüzde olmazsa olmaz dediğimiz teknolojilerin icatından üretimine kadar bütün süreçlerin dayandığı hayati bir bileşendir. Bilindiği üzere, Finans - şirket değerini, bireylerin veya ortakların işletmeye sağladığı sermayeyi çoğaltmak amacıyla, işletme için gerekli olan fonların elde edilmesi ve bu fonların işletme amaçları doğrultusunda etkin bir şekilde kullanılarak verimli aktiflere yatırılmasıdır (Ateş, 2007, s. 10). Uzay Madenciliğinin, aktif varlıklarını edinmek ve faaliyetlerini sürdürmek dolayısıyla ilk etapta bunlardan doğabilecek, çok yüksek maliyetleri karşılamak (diğer bölümlerde bahsedilen) adına Uzay Finansına ihtiyacı vardır.

3.2. NEDEN UZAY FİNANSMANI

Ülkeler arasında ekonomik büyüme ve farkları, aslında bu ülkelerin sahip olduğu doğal kaynaklara zengin olup olmamasından daha çok bu kaynakları kullanımındaki verimlilik farkından kaynaklanmaktadır (Afşar, 2007, s. 2). Ancak nüfus artışı, kaynakları en optimum seviyede kullansak bile, er ya da geç bizi, özellikle sınırlı kaynaklarda, kıtlıkla karşılaşmak zorunda bırakacaktır. Dolayısıyla o aşamada, ülkelerin ekonomileri uzay kaynaklarının verimli kullanımına, değerlendirilmesine bağlı olacaktır. Bu bağlamda, Finansal sistem uzaydaki doğal kaynakların değerlendirilmesi ile ekonomi ve ekonomik refahın artırılmasında esas olan yatırımların sağlanmasına vasıta olacaktır. Neşe ve Armağan ise bu konuda,

gözlemlenmiş çalışmalarda, endüstri ve firma bazındaki analizlerin finansal gelişme olduğunda ekonomik gelişmenin hızı ve gidişatında çok önemli etkileri göstermiş, Dünya Bankası tarafından yapılan çalışmalarda finansal sistemlerin gelişmişliği ile ekonomik kalkınma ve büyüme arasında doğrudan ve oldukça kuvvetli bağlantıların kanıtlanmış olduğunu belirtmiştir (Erim & Türk, 2005, s. 2). Finansal sistem aracılığıyla ekonomiye sağlanan yatırımlar, teknolojinin gelişmesini teşvik ederek (Afşar, 2007, s. 3), istihdam ve geliri arttırarak ekonominin büyümesine katkıda bulunmaktadır (Erim & Türk, 2005, s. 6). Bundan dolayıdır ki, uzay madenciliği sektörünün de kendine özgü fon tasarrufçuları ve talepkarlarının bulunduğu, yatırım harcamalarının ve getirilerinin düzenlendiği, risk azaltma ve portföy yönetme doğrultusunda finansal kurumlar ve araçların hizmet verdiği uzay madenciliği finansal sistemine ihtiyacı vardır.

Sigorta şirketleri, bankalar ve sermaye piyasaları Finansal sistemin esasını oluşturur. Finans piyasalarının sunduğu “tasarrufların hareketlilik kazanması” olarak nitelendirilen hizmetler, fonların toplulaştırılmasını, akışkanlığı arttırarak iktisadi birimler arasında ilişkilerin hızlanmasını, etkinleşmesini ve dolayısıyla iktisadi faaliyetlerin artmasını sağlayan fırsatlar sunmaktadır (Erim & Türk, 2005, s. 22). Canan konu hakkında “Söz gelimi, sigortacılığın en etkin fonksiyonu, fon yaratmak ve yaratılan fonları çeşitli yatırım enstrümanları vasıtası ile ekonomiye kazandırmaktadır. Sigorta sektörünün yönettiği fonlar, sigortalıların gönüllü tasarrufları ile yaratılmakta, toplanan primler mali kesime aktarılarak rasyonel alanlarda yatırımlara yönlendirilmektedir ki bu, bireylerin katılımları ile oluşturulan fonların yatırımlara aktarılması, ekonomiye kaynak yaratılması ve dolayısıyla gelir düzeyinin yükseltilmesi demektir.” demiştir (Sancaktar, 2006, s. 55).

Neticede özetle, Finansal sistemin birincil işlevi, arz ve talep edilen kredilerin optimum seviyede toplanması ve dağıtılmasıdır, diyebiliriz. Bu nedenle, Uzay madenciliği, sermaye çekmek ve yatırım yapmak için bankacılarına ve sigortacılarına uzay ekonomisi adına ihtiyaç duymaktadır. Mevcut durumda Uzay Araştırmalarının Finansmanı Politika, Kâr, Teknoloji, İş birliği, Yasaları birleştirir. Varlıkların güvenli finansmanı, borçluları, alacaklıları, teminat olarak taahhüt edilen sözleşme ve kullanım haklarını ve taraflar ile teminat arasında ilişki kurmak ve uygulamak için yasal bir çerçeveyi içermektedir (Cahan & vd, 2015, s. 254).

3.3. UZAY FİNANSMANI SÜRECİ

Fon sağlayıcılar yatırım kararlarını verirken birçok faktörü bir arada değerlendirir. En temel değerlendirdikleri değişkenler risk ve getiri oranları olmakla birlikte (Aksoy, 2018, s. 3) onlar risk likiditesi, vade yapısı ve portföy çeşitlendirerek risk azaltma amacı gibi başka önemli kriterlere de dikkat ederler. “İnsanlar güncel bilgilere dayalı fikirlere daha fazla güven ve ilgi duymakta ve problemlere, senaryolara, somut örneklerle yani kazanılan tecrübelerle daha fazla ağırlık vermektedirler” diyor Ateş (2007, s. 73). Bu yüzden, uzay madenciliğinde önce gelişmiş, uzay yetenekli ülkeleri uzay kaynaklarının ticaretinden yani iş, kar ve vergi gelirlerinin artmasından fayda görecektir, dolayısıyla ardından tüm ülkeler genel uzay ve madencilik ve gelişmiş finansman koşullarından faydalanacaklardır (Santos, 2003, s. 1). Başka bir deyişle, uzaya yönelik faaliyetlerin ekonomik anlamda bir katkı ortaya koyabilmesi, faaliyetler sonucu ortaya çıkacak ürün ya da hizmetlerin satılabilmesine yani talebe bağlı olacaktır. Dolayısıyla satışın gerçekleşebilmesi için arz talebin yani ilgili ürün ya da hizmetlere yönelik bir piyasanın oluşturulması gerekmektedir. Talep olmadığı zaman arzın ve piyasanın da olamayacağı düşünülürse; uzay sektörünün en temel unsuru, sektörün ürünlerinin ya da hizmetlerinin fayda sağladığına inanan tüketicilerinin, uzay yetenekli ülkeler (spacefaring) gibi, varlığı olacaktır (Bozkurt & Ercan, 2016, s. 3). Kesinlik etkisi (certainty effect) olarak adlandırılan bu duruma göre, bireyler gerçekleşmesi muhtemel olan sonuçlara oranla kesin olarak değerlendirilen sonuçlara daha fazla ağırlık vermekteler. Kahneman ve Tversky kesinlik etkisine örnek olarak, deneyde %25 ihtimalle 3000\$ kazanma, %20 ihtimalle ise 4000\$ kazanma alternatifleriyle karşı karşıya kalan bir grubun %65’i ikinci alternatifi, aynı grup %100 3000\$ kazanma alternatifi ve %80 olasılıkla 4000\$ kazanma alternatifi ile karşı karşıya kaldığında ise, grubun %80’i birinci alternatifi seçtiğini göstermiştir (Süer, 2007, s. 2). Ancak kesinlik durumu Uzay Madenciliği sektörü için henüz geçerli değildir. Uzay projelerinin teknik riskler içermesi, projeden türeyebilecek maddi kayıp veya kârların öngörülemez olması fon sağlayıcılar için beraberinde belirsizlik riskini getirmektedir. En riskli karasal yatırımlardan daha da riskli kabul edilen bu tür yatırımlar için oldukça kıt olan finansman kaynakları, ilk aşamada öz sermaye ile finanse edilmekte, borç ile finansmanın sağlanması ise projeye ilişkin kârlılık durumu iyice görüldükten sonra mümkün olmaktadır (Bozkurt & Ercan, 2016, s. 7).

Kredi sağlanması, karşılıklı güvene dayanan ve gelecekte geri ödeme sözünü içeren bir işlemdir. Genel olarak risklerin gerçekleşmesi durumunda, öncesinden ve mümkün olabildiğince çok sayıda bireyle yapılan sözleşmenin zorunlu kıldığı tazminatlar karşılanır (Sancaktar, 2006, s. 54). Borçlanan kimsenin borcunu ödeyemeyecek hale gelme olasılığı dikkate alınarak, karşılıklı güven ilişkisi gereği borç anlaşması yapılarak teminat ile garanti altına alınır. Anlaşma yaptırımları ve teminatın likidite edilmesi, söz konusu işleme karışan bütün birimlerin uyacakları kuralları koyan ve uygulayan kurumları ve yasal bir yaptırım mekanizmasının varlığını gerektirmektedir (Erim & Türk, 2005, s. 4). Mesele uzay madenciliği ve finansı ile ilgili bu gibi mekanizmaların ve yasal çerçevelerin, sözde uzay madenciliğinin daha gerçekleşmemiş olmasından kaynaklı, bulunmamasıdır.

Uzay madenciliğinin gerçekleşmesinin büyük ölçekte Uzay madenciliği politikasına bağlı olması ve beraberinde; finansal sistemlerin ve araçların işlevlerinde, fon arzı ve talebinin karşılanmasında, gerçekleşmemiş madencilik faaliyetlerinden kaynaklı getiriler ile ilgili bilgilerin sağlanmasında ve teknik risklerin yüksek olmasından dolayı yatırımcılara yeterli güvencelerin sağlanmasında doğal olarak zorluklar getirmiştir. Bu bağlamda Uzay Protokolü ticari uzay faaliyetlerini destekleyen yasadır. Yasada fon sağlayıcılara ticari faaliyetlerden kaynaklı çıkarları veya yasal güvenceleri vaat eden çerçevelerin bulunmaması, protokolün uzay toplumu tarafından etkisiz olarak kabul görmesine neden olmuştur. Kısaca özetlemek gerekirse, sektörde finansman sorunu yapan gerekçeler:

- Uzay projelerinin yatırım tutarlarının ve teknik risklerinin yüksek olması;
- Uzay yatırımları vesilesiyle elde edilen ürün ya da hizmetlerin pazarlanabilirliğinin şüpheli olması;
- Uzayda faaliyetleri ile ilgili yasal düzenlemelerin yetersizliği;
- Uzay yatırımlarının yatırım döneminin oldukça uzun olması;
- Piyasa şartlarındaki belirsizliğin yüksek olması;
- Uzaya özgü riskler ve başka konular hakkında kesin bilgi eksikliği;
- Uzayın yatırım fırsatlarını değerlendirmek isteyen işletmelerin, fon sahiplerini, yatırımların başarılı olacağına inandırmasında güçlük çekmesi ve

- Uzayın yatırım fırsatlarını değerlendirmek isteyen taraflar ile, girişimci/şirket, finansörler arasındaki dil sorunu, olarak sıralanabilir (Bozkurt & Ercan, 2016, s. 7).

Sonuç olarak, uzay yatırımları vesilesiyle ekonomik kalkınma uzun vadeli finansal kaynakların sağlanması vesilesiyle, finansal kaynaklar ise hem ulusal hem uluslararası düzeyde yasal mekanizmaların oluşturulması sonucu gerçekleşecektir.

3.3.1. Finanse Edilebilirliği Artıran Küresel Yasal Politika Çerçeveler

Uzay kaynakların madenciliğinin ekonomik ve finansal fizibilitesini belirlemede önemli faktörler şunlardır:

- Operasyon maliyeti;
- Operasyonun başlatılması ile maden kaynaklarının nihai satışı veya kullanımı arasındaki zaman;
- Çeşitli başarısızlık riskleri; ve
- Beklenen yatırım getirisi.

Ve bunların arasında da, analiz çalışmasından sonra, ticari bir girişimin gök cisimlerden mineral kaynaklarını elde etmek ve kullanmak için sermaye karlılığı değerlendirilmesinde en değişken olan baskın faktörün - risklerin değerlendirilmesi olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak, özellikle teknik veya finansal yollarla çözilemeyen risklerin olduğu durumlarda, uzay madenciliği gibi girişimlerin kârlı veya en azından finansal olarak uygulanabilir olması için, bu tür faaliyetlerin yürütülmesinde yasal ve düzenleyici kesinliğin olması aslında birincil ve en önemli faktör olarak kabul görülmüştür (Lee, 2012, s. 317). Bu bağlamda genelde olduğu gibi politika belirleyiciler, açık/net mülkiyet hakları ve yasal çerçeveler tanımlayarak bilgi asimetrisini azaltmayı ve yasal kesinlik sağlamayı; araştırma hibeleri, karşılık yardımları, vergi teşvikleri ve mevcut diğer politika araçlarını kullanarak Ar-Ge ağlarını güçlendirmeyi; inovasyon merkezleri, kuluçkalar ve teknoloji parkları dahil olmak üzere teknoloji transferi araçlarının rolünü desteklemeyi teşvik etmekte (OECD, 2019, s. 59). Ancak, Uzay Madenciliği girişimleri daha yeni yeni gerçekleşmekte olduğundan, uzay faaliyetleri ile ilgili siyasi ve hukuki anlamda işlemlerin: yasal çerçevelerin ve düzenleyici mekanizmaların yetersizliği söz

konusudur. Bu bağlamda Dış Uzay Antlaşması (OST), Ay Anlaşması ve Uzay Protokolü gibi şeffaflığı sağlayan, adaleti ve iş birliğini teşvik eden küresel çerçeveler vardır. Ancak yetersiz işlevlerinden, uzay topluluğunu tatmin edecek disiplin ve güven barındırmadığından yeterince kabul görmemiştir. Zira bunlar, uzay kaynakları ve onların çıkarıldığı asteroitler kime ait olacak, herhangi bir taraf bayrak dikerek uzay cismine el koyabilir mi, uzay cisimleri uzay madenciliği için silahlanabilir mi vs. gibi sorulara herkesin beklentide olduğu farklı menfaatleri eşit bir şekilde dikkate alarak cevap sağlamaktadır. Daha açık bir şekilde ifade edilmesi gerekirse şu senaryoları varsaymakta fayda bulunmaktadır:

Bir madencilik şirketi bir asteroidi yakalayıp, yörüngesini Dünya'ya yaklaştırıp, böylece malzemelerin çıkarılmasını ve getirilmesini kolaylaştırırsa bu asteroit madencilik şirketine ait olabilir mi (Szoka & Dunstan, 2012) ya da ekonomik olarak madenciliğe uygun bir asteroidi keşfeden bir ülkenin bilgisiyle başka bir ülke asteroitten faydalanabilir mi? Böyle bir durumda, ülke söz konusu OST'un IX. maddesi uyarınca "gerekli saygı" ilkelerini ihlal etmiş olur. Uzay bilgileri hemen hemen her zaman uzay alanında gelişmiş ülkeler tarafından keşfedilmekte ve sağlanmaktadır, "gerekli saygı" ilkelerinin ihlalinin gerçekleşmemesi için ülkelerin bilgilerini gizli tutması gerekir. Bu da iş birliğine zıt gelen bir harekettir. İş birliği ilkelerini zayıflatabilecek bir diğer olası senaryo, gelişmiş ülkelerin yakın Dünya asteroitlerinin madenciliğini işletmesi ve geliştirmekte olan ülkelere gelecekte işletmesi için daha uzak asteroitleri bırakmaları ne kadar doğru (Bhattacharya, 2018, s. 9)? Ayrıca süper güçler, asteroit madenciliğinin faydalarını eşit veya tarafsız olarak dağıtmak yerine kâr elde etmek için uluslararası uzay kaynak fonunu manipüle edebilirler (Muzyka, 2018, s. 5). Diğer taraftan ise özel aktörler fırsatların yanı sıra potansiyel zorluklar da doğurabilir. Mart 2018'de, bir Kaliforniya şirketi hükümet onayı olmadan uydu fırlatmakla suçlandı. Yetkililer, bu uyduların "diğer uzay araçları için çarpışma riski oluşturduğundan" endişe etmekte (Bockel, 2018, s. 11). Yeni Zelandalı bir şirket Ocak 20'de uzaya büyük bir "disco topu/discoball" fırlattıktan sonra, astronomlar parlak uydunun uzayı gözlemlene ve çalışma yeteneklerine müdahale etme potansiyelinden şikayette bulundular (Bockel, 2018, s. 9). Yeni girişimcilerin çoğalmasıyla zorlukların artması kaçınılmazdır.

Bunlara bilgisayar korsanları ve terör örgütleri gibi kötü niyetli aktörler de dahildir. Bu gibi durumların kontrolünün sağlanması için uzay topluluğunun hem uzay hukukuna hem teknik bilgilerle donanımlı uzay hukukçularına ihtiyacı vardır.

Bu çerçevede mevcut Uzay Hukuku hem uluslararası hem de ulusal anlaşmaları, kuralları ve ilkeleri kapsayan, uzay faaliyetlerini yöneten kanunlar bütünüdür. Uzay hukuku parametreleri arasında uzay araştırmaları, hasar sorumluluğu, silah kullanımı, kurtarma çalışmaları, çevre koruması, bilgi paylaşımı, yeni teknolojiler ve etik bulunmaktadır. Dolayısıyla, İdari hukuku, Fikri mülkiyet hukuku, Silahların kontrolü hukuku, Sigorta hukuku, Çevre hukuku, Ceza hukuku ve Ticaret hukuku vs. Uzay Hukukunda bütünleştirilmiştir. Uzay hukukunun kökenleri, ülkelerin kendi topraklarının üstündeki hava sahası üzerindeki egemenliğini tanıyan, daha sonra 1944'te Chicago Konvansiyonu'nda pekiştirilen uluslararası hukuk ile 1919 yılına dayanmaktadır. Soğuk Savaş sırasında ulusal uzay programlarının başlaması, Uluslararası Bilimsel Sendikalar Konseyi (International Council of Scientific Unions) tarafından uluslararası uzay politikasını (Uluslararası Jeofizik Yılı) resmi olarak oluşturulmasına itmiştir. Sovyetler Birliği'nin 1957'de dünyanın ilk yapay uydusu Sputnik 1'i fırlatması, ABD Kongresi'ni doğrudan Uzay Yasasını çıkarmasını teşvik etmiş ve böylece Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi'nin (NASA) kurulmasına yol açmıştır. Uzay araştırmaları ulus ötesi sınırları aşmayı gerektirdiğinden, uzay hukukunun geleneksel havacılık hukukundan bağımsız bir dal haline gelmesi bu dönemde gerçekleşmiştir (Space Law, 2020). Bununla birlikte, Soğuk Savaş'ın başlangıcından ve ABD ile Sovyetler Birliği arasındaki “Uzay Yarışından” bu yana, Dünya yörüngesinin hızla ticarileştirilmesi birçok bilim adamlarının ve uzmanların uluslararası uzay hukuku için mevcut yasal çerçevenin uzayın ticari gelişimi ile başa çıkmakta yetersiz olduğunu fark etmesine yol açmıştır. 1960'lardaki çok taraflı antlaşmaların çerçeveleri, özel ve ticari uyduların yüzyılın sonundan önce dünyanın yörüngesine çıkıp o günden bu yana ileri uzay hizmetlerinin çoğunu sağlayacağını öngörememiştir. Uzaktan algılama, hava tahmini, doğrudan televizyon ve radyo yayıncılığı ve telekomünikasyon gibi uzay faaliyetleri, mevcut uzay hukuku çerçevesinin kapsamı dışında kalmıştır. Ay ve diğer gök cisimlerinin “insanlığın ortak mirası” olduğu kavramı, herhangi bir Devletin bölgesel veya egemen kontrolüne tabi

olmayan uzay alanlarının tahsis edilememesi, adil fayda dağılımı, barışçıl kullanımı, korunması ve ortak yönetimi sağlayan nispeten yeni bir uluslararası hukuki kavramdır. Ticari uzay madenciliği girişiminin yakın gelecekte gerçekleşmesini ve uzay faaliyetleri için geçerli yasal çerçeveyi dikkate alırken, uzayın ticarileşmesinden kaynaklanan mevcut yasal sorunların çözülmesi önemlidir:

İlk olarak, iki muhalif Sovyetler Birliği ve ABD'nin birçok konuda ayrıntılı düzeyde anlaşamaması nedeniyle yasal anlaşmaların önemli temel terimleri belirsiz ve çözümsüz bırakılmıştır. Özel ve ticari çıkarlar, ticari faaliyetlerin gerektirdiği büyük ölçekli yatırımları elde edebilmek için genellikle hak ve yükümlülükleri üzerinde göreceli yasal kesinlik gerektirir. Sonuç olarak, bu belirsizlikler özel ve ticari uzay sektörünün sağlam gelişimine istikrarsız ve belirsiz ortam yaratmıştır.

İkincisi, anlaşmaların yapımcıları, uzay endüstrisinin uzaydaki uluslararası sorumluluk ve yargı yetkisine ilişkin kuralları oluştururken gelişecek olan çokuluslu ve ticari olanakları öngörememiştir. O zamanlar uzay faaliyetlerinin en muhtemel yanlısının Devletlerin hükümetleri veya ajansları olacağına inanılıyordu.

Üçüncüsü, havacılık ve uzay endüstrisindeki sivil ve askeri faaliyetleri ayırtıran özelliklerin anlaşılmasında yanlış bir eğilim vardır. Uzaydaki son ticari faaliyetler, sivil iletişim sistemlerinin ve uydulardan uzaktan algılama verilerinin askeri kullanımı gibi uzayda yürütülmekte olan birçok etkinliğin yasallığını sorgulamaktadır. Bu konuda netliğin olmaması, herhangi bir ticari uzay madenciliği girişimine; yatırım, personel, fikri mülkiyet şeklinde veya/hatta uzaydan çıkarılan kaynakları kullanan müşteri olma gibi bu hususta herhangi bir askeri katılımı zorlaştırmaktadır (Lee, 2012, s. 97). Şu anda uzay madenciliği ile ilgili Uzay Hukuku kapsamında: Dış Uzay Antlaşması, Ay anlaşması ve Uzay Protokolü esas yasal çerçeveler olarak yer almaktadır.

Dış Uzay Antlaşması (Outer Space Treaty (OST))

Uluslararası düzeyde, devletlerin faaliyetlerini yöneten ilkeler hakkındaki uzay hukuku (politikası), 1967'de kabul edilmiş, 2019 Haziran itibarıyla 109 ülke tarafından imzalanmış Dış Uzay Antlaşması ile başlar. Antlaşmanın iki bölümü kaynakların kullanımıyla özellikle ilgilidir. Birincisi, “Ay ve diğer gök cisimleri dahil,

uzayın keşfi ve kullanılması, iktisadî veya bilimsel kalkınma derecelerine bakılmaksızın, bütün ülkelerin hayır ve menfaatine yürütülmelidir; bu bütün insanlığa tahsis olunmuştur. Ay ve diğer gök cisimleri dahil, uzayda bilimsel araştırmalar serbestçe yapılır ve Devletler bu araştırmalarda milletlerarası iş birliğini kolaylaştırmalı ve teşvik etmelidirler.”, ikicisi, “Ay ve diğer gök cisimleri dahil, uzay, egemenlik ilânı, kullanma ve işgal suretiyle veya diğer herhangi bir suretle millî iktisaba konu olamaz.” olduğunu belirtmektedir (T.C. Resmi Gazete, 1967, s. 2).

OST’ın yanı sıra 1979 yılında Genel Kurul tarafından kabul edilen Ay Anlaşması, Dış Uzay Antlaşması’nın birçok hükümlerini; bu cisimlerin yalnız barışçıl amaçlarla kullanılmasını, çevrelerinin bozulmamasını, Birleşmiş Milletlerin bu cisimler üzerine kurulan herhangi bir istasyonun yeri ve amacı hakkında bilgilendirilmesinin gerektiğini, Ay ve doğal kaynaklarının insanlığın ortak mirası olduğunu ve kaynak kullanımının uygulanabilir hale gelmesiyle kaynakların kullanımını yönetmek için yeni uluslararası bir rejimin kurulmasının gerekli olduğunu da belirtmektedir.

Şimdiye kadar, “insanlığın ortak mirası” kavramının dahil edildiği çok taraflı anlaşmalar:

- 1) Ay Anlaşması
- 2) Derin Deniz Yatağının Mineral Kaynaklarının Kullanılması ile İlgili Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (Lee, 2012, s. 203).

Ay Anlaşması

Soğuk Savaş’ının iki üstün güçleri Ay’a ulaşmak için yarışırken, devletlerin uluslararası Ay’la ilgili belirli anlaşma hükümlerinin kabul edilmesinin tam zamanıydı. 1966 yılında, Sovyetler Birliği, Yasal Alt Komiteye (Legal Sub-Committee) Dış Uzay Antlaşması’nın oluşturulmasında dikkate alınan Ay ve diğer gök cisimlerinin keşfini ve kullanımını düzenleyen yasal ilkeleri içeren bir taslak anlaşmasını sunmuştur. Ay’ın uluslararası bir anlaşma ile kontrol edilmesinin gerekli olmasından, Hukuk Alt Komitesi, çeşitli girişimlere rağmen, ay kaynaklarının kullanımı ile ilgili hükümler üzerinde anlaşmaya varamamıştır. Anlaşmanın ana ilkeleri şunlardan ibaret olmuştur:

- 1) Ay'ın ve diğer gök cisimlerinin münhasıran barışçıl amaçlarla kullanılması ve tehdit veya güç kullanımı ve tüm düşmanca eylemlerin yasaklanmasını;
- 2) Ay'ın ve diğer gök cisimlerinin keşfi ve kullanımı, ülkelerin ekonomik veya bilimsel gelişmelerindeki farka bakılmaksızın, hiçbir tür ayrımcılık barındırmadan yürütülmesini
- 3) Ay çevresinin ve diğer gök cisimlerinin olumsuz değişikliklerden veya zararlı kirlenmelerden bozulmalarının önlenmesini
- 4) Ay, gök cisimleri ve onların doğal kaynakları “insanlığın ortak mirasıdır” (res communis humanitatis); ve
- 5) Gelecekte Ay ve gök cisimlerin doğal kaynaklarının araştırılmasını ve kullanılmasını yönetmek için yeni bir uluslararası rejimin kurulmasını.

Uluslararası Uzak Hukukunun en çok tartışılan konusu, ay, gök cisimleri ve dünya dışı doğal kaynakların “insanlığın ortak mirası” olarak sınıflandırılması olduğu, kanıtlanmıştır (Lee, 2012, s. 110).

Söz konusu, Ay anlaşması dış uzayı sadece “insanlığın ortak mirası” olarak tanımlamakla da kalmaz, aynı zamanda rasyonel yönetim, adil paylaşım ve fırsatların genişletilmesi adına bu tür faaliyetleri yönetmek için uluslararası bir rejim getirilmedikçe Devletler tarafından gezegenlerin ve asteroitlerin ticari sömürüsünü de 11.maddesiyle yasaklamaktadır. Üstelik 1 Ocak 2010'dan itibaren Ay Anlaşmasını onaylayan 18 ülkeden hiçbirinin uzak yolculuğu yapan ülkeler olmadığı ilgi çekmiş, aralarında yalnızca Avustralya'nın uzaya araç fırlatma yeteneğine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Ay Anlaşması'nda insanlığın ortak mirası ilkesine maddi ifade verilmiştir: “gelişmekte olan ülkelerin çıkarlarının ve ihtiyaçlarının yanı sıra bu uzak cisminin keşfine doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan ülkelerin çabaları ile bu kaynaklardan elde edilen faydalarda tüm Taraf Devletlerin eşit paylaşımına, özel önem verilmelidir”. Uluslararası toplum, faydaların “adil paylaşımı” koşulları üzerinde anlaşmaya varamadığı için, Ay Anlaşması, uzayda kaynak kullanımı mümkün olduğunda, aynı şartların gelecekteki anlaşmaya da dahil edilmesinin şartını

koşar. Dikkat edilmesi gereken husus, her iki anlaşma da ülkelerin ekonomik ve teknolojik yeteneklerinin düzeylerine bakılmaksızın devletlerin çoğunluğuna hitap ederek, kaynakların ve menfaatlerinin herkese ilişkin olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca sonradan Dış Uzay Antlaşması'na dahil edilmiş ilk dört paragraf olumlu ilkeleri kapsamaktadır. Uzay faaliyetlerinin, söz konusu, şu şekilde yürütülmesini içerir:

- 1) Tüm insanlığın yararına ve çıkarına;
- 2) Birleşmiş Milletler Antlaşması da dahil olmak üzere uluslararası hukuka uygun olarak; ve
- 3) Uluslararası barış ve güvenliği sağlamak ve uluslararası iş birliği ve anlayışı geliştirmek adına (Lee, 2012, s. 112).

Bu sebeplerden kaynaklı antlaşmaların uzay yetenekli ülkeler tarafından kabul görmemeleri beklenilmemiş bir durum değildir. Faaliyetlerin uzay yolculuğu yapan veya uzaya araç gönderen ülkelerde yoğunlaşacağı gerçeği ile faydaların eşit olmayacağı algısı, haklı olarak, daha uzay alanında gelişmemiş ülkeleri kuşkuya düşürmekte. Bu ülkeler, uzay yetenekli ülkelerin kendi menfaatleri için onların göz ardı edilmemesini istemekte; gelişmiş olan ülkeler de önemli derecede çaba, zaman, masraf vs. harcadıklarından, kendi menfaatleri için elde ettiklerini diğer ülkelerle paylaşmasını istememekte.

Dış Uzay Antlaşması'nın I. Maddesi, uluslararası uzay hukukunun en temel ilkelerinden üçünü, yani ayırım gözetmeyen bir temelde tüm Devletlerin araştırma, erişim ve kullanım özgürlüklerini ve uzay faaliyetlerinin tüm Devletlerin yararına ve çıkarına yürütülmesini hükmettiğinden, ticari uzay madenciliği girişimleri bağlamında, bu tür girişimler için Madde I'de belirtilen aşağıdaki iki ilke geçerlidir:

- 1) Gök cisimlerinin “keşfi” ve “kullanımı” tüm Devletlerin yararına ve çıkarları için gerçekleştirilecektir; ve
- 2) Tüm Devletler, gök cisimlerin tüm alanlarına eşitlik temelinde ve herhangi bir ayırım gözetmeksizin erişme, araştırma ve kullanma özgürlüğüne sahiptir.

Münhasır olmayan ticari uzay faaliyetlerinden elde edilen faydaları paylaşmak için olumlu bir yükümlülük olmamasına rağmen, bu tür faaliyetlerin hasılatının ayırım

gözetmeksizin tüm potansiyel müşteriler tarafından satın alınabilmesi tartışmaya açıktır. Bunun nedeni, Dış Uzay Antlaşması'nın I. Maddesinde yer alan ayrımcılık yapmama ilkesinin “tüm ülkelerin yararları ve çıkarları” değil de devletlerin araştırma, kullanma ve erişim özgürlüğü ile ilgili olmasına rağmen, ayrımcılık yapmama ilkesinin böyle bir uzantısı önceden yapıla gelmiş bir durum değildir (Lee, 2012, s. 162). Hem gelişmekte olan ülkelerin eşitlik endişesi, hem de gelişmiş uzay yetenekli ülkelerin fayda paylaşımını kabul etmemesi, her iki tarafın da haklı olmasıyla beraber başka da Asteroit madenciliği operasyonlarını kimin lisanslandıracağı ve düzenleyeceği, faaliyetlerin ne şekilde gerçekleşmesinin yasal olup olmadığı gibi pek çok konu etrafında belirsizlikler vardır (United Nations Office for Outer Space Affairs).

Antlaşmalar haliyle bilim adamları tarafından farklı farklı olarak yorumlanmaktadır. Yukarıda bahsedilenlerin aksine, bazı yorumculara göre ise Ay Anlaşmasının 11(3) maddesi yalnızca doğal kaynakların “yerinde” tahsisini yasaklamakta, çıkarıldıktan sonra mülkiyet hakkını yasaklamamaktadır (Bhattacharya, 2018, s. 7).

Gök cisimler üzerinde yerinde kaynakların ticari olarak çıkarılmasının yasallığını analiz ederken, daha önce tartışılan bazı uluslararası yasal ilkeleri dikkate almakta fayda var:

- 1) Dış Uzay Anlaşması'nın I. Maddesi ve Ay Anlaşması'nın 11. Maddesi'nde, uzayın keşfi ve kullanımının “tüm ülkelerin yararına ve çıkarları için yapılması” gerekliliği;
- 2) Dış Uzay Antlaşması'nın II. Maddesi ve Ay Anlaşmasının 11. Maddesi'nde tahsis edilemezlik ilkesi;
- 3) Ay Anlaşması'nın 11. maddesinde veya uluslararası teamül hukukunda olduğu gibi, gök cisimleri üzerinde özel mülkiyet haklarının yasaklanması;
- 4) Ay Anlaşması'nın 11. maddesinde hükmedilen düzenleyici bir rejimin oluşturulmasında gök cisminde belli bir alan üzerine birtakım yetkilendirilme ihtiyacının göz önünde bulundurulması.

Bunun nedeni, bir Devletin yerinde çıkarma faaliyetlerinin, çoğu durumda, başka bir Devletin, aynı bölgeden olmasa da aynı mineral kaynakları için aynı gök cisimi

üzerinde aynı faaliyetleri üstlenmesini engellememesidir (Lee, 2012, s. 198). OST ve Ay Anlaşmasının yukarıda bahsedildiği gibi paradoksik, faaliyetlere net düzenlemeler sağlama konusunda yetersiz ve belirsiz olduğundan, gök cisminde madenciliğin yürütüldüğü alana münhasırlık hakkının tanınması olmadığından üç ülke uzay madenciliğini teşvik etmek için kendi yasal çerçevelerini oluşturmuştur: ABD, Lüksemburg ve Birleşik Krallık. Buna karşın, Rusya ve Belçika, bağlayıcı bir uluslararası yasal çerçeve geliştirilinceye kadar, bu kaynakların ticari gelişimini kısıtlama isteğini dile getirmiştir (Christensen & vd, 2019, s. 3). Gök cisminin maden alanının kullanımında münhasırlık için teknik bir ihtiyaç olmasa bile, ticari ihtiyaç, münhasırlık iddiasını gerektirecektir. Çünkü finansörler ve yatırımcılar yatırımlarının korunduğundan emin olmadan madencilik girişimini finanse etmek için gerekli fonları sağlamak istemeyeceklerdir. Yatırımlarını korumanın en etkili yolu ise, rakiplerin gök cisminin aynı alanına madencilik ve diğer tesadüfi amaçlar için erişmesini engelleyebilmektir. Dış Uzay Antlaşması'nın II. Maddesinin münhasır mülkiyet hakları konusunda aslında sessiz olduğunu öne sürmek ihtiyatlı olsa da bu uluslararası toplumda yaygın kabul gören bir yorum değildir, çünkü genellikle özel mülkiyet haklarının varlığı, Dış Uzay Antlaşması'nın II. Maddesi tarafından açıkça yasaklanan devlet egemenliğinin varlığını gerektirdiği düşünülür (Lee, 2012, s. 199). Dış Uzay Antlaşması uyarınca, bir şirket bir asteroidin madenciliğini yapıyorsa, başka hiçbir varlık gelip diğer tarafta madencilğe başlayamaz, eğer bunu yaparsa ilk gelenleri müdahale etmiş olur. Eğer asteroid iki bağımsız madencilik operasyonunu barındıracak kadar büyük olursa, her ikisi de devam edebilir, her biri çıkardıkları malzemenin sahibi olur. Böylece, geleneksel uluslararası hukuk zaten asteroid madencilerine iş modelleri için sağlam bir temel vermektedir (Meurisse & Carpenter, 2020). Diğer taraftan, Ay Anlaşması'nın 11. Maddesinin, açık ifadeleriyle, özel mülkiyet haklarının yaratılmasını ve iddia edilmesini yasakladığı açıktır. Münhasır özel mülkiyet haklarının yokluğu veya yasa dışı olması, mevcut uzay hukukunda değişiklik yapılmasını veya gök cisimler üzerinde kaynakların araştırılması ve çıkarılması amacıyla bu hakların yaratılmasını sağlayacak yeni bir uluslararası düzenleyici rejimin oluşturulmasını gerektirmektedir (Lee, 2012, s. 199).

Uzay kaynaklarının kullanımı için küresel yönetim çerçevesine duyulan ihtiyaç konusunda tüm uzay güçleri arasında bir anlaşma olmalıdır. Böyle bir çerçevenin kapsamı, yetkisi ve hedefleri hakkında ayrıntılı müzakereler takip edilmelidir.

Güvenlik bölgeleri ve münhasır hakları böyle bir çerçevede tanınabilir olmalı, kaynakların eşit paylaşımının nasıl sağlandığı açığa kavuşmalı ve son olarak, sanayinin rolü ve finansörlerinin çıkarları güvence altına alınmalıdır (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 19). Ay Anlaşmasının, gök cisimler üzerinde herhangi bir özel mülkiyet veya bölgesel egemenliği katiyen yasaklaması ve bu tür özel mülkiyet hakları, tek taraflı olarak veya uluslararası bir kuruluş aracılığıyla sağlanmadıkça, ticari uzay sektöründe özel yatırım çekmek için yasal kesinliğin yeterli olmayacağı öne sürülmüştür (Lee, 2012, s. 276).

ABD hükümeti, Başkan Obama tarafından, 2015 yılında ABD Ticari Uzay Lansmanı Rekabet Edebilirlik Yasası (Commercial Space Launch Competitiveness Act) ile uzay madenciliği yasallaştırılmıştır. Yasanın IV. bölümünün başında: “Asteroit kaynağının veya herhangi bir uzay kaynağının ticari olarak elde edinimine kalkışan ABD vatandaşı, ABD’nin uluslararası yükümlülükleri de dahil olmak üzere, yürürlükteki yasalara göre elde edilen asteroit kaynağını veya uzay kaynağını elinde bulundurmaya, sahip olmaya, taşımaya, kullanmaya ve satmaya yetkilendirilmiştir” (Public Law, s. 19). ABD ayrıca, herhangi bir gök cisminin egemenliğini, münhasır haklarını veya sahipliğini iddia etmediğini de ilan etti. Bazı uzaycılara göre, balıkçılık yasalarına çok benzer şekilde, ABD vatandaşları asteroitlerden ve gök cisimlerinden çıkarılan malzemeleri elinde bulundurma hakkına sahiptir, ancak tüm asteroit veya gök cismine sahip olma veya bunların egemenliğine hakkı yoktur (The Reeves Law Group, 2017).

2017’de Lüksemburg ABD’den sonra kendi yasasını çıkaran ikinci devlet olmuştur. Ancak, ABD yasasından farklı olarak, Lüksemburg şirketlerin ana paydaşlarının güvencesi için ülkede bulunmasını gerektirmez, tek şart, şirketlerin ülkede ofisinin bulunmasıdır. 2017’de Japonya, gök cisimleri madenciliği amacıyla Lüksemburg ile beş yıllık bir anlaşmayı imzalamıştır. Denizcilik kanunundan referans olarak alıntı yapan Lüksemburg, uzay kaynaklarını balık ve kabuklu deniz hayvanlarının emsali olarak görmektedir. Ancak Deniz Hukuku (Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS)) dış uzaya uygulanamaz ve karşılaştırılmaz, çünkü balıklar canlı kaynaklardır yeniden üretilebilir, yenilenebilirler, dış uzay kaynakları ise tükenenler: hasat edildikten sonra, yenilenemezler. Bu nedenle, balık ve deniz analojisi adil değildir (Mallick & Rajagopalan, 2019, s. 15).

Birleşik Krallık ta aynı zamanda Uzay Sanayi Yasasını ticari uzay faaliyetleri için düzenleyici çerçeve olarak 2018’de kabul etmiştir.

Ay madenciliği isteğini dile getiren özel kuruluşlardan bazıları ise: Planetary Resources, Moon Express, Deep Space Industries, Shackleton Energy Corporation, Kepler Energy ve Space Engineering vb.

Netice itibarıyla, yeni uluslararası rejimin oluşturulmasında, gök cisimleri üzerinde araştırma ve kaynak çıkarma faaliyetleri için yasal ve politika sorunların aşağıdaki maddeleri dikkate alması gerekecektir:

- 1) Dış Uzay Anlaşması'nın I. Maddesi uyarınca tüm ülkelerin yararı ve çıkarı için yapılması gerekenler bağlamında ticari araştırma, keşif ve çıkarma faaliyetlerinin yasallığı
- 2) Keşif ve çıkarma faaliyetleri için gök cisimlerine münhasır mülkiyet haklarının verilmesi;
- 3) Ticari araştırma ve maden kaynaklarının çıkarılması amacıyla gök cisimlerinden fiziksel olarak malzeme çıkarılmasının yasallığı;
- 4) Araştırma ve keşif verilerinin ve gök cisimlerinden çıkarılan materyallerin yayılması üzerine, varsa, hangi yükümlülüklerin yerine getirildiği
- 5) Varsa, gök cismin kütlesini büyük ölçüde azaltabilecek malzemelerin fiziksel olarak çıkarılması ile ilgili uygun limitler;
- 6) Ticari madencilik faaliyetlerine konu olabilecek gök cisimlerin büyüklüğüne veya kütlesine varsa uygun limitler;
- 7) Gök cisminin yörünge parametrelerindeki değişikliklerin yasallığı veya gök cisminin doğal yörüngesinden çıkarılması;
- 8) Dünya dışı malzemelerinin Dünya çevresine getirilmesi ve kirlenmesinden kaynaklı Dünya üzerindeki olumsuz etkileri önlemek için verilebilecek veya alınabilecek önlemler.

Uluslararası toplumun Ay Anlaşması'nın 11. Maddesini uygulamak için oluşturulacak uluslararası yasal rejim üzerinde anlaşmaya varamaması, Ay Anlaşması'nın önemli bir şekilde kabul edilmemesi ile sonuçlanmıştır. Bütün bu gelişmelerden sonra halen Uluslararası Uzay Hukuku bağlamında Ay Anlaşması'nda yer alan hükümlerin hukuki statüsü halen tartışılmakta olan bir konudur. Anlaşma, gök

cisimlerin madenciliğinin mümkün hale gelmesi üzere yeni bir düzenleyici çerçevenin müzakere edilmesi ve uygulanması gerektiğini belirtmesi nedeniyle biraz önemsiz gözüyle bakılmaktadır. Uzay madenciliği gerçekleştiğinde, uluslararası topluluğun gök cisimlerin kaynaklarının kullanılması için uluslararası bir düzenleyici çerçevenin koşullarını dikkate alması ve çeşitli paydaşların rekabet eden çıkarlarını ve endişelerini dengelemesi ve uzlaşmaya varması gerekecektir.

Ay Anlaşması, bir Devletin veya özel işletmenin Ay veya diğer gök cisimleri üzerindeki faaliyetlerinden kar elde etmesini yasaklamaz, ancak Ay Anlaşmasının buna açıkça izin vermediği de belirtilmelidir, bu da tartışmaların devam ettiği anlamına gelir (Lee, 2012, s. 260). Bütün ülkelerin yararına keşif ve uzayın kullanılmasını gerektiren hükmün getirilmesi, bazı yorumcuların, bunun uluslararası bir kâr paylaşım mekanizmasının uygulanmasını gerektirdiğini iddia etmekte, bazıları ise gelir değil, yalnızca teknoloji ve bilgi gibi kaynakların paylaşılmasının gerektirmesini öne sürmektedir (Anderson & vd, 2019). Araştırma bir devlet veya bir grup devlet tarafından finanse edilse de araştırmanın çıktıları Antarktika'da da olduğu gibi uluslararası topluluğa serbestçe sunulmalıdır. Doktrinin, doğal kaynakların çıkartılmasından elde edilen faydaların uluslararası olarak paylaşılmasını gerektirdiğine dikkat çekmek çok önemlidir.

Sonuç olarak, çabaları tüm insanlığın ortak yararına katkıda bulunmadıkça, ticari kuruluşlar tarafından uzay madenciliği ticareti uygunsuz olarak kabul edilecektir. Bu fayda/çıkâr paylaşımının derecesi bu zamana kadar özel olarak tanımlanmamıştır ve bu nedenle bu yükümlülük kapsamındaki belirsizlik devam etmektedir (Lee, 2012, s. 262). Son iki yılda, “uzay kaynakları faaliyetleri için düzenleyici bir çerçeveye olan ihtiyacı değerlendirmek” amacıyla kurulan Hague Uzay Kaynakları Yönetişimi Çalışma Grubu (The Hague Space Resources Governance Working Group), düzenleyici çerçeveye dahil edilebilecek mevzuları kapsayan 19 “temel ilkeyi” tanımlamıştır. Bu, uzay kaynaklarının meşru madenciliğini ve uzlaşmayı sağlayacak olumlu bir adım olarak kabul görmüş olsa da önerinin durumu hala beklemededir (Masson-Zwaan & Richards, 2015).

Ay Anlaşması durumunda, amaçlar ve hedefler başlangıçta aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- 1) Ay ve Güneş Sistemindeki gök cisimlerinin keşif ve kullanımında eşitlik temeliyle Devletler arasında iş birliğinin daha da geliştirilmesi;
- 2) Ay'ın uluslararası bir çatışma alanı olmasını önlemek;
- 3) Ay ve diğer gök cisimlerine ilişkin mevcut uzay hukuku araçlarının hükümlerini tanımlamak ve geliştirmek (Lee, 2012, s. 186).

Tarihsel olarak, özel sektör madencilik arzusunu ifade etmeden önce, devletler gök cisimlerinden yüzlerce kilogram çıkarmıştır. NASA, Ay'a Apollo indirmesiyle "araştırma, eğitim ve herkese açık gösterim" için 842 kilo aydan materyal çıkarmıştır. Aynı şekilde Sovyetler Birliğinin de Ay'ın yüzeyinden kaynak çıkarmışlığı vardır. Hatta, Sovyetler Birliği tarafından elde edilen kaynakların bir kısmı özel kişilere satılmıştır. Japonya, Hayabusa uzay aracılığıyla Itokawa asteroidinden 100 gram malzeme elde etmiştir. Şubat 2016'da Birleşik Krallık'ta özel bir araştırmacı uzay madenciliğini düzenleyen bir düzenleyici rejim kurma düşüncesini öne sürmüştür. Fabio Tronchetti gibi akademisyenler, daha önce bahsedilen görevlerde alınan miktarların çok küçük olduğu ve bu nedenle büyük ölçekli uzay madenciliği faaliyetlerine izin veren geleneksel uluslararası hukuk oluşturmayı gerektirmediğinin görüşündedir (Bhattacharya, 2018).

Uzay Protokolü

OST ve Ay Anlaşması uzay faaliyetlerin yürütülmesi üzerine düzenleyici rejim olarak işlev görürken, Cape Town Sözleşmesi Protokolü (Uzay Protokolü) finansal kaynakların sağlanmasında önemli rol oynamaktadır.

Uzay Protokolü, ICAO ve UNIDROIT tarafından sağlanan birkaç yıl süren toplantılardan sonra 2012 yılında Berlin'de kabul edilmiş, amacı, doğası gereği sabit bir konuma sahip olmayan uçak gövdeleri, uçak motorları ve helikopterler gibi yüksek değerli varlıklarda belirli ve karşı konulabilir hakların elde edilmesini ve kullanımını, verimli bir şekilde finanse etmeyi kolaylaştırmak, sözün kısası, varlığa dayalı finansman ve kiralamayı yönetmek için açık kurallar oluşturmaktır (UNIDROIT, 2012, s. 22). Protokol vesilesiyle, uzay varlıklarında uluslararası çıkarların oluşturulması ve uygulanmasını yönetmek için tekdüze bir rejim getirerek, finansörler için şeffaflık ve öngörülebilirliğin artmasını sağlayarak ticari uzay sektöründe

finansmanın daha yaygın bir şekilde elde edilebilir hale getirilmesi ve finansman maliyetinin düşürülmesi tahmin edilmektedir. Cape Town Sözleşmesi, yüksek değerli mobil cihazların varlığa dayalı finansmanı için daha fazla güvenlik ve kesinlik elde etmek adına, Protokolleri ile birlikte yeni kavramlar ve prosedürler getirmektedir: (1) uluslararası çıkarların yaratılması, (2) uluslararası tescil oluşturulması ve (3) alacaklıların taleplerini daha etkili bir şekilde yürürlüğe koymaları için temerrüt yollarının getirilmesi. Unutulmamalıdır ki, Uzak Protokolünün kapsamı sadece uydu, uzak istasyonu ve uzak modülü gibi uzak araçları değil aynı zamanda telekomünikasyon, navigasyon, gözlem, transponder gibi bir uzak aracının veya yükünün bir parçasını içeren; herhangi (yönetmeliklere uygun olarak ayrı bir kaydın uygulanabileceği) bir varlığa kadar uzanmaktadır (Tirado İ. , 2018, s. 8).

Protokol, havacılık varlıklarının satıcıları tarafından elde edilen çıkarlarına ilişkin öngörülebilirliği artırmakla kalmaz; alacaklılar için riskleri ve dolayısıyla, borçlular için borçlanma maliyetlerini geliştirilmiş yasal kesinlik sayesinde azaltmayı da amaçlamakta, örneğin, daha modern yakıt verimli uçakların satın alınması için kredi verilmesini teşvik etmektedir. Dahası, Sözleşmeyi ve Protokolü kabul eden Devletlerin havayolları, ihracat kredisi primlerinde %10 indirim alabilmekteler. Mesela, Sözleşmenin kabul edilmesi Avustralya havayollarına yeni bir ATR 72 satın alırken 330.000 \$ ve Airbus A380 satın alırken 2,5 milyon dolar değerinde tasarruf sağlayacağı hesaplanmıştır (ICAO).

Yalnız uzak yetenekli ülkeler tarafından desteğin geri çekilmesi, sadece dört devletin Uzak Protokolü'nü imzalaması (yürürlüğe girmesi için en az 5 devletin onaylaması gerekli) nedeniyle protokol henüz yürürlüğe girememiştir.

Yakın gelecekte yürürlüğe girmesi de beklenilmemektedir. Protokol özellikle Uzak Endüstrisi Birliği (Satellite Industry Association (SIA)) gibi uzak organizasyonları tarafından karşı çıkmaktadır. Bu durumun sebebi yasal sistemlerin, menkul kıymetler, mülkiyet bulundurma sözleşmeleri ve kira sözleşmeleri doğrultusunda farklı yaklaşımlara sahip olmasından kaynaklanmakta, bu da borç veren kurumların haklarının etkinliği konusunda belirsizlik yaratmakta, dolayısıyla finansman sağlanmasını engelleyip borçlanma maliyetini arttırmaktadır. 16 Haziran 2016 tarihi itibarıyla Sözleşmenin 65 kabul eden tarafı vardır. Bunlara rağmen, Cape Town Konvansiyonunda tanıtılan ve Uzak Protokolü kapsamında tanımlanan Uzak Varlığı kavramı büyük bir gelişme olmuştur (ICAO).

3.3.2. Piyasa Rekabetinin Gelişimi

Rekabet bildiğimiz üzere, özelleştirmeye piyasaya katılanların kendilerinin en iyi olduğunu kanıtlama çerçevesinde sarf ettikleri çabalarının seri üretime, ölçek ekonomisine, yönetsel devrimlere, inovasyona, müşteri hizmetleriyle müşteri memnuniyetine, kalite iyileşmesine ve fiyatların düşüşüne yol açması neticesinde ekonominin büyümesine sebep olan en önemli faktörlerin biridir. Geleneksel olarak mal üretiminde kaynak elde edilmesi ve işlenmesi maliyeti etkileyen ana unsur olarak biliniyorsa artık 21.yüzyılda özellikle internet, teknoloji, yönetsel yetkinlik ve kararlar gibi unsurlar etkinlik ve verimliliği artırarak maliyeti etkilemektedir. Örneğin rekabetten kaynaklı yönetsel devrimler (managerial revolutions) gerçekleşmesi ile önde gelen şirketler, tedarik zincirlerini sıkılaştırarak, robot teknolojilerine ve dijital baskı teknolojilerine girerek ve hatta şirket içi (in-house) önemli bileşenler üreterek üretim maliyetlerini düşürmeyi ve üretim hatlarını hızlandırmayı başarmıştır (Bockel, 2018, s. 3).

Dünya uzay sektöründe rekabet, Ruslar tarafından uzaya başarılı bir şekilde fırlatılan ilk uydu Sputnik ile ortaya çıkmıştır. Hükümet uzay faaliyetleri, görüntü ve iletişim için askeri uygulamaları ve hava tahminini, bilim ve insan keşiflerini içeren sivil faaliyetleri içerir. Ayrıca hükümetler, özellikle uzay yetenekli hükümetler; araştırma, keşif ve misyon gereksinimlerini karşılamak için özellikle araç fırlatma, uydudan görüntü alma ve iletişim gibi ticari uzay hizmetleri de temin etmektedirler (Bryce Space and Technology, LLC, 2017, s. 9).

Araştırmaların büyük çoğunluğu, fayda maliyet oranının hesaplanması sonucu elde edilecek faydalara bağlı olarak uzay programlarının yürütülmesi ve kamu tarafından finanse edilmesini kanıtlayan çalışmalara odaklanmıştır(Lickfold & Jetter , 2018, s. 1). Mesela, ticari uydular, karasal gelirlerine, fırlatma risklerine ve hizmet içi (in-service) ömrüne göre finanse edilmektedir (Cahan & vd, 2015, s. 1). Sektöre özel aktörlerin daha yeni yeni katılmaya başlamasıyla rekabetin ancak şimdilerde gelişmeye ve görülmeye başlaması haliyle; önceden uzaya dayalı faydaların önemli gibi görünmesine rağmen uzay araştırmaları neden bu kadar az kamu finansmanı almış; veya faydaları para için yarışan önemli kamu projelerinden daha ağır basmadığından mı uzay fonları düşük kalmış; gibi soruların doğmasına neden olmuştur (Lickfold & Jetter , 2018, s. 1). Öte yandan belki de bunun sebebi, uzay

faaliyet süreçlerinin yavaş gerçekleşmesi/uzun zaman alması ve dolayısıyla hükümetlerin hem zaman kazanmak hem mali tasarruflar yapmak, belki de dış borç veya bütçe açığı gibi durumlardan kaynaklı, uzay sektöründe sinerji ve verimliliği artırmak adına git gide özel girişimcilere fırsat tanınması rekabetin ve farkındalığın oluşumuna imkan sağlamaya başlamıştır.

Tarihsel olarak, birçok hükümet, birçok durumda özelleştirilen ulusal posta, telgraf ve telefon (PTT) organizasyonları aracılığıyla uydu iletişiminin sağlanmasında rol almıştır. Bu yüzden günümüzde de sadece hükümetler değil, aynı zamanda özel şirketler de uzay faaliyetleri yoluyla ekonomik büyümeyi teşvik edilmeye dahil edilmektedir(Bryce Space and Technology, LLC, 2017, s. 3). Hükümet uzay ajansları, ticari misyonların kamu finansmanını azaltmak için yeni şirketlerin sermayesinden yararlanırken, görev prototipleme riski ve yatırım getirisinin daha büyük bölümlerini özelleştirmektedir.

“Uzay araştırmaları pazar genişlemesinin yeni bir aşamasına giriyor. Bu genişlemeye öncülük edenler startup girişimcileri ve uzay misyonu ekiplerini çeken milyarder kaşiflerdir. Onlar bir önceki nesil uzay endüstrisi şirketlerinin yapısını/işleyişini değiştirmek ve ileri uzay misyonları için bir araya gelen yeni yeteneklerden ve girişimcilerden oluşmaktalar.” diyor Cahan (2015, s. 1). Bu girişimciler genel olarak öz sermaye finansörleri veya melek yatırımcılardır. Yatırımcılar esasen yatırım getirisi elde etmek için fon sağlayıcı olarak bilinseler de araştırmalarda melek yatırımcıların bazılarının fon sağlama amacının ötesinde manevi destek olduğu görülmüştür. Söz konusu melek yatırımcılar yatırım kararı alırken finansal olmayan sebeplerden de etkilenmektedirler. Bu yatırımcıların katkılarının yönetim, teknoloji ve insan kaynakları doğrultusunda vb. olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yatırım yapmak için temelde dikkat ettikleri dört mevzu vardır (Karabayır, 2012, s. 7):

- Girişimcinin özellikleri
- Girişimin özellikleri
- Yaptıkları anlaşmanın özellikleri
- Diğer farklı beklentiler

Genel olarak toplumda çoğu uzay faaliyetleri ve sosyo-ekonomik faydaları sebepli ticari uzay eylemlerine karşı farkındalığın artması, uzaycıları bir araya getirmiş ve onların rekabete girişmesine neden olmuştur. Aynı şekilde, Uzay madenciliği sektöründeki gelişmeler de sektörün avantajlarının açığa çıkmasıyla varietli uzay meraklıları ve girişimciler arasında yoğun ilgi uyandırmış, rekabete fırsat yaratmıştır. Örneğin, uzaya kişisel ilgi duymaya motive olan ve sektörün maliyetlerini önemli ölçüde azaltabileceğine inanan ABD girişimcisi Elon Musk, firması Paypal'ı sattıktan sonra, esas olarak kendi servetinden oluşan 100 milyon dolarlık bir yatırımla SpaceX'i kurmuştur. Amazon'un kurucusu Jeff Bezos, şirketi Blue Origin'i finanse etmek için yılda 1 milyar ABD Doları hisse senedi satmaktadır. Bu girişimcilerin madencilik projeleri ile uzun vadeli kâr getirisini sağlayacak, uzayın sınırını zorlayabilecekleri inancı ve kişisel ilgileri vardır (Bockel, 2018, s. 4). Hatta bu konuda Jeff 18 yıllık tecrübesiyle Amazonda büyük başarı elde etmesinin üç sebebi “1)önce müşteri, 2)yatırım, 3)sabırlı ol” diyerek, başarısının sarfettiği yatırım ve uzun zamana bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bilimsel araştırma ve misyon hedefleri, hükümetlerin uzay misyonu önceliklerine ve bütçe tahsis süreçlerine bağlıdır. Hükümetlerin araştırma finansmanı hâlâ özel sektör yatırımlarını geride bırakmıştır, ancak, uzay sektörü finansmanında dünyanın lideri olan ABD'nin Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi'ne (NASA), eğitim, sağlık veya savunma gibi diğer önemli kamu politika alanlarına nazaren daha az harcama yapmaya devam ettiği tartışılmaktadır (Lickfold & Jetter , 2018, s. 1). Uzay finansmanı gibi yatırımların yeterince dikkat çekememesi üzerine girişimci Warren Buffett “çünkü kimse yavaş zengin olmak istemez.” demiştir.

3.3.2.1. Yatırımcıları Çeken Mekanizmalar

Hükümetler ve sektörler projeleri için yatırım çekerken fon sağlayıcıları ikna etmek için talep, getiri, risk hakkında sağlam bilgiler sunarak; başarı, tecrübe, stratejilerini anlatarak hatta strateji oluşturma sürecine yatırımcıları da dahil ederek; işini bilen, dinamik olduklarını kanıtlayarak; piyasa ve koşulları ile ilgili detaylı verileri sağlayarak finansörleri motive ederler ve neticede yatırım temin ederler. Ancak Uzay madenciliği gibi ileri uzay faaliyetleri daha gerçekleşmemesinden kaynaklı bu unsurlardan yoksun olduğu için ilk etapta endüstri bir nevi ürün odaklı

işletmeye dayanan stratejiyi benimseyerek faaliyetlerini yürütebilmesi öngörülmektedir. Geçmişten günümüze elektronik cihazlardan internete kadar farklı icatların ortaya çıkıp, o ürün ve hizmetlere karşı talebin onların kullanımından sonra oluşması (rn icat edilmeden önce, kullanıcıların bu üründen doğacak faydalarından bilinçsiz olması, ancak ürünü kullanmaya başlamasıyla ürüne ihtiyaç duyduklarını farketmesinden türeyen talep) uzay madenciliği sektörünün hizmetleri için de düşünülebilir. Bu durumda sektöre yatırım çekmenin en etkili yolu projenin senaryosunu çok gerçekçi olarak yatırımcılara sunmayla birlikte özel kuruluşlar, devlet fonları ve hibeleri almanın veya kurucularının mali kapasitelerine dayanmanın yanı sıra, operasyonları için tipik olarak aşağıdaki yatırımları çekme mekanizmalarına gvenmekler:

- Hisse Senedi Finansmanı, çoğunlukla risk sermayedarları veya melek yatırımcılar aracılığıyla;
- Genellikle işletmenin kredibilitesine dayalı teminatsız borç verme;
- Proje Finansmanı, öncelikle borç finansmanı yoluyla, böylece borç verenlerin borcu veya bir projenin maliyetini satın aldığı bir durum yaratarak projeden elde edilen geliri kullanarak borcu kapatma (Hameed, 2019, s. 5).

Alp Abdullah'a göre ise, yeni kurulan şirketler, yaşama şansı çok düşük olduğundan girişimci her ne kadar parlak gelecek vadeden ve gerçekçi bilgilerle donanımlı olsa da yatırımcıyı ilk önce şirketinin ilk 18 aynaya kadar yaşayacağına ikna etmesi gerekmektedir (eri, 2014, s. 146).

Bunun yanı sıra, ticari uzay madenciliği girişiminin fırlatma ve transit aşamalarında karşılaşılan yasal sorunlara kıyasla, madencilik operasyonunun en çok karşılaştığı yasal engeller, arama ve çıkarma aşamalarındadır. Gök cisimlerinin doğal yörüngesinden Dünya'ya veya ay yörüngesine hareketi ya da onlardan kaynak elde edilmesi, gök cisimlerinin tahsisi ile ilgili bazı yasal ilkelerin uygulanmasını gerektirmektedir. Dış Uzay Antlaşması'nın I ve II Maddelerinde bulunan erişim özgürlüğü ve tahsis edilmeme ilkesi, özellikle gök cisimleri üzerindeki kaynak çıkarma faaliyetlerini imkansız olmasa bile zorlaştırmaktadır. Bunun nedeni, maden çıkarma faaliyetlerinin yürütülmesinin, gerekli bir zorunluluk olarak, çıkarılan asteroit alanında belli bir dereceye kadar münhasır haklara sahip olması, Dış Uzay Antlaşması'ndaki belirtilen yasal ilkelere aykırı olmasındandır. nc tarafları içeri

sokmama gücüne sahip olmadan, ticari madenciler, üçüncü tarafın aynı bölgeden maden kaynaklarını elde etmesini engelleyemeyeceğinden finansal yatırımı için hiçbir korumaya sahip olmayacaktır. Örneğin, derin deniz yatağındaki madencilik faaliyetleri ile ilgili 1984 Deniz Hukuku Sözleşmesi, devletlerin insanlığın ortak mirası hükmünü kabul etmeyi reddettikleri için sanayileşmiş devletler tarafından kabul edilememiştir (Lee, 2012, s. 13). Söz konusu uzayın madencilik sektörü için yatırımları çekmenin en uygulanabilir mekanizması, münhasır hakkını tanıyan yasanın kabul edilmesidir. Daha istikrarlı ticari ilişkiler sağlamak için özel ulusal yasaların standardizasyonu ile, artan ticari güven ve yasal garantiler ile fon sağlayıcıların hakları korunur, garantilerle güvence altına alınır. Mevcut durumda eğer finansal kurumlara, onları korumak için sağlam bir uluslararası yasal çerçeve olsaydı, onlar da borç verme konusunda daha emin olabilirlerdi. Bir de Sigorta gereklidir ve sigorta primleri çok pahalıdır. Dolayısıyla, toplam geliştirme ve fırlatma maliyeti genellikle milyonlarca dolardır (Santos, 2003, s. 1).

Gelişmekte olan ülkelerde birçok bireyin, kurumun veya hükümetlerin iş birliği yapması sorumluluğun hafiflemesine yol açarak maliyetleri azaltır, finansman yetersizliğini kapatır. Bu yüzden ülkelerin birbirini teşvik ederek, Lüksemburg ve Japonya gibi, anlaşmalar yapması da finansman çekme için uygulanabilir mekanizma yaratabilir.

Mevcut durumda uzay sektöründe yatırımcılara güvence olarak varlığa dayalı finansmana sağlanan yarar, borçlunun alacaklıya olan borcunu ödeyememesi durumunda, varlığın kendisinin veya varlığın getirilerinin alacaklının mülkiyeti ve/veya kontrolü altına girebilmesidir. Uzay Protokolü, önceki bölümde anlatıldığı gibi, varlığa dayalı finansmanın denenmiş ve test edilmiş mekanizmasına dayalı olarak uzay varlıklarındaki işlemler için sözde istikrarlı ve güvenli bir yasal ortam sağlamakta (Hameed, 2019). Daha açık bir ifadeyle, önce Cape Town Konvansiyonu, alacaklıya üç farklı temerrüt çözümü (default remedy) sağlamıştır:

- 1) Ona verilen herhangi nesneye sahip olmak veya kontrolüne üstlenmek
- 2) Bu tür herhangi bir nesneyi satma veya kiraya verme hakkını tanımak
- 3) Bu tür herhangi bir nesnenin yönetiminden veya kullanımından kaynaklanan herhangi bir geliri veya karı toplamak veya almak.

Daha sonra Uzay Protokolü bu çözümleri değiştirmiş ve iki alternatif daha eklemiştir:

1) Alacaklıya belirli bir süre içinde uzay varlığına sahip olma veya kontrol etme hakkı verilebilir ve borçlu yükümlülüğünü yerine getirene kadar bu haklara sahip olaya devam ettirebilir.

veya

(2) Birincil iflas mahkemesi, geçerli ulusal yasalara uygun olarak alacaklıya uygun çözümleri hakkında karar alabilir.

Çözümlerdeki bu değişiklik, diğer değerli mobil ekipmanların ötesine geçen uzay varlıklarının doğasını, uzayda yörüngede dönen varlıkların fiziksel nitelikleri gibi ve BM Uzay Antlaşmaları kapsamındaki devletlerin hak ve yükümlölükleri ile etkileşimini yansıtır (Cahan & vd, 2015, s. 12).

Ekonomide her sektörün gelişmesinin farklı önem dereceleri vardır. Bazı sektörler zorunluluktan, ihtiyaçtan ya da stratejik olduğundan önceliklidir. Çeşitli sebepler dikkate alınarak gelişim göstermesi adına hükümetler tarafından bu öncelikli sektörlerle teşvikler sağlanır. Teknoloji, yazılım, sağlık ve biyoteknoloji gibi sektörlerin yatırımlarına uygulanan teşvikler bu kategoriye örnektir (Dağ & Çelik, 2018, s. 11). Devletler ortak yatırım fonları oluşturmak için mali kaynaklar edinmeye çalışır, belli bir orana kadar garanti verme ile banka kredisi kolaylığı sağlama gibi birçok teşviklerde bulunurlar (Çerçi, 2014, s. 165). Günümüzde yaygın olarak uygulanan yatırım teşvik politikaları, vergi indirimi, vergi muafiyeti ve yatırım indirimini içeren mali teşvikler, kredi olanakları sağlayan finansal teşvikler, az gelişmiş bölgelere yönelik özel yatırım teşvikleri ve ayrıcalıklı sektörlerle yönelik teşvikler şeklindedir (Dağ & Çelik, 2018, s. 11). Söz konusu teşvikler üç kategoride toplanır:

Mali Teşvikler:

- İthalat/gümrük vergilerinde muaflık;
- Yabancı çalışanlar için vergi indirimi;
- İşgücü maliyetlerine ilişkin maliyetler: sosyal güvenlik primlerinin kısmen devlet tarafından yüklenilmesi, çalışanların gelirlerine uygulanacak vergi indirimleri.

Finansal teşvikler:

- Yatırım projelerinin sermaye, üretim ya da pazarlama maliyetlerinin karşılanması için uygulanan doğrudan sübvansiyonlar;
- Kredi ve kredi teminatı destekleri;
- Döviz kuru istikrarsızlığı ve devalüasyon gibi risklerin karşılanmasına yönelik devlet sigortası ve risk sermayesi ortaklığı

Diğer Teşvikler:

Yukarıda açıklanan iki grup teşvik içinde yer almayan diğer önemli teşvik türleri:

- Hizmet destekleri: elektrik, su, iletişim ve taşıma hizmetlerinin ticari fiyatın altında bir maliyetle yatırımcıya sunulması; piyasa, hammadde ve gerekli altyapının mevcudiyetinin araştırılması
- Döviz kuru ayrıcalıkları

Uzay madenciliği sektörünün kapsamı çok geniş olacağından, kendinde yeşil ekonomiyle teknolojiyi barındıracağından, sektörün gelişmesi adına yatırım getiri oranını yükseltmek, yatırım maliyeti ve risklerini azaltmak için devletlerin bu tarz teşvikleri uygulamaları şarttır.

Başka da yatırımcıları çekmek için önemli rol oynayan faktörler: ülkelerin siyasi ve makroekonomik istikrarı, piyasa erişimi ve uzun dönem büyüme potansiyeli, kalifiye işgücü ve gerekli altyapının mevcudiyetidir. Bunlar Kaymak’a (2005, s. 18) göre mali ya da finansal teşviklerden daha önce gelen “temel unsurlardır”. Ayrıca, yatırımcıları ikna etmeye yönelik tanıtım, rehberlik hizmetlerini içeren yatırım teşvik programları, yetkili makamlar arasında iletişim kurmak, danışmanlık yapmak için yatırım teşvik ajansları da vardır

Uzay madenciliğinde gerekli uluslararası yasal çerçevelerin yetersizliği ABD, Lüksemburg, UK gibi bazı devletlerin kendi ulusal yasalarını çıkarmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla uluslararası yasalara bağımlı kalmaktansa devletler yatırımcılarını desteklemek için kendi ulusal yasalarını da oluşturabilirler. Mevcut protokol yatırımcıya uzay aracının mülkiyetini tanısa da herhangi bir sorun çıktığında o uzay aracını uzaydan geri getirmek maliyetli/yenisini üretmek daha karlı

olduğundan, soruna çözüm olarak başka alternatifleri sağlamakta çok eksik kalmıştır. Bir de uygulamada, Uzay Protokol'ün mevcut metni, birden fazla alacaklının bulunduğu durumlardaki sahiplenme için yasal bir mekanizma da sağlamamaktadır. Sonuç olarak, Unidroit Uzay Çalışma Grubunun üyeleri COPUOS Yasal Alt Komitesindeki tartışmaları takip etmekte ve Protokol metnini güncellemektedir. Bu konuda, uzay varlığı olmayan ülkeler bile tartışmaya katılmalı ve BM uzay anlaşmalarında gerekli reformları desteklemelidirler (Santos, 2003, s. 3).

3.3.2.2. Özel Sektör Katılımcıların Roller

Ticari uzay madenciliğine ilginin artarak özel şirketlerin uzaya katılımı, yeni karşılaşılan bir durum değildir, aynı zamanda uzun bir süre devam eden gerçektir. Örneğin, NASA Satürn-V roketini yapmadı, Boeing yapmıştır. Aynı şekilde, özel şirketler onlarca yıldır uyduları inşa etmekte, fırlatmakta ve işletmekte ve söz gelimi NASA, Avrupa Uzay Ajansı ve diğer hükümet/askeri uzay programlarına araç, bileşen vb. temin etmektedir. Bununla birlikte, yatırımcıların bu değişime/geçişe katılmaları hala bazı tartışılmakta olan nedenlerden dolayı o kadar kolay olmamıştır. Günümüzde en tanınmış şirketler SpaceX, Blue Origin, Boeing, Virgin Galactic olmakla beraber başka da bir dizi özel şirket (yüzü aşmış) uzay alanına ilgi duymuş, girişim yapmış bulunmaktadır. PayPal ve TeslaMotors sahibi ElonMusk tarafından kurulan SpaceX, uzay roketini ve kargo aracını inşa eden ve Uluslararası Uzay İstasyonuna yük gönderen ilk özel şirket olmuştur. SpaceX, insanları taşıyabilecek uzay araçları (NASA ile iş birliği içinde) üzerine çalışmaya başladığını ve şirket on yılın sonundan önce Mars'a bir misyon göndermekten bahsetmiştir (Simpson, 2019).

2016'da yaklaşık 3 milyar dolar ve son beş yılda yaklaşık 8 milyar dolar yatırım yaparak farklı motivasyonlara sahip üç tür yatırımcı: savunucu, stratejik ve girişimci yatırımcıları yeni ticari uzay manzarasını şekillendirmektedir:

Elon Musk, Richard Branson ve Jeff Bezos gibi milyarder savunucu yatırımcılar, ticari uzayı tanıtmak ve teşvik etmek için marka güçlerini ve sermayelerini kullanmaktadır. Bu yatırımcılar, yeryüzü hayatını değiştirecek bir insan deneyimi yaratma arzusuyla motive edilmekte, büyük ölçüde uzaya erişimi kolaylaştırmaya ve insani uzay yolculuğu için fırsatlar yaratmaya odaklanmış bulunmaktadır.

Kurumsal stratejik yatırımcılar, yıkıcı piyasa dinamikleri üzerine platform avantajları (müşteri, tedarikçi veya ortakla ilişki kurma), marka uyumu ve kontrol dahil olmak üzere finansal getiri ve diğer faydaların kombinasyonuna yatırım yaparlar.

Finansal çıkara odaklı girişim/risk yatırımcıları en iyi getiriye ararlar ve nispeten yüksek düzeyli riskleri kabul etmeye isteklidirler. Uzay odaklı girişim yatırımcıları, potansiyel olarak kârlı yeni pazarlara (veri analitiğine dayalı) ilgi duyarlar. Uzay sektöründe risk yatırımcıları, daha yüksek başarısızlık ihtimalini kabul ederek düşük maliyete olanak sağlayan düşük maliyetli uydular, fırlatma araçları, hazır ticari bileşenler, sağlam mimariler dahil olmak üzere gelişmiş maliyet yapıları ile birlikte potansiyel olarak kazançlı yeni uzay pazarlarından etkilenmiştir. Onların tipik yatırımları milyonlarca veya on milyonlarca dolardır, ancak bazıları çok daha büyük yatırımlar da yapmıştır (Bockel, 2018, s. 3). Son on yılda 509 şirketin bütçesine 24,6 milyar dolarlık özel sermaye girerek yatırımları arttırmıştır (Sheetz, 2019). Uzay şirketlerine yatırımlar hızla ilerlemeye devam ederken New York merkezli yatırım şirketi, sadece Space Angels'in son on yılda 435 uzay şirketine sağladığı yatırım, 20 milyar dolardan daha fazla olmuştur. Ayrıca, Space Angels'in son üç aylık raporuna göre bu yılın ilk dokuz ayı 5 milyar dolarlık özel yatırım gördüğü için 2019, yeni bir, yıllık uzay yatırımı rekoru kırmıştır (Sheetz, 2019). Dolayısıyla, "melek finansörler", dijital ve yeşil ekonominin gelişmesi ve büyümesinde kritik rol oynamaktadır. Risk alan bu yatırım şirketleri, iyi fikirlere ve yetenekli mühendislerle sahip yeni girişimlere milyarlarca dolar aktarmış ancak bu fikirleri hayata geçirmelerine yardımcı olmak için çok az sermaye sağlamışlardır (Bockel, 2018, s. 3). Türkiye'nin ilk ticari melek yatırımcı ağı, LabX Melek Yatırımcı Ağı, LabX tarafından 2006 yılında kurulmuştur. Merkezi New York'ta olan Endeavor, Arjantin, Şili Brezilya, Uruguay, Meksika, Kolombiya ve Güney Afrika'dan sonra, 2006 yılında Türkiye'de faaliyetlerine başlamıştır. Hali hazırda 85 kişilik bir melek yatırım gücüne sahip olan LabX Melek Yatırımcı Ağı, bugüne kadar 6 tane iş fikrini gerçekleştirmiştir (labX, 2012) (Bayar, 2012, s. 10). Yatırım konusunda, mümkünse ulusal çapta kuruluşlarla hem ülkenin hem kamunun sosyo-ekonomik refahı adına Türkiye'deki risk sermayesi ve melek finansmanının hacmi artırılmaya çalışılmalıdır.

Endüstri diğer çeşitli sektörlerle yayıldıkça uzay şirketlerini kategorize etmenin birkaç yolu vardır. Bu doğrultuda yatırımcı fırsatları dört kategoriye ayrılmıştır: İnsan uzay uçuşu, Ulusal güvenlik, Uydu iletişimi ve Görüntü ve veri analizi.

Giderek artan sayıda uydu şirketi Nesnelerin İnternetini/IoT, iletişim hizmetlerini sunmak istediğini belirtmiştir, mesela, ORBCOMM (amerikan şirketi) kendisini bu nişin önde gelen sağlayıcılarından biri olarak pazarlamakta; az bilinen ancak yer istasyonlarının önemli sağlayıcısı, Gilat Satellite Networks ise, İsrail merkezli olmasına rağmen, Nasdaq'tan faydalanmakta ve taşınabilir ve nispeten küçük antenlerin üretimi ve hizmetlerine odaklanmaktadır (Sheetz, 2019). Daha küçük, daha ucuz uydular ve yeniden kullanılabilir fırlatma araçları gibi özellikle düşük maliyetli uzay altyapısı potansiyeline odakla ticari uzay faaliyetlerine yatırım son yıllarda artmış; insani uzay uçuşu, platformlar, uzay-içi üretim, madencilik ve kaynak kullanımı gibi daha az olgun/daha spekülative pazarlarındaki girişimler yatırımlarını yeni yeni çekmektedir. Yakın gelecekte bu pazarların iş potansiyeli tahmin edilemeyip gereken sermaye harcaması da yüksektir; genel olarak, bu pazarların, makul yakın vadeli sonuçları hedefleyen ekonomik büyüme politikasının temel bir parçası olarak büyük bağlılık çekmek için çok erken bir aşamada olması muhtemeldir (Bryce Space and Technology, LLC, 2017, s. 5).

3.3.3. Yatırım Risklerini Azaltan Etkenler

Uzay faaliyetleri ve özellikle Uzay Madenciliği üzerine finansal yatırımların elde edilmesi bazı etkenlerin ortaya çıkması ya da uygulanmasıyla gerçekleşebilecektir. Uzay bilimcileri birçok çalışmada bu etkenlerin ulusal ve uluslararası uzay bankaları, ulusal ticari güvenceler olduğunu; bazıları da dijital devrim ve minutarizasyon, tasarımların gelişmesi ve standartlaştırma gibi üretimde gelişmişliğin ilerlemesi olduğunu; bazıları da yatırımcıları ikna edici gerçekçi hesaplamaların sağlanması olduğunu öne sürmektedir (sonraki bölümlerde geniş bir şekilde açıklanmıştır).

3.3.3.1. Uzay yatırımı neden riskli?

Uzay maliyetlerinin yüksek olmasının, sektörün yatırımları cezbedememesinin asıl nedeni uzay faaliyetlerinin yüksek riskler içermesidir. Söz konusu, uzay nesnesi fırlatıldığında, titreşim ve şiddetli fırlatma koşullarından kaynaklı hasar meydana geldiğinde, yörüngeye yerleştiğinde, roket veya bütünleşik bilgisayar çalışmadığında,

nesnenin uzaktan tamir edilememesi ve kontrolün sağlanamaması durumunda vs. riskler vardır (Santos, 2003, s. 1). Nesnenin uzaydan geri getirilmesi çok maliyetli olduğundan başka birini üretmek daha makul olacaktır. Teknik risklerin yanı sıra, hükümetlerin veya şirketlerin temerrüde düşme riski de vardır. Uydunun transponderinin bir taraf, yükünün ikinci bir taraf ve kızılötesi kamerasının da üçüncü bir tarafından finanse edildiğini varsayalım. Borçlu taahhüdünü yerine getiremedi ve transponderin alacaklısı üçüncü bir tarafa satmak için uyduyu ele geçirmek istiyor. Bu durumda alacaklıya mülkiyet hakkının tanınması, diğer alacaklıların da haklarını ihlal etmeyecek şekilde olmalıdır. Uzay Protokolü her ne kadar alacaklıya bu hakkı tanısa da bu gibi çoklu alacaklıların olduğu durumlara çözüm getirememiştir (Santos, 2003, s. 2).

İnsan medeniyetinin sürekli değişimiyle yakın gelecekte uzay madenciliğinin ekonomik ve teknik koşullarının bir sonraki aşama olarak ortaya çıkacağı açıktır. Rezervlerin tükenmesi nedeniyle maden kaynaklarının üretim maliyetleri artmaya devam ettikçe, sonunda, kaynakların Dünya üzerindeki ekonomik veya fiziksel tükenmesinin gerçekleştiği veya bu tür kaynakların Dünya üzerinde sürekli olarak kullanılmasıyla çevresel sorunlara yol açmasından kaynaklı istenmeyen hale geldiği bir nokta olacaktır. Bu meydana geldiğinde, gök cisimlerinden kaynak çıkarmada yaşanan zorlukların üstesinden gelmek için elimizde yeterli gelişmiş teknolojiler olmuş olacaktır. Ancak uzay aracı tasarımındaki ve Güneş Sistemi keşiflerindeki teknolojik ilerlemeler giderek artmaya devam ederken, ilgili yasal yapıların gelişimi aynı hızı yakalayamamıştır.

Madencilik girişimden elde edilecek getirilerin yeterliliğini anlamak için risk derecesi dikkate alınmalıdır. Uzayın madencilik girişimleri ile genel ve spesifik olarak ilişkili olabilecek en az dört geniş risk kategorisi vardır:

- 1) Teknik riskler – girişimde teknolojinin, özellikle de denenmemiş teknolojinin uygulanmasından doğan riskler;
- 2) Gök cisminin fiziksel, jeolojik ve mineralojik doğası ve özellikleri üzerindeki bilimsel ve fiziksel belirsizlikleriyle ilişkili - fiziksel riskler;
- 3) Girişim ile elde edilecek kaynakların ekonomik ve piyasa koşullarıyla ilişkili - ekonomik riskler;

4) Girişimin finansal yatırımları başarılı bir şekilde elde edebilmesi ve minimum hükümet müdahalesiyle çalışabilmesi için üstesinden gelinmesi gereken siyasi, yasal ve düzenleyici engellerle ilişkili - politik ve yasal riskler.

Teknik riskler

Geleneksel olarak, teknik riskler herhangi bir uzay misyonu için en büyük ve en temel meseledir, çünkü uzayda denenmemiş teknolojik uygulamaları, fırlatma, yörünge operasyonları, iniş veya dönüş sırasında meydana gelip gelmediğine bakılmaksızın önemli bir başarısızlık riski barındırır. Mevcut kanıtlanmış teknolojilerle ilişkili riskler en aza indirilebilirken, Ay ve asteroitlerin yüzeyinde yeni teknolojilerin kullanımı denenmemişse bilgisayar simülasyonları ve ölçekli modeller bu tür teknik riskleri sadece kısmen en aza indirebilecektir. Uzayda gök cisimlerinin maden girişi ile özel olarak ilişkili çeşitli teknik riskler şunlardır:

- 1) Dünya yüzeyinden uzaya fırlatma sırasında başarısızlık;
- 2) Robotik madencilik ekipmanının düşük Dünya yörüngesinden gök cismi yörüngesine transferi sırasındaki başarısızlık;
- 3) Gök cismine iniş ve operasyonlar sırasında çarpışma ve diğer kazalar;
- 4) Uzay araçlarının Dünya yörüngesi etrafında veya gök cismi yörüngesi etrafında iken sistem hatası;
- 5) Gök cisim yüzeyinden dönen uzay aracına düşük Dünya yörüngesine dönmek için konteyner fırlatmada başarısızlık
- 6) Gök cismi yüzeyinde çıkarma ve işleme mekanizmalarında sistem arızası;
- 7) Dış uzay boyunca ve gök cisminin yüzeyinde transit sırasında elektrik kesintileri (Lee, 2012, s. 88).

Fiziksel Riskler

Dünyadaki potansiyel maden sahalarının çoğunda yürütülen önemli araştırma ve inceleme faaliyetlerine rağmen, karasal maden operasyonlarının mineralojik ve

jeolojik özellikleri hakkında belirsiz bilgilerle ilgili önemli riskleri vardır. Madencilik sahalarındaki maden konsantrasyonları, maden nitelikleri ve jeolojik koşullara ilişkin kesin bilgi eksikliği, Dünya'daki madencilik faaliyetlerini planlarken ve finanse ederken göz önünde bulundurulması gereken risk faktörleridir. Bu riskler, kutup bölgeleri ve derin deniz yatağı gibi uzak bölgelerde gerçekleşen madencilik faaliyetlerinde önemli ölçüde artar. Uzay madenciliğinde, gök cisminin fiziksel özelliklerine ilişkin bu tür belirsizlikler ile ilişkili riskler daha da artar. Bu riskler şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Mineral bileşimler ve konsantrasyonlar üzerindeki belirsizlik, çünkü gök cisminden gerçek örneklerin toplanması ve analizi olmadan, bu tür kanıtlar teorik, spekülatif veya koşullara bağlı olarak kalmaya devam eder
- 2) Madencilik ekipmanı için uygun ve/veya mevcut işletme sahalarının bulunmaması;
- 3) Madencilik ekipmanının tasarımı ve çalışmasını, mevcut güneş enerjisi miktarını etkileyebilecek boyut, şekil, jeolojik dönme oranı, spin durumu, oryantasyon ve açısal momentum gibi gök cisminin mekanik özellikleri; ve
- 4) Gök cismi ve/veya kullanılacak yörüngelerin fiziksel özellikleri ve yörünge mekaniği dikkate alınarak yapılan hatalar ve / veya yanlış hesaplamalar

Gök cisminin yanından geçen ve yörüngesinde dönen misyonlarından haritalama görüntüleri ve verileri sağlamak, gök cisimlerine inen misyonları sayesinde jeolojik ve mineralojik örnekler elde etmek ile bu fiziksel riskler, ayrıntılı planlama ve hedeflenen gök cisimlerine yönelik keşif görevleri ile en aza indirilebilir (Lee, 2012, s. 89).

Ekonomik Riskler

Yeryüzünde maden araştırılması, incelenmesi ve geliştirilmesi, genellikle maden girişiminin maden kiralaması veya sahaya yetki elde etmesi ile mineral kaynaklarının üretimi arasında birkaç yıl sürer. Örneğin, Endonezya'nın Sumbawa adasındaki Batu Hijau bakır ve altın yatağı 1990 yılında keşfedilmiş, fakat, ancak 2000 yılında madenin ticari faaliyeti başlatılmıştır. Elmas gibi değerli minerallerin, 1991'de Kanada'nın kuzeybatısındaki EKATI Elmas Madeninin uzağında ilk keşfedilmesi de aynı

şekildeydi. Elmasın madenciliği ancak Eylül 1998'den sonra gerçekleşmiştir. Karasal projelere göre, uzay madenciliği girişiminde, araştırma misyonları ve yatırım fonlarının taahhüdü arasındaki süre ve işlenen madenlerin düşük Dünya yörüngesine veya Dünya yüzeyine teslim edilmesi arasındaki süre daha da uzundur. Örneğin, Gertsch ve Gertsch, platin grubu metaller için maliyeti yaklaşık 5 milyar ABD Doları civarında ve tamamlanması 12 yıl sürebilecek yakın Dünya asteroidinden kaynak çıkarmak için ticari operasyonun analizini üstlenmiştir. Bu bağlamda, emtia fiyatlarının ve taleplerinin, kaynakların keşif döneminden fiili üretimine ve teslimine kadarki sürede, önemli ölçüde düşme riskini hesaba katmak ta önemlidir. Bu durum, Dünya üzerinde önemli miktarda maden yatağının bulunması, geri dönüşüm ve maden işleme teknolojilerindeki yenilik ve iyileştirmeler, alternatif ikame ürünlerin geliştirilmesi veya bazı ikincil ürünlere olan talebin azalması gibi çeşitli faktörlerin sonucu olabilir. Bununla birlikte, bu tür ekonomik faktörler, yatırımdan elde edilen getirileri önemli ölçüde azaltabilse de ancak çoğu teknik ve fiziksel faktörün aksine, yatırımdan elde edilen getirileri tamamen yok etmeyeceği de görülmüştür. Hartley ve Medlock, Dünya yüzeyinde bu tür üretim operasyonlarının kurulmasıyla ilgili sosyal ve politik risk faktörlerini şu şekilde tanımlamışlardır:

- 1) Devletin ilan edilen programını yürütme ve görevde kalma yeteneğinin bir ölçüsü olan hükümet istikrarı;
- 2) Devletin önemli dış yatırımlara karşı tutumunun bir ölçüsü olan yatırımlara açıklılığı;
- 3) İç çatışma ve gerginlikler, silahlı muhalif grupların varlığı ve faaliyetleri ile yerli etnik, kültürel ve dini gerilim ve çatışmaların düzeyi;
- 4) Yolsuzluk;
- 5) Hukukun üstünlüğü;
- 6) Bürokratik ve hükümet düzenlemeleri.

Yukarıda belirtilen risk faktörlerine ek olarak, devletlerin uluslararası ve diplomatik ilişkilerinin durumu ve niteliği de dikkate alınmaktadır. Yukarıda listelenen risk faktörlerinin, uzayın madencilik girişiminde genel anlamda geçerli olmadığı açıktır, fakat madencilik girişiminin kurumsal ve finansal yapısı açısından en azından çevresel

olarak dikkate alınmaları gerekebilir. Ancak, yasal risklerin mevcudiyeti uzayın madencilik girişimlerinin önünde en kritik olası engel olarak görülmektedir (Lee, 2012, s. 27).

Uzay faaliyetlerinin artan özelleştirilmesi ve ticarileştirilmesi ile birlikte, uzay endüstrisinin gelişimi büyük yatırımlar gerektirmekte ve hükümet yatırımları dışında, günümüzde giderek daha fazla uzay ekipmanı bankalar, yatırım şirketleri, sigorta şirketleri ve diğer finansal kurumlar gibi özel kuruluşlar tarafından finanse edilmektedir. Uzay endüstrisinde devam eden bu gelişmeler, özel sektör finansörleri için daha fazla finansal risk oluşturmaktadır. Alacaklıların, yani finansörlerin geri ödeme olasılığı öncekinden daha düşüktür, çünkü yatırım riskleri artık devletler veya hükümetler tarafından üstlenilmemektedir. Bu nedenle, özellikle varlığa dayalı finansmanlar için yapılan bu yatırım faaliyetlerinin yasalar çerçevesinde korunması ve istikrara kavuşturulması gerekmektedir (Zheng, 2018).

Uzay araştırmaları uzun zamandır hükümetlerin alanı olduğu iddia edilmiştir. Uzay araştırmaları sadece büyük bir fiyat etiketi taşımakla, şirketlere olumsuzluk yaratan belirsiz ekonomik getiriler sağlamakla kalmaz, ancak birçok uzman ve gözlemciler, onların saf bilimi itibarsızlaştırdığını ve/veya yerdeki mahkeme salonlarında hüküm vermekte zor olacağı sınırsız arazi kapmaları gibi sorunlara yol açacağı konusunda endişe etmektedirler (Simpson, 2019).

Yasal Riskler

Madencilik faaliyetlerinin gök cisimleri üzerindeki fizibilitesini tam olarak değerlendirmek için, madencilik operasyonunun arama, çıkarma ve kullanma bölümleri için geçerli olan yasal konular hakkında ayrıntılı bir çalışma yürütmek gerekli olacaktır. Bu yasal risk faktörleri şunları içerir:

- 1) Madencilik işletmesi için münhasır mülkiyet haklarının sağlanmasını;
- 2) Gök cisimlerinden kaynakları çıkarma ve kullanma hakkını;
- 3) Gerekli tüm hükümet ve uluslararası onayların, lisansların ve izinlerin başarılı bir şekilde elde edilmesini;
- 4) Potansiyel sözleşme yükümlülüklerini;
- 5) Üçüncü taraflara karşı potansiyel sorumluluğu.

Bu risk faktörlerinin kapsamlı analizi ve bu risk faktörlerini ele almak için yapılan herhangi bir yasal reform, uzaydaki gök cisimleri üzerindeki madencilik operasyonları için takriben riskin değerini hesaplayabilecektir (Lee, 2012, s. 92).

Finans kurumları uzay girişimlerinin yüksek risklerini üstlenmeyi kabul etmekte zorlanmaktadır. Şu anda olası riskleri ve çözümleri barındıran yasa olmadığından maliyetler çok yüksek olmaya devam etmektedir bu nedenle yukarda bahsedilen tüm riskler finansal işlemlerde dikkate alınmalıdır (Santos, 2003, s. 1). Apollo Programının tamamı 1961 ile 1972 arasında 25 milyar ABD dolarına mal olmuştur (2005 değerleriyle 121,6 milyar ABD doları). Böyle bir ölçekte özel yatırım, ancak gök cisimleri üzerinde mineral kaynakları araştırma, çıkarma ve kullanma haklarında önemli bir kesinlik ile mümkün olabilecektir. Bu bağlamda, uzayın madencilik faaliyetlerine özgü yasal konuları göz önünde bulundurmadan önce, baskın yasal sorunların, uzay sektörünün ticarileştirilmesini etkileyen mevcut uzay hukukunun ilkelerinden analiz edilmesi önemlidir (Lee, 2012, s. 96).

Sonuç olarak, zaman içinde teknolojiler, sevk sistemleri, enerji üretimi ve robotik, önemli maliyet tasarrufu sağlamanın yanı sıra teknik riskleri de azaltacaktır. Gözlem tekniklerinin iyileştirilmesiyle birlikte, bilimsel keşif ve gök cisimlerinin çalışmaları, fiziksel risklerin etkilerini azaltacaktır. Madencilik faaliyetlerinin çevresel etkisi üzerine artan endişe ile birlikte, gelişmekte olan ekonomilerde kaynakların git gide kıtlığı ve artan talebi, her durumda karasal madencilik projelerinde bulunan ekonomik riskleri azaltacaktır. Siyasi riskler bile zaman içinde ampirik olarak toplanan yerel ve bölgesel koşulların örnek olay incelemeleri ile kontrol edilebilecektir. Diğer taraftan, zamanın, ticari uzay madenciliği girişimleriyle ilgili yasal riskler üzerinde ihmal edilebilir etkileri olacaktır. Mülkiyet hakları ve gök cisimlerinden çıkarılan kaynaklar gibi madencilik faaliyetlerine ilişkin konular, başlıklar vs. akademik ortamlarda tartışmaya konu olmasına rağmen (uzay yetenekli ülkelerde), hükümetler ve kurumlar arasında yüksek öncelikli tartışma konuları olamamıştır. Benzer şekilde, anlaşmalı taraflar ve üçüncü taraflar arasındaki potansiyel yükümlülükler ve hükümet onaylarına duyulan ihtiyaç zamana bakılmaksızın devam edecektir. Uzay ve gök cisimleriyle ilgili uluslararası ve yerel hukukun kapsamında yapılan değişiklikler yoluyla yasal risklerin bazıları azaltılacak, en aza indirilecek veya ortadan kaldırılacaktır (Lee, 2012, s. 92).

Uyduları finanse etme gibi proje finansmanı mutlaka projenin operasyonlar yoluyla gelir elde etme ve yeterli teminatlar, sigorta ve teminat taahhütleri vasıtasıyla riskleri karşılama kapasitesini garanti etmeye odaklanır. Proje finansmanı uzay ekonomisini finanse etmenin bir yolu olabilir, ancak yine de bir uzay ekonomisi portföyüne yatırım yapmanın amacı veya etkili görünümünden yoksundur. Uzay varlığına teminat olarak borç vermenin temeli karmaşık ve belirsiz olduğundan, uzay için finansman şu anda büyük ölçüde krediye dayalı ve varlığa dayalı finansman karışımından ziyade borçlunun kredi güvenilirliğine (kredibilitesine) bağlıdır. Bu durum, küresel olarak yeni kurulan (startup) şirketleri ve geçmiş performansı veya güvenilir garantörü olmayan gelişmekte olan ülkelerdeki kurumlar için zorluk yaratmakta. Onlar çalışmanın ilk aşamalarında başlangıçta akademik veya bilimsel araştırma ve geliştirme için devlet hibeleri alabilecek, ancak özel sektörde ticari proje ve operasyon finansmanı sağlanması zor olacaktır (Cahan & vd, 2015, s. 11).

Kredi sağlayıcılar, sözleşmenin ihlali durumunda varlıkların geri kazanılmasını ve para cezalarının ödenmesini sağlamak için garantilerle kuşatılmak istemektedirler. Mevcut Uzay Protokolü birçok işlevlerde yetersiz kalmıştır. Bu bağlamda, tüm risklerin finansal işlemlerde dikkate alınması, yatırım faaliyetlerinin yasal çerçevelerle korunması ve istikrara kavuşturulması gerekmektedir. Sektöre en iyi şekilde yatırımın nasıl sağlandığını belirlemek zordur, bunu yapmak tarafların gelecekteki menfaatlerinin ve risklerinin yeterince öngörülebilir olmasını gerektirir. Menfaatler ve riskler özünde öngörülmezdir (şu an için) (Lickfold & Jetter , 2018, s. 3).

3.3.3.2. Ulusal veya Uluslararası Uzay Bankası

Yeni firmalar için ana fon kaynakları genellikle aile çevrelerinden yatırımlar, banka kredileri, öz sermaye (iş melekleri ve risk sermayedarı dahil) ve devlet desteğiyle kurucunun kendi fonlarıdır. Nispeten yeni bir özel sermaye kaynağı, yazılım geliştirme, yapay zeka, artırılmış gerçeklik (augmented reality), sensörler ve özellikle otonom araçlar üzerine odaklanan vs. gibi yeni şirketlere yatırım yapmak için son beş yılda kendi girişim sermayesi fonlarını kuran büyük havacılık ve savunma firmalarından geliyor. En aktif katılımcılardan bazıları, örneğin HorizonX Ventures (Boeing'in), Lockheed Martin Ventures, Airbus Ventures, Thales Corporate Ventures ve Dassault System Venture Fund. Eğer hedef, farklı teknoloji düzeylerinde Ar-Ge

desteğinin ötesine geçiyorsa ve inovasyonu ve iş geliştirmeyi teşvik etmeyi amaçlıyorsa, diğer finansman araçları da önemlidir. Krediler, kredi garantileri, tohum hibeleri ve benzeri araçlar, yenilik yoluyla yeni istihdam ve ekonomik büyümenin önemli kaynakları olan küçük ve genç işletmeler için hayati önem taşıyabilir. Krediler ulusal inovasyon ajansları ve kalkınma bankaları tarafından sağlanabilir, ancak aynı zamanda yerel ve bölgesel otoriteler veya uluslararası kuruluşlar (ör: Avrupa bölgesel fonları) tarafından da sağlanır. Bu kurumların başka finansman çözümleri de sağlayabilecekleri dikkat çekmekte. Son yıllarda, risk sermayesi ve kalabalık finansmanı gibi yenilikçi finansman araçları daha yaygın hale gelmiştir (OECD, 2019, s. 28).

RickyJ.'ye göre, yeni düzenleyici çerçevenin uygulanmasının potansiyel olarak tartışmalı yönlerinden biri, Ortak Miras Fonu'nun (Common Heritage Fund) kontrolü ve yönetimi olacaktır. Yetkililer veya yetkililerin bir parçası tarafından bu tür yönetim işlevlerini ayrı ayrı yerine getirmek yerine, mevcut uluslararası kurumlardan yararlanmak, Ortak Miras Fonu'nun Uluslararası Para Fonu (IMF) tarafından ortaklaşa yönetilmesi ve kontrol edilmesi daha uygun olabilecektir. Katkıların Dünya Bankası tarafından yönetilecek olan Ortak Miras Fonu gibi bir fona ödenmesi önerisi yeni değildir. Bununla birlikte, Ortak Miras Fonu'ndaki fonların bir kısmı gelişmekte olan Devletlere kendi kullanımları için veya dış uzayın keşfi ve kullanımında yardımcı olmak için dağıtılabilsede bu ödemeleri Ortak Miras Fonu kullanımının küçük bir kısmı ile sınırlamak ihtiyatlı olabilir. Bunun yerine, spesifik olarak ülke borcunun finanse edilmesiyle altyapı, sağlık ve eğitim projeleri için finansman sağlanması ve ödeme dengesi sorunlarının düzeltilmesi için Ortak Miras Fonu'nun çoğunluğunun gelişmekte olan Devletlere yardımcı olmak için Dünya Bankası ve IMF tarafından birlikte yönetilmesi gerekmektedir. Dünyanın mineral kaynakları nihayetinde madencilik faaliyetleri ile tükenirse, gelişmekte olan Devletlerin, özellikle de en fakir ve aralarında en az gelişmiş olanların felsefi ve ekonomik itirazları olabilecektir. Bu sanayileşmiş devletlerin gök cisimlerin mineral kaynaklarını, Sanayi Devrimi'nden bu yana Dünya kaynaklarına yaptıkları gibi, endüstriyel ihtiyaçlarını gidermek için tüketme girişimi olarak görülecektir. Bu kaynaklar insanlığın ortak mirasından alınacağı için, bu tür madencilik faaliyetlerinin, hayatta kalmaları ve temel ekonomik gelişmelerini sağlamak adına dünyanın en fakir ve en az gelişmiş ülkelerinin ana kaynaklarının temel arzını temin etmesini için güçlü bir tartışmaya yol açabilir. Bu

gibi temel tedarik yükümlülükleri, bir önceki yüzyılın sonlarına doğru şirketleşmeden önceki Uluslararası Telekomünikasyon Uydu Organizasyonu (INTELSAT) ve Uluslararası Denizcilik Uydu Organizasyonu'ndaki (INMARSAT) mevcut evrensel hizmet yükümlülükleriyle karşılaştırılabilir. Öte yandan gelişmekte olan Devletler, sanayileşmiş Devletlerin uzayın kullanımından elde edilecek kârlarını geliştirmekte olan Devletlerle eşit bir şekilde paylaşmaları gerektiğine inanmaktalar. Bunun nedeni, sanayileşmiş Devletlerin, insanlığın ortak mirasındaki kaynakları sömürerek, geliştirmekte olan Devletleri, hak sahibi oldukları kaynaklardan mahrum bırakmalarıdır (Lee, 2012, s. 290).

Bu uluslararası kuruluşların yanı sıra, ulusal/deneysel uzay bankasının uzayın ticari ve bilimsel keşfi için ayrılmaz bir bileşen olarak finans tasarımı ve mühendisliğini keşfetmek için bir platform sağlayabileceği düşünülmektedir. Bir uzay bankası aracılığıyla, Uzay Varlıklarının yeni biçimleri, hizmet ettikleri yaşam kalitesi unsurları (QoL-quality of life) için risk altında olan işlevsel değerler (f-VaR – functional values at risk) ve daha çeşitli uzay araştırmaları için bütünsel pazar kolaylıkla denenebilir ve iyileştirilebilir. Bir uzay bankasının değeri iki yönlüdür: banka, uzay ekonomisini büyütme amacına tutarlı olarak borçlanmak, yatırım yapmak için sermaye toplar ve tedarik eder. Banka bu amacı operasyonel hale getirmek için, belirli bir projenin, risk altında olan işlevsel değerlerini azaltan uzay ekonomisi hizmetlerini nasıl sunduğunu sürekli olarak belirlemek, böylece her bir görev için yedek/gereksiz sistemlere olan ihtiyacı ve maliyeti azaltarak diğer uzay faaliyetlerini daha güvenli veya daha etkili hale getirmek için taahhüt modeli geliştirir. Uzay bankası, hassas, felaket veya çatışma bölgesi dışında korunan hesapların fonlarına anında erişime olanağı sağlayabilecektir. Konut sakinleri, dış yardım uzmanları (foreign aid specialists) nakit taşımak ve depolamak yerine, devlet gözetimi veya dolandırılma korkusu olmadan işlem yapmak için uzay bankasını kullanabileceklerdir (Cahan & vd, 2015, s. 8).

Sonuç olarak, eğer uzay madenciliği birçok ülkenin iş birliği ile veya uluslararası uzlaşma ile yapılırsa, özel işletmelerin madencilik işleminden sorumlu olması durumunda, yukarıda belirtildiği gibi, zorunlu katkılarının toplanması yetkililer veya bir üye Devlet tarafından yetkililer adına yapılması daha uygun olacaktır. Yetkililere ödenecek katkılarının miktarı pratik ve anlamlı bir şekilde uygulanabilmeli ve ayrıca bağımsız bir denetimin yapılması ile doğrulanabilmelidir. Yetkililer tarafından

toplanan mali katkılar “İdari Fon” ve “Ortak Miras Fonu” olmak üzere iki ayrı fona ödenebilir. İdari Fon, yetkililerin tüm fonksiyonları için gerekli fonları sağlarken, Ortak Miras Fonu (common heritage fund), tüm insanlığın yararına veya gelişmekte olan Devletlerin büyük ölçekli kalkınma ve altyapı projeleri için projeleri finanse etmek adına kullanılabilir (Lee, 2012, s. 279).

3.3.3.3. Ulusal Ticari Güvenceler

Belirli gök cisimleri üzerine mülkiyet, sahaya özgü münhasır hakların ve çıkarılacak kaynakların yasal statüsü konusunda netlik eksikliği, bazı hükümetlerin uzay faaliyetlerini düzenlemek için ulusal yasalarını çıkarmasına neden olmuştur. Bu devletler vatandaşlarının ve şirketlerinin gök cisiminden çıkarılan kaynaklara egemen olmalarına, sahip olmalarına, taşımalarına, kullanmalarına ve satmalarına izin vermektedirler. Devletlerin ulusal yasaları, Dış Uzay Antlaşması’nın gök cisimlerin kurumsal mülkiyeti üzerindeki yasağıyla çatışmaktan kaçınmak için kaynaklar çıkarıldıktan sonra sahiplik hakkı tanımaktadır. Uzay madenciliğinin gerçekleşmesi uzak gibi görünse de ülkelerin bu gibi kendi ulusal yasalarını çıkarması vs. gelecekteki çatışma potansiyelini göstermektedir. Uzayda uygun yönetim konusunda net bir uluslararası uzlaşmanın bulunmaması, farklı ulusal hükümetlerin çelişkili düzenlemelerine yol açabilmektedir. Bu çelişkiler, ticari faaliyeti bastırabilir ya da bu farklı yükümlülüklerin uygulanmasını vazgeçirebilir. Bu yüzden, Avrupa Uzay Ajansı’nın yasal hizmetler başkanı Marco Ferrazzani, uzay madenciliği ile ilgili yeni kurallar geliştirmeye ilgi duyduğunu ifade etmiştir (Bockel, 2018, s. 13). Bu bağlamda ABD, Lüksemburg ve BK kendi ulusal ticari yasal çerçevelerini oluşturan ilk ülkelerdir.

ABD Uzay Kaynaklarını Keşfetme ve Kullanma Yasası 2015

ABD şirketleri 2017'ye kadar tüm ticari fırlatmaların neredeyse üçte ikisini dünya çapında gerçekleştirmiştir. NASA'nın mevcut araştırma enstitüleri, ajansın uzay araştırmalarıyla ilişkin temel ve uygulamalı bilimlerde hedeflerine ulaşmada merkezi bir öneme sahiptir. Toplamda, NASA ülke çapında 60'tan fazla enstitünün faaliyetlerini barındırmakta veya fon sağlamaktadır. Bu enstitüler yapı olarak farklılık

göstermekte, federal kuruluşlar, üniversiteler, özel anlaşmalı taraflar ve sektörler ile iş birlikleri yapmaktadırlar. Her bir enstitünün uzmanlık alanları ve bilimsel görevleri farklılık gösterir; gelişmiş araştırma yetenekleri, gezegenler (exoplanet), astrobiyoloji, ileri üretim ve biyomedikal araştırmalar gibi alanları içermektedir. Biyolojik mühendislik ve ultra güçlü bileşik malzemeleri, uzay yeteneklerini ilerletebilecek hem de Dünya'da kullanım için yeni teknolojiler geliştirebilecektir. ISRU (In-Situ Resource Utilization – Yerde Kaynak Kullanımı) teknolojilerinin yakıt ikmaline dayanarak 2030'larda Mars misyonunu yürütmesi için, NASA'nın en kısa zamanda onların yeniliğini ve benimsenmesini teşvik etmesi gerektiği düşünülmektedir. Enstitüler, NASA ile büyüyen ticari uzay sektörü arasında köprü görevini sağlamaktalar. United Launch Alliance, SpaceX, Blue Origins, Virgin Galactic vb. gibi lansman sağlayıcılarının gösterdiği gibi, ticari şirketler teknolojik gelişmeyi sağlayabilmekte ve maliyetleri azaltabilmekte (Gilbert & Bazilian, 2019).

25 Kasım'da ABD Başkanı Barack Obama, girişimcileri Dünya yörüngesinin ötesinde ekonomik girişim isteklerini destekleyen önemli yasayı imzalamıştır. Ticari Uzay Lansmanı Rekabet Edebilirlik Yasası'nın bir parçası olan 2015 Uzay Kaynaklarını Keşfetme ve Kullanma Yasası, uzay kaynaklarının ticari olarak elde edilmesi ile uğraşan ABD şirketlerini, çıkardıkları uzay kaynaklarına sahip olma, egemen olma, taşıma, kullanma ve satma hakkına sahip olması ile yetkilendirmektedir. Ayrıca bu ABD yasasının, Dış Uzay Antlaşması uyarınca ABD yükümlülükleri ile tutarlı olma niyeti konusunda açık olduğu söylenmiştir (Masson-Zwaan & Richards, 2015). Başkan Obama'nın bu hareketi, uzay madencileri (sözde) tarafından memnuniyetle karşılanmıştır. Örneğin, Planetary Resources bu durumu “tarihte mülkiyet haklarının tek ve en büyük tanınması” olarak adlandırmıştır. Ancak, uzayın genişliği ve onun sahip olduğu kaynakları, diğer devletlerin veya ABD dışındaki şirketlerin hakları dikkate alındığında, bir ülke tarafından oluşturulan bir yasanın ne kadar uygulanabilir olabileceği konusuna dair şüphelerin olduğu da görülmüştür (Harris, 2018).

Lüksemburg Uzay Kaynakları Yasası 2016

Mevcut uzay rekabeti, Lüksemburg da 2016 yasasını çıkarttıktan sonra hızlanmıştır. Lüksemburg uzay kaynaklarının kullanımı için kapsamlı bir yasal

çerçeve sağlama konusunda ABD'den sonra dünyanın ikinci ülkesi olmuştur. Hükümetin SpaceResources.lu girişimini yürüten Lüksemburg ekonomi bakanlığının temsilcisi Paul Zenner, “Şubat 2016'dan beri bizimle temasa geçen yaklaşık 200 şirketle etkileşim kurduk” diyerek uzay madenciliğinin giderek ilgi çektiğini belirtmiştir(Calderon, 2018). Lüksemburg şu anda ABD ordusundan sonra en büyük ticari uydu endüstrilerinden birine sahiptir. Lüksemburg, karargahını Lüksemburg'da yerleştirmeye istekli özel madencilik şirketlerine sayısız yarar sağlamaktadır (vergi indirimleri, Ar-Ge hibeleri, doğrudan yatırımlar ve satın alma sermayesi dahil). Yasal ve düzenleyici yapıyı sağlamak için 20 Temmuz 2017 tarihinde uzay kaynakları yasası kabul edilmiştir. Lüksemburg asteroit madenciliğinde lider bir ülke olma amacını belirtmesiyle Eylül, 2018'de ise ulusal uzay ajansını kurmuştur (Space Foundation Organization, 2017, s. 14). Lüksemburg'un hemen hemen ikinci yasama odası olan Danıştay, uzay madenciliği projesine karşı birkaç resmi muhalefeti dile getirmiştir. Sorumlu yetkilinin ‘itirazını teyit etmesi... Dış Uzay Antlaşması'nda mülkiyet sorununun gözden geçirmeyi istemesi.’ rapor edilmiş, onun, BM'den dünya çapındaki şirketlerin bu alanda hareket etmesini sağlayacak yasal bir çerçeve oluşturmasını istediği belirtilmiştir. Ancak buna rağmen, Lüksemburg Temsilciler Meclisi yasayı 13 Temmuz 2017 tarihinde kabul etmiştir (Losch, 2019, s. 3).

Lüksemburg, uluslararası iş birliğini aktif olarak destekleyerek Japonya gibi ülkelerle anlaşmaya varmış, kurallar dahilinde ortaklaşa çalışmak üzere ikili anlaşmalar yapmaya devam etmektedir (Harris, 2018).

Birleşik Krallık Uzay Endüstrisi Yasası 2018

Birleşik Krallık'ta (İngiltere), Uzay Endüstrisi Yasası 2018 ticari uzay faaliyetleri için düzenleyici çerçevedir. Uzay Endüstrisi Yasası, modern, güvenli ve destekleyici çerçevesiyle, İngiltere'de gelişen uzay endüstrisi kurma hususunda önemli bir adım olmuştur. Yasayı uygulamak adına ayrıntılı düzenlemeler geliştirmek için hükümet genelinde çalışmalar halen devam etmektedir. Mevcut durumda destekleyici düzenlemeler Parlamento tarafından onaylanana kadar, yasa uyarınca İngiltere'den uzay uçuşu ve ilgili faaliyetler için lisanslar verilmemektedir. Bu lisanslar, faaliyete bağlı olarak İngiltere Uzay Ajansı (UKSA) veya Sivil Havacılık Otoritesi (CAA) tarafından verilecektir. Söz gelimi, 2018 Uzay Endüstrisi Yasası (SIA), herhangi bir

fırlatma temininin, stratosferin (yaklaşık 50 km) üzerinde çalışabilen araçların fırlatılmasının, operasyonunun veya iadesinin ve stratosferin üzerinde gerçekleşen faaliyetlerin lisanslanmasını gerektirmektedir. Aynı zamanda, stratosferde (yaklaşık 10km-50km) çalışabilen uzay gemilerindeki kişilerin de lisanslanmasını gerektirmektedir (UK Space Agency, 2019).Yasa uzay ve alt yörünge faaliyetleri hakkında ilgili amaçlar için hüküm veren bir kanundur (15 Mart 2018). Bu kanun, (a) uzay faaliyetlerini, (b) alt yörünge faaliyetlerini ve (c) Birleşik Krallık'ta yürütülen ilgili faaliyetleri düzenleme etkisine sahiptir. Kanun “uzay faaliyetini”:

- (1) Fırlatma veya fırlatmanın sağlanması veya uzay nesnesinin veya uzay nesnesi taşıyan uçağın dünyaya dönüşü,
- (2) Uzay nesnesini çalıştırmak veya
- (3) Uzaydaki herhangi bir faaliyet - olarak tanımlamıştır.

Ülkeler kendi çıkarları doğrultusunda faaliyet gösterirken, öte yandan özel kuruluşlar da Hague Space Resources Governance Working Group (bağımsız bir grup) gibi, zamanla uzay kaynaklarını yönetebilecek uluslararası çerçevenin oluşumuna yol açabilecek bir dizi temel yapılar üzerin çalışmalar yürüterek, ilgili ilkeleri önermektedirler (Harris, 2018).

Bu devletler yetkilendirdiği veya lisansladığı özel şirketlerinin, devletin anlaşma yükümlülüklerini ve Dış Uzay Antlaşmasının yükümlülüklerini ihlal etmediklerine emin olmalıdırlar (Masson-Zwaan & Richards, 2015).

3.3.3.4. Yatırım Engellerini Azaltan Farklı Mevzular

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi gelecekte önemli gelişmeler sayesinde yatırımcıların şüpheleri, endişeleri giderilmiş dolayısıyla yatırım yapma kararlarına engel olan unsurlar az çok çözüme kavuşmuş olacaktır. Günümüzde de zaten bazı önemli değişiklikler sektöre giriş engellerini önemli ölçüde azaltarak uzaya olan özel ticari ilgiyi artırmaya devam etmektedir.

SpaceX, örneğin standartlaştırmayı en üst düzeye çıkararak Falcon roketlerini hassaten tasarlamış, dolayısıyla da kritik parçaların birim maliyetlerini azaltırken, herhangi bir fırlatmadan önce gerekli olan işlem ve işleme sayısını azaltmayı başarmıştır. Aynı zamanda, bu roketin motoru tasarımındaki ilerlemeler yanma

istikrarsızlığını azaltmış ve malzeme maliyetlerini aynı şekilde düşürmüştür. Dijital devrim ve minutarizasyon, uzay araçlarının büyüklüğünü ve ağırlığını (fırlatma maliyetlerinin temel faktörleri) azaltırken, kritik uydu teknolojisinin gücünü artırmıştır. Yeniden kullanılabilir roketler gibi ileri teknolojiler, restorasyon maliyetleri şu anda çok yüksek olduğundan, yetkililerin aynı roketi birçok kez fırlatmasına izin vererek maliyetleri önemli ölçüde azaltmaktadır. 2010 yılında, SpaceX sonradan kullanım için Dünya'ya geri dönecek roketlerle yörüngeye bir yük fırlatmıştır. Bu, onu bu başarıyı elde eden ilk özel kuruluş haline getirmiştir. 2017 yılında ise, gelecekteki görevlerde yeniden kullanılabilen, uzay tarihin güçlü roketlerinden birini fırlatarak iki dış aşamasını başarılı bir şekilde indirmiştir. 2015 yılında ise başka bir özel şirket Blue Origin, bu şirketin üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmasına yardımcı olacak yeniden kullanılabilir bir yörünge altı roket tasarlamış ve yörüngeye fırlatmıştır. Başka da Dijital devrim ve minutarizasyona örnek olan, uzay endüstrisinin en gelişmiş sektörünü oluşturan, 500 kilogramdan daha hafif olan "minisatlar" ve 3,5 kilografa kadar az ağırlığa sahip olan "nanosatlar" olarak bilinen küçük uyduların ortaya çıkmasıyla da maliyetler düşmeye devam etmektedir. 2012'den 2017'ye kadar, uzaydaki uydu sayısı 994'ten 1.459'a yükselmiş, bu sayının birkaç yıl içinde 7.000'e yükselmesi beklenmektedir. Öte yandan, sektör genelinde gelir, 113,5 milyar ABD dolarından 127,7 milyar ABD dolarına yükselme göstermiştir (Bockel, 2018, s. 5). Daha doğru ve ikna edici hesaplamaların yapılması ve yatırımcılara sunulması da büyük ölçekte etkilidir. Örneğin, NASA'nın Curiosity misyonu (Mars Bilim Laboratuvarı/Mars Science Laboratory misyonu ve NASA'nın Mars Keşif Programının (NASA's Mars Exploration Program bir parçası) 2,5 milyar ABD dolarına mal olmuştur. Misyonun görevi ve ömrü sekiz yıllıktır. 2,5 milyar dolar sekiz yıla yayıldığında yıllık ortalama 312 milyon dolar yapar yani bu da ABD'deki nüfusun kişi başına yaklaşık bir dolar düşmesi demektir. Uzay madenciliğinin ilk hedefleri, mesafe yakınlığından dolayı Ay ve Mars olacaktır. Dolayısıyla bu misyon 23 aylık görevi boyunca "koşulların mikrobiyal yaşam için ve kayalarda olası geçmiş yaşamla ilgili ipuçlarını korumak için uygun olup olmadığını araştıracaktır" ve Mars'ta faaliyetlerin ne şekilde planlanması gerektiğine dair katkıda bulunacaktır. Bu önemli bilgilerin göz önünde bulundurulmasına rağmen, 2,5 milyar dolarlık fiyat etiketi nedeniyle misyon, çok eleştirilere maruz kalmıştır (Folger, 2019).

Sermaye piyasalarının varlığı da yatırım kazanımına katkı sağlayabilir¹. Sermaye piyasası disiplini, bir altyapı hizmetine olan talebi, hizmetin oluşturulması ve işletilmesi riskini ve müşterinin hizmet için ödeyeceği yatırımların makul getirisini değerlendirir ve daha sonra şirket tarafından ihraç edilen borçlar için bir faiz oranı belirler veya şirketin hisselerini uygun şekilde fiyatlandırır. Risk sermayesi bir uzay teknolojisi startupına yatırım yaptığında veya hükümetler uzaydan veya uzayda kullanılmak üzere oluşturulmuş fırlatma, uydu telekomünikasyon veya diğer hizmetler için talebi garanti ettiğinde, kısa bir yapay sermaye arzını yaratırlar. Bu tür kısa vadeli sermaye desteğine büyük ölçüde güvenen girişimciler kapasiteyi onun ekonomik fayda veya talebinin ötesinde fazlasıyla karşılayabilirler (Cahan & vd, 2015, s. 2).

Bir teknolojinin kullanışlılığı gösterildikten/kanıtlandıktan sonra bile, pazarlanabilir bir bileşen veya platform haline gelmeden önce önemli ölçüde doğrudan veya dolaylı kamu desteğine ihtiyacı olabilmektedir. Yatırım maliyetleri ve riskler genellikle şirketlerin tek başına yüklenmesi için çok yüksek kalmaktadırlar. Hükümetler ve özel sektör aralarında yapılan sözleşmeler, araştırma hibeleri ve diğer anlaşmalar iş birliği sistemi aracılığıyla uzay sektörünü sürdürmeyi kolaylaştırır. Örneğin, Boeing ve Lockheed Martin arasında ortak bir program olan birleşik devletler uydu fırlatma birliği (The United Launch Alliance), bir lansman kabiliyeti sözleşmesi yoluyla ABD ordusundan yılda yaklaşık 800 milyon ABD Doları almaktadır (Bockel, 2018, s. 3).

¹Sermaye piyasaları sermayesi olan tedarikçiler ile sermayeyi talep edenler arasında tasarruf ve yatırımların aktarıldığı yerlerdir (Capital Markets).

SONUÇ

Uzay Ekonomisi, özetle, Uzay Piyasasında ve sektörlerinde faaliyet ve hizmet sağlamakta olan teknolojilerinin etkinliklerinden kaynaklanan süreçlerin ve yararlarının tümünden oluşmaktadır. Bu teknolojiler ve süreçlerin bir tek kendi sektörlerinin içinde değil de ayrıyeten diğer sektörleri ve ekonomilerini de dolaylı ve dolaysız olarak dramatik bir şekilde etkilemesi Küresel Ekonominin de uzay çalışmalarından önemli derecede istifade ettiğinin göstergesidir. Uzay teknolojilerine sahip olmanın gerekçesi uzay yatırımlarına olan ihtiyacı zaten göstermektedir. 2007 yılında uzay ekonomisi hakkındaki ilk İktisadi İş Birliği Ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD) raporundan bu yana, yirmi kadar yeni ülke özgün uzay programlarına yatırım yapmaya ve özel ve sembolik projelerle özel çabaları desteklemeye başlamıştır. Birleşik Arap Emirlikleri'nin planlanan Mars misyonu, Yeni Zelanda'nın başarılı küçük fırlatıcısı, Lüksemburg'un asteroit madenciliği programı veya İsrail ile Türkiye'nin ay misyonları bunlara örnektir (OECD, 2019, s. 20).

Dünya Banka'sı istatistiğine göre 2019 yılında uzay ajanslarına sahip bazı ülkelerin yurtiçi kişi başına düşen gayrisafi hasılası: Brezilya-15,259\$, Meksika - 20,411\$, Cezayir-11,820\$, Ukrayna-13,341\$, Nijerya-5,348\$, Hindistan-7,034\$ (The World Bank, 2019). Söz konusu bu ülkelerin kişi başına düşen gayrisafi hasılası Türkiye'nin yurtiçi kişi başına düşen gayrisafi hasılasından (27,875\$) çok daha düşüktür ve buna rağmen bu ülkeler uzay ajansı açmakta ve uzay faaliyetlerini yürütme konusunda Türkiye'den daha erken ve aktif davranmışlardır. Euroconsult verilerine göre Türkiye'nin 2013 yılı sivil uzay programı harcamaları 67 milyon dolar (150 Milyon TL). Aynı yıl Brezilya'nın sivil uzay harcamaları 505 milyon \$, Güney Kore'nin 303 milyon \$ ve Meksika'nın ise 190 milyon \$ hatta İran'ın 2015 yılı havacılık-uzay programının bütçesi 900 milyon \$ (Gürcan, 2019). Afrika, mesela, 2000-2016 yılları arasında, özellikle çevre yönetimi, ormancılık ve telekomünikasyon konularını ele alan projeye 200 milyon ABD dolarından fazla yatırım yaparak uzayla ilgili resmi kalkınma yardımının kilit alıcı bölgelerinden biri olmuştur (OECD, 2019). 2018 yılında ise, Türkiye'de kamunun AR-GE harcamaları yaklaşık 61 milyon TL olmuştur (Yenisafak, 2019). Sadece bir astronot kıyafetinin, bakım kiti ile, maliyeti 10 milyon \$ civarıyken Türkiye'nin 70 milyon \$'a yaklaşan bütçesinin büyük bölümü

tetkik gezisi, konferans, personel giderleri gibi harcamalara ayrılmış durumdadır. Bu bütçede proje geliştirme, ARGE gibi faaliyetlere ayrılan fonlar çok kısıtlı kalmıştır (Gürcan, 2019). Aksam.com.tr'in Türkiye Uzay Ajansı Başkanı Serdar Hüseyin Yıldırım ile yaptığı reportajında: Türkiye'nin uzaydaki hedefleri neler? Türkiye Uzay Ajansı hangi alanlarda faaliyet gösterecek? Ajansın ülkemiz için önemi nedir? Yakın gelecekte hayata geçmeyi bekleyen projeler neler? gibi sorularına Başkan Yıldırım "Hedeflerimiz çok ve büyük. Şu anda uzayda faaliyet yürüten ülkelerle mukayese edildiğimizde almamız gereken epey bir mesafe var. Bunu da yapabilmemiz için ciddi bir ekosistem oluşturmamız ve devlet-özel sektör iş birliğini sağlamamız, üniversitelerimizi aktif bir şekilde devreye sokmamız, zaten kısıtlı olan imkânları çok akıllı kullanmamız lazım. Bu yöntemde ilk çalışmamız, Sayın Cumhurbaşkanımızın ifadesiyle de Milli Uzay Programı'nı çıkartmak olacak." diye yanıtlamıştır. Başkan yürütülmekte olan projeler arasında yerel uydu üretimi ve gözlem istasyonlarının geliştirilmesinin olduğunu belirterek, uzaya roket gönderimi hakkında "İkinci sahada uzay aracı yapımları var. Daha ileri mesafeye ulaşmak zorundayız. Bunu da kendi programımız çerçevesinde hayata geçireceğiz. Burada sadece devlet çalışmasıyla olmaz, özel sektöre de ihtiyacımız var. Bu konuyla ilgili görüşmelere şimdiden başladım. Uzaysız hiçbir şey olmayacak. 10 yılın içerisinde uzayda olmayanın dünyada artık söz hakkı olmayacak." diyerek uzayın önemini, ajansın bilinçliliğini ve ilgili çalışmaların yeni yeni bile olsa mevcudiyetini vurgulamıştır (Haber Ajansı Aksam, 2019).

Söz konusu Uzay Madenciliğine gelince, bu yeni sektör her ne kadar çoğu ülkelerde gündemde olmasa da aslında birçok uzay yetenekli ülkeler bu kavramın uygulanabilir hale gelmesi için çoktan ciddi adımlar atmış durumda. Dahası, küresel çerçevede Uzayın Madenciliğine ilişkin uzlaşmış ticaret ve uzay kalkınması faaliyetlerinin sağlam ve sürekli yönetimini içeren yasal çerçevelerin eksikliği bazı ülkelerin, ABD, Birleşik Krallık ve Lüksemburg gibi, kendi Uzay Madenciliği yasalarını çıkararak, Dış Uzay Antlaşması ile Ay Anlaşması talimatlarının aksine, bağımsız, ayrı hareket etmesine neden olmuştur. Dolayısıyla bu ülkelerin bu denli ivedilikle hareket etmeleri merak uyandırmakta, aynı zamanda birçok çalışmalarda da yer almaktadır. 9 Şubat 2021'de Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan Türkiye'nin "Milli Uzay Programı'nı" açıklamıştır. Bu 10 yıllık programın 10 hedefinin arasında 2023 yılında Ay'a ulaşma misyonu da yer almaktadır (Göksedef, 2021). Günümüzde

Türkiye’de de gezegen seyahatleri, madencilik vs. gibi konuların önem kazanmaya başlaması, ileri uzay faaliyetleriyle alakalı çalışmalara olan ihtiyacı arz etmektedir, aynı zamanda farkındalığın ve bilinçlenmenin gerekliliğini kazandırmak için bu çalışmanın da gerçekleşmesine neden olmuştur. Dolayısıyla bu bağlamda uzay faaliyetlerinin Türkiye’de geliştirilmesi ve yürütülmesi için; Türkiye’nin ve uzay sektöründe yatırım yetersizliği olan başka ülkelerin, sosyal, askeri, siyasi ve ekonomik anlamda, gelişmiş ülkeler ile rekabet edebilmesi için, öncelikle uzaya yönelik yatırımların yapılmasını teşvik edici sistemlerini oluşturmaları gerekmektedir. Uzay ajansının öncelikli görevi ülkenin uzay politikasını ortaya koymak olmalıdır. Uzay politikası oluşturulurken ise öncelikle ülkenin uzay konusunda ki temel anlayışı ve beklentileri belirlenmelidir. Daha sonra ülkenin eğitim, teknoloji, ticaret, ekonomi, güvenlik ve dış politika gibi alanlarıyla ilişkileri kurulmalıdır. Yani ülke sadece uzay örgütleri ile değil, sanayi kuruluşları, üniversiteler ve sivil toplum örgütleri ile ilişkili olmalıdır. Söz konusu politikanın belirlenmesinin yanında, proje planlaması yapılmalı ve yapılan projelere destek sağlanmalıdır (Gürcan, 2019). Aynı zamanda, yatırım teşvik programlarını yürütmek için yatırım teşvik ajanslarını kurmak (Kaymak, 2005, s. 18) ve bu ajansları uzay projeleriyle bilinçlendirerek yatırımcılar ve yetkili makamlar arasında köprü hizmeti sunmasını sağlamak, Türki devletleri ile ortak bir uzay organizasyonu kurmak (ESA gibi), yurt dışına bu alanlarda uzmanlaşmak adına hibe ile destekli öğrenciler göndermek ve onların gelecekte yardımından faydalanmak vs. Türkiye Uzay Sektörünün gelişmesine katkı sağlamış olacaktır. Bu bağlamda Bozkurt ve Ercan (2016, s. 8):

- Türkiye’de uzaya yönelik faaliyetleri düzenleyen hukuki bir yapının oluşturulmasını;
- Alt yapı yatırımlarının (uzay taşıtlarının iniş-kalkış yapabileceği alanlar gibi) kamu kesimi tarafından yapılması ve kullanımına imkân tanınmasını;
- Düşük faizli ve uzun vadeli kredi olanaklarına sahip, özellikle uzaya yönelik yatırımları finanse edecek ve teknik destek sağlayacak, bir nevi, “Uzay Yatırım ve Kalkınma Bankasının” kurulmasını;
- Uzayla ilgili yetersiz çalışmalarda uluslararası iş birliğine gidilmesini;
- Fon arz eden taraf olan halkı, eğitim ve benzeri etkinliklerle farkındalığını artırarak, devletin tek başına altından kalkamayacağı bu sürece, halkın da dâhil edilmesinin sağlanmasını;

- ABD’de NASA’nın uyguladığı, özel teşebbüslerin uzaya yönelik ticari yatırımlarını teşvik edici ödüllü yarışmalara benzer uygulamaların,
- Türkiye’de de gerçekleştirilmesini;
- Gelişmişlik bakımından Avrupa ve ABD’nin çok gerisinde olan Türkiye’deki risk (girişim) sermayesi finansman modelinin daha da fazla kullanılması için, gerekli çalışmaların (örneğin bu modelin tanıtılması için gerekli eğitim faaliyetlerinin yapılması gibi çalışmaların) hızlandırılması ve melek yatırımcıları, uzay sektörüne yatırım yapmaya yönlendirecek teşviklerin oluşturulmasının gerekliliğini, önermektedir.

Uzay ile ilgili çalışmalarda ilerleme ve inovasyonun durağanlaşması olası ihtimal değildir. Artan sayıda ülke ve şirket uzay nesnelerini kolonileştirmek için kendi vizyonlarını ortaya koymaktalar. Bu tür planlar, gezegenler arasında inşaat ve yaşam sürdürmek için uzay kaynaklarını kullanma becerisine büyük ölçekte bağlı olacaktır. Sektörün genel görüşü, uzay ekipmanı için varlığa dayalı finansmanın mevcut modelleri ve uygulamasının yeterli olduğu ve protokolün finansman endüstrisine gereksiz uluslar üstü hukuk katmanı eklediğidir. Protokol kapsamındaki Uzay Varlığı kavramına gelince, Uzay Varlığının tanımı ve tanımının çok belirsiz olması başka bir sorunu oluşturmaktadır; ancak Cape Town Konvansiyonu “varlık” alanını genişleterek uluslararası çıkar konusu olabilecek yeni varlık türlerinin geliştirilmesine izin vermektedir. Bu bağlamda protokol, uzay endüstrisinin devam eden özelleştirme ve ticarileştirilmesi bağlamında gerçek zorluk olabilecek, mevcut kamu hukuku odaklı BM uzay hukuku anlaşmalarıyla etkileşime girmek için özel hukuk odaklı Uzay Varlığı kavramı için fırsatlar yaratabilir. Uzay Varlığını, Uzay Protokolü 1 Maddesi - "dış uzaydaki" ifadesine dayanarak tanımlamak zordur, çünkü dış uzayın sınırlandırılması tartışması uluslararası düzeyde çözülmemiştir; ancak sorun, sınırlandırma konusunun çıkmazını aşabilecek terimin tanımlanmasında hem mekansallık hem de işlevselcilik yaklaşımlarını benimsediği için Uzay Protokolünün aynı maddesi uyarınca çözülebilir (Lee, 2012).

Sanayi ve hükümetlerin, uzay kaynaklarından potansiyel sosyoekonomik faydaların sağlanması ve kullanımı için politika ve yasal rejimler geliştirmek üzere iş birliği yapması, uluslararası bir rejimi oluşturması kaçınılmazdır. Ortak varlıklar, mülkiyet hakları, küresel uzlaşma ve iş birliği, teşvikler ve güvenlik standartları, sigorta poliçesi, kaynakların eşit paylaşımı ve kaynaklardan sürdürülebilir şekilde

yararlanmanın yolları, kâr, teknoloji, bilgi, bütün ülkelerin yararına keşif ve uzayın kullanılmasını gerektiren hükümlerin getirilmesi vs. gelecekteki karışıklıkları önlemek adına şimdiden belirlenmesi gereken kilit unsurlardır. Risk senaryolarının, etkin risk yönetimi stratejilerinin ve uygun yönetim çerçevelerinin ayrıntılı analizleri; teknik ve operasyonel zorlukların değerlendirilmesi; riskleri yönetmekten sorumlu uygun tarafların belirlenmesi ve bir şeylerin yanlış gitmesi durumunda hesap verebilirlik konusunda net ve küresel olarak anlaşmaya varılması şarttır. İdari makamlar iş birliği yapmalıdır ve kredi sağlayıcılara haklarının genişletilmesinde ve kullanmasında yardımcı olmalıdır, iflas durumunda alacaklıların haklarını güvence altına almak için garanti ve sürecin hızlandırılmasını sağlamalıdır. Protokol ve Antlaşmalar, ancak ilgili tarafların ve kredi sağlayanların haklarının gereği gibi korunması durumunda kabul edilecektir. Dünya çapında uzaya doğru ciddi çalışmaların mevcudiyetinden Türkiye de olumlu etkilenmelidir ve gelecek adına şimdiden harekete geçmesi mühimdir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Hameed, H. (2019). Asset- based Financing in the Space Industry. The Space Protocol of the Cape Town convention-An Internationally Effort to Introduce a Harmonised System of Secured Transactions Law to the Space Industry (s. 5-13). Amman: Unidroit.
- ICAO. (tarih yok). Cape Town Convention and Protocol. icao.int: <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Capetown-Convention.aspx> adresinden alınmıştır
- Lee, R. (2012). Law and Regulation of Commercial Mining of Minerals in Outer Space. New York: Springer.
- OECD. (2019). The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy. Paris: OECD Publishing.
- Public Law. (tarih yok). U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act. Washington.
- Senate and House of Representatives of the United States of America. (2015). U.S Commercial Space Launch Competitiveness Act. Washington: Public Law.
- Sullivan, T. A., & McKay, D. S. (1991). Using Space Resources. Houston: NASA Johnson Space Center.
- T.C. Resmi Gazete. (1967). Kararnameler. T.C. Resmi Gazete.
- Tirado, I. (2018). An International Secured Transactions Regime for Space Assets. Legal Regime of Outer Space and Global Governance. Bonn: International Institute for the Unification of Private law/UNIDROIT.
- Tirado, İ. (2018, Kasım 14). The Space Protocol of the Cape Town Convention:An International Secured Transactions Regime for Space Assets. Bonn: Unidroit.
- UK Space Agency. (2019, 2 8). Space Industry Act 2018. 9 2, 2020 tarihinde <https://www.legislation.gov.uk/>: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/5/contents/enacted> adresinden alındı
- UNİDROİT. (2012). Protocol to the Convention on International Interests in Mobile Equipment on Matters Specific to Space Assets. Berlin: UNİDROİT.
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (tarih yok). Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies. unoosa.org: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html> adresinden alınmıştır
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2019). Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100. New York: un.org.

Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

- Afşar, A. (2007). Finansal Gelişme ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki.
- Aksoy, E. (2018). Türkiye'deki Bireysel Yatırımcıların Yatırım Riski Tercihlerini Etkileyen Bireysel Faktörlerin Analizi. İşletme Araştırmaları Dergisi, 874-891.

- Ateş, A. (2007). Finansal Yatırımların Davranışsal Finans Açısından Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Konya: dergipark.org.
- Bayar, Y. (2012). Girişimcilik Finansmanında Risk Sermayesi ve Melek Finansmanı. Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 133-144.
- Bhattacharya, K. G. (2018, Ekim 30). The Viability of Space Mining in the Current Legal Regime. Astropolitics.
- Bockel, J.-M. (2018). The Future of the Space Industry. Fransa: Economic and Security Committee.
- Bozkurt, İ., & Ercan, M. K. (2016). Kamusal Bir Sektör Olarak Uzay Sektörü ve Uzay Sektörüne Yönelik Yatırımların Değerlemesi.
- Bryce Space and Technology, LLC. (2017). Global Space Industry Dynamics. Bryce, 7-22.
- Cahan, B., & vd. (2015). Outer Frontiers of Banking: Financing Space Explorers and Safeguarding Terrestrial Finance. New Space, 253-256.
- Campa, R., & vd. (2019). Why space colonization will be fully automated? Technological Forecasting & Social Change, 1-9.
- Christensen, I., & vd. (2019). New Policies Needed to Advance Space Mining. Colorado: Issues in Science and Technology.
- Çerçi, A. A. (2014). Küresel Ölçekte Melek Yatırımcılığın Gelişiminin İncelenmesi. İstanbul.
- Dağ, M., & Çelik, M. (2018). Yatırım Teşvikleri nedir? Kavram ve Kapsamı Üzerine Bir Değerlendirme. Bitlis Eren Üniversitesi Sosyol Bilimler Enstitüsü Dergisi , 863-875.
- Elvis, M. (2016). What can space resources do for astronomy and planetary science? Space Policy, 1-11.
- Erim, N., & Türk, A. (2005). Finansal Gelişme ve İktisadi Büyüme. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21-45.
- International Federation of Robotics (IFR). (2019). Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD - IFR presents World Robotics. Frankfurt: The IFR Statistical Department.
- Kalam, A. (2008). The Future of Space Exploration and Human Development. Boston: Boston University.
- Karabayır, M. (2012). Melek yatırımcıların yatırım kararlarında girişimci odaklılığın rolü: Türkiye'deki melek yatırımcılar üzerine bir çalışma. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 69-93.
- Kaymak, H. (2005). Yabancı Doğrudan Yatırımları Artırmak İçin Teşvikler Gerekli ve/veya Yeterli Mi? Maliye Dergisi.
- Lickfold, C., & Jetter, M. (2018). Systematic under-investment in the global space sector: An explanation and potential remedies. Space Policy, 1-9.
- Losch, A. (2019). The need of an ethics of planetary sustainability. International Journal of Astrobiology, 1-6.
- Mallick, S., & Rajagopalan, R. P. (2019, Ocak). If Space is 'the Province of Mankind', Who Owns its Resources? An Examination of the Potential of Space Mining and its Legal Implications. Observer Research Foundation.
- Mazanek, D. D., & vd. (2015). Asteroid Redirect Mission concept: A bold approach for utilising space resources. Acta Astronautica, 163-171.
- Metzger, P. (2016). Space development and space science together an historic opportunity. Space Policy, 77-91.

- Meurisse, A., & Carpenter, J. (2020, Ocak 23). Past, present and future rationale for space resource utilisation. *Planetary and Space Science*, 1-28.
- Muzyka, K. (2018). The Problems with an International Legal Framework for Asteroid Mining. *Nature Astronomy*, (2019). Sustainable space mining. *Nature Astronomy*, 1.
- Newman, C., & Williamson, M. (2018). Space Sustainability: Reframing the Debate. *Özsağır, A. (2007). Ekonomide Güven Faktörü. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 46-62.
- Sancaktar, C. (2006). Sermaye Piyasasının Gelişiminde Kurumsal Yatırımcıların Önemi. İzmir: dergipark.org.
- Santos, A. F. (2003). Financing of space assets. *Space Foundation Organization. (2017). Introduction to Space Activities.*
- Süer, Ö. (2007). Yatırım Kararlarında Alınan Risk Düzeyinin Belirlenmesine Ampirik Bir Çalışma. 1-9.
- Tepper, E. (2018). Structuring the discourse on the exploitation of space resources: Between economic and legal commons. *Space Policy*, 1-10.
- Wachowicz, M., & Bury, M. (2017). Space technology transfer problems in the context of protecting the space heritage. D. Stroikos içinde, *Space Policy* (s. 66-69). Varşova: Polish Space Agency.
- Yamagiwa, Y., & vd. (2019). Space experimental results of STARS-C CubesSat to verify tether deployment in orbit. *Acta Astronautica*, 1-6.
- Yamagiwa, Y., Nohmi, M., Aoki, Y., Momonoi, Y., Nanba, H., Aiga, M., et al. (2017). Scae experiments on basic technologies for a space elevator using microsatellite. *Acta Astronautica*, 1570-578.

Elektronik Kaynaklar

- Allison, P. (2015, 12 18). This is why lunar colonies will need to live underground. 12 10, 2019 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20151218-how-to-survive-the-freezing-lunar-night](https://www.bbc.com/future/article/20151218-how-to-survive-the-freezing-lunar-night) adresinden alındı
- Allison, P. (2018, 13 5). How we could survive on an asteroid. 12 25, 2019 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20180612-will-we-ever-colonise-an-asteroid](https://www.bbc.com/future/article/20180612-will-we-ever-colonise-an-asteroid) adresinden alındı
- Anderson, S., & vd. (2019, 4 16). The “Space Resources Institute Act” and the Future of Space Mining. 2 10, 2020 tarihinde [globalpolicyjournal.com: https://www.globalpolicyjournal.com/blog/16/04/2019/space-resources-institute-act-and-future-space-mining](https://www.globalpolicyjournal.com/blog/16/04/2019/space-resources-institute-act-and-future-space-mining) adresinden alındı
- Calderon, J. (2018, 6 16). The tiny nation leading a new space race. 2 12, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20180716-the-tiny-nation-leading-a-new-space-race](https://www.bbc.com/future/article/20180716-the-tiny-nation-leading-a-new-space-race) adresinden alındı
- Capital Markets. (tarih yok). 11 15, 2020 tarihinde [www.investopedia.com: https://www.investopedia.com/terms/c/capitalmarkets.asp](https://www.investopedia.com/terms/c/capitalmarkets.asp) adresinden alındı
- Coal reserves. (2020). [www.worldometers.info: https://www.worldometers.info/coal/](https://www.worldometers.info/coal/) adresinden alınmıştır
- Cruddas, S. (2015, 8 11). Rocketing prices: The investors eyeing the riches of space. 2 15, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20150810-rocketing-prices-the-investors-eyeing-the-riches-of-space](https://www.bbc.com/future/article/20150810-rocketing-prices-the-investors-eyeing-the-riches-of-space) adresinden alındı

- Cruddas, S. (2016, 1 6). The truth about asteroid mining. 12 25, 2019 tarihinde bbc.com: <https://www.bbc.com/future/article/20160103-the-truth-about-asteroid-mining> adresinden alındı
- Emen, T. (2019, 12 6). The Global Space Economy: A Short Overview Of The New Space Race. 4 10, 2020 tarihinde [turkishpolicy.com: http://turkishpolicy.com/blog/42/the-global-space-economy-a-short-overview-of-the-new-space-race](http://turkishpolicy.com/blog/42/the-global-space-economy-a-short-overview-of-the-new-space-race) adresinden alındı
- Emspak, J. (2016, 5 11). What we would actually do to stop a 'doomsday' asteroid? 2 15, 2020 tarihinde bbc.com: <https://www.bbc.com/future/article/20160510-what-we-would-actually-do-to-stop-a-doomsday-asteroid> adresinden alındı
- Falcon 9. (2020). 2 2020 tarihinde [en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_9#:~:text=Falcon%209%20can%20lift%20payloads,the%20first%20stage%20is%20recovered](https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_9#:~:text=Falcon%209%20can%20lift%20payloads,the%20first%20stage%20is%20recovered). adresinden alındı
- Folger, J. (2019, 6 25). The ROI of Space Exploration. 2 10, 2020 tarihinde [investopedia.com: https://www.investopedia.com/financial-edge/0812/the-roi-of-space-exploration.aspx](https://www.investopedia.com/financial-edge/0812/the-roi-of-space-exploration.aspx) adresinden alındı
- Gas reserves. (2017). [worldometers.info: https://www.worldometers.info/gas/](http://worldometers.info/gas/) adresinden alınmıştır
- Gilbert, A., & Bazilian, M. (2019, 4 19). We Need a Space Resources Institute. 2 5, 2020 tarihinde [blogs.scientificamerican.com : https://blogs.scientificamerican.com/observations/we-need-a-space-resources-institute/](https://blogs.scientificamerican.com/observations/we-need-a-space-resources-institute/) adresinden alındı
- Gürçan, M. (2019, 1 1). www.gazetebirlik.com. Türkiye'nin Uzay Çalışmaları:Yarısta Gecikiyoruz, Hızlı Olmalıyız: <https://www.gazetebirlik.com/yazarlar/turkiyenin-uzay-calismalari-yarista-gecikiyoruz-hizli-olmalyiz/> adresinden alınmıştır
- Harris, B. (2018, Nisan 8). Who owns the water on Mars and the resources in Space? [worldgovernmentsummit.org: https://www.worldgovernmentsummit.org/observer/articles/who-owns-the-water-on-mars-and-the-resources-in-space](http://worldgovernmentsummit.org) adresinden alınmıştır
- Hollingham, R. (2014, 4 8). Six reasons why space tourism matters. 2 20, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20140408-six-reasons-space-tourism-matters](https://www.bbc.com/future/article/20140408-six-reasons-space-tourism-matters) adresinden alındı
- Hollingham, R. (2015, 1 14). The man who can send you to Mars. 2 10, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20150113-one-way-ticket-to-the-red-planet](https://www.bbc.com/future/article/20150113-one-way-ticket-to-the-red-planet) adresinden alındı
- Hollingham, R. (2015, 5 7). Extreme experiments to test space's effect on the body. 2 15, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20150506-the-underground-space-sleep-lab](https://www.bbc.com/future/article/20150506-the-underground-space-sleep-lab) adresinden alındı
- Hollingham, R. (2015, Temmuz 14). Should we build a village on the Moon? [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20150712-should-we-build-a-village-on-the-moon](https://www.bbc.com/future/article/20150712-should-we-build-a-village-on-the-moon) adresinden alınmıştır
- Jet Propulsion Laboratory. (2019, 12 10). 20 things we wouldn't have without space travel. [www.jpl.nasa.gov: https://www.jpl.nasa.gov/infographics/infographic.view.php?id=11358](https://www.jpl.nasa.gov/infographics/infographic.view.php?id=11358) adresinden alınmıştır
- Masson-Zwaan, T., & Richards, B. (2015, 12 8). International Perspectives on Space Resource Rights. 2 12, 2020 tarihinde [spacenews.com: https://www.spacenews.com](http://spacenews.com)

- <https://spacenews.com/op-ed-international-perspectives-on-space-resource-rights/> adresinden alındı
- Moss, S. (2019, Nisan 19). Solar Energy isn't Just for Electricity It can also provide carbon-free heat for a wide variety of industrial processes. [blogs.scientificamerican.com: https://blogs.scientificamerican.com/observations/solar-energy-isnt-just-for-electricity/](https://blogs.scientificamerican.com/observations/solar-energy-isnt-just-for-electricity/) adresinden alınmıştır
- Mulvaney, D., & Bazilian, M. (2019, 12 1). The Downside of Solar Energy. 2 20, 2020 tarihinde [blogs.scientificamerican.com: https://blogs.scientificamerican.com/observations/the-downside-of-solar-energy/](https://blogs.scientificamerican.com/observations/the-downside-of-solar-energy/) adresinden alındı
- Oakes, K. (2019, 10 30). How long space voyages could mess with our minds. 2 10, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20191029-how-long-space-voyages-could-mess-with-our-minds](https://www.bbc.com/future/article/20191029-how-long-space-voyages-could-mess-with-our-minds) adresinden alındı
- Oil reserves. (2016). [worldometers.info: https://www.worldometers.info/oil/](https://www.worldometers.info/oil/) adresinden alınmıştır
- Pandya, J. (2019, May 13). The Race To Mine Space. [forbes.com: https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/05/13/the-race-to-mine-space/#303b5ed71a70](https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/05/13/the-race-to-mine-space/#303b5ed71a70) adresinden alınmıştır
- Riederer, R. (2014, 5 20). Silicon Valley Says Space Mining Is Awesome and Will Change Life on Earth. That's Only Half Right. 11 25, 2019 tarihinde [newrepublic.com: https://newrepublic.com/article/117815/space-mining-will-not-solve-earths-conflict-over-natural-resources](https://newrepublic.com/article/117815/space-mining-will-not-solve-earths-conflict-over-natural-resources) adresinden alındı
- Robson, D. (2014, 10 2). The expert guide to space colonies. 2 10, 2020 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20141002-time-to-plan-a-space-colony](https://www.bbc.com/future/article/20141002-time-to-plan-a-space-colony) adresinden alındı
- Robson, D. (2014, 12 19). Are these the five craziest space missions? 12 15, 2019 tarihinde [bbc.com: https://www.bbc.com/future/article/20141219-five-craziest-space-missions](https://www.bbc.com/future/article/20141219-five-craziest-space-missions) adresinden alındı
- Seminari, S. (2019, 11 24). Global government space budgets continues multiyear rebound. 2 15, 2020 tarihinde [spacenews.com: https://spacenews.com/op-ed-global-government-space-budgets-continues-multiyear-rebound/](https://spacenews.com/op-ed-global-government-space-budgets-continues-multiyear-rebound/) adresinden alındı
- Sheetz, M. (2019, 12 13). An investor's guide to space, Wall Street's next trillion-dollar industry. 2 20, 2020 tarihinde [www.cnbc.com: https://www.cnbc.com/2019/11/09/how-to-invest-in-space-companies-complete-guide-to-rockets-satellites-and-more.html](https://www.cnbc.com/2019/11/09/how-to-invest-in-space-companies-complete-guide-to-rockets-satellites-and-more.html) adresinden alındı
- Simpson, S. (2019, 6 25). The Reality of Investing in Space Exploration. 2 15, 2020 tarihinde [spacenews.com: https://spacenews.com/20-space-industry-predictions-for-2020/](https://spacenews.com/20-space-industry-predictions-for-2020/) adresinden alındı
- Space elevator construction. (2020, 5 10). [wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_elevator_construction](https://en.wikipedia.org/wiki/Space_elevator_construction) adresinden alınmıştır
- Space Law. (2020, 1 10). 2 15, 2020 tarihinde [wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Space_law) adresinden alındı
- SpaceX. (2020). Falcon 9. 7 15, 2020 tarihinde [www.spacex.com: https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/](https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/) adresinden alındı
- Staff Writers. (2018). India seeks to reduce satellite launch cost, New Delhi(Sputnik). 1 1, 2019 tarihinde [www.spacedaily.com:](https://www.spacedaily.com/)

- http://www.spacedaily.com/reports/Price_War_in_Space_India_Adopts_Tech_nologies_to_Reduce_Satellite_Launch_Cost_999.html adresinden alındı
- Szoka, B., & Dunstan, J. (2012, Ocak 5). Space Law: Is Asteroid Mining Legal? www.wired.com: <https://www.wired.com/2012/05/opinion-asteroid-mining/> adresinden alınmıştır
- The Reeves Law Group. (2017). Is Asteroid Mining Legal Yet? Existing Treaties and Laws. robertreeveslaw.com: <https://www.robertreeveslaw.com/blog/asteroid-mining/> adresinden alınmıştır
- The World Bank. (2019). GDP per capita, PPP (current international \$). 9 10, 2020 tarihinde data.worldbank.org: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD?most_recent_value_desc=true adresinden alındı
- TÜBİTAK UZAY. (2013). Hakkımızda. 1 1, 2019 tarihinde uzay.tubitak.gov.tr: <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkimizda-0/> adresinden alındı
- TÜBİTAK UZAY. (2013). P2-Rotect. 6 10, 2020 tarihinde [uzay.tubitak.gov](http://uzay.tubitak.gov.tr): <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/p2-rotect> adresinden alındı
- Wall, M. (2015, 8 11). Asteroid Mining May Be a Reality by 2025. 12 10, 2019 tarihinde space.com: <https://www.space.com/30213-asteroid-mining-planetary-resources-2025.html> adresinden alındı
- Water facts-Worldwide Water Supply. (2019). usbr.gov: <https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html> adresinden alınmıştır
- Wikipedia. (2020, 10 31). Edison's Conquest of Mars. 2 17, 2020 tarihinde Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Edison%27s_Conquest_of_Mars adresinden alındı
- Wikipedia. (2020, Haziran). Asteroid Mining.
- Zheng, P. (2018, 4). A Legal Analysis of "Space Asset" Under the 2012 Space Protocol to the International Interests in Mobile Equipment. 2 10, 2020 tarihinde nyulawglobal.org: https://www.nyulawglobal.org/globalex/Space_Asset_Protocol_Cape_Town_Convention1.html adresinden alındı

Radyo ve Televizyon Programları

- Haber Ajansı Aksam.com. (2019, 9 26). Türkiye Uzay Ajansı Başkanı Yıldırım: 'Uzayda olmayan, dünyada söz sahibi olamaz'. www.aksam.com: <https://www.aksam.com.tr/teknoloji/turkiye-ozel-haber-uzay-ajansi-baskani-yildirim-uzayda-olmayan-dunyada-soz-sahibi-olamaz/haber-1008867> adresinden alınmıştır
- sabah.com. (2019, 1 1). Türkiye Uzan Ajansı. sabah.com: <https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2018/12/14/turkiyenin-nasasi-artik-isbasinda-turkiye-uzay-ajansi-kuruldu> adresinden alınmıştır
- Yenisafak. (2019, 12 12). Uzayın keşfi için yapılan Ar-Ge harcamaları 5 yılda 5 katına çıktı. www.yenisafak.com: <https://www.yenisafak.com/ekonomi/uzayin-kesfi-icin-yapilan-ar-ge-harcamalari-5-yilda-5-katina-cikti-3517795> adresinden alınmıştır