

Uzay Madenciliği

Eski Amerikan filmlerini izleyenler Altına Hücum dönemini bilir. ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki dağlarda ve nehirlerde 1848-1855 yılları arasında yaşanan, kısa zamanda dünyanın birçok yerine yayılan ve çığırın bir altın arama yarışı olarak bilinen bu hareket ve onu takip eden kitlesel göçler esas olarak 19. yüzyılda Avustralya, Brezilya, Kanada, Güney Afrika ve ABD'de yaşanır. Kolay yoldan zengin olma hayali kuran yüz binlerce insan, altın bulunduğu haberi çıkan her bölgeye karadan ve denizden akın eder. Benzer bir hücumun 21. yüzyılda da yaşanması bekleniyor, ama Dünya'nın herhangi bir yerine değil: Uzaya! Dünya'daki yeraltı kaynaklarının bazılarının tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olduğu günümüzde, insanoğlu uzaydaki yeraltı zenginliklerini keşfetmek ve kullanmak için hiç vakit kaybedeceğe benzemiyor.

Geçtiğimiz Şubat ayında Avustralya Uzay Mühendisliği Merkezi tarafından Sidney'de ilk defa gerçekleştirilen "Dünya'nın Ötesinde Maden Aramak" konulu toplantı dünyanın ünlü madencilik şirketlerini, robotik uzmanlarını, Ay ve uzay alanında çalışan bilim insanlarını, mühendisleri ve çeşitli devlet kurumlarını bir araya getirdi. Hepsinin tek bir ortak hedefi vardı: Uzay madenciliği projesini hayata geçirmek. Aslında bu konuyu ilk kez gündeme getiren ABD'deki asteroit madenciliği firmaları. Washington'daki Planetary Resources adlı firma, ilk maden arama teleskobunu iki yıl içinde uzaya fırlatacağını duyurdu. Bu firmanın kurucuları arasında Google milyarderi Larry Page ve film yönetmeni, gezgin ve araştırmacı James Cameron da var. Merkezi Virginia'da olan Deep Space adlı firma ise 2020 yılına kadar asteroitlerden metal elde etmeyi umuyor. Geçtiğimiz yıl adı duyulmaya başlayan bir başka firma, Colorado Golden Spike da birkaç yıl içinde Ay'a tur düzenleyeceğini ve bu turlara özellikle Ay'da madencilik yapmak isteyenleri dâhil edeceğini duyurdu. Belki de önümüzdeki 20-30 yıl içinde bu üç firma ve başka firmalar, platin ve altın gibi değerli madenleri ya da kişisel elektronik cihazların üretiminde kullanılan itriyum ve lantan gibi ender bulunan elementleri asteroitlerden elde edebilecek. Fakat ilk uzay madencileri, Altına Hücum dönemi öncülerinin tersine, sadece kendilerini zengin etmekle kalmayıp Dünya'ya bağımlı olmayan, gezegen ötesi bir ekonomi yaratmayı umut ediyor.

Ay'dan ve asteroitlerden çıkarılan her türlü yeraltı kaynağı, maden ve su işlenerek uzayda gerçekleştirilmesi düşünülen, yüksek teknoloji gerektiren tüm projeler için kullanılabilir.



Uzayda Maden Aramanın Aşamaları

Güneş çevresindeki yörüngelerinde dönen ve gezegenlerden daha küçük olan asteroitlerin büyüklükleri küçük taş parçacıkları ile çapı yüzlerce kilometreyi bulabilen kütleler arasında değişiyor. Günümüze kadar keşfedilenlerin sayısı yaklaşık 4000. Asteroitlerin çoğu Mars ile Jü-

tanyum, alüminyum ve diğer metalleri bulup çıkaracak. Ender bulunan elementler Dünya'ya gönderilecek. Uzay araçları ile Ay'a taşınan üç boyutlu yazıcılar sayesinde Ay toprağından elde edilen demir, silikon, alüminyum ve diğer metaller baskı malzemesi olarak kullanılıp sondaj makineleri, madencilik robotları ve bunlar için gerekli tüm yedek parçalar üretilebilecek. Madenleri elde ettikten sonra geri-

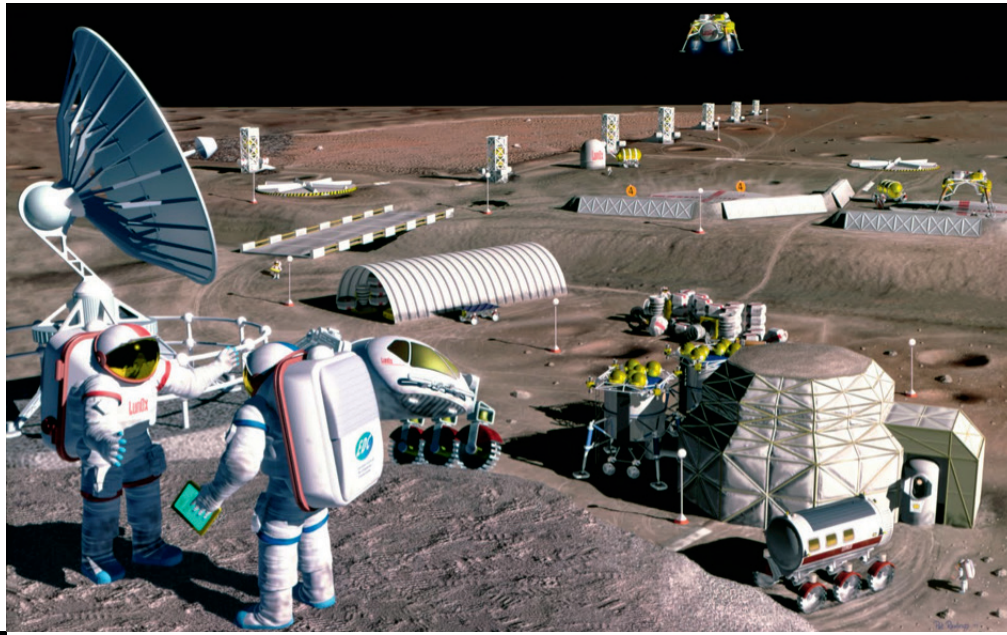
likonlar bir uzay gemisinin ve istasyonunun inşa edilmesinde kullanılacak. Bu senaryoda suyun Dünya'dan değil de başka gezegenlerden ve asteroitlerden elde edilecek olması projenin önemli bir kısmı. Yüzeyinde donmuş su bulunan bazı asteroitler, kurulacak uzay istasyonuna doğru çekilecek. Suyun oksijen ve hidrojene ayrıştırılmasıyla uzay araçları için yakıt üretimi yapılabilecek, hem de ekibin içme suyu ihtiyacı karşılanabilecektir. Örneğin buzca zengin olan asteroitler uzayda yakıt dolum istasyonu görevi üstlenecek. Böylece uzay araçları araştırma yapabilmek için Güneş Sistemi'nde daha uzaklara gidebilecek.

Zorlayıcı, Tehlikeli ve Pahalı Bir Süreç: Peki, Buna Değer mi?

Bahsedilen süreç tehlikeli ve zor işlemlerin yapılmasını gerektirdiğinden uzay madenciliğinde robotların kullanılması planlanıyor. Asteroitlerden maden elde edecek olan robotlar, aynı zamanda donmuş sudan yakıt üretecek ve uzay araçlarına yakıt ikmalini de üstlenecek.

Asteroitlerden ve gezegenlerden elde edilecek her şey uzay madenciliği projesi için çok değerli olacak ve hiç ziyan edilmeden çok amaçlı olarak kullanılacak. Bu kadar çok işin süper teknolojilerle gerçekleştirileceği bu proje hayli pahalıya mal olacağı benziyor. Bazı bilim insanları asteroitlerden maden çıkarılmasının ve elde edilen metallerin veya diğer elementlerin inşa edilecek uzay istasyonlarına taşınmasının hesaplı ve işlevsel olmayacağı görüşünde. Ama firmalar, elde edilen yeraltı zenginliklerinin uzun vadede bulacağı uygulama alanlarının maliyeti fazlasıyla karşılayacağını belirtiyor.

NASA, asteroit madenciliği fikrini test etmek için önümüzdeki günlerde bir keşif uçuşu yapmayı planlıyor. Hedeflenen bu uzay yolculuğunda 3500 dolar değerinde 60 gramlık bir metal parçasını asteroitten çıkarıp Dünya'ya getirmek için NASA'nın tam 1 milyar dolar harcayacağı belirtiliyor.

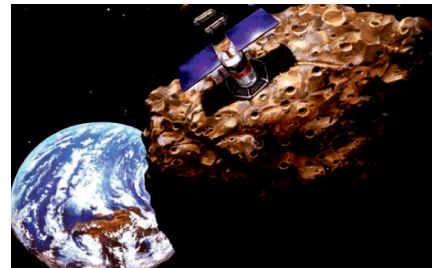


pter arasındaki asteroit kuşaklarında bulunuyor. Dünya'ya kısmen daha yakın olduğu tahmin edilen yaklaşık 1500 asteroitin madencilik projesi için iyi birer aday olduğu belirtiliyor. Yani işe bu asteroitlerden başlanacak.

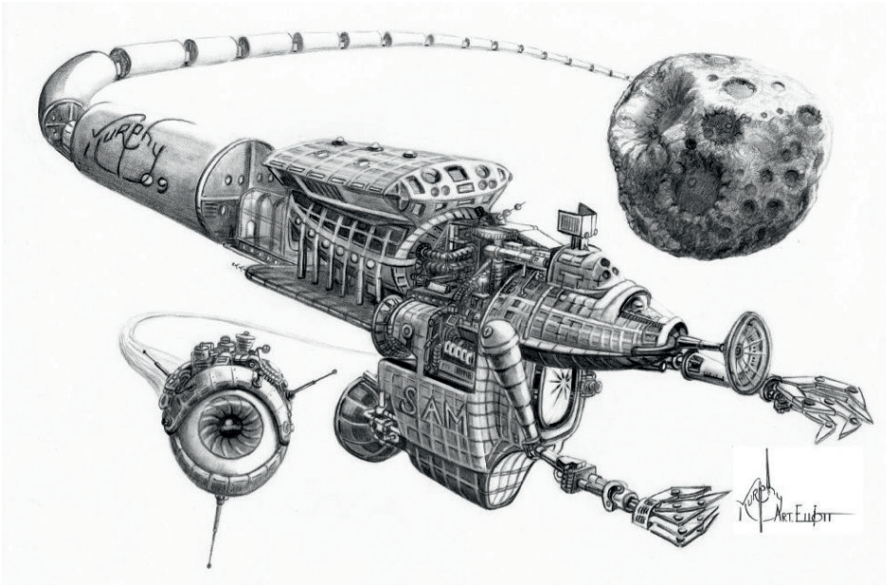
Öncelikle özel olarak geliştirilen küçük keşif teleskopları yörüngeye fırlatılarak asteroit avına çıkılacak. Teleskoplar asteroitleri tarayarak özellikle mineral ve su olup olmadığına bakacak. Uygun bir asteroit bulunduğunda bu iş için üretilmiş robotlar değerli mineral ve metalleri bulmak için sondaj ve kazı işlerine başlayacak. Asteroitlerin yüzeyindeki metalleri bulmak için dev miknatıslardan da yararlanılması düşünülmüyor.

Bu projede iki farklı hedef eylem planı var: Biri kısa, diğeri uzun vadeli. Kısa olan eylem planında hedef Ay. Ay'a giden uzay ve madencilik ekibi ilk aşamada ender bulunan elementleri, demir, nikel, ti-

ye kalan toprak parçacıkları beton üretiminde kullanılarak uzay araçları için iniş pistleri, yol ve sığınak gibi yapılar inşa edilecek. Ayrıca Ay'ın kutuplarından çıkarılacak donmuş su yani buz kütleleri Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki astronotlara ulaştırılarak içme suyu ihtiyacını karşılamak için ve radyasyon kalkanı olarak kullanılabilir.

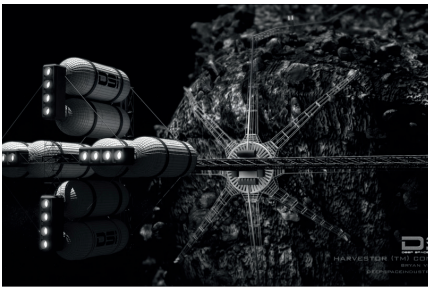


Uzun eylem planında ise keşif teleskoplarının belirlediği asteroitlere madencilik robotları ve üç boyutlu yazıcılar gönderilecek. Bulunan metaller ve si-



Yapılan yaklaşık hesaplamalar neticesinde uzaydan elde edilecek 1 ton ay veya asteroit toprağının, Dünyada 1 milyon dolar değerinde olacağı belirtiliyor. Çapı 1,6 km olan küçük bir metalik asteroitte 20 trilyon dolardan daha değerli endüstriyel metal olduğu düşünülüyor. Daha küçük bir asteroit ise iki milyar ton demir ve nikel içerebilir. 16 Psyche isimli asteroitin $1,7 \times 10^{19}$ kg nikel ve demir içerdiği düşünülüyor. Bu miktar birkaç milyon yıllık ihtiyacımızı giderebilir. Planetary Resources firması çapı 30 metre olan bir asteroitten elde edilecek platinin 25-50 milyar dolar değerinde olacağını iddia ediyor; ekonomistler ise Dünya dışından getirilecek değerli metallerin fiyatları çok düşürebileceğini söylüyor.

Sonuçta milyarlarca dolar değerinde bir asteroitte madencilik yaptınız, madenleri Dünyaya güvenli bir şekilde getirip sattınız. Bu durumda bir süre sonra madenlerin değeri düşmeye başlayacak ve fiyatları ucuzlayacak. Peki bu yatırımdan uzay madenciliği firmaları ne kazanacak?



Herhalde bu noktada sanayi politikası uzmanlarının devreye girip birtakım koruyucu düzenlemeler hazırlaması gerekiyor.

Dünya'nın Enerjisi Uzaydan Gelecek

Bu projenin amacı sadece uzayda maden aramak değil. Bilim insanları 21. yüzyılın enerji kaynağının Ay'da bulunan helyum-3 gazı olacağını söylüyor. Ay'da bulunduğu tespit edilen gazın miktarının Dünya'nın enerji ihtiyacını birkaç bin yıl boyunca karşılayabilecek kadar çok olduğu belirtiliyor. Sadece bir uzay gemisiyle getirilen 25 ton gaz, ABD'nin bir yıllık enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli olabilecek. Helyum-3'ün 1 kilosu 10 milyon varil petrolüne eşdeğer enerji veriyor. Enerjinin açığa çıkarılması için çekirdek füzyonu (kaynaştırma) gerekiyor. Günümüzdeki nükleer santrallerde kullanılan maddeler, örneğin uranyum hem çok fazla atık bırakıyor, hem de verimlilikleri az. İşte bu noktada helyumun bir izotopu olan helyum-3 devreye giriyor. Şu an kullanılan radyoaktif maddelerden daha temiz ve kaynaştırma reaksiyonu gerçekleştiğinde çok daha fazla enerjiyi açığa çıkarıyor. Aslında helyum-3 atomu çok yüksek ısı ve radyoaktif yıldızlarda, örneğin Güneş'te oluşuyor. Güneş rüzgârları sayesinde bu atomlar Ay'a ulaşıyor. Dünya'nın manyetik alanı güneş rüzgârlarını atmosfere girmeye

den ittiği için helyum-3 Dünyaya ulaşamıyor. Ay'da ise böyle bir mekanizma olmadığı için tüm güneş rüzgârları Ay'ın yüzeyine çarpıyor ve bu sayede Ay'ın yüzeyinde helyum-3 birikiyor. Ay'da bu güne kadar biriken helyum-3'ün en kötü ihtimalle 1-4,5 milyon ton arasında olduğu düşünülüyor. Yani Ay'da ABD'nin 25.000 yıllık enerji ihtiyacını karşılayacak kadar helyum-3 var.

Helyum-3 gazının elde edilmesi, bugünkü koşullarda hiç de ekonomik değil. Yaklaşık 70 ton gaz elde etmek için, 1 milyon ton Ay kayacının 800 derecede yakılması gerekiyor.

Uzayda Kullanılacak Teknolojiyi Bekleyen Zorluklar

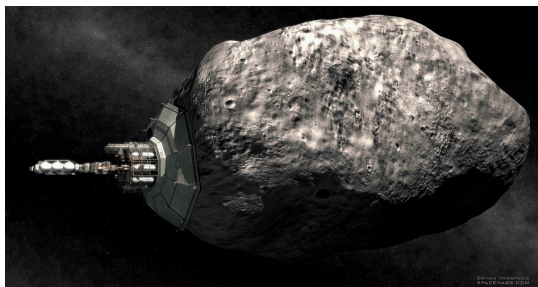
Uzaya gidilmeden önce yapılması gereken ilk iş, madenleri topraktan kazarak çıkaracak robotların yapılması. Robotlar üretildikten sonra beklendiği gibi verimli çalışıp çalışmadıklarının da defalarca kontrol edilmesi gerekiyor. Dünya yüzeyindeki etkinlik testlerinden geçen robotlar asteroit ve Ay toprağında aynı verimde çalışmayabilir. Örneğin Ay toprağı, ana kayanın parçalanıp ufalanmasından oluşan ve regolit diye adlandırılan bir yapıya sahip. Regolit incelendiğinde heterojen kütlelerin (toz, toprak, küçük kayaç parçaları vb.) kayaçların etrafını sardığı görülüyor. Regolitin yapısı yeryüzündeki toprağın yapısından biraz farklı. Ayrıca gezegenlerin ve asteroitlerin maruz kaldığı meteor bombardımanları nedeniyle regolitin üst katmanında çok sayıda ufalanmış, keskin uçlu, yıpratıcı, zımpara gibi parçacıklar var. Bu yüzey yapısı madencilikte kullanılacak aletlere ve ekipmana zarar verebilir.

Apollo'nun astronotlarının gözlemlerine göre Ay'daki toprağın bir diğer özelliği de Güneş'ten gelen radyasyon nedeniyle elektrostatik yüke sahip olması. Ay yüzeyinde havaya kalkan toz bulutunun içindeki toprak parçacıkları ilk temas ettikleri şeye yapışıp kalıyor, yüzey üzerinde akıp gitmiyor. Aynı durumun asteroit toprağı için de geçerli olduğunu tahmin eden uzmanlar, uzay toprağının bu özelliği yüzünden kullanılan makinelerin parçalarının

içinden nasıl geçeceğini ya da bu durumun makinelere zarar verip vermeyeceğini henüz bilmediklerini vurguluyor. Gerçek uzay toprağı örnekleri laboratuvara getirilene kadar çalışmalarda kullanılmak üzere regolit benzeri bir malzeme geliştirmeye başlamışlar.

NASA'da yapılan çalışmalarda yapay olarak geliştirilen birkaç çeşit Ay toprağı, ağız huni şeklinde olan ve özel olarak üretilmiş, regoliti oksijen elde edecek reaktöre iletecek olan boruyu denemek için kullanılmış. Düşük yerçekimi koşulları uygulandığında Ay toprağının taşıyıcı boruda rahat hareket etmediği ve verimli bir şekilde taşınmadığı gözlenmiş. Uzmanlar ancak boruyu sallayarak yapay Ay toprağının boruda ilerlemesini sağlayabilmiş. Avustralya'daki başka bir araştırmacı regoliti vakumlayan yani emerek içine çeken bir makine icat etmiş. Vakum sistemi havanın olmadığı Ay'da işe yaramayacağı için, yapay Ay toprağı ile gerçekleştirilen denemelerde regoliti toplayan tüp, daha geniş başka bir tüp ile çevrelenmiş. Böylece toprağın yüzeyden emilmesi sırasında dıştaki geniş tüpe pompalanan gaz içteki tüpe doğru akarken toprağı da beraberinde içteki taşıyıcı tüpe iletmış. Gaz molekülleri ile karışan toprak parçacıkları böylece borunun içinde rahatça hareket ederek reaktöre ulaşmış. Tabii uzay koşullarında bu yöntemlerin ne kadarının gerçekleştirilebileceği henüz bilinmiyor.

Asteroitlerden ve gezegenlerden su elde edilmesi de kolay olmayacak. Suyun bulunduğu yüzeylerin çoğunlukla buz ve toprak karışımı, adeta betonlaşmış çok kalın bir tabaka halinde olduğu biliniyor. Uzmanlar suyu çıkarmanın kolay yollarını Antarktika'da kurdukları araştırma merkezlerinde arıyor. Geliştirilen otomatikleştirilmiş bir teknikte toprağın ya da kayanın derinliklerine inen sondaj matkabının ucu, sıkıca kapatılmış bir tüpe yerleştiriliyor. Verilen ısıyla topraktaki buz buharlaşıyor, sonra da su, su buharı halinde yakalanıyor. Tüpten uzaklaştırılan matkap ucu hızla döndürülerek üzerinde kalan toprak uzaklaştırılıyor. İşlem otomatik olarak tekrarlanıyor ve su buharı elde etmeye devam ediyor. Yapılan çalışmalarda donmuş topraktaki suyun %92'sinin bu teknikle elde edildiği bildiriliyor.



Ay'daki toprakta fazla miktarda kimyasal aşındırıcı ve zehirli madde bulunuyor. Suyun su buharı halinde elde edilmesi sırasında zararlı maddeler uzaklaştırıldığı için bu tekniğin aletlere ve borulara zarar vermeyeceği düşünülüyor.

Uzay madenciliği ekibi 2015 yılında ilk keşif teleskobunu fırlatıp 2020 yılında asreoitlerden ilk madeni çıkaracaklarını, 2030 yılında da insanoğlunun Mars'a ayak basacağını düşünüyor. Daha sonra Mars'ta ve asteroitlerde üsler kurulacak, bu üsler geliştirilecek ve en sonunda uzayın daha uzak bölgelerine yapılacak yolculuklar için fırlatma rampası olarak kullanılacak. Bilimkurgu filmi senaryosunu andıran bu projeyi gerçekleştirmeyi planlayan firmalar hayli iddialı ve çalışmalarını hummalı bir şekilde sürdürüyorlar. Bu iş için sadece para yeterli değil; projenin bilimsel olarak iyi kurgulanması, kullanılacak teknolojinin defalarca kontrol edilmesi ve asteroitlerden Dünya'ya gelecek madenlerin Dünya'daki ekolojik hayatı riske atmayacak şekilde zehirli maddelerden arınmış olması gerekiyor. Galiba bu durumda araştırmacıların biraz da şansa ihtiyacı olacak. Kim bilir belki de önümüzdeki 20 yıl içinde uzaydan getirilen elementlerle üretilen tabletleri ya da başka yeni nesil teknoloji ürünlerini kullanıyor olacağız. En önemlisi, uzay madenciliği sayesinde Dünyada madencilğe son verilirse ekosisteme de zarar gelmeyeceği için, Dünya tekrar güzel bir doğa parkı haline gelebilir.

Kaynaklar

- <http://www.planetaryresources.com/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_mining
- <http://www.planet-science.com/categories/over-11s/space/2012/04/mining-in-space.aspx>
- <http://www.voanews.com/content/australian-summit-ponders-mining-in-space/1607101.html>
- <http://www.forbes.com/sites/michaelvenables/2013/05/31/brent-spiner-on-why-space-telescopes-asteroid-mining-matters-for-earths-survival/>
- <http://news.discovery.com/space/asteroids-meteorites/could-asteroid-mining-drive-21st-century-space-industry-130204.htm>
- <http://www.wired.com/wiredscience/2012/04/planetary-resources-asteroid-mining/>
- <http://www.popularmechanics.com/science/space/moon-mars/1283056>