

# UZAY OTOSTOPÇULARI

**Küçük uzay sondaları, otostopçular gibi büyük uzay mekiklerinin sırtında uzaya gidebilir ve gezegenlerin kütleçekim kuvvetlerini kullanarak kendilerini Güneş Sistemi'nin orasına burasına yönlendirebilirler. Bu yöntem, uzay çalışmalarının büyük bütçeler gerektirmeden de yapılabilmesi anlamına geliyor. Bunu gerçekleştirmeye çalışan "tutumlu" mühendisler ne diyor?**

"Daha hızlı, daha iyi, daha ucuz" 1990'lar boyunca NASA'nın sloganıydı. Ancak "daha ucuz" kısmı pek de uygulanabilmiş görünmüyor. Çünkü Mars'a gönderilen iki aracın kaybindan sonra NASA, gezegeni keşfetme planlarını gözden geçirdi ve program harcamalarını üçte bir oranında arttırdı. NASA Direktörü Daniel Goldin, maliyet düşürme hedefinin araçların teknolojik güvenliğini etkilemiş olduğunu kabul eder görünüyor.

Ancak bazı uzay mühendisleri, NASA'nın planladığı görevlerden yalnızca tekinin maliyeti kadar para harcayarak Mars'a ya da diğer gezegenlere küçük sonda filoları gönderebilme iddialarını koruyorlar. Sloganları "daha küçük, daha çevik ve daha da ucuz" olarak özetlenebilecek bu mühendisler, küçük uzay gemilerinin büyük ticari uyduların sırtında uzaya gitmelerini sağlayarak fırlatma maliyetlerini yüz milyonlarca dolar azaltabilecekler. Uzaya çıktıktan sonra bu araçlar, gezegen yörüngelerinden yararlanarak çok daha az yakıtla hedeflerine ulaşabilirler.

Fırlatma ve yörünge kullanımındaki bu yöntemler "akıllı" yolculuk sistemleri ve gelişmiş itme teknolojileriyle birleştirilebilirse, pahalı bir uğraş olan uzay bilimi maddi açıdan uygun bir etkinliğe dönüşebilir. Gezegenlere araç göndermede maliyetin

neredeyse yarısı, Dünya çevresindeki yörüngeye oturtulma aşaması için harcanır. Bu işlemin kimyasal roketler kullanılarak yapılması sürdükçe, harcanan paralarda bir değişiklik olması beklenemez. Boulder, Colorado'daki Ball Aerospace şirketindeki küçük uydular programının yöneticisi Maggie Jones'a göre son yirmi yılda belirgin bir değişim göstermeyen fırlatma maliyetlerinde artık birşeyler değişmek zorunda.

Uzaya gitmenin maliyeti, aracın kütlesine bağlı olarak arttığından, maliyet düşürücü çalışmalara sondanın büyüklüğünden başlanması gerekiyor. 1980'lerde NASA'nın büyük uzay araçlarından bazılarını fırlatmak çok paraya mal oldu. Örneğin 1989'da Atlantis uzay mekiğiyle birlikte Jüpiter ve aylarında yapacağı görev yolculuğuna başlayan 3881 kg'lık Galileo'nun fırlatma maliyeti 550 milyon dolardı.



## Otostopçu'nun Seyir Defteri

Goldin 1992'de NASA'daki görevine başladığında sorunun ana kaynağını farkettiler. Uzay araçlarını bu kadar büyük yapmak, çok fazla yumurtayı aynı sepete koyarak tehlikeye atmak anlamına geliyordu. 1 milyar dolarlık Mars Observer sondasının 1993'deki kaybı da bu düşüncenin haklı olduğunu gösterdi. Bu deneyimden sonraki Mars görevlerinde daha ufak uzay araçları kullanıldı. Örneğin Mars Global Surveyor 1000 kilogramdı. Fakat daha da küçük bir uzay aracı üzerinde çalışan "daha küçük, daha çevik ve daha da ucuz" ekibine göre Surveyor ve benzerleri yine de çok ağırlar.

Küçük uzay araçlarının ticari uydulara "otostop" yöntemiyle "binerek" gönderilmeleri maliyetleri azaltabilir. Birçok şirket bu pazarı akıllıca kullanabilmeyi umuyor. Örneğin Almanya'nın Bremen kentindeki EUROCOT, değiştirilmiş Sovyet SS-19 balistik füzelerini kullanıyor ve ilk fırlatmayı bu yılın sonlarında yapmayı planlıyor. Roketlerin ana görevi yaklaşık 350 kg'lık ticari uyduları uzaya taşımak olacak. Şirket ayrıca daha küçük araçlar için de "sırtta taşıma" yöntemini öneriyor. Taşınacak kilogram başına

10.000 dolar gibi ucuz bir fiyat önen bu servis, herbiri 50 kg ağırlığındaki 7 ayrı aracın aynı anda yörüngeye gitmesini sağlayabilecek.

Fırlatma alanındaki diğer büyük oyuncuların bazıları da sırta taşıma yöntemiyle yapılacak uçuşları öneriyor. Avrupa Arianespace konsorsiyumu, Ariane 4 roketleri üzerinde herbiri 50 kg olan 24 küçük uydu fırlattı. Daha büyük olan Ariane 5 ise, bir seferde 8 tane 120 kg'lık yük kapasitesini sırtında taşıyabiliyor. Ayrıca bu düzeneklerden ikisinin birleştirilip 240 kg'lık tek bir yükün taşınması için kullanılması da mümkün. Genellikle büyük bir iletişim uydusu olan ana yükü işletecek kuruluş, çoğu kez fırlatma maliyetlerinin tümünü karşıladığından, bu yöntemle gönderilecek küçük otostopçu uyduların uçuşları yalnızca bir ya da iki milyon dolara mal olacaktır.

Sırta taşıma yöntemi şimdiye kadar yalnızca küçük uyduların Dünya yörüngesine yerleştirilmesinde kullanıldı. Ancak 240 kilogramlık bir sırta taşıma sistemi, oldukça büyük bir bilimsel donanım paketinin Mars ya da daha uzağa taşınmasında da uygulanabilir. Bu nedenle Ariane 5, gezegen keşfiyle ilgilenen mühendislerin hayallerini süslemeye başladı.

Ariane 5 taşıdığı yükleri, eşlemeliye aktarma yörüngesinde (geosynchronous transfer orbit-GTO) bırakır. Bu, Dünya'ya en yakın noktası Dünya yüzeyinden yalnızca birkaç yüz kilometre uzakta, Dünya'dan en uzak noktasıysa 36.000 km ye kadar ulaşan oldukça eliptik bir yörüngedir. 36.000 km yükseklikteki dairesel bir yörüngeye oturtulan cisimler, Dünya kendi eksenini çevresinde döndükçe Dünya yüzeyi üzerinde hep aynı noktada kalır. Bu yörüngelerin eşlemeli (senkron) terimi ile ifade edilmeleri de bu özelliklerinden kaynaklanır. Haberleşme uyduları yüksekliklerini Dünya'ya en yakın nokta düzeyine getirmek için, iticilerini kullanarak eliptik GTO'dan eşlemeli yörüngeye çıkarlar.

Bir GTO'dan direk olarak gezegenlere gitmeyi sağlayacak itki, çok fazla yakıt gerektirecektir. Ama bir GTO'yu çok daha az bir yakıt kullanarak ter-

ketmek ve daha sonra yön değiştirmek de mümkün. Bunu gerçekleştirmenin sırrı New Jersey, Princeton üniversitesindeki gökyüzü dinamiğinde uzmanlaşmış matematikçi Edward Belbrun ve JPL'deki uzay mekiği yolculuğu uzmanlarından James Miller tarafından 1980'lerin sonunda düşünülmüş ustaca bir yöntemde saklı.

Belbruno ve Miller, düşük bir roket itkisi kullanarak bir uzay aracının yörüngesinin Dünya'ya en uzak olan noktasının yüzbinlerce kilometreye kadar artırabileceğini farkettiler. Belbruno böyle bir uzaklıktaki bir sondanın uzayda Dünya, Ay ve Güneş'in kütleçekim kuvvetlerinin birbirlerini neredeyse etkisiz hale getirdikleri Zayıf Kararlılık Sınırı (Weak Stability Boundary) olarak adlandırılan bir böl-



geye girebileceğini söylüyor. Bu bölgede kaos kurallarının matematiği ve roket yanışı kullanılarak, bir uzay aracının yörüngesi tamamen değiştirilebilir. Belbruno'ya göre uzayın bu bölgesindeki bir araç caddede yürüyen bir sarhoşa benzer ve herhangi bir anda yolunu başka bir yöne doğru değiştirebilir.

Belirgin bir sonuca ulaşmak için yapılması gereken hesaplamalarda oldukça karmaşık. Yine de yaşanan iki kurtarma operasyonu deneyimi, bu uzay sarhoşlarını hedeflerine yönlendirmenin başarılabileceğini gösterdi. Bunlardan birincisi 1990'da fırlatılan Hiten isimli Japon uzay aracıydı. Bu aracın görevi bir basketbol topu büyüklüğündeki Hagoromo sondasını Ay yörüngesine çıkartmaktı. Ne yazık ki Hogoromo kayboldu ve proje ekibi kaybolan sondayı kurtarmak için

Belbruno ve Miller'in hesaplamalarına başvurdu.

Eliptik bir Dünya yörüngesine bırakılmış Hiten, bildik yöntemlerle Aya gitmek için gereken yakıtı sahip değildi. Ama uydunun yörüngesini Ay'dan bir milyon kilometre uzağa azar azar genişlettikten sonra, çok küçük bir itme Hiten'i Ay yörüngesine oturtmak için yeterli oldu.

Başarıdan cesaret alan Avrupa Uzay Ajansı (ESA), SMART-1 isimli bir uzay aracını Dünya'dan Ay yörüngesine göndermek için Belbruno ve Miller'in hesaplamalarına dayanan bir yörünge kullanmayı planlıyor. Ekim 2002'de Ariane 5 ile fırlatılacak bu uydu, kızıl ötesi ve X-ışını spektrometrelerini kullanarak Ay yüzeyinin kimyasal yapısı üzerinde çalışacak ve Ay yüzeyinin fotoğraflarını çekecek.

Blamont'un asıl isteği, Zayıf Kararlılık Sınırını uzay araçlarını Mars'a götürmek için kullanmak. NASA'nın Jet İtke Laboratuvarlarından (JPL) Paul Penzo'nun da aralarında bulunduğu gökyüzü dinamiği uzmanlarıyla çalışan Blamont, 1990'ların sonunda NASA'yı Ariane 5'in 240 kg'lık sırta taşıma yataklarından birinin, Mars'a 50 kg'lık donanım götürülmesinde kullanılabileceğine ikna etti. Bu, gerekli bilimsel sonuçların elde edilmesi için yeterli bir miktar. Kalan taşıma kapasitesi, itme sistemi ve yakıt için yeterli olacaktır. Penzo, Ay ve Dünya'nın kütleçekim kuvvetlerini ve sadece üç roket ateşlemesi kullanarak GTO'dan Mars'a gitmek için mükemmel bir yöntem tasarladı.

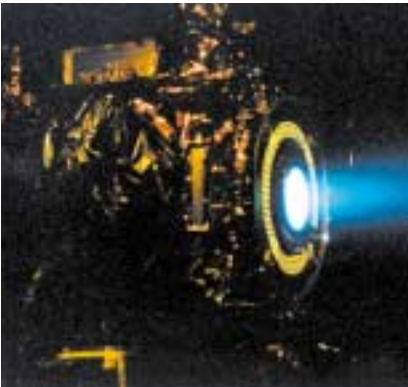
Penzo yöntemin başta uygulanabilir görünmediğini, ancak bir yıllık çalışma sonunda bunu yapmak için iyi bir yol bulunduğunu söylüyor. Bu yöntemde, uzay aracının Dünya'ya en yakın olduğu andaki ilk ateşleme yörüngeyi Ay'ın ötesine, Zayıf Kararlılık Sınırı'na yükseltir. İkinci bir ateşleme aracı Ay'a doğru geri iter ve Ay'ın kütleçekim kuvveti, aracın yörüngesini yeniden düzenler. Son olarak Dünya'ya en yakın konumda üçüncü bir ateşleme ve gezegenimizin kütleçekim kuvveti birleşerek, aracı Mars'a doğru fırlatır.

Mars'ın yörünge hareketinin, bu gezegeni aracın erimi dışına götürme-

si istenmiyorsa, Mars'a yapılacak yolculukların doğru zamanda başlaması gerekir. Ama sırtta taşıma yönteminin kullanıldığı fırlatmalarda, ana yük için belirlenmiş zamanlamaya uymaları zorunlu olsa da, bu otostopçular için sorun değil: Araç, Mars doğru yerine gelene kadar bir GTO'da park edebilir. Bu yaklaşım, Mars seferlerinin herbirinin 50 milyon dolar gibi az bir maliyete çıkmasını sağlayabilir. Bununla birlikte, 1999'daki Mars Climate Orbiter ve Mars Polar Lander kayıplarından sonra NASA projeyi beklemeye almış bulunuyor. NASA'nın tüm korkularına rağmen, Penzo'nun JPL'deki eski proje yöneticisi Kim Leschly, küçük uzay araçlarını gezegenlere göndermek için Zayıf Kararlılık Sınırını kullanma düşüncesinin önümüzdeki üç yıl içinde yeniden canlanacağından emin.

"Daha küçük" ve "daha çevik" başlıkları üzerinde yapılacak çalışmalar, yöntemin şansını artırabilir. Konunun kilit kişileri arasında JPL'nin 1998'de kurulan Entegre Uzay Mikrosistemleri Merkezi'ndeki (CISM) mühendisler de bulunuyor. Bu merkezin yöneticisi Leon Alkalai, amacın sistemlerin sondaların kendi kendilerine çalışacak şekilde küçültülerek bir dizi çip haline getirilmesi olduğunu söylüyor.

CISM ayrıca araç gereçleri küçültmek için, silikon çiplerdeki devrelerin basımında kullanılan teknikleri uyguluyor. Merkez bir uzay aracının konumunu kontrol edecek bir jiroskop'un, bozuk paradan daha küçük boyuttaki bir örneğini yaptı. Yıldız izleyicileri, ivmelendiriciler, yön bulma, güç, komuta ve kontrol, iletişim ve veri toplama birimleri üzerindeki küçültme çalışmalarıyla sürüyor. Alkalai bunların tümünün gelecekte bir çip kadar küçültülmüş olacağını söylüyor.



Alkalai 2006 yılına kadar bu teknolojiyle ilgili yapılacak deneyleri hızlandırmayı, 2012 yılındaysa CISM'nin tasarladığı çiplerle işleyen bir uzay aracının Jüpiter ya da Satürn'ün aylarının keşfinde ya da bir kuyruklu yıldızdan alınan örneğin Dünya'ya geri getirilmesinde kullanılacağını umuyor. Uzun vadedeki planıysa "düşünen bir uzay aracı"nın olanaklı kılacak devrimci bilgisayar programları geliştirmek. Bu düşünen uzay aracı birçok detektörden gelen bilgiyi bütünleyebilecek, modelleri tanıyabilecek, değişen çevre koşullarına çok çabuk uyarlanabilecek, aksaklıklar ve dışarıdaki ani tehlikelerle başedebilecek.

CISM gelecekle ilgili planlar yaparken, birçok şirket çok az bir yer desteği gerektiren "düşük-bakım" araçlarını yapmak için hâla bugünün teknik normlarındaki elektroniği kullanıyor. Guildford'daki Surrey Üniversitesi bünyesindeki bir İngiliz firması olan Surrey Uydu Teknolojisi'nin yöneticisi Martin Sweeting, "İnsanlar buraya geldiklerinde korkuyorlar çünkü kontrol odasında kimse yok." diyor. Şirket 1981'den bu yana 19 küçük uyduyu Dünya yörüngesine yerleştirdi. Şimdi de 2003'de 420 kilogramlık bir sondayı Ay'a göndermek için plan yapıyor.

Roket ve roket yakıtının kütlesi bir sondanın kütlesinden çok daha fazla olduğundan, ele alınması gereken bir başka öncelikse daha etkin fırlatma sistemleri bulmak. Bunun için birçok fikir öne sürüldü. Şimdiye kadar kağıt üzerindeki bu fikirlerden yalnızca biri hayata geçmeyi başardı. Güneş elektriki itkisi diye adlandırılan bu yöntemde



Güneş panellerince üretilen güç, bir gazı iyonize ediyor ve iyonlar da bir eksozdan hızla uzaya atılarak itki sağlıyor.

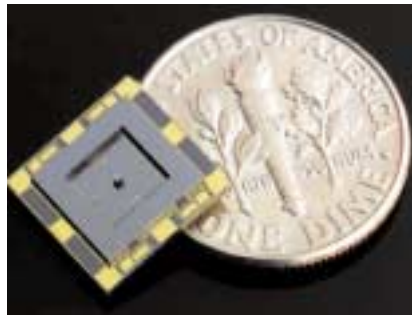
Bu itki, ilk kez

NASA tarafından 1998 Ekim'inde fırlatılan ve 2001 Eylül'ünde Borrelly kuyruklu

yıldızıyla buluşan Deep Space 1 mekiğinde kullanıldı. Deep Space, saniyede 35.000 metre hızla ksenon iyonu çıkaran bir motorla donatılmıştı. Bu büyüklükteki bir hız, iyon motorunu bir kimyasal roketten 10 kat daha güçlü yaptığından, daha az yakıt ve daha hafif bir uzay aracı anlamına gelir. Şu andaki iyon motorları sıradan roketlerin itme gücünün çok küçük bir oranını üretebiliyor olsa da, binlerce saat ateşleme yapabilme özellikleriyle bunu telafi ediyorlar. Deep Space 1'in başarısından cesaretlenen ESA, aracın yörüngesini Zayıf Kararlılık Sınırına uzatmak için 17 ay boyunca kullanılacak benzer bir motoru SMART-1 üzerine koymayı planlıyor.

Fırlatma ve küçültme teknolojilerindeki ilerlemeler birbiriyle iletişimde olan küçük araçlardan oluşan takımların fırlatılmalarına olanak sağlayabilir. Bu düşünce NASA'nın Maryland, Greenbelt'deki Goddard Uzay Uçuşu Merkezi'nin yürüttüğü Uzay Teknolojisi 5 görevi kapsamında deniyor. Amaç, yerden destek almaksızın birbirlerine olan uzaklıklarını koruyan ve uçmak için mikromekanik iticileri kullanan üç adet 21,5 kg'lık uyduyu 2003 sonunda fırlatmak. Uydu Güneş'teki faaliyetlerin Dünya'nın manyetosferi (Dünya'nın manyetik alanınca yakalanan elektrik yüklü parçacıkların bulunduğu bölge) üzerindeki etkisini kontrol edecek. Bu görevi yöneten Doug McLennan, yolu aydınlattıklarını söylüyor.

NASA, ESA ve diğer uzay kurumlarının bu yolda ne kadar hızlı gidebileceklerini zaman gösterecek. Uzay çalışmalarının maliyeti bugünkü yüz milyonlarca dolardan daha azına indirilebilirse, daha ucuz sondalardan oluşan yeni bir uzay biliminin kapısı açılmış olacak.



NASA'nın minyatür jiroskopu (üstte).  
Deep Space-1'in iyon motoru (solda)

Nature, 30 Kasım 2000/www.nature.com

Çeviri: Ayşenur Topçuoğlu