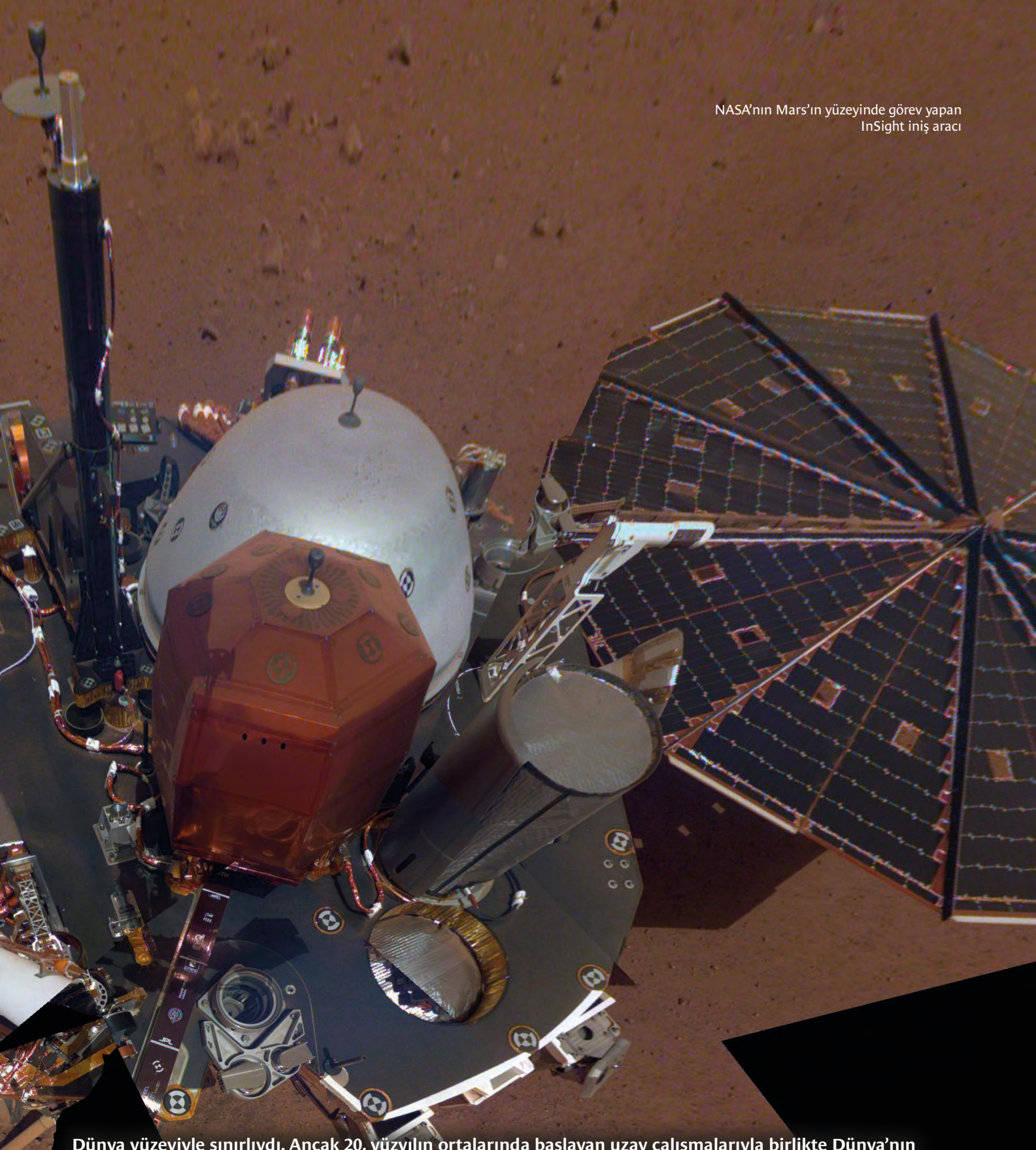
Uzay Arkeolojisi

Uzay Çağının Kalıntıları

Alp Akoğlu [*Fizikçi, Amatör Gök Bilimci*

Arkeoloji, geçmişte yaşamış insan topluluklarını; yerleşimler, yapılar, aletler, sanat eserleri ve insan eliyle üretilmiş başka her türlü kalıntı üzerinden inceleyen bir bilim dalı. Arkeolojinin klasik arkeoloji, Mısır arkeolojisi, arkeoastronomi ve su altı arkeolojisi gibi farklı coğrafyaları ve dönemleri inceleyen ya da farklı araştırma yöntemlerini kullanan alt dalları var. İnsanların etkinlik alanı geçmişte



NASA'nın Mars'ın yüzeyinde görev yapan
InSight iniş aracı

Dünya yüzeyiyle sınırlıydı. Ancak 20. yüzyılın ortalarında başlayan uzay çalışmalarıyla birlikte Dünya'nın yörüngesine ve başta Ay olmak üzere diğer gök cisimlerine kadar uzandı. Tarihte yeni bir çağın başlangıcı olarak kabul edilen bu dönemin kalıntıları insanlığın ortak mirası olarak değerlendirilmeye başlandı. Bu da "uzay arkeolojisi" olarak adlandırılan yeni bir araştırma alanının doğmasına neden oldu.

mikiell / iStock

Uzay arkeolojisi, uzay çalışmaları sırasında geride bırakılan nesneleri, bunların izlerini ve bu izlerin bulunduğu ortamları inceleyen bir araştırma alanı. Bu alanın ilk tohumları Ay'daki Apollo iniş alanlarının insanlığın ortak mirası sayılması gerektiğine dikkat çeken araştırmacılar sayesinde atıldı. Sonrasında gezegenlere gönderilen uzay araçları, uydular hatta yeryüzündeki fırlatma rampaları da birer teknolojik kalıntı olmaktan ziyade korunması gereken kültürel miras olarak görülmeye başlandı. Uzay çalışmalarının ürünü olan yapılar ve nesneler belirli bir dönemin teknolojik gelişmişlik düzeyini, bilimsel anlayışını ve önceliklerini yansıtan tarihsel değerler olarak öne çıkmaya başladı.

Uzay arkeolojisinin yöntemleri klasik arkeolojiden büyük ölçüde farklı. Dünya'daki arkeolojik çalışmalarda kazı, yüzey araştırması ve fiziksel örnek toplama gibi yöntemler kullanılsa da uzayda fiziksel müdahale çoğu zaman mümkün değil. En azından şimdilik. İki alanın ortak kullandığı yönteminse uzaktan algılama olduğu söylenebilir.

Uzay arkeolojisi alanının sınırları kesin biçimde çizilmiş değil. Ancak uzay çalışmalarının büyük bir hız kazanması, bu alanı giderek daha önemli hâle getiriyor. Bugün gönderilen her uzay aracı, gelecekte insanlığın uzay faaliyetlerini ve hedeflerini anlamak isteyen araştırmacılar için en önemli veri kaynağı olacak. Bu nedenle uzay arkeolojisi yalnızca geçmişe dönük bir ilgi alanı değil aynı zamanda bugünkü uzay çalışmalarını da farklı bir bakış açısıyla değerlendirmeyi sağlayan bir disiplin olarak kabul ediliyor.

Arkeoastronomi ve Uzay Arkeolojisi

Arkeoastronomi, geçmişte özellikle de antik çağlarda gökyüzünün insanların yaşamını nasıl etkilendiğini, insanların gökyüzünde gözlemledikleri olayları anlamlandırarak günlük yaşamlarında nasıl kullandıklarını, kültürlerine nasıl yansıttıklarını inceleyen çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Uzay arkeolojisi çalışma alanı ise uzay çalışmaları kapsamında üretilen fırlatma rampalarının, uzay araçlarının, uzay istasyonlarının ya da üslerin birer kültür mirası olarak görülmesi ve bunların korunması üzerinedir. Bu mirasın bir kısmı yeryüzünde, bir kısmı uzayda, bir kısmı da Ay ve diğer gök cisimlerinde bulunur.

İlk Çalışma Alanı: Ay

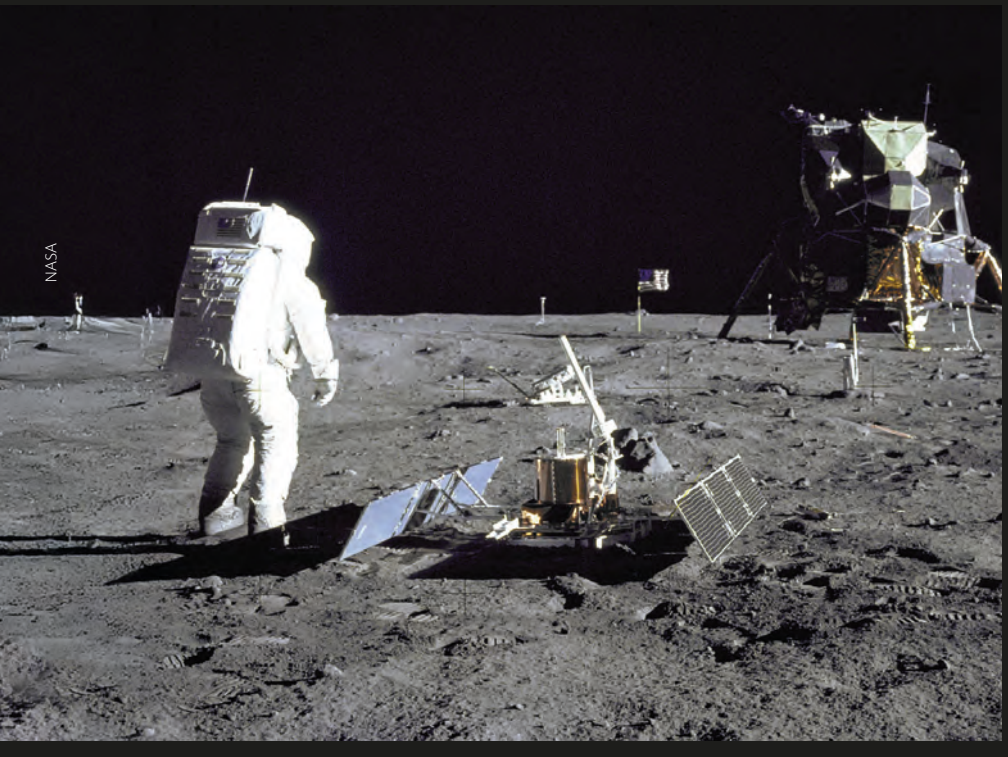
Uzay arkeolojisinin bugüne kadarki en iyi korunmuş potansiyel çalışma alanı Ay'dır. Bunun temel nedeni, Ay'ın bir atmosferinin bulunmayışı dolayısıyla rüzgâr, yağmur ve akarsular gibi Dünya'daki aşındırıcı süreçlerin Ay'da var olmamasıdır. Ay, jeolojik olarak aktif bir gök cismi değildir. Bu koşullar, insan yapımı nesnelerin ve yüzeydeki izlerinin uzun süre korunmasına olanak tanır. Elbette herhangi bir müdahale olmadığı sürece.

Apollo görevleri sırasında Ay yüzeyinde bırakılan iniş modülleri, bilimsel deney düzenekleri, araç izleri ve astronot ayak izleri insanların bir başka gök cisminin yüzeyinde doğrudan bıraktığı ilk kalıcı izleridir. Bu izler simgesel önem taşır ama aynı zamanda dönemin mühendislik kapasitesini, görev planlama anlayışını, risk algısını ve bilimsel önceliklerini de yansıtır. Ay yüzeyinde bırakılan her nesne, hangi teknolojilerin kullanıldığını ve hangi çözümlerin tercih edildiğini gösteren birer belge niteliğindedir.

Ay görevleri özellikle 1959-1976 aralığında yoğunlaşmıştı. Bu dönemde hem ABD hem de Sovyetler Birliği çok sayıda insansız ve insanlı aracı Ay'a gönderdi. Bunların bazısı yörüngede kaldı, bazısı yüzeye indi, bazısı ise kasıtlı olarak yüzeye çarptırıldı. Bu süreç, Ay üzerinde insan etkinliğinin izlerini taşıyan çok sayıda alanın oluşmasına yol açtı.

Sovyetler Birliği'nin Luna programı kapsamında gönderilen araçlar 14 farklı bölgede bulunuyor. ABD'nin Ranger, Surveyor ve Lunar Prospector gibi görevlerinin yanı sıra Apollo programı sırasında bırakılan kalıntılar çok daha fazla sayıda bölgeye yayılmış durumda.

Son yıllarda Ay yeniden gündemde. Bu kez Soğuk Savaş dönemindeki ABD-Sovyetler Birliği rekabeti yok ancak günümüzde Çin, Hindistan ve Japonya gibi ülkeler Ay yüzeyine iniş araçları ve keşif robotları gönderiyor. NASA'nın bilimsel yükleri ticari şirketler aracılığıyla Ay'a ulaştırmayı hedefleyen CLPS programı kapsamında da bugüne kadar üç iniş gerçekleştirildi.


NASA

Apollo 11 görevi sırasında çekilen bu fotoğrafta astronot Buzz Aldrin, Ay yüzeyinde sismik deney düzeneğinin yanında duruyor. Bu fotoğraf, insanlığın Ay'a ilk inişi sırasında yüzeyde gerçekleştirilen çalışmaları belgeleyen karelerden biridir.

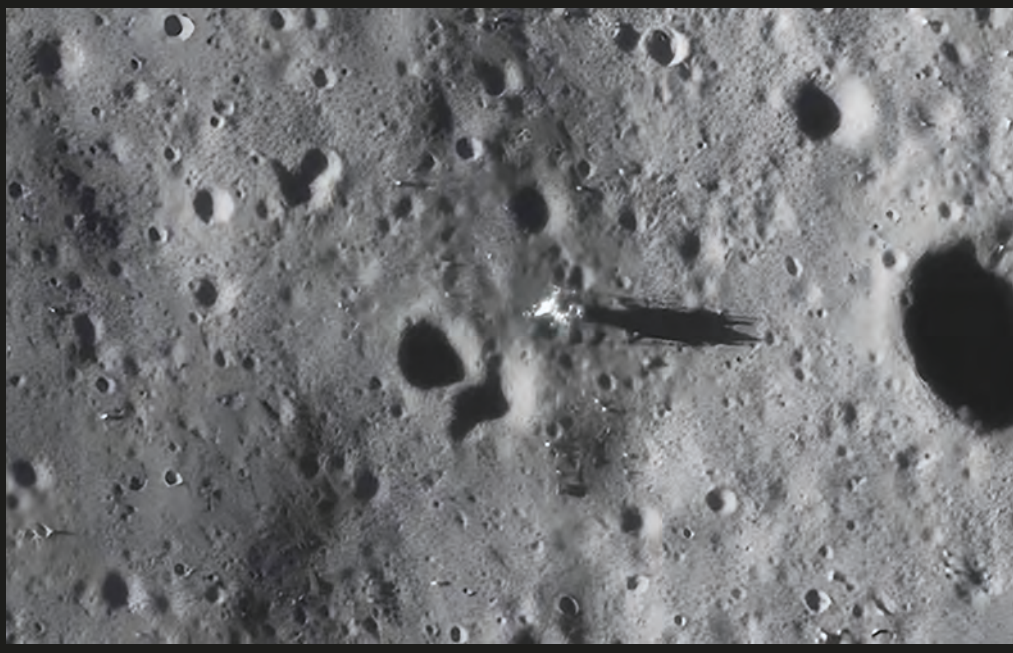
Sükûnet Üssü

Apollo 11'in iniş yaptığı Sükûnet Denizi'ndeki Sükûnet Üssü olarak adlandırılan iniş bölgesindeki kalıntıların NASA'da tam bir listesi bulunmuyor. ABD'deki Smithsonian Ulusal Havacılık ve Uzay Müzesi, Johnson Uzay Merkezi, Ay ve Gezegen Enstitüsü ile NASA arşivlerinde yapılan incelemeler sonucunda bu bölgede 100'den fazla kalıntı olması gerektiği anlaşıldı. Ancak bu uzaktan yapılan araştırma, eksiksiz bir envanter ortaya koymuyor.

Araştırmacılar, alanın arkeolojik durumunu doğru biçimde değerlendirebilmek için iniş bölgesinde doğrudan ayrıntılı ölçüm ve haritalama yapılması gerektiğini belirtiyor. Ancak en başta bu tür bir çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli finansmanı sağlamak çok zor. Bu nedenle Sükûnet Üssü'nün arkeolojik incelemesi büyük ölçüde arşiv belgeleri, fotoğraflar,

ses kayıtları, video görüntüleri, mühendislik çizimleri ve görev sonrası hazırlanan raporlar üzerinden yürütülüyor.

Sükûnet Üssü'nde bulunan nesnelerin önemli bir bölümü, o dönemin ileri teknoloji örnekleri. Ay yüzeyinden kaya ve toprak örnekleri toplanmasını sağlayan aletler, ilk kez incelenen 3,7 milyar yıllık Ay toprağının Dünya'ya getirilmesine olanak tanıdı. Ayrıca astronotlar tarafından yerleştirilen lazer yansıtıcı düzenekler, Dünya ile Ay arasındaki uzaklığın santimetre hassasiyetinde ölçülmesini sağladı.



ISRO

Apollo 11'in Ay'daki iniş alanı, Hindistan'ın Chandrayaan-2 yörünge aracı tarafından Ay yörüngesinden görüntülendi. Fotoğrafta Ay'a ilk inişten kalan bazı izler ayırt edilebiliyor.

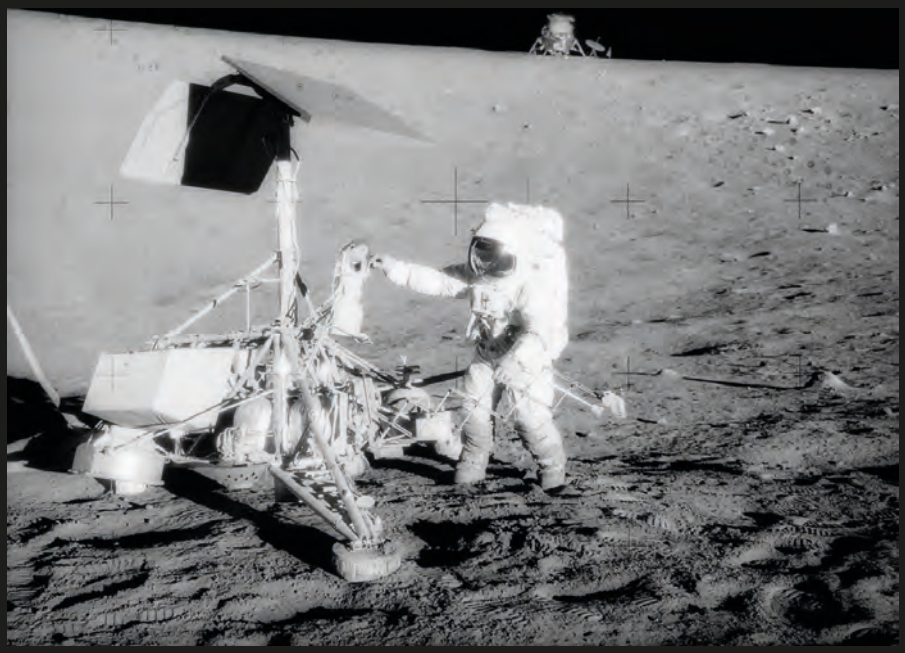
NASA

Apollo 11 görevi sırasında Buzz Aldrin tarafından Ay yüzeyine bırakılan bu iz, bir insanın başka bir gök cisminde attığı ilk adımlardan biri olarak tarihe geçti ve tüm insanlığın ortak mirası oldu. Atmosfer olmadığı için Ay toprağındaki bu ayak izi neredeyse değişmeden günümüze kadar ulaşmıştır.

Bu düzenekler, onlarca yıl boyunca veri üretmeye devam etti ve günümüzde hâlâ bilimsel açıdan değer taşıyor. Apollo görevleri ABD'nin bir başarısı olarak görülse de inişlerin yapıldığı alanlar insanlığın ortak mirası olarak kabul görüyor. İnsanlığın başka bir gök cismine ilk adım attığı yer olması, bu alanı evrensel bir kültürel miras unsuru hâline getiriyor. Nitekim Apollo 11 görevi, tarihsel olarak birçok ülkeden bilim insanlarının katkıda bulunduğu geniş bir bilimsel birikiminin ürünüydü. Bunun yanı sıra Dünya'nın farklı noktalarındaki yer istasyonları, izleme ağları ve bilimsel altyapılar da kullanıldı.

Surveyor 3: İlk ve Tek Yerinde İnceleme Deneyimi

Uzay'da yapılan ilk ve tek arkeolojik örnek toplama çalışması 1969'da, Ay'a ilk insanın inişinden yalnızca birkaç ay sonra gerçekleştirildi. Apollo 12 görevinde iniş aracı, 1967'de Ay'a inen ABD yapımı Surveyor 3 uzay aracının yalnızca birkaç yüz metre yakınına iniş yaptı. Astronot Alan Bean, Surveyor 3'ün iniş sırasında yüzeyde bıraktığı izlerden aracın iniş sırasında zıpladığını anladı. Astronotlar bu izleri fotoğrafladı,



NASA

Apollo 12 görevi sırasında çekilen bu fotoğrafta Ay yüzeyine farklı zamanlarda gönderilen iki uzay aracı birlikte görünüyor. Arka plandaki araç Apollo 12 Ay Modülü, ön planda görünense insansız uzay aracı Surveyor 3.

aracın video kamera, örnekleme kolu ve bazı başka parçalarını söktü.

Surveyor 3'ten sökülen parçalar etiketlenip Dünya'ya getirildi. Bu parçaların Ay ortamında iki yıl boyunca maruz kaldığı etkiler incelendi. Elde edilen sonuçlar, uzay ortamının insan yapımı nesneler üzerindeki etkilerine dair veriler sağladı. Veriler, Ay'daki aşındırıcı süreçlerin sınırlı olmasına karşın Ay'ın yüzeyindeki nesnelerin kozmik ışınım, mikrometeoritler ve sıcaklık döngüleri gibi etkenler tarafından zaman içinde az da olsa yıpranabileceğini gösterdi.

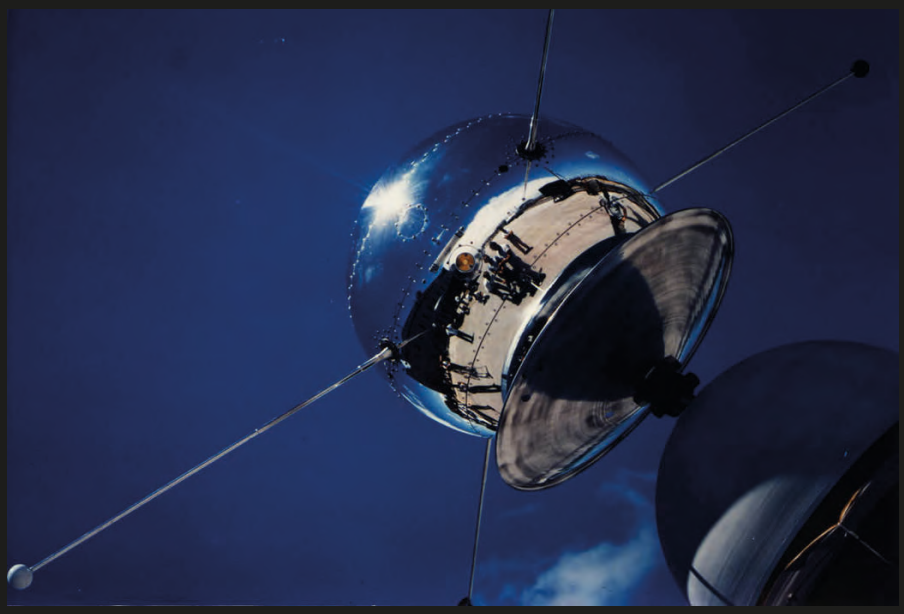
NASA

Astronotlar, iniş sırasında Surveyor 3'ün zıplayarak yer değiştirdiğini fark etti. Bu durumu, bıraktığı izleri fotoğraflayarak belgelediler.

Dünya Yörüngesindeki Tarih

Uzay arkeolojisi kavramı ilk olarak Ay'daki mirasın korunması düşüncesiyle ortaya atılmış olsa da insanın uzayda bıraktığı izlerin önemli bir bölümü Dünya yörüngesinde bulunur. Uzay istasyonları, uydular ve roket parçaları uzay çağının farklı dönemlerini yansıtır.

Yörüngedeki nesnelerin çoğu artık işlevlerini yerine getirmedikleri için birer enkaz olarak değerlendirilebilir. Erken dönemde teknolojik olanaklar nedeniyle yörüngeye yerleştirilen uyduların görev süreleri kısa, işlevleri sınırlıydı. Örneğin ilk haberleşme uyduları günümüz standartlarına göre basit görünebilir ancak küresel iletişimin temellerini atan ilk somut adımları temsil ederler. Benzer şekilde erken dönem gözlem uyduları, Dünya'nın uzaydan sistematik biçimde izlenmesinin başlangıcını simgeler. Yörüngedeki insan yapımı kalıntıların incelenmesi Ay yüzeyindeki çalışmalardan farklı yöntemler gerektirir. Bu nesnelere doğrudan ulaşmak çok zor ve maliyetlidir. İnceleme ancak radar verileri, yörünge parametreleri ve görev kayıtları üzerinden uzaktan yapılabilir.



NASA

Dünyanın güneş enerjisiyle çalışan ilk yapay uydusu olan Vanguard 1, 1958 yılında ABD'deki Cape Canaveral'da fırlatma öncesi kontroller sırasında. Vanguard 1, bugün hâlâ Dünya yörüngesinde dolanan en eski insan yapımı nesnedir.

Mars ve Ötesi

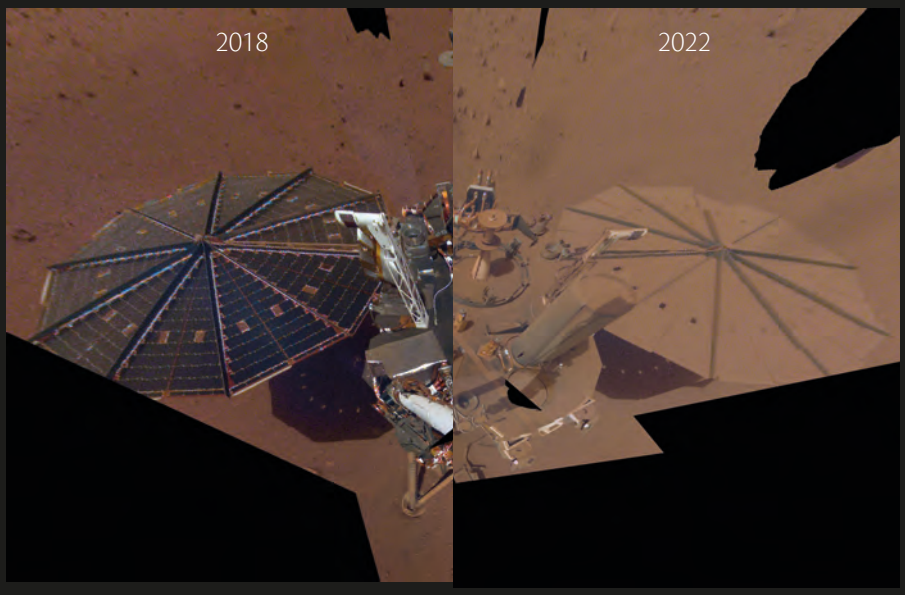
Ay'dan sonra en fazla insan yapımı nesnenin bulunduğu gök cismi Mars'tır. Farklı ülkeler tarafından gönderilen iniş araçları, keşif robotları ve yörünge araçları gezegen yüzeyinde ve çevresinde onlarca yıllık bir insan etkinliği geçmişi oluşturdu. Bu araçların bir bölümü hâlâ aktif durumdayken önemli bir bölümü görevini tamamlamış ya da teknik nedenlerle devre dışı kalmıştır.

Mars'ta ince bir atmosfer bulunur. Bu nedenle Mars, yüzeyindeki nesnelere Ay'daki gibi neredeyse tam bir koruma sağlamaz. Ancak Mars'taki atmosfer koşulları Dünya'daki kadar aşındırıcı da değildir. Toz fırtınaları, sıcaklık farkları ve kozmik radyasyon ise insan yapımı nesnelerin aşınmasına neden olarak zaman içinde geçirdikleri değişimleri izlemek için uygun koşullar sunar.

Mars'ta görev yapan keşif araçları uzay arkeolojisi açısından özellikle dikkat çekicidir çünkü yalnızca bulundukları noktalarla değil, izledikleri rotalarla da arkeolojik veriler üretir. Tekerlek izleri, duraklama yerleri ve örnek toplama alanları görev planlamasının nasıl yapıldığının yüzeydeki somut karşılıklarıdır. Nerede durulduğu, hangi yönlere ilerlenip hangi bölgelerden kaçınıldığı dönemin bilimsel öncelikleri hakkında dolaylı ipuçları verebilir. İniş araçlarında ise iniş sırasında oluşan izler iniş tekniği, motor gücü ve aracın yüzeyle etkileşimi hakkında bilgi sağlar. Araçların üzerinde zaman içinde biriken tozlar ve ortaya çıkan değişimler, çevresel süreçlerin etkilerini görünür kılar.

NASA

Mars Pathfinder görevi sırasında iniş aracının önünde görülen Sojourner keşif aracı, Mars yüzeyinde ilerlerken. 1997'de çekilen bu fotoğraf, Mars'taki ilk yüzey araçlarının izlerini gösteriyor.



NASA

NASA'nın Mars'ın yüzeyinde görev yapan iniş aracı InSight, 2018'deki ilk özçekiminde temiz görünüyordu. 2022'de çekilen son görüntüsünde aracın yoğun bir toz katmanıyla kaplandığı açıkça fark ediliyor.

Mars dışındaki gök cisimleri insanların uzun süre boyunca gidemeyeceği ya da ulaşmanın teknik olarak çok zor olduğu yerler. Bu gezegenlere ve uydularına gönderilen insansız çok sayıda uzay aracı olsa da insanlar birçoğuna büyük olasılıkla hiçbir zaman ulaşamayacak. Örneğin Venüs yüzeyine ulaşmayı başaran iniş araçları, aşırı yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle kısa süre çalışabilmiş ve daha sonra işlevsiz hâle gelmiştir. Bu araçlar, insanlığın hangi sınırları zorladığını gösteren kayıtlardır. Ne var ki Venüs yüzeyindeki yüksek sıcaklık ve asit yağmurları nedeniyle bu araçlardan geriye bir şey kalmamış olabilir. Olası kalıntılara erişmenin de olanaksız olduğu söylenebilir.

Yeryüzündeki Uzay Mirası

Uzay çağının mirası yalnızca yörüngede dolaşan uydularla ya da Ay yüzeyindeki iniş alanlarıyla sınırlı değildir. Kazakistan'daki Baykonur Uzay Üssü, 1957'de Sputnik 1'in fırlatıldığı yer olarak uzay çağının fiilen başladığı nokta kabul edilir. Bugün hâlâ aktif olan bu tesis aynı zamanda onlarca başarılı ve başarısız uzay görevi denemesine ev sahipliği yapmış, yaşayan bir açık hava müzesidir.

Benzer şekilde ABD'deki Cape Canaveral ve Kennedy uzay merkezleri yalnızca Apollo görevlerinin değil

Vyacheslav Oseledko / Contributor / GettyImages

Soyuz MS-09, Baykonur Uzay Üssünden 2018 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'na fırlatılırken. Onlarca yıldır görevde olan Soyuz roketleri ve Baykonur rampaları günümüzde aktif olarak kullanılsa da uzay çağının yaşayan mirası sayılan yapılar arasında yer alıyor.

Charles Boyer / Alamy

NASA'nın Kennedy Uzay Merkezindeki 39A fırlatma rampası Apollo 11 dâhil birçok Apollo görevinin fırlatıldığı rampadır. Burası günümüzde SpaceX tarafından Falcon 9 roketlerini fırlatmak amacıyla kullanılıyor.

aynı zamanda erken dönem roket teknolojilerinin izlerini barındırır. Kullanım dışı kalmış rampalar, eski kontrol binaları ve analog ölçüm sistemleri, uzay yarışının mühendislik mantığını ve dönemin teknolojik sınırlarını gözler önüne serer. Bu alanların bir bölümü müze statüsüne kavuşmuş olsa da tüm yapılar bir "uzay mirası" anlayışıyla korunmuş değildir.

Uzay mirasının daha az bilinen ama arkeolojik açıdan son derece önemli örneklerinden biri, New Mexico'daki White Sands Missile Range'dir. Uzay roketlerinin ve uzun menzilli füzelerin öncüsü olan V-2 roketlerinin II. Dünya Savaşı sonrası test edildiği bu alan, modern uzay programlarının askerî kökenlerini açıkça ortaya koyar.

Uzay çağının izleri yalnızca ABD ve eski Sovyet coğrafyasıyla sınırlı değildir. Avustralya'daki Woomera Test Alanı, Avrupa'nın erken dönem roket denemelerine ev sahipliği yapmıştır. Fransız Guyanası'ndaki Kourou Uzay Merkezi ise Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) günümüzdeki ana fırlatma noktasıdır. Bu tesisler jeopolitik strateji ve bilimsel ilerlemenin uzay çalışmalarıyla nasıl iç içe geçtiğini gösteren nadir örneklerdir.

Hukuk ve Etik

Uzay arkeolojisinin en tartışmalı başlıklarından biri, insan yapımı uzay kalıntılarının kültürel miras olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğidir. Dünya'daki arkeolojik alanlar ulusal ve uluslararası hukuk çerçevesinde koruma altına alınabilir. Uzay içinse benzer bir sistem henüz net biçimde tanımlanmış değil. Bunun temel nedeni uzayın hukuki statüsüdür. Uluslararası uzay hukukunun temel ilkeleri, Ay ve diğer gök cisimlerinin hiçbir ülkenin egemenliğinde olmadığını söyler. Uzay tüm insanlığın ortak alanı kabul edilir. Bu çerçeve, uzayın barışçıl kullanımını hedefler ancak kültürel ve tarihi mirasın korunmasına ilişkin ayrıntılı hükümler içermez. Bu antlaşmalar hazırlanırken uzayda korunması gereken alanlar fikri gündemde değildi. Bugün ise uzay faaliyetlerinin çeşitliliği ve bu alanda çalışan ülkelerin sayısı arttıkça bu boşluk daha görünür hâle geliyor.

Üzerine en çok tartışılan Apollo iniş alanlarının da hukuki açıdan özel bir statüsü bulunmuyor. İsteyen herkes mevcut anlaşmaları ihlal etmeden bu bölgelere yaklaşabilir. Önlem alınmazsa korunması gereken bu tür alanların gelecekte

zarar görme riski bulunuyor. Bu nedenle çeşitli çevreler, mülkiyet iddiası oluşturmadan belirli iniş alanları için "koruma bölgeleri" tanımlanmasını, belirli bir güvenli mesafenin belirlenmesini ve fiziksel müdahalenin sınırlandırılmasını öneriyor. Buradaki amaç, uzay faaliyetlerini engellemek değil yeni görevleri geçmişin izleri yok etmeden planlayabilmek.

Uzay çalışmaları, yeni gelişen uzay arkeolojisi alanının bakış açısıyla değerlendirildiğinde uzay tarihini yalnızca "ilkler" ve "başarılar" üzerinden anlatmanın eksik kalabileceği anlaşılıyor. İlk uydu, ilk insanlı uçuş, Ay'a ilk iniş gibi kilometre taşlarının arkasında başarısız denemeler, terk edilen teknolojiler, değişen hedefler ve beklenmedik sonuçlar vardır. Uzay arkeolojisi sayesinde bu süreçler, uzayın farklı bölgelerine dağılmış kalıntılar ve somut izler üzerinden de ele alınabilir.

Uzay araştırmalarının ayırt edici yönlerinden biri de kalıcılıktır. Birçok bilimsel etkinlik tamamlandığında geride fiziksel iz bırakmaz. Oysa uzayda araçlar, deney düzenekleri ve yüzey izleri çoğu zaman kalıcıdır. Bu durum, uzay çağının kalıntılar ve somut izler üzerinden değerlendirilmesini mümkün kılar. Yapılması gerekense uzay çalışmaları yürütülürken bu çalışmaların korunması ve belgelenmesi gereken bir tarih oluşturduğunu hesaba katmak. ■

Kaynaklar

Gorman, A., "Historic preservation at the edge: Archaeology on the Moon, in space and on other celestial bodies", *Space Policy*, Cilt 64, Makale no: 101544, 2023.
O'Leary, B., "The heritage of the Apollo program.", *Space Policy*, Cilt 9, Sayı 2, s. 101–106, 1993
https://www.bbc.com/future/article/20250515-the-space-archaeologists-hoping-to-save-our-cosmic-history
https://www.nasa.gov/commercial-lunar-payload-services/nasa-enlists-commercial-partners-to-fly-payloads-to-moon/?utm_source=chatgpt.com
https://science.nasa.gov/mission/surveyor-3/
https://www.nasa.gov/mission/apollo-11/

inhauscreative / istock