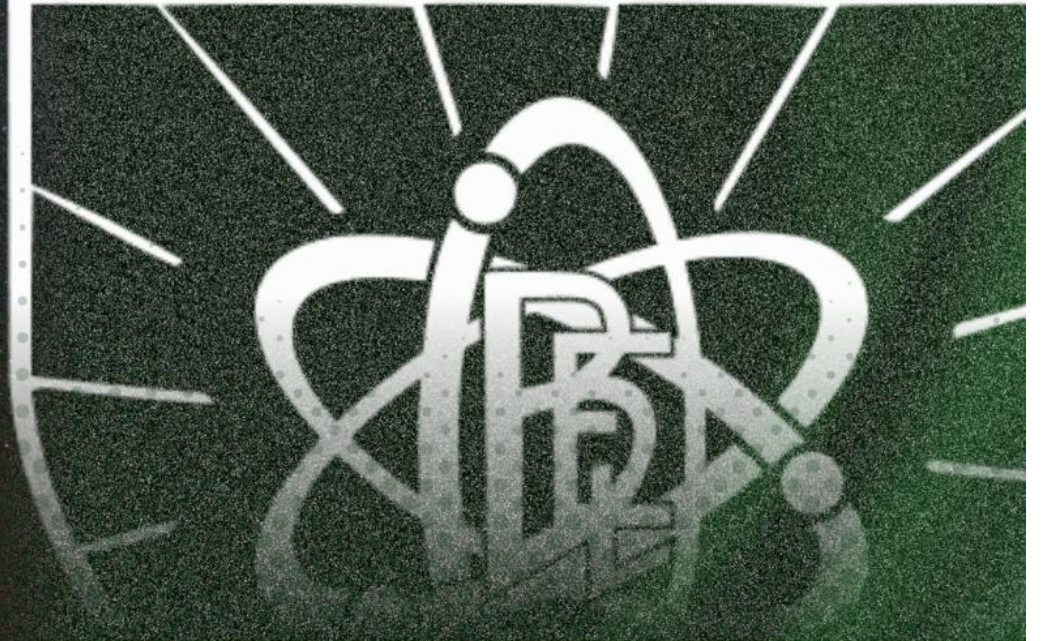


UZAY KOMİTESİ

Çalışma Rehberi

1. Güneş Sistemi Dışındaki Yaşam Barındırabilecek Gezegenlerin Keşfi
2. Ay, Mars ve Diğer Gezegenlerde Koloni Kurmanın Önündeki Engeller ve Çözümleri
3. Kardashev Ölçeği ile Dünya'yı Tip-2 Medeniyete Ulaştırmanın Yolları
4. Farklı Medeniyetlerle İletişim Kurma ve Olası Sinyallerin Keşfi

BELX TFL



İÇİNDEKİLER:

1. Moderatörlerden Mektup

- a. -Nur Nefin ESEN
- b. -Efe İLİŞEN

2. Güneş Sistemi Dışındaki Yaşam Barındırılabilir Gezegenerin Keşfi

- a. Doğru Ötegezen Seçimi
- b. Bir Ötegezen Hayvanat Bahçesi
- c. Ötegezen Hayal Dünyası
- d. İletişim Spektroskopisi
- e. Spektroskopi Nedir?
- f. Hayat Nedir?
- g. Başka Yerlerde Yaşam Nasıl Olabilir?

3. Ay, Mars ve Diğer Gezegelerde Koloni Kurmanın Önündeki Engeller ve Çözümleri

- a. Tanım
- b. Tarih
- c. Lagrange Noktaları
- d. İç Gezegener
- e. Dış Gezegenerin Uyduları
- f. Güneş Sisteminin Ötesinde
- g. Galaksiler Arası Seyahat
- h. Sebepler
- i. Zorluklar
- j. Eleştiriler

4. Kardashev Ölçeği Ve Dünya'yı Tip-2 Medeniyete Ulaştırmannın Yolları

- a. Sınıflandırmanın Evrimi
- b. İnsan Uygarlığının Günümüzdeki Durumu
- c. Gözlemsel Kanıt
- d. Orijinal Ölçeğe Eklemeler
- e. Bilgi Hakimiyeti

5. Farklı Medeniyetlerle İletişim Kurma Ve Olası Sinyallerin Keşfi

- a. Fermi Paradoksu
- b. Paradoksun Temeli
- c. Drake Denklemi
- d. Paradoksun Deneysel Çözümü
- e. Radyo Yayımı
- f. Doğrudan Gezen Gözlemi
- g. Uzaylılara Ait Yapılar
- h. Gelişmiş- Yıldız Boyutlu Yapılar
- i. Paradoksun Teorik Açıklaması

6. Cevaplanması Gereken Sorular

1- MODERATÖRLERDEN MEKTUP

a. Nur Nefin Esen

Merhaba Sayın Delege;

Ben Nur Nefin Esen. Kendimi bildim bileli kafam hep yıldızlara dönüktür sözünü küçüklükten beri benimsemiş bir astronomi tutkunuyum. Bu komitede de sahip olduğum tüm bilgi birikimini ve merak ruhunu sizlere sergilemek için sabırsızlanıyorum. Umarım komitemizde bu bilim dalına dair sizlerde de bir istek uyandırabilirim.

Gökyüzüne her baktığımızda aslında yalnızca yıldızları değil, insanlığın sınır tanımayan merakını görüyoruz. Tarih boyunca en büyük keşifler; imkânsız görüneni sorgulayan, bilinmeyene adım atmaktan korkmayan insanlar sayesinde gerçekleşti. Bugün bizler de aynı ruhu taşıyan bir komite olarak geleceğe doğru ilerliyoruz. Uzay Komitesi'nin amacı yalnızca uzayı konuşmak değil; araştıran, düşünen, üreten ve insanlığa katkı sağlayacak fikirler geliştiren bireyler yetiştirmektir. Burada yazılan her fikir, çizilen her proje ve kurulan her hayal; geleceğin teknolojilerine, keşiflerine ve başarılarına dönüşme potansiyeli taşımaktadır. Unutulmamalıdır ki büyük görevler küçük adımlarla başlar. Bir gün Ay'a ulaşan roketler de önce bir tasarımın, bir notun ve bir hayalin parçasıydı. Bu nedenle hiçbir fikir küçümsenmemeli, hiçbir hedef ulaşılamaz görülmemelidir.

Aynı zamanda bütün delegelerimden hayal güçlerini yükselterek gelmelerini bekliyorum çünkü buna çok ihtiyaç duyacağız belki farklı bir medeniyet için, belkide dünya harici yeni bir ev bulmak için evreni inceleyip araştıracağız. Komitemiz için çok çalıştık ve çabaladık. Umarım sizlere de bunu yansıtabiliriz. Hazır yeni bir ev demişken; düşüncelerimi Carl Sagan'ın şu sözleriyle bitirmek istiyorum:

Uzayın derinliğinden bu fotoğrafı çekmeyi başardık. Eğer bu fotoğrafa dikkatlice bakarsanız orada bir nokta göreceksiniz. O noktaya tekrar bakın. Bu nokta bizim evimiz. O biziz. Sevdüğünüz ve tanıdığınız, adını duyduğunuz, yaşayan ve ölmüş olan herkes onun içinde bulunuyor. Tüm neşemizin ve kederimizin toplamı, binlerce birbirini yalanlayan din, ideoloji ve iktisat öğretisi; insanlık tarihi boyunca yaşayan her avcı ve toplayıcı, her kahraman ve korkak, her medeniyet kurucusu ve yıkıcısı, her kral ve çiftçi, her aşık çift, her anne ve baba, her umut dolu çocuk, her mucit, her kâşif, her ahlak hocası, yozlaşmış her politikacı, her şöhret yıldızı, her "yüce önder", her aziz ve günahkâr işte orada yaşad; bir güneş ışığında asılı duran o toz zerreciğinin içinde.

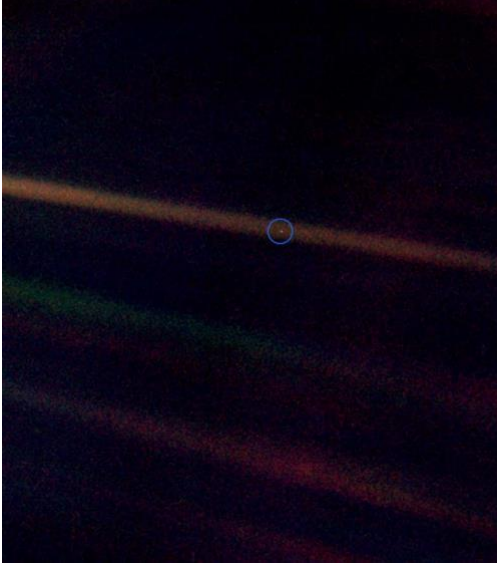
Dünya, dev bir evrensel arenada yer alan çok küçük bir sahnedir. Bütün o komutan ve imparatorların akıttıkları kan göllerini düşünün ... şan ve şöhret içerisinde, bu noktanın küçük bir parçasında kısa bir süre için efendi olabildiler. Bu noktanın bir köşesinde yaşayanların, başka bir köşesinde yaşayan ve kendilerinden zar zor ayırt edilebilen diğerleri üzerinde uyguladıkları zulmü düşünün ... anlaşmazlıkları ne kadar sık, birbirlerini öldürmeye ne kadar istekliler, nefretleri ne kadar da yoğun!

Bu soluk ışık noktası, bütün o kasılmalarımıza, kendi kendimize atfettiğimiz öneme ve evrende öncelikli bir konuma sahip olduğumuz yolundaki yanlış inancımıza meydan okuyor.

Gezegenimiz, çevremizi saran o büyük evrensel karanlığın içerisinde yalnız başına duran bir toz zerreciğidir. İçinde yaşadığımız bilinmezlik ve bütün bu enginliğin içerisinde, başka bir yerden bir yardımın gelip bizi bizden kurtaracağına dair hiçbir ipucu yoktur.

Dünya, şu ana kadar yaşam barındırdığı bilinen tek gezegen. En azından yakın gelecekte, türümüzün göçebileceği başka hiçbir yer yok. Evet, ziyaret ediyoruz. Ama henüz yerleşemiyoruz. Beğensek de beğenmesek de, Dünya şu an için yaşadığımız yegâne yer.

Gökbiliminin alçakgönüllü ve kişiliği geliştiren bir uğraşı olduğu söyleniyor. Bana kalırsa, insan kibrinin akıl dışılığını, küçük Dünyamızın uzaktan çekilmiş bu görüntüsünden daha iyi gösterebilecek bir şey yoktur. Bu görüntü, bildiğimiz tek evimiz olan bu soluk mavi noktayı daha içten paylaşmamız ve koruyup şefkat göstermemiz gerektiği konusundaki sorumluluğumuzun altını çiziyor.



b. Efe İLİŞEN

Değerli Katılımcılarımız,

Bel X Tfl 2026 bünyesindeki Uzay Komitesinde sizleri ağırlamaktan mutluluk duyuyoruz. İlk moderatörlük deneyimimi siz değerli delegelerle paylaşacak olmaktan gururluyum. Komitemizdeki tartışmalar ve üreteceğimiz fikirler için şimdiden heyecanlıyım. Sürecin verimliliği; yürüteceğimiz tartışmaların çözüm odaklı ve yapıcı olmasına bağlıdır. Bu iki gün boyunca aktif katılım göstermenizi, işbirliği ve diplomasi ruhuyla hareket etmenizi rica ediyorum.

Bu dinamikler, masaya yatıracağımız konunun küresel ağırlığıyla da doğrudan ilgilidir. Dünya haricinde yaşama elverişli yeni bir gezegenin keşfi, insanlık tarihi ve uluslararası dengeler için büyük bir kırılma noktası yaratacaktır. Konunun bu stratejik önemi, hepimize büyük bir sorumluluk yüklüyor.

Sizlerin araştırmalarına zemin hazırlamak amacıyla bu çalışma rehberini derledik. Rehberin, yürüteceğiniz çalışmalarda sizlere iyi bir yol haritası olmasını umuyorum.

Bu çalıştay sadece akademik bir süreç değil; hitabet, kriz yönetimi ve stratejik düşünme becerilerinizi geliştireceğiniz çok yönlü bir deneyimdir. Oturumlarımızın yüksek bir entelektüel seviyede ve karşılıklı saygı çerçevesinde geçeceğine inancım tam.

Mektubumu, bizlere her zaman ileriye hedeflemeyi öğütleyen Başöğretmenimiz, Büyük Önder Mustafa Kemal Atatürk'ün şu sözleriyle noktalamak istiyorum:

"Yolunda yürüyen bir yolcunun yalnız ufku görmesi kafi değildir. Muhakkak ufkun ötesini de görmesi ve bilmesi lazımdır."

İstikbal göklerde!

1 GÜNEŞ SİSTEMİ DIŞINDAKİ YAŞAM BARINDIRABİLECEK GEZEĞENLERİN KEŞFİ

a. Doğru ötegezegen seçimi

Yaşanabilir ötegezegenler bulmak için bilim insanları, bir gezegeni yaşam için uygun kılan unsurları düşünmelidir. Yaklaşık 6000 doğrulanmış ötegezegen varken, hangilerine odaklanacakları konusunda seçimler yapmaları gerekiyor.

Bir gezegeni yaşanabilir kılan şeyin tam olarak ne olduğunu bilmesek de, bir strateji, yıldızlarının yaşanabilir bölgesinde yörüngede bulunan ötegezegenleri aramaktır; bu bölge, yıldızdan gelen enerji ve gezegenin atmosferinden kaynaklanan sera etkisinin sıvı suyun varlığı için tam olarak uygun olduğu bölgedir. Sıvı su çok önemlidir çünkü, Dünya'daki canlılar üzerine yaptığımız mevcut çalışmalara göre, bildiğimiz anlamda yaşam için bir gerekliliktir.

Bir ötegezegenin yaşanabilirliği potansiyeli, bir yıldızın yaydığı ışık ve enerjiden de etkilenir. TRAPPIST-1 gibi küçük, soğuk bir kırmızı cüce yıldızın yaşanabilir bölgesi, Güneş'imizin etrafındaki yaşanabilir bölgeden çok daha yakındadır. Kırmızı cüce yıldızlar ayrıca Güneş'imiz gibi yıldızlardan çok daha uzun süre aktif kalırlar. Bu nedenle, bir kırmızı cüce yıldızın yaşanabilir bölgesinde yörüngede bulunan bir ötegezegen, Dünya'dan çok daha fazla yıldız aktivitesi patlamasına maruz kalır. Bu, yüzeyde sıvı su bulunsa bile, yıldız patlamaları gibi etkilerin bu gezegenleri yaşam için elverişsiz hale getirebileceği anlamına gelir.



b. Bir ötegezegen hayvanat bahçesi

Yaşanabilir ötegezegen arayışında, Dünya'ya benzer gezegenler aramak açık bir tercihtir; ancak ötegezegenler üzerine yaptığımız çalışmalar, bunların birçok farklı şekil ve boyutta olduğunu ortaya koymaktadır. Tespit ettiğimiz ötegezegenlerin çoğu, Güneş Sistemimizdeki hiçbir şeye benzemez, ancak bunları genellikle boyutlarını veya kütlelerini bildiğimiz gezegenlerle karşılaştırarak tanımlarız. 'Süper Dünya' veya 'mini Neptün' gibi terimler buradan gelir.

Evrende bu kadar çok çeşitli dünya varken, bilim insanları Güneş Sistemimizdeki gezegenlerden tamamen farklı görünen ötegezegenlerin yaşam için uygun olup olmadığını da değerlendirmelidir. Şimdiye kadar, yaşam barındıran bilinen hiçbir ötegezegen yok. Araştırmacılar, suyla kaplı ötegezegenlerin veya kalın atmosferli mini-Neptünlerin yaşanabilirliği hakkında teoriler geliştirdiler, ancak bu tür ötegezegenleri anlamak ve yaşam için uygunluklarını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç var. ESA'nın mevcut ve gelecekteki görevleri, farklı ötegezegen türlerini karakterize etmeye yardımcı oluyor.

c. Ötegezegen hayal dünyası

Uzaktan bakıldığında En yakın ötegezegen komşumuz dört ışık yılı uzaklıkta . Ticari bir jetle oraya ulaşmak yaklaşık beş milyon yıl sürerdi. Bu, bir damla gölet suyunda mikrobiyal yaşam aramak gibi doğrudan yöntemler yerine, yaşam barındırma potansiyellerini değerlendirmek için dolaylı yöntemler kullanmamız gerektiği anlamına gelir.

d. İletim spektroskopisi

Webb, Hubble ve gelecekte Ariel'in ötegezegen atmosferlerini analiz etmek için kullanabileceği yöntemlerden biri, iletim spektroskopisi olarak adlandırılır . Bu teknikle, teleskoplar bir ötegezegenin atmosferinden geçmiş bir yıldızdan gelen ışığı inceler. Ötegezegenin atmosferindeki moleküller bu ışığın bir kısmını emer ve spektrumlarda bir 'parmak izi' bırakır. Bilim insanları, ötegezegenin atmosferinde hangi moleküllerin bulunduğunu anlamak için teleskoplardan gelen spektrumları okurlar.

Ancak, bir spektrumu okumak görüldüğü kadar basit değildir. Çoğu zaman, farklı moleküllerin 'parmak izleri', birçok insanın dokunduğu bir bardaktaki parmak izlerine benzer şekilde üst üste gelir ve bu da hangi moleküllerin mevcut olduğunu çözmeyi zorlaştırır.

e. Spektroskopi nedir?

Bilim insanları ötegezegen atmosferlerinden alınan spektrumları analiz ederken, yaşanabilir koşulları gösteren molekülleri ve desenleri veya hatta yaşam tarafından üretilmiş olabilecek molekülleri ve desenleri (biyolojik izler olarak bilinir) arayabilirler.

Potansiyel biyolojik izlerin yorumlanması bağlama bağlıdır. Birçok farklı ötegezegen türü vardır ve bunların ortamları ve kimyaları Dünya'dan çok farklı olabilir. Bu, bir ötegezegendeki yaşam belirtisinin başka bir ötegezegendeki yaşam belirtisi olmayabileceği anlamına gelir.

Bu durum, ötegezegenleri inceleyen araştırmacılar için bir zorluk teşkil ediyor; çünkü bir ötegezegen atmosferinde tespit edilen bir molekülün yaşam tarafından üretildiğinden emin olmak zor. Bu kadar uzaktan yaşamı doğrudan göremiyoruz ve bulguları doğrulamak için ötegezegenlere seyahat edemiyoruz. Bu nedenle, spektral bulguları yaşam kanıtı olarak yorumlamada (şimdilik en azından) her zaman bir belirsizlik unsuru vardır.

Yani, bir biyolojik iz bulduğunuzu düşünüyorsunuz.

Spektroskopi ile bir sinyal tespit etmek, sürecin sadece bir adımıdır. Spektral veriler genellikle karmaşıktır ve dikkatli bir analizle bile, tespit edilen tek bir özelliğin birden fazla açıklaması olabilir.

Bir spektrumu yorumlamak için bilim insanları, Güneş Sistemimizdeki cisimlerden ve gezegen oluşumu teorilerinden elde ettikleri bilgilere dayanarak ötegezegenlerin kimyasını çözmek için modeller kullanırlar. Bu modeller daha sonra teleskoplarımız tarafından algılanan sinyallerle karşılaştırılır. Bununla birlikte, bu modellerdeki bazı ayrıntılar o kadar küçüktür ki, mevcut teleskoplarımız bunları ölçemez.

En hassas teleskoplarımızla bile, bir spektrumdaki sinyali arka plan gürültüsünden ayırt etmek zordur. Bir bulgunun güvenilir olup olmadığına karar vermeye yardımcı olmak için bilim insanları çeşitli matematiksel araçlar kullanırlar. Bu araçlardan biri 5-sigma olarak bilinir. Bir ölçüm 5-sigma eşiğini karşılıyorsa, bu bulgunun şansa bağlı olma olasılığının %0,00006'dan daha az olduğu anlamına gelir.

Webb su buharı buluyor, ama bu buhar kayalık bir gezegenden mi yoksa yıldızından mı geliyor?

Tespit edilen bir sinyali bir ötegezegenin atmosfer modeliyle eşleştirmek yinelemeli bir süreçtir. Bir model ve sinyal eşleşse bile, diğer tespit edilen moleküller ve olası cansız kaynaklar dikkate alınarak, ötegezegenin daha geniş bağlamı içinde yorumlanmalıdır. Bu, biyolojik işaretlerin tek tek bulgular olarak değil, topluca yorumlanan bir kanıtlar bütünü olarak görülmesi gerektiği anlamına gelir. Bilim insanları, bir "Eureka" anı yerine, zaman içinde biriken ve kademeli olarak bir sonuca işaret eden birçok küçük kanıt parçası bulacaklardır.

f. Hayat nedir?

Evrenin başka yerlerinde yaşamı araştırmak için kullanılan yöntemlerin çoğu, oradaki yaşamın Dünya'daki yaşama (yani bildiğimiz hayata) benzeyeceğini varsayar . Dolayısıyla, aradığımız şeyi gerçekten anlamak için, gezegenimizdeki yaşam hakkında da net bir anlayışa sahip olmalıyız.

Dünya üzerindeki yaşam sürprizlerle dolu. Son elli yılda bilim insanları, bir zamanlar yaşam için elverişsiz olduğu düşünülen ortamlarda gelişen, ekstremofil olarak bilinen organizmaları keşfettiler. Ekstremitterler, derin deniz hidrotermal bacalarının yakınında, buzulların altında ve Dünya yüzeyinin çok altındaki mağaralarda kendilerine yuva kurabilirler.

Ekstremitterler, evrenin başka yerlerindeki benzer derecede sert ortamlarda yaşamın nasıl hayatta kalabileceğine dair örnekler sunar. Bununla birlikte, ekstremitterler yaşamın hayatta kalmak için neye ihtiyaç duyduğu hakkındaki fikirleri de sorgular. Dünya üzerindeki yaşamın çoğu, ya fotosentez yoluyla besin üretmek için güneş ışığını kullanarak ya da fotosentez yapan organizmaları tüketerek Güneş'e bağımlıdır. Bazı ekstremitterler ise güneş ışığından tamamen kaçınır ve bunun yerine hidrotermal bacalardan veya çevredeki kayalardan elde edilen kimyasalları enerji kaynağı olarak kullanır.

Dünya üzerindeki yaşam çeşitliliği, bilim insanlarının yaşamın ne olduğuna dair net bir tanım yapmasını zorlaştırıyor. Birçok "geçici tanım" olmasına rağmen, bildiğimiz tüm yaşamı kapsayan tek bir uzlaşmış tanım yok. Bilim insanları, Dünya üzerindeki yaşamı inceleyerek yaşamın ne olduğuna dair daha iyi bir anlayış kazanmayı ve başka yerlerde yaşamın nasıl olabileceğini tahmin etmeyi umuyorlar.

g. Başka yerlerdeki yaşam nasıl olabilir?

Uzak bir gezegende yaşamı hayal ederken, bitkileri ve hayvanları düşünmek kolaydır. Ancak yaşamın evrimleşmesi için gereken muazzam zaman ölçekleri nedeniyle, evrenin başka yerlerinde yaşam belirtileri tespit edersek, bunların küçük yeşil adamlar yerine mikrobiyal yaşam olması muhtemeldir.

Başka yerlerde yaşam arayışında karşılaşılan bir diğer zorluk da şudur: Ya bu yaşam biçimi, Dünya'da aşına olduğumuz herhangi bir yaşam biçiminden çok farklıysa? Silikat bazlı yaşamın

veya suya ihtiyaç duymayan yaşamın var olabileceğine dair teoriler mevcut. Eğer yaşam beklenmedik bir biçim alırsa, 'bilmediğimiz türden bir yaşam'ın belirtilerini bile fark edemeyebiliriz.

Astrobiyologlar, evrende yaşamı araştırmak için birçok alanda çalışıyorlar; Dünya'da yaşamın sınırlarını ve koşullarını anlamaya, Güneş Sistemi içindeki diğer cisimlerde (örneğin uydularda) yaşam olasılığını araştırmaya ve yıldızlarda başka yerlerde yaşamın var olabileceğine dair işaretler aramaya çalışıyorlar.

Olası yaşam barındırabilecek Ötegezegen Listesi için;

[ÖTEGEZEGEN LİSTESİ](#)

The Romans naming Planets



This looks huge, let's name it King Of The Gods (Jupiter)

Modern Astronomers naming Exoplanets



OGLE-05-390L b

h. AY, MARS VE DİĞER GEZEGENLERDE KOLONİ KURMANIN ÖNÜNDEKİ ENGELLER VE ÇÖZÜMLERİ

Uzay kolonizasyonu (uzay yerleşimi veya dünya dışı kolonizasyon olarak da adlandırılır), uzayın veya Dünya dışındaki gök cisimlerinin kalıcı yerleşim veya Dünya dışı bölge olarak kullanılmasıdır.

Dünya dışı uzayın iskânı ve bölgesel kullanımı, örneğin uzay yerleşimleri veya dünya dışı madencilik işletmeleri için önerilmiştir. Bugüne kadar, geçici uzay habitatları dışında kalıcı bir uzay yerleşimi kurulmadığı gibi, herhangi bir dünya dışı bölge veya arazi de yasal olarak talep edilmemiştir. Uzayda toprak iddiasında bulunmak, uzayı ortak bir miras olarak tanımlayan uluslararası uzay hukuku tarafından yasaklanmıştır. Uluslararası uzay hukuku, uzayın sömürgeleştirilmesini ve askerileştirilmesini önlemeyi amaçlamış ve özellikle sabit yörünge veya Ay gibi sınırlı alanlar için uzaya erişimi ve uzayın paylaşımını düzenleyecek uluslararası rejimlerin kurulmasını savunmuştur.

Uzay yerleşimi lehinde ve aleyhinde birçok argüman ortaya atılmıştır. Kolonileşme lehine en yaygın iki argüman, gezegen ölçeğinde (doğal veya insan kaynaklı) bir felaket durumunda insan uygarlığının ve yaşamının Dünya'da kalması ve uzayda insan toplumunun genişlemesini sağlayabilecek ek kaynakların bulunmasıdır. En yaygın itirazlar arasında kozmosun metalaştırılmasının, büyük ekonomik ve askeri kurumlar da dahil olmak üzere, halihazırda güçlü olanların çıkarlarını artıracak endişesi; aynı kaynakların Dünya'da harcanmasına kıyasla muazzam fırsat maliyeti; savaşlar, ekonomik eşitsizlik ve çevresel bozulma gibi önceden var olan zararlı süreçlerin şiddetlenmesi yer almaktadır.

Bir uzay yerleşimi, çok sayıda sosyo-politik soruyu gündeme getirecek bir emsal teşkil edecektir. Sadece gerekli altyapının inşası bile ürkütücü teknolojik ve ekonomik zorluklar ortaya çıkaracaktır. Uzay yerleşimleri genel olarak, uzayda insan yaşamına son derece düşman olan ve Dünya'dan bakım ve tedarik için erişilemeyen bir ortamda, çok sayıda insanın neredeyse tüm ihtiyaçlarını (ya da tamamını) karşılayacak şekilde tasarlanır. Kontrollü ekolojik yaşam destek sistemleri gibi şu anda ilkel olan teknolojilerin büyük ölçüde geliştirilmesini gerektirecektir. Yörüngesel uzay uçuşunun yüksek maliyeti (Falcon Heavy ile alçak Dünya yörüngesine kg başına yaklaşık 1400\$ veya pound başına 640 \$) göz önüne alındığında, bir uzay yerleşimi şu anda büyük ölçüde pahalı olacaktır. Teknolojik açıdan,

uzaya erişimi daha ucuz hale getirme (yeniden kullanılabilir fırlatma sistemleri yörüngeye kg başına 20 \$'a ulaşabilir), ve otomatik üretim ve inşaat teknikleri oluşturma konusunda devam eden ilerlemeler vardır.

Henüz devlet ya da özel herhangi bir büyük ölçekli kuruluş tarafından uzay yerleşimi inşa etmeye yönelik bir plan bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yıllar boyunca uzay yerleşimleri için birçok öneri, spekülasyon ve tasarım yapılmıştır ve önemli sayıda uzay kolonizasyonu savunucusu ve grubu aktiftir. Freeman Dyson gibi birçok ünlü bilim adamı uzay yerleşimi lehinde görüş bildirmiştir.

a. Tanım

Bu terim çok geniş bir şekilde kullanılmış, robotik de olsa her türlü kalıcı insan varlığına uygulanmış, özellikle de "yerleşim" terimiyle birlikte, araştırma istasyonlarından uzayda kendi kendini idame ettiren topluluklara kadar her türlü insan uzay habitatına kesin olmayan bir şekilde uygulanmıştır.

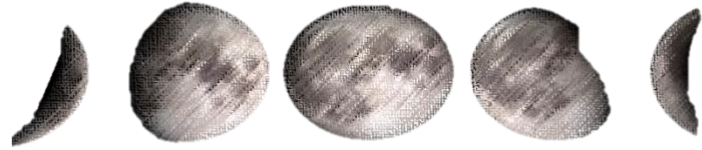
Koloni ve kolonizasyon kelimeleri Dünya'daki sömürgecilik tarihine dayanan terimlerdir, bu da onu bir insan coğrafyası ve özellikle de siyasi bir terim haline getirmektedir. Uzaydaki herhangi bir kalıcı insan faaliyeti ve gelişimi için bu geniş kullanım, özellikle sömürgeci ve farklılaştırılmamış olarak eleştirilmiştir

Bu anlamda bir koloni, toprak talep eden ve bunu yerleşimciler ya da onların metropolü için kullanan bir yerleşimdir. Bu nedenle bir insan ileri karakolu, muhtemelen bir uzay habitatı veya hatta bir uzay yerleşimi olsa da, otomatik olarak bir uzay kolonisi oluşturmaz. Yine de ticaret fabrikaları gibi antepolar sıklıkla kolonilere dönüşmüştür. Dolayısıyla herhangi bir üslenme kolonileşmenin bir parçası olabilirken, kolonileşme üslenmenin ötesinde daha fazla hak talebine açık bir süreç olarak anlaşılabilir. Şimdiye kadar en uzun süre işgal edilen dünya dışı yaşam alanı olan Uluslararası Uzay İstasyonu, toprak talebinde bulunmaz ve bu nedenle genellikle bir koloni olarak kabul edilmez.

b. Tarih

İlk uzay uçuşu programları başladığında, RAAF Woomera Range Kompleksi, Guyana Uzay Merkezi veya çağdaş olarak Mauna Kea teleskopundaki astronomi için yerli halkların yerleri gibi Dünya üzerindeki sömürge alanlarını kısmen kullandılar ve kullanmaya devam ettiler. 1950'lerde yörüngesel uzay uçuşu başarıldığında, sömürgecilik hâlâ güçlü bir uluslararası projeydi, örneğin ABD'nin uzay programını ve genel olarak uzayı "Yeni Sınır"ın bir parçası olarak ilerletmesini kolaylaştırmak.[16] Ancak uzay çağının ilk on yıllarında sömürgecilikten kurtulma, birçok yeni bağımsız ülke üreterek yeniden güç kazandı. Bağımsızlığına yeni kavuşan bu ülkeler, uzay hukuku gündeme geldiğinde ve uluslararası düzeyde müzakere edildiğinde, sömürgecilik karşıtı bir duruş ve uzay faaliyetinin düzenlenmesini talep ederek uzay yolculuğu yapan ülkelerle karşı karşıya geldi. Uzay uçuşu kabiliyetine sahip birkaç ülke arasında kara kapma ve uzayda bir silahlanma yarışı nedeniyle çatışma korkusu büyüdü ve nihayetinde uzay yolculuğu yapan ülkeler tarafından paylaşıldı.[2] Bu, 1967 tarihli Dış Uzay Antlaşması'ndan başlayarak, uzayı "tüm insanlığın bölgesi" olarak adlandıran ve uzayın uluslararası düzenlemesi ve paylaşımı için hükümler sağlayan, üzerinde anlaşmaya varılan uluslararası uzay hukukunun ifadesini üretti.

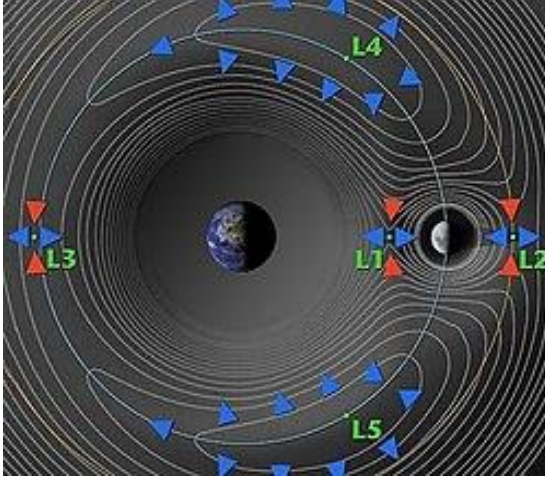
Tamamlanmış Ay Bayrağı Düzenine bir resmi. SSCB ve ABD, Dış Uzay Anlaşması uyarınca Ay üzerinde herhangi bir hak iddia etmemekle birlikte flama bırakma ve bayrak çekme faaliyetlerinde bulunmuştur. Durağan uyduların ortaya çıkışı, uzayda sınırlı alan durumunu gündeme getirdi. Bir zamanlar sömürge imparatorluklarının kolonileri olan, ancak uzay uçuşu yetenekleri olmayan bir grup ekvatorial ülke, 1976'da Bogota Deklarasyonu'nu imzaladı. Bu ülkeler, durağan yörüngenin sınırlı bir doğal kaynak olduğunu ve insanlığın ortak alanı olan uzayın bir parçası olmadığını görerek doğrudan aşağıdaki ekvator ülkelerine ait olduğunu ilan ettiler. Bu sayede deklarasyon, egemenliklerini emperyalist olarak tanımlayarak, uzay yolculuğu yapan ülkelerin yerdurağan yörüngenin egemenliğine meydan okudu. Dahası, uzaydaki bu hakimiyet, erişim düzenlemesi eksikliği nedeniyle sürekli artan uzay enkazı örneğinde olduğu gibi, uzaya erişimi garanti eden Dış Uzay Anlaşmasına yönelik tehditlerin habercisi oldu.



1977'de nihayet ilk sürdürülebilir uzay yaşam alanı olan Salyut 6 istasyonu Dünya'nın yörüngesine yerleştirildi. Sonunda ilk uzay istasyonlarının yerini, günümüzün uzaydaki en büyük insan ileri karakolu ve bir uzay yerleşimine en yakın olan ISS aldı. Çok taraflı bir rejim altında inşa edilen ve işletilen bu istasyon, örneğin Ay çevresinde ve muhtemelen Ay'da olduğu gibi, gelecekteki istasyonlar için bir plan haline geldi. Uluslararası Ay Antlaşması, Ay faaliyeti için uluslararası bir rejim talep etti, ancak şu anda Artemis Anlaşmaları'nda olduğu gibi çok taraflı olarak geliştiriliyor. Şimdiye kadar farklı bir gök cisimi üzerindeki tek yaşam alanı, mürettebatlı aya iniş yapanların geçici yaşam alanları olmuştur.

c. Laqrance noktaları

Ay ve Dünya'nın kütleçekimsel potansiyelinin, beş Dünya-Ay Lagrange noktasını gösteren bir kontur grafiği. Dünya'ya yakın bir başka olasılık da, bir uzay kolonisinin süresiz olarak yüzebileceği kararlı Dünya-Ay Lagrange noktaları L4 ve L5'tir. L5 Topluluğu bu noktalarda uzay istasyonları inşa ederek yerleşimi teşvik etmek amacıyla kurulmuştur. Gerard K. O'Neill 1974'te özellikle L5 noktasının binlerce yüzen koloni için uygun olduğunu ve bu noktadaki sığ etkin potansiyel nedeniyle kolonilere kolaylıkla gidip gelinebileceğini öne sürmüştür.



d. İç gezegenler

Güneş Sistemindeki birçok gezegen, kolonizasyon ve dünyalaştırma için düşünülmüştür. İç Güneş Sisteminde kolonizasyon için ana adaylar Mars ve Venüs'tür. Kolonizasyon için diğer olası adaylar arasında Ay ve hatta Merkür sayılabilir.

1-Merkür

Bir sanatçının dünyevileştirilmiş Merkür tasviri

Bir zamanlar Ay gibi uçucu madde bakımından fakir bir cisim olduğu düşünülen Merkür'ün artık uçucu madde bakımından zengin olduğu bilinmektedir; şaşırtıcı bir şekilde iç Güneş Sistemi'ndeki diğer tüm karasal cisimlerden daha fazla uçucu maddeye sahiptir. Gezegen aynı zamanda Dünya/Ay sisteminden altı buçuk kat daha fazla güneş akısı almakta, bu da güneş enerjisini çok etkili bir enerji kaynağı haline getirmektedir; yörüngedeki güneş dizileri aracılığıyla bu enerjiden yararlanılabilir ve yüzeye ışınlanabilir ya da diğer gezegenlere ihraç edilebilir.

Jeolog Stephen Gillett 1996 yılında bu durumun Merkür'ü güneş yelkenli uzay araçları inşa etmek ve fırlatmak için ideal bir yer haline getirebileceğini öne sürmüştür. Uzaya çıktıklarında güneş yelkenleri açılacaktır. Kütle sürücüsü için güneş enerjisini elde etmek kolay olmalı ve Merkür yakınlarındaki güneş yelkenleri Dünya yakınlarındakinden 6,5 kat daha fazla itme gücüne sahip olacaktır. Bu da Merkür'ü Venüs'e gönderilecek (ve dünyalaştırılacak) donanımın yapımında kullanılacak malzemelerin elde edilmesi için ideal bir yer haline getirebilir. Ayrıca Merkür üzerinde ya da yakınında, yakın yıldız sistemlerine lazer itmeli ışık yelkenleri gibi büyük ölçekli mühendislik faaliyetleri için güç üretmek üzere geniş güneş kolektörleri inşa edilebilir.

Merkür'ün ekstenel eğimi olmadığından, kutuplarına yakın krater tabanları ebedi karanlıkta kalır ve Güneş'i asla görmez. Soğuk tuzaklar olarak işlev görürler ve jeolojik dönemler boyunca uçucu maddeleri hapsederler. Merkür'ün kutuplarınının 1014–1015 kg su içerdiği ve muhtemelen yaklaşık $5,65 \times 10^9 \text{m}^3$ hidrokarbonla kaplı olduğu tahmin edilmektedir. Bu da tarımı mümkün kılacaktır. Merkür'ün yüksek ışık yoğunluğundan ve uzun gününden faydalanmak için bitki çeşitlerinin geliştirilebileceği öne sürülmüştür. Kutuplarda Merkür'ün

geri kalanında görülen önemli gece-gündüz değişimleri yaşanmaz, bu da kutupları koloni kurmak için gezegendeki en iyi yer haline getirir.

Bir başka seçenek de, gece-gündüz değişimlerinin sıcaklıkların kabaca sabit kalmasını sağlayacak kadar sönmüneceği yeraltında yaşamaktır. Ay ve Mars'ta olduğu gibi Merkür'de de bu amaca uygun lav tüpleri bulunduğu dair işaretler vardır. Merkür'ün kutupları etrafındaki bir halkada yeraltı sıcaklıkları Dünya'daki oda sıcaklığına, 22 ± 1 °C'ye bile ulaşabilir; ve bu sadece yaklaşık 0,7 m'den başlayan derinliklerde elde edilir. Bu uçucu maddelerin varlığı ve enerji bolluğu Alexander Bolonkin ve James Shifflett'in Merkür'ü kolonizasyon için Mars'a tercih etmelerine yol açmıştır.

Yine de üçüncü bir seçenek, Merkür'ün 176 gün süren gündüz-gece döngüsü terminatörün çok yavaş hareket ettiği anlamına geldiğinden, gece tarafında kalmak için sürekli hareket etmek olabilir.

Merkür çok yoğun olduğu için daha küçük bir gezegen olmasına rağmen yüzey yerçekimi Mars gibi 0.38g'dir. Buna uyum sağlamak, Ay'ın yerçekiminden (0,16g) daha kolay olacaktır, ancak yine de gezegenden daha düşük kaçış hızıyla ilgili avantajlar sunar. Merkür'ün yakınlığı, ona asteroidler ve dış gezegenlere göre avantajlar sağlar ve düşük sinodik periyodu, Dünya'dan Merkür'e fırlatma pencerelerinin Dünya'dan Venüs veya Mars'a olanlardan daha sık olduğu anlamına gelir. Olumsuz tarafı, bir Merkür kolonisi radyasyondan ve güneş patlamalarından önemli ölçüde korunma gerektirecektir ve Merkür havasız olduğu için dekompresyon ve aşırı sıcaklıklar sürekli risk olacaktır.

2-Venüs

Venüs bulutları arasındaki bir araştırma istasyonu tasviri

Venüs'teki yüzey koşulları insan yaşamına son derece elverişsizdir: ortalama yüzey sıcaklığı 464 °C'dir (kurşunu eritecek kadar sıcak) ve ortalama yüzey basıncı Dünya'nın atmosfer basıncınının 92 katıdır - kabaca Dünya okyanuslarının altındaki bir kilometre derinliğe eşdeğerdir. (Bazı farklılıklar vardır; yüksekliği nedeniyle Maxwell Montes'in zirvesi sadece 380 °C ve 45 bar'dır, bu da onu Venüs'ün yüzeyindeki en soğuk ve en az basınçlı yer yapar. Yaklaşık 700 °C'de bazı sıcak noktalar da vardır). Sürekli bulut örtüsü nedeniyle yüzeyde güneş enerjisi mevcut değildir ve karbondioksit atmosferi zehirlidir.

Bununla birlikte, Venüs'ün üst atmosferi çok daha Dünya benzeri koşullara sahiptir ve en azından 1971'den beri Sovyet bilim adamları tarafından makul bir kolonizasyon yeri olarak önerilmiştir. 50 km'den biraz fazla yükseklikte (bulut tepeleri), atmosfer basıncı kabaca Dünya yüzeyine eşittir ve sıcaklıklar 0-50 °C arasında değişir. Yaşam için gerekli olan uçucu elementler mevcuttur (hidrojen, karbon, nitrojen, oksijen ve sülfür) ve bulutların üzerinde güneş enerjisi bol miktarda bulunmaktadır. Basınçlandırma gerekli olmayacaktır; hatta insanlar oksijen tedariki ve sülfürik asit damlacıklarına karşı koruma sağlayan giysilerle güvenli bir şekilde yaşam alanlarının dışına çıkabilirler. Geoffrey Landis, solunabilir havanın Venüs'ün atmosferinde kaldırıcı bir gaz olduğuna dikkat çekmiştir: bir metre küp hava yarım kilogram kaldırır ve Venüs'teki bir şehir büyüklüğünde oksijen ve nitrojen dolu bir aerostat bir şehrin kütlesini kaldırabilir. Bu da Venüs için bir kolonizasyon yöntemi olarak yüzen aerostat şehirleri önermektedir. Dışarı ile içerisi arasında basınç farkı olmaması, habitat ihlallerini onarmak için yeterli zaman olduğu anlamına gelir. Dünya'nın üç katından biraz fazla yüzölçümüyle, bu tür bir milyar şehir için bile yer olacaktır. Atmosfer bu yükseklikte yeterli

radyasyon kalkanı sağlar ve Venüs'ün 0.90g yerçekimi mikro yerçekiminin olumsuz sağlık etkilerini önlemek için muhtemelen yeterlidir.

Venüs'te bir gün yüzeyde çok uzundur, ancak atmosfer gezegenden çok daha hızlı döner (süperrotasyon adı verilen bir fenomen), bu nedenle yüzen bir yaşam alanı sadece yaklaşık yüz saatlik bir güne sahip olacaktır. Landis bunu çok daha uzun olan Dünya'daki kutup gün ve geceleriyle karşılaştırıyor. Venüs'te daha yüksek enlemlerde yüzen bir yaşam alanı normal bir 24 saatlik döngüye yaklaşacaktır. Yüzeydeki madencilik önemli endüstriyel metallere erişim sağlayacaktır ve yüksek sıcaklıklara dayanması için uçaklar, balonlar ya da fulleren kablolar aracılığıyla erişilebilir. Yaşam alanının madencilik cihazlarına göre hareket halinde olması sorunundan kaçınmak için, yaşam alanı alt atmosfere inebilir: bu bölge daha sıcaktır, ancak Landis büyük boyutlu bir yaşam alanının daha yüksek sıcaklıklarda kısa bir süre kalmakla sorun yaşamayacak kadar ısı kapasitesine sahip olacağını savunuyor.

Venüs'ün kolonileştirilmesi, uzay uçuşunun şafağında bu yana birçok bilimkurgu eserinin konusu olmuştur ve hala hem kurgusal hem de bilimsel açıdan tartışılmaktadır. Venüs için öneriler, üst-orta atmosferde yüzen kolonilere ve dünyayı şekillendirmeye odaklanıyor.

3-Mars

Mars'ın varsayımsal kolonizasyonu kamu uzay ajansları ve özel şirketlerin ilgisini çekmiş ve bilimkurgu yazılarında, filmlerde ve sanatta kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Kalıcı yerleşimi araştırmaya yönelik en son taahhütler arasında kamu uzay ajansları-NASA, ESA, Roscosmos, ISRO ve CNSA ile özel kuruluşlar-SpaceX, Lockheed Martin ve Boeing yer almaktadır.



4-Asteroid kuşağı

Asteroid kuşağında önemli miktarda malzeme mevcuttur, ancak uzayın geniş bir bölgesini kapladığı için ince bir şekilde dağılmıştır. En büyük asteroid, yaklaşık 940 km çapıyla bir cüce gezegen olacak kadar büyük olan Ceres'tir. Sonraki en büyük iki asteroid Pallas ve Vesta olup her ikisinin de çapı yaklaşık 520 km'dir. Vidasız ikmal gemileri, 500 milyon kilometrelik alanı geçerken bile çok az teknolojik ilerleme ile pratik olmalıdır. Kolonistler, asteroidlerinin Dünya'ya ya da önemli kütleyle sahip başka bir cisme çarpmasını sağlamak konusunda güçlü bir çıkara sahip olacaklardır, ancak herhangi bir boyuttaki bir asteroidi hareket ettirmekte son derece zorlanacaklardır. Dünya ve çoğu asteroidin yörüngeleri delta-v açısından birbirlerinden çok uzaktır ve asteroidal cisimler muazzam bir momentuma sahiptir.

Roketler ya da kütle sürücüleri belki de asteroitlerin üzerine yerleştirilerek yollarını güvenli bir rotaya yönlendirebilirler.

Ceres'te hayatta kalma, yakıt ve muhtemelen Mars ve Venüs'ün dünyalaştırılması için önemli olan su, amonyak ve metan bulunmaktadır. Koloni bir yüzey kraterinde ya da yeraltında kurulabilir. Ancak Ceres'te bile yüzeydeki yerçekimi 0.03g gibi çok küçük bir değerdedir ve bu da mikro yerçekiminin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için yeterli değildir (Ceres'e ulaşımı kolaylaştırırsa da). Bu nedenle ya tıbbi tedaviler ya da yapay yerçekimi gerekecektir. Buna ek olarak, ana asteroit kuşağını kolonileştirmek için muhtemelen Ay ve Mars'ta halihazırda mevcut olan altyapı gerekecektir.

Bazıları Ceres'in asteroit madenciliği için bir ana üs ya da merkez olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür. Ancak Geoffrey A. Landis, birden fazla asteroitten yararlanılacaksa, asteroit kuşağının bir asteroit madenciliği üssü için uygun bir yer olmadığına dikkat çekmiştir: asteroitler birbirine yakın değildir ve rastgele seçilen iki asteroitin Güneş'ten birbirlerine zıt taraflarda olma olasılığı oldukça yüksektir. Böyle bir üssün Venüs gibi bir iç gezegende inşa edilmesinin daha iyi olacağını öne sürüyor: iç gezegenler daha yüksek yörünge hızlarına sahiptir, bu da herhangi bir asteroide transfer süresini kısaltır ve Güneş'in etrafında daha hızlı dolanır, böylece asteroide fırlatma pencereleri daha sık olur (daha düşük bir sinodik dönem). Dolayısıyla Venüs uçuş süresi açısından asteroitlere Dünya'ya da Mars'tan daha yakındır. Venüs-Ceres ve Venüs-Vesta yolculukları için transfer süreleri minimum enerjili yörüngeler boyunca sırasıyla sadece 1,15 ve 0,95 yıldır; bu da sırasıyla 1,29 ve 1,08 yıl olan Dünya-Ceres ve Dünya-Vesta'dan bile daha kısadır.

e. *Dış gezegenlerin uyduları*

Europa'da varsayımsal bir okyanus kriyobotu tasviri Dış gezegenlere yapılan insan misyonlarının, yolculuk boyunca uzay radyasyonu ve mikro yerçekiminin etkileri nedeniyle hızlı bir şekilde ulaşması gerekecek. 2012 yılında Thomas B. Kerwick, dış gezegenlere olan uzaklığın insanlı keşifleri şimdilik pratik olmaktan çıkardığını yazmış, Mars'a gidiş-dönüş seyahat sürelerinin iki yıl olarak tahmin edildiğini ve Jüpiter'in Dünya'ya en yakın olduğu mesafenin Mars'ın Dünya'ya en yakın olduğu mesafeden on kat daha uzak olduğunu belirtmiştir. Ancak bu durumun "uzay aracı tasarımında kaydedilecek önemli ilerlemelerle" değişebileceğini belirtti. Jüpiter'e makul bir sürede yolculuk yapmanın bir yolu olarak nükleer-termal veya nükleer-elektrik motorları önerildi. Soğuk, uzay giysileri ve üsler için sağlam bir ısı enerjisi kaynağı gerektiren bir faktör olacaktır. Dış gezegenlerin daha büyük uydularının çoğu, insan yaşamını sürdürmek için yararlı olabilecek su buzunu, sıvı su ve organik bileşikler içerir.

Robert Zubrin Satürn, Uranüs ve Neptün'ü kolonizasyon için avantajlı yerler olarak önermiştir çünkü atmosferleri döteryum ve helyum-3 gibi füzyon yakıtları için iyi kaynaklardır. Zubrin, Satürn'ün en yakın ve mükemmel bir uydu sistemine sahip olması nedeniyle en önemli ve değerli olacağını öne sürmüştür. Jüpiter'in yüksek yerçekimi atmosferinden gaz çıkarmayı zorlaştırmakta ve güçlü radyasyon kuşağı sistemini geliştirmeyi zorlaştırmaktadır. Öte yandan, füzyon gücü henüz elde edilememiştir ve helyum-3'ten füzyon gücü elde etmek geleneksel döteryum-trityum füzyonundan daha zordur. Jeffrey Van Cleve, Carl Grillmair ve Mark Hanna bunun yerine Uranüs'e odaklanıyor, çünkü helyum-3'ü atmosferden yörüngeye çıkarmak için gereken delta-v Jüpiter için gerekenin yarısı ve Uranüs'ün atmosferi helyum açısından Satürn'ünkinden beş kat daha zengin.

Jüpiter'in Galilean uyduları (Io, Europa, Ganymede ve Callisto) ve Satürn'ün Titan'ı, Dünya'nın Ay'ı ile karşılaştırılabilir yerçekimine sahip tek uydulardır. Ay, 0,17g; Io, 0,18g; Europa, 0,13g; Ganymede, 0,15g; Callisto, 0,13g; ve Titan, 0,14g yerçekimine sahiptir. Neptün'ün Triton'u Ay'ın yerçekiminin yaklaşık yarısına (0,08g) sahiptir; diğer yuvarlak uydular daha da azdır (Uranüs'ün Titania ve Oberon'undan başlayarak yaklaşık 0,04g).

1-Jüpiter uyduları

Callisto'daki bir üs tasviri

Jüpiter radyasyonu

Ay Sv / gün

Io 36

Europa 5.40

Ganymede 0,08

Callisto 0,0001

Jüpiter sistemi genel olarak, derin bir yerçekimi kuyusu da dahil olmak üzere kolonizasyon için belirli dezavantajlara sahiptir. Jüpiter'in manyetosferi, Io'daki korumasız yerleşimcilere günde yaklaşık 36 Sv ve Europa'da günde yaklaşık 5.40 Sv sağlayan yoğun iyonlaştırıcı radyasyon ile Jüpiter'in uydularını bombalar. Birkaç gün içinde yaklaşık 0,75 Sv'ye maruz kalmak radyasyon zehirlenmesine neden olmak için yeterlidir ve yaklaşık 5 Birkaç gün boyunca Sv ölümcüldür.

Jüpiter'in kendisi de diğer gaz devleri gibi başka dezavantajlara sahiptir. Üzerine inilebilecek erişilebilir bir yüzey yoktur ve hafif hidrojen atmosferi Venüs için önerildiği gibi bir tür hava habitatı için iyi bir kaldırma kuvveti sağlamayacaktır.

Io ve Europa'daki radyasyon seviyeleri, korumasız insanları bir Dünya günü içinde öldürecek kadar aşırıdır. Bu nedenle, sadece Callisto ve belki de Ganymede bir insan kolonisini makul bir şekilde destekleyebilir. Callisto Jüpiter'in radyasyon kuşağının dışında yörüngede dönmektedir. Ganymede'in alçak enlemleri, radyasyon kalkını ihtiyacını tamamen ortadan kaldıracak kadar olmasa da, ayın manyetik alanı tarafından kısmen korunmaktadır. Her ikisinde de su, silikat kayası ve madencilikle çıkarılıp inşaat için kullanılacak metaller mevcuttur.

Io'nun volkanizması ve gelgit ısınması değerli kaynaklar oluştursa da, bunlardan yararlanmak muhtemelen pratik değildir. EEuropa su (yeraltı okyanusunun tüm Dünya okyanuslarının toplamından iki kat daha fazla su içermesi bekleniyor) ve muhtemelen oksijen açısından zengindir, ancak metal ve minerallerin ithal edilmesi gerekecektir. Europa'da yabancı mikrobiyal yaşam varsa, insan bağışıklık sistemleri buna karşı koruma sağlayamayabilir. Bununla birlikte, yeterli radyasyon kalkını, Europa'yı bir araştırma üssü için ilginç bir yer haline getirebilir. Özel Artemis Project, 1997'de Europa'yı kolonileştirmek için bir plan hazırladı; yüzey iglolarını buz delmek ve altındaki okyanusu keşfetmek için üs olarak kullandı ve insanların buz tabakasındaki "hava ceplerinde" yaşayabileceğini öne sürdü. Ganymede ve Callisto'nun da iç okyanuslara sahip olması bekleniyor. Güneş Sisteminin daha fazla araştırılması için yakıt üretecek bir yüzey üssü inşa etmek mümkün olabilir.

2003 yılında NASA, Güneş Sisteminin gelecekteki keşfiyle ilgili olarak HOPE (Revolutionary Concepts for Human Outer Planet Exploration, İnsan Dış Gezegen Keşfi için Devrimsel

Kavramlar) adlı bir çalışma gerçekleştirdi. Seçilen hedef, Jüpiter'e olan uzaklığı ve dolayısıyla gezegenin zararlı radyasyonu nedeniyle Callisto idi. Güneş Sisteminin daha fazla araştırılması için yakıt üretecek bir yüzey üssü inşa etmek mümkün olabilir. HOPE, tahrik teknolojilerinde önemli ilerlemeler olduğunu varsayarak, mürettebatlı bir görev için yaklaşık 2-5 yıllık bir gidiş-dönüş süresi tahmin etti.

Io, elverişsiz ortamı nedeniyle kolonileşme için ideal değildir. Ay, yüksek volkanik aktiviteye neden olan yüksek gelgit kuvvetlerinin etkisi altındadır. Jüpiter'in güçlü radyasyon kuşağı Io'yu gölgede bırakır ve aya günde 36 Sv radyasyon gönderir. Ay ayrıca son derece kurudur. Io, dört Galile uydusu arasında kolonileşme için en az ideal olan yerdir. Buna rağmen, volkanları kolonileşmeye daha uygun olan diğer uydular için enerji kaynağı olabilir.

Jüpiter'in manyetik alanı ve eş-dönümlü rotasyonu zorlayan akımlar

Artemis Project, Europa'yı kolonileştirmek için bir plan önerdi. Bilim adamları iglolarda yaşar ve herhangi bir yeraltı okyanusunu keşfederek European buz kabuğunu delerlerdi. Rapor ayrıca hava ceplerinin insan yerleşimi için kullanımını tartışıyor.

Ganymede Güneş Sistemi'ndeki en büyük uydudur. Ganymede, Jüpiter'in manyetik alanı tarafından gölgelenmiş olsa da manyetosferi olan tek uydudur. Bu manyetik alan nedeniyle Ganymede, günde yaklaşık 0,08 Sv radyasyon aldığı için yüzey yerleşimlerinin mümkün olabileceği sadece iki Jovian uydusundan biridir. Ganymede dünyalaştırılabilir. Keck Gözlemevi 2006 yılında ikili Jüpiter trojanı 617 Patroclus'un ve muhtemelen diğer birçok Jüpiter trojanının muhtemelen bir toz tabakasıyla birlikte su buzundan oluştuğunu duyurdu. Bu durum, bu bölgede su ve diğer uçucu maddelerin çıkarılmasının ve belki de önerilen Gezegenlerarası Ulaşım Ağı aracılığıyla Güneş Sistemi'nin başka bir yerine taşınmasının çok da uzak olmayan bir gelecekte mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu da Ay, Merkür ve ana kuşak asteroitlerinin kolonileştirilmesini daha pratik hale getirebilir.

2-Satürn uyduları

Ligeia Mare, Titan'da bir deniz (solda), Dünya'daki Superior Gölü'ne kıyasla (sağda) Satürn'ün yuvarlak olabilecek kadar büyük yedi uydusu vardır: Satürn'den artan uzaklık sırasına göre bunlar Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan ve Iapetus'tur. Titan en büyük ve Ay benzeri bir yerçekimine sahip tek uydudur: Güneş Sistemi'nde yoğun bir atmosfere sahip tek uydudur ve karbon içeren bileşikler açısından zengindir, bu da kolonileşme hedefi olarak önermektedir. Titan'da su buzunu ve büyük metan okyanusları vardır. Robert Zubrin, Titan'ın yaşamı desteklemek için gerekli tüm elementlerin bolluğuna sahip olduğunu ve Titan'ı kolonileşme için belki de dış Güneş Sistemi'ndeki en avantajlı yer haline getirdiğini tespit etmiştir.

Europa'da okyanusu yüzeyden ayıran kilometrelerce buza kıyasla güney kutbunda yüzeyden sadece onlarca metre buzla ayrılan bir yeraltı okyanusuna sahip olan küçük ay Enceladus da ilgi çekicidir. Burada uçucu ve organik bileşikler mevcuttur ve ayın bir buz dünyası için yüksek yoğunluğu (1,6 g/cm³) çekirdeğinin silikatlar açısından zengin olduğunu göstermektedir.

Satürn'ün radyasyon kuşağı Jüpiter'inkinden çok daha zayıftır, bu nedenle radyasyon burada daha az sorun teşkil eder. Dione, Rhea, Titan ve Iapetus radyasyon kuşağının dışında

yörüngede dönerler ve Titan'ın kalın atmosferi kozmik radyasyona karşı yeterince kalkan oluşturacaktır.

Robert Zubrin, Satürn, Uranüs ve Neptün'ü "Güneş Sisteminin Basra Körfezi" olarak, bir füzyon ekonomisini yürütmek için en büyük döteryum ve helyum-3 kaynakları olarak tanımladı; göreceli yakınlık, düşük radyasyon ve geniş uydu sistemi.Öte yandan, gezegen bilimci John Lewis 1997 tarihli Mining the Sky (Gökyüzü Madenciliği) adlı kitabında, Uranüs'ün, yüklü bir tanker uzay aracının kendisini dışarı itmesini kolaylaştıran çok daha sığ yerçekimi kuyusu nedeniyle helyum-3 madenciliği için en uygun yer olduğunda ısrar etmektedir. Ayrıca Uranüs bir buz devidir ve bu da helyumun atmosferden ayrılmasını kolaylaştıracaktır.

Zubrin, Titan'ın yaşamı desteklemek için gerekli tüm elementlere bol miktarda sahip olduğunu ve Titan'ı kolonileşme için dış Güneş Sistemi'ndeki belki de en avantajlı yer haline getirdiğini belirtti. Zubrin, "Bazı açılardan Titan, insan kolonizasyonu için Güneş Sistemi içindeki en misafirperver dünya dışı gezegendir" dedi. Terraforming Dünyalaştırma konusunda çok sayıda yayını bulunan bir uzman olan Christopher McKay, aynı zamanda Ocak 2005'te Titan'a inen Huygens sondasının yardımcı araştırmacılarından biridir. Titan'ın yüzeyi çoğunlukla kraterleşmemiştir ve bu nedenle çok genç ve aktif olduğu ve muhtemelen çoğunlukla su buzundan ve kutup bölgelerinde sıvı hidrokarbon göllerinden (metan / etan) oluştuğu sonucuna varılmıştır. Sıcaklık kriyojenik (95 K) olsa da bir üssü destekleyebilmelidir, ancak Titan'ın yüzeyi ve üzerindeki faaliyetler hakkında daha fazla bilgi gereklidir. Kalın atmosfer ve olası ani seller gibi hava koşulları da dikkate alınması gereken faktörlerdir. 9 Mart 2006'da NASA'nın Cassini uzay sondası, Enceladus'ta sıvı su olduğuna dair olası kanıtlar buldu. O maddeye göre, "sıvı su cepleri yüzeyin altında onlarca metreden fazla olamaz." Bu bulgular 2014 yılında NASA tarafından doğrulandı. Bu, sıvı suyun Enceladus'ta, örneğin Europa'da olduğundan çok daha kolay ve güvenli bir şekilde toplanabileceği anlamına gelir (yukarıya bakın). Suyun, özellikle de sıvı suyun keşfi, genellikle bir gök cismini kolonizasyon için çok daha olası bir aday yapar. Enceladus'un faaliyetinin alternatif bir modeli, sıvı su püskürmelerinden daha düşük sıcaklıklar gerektiren bir süreç olan metan/su klatratlarının ayrışmasıdır. Enceladus'un daha yüksek yoğunluğu, temel operasyonlar için malzeme sağlayabilecek Satürn'ün ortalamasından daha büyük bir silikat çekirdeğine işaret ediyor.

3-Trans-Neptün bölgesi

Freeman Dyson, birkaç yüzyıl içinde insan uygarlığının Kuiper kuşağına taşınmış olacağını öne sürmüştür. Neptün'ün yörüngesinin dışında, Kuiper kuşağında ve İç ve Dış Oort bulutunda birkaç yüz milyar ila trilyon kuyruklu yıldız benzeri buz zengini cisim bulunmaktadır. Bunlar, önemli miktarda döteryum ve helyum-3 de dahil olmak üzere yaşam için gerekli tüm bileşenleri (su buzunu, amonyak ve karbon açısından zengin bileşikler) içerebilir. Dyson'ın önerisinden bu yana, bilinen Neptün ötesi cisimlerin sayısı büyük ölçüde artmıştır. Kolonistler cüce gezegenin buzlu kabuğunda veya mantosunda yaşayabilir, füzyon veya jeotermal ısıyı kullanabilir ve uçucu maddeler ve mineraller için yumuşak buz veya sıvı iç okyanusta madencilik yapabilirler. Hafif yerçekimi ve bunun sonucunda buz manto veya iç okyanustaki düşük basınç göz önüne alındığında, kayalık çekirdeğin dış yüzeyini kolonileştirmek, kolonistlere en fazla sayıda mineral ve uçucu kaynak sağlamanın yanı sıra onları soğuktan da yalıtabilir. Arka plan radyasyon seviyelerinin düşük olması muhtemel olduğundan, yüzey habitatları veya kubbeleri de bir başka olasılıktır.

4-Gaz devleri etrafında yörüngede

Ayrıca, Güneş Sistemi'nin gaz devi gezegenlerinin üst atmosferlerine keşif ve muhtemelen termonükleer yakıt olarak birim kütle başına çok yüksek bir değere sahip olabilecek helyum-3 madenciliği için robotik aerostatlar yerleştirme önerileri de vardır.

Uranüs dört gaz devi arasında en düşük kaçış hızına sahip olduğundan, helyum-3 için bir maden sahası olarak önerilmiştir. Eğer robotik faaliyetlerin insan gözetiminde yapılması gerekli görülürse, Uranüs'ün doğal uydularından biri üs olarak kullanılabilir.

Neptün'ün uydularından birinin kolonizasyon için kullanılabilmesi varsayılıyor. Triton'un yüzeyi, muhtemelen amonyak/sudan oluşan bir yeraltı okyanusunu ima eden kapsamlı jeolojik aktivite belirtileri gösteriyor. Teknoloji, böyle bir jeotermal enerjiden yararlanmanın mümkün olduğu noktaya kadar ilerlerse, nükleer füzyon gücüyle desteklenen Triton gibi kriyojenik bir dünyayı kolonileştirmeyi mümkün kılabilir.

f. Güneş Sisteminin ötesinde

Büyük Macellan Bulutu'nda bir yıldız oluşum bölgesi Güneş Sistemi'nin ötesine bakıldığında, kolonileşme hedefi olabilecek birkaç yüz milyar kadar potansiyel yıldız bulunmaktadır. Asıl zorluk diğer yıldızlara olan büyük mesafelerdir: Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerden kabaca yüz bin kat daha uzaktır. Bu da çok yüksek hız (ışık hızının kesirli bir yüzdesinden biraz daha fazla) ya da yüzyıllar veya bin yıllar süren seyahat sürelerinin bir kombinasyonunun gerekli olacağı anlamına gelir. Bu hızlar mevcut uzay aracı tahrik sistemlerinin sağlayabileceğinin çok ötesindedir.

Uzayda kolonileşme teknolojisi prensipte insanoğlunun ışık hızından (c) çok daha düşük olan yüksek ama rölativistik altı hızlarda genişlemesine olanak sağlayabilir. Yıldızlararası bir koloni gemisi, büyük itici güç kabiliyetleri ve bağımsız enerji üretimi ile birlikte bir uzay habitatına benzer olacaktır.

Hem bilim adamları tarafından hem de sert bilimkurguda önerilen varsayımsal yıldız gemisi kavramları şunları içerir:

Bir nesil gemisi ışıktan çok daha yavaş hareket eder ve bunun sonucunda yıldızlararası yolculuk süresi onlarca yıl ya da yüzyıllar sürer. Mürettebat yolculuk tamamlanmadan önce nesilden nesile geçecektir, dolayısıyla mevcut insan ömrü varsayıldığında ilk mürettebattan hiçbirinin varış noktasına kadar hayatta kalması beklenmez.

Mürettebatın çoğunun veya tamamının yolculuğu bir tür kış uykusunda veya askıya alınmış animasyonda geçirdiği, bazılarının veya tamamının varış noktasına ulaşmasına izin veren bir uyuyan gemi.

Embriyo taşıyan yıldızlararası bir yıldız gemisi (EIS), bir nesil gemisinden ya da uyuyan gemiden çok daha küçüktür ve insan embriyolarını ya da DNA'larını donmuş ya da hareketsiz halde varış noktasına taşır. (Burada ihmal edilen bu tür yolcuların doğumu, yetiştirilmesi ve eğitilmesindeki bariz biyolojik ve psikolojik sorunlar temel olmayabilir).

Nükleer füzyon veya fisyonla çalışan bir tür gemi (örneğin iyon sürücüsü), belki de %10 c'ye varan hızlara ulaşarak yakın yıldızlara bir insan ömrüyle karşılaştırılabilir sürelerde tek yönlü yolculuklara izin verir.

Orion-gemisi projesi, Freeman Dyson tarafından önerilen ve bir yıldız gemisini itmek için nükleer patlamaları kullanacak olan nükleer enerjili bir konsepttir. Benzer potansiyel hız kapasitesine sahip, ancak muhtemelen daha kolay bir teknolojiye sahip, önceki nükleer roket konseptlerinin özel bir durumu.

Güneş Sisteminden bir tür güç ışınlaması kullanan lazer tahrik konseptleri, hafif yelkenli ya da başka bir geminin, yukarıdaki füzyonla çalışan elektrikli roketin teorik olarak ulaşabileceği hızlara benzer yüksek hızlara ulaşmasını sağlayabilir. Bu yöntemler varış noktasında durmak için ek nükleer itici güç gibi bazı araçlara ihtiyaç duyacaktır, ancak hibrid (hızlanma için hafif yelken, yavaşlama için füzyon-elektrik) bir sistem mümkün olabilir.

Yüklenen insan zihinleri ya da yapay zeka, radyo ya da lazer aracılığıyla ışık hızında, kendini kopyalayan uzay araçlarının sübliminal olarak seyahat ettiği ve altyapı kurduğu ve muhtemelen bazı zihinleri de getirdiği yıldızlararası hedeflere iletilebilir. Dünya dışı zeka da bir başka uygun varış noktası olabilir. Yukarıdaki kavramlar, temel enerji ve reaksiyon kütlesi hususları nedeniyle yüksek, ancak yine de alt rölativistik hızlarla sınırlı görünmektedir ve hepsi de uzay kolonizasyon teknolojisinin mümkün kılacağı, on yıllardan yüzyıllara kadar yaşam sürelerine sahip bağımsız habitatlara izin veren yolculuk süreleri gerektirecektir. Yine de c'nin %0.1'i kadar bir ortalama hızda bile insan yıldızlararası genişlemesi, Güneş'in galaktik yörünge süresi olan ~240.000.000 yılın yarısından daha kısa bir sürede tüm Galaksiye yerleşmeye izin verecektir ki bu da diğer galaktik süreçlerin zaman ölçeğiyle karşılaştırılabilir. Dolayısıyla, yakın rölativistik hızlarda yıldızlararası seyahat hiçbir zaman mümkün olmasa bile (ki bu şu anda belirlenemez), uzay kolonizasyonunun geliştirilmesi, henüz makul bir şekilde öngörülemez teknolojik ilerlemeler gerektirmeden insanlığın Güneş Sistemi'nin ötesine genişlemesine izin verebilir. Bu durum, yaygın olarak dikkat çekilen birçok doğal ve insan kaynaklı tehlike göz önüne alındığında, kozmik zaman ölçeklerinde akıllı yaşamın hayatta kalma şansını büyük ölçüde artırabilir.

Eğer insanlık büyük miktarda, tüm gezegenlerin kütle enerjisi mertebesinde bir enerjiye erişebilirse, Alcubierre sürücülerini inşa etmek mümkün hale gelebilir. Bunlar mevcut fizik koşullarında mümkün olabilecek birkaç süperluminal seyahat yönteminden biridir. Bununla birlikte, ortaya çıkan temel zorluklar nedeniyle böyle bir cihazın asla var olamayacağı muhtemeldir. Bu konuda daha fazla bilgi için Alcubierre Sürücüsü yapmanın ve kullanmanın zorlukları bölümüne bakınız.

g. Galaksiler arası seyahat

Galaksiler arasındaki mesafeler, yıldızlar arasındaki mesafelerden bir milyon kat daha uzaktır ve bu nedenle galaksiler arası kolonizasyon, kendi kendini idame ettiren özel yöntemlerle milyonlarca yıllık yolculukları içerecektir.

Hukuk, yönetim ve egemenlik

Uzay faaliyetleri yasal olarak ana uluslararası anlaşma olan Dış Uzay Anlaşmasına dayanmaktadır. Ancak uzay hukuku, çok daha az onaylanan Ay Antlaşması gibi diğer uluslararası anlaşmaları ve çeşitli ulusal yasaları içeren daha geniş bir yasal alan haline gelmiştir.

Dış Uzay Antlaşması, birinci maddesinde uzay faaliyetlerinin temel sonuçlarını belirlemiştir: "Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere dış uzayın keşfi ve kullanımı, ekonomik veya

bilimsel gelişme derecelerine bakılmaksızın tüm ülkelerin yararına ve çıkarına olacak şekilde gerçekleştirilecek ve tüm insanlığın malı olacaktır."

Ve ikinci maddede şöyle devam eder: "Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere dış uzay, egemenlik iddiasıyla, kullanım veya işgal yoluyla ya da başka herhangi bir yolla ulusal temellüğe tabi değildir."

Uluslararası uzay hukukunun gelişimi büyük ölçüde dış uzayın insanlığın ortak mirası olarak tanımlanması etrafında dönmüştür. William A. Hyman tarafından 1966 yılında sunulan Uzayın Magna Carta'sı dış uzayı açıkça terra nullius olarak değil res communis olarak çerçevelemiş, bu da daha sonra Birleşmiş Milletler Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla Kullanımı Komitesi'nin çalışmalarını etkilemiştir.

Ay yüzeyine ilk mürettebatlı Ay inişinde (Apollo 11) Amerika Birleşik Devletleri bayrağının konuşlandırılması, Dünya'da tarihsel olarak uygulananın aksine, bir toprak iddiası oluşturmaz, çünkü ABD, Dış Uzay Anlaşmasını ona bağlı kalarak ve böyle bir anlaşma yapmayarak güçlendirdi. bölgesel iddia.

h. Sebepler

İnsan uygarlığının hayatta kalması

Uzay kolonizasyonu çağrısı yapan birincil argüman, insan uygarlığının ve karasal yaşamın uzun vadeli hayatta kalmasıdır.[86] Dünya dışında alternatif yerler geliştirerek, insanlar da dahil olmak üzere gezegenin türleri, kendi gezegenimizde doğal veya insan yapımı felaketler olması durumunda yaşayabilir.

Teorik fizikçi ve kozmolog Stephen Hawking iki kez uzay kolonizasyonunun insanlığı kurtarmanın bir yolu olduğunu savundu. 2001 yılında Hawking, uzayda koloniler kurulmadığı takdirde insan ırkının önümüzdeki bin yıl içinde yok olacağını tahmin etmişti. 2010 yılında, insanlığın iki seçenekle karşı karşıya olduğunu belirtti: ya önümüzdeki iki yüz yıl içinde uzayı kolonileştiririz ya da uzun vadeli yok olma olasılığıyla karşı karşıya kalırız.

2005 yılında, o zamanki NASA Yöneticisi Michael Griffin, uzay kolonizasyonunu mevcut uzay uçuşu programlarının nihai hedefi olarak tanımladı ve şunları söyledi:

Eskiden Amerika Birleşik Devletleri Dışişleri Bakanlığı'ndan olan Louis J. Halle, Foreign Affairs'de (Yaz 1980), küresel nükleer savaş durumunda uzayın kolonileştirilmesinin insanlığı koruyacağını yazdı. Fizikçi Paul Davies ayrıca, gezegensel bir felaketin Dünya'daki insan türünün hayatta kalmasını tehdit etmesi durumunda, kendi kendine yeten bir koloninin Dünya'yı "tersine kolonileştirebileceği" ve insan uygarlığını yeniden kurabileceği görüşünü destekliyor. Yazar ve gazeteci William E. Burrows ve biyokimyacı Robert Shapiro, insan uygarlığının Dünya dışında bir "yedeğini" oluşturmak amacıyla, Uygarlığı Kurtarma İttifakı adlı özel bir proje önerdiler.

J. Richard Gott, Kopernik prensibine dayanarak, insan ırkının 7.8 milyon yıl daha hayatta kalabileceğini, ancak diğer gezegenleri kolonileştirmesinin mümkün olmadığını tahmin etmiştir. Bununla birlikte, yanıldığının kanıtlanmasını umduğunu ifade etmiştir, çünkü "diğer

dünyaları kolonileştirmek, bahislerimizi korumak ve türümüzün hayatta kalma olasılığını artırmak için en iyi şansımızdır".

2019'da yapılan teorik bir çalışmada, bir grup araştırmacı insan uygarlığının uzun vadeli yörüngesi üzerine kafa yoruyor. Dünya'nın sonlu olması ve Güneş Sistemi'nin sınırlı süresi nedeniyle, insanlığın uzak gelecekte hayatta kalması için büyük olasılıkla kapsamlı uzay kolonizasyonu gerektireceği tartışılmaktadır insanlığın bu 'astronomik yörüngesi', tabir edildiği şekliyle, dört adımda gerçekleşebilir: İlk adım, ister uzayda ister Dünya'dan uzaktaki gök cisimlerinde olsun, çeşitli yaşanabilir yerlerde bol miktarda uzay kolonisi kurulabilir ve buna izin verilebilir. başlangıç için Dünya'dan gelen desteğe bağımlı kalmak. İkinci adımda, bu koloniler kademeli olarak kendi kendine yeterli hale gelebilir ve Dünya'daki ana uygarlık başarısız olursa veya ölürse hayatta kalmalarını sağlar. Üçüncü adım, koloniler uzay istasyonlarında veya gök cisimlerinde, örneğin terraforming yoluyla kendi yaşam alanlarını geliştirebilir ve genişletebilir. Dördüncü adımda, koloniler kendi kendini kopyalayabilir ve uzayda yeni koloniler kurabilir, bu daha sonra kendini tekrar edebilen ve kozmos boyunca katlanarak devam edebilen bir süreç. Bununla birlikte, bu astronomik yörünge, kaynakların tükenmesi veya çeşitli insan grupları arasındaki zorlayıcı rekabet nedeniyle büyük olasılıkla kesintiye uğrayacağı ve sonunda düşeceği ve bazı 'yıldız savaşları' senaryolarına yol açacağı için kalıcı olmayabilir.

1- Uzaydaki geniş kaynaklar

Uzaydaki kaynaklar hem malzeme hem de enerji bakımından muazzamdır. Farklı tahminlere göre Güneş Sistemi tek başına, çoğu Güneş'in kendisinden olmak üzere, Dünya'daki mevcut insan nüfusunun birkaç bin ila bir milyar katını desteklemeye yetecek kadar malzeme ve enerjiye sahiptir.

Asteroit madenciliği de uzay kolonizasyonunda önemli bir oyuncu olacaktır. Yapı ve kalkan yapmak için gerekli su ve malzemeler asteroidlerde kolayca bulunabilir. Dünya'da ikmal yapmak yerine, daha iyi bir uzay yolculuğunu kolaylaştırmak için asteroidlerde madencilik ve yakıt istasyonları kurulması gerekiyor. Optik madencilik, NASA'nın asteroidlerden malzeme çıkarmayı tanımlamak için kullandığı terimdir. NASA, Ay'a, Mars'a ve ötesine yapılacak keşifler için asteroidlerden elde edilen itici yakıtın kullanılmasının 100 milyar dolar tasarruf sağlayacağına inanıyor. Finansman ve teknoloji tahmin edilenden daha erken sağlarsa, asteroid madenciliği on yıl içinde mümkün olabilir.

Yukarıdaki altyapı gereksinimlerinin bazı kalemleri Dünya'da zaten kolayca üretilebilmesine ve bu nedenle ticari kalemler olarak çok değerli olmamasına rağmen (oksijen, su, ana metal cevherleri, silikatlar, vb.), diğer yüksek değerli kalemler daha bol, daha kolay üretilebilir, daha yüksek kalitededir veya yalnızca uzayda üretilebilir. Bunlar (uzun vadede) uzay altyapısına yapılacak ilk yatırımdan çok yüksek bir getiri sağlayacaktır.

Bu yüksek değerli ticari mallardan bazıları değerli metaller, değerli taşlar, güç, güneş pilleri, bilyalı rulmanlar, yarı iletkenler, ve farmasötiklerdir.

Her ikisi de Dünya'ya yakın küçük asteroidler olan 3554 Amun ya da (6178) 1986 DA büyüklüğündeki küçük bir asteroidten metal çıkarılması, insanların tarih boyunca çıkardığı metal miktarının 30 katına denk gelecektir. Bu büyüklükteki bir metal asteroid 2001 piyasa fiyatlarıyla yaklaşık 20 trilyon ABD doları değerinde olacaktır

Bu kaynakların ticari olarak kullanılmasının önündeki başlıca engeller, ilk yatırım maliyetinin çok yüksek olması, bu yatırımlardan beklenen geri dönüş için gereken sürenin çok uzun olması (Eros Projesi 50 yıllık bir geliştirme planlamaktadır) ve bu girişimin daha önce hiç yapılmamış olması, yani yatırımın yüksek riskli doğasıdır.

2-Daha az olumsuz sonuçla genişleme

İnsanların genişlemesi ve teknolojik ilerleme genellikle bir tür çevresel yıkımla, ekosistemlerin ve beraberindeki vahşi yaşamın yok edilmesiyle sonuçlanmıştır. Geçmişte, genişleme genellikle birçok yerli halkın yerinden edilmesi pahasına gerçekleşmiş, bunun sonucunda bu halklara yönelik muamele tecavüzdü soykırıma kadar uzanmıştır. Uzayda bilinen bir yaşam olmadığı için, bazı uzay yerleşimi savunucularının da belirttiği gibi, bunun bir sonuç olması gerekmez. Ancak Güneş Sistemi'ndeki bazı cisimlerde yerli yaşam formları bulunma potansiyeli vardır ve bu nedenle uzay kolonizasyonunun olumsuz sonuçları göz ardı edilemez.

Karşı argümanlar, sömürü mantığını değil, sadece konumu değiştirmenin daha sürdürülebilir bir gelecek yaratmayacağını belirtiyor.

3-Aşırı nüfus artışı ve kaynak talebinin azaltılması

Uzay kolonizasyonu için bir argüman, kaynakların tükenmesi gibi Dünya'nın aşırı nüfusunun önerilen etkilerini azaltmaktır. Uzayın kaynakları kullanıma açılsaydı ve yaşamı destekleyen uygun yaşam alanları inşa edilseydi, Dünya artık büyümenin sınırlarını belirleyemezdi. Dünya kaynaklarının çoğu yenilenemez olmasına rağmen, gezegen dışı koloniler gezegenin kaynak gereksinimlerinin çoğunu karşılayabilir. Dünya dışı kaynakların mevcudiyeti ile karasal olanlara olan talep azalacaktır. Bu fikrin savunucuları arasında Stephen Hawking ve Gerard K. O'Neill bulunmaktadır.

Kozmolog Carl Sagan ve bilimkurgu yazarları Arthur C. Clarke, ve Isaac Asimov, dahil olmak üzere diğerleri, herhangi bir fazla nüfusu uzaya göndermenin insan aşırı nüfusuna uygun bir çözüm olmadığını savundu. Clarke'a göre, "nüfus savaşı burada, Dünya'da yapılmalı veya kazanılmalıdır". Bu yazarların sorunu, uzaydaki kaynakların eksikliği değil (Mining the Sky gibi kitaplarda gösterildiği gibi), Dünya'daki aşırı nüfusu "çözmek" için çok sayıda insanı uzaya göndermenin fiziksel olarak pratik olmamasıdır.

4-Diğer argümanlar

Uzay kolonizasyonunun savunucuları, varsayılan bir doğuştan gelen keşfetme ve keşfetme dürtüsünden bahsediyorlar ve bunu ilerlemenin ve gelişen medeniyetlerin merkezindeki bir nitelik olarak adlandırıyorlar.

Nick Bostrom, faydacı Nick Bostrom, faydacı bir bakış açısıyla, çok büyük bir nüfusun çok uzun bir süre (muhtemelen milyarlarca yıl) yaşamasını sağlayacağı ve bu da muazzam miktarda fayda (veya mutluluk) üreteceği için uzay kolonizasyonunun başlıca hedef olması gerektiğini savunmuştur. Nihai kolonizasyon olasılığını artırmak için varoluşsal riskleri azaltmanın, uzay kolonizasyonunun daha erken gerçekleşebilmesi için teknolojik gelişmeyi hızlandırmaktan daha önemli olduğunu iddia etmektedir. Çalışmasında, acı acı çekme sorununa rağmen yaratılan yaşamların pozitif etik değere sahip olacağını varsaymaktadır.

Freeman Dyson ile 2001 yılında yapılan bir röportajda, J. Richard Gott ve Sid Goldstein'a neden bazı insanların uzayda yaşaması gerektiği soruldu. Cevapları şuydu:

-Hayatı ve güzelliği evrene yaymak

-Türümüzün hayatta kalmasını sağlamak

-Güneş enerjisi uyduları, asteroit madenciliği ve uzay üretimi gibi yeni alan ticarileştirme biçimleriyle para kazanmak

-İnsanları ve endüstriyi uzaya taşıyarak Dünya'nın çevresini kurtarın

Biyotik etik, yaşamın kendisine değer veren bir etik dalıdır. Biyotik etik ve bunun uzaya uzantısı olan panbiyotik etik için, yaşamı güvence altına almak ve çoğaltmak ve yaşamı en üst düzeye çıkarmak için uzayı kullanmak bir insan amacıdır.

i. Zorluklar

Dış Güneş Sistemini kolonileştirmede pek çok sorun olacaktır. Bunlar şunlardır:

Dünya'dan uzaklık: Dış gezegenler Dünya'dan iç gezegenlere göre çok daha uzaktır ve bu nedenle ulaşılması daha zor ve zaman alıcı olacaktır. Buna ek olarak, dönüş yolculukları da zaman ve mesafe göz önüne alındığında çok pahalıya mal olabilir.

Aşırı soğuk: Dış Güneş Sistemi'nin birçok yerinde sıcaklıklar mutlak sıfıra yakındır.

Güç: Güneş enerjisi dış Güneş Sistemi'nde iç Güneş Sistemi'ne göre çok daha az yoğunlaşmıştır. Bir çeşit yoğunlaştırma aynası kullanılarak orada kullanılıp kullanılmayacağı ya da nükleer gücün gerekli olup olmayacağı belirsizdir. Gezegenlerin ya da uyduları olan cüce gezegenlerin yerçekimsel potansiyel enerjisinin kullanılması da önerilmiştir.

Düşük yerçekiminin insan vücudu üzerindeki etkileri: Gaz devlerinin tüm uyduları ve tüm dış cüce gezegenler çok düşük bir yerçekimine sahiptir, en yükseği Io'nun yerçekimidir (0.183 g) ve bu Dünya'nın yerçekiminin 1/5'inden daha azdır. Apollo programından bu yana tüm mürettebatlı uzay uçuşları Alçak Dünya yörüngesiyle sınırlandırılmıştır ve bu tür düşük yerçekimi ivmelerinin insan vücudu üzerindeki etkilerini test etme fırsatı olmamıştır. Düşük yerçekimli ortamların ağırlıksız ortamda uzun süreli maruz kalmaya çok benzer etkileri olabileceği tahmin edilmektedir. Bu tür etkiler, uzay aracının döndürülerek yapay yerçekimi yaratılmasıyla önlenabilir.

j. Eleştiriler

Uzay kolonizasyonu, 1758 gibi erken bir tarihte aşırı insan nüfusu sorununa bir çözüm olarak görüldü ve Stephen Hawking'in uzay araştırmalarını sürdürme nedenlerinden biri olarak listelendi. Ancak eleştirmenler, 1980'lerden bu yana nüfus artış oranlarındaki yavaşlamanın aşırı nüfus riskini azalttığını belirtiyor.

Eleştirmenler ayrıca, uzaydaki ticari faaliyetlerin maliyetlerinin Dünya merkezli endüstrilere karşı kârlı olamayacak kadar yüksek olduğunu ve bu nedenle, öngörülebilir gelecekte uzay kaynaklarının önemli ölçüde sömürülmesinin olası olmadığını savunuyorlar.

Diğer itirazlar arasında, kozmosun sömürgeleştirilmesi ve metalaştırılmasının, büyük finans kurumları, büyük havacılık ve uzay şirketleri ve askeri-endüstriyel kompleks gibi büyük ekonomik ve askeri kurumlar da dahil olmak üzere halihazırda güçlü olanların çıkarlarını artıracığı, yeni savaşlara yol açacağı ve işçilerin ve kaynakların önceden var olan sömürsünü, ekonomik eşitsizliği, yoksulluğu, sosyal bölünmeyi ve marjinalleşmeyi, çevresel

bozulmayı ve diğer zararlı süreçleri veya kurumları daha da kötüleştireceği yönündeki endişeler yer almaktadır.

Diğer endişeler arasında insanların artık insan olarak değil, maddi varlıklar olarak görüldüğü bir kültürün yaratılması da yer almaktadır. Uzay kolonizasyonunun izole kolonilerde yaşayan insanların psikolojik ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için insan onuru, ahlak, felsefe, kültür, biyoetik ve bu yeni "toplumlardaki" megaloman liderlerin tehdidi gibi konuların ele alınması gerekecektir. İnsan ırkının geleceği için bir alternatif veya ek olarak, birçok bilimkurgu yazarı 'iç-uzay' alanına, yani insan zihninin ve insan bilincinin bilgisayar destekli keşfine odaklanmıştır - muhtemelen gelişimsel olarak bir Matrioshka Beynine giden yolda. Robotik uzay araçları, sınırlı görev süresi ve insan görevlerinde yer alan yüksek yaşam desteği ve dönüş nakliyesi maliyeti olmaksızın aynı bilimsel avantajların çoğunu elde etmek için bir alternatif olarak önerilmektedir. Fermi paradoksunun - "başka kimse yapmıyor" - bir sonucu da, uzaylı kolonizasyon teknolojisine dair hiçbir kanıt bulunmadığı için, aynı teknoloji seviyesini kendimizin kullanmasının bile istatistiksel olarak mümkün olmadığı argümanıdır.

1-Gezegen koruması

Mars'a giden robot uzay araçlarının sterilize edilmesi, aracın dış yüzeyinde en fazla 300.000 spor bulunması ve su içeren "özel bölgelere" temas etmeleri halinde daha kapsamlı bir şekilde sterilize edilmeleri gerekmektedir, aksi takdirde yaşam tespit deneyleri ya da gezegenin kendisi kirlenebilir.

İnsanlar, insan mikrobiyomunun binlerce türünden tipik olarak yüz trilyon mikroorganizmaya ev sahipliği yaptığından ve bunlar insanın hayatını korurken ortadan kaldıramadığından, insan misyonlarını bu düzeyde sterilize etmek imkansızdır. Sınırlama tek seçenek gibi görünüyor, ancak sert bir iniş (yani çarpışma) durumunda büyük bir zorluk teşkil ediyor. Bu konuda birkaç gezegen atölye çalışması yapıldı, ancak henüz ileriye dönük bir yol için nihai bir kılavuz yok. İnsan kaşifler, dünya dışı mikroorganizmaları taşıırken gezegene dönerlerse istemeden Dünya'yı kirletebilirler.

2-Sömürgeciler için fiziksel, zihinsel ve duygusal sağlık riskleri

Bir kolonizasyon girişimine katılabilecek insanların sağlığı artan fiziksel, zihinsel ve duygusal risklere maruz kalacaktır. NASA, yerçekimi olmadan kemiklerin mineral kaybederek osteoporozu neden olduğunu öğrendi. Kemik yoğunluğu ayda %1 oranında azalabilir, bu da yaşamın ilerleyen dönemlerinde osteoporozu bağlı kırık riskinin artmasına neden olabilir. Başa doğru sıvı kayması görme sorunlarına neden olabilir. NASA, Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki kapalı ortamlarda izolasyonun, muhtemelen kapalı alanlar ve uzun uzay uçuşunun monotonluğu ve sıkıcılığı nedeniyle depresyona, uyku bozukluklarına ve kişisel etkileşimlerin azalmasına yol açtığını tespit etmiştir. Sirkadiyen ritim de, gün batımı ve gün doğumu zamanlamasının bozulmasının uyku üzerindeki etkileri nedeniyle uzay yaşamının etkilerine karşı hassas olabilir. Bu durum yorgunluğun yanı sıra uykusuzluk gibi diğer uyku sorunlarına da yol açarak üretkenliklerini azaltabilir ve ruh sağlığı bozukluklarına neden olabilir[143] Yüksek enerjili radyasyon kolonizatörlerin karşı karşıya kalacağı bir sağlık riskidir, çünkü derin uzaydaki radyasyon astronotların şu anda alçak Dünya yörüngesinde karşılaştıklarından daha ölümcüldür. Uzay araçlarındaki metal kalkanlar uzay radyasyonunun

sadece %25-30'una karşı koruma sağlayarak kolonizatörleri radyasyonun diğer %70'ine ve bunun kısa ve uzun vadeli sağlık komplikasyonlarına maruz bırakabilir.

3-Uygulama

Uzayda koloniler kurmak için su, gıda, alan, insan, inşaat malzemeleri, enerji, ulaşım, iletişim, yaşam desteği, simüle edilmiş yerçekimi, radyasyondan korunma ve sermaye yatırıma erişim gerekmektedir. Kolonilerin gerekli fiziksel kaynakların yakınında yer alması muhtemeldir. Uzay mimarisi pratiği, uzay uçuşunu insan dayanıklılığının kahramanca bir testi olmaktan çıkarıp rahat bir deneyimin sınırları içinde normalliğe dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Diğer sınır açıcı girişimlerde olduğu gibi, uzay kolonizasyonu için gerekli sermaye yatırımı muhtemelen hükümetlerden gelecektir, John Hickman ve Neil deGrasse Tyson tarafından ortaya atılan bir argüman.

4-Yaşam desteği

Uzay yerleşimlerinde, bir yaşam destek sistemi "çökmeden" tüm besin maddelerini geri dönüştürmeli veya ithal etmelidir. Uzaydaki yaşam desteğine en yakın karasal analog muhtemelen bir nükleer denizaltıdır. Nükleer denizaltılar mekanik yaşam destek sistemleri kullanarak insanları aylarca su yüzeyine çıkmadan destekleyebilmektedir ve aynı temel teknoloji muhtemelen uzayda da kullanılabilir. Ancak nükleer denizaltılar "açık döngü" ile çalışırlar - deniz suyundan oksijen çekerler ve mevcut oksijeni geri dönüştürmelerine rağmen tipik olarak karbondioksiti denize atarlar. Yaygın olarak önerilen bir başka yaşam destek sistemi de Biyosfer 2 gibi kapalı bir ekolojik sistemdir.

5-Sağlık risklerine çözümler

Geleceğin sömürgecileri ve öncüleri için birçok fiziksel, zihinsel ve duygusal sağlık riski olmasına rağmen, bu sorunları düzeltmek için çözümler önerilmiştir. Mars500, HI-SEAS ve SMART-OP, yalnızlığın ve uzun süre kapalı kalmanın etkilerini azaltmaya yardımcı olma çabalarını temsil eder. Aile üyeleriyle iletişim halinde olmak, tatilleri kutlamak ve kültürel kimlikleri sürdürmek, ruh sağlığının bozulmasını en aza indirmede etkili oldu. Ayrıca astronotların endişelerini azaltmalarına yardımcı olacak geliştirme aşamasındaki sağlık araçları ve kapalı bir ortamda mikropların ve bakterilerin yayılmasını azaltmaya yönelik yararlı ipuçları da bulunmaktadır. Astronotlar için radyasyon riski, sık sık izleme ve mekik üzerindeki korumadan uzağa odaklanarak azaltılabilir. Gelecekteki uzay ajansları ayrıca, her sömürgecinin kasın bozulmasını önlemek için zorunlu miktarda günlük egzersiz yapmasını sağlayabilir.

6-Radyasyon koruması

Kozmik ışınlar ve güneş patlamaları uzayda ölümcül bir radyasyon ortamı yaratır. Dünya yörüngesinde, Van Allen kuşakları Dünya atmosferinin üzerinde yaşamayı zorlaştırır. Manyetik veya plazma radyasyon kalkanları geliştirilmedikçe, yaşamı korumak için yerleşim yerlerinin gelen radyasyonun çoğunu emmeye yetecek kütle ile çevrelenmesi gerekir.

Metrekare yüzey alanı başına dört metrik tonluk pasif kütle koruması, radyasyon dozunu yılda birkaç mSv veya daha azına düşürecek, bu da Dünya'daki bazı yüksek nüfuslu doğal arka plan alanlarının oranının çok altında. Bu, Ay toprağının ve asteroidlerin oksijene, metaller ve diğer yararlı malzemelere dönüştürülmesinden arta kalan malzeme (cüruf) olabilir. Bununla birlikte, bu kadar büyük kütleyle sahip gemilerin manevra yapması için önemli bir engel teşkil etmektedir (hareketli uzay aracının özellikle daha az kütleli aktif kalkan kullanması

muhtemeldir). Atalet, dönüşü başlatmak veya durdurmak için güçlü iticileri veya bir geminin iki büyük bölümünü zıt yönlerde döndürmek için elektrik motorlarını gerektirecektir. Koruyucu malzeme, dönen bir iç kısım etrafında sabit olabilir.

7-Psikolojik uyum

Uzun süreli bir uzay görevinin getirdiği monotonluk ve yalnızlık, astronotları kabin hummasına veya psikotik bir mola vermeye yatkın hale getirebilir. Dahası, uykusuzluk, yorgunluk ve aşırı iş yükü bir astronotun uzay gibi her eylemin kritik olduğu bir ortamda iyi performans gösterme yeteneğini etkileyebilir.

8-Ekonomi

Uzayın kolonileştirilmesi için gerekli yöntemler, uzayın ticari kullanımından elde edilecek tahmini karlara ek olarak, amaç için toplanan kümülatif fonları karşılayacak kadar ucuz hale geldiğinde (daha ucuz fırlatma sistemleri ile uzaya erişim gibi) kabaca mümkün olduğu söylenebilir.

Geleneksel fırlatma maliyetleri göz önüne alındığında uzay kolonizasyonu için gereken büyük miktarlardaki paranın hemen elde edilebileceğine dair bir beklenti olmasa da, 2010'lu yıllarda fırlatma maliyetlerinde radikal bir düşüş yaşanması ve dolayısıyla bu yöndeki çabaların maliyetinin azalması ihtimali bulunmaktadır. Alçak Dünya yörüngesine 13.150 kg'a (28.990 lb) kadar faydalı yük fırlatma başına 56,5 milyon ABD\$'lık yayınlanmış fiyatıyla SpaceX Falcon 9 roketleri halihazırda "sektördeki en ucuz" roketlerdir. SpaceX'in yeniden kullanılabilir fırlatma sistemi geliştirme programının bir parçası olarak Falcon 9'ların yeniden kullanılabilmesini sağlamak üzere geliştirilmekte olan ilerlemeler "fiyatı büyüklük sırasına göre düşürebilir, daha fazla uzay tabanlı girişimi tetikleyebilir ve bu da ölçek ekonomileri yoluyla uzaya erişim maliyetini daha da düşürebilir." SpaceX'in yeniden kullanılabilir teknolojiyi geliştirmede başarılı olması halinde, bunun "uzaya erişim maliyeti üzerinde büyük bir etki yaratması" ve uzay fırlatma hizmetlerinde giderek daha rekabetçi hale gelen piyasayı değiştirmesi beklenmektedir. alçak Dünya yörüngesine, SpaceX Falcon 9 roketleri zaten "sektörün en ucuzları". Şu anda SpaceX'in yeniden kullanılabilir fırlatma sistemi geliştirme programının bir parçası olarak yeniden kullanılabilir Falcon 9'ları mümkün kılmak için geliştirilmekte olan ilerlemeler "fiyatı birkaç kat düşürebilir, uzaya dayalı daha fazla işletmeyi ateşleyebilir ve bu da uzaya erişim maliyetini daha da düşürebilir. ölçek ekonomileri aracılığıyla."

Başkan'ın Amerika Birleşik Devletleri Uzay Araştırmaları Politikasının Uygulanması Komisyonu, uzay kolonizasyonunun başarılması için belki de hükûmet tarafından bir teşvik ödülü oluşturulmasını, örneğin Ay'a insan yerleştiren ve Dünya'ya dönmeden önce onları belirli bir süre yaştatan ilk kuruluşa ödül verilmesini önermiştir.

9-Enerji

Yörüngedeki güneş enerjisi bol ve güvenilirdir ve günümüzde uydulara güç sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Boş uzayda gece yoktur ve güneş ışığını engelleyecek bulutlar veya atmosfer yoktur. Işık yoğunluğu ters kare yasasına uyar. Dolayısıyla, Güneş'ten d uzaklığında mevcut olan güneş enerjisi $E = 1367/d^2$ W/m²'dir; burada d astronomik birimlerle (AU) ölçülür ve 1367 watt/m² Dünya'nın Güneş'e olan yörünge uzaklığı olan 1 AU'da mevcut olan enerjidir.

Uzayın ağırlıksız ve vakumlu ortamında, çok hafif destek yapılarına sahip metalik folyodan yapılmış devasa parabolik yansıtıcılarla güneş fırınlarında endüstriyel süreçler için yüksek sıcaklıklar kolayca elde edilebilir. Güneş ışığını radyasyon kalkanlarının etrafından yaşam alanlarına (kozmetik ışınların görüş hattına girmesini önlemek ya da Güneş'in görüntüsünün "gökyüzünde" hareket ediyormuş gibi görünmesini sağlamak için) ya da ekinlerin üzerine yansıtacak düz aynalar daha da hafif ve yapımı daha kolaydır.

Yerleşimcilerin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için büyük güneş enerjisi fotovoltaik hücre dizilerine veya termik santrallere ihtiyaç duyulacaktır. Dünya'nın gelişmiş bölgelerinde elektrik tüketimi ortalama 1 kilovat/kişi (ya da yılda kişi başına kabaca 10 megavat-saat) olabilir. Bu enerji santralleri, gücü iletmek için kablolar kullanılıyorsa ana yapılardan kısa bir mesafede veya kablosuz güç iletimi ile çok daha uzakta olabilir.

İlk uzay yerleşimi tasarımlarının önemli bir ihracatının, Dünya'daki konumlara ya da Ay'daki kolonilere veya uzaydaki diğer konumlara güç göndermek için kablosuz güç aktarımı (faz kilitli mikrodalga ışınları veya özel güneş pillerinin yüksek verimlilikle dönüştürdüğü dalga boylarını yayan lazerler) kullanacak büyük güneş enerjisi uyduları (SPS) olması bekleniyordu. Dünya'daki konumlar için bu güç elde etme yöntemi son derece zararsızdır, sıfır emisyon ve watt başına geleneksel güneş panellerine göre çok daha az yer alanı gerekir. Bu uydular öncelikle Ay veya asteroit kaynaklı malzemelerden inşa edildikten sonra, SPS elektriğinin fiyatı fosil yakıt veya nükleer enerjiden elde edilen enerjiden daha düşük olabilir; bunların yerini alması, elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazlarının ve nükleer atıkların ortadan kaldırılması gibi önemli faydalar sağlayacaktır.

Güneş enerjisinin kablosuz olarak Dünya'dan Ay'a aktarılması da uzay kolonizasyonu ve enerji kaynakları için önerilen bir fikirdir. Apollo görevleri sırasında NASA için çalışan fizikçi Dr. David Criswell, uzaydan enerji aktarmak için güç ışınları kullanma fikrini ortaya attı. Yaklaşık 12 cm dalga boyuna sahip mikrodalgalar olan bu ışınlar atmosferden geçerken neredeyse hiç etkilenmeyecektir. Ayrıca insanlardan ya da hayvan faaliyetlerinden uzak tutmak için daha endüstriyel alanlara da yönlendirilebilirler Bu sayede güneş enerjisinin daha güvenli ve güvenilir yöntemlerle aktarılması mümkün olacaktır.

2008'de bilim adamları Maui'deki bir dağdan Hawaii adasına 20 watt'lık bir mikrodalga sinyali gönderebildiler. O zamandan bu yana JAXA ve Mitsubishi, yörüngeye 1 gigawatt'a kadar enerji üretebilecek uydular yerleştirmek için 21 milyar dolarlık bir projede bir araya geldi. Bunlar, uzay tabanlı güneş enerjisi için enerjinin kablosuz olarak iletilmesini sağlamak için günümüzde yapılan sonraki gelişmelerdir.

Ancak, uzaydaki diğer konumlara kablosuz olarak iletilen SPS gücünün değeri tipik olarak Dünya'dakinden çok daha yüksek olacaktır. Aksi takdirde, güç üretme araçlarının bu projelere dahil edilmesi ve Dünya'ya fırlatma maliyetlerinin ağır cezasını ödemesi gerekecektir. Bu nedenle, Dünya'ya gönderilen güç için önerilen tanıtım projeleri dışında, SPS elektriği için ilk önceliğin iletişim uyduları, yakıt depoları veya alçak Dünya yörüngesi (LEO) ile jeosenkron yörünge (GEO), Ay yörüngesi veya yüksek eksantrikli Dünya yörüngesi (HEEO) gibi diğer yörüngeler arasında kargo ve yolcu taşıyan "yörünge römorkörü" iticileri gibi uzaydaki konumlar olması muhtemeldir: 132 Sistem aynı zamanda enerjiyi elektriğe dönüştürmek için uydulara ve Dünya'daki alıcı istasyonlara dayanacaktır. Bu sayede enerji gündüzden geceye kolayca aktarılabilir, yani 7/24 güvenilir olacaktır.

Ay'da veya Mars'ta bulunan koloniler için bazen nükleer enerji önerilir, çünkü bu yerlerde güneş enerjisi arzı çok kesintilidir; Ay, iki Dünya haftası süren gecelere sahiptir. Mars'ta geceler, nispeten yüksek yerçekimi ve güneş panellerini örtmek ve bozmak için büyük toz fırtınalarının olduğu bir atmosfer var. Ayrıca, Mars'ın Güneş'ten daha uzak olması (1,52 astronomik birim, AU), Dünya yörüngesine kıyasla Mars'ta güneş enerjisinin yalnızca 1/1,52 2 veya yaklaşık %43'ünün mevcut olduğu anlamına gelir. Başka bir yöntem, yukarıda açıklandığı gibi güneş enerjisi uydularından (SPS'ler) kablosuz olarak ay veya Mars kolonilerine enerji iletmek olabilir; Bu konumlarda güç üretmenin zorlukları, SPS'lerin oradaki göreceli avantajlarını, Dünya üzerindeki konumlara ışınlanan güçten çok daha fazla hale getiriyor. Yaşam desteği, bakım, iletişim ve araştırma sağlamak için bir Ay üssü ve enerjisinin gereksinimlerini de karşılayabilmek için, ilk kolonilerde hem nükleer hem de güneş enerjisinin bir kombinasyonu kullanılacaktır.

Ay ve uzay gibi havasız ortamlarda ve daha az ölçüde çok ince Mars atmosferinde hem solar termal hem de nükleer enerji üretimi için ana zorluklardan biri üretilen kaçınılmaz ısının dağıtılmasıdır. Bu da oldukça geniş radyatör alanları gerektirir.

10-Nüfus boyutu

2002 yılında antropolog John H. Moore, 150-180 kişilik bir nüfusun istikrarlı bir toplumun 60 ila 80 nesil boyunca, yani 2.000 yıla eşdeğer bir süre boyunca var olmasına izin vereceğini tahmin etmiştir. Astrofizikçi Frédéric Marin ve parçacık fizikçisi Camille Beluffi, 6.300 yıllık bir yolculuk varsayımıyla, Proxima Centauri'ye ulaşacak bir nesil gemisi için asgari uygulanabilir nüfusun görevin başında 98 yerleşimci olacağını hesapladılar (daha sonra mürettebat, gemi içinde birkaç yüz yerleşimciden oluşan istikrarlı bir nüfusa ulaşana kadar üreyecektir).

2020'de Jean-Marc Salotti, dünya dışı bir dünyada hayatta kalmak için minimum yerleşimci sayısını belirlemek için bir yöntem önerdi. Tüm faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gereken süre ile tüm insan kaynaklarının çalışma sürelerinin karşılaştırılmasına dayanır. Mars için 110 kişi gerekli olacaktır.

4. KARDASHEV ÖLÇEĞİ VE DÜNYAYI TİP-2 MEDENİYETE ULAŞTIRMANIN YOLLARI

Kardaşev ölçeği uygarlıkların teknolojik gelişmelerini, iletişim kurma doğrultusunda kullanabilecekleri enerji miktarına göre ölçen bir yöntemdir. Ölçek, Tip I, II ve III olarak önceden belirlenmiş üç ayrı kategoriye sahiptir, Tip I uygarlık —gezegenel uygarlık da denir—, komşu yıldızından gezegenine ulaşan kullanılabilir enerjiyi kullanma ve depolama yetisine sahiptir, Tip II uygarlık, yıldızındaki bütün enerjiyi hasat etme yetisine sahiptir (en popüler hipotetik kavram tüm yıldız kapsayabilecek ve enerjisini gezegene transfer edebilecek Dyson küresidir, Tip III uygarlığın ise konak gökadasının tümü ölçeğinde enerji kontrolü bulunmaktadır. Ölçek tamamen hipotetiktir ve bir kozmik ölçekte enerji tüketimini göz önünde bulundurur. İlk olarak 1964 yılında Sovyet astronom Nikolay Kardaşev tarafından ileri sürülmüştür. Önerildiği zamandan beri daha geniş güç seviyelerinden (tip 0, IV ve V) saf güçten farklı metriklerin kullanımına çeşitli eklemeler önerildi.

a. Sınıflandırmanın evrimi

1964'te Kardeşev güç büyüklüğü sırasına göre üç uygarlık sınıfı tanımladı:

Tip I

"Teknoloji seviyesi günümüzde Dünya'da $\approx 4 \times 10^{19}$ erg/saniye (4×10^{12} Watt) enerji tüketimi ile elde edilen seviyeye yakın."Guillermo A. Lemarchand bunu " 1016 ve 1017 Watt arasında, Dünya'nın Güneş ışınlarına maruz kalmasına eşdeğer bir enerji kapasitesi ile çağdaş dünyasal uygarlığa yakın bir seviyede." olarak ifade etti.

Tip II

" $\approx 4 \times 10^{33}$ erg/saniye enerji tüketimi ile kendi yıldızından yayılan enerjiden yararlanma yeteneğine sahip bir uygarlık." Örnek olarak, Dyson küresinin başarılı bir inşaat aşaması. Lemarchand bunu "Yıldızından çıkan tüm radyasyonu kullanabilen ve yönlendirebilen bir medeniyet. Enerji kullanımı o hâlde bizim Güneş'imizin yaklaşık 4×10^{33} erg/saniye (4×10^{26} Watt) olan parlaklığı ile karşılaştırılabilir." olarak ifade etti.

Tip III

" $\approx 4 \times 10^{44}$ erg/saniye enerji tüketimi ile kendi gökadası ölçeğinde bir enerjiye hâkim olan bir uygarlık."Lemarchand bunu "Yaklaşık 4×10^{44} erg/saniye ile tüm Samanyolu gökadasının parlaklığı ile karşılaştırılabilir bir güce erişen uygarlık."olarak ifade etti.

b. İnsan uygarlığının günümüzdeki durumu

İnsan ırkının tarihte artan enerji kullanma yetisi. Önceki yüzyılda insanlık 0,582 civarındayken yaklaşık 0,72 Kardeşev ölçeğine tırmandı.

Michio Kaku insanların Tip I durumuna 100–200* yılda, Tip II durumuna birkaç bin yılda, Tip III durumuna 100,000 ilâ bir milyon yılda ulaşabileceğini önerdi.

c. Gözlemsel kanıt

2015'te galaktik orta kızılötesi yayılım üzerine bir çalışma Kardeşev Tip III uygarlıkların yerel evrende ya çok seyrek buldukları ya da hiç bulunmadıkları sonucunu ortaya çıkardı.

14 Ekim 2015'te KIC 8462852 etrafındaki garip bir örüntü bunun Dyson küresi olabileceği ve Tip II uygarlığın keşfi söylentilerine yol açtı.

d. Orijinal ölçeğe eklemeler

Kardeşev ölçeğine birçok genişleme ve değiştirme önerilmiştir.

Tip 0, IV ve V Kardeşev derecesi: Ölçeğe yapılan en düz genişleme, tüm evreni kontrol eden tip 4 medeniyetler ve evren takımlarını kontrol eden tip 5 medeniyetlerdir. Bu genişleme ayrıca tip 0 medeniyetleri de kapsar. Tip 4 medeniyet ve ilerisi güncel bilimsel anlayışın sınırlarının dışındadır bu yüzden mümkün olmayabilir.

Tip IV: "Evrensel bir uygarlık olan Tip 4 tüm evrenin enerjisini kontrol altına alıp, kullanabilir ya da depolayabilir. Bu süpergalaktik uygarlık tüm evrende dolaşabilir ve muhtemlen tüm galaksilerin

enerjilerini kullanabilir. Ayrıca bu uygarlık uzay-zamanı manipüle edebilir, entropi değişimini sağlayabilir. Kısacası bir evrende olabilecek her şeyi kontrol edebilir."

Tip V: "Evrenlerarası bir uygarlık tahmin edebileceğiniz gibi birden fazla evrenin enerjisini kontrol edip kullanabilir. Bu tarz bir uygarlığın olması için birden fazla evren olması gerekir yani paralel evrenlerin mevcut olması gerekir."

Zoltán Galántai böyle bir medeniyetin tespit edilemeyeceğini, çünkü eylemlerinin doğanın kendi çalışmasından ayırt edilemeyeceğini söylemiştir. Ölçeğe sunulan başka değişimler ise başka bir özellik ölçüğü kullanır; Örneğin sistemlerin hakimiyeti, bilinen bilgi miktarı, büyük ölçeklerdeki kontrol yerine küçük ölçeklerdeki kontrol vb.

e. Bilgi hakimiyeti (Carl Sagan)

Alternatif olarak, Carl Sagan saf enerji kullanımının üzerine başka bir boyut daha eklenmesini önerdi: *Medeniyetin sahip olduğu bilgi miktarı.*

A harfini 106 bitlik bilgi (yazılı olarak bilinen insan kültürlerinden daha az) olarak ve sonraki her harf için bir üstü olarak kabul etti. Bu şekilde bir Z medeniyetinin bilgi miktarı 1031 bit olur.

Bu derecelendirmeye göre, 1973 Dünyası 1013 bitlik bilgi ile 0.7 H medeniyeti olur.

Sagan'a göre şu anlık hiçbir medeniyetin Z derecesine gelmiş olması mümkün değildir.

Bilgi ve enerji boyutları, birbirlerine tamamen bağlı olmadıklarından bir medeniyetin Z derecesinde olması tip 3 medeniyet olduklarını göstermez.

Mikro boyutlarda hakimiyet (John Barrow): John D. Barrow, insanların küçük şeyleri değiştirmeyi büyük şeyleri değiştirmekten daha verimli bulmaları gerçeğinden yola çıkarak ölçüğü tip 1-minus ve tip omega-minus olarak değiştirmeyi önerdi.

Tip I-minus kendi boylarındaki nesnelere değiştirebilen medeniyetler: bina yapma, maden kazma, katıları birleştirip ayırma vb.

Tip II-minus medeniyetler, genleri değiştirebilen ve kendi parçalarını değiştirebilen/geliştirebilen medeniyetlerdir.

Tip III-minus medeniyetler molekülleri ve moleküler bağlara etki edip yeni maddeler oluşturabilen medeniyetlerdir.

Tip IV-minus medeniyetler atomlara tekil olarak etki edebilen, atomik ölçekte nanoteknoloji üretebilen ve karmaşık yapay yaşam formları üretebilen medeniyetlerdir.

Tip V-minus Atom çekirdeğine etki edebilen onu oluşturan nükleonlara mühendislik yapabilen medeniyetlerdir.

Tip VI-minus maddenin en küçük parçacıklarına etki edebilen medeniyetlerdir ve son olarak:

Tip Omega-minus medeniyetler uzay ve zamanın yapısına etki edebilen medeniyetlerdir.

Bu ölçüğe göre insanlar, çeşitli kimya ve biyoloji alanlarında ilerlemiş olarak tip III-minus medeniyet derecesini geçmiştirler. Tip IV-minus teknolojileri nanoteknoloji, yarı iletkenler, madde bilimi ve genetik mühendislikte görülemeye başlamıştır. Tip V-minus teknolojileri ile de nükleer fizik alanı

ilgilenmektedir. Tip VI-minus için ise parçacık fiziği alanında Hadron çarpıştırıcısı gibi denemeler yapılmıştır.

Medeniyet alanı(Robert Zubrin): Robert Zubrin Kardeşev ölçeğini medeniyetin uzayda ne kadar genişlediğini ölçecek şekilde uyarlamıştır. Onun Tanımında:

- Tip-1 medeniyetler gezegenlerine yayılanlar,
- Tip-II medeniyetler kendi güneş sistemlerine yayılanlar,
- Ve Tip-III medeniyetler de gökadalara yayılmış olan medeniyetlerdir.

5. FARKLI MEDENİYETLERLE İLETİŞİM KURMA VE OLASI SİNYALLERİN KEŞFİ

a. Fermi paradoksu

dünya dışı uygarlıkların var olma olasılığının gayet yüksek olduğuna dair tahminlerin varlığı ile bunu doğrulayacak herhangi bir kanıtın ya da temasın yokluğu arasındaki çelişkiyi ifade eder.

Evrenin yaşının büyüklüğü ve muazzam sayıda yıldızın varlığı ile birlikte, hayat için Dünya'nın tipik bir gezegen örneği olduğu varsayımı da göz önüne alındığında, dünya dışı yaşamın yaygın olması gerekir. Bu önermeyi 1950'de bir öğle yemeği sırasında tartışan fizikçi Enrico Fermi şu soruyu sormuştu: "Eğer Samanyolu dahilinde yüksek sayıda ileri dünya dışı uygarlık mevcutsa, neden uzaylılara ait uzay araçları ya da sondalar gibi kanıtlara rastlamıyoruz?" Konunun daha detaylı incelendiği tartışmalar, Michael H. Hart'ın 1975 tarihli bir makalesiyle başladı. Bu sebeple paradoks, zaman zaman Fermi-Hart paradoksu olarak da adlandırıldı. Konuyla ilişkili bir başka soru da Büyük Sessizlik olarak bilinir: "Uzayda yolculuk zor olsa bile, eğer dünya dışı yaşam yaygınsa, en azından bu uygarlıklara ait radyo sinyallerini duymamız gerekmez mi?"

Fermi paradoksunu, dünya dışı yaşamın var olduğuna ilişkin kanıtları bulmaya çalışarak ya da böyle bir uygarlığın insan algısının dışında var olabileceğini savunarak çözmeyi deneyenler oldu. Bu çalışmalara karşı çıkanlar ise, zeki dünya dışı yaşamın var olmadığını ya da insanların asla temas kuramayacağı kadar nadir olduğunu savundu.

Hart'ın makalesi ile birlikte, dünya dışı yaşam hakkında bilimsel teoriler ve olası modeller üretmeye yönelik çalışmalar için büyük çaba harcanmaya başladı. Bu çalışmaların çoğundaki teorik referans noktası Fermi paradoksu oldu. Bu problemi doğrudan ele alan pek çok bilimsel çalışma yapıldığı gibi, problemle ilgili çeşitli soruların cevapları da astronomi, biyoloji, ekoloji ve felsefe gibi disiplinlerde arandı. Astrobiyoloji alanının ortaya çıkmasıyla birlikte, Fermi paradoksu ve dünya dışı yaşamın varlığı sorusu disiplinler arası bir yaklaşımla ele alınmaya başladı.

b. Paradoksun temeli

Fermi paradoksu, yeterli büyüklük ve olasılığa rağmen, gerekli kanıtların bulunamamasından kaynaklanan tutarsızlıktır. Paradoksun temel bir tanımını şöyle yapabiliriz:

Evrenin bilinen büyüklüğü ve yaşı, teknolojik açıdan gelişmiş durumda olan birçok dünya dışı uygarlığın var olmasını gerektirir. Ancak bu hipotez, destekleyici herhangi bir kanıtın henüz gözlenememiş olması sebebiyle çelişkili gözükmektedir.

Paradoksun "ölçek argümanı" olarak adlandırılabilir ilk görüşü, aslında temel olarak sayılardan oluşur: Samanyolu'nda tahmini olarak 250 milyar (2.5×10^{11}), gözlemlenebilir evrende ise 70 trilyon milyar (7×10^{22}) yıldız vardır. Zeki yaşamın, bu yıldızların etrafındaki gezegenlerin çok küçük bir kısmında ortaya çıktığı varsayılsa bile, sadece Samanyolu galaksisi dâhilinde dahi hâlâ varlığını koruyan birçok uygarlık bulunması gerekir. Bu argümanda sıradanlık ilkesi de kullanılır. Buna göre Dünya, özel bir gezegen olmayıp diğer gezegenlerle aynı doğa yasalarına ve etkilerine maruz kalan ve aynı sonuçların elde edildiği, tipik bir gezegendir. Bu argümanı desteklemek için Drake denkleminin kullanıldığı bazı tahmini hesaplamalar da yapılmıştır, ancak bu hesaplamaların ardındaki varsayımların doğruluğu da tartışmalıdır.

Fermi paradoksunun ikinci temel taşı, ölçek argümanında sorulan soruyu yanıtlar: Zeki yaşamın kıt kaynaklarla başa çıkabilme özelliği ve yeni habitatları kolonize etmeye eğilimli olması dikkate alınırsa, gelişmiş uygarlıkların yeni kaynaklar aramaya başlamaları ve böylece önce kendi gezegen sistemlerini sonra da çevrelerindeki sistemleri kolonize etmeleri beklenir. Evrenin 13,7 milyar yıllık geçmişinde, Dünya'da ya da bilinen uzayın başka bir yerinde, kolonileşmeye dair kesin veya doğrulanabilir herhangi bir kanıt bulunmadığına göre, ya zeki yaşam oldukça nadirdir ya da zeki türlerin genel davranışına ilişkin yukarıdaki varsayım yanlıştır.

Fermi paradoksu iki şekilde sorulabilir: İlki "*Neden uzaylılara ya da onlar tarafından yapılmış nesnelere burada fiziken rastlamıyoruz?*" sorusudur. Eğer yıldızlar arası yolculuk mümkünse, "yavaş" bir yolculuk Dünya'daki mevcut teknolojiyle neredeyse elde edilebilir olduğuna göre, tüm galaksiyi kolonize etmek 5 ila 50 milyon yıl sürecektir. Jeolojik zaman ölçeğinde bile kısa bir zaman dilimi olan bu süre, kozmolojik ölçekte çok daha kısadır. Güneş'ten daha yaşlı yıldızların mevcut olduğu ve zeki yaşamın evrenin başka bir köşesinde daha önce ortaya çıkmış olabileceği düşünüldüğünde, bu soru, galaksinin neden hâlâ kolonileştirilmemiş olduğu şeklinde de sorulabilir. Kolonileştirme uzaylı uygarlıklar için gereksiz ya da istenmeyen bir durum olabilir, ancak yine de galaksinin keşfine yönelik geniş çaplı araştırmaların var olması gerekir. Ancak ne kolonileşmenin ne de keşif araştırmalarının izine rastlanabilmiştir.

Yukarıdaki argüman tüm evren için geçerli olmayabilir, çünkü uzak galaksilere ait zeki uygarlıkların varlığına dair Dünya üzerinde fiziksel kanıtların bulunmayışı, uzayda yolculuk için çok uzun sürelerin gerekli olmasıyla açıklanabilir. Böyle olsa bile paradoks, "*Neden zeki yaşamın işaretlerini görmüyoruz?*" şeklinde ifade edilebilir, zira yeterince gelişmiş bir uygarlık, gözlemlenebilir evrenin oldukça büyük bir bölümünden görülebilir. Bu tür uygarlıklar çok nadir olsalar bile, ortaya çıkmaları muhtemel çoğu bölge Dünya'dan gözlenebilir olduğu için, keşfedilmiş olmaları gerekirdi. Ancak şimdiye kadar bu tür bir uygarlığın izine rastlanmadı.

Paradoksun bu iki versiyonundan şu anda hangisinin daha kuvvetli olduğu belirsizdir.

1950'de Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'nda çalışan fizikçi Enrico Fermi, öğle yemeğine giderken iş arkadaşları Emil Konopinski, Edward Teller ve Herbert York ile günlük konular hakkında sohbet ediyordu. Biliminsanları, o günlerde artan UFO raporları ile kaybolan çöp kutularını yağmacı

uzaylıların çaldığını gösteren bir karikatür hakkında konuşuyorlardı. Konu daha sonra, insanların gelecek on yıl içinde herhangi bir maddenin ışık ötesi hıza ulaştığını görme ihtimaline geldi. Teller'a göre milyonda bir olan bu ihtimal, Fermi için neredeyse onda birdi. Sonra sohbet başka konularla devam etti ama yemek sırasında Fermi birdenbire "Neredeler?" (ya da alternatif anlatımlara göre "Herkes nerede?") diye sordu. Bunun ardından Fermi, bazı tahmini rakamlara dayanan hızlı hesaplamalar yaptı (Fermi, temel ilkeleri ve az miktarda veriyi kullanarak yaptığı doğru tahminlerle bilinirdi. Bu hesaplamalar sonucunda Fermi'ye göre, Dünya çok uzun zamandan beri ve defalarca uzaylılar tarafından ziyaret edilmiş olmalıydı.

c. Drake denklemi

Fermi paradoksuna eşlik eden pek çok teori ve ilke vardır ancak bunlardan teoremle en ilişkili olanı Drake denklemidir.

Denklem 1960'ta, Enrico Fermi'nin sorularını sormasından on yıl sonra, uzayda yaşam ihtimaline ilişkin birçok olasılığı sistematik bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, Frank Drake tarafından formüle edildi. Denklem spekülatif faktörleri şunlardır: Bir galaksideki yıldız oluşum hızı, etrafında gezegenlerin bulunduğu yıldız sayısı, bu gezegenlerden yaşama uygun olanların sayısı, yaşama uygun gezegenlerde yaşamın ortaya çıkma oranı, yaşamın ortaya çıktığı gezegenlerde iletişim kurulabilecek bir medeniyet seviyesine ulaşılma ihtimali ve bu türde uygarlıkların muhtemel ömrü. Buradaki temel sorun, son dört faktörün tam anlamıyla bilinmiyor oluşudur. Dünya üzerindeki insan uygarlığı, bu konudaki tek örnek olması sebebiyle istatistiksel tahminlerde kullanılamamaktadır. Ayrıca bu örneğin kullanılması antropik sapmaya sebep olacaktır.

Daha önemli bir itiraz ise, Drake denkleminin, uygarlıkların kendi güneş sistemleri içinde ortaya çıkıp, yok olana kadar bu sistemde kaldıkları yönündeki varsayımına karşı öne sürülmektedir. Eğer yıldızlararası sömürgeleştirme mümkünse, bu varsayım geçersiz olur ve bu durumda popülasyon dinamiği denklemlerinin kullanılması gerekir.

Drake denklemi hem iyimser hem de kötümser görüşe sahip kişiler tarafından, birbirinden oldukça farklı sonuçlar çıkaracak şekilde kullanıldı. İyimser tahminleri kullanan Dr. Carl Sagan 1966'da, Samanyolu dahilinde iletişim kurulabilecek derecede uygarlaşmış bir milyon medeniyetin var olduğunu öne sürdü, ancak daha sonraki bir tahmininde bu sayının çok daha düşük olduğunu açıkladı. Konuya daha şüpheci yaklaşan Frank Tipler ise denklemde kötümser rakamlar kullanarak herhangi bir galaksideki ortalama medeniyet sayısının birden çok daha küçük olduğunu sonucuna vardı.

Frank Drake denklemle ilgili olarak, Drake denkleminin Fermi paradoksunu çözmeye yaramadığını, bunun yerine, konu hakkındaki bilgisizliğimizi organize etmenin bir yolu olduğunu söylemişti.

d. Paradoksun deneysel çözümü

Fermi paradoksunu çözümlenmenin yollarından biri, dünya dışı zekaya dair kesin kanıtların bulunmasıdır. 1960'tan bu yana bu tür kanıtların bulunmasına yönelik çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. İnsanların henüz yıldızlar arası yolculuk yapacak derecede gelişmiş bir teknolojileri bulunmadığı için bu çalışmalar, çok büyük uzaklıklarda ve ufak kanıtlar üzerinde yapılan dikkatli

analizlerle yürütülmektedir. Bu durum sadece, çevrelerini fark edilir derecede değiştirebilen ya da radyo yayınları gibi çok uzaklardan tespit edilebilecek etkiler ortaya çıkarabilen uygarlıkların keşfedilebilmesini olası kılmaktadır. Teknolojik açıdan gelişmemiş uygarlıkların ise, Dünya tarafından yakın gelecekte keşfedilmeleri pek olası değildir.

Bu araştırmalardaki zorlayıcı bir konu da insan merkezci bir bakış açısına sahip olmamanın gerekmesidir. Dünya dışı zeka arayışında bulunmaya çalışılan kanıtlarla ilgili konjektür, genelde insanların yapmakta oldukları ya da daha yüksek bir teknolojiye sahip olsalar muhtemelen yapacak oldukları faaliyetleri içerir. Zeki uzaylılar bu "beklenen" davranışları göstermeyebilir veya insanlar için tamamıyla yeni bazı faaliyetlerde bulunabilir.

e. Radyo yayımı

Radyo teknolojisinin ve bir radyo teleskop inşa edebilme kapasitesinin, yıldızlar arası uzaklıklardan tespit edilebilecek etkiler yaratabilecek teknolojiye sahip uygarlıklar için doğal bir gelişme olduğu varsayılır. Örneğin, yeterince duyarlı gözlemciler Güneş Sistemi'ni izleseler, Dünya'daki televizyon ve telekomünikasyon yayınları sebebiyle, G2 sınıfındaki bir yıldız için olağan dışı yoğunlukta radyo dalgalarıyla karşılaşacaklardır. Böyle bir durumda, doğal bir sebebin var olmadığı açıkça ortaya çıktığında, uzaylı gözlemciler Dünya uygarlığını keşfetmiş olacaklardır.

Dolayısıyla, uzaydaki doğal olmayan radyo yayımlarının dikkatlice incelenmesi uzaylı uygarlıkların tespit edilmesini sağlayabilir. Bu sinyaller bir uygarlığın "kazara" yaydığı yan etkiler olabileceği gibi, CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence) tarafından gönderilen Arecibo mesajı gibi iletişim kurma amaçlı bilinçli denemeler de olabilir. Birçok astronom ve gözlemevi genelde SETI yoluyla veya optical SETI gibi diğer yaklaşımları kullanarak, bu tür kanıtları bulmaya çalışmış ve çalışmaktadır.

SETI analizinde onlarca yıl boyunca, birçok aday sinyal yakalanmasına rağmen, anakol yıldızlarından hiçbirinde olağan dışı yoğunlukta ya da anlamlı şekilde tekrar eden radyo yayını bulunamadı. 15 Ağustos 1977'de Wow! sinyali, The Big Ear radyo teleskobu tarafından tespit edildi. Ancak Big Ear uzaydaki her noktayı sadece 72 saniye boyunca incelemekteydi ve aynı nokta yeniden incelendiğinde hiçbir şey bulunamadı. 2003'te Radio kaynağı SHGb02+14a, SETI@home analizi ile izole edildi ancak sonraki çalışmalarda bu kaynak büyük ölçüde önemsiz bulundu. SETI'ye ilişkin pek çok teknik varsayım, radyo yayımının mevcut arama teknolojileriyle tespit edilememesine sebep olabilir. Bu varsayımlar aşağıda anlatılmıştır.

f. Doğrudan gezegen gözlemi

Dünya'nın bileşik gece görüntüsü. İnsan uygarlığı uzaydan tespit edilebilir.

Güneş dışı gezegenlerin tespit edilmesi ve sınıflandırılması, temel astronomik araçlarda ve analiz yöntemlerinde son zamanlarda elde edilen iyileştirmelerin sonucudur. Astronominin yeni bir alanı olsa da - Güneş dışı bir gezegenin bulunduğunu öne süren ilk makale 1989'da yayınlandı - yaşamı destekleyecek şartlara sahip olması muhtemel bir gezegenin, yakın gelecekte bulunabilmesi olasıdır.

Bir Güneş dışı gezegenin atmosferindeki biyotik gazların (örneğin metan ve oksijen) - hatta teknolojik olarak ileri bir medeniyetin yarattığını endüstriyel hava kirliliğinin - spektroskopik analiz yoluyla tespit edilmesi, Dünya dışı yaşamın nihai kanıtı olabilir. Gözlem olanaklarının daha da gelişmesi halinde, insan uygarlığının ürettiği etkilere benzer kanıtlar da doğrudan gözlemlenebilir.

Yine de, Güneş dışı gezegenler nadiren doğrudan gözlemlenebilir (bir gezegenin gözlemlendiğine dair ilk iddia 2004'te ortaya atılmıştır). Bunun yerine, bu tür gezegenlerin varlığı genelde, etrafında döndükleri yıldız ya da yıldızlar üzerindeki etkilerinin incelenmesiyle tespit edilir. Bu yüzden çoğunlukla gezegenin sadece kütlesi ve yörüngesi bilinebilir. Bu bilgilerle birlikte, gezegenin yıldızının ait olduğu sınıf bilgisi ve eğitimli tahminlerin (genelde gezegenin kütlesi ve yıldızına olan uzaklığı kullanılır) sonuçları, gezegendeki koşullar hakkında kaba tahminler yapılmasına imkân verir.

Mevcut Güneş dışı gezegen tespit yöntemleri ile, yaşam barındıran Dünya benzeri gezegenlerin tespiti mümkün görünmemektedir. Kütleçekimsel mikromerceklemeye gibi yöntemler Dünya'dan daha küçük boyuttaki gezegenlerin varlığını tespit edebilir. Ancak bu yöntemde gezegen bir an için tespit edilir ve gezegenin takip edilmesi mümkün değildir. Radyal hız ve gökölçüm gibi yöntemlerde Güneş dışı gezegenlerin etkileri uzun süre gözlemlenebilir, ancak bu yöntemler Dünya'nın birkaç katı kütleyle sahip gezegenlerde kullanılabilir. Bu tür gezegenler, Dünya benzeri yaşamın ortaya çıkmasının olası olmadığı gezegenlerdir. Yine de Güneş dışı gezegen tespiti ve sınıflaması, astronominin en aktif alt dallarından biridir. 1988 ile 2007 yılları arasında 241 gezegen tespit edilmiş, bir yıldızın yaşanabilir bölgesi dahilinde keşfedilen ilk karasal gezegen 2007'de bulunmuştur. Güneş dışı gezegen tespit yöntemlerindeki iyileştirmeler sayesinde daha fazla karasal gezegenin tespit edilebileceği ve daha uzun süreyle gözlemlenebileceği düşünülmektedir. Bu tür gözlem iyileştirmeleri ile, potansiyel olarak yaşam barındıran gezegenlerin genel özellikleri daha iyi anlaşılacak, evrendeki yaşamın nasıl olması gerektiği konusunda daha iyi tahminler yapılabilecek ve Fermi paradoksunun temelinde yer alan varsayımlar daha iyi anlaşılacaktır.

g. Uzaylılara ait yapılar

1-Sondalar, koloniler ve diğer yapılar

Evrenin yaşı ve büyüklüğü ile birlikte zeki yaşamın yayılma hızı dikkate alındığında, uzaylıların kolonileşme denemelerine dair kanıtların keşfedilmesi ihtimali akla yatkındır. Ayrıca, Dünya dışı canlıları taşımayan keşif amaçlı sondaların ve diğer bilgi toplama araçlarının da varlığına ilişkin deliller aranabilir.

Von Neumann sondası gibi bazı teorik tarama araçları ile Samanyolu büyüklüğündeki bir galaksinin neredeyse tamamı yarım milyon yıl gibi kısa bir sürede, nispeten düşük maliyetler ve enerji miktarıyla taranabilir. Samanyolu dahilinde bir tek uygarlık bile bunu yapmış olsa, tüm galaksiye birçok sonda yayılmış olurdu. Bu tür sondaların varlığına ilişkin kanıtlar, Güneş Sistemi dahilinde - muhtemelen hammaddenin çok fazla ve kolay erişilebilir olduğu asteroit kuşağında - bulunabilir.

Uzaylılara ait bir sondayla temas geçmek için bir başka olasılık da, insanları aramakta olan bir Bracewell sondasına rastlamaktır. Bağımsız çalışan böyle bir sondanın amacı, sadece keşif amaçlı olan Von Neumann sondalarının aksine, uzaylı uygarlıkları bulmak ve onlarla iletişime geçmek olacaktır. Bu tür sondalar, birbirinden çok uzakta olan iki medeniyet arasında ışık hızıyla kurulacak

nispeten yavaş iletişime bir alternatif olarak öne sürülmüştür. Radyo dalgaları yoluyla kurulacak olan iletişimdeki gecikmelere katlanmak yerine, yapay zekâya sahip böyle bir sonda, yakın çevresinde keşfedeceği medeniyetlerle daha kısa sürede temasa geçebilecektir. Böyle bir sondanın bulgularını kendi medeniyetine göndermesi için en hızlı yol hâlâ ışık hızı olacaktır, ancak bulunan medeniyetle yapılacak bilgi toplamaya yönelik diyalog gerçek zamanlı yürütülebilecektir.

1950'lerden bu yana Güneş Sistemi'nin küçük bir bölümünde keşif çalışmaları gerçekleştirildi ancak sistemin uzaylı koloniciler ya da sondalar tarafından ziyaret edilmiş olduğuna dair hiçbir kanıt bulunamadı. Güneş Sistemi'nin, enerji kaynaklarının fazlaca bulunduğu asteroitler, Kuiper kuşağı, Oort bulutu ve çeşitli gezegen halkaları gibi bölgelerinde yapılacak detaylı çalışmalar, uzaylıların yaptıkları keşif faaliyetlerinin kanıtlarını ortaya çıkarabilir. Ancak çok büyük olan bu bölgelerin araştırılması zordur. Uzaylılar tarafından Güneş Sistemi'ne yapılan ziyaretlerin kanıtlarının ya da bahsi geçen uzaylı yapıların izlerinin bulunmasına yönelik olarak SATE ve SETV gibi ön çalışmalar yapıldı.[18] Ayrıca Dünya'nın yakınlarında bulunması olası Bracewell sondalarını sinyaller göndererek aktive etmeye yönelik olarak, Robert Freitas ve Francisco Valdes gibi bilim adamlarının katıldığı denemeler yapıldı. Astronomların önemsiz bulduğu bu tür birçok çalışmanın sonucunda, herhangi bir uzaylı yapıya rastlanmadı.

Bu tür uzaylı yapılarının Dünya dışı oldukları, Dünya üzerinde keşfedilseler bile, anlaşılabilir. Uzaylıların farklı zekâ ve teknoloji seviyesi ile ürettiği bu yapılar algılanamayabilir ya da yapay oldukları fark edilemeyebilir. Örneğin biyomühendislik teknikleriyle ve yapay biyoloji yoluyla oluşturulmuş keşif araçları bir süre sonra parçalanarak geride iz bırakmadan yok olacaktır. Moleküler nanoteknolojiye dayalı bilgi toplama cihazları sürekli çevremizde olsalar bile tespit edilemeyecektir. Clarke'ın üçüncü yasasına göre, insan medeniyetine oranla oldukça gelişmiş durumdaki uzaylı bir medeniyetin keşif teknikleri, insanların henüz algılayamayacağı seviyede olabilir.

h. Gelişmiş yıldız-boyutlu yapılar

Kuramsal Dyson küresinin bir türü. Böylesine büyük ölçekli yapılar, bir yıldızın tayfını ciddi oranda değiştirecektir.

Ayrıca bakınız: Dyson küresi, Kardaşev ölçeği, Alderson diski, Matruşka beyni, ve Yıldızsal motor

1959'da Dr. Freeman Dyson, tüm gelişmiş insan uygarlıklarında enerji tüketiminin sürekli arttığını gözlemledi ve yeterli yaşa ulaşmış bir uygarlığın, kendi güneşi tarafından üretilen tüm enerjiye ihtiyaç duyacak hale geleceğini öne sürdü. Buna bir çözüm bulmak için gerçekleştirdiği düşünce deneyinin sonucu olarak Dyson küresi fikri ortaya çıktı. Bu yapı, bir yıldızın etrafını kabuk ya da bulut gibi sararak, yıldızın yaydığı enerjinin mümkün olan en büyük kısmını toplamaya çalışan nesnelere oluşur. Bu tür bir astromühendislik başarısı, Güneş'in gözle görülebilir tayfını değiştirecek, doğal yıldız gazı varlığının normal tayf çizgilerinin en azından bir kısmını, muhtemelen kızılötesinin en fazla görüleceği bir tür kara cisim ışınımına dönüştürecektir. Dyson bu fikirden yola çıkarak, yıldızların tayflarında bu şekilde bir değişikliğin olup olmadığını araştırılması yoluyla, gelişmiş uzaylı uygarlıkların tespit edilebileceğini öne sürdü.

O zamandan bu yana, birçok teorik yıldız-boyutlu megayapı türü öne sürüldü ancak temel fikir aynı kaldı. Bu fikre göre, yeterince gelişmiş durumdaki medeniyetler - Kardaşev ölçeğine göre II. tip ve daha gelişmiş olanlar - çevrelerini, yıldızlar arası uzaklıktan fark edilecek ölçüde değiştirebilirler.

Ancak bu tür yapıların tespit edilmesi, düşünüldüğünden daha zor olabilir. Dyson küreleri düşünüldüğünden farklı yayılım tayflarının da oluşmasına sebep olabilir. Örneğin çok yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyan bir yaşam formunun oluşturacağı Dyson küresindeki "artık ışıının", önerildiği gibi kızılötesi değil, görülebilir tayf dahilinde olacaktır. Ek olarak, Dyson küresinin Matruşka beyni olarak adlandırılan ve çok uzaktan tespit edilmesi oldukça zor olan bir türünün de inşa edilebileceği öne sürülmüştür. Matruşka beyni, her biri birim alan başına bir içtekinin göre daha az enerji yayan eş merkezli kürelerden oluşur. Böyle bir durumda en dıştaki kürenin sıcaklığı yıldızlar arası arka plan ışınımına yakın olabilir. Dolayısıyla bu yapı büyük uzaklıklardan tespit edilemez.

Dyson kürelerini veya Kardaşev ölçeğinde II. ya da III. tipteki medeniyetlerin yapmış olabileceği, merkez yıldızlarının tayfını değiştirecek büyüklükteki diğer yapıları tespit etmeye yönelik bazı ön çalışmalar yapıldı ancak henüz bir sonuç elde edilemedi. Fermilab'da Dyson kürelerinin bulunmasına yönelik bir program sürmektedir ancak program dahilindeki taramalar ön çalışma niteliğindedir ve henüz tamamlanmamıştır.

i. Paradoksun teorik açıklaması

Bazı teorisyenler, kanıt yokluğunun dünya dışı yaşamın var olmadığını kanıtladığı kabul ederler ve bunun sebeplerini açıklamaya çalışırlar. Diğer bazı teorisyenler ise bu "büyük sessizliğin", bu tür bir yaşamın varlığını yok saymaksızın nasıl açıklanabileceğine dair, dünyadışı yaşamın davranış şekli ve teknolojik seviyesi hakkında fikirler öne sürerler. Aslında bu açıklama hipotezlerinin her biri, Drake denkleminin bir ya da birkaç faktörünün değerini değiştirmek anlamına gelir. Bu teoriler genel olarak birbirlerini dışlamaz. Örneğin, yaşamın nadir olduğu hipotezi ile teknolojik olarak gelişmiş uygarlıkların kendilerini yok etmeye meyilli oldukları savı aynı anda doğru olabilir. **Aşağıda söz edilen başka teorileri içeren benzer kombinasyonlar da düşünülebilir.**

Şu anda mevcut olan başka uygarlık yok

Açıklamalardan biri, insan uygarlığının galakside tek olduğu yönündedir. Bu fikre paralel olarak, akıllı yaşamın neden oldukça nadir ya da çok kısa ömürlü olması gerektiğine dair birçok teori öne sürülmüştür. Bu hipotezlerin sonuçları Büyük Filtre başlığı altında değerlendirilir.

Başka bir uygarlık hiç ortaya çıkmadı

Dünya dışı yaşamın var olmadığına inananlara göre, hayatın - ya da en azından karmaşık hayat formlarının - gelişmesi için gerekli olan şartlar çok nadir ortaya çıkar, hatta bu durum sadece Dünya'ya özeldir. Bu görüş, Nadir Dünya hipotezi olarak adlandırılır. Bu hipotezi savunanlar, sıradanlık ilkesini kabul etmeyip Dünya'nın tipik bir gezegen değil, sıra dışı ve hatta benzersiz bir gezegen olduğunu öne sürerek Fermi paradoksuna bir çözüm getirmeye çalışırlar. Eşsiz Dünya düşüncesi geçmişte felsefe ve din kökenli destekler almıştır. Ancak Nadir Dünya hipotezi, çok hücreli hayatın evrende oldukça nadir olduğunu, çünkü zaten Dünya benzeri gezegenlerin

oldukça nadir olduğunu ve/veya olağandışı bir dizi rastlantının birleşerek Dünya'da karmaşık yaşama imkân verdiğini öne süren ölçülebilir ve istatistiki argümanlar ortaya koyar. Bazı görüşler, karmaşık yaşamın Dünya'ya özel şartlar haricindeki bazı mekanizmalar sonucu ortaya çıkabileceği yönündedir. Ancak Dünya'daki yaşamın oldukça uzun süredir var olduğu dikkate alındığında, uzay yolculuğu yapabilecek ve radyo dalgalarıyla iletişim kurabilecek kadar ileri bir uygarlığın sadece bir tek tür tarafından geliştirilebilmiş olması, teknolojik açıdan ileri toplumların evrende nadir olduğu savını destekler.

Örneğin, zekânın ortaya çıkışı evrimsel bir rastlantı olabilir. Geoffrey Miller insan zekâsının, tahmin edilemez yönlerde ilerleyebilen cinsel seçilimin kontrolden çıkmasının bir sonucu olduğunu ileri sürer. Steven Pinker *How the Mind Works* (Akıl Nasıl Çalışır) isimli kitabında, yeterli karmaşıklık seviyesine ulaşmış olan bir yaşam formunda evrim sürecinin sonucunda zeki canlıların ortaya çıkacağına dair fikrin, temelinde "evrim merdiveni" düşüncesinin yer alması sebebiyle hatalı olduğunu savunur: Evrim belirli bir amaca ulaşmaya çalışmaz, sadece rastgele gerçekleşir. Belirli bir ekolojik niş için en kullanışlı adaptasyonu seçer. Dünya üzerinde, bu seçimin sonucunda konuşabilen bilinçli bir canlıya sadece bir defa ulaşılabilmiş olması, bu adaptasyonun sadece nadir durumlarda en iyi adaptasyon olduğunu gösteriyor olabilir. Öyleyse, elde edilmiş olan sonuç, yaşam ağacının mutlaka varacağı son nokta değildir.

Bu görüşlere paralel bir başka teoriye göre, yaşam için gerekli koşullar tüm kâinatta ortak olsa bile, hem yeniden üreyebilme, hem temel bileşenlerini çevresindeki ortamdan temin edebilme, hem de yaşamsal reaksiyonları için (ya da en azından, potansiyel olarak yaşamı destekleyebilecek bir gezegendeki ilk abiyojenez için) gerek duyulan enerjiyi herhangi bir formda elde edebilme kapasitesine sahip olan karmaşık bir molekül dizisinin ortaya çıkarak yaşamı oluşturması, oldukça seyrek bir durum olmalıdır.

Ek olarak, ilk yaşam formlarından insana ulaşan, doğrusal olmayan ve çeşitli yönlere budaklanan gelişim dikkate alındığında, prokaryot hücrelerden ökaryot hücrelere ya da tek hücreli organizmalardan çok hücreli organizmalara geçiş ("kambriyum patlaması") gibi bazı önemli olayların da gerçekleşme ihtimali düşüktür.

Bir başka olasılık da, zeki yaşamın yaygın, ancak endüstriyel uygarlıkların nadir olmasıdır. Örneğin Dünya'da endüstrileşmenin ortaya çıkışı, temelde fosil yakıtlar gibi uygun enerji kaynaklarının varlığı sayesinde. Evrenin başka bölgelerinde bu tür enerji kaynaklarının nadir olması ya da mevcut olmaması durumunda, oralarda ortaya çıkmış olabilecek zeki uygarlıklar, iletişime geçilebilecek teknolojik ilerlemeyi hiçbir zaman sağlayamayacaklardır.

Nadir Dünya hipotezi, Dünya üzerindeki yaşama ve onun oluşma sürecine özel bir önem verdiği ölçüde, antropik sapmanın bir türevi haline gelir. Antropik sapmanın bu versiyonunda, evrenin sadece insan zekâsının gelişimine uygun olduğu öne sürülür. Bu felsefi tutum, hem sıradanlık ilkesinin, hem de evrendeki herhangi bir yerin diğerine göre daha ayrıcalıklı olmadığını savunan

Kopernik ilkesinin aksini savunur. Ayrıca, Dünya üzerindeki zeki, dil ya da alet icat eden veya kullanan tek türün insanlar olmadığına dair artan sayıdaki kanıtlar, bu fikir ile çelişir.

Bu görüşün karşıtları, hipotezin bir totoloji olduğunu - evrende insan yaşamının gelişmesi için bir koşul gerekiyorsa, bu koşul zaten mevcut olmalıdır, çünkü insan yaşamı mevcuttur - ve argumentum ad ignorantiam örnek teşkil ettiğini savunur. Buna göre, Nadir Dünya hipotezi, Dünya üzerinde yaşamın nasıl ortaya çıktığı ile nasıl ortaya çıkmış olabileceği sorusuna verilebilecek yanıtlardan birini birbirine karıştırmaktadır. Dünya'daki belirli koşulların tekrarlanabilmesi ihtimali çok düşük olabilir; ancak karmaşık yaşam türlerinin gelişmesi için gerekli olan koşulların neler olduğu tam anlamıyla bilinmemektedir.

Zeki yaşam, doğası gereği kendini yok eder

Teknolojik uygarlıklar genelde ya da her zaman, radyo veya uzay yolculuğu teknolojisini geliştirmeden hemen önce ya da geliştirdikten hemen sonra kendini yok etmesi olasıdır. Yok oluş sebebi nükleer savaş, biyolojik savaş ya da kaza sonucu bulaşan hastalıklar, nanoteknolojik yıkım, kötü yönetilen fizik deneyleri, kötü programlanmış bir yapay süper-zekâ ya da gezegenin ekosferindeki kötüleşmenin sonucu ortaya çıkan Malthus felaketi olabilir. Bu ihtimal, kurgu eserlerde sıklıkla ele alındığı gibi, ana akım bilimsel teorilere de konu edilmiştir. Dünya için, insanlığın sonunun uzak gelecekte değil de yakın gelecekte gerçekleşeceğine ilişkin olasılıklı görüşler mevcuttur. Örneğin, 1966'da Sagan ve Shklovsky, teknolojik olarak gelişmiş uygarlıkların ya yıldızlar arası iletişim yeteneğine eriştikten sonraki yüz yıl içinde kendilerini yok edeceklerini ya da kendilerini yok etmeye yönelik bu eğilimi baskılayarak milyarlarca yıl boyunca hayatta kalacaklarını öne sürmüştü. Öte yandan, kendini yok etme durumu termodinamik kapsamında da ele alınabilir: yaşamın, düzensizlik eğilimine karşı kendini devam ettirmeye çalışan düzenli bir sistem olduğu düşünülürse; "dış iletişim" safhası, sistemin kararsız hâle gelerek kendini yok edeceği nokta olabilir.

Darwinci bakış açısına göre, bir toplumun kendini yok etmesi, başarılı evrimin mantığa aykırı sonucu olacaktır. İnsan evrimi süresince kıt kaynaklar için verilen mücadele sırasında gelişen evrimsel psikoloji, insanları saldırgan ve içgüdüsel davranışlara maruz bırakmıştır. Bunun sonucunda, insanlar kaynakları kullanmaya, yaşam süresini uzatmaya ve üremeye yönelmiştir ki bunlar teknolojik bir toplum geliştirmenin ardında yatan güdülerin bir kısmıdır. Zeki bir dünya dışı uygarlığın da aynı şekilde gelişmesi ve dolayısıyla kendini yok etme ihtimaline ulaşması beklenebilir. Kendini yok etme durumunun Fermi paradoksuna genel bir cevap olabilmesi için, evrensel olarak geçerli olması gerekir. Ayrıca, başarılı bir uzaylı türün, tıpkı Homo sapiens gibi, bir süper avcı olması gerektiği öne sürülmüştür.

Kendini yok etme görüşünde, uygarlıkların tamamen yok olmaları gerekmez. Teknolojik bir uygarlık, teknoloji öncesi döneme geri dönebilir. Yaşamın bu yolla devam etmesi, hatta gelişmesi evrimsel açıdan mantıklı olabilir. Çünkü evrim teknolojik ya da zekaya ilişkin "gelişmeyi" değil, hayatta kalmayı yaşamın asıl amacı olarak dayatır.

Zeki yaşam, doğası gereği başkalarını yok eder

Belirli bir teknolojik kapasitenin üzerindeki zeki türlerin, diğer zeki uygarlıkları buldukları anda yok etmeleri de bir başka olasılıktır. Evrendeki tüm zeki yaşamı yok eden birilerine ya da bir şeye ilişkin temalar bilimkurguda olduğu kadar bilimsel literatürde de sıklıkla işlenmiştir. Bir tür böyle bir yok edişi; yayılcı amaçlarla, paranoya sonucu ya da saldırgan doğası gereği yapmaya kalkışabilir. Kozmolojist Edward Robert Harrison'ın 1981'de öne sürdüğü üzere bu tutumun sebebi ihtiyatlılık da olabilir: Kendi yok edici güdülerini baskılamış olan zeki bir uygarlık, bunu başaramamış diğer akıllı yaşam formlarını tüm galaksiyi etkileyecek bir virüs gibi görebilir.

Bu teori doğru ise, ulaşılabilir uygarlıkların azlığının buna bağlı iki sebebi olacaktır: çoğu uygarlık yok edilmiş olacaktır ve birçok başka uygarlık da yok edilme tehlikesinden korunmak için sessiz kalmayı tercih edecektir

İnsanlar yalnız yaratıldı

Dünya dışı yaşama ilişkin dinî ya da felsefi tartışmalar, bilimsel sorguların çok daha öncesine dayanır. Yahudi rasyonalist haham Hasdai Crescas (yak. 1340–1410/1411) ve Hristiyan filozof Cusali Nicholas (1401–1464) gibi bazı din düşünürleri, dünya dışı zeki yaşam ihtimalinden söz etmiştir. Öte yandan, Batı din dünyasındaki birçok geleneksel görüşe göre, insanlık ilahi yaratının tek zeki varlığıdır. Bu görüşleri savunanlar, diğer dünyalarda zeki yaşam olabileceği fikrine karşı çıkarlar.

Dünya dışı zeki yaşamın varlığı hakkındaki şüphenin dinsel sebepleri, Nadir Dünya hipotezinin bazı türlerini andırır. Burada öne sürülen görüş, antropik sapmanın teleolojik bir çeşididir: evren, insanın (ve sadece insanın) varlığı için tasarlanmıştır.

Varlar, ancak kanıtları bulamıyoruz

Teknolojik dünya dışı uygarlıklar varsa bile, çeşitli kısıtlardan dolayı insanlar bu uygarlıklarla iletişime geçemeyebilir. Ölçek ya da teknoloji sorunları, uzaylıların doğaları gereği anlayamayacağımız şekilde iletişim kurmaya çalışmaları ya da insanlığın var olan kanıtlarını görmeyi reddediyor oluşu, bu sebeplerden bazıları olabilir.

Ölçek sorunları sebebiyle iletişim imkânsızdır

Zeki uygarlıklar yer ya da zaman açısından birbirine çok uzaklar

Teknolojik açıdan gelişmiş ancak kolonileşme amacı gütmeyen uzaylı uygarlıklar var olsa bile, anlamlı bir çift yönlü iletişimi gerçekleştiremeyecek kadar uzakta olabilirler. İki uygarlık arasında birçok ışık yılı uzaklık bulunması hâlinde, karşılıklı iletişim kurulana kadar, uygarlıkların biri ya da her ikisi ortadan kalkabilir. Araştırmalar sonucunda bu tür uygarlıkların varlıkları tespit edilebilirse de, uzaklık sebebiyle iletişim imkânsız olacaktır. İletişimin Bracewell sondaları yardımıyla kurulması hâlinde, bu sorun kısmen çözülebilir. Bu durumda, en azından bir taraf diğeri hakkında anlamlı bilgiler edinebilecektir. Bunun dışında, herhangi bir uygarlık kendine ait çeşitli bilgileri yayınlayıp, bunları yorumlama konusunu alıcıya bırakabilir. Böyle bir bilgi aktarımı, antik uygarlıkların kaydettikleri çeşitli bilgilerin çağdaş uygarlıklar tarafından yorumlanmasına benzecektir.

Uzaklık problemi, bir uygarlığı belirlemek ya da onunla iletişime geçmek için gerekli olan zaman dilimini ifade eden "fırsat penceresinin" çok dar olmasıyla da ilişkilidir. Galaksimiz dahilinde gelişmiş uygarlıklar belirli aralıklarla doğuyor ve yok oluyor olabilir; ancak bu olay nadiren gerçekleşiyorsa, bu tür iki uygarlığın aynı anda var olma olasılığı oldukça düşüktür. Dünya'daki zeki uygarlığın ortaya çıkışından önce ya da yok olmasının ardından, galaksimizde başka zeki uygarlıklar var olmuş ya da olacak olabilir. Ancak büyük ihtimalle "şu anki" tek zeki uygarlık Dünya üzerindedir. Görelilik çerçevesinde uzayzamanın doğası ve ışık hızının sonlu olması, "şu anda" terimini karmaşılaştırır. Işıktan daha hızlı yolculuk ederek Dünya yakınlarına gelecek teknolojiye sahip olmayan bir uygarlığın 1.000 ışık yılı uzakta olduğu varsayıldığında, bu uygarlığın tespit edilebilmesi için, 1.000 yıl önce de aktif olması gerekir. Dolayısıyla araştırmalar, uzayın Dünya'nın geçmiş ışık konisi içinde kalan kısmında yapılmalıdır, çünkü bunun dışındaki uygarlıkların tespiti mümkün değildir.

Derin uzay araştırmaları sırasında, geçmiş uygarlıklara ait Dyson küresi benzeri yapılar gibi çeşitli arkeolojik kanıtlar bulunabilir. Ancak halen gelişmekte olan bir uygarlığa ait izlerin bulunması daha muhtemeldir.

Bu konuyla ilişkili bir görüşe göre şu anda mesaj gönderen ve uzayı araştıran başka uygarlıklar da mevcuttur; ancak bunlara ait mesajlar ve sondalar henüz Dünya'ya ulaşmamıştır. Bu görüşe getirilen eleştirilere göre, bu durumun gerçek olması için, boş galaksinin dolmaya başladığı çok özel bir zaman diliminde bulunuyor olmamız gerekir. Galaksinin yaşı dikkate alındığında, bu özel zaman diliminde yaşıyor olma ihtimalimiz çok düşüktür.

Tüm galaksiye fiziksel yayılım çok pahalı

Uzaylı bir kültürün diğer yıldızları kolonileştirebilme yetkinliğine dair varsayımların büyük bölümü, yıldızlararası yolculuğun teknolojik bakımdan mümkün olduğu fikrine dayanır. Fizik kuralları hakkındaki mevcut bilgiler ışık ötesi hızın mümkün olmadığını gösterir, ancak daha "yavaş" yıldızlararası gemiler inşa edilmesinin önünde teorik açıdan bir engel yoktur. Bu fikre göre, Von Neumann sondası ve Bracewell sondası gibi yapılar, dünya dışı zekanın kanıtları olabilir.

Yıldızlararası kolonileşmenin mümkün olduğunun ve maliyetinin, mevcut bilimsel bilgiler dahilinde tam olarak hesaplanamaması olasıdır. Böyle bir girişimde, anlaşılammış teorik engeller sonradan ortaya çıkabilir veya malzeme ve enerji maliyeti hiçbir uygarlığın karşılayamacağı kadar yüksek olabilir. Yıldızlararası yolculuk ve kolonileşme mümkün olsa dahi, süzme teorisine göre bir kolonileşme modelinin ortaya çıkması çok zor olabilir. Kolonileşme çabaları, durdurulamaz bir hücum şeklinde değil de, dışa doğru her yönde dengeli olmayan bir "süzülme" şeklinde gerçekleşebilir. Bu durumda, yüksek maliyet göz önüne alındığında, bu yayılım zamanla yavaşlayacak ve bir noktadan sonra duracaktır. Ayrıca kolonilerde de oralara özgü kültürler ve uygarlıklar ortaya çıkmaya başlayacaktır. Öyleyse kolonileşme, kümeler halinde gerçekleşecek ve belirli bir anda, kolonileşmemiş büyük alanlar mevcut olacaktır.

Benzer bir görüşe göre, yıldızlararası yolculuk mümkün olabilir ama yıldızlararası iletişime kıyasla çok daha maliyetlidir. Dahası, gelişmiş bir uygarlık için, zihin aktarımı ve benzeri teknikler

sayesinde, yolculuğun yerini iletişim almış olabilir. Dolayısıyla, ilk uygarlık galaksisini fiziki yollarla dolaşmış ve kolonileştirmiş olsa da, sonraki uygarlıklar diğerleriyle iletişime geçerek bilgi toplamayı daha ucuz, hızlı ve kolay bulabilirler. Bu senaryoya göre, fiziki yolculuk çok nadir olacağı ya da hiç olmayacağı için, bu yollarla iletişim kuran ya da bilgi toplayan uygarlıkların varlığına dair yıldızlararası uzaklıklardan tespit edilebilir kanıtlar çok az sayıda olacaktır.

İnsanlık, dünya dışı yaşamı yeterince uzun zamandır aramıyor

İnsanlık, başkaları tarafından bulunmasına yetecek kadar uzun zamandır mevcut değil

İnsanlığın dünya dışı zeki yaşamı bulma ve onlarla anlaşma yeterliliği kısa bir süredir — eğer radyo teleskobunun keşfi bu konuda milat olarak kabul edilirse, 1937'den bu yana — mevcuttur. Ayrıca Homo sapiens jeolojik ölçekte çok yeni bir türdür. İnsanın var olduğu zaman diliminin tamamı (yaklaşık 200.000 yıl), kozmolojik ölçekte oldukça kısa bir süre iken, radyo yayınları ise sadece 1895'ten beri yapılabilmektedir. Dolayısıyla insanlık, ne başka bir uygarlığı keşfetmek için yeterli süre boyunca araştırma yapmıştır, ne de diğer uygarlıklar tarafından keşfedilecek denli uzun süre var olmuştur.

Bir milyon yıl önce araştırma yapan varsayımsal dün dışı kaşifler, Dünya üzerinde insana rastlamamış olacaklardır. Zaman içinde daha da geriye gidildiğinde Dünya, zeki yaşamın ortaya çıkacağına dair gittikçe daha az ipucu verecektir. Hâlen oldukça büyük ve yaşlı olan evrende, zeki uzaylı türlerin kaşifleri, zeki yaşamın ortaya çıkması için Dünya'ya kıyasla çok daha elverişli birçok başka gezegeni ziyaret etmeyi tercih etmiş olabilirler. Dahası, "bir yerin, sonsuz zaman dilimi içinde bile hiç ziyaret edilmemesi ihtimali, sıfırdan büyüktür."dolayısıyla, evrenin bir yerinde zeki yaşam yayılıyor olsa dahi, hiçbir zaman keşfedilmemesi istatistiksel olarak mümkündür.

Teknik sebeplerden dolayı iletişim imkânsız

İnsanlar gerekli şekilde dinlemiyor

SETI arama programının temellerindeki bazı varsayımlar, araştırmacıların mevcut sinyalleri fark edememelerine sebep olabilir. Örneğin, radyo araştırmacıları bugüne kadarki araştırma yöntemleri sebebiyle, yüksek oranda sıkıştırılmış bazı veri akışlarını fark edemeyecektir, çünkü sıkıştırma algoritmasını çözümlenemeyenler için bu mesajların beyaz gürültüden farkı olmayacaktır. Uzaylılar ayrıca, Dünya atmosferini aşamayan ya da bilim adamlarının sinyal taşımayacağını düşündükleri frekanslarda yayın yapıyor olabilirler. Veya, Dünya'daki araştırmacılar tarafından incelenmeyen kipleme stratejileri kullanabilirler. Sinyallerin veri hızı elektronik sistemlerimiz tarafından işlenemeyecek kadar hızlı ya da bir mesaj oldukları anlaşılacak kadar yavaş olabilir. Basit yayın teknikleri kullanılsa dahi mesajlar, araştırmalarda düşük öncelikli olan anakol dışı yıldızlardan geldiği için fark edilmeyebilir; çünkü mevcut arama programları, uzaydaki yaşamın çoğunun Güneş benzeri yıldızlar etrafındaki gezegenlerde olduğunu varsaymaktadır.

En büyük sorun, sinyal aramak için yapılması gereken araştırmanın büyüklüğü karşısında, SETI'ye ayrılan kaynakların sınırlı olması ve mevcut cihazların hassaslık seviyesidir. Örneğin SETI'nin tahminlerine göre, Arecibo Gözlemevi hassaslığında bir radyo teleskobu kullanıldığında, Dünya'nın televizyon ve radyo yayınları en fazla 0,3 ışık yılı uzaklıktan tespit edilebilir. Dolayısıyla

Dünya benzeri bir uygarlığı uzaktan açıkça tespit edebilmek zordur. Bir sinyal, enerjisi dar bir frekans aralığına yoğunlaştırıldıysa (dar bantlı iletişim) ve/veya uzayın belirli bir bölgesine yönlendirildiyse daha kolay tespit edilebilir. Bu tür sinyallerin milyonlarca ışık yılı öteden bile tespit edilmesi mümkündür. Ancak yine de alıcıların, gerekli frekans aralığını ve sinyalin yönlendirildiği uzay bölgesini dinliyor olmaları gerekir. Oysa, ilk projelerden biri olan Cyclops Projesi'nden itibaren birçok SETI araştırması, uzaylı uygarlıkların, fark edilmek amacıyla belirli bir tür mesaj (örn. Arecibo mesajı benzeri) göndermeleri gerektiği varsayımıyla çalışır.

Dolayısıyla uzaylı bir uygarlığı tespit edebilmek için, Dünyalı gözlemcilerin ya daha hassas cihazlara sahip olmaları ya da bazı tesadüfi durumların gerçekleşmesini umut etmeleri gerekmektedir: uzaylıların radyo teknolojisinin Dünya'daki teknolojiye göre çok daha güçlü olması, SETI programlarından birinin uzayın doğru bir parçasında doğru bir frekans aralığını dinliyor olması veya uzaylıların Arecibo mesajı benzeri bir mesajı Dünya yönüne odaklayarak gönderiyor olmaları gibi.

Uygarlıklar tespit edilebilir radyo sinyallerini kısa bir süre boyunca yayımlar

Uzaylı uygarlıkların, radyo sinyallerini sadece kısıtlı bir süre boyunca gönderiyor olmaları durumunda, bu uygarlıkların radyo sinyalleri aracılığıyla tespiti zor olacaktır. Bu konuda iki olasılık vardır: uzaylı uygarlıklar teknolojik gelişmenin devam etmesi sonucunda radyo teknolojisinin daha ileri teknolojilere geçerler ya da tersine, kaynakların tükenmesi bu uygarlıkların radyo yayınlarını sürdürmelerini engeller.

İlk olasılık, yani uygarlıkların radyo teknolojisinin ötesine geçmeleri, "fiberoptik itiraz" denilen durumun sonucudur: yüksek güçte radyo yayını, orta ve düşük kazançlı antenler (yönsel olmayan antenler) kullanarak uzak mesafelere yaymaya çalışmak, spektrum israfına yol açar, ancak bu tür dalgaların yıldızlar arası uzaklıklardan tespitini sağlayan şey, tam olarak bu "israftır." İnsanlar, elektrik kabloları, fiberoptik, dar ışınli mikrodalgalar ve lazerler gibi yönsel veya güdümlü yayın kanallarına yönelmekte, yönsel olmayan antenlerle yapılan radyo yayınları ise cep telefonları ve Wi-Fi ağları gibi düşük güçlü ve kısa erimli uygulamalarda kullanılmaktadır. Yönsel yayın yoluyla gönderilen sinyallerin ise uzaydan tespiti daha zordur. Yirminci yüzyıl ortalarında geliştirilen analog televizyonlar, alıcılara yardımcı olmak ve daha kolay kip çözümü sağlamak amacıyla, güçlü taşıyıcı dalgalar kullanır. Bu tür taşıyıcılar, çok kolay tespit edilebilen ve yapay olmaları dışında hiçbir bilgi taşımayan spektral çizgilerdir. Dünya'dan yayılan ve yıldızlar arası uzaklıktan tespit edilebilen en yapay ve belirgin sinyaller UHF televizyon sinyalleridir. Bu sebeple, neredeyse tüm SETI projeleri, bu tür taşıyıcı sinyalleri arar. Ancak teknolojik gelişmeler sonucunda analog televizyonlar yerine, spektrumu daha verimli kullanan, taşıyıcılar gibi sinyallerin belirgin olmasını sağlayan çeşitli unsurları yok eden dijital televizyon teknolojisi kullanılmaya başlamıştır. Dünya üzerindeki deneyim bir örnek olarak alınırsa, gezegenin "radyo görünürlüğü" 12 Aralık 1901 tarihinde Guglielmo Marconi'nin Cornwall, İngiltere'den Newfoundland, Kanada'ya ilk radyo sinyallerini göndermesiyle başlamış, dijital televizyonun analog yayının yerini almasıyla da sona ermiş ya da en azından ciddi oranda azalmıştır. Bu deneyimin tipik olduğu varsayılırsa, bir uygarlığın radyo görünürlüğü yaklaşık yüz yıl sürmektedir.

Dolayısıyla uzaylı bir uygarlık, örneğin 1325 ile 1483 yılları arasında radyo yayını yapmış ancak Dünya'da bu tespit edilmemiş olabilir. Bu durum, paradoksun "herkes yayın yapıyor ancak kimse dinlemiyor" şeklinde ifade edilen çözümünü oluşturur.

Varsayımsal olarak, gelişmiş uzaylı uygarlıklar, elektromanyetik tayf dahilindeki yayınlardan tamamıyla vazgeçip, henüz anlayamadığımız fizik prensiplerine dayalı yeni iletişim yöntemleri geliştirmiş olabilir. Bazı bilim adamlarının hipotezlerine göre uzaylılar, nötrino sinyalleri gönderebilirler. Bu tür sinyaller mevcutsa, ancak henüz yapım aşamasında olan nötrino dedektörleri aracılığıyla tespit edilebilecektir. Kararlı solucanelikleri oluşturulup iletişim için kullanılabilirse, yıldızlar arası yayınlar büyük oranda gereksizleşecektir. Dolayısıyla Dünya'nın mevcut radyo sinyali tabanlı arama yöntemleri ile diğer uygarlıkların tespiti, radyo yayınlarını keşfetmeleri ile daha ileri teknolojilere geçiş yapmaları arasındaki kısa süre boyunca mümkün olacaktır.

Bu konudaki bir başka argüman ise, kaynak kısıtlarının bir süre sonra teknolojik yetkinlikte azalmaya sebep olacağıdır. İnsan uygarlığı yıldızlar arası radyo iletişimini birkaç on yıldır sürdürmektedir ve daha şimdiden fosil yakıtları hızla tüketmeye başlamıştır. Birkaç on yıl içinde enerji çok daha pahalı hâle gelebilir. Böylece, iletişim için gerekli elektronik cihazları ve bilgisayarları üretmek ve işletmek zor olmaya başlayabilir. Enerji kaynaklarına ilişkin bu tür bir sıkıntı diğer uygarlıklar için de geçerli ise, radyo teknolojisi kısa ömürlü bir fenomen olabilir. İki uygarlığın, birbirine çok yakın olmaları ve aynı anda iletişim yeteneği geliştirmeleri durumu haricinde, birbirleriyle "konuşmaları" neredeyse imkânsız olacaktır.

Kaynak yetersizliği görüşüne karşı çıkanlara göre, enerji tüketen bir uygarlık sadece fosil yakıtlara bağımlı kalmayacaktır. Yenilenebilir olan ve teknolojik sınırları zorlayacak potansiyele sahip güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynakları mevcuttur. Fosil yakıtların tükenmesi sebebiyle teknolojinin yok olabilmesi için, uygarlığın yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanamamasına sebep olacak bir teknolojik gerileme de aynı anda ortaya çıkmalıdır.

Uzaylılar teknolojik tekilliğe ulaştı

Bir başka olasılık da, teknolojik uygarlıkların değişmez biçimde teknolojik tekillik durumunda olmaları ve insanötesi bir karakter sergilemeleridir. Bu tür teorik uygarlıklar, insanların iletişime geçemeyeceği derece değişmiş bireylerden oluşur. Tekillik ötesine geçmiş bu uygarlıklarla iletişim için, yıldızlar arası mesafelerde gerçekleştirilebilenden çok daha fazla bilgi alış verişine gerekli olacaktır. Belki de insanlığın vereceği her türlü bilgiyi o kadar basit bulacaklardır ki, iletişime değer olmadığına karar vereceklerdir. Bu durum, insanların karıncalarla iletişime geçmeyi denemeleri gibidir.

Tekillik sonrası yaşam formları için çok daha uç örnekler edebiyatta yer verilmiştir: kendilerini fiziksel ortamdaki soyutlayan varlıklar, büyük ve yapay bir sanal çevre oluştururlar ve kendileri bu çevreye zihin aktarımı yoluyla taşıyarak, fiziksel dünyayı umursamadıkları sanal bir dünya içinde yaşamaya başlarlar. Bilimkurgu edebiyatının oldukça erken dönemlerinde bu yönde çeşitli eserler görülür. Örneğin Lewis Padgett'in 1943 tarihli öyküsü Mimsy were the Borogoves, gelişmiş

varlıkların bilinen fiziksel evreni terk edip daha kabul edilebilir alternatif bir evrene geçişini anlatır. Bu bakış açısının bir başka versiyonu ise, tekillik uzmanı John Smart'ın öne sürdüğü ve aşağıdaki hayvanat bahçesi hipotezinin bir çeşitlemesi olan, SETI'nin bu türden geçişlere ait "fosiller" bulacağına dair tahminlerdir.

Bizimle iletişime geçmemeyi tercih ediyorlar

Uzaylı ırkların insan türüyle iletişime geçmek isteyeceği inancı bir safсата olabilir; yani uzaylılar, iletişime geçebilecek teknik yetkinlikte olsalar bile insanlarla iletişim kurmamayı tercih edebilirler. Bu yöndeki bir tercihin muhtemel sebeplerinden biri, hayvanat bahçesi hipotezi olarak adlandırılır: Dünya uzaylılar tarafından sürekli kontrol altında tutulan izole edilmiş bir "hayvanat bahçesi ya da vahşi ortamdır".

Uzaylı bir ırkın insanlarla iletişime geçmemeyi tercih etmesi için birçok başka neden de öne sürülmüştür. Uzaylılar iletişime geçmek için, insanların belirli etik, politik ya da teknolojik standartlara ulaşmalarını, örneğin yoksulluğu ya da savaşları sona erdirmelerini veya yıldızlar arası yolculuk yapabilecek teknik yeterliğe ulaşmalarını bekliyor olabilirler. İnsanların doğal bağımsız gelişimlerine müdahil olmak istemeyebilirler ya da Dünya iletişimin zarar vereceği bir deneyin yapılması için oluşturulmuş bir ortam olabilir.

Bu fikirler ancak, erişilebilecek uzaklıkta bir tek uzaylı uygarlık varsa ya da Dünya'nın iletişimden yalıtılması için uzaylı uygarlıklar arasında kabul edilmiş bir yasa mevcutsa geçerli olacaktır. Aksi durumda bu teoriler "güdünün teklifi" kusuruna sahip olacaktır: Tüm zeki uygarlıkların, gelişimleri boyunca aynı evrelerden geçerek benzer bir yere varmaları beklenemez. Dolayısıyla, Dünya'nın içinde bulunduğu bölgede ne kadar fazla uygarlık varsa, Dünya ile iletişime geçilmemesi yönündeki kuralın bozulma ihtimali de o kadar yüksek olacaktır. Bu teori ancak, galaksimizde oldukça düşük sayıda uygarlık bulunduğu dair tahminler dahilinde ya da her uygarlığın benzer kültürel değerleri paylaşmakta olduğu varsayımıyla geçerlilik kazanacaktır.

İlişkili bir başka fikir de algılanan evrenin sahte gerçeklik olduğudur. Gökevi hipotezi'ne göre uzaylı uygarlıklar, başka hayat formlarının mevcut olmadığı bir evren görüntüsünü bizim için simüle etmiş olabilirler. Bostrom'un simülasyon argümanı'na göre, böyle bir simülasyonda başka uygarlıklar var olsa dahi bizimle aynı seviyede olmaları gerekir, çünkü daha ileri bir uygarlığı simüle etmek çok daha zor olacaktır.

Düşündüğümüzden çok daha farklılar

Bir başka olasılık da, insanların uzaylı yaşam formlarının Dünya'daki canlılardan ne derece farklı olabileceğini yeterince dikkate almamış olmalarıdır. Uzaylı psikolojisi insanlara göre çok farklı olabilir. Bu sebeple iletişim kurmuyor ya da kurmak istemiyor olabilirler. İnsanlığa ait matematik, lisan, araç kullanımı, iletişim yeteneği ve benzeri kavramlar Dünya'ya özgü ve dünya dışı canlılar için anlamsız olabilir.

Teknolojik deęiller

Zeki bir uygarlığın mutlaka teknolojik olarak gelişmiş olması gerekip gerekmediği açık değildir. Uzaylı bir tür, kendi çevresinde uygun şartlar olmadığı için, geliştirmemeyi tercih ettiği için ya da başka bir sebepten dolayı teknoloji geliştirmemiş olabilir. Bu durumdaki bir uygarlığın insanlık tarafından keşfi çok zor olacaktır. Zekâ, yaşamın tersine, tek başına yıldızlar arası uzaklıklardan fark edilebilecek bir unsur değildir. Yaşam barındırabilecek gezegenlerin uzaktan tespitine yönelik çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Ancak bunların hiçbirisi, teknolojik olmayan zeki bir uygarlığı, zeki olmayan bir uygarlıktan ayırt edemez. Bu tespitin, bir astronotun ya da sondanın ziyareti olmaksızın yapılabileceğine ilişkin teorik yöntemler dahi önerilememiştir. Bu durum zaman zaman, "algae vs. alumnae (suyosunu mu, üniversite mezunları mı?) problemi" olarak adlandırılır.

Buradalar ancak fark edilmiyorlar

Uzaylı zeki yaşam formları mevcut olmakla kalmayıp, Dünya üzerinde bulunuyor da olabilirler. Ancak; fark edilmek istememeleri, insan teknolojisinin yeterli olmaması ya da varlıklarına dair kanıtlarının insanlar tarafından kabul edilmek istenmemesi sebebiyle, varlıkları tespit edilemiyor olabilir.

Dünya'ya kadar yolculuk edebilecek derecede üstün teknolojiye sahip bir yaşam formunun, Dünya'da fark edilmeden varlığını sürdürebilmesi de muhtemeldir. Bu görüşe göre uzaylılar, Dünya'ya ya da Güneş Sistemi'ne ulaşmışlar ve varlıklarını açığa vurmaksızın gezegeni gözlemlemeye başlamışlardır. Bu gözlemleri, fark edilmesi oldukça zor olan birçok farklı yöntemle gerçekleştiriyor olabilirler. Örneğin, moleküler nanoteknoloji ile geliştirilmiş karmaşık bir mikroskopik izleme sistemi Dünya'ya gönderilmiş ve fark edilmeden çalışmaya başlamış olabilir. Karmaşık cihazların yardımıyla, Dünya dışından pasif izleme de gerçekleştirilebilir.

Birçok UFO araştırmacısı ve gözlemcisine göre toplum, uzaylılarca kaçırılma, UFO gözlemleri ve uzaylılarla karşılaşma gibi iddialara karşı haksız bir önyargıya sahiptir. Bu sebeple, uzaylıların Dünya'yı ziyaret ediyor oluşuna ilişkin kanıtlar görmezden gelinmektedir. Karmaşık kompto teorilerini öne süren diğer kişilere göre, uzaylılar ile insanlar arasındaki temasın boyutunu saklamak isteyen politik güçler, uzaylıların Dünya'yı ziyaretlerine ilişkin kanıtları gizlemektedir. Bu tür senaryolar on yıllardır popüler kültürün bir parçası olarak ortaya çıkarılmaktadır.

6. CEVAPLANMASI GEREKEN SORULAR

a. Güneş Sistemi Dışındaki Yaşam Barındırılabilir Gezegenerin Keşfi

- Bir gezegenin yaşanabilir olduğu nasıl belirlenir?
- Ötegezegen atmosferlerinde biyolojik izler nasıl tespit edilir?
- Yaşamın oluşumu için hangi fiziksel ve kimyasal koşullar gereklidir?
- Dünya dışı yaşam hangi biyolojik formlarda bulunabilir?

b. . Ay, Mars ve Diğer Gezegenlerde Koloni Kurmanın Önündeki Engeller ve Çözümleri

- Uzay kolonizasyonunun temel mühendislik problemleri nelerdir?
- Düşük yerçekimi insan fizyolojisini nasıl etkiler?
- Uzay radyasyonu uzun süreli yaşamı nasıl sınırlar?
- Sürdürülebilir bir uzay kolonisi nasıl kurulabilir?

c. Kardashev Ölçeği ve Dünya'yı Tip-2 Medeniyete Ulaştırmanın Yolları

- Kardashev Ölçeği uygarlıkları nasıl sınıflandırır?
- İnsanlığın enerji tüketimi hangi uygarlık seviyesine karşılık gelir?
- Tip-2 medeniyetin enerji ihtiyacı nasıl karşılanabilir?
- Gelişmiş uygarlıkların gözlemsel belirtileri nelerdir?

d. Farklı Medeniyetlerle İletişim Kurma ve Olası Sinyallerin Keşfi

- Fermi Paradoksu'nun temel bilimsel problemi nedir?
- Drake Denklemi uygarlık olasılığını nasıl hesaplar?
- Radyo astronomisi dünya dışı sinyalleri nasıl analiz eder?
- Teknolojik uygarlıklara ait yapay izler nasıl tespit edilir?