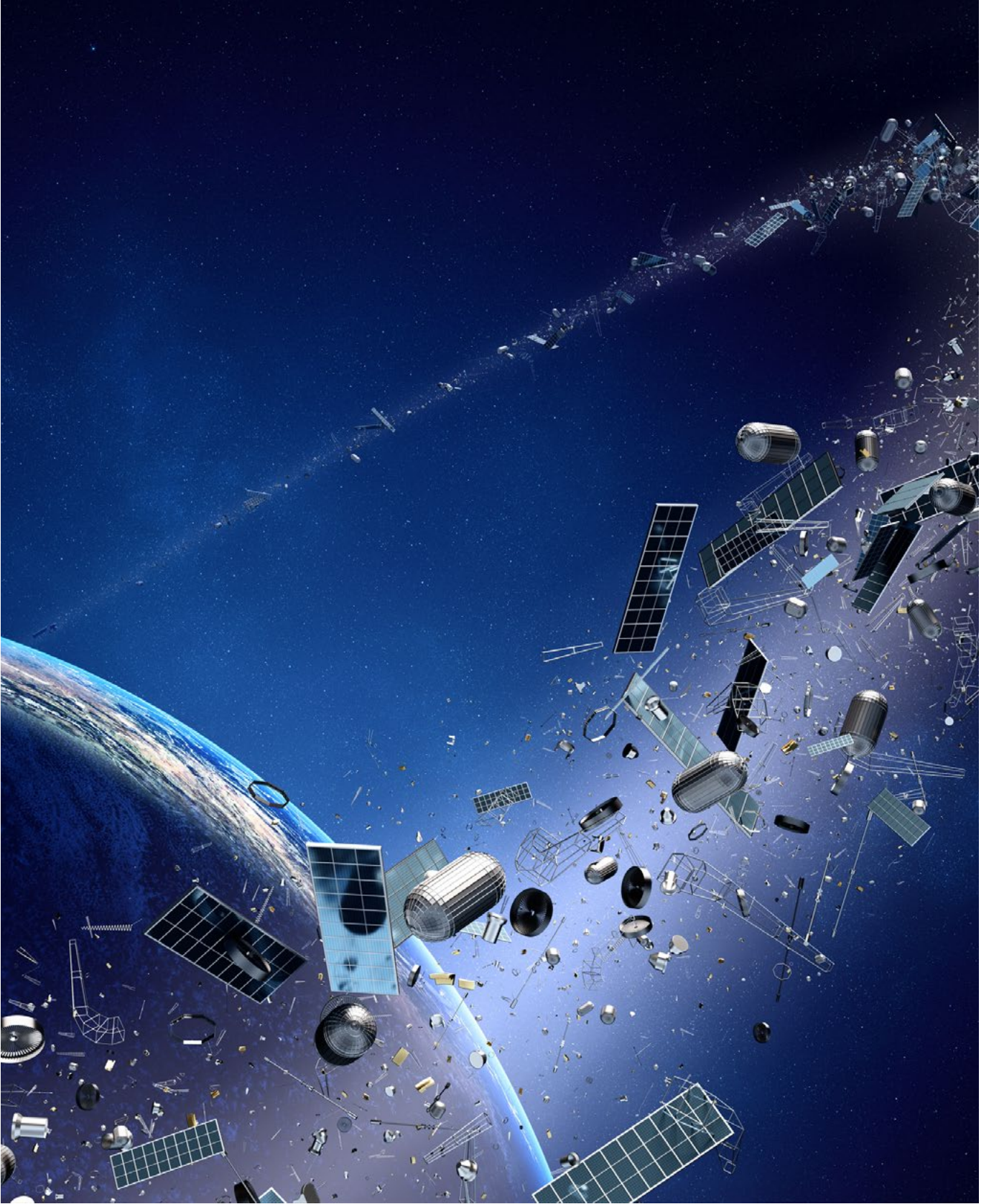





DÜNYAMIZI BEKLEYEN YENİ BİR TEHDİT: UZAY ÇÖPLERİ



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 Alper YEŞİLYURT

1. GİRİŞ

Uzay teknolojilerinin tarihsel gelişimi Soğuk Savaş döneminde ABD ile SSCB'nin havacılık ve uzay sanayiinde girişmiş oldukları üstünlük sağlama mücadelesine dayanmaktadır. 1957 yılında Sputnik-I uydusunun^[1] SSCB tarafından yörüngeye yerleştirilmesiyle başlayan bu mücadeleye uydu ve uzay teknolojilerinin hızla geliştirilmesini sağladı. Bu süreçte çeşitli amaçlara hizmet etmek üzere geliştirilen uydular ve uzay araçları sadece dünyanın yörüngesiyle sınırlı kalmayıp dünyanın doğal uydusu aya ve güneş sisteminin diğer gezegenlerine de ulaştı.

1969'da ABD'nin insanlı ay misyonunun başarıya ulaşması iki süper güç arasında yeni bir dönemin kapısını açarak ülkeler arası işbirliklerinin başlamasını sağladı. Bu yeni dönemde, savunma sektörünün ihtiyaçları doğrultusunda yürütülen Ar-Ge programları iki süper güç arasındaki yarışın ötesinde insanlık yararına hizmet eden yeni uzay teknolojilerinin geliştirilmesini de sağladı.

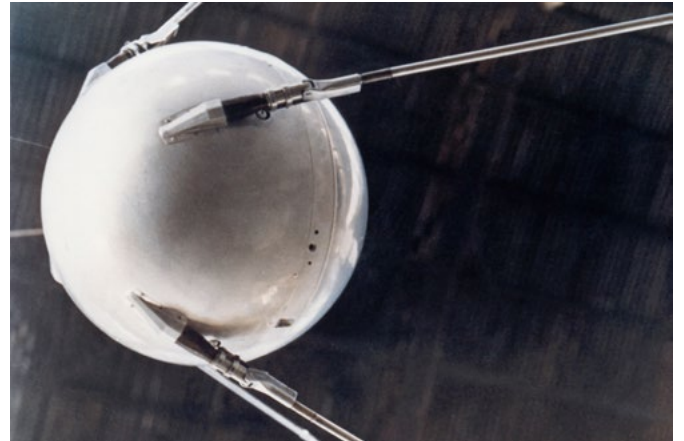
Uzaya çıkılması modern çağın gelişiminde kritik bir rol oynadı. Bugün haberleşme ve navigasyon alanındaki birçok uygulamanın kökeninde de uzaya erişim ve uzay altyapılarının kullanımı yatıyor.

ABD ile SSCB'nin çalışmaları ileri bir düzeye ulaştıktan uzun zaman sonra diğer bazı ülkeler de uzay teknolojilerine doğrudan katkıda bulunmaya başladı. Bu bağlamda ilk olarak Fransa 1979'da ilk deneysel uydusunu yörüngeye yerleştirdi. SSCB'nin 1990'lı yıllarda dağılmasının ardından bağımsızlıklarını ilan eden ülkelerin ve diğer Avrupa ülkelerinin katılımıyla uzay endüstrisindeki gelişmeler farklı bir boyuta taşındı ve çok sayıda ulusal ve uluslararası kuruluş teşkil edildi. Bu kuruluşlar ülkelerin ihtiyaç duydukları uydu teknolojileri için gerekli altyapı ve imkânların oluşturulmasına ve bu amaçla

uluslararası işbirliklerinin gerçekleşmesine olanak sağladı. Günümüzde geline nokta uzayda söz sahibi olmak, küresel güç haline gelmek ve stratejik üstünlük sağlamak açısından çok ciddi bir kuvvet çarpanı olarak görülmektedir.

2. UZAY ÇÖPLERİ

1957 yılında Sputnik-I uydusunun fırlatılmasından bu yana birçok uydu ve çeşitli uzay araçları dünya yörüngesine çıktı. 1957'de uzay çağının başlamasından günümüze kadar 5.400'den fazla fırlatma gerçekleştirildi. Bu süreçte uyduların kütleleri gelişen teknolojilerle birlikte azalmakta, faydalı ömür süreleri uzamakta ve insan yaşamına katkıları giderek çeşitlenmektedir. Öte yandan



Şekil 1: Sputnik-I Uydusu^[1]

yörüngede faydalı ömrü sona ermiş artan sayıda uydu ve benzeri yapay uzay cisimi de bulunuyor. Bu cisimlerin oluşturduğu operasyonel tehditler, modern hayatın gelişimi ve devamlılığı açısından yönetilmesi gereken bir riske dönüşen uzay çöpleri konusunu gündeme getiriyor.

Uzay çöpleri, genel anlamda, dünya yörüngesinde bulunan veya atmosfere giren faal durumda olmayan insan yapımı uzay cisimleri olarak tanımlanmaktadır. Görev süresini tamamlayan uydular, boş yakıt tankları, roket kademeleri, çarpışma sonucu oluşan parçacıklar vb. gibi farklı boyutlardaki cisim ve nesnelere uzay çöplerini oluşturmaktadır. Doğal meteoritleri de uzay çöprü kategorisine dâhil eden farklı tanımlar da vardır. Uzay cisimleri ve uzay çöplerine ilişkin Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Ocak 2018'de yayınlanan rakamlar aşağıdaki tabloda yer almaktadır^[2].

Fırlatma Sayısı (1957'den İtibaren)	5.400
Uydu Sayısı (Toplam Yörüngeye Yerleştirilen)	8.650
Uydu Sayısı (Yörüngede)	4.700
Uydu Sayısı (Faal Durumda)	1.800
Uzay Cismi Sayısı (Kataloglanmış Nesne Sayısı)	21.000
Olay Sayısı (Patlama, Çarpışma, vb.)	500
Kütle (Toplam Yörüngede Bulunan Nesnelere Ait)	8.100 Ton
Uzay Çöpü Nesne Sayısı (Boyutlara Göre)	29.000 (>10 cm) 750.000 (1 cm ila 10 cm) 166 milyon (1 mm ila 1 cm)

Tablo 1: Sayılarla Uzay Çöpleri (Güncel Rakamlar: Ocak 2018)^[2]



Şekil 2: Uzay Cismi Çarpışma Etkisi^[3]



Şekil 3: SMM Uydusu Uzay Çöpü Çarpışma Etkisi^[5]

Milimetrik boyutlardaki bir uzay cisminin ulaşabildiği hızlar göz önünde bulundurulduğunda, operasyonel durumdaki bir uydula çarpışması durumunda ciddi yapısal hasara^[3] ve hatta uydu alt sistemlerinin tamamen devre dışı kalmasına yol açabileceği görülür. Uzay cisimlerinin boyutları büyüdükçe bu tür çarpışmalar ilgili uzay aracının tamamen devre dışı kalmasına ve diğer uydular için tehdit anlamına gelecek yeni uzay çöpü bulutlarının oluşmasına yol açabilir. "Kessler Sendromu"na göre, her bir çarpışma sonucu ortaya çıkan parçacıklar gelecekteki muhtemel çarpışmaların olasılığını artırır ve bu da yeni uzay cisim ve parçacıklarının ortaya çıkmasını beraberinde getirir^[4].

Uzay çöpü yoğunluğunun kontrolsüz şekilde artmasına yol açan, tarihte yaşanan en ciddi olay Kosmos 2251 (950 kg) ile Iridium 33 (560 kg) uydularının 2009 yılındaki çarpışması oldu. 800 km irtifadaki bir yörüngede yaşanan çarpışma sonucunda yörüngede 2.300 adet kataloglanmış yeni uzay çöpü ortaya çıktı (yüzde 17 artış). Bir diğer olay, 2007 yılında Çin'in Feng-Yun 1C uydusu üzerinde gerçekleştirdiği imha testi sırasında yaşandı. Bu test sonucunda, 3.400'den fazla takip edilebilir yeni uzay çöpü ortaya çıktı (yüzde 34 artış). 2013 yılında ise, Rusya'ya ait BLITS uydusunun Feng-Yun 1C olayının getirdiği uzay çöpü kalıntılarıyla çarpıştığı ve bu yüzden yörüngesinde sapma meydana geldiği açıklandı^[6]. Bir uydunun alçak irtifalı bir yörüngede tutunabilmesi için gerekli olan hızın en az yaklaşık 7 km/saniye olduğu düşünüldüğünde, çarpışma hızlarının ne gibi sonuçlara yol açacağını tahmin etmek zor değildir.

Uzay çöpleri çoğunlukla dünya yüzeyinin üzerinde 160 ile 2000 km arasındaki alçak irtifa yörüngesi (LEO) olarak adlandırılan yörüngelerde gözlenmektedir. Ekvatorun üzerinde yaklaşık 35.000 km irtifadaki eşzamanlı yörünge (GEO) ile genellikle navigasyon uydularının bulunduğu 19.000-23.000 km irtifa aralığı diğer yoğunluk alanlarıdır. Yapılan gözlemlerde, alçak irtifa yörüngelerinde, çoğunlukla da 650-750 km bandında, 10 cm'den büyük 10.000'in üzerinde uydu ve roket parçası

olduğu saptanmıştır. Eğer herhangi bir önlem alınmazsa, bu sayının 2090 yılında 20.000 seviyesine çıkması beklenmektedir. Buna paralel olarak, uzay çöplerinin oluşturduğu tehdit de istatistiksel olarak büyümektedir. Çünkü 1.000 km üzeri irtifadaki uzay çöplerinin dünyaya dönüşü yüzyıllar alabilirken 600 km'ye kadar alçak irtifa yörüngesindeki cisimlerin yeniden atmosfere girmesi için birkaç yıl yetmektedir.

3. TEHDİTLER VE RİSK AZALTMA YÖNTEMLERİ

Uzay çöpleri beraberinde uzaya erişim ve uzay altyapılarının kesintisiz kullanımı bakımından büyük riskler getirmektedir. Burada en kritik konu, uzay çöplerinin daha da fazla uzay çöpüne sebep olması dolayısıyla çarpışma olasılıklarının da aynı şekilde artmasıdır. Modern hayatın çok önemli araçları olan uydular haberleşme, navigasyon, görüntüleme ve bilimsel araştırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. GPS sistemi üzerinde oluşacak bir tehdit, uzay çöplerinin uydular için oluşturduğu tehlikeye örnek verilebilir. Böyle bir tehdit hem sivil, hem de askeri alanda birçok uygulamanın durmasına neden olacaktır. Haberleşme uyduları üzerinde oluşacak potansiyel bir zarar, sadece uydu sistemlerine bağımlı olarak haberleşme erişimine sahip bölgelerle bağlantının kopmasına neden olabilecektir.

Uzay çöpleri US Space Surveillance Network (SSN) vb. birçok organizasyon tarafından sürekli olarak izlenmekte, radar teknolojileri ve optik sistemler



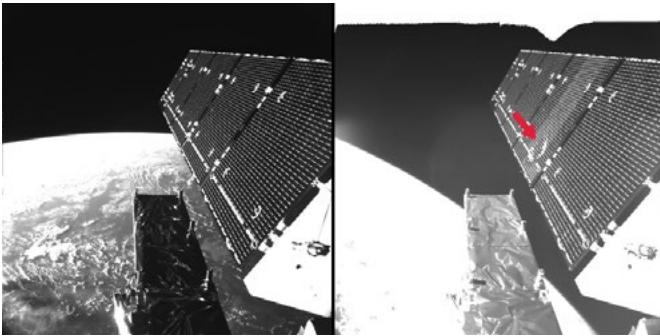
Şekil 6: Space Fence Radar Sistemi^[6]

aracılığıyla kataloglanmaktadır. Örnek olarak, Avrupa Uzay Ajansı'nın Tenerife'de bulunan görüntüleme istasyonunda, 1 metre çapındaki teleskop ve ilgili optik sistemler vasıtasıyla eşzamanlı yörüngedeki (GEO) 15 cm boyutlarına kadar olan cisimler gözlenip kayıt altına alınabiliyor^[3]. İlgili veriler kullanılarak, yazılım modelleme ve doğrulama çalışmaları gerçekleştiriliyor. Benzer şekilde, potansiyel risklerin önceden tespiti ve önlenmesi için dünyada farklı istasyonlardan toplanan veriler ilgili kuruluşlar arasında paylaşılıyor. Bir başka örnek, ABD tarafından kurulan Space Fence radar sistemiyle alçak irtifa yörüngesindeki (LEO) uzay çöplerinin izlenmesidir^[7].

Görüntüleme istasyonları vasıtasıyla toplanan verilerin analiz edilmesiyle risk içeren durumlarda uydulara pozisyon değiştirme komutu verilebiliyor. Örneğin, yaklaşık olarak bir futbol sahası büyüklüğünde olan Uluslararası Uzay İstasyonu'nun (ISS) pozisyonu potansiyel bir çarpışma tehdidini önlemek amacıyla 2014 yılı içinde üç kere değiştirildi. Her ne kadar uzay temalı filmlerde bu manevralar dakikalar içinde gerçekleşiyor gibi görünsede gerçekte günlerce sürebilen maliyetli süreçlerdir.

Uzay çöpü tehdidine karşı bir önlem olarak, uyduların görev ömürleri sonunda buldukları yörüngeden uzaklaştırılabilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Alçak irtifa yörünge (LEO) uydularıyla ilgili olarak, operasyonel durumdan çıktıktan sonra belirli bir süre içinde dünya atmosferine girmelerinin sağlanması hedefleniyor. Uydu yüzeyinin güneş yelkenleri, aerodinamik sürüklenme yelkenleri veya benzer şekilde açılan sistemlerle kaplanmasıyla uydunun hacmini, dolayısıyla aerodinamik sürüklenme kuvvetini artıran pasif sistemler öneriliyor. Önerilen diğer bir yöntem, uyduların görev sonunda ek bir yakıtla yörüngeden çıkarılarak "mezarlık" yörüngelelerine (graveyard orbit) aktarılmasıdır. Gelecekte, elektrik ve iyon itki sistemleri gibi sistemlerin daha çok gelişerek bu konuda yardımcı olacakları düşünülüyor.

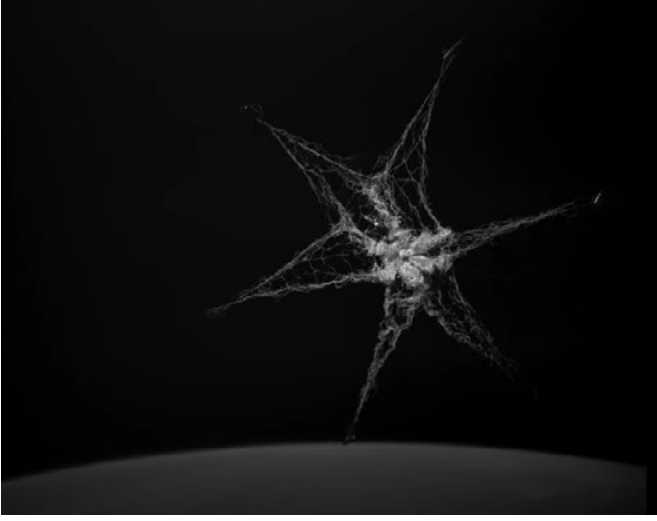
Uzay çöplerine karşı bir diğer korunma yöntemi, uydu üzerinde koruma kalkanları uygulamasıdır. Bu amaçla çeşitli uydu projeleri kapsamında yüksek hız çarpışma testleri ve hasar analiz araçları kullanılarak deneyler gerçekleştirilmektedir. Özellikle, küçük boyutlarda ve kataloglanmamış uzay çöpleri için bu tür pasif korunma yöntemleri en etkili çözüm olarak öne çıkıyor. Örnek olarak,



Şekil 4: Sentinel-1A Uydusu - Güneş Paneli Uzay Çöpü Hasarı^[3]



Şekil 5: ESA Uzay Çöpü Teleskopu^[3]



Şekil 7: RemoveDebris Space Net (Surrey Nanosats)^[10]

Uluslararası Uzay İstasyonu'nda farklı konfigürasyonlarda aralıklı yapıda metal tabakalar (Whipple Shields) kullanılmaktadır.

Uzay çöpü tehdidine karşı sürdürülmekte olan diğer çalışmalar arasında; uzaktan kontrol edilen robot astronotların geliştirilmesi, santimetre boyutlarındaki uzay cisimlerinin yörüngelerinin lazer kullanılarak (laser broom) değiştirilmesiyle atmosfere daha erken girmelerinin sağlanması^[9], uzay çöplerinin uydular tarafından kullanılacak bir ağ sistemi (space net) vasıtasıyla toplanması sayılabilir^[10].

4. SONUÇ

Uzay çöpleri tehdidi, günlük hayatta kullanılan birçok uygulamaya erişim açısından çok kritiktir. Başka bir deyişle, modern hayatın devamı uzay altyapı ve araçlarının kesintisiz kullanımına ve elverişliliğine bağlıdır. Uzaya erişimin kısıtlandığı bir senaryonun dünyamızı bekleyen en büyük tehditlerden biri haline geleceği açıktır.

Uzay çöpleri, 1957 yılında başlayan uzay çağının ilk döneminde bir tehdit algısı oluşturmuyordu ancak günümüzde geline nokta ülkeler arası koordinasyon, paylaşım ve işbirliği gerektiren acil bir tehdit haline gelmiştir. Yörüngedeki mevcut ve gelecekteki uzay çöplerinin takibi, uydu ve uzay aracı üreticileri tarafından korunma yöntemleri geliştirilmesi ve aktif yörüngelerin yeni uzay çöpleri tarafından işgalini engellemek üzere önlemler geliştirilmesi küresel bir zorunluluk haline gelmiş olup, ülkelerin bu konuya hassasiyetle yaklaşması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] "60th Anniversary of Sputnik," NASA, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.nasa.gov/specials/60th/sputnik/>. [Erişildi: 8 Kasım 2018].
- [2] "Space Debris by the Numbers," ESA, 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers. [Erişildi: 8 Kasım 2018].
- [3] "Space In Images," ESA, [Çevrimiçi]. Available: https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/04/Hypervelocity_Impact. [Erişildi: 12 Kasım 2018].
- [4] "Space Debris: The ESA Approach," European Space Agency, 2017.
- [5] "Orbital Debris," NASA, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/>. [Erişildi: 13 Kasım 2018].
- [6] "Russian Satellite Hit by Debris from Chinese Anti-Satellite Test," Space.com, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.space.com/20138-russian-satellite-chinese-space-junk.html>. [Erişildi: 12 Kasım 2018].
- [7] R. Mola, "How Things Work: Space Fence," Air & Space Magazine, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.airspacemag.com/space/how-things-work-space-fence-180957776/>. [Erişildi: 13 Kasım 2018].
- [8] "Space Fence," Lockheed Martin, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/space-fence.html>. [Erişildi: 13 Kasım 2018].
- [9] "5 High-Tec Space-Junk Solutions," Popular Mechanics, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.popularmechanics.com/space/g824/5-high-tech-space-junk-solutions/>. [Erişildi: 13 Kasım 2018].
- [10] "Watch a Satellite Net a Cubesat in Awesome Space Junk Cleanup Test," Space.com, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.space.com/41897-satellite-fires-net-to-catch-space-junk.html>. [Erişildi: 13 Kasım 2018].



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

