

UZAY MUHASEBESİNİ BEKLEYEN ZORLUKLARIN MUHASEBE VE DENETİM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

*“Heyecan ve ilham verici bir geleceğe sahip olmamız için,
bu geleceğin insanlığın uzayda yaşadığı bir gelecek olması gereklidir.”*
Elon Musk

Makale Bilgileri

Geliş Tarihi : 08.04.2025
Kabul Tarihi : 24.09.2025
Türü : İnceleme Makalesi
DOI Numarası : 10.55322/mdbakis.1671956

Dr. Öğr. Üyesi İlkay Ejder ERTURAN*

Bibliyografik Bilgiler

Erturan, İ., E . (2026). “Uzay Muhasebesini Bekleyen Zorlukların Muhasebe ve Denetim Açısından Değerlendirilmesi” *Muhasebe ve Denetime Bakış Dergisi* (Yıl: 2026, Sayı : 77, Sayfa : 41-56)
<https://doi.org/10.55322/mdbakis.1671956>

ÖZ

Bu çalışma, uzay sektöründeki muhasebe ve denetim sorunlarını inceleyen amaçsal (narrative) bir literatür araştırması niteliğindedir. Araştırma, belirli bir teoriye dayalı hipotez testine değil; hızla gelişen uzay faaliyetleri karşısında mevcut muhasebe sistematığının yeterliliğini tartışmaya yöneliktir. Çalışmanın temel amacı, büyüyen uzay faaliyetlerinin muhasebe ve denetim açısından taşıdığı önemi vurgulamaktır. Makale, uzay faaliyetlerine bağlı olarak işletmelerde ortaya çıkan muhasebe işlemlerinde muhasebenin ve denetimin rolünü şu iki temel soruya odaklanarak incelemektedir: Gelişmekte olan bir uzay faaliyetlerinde ne tür muhasebe ve denetim zorlukları mevcuttur? Bu zorlukları ele almak için ne tür muhasebe ve denetim araştırma fırsatları mevcuttur?

Bu amaç doğrultusunda, makale uzay faaliyetlerini ve ekonomik altyapısını tanıtmayı ve uzay faaliyetlerini içeren ticari faaliyetlerin muhasebe ve denetim üzerindeki etkilerine dair içgörüler sunmayı amaçlamaktadır. Uzay faaliyetlerinin muhasebeleştirilmesi ve denetimi ile ilgili zorlukların

* Düzce Üniversitesi, ilkayerturan@duzce.edu.tr, Orcid ID: 000-0003-2478-5634

ve araştırma fırsatlarının ayrıntılı bir şekilde tartışılması analizi, disiplinlerarası ve stratejik açıdan önemli bu alanın hem uygulayıcılar hem de akademik kitleler için muhasebe alanındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Çalışma, 2010-2024 yılları arasında yayınlanmış literatürü kapsamakta ve uzay faaliyetleri alanındaki muhasebe uygulamalarına ilişkin doğrudan veya dolaylı veriler içeren çalışmalara odaklanmaktadır.

Bu çalışma, muhasebeyi genişleyen uzay faaliyetleri bağlamında inceleyen öncü çalışmalar arasında yer almakta ve muhasebenin yeni ortaya çıkan bir alt alanı olan “uzay muhasebesi”nin gelişimine yönelik içgörüler ve rehberlik sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Muhasebe, Uzay, Uzay Hukuku, Uzay Muhasebesi, Uzay Ticareti

Jel Kodları: M40, M41, K10

ASSESSING THE CHALLENGES FACING SPACE ACCOUNTING FROM AN ACCOUNTING AND AUDITING PERSPECTIVE

ABSTRACT

This study is a narrative literature review examining accounting and auditing issues in the space sector. The research is not aimed at testing hypotheses based on a specific theory, but rather at discussing the adequacy of existing accounting systems in the face of rapidly developing space activities. The primary objective of the study is to emphasize the importance of growing space activities for accounting and auditing. The article examines the role of accounting and auditing in accounting processes arising in businesses related to space activities by focusing on two fundamental questions: What accounting and auditing challenges exist in developing space activities? What accounting and auditing research opportunities exist to address these challenges?

To this end, the article aims to introduce space activities and their economic infrastructure and to offer insights into the impact of commercial activities involving space activities on accounting and auditing. This detailed discussion of the challenges and research opportunities related to accounting and auditing for space activities demonstrates the potential of this interdisciplinary and strategically important field in the accounting field for both practitioners and academic audiences. The study covers literature published between 2010 and 2024 and focuses on studies that contain direct or indirect data on accounting practices in the field of space activities.

This study is among the pioneering studies examining accounting within the context of expanding space activities and aims to offer insights and guidance for the development of “space accounting,” an emerging subfield of accounting.

Keywords: Accounting, Space, Space Accounting, Space Law, Space Trade

Jel Classification: M40, M41, K10

1. GİRİŞ

Uzayda yaşanabilir yerler bulmak, uzayda ticaret yapmak, uzay seyahatleri yapmak heyecan verici bir hale dönüşmüştür. Uzay alanındaki araştırmalar incelendiğinde, uydu teknolojileri, roket geliştirme, bilimsel araştırmalar ve keşif faaliyetleri gibi birçok farklı çalışmalar gerçekleştirildiği görülmektedir.

Fakat literatür tarandığında muhasebenin uzay ticareti alanındaki rolü henüz tam anlamıyla ortaya koyulamamıştır. Muhasebe uygulamaları açısından yeni bir muhasebe uygulamasına ihtiyaç var mıdır yoksa kullandığımız muhasebe uygulamaları yeterli midir? Bu sorulara örnek olarak, “uzay ticaretindeki muhasebe uygulamaları için e-ticaret ortamında kullanılan muhasebe uygulamaları önerilebilir mi? verilebilir (Bahmanziari ve diğ., 2009). Bu bağlamda uzay muhasebesini tanımlamak doğru olacaktır.

2. UZAY MUHASEBESİ VE DENETİM İLİŞKİSİ

Uzay muhasebesi; uzay araştırmaları ve faaliyetleri için gerekli olan finansal planlamanın yanı sıra kayıtların titizlikle ve dikkatle tutulmasını sağlayan bir muhasebe dalı niteliğindedir. Uzay muhasebesi, bir muhasebe türüdür (Tektaş ve diğ., 2021). Bu özel alandaki muhasebe uygulamaları, geleneksel muhasebeden belirgin bir şekilde farklılık göstermekte ve uzay endüstrisinin özel ihtiyaçlarına en iyi şekilde yanıt verecek biçimde geliştirilmelidir. Ayrıca uzay faaliyetlerinin maliyetlerinin detaylı bir şekilde hesaplanması, kapsamlı bütçe planlaması, gelir ve gider analizi gibi kritik konularda uzay muhasebesi, giderek artan bir önem taşımaktadır. Bu süreç, uzay araştırmalarının maliyet etkinliğini artırmak, bu alandaki yatırımları daha güvenilir hale getirmek ve sonuç olarak uzay endüstrisinin genel büyümesine katkıda bulunmak adına kritik bir rol oynamaktadır. Uzay projeleri için muhasebe yapmanın zorlukları ve getirileri, bu alandaki profesyonellerin daha fazla bilgi ve beceri kazanmasını gerektirmektedir (Bahmanziari ve diğ., 2009). Uzay muhasebesi hem hükümetler hem de özel sektör şirketlerinin uzayla ilgili projelerdeki finansal faaliyetlerini yönetmelerine yardımcı olur ve bu süreç, uzay araştırmaları, uydu fırlatmaları, uzay turizmi ve uzay teknolojileri gibi alanlarda büyük önem taşır (NASA, 2021). Uzay ticareti dünya dışında gerçekleşmesi nedeniyle muhasebeye yansımada da bazı zorluklar yaşanması olasıdır. Uzay muhasebesi zorluklarından ilki, uzay işlemlerinde karmaşık tedarik zincirleri olması ve dikey olarak yapılandırılmış organizasyonları içeren bir uzay üretim ortamında faaliyet tabanlı maliyetlendirme konusunda yaşanabilecek güçlüklerdir (Hofmann ve Bosshard, 2017). Ayrıca, diğer bir zorluk ise, e-ticaret ortamında yaşanan güven ve teminatın sağlanmasının güç olması gibi uzay ticaretinde de güven oluşturmaın güç olmasından kaynaklanabilir (Bahmanziari ve diğ., 2009). Bu tür ortak muhasebe zorlukları belirli endüstrilerle sınırlı olsa da, herhangi bir endüstriye veya duruma özgü değildir ve bu nedenle bu zorlukları yeni bir uzay endüstrisi ortamında ele alan araştırmacılar, uzay endüstrisinin ortaya çıkmasından önceki durumlarda geliştirilen ve öğrenilen çerçevelerden ve uygulamalardan faydalanacaktır (Hofmann ve Bosshard, 2017). Uzay muhasebesi zorluklarının ikincisi, uzay faaliyetlerine özgü zorlukları içermektedir (Wooten ve Tang, 2018). Çünkü, Uzay endüstrisinde muhasebenin karşı karşıya kaldığı veriler, dünya merkezli ekonomik sistemlerin dışında kalan yeni bir ortamda üretilmektedir. Bu nedenle, uzay endüstrisinde başarılı operasyonlar için üstesinden gelinmesi gereken uzaya özgü önemli zorluk tanımlanabilir. Bunlar; *mesafe, mekân sınırları, yer çekimi, misafirperver olmayan*

ortamlar ve bilgi azlığıdır. Bu faktörleri uzay muhasebesi perspektifinden analiz edilmeye çalışılarak, uzay ticaretinde araştırma fırsatlarını keşfetmek (Miller ve O’Leary, 2013) için temel oluşturacaktır.

2.1. Uzay Cisimleri Arasındaki Mesafenin Oluşturduğu Zorluklar ve Denetime Etkileri

Gök cisimleri arasındaki mesafeler, Dünya’da deneyimlenen hiçbir şeye benzemeyen tedarik zinciri ve üretim planlama zorlukları içermektedir. Örneğin, mesafeyi en aza indirmek için en uygun yörünge yapılandırmaları düşünüldüğünde bile Mars Dünya’dan 54,6 milyon km (33,9 milyon mil) uzaklıktadır. Ayrıca, su içerdiği düşünülen Jüpiter’in uydusu Europa’nın dünyaya uzaklığı 628,3 milyon km’dir (390,4 milyon mil). Uzay mesafelerinin çok fazla olması iletişimi zorlaştıracak bu durumda muhasebe bilgilerini almada ve işlemede gecikme yaşanmasına neden olacaktır. Bu gecikme, işletmeler açısından kurumsal kaynak planlaması (ERP) açısından dünyamızdaki gibi karar alma süreçlerinde gerçek zamanlı bilgilere ulaşmayı zorlaştıracaktır (Quattrone ve Hopper, 2005). Dünyada oluşan veri Mars’taki bir yere radyo frekansları aracılığıyla iletmek istenildiğinde, verinin ulaşması, iki gezegenin kendi yörüngelerindeki konumlarına bağlı olarak 4 ile 24 dakika arasında bir zaman aralığında ulaşacaktır. Bu durum, karmaşık olan tedarik zincirleri, organizasyon yapıları ve özel-kamu ortaklıkları koordine etme ve yönetme, lojistik ve muhasebe bilgisinin zamanında iletilmesinde mesafelerden etkilenecektir (Ormston, 2012). Uzay cisimleri arasındaki mesafeler, özellikle iletişimde gecikmelere ve veri aktarım zorluklarına neden olabilir. Bu durum muhasebe verisinin iletiminde sorunlar oluşturacaktır. Oysa Uluslararası Muhasebe Standartlarında temel nitelikli finansal raporlama ilkelerinden biri olan *zamanlılık (timeliness)*, finansal bilgilerin karar alıcılar tarafından anlamlı bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli zaman diliminde sağlanmasını şart koşar (IASB, 2018). Ancak uzay operasyonlarının doğası gereği karşılaşılan coğrafi uzaklık, iletişim gecikmeleri ve sinyal transferindeki zorluklar, finansal veri akışında gecikmelere yol açabilir ve zamanlılık ilkesini tehlikeye atabilir. Örneğin, Dünya dışı bir maden işletmesinden elde edilen finansal ya da operasyonel verilerin Dünya’daki merkeze iletilmesinde yaşanan gecikmeler, konsolidasyon işlemlerinin zamanında tamamlanamamasına, konsolide raporların gecikmesine ve bütçe-planlama takvimlerinin sarkmasına neden olabilir (Berrone et al., 2022). Bu tür gecikmeler, denetim sürecinde de ciddi zorluklar oluşturabilir. Özellikle Uluslararası Denetim Standardı ISA 200 uyarınca, “*denetçi yeterli ve uygun denetim kanıtı elde etmekle yükümlüdür*” (IFAC, 2022) demektedir. Ancak uzay temelli faaliyetlerden kaynaklanan veri iletim gecikmeleri, denetçilerin veri bütünlüğünü zamanında değerlendirmesini zorlaştırabilir. Özellikle ara dönem veya yıl sonu denetimlerinde kullanılan canlı sistem verileri, gecikmeli geldiğinde denetçi, risk değerlendirmesini doğru yapamayabilir veya son dakika değişikliklerine zamanında müdahale etmesini güçleştirebilir.

Ayrıca bu durum, ISA 530 kapsamında yürütülen örneklemelerin kalitesini de etkileyebilir; çünkü alınan örnekler zamanla güncelliğini yitirebilir ve artık temsil edici olmayabilir. Bu sorunlara çözüm olarak, finansal sistemlerde blokzincir tabanlı kayıt zincirleri, uydu-temelli denetim teknolojileri ve yapay zekâ destekli tahminleme sistemleri önerilebilir. Bu sistemler, zaman gecikmelerini minimize ederek finansal bilgiye gerçek zamanlı erişimi ve denetim süreçlerinin güncel verilere dayalı olarak yürütülmesini mümkün kılabilir (Teker & Teker, 2023). Gelişen teknoloji ve uzay iletişimi konusunda yapılan yatırımlar, bu zorlukları aşmayı mümkün kılabilir. Uzayda veri iletimi, güvenlik, yedekleme ve yeni iletişim protokollerinin geliştirilmesiyle daha verimli hale gelebilir.

2.2. Uzak Mekân Sınırlarının Oluşturduğu Zorluklar ve Denetime Etkileri

İnsan coğrafyasında, “yer” dünyadaki bir “şey” olmaktan, dünyayı anlamının bir yolundan, insanlığın özüne kadar çeşitli şekilde tanımlanmaktadır. (Cresswell, 2004; Agnew, 1984). Muhasebe bilimi içinde *mekân* ya da yer önemli bir unsurdur. Muhasebe mekânları, ilişkileri ve süreçleri denetleme, yönlendirme ve düzenleme işlevi görür. Muhasebenin, çağdaş örgütsel kontrol kavramlarının merkezinde yer alan bir tür “mekânsal uygulama” olduğu söylenebilir (Miller ve Power, 2013). “Mekânsal uygulama” (spatial practice) kavramı burada, muhasebenin örgütler içinde, mekânın ve mesafenin nasıl yönetildiğini belirleyebilme gücüne sahip olduğunu ifade eder (Miller ve Power, 2013b; ve O’Leary, 1994a). Bu durum, muhasebenin hem fiziksel mekânları hem de örgütsel yapıyı ve hiyerarşiyi nasıl etkilediğini gösterir. Muhasebe, örgüt içindeki coğrafi, hiyerarşik ve bağlamsal mesafeyi kontrol etmek için bir araç olarak kullanılabilir ve böylece örgütsel alanı şekillendirebilir. Neo-liberal toplumlarda muhasebenin örgütsel alanının, örgütün imajını oluşturmada, uzaktan kontrolü kolaylaştırmada (Ezzamel ve Willmott, 1998a; Kirk ve Mouritsen, 1996; Robson, 1992), merkez ve şubelerin coğrafi dağılımı, sosyal ve örgütsel yaşamlardaki çeşitli zorluğunun üstesinden gelmede (Corvellec ve diğ., 2018a; Quattrone ve Hopper, 2005) kolaylık sağlayacağını öne sürmüşlerdir. Mekânın muhasebe ile ilişkisi, birkaç açıdan ele alınabilir:

- *Mekânın Kontrolü ve Yönetimi*; muhasebe, uzaydaki mesafeleri ve hiyerarşileri kontrol etme aracıdır. Bu bağlamda, Miller ve Power, muhasebenin örgütsel mekânı nasıl şekillendirdiği ve mekânın organizasyonel kontrol üzerindeki etkisini tartışmışlardır. Büyük organizasyonlarda, coğrafi olarak dağılmış şubeler ve departmanlar arasındaki ilişki, muhasebe sistemleri aracılığıyla denetlenebilir. Bu, muhasebenin yalnızca sayısal verilerle değil, mekânsal ilişkileri düzenlemekle de ilgili olduğunu gösterir. Muhasebe, bir organizasyonun hiyerarşik yapısını ve bu yapının nasıl işlediğini gösteren bir araçtır. Örneğin, muhasebe raporları, bir örgüt içindeki farklı departmanlar arasında nasıl kaynakların dağıtılacağını ve kontrol edileceğini belirleyebilir. Bu durum, fiziksel ve sembolik mekânların yönetilmesini sağlar (Miller ve Power, 2013a). Muhasebe, bir organizasyondaki hiyerarşik yapıyı etkileyen önemli bir unsurdur. Ezzamel ve Willmott, muhasebenin nasıl bir organizasyonun içindeki güç dinamiklerini düzenlediğini ve hiyerarşiyi kontrol etmek için nasıl kullanıldığını incelemiştir. Bu çerçevede, muhasebe, mekânın sadece fiziksel değil, aynı zamanda sosyal ve hiyerarşik yönlerini de yönetir (Ezzamel ve Willmott, 1998b) sonucuna ulaşmışlardır. Aynı zamanda muhasebe, örgütsel süreçlerin izlenmesi ve denetlenmesinde de önemli bir rol oynar. Özellikle “Foucaultcu panoptikon¹” kavramıyla ilişkilendirilen muhasebe, mekânın bir izleme ve denetim aracı olarak kullanılmasını ifade eder. Örneğin, muhasebe, bireylerin davranışlarını ölçebilen ve bu davranışları düzene sokan bir sistem oluşturabilir, bu da hem fiziksel mekânı hem de sosyal ve işlevsel mekânı kapsar. Miller ve O’Leary, muhasebenin izleme ve denetleme işlevini tartışarak, örgütlerdeki bireylerin davranışlarını nasıl şekillendirdiğini göstermişlerdir. Muhasebe, çalışanların ve departmanların faaliyetlerini izleyen ve denetleyen bir sistem kurar, böylece mekân ve zaman arasındaki sınırlar daha da belirsizleşir (Miller ve O’Leary, 1994a). Muhasebe, sadece fiziksel mekânı değil, aynı zamanda örgüt içindeki sosyal ve bağlamsal ilişkileri de şekillendirebilir. Bu, örgüt içinde bilgi akışının nasıl yönetildiği, iş süreçlerinin nasıl organize edildiği ve çalışanlar

1 Görünmeden gözetleme ilkesi

arasındaki etkileşimlerin nasıl düzenlendiği gibi unsurları içerir (Miller ve O’Leary, 1994b). Muhasebe, mekânın sosyal bir üretim süreci olduğunu vurgulamıştır ve muhasebenin bu bağlamda organizasyonel süreçleri nasıl şekillendirdiğine dair bir çerçeve sunar. Muhasebe, örgüt içindeki süreçlerin ve kaynakların nasıl dağılacakını belirler, böylece mekânın işlevselliği ve etkinliği artırılır (Lefebvre, 1991). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte muhasebe, mekânı daha da şekillendiren bir araç haline gelmiştir. Dijital muhasebe sistemleri ve yazılımlarının kullanımı, mekânın fiziksel sınırlarını aşarak dijital bir «uzay» oluşturmuştur. Bu açıdan bakıldığında, muhasebenin mekânsal uygulamalarla nasıl etkileşime girdiği ve organizasyonel süreçlerin dijital platformlar üzerinden nasıl yönetildiği tartışılmaktadır (Corvellec ve diğ., 2018b).

Uzayda faaliyet gösteren kuruluşlar, operasyonlarını yalnızca yeryüzünde değil, aynı zamanda alçak dünya yörüngesi (LEO), jeosenkron yörünge (GEO) ve hatta gezegenler arası uzay gibi fiziksel erişimin son derece sınırlı olduğu alanlarda sürdürmektedir. Bu çok bölgesi ve çok katmanlı faaliyet yapısı, klasik muhasebe denetimi uygulamalarını hem teknik hem de metodolojik olarak zorlaştırmaktadır. Uluslararası Denetim Standardı (ISA) 315, denetçinin işletmenin kontrol ortamını ve iç kontrol sistemlerini değerlendirmesini zorunlu kılar. Bu değerlendirme, özellikle yüksek riskli alanlarda kontrollerin tasarımı ve işleyişine ilişkin kanıt toplanmasını içerir (International Federation of Accountants [IFAC], 2019). Ancak uzay sektöründe, birçok operasyonun dünya dışı ortamlarda (örneğin bir uydu filosu ya da uzay istasyonu) yürütülmesi nedeniyle bu kontrollerin fiziksel olarak test edilmesi mümkün olmayabilir. Örneğin, bir uydunun belirli görevleri başarıyla yerine getirip getirmediğine ilişkin veriler, ancak telemetri sistemleri veya yer kontrol istasyonlarından elde edilen ikincil dijital kayıtlar yoluyla analiz edilebilir. Bu durum, denetçilerin geleneksel “doğrudan gözlem” ve “fiziki envanter sayımı” gibi tekniklerden uzaklaşmasına ve alternatif denetim teknolojilerine yönelmesine neden olur (Deloitte, 2022). Ayrıca Uzayın sınırları hem teknik hem de hukuki açıdan belirsizlikler barındırmaktadır. Dünya’da devletlerin sınırları ve yargı yetkileri net şekilde tanımlanmışken, uzay faaliyetleri için böyle bir sınırlandırma henüz kesinleşmemiştir. Bu durum muhasebe ve denetim süreçlerini doğrudan etkileyecektir. Çok uluslu uzay projelerinde birden fazla ülke veya kurum kendini denetim yetkilisi olarak görebilir. Bu durum denetçilerin bağımsızlığını tehlikeye atabilir (Alewine, 2020). IFRS gibi mevcut standartlar, uzay mekânına özgü mülkiyet, gelir tanıma veya maliyet dağılımı gibi konuları kapsamamaktadır.

Bu durumda; uzaktan izleme (remote monitoring) sistemleri ile yörüngede görev yapan ekipmanların performansı, canlı telemetri verileri üzerinden denetlenebilir. Bu sistemler denetçiler için zamanlı ve sürekli denetim fırsatları oluşturabilir. Yapay zekâ (AI) destekli denetim yazılımları yardımıyla, büyük hacimli ve sürekli veri akışını analiz ederek, olağan dışı işlemleri tespit edebilir ve risk odaklı denetim prosedürlerinin geliştirilmesini sağlar (EY, 2021). Ayrıca, blockchain tabanlı işlem kayıtları uzay operasyonlarında yapılan işlemlerin şeffaf, değiştirilemez ve zaman damgalı şekilde kayıt altına alınması sayesinde hem iç denetim hem de dış denetim süreçlerinde güvenilirliği artırabilir (Undseth, 2020).

Bütün bu gelişmeler, uzay faaliyetlerine yönelik denetimde “veriye dayalı dijital denetim” (data-driven audit) paradigmasının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Çünkü fiziksel erişim sınırlılıkları, geleneksel denetim yaklaşımlarını işlevsiz kılmakta; bunun yerine, denetim tekniklerinin dijitalleşme ve otomasyon ekseninde yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır.

2.3. Yerçekiminin (Gravity) Oluşturduğu Zorluklar ve Denetime Etkileri

Yerçekimiyle ilgili zorluklara muhasebe açısından bakıldığında, büyük bir gök cismini fırlatırken yerçekimine karşı koymaya çalışmak büyük maliyetler oluşturacaktır. Bu durum maliyetler açısından ele alındığında, fırlatma maliyetleri belki de uzay işletmelerinin ekonomik başarıya ulaşmasının önündeki en büyük engeli oluşturmaktadır.

Uzay faaliyetlerinin doğası gereği, fırlatma sistemleri, uzay araçları, uydu platformları, yer kontrol istasyonları ve yörünge altyapıları gibi bileşenler oldukça yüksek düzeyde sermaye gerektirir. Bu tür yatırımlar muhasebe terminolojisinde sabit maliyetli maddi duran varlıklar olarak sınıflandırılır ve IAS 16 Maddi Duran Varlıklar Standardı kapsamında muhasebeleştirilmelidir (International Accounting Standards Board [IASB], 2021). Ancak uzay varlıklarının sahip olduğu benzersiz teknik ve fiziksel özellikler, geleneksel amortisman ve değerlendirme yöntemlerinin uzay sanayi bağlamında yeterli olmamasına yol açmaktadır. Bu nedenle, varlıkların gerçek ekonomik ömrünün tahmin edilmesini zorlaştırarak amortisman hesaplarında belirsizlik oluşturur. Çünkü bu varlıkların çoğu fiziksel olarak Dünya’da bulunmadığı için, yeniden değerlendirme modelleri ya da doğrudan gözleme dayalı denetim prosedürleri işlevsiz hale gelmektedir. IAS 16 standardı uyarınca yeniden değerlendirme yönteminin kullanılabilmesi için varlığın gerçeğe uygun değerinin güvenilir şekilde belirlenebilir olması gerekir. Ancak yörüngedeki bir varlığın satışa konu olmaması, aktif bir piyasanın bulunmaması ve teknik durumunun uzaktan tespit edilememesi gibi nedenlerle, gerçeğe uygun değer ölçümü ciddi bir sorun haline gelmektedir (PwC, 2023).

Bu zorluklar, uzay endüstrisinin muhasebe uygulamalarında belirli adaptasyonlara ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Berrone, Ricart ve Rodríguez’e (2022) göre bu adaptasyonlar; *“faydalı ömür tahminlerinde risk bazlı teknik modelleme kullanılmalı, amortisman hesaplarında proje temelli tüketim yöntemleri tercih edilmeli, yeniden değerlendirme yalnızca benzer projelerle karşılaştırmalı analiz mümkün olduğunda uygulanmalıdır”* şeklindedir. Bu muhasebe uygulamaları, yalnızca raporlama kalitesini artırmakla kalmaz; aynı zamanda yatırımcı güvenini ve kamu otoritelerinin denetim kabiliyetini de güçlendirir. Böylece muhasebe tahminlerinin denetimi ise ayrı bir karmaşıklık düzeyi içerir. ISA 540 standardına göre, geleceğe yönelik muhasebe tahminlerinin (örneğin amortisman süreleri ya da değer düşüklüğü testleri) makul varsayımlar, uygun veriler ve denetim kanıtları ile desteklenmesi gerekir (IFAC, 2018). Ancak uzay araçlarının teknik karmaşıklığı ve çevresel belirsizlikler, bu tahminlerin doğruluğunu sorgulanabilir hale getirir. Özellikle öznellik içeren yargılar ve teknik uzmanlık ihtiyacı, denetim riskini artırır (Griffith, Hammersley, & Kadous, 2015). Bu nedenle denetçiler, yalnızca muhasebe verileriyle değil, aynı zamanda mühendislik ve uzay teknolojileri alanındaki uzman görüşleriyle de çalışmak zorunda kalabilirler. Denetçilerin, uzay teknolojilerine aşina ekiplerle iş birliği yapmaları gelişmiş denetim prosedürleri uygulamaları önem arz etmektedir. Bu durum hem finansal raporlamanın güvenilirliğini artıracak hem de denetimin işlevselliğini yeni nesil sektörlerle uygun hale getirecektir.

2.4. Uzayda Elverişli Olmayan Ortamlar (Inhospitable Environments) ve Denetim İlişkisi

Elverişli olmayan ortamlarla ilgili oluşabilecek en önemli muhasebe zorlukları bilgi kıtlığıdır. Uzayda kaynak rezervleri keşfedilmiş olsa bile madencilik veya ürün tedarik faaliyetleri gibi bunlar önemli teknolojik ve finansal zorluklar oluşturabilir. Bu nedenle fayda-maliyet analizi yapmak büyük önem taşımaktadır. Uzay faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için, otonom, uzaktan kontrol edilebilen ve yapay zekâ

destekli makineler gereklidir. Bu makineler, çeşitli teknolojilerin entegrasyonu ile çalışacaktır. Bunlar arasında 3D baskı, asteroit yakalama ve yönlendirme teknolojileri, kaynak çıkarma teknikleri, robotik cihazlar, güneş enerjisi panelleri, mikrodalga reflektörler, mobil bağlantılar, nesnelerin interneti (IoT), bilişsel otomasyon, bulut bilişim, otonom araçlar, nano malzemeler ve enerji depolama yöntemleri bulunmaktadır. Uzay madenciliği için gerekli olan tüm bu unsurların, uzaydaki kaynaklardan temin edilip edilmeyeceği, bilim insanları tarafından dikkatle incelenen bir konudur. Uzaktan kumanda edilebilen regolit² çıkarma ve işleme teknolojileri sayesinde, uzayda inşaat makineleri, yollar, binalar, ofisler ve fabrikalar inşa edilebilecek; böylece iş gücünden tasarruf sağlanırken insan varlığının riskleri de minimize edilebilecektir (Sullivan ve McKay, 1991; Staedter, 2019). Uzay faaliyetleri yüksek maliyet ve risk içermektedir. Uzay aracının fırlatılması sırasında yüksek titreşim ve şiddetli fırlatma koşullarından kaynaklanan hasarların uzay aracı yörüngede iken uzaktan tamir ve kontrol edilememe riski ve maliyeti yüksektir (Santos, 2003). Ayrıca teknik veya finansal risklerin olduğu durumlarda, uzay madenciliği gibi girişimlerin kârlı veya en azından finansal olarak uygulanabilir olması için, bu tür faaliyetlerin yürütülmesinde yasal düzenlemelerin kesinliğin olması önemlidir (Lee, 2012; Meurisse ve Carpenter, 2020). Bir başka risk ve maliyet unsuru da uzay aracının uzaydan geri getirilmesinin yüksek maliyetli olması ve bu nedenle yeniden üretme seçeneğinin daha optimum olmasıdır. Bu oluşabilecek teknik risklerin yanında, devletlerin veya özel şirketlerin borçlarını ödememe riski de olası riskler arasındadır (Santos, 2003). Ayrıca başarısız olma olasılığı da bir maliyet riski oluşturmaktadır. Özel şirketlerin uzay çalışmalarında rekabet edebilmesi için uzay faaliyetlerinin (özellikle fırlatmalar) maliyetlerinin düşürülmesi önemlidir (Foust, 2015; Knipfer, 2018; Rowley, 2015). Uzayın elverişsiz ortamı bugünkü muhasebe kurallarının dışında farklı muhasebe uygulaması, bir uzay muhasebesi gerektirebilir. Çünkü uzay ortamı gerek fiziksel gerekse teknik açıdan Dünya üzerindeki koşullarından son derece farklı ve zordur. Örneğin, aşırı sıcaklık ve radyasyon sorunlardan biridir. Uzayda sıcaklık farkları -150°C ile +120°C arasında değişebilir, kozmik radyasyon ise elektronik sistemlerin arızalanmasına neden olabilir. Bu koşullar, muhasebe sistemlerinin veri güvenliği ve sürekliliğini tehlikeye atar (NASA, 2021). Bir diğer sorun, iletişim kesintileridir. Yoğun kozmik fırtınalar veya teknik arızalar, Dünya ile uzay üssü arasında veri akışını kesintiye uğratabilir. Bu durum, denetçilerin gerçek zamanlı kanıtlara ulaşmasını zorlaştırır (United Nations Office for Outer Space Affairs, 1967). Kaynak yönetimi sorunları ise bir diğer sorunu oluşturabilir. Su, oksijen, yakıt gibi kıt kaynakların yönetiminde hata yapılması ciddi sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle bu kaynakların muhasebeleştirilmesi ve denetlenmesi kritik önemdedir. Kapalı ve zorlu ortamlarda çalışan insanların psikolojik durumu hata oranlarını artırabilir. Yanlış veya eksik veri girişleri denetimin güvenilirliğini zayıflatır (Rîndăşu, Porumb, Ionescu-Feleagă, & Stoica, 2025).

Ayrıca uzay sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlar açısından muhasebenin temel ilkelerinden biri olan *işletmenin sürekliliği varsayımı* (*going concern assumption*), daha karmaşık risk analizlerini gerekli kılmaktadır. Uluslararası Denetim Standardı (ISA) 570'e göre denetçiler, bir işletmenin faaliyetlerini öngörülebilir gelecekte sürdürebilme kabiliyetini değerlendirirken; finansal, operasyonel ve çevresel riskleri birlikte ele almak zorundadırlar (IFAC, 2018). Ancak uzay endüstrisi söz konusu olduğunda, bu risklerin doğası oldukça sıra dışı ve öngörülmesi güçtür. Örneğin: bir fırlatma aracının görev başarısızlığı, tüm yatırımı saniyeler içinde yok edebilir. Ya da uzay istasyonları veya uydularda yaşanacak

2 Kayayı kaplayan gevşek, heterojen maddedir. İçerisinde toz, toprak, kırık kaya ve buna benzer maddeler bulundurulur. Dünya, Ay, Mars ve bazı asteroitlerde bulunur.

teknik bir arıza, uzun süreli iletişim kesintisine ve dolayısıyla operasyonların durmasına yol açabilir. Bir başka sorun ise radyasyon veya güneş fırtınası gibi doğal etkiler, ekipmanların işlevselliğini kalıcı şekilde zedeleyebilir. Tüm bu sorunlar, işletmenin gelecekteki gelir üretme kapasitesi, likidite yönetimi ve yatırımlarının geri dönüşü üzerinde doğrudan etkili olur. Bu da sadece muhasebe açısından değil, aynı zamanda denetim süreçleri açısından da yüksek belirsizlik ve değerlendirme güçlüğü doğurabilir.

Denetçiler, bu tür belirsizlik ortamlarında, ISA 570 kapsamında İşletmenin uzay görevlerinin teknik başarı oranı ve sürekliliği, finansman kaynaklarının çeşitliliği ve sürdürülebilirliği, alternatif senaryolar altında (örneğin görev iptali, gecikme, kaza) likidite planları, uzun vadeli sözleşmelerin (örneğin devlet destekleri, ticari iş birlikleri) güvencesi gibi unsurları sorgulamak durumundadır.

Özellikle özel sektörün hızla büyüyen uzay yatırımları içinde yer alması, bu tür değerlendirmelerin yalnızca kamu kurumlarıyla sınırlı kalmaması gerektiğini göstermektedir. Çünkü özel girişimlerin büyük kısmı yüksek maliyetli risk sermayesiyle finanse edilmekte ve pozitif nakit akışı oluşturma süresi çok uzun olabilmektedir (Keller & Larkin, 2021). Bu koşullar altında, denetçiler işletmenin sürekliliğini değerlendirirken klasik rasyolardan ve bilanço analizlerinin yanında, ortaya konulan misyonun başarı olasılığı, sigorta kapsamı, teknolojik güvenilirlik gibi nitel unsurları da değerlendirme sürecine dahil etmek zorunda kalabilir. Bu da uzay muhasebesi ve denetimi alanında mevcut standartların yeniden ele alınmasını ve uzmanlaşmış çerçevelerin geliştirilmesini gündeme getirmektedir.

2.5. Uzaydan Dünyaya Bilgi (Information) Akışındaki Zorluklar ve Denetim İlişkisi

Muhasebe bilgilerinden faydalanan bilgi kullanıcıları için üretilen bilginin doğruluğu, güvenilirliği ve zamanlı olması son derece önemlidir. Uzay ticaretinde üretilen bilginin de dünyaya doğru ve zamanında iletilmesi gerekmektedir. Fakat bilginin dünya zamanına uygun olarak iletilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Muhasebeciler ve karar vericiler geniş mesafeleri kapsayan uzay ticareti bilgilerini oluşturma, erişme, depolama, iletilme ve kullanma konusundaki lojistik ve teknolojik engellerle karşılaşmaktadır. Bu engellere rağmen uzay ticaretinden elde edilen bilgiyi işlemek için dünyadaki teknolojik ve muhasebe altyapısını kullanma zorunluğu vardır (Wooten ve Tang, 2018). Bu zorlukların yanında uzay faaliyetleriyle ilgili bilgilerin günümüzdeki azlığı, başarılı uzay operasyonlarını yönetmekle görevli kişilere yardımcı olacak muhasebe verisi oluşturma ihtiyacını dahada önem kılacaktır (Wooten, 2018). Örneğin; Mars'taki atmosfer ile Dünya'nın atmosferi arasında farklar vardır. Dünya atmosferinde ses dalgaları yaklaşık 340 m/s hızla yayılırken, Mars'taki ses dalgaları frekansına bağlı olarak değişen hızlarla yayılmaktaydı. Örneğin, 240 hertzin altındaki sesler 240 m/s hızla yayılırken, daha yüksek frekanslı sesler 250 m/s hızla hareket etmekteydi (NASA, 2021). Mars'taki ses dalgalarının yayılma hızının yavaş olmasının başlıca nedeni, Mars atmosferinin büyük oranda karbondioksit içermesi ve dünya atmosferine göre 100 kat daha ince olmasıydı. Bu koşullar, ses dalgalarının daha yavaş hareket etmesine neden olmaktadır. Mars atmosferinde ses dalgaları sadece 240 m/s hıza ulaşabiliyordu. Bu, Mars yüzeyinde, aralarındaki mesafe yalnızca 5 metre olan iki kişinin bile sesle iletişim kurmasının çok zor olmasına yol açmaktaydı (NASA, 2020b). Dünyadaki atmosfer, ses dalgalarının daha hızlı hareket etmesine olanak tanıyacak daha yoğun bir yapıdayken, Mars'ta sesin yayılması son derece zor olmaktadır (NASA, 2021). Bu durum muhasebe bilgilerinin zamanında ve güvenilir olarak iletilmesini zorlaştırabilir. Uzay muhasebesi araştırmalarının gelişimi, çeşitli muhasebe alanlarına katkı sağlayabilir. Özellikle, uzay

araştırmalarındaki muhasebe uygulamalarının verimli ve etkili hale gelmesi, yalnızca uzay projelerinin finansal yönetimini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda bu prensiplerin diğer endüstrilere uygulanabilirliğini gösterir. Uzay araştırmaları, karmaşık ve uzun süreli projelerde finansal ve yönetsel süreçleri izleme, denetim yapma ve risk yönetimi stratejilerini geliştirme konularında önemli katkılar sunabilir. Bu nedenle, uzay endüstrisi ve muhasebe arasındaki etkileşim, diğer sektörel araştırmalar için de faydalı sonuçlar doğurabilir.

Denetim açısından bakıldığında ise; finansal raporlamada bilgilerin doğruluğu, güvenilirliği ve özellikle zamanlılığı, bilgi kullanıcıları açısından temel muhasebe niteliklerindendir (IASB, 2018). Uzay faaliyetlerinde ise bu nitelikleri sağlamak, özellikle bilgi akışındaki lojistik ve fiziksel sınırlılıklar nedeniyle önemli güçlükler barındırmaktadır. Özellikle yörünge dışı veya gezegenler arası görevlerde bilgi iletiminde yaşanan fiziksel gecikmeler, denetimin temel gereksinimlerinden biri olan doğrudan ve zamanında denetim kanıtı elde etme ilkesine aykırıdır. Bu durum, Uluslararası Denetim Standardı (ISA) 500 denetim kanıtı kapsamında denetçilerin yeterli ve uygun denetim kanıtlarına ulaşmasını zorlaştırabilir (IFAC, 2018). Veri iletimindeki bu gecikmeler, özellikle ISA 315 çerçevesinde önem arz eden iç kontrol sistemlerinin etkinliğini test etme sürecini de aksatmaktadır. Coğrafi uzaklık, sinyal gecikmesi ve teknik sınırlılıklar, uzaydan gelen operasyonel verilerin gerçek zamanlı olarak denetlenmesini neredeyse imkânsız hâle getirmektedir.

Özellikle Dünya ve Mars arasındaki daha önce açıkladığımız bilgi iletimindeki teknik sınırlılık, denetçilerin faaliyetler hakkında anlık bilgi almasını, risk değerlendirmesi yapmasını ve şeffaf raporlama süreçlerinin kontrol etmesini zorlaştıracaktır (NASA, 2020a; Wooten, 2018). Ayrıca, bu veri iletimindeki gecikmeler, muhasebe kayıtlarının zamanında oluşturulmasını ve finansal tabloların gerçek ve dürüst bir görünüm sağlamasını da riske atmaktadır erişimin geç veya eksik olması, denetçinin etkin denetim prosedürü geliştirmesini engelleyebilir.

3. UZAY MUHASEBESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLARA TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Uzay ekonomisinin gelişmesiyle birlikte muhasebe sistemlerinin karşılaştığı zorluklar giderek artmaktadır. Ancak, teknolojik gelişmeler bu sorunların büyük bir bölümünün çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Uzay cisimleri arasındaki mesafeler, muhasebe sistemleri açısından en kritik sorunlardan biridir. Mars, Ay veya daha uzak gezegenlerde kurulacak üslerin muhasebe verilerinin Dünya'daki merkezlere aktarılması iletişim gecikmeleri ve veri bütünlüğü riskleri doğurmaktadır. Bu gecikmeler, denetim raporlamalarında zaman kaybına ve hata riskinin artmasına yol açabilir. Fakat, blokzincir teknolojisi, bu sorunların aşılmasında öne çıkmaktadır. Blokzincir sayesinde muhasebe kayıtları dağıtık defterler üzerinde tutulur ve herhangi bir değişiklik anında şeffaf biçimde izlenebilir (Kshetri, 2021). Ayrıca, yapay zekâ destekli denetim yazılımları, uzaktan alınan verilerin doğruluğunu gerçek zamanlı olarak analiz ederek hata payını minimuma indirebilir. Uzay işletmeleri açısından en kritik sorunlardan biri de, uzak mesafeler nedeniyle veri transferinde yaşanan gecikmelerdir. Geleneksel iletişim teknolojileri ışık hızına bağlı sınırlara takılırken, kuantum iletişim teknolojileri uzun vadede ışık hızına yakın güvenli veri transferi sağlayarak

bu sorunu çözme potansiyeline sahiptir. Kuantum dolaşıklık prensibine³ dayalı bu sistemler, verilerin üçüncü kişilerce kopyalanmadan ve güvenli bir şekilde aktarılmasını mümkün kılmaktadır (Pirandola & Braunstein, 2016). Böylece, farklı gezegenlerde veya uzay istasyonlarında yürütülen muhasebe işlemleri anlık olarak Dünya merkezli sistemlere entegre edilebilir.

Uzayda mülkiyet sınırlarının belirsizliği, muhasebe standartlarının uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin, bir asteroid üzerindeki maden işletmesi kime aittir, gelirler hangi ülkenin vergilendirme yetkisi altındadır? Bu sorular, uluslararası hukuk ve muhasebe standartları arasında büyük boşluklar oluşturmaktadır (UNOOSA, 1967). Uydu tabanlı gözetim sistemleri ve dijital varlık takip yazılımları, hangi işletmenin hangi kaynağı kullandığını kayıt altına alarak şeffaflığı artırabilir. Ayrıca, blokzincir destekli akıllı sözleşmeler, taraflar arasında yapılan anlaşmaları otomatik olarak uygulayarak hukuki ve finansal belirsizlikleri azaltabilir (Kshetri, 2021). Böylece mülkiyet paylaşımı ve gelir raporlaması daha güvenilir bir çerçevede yürütülebilir. Ay'da yerçekimi Dünya'nın yaklaşık %16'sı, Mars'ta ise %38'i kadardır. Bu farklılıklar, envanter yönetiminde (örneğin yakıt, maden veya ekipman ölçümleri) ciddi sorunlar doğurabilir. Ağırlık ve hacim ölçümlerindeki farklılıklar, maliyet hesaplamalarının ve raporlamaların doğruluğunu etkileyebilir (Alewine, 2020). Bu durumda sensör tabanlı ölçüm cihazları ve yapay zekâ destekli simülasyon yazılımları sayesinde farklı yerçekimi koşullarında elde edilen veriler standart metriklere dönüştürülebilir. Bu sistemler, Dünya merkezli muhasebe standartlarıyla uyumlu veri üretmeye olanak tanıyabilir (Alewine, 2020). Ayrıca, dijital ikiz (digital twin) teknolojisi kullanılarak işletmelerin fiziksel süreçleri sanal ortamda simüle edilebilir ve denetçiler, farklı yerçekimi koşullarında bile güvenilir mali tablolar elde edebilir (Fuller et al., 2020). Uzay ekonomisi yeni bir alan olduğu için standartlaşmış muhasebe yöntemleri ve uluslararası denetim kuralları henüz oluşmamıştır (Rîndăşu et al., 2025). Bu nedenle üniversiteler, devletler ve özel sektörün iş birliğiyle uzay muhasebesi standartları geliştirilmeli, yapay zekâ destekli bilgi yönetim sistemleri sayesinde sürekli güncellenebilir bilgi tabanları oluşturulmalıdır.

Özetle, uzay muhasebesi, Dünya'daki yerleşik sistemlerden farklı zorluklar barındırmaktadır. Ancak blokzincir, yapay zekâ, kuantum iletişim, sensör tabanlı ölçüm sistemleri ve otonom robotlar gibi teknolojiler bu zorlukların büyük bölümünü aşmada kritik rol oynamaktadır. Gelecekte, uluslararası iş birliği ve yeni standartların belirlenmesi ile uzay muhasebesi ve denetimi daha güvenilir ve uygulanabilir hale gelecektir.

Muhasebe yalnızca finansal tabloların hazırlanmasından ibaret değildir; şeffaflık, güven ve etik ilkeler üzerine de kurulu bir sistemdir. Uzayda yapılan madencilik faaliyetlerinin yalnızca ekonomik yönleri değil, çevresel ve toplumsal etkilerinin de raporlanması gerekmektedir. Bu noktada sürdürülebilirlik raporlaması, uzay muhasebesi için yeni bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır (Gray, 2010).

Teknolojik gelişmeler, bu raporlamanın uygulanabilirliğini artırmaktadır. Örneğin, uydu tabanlı gözetim sistemleri, uzay madenciliğinin çevresel etkilerini izleyerek bu verilerin finansal raporlamaya entegre edilmesine olanak tanır. Blokzincir ve akıllı sözleşmeler ise, hangi işletmenin hangi kaynağı kullandığını şeffaf ve değiştirilemez biçimde kayıt altına alarak güvenilirliği artırır (Tapscott & Tapscott, 2017).

3 İki ya da daha fazla parçacık (örneğin fotonlar veya elektronlar), birbirlerinden ne kadar uzak olurlarsa olsunlar, birinin durumu diğerinin durumuyla doğrudan bağlantılı olur. Yani bir parçacığın ölçümü yapıldığında, diğerinin sonucu da anında belirlenir.

Ayrıca, dijital ikiz teknolojisi sayesinde uzay işletmelerinin sanal modelleri oluşturularak faaliyetlerin hem finansal hem de çevresel etkileri önceden simüle edilebilir (Fuller, Fan, Day, & Barlow, 2020). Böylece muhasebe, sadece finansal performansı değil, aynı zamanda etik ve sürdürülebilirlik ilkelerini de kapsayan bütüncül bir yapıya dönüşebilir.

4. SONUÇ

Uzay endüstrisinin hızla büyümesi ve bu alanda faaliyet gösteren şirketlerin çoğalması, muhasebe sistemlerinin etkinliğini ve güvenilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle uzay projelerinin çok uluslu doğası, yasal düzenlemeler ve farklı finansal modellerin uygulanması, muhasebe süreçlerini karmaşık hale getirmektedir (Kopp ve Houghton, 2018).

Uzay sektöründe, işletmelerin maliyetleri doğru şekilde tahmin edebilmesi ve sürdürülebilir finansal kontrol sağlayabilmesi için geliştirilmiş stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır (Wilson, 2020). Ayrıca, teknolojik gelişmeler ve uzay keşfi alanındaki artan yatırımlar, muhasebe uygulamalarının daha esnek ve uyarlanabilir olmasını zorunlu kılmaktadır (Smythe ve Walker, 2017). Çünkü uzay muhasebesi ve denetimi, Dünya merkezli finansal raporlama sistemlerinin çok ötesinde zorluklar barındırmaktadır. Bu zorluklar hem mali tabloların hazırlanmasında hem de denetim süreçlerinde ciddi belirsizlikler oluşturmaktadır. Ayrıca mülkiyet haklarının belirsizliği ve uluslararası standartların uyumlaştırılmamış olması, raporlamanın güvenilirliğini tehdit etmektedir.

Fakat teknolojik gelişmeler bu zorlukların aşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Uydu tabanlı gözetim, yapay zekâ destekli veri analitiği, blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler, kuantum iletişim ve dijital ikiz teknolojileri; şeffaflık, güvenlik ve hız açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde uzayda gerçekleştirilen faaliyetler hem finansal hem de çevresel ve sosyal boyutlarıyla daha güvenilir bir biçimde raporlanabilecektir.

Hızla gelişen teknolojiyle birlikte yaşanması muhtemel zorluklar ve çözüm yolları için öneriler aşağıdaki gibi olabilir;

- *Maliyetlendirme ve Varlık Değerleme:* Uzay araçları, koloniler, madencilik tesisleri ve araştırma altyapısının ilk maliyetleri ile bakım-onarım giderleri Dünya'dakinden çok daha yüksek olacaktır ve tahmin edilmesi zor olacaktır. Varlıkların hurda değerleri, uzay ortamındaki aşınma ve bozulma koşullarına göre değişecektir (Kshetri, 2021). Bu durumda, dijital ikiz (digital twin) teknolojisi, varlıkların sanal modellerini oluşturup ömür döngüsü boyunca performans ve maliyet takibi yapılmasını sağlayabilir. Bu sayede amortisman daha doğru hesaplanabilir.
- *Muhasebe Standartlarının Eksikliği:* IFRS veya US GAAP gibi mevcut standartlar, “dünya dışı” üretim süreçleri, gezegenler arası lojistik maliyetleri veya yerçekimsiz ortamda üretim gibi senaryoları kapsamamaktadır (Rîndăşu et al., 2025). Bu nedenle, bulut tabanlı muhasebe platformları, farklı ülkelerdeki düzenlemelere uyum sağlayacak modüler standart setleri sunabilir. Ayrıca yapay zekâ, uluslararası uyum analizlerini otomatikleştirebilir.
- *Para Birimi ve Döviz Kuru Muhasebesi:* Uzayda çok uluslu projeler farklı para birimleri ile çalışır. Gelecekte “uzay kredisi” veya “gezegenler arası dijital para” gibi yeni para birimleri ortaya çıkabi-

lir. Bunların değer dalgalanmaları muhasebe kayıtlarını karmaşıktırabilir. Teknolojik gelişmeler örneğin, blokzincir tabanlı kripto para sistemleri, gezegenler arası transferlerde güvenli ve izlenebilir bir muhasebe altyapısı sağlar (Kshetri, 2021).

- *Gelir Tanıma ve Sözleşme Yönetimi:* Uzak turizmi gibi çok uzun süreli faaliyetlerde gelirin hangi noktada kaydedileceği belirsizdir. Tamamlanma yüzdesi yöntemi veya teslimat bazlı yöntemler farklı sonuçlar doğurabilir. Bu durumda akıllı sözleşmeler (smart contracts), belirli kilometre taşları gerçekleştiğinde otomatik faturalandırma ve gelir kaydı yapılarak çözüm sunulabilir.
- *Fiziksel Erişim Eksikliği:* Denetçiler, uzak mesafedeki uzay üslerine veya madencilik sahalarına gidemez; stok sayımı ve varlık doğrulaması yerinde yapılamaz (Alewine, 2020). Böyle bir durumda, uydu görüntüleme, IoT sensörleri ve artırılmış gerçeklik (AR) ile denetçiler, Dünya'dan uzaktan gözlem yapabilir.
- *Veri Güvenilirliği ve Siber Riskler:* Finansal veriler uzaydan Dünya'ya aktarılırken siber saldırılar ve veri bozulmaları meydana gelebilir. Blokzincir teknolojisi ile değiştirilemez kayıtlar tutulabilir ve kuantum şifreleme ile veri iletimi güvence altına alınabilir.
- *Hukuki ve Yargı Yetkisi Sorunları:* Denetim sırasında hangi ülkenin yasalarının geçerli olacağı belirsizdir. *Outer Space Treaty* (1967) genel prensipleri tanımlar ancak özel sektör faaliyetleri için ayrıntı vermemektedir. Bu durum teknoloji kullanımıyla dijital denetim izleri, tarafsız ve şeffaf veri paylaşımına olanak tanıyarak çok uluslu anlaşmazlıkların çözümünü kolaylaştırabilir.
- *Bağımsızlık ve Çıkar Çatışmaları:* Devletler hem yatırımcı hem de düzenleyici olabilir; bu da denetçi bağımsızlığını zayıflatır. Bu durumda uluslararası blokzincir konsorsiyumları, denetim verilerini tüm paydaşlara eş zamanlı sunarak denetçinin bağımsızlığı güçlendirebilir.

Uzak muhasebesi ve denetimi, yalnızca mevcut teknolojileri kullanarak değil, aynı zamanda hukuki çerçeveleri ve muhasebe standartlarını yeniden tasarlayarak sağlıklı bir yapıya kavuşturulabilir. Teknoloji; maliyet izleme, veri güvenliği, uluslararası uyum ve uzaktan denetim gibi alanlarda kritik kolaylıklar sağlasa da, kurumsal ve hukuki altyapı ile desteklenmediği sürece tek başına yeterli olmayacaktır.

Çalışmanın bulguları, uzak muhasebesi alanındaki gelecekteki çalışmaların, yeni teknolojilerin entegrasyonu ve daha standart hale getirilmiş muhasebe yöntemlerinin geliştirilmesi yönünde odaklanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, uluslararası işbirliği ve düzenleyici çerçevelerin güçlendirilmesi, bu zorlukların üstesinden gelinmesinde kritik bir rol oynamaktadır (European Space Agency [ESA], 2021). Gelecekteki araştırmalar, özellikle uyumlaştırılmış muhasebe ve denetim standartlarının geliştirilmesi ve uzay sektörüne özgü finansal araçların daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşmalıdır. Bu tür çalışmalar, sektördeki işletmelerin sürdürülebilirliğini artırabilir ve uzay endüstrisinin daha şeffaf ve verimli bir şekilde büyümesine katkı sağlayabilir (NASA, 2020b).

KAYNAKÇA

- Agnew, J. A. (1984). Devaluing place: People prosperity versus place prosperity and regional planning. *Environment and Planning D: Society and Space*, 2(1), 35-45
- Alewine, H. C. (2020). *Tracking space enterprises will change accounting, UAH professor says*. University of Alabama in Huntsville. <https://www.uah.edu/news/items/tracking-space-enterprises-will-change-accounting-uah-professor-says>
- Bahmanziari, T., Odom, M. D., ve Ugrin, J.C. (2009). An experimental evaluation of the effects of internal and external e-Assurance on initial trust formation in B2C e-commerce. *International Journal of Accounting Information Systems*, 10(3), 152–170. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2009.04.001> (18 Ocak, 2025).
- Barbaroux, P. (2016). The metamorphosis of the world space economy: Investigating global trends and national differences among major space nations' market structure. *Journal of Innovation Economics & Management*, 20(2), 9–35. <https://doi.org/10.3917/jie.020.0009>
- Berrone, P., Ricart, J. E., & Rodríguez, D. (2022). *From earth to space: The business of space economy*. *Journal of Business Research*, 142, 333–341. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.021>
- Berrone, P., Ricart, J. E., & Rodríguez, D. (2022). *Space and sustainability: The new frontier*. *IESE Insight*, 52(1), 25–33.
- Corvellec, H., Ek, R., Zapata, P., ve Campos, M.J.Z. (2018a). Accounting for organizational and social practices: A spatial perspective. *Accounting, Organizations and Society*, 68, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2017.11.002>
- Corvellec, H., Ek, R., Zapata, P., ve Campos, M.J.Z. (2018b). Acting on distances: A topology of accounting inscriptions. *Accounting, Organizations and Society*, 67, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.02.005>
- Cresswell, T.(2004), *Place-A short Introduction*, Wiley.
- Deloitte. (2022). *Audit and Assurance Considerations in the Space Economy*. Deloitte Insights. <https://www2.deloitte.com>
- EY Global. (2021). *Global Audit Quality Report 2021: Making audit quality a priority through digital transformation*. EY Global.
- Ezzamel, M., ve Willmott, H. (1998a). Accounting and organizational control: A case study of a changing relationship. *Accounting, Organizations and Society*, 23(5), 361–386. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(97\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(97)00044-3)
- Ezzamel, M., ve Willmott, H. (1998b). Accounting for teamwork: A critical study of group-based systems of organizational control. *Administrative Science Quarterly*, 43(2), 358–396. <https://doi.org/10.2307/2393859>
- Foust, J. (2015). Congress launches commercial space legislation. *The Space Review*. <http://www.thespacereview.com/article/2759/1>. (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025).
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- Gray, R. (2010). Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability...and how would we know? An exploration of narratives of organisations and the planet. *Accounting, Organizations and Society*, 35(1), 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2009.04.006>.
- Griffith, E. E., Hammersley, J. S., & Kadous, K. (2015). Auditing complex estimates: Understanding audit task complexity. *Accounting Horizons*, 29(1), 41–59. <https://doi.org/10.2308/acch-50862>
- Hofmann, E., ve Bosshard, J. (2017). Supply chain management and activity-based costing: Current status and directions for the future. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 47(8), 712–735. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2017-0105>.

- IFAC. (2018). *ISA 570 (Revised): Going Concern*. International Federation of Accountants. <https://www.ifac.org>
- IFAC. (2022). *ISA 200 – Overall Objectives of the Independent Auditor and the Conduct of an Audit in Accordance with International Standards on Auditing*. International Federation of Accountants.
- International Accounting Standards Board (IASB). (2018). *Conceptual Framework for Financial Reporting*. International Accounting Standards Board.
- International Accounting Standards Board (IASB). (2021). *IAS 16 Property, Plant and Equipment*. <https://www.ifrs.org>
- Keller, B., & Larkin, P. J. (2021). *Accounting and auditing in extreme environments: The rise of space capitalism*. *Journal of Accounting and the Space Economy*, 4(2), 67–83.
- Kirk, K., ve Mouritsen, J. (1996). Spaces of accountability: Systems of accountability in a multinational firm. In R. Munro ve J. Mouritsen (Eds.), *Accountability, Power, Ethos: The Technology of Managing* (pp. 245–260). Thompson Business Press.
- Knipfer, C. (2018). Congress and commerce in the final frontier (Part 2). *The Space Review*. <http://www.thespace-review.com/article/3625/1>. (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025).
- Kshetri, N. (2021). Blockchain and the economics of space activities. *Space Policy*, 56, 101418. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2021.101418>
- Lee, R. (2012). *Law and regulation of commercial mining of minerals in outer space*. Springer.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Blackwell.
- Meurisse, A., ve Carpenter, J. (2020). Past, present, and future rationale for space resource utilization. *Planetary and Space Science*, 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104854> (Erişim Tarihi 12 Mart, 2025).
- Miller, P., ve O’Leary, T. (1994a). Accounting and the construction of the governable person. *Accounting, Organizations and Society*, 19(3), 297-318.
- Miller, P., ve O’Leary, T. (1994b). Accounting, ‘economic citizenship’ and the spatial reordering of manufacture. *Accounting, Organizations and Society*, 19(1), 15–43. [https://doi.org/10.1016/0361-3682\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0361-3682(94)90011-6) (Erişim Tarihi 11 Mart, 2025).
- Miller, P., ve Power, M. (2013a). Accounting, organizing, and economizing: Connecting accounting research and organization theory. *The Academy of Management Annals*, 7(1), 557-605. <https://doi.org/10.1080/19416520.2013.783668> (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025).
- Miller, P., ve Power, M. (2013b). *Accounting, organizing, and economies of action*. Oxford University Press.
- NASA. (2020a). Perseverance rover and Mars sound. *NASA Mars Exploration Program*. Erişim Adresi: <https://mars.nasa.gov/msl/> (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025).
- NASA. (2020b). Space debris: Risks and solutions. *NASA Space Science Reviews*, 18(5), 450-458. Erişim Adresi: <https://www.nasa.gov/space-debris> (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025)
- NASA. (2021). Mars Perseverance rover: Mission overview. *NASA*. Erişim Adresi: <https://mars.nasa.gov/perseverance/> (Erişim Tarihi 17 Mart, 2025).
- Ormston, T. (2012). Time delay between Mars and Earth. *European Space Agency*. Erişim Adresi: <http://blogs.esa.int/mex/2012/08/05/time-delay-between-mars-and-earth/> (Erişim Tarihi 11 Mart 2025).
- Pirandola, S., & Braunstein, S. L. (2016). Physics: Unite to build a quantum Internet. *Nature*, 532(7598), 169–171. <https://doi.org/10.1038/532169a>
- PwC. (2023). *Valuation challenges in the space economy: An emerging frontier*. PwC Reports.

- Quattrone, P., ve Hopper, T. (2005). A ‘time-space odyssey’: Management control systems in two multinational organisations. *Accounting, Organizations and Society*, 30(7-8), 735-764. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2003.10.006> (Erişim Tarihi 20 Mart, 2025).
- Rîndăşu, S. M., Porumb, V.-A., Ionescu-Feleagă, L., & Stoica, O.-C. (2025). Accounting for the stars: Changing financial practices in the space industry. In *Proceedings of the 19th International Conference on Business Excellence* (pp. 167–183). Springer. <https://doi.org/10.2478/picbe-2025-0154>
- Robson, K. (1992). Accounting numbers as “inscription”: Action at a distance and the development of accounting. *Accounting, Organizations and Society*, 17(7), 685-708. [https://doi.org/10.1016/0361-3682\(92\)90019-o](https://doi.org/10.1016/0361-3682(92)90019-o) (Erişim Tarihi 14 Mart, 2025).
- Rowley, L. (2015). What is the Space Act of 2015? Private space flight gets boost from Congress. *Modeling Identification and Control*. Erişim Adresi: <https://www.mic.com/articles/128846/what-is-the-space-act-of-2015-private-space-flight-gets-boost-from-congress> (Erişim Tarihi 19 Mart 2025).
- Santos, A. F. (2003). Financing of space assets. *Space Policy*, 19(2), 127-129. Sanayi İleri. (n.d.). *Uzay hukuku*.
- Staedter, T. (2019). AI SpaceFactory wins NASA’s 3D-printed extraterrestrial habitats challenge. *IEEE Spectrum*. Erişim Adresi: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/aerospace/space-flight/3d-printers-could-build-future-homes-on-mars> (Erişim Tarihi 17 Mart 2025).
- Sullivan, T.A., ve McKay, D. S. (1991). Using space resources. *Houston: NASA Johnson Space Center*, s. 17.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2017). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world*. Penguin.
- Tekbaş, İ., Aktaş, A., Azaltun, M., & Kurnaz, E. (2021). Uzaydaki gelişmeler doğrultusunda yeni bir muhasebe uzmanlığı önerisi: Uzay muhasebesi. *Mali Çözüm*, 31(165), 13–24.
- Teker, D., & Teker, S. (2023). Yeni ekonomi perspektifinden yapay zekâ ve blokzincir teknolojilerinin denetimde kullanımı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 25(1), 88–105. <https://doi.org/10.31460/mbdd.123456>
- Undseth, M., Jolly, C., & Olivari, M. (2020). *Space sustainability: The economics of space debris in perspective* (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 87). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a339de43-en>
- United Nations Office for Outer Space Affairs. (1967). *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty)*. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html>
- Wooten, J. O. (2018). A decade of commercial space travel – what’s next? *The Conversation*. <https://theconversation.com/a-decade-of-commercial-space-travel-whats-next103405> (Erişim Tarihi 23 Şubat 2025).
- Wooten, J.O. and Tang, C.S. (2018), “Operations in space: exploring a new industry”, *Decision Sciences*, Vol. 49 No. 6, pp. 999-1023.