

ENDÜSTRİ 6.0 VE MÜZELER: TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

INDUSTRY 6.0 AND MUSEUMS: TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION AND FUTURE PERSPECTIVES

İrem Oğuz*

Öz

Bu makale, Endüstri 6.0 kavramının müzecilik sektörü üzerindeki potansiyel etkilerini ve uygulamalarını teorik bir çerçeveden incelemektedir. Araştırma, teknolojik ilerlemenin özellikle insan-makine işbirliği, otonom sistemler ve veri analitiği gibi alanlarda müze deneyimlerine yenilikçi katkılar sağlama potansiyelini detaylandırmaktadır. Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşüm ve Endüstri 5.0'in teşvik ettiği insan-robot işbirliği üzerine kurulu kişiselleştirme yaklaşımlarını temel alarak, Endüstri 6.0'ın sürdürülebilirlik, otonomi ve gelişmiş karar verme mekanizmaları aracılığıyla müzecilikte nasıl bir paradigma değişikliği yaratabileceği tartışılmaktadır. Metodolojik olarak, makale kapsamlı bir literatür taraması yoluyla kavramsal bir çerçeve sunmakta ve yeni teknolojilerin müzecilik alanındaki potansiyel uygulamalarını ele almaktadır. Araştırma, müzecilik alanındaki teknolojik entegrasyonun sektöre ve genel olarak topluma sunabileceği fırsatlar ile karşılaşılacak zorlukları derinlemesine analiz etmeyi amaçlamakta ve bu bağlamda müzecilik pratiğindeki teknolojik yeniliklerin sektör profesyonelleri, akademisyenler ve politika yapıcılar için önemli etkileri ve uygulamaları hakkında kritik bir perspektif ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 6.0, Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ, Web, Müzecilik

Abstract

This paper examines the potential impacts and applications of the Industry 6.0 concept on the museum field from a theoretical perspective. The research elaborates on the potential of technological advancements, particularly in areas such as human-machine collaboration, autonomous systems, and data analytics, to provide innovative contributions to museum experiences. Building upon the digital transformation brought by Industry 4.0 and the personalization approaches fostered by human-robot collaboration in Industry 5.0, the paper discusses how Industry 6.0 could bring about a paradigm shift in museology through sustainability, autonomy, and advanced decision-making mechanisms. Methodologically, the

* PhD, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müzecilik Bölümü, İzmir/TÜRKİYE, j.iremoguz@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4739-3043 (Makale Gönderim Tarihi: 18.02.2025, Makale Kabul Tarihi: 24.03.2025).

paper presents a conceptual framework through an extensive literature review and addresses the potential applications of new technologies in the field of museology. The research aims to provide an in-depth analysis of the opportunities and challenges that technological integration in the museum field can offer to both the industry and society as a whole. In this context, it offers a critical perspective on the significant impacts and applications of technological innovations in museum practice for industry professionals, academics, and policymakers.

Keywords: *Industry 6.0, Digital Transformation, Artificial Intelligence, Web, Museology*

Giriş

Endüstri 6.0 kavramı, şimdilik daha çok teorik bir düzlemde yer almakta ve Endüstri 4.0 ile 5.0'ın ilerisinde, insan odaklı, sürdürülebilir bir dengeyi öne çıkaran bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu yaklaşım teknolojinin yalnızca iş verimliliğini ve kârı en üst düzeye çıkarmak için değil, aynı zamanda toplumsal refahı ve çevre dostu sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla kullanılacağı bir geleceği vizyon edinir. Endüstri 6.0'ın temel taşları arasında yapay zekâ, nesnelerin interneti, derinlemesine veri analitikleri ve diğer çığır açan teknolojiler bulunmaktadır (Das - Pan, 2022).

Endüstri 4.0'ın getirdiği dijitalleşmeden sonra 2020 yılından itibaren içinde bulunduğumuz endüstri 5.0'la insan ve robot iş birliği başlamıştır. Bu iş birlikleri kişiselleştirme ile tüketici ihtiyaçlarına hızlı ve esnek bir biçimde uyum sağlayarak özelleştirilmiş ürünlerin üretimine olanak tanırken aynı zamanda sürdürülebilirlik ve çevresel duyarlılık ilkelerini merkeze alarak, çevresel ayak izinin azaltılması ve daha sürdürülebilir üretim alışkanlıklarının benimsenmesi yönünde stratejik hedefler belirler (Sadiç, 2022, s.1). İnsan zekâsı, yaratıcılığı ve yeteneklerinin makineler ile entegrasyonu, üretim süreçlerine olağanüstü bir katma değer sunma potansiyeline

sahiptir; bu da insan unsurunun teknolojik süreçlerdeki kritik rolünü ön plana çıkarır. Endüstri 5.0, insan ve makine arasındaki iş birliğine vurgu yaparak, müzelerde ziyaretçi deneyimlerinin kişiselleştirilmesine imkân tanımaktadır. Bu yaklaşım, ziyaretçilerin bireysel ilgi alanlarına ve tercihlerine uygun olarak özelleştirilmiş rehberli turlar, etkileşimli sergiler ve öğretici programlar sunarak, her bir ziyaretçi için özgün bir deneyim oluşturabilir. Örneğin, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojileri ve sanal gerçeklik (VR) ortamları, ziyaretçilere sergilenen eserler hakkında katmanlı bilgiler sunarak, tarihsel sahneleri ve olayları interaktif bir biçimde yeniden canlandırma fırsatı sağlar. Bu tür teknolojik entegrasyonlar, müze ziyaretlerini sadece gözlemleyici bir etkinlik olmaktan çıkarıp katılımcı ve eğitici bir deneyime dönüştürebilir (Xu - Pan, 2024, s. 374).

İleriki zamanlarda hayatımızda yer edinmeye başlaması düşünülen endüstri 6.0 devrimi ise yapay zekâ, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti gibi yüksek teknolojilerin üretim süreçlerine derinlemesine entegre edilmesini hedefleyerek, bu süreçlerin otomasyonunu ve zekâsını artırmayı amaçlar (Duggal vd, 2022, s. 526).

Bu entegrasyon, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojiler aracılığıyla dijital ve fiziksel alanların daha yoğun bir şekilde birleşmesini sağlar. Endüstri 6.0'ın temel özelliklerinden biri de sistemlerin ve makinelerin insan müdahalesine daha az bağımlı hale gelerek otonom karar alma yeteneklerinin geliştirilmesidir (Chaudhari, 2023).

Endüstri 5.0 ile Endüstri 6.0 arasındaki temel ayrımlar, insanın rolü, teknolojik entegrasyon derinliği, sürdürülebilirlik odakları ve güvenlik ile ilgili bağlantılılık konularında belirginleşmektedir. Endüstri 5.0, insan-makine sinerjisine önem verirken, Endüstri 6.0 daha ileri bir değerler dizisi olarak, sistemlerin otonomisi ve karmaşık karar alma mekanizmalarının geliştirilmesine yönelik bir vizyon ortaya koymaktadır. Bu, Endüstri 6.0'ın teknolojik entegrasyon ve sistemlerin tam otomasyonu açısından daha yüksek bir hedef belirlediğini işaret etmektedir. Ek olarak, Endüstri 6.0, artan bağlantılılık içeren bir ekosistemde siber güvenliğin kritik önemini daha fazla ön plana çıkararak, güvenilir ve dirençli üretim ağlarının oluşturulmasını önceliklendirmektedir.

Bu çalışma Endüstri 6.0 paradigmasının müzecilik alanındaki uygulanabilirliğinin incelenmesiyle, müze deneyimlerine nasıl yenilikçi katkılarda bulunabileceğini derinlemesine ortaya koymayı amaçlamaktadır.

1. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışma, Endüstri 6.0'ın müzecilik sektörüne entegrasyonunu ve etkilerini incelemek amacıyla nitel bir araştırma tasarımı

benimsemektedir. Araştırma modeli, literatürdeki mevcut teorilere ve kavramsal yaklaşımlara dayanarak yapılandırılmış olup, teorik çerçevelerin ve ilgili çalışmaların sistematik bir değerlendirmesi yoluyla yeni bir bakış açısı ve öngörüler sunmayı hedeflemektedir. Veri toplama sürecinde, akademik makaleler, kitaplar, raporlar ve teknolojik dönüşümü benimsemiş müzelerle ilgili vaka analizleri gibi kaynaklar kullanılmıştır. Literatür incelemesi sırasında, doğrudan ilgili çalışmalar seçilerek tematik analiz yöntemiyle incelenmiş ve ana temalar ile alt temalar belirlenmiştir. Bu analiz, Endüstri 6.0 teknolojilerinin müzecilik alanına entegrasyonu, etkileri ve geleceğe yönelik fırsatlar üzerine odaklanarak, sektördeki mevcut bilgiyi değerlendirmeyi ve yeni bir perspektif geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın temel soruları, Endüstri 6.0 teknolojilerinin müzecilik sektörüne nasıl entegre edilebileceği, blokzincir ve yapay zekâ gibi teknolojilerin müzelerin işleyişini nasıl dönüştürebileceği, Endüstri 6.0'ın müze çalışanları üzerindeki etkileri ile Endüstri 6.0'ın müzecilik alanında karşılaştığı başlıca zorluklar ve fırsatların neler olduğu üzerine odaklanmaktadır. Bu sorular, çalışmanın temelini oluşturarak, teknolojik dönüşümün müzecilik sektörüne etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemeyi hedeflemektedir. Ayrıca Endüstri 6.0'ın müzecilik sektörüne entegrasyonunu inceleyerek teknolojik yeniliklerin müzelerde uygulanabilirliğini artırmak için politika önerileri geliştirmek ve sektördeki paydaşlara yol gösterici bir rehber sunmak amaçlanmaktadır. Çalışma, müzelerin dijital dönüşüm sürecinde karşılaştıkları sorunları çözmeye yönelik stratejiler önermekte ve geleceğin

müzecilik anlayışını şekillendirmeye katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

2. Endüstri 6.0'ın Müzecilik Sektörüne Entegrasyonu

Endüstri 6.0 otonomi ve gelişmiş karar verme mekanizmaları ile müzeciliğin sınırlarını daha da genişletebilir. Müzelerin operasyonel verimliliğini artırarak sergilerin ve koleksiyonların yönetimini daha otomatik ve etkin bir hale getirebilir. Yapay zekâ destekli sistemler, sergi düzenlemelerini ve eser koruma stratejilerini dinamik olarak optimize edebilir ve ziyaretçi akışını analiz ederek müze içi deneyimi sürekli iyileştirebilir. Ayrıca, Endüstri 6.0 tarafından sağlanan gelişmiş veri analitiği ve bağlantılılık, müzelerin ziyaretçi tercihlerini ve davranışlarını daha detaylı bir şekilde anlamasına, bu bilgileri gelecekteki sergileri ve etkinlikleri şekillendirmede stratejik olarak kullanmasına olanak tanır. Bu yeni dönem, müzelerin farklı coğrafyalardan eserleri bir araya getirerek ortak sanal sergiler düzenlemesine olanak tanır, bu da kültürel değiş tokuşu teşvik eder ve geniş bir kitleye ulaşılmasını sağlar. Ayrıca, dijital iletişim araçlarının gelişimi, müze profesyonellerinin uluslararası konferanslar, seminerler ve webinarlar yoluyla bilgi ve deneyimlerini paylaşmalarını kolaylaştırır, böylece sektördeki bilgi birikiminin genişlemesine katkıda bulunur. Çevrimiçi eğitim programları ve atölye çalışmaları, dünya çapında uzmanlar tarafından sunulması bilgi ve beceri paylaşımını teşvik ederken, kültürel mirasın dijitalleştirilmesi ve çevrimiçi erişime açılması, küresel iş birliğini destekler ve farklı kültürlerin daha iyi anlaşılmasına ve korunmasına olanak

tanır. Müzeler, akademik kurumlar, araştırma enstitüleri ve teknoloji şirketleriyle araştırma ve geliştirme ortaklıkları kurarak, kültürel mirasın korunması ve sunumu için yeni teknolojiler ve yöntemler geliştirebilir. Sergi içeriklerinin ve eğitim materyallerinin çok dilli hale getirilmesi, farklı dil konuşan kitlelere ulaşmayı ve kültürel engelleri aşmayı kolaylaştırırken, müzeler arası personel ve sergi değişim programları, farklı kültürel perspektiflerin paylaşılmasını ve anlaşılmasını teşvik eder. Bu bağlamda, Endüstri 6.0 ile müzeciliğin sınırları genişletilerek, kültürel mirasın korunması, sunumu ve paylaşımı belli başlıklar altında incelenebilir.

2.1 Uygulama Alanları

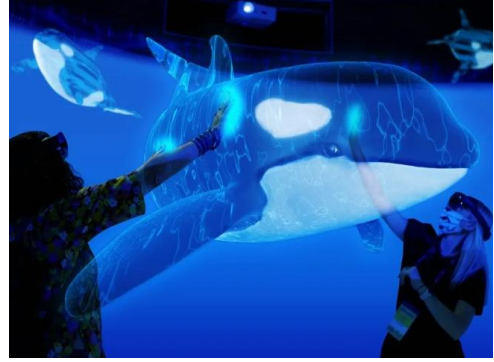
Kişiselleştirilmiş ziyaretçi deneyimleri, yapay zekâ ve veri analitiği teknolojilerinin kullanımıyla, ziyaretçilerin bireysel tercih ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş rehberlik ve tur önerileri sağlar (Erbay, 2018, s. 329). Her ziyaretçiye özgü bir deneyim sunarak, müze ziyaretlerinin kişisel anlam ve bağlamlarını güçlendirir.

Etkileşimli sergi öğeleri, dokunmatik ekranlar, hareket sensörleri ve akıllı rehberler gibi teknolojileri kullanarak, ziyaretçilerin sergilerle olan etkileşimlerini artırır ve öğrenme deneyimini derinleştirir. Dijital küratörlük ve sergi tasarımı, yapay zekâ destekli sistemlerin sergilerin tasarımı ve düzenlenmesinde kullanılmasıyla, ziyaretçilere daha anlamlı ve bağlamsal deneyimler sunar.

3D tarama ve dijital arşivleme, eserlerin korunmasını ve dünya çapında erişilebilir hale getirilmesini sağlar. Oluşturulan bu

dijital ikizler ile eserlerin birebir kopyası elde edilir ve diğer yenilikçi teknolojilere entegre ederek etkileşimli bir deneyim sunulması sağlanır. Özellikle nadir ve kırılğan eserlerin dijital olarak arşivlenmesi eserlerin konservasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Akıllı çevresel kontrol sistemleri, müze içindeki ışık, nem ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerin otomatik olarak kontrol edilmesiyle, eserlerin korunmasını optimize eder. Sürdürülebilirlik odaklı yenilikler, enerji verimliliği, sürdürülebilir kaynak kullanımı ve çevresel etkiyi azaltma odaklı teknolojilerle, müzelerin daha yeşil ve sürdürülebilir olmasına katkıda bulunur.

Hologram teknolojisi, müzelerin nadir ya da kırılğan eserlerin gerçek boyut ve görünümünde dijital ikizlerin sergilenmesine olanak tanır ve orijinal eserlere zarar vermeden, onların detaylı ve üç boyutlu görüntülerini sergileme fırsatı sunar. Hologram teknolojisinin teknik altyapısı bir objenin yansıyan veya iletilen ışık dalgasındaki tüm bilgileri kaydeden bir fotoğraf temeline dayanmaktadır (Resim 1) Bu yol aracılığıyla, nesnenin yansıyan veya iletilen ışığı kayıt filmi kullanılarak bütünüyle yeniden oluşturulabilir ve bu durum insanlarda stereoskopik bir illüzyon yaratılabilir. Müzelerde tarihi figürlerin ve olayların hologramları ziyaretçilere tarih öncesi dönemlerden sanat tarihine ve önemli tarihi olaylara kadar geniş bir yelpazede canlandırmalar sunarak, öğrenme deneyimini hem interaktif hem de eğlenceli hale getirmeyi amaçlar.



Resim 1: Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesi'nde Hologram Teknolojisinin Kullanımı (Smithsonian Magazine, 2025)

Sanal ve artırılmış gerçeklik turları, müze ziyaretçilerine coğrafi sınırları aşan, engelsiz ve daha erişilebilir bir deneyim sunar. Bu teknolojilerin kullanıcıların müzeleri sanal ortamda gezmelerine ve sergileri artırılmış gerçeklik aracılığıyla keşfetmelerine imkân tanınması, müze deneyimini evrensel bir erişim noktasına dönüştürür. Örneğin İstanbul Deneyim Müzesinde sanal gerçeklik odasında 10 kişi, aynı anda aynı sanal ortamda buluşarak bir araya gelebilir. Toplamda 9,5 dakika süren bu deneyim Nicola Tesla sergisine bağlı olarak Tesla'nın hayatından öğelerle ziyaretçileri bir yolculuğa çıkarmaktadır.

Sosyal medya ve sanal topluluk entegrasyonu, ziyaretçilerin deneyimlerini çevrimiçi platformlar ve sosyal medya üzerinden paylaşmalarını teşvik eder, bu da müzelerin daha geniş bir kitleye ulaşmasını sağlar. Erişilebilirlik ve kapsayıcılık çözümleri, engelli ziyaretçilere yönelik teknolojik çözümler ve uyarlamalarla, müzelerin herkes için erişilebilir olmasını sağlar. Çeşitli sosyal medya platformlarında düzenlenen “Müze Selfie Günü” kapsa-

mında ziyaretçilerin müzelere ilgisini arttırmak için etkinlik düzenlenmiştir. Ziyaretçiler müzelerde öz çekim (selfie) yaparak #müzedeselfiegünü ve #museumselfie-day etiketleriyle fotoğraflarını paylaşmıştır.

Metaverse entegrasyonu ise, ziyaretçilere zaman ve mekân bağımsızlığı sağlayarak, müzelerin dijital ikizlerine dünyanın her yerinden ulaşılmasını mümkün kılar (Resim 2).



Resiml 2: Roblox metaverse'ünde Metropolitan Müzesi (The Met, 2023)

Metaverse kavramını “evren ötesi” olarak içinde yaşadığımız evrenden farklı dijital bir dünyayı tanımlamaktadır. Birbirinden ayrı konumdaki insanların aynı anda bir araya gelerek etkileşimde bulunabileceği üç boyutlu sanal ortamlar bütünü olarak tanımlanabilir ve gerçek dünyaya paralel bir sanal dünya olarak değerlendirebiliriz. Sanal olan bu dünyaya entegrasyon, müzelerin metaverse platformlarında uluslararası etkinlikler ve sergiler düzenlemesine olanak tanıyarak kültürel etkileşim ve paylaşımı yeni boyutlara taşır.

2018 yılında açılan ve günümüzde gelecek perspektifi ile oluşturulmuş öncü müzelerden olan Tokyo Teamlab Borderless Mori Dijital Sanat Müzesi’ni dijital müzecilik

anlamında ilk örneklerden sayabiliriz (TeamLab Borderless, 2024). Burada kullanılan projeksiyon sistemleri ve hareket sensör algılayıcılarıyla ziyaretçi ile etkileşim ön plandadır. Temel amaç, ziyaretçileri sanat eserlerinin içine daldırarak onlarla bütünleşmesini sağlamaktır. Böylelikle her sergi ziyaretçi etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. 2024 yılında aynı vizyona sahip olarak açılan İstanbul Dijital Deneyim Müzesi de Türkiye’den bir örnektir (İBB Kültür AŞ, 2024). İstanbul Dijital Deneyim Müzesi, Resim 3 ’de görüldüğü gibi yüksek çözünürlüklü etkileşimli ekranlar ile projeksiyon teknolojileri kullanılarak tarihi ve kültürel temaları işleyip sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinden de yararlanarak kullanıcı merkezli tasarımı sayesinde ziyaretçilerin müze deneyimleri kişiselleştirmektedir. Bu bağlamda her iki müze de endüstri 6.0 vizyonunun öğeleri olan dijitalleşme, sanal ve artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, büyük veri, yapay zekâ gibi teknolojileri kullanarak ziyaretçilere yenilikçi deneyimler sunmaktadır.



Resim 3: İstanbul Dijital Deneyim Müzesi (İDDM Galeri, 2024)

3. Müzecilikte Endüstri 6.0'a Doğru Web'in Evrimsel Süreci

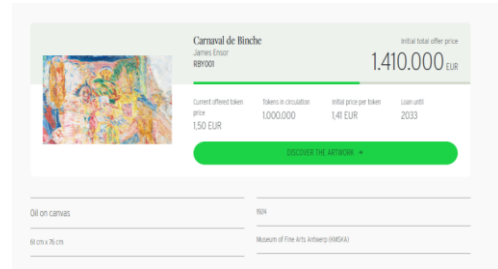
Web'in evrim süreçlerinde web 1.0'da tek taraflı bir bilgi girişi varken, web 2.0'da etkileşim artarak bilgi paylaşımı daha etkin hale gelmiştir. Örneğin; internette bir haber yazısı yazıldığında okuyucular sadece okuma eyleminde bulunabilirken, web 2.0'da yorum yapma imkanına sahip olarak etkileşim içine girmiştir. Sosyal medya web 2.0 için en iyi örneklerdendir. Web 3.0'da ise bu etkileşim canlı olarak yapılarak eş zamanlı hale gelmiştir. Buna da metaverse gibi platformları örnek verebiliriz. Ayrıca web 1.0 ve web 2.0'da merkezi bir bağlantı görülürken, web 3.0'da bu dağınık ve merkeziyetsizdir. Bu merkeziyetsizlik yukarıdan aşağı inen bir hiyerarşinin ötesine geçerek kolektif yaklaşımlara önem kazandırır. Web 3.0 aynı zamanda artırılmış ve sanal gerçeklik alanlarına entegreli olarak işler. Bu durum, müzelerin dijitalleşme sürecinde sanal müzeler oluşturarak mekân ve zamandan bağımsız olmasını sağlamış, ayrıca çeşitli metaverse platformlarında da var olmalarıyla sanat ve kültürel miras alanlarında sergilenen dijital eser veya eserlerin dijital ikizlerine etkileşimli erişme imkânı getirmiştir. Böylelikle müzeler kendi koleksiyonlarını uluslararası sergileme imkânı bulmuş ve katılımcı müzecilik anlayışını desteklemiştir. Ziyaretçilere hem eser sahipliği konusunda destek vererek hem de kültürel miras ve sanat alanlarını yatırım unsuru haline getirerek eser ile ziyaretçiler arasında bağ kurulması sağlanmıştır. Müzelerin metaverse platformlarında dijital ikizlerini oluşturarak kendilerini sayısal bir düzlem içinde var etmeleri, onların hem fiziksel hem de fiziksel

ötesinde var olmasını sağlayarak her yerde kendine alan yaratmasına sebep olur ve böylelikle sürdürülebilir kılınarak geleceğe kök salması sağlanır. 2020 ile 2030 yılları arasında geçiş sürecinde olduğumuz web 4.0 ise yapay zekâ destekli algoritmalarla entegreli bir şekilde çalışır. Akıllı web olarak adlandırılan web 4.0 veri odaklı, hiper kişiselleştirilmiş ve bağlamsal içeriklere sahiptir. İnsan makine etkileşimi daha yoğun olmakla birlikte nesnelerin interneti ile fiziksel dünya birleşir. Müzelerde bulunan sensörler ile nem, sıcaklık ve aydınlatma gibi sistemleri otonom bir şekilde kontrol edilmesi sağlanır. Ziyaretçiler sanal sergilere ek olarak mobil uygulamalarla kişiselleştirilmiş sergi rotaları ve bilgilendirmeler ile müze deneyimi elde eder. Web 5.0 için endüstri 6.0 ile paralel olarak yapay zekânın insan duygularını anlayarak analiz edeceği, insanlarla duygusal etkileşim kurarak içeriği buna göre oluşturabileceği bir gelişim kaydedeceğinden söz etmek mümkündür. Nöroteknoloji ile insan duyuları ve web deneyimi birleştirilebilir ve bağlamsal bilinç oluşturarak kişilerin bulunduğu mekâna veya ruh haline göre uygun öneriler getirebilir. Bu kapsamda müzelerde de ziyaretçilerin duygu durumlarına göre bir anlatım yolu seçerek sergiyle daha derin bağ kurması sağlanabilir. Duygu değişimleri ve sergiye olan ilgi düzeyini analiz ederek anlık olarak anlatımı değiştirerek ziyaretçinin sergi boyunca ilgisini akıcı kılması gerçekleştirilebilir. Böylelikle müze deneyimi daha derin ve anlamlı hale gelecektir.

4. Blokzincir Teknolojisinin Müzecilik Alanına Etkileri

Blokzincir teknolojisi ile kripto ve Non-Fungible Token kısaltması olan NFT'ler yaratarak topluluk halinde hareket etmeyi sağlar (Treleaven - Greenwood - Pithadia - Xu, 2022). Tüm kaynaklar açık ve erişilebilirdir ve kullanıcılar platforma dâhil olarak platforma şekil verebilmektedir. Bu zincirler çoğunluğa göre hareket eder ve dolayısıyla kullanıcıların bütünlüğüne göre ilerler. Kısaca; blokzinciri birbirine kriptografik bir zincirle bağlanmış veritabanı olarak tanımlayabiliriz. Bu yapı ile oluşturulmuş akıllı sözleşmeler ile eserlerin blokzincir temelli dijitale dönüştürülmüş NFT'ler olarak saklanması, eserleri biricik hale getirip onları benzersiz kılmaktadır. Böylelikle, ona sahip olan koleksiyonerin eserin sahte olup olmadığı konusunda şüphe duyması ortadan kalkmakta ve eserlerin değerleri korunabilmektedir. Blokzincir teknolojisinin açık kaynak oluşunun yarattığı şeffaf ortam ayrıca eser sahiplerinin ve koleksiyonerlerin tüm satış kademelerini takip edebilmesine olanak tanımakta, eseri oluşturanın değiştirilemez olma özelliği sayesinde de eser sahteciliğinin önüne geçilmesine katkı sağlamaktadır. Sağlanan bu katkı, müzecilik alanındaki en büyük problemlerden biri olan eser sahteciliğinin çözümünün kolaylaşmasına yardımcı olmakta ve gelecekte yaygın kullanımıyla daha da çözüm odaklı olacaktır. Anvers Kraliyet Güzel Sanatlar Müzesi James Ensor'un Carnaval de Binche adlı eseriyle başlayarak blokzincir teknolojisinden faydalanan ilk Avrupa müzesi olarak yenilikçi yaklaşımlar benimsemişlerdir. Rubey plat-

formu aracılığı ile Carnaval de Binche eserinin dijital hissesini satın almaya teşvik ederek sanat yatırımcılığını daha demokratik bir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Yatırımcılar Rubey platformunun web sitesi üzerinden eserleri inceleyerek hisse değerleri ve eser hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olabilmektedir (Resim 4).



Resim 4: Rubey platformu Carnaval de Binche eseri (Rubey, 2021)

5. Yapay Zekânın Müzelerde Kullanımı

Yapay zekâ, insan zekâsını taklit eden bir programdır. Çeşitli makine öğrenimi metotları ve algoritmalar ile geliştirilen bu yazılım sayesinde insanların yaptığı birçok işi artık makineler yapabilmektedir. Yapay zekânın müzecilikte kullanımı ziyaretçi deneyimini yönetmek, sergi yönetimini optimize etmek ve müzede öğrenme metotlarının geliştirilmesi gibi alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Ziyaretçilerin daha önceki müze ziyaretleri ve ilgi alanlarından yola çıkarak kişiselleştirilmiş tur ve rotalar planlayabilir. Sergi sırasında sanal rehber gibi görev alarak ziyaretçilerin sorularına cevap verebilir, onları bilgilendirip yönlendirebilir. Yapay zekânın müzelerde bu gibi çeşitli alanlarda kullanımının ziyaretçilere değişik bir deneyim olanağı sunarak her bir ziyaretçi için müze ziyaretini daha verimli

hale getirmesi, ziyaretçiye maksimum bilgi erişiminin gerçekleştirilmesini sağlamış olur.

Yapay zekâyı müzenin kendisi ve çalışanları açısından ele aldığımızda da farklı alanlarda çok çeşitli faydalarından söz etmek mümkündür. Yapay zekâ, müze çalışanına ziyaretçilerin verilerinden yola çıkarak müze koleksiyonlarından hangilerinin ve nasıl sergilenmesi konusunda destek sağlayabilir. İlgi çekici sergiler oluşturmada katkı verebilir. Ziyaretçilerin davranış analizini de yaparak beklenti tespit edip sergi düzenlemenin yanı sıra pazarlama alanında da müzelere yardımcı olabilir. Yapay zekâ destekli eğitici oyunlar hazırlanarak interaktif oyunlar ile birlikte okullar ile entegreli öğrenim alanları yaratabilir ve eğitim alanına katkı sunar (Aslan - İlhan, 2021 s.155). Böylelikle erken yaşta müzelere karşı ilgi uyandırılarak toplum ile bağ oluşturulmasına kolaylık sağlar.

Sergi düzenleme ve tasarlama konularının dışında yapay zekâ aynı zamanda eserlerin konservasyon ve restorasyon alanlarında da destek verebilir. Örneğin; hasar görmüş eserlerin analizlerini yaparak nasıl bir restorasyon yapılması konusunda bilgiler verebilir. Çeşitli simülasyonlar ile de desteklenerek restorasyon sonrası ortaya çıkacak eserin tamamlanmış versiyonu gösterilerek daha kolay ve hızlı restorasyon yapılmasına yardımcı olur (Gaber -Youssef - Fathalla, 2023, s. 185).

Ayrıca; yapay zekânın müze ortamını sürekli gözlemleyerek sıcaklık, nem ve ışık gibi faktörleri değerlendirmesiyle ideal ko-

numa getirmesi, sergilenen eserlerin korunması ve eserler üzerindeki hasarın azaltılmasına fayda sağlar.

Müze güvenliği alanında, ziyaretçilerin hâl ve davranışlarını gözlemleyerek şüpheli hareketleri önceden haber verip güvenlik önlemlerinin alınmasına imkân tanır. Bunlara ek olarak müze binası içindeki enerji kullanımını değerlendirerek enerji tasarrufuna yardımcı olması, tamamen akıllı binaların da yaratılmasıyla hem çevreye katkı sağlamaya hem de müze personelinin çalışmasının kolaylaştırılmasına yardımcı olacaktır.

Yapay zekânın çeşitli alanlarda katkıda bulunması ve müze deneyimini dönüştürmesi müzeciliği ileri boyutlara taşıyarak hem ziyaretçilere hem de müze çalışanlarına destek sağlamaktadır.

6. Endüstri 6.0'ın Müze Çalışanlarına Öngörülen Etkileri

Endüstri 6.0 kapsamında müze çalışanlarına öngörülen etkilerin başında iş tanımlarının değişimi gelmektedir. Teknolojinin ve yapay zekânın müze sektörüne entegrasyonu, müze çalışanlarının iş tanımlarında önemli dönüşümlere yol açabilir. Bu bağlamda, küratörlerin görevleri artık yalnızca sanat eserleri ve tarihi objelerin seçilmesiyle sınırlı kalmayıp aynı zamanda dijital sergilerin ve sanal gerçeklik turlarının tasarımını da kapsayabilir. Rehberlerin rolü, ziyaretçilere doğrudan bilgi aktarımının ötesine geçerek, interaktif ekranlar ve sesli rehber sistemleri gibi teknolojik araçlar aracılığıyla bilgi sunumu yapmayı da içerebilir. Müşteri hizmetleri personelinin

sorumluluk alanı, yüz yüze etkileşimin yanı sıra, çevrimiçi sorgulamaların ve sosyal medya etkileşimlerinin yönetilmesini de kapsayabilir. Bu evrimsel süreç, çalışanların sadece teknik beceriler edinmesini değil, aynı zamanda geleneksel rollerinin ötesine geçerek yeni yetenekler geliştirmesini de gerektirecek ve müze çalışanlarının yeni becerilerine ihtiyaç duyulacaktır. Çalışanlardan, teknolojik araçların ve yazılımların etkin kullanımı, veri analitiği ve yapay zekâ sistemlerinin yönetimi gibi alanlarda yeni becerilere sahip olması beklenebilir. Bu durum, mevcut personelin ilgili eğitimlerle yetiştirilmesi veya bu yetkinliklere sahip yeni personelin istihdam edilmesinin zorunlu hale gelmesine yol açabilir.

Müze çalışanlarını etkileyecek bir başka unsur ise çalışma ortamının değişimidir. Teknoloji entegrasyonunun meydana getirdiği dönüşüm, çalışma ortamını daha esnek ve dinamik bir yapıya kavuşturur. Bu yeni yapı sayesinde çalışanlar mekânsal ve zamansal sınırlılıkları aşarak projeler üzerinde uzaktan iş birliği gerçekleştirebilir ve çeşitli departmanlarla daha etkili iletişim kurabilir. Bununla birlikte müzelerde yapay zekâ destekli robotların istihdama dahil edilmesi çalışan insan istihdamını azaltacağını düşündürebilir (Resim 5). Bütün bu değişimler göz önüne alındığında iş akışlarının verimliliğinin artacağı ve çalışanların hem birbirleriyle hem de ziyaretçilerle olan etkileşimlerinin güçleneceğinden söz edilmesi yanlış olmayacaktır.



Resim 5: Geleceğin Arkeoloji Müzeleri: Hologram Teknolojisi ve Robot Rehberler ile Etkileşimli Ziyaretçi Deneyimi (OpenAI, 2025)

Bu evrimsel süreç, müze çalışanlarına mesleki anlamda yenilikçi bir bakış açısı sunar ve kariyer gelişimleri için yeni fırsatlar

sağlar. Çalışanların bu değişime adaptasyonu ve yeni teknolojileri etkin bir şekilde

kullanabilme kapasiteleri, müzelerin eğitim ve destek mekanizmaları ile desteklenmelidir. Bilinçli hale gelmiş müze çalışanı ile ona destek veren teknolojik unsurlar birleştiğinde iş verimliliği artması öngörülmektedir. Bu sürecin yönetimi hem personel memnuniyetini hem de ziyaretçi deneyiminin kalitesini iyileştirecek potansiyele sahiptir

7. Endüstri 6.0'ın Müzecilik Alanına Sunduğu Fırsatlar ve Zorluklar

Endüstri 6.0'ın müzecilik alanına sunduğu fırsatların başında ziyaretçi deneyiminin dönüşümünden söz edebiliriz. Nöroteknoloji kullanılarak sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileriyle entegre edilen sergiler çok duyuşsal bir deneyim haline getirilebilir (Yadav vd, 2024, s. 16). Otonom sistemler ile müzenin iklim ve çevre kontrolleri yapılarak müze ve ziyaretçi yönetiminde karar desteği sağlanması hızlı ve matematiksel alınan kararlarla süreci daha çabuk ve daha verimli yönetecektir. Dijital platformlar ve NFT gibi teknolojiler aracılığıyla dünyanın her yerinden ve her zaman erişilebilir olması erişilebilirlik adına önemli bir faktördür. Aynı zamanda müzeler koleksiyonlarını NFT olarak sunarak yeni gelir kaynakları oluşturabilirler. Blokzincir teknolojisi kullanılarak oluşturulan NFT'ler eserlerin biricikliğini güvence altına alır. Tüm bunlar müzelerin sürdürülebilirliği açısından önemli adımlardır. Ancak endüstri 6.0 için gerekli olan nöroteknolojik yapay zekâ altyapısı ve otonom sistemler ekstra maliyet gerektireceğinden küçük ölçekli müzelerin bu teknolojilere erişimi kısıtlı olabilir. Bu durum müzelerin

dijital dönüşümü kapsamında karşılaşacağı zorlukların ilki olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca siber güvenlik riskleri ve veri gizliliğinin korunması için bir dizi önlemler alınması gerekmektedir. Dolayısıyla teknolojilerin hızlı gelişmesiyle müzelerde kullanılan teknolojik altyapının da sürekli güncelleme gerekliliği olacaktır. Bir diğer husus ise müzelerin teknolojik sistemlere aşırı bağılılığı sonucunda oluşabilecek en ufak arızanın müzenin işleyişini ciddi şekilde etkileyebilir. Bu da ek maliyet ve etkin personel ihtiyacını doğuracaktır.

8. Teknolojik Yeniliklerin Müzecilikte Uygulanmasına Yönelik Politika ve Yönetmelik Oluşturulurken Dikkate Alınması Gerekenler

Endüstri 6.0 kapsamında oluşturulacak olan bu politikalar müzecilik alanında teknolojinin uygulanmasına yönelik etik kullanımı teşvik ederken maksimum verim alınmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda dikkate alınabilecek politikalar başında veri gizliliği ve güvenliği gelmektedir. Avrupa Birliği'nin Genel Veri Koruma Tüzüğü bu anlamda atılan ilk adımdır (Avrupa Parlamentosu, 2016). Böylelikle hem müzenin hem de ziyaretçilerin veri güvenliği sağlanmış olur. Yapay zekâ veya teknoloji tabanlı gelişmeler sayesinde toplanan bu veriler aynı zamanda şeffaf bir şekilde ziyaretçilerle paylaşılmalı, teknolojik yeniliklere erişilebilirlik standardı getirilerek verilere tüm bireylerin erişimi sağlanmalı ve müze ile ziyaretçi arasındaki güven artırılmalıdır.

Sürdürülebilir ve çevresel yönetmelikler oluşturularak müzelerin enerji verimli teknolojiler kullanmasına yönelik teşvik edici politikalar getirilmelidir. Örneğin; müzelerde enerji tasarrufu açısından doğal ışıktan yararlanmayı artırmak ve sergi alanlarındaki yapay aydınlatma sistemlerinin çoğunun enerji tasarruflu ampullerden oluşması şart koşulabilir. Güneş enerjisi, rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanan müzelere çeşitli hibe programları oluşturularak destek sağlanmalıdır. Ayrıca müzeler yıllık karbon ayak izi raporları hazırlayarak bunu azaltmaya yönelik stratejik planlarını sunmalıdır. Hedeflerini yerine getiren müzelere çeşitli avantajlar sağlanarak teşvik edilmelidir. Bunlara ek olarak müzelerde geri dönüşümlü materyallerin kullanılmasını arttırmak amaçlanmalıdır. Böylelikle müzelerin topluma kültürel ve sanatsal anlamda değer katarken aynı zamanda çevreyi korumaya katkı sağlaması hedeflenmelidir.

Müzelerin rollerinden biri olan eğitim kanalıyla ilgili olarak kullanılacak olan teknolojilerin politikaları oluşturulurken öncelikli olarak müze personelinin bu eğitim materyallerine olan bilgisi artırılmalı, sonrasında araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılabilmesi için çeşitli fon ve kaynak oluşturmak üzere izlenecek yollar belirlenmelidir. Müzelerin dijital dönüşüm sürecindeki finansal zorlukları için hem devlet, belediye gibi kamusal kurumlar hem de bireysel veya kurumsal finansörlerle kaynak oluşturulabilir ve bu kaynak oluşumu için çeşitli üniversiteler, teknoloji firmaları ve ilgili bakanlıklardan destek alınarak teşvikler verilebilir.

Yönetmelik oluşturulması gereken bir başka konu ise müzelerde oluşturulacak sergilerdeki teknoloji kullanımı sırasında kültürel hassasiyettir. Sergi tasarımları bu konu hakkında hassasiyet gösterilerek tasarlanmalıdır. Toplumların kültürel değerlerine saygı gösterilmeli ve her toplum için etik politikalar belirlenmelidir. Bu etik politikalar belirlenirken global çapta müzeler birliğinin oluşturduğu etik kurallar baz alınmalı ve buna ilave olarak lokal bazda her müze kendi etik kurallarını oluşturmalıdır.

Sonuç ve Değerlendirme

Endüstri 6.0 paradigmasının müzecilik sektörüne entegrasyonu, bu alanın teknolojik, operasyonel ve kültürel boyutlarında derinlemesine dönüşümleri beraberinde getirir. Bu evrimsel süreç, ziyaretçi deneyimlerinin kişiselleştirilmesi, müze operasyonlarının verimliliğinin artırılması ve kültürel mirasın korunması, sunumu ve paylaşımı yöntemlerinde yenilikçi uygulamaların geliştirilmesini teşvik eder.

Teknolojik entegrasyonun derinleşmesi, sanal ve artırılmış gerçeklik turları gibi yenilikçi uygulama aracılığıyla müze deneyimini daha etkileşimli, eğitici ve erişilebilir hale getirir. Bu teknolojiler, ziyaretçilere coğrafi sınırları aşan bir deneyim sunarak, müzelerin fiziksel mekânlarının ötesinde bir etki yaratmasını sağlar. Hologram teknolojisi, nadir veya kırılgan eserlerin dijital replikalarının oluşturulmasına olanak tanıyarak bu eserlerin detaylı ve üç boyutlu incelemesine imkân verirken, orijinal eserlere zarar verme riskini ortadan kaldırır.

Yapay zekâ destekli sistemlerin sergi düzenlemeleri ve eser koruma stratejilerinin optimizasyonunda kullanılmasını mümkün kılar. Bu, müzelerin operasyonel verimliliğini artırarak, sergilerin ve koleksiyonların yönetimini otonom ve etkin bir hale getirir. Ayrıca, gelişmiş veri analitiği ve bağlantılılık, müzelerin ziyaretçi tercihlerini ve davranışlarını daha detaylı analiz etmesine, bu bilgileri gelecekteki sergileri ve etkinlikleri şekillendirmede kullanmasına imkân tanır. Endüstri 6.0 ile yapay zekâ, insan duygularını analiz ederek duygusal etkileşim kurabilecek ve içeriği kişiselleştirebilecektir. Nöroteknoloji sayesinde ziyaretçilerin ruh hali ve bulunduğu mekâna uygun öneriler sunulabilir. Müzelerde bu teknoloji, ziyaretçilerin duygu durumlarına göre anlatımı uyarlayarak sergiyle daha derin bir bağ kurmalarını sağlayacak ve deneyimi daha anlamlı hale getirecektir.

Blokzincir teknolojisi ve NFT'ler, müzecilik alanında eserlerin dijitalleştirilmesi, benzersiz hale getirilmesi ve sahteciliğin önlenmesi gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bu teknoloji, eserlerin kaynağının şeffaf ve değiştirilemez bir şekilde takip edilmesine olanak tanırken, koleksiyonerlerin eserlerin orijinallliği konusunda şüphe duymasını ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, blokzincirin açık kaynak yapısı, eser sahiplerinin ve yatırımcıların tüm satış süreçlerini takip etmesini kolaylaştırmaktadır. Bu teknolojinin yaygınlaşması, müzecilikteki sahtecilik sorunlarını azaltarak gelecekte daha güvenilir ve şeffaf bir sanat ekosistemi oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Bu teknolojik ilerlemeler müze çalışanlarının rolünde ve iş tanımlarında önemli dönüşümlere yol açacaktır. Küratörler, sanat

eserlerinin seçimi yanında dijital sergilerin ve sanal gerçeklik turlarının tasarımını da üstlenebilir. Rehberler, interaktif ekranlar ve sesli rehber sistemleri gibi teknolojik araçlar aracılığıyla bilgi sunabilir. Müşteri hizmetleri personeli, çevrimiçi sorgulamaların ve sosyal medya etkileşimlerinin yönetimini de kapsayabilir. Dolayısıyla dijitalleşecek olan görevler ile teknoloji kullanımını büyük önem kazanacaktır. Bundan sonraki süreçte müze çalışanlarının bu teknolojik entegrasyonu sağlamak amacıyla çalışmalar yapılmalıdır.

Endüstri 6.0 kapsamında müzecilik alanında teknolojinin etik ve verimli kullanımını sağlamak için çeşitli politikalar geliştirilmelidir. Veri gizliliği ve güvenliği öncelikli olmalı, Avrupa Birliği'nin Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) gibi standartlar benimsenerek hem müze hem de ziyaretçi verileri korunmalıdır. Sürdürülebilirlik için enerji verimli teknolojiler ve yenilenebilir enerji kaynakları teşvik edilmeli, karbon ayak izini azaltmaya yönelik stratejiler uygulanmalıdır. Müzelerin dijital dönüşümü için kamu, özel sektör ve üniversitelerle iş birlikleri kurularak finansal destek sağlanmalıdır. Eğitim ve kültürel hassasiyet konularında personel eğitimi artırılmalı, sergi tasarımlarında kültürel değerlere saygı gösterilmeli ve hem global hem de lokal etik kuralları belirlenmelidir. Bu politikalar, müzelerin teknolojik dönüşümünü desteklerken toplumsal, kültürel ve çevresel değerleri korumayı hedeflemelidir. Bu çalışma, teorik bir temel sunmakla birlikte, Endüstri 6.0 teknolojilerinin müzelerde uygulanmasına yönelik deneysel çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Kaynakça

- Boyar, Aslan, A. A., & İlhan, A. (2021). The visionary pros of artificial intelligence in museum education. *Bilgi Yönetimi*, 4(2), 149-162. <https://doi.org/10.33721/by.908020>
- Avrupa Parlamentosu. (2016). Regulation (eu) 2016/679 of the european parliament and of the council. Kişisel verilerin korunması. <https://www.kisiselverilerinkorunmasi.org/wp-content/uploads/2017/09/GDPR-T%C3%BCrk%C3%A7e-%C3%87eviri-AB-Ba-kan%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>
- Chaudhari, J. (2023). Industry 6.0: The rise of intelligent manufacturing and the future of industry. *Illumination*. <https://medium.com/illumination/industry-6-0-the-rise-of-intelligent-manufacturing-and-the-future-of-industry-edb5f77f1706>
- Das, S., & Pan, T. (2022). A strategic outline of Industry 6.0: Exploring the future. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4104696>
- Duggal, A. S., Malik, P. K., Gehlot, A., Singh, R., Gaba, G. S., Masud, M., & Al-Amri, J. F. (2022). A sequential roadmap to industry 6.0: Exploring future manufacturing trends. *IET Communications*, 16(3), 521–531. <https://doi.org/10.1049/cmu2.12284>
- Erbay, M. (2018). The importance of using new technology in museums. In *Caring and sharing: The cultural heritage environment as an agent for change* (pp. 325–335). *Springer Proceedings in Business and Economics*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89468-3_28
- Gaber, J. A., Youssef, S. M., & Fathalla, K. M. (2023). The role of artificial intelligence and machine learning in preserving cultural heritage and art works via virtual restoration. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 185–190. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-185-2023>
- İBB Kültür AŞ. (2024). DDM. Dijital Deneyim Müzesi. <https://dijitaldeneyimmuzesi.com/>
- Magazine. (2025). Smithsonian’s New Holographic Experience Dives Into Marine Conservation. www.smithsonianmag.com. <https://www.smithsonianmag.com/blogs/national-museum-of-natural-history/2021/09/29/smithsonians-new-holographic-experience-dives-into-marine-conservation/>
- OpenAI. (2025). Photorealistic futuristic archaeology museum with hologram technology and robot guide [Dijital Görsel]. DALL•E.
- Rubey. (2021). Investing in art was never more rewarding. | Rubey. Rubey. <https://www.rubey.be/en/>
- Sadıç, Ş. (2022). Endüstri 5.0 ve sürdürülebilirlik. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Senay-Sadic/publication/361506170_Endustri_50_ve_Surdurulebilirlik/links/62b5951d1010dc02cc590951/Endustri-50-ve-Suerdueruelebilirlik.pdf
- TeamLab. (2024). TeamLab Borderless. TeamLab. <https://www.teamlab.art/e/tokyo/>
- The Met. (2023, August 3). Visit The Met, Enter the Metaverse: Introducing Replica-The Metropolitan Museum of Art. Metmu-

- seum.org. <https://www.metmuseum.org/perspectives/met-metaverse-replica>
- Treleaven, P., Greenwood, A., Pithadia, H., & Xu, J. (2022). “Web 3.0 tokenization and decentralized finance (DeFi)”. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4037471>
- Xu, J., & Pan, Y. (2024). The future museum: Integrating augmented reality (AR) and virtual-text with AI-enhanced information systems. *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA)*, 15(3), 373–394. ISSN: 2093-5374 / E-ISSN: 2093-5382.
- Yadav, S., Rab, S., & Wan, M. (2024). *Metrology and sustainability in Industry 6.0: Navigating a new paradigm*. In A. Bhatnagar, S. Yadav, V. Achanta, U. Harmes-Liedtke, & S. Rab (Eds.), *Handbook of quality system, accreditation and conformity assessment*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2_64-1.