

## Turizmde Dijital İkiz Teknolojisi

Canan Yılmaz Uz<sup>1</sup>

Seda Arslan<sup>2</sup>

### Özet

Teknolojik ilerlemeler, özellikle Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçişin hızlanmasına katkıda bulunan dijital ikiz teknolojisinin daha geniş bir uygulama alanına yayılmasına olanak sağlamıştır. Dijital ikiz, gerçek dünyadaki bir nesne, süreç veya sistemin yüksek doğrulukla sanal bir modelinin oluşturulmasını ve bu modelin gerçek zamanlı verilerle simülasyon yoluyla geri bildirim sağlamasını ifade eden bir teknolojidir. Bu teknoloji, operasyonel verimliliği artırarak daha doğru ve etkili kararlar alınmasına imkân tanımaktadır. Dijital ikizin temel işlevi, fiziksel bir modelin özelliklerini sanal ortamda birebir yansıtmak ve çift yönlü iletişim aracılığıyla dinamik karar alma süreçlerine destek olmaktır. Turizm endüstrisi de dijitalleşme süreciyle önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Dijital ikiz teknolojisi, turizm sektöründe gerçek zamanlı deneyimler sunarak sektördeki akıllı çözümleri güçlendirmekte ve operasyonel etkinliği artırmaktadır. Bu teknoloji, özellikle veri odaklı karar alma mekanizmalarının geliştirilmesinde ve böylece turizmde rekabetçi avantaj sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Dijital ikiz teknolojisi, bilgi teknolojileri ve uygulamalarındaki hızlı gelişmeler ışığında turizm endüstrisinin daha verimli, dinamik ve yenilikçi bir hale gelmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Bu bölümde turizmde dijital ikiz teknolojisi kavramsal bir çerçevede ele alınmıştır. Dijital ikiz teknolojisi, gerçek dünyadaki nesne, süreç ve sistemlerin sanal ortamda yüksek doğrulukla modellenmesi ve bu modellerin gerçek zamanlı verilerle simüle edilmesiyle operasyonel verimliliği artırmakta, daha doğru kararların alınmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji, turizm endüstrisinde sadece verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine de olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, dijital ikizlerin turizm sektöründeki dijital dönüşüm sürecini hızlandırarak, gelecekte bu alanda önemli bir rol oynamaya devam edeceği öngörülmektedir.

- 1 Doç. Dr. Canan Yılmaz Uz, İskenderun Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Havacılık Yönetimi Bölümü, canan.yilmazuz@iste.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4798-2262>
- 2 Dr. Öğr. Üyesi Seda Arslan, İskenderun Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Havacılık Yönetimi Bölümü, seda.arslan@iste.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8731-829>

## GİRİŞ

Turizm endüstrisi, son yıllarda dijital dönüşümün etkisiyle büyük bir değişim geçirmektedir. Bilgi teknolojilerindeki hızlı ilerlemeler, sektörün iş yapma biçimlerini, müşteri deneyimlerini ve paydaşlar arasındaki iletişim ağlarını yeniden şekillendirmektedir. Özellikle internetin, mobil teknolojilerin ve veri analizlerinin yaygınlaşması, turizm işletmelerine daha verimli hizmet sunma ve müşterilere daha kişiselleştirilmiş deneyimler sağlama imkânı tanımaktadır. Dijitalleşme, aynı zamanda, turizm sektöründeki operasyonel süreçlerin optimize edilmesini, daha etkin pazarlama stratejilerinin geliştirilmesini ve yeni iş modellerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu dönüşüm süreci, turizm endüstrisinin karşılaştığı küresel rekabet baskılarına yanıt olarak, sektöre sürdürülebilir bir büyüme sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, dijital dönüşüm yalnızca teknoloji kullanımını artırmakla kalmaz, aynı zamanda turizmin geleceği için stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Turizmde dijital dönüşüm, veriye dayalı karar alma mekanizmaları, yeni hizmet modelleri ve inovatif teknolojilerin entegrasyonu gibi unsurlar üzerinden sektöre katkı sağlamakta ve geleceğin turizmine yön verecek potansiyeli taşımaktadır (Zaman vd., 2022; Litavniece vd., 2023; Rahmadian vd., 2023; Kahraman vd., 2024).

Teknolojinin hızlı gelişimi ve dijitalleşmenin sektördeki dönüşüm sürecine olan etkisi göz önünde bulundurularak, dijital ikizlerin turizmde nasıl bir fark yaratabileceği, sektöre nasıl değer katabileceği ve verimlilik ile rekabet avantajı sağlamada nasıl kullanılabileceği araştırılmak istenmiştir. Dijital ikizlerin, turizm sektöründeki karar alma mekanizmalarını ve yönetim süreçlerini nasıl dönüştürdüğü, sektördeki yenilikçi çözümlerin nasıl şekilleneceği ve dijitalleşmenin sektörün geleceğine olan katkılarının belirlenmesi de bu çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır. Ayrıca, bu çalışma, dijital ikiz teknolojisinin turizm endüstrisindeki uygulanabilirliğini ve etkilerini bilim dünyasına kazandırarak, sektöre yönelik dijital dönüşüm sürecine ışık tutabilir. Özellikle, dijital ikizlerin turizmde operasyonel verimliliği artırma, yenilikçi çözümler geliştirme ve karar alma süreçlerini iyileştirme potansiyeline dair literatürdeki bilgi eksikliklerini giderebileceği düşünülmektedir. Ek olarak, bu teknolojilerin sektördeki rekabetçi avantajları nasıl şekillendirebileceğine dair yeni bakış açısı sunarak, turizm yönetimi, işletme stratejileri ve dijitalleşme alanlarında önemli teorik ve pratik katkılar sağlayabilecektir.

Dijital ikiz teknolojisinin turizm endüstrisindeki somut ve pratik etkilerini derinlemesine incelendiği ve bu teknolojinin sektörde nasıl entegre edilebileceğinin tartışıldığı bu bölümün dijital ikizlerin genel teknolojik

potansiyelinden çok, özellikle turizm sektörüne özgü uygulamalar ve çözümler üzerinde durarak, sektördeki dijital dönüşüm sürecini hızlandıracak somut stratejiler önermesi ile alandaki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma, dijital ikizlerin yalnızca operasyonel verimlilik ve karar alma süreçlerini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda sektördeki rekabet avantajlarını nasıl güçlendirebileceği konusunda yenilikçi bir perspektif geliştirmektedir. Bu özgün yaklaşımın, turizm sektörünün dijitalleşme sürecinde karşılaştığı özel zorlukları anlamaya ve çözüm üretmeye yönelik önemli bir katkı sunacağı öngörülmektedir.

## 1. DİJİTAL İKİZ KAVRAMI

Teknolojide yaşanan değişim ve dönüşüm, beraberinde bazı kavramların hayatımıza daha hızlı giriş yapmasına imkân tanımıştır. Teknolojik ilerlemenin dördüncü dalgası olan Endüstri 4.0'dan Endüstri 5.0'a geçişte kullanılan, bu geçişi hızlandıran bir teknoloji olarak kabul edilen Dijital ikiz, sanal alanda yüksek doğrulukta sanal model nesnelere oluşturularak gerçek hayattaki bir nesneyi, süreci veya sistemi yansıtan ve gerçek dünyayı etkilemek ve geri bildirim sağlamak için davranışlarını simüle eden dijital temsili ifade eder (Panetta, 2018). Üretilmiş herhangi bir şeyin sanal olarak temsil edilmesi şeklinde tanımlanan dijital ikiz, fiziksel bir varlığı izlemek için gerçek zamanlı veri toplayarak operasyonel verimliliği artırır ve böylece karar vericilerin daha doğru kararlar alarak daha verimli olmalarını mümkün kılar (Khajavi vd., 2019). Dijital ikizin en önemli özelliği, gerçek zamanlı verileri bütünleştirerek dinamik karar alma için çift yönlü iletişim sağlamasıdır. Gabor vd. (2016), dijital ikizi, farklı zaman ve mekân ölçeklerinde daha doğru bir simülasyon gerçekleştirmek amacıyla mevcut sistemden toplanan uzman bilgisi ve gerçek verilere dayalı olarak oluşturulmuş özel bir simülasyon olarak tanımlamışlardır (Tao vd., 2018). Buradan, dijital ikizin temel amacının bir fiziksel modelin özelliğini sanal mekâna birebir yansıtmak olduğu söylenebilir. VanDerHorn & Mahadevan (2021) de benzer bir noktaya değinerek dijital ikizi, fiziksel ve sanal sistemler arasındaki bilgi alışverişini yoluyla güncellenen fiziksel bir sistemin, onunla ilişkili ortamın ve sürecin sanal bir temsili olarak tanımlamışlardır. Dijital ikiz, fiziki ve sanal mekân arasında çift yönlü iletişim sağlayan bir teknoloji olup sanal mekândan gelen bir geri bildirim sistemiyle fiziksel varlıkların gerçek zamanlı izlenmesine yardımcı olur. Bu şekilde, fiziki mekân parametreleri kullanılarak sanal alanda gerçek dünya koşullarının simülasyonu sağlanır. Bu sanal model yalnızca varlığın fiziksel özelliklerini simüle etmekle kalmaz, aynı zamanda fiziksel muadilinden gerçek zamanlı olarak veri alabildiği için durum güncellemesini eşzamanlı olarak gerçekleştirebilir.

Dijital ikiz, son yıllarda pratikte hızla popülerleşen ve keşfedilen dijital teknolojilerden biridir. Dijital ikizin, yaşam döngüsü boyunca gelecekteki zorlukları anlamak ve önceden tahmin edebilmek için kullanılan fiziksel bir varlık, süreç, sistem veya hizmetin sanal bir temsili olduğu söylenebilir (Qi & Tao, 2018). Dijital ikizler bir varlığın veya sistemin tüm yaşam döngüsünü sanal bir modelini oluşturarak haritalar ve yönetir. Bu sanal model yalnızca varlığın fiziksel özelliklerini simüle etmekle kalmaz, aynı zamanda fiziksel muadilinden gerçek zamanlı olarak veri alabilir ve durum güncellemesini eşzamanlı olarak gerçekleştirebilir. Dolayısıyla dijital ikizin gerçek bir nesnenin, nesne grubunun veya sürecin sanal bir prototipi ve çeşitli verilerden oluşan karmaşık bir yazılım ürünü olduğu söylenebilir (Javaid vd., 2023). Dijital ikiz, sadece veri toplama işleminden ibaret değildir. Çok sayıda IoT sensörünün kullanımı da dahil olmak üzere gerçek nesnenin yaşam döngüsü boyunca veri toplamaya ve analiz etmeye devam eden bir sistemdir (Javaid vd., 2023). Böylece, üretimde ortaya çıkabilecek çok çeşitli durumların simüle edilmesi mümkün hale gelir. Dijital ikizin anahtarı, gelecekteki performansı tahmin etmesine, olası sorunları analiz etmesine ve karar desteği sağlamasına olanak sunan dinamik bir bağlantıdır.

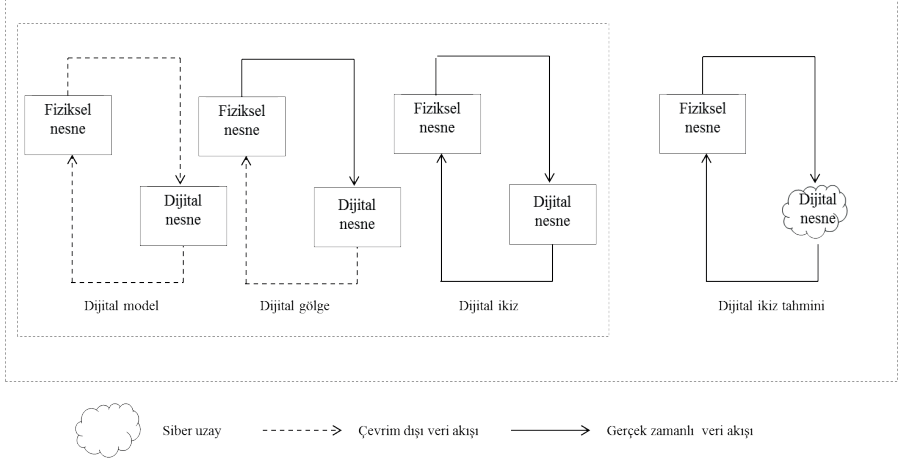
Fiziksel varlıklar ile dijital modeller arasındaki farklı veri bütünleştirme düzeyleri dikkate alınarak, dijital ikizler ilgili veri senkronizasyon sıklığına, veri entegrasyon düzeyine ve sistem özerkliğine bağlı olarak üç hiyerarşik düzeyde sınıflandırılabilir (Bolton vd., 2018; Kritzinger vd., 2018; Olivotti vd., 2019; Oehlschlager vd., 2024):

**Seviye 1: Dijital Model (DM):** Fiziksel alan ile sanal alan arasında gerçek zamanlı veri alışverişi yoktur (Dijital ikiz sensu latissimo kavramı). Dijital model, belirli bir varlığın dijital bir karşılığını yaratır, tek yönlü veri akışında çok az otomasyon vardır veya hiç otomasyon yoktur. Temel simülasyonları etkinleştirme yeteneği mevcuttur ve belirli bir yaşam döngüsünün belirli bir aşamasını yönetir.

**Seviye 2: Dijital Gölge (DS):** Fiziksel alandan sanal alana yalnızca gerçek zamanlı veri iletimi vardır (Dijital ikiz sensu lato kavramı). Dijital gölge, belirli bir varlığın dijital bir karşılığını yaratır, tek yönlü veri akışında orta düzeyde otomasyon vardır. Birbiriyle ilişkili varlıkların simülasyonlarını etkinleştirme yeteneği mevcuttur ve belirli bir yaşam döngüsünün birden fazla aşamasını yönetir.

**Seviye 3: Dijital İkiz (DT):** Fiziksel alan ile sanal alan arasında gerçek zamanlı veri alışverişi vardır (Dijital ikiz sensu stricto kavramı). Dijital ikiz, belirli bir varlığın dijital bir karşılığını yaratır. Çift yönlü veri akışında tam otomasyon vardır, kapsamlı simülasyonları etkinleştirme yeteneği mevcuttur

ve dijital ikiz, tüm yaşam döngülerini bütünsel olarak yönetir. Dijital sistemi ve orijinal karşılığını etkileyen akıllı ve özerk bir iyileştirme yeteneğine sahiptir. Fiziksel varlıklar ile dijital modeller arasındaki veri bütünleştirme düzeylerine ilişkin model aşağıda gösterilmiştir. Bu düzeyler arasındaki entegrasyon, fiziksel dünyadaki değişikliklerin dijital modeller üzerinden anlık bir şekilde izlenmesini, analiz edilmesini ve optimize edilmesini mümkün kılmaktadır.



**Şekil 1. Fiziksel varlıklar ile dijital modeller arasındaki veri bütünleştirme düzeyleri**  
(Kaynak: Liu, vd., 2024)

Veri aktarımının, kullanıcılar açısından iki sonucu bulunmaktadır. Bir yandan sisteme girilen kişisel verilerin ayrıntı düzeyi her seviyede artar. Öte yandan, kullanıcılar her ek seviyede, belirli bir görevin yürütülmesi için sisteme bir öncekinden daha fazla yetkinlik aktarırlar (Oehlschläger, vd., 2024).

### 1.1. Dijital İkiz Bileşenleri

İleri teknolojiyi kullanan dijital ikizler, fiziksel ve sanal dünyalar arasında veri iletimini sağlayarak kullanıcıların yararına işlevleri izleme, kontrol etme, tahmin etme ve sürdürme özelliklerine sahiptir (Aheleroff vd., 2020a; Khajavi vd., 2019). Dijital ikizlerin; fiziksel ikiz, dijital model ve bunlar arasındaki bağlantı olmak üzere üç temel bileşeni vardır (Glaessgen & Stargel, 2012). Bu bileşenler, gerçek zamanlı izleme, veri görselleştirme, veri analizi ve gelecekteki zorlukları öngörmek için “ya eğer” simülasyonu sağlamak, diğer ihtimalleri düşünmek ve ayrıca yararlı anlayışlar ve olasılıklar sağlamak için birlikte çalışırlar.

Dijital ikiz, ihtiyaç duyduğu bilgileri bir ürün veya sistemin yaşam döngüsü boyunca yakalayıp korur ve verilerle modelleri, simülasyon oluşturmada ve karar almada kullanır. Bu süreç;

- i) Veri toplama
- ii) Modelleme ve Simülasyon
- iii) Analiz ve Optimizasyon

bileşenlerinden oluşmaktadır ((Aghaabbasi & Sabri, 2025).

#### **i. Veri Toplama**

Dijital ikizlerin en temel bileşeninin, gerçek zamanlı veri toplama süreci olduğu söylenebilir. Veri toplama süreci; sensörler, IoT cihazları ve diğer veri kaynakları olmak üzere üç unsurdan sağlanır.

Fiziksel varlıkların durumunu izlemek için kullanılan sıcaklık, basınç, hız, vb. çeşitli sensörler mevcuttur. Bu sensörler, verileri toplayarak dijital ikizlerin gerçek zamanlı güncellenmesine yardımcı olmaktadır. Nesnelerin interneti olarak bilinen IoT cihazları, veri toplama ve veri aktarımında önemli bir rol oynamaktadır. Bu cihazlar, makineler ve sistemler arasında bağlantı sağlayarak verilerin merkezi bir sistemde toplanmasına olanak tanımaktadır. Farklı kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonu da dijital ikizin doğru ve güncel bir temsil oluşturması için gereklidir. Veri entegrasyon sistemleri, çeşitli formatlardaki verileri bir araya getirmektedir. Böylece sistemin ihtiyaç duyduğu verinin, ihtiyaç duyulan zamanda, ihtiyaç duyulan şekliyle aktarımının gerçekleşmesi sağlanır.

#### **ii. Modelleme ve Simülasyon**

Toplanan verilerin analiz edilip sanal bir model oluşturulması, dijital ikizlerin kritik bileşenlerinden bir diğeridir. Fiziksel varlığın davranışlarını ve özelliklerini yansıtacak şekilde matematiksel ve fiziksel modellerin oluşturulmasını ve bu modellerin yapay zekâ kullanılarak geliştirilmesini sağlar. Oluşturulan modellerin simülasyonu, konuya dair çeşitli senaryoların test edilmesini sağlar. Bu, potansiyel sorunların önceden tespit edilmesine ve süreçlerin optimize edilmesine olanak tanır.

#### **iii. Analiz ve Optimizasyon**

Dijital ikizlerin sunduğu veri analizi ve optimizasyon süreçleri sayesinde toplanan verilerin analiz edilmesi, trendlerin ve anormal durumların tespit edilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu süreç, karar verme süreçlerini destekleyerek daha bilinçli stratejiler geliştirilmesini sağlar. Dijital ikiz, veri analizi süreçlerini güçlendirmek için yapay zekâ ve makine öğrenimi

tekniklerini kullanır. Bu teknolojiler, veri yoluyla öğrenmeyi gerçekleştirerek süreçlerin otomatik olarak optimize edilmesini sağlar.

Dijital ikiz; sensörler, IoT cihazları ve diğer veri toplama mekanizmaları gibi çeşitli kaynaklardan gelen gerçek zamanlı verileri entegre ederek kapsamlı ve güncel bir dijital model oluşturan güçlü bir araçtır (Aghaabbasi & Sabri, 2025). Dijital ikiz, tasarım ve üretim aşamaları sırasında yaşam döngüsünün erken dönemlerinde oluşturulur. Ürün operasyonel hizmete girdiğinde, sensör verileri ve operasyonel kayıtlar dijital ikiz modelinde toplanır ve güncellenir. Dijital ikiz, yalnızca fiziksel dünyayla senkronize olmakla kalmamakta, aynı zamanda sorunları belirlemekte ve model simülasyonu ve algoritma analizi yoluyla kararları optimize etmektedir.

## 1.2. Dijital İkizin Özellikleri

Dijital ikizin temel özelliklerinden biri, temsil ettiği fiziksel sistemin performansını izleme, analiz etme ve optimize etme yeteneğidir. Dijital ikiz, gerçek zamanlı veri beslemesinden yararlanarak sistemin davranışı hakkında değerli içgörüler sağlayabilir, olası sorunları veya verimsizlikleri belirleyebilir ve iyileştirmeler önerebilir (Sokolov vd., 2024). Bu, sürekli izleme ve analiz yeteneği, proaktif karar alma ve zamanında müdahalelere olanak tanır ve nihayetinde gelişmiş sistem performansı ve güvenilirliğine yol açar (Das, 2023). Dijital ikizlerin bir diğer önemli yönü de sanal test ve senaryo analizi potansiyelleridir. Dijital bir ikizle, fiziksel prototiplere veya pahalı gerçek dünya deneylerine ihtiyaç duymadan çeşitli çalışma koşullarını, çevresel faktörleri ve tasarım değişikliklerini simüle etmek mümkündür. Bu sanal test yeteneği, geliştirme ve optimizasyon sürecini hızlandırır, maliyetleri azaltır (Govindasamy vd., 2024; Yukcu & Aydın, 2021) ve fiziksel testle ilişkili riskleri en aza indirir (Campo vd., 2023).

## 1.3. Dijital İkizin Tarihçesi

Dijital ikiz kavramı ilk olarak 2003 yılında Michigan Üniversitesi'nden Profesör Grieves'in "fiziksel varlıklara eşdeğer dijital temsil" kavramını önermesi ve sanal alan kavramını tanıtmalarıyla ortaya çıkmıştır (Grieves & Vickers, 2017). Ancak dijital ikizin temel fikri, 1970 yılında NASA tarafından Apollo 13 uzay programı sırasında kullanılmıştır. NASA'nın uzay aracı, görev sırasında bir oksijen tankındaki patlama nedeniyle arıza yapmıştır. Dünyadan 200.000 mil uzaktan çözülmesi gereken bir problem karşısında NASA, bu kurtarma görevi için bulunduğu noktada harekete geçmiştir. Kurtarma operasyonunun en önemli noktası NASA'nın gönderdiği uzay aracının bileşenlerinin ayna gibi birebir aynı verilere sahip olan bir modelini oluşturması olmuştur. Bu sayede mühendislerin geri dönüş

için olası çözümleri modellemeleri ve test etmeleri sağlanmıştır. Yani Apollo 13'teki şartlar birebir taklit edilmiştir. Apollo 13'ün ekibini geri döndürme koşullarını test etmek için Houston ve Kennedy Uzay Merkezi'nde simülasyonlar yapılmış böylece kazadan 4 gün sonra hiçbir kayıp vermeden astronotların geri dönüşü sağlanmıştır. NASA, bu olaydan sonra sistemlerini sürekli izleyebileceği ve daha hassas veri güncellemesi yapabileceği dijital modeller kullanmaya başlamıştır. Kullanılan dijital modeller incelendiğinde, dijital ikiz sisteminin temelinde yatan tekniğin aynı olduğu tespit edilmiştir. Bu teknikle, fiziksel bir nesne modeli oluşturulmuş ve sistemlerin durumunu izleyebilmeyi, sorunlarını teşhis edebilmeyi ve çözümlerini test edebilmeyi sağlayan bir "ikiz" yaratılmıştır (Aynacı, 2020).

#### **1.4. Dijital İkizin Avantaj ve Dezavantajları**

Dijital ikiz, fiziksel dünyayı sanal alanda simüle edebilmekte ve fiziksel alanların sürekli optimizasyonu için gerçek zamanlı eşlemeyi mümkün kılabilir (VanDerHorn & Mahadevan, 2021). Sanal modeli fiziksel varlığa eşleyerek, dijital ikiz büyük veri analizini, yapay zekayı ve diğer gelişmiş akıllı üretim teknolojilerini entegre ederek süreçlerin izlenmesi ve simülasyonu sayesinde arızaların, darboğazların ve sorunların hızlı bir şekilde tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu da bakım maliyetlerinin azalmasına ve cihazların çalışma süresinin artmasına olanak sağlamaktadır. Bu sistem, sanal modelden fiziksel varlığa doğru yapılan geri bildirim sayesinde, ürün tasarımı ve ekipman yaşam döngüsü tahmini için de uygulanabilmektedir (Liu, vd., 2024). Ayrıca, geleneksel endüstriye bilgisayarlaştırma ve bağlantı getirecek, fiziksel dünyayı sanal dünyaya bağlayacak, daha yüksek düzeyde otomasyona ulaşacak ve operasyonel üretkenliği ve verimliliği artıracaktır (Alcácer, vd., 2019). Toplanan ve analiz edilen verilerin, yöneticilerin daha bilinçli ve veri odaklı kararlar almasına yardımcı olması, senaryoların simülasyonunu sağlaması ve stratejik planlama süreçlerini desteklemesi mümkün olmaktadır.

Gerçek ve dijital dünyaları senkronize etme yeteneği, kullanıcıların (örneğin yönetim, çalışanlar, tasarımcılar, operatörler, bakım personeli vb.) varlıkları ve sistemleri gerçek zamanlı olarak izlemek ve kontrol etmek için dijital ikizleri kullanmalarına olanak tanır ve operasyonların yönlendirilmesini sağlar (Papanagnou, 2020; Bao vd., 2019; Zhuang vd., 2018; Weyer vd., 2016). Dijital ikizler, ürün tasarım aşamasında gerçekçi simülasyonlar sunarak, prototip üretim sürecini hızlandırmakta ve maliyetleri azaltmaktadır. Örneğin, yönetim, gerçek zamanlı performans ölçüm verileri ve IoT özellikli gösterge panelleri kullanarak stratejilerin uygulanmasını uzaktan izleyerek ve kontrol ederek dijital ikizlerin rehberlik özelliklerinden yararlanabilir (Aheleroff vd., 2020b).



Dijital ikiz çözümlerinin uyumlu bir şekilde birlikte çalışması için birden fazla sistem arayüzü, işlev, iletişim protokolü ve veriye ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Semeraro vd.,2021). Bu da hem teknik hem de iş ile ilgili zorlukların ortaya çıkması anlamına gelir. Sistemin kurulumu ve yönetiminin karmaşık süreçlerden oluşması, farklı sistemlerin ve verilerin entegrasyonunu zorlaştırmaktadır. Yaşanacak uyumsuzluk ve teknik sorunlar nedeniyle zaman ve maliyet kaybı söz konusu olabilecektir. Dijital ikiz teknolojisinin sahip olduğu karmaşık süreç, uzmanlık gerektiren bir alan olduğundan, çalışanların eğitilmesi için ek kaynaklar gerektirebilecektir. Friederich vd. (2022), veri heterojenliğini dijital ikiz kullanımının önemli, güncel bir sorunu olarak kabul etmişlerdir. Yanlış veya eksik veriler, hatalı analiz sonuçlarına yol açabileceğinden, yanlış kararların alınması ve süreçlerin olumsuz etkilenmesi muhtemel bir sonuç olabilecektir. Dijital ikiz teknolojisi, ayrıca veri sahipliği ve güvenlik sorunları (Fuller vd., 2020), farklı aktörler arasındaki iş birliği modelleri (Fuller vd., 2020; Meierhofer vd., 2020) ve yeni müşteri değeri ve iş modelleri oluşturma (Camposano vd., 2021; Olaf & Hanser, 2019) konusunda da sorunları gündeme getirebilecektir. Dahası, olası sorunlar karşısında bir çözüm sunmanın veya bu teknolojiyi kullanmanın kazanımları, ihtiyaç duyulan kaynaklar ve maliyetler gibi sıkıntılardan daha fazlası beklenmektedir. Aksi takdirde, satın alma kararı verilmeden önce müşterileri bu faydalara ikna etmek zor olabilecektir (Timperi, vd., 2023).

## 2. TURİZMDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN YERİ

Günümüzün ayrılmaz parçası olan bilgi ve iletişim teknolojileri; turizm sektörünü, sektörün iş yapma biçimini, sektör paydaşlarını, paydaşlar arası iletişimi değiştirmiştir (Buhalis & Law, 2008). Teknoloji ile daha dinamik hale gelen (Sigala, 2018) turizm endüstrisinin tüm alanlarında, teknolojinin en net uygulamaları kullanılmaya başlanmıştır (Kahraman vd., 2024). Teknolojinin kullanımıyla beraber, turizm endüstrisi paydaş ve unsurlarının, rekabet edebilirliğinin de yükselebileceği düşünülmektedir (Borseková vd., 2017). Bu kapsamda Avrupa Birliği Komisyonu stratejileri çerçevesinde, başta Avrupa ülkeleri olmak üzere, tüm dünya ülkelerinin turizm endüstrisindeki rekabet gücünün artırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda ülkelerin, turizm endüstrisinde, küresel rekabetçi avantaj elde edebilmesi için dijitalleşmeden daha fazla yararlanması ve özellikle karar alma mekanizmalarının verilere dayalı olması gerektiği ifade edilmektedir (Litavniece vd., 2023). Turizm endüstrisi, küresel ekonominin önemli bir aktörüdür ancak endüstride plansızlık, yönetim süreçlerinde verimsizlik gibi bazı problemlerin yaşandığı bilinmektedir. Dolayısıyla turizm endüstrisinde yaşanan bu problemlerin

bertaraf edilmesinde dijitalleşmenin yarar sağlayabileceği düşünülmektedir (Zhang, 2023).

Bu kapsamda modern turizm unsurlarından biri olan teknolojik ya da dijital turizm vasıtasıyla, farklı teknolojik donanım ve yazılımlar ile gerçek zamanlı turizm deneyimleri sağlanabilmektedir (Zaman vd., 2022). Gerçek zamanlı turizm deneyimi sağlayan ve turizm endüstrisinde her geçen gün daha fazla kullanılan teknolojilerden birisi de dijital ikiz teknolojisidir (Zhang, 2023). Bilgi teknolojisi ve uygulamalarında yaşanan hızlı gelişmelerle, dijital ikiz teknolojisinin turizm endüstrisinin akıllı hale gelmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir (Rahmadian vd., 2023). Özellikle COVID-19 pandemisinin getirilerinden birisi sayılabilecek metaverse turizmde [metaverse turizm, turistlere mekânsal ve/veya tur deneyimi sağlayan, onların turizm destinasyonu ve ürünü ile ilgili deneyimlerini geliştiren bir kavramdır (Go & Kang, 2023)] dijital ikiz teknolojisinden yararlanılmaktadır (Deng vd., 2024).

Diğer sektörlerde olduğu gibi turizm endüstrisinde de dijital ikiz teknolojisine ile fiziksel varlıkların sanal ortamdaki kopyalarının oluşturulması için farklı donanım ve yazılımlar uygulayıcılara yardımcı olmaktadır (Wu vd., 2023a). Bu kapsamda; sensör, alıcı ve kayıt cihazları ile donatılmış helikopter, uçak ve dronlar, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR), IoT gibi teknolojiler ile entegre bir şekilde çalışmaktadır (Dang vd., 2023). Böylece örneğin kültürel miraslar, müzeler gibi fiziksel nesne ve ortamların, dijital ikizleri üretilebilmektedir (Litavniece vd., 2023). Diğer teknolojik donanım ve yazılımların yardımıyla dijital ikiz teknolojileri vasıtasıyla oluşturulan modeller, dinamik bir yapı sergilemekte olup, gerçek ile sanal dünyanın birbiri ile uyumlu bir şekilde işlemesine zemin hazırlamaktadır (Lyotier, 2024).

Dijital ikiz teknolojisinin son yıllarda artan önemi, akademinin de dikkatini çekmiş ve bu teknoloji akademisyenler tarafından turizm endüstrisinin farklı alanlarında çalışılmıştır. Örneğin; Ssin vd. (2021); Güney Kore'nin Seul şehrinde bulunan ve tarihi bir yer olan Gwanghwamun Meydanı'nda, dijital ikiz tabanlı AR kullanan akıllı bilim turizm sistemi kurulması için teorik bir çalışma yürütmüştür. Yazarlar bu kapsamda turizm bilgilerini entegre bir şekilde yöneten dijital ikiz tabanlı, turizm içerik yönetim sistemi, içerik önerisi, en iyi rotayı bulma, içerik paylaşma ve oyunlaştırma gibi AR kullanan ve bilim turu hizmetlerini içeren bir sistem tasarlamıştır.

Sang vd. (2022); Çin'de bulunan Xitang antik kentinin modelini dijital ikiz platformunda üretmiş ve sanal alan turizmi, kültürel aktarım, çevrimiçi yerel ürün alışverişi, kırsal turizm alanlarının akıllı yönetimi, yerel kültür

tanıtımı ve diğer hizmetleri entegre eden çok işlevli bir akıllı platform oluşturmuştur. Benzer şekilde Dang vd. (2023); kültürel mirasın korunması ile dijital ikiz teknolojisi arasındaki ilişkiyi araştırmış ve Çin'deki kültürel mirasların korunmasında dijital ikiz teknolojisinden nasıl yararlanılacağına yönelik sistematik bir çalışma yürütmüştür.

Karaca & Özkan Önem (2023) çalışmalarında; turizm endüstrisinde dijital ikiz teknolojisinin mevcut ve potansiyel kullanımlarına yönelik teorik bir yaklaşım sergilemiştir. Litavniece vd. (2023) çalışmalarında; turizm endüstrisinin önemli bir ayağını oluşturan “yiyecek servisi” alanında uzmanlarla görüşmeler yapmıştır. Yazarlar bu kapsamda, uzman görüşlerine dayalı olarak, anahtar performans göstergeleri belirlemiştir. Bu göstergeler ve öneriler ışığında, turizmde rekabetçiliğin desteklenmesine yönelik bir dijital ikiz modeli geliştirmiştir. Rahmadian vd. (2023) ise; ülkelerin turizm paydaşları arasındaki iletişimin seviyesini artırabilmek ve sürdürülebilir turizmi oluşturabilmek için dijital ikiz teknolojisinde büyük verinin (Big Data) potansiyelini ortaya koymuştur. Yazarlar bu doğrultuda bir dokümantasyon çerçevesi belirlemiş ve dijital ikiz temelli çerçeve dahilinde kurallara, düzenlemelere bağlı kalırken, hesap verebilirliği, şeffaflığı ve güvenilirliği sağlamayı amaçlamıştır.

Wu vd. (2023a); turizm işletmelerinin dijital ikiz tabanlı Metaverse sanal tur teknolojilerini benimseme eğilimini etkileyen faktörleri ve söz konusu faktörlerin sanal tur sektörünün oluşumunu değiştirme düzeyini incelemiştir. Yazarlar çalışma doğrultusunda, sanal tur programlarını, nitel karşılaştırmalı analiz yöntemiyle irdelemiştir. Aynı doğrultuda Deng vd. (2024) de; turizm endüstrisinde dijital ikiz platformu vasıtasıyla başarılı bir metaverse deneyimi oluşturmak için deneysel bir çalışma yürütmüştür. Son olarak Li vd. (2024), çalışmaları kapsamında; dijital ikiz teknolojilerine dayalı akıllı turizm görsel analiz platformu tasarlamıştır. Yazarlar, bu platform vasıtasıyla veri görselleştirme ve görsel analiz yöntemiyle turizm destinasyonunun trafik durumu, güvenlik denetimi, kaynak bilgileri, hava durumu izleme ve salgın önleme gibi konularda paydaşlara önemli bilgiler sunulabileceğini ortaya koymuştur.

### 3. TURİZM SEKTÖRÜNDE DİJİTAL İKİZ UYGULAMALARI

Turizm endüstrisi, çevresel unsurlarla karşılıklı etkileşim halindedir. Endüstri aynı zamanda sosyo-ekonomik faktörler ve tüketici davranışları tarafından da şekillendirilmektedir (Litavniece vd., 2023). Bu kapsamda bireyler ve toplumlar, dolayısıyla turizm endüstrisi üzerinde önemli ve

derin etkileri olan faktörler arasında; salgınlar, savaşlar ve doğal afetler sayılabilmektedir (Rosselló vd., 2020; Zaman vd., 2022; Hutson vd., 2023). Yaşanan doğal afetler ve bunların yıkıcı etkileri, turizm endüstrisinin faaliyetlerini durma noktasına getirebilmektedir (Genç, 2018). Bu noktada teknoloji, sürdürülebilir turizm faaliyetlerinin sağlanmasında kritik bir rol üstlenebilmektedir (Roy & Pagaldiviti, 2023). Bu teknolojilerden birisi olan dijital ikiz, savaşlar ya da doğal afetler gibi kültürel mirasların korunmasına (Karaca & Özkan Önem, 2023), COVID-19 gibi salgınlar nedeniyle turistlere getirilen seyahat kısıtlamalarının bertaraf edilmesine yardımcı olabilmektedir (Alrashed vd., 2022).

Zhang (2023)'a göre, turistik destinasyonların dijital ikiz ile inşa edilmesi süreci dört basamaktan oluşmaktadır. Bu doğrultuda atılması gereken ilk adım; verilerin toplanmasıdır. Veriler destinasyonun topografyası, binalar, bitki örtüleri ve varsa turist davranışlarından oluşmakta olup, turistik alanların dijital ikiz ortamındaki inşasının temelidir. Bu aşamada uzaktan algılama teknolojileri, IoT gibi teknolojilerden yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır. Verilerin toplanmasının ardından, turistik destinasyonların dijital ikiz ortamındaki inşasının merkezi olan model oluşturma aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada turistik mekanların modelleri meydana getirilmektedir. Üçüncü aşamada, bilgisayarlar vasıtasıyla, fiziksel dünyadaki destinasyonların, sanal ortamlardaki simülasyonları ortaya çıkarılmaktadır. Bu aşamada ayrıca gelecekteki olası durumlara ilişkin analiz ve tahminler yapılarak, destinasyonların, daha etkin bir biçimde planlanması ve yönetilmesi mümkün olabilmektedir. Son aşamada da turizm destinasyonuna yönelik grafikler ve görseller eklenmekte ve turistlerin, mekanların gerçek görüntüsünü daha net görebilmesine yardımcı olabilmektedir.

Dijital ikizler turizm endüstrisi paydaşlarına, farklı açılardan fayda sağlamaktadır (Karaca & Özkan Önem, 2023). Örneğin, turizm endüstrisinde dijital ikiz teknolojisinin kullanılması ile kişisel kısıtlamalar sebebiyle (ekonomik güçlükler, sağlık problemleri gibi) turizm faaliyetlerine katılamayan potansiyel turistler için, destinasyonlar erişilebilir hale gelebilmektedir (Gallist & Hagler, 2023). Ayrıca dijital ikiz, turistlerin kişiselleştirilmiş turizm hizmeti almasına da yardımcı olabilmektedir (Florido-Benítez, 2024).

Turizm endüstrisinin bir diğer paydaşı olan turizm işletmeleri de, dijital ikiz teknolojileri sayesinde bazı avantajlar elde edebilecektir. Bu kapsamda turizm işletmeleri, dijital ikizden yararlanarak, geliştirdikleri pazarlama stratejilerinin sonuçlarını öngörebilecek ve söz konusu stratejilerin daha etkili olabilmesi için veriler üretebilecektir. İşletmeler böylece pazarlama

stratejilerinin başarısız olma riskini en aza indirgeyebilecek ve en iyi sonuçlar için süreçlerini optimize edebileceklerdir. En iyi pazarlama strateji ve süreçleri gerçek operasyonlara adapte edebilen turizm işletmeleri, bunun sonucunda, maliyetlerini azaltabilecek (Zaman vd., 2022) ve turist memnuniyetini de sağlayabileceklerdir (Lyotier, 2024). Benzer şekilde dijital ikiz teknolojileri sayesinde turizm işletmeleri, mevcut ve potansiyel turistler ile iletişim ve etkileşim düzeyini daha iyi bir seviyeye taşıyabileceklerdir (Gallist & Hagler, 2023). Dijital ikiz teknolojisi sayesinde turizm işletmesi ile turistler arasında başarılı bir şekilde kurulan iletişim ve etkileşim ortamı, turistlerin kişisel tercihleri doğrultusunda, kişiselleştirilmiş hizmetlerin önerilmesine, sunulmasına ve böylece turist deneyiminin bir üst düzeye çıkarılmasına olanak sunabilecektir (Ssin vd., 2021; Zhang, 2023). Kendisine kişiselleştirilmiş hizmet sunulan turistlerin, dijital ikiz teknolojisini kullanan turizm işletmelerinden hizmet satın alma ve gelecekte de bu işletmeleri / destinasyonları tekrar tercih etme olasılıkları artabilecektir (Ssin vd., 2021; Gallist & Hagler, 2023). Örneğin Amerika merkezli tatil evi (vacation rental) kiralama hizmeti sunan Vacasa, dijital ikiz teknolojisini internet sitesine adapte etmiştir. Dijital ikiz teknolojisinin sağladığı potansiyel avantajlar sayesinde turistler, işletmenin internet sitesinde daha fazla zaman geçirmiş ve rezervasyonlar % 10'un üzerinde artış göstermiştir (www.matterport.com, 2024).

Dijital ikiz teknolojisi, satış ve pazarlama faaliyetlerinin yanı sıra, turizm işletmelerinin ve karar vericilerin diğer yönetim işlevleri için de fayda sunabilmektedir. Örneğin bu teknolojiler aracılığıyla gerçek zamanlı veriler ve ön görümler elde edilerek, arz ile talebin dengelenmesi, kalabalık yönetimi daha başarılı bir şekilde sağlanabilecektir. Bu durum turist deneyimini olumlu yönde etkilerken, aynı zamanda aşırı turizm talebinin beraberinde getirdiği riskleri bertaraf ederek, turistik destinasyonların korunmasına da yardımcı olabilecektir (Rahmadian vd., 2023; Lyotier, 2024). Buna dijital ikiz teknolojileri vasıtasıyla dağınık olabilen turizm bilgi ve kaynaklarının entegre yönetim sistemleri ile birbirine bağlanabilmesi (Ssin vd., 2021) ve karar alma sürecinin daha geniş perspektiften, daha çok fayda sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesi katkı sunabilmektedir (Rahmadian vd., 2023). Dijital ikiz teknolojileri ile oluşturulan turizm mekan ve destinasyonların sanal kopyaları, fiziksel ortamların yerini almamakta, diğer bir ifadeyle onlara rakip olmamaktadır (Gallist & Hagler, 2023). Ayrıca bu teknolojileri hizmet süreçlerine başarılı bir şekilde adapte edebilen turizm işletmelerinin, uzun vadeli sürdürülebilir rekabetçi avantaj elde edebilecekleri de belirtilmektedir (Rahmadian vd., 2023). Benzer şekilde dijital ikiz beraberinde getirdiği

faydalar ile tüm turizm endüstrisinin rekabetçiliğine de katkı sağlayabilecektir (Karaca & Özkan Önem, 2023).

Dijital ikiz teknolojisi, sürdürülebilir turizm için de faydalar sunabilmektedir. Bu doğrultuda özellikle yerel turizm işletmelerinin sürdürülebilir büyümesine katkı sağlayabilecektir (Ssin vd., 2021). Ayrıca bu teknolojiler, çevresel kaynakların daha iyi yönetilmesine, süreçlerin kağıtsız yürütülmesine, atıkları minimize ederek destinasyonların karbon ayak izinin azaltılmasına yardımcı olarak, küresel düzeyde çevresel sürdürülebilirliği de geliştirebilecektir (Zaman vd., 2022; Lyotier, 2024; Puri, 2024).

Dijital ikizin, turizm endüstrisine yönelik sunabileceği avantajlar nedeniyle, bu teknolojiyen, turistik destinasyonların grafiksel, mekânsal ve diğer özel bilgilerini toplayacak şekilde (Dang vd., 2023), endüstrinin farklı alanlarında sıklıkla yararlanılmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda; dijital ikiz uygulamaları, kültürel mirasın korunması, akıllı şehirlerin kurulması, otellerin yönetilmesi, doğal afetler gibi beklenmedik olayların tahmin edilmesi ve planlanması gibi hem operasyonları hem de ziyaretçi deneyimlerini en iyi hale getirecek çözümler getirebilmektedirler (vaia.com, 2024). Havaalanlarında yolcu akış yönetiminde, biniş kapılarının takibinde; havayolu işletmelerinde check-in ve biniş süreçlerinin yönetilmesinde; konaklama işletmelerinde yiyecek – içecek operasyonlarında, turistlerin otele giriş ve çıkış süreçlerinin izlenmesinde, dijital ikiz teknolojilerinden yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır (Merino & Kanthareuben, 2023).

#### **4. TURİZM ALT SEKTÖRLERİNDE DİJİTAL İKİZ KULLANIMI**

Bu bölümde, otel ve diğer konaklama tesisleri, turistik bölgelerin yönetimi ve planlaması, ulaştırma ve lojistik hizmetleri, ziyaretçi deneyiminin geliştirilmesinde dijital ikiz teknolojilerinin kullanımından bahsedilmiştir.

##### **4.1. Oteller ve Konaklama Tesislerinde Dijital İkiz Kullanımı**

Dijital ikiz teknolojileri, turizm mekânlarının sanal kopyalarının hazırlanmasında kullanılabilir. Bu kapsamda son yıllarda otel işletmeleri, dijital ikizden yararlanmaktadır. Otel işletmeleri, dijital ikiz teknolojilerini, AR / VR teknolojileri ile entegre ederek, turistlerin, odalar, yemek ve toplantı salonları, bu mekânların büyüklüğü ve sunulan olanaklar ile ilgili sanal olarak önceden görüp deneyimlemesine yardımcı olabilmektedir (Wu vd., 2023a). Bu kapsamda otel işletmecileri tarafından, turistlerin istek, beklenti ve ihtiyaçları doğrultusunda kişiselleştirilmiş turizm hizmet önerileri de sunulabilmektedir (Doğan & Bayar, 2024). Böylece turistlerin hizmete

yönelik yaşadığı ön deneyim rezervasyonlarının artmasını teşvik edebileceği ve böylece otel işletmelerinin gelirlerinde bir artış meydana gelebileceği düşünülmektedir (Wu vd., 2023a). Örneğin Puri (2024) dijital ikiz teknolojilerini kullanan otel işletmelerinin doluluk oranlarının yükseldiğini, turistlerin rezervasyon yapma oranlarının % 15 arttığını, turist memnuniyet düzeyinin de 20 puan ilerlediğini ifade etmiştir. Otel işletmeleri dijital ikiz teknolojilerini, gerçek zamanlı veriler aracılığıyla kaynaklarını izlemek ve yönetmek için de kullanabilmektedir. İşletmeler böylece enerji tasarrufu elde edebilecek, proaktif bir bakım yönetimi ve başarılı bir atık yönetimi süreci izleyebileceklerdir (Singh vd., 2024).

Dünya genelinde pek çok farklı ülkede faaliyet gösteren Radisson Otel Grubu, dijital ikiz teknolojisinden yoğun ve başarılı bir şekilde yararlanan işletmelerden birisidir. Grup, otellerinin sanal ortamdaki kopyalarını oluşturmuştur. Mevcut ve potansiyel misafirler de, her türlü bilgisayar, akıllı telefon ve / veya VR gözlüklerinden yararlanarak; odaları gezebilmekte, manzarayı izleyebilmekte, çevredeki nesnelere etkileşime girebilmektedir. Yaklaşık 30 farklı dilde dijital ikiz teknolojisi ile deneyim yaşayan misafirler, sanal turun ardından odalara rezervasyon yaptırabilmektedirler. Bu kapsamda Radisson Otel Grubu, 2022 yılı itibarıyla 86 otelinin internet sitesine dijital ikiz teknolojilerini adapte etmiştir. Sanal otel turları ile mevcut ve potansiyel müşterilerine, turizm hizmetine yönelik ön deneyimleme imkânı sunan grubun, bu teknolojileri adapte ettiği internet sitelerinin tıklanma sayısının, bir önceki yıla kıyasla % 279 arttığı, sayfada geçirilen sürenin % 3.85 artış gösterdiği ve % 20,91'lik etkileşim sağladığı tespit edilmiştir (www.radissonhotels.com, 2023).

#### **4.2. Turistik Bölgelerin Yönetimi ve Planlamasında Dijital İkiz Kullanımı**

Teknoloji ve turizm endüstrisinin gelişimiyle beraber, turizm ile ilgili mevcut uygulamalar yetersiz kalmıştır. Bu kapsamda diğer teknolojilerle entegre edilmiş dijital ikiz uygulamaları geleneksel yöntemlerin hantal yapısını ortadan kaldırabilme potansiyelini içermektedir (Zhang, 2023). Bu kapsamda turizmde dijital ikiz; fiziksel turizm destinasyon ve mekânların, kültürel eserlerin, gerçek ve sanal dünyada aynı anda var olmasıdır (Deng vd., 2024). Dang vd. (2023); dijital ikizin, kültürel mirasın sanal dünyada yeniden üretilmesi, sergilenmesi ve yönetilmesi için kullanılan bir araç olduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda turizm destinasyon ve mekânlarında dijital ikiz teknolojilerinden sıklıkla yararlanılmaktadır.

## **Kültürel alanlar**

Bilindiği üzere, bazı turistik bölge ve kültürel miras alanlarına, ziyaretçilerin ulaşımının sağlanması, zor ya da imkânsız olabilmektedir. Dijital ikiz teknolojileri, bu alanların turizme kazandırılabilmesi ve erişilebilir hale gelmesi için avantajlar sunabilmektedir (Hutson vd., 2023). Ayrıca bu alanlar, çevresel risklere, maddi çürümeye, doğal afetlere, ziyaretçilerin bu alanlara zarar verme risklerine karşı oldukça hassastır. Bu alanlara ait bilgi ve kopyaların, dijital ikiz teknolojileri vasıtasıyla sanal ortama aktarılması, turistik bölgelerin, bahsi geçen risklere karşı korunması noktasında yardımcı olabilecektir (Dang vd., 2023). Bu kapsamda kültürel miras nesnelерinin korunabilmesi ve restorasyon çalışmalarının yürütülebilmesi, bu çalışmalar için alternatiflerin belirlenmesi, belirlenen alternatifler içinden en uygun olanının seçilmesi kapsamında dijital ikiz teknolojileri fayda sunabilmektedir. Dijital ikiz, bu sürecin daha kısa sürede, daha verimli ve daha az maliyetle yapılabilmesine olanak tanımaktadır (Karaca & Özkan Önem, 2023). Benzer şekilde bahsi geçen alanların sıcaklık, nem ve diğer çevresel unsurlara yönelik verilerin toplanması ve takip edilmesinde, dijital ikiz teknolojilerinden yararlanılabilmektedir (Hutson vd., 2023). Dijital ikiz teknolojileri, ziyaretçilerin kültürel miras alan ve eserlerini korunmasına yönelik bilinç düzeylerinin yükseltilmesi için de kullanılabilmektedir (Karaca & Özkan Önem, 2023).

Daha önce de ifade edildiği gibi dijital ikiz teknolojisi ile turistik bölgelerdeki kültürel alan ve müzelerin, sanal ortamlara aktarıldığı uygulamalar sıklaşmıştır. Örneğin Çin'de Dazheng Sarayı (Dang vd., 2023), İtalya Gallipoli kasabasındaki yeraltı petrol fabrikası (Litavnicce vd., 2023), dijital ikiz ile ziyaretçilerine sanal tur imkânı sağlamaktadır. Benzer şekilde İspanya Torrevieja'da bulunan lagünlerden oluşan doğal parkın sürdürülebilirliğini sağlamak ve ihtiyaç duyulan analizleri gerçekleştirmek için yine bu teknolojiye başvurulmaktadır (torrevieja.es, 2024). Estonya Tallinn'de ortaçağdan kalma eski şehir bölgesinde, dijital ikizden yararlanarak; yaya trafiği sensörlerle izlenmekte ve yiyecek-içecek hizmetlerini sunan işletmeler, dijital ikizden elde ettiği verileri kullanarak, ziyaretçi dinamiklerine göre açılış ve kapanış saatlerini ayarlamaktadır (Wray, 2022).

## **Müzeler**

Müzelerde, müze ortamlarının ve önemli sanat eserlerinin sergilenmesi, korunması ve bu alanların yönetilmesi için dijital ikiz teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Örneğin Londra'da bulunan Doğa Tarihi Müzesi, müze alanına 15.000 sensör yerleştirerek, sıcaklık, nem, titreşim, ışık gibi verileri izlemekte olup; müzeyi en etkin ve verimli şekilde yönetmeye çalışmaktadır



(Richardson, 2020). Benzer şekilde Hindistan'da bulunan Ulusal Müze yetkilileri, bu teknoloji sayesinde, sergilenmesi mümkün olmayan mağara resimleri gibi eserleri, sanal galeriler oluşturularak sergilemeye başlamıştır (Misra, 2024).

### 4.3. Ulaştırma ve Lojistik Hizmetlerinde Dijital İkiz Kullanımı

Ulaştırma ve lojistik endüstrileri, turizm sektörü ile yakından ilişkili sektörler olup birbirlerini beslemektedirler (Zhang vd., 2019). Farklı taşıma modları içerisinde özellikle havayolu taşımacılığı ile turizm çok daha yakın bir ilişki içinde yer almaktadır (Papatheodorou, 2021). Dolayısıyla turizm endüstrisinde dijital ikiz kullanımını inceleyen çalışmada, taşıma ve lojistik endüstrisine de değinmenin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda örneğin turistler, ulaşım ve seyahat planlarını yapmak için dijital ikiz teknolojisini kullanabilmektedir (Lyotier, 2024).

Karayolu taşımacılığı ile diğer taşımacılık modlarını birbirine entegre etmek, karayolu ulaşımındaki problemlere yönelik nokta atışı tahminlerde bulunmak, bunlara yönelik çözüm üretmek ve karayolu ağ yönetimini sağlamak gibi işler için dijital ikiz teknolojisi çeşitli avantajlar sunabilmektedir (Gao vd., 2021). Örneğin Wu vd. (2023b), soğuk zincir lojistik sürecinde, bilgi entegrasyonunu sağlayan, paydaşlara akıllı hizmetler sunabilen, IoT ile bütünleştirilmiş dijital ikiz teknolojilerinin faydalı olabileceğini ortaya koymuştur.

Turizm endüstrisi ile birbirini besleyen havacılık endüstrisinin farklı alanlarında da dijital ikiz teknolojisinden yararlanılmaktadır. Dijital ikiz sayesinde yolcular, havalimanlarında bekleme süreleri içerisinde, sanal turlara katılabilmekte, uçuş başlayana kadar bazı dijital etkilere dahil olabilmektedirler. Yolcular ayrıca uçağa binecekleri kapı bilgisi ile binış işlemleri (boarding) için de dijital ikiz teknolojilerinden yararlanabilmektedir (Kahraman vd., 2024). Hollanda Schipol havalimanı, operasyonel süreçlerin verimliliğinin artırılması ve yolcu deneyiminin maksimize edilebilmesi için havalimanındaki tüm süreçleri dijital ikiz teknolojisi ile takip etmekte ve olası problemlere karşı proaktif bir yaklaşım sergilemektedir (Yavaş, 2022).

Havacılık endüstrisinin en önemli amaçlarından biri, emniyetin sağlanmasıdır (Chen & Chen, 2012). Bu kapsamda havayolu ile seyahatin emniyet gerekliliklerini yerine getirebilmek için, hava aracı bakım süreçlerinin doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Dalkılıç, 2017). Dijital ikiz teknolojisi, hava aracı bakım yönetim süreci için önemli avantajlar sunabilmektedir. Örneğin hava aracı ve hava aracı parçalarını yapısal olarak takip etmek, bu parçaların hasar / arıza tipini tahmin etmek, yakıt tüketimini

minimize edebilmek için dijital ikiz teknolojisi kullanılabilir (Yavaş, 2022; Lyotier, 2024).

İnsanı merkezine alan havacılık endüstrisinde, uçuş ekibi için kokpitin ergonomik olarak, yolcular için ise koltukların konforlu olarak tasarımı, sektör çalışanlarının verimlilik ve memnuniyet düzeyinin artırılması, stres düzeyinin azaltılması için de dijital ikiz teknolojisi yardımcı olabilmektedir (Yavaş, 2022). Tehlikeli ve özel kargoların havayolu ile elleçlenmesi süreci, insan ve çevre açısından son derece önemlidir (Zhao vd., 2018). Söz konusu süreçte yeni teknolojilerin kullanılması, talebin artmasına neden olabilmektedir (Ellis, 2010). Dijital ikiz teknolojisi, IoT gibi diğer teknolojilerle entegre edilerek, hava kargo sürecinde ortaya çıkabilecek problemleri tespit ve minimize etmek, karar verme sürecini kolaylaştırmak, izleme ve kontrol mekanizmaları oluşturabilmek için kullanılabilir (Wong vd., 2020).

#### **4.4. Ziyaretçi Deneyiminin Geliştirilmesinde Dijital İkiz Kullanımı**

Kullanıcıların dijital ikiz, metaverse gibi teknolojiler vasıtasıyla deneyimlerinin artırılmasına daha fazla önem verdiği bilinmektedir (Gallist & Hagler, 2023). Bu kapsamda dijital ikiz, son yıllarda turizm endüstrisinde, turist deneyimlerinin iyileştirilmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Karaca & Özkan Önem, 2023). Özellikle pandemi sonrasında oluşan yenedünya düzeni, bu tarz teknolojilerden daha fazla yararlanılmasına zemin hazırlamıştır (Özrili, 2021). Dijital ikiz teknolojilerinin, yapay zekâ ile birleşimiyle turizm işletmeleri, öğrenen, akıllı ve etkileşimli teknolojiler elde edebilmektedir (Lyotier, 2024). Bu kapsamda turizm işletmeleri, diğer işletmelerde olduğu gibi, dijital ikiz teknolojileri vasıtasıyla, tüketicilerin istek, beklenti ve ihtiyaçlarına yönelik doğru tahminlerde bulunabilmektedir (Yavaş, 2022). Ayrıca dijital ikiz teknolojileri, turistlerin, turizm deneyimlerini saklayıp analiz edebilmektedir (Ssin vd., 2021). Böylece turistlerin istek, ihtiyaç ve beklentileri doğrultusunda, dijital ikiz teknolojisi sayesinde, kişiselleştirilmiş hizmet ve öneriler sunulabilmekte, turistlerin sorularına detaylı cevaplar verilebilmektedir (Karaca & Özkan Önem, 2023).

Örneğin dijital ikiz teknolojileri ile turizm işletmeleri, turist deneyimini geliştirebilmek için rehberli sanal turlar düzenleyebilmekte (Gabellone, 2022), bu süreçler mobil uygulamalar ve oyunlaştırma ile entegre edilebilmektedir (Luther vd., 2023). Ayrıca turizm işletmeleri, bu teknoloji vasıtasıyla müşterileri için kişiselleştirilmiş rotalar oluşturarak, turizm deneyimini zenginleştirebilmektedir (Ssin vd., 2021). Dijital ikiz teknolojileri vasıtasıyla zenginleşmiş deneyim elde eden turistler, bu hizmetlerden memnun

olabilmekte, hizmet süreçlerine daha fazla katılım gösterebilmekte ve anlık geri bildirimde bulunabilmektedir (vaia.com, 2024). Dijital ikiz teknolojisi, turistlerin fiziksel turizm deneyimlerini zenginleştirebildiği gibi, hareket kabiliyeti kısıtlı ve turizm faaliyetlerine katılmak isteyen bireylere de yapay zekâ, VR ve AR teknolojilerinin entegrasyonu ile gerçekçi ve sürükleyici turizm deneyimi sunabilmektedir (Lyotier, 2024).

## 5. DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİ İLE İLGİLİ GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER

Son yıllarda pek çok sektörde yaşanan dijital dönüşüm, “akıllı” kavramının literatürde daha fazla duyulmasına zemin hazırlamıştır. Bu kapsamda akıllı turizm; turizm işletmeleri, turizm destinasyonları, turistler ve turizmin diğer paydaşlarına fırsat sunan bilgi teknolojilerinin turizm endüstrisinde adaptasyonunu içermektedir (Rahmadian vd., 2023). Akıllı turizmin gelişimini devam ettirmek ve daha iyi seviyeye taşımak için dijital ikiz teknolojileri, önemli fırsatlar sunabilmektedir (Litavniece vd., 2023).

### 5.1. Akıllı Turizm ve Dijital İkiz Teknolojisinin Geleceği

Bilgi teknolojileri, turizm endüstrisinin ana itici gücü olup, turizm faaliyetlerini pazarlama, yönetme, endüstrinin iş yapma ve turistlerin paydaşlarla etkileşim kurma biçimlerini değiştirmiştir (Shafiee vd., 2021). Bu doğrultuda bilgi teknolojilerinin yoğun kullanımı ile birbirilerini geliştiren akıllı turizm kavramı ortaya çıkmıştır.

Akıllı turizm, farklı yazarlar tarafından farklı açılardan farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Örneğin Gretzel vd. (2015) akıllı turizmi; turistik destinasyonların sürdürülebilir gelişimine, turizm faaliyetlerinin erişilebilir olmasına, turistlerin çevreyle etkileşim ve bütünleşmesinin kolaylaşmasına, turizm deneyiminin kalitesinin artmasına yardımcı olmak üzere en son teknolojileri kullanma anlayışına dayalı bir kavram olarak tanımlamıştır. Li vd. (2017)<sup>3</sup>ne göre ise akıllı turizm; bilgi hizmetleri de dahil olmak üzere her şeyi kapsayan teknolojilerin, turistik destek sistemidir. Bu doğrultuda akıllı turizmin bilgi teknolojileri ile yoğun bir ilişki içinde olduğu (Gretzel vd., 2015) ve bu turizm türünde temel hedefin, gerçek verilerle mevcut durumun anlaşılması, analiz edilmesi ve kişiselleştirmenin olduğunu ifade etmek mümkündür (Hamid vd., 2021).

Günümüzde akıllı turizm; verileri toplamak, işlemek ve analiz etmek için pek çok farklı ve ileri teknolojilerle desteklenmektedir (Tung vd., 2024). Büyük veri (big data), IoT, VR / AR ve yapay zekâ gibi teknolojiler sayesinde akıllı turizm, daha hızlı ve etkili gelişim fırsatını yakalayabilmiştir (Li vd.,

2024). Akıllı turizme gelişme fırsatını sunan bir diğer önemli teknoloji de elbette dijital ikizdir (Rahmadian vd., 2023). Dijital ikiz tabanlı teknolojilerle, akıllı turizm kapsamında, turizm destinasyonları görselleştirilebilmekte ve bu görsellerle destinasyonların trafik durumu, meteorolojik koşulları, çevresi izlenebilmekte ve analiz edilebilmektedir (Li vd., 2024). Benzer şekilde akıllı turizm kapsamında dijital teknolojiler ile daha gelişmiş ve etkili karar verme süreçleri (Rahmadian vd., 2023) ve stratejiler geliştirilebilmekte, akıllı turizm unsurları daha iyi yönetilebilmektedir (urbim.io, 2024). Bu önemli iki unsurun birleşimi ile ilgi çekici ve interaktif deneyimler eklenebilmektedir. Böylece turistlerin bu destinasyonları tekrar ziyaret etme niyetleri oluşturulabilmektedir (Gallist ve Hagler, 2023). Dijital ikiz ile akıllı turizm uygulamaları sayesinde paydaşlar ve endüstrinin tamamı, rekabetçi avantaj elde edebilmektedir (Litavnicce vd., 2023). Son olarak bu iki unsurun birleşimi neticesinde oluşan avantajların, destinasyonlarda yaşayan sakinlerin yaşam kalitesinin artmasına da katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Rahmadian vd., 2023).

## **5.2. Dijital İkiz Teknolojisinin Sürdürülebilir Turizme Katkıları**

Turizm endüstrisi, ülke ekonomilerinin en dinamik endüstrilerinden biri sayılmakta olup; ekonomik, sosyal, kültürel ve çevresel kalkınmanın önemli kaynaklarından sayılmaktadır (Mutdoğan & Öktem, 2024). Ancak son yıllarda, kalkınmanın sürdürülebilir olması gerekliliği de ortaya çıkmış ve özellikle sürdürülebilirlik kavramı, dünyanın ve birçok endüstrinin en önemli problemlerinden biri haline gelmiştir. Bu endüstrilerden birisi de turizm olup; bu alanda sağlanan sürdürülebilirlik düzeyinin, endüstrinin büyümesine katkı sağladığı belirtilmektedir (Shaficee vd., 2023).

Sürdürülebilir turizm; bugün ve gelecekte, ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri dikkate alan, tüm paydaşların ihtiyacını karşılayan turizm olarak tanımlanmaktadır (Loureiro & Nascimento, 2021). Tanımdan yola çıkarak, sürdürülebilir turizmin çevreyi koruyup geliştirirken, aynı zamanda ekonomik kalkınma için de önemli katkılar sunmaya çalıştığını ifade etmek mümkündür (Ali & Frew, 2014). Bu doğrultuda sürdürülebilir turizm, paydaşlar arası iş birliğini sağlayarak, ekonomik hedefleri yerine getirmeye çalışırken, aynı zamanda destinasyonların çevresel ve sosyal unsurlarını dikkate alarak, bunların üzerindeki olumsuz etkileri bertaraf etme çabasında olduğu söylenebilir (Rahmadian vd., 2023). Sürdürülebilir turizm için teknolojik gelişmelere hızlı adapte olmak ve aktif bir çevre yönetimine sahip olmak gerekmektedir (Shaficee vd., 2023). Bu kapsamda bilgi teknolojileri destinasyonlarda sürdürülebilir turizmin gelişimini kolaylaştırabilmekte, stratejik birtakım araçlar sağlayabilmektedir (Gössling, 2017; Shaficee vd.,

2023). Turizmin daha sürdürülebilir hale gelebilmesi için sürekli eğitim, izleme ve işbirliği gerekmekte olup, bunlar bilgi teknolojileri sayesinde başarılabilmektedir (Gössling, 2017).

Sürdürülebilir turizm ve bu kapsamda turizm hizmetlerinin daha iyi anlaşılması, izlenmesi, ölçülmesi, değerlendirilmesi, geleceğe yönelik tahminler yapılması ve paydaş ilişkilerinin kurulması için dijital ikiz teknolojileri iyi bir araç görevi görmektedir (Ali & Frew, 2014; Rahmadian vd., 2023). Trafik, enerji tüketimi, kirlilik, kentsel altyapıların bakımı ve iyileştirilmesi gibi kent yönetiminde optimizasyonunu sağlamak için dijital ikiz teknolojileri kullanılabilmektedir (Shafiee vd., 2023). Dijital ikiz, bilginin toplanması, erişilebilir hale gelmesi, çevresel farkındalık yaratılması, çevresel kaynakların izlenmesi ve kullanımının azaltılması noktasında ciddi avantajlar sunabilmektedir (Lyotier, 2024; urbim.io, 2024; vaia.com, 2024). Dijital ikiz teknolojileri sayesinde sesli rehberlerin kullanılması sağlanmakta ve kullanıcılara verilen bilgiler sayesinde sürdürülebilir turizm ilkeleri, taraflara kolaylıkla iletilebilmektedir (Gössling, 2017).

Gössling (2002), çevresel sonuçların turizm faaliyetleri ile ilgili sürdürülebilirliği etkilediğini ifade etmiştir. Özellikle kültürel mirasın yok olmasına sebep olabilecek doğa olayları, kalabalık turist hareketleri, bakım süreçlerinin iyi işlenememesi gibi problemler, sürdürülebilir turizm için ciddi bir tehlike oluşturabilmektedir (Karaca & Özkan Önem, 2023). Bu kapsamda dijital ikiz teknolojileri, diğer teknolojilerle harmanlanarak akıllı ve sürdürülebilir turizm destinasyonlarının oluşturulabilmesine (Rahmadian vd., 2023) ve kültürel mirasa ilişkin koruma stratejilerinin geliştirilebilmesine katkı sunabilmektedir (Karaca & Özkan Önem, 2023). Ayrıca bu teknoloji turistleri, turizm destinasyonun daha az kalabalık zamanda ziyaret edilmesi konusunda yönlendirebilmekte, bu şekilde destinasyonlara yönelik taleplerin yönetimi sağlanabilmektedir. Bu yönde yapılan çalışmalar, hassas destinasyonların, sürdürülebilirlik kapsamında korunabilmesine de yardımcı olabilmektedir (Gössling, 2017).

## SONUÇ

Turizm endüstrisinde dijital ikiz teknolojisinin kullanımı, sektördeki çeşitli paydaşlara önemli avantajlar sunarak, operasyonel verimliliği artırmak ve deneyimleri optimize etmek için büyük bir potansiyel taşımaktadır. Örneğin turistler açısından değerlendirildiğinde dijital ikizler; daha erişilebilir turizm faaliyetlerine ulaşma ve kişiselleştirilmiş turizm hizmetleri alabilme avantajını sunmaktadır. Turizm işletmeleri ve karar vericiler; pazarlama stratejileri geliştirme, maliyetleri azaltma, sürdürülebilir

rekabetçi avantaj elde etme ve turizm faaliyetleri sunma, entegre yönetim sistemleriyle kaynakları etkin kullanma gibi faydalar, dijital ikiz sayesinde kazanılabilmektedir, ancak dijital ikiz teknolojisinin, turizm endüstrisine sunabileceği faydalardan yararlanabilmek için dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar vardır. Bu kapsamda dijital ikizler aracılığıyla sürdürülebilir destinasyonlar geliştirmek için etkili ve bütüncül politikaların geliştirilmesi faydalı olabilir (Shafiee vd., 2023). Ayrıca dijital ikizin etkili olabilmesi ve turist deneyiminin artırılabilmesi için turistlerin, fiziksel ziyaret esnasında kazanabilecekleri duygu seviyelerinin yakalanması önemlidir (Gabellone, 2022). Bu çerçeveden değerlendirildiğinde, turizm endüstrisi için dijital ikiz teknolojilerinin, kaliteli bilgileri içeren, kullanımı kolay, ara yüzü basit ve hızlı olması gerekmektedir (Ssin vd., 2021; Deng vd., 2024). Böylece turistlerin söz konusu teknolojileri faydalı ve kullanımı kolay olarak algılaması sağlanabilecektir. Ayrıca söz konusu teknolojilere, oyunlaştırma sistemleri dahil edilerek (Ssin vd., 2021), algılanan eğlence seviyesi yükseltilebilir. Benzer şekilde dijital ikiz teknolojileri, sosyal medya platformları ile entegre edilerek hem yeni temas noktaları oluşturulabilir hem de turistlerin deneyimleri paylaşarak potansiyel turistlerin etkilenmesi sağlanabilir.

Ayrıca dijital ikiz teknolojileri ile sanal kopyaları oluşturulan destinasyon, otel ve mekânların fotoğraflarının, renk tonu ve parlaklığına dikkat edilmesi gerekmektedir (Deng vd., 2024). Benzer şekilde özellikle kültürel mirasın dijital ikiz ile sanal ortamlara aktarılırken, yükülerinin de eklenmesi faydalı olabilecektir (Karaca & Özkan Önem, 2023). Böylece söz konusu destinasyonların, turistlerin zihninde daha iyi imgenmesi sağlanabilecektir. Bunun yanında, bu sanal ortamlarda farklı dil seçenekleri ile marka temas noktaları kurulabilir (Deng vd., 2024). Böylece turistlerin, turizm faaliyetleri ile ilgili duygusal tepkileri olumlu yönde etkilenebilir. Dijital ikizin tasarlanmasında ve uygulanmasında, turistlerin geri bildirim yapabileceği mekanizmalar geliştirilebilir (Gallist & Hagler, 2023). Etik konuların ve verilerin gizliliğinin de önem verilmesi gereken (Lytier, 2024) turizm dijital ikizleri için, uluslararası formlara uygun, diğer teknolojilerle entegre sistemler tasarlanabilir (Karaca & Özkan Önem, 2023). Böylece turist memnuniyetinin sağlanması ve turizm endüstrisinin, sürdürülebilir rekabetçi avantaj elde edebilmesi mümkün olabilecektir.

Son olarak, bilindiği üzere doğal afetler, turizm endüstrisinin sürdürülebilirliği üzerinde negatif etki yaratmaktadır (Genç, 2018). Türkiye’de de sıklıkla doğal afetler yaşanabilmektedir. Bunun en yakın örneği 6 Şubat 2022 tarihinde yaşanan depremlerdir. Depremlerden etkilenen illerde, can ve mal kaybının haricinde pek çok kültürel alan da, ya kısmen ya da tamamen hasar görmüştür (Varnacı Uzun, 2023). Bu tarz

hasarlarda toplumun kültürel hafızası da hasar görmekte, gelecek nesillere aktarım noktasında problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca genellikle doğal afetler neticesinde zarar gören kültürel mirasın onarılması çalışmaları daha uzun vadede gerçekleşebilmektedir (Varnacı Uzun & Somuncu, 2023). Bu kapsamda kültürel turizmin önemli unsurlarından olan kültürel miras unsurlarının etkin bir şekilde yönetilmesi için dijital ikiz teknolojilerinden daha yoğun bir şekilde yararlanılması gerektiği düşünülmektedir. Aksi durumda başta doğal afetler olmak üzere diğer yaşanması olası problemler ile kültürel varlıklar zarar görebilir hatta tamamen kaybedilebilir (Kaypak, 2010). Dijital ikiz teknolojilerinden yararlanılarak, mevcut kültürel miraslar korunabilecek, kısmen ya da tamamen hasar gören kültürel unsurların kopyaları, sanal ortam vasıtasıyla geleceğe aktarılabilir (Akkuş & Akkuş, 2017).

## Kaynakça

- Aghaabbasi, M., & Sabri, S. (2025). Potentials of digital twin system for analyzing travel behavior decisions. *Travel Behaviour and Society*, 38, 100902.
- Aheleroff, S., Zhong, R. Y., Xu, X., Feng, Z., & Goyal, P. (2020a). Digital Twin enabled mass personalization: A case study of a smart wetland maintenance system. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference (84263)*, p. V002T07A025). American Society of Mechanical Engineers.
- Aheleroff, S., Xu, X., Lu, Y., Aristizabal, M., Velásquez, J. P., Joa, B., & Valencia, Y. (2020b). IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study. *Advanced Engineering Informatics*, 43, 101043.
- Akkuş, G., & Akkuş, Ç. (2017). Artırılmış gerçekliğin akış deneyimine etkisi: Hatay Arkeoloji Müzesi örneği. In *1. Uluslararası Turizmin Geleceği İnovasyon, Girişimcilik Və Sürdürülebilirlik Kongresi (Futourism)* (ss. 1387-1394). Mersin.
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919.
- Ali, A., & J. Frew, A. (2014). ICT and sustainable tourism development: an innovative perspective. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 5(1), 2-16.
- Alrashed, S., Min-Allah, N., Ali, I., & Mehmood, R. (2022). COVID-19 outbreak and the role of digital twin. *Multimedia Tools and Applications*, 81(19), 26857-26871.
- Aynacı, İ. (2020). Dijital ikiz ve sağlık uygulamaları. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 70-79.
- Bao, J., Guo, D., Li, J. & Zhang, J. (2019). The modelling and operations for the digital twin in the context of manufacturing. *Enterprise Information Systems*, 13(4), 534-556.
- Bolton, R.N., McColl-Kennedy, J.R., Cheung, L., Gallan, A., Orsingher, C., Witell, L. and Zaki, M. (2018). Customer experience challenges: bringing together digital, physical and social realms. *Journal of Service Management*, 29(5), 776-808, doi: 10.1108/josm-04-2018-0113.
- Borseková, K., Vaňová, A., & Vitálišová, K. (2017). Smart specialization for smart spatial development: Innovative strategies for building competitive advantages in tourism in Slovakia. *Socio-Economic Planning Sciences*, 58, 39-50.
- Buhalis, D. & Law, R. (2008). Progress in information technology and tourism management: 20 Years on and 10 years after the Internet - The state of eTourism research. *Tourism Management*, 29(4), 609-623.



- Campo, G. D., Piovano, L., Oostrom, F. P. L., Saavedra, E., Zissis, G., Santamaria, A., (2023). Digital twins for street lighting: challenges for a virtual reality solution based on internet-of-things devices and photometry rendering. 2023 IEEE Sustainable Smart Lighting World Conference & Expo (LS18) 8-10 June 2023.
- Camposano, J.C., Smolander, K. and Ruippo, T. (2021). Seven metaphors to understand digital twins of built assets. *IEEE Access*, (9), 27167-27181, doi: 10.1109/access.2021.3058009.
- Chen, C. F., & Chen, S. C. (2012). Scale development of safety management system evaluation for the airline industry. *Accident Analysis & Prevention*, 47, 177-181.
- Dalkilic, S. (2017). Improving aircraft safety and reliability by aircraft maintenance technician training. *Engineering failure analysis*, 82, 687-694.
- Dang, X., Liu, W., Hong, Q., Wang, Y., & Chen, X. (2023). Digital twin applications on cultural world heritage sites in China: A state-of-the-art overview. *Journal of Cultural Heritage*, 64, 228-243.
- Das, S., (2023). Digital twin technology: enhancing efficiency and decision-making in industry 4.0. Available at SSRN 4459204
- Deng, B., Wong, I. A., & Lian, Q. L. (2024). From metaverse experience to physical travel: the role of the digital twin in metaverse design. *Tourism Review*, 79(5), 1076-1087.
- Doğan, S., & Bayar, S. B. (2024). Hospitality and tourism marketing in an artificially intelligent world. *Karadeniz Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 51-72.
- Ellis, J. (2010). Undeclared dangerous goods—Risk implications for maritime transport. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 9, 5-27.
- Florido-Benítez, L. (2024). Generative artificial intelligence: a proactive and creative tool to achieve hyper-segmentation and hyper-personalization in the tourism industry. *International Journal of Tourism Cities*. <https://doi.org/10.1108/IJTC-05-2024-0111>
- Friederich, J., Francis, D. P., Lazarova-Molnar, S., & Mohamed, N. (2022). A framework for data-driven digital twins of smart manufacturing systems. *Computers in Industry*, 136, 103586.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C. & Barlow, C. (2020). Digital twin: enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, (8), 108952-108971.
- Gabellone, F. (2022). Digital twin: A new perspective for cultural heritage management and fruition. *Acta Imeko*, 11(1), 1-7.
- Gabor, T., Belzner, L., Kiermeier, M., Beck, M.T. and Neitz, A. (2016). A simulation-based architecture for smart cyber-physical systems. *IEEE international conference on autonomic computing, ICAC*, 374-379.

- Gao, Y., Qian, S., Li, Z., Wang, P., Wang, F., & He, Q. (2021, July). Digital twin and its application in transportation infrastructure. In *2021 IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI)* (pp. 298-301). IEEE.
- Gallist, N., & Hagler, J. (2023, December). Tourism in the Metaverse: Digital twin of a city in the Alps. *Proceedings of the 22nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 568-570). NY, United States: Association for Computing Machinery.
- Genç, R. (2018). Catastrophe of environment: The impact of natural disasters on tourism industry. *Journal of Tourism & Adventure*, *1*(1), 86-94.
- Glaessgen, E., & Stargel, D. (2012). The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA* (p. 1818).
- Go, H., & Kang, M. (2023). Metaverse tourism for sustainable tourism development: Tourism agenda 2030. *Tourism Review*, *78*(2), 381-394.
- Govindasamy, A., Rajeswari, D., Srinivasan, R., Arivarasi, A., (2024). Cost-Effective digital twin Design for entertainment Enterprise's through Machine learning. *Entertainment Computing* *50*, 100648. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100648>.
- Gössling, S. (2002). Global environmental consequences of tourism. *Global Environmental Change*, *12*(4), 283-302.
- Gössling, S. (2017). Tourism, information technologies and sustainability: An exploratory review. *Journal of Sustainable Tourism*, *25*(7), 1024-1041.
- Gretzel, U., Reino, S., Kopera, S., & Koo, C. (2015). Smart tourism challenges. *Journal of Tourism*, *16*(1), 41-47.
- Grieves, M., (2014). Digital Twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. CIMBA University, Paderno del Grappa.
- Hamid, R. A., Albahri, A. S., Alwan, J. K., Al-Qaysi, Z. T., Albahri, O. S., Zaidan, A. A., Alnoor, A., Alamoodi, A.H., & Zaidan, B. B. (2021). How smart is e-tourism? A systematic review of smart tourism recommendation system applying data management. *Computer Science Review*, *39*, 100337.
- Hutson, J., Weber, J., & Russo, A. (2023). Digital twins and cultural heritage preservation: A case study of best practices and reproducibility in Chiesa dei SS Apostoli e Biagio. *Art and Design Review*, *11*, 15-41.
- Javaid, M., Haleem, A., & Suman, R. (2023). Digital twin applications toward industry 4.0: A review. *Cognitive Robotics*, *3*, 71-92.
- Kahraman, G., İncesu, A. C., & Küçükergin, F. N. (2024). Turizmde dijitalleşmenin olumlu-olumsuz etkileri üzerine bir değerlendirme. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, *12*(1), 735-754.

- Karaca, Ş., & Önem, E. Ö. (2023). Dijital ikiz teknolojisinin turizm sektöründe kullanım alanları ve etkileri. *Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 158-168.
- Kaypak, Ş. (2010). Kültürel turizm potansiyelinde kent markalaşması: Hatay örneği. In N. Kozak & M. Kozak (Eds.), *I. Disiplinlerarası Turizm Araştırmaları Kongresi Bildiri Kitabı*, (ss.1135-1150) .Nevşehir Ankara.
- Khajavi, S.H., Motlagh, N.H., Jaribion, A., Werner, L.C., & Holmström, J. (2019). Digital twin: vision, benefits, boundaries, and creation for buildings. *IEEE Access*, 7, 147406-147419.
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. and Sihn, W. (2018). Digital twin in manufacturing: categorical literature review and classification. *IFAC-papers On Line*, 51(11), 1016-1022, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.474.
- Li, Y., Hu, C., Huang, C., & Duan, L. (2017). The concept of smart tourism in the context of tourism information services. *Tourism management*, 58, 293-300.
- Li, S., Feng, Y., Chu, Q., & Chen, G. (2024). Design of smart tourism visual analysis platform based on digital twin. *Proceedings of the 2024 IEEE 3rd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)* (pp. 1300-1303). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- Litavniece, L., Kodors, S., Adamoniene, R., & Kijasko, J. (2023). Digital twin: An approach to enhancing tourism competitiveness. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 15(5), 538-548.
- Loureiro, S. M. C., & Nascimento, J. (2021). Shaping a view on the influence of technologies on sustainable tourism. *Sustainability*, 13(22), 12691.
- Luther, W., Baloian, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital twins and enabling technologies in museums and cultural heritage: An overview. *Sensors*, 23(3), 1583.
- Lyotier, J. (2024). Journey to the future: How digital twins and AI are reimagining travel. Retrieved from <https://www.travelai.com/resources/journey-to-the-future-how-digital-twins-and-ai-are-reimagining-travel/>
- Meierhofer, J., West, S., Rapaccini, M., & Barbieri, C. (2020). The digital twin as a service enabler: From the service ecosystem to the simulation model. In *Exploring Service Science: 10th International Conference, IESS 2020, Porto, Portugal, February 5–7, 2020, Proceedings 10* (pp. 347-359). Springer International Publishing.
- Merino, J. A. & Kanthareuben, R. (2023). How digital twins can optimize travel and hospitality operations. Retrieved from <https://aws.amazon.com/tr/blogs/industries/how-digital-twins-can-optimize-travel-and-hospitality-operations/>

- Misra, N. (2024). AI, digital twins and museums. Retrieved from <https://sundayguardianlive.com/featured/ai-digital-twins-and-museums>
- Mutdoğan, A. S., & Öktem, M. K. (2024). Sürdürülebilir kalkınma için turizm olanaklarının geliştirilmesi: Kuşadası örneği. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 33(2), 135-161.
- Olaf, J.M. and Hanser, E. (2019). Manufacturing in times of digital business and industry 4.0 – the industrial internet of things not only changes the world of manufacturing. *Advances in Manufacturing Engineering and Materials*, Springer, Cham, 11-17.
- Olivotti, D., Dreyer, S., Lebek, B. & Breitner, M.H. (2019). Creating the foundation for digital twins in the manufacturing industry: an integrated installed base management system. *Information Systems and E-Business Management*, 17(1), 89-116, doi: 10.1007/s10257-018-0376-0.
- Özrili, Y. (2021). Olmayan müze: Kripto sanat. *Turizm Çalışmaları Dergisi*, 3(1), 1-14.
- Panetta, K. (2018). Gartner top 10 strategic technology trends for 2019. Gartner, available at: <https://gtmr.it/2UFB33a> (accessed 21 July 2021).
- Papanagnou, C.I. (2020). A digital twin model for enhancing performance measurement in assembly lines. in Farsi, M., Hosseinian-Far, A., Daneshkhan, A. and Jahankhani, H. (Eds), *Digital Twin Technologies and Smart Cities*, Springer Nature Switzerland AG, 53-66.
- Papathodorou, A. (2021). A review of research into air transport and tourism: Launching the annals of tourism research curated collection on air transport and tourism. *Annals of Tourism Research*, 87, 103151.
- Puri, V. (2024). The future of sustainable hotel sales: Leveraging digital twins for revenue and environmental benefits. Retrieved from <https://hospitality.economicstimes.indiatimes.com/news/speaking-heads/the-future-of-sustainable-hotel-sales-leveraging-digital-twins-for-revenue-and-environmental-benefits/113725944>
- Rahmadian, E., Feitosa, D., & Virantina, Y. (2023). Digital twins, big data governance, and sustainable tourism. *Ethics and Information Technology*, 25(4), 61.
- Richardson, J. (2020). What digital twin technology means for museums. Retrieved from <https://www.museumnext.com/article/what-digital-twin-technology-means-for-museums/>
- Rosselló, J., Becken, S., & Santana-Gallego, M. (2020). The effects of natural disasters on international tourism: A global analysis. *Tourism Management*, 79, 104080.

- Roy, B. K., & Pagaldiviti, S. R. (2023). Advancements in arena technology: Enhancing customer experience and employee adaptation in the tourism and hospitality industry. *Smart Tourism*, 4(1), 2330.
- Sang, F., Wu, H., Liu, Z., & Fang, S. (2022, August). Digital twin platform design for Zhejiang rural cultural tourism based on unreal engine. *Proceedings of the 2022 International Conference on Culture-Oriented Science and Technology (CoST)* (pp. 274-278). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., & Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 130, 103469.
- Shafiee, S., Rajabzadeh Ghatari, A., Hasanzadeh, A., & Jahanyan, S. (2021). Smart tourism destinations: A systematic review. *Tourism Review*, 76(3), 505-528.
- Shafiee, S., Jahanyan, S., Ghatari, A. R., & Hasanzadeh, A. (2023). Developing sustainable tourism destinations through smart technologies: A system dynamics approach. *Journal of Simulation*, 17(4), 477-498.
- Sigala, M. (2018). New technologies in tourism: From multi-disciplinary to anti-disciplinary advances and trajectories. *Tourism Management Perspective*, 25, 151-155.
- Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Thakur, A. K., Gupta, L. R., Priyadarshi, N., & Twala, B. (2024). Integration of advanced digital technologies in the hospitality industry: A technological approach towards sustainability. *Sustainable Engineering and Innovation*, 6(1), 37-56.
- Sokolov, O., Hosovsky, A., Ciszak, O., Ivanov, V., & Pavlenko, I. (2024, 2024//). A Digital Twin of the Soft Robot with a Pneumatic Muscle Actuator. *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance III*, Cham
- Ssin, S., Suh, M., Lee, J., Jung, T., & Woo, W. (2021). Science tour and business model using digital twin-based augmented reality. In M. C. tom Dieck, T. H. Jung & S. M. C. Loureiro (Eds.), *Augmented reality and virtual reality: New trends in immersive technology* (pp. 267-276). Cham: Springer International Publishing.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A. & Nee, A.Y. (2018). Digital twin in industry: state-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, (15)4, 2405-2415.
- Timperi, M., Kokkonen, K., Hannola, L., & Elfvengren, K. (2023). Impacts of digital twins on new business creation: insights from manufacturing industry. *Measuring Business Excellence*, 27(3), 433-448.
- Tung, D. T., Ngoc, N. T. B., & Nga, D. T. (2024). Investigating the evolution of smart tourism technology and tourism destination image: A biblio-

- metric analysis. *Hue University Journal of Science: Economics and Development*, 133(5C), 25-42.
- Oehlschläger, D., Glas, A. H., & Eßig, M. (2024). Acceptance of digital twins of customer demands for supply chain optimisation: an analysis of three hierarchical digital twin levels. *Industrial Management & Data Systems*, 124(3), 1050-1075.
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison. *Ieee Access*, 6, 3585-3593.
- Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D. & Zuhlke, D. (2016). Future modeling and simulation of CPS-based factories: an example from the automotive industry. *Ifac-Papersonline*, 49(31), 97-102.
- Varnacı Uzun, F. (2023). Tripadvisor ziyaretçi yorumları ile Hatay Arkeoloji Müzesi'nin depremler öncesi durumunun değerlendirilmesi. *Nerşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, İhtislaşma Özel Sayısı*, 18-41.
- Varnacı Uzun, F., & Somuncu, M. (2023). Depremler sonrası antakya kentsel kültürel mirası hakkında değerlendirme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 10(1), 9-23.
- Vanderhorn, E. & Mahadevan, S. (2021). Digital twin: generalization, characterization and implementation, *Decision Support Systems*, 145, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113524>
- Wong, E. Y. C., Mo, D. Y., & So, S. (2020). Closed-loop digital twin system for air cargo load planning operations. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 801-813.
- Wray, S. (2022). Three cities on the benefits and challenges of digital twins. Retrieved from <https://cities-today.com/three-cities-on-the-benefits-and-challenges-of-digital-twins/>
- Wu, S., Lin, F., Hu, C., Erbolat, A., Tang, B., & Sun, K. (2023). Metaverse tourism: An industrial structure analysis based on the digital twin. *The Frontiers of Society, Science and Technology*, 5(15), 24-29.
- Wu, W., Shen, L., Zhao, Z., Harish, A. R., Zhong, R. Y., & Huang, G. Q. (2023b). Internet of everything and digital twin enabled service platform for cold chain logistics. *Journal of Industrial Information Integration*, 33, 100443.
- Yavaş, V. (2022). Havacılıkta dijitalleşme ve verimlilik ilişkisi üzerine bir içerik analizi. *Verimlilik Dergisi, Özel Sayı*, 225-237.
- Yukcu, S., & Aydın, O. (2021). Digital twin as a cost reduction method. arXiv preprint arXiv:2107.14109
- Zaman, U., Koo, I., Abbasi, S., Raza, S. H., & Qureshi, M. G. (2022). Meet your digital twin in space? Profiling international expat's readiness for metaverse space travel, tech-savviness, COVID-19 travel anxiety, and travel fear of missing out. *Sustainability*, 14(11), 6441.

- Zhang, Y., Khan, S. A. R., Kumar, A., Golpîra, H., & Sharif, A. (2019). Is tourism really affected by logistical operations and environmental degradation? An empirical study from the perspective of Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 227, 158-166.
- Zhang, Y. (2023). Digital twin system for tourist attractions based on 3D GIS technology. *Advances in Computer and Communications*, 4(5), 324-327.
- Zhao, H., Zhang, N., & Guan, Y. (2018). Safety assessment model for dangerous goods transport by air carrier. *Sustainability*, 10(5), 1306.
- Zhuang, C., Liu, J. and Xiong, H. (2018). Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(1-4), 1149-1163.

#### İnternet Kaynakları

- [https://matterport.com/learn/digital-twin/examples?srsltid=AfmBOorPm9UMJrb-7Vox5uehEqpP-jAHI\\_dCtBw8fR\\_11KDaXbcNP04UF](https://matterport.com/learn/digital-twin/examples?srsltid=AfmBOorPm9UMJrb-7Vox5uehEqpP-jAHI_dCtBw8fR_11KDaXbcNP04UF)
- <https://www.radissonhotels.com/en-us/corporate/media/press-releases/radisson-hotel-group-enters-next-phase-of-digital-transformation>
- <https://torrevieja.es/en/noticias/2024-03-25-torrevieja-promotes-sustainable-tourism-through-the-development-of-digital-twin>
- <https://urbim.io/from-digital-twin-to-a-smart-tourist-destination/>
- <https://www.vaia.com/en-us/explanations/hospitality-and-tourism/technology-in-tourism/digital-twins-tourism/>

