

DİJİTAL İKİZLER VE İNŞAAT SEKTÖRÜNDEKİ YERİ

Elif Zeynep CEYLAN
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
elifzeynepce@gmail.com

ÖZET

İnşaat sektörü dijital bir dönüşüm geçirmektedir. Her geçen gün yeni teknolojiler sektöre entegre edilmeye çalışılmaktadır. Son yıllarda öne çıkan gelişmelerden biri olan Dijital İkiz kavramı bu makale kapsamında ele alınmaktadır. Çalışmada öncelikle Dijital İkiz (Digital Twin) kavramı tanıtılmış, inşaat sektörüne odaklanılarak kullanıldığı sektörler, sağladığı faydalar incelenmiş, sektörde yükselen bir dijital çalışma biçimi olan BIM ile ilişkisi tartışılmıştır. Makale aynı zamanda, yapı sektörü için bir Dijital İkiz'in nasıl oluşturulacağı konusunu ele almıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijital İkiz; İnşaat; Yapı Yaşam Döngüsü.

ABSTRACT

The aim of this study is to define the concept of Digital Twin and its benefits to construction sector. The sectors using the Digital Twin concept are examined with a focus on the construction industry. Then, its relationship with BIM, known as one of the most important developments in architecture, engineering and construction is argued. In addition; The issue of how to create a Digital Twin for the building sector is also examined.

Keywords: Digital Twin; Construction; Building Life Cycle.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü dijitalleşmeye doğru yönelirken yapı proje süreçlerinden daha çok verim alabilmek amacıyla, pek çok teknoloji bu süreçlere hızla dahil edilmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda, Dijital İkiz teknolojisinin ne olduğu, katkıları, kullanımı, inşaat

sektörüne ne gibi etkisi olabileceği konuları aşağıda tartışılacaktır. Bu çalışma ile, sektördeki profesyoneller için yol gösterici olması açısından literatüre bu alanda katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Yapı yaşam döngüsü, yapı projesinin ilk tasarlandığı andan yıkıma kadar süren, çok evreli uzun bir döngüden oluşmaktadır. Bir yapı projesi için herhangi bir evrede doğru karar vermek önemli bir etken ise Dijital İkiz varlığının bu karar sürecinde kritik bir rol oynayacağı söylenebilir. Tasarım, uygulama, işletme ve yıkıma kadar yapıyı incelemek gerekebilir. Bu durum sektördeki tüm katılımcılar için önemli katkılar sağlayabilecek bir gelişmedir.

Diğer yandan, inşaat sektörü yüksek miktarda yatırımın, enerji ve iş gücü tüketiminin olduğu bir sektördür. Mevcut geleneksel yöntemlerle yapılan işlerden maksimum fayda sağlamak, yeterli verimi almak mümkün görünmemektedir. BIM'i tanımlamak, kapsamını kavramak, etki alanını ve gelişeceği yönü anlamak önemli bir gereksinimdir. Daha kapsamlı bir yaklaşım ile düşünüldüğünde, BIM'in de dahil olduğu bu gibi bilgi teknolojilerinin inşaat sektörünün gelişim yönünü belirleyeceği öngörülebilmektedir. Bu gelişim yönü üzerine yapılan ileriye dönük tahminler ise, sanal dünya ile gerçek ürünün birleştiği Dijital İkiz kavramını gündeme getirmektedir.

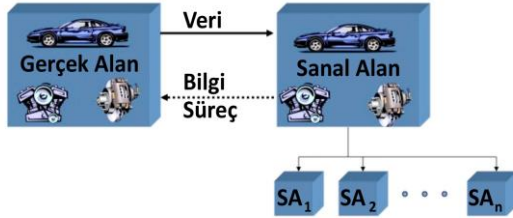
2. DİJİTAL İKİZLER

Dijital İkiz, yaşam döngüsü boyunca fiziksel bir nesnenin, öğrenme ve muhakeme için gerçek zamanlı veri kullanan sanal bir temsilidir (IBM, 2019). Genel anlamda fiziksel dünya ile sanal dünya arasındaki bağlantı olarak tanımlanabilir. Literatürde bu alana dair yazılmış ilk kaynaklara göre; Dijital İkiz oluşturmak için üç temel gereksinim vardır: Gerçek dünyada gerçek bir nesne, sanal dünyada sanal bir nesne ve gerçek dünya ile sanal dünya arasında bir bağlantı (Grievess, M., 2016).

Başlangıçta ürün üretimi ve ürün yaşam döngüsü yönetimi alanlarında karşılaşılan dijital ikiz kavramı, astronomi ve havacılık gibi farklı alanlardaki çalışmalarda kullanılmıştır (Piascik, R. ve Ark. 2010). NASA' nın sürdürülebilir uzay araştırmalarında yer aldığı görülmüştür (Caruso, P. ve Ark. 2010). Enerji, otomobil, sağlık, sanayi, askeri gibi başka pek çok farklı endüstride de kullanılabilir. Özellikle süreçleri yüksek maliyetli olan endüstrilerde kullanılması önemlidir ve avantajlıdır. Uçak motoru, rüzgar türbini gibi performans etken, yüksek bütçeli, en kısa arıza süresinin bile büyük ölçüde para ve enerji kaybı yarattığı endüstri ürünlerinin testleri için bazı kopyalar üretilmiş ve çeşitli platformlarda tanıtılarak sunulmuştur (URL-1).

Tüm farklı sektörlere bakıldığında, inşaat sektörünün de yüksek bütçelerin işlem gördüğü, kayıp, kazanç ve verimlilik kavramlarının temel alındığı geniş bir sektör olması sebebiyle, Dijital İkiz bu alan için ele alınmalı ve uygulanmalıdır.

Bir Dijital İkiz yalnızca bir nesneyi değil, nesneye ait parçaları, sistemi veya bir tesisi temsil edebilmektedir (Şekil 2). Fiziksel dünyadaki nesnenin yapısını tanımlayan bir dizi sanal veriyi barındırabilmektedir. Verileri görsel olarak temsil etmekle birlikte modeli analiz etme ve simüle edebilme özelliklerine sahiptir. Ölçümleme ve raporlama yapılabilir.



Şekil 1. Kavramsal olarak Dijital İkiz
(Grieves, M., 2001)

Dijital İkiz oluşturma ve kullanmanın amacı; fiziksel nesneyi, başka bir ifadeyle, gerçek bir nesneyi, tüm ömrü boyunca izleyebilme, yaptığı işi takip etme, kontrol etme, doğru bir şekilde çalışmasını sağlama gibi bir takım ihtiyaçlara cevap vermektir. Ayrıca, yapılacak olası bir değişikliği gerçek nesnede uygulamadan önce sanal ortamda test edebilmektedir (Grives, M. 2016). Herhangi bir değişiklik, sanal temsilde çok sayıda ortam ve prototip yaratılarak denenebilmektedir. Çoğunlukla insanların zihninde kalan, merak edilen her varyasyonun gerçekte uygulanması yüksek maliyetli zor bir süreç olabilir. Zihindeki oluşumların, farklı şartlara sahip birden fazla ortam yaratılarak izlenmesi gerekebilir. Bu bağlamda Dijital ikiz teknolojisi, arzu edilen bu ortamı

bilgisayarların dijital alanı içinde sanal olarak var edebilmektedir (Şekil 1).

Bir Dijital İkiz, gerçek zamanlı çalışabilir ve her aşamada iletişim halinde olduğu kullanıcıya nesneye ait istenilen bilgileri sunabilir. Statik bir sistem değil, her aşamada senkronize olabilen, yaşayan dinamik bir modeldir. Erken evre tasarımın başında ortaya çıkar, üretim aşamasında şekil alır, işletmede gelişir, süreç sonunda ise elden çıkarılır.



Şekil 2. Dijital İkiz Temsilleri
(GE Digital, 2016)

3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL İKİZLER

Bir yapı, yaşam döngüsü boyunca tasarım, uygulama, kullanım, onarım, yıkım gibi çeşitli evrelerden geçmekte ve mimar, mühendis, yüklenici, kullanıcı, işletmeci gibi farklı sorumluluklara sahip çok sayıda katılımcıya sahip olabilmektedir. Tüm bu evrelerde yüksek miktarda bilgi ve ürün üretilmektedir. Bu anlamda inşaat sektöründeki tüm katılımcıların yapı ile ilgili daha fazla bilgiye sahip olmaları, yapıyı doğru anlamaları ve yaşam döngüsü boyunca verdikleri hizmeti gözlem altında tutabilmeleri oldukça önemlidir. İnşaat sektöründeki yapılar için Dijital İkiz oluşturulması, süreç ve katılımcılar arasındaki etkileşimi güçlendirebilmektedir.

Dijital İkiz kavramının temelinde yatan sanal nesne fiziksel nesne ve aralarındaki bağlantı esası düşünüldüğünde, bir yapının Dijital İkiz'inin, yapı projesinin fiziksel dünyada karşılık bulmaya başlamasıyla hayat bulacağı söylenebilir. Yapılaşmaya dair üretimin başladığı noktadan itibaren Dijital İkiz için veri toplama başlatılabilir. Bu süreç kavramsal olarak, yapı projesine ilişkin herhangi bir fiziksel üretiminin başlamasıyla eşleştirilebileceği gibi bir başka bakış açısıyla, yapı faaliyetlerinin yapıldığı şantiye alanının kurulumuyla da eşleştirilebilir.

İnşaat sektöründe üretim, aynı zamanda zorlu bir karar verme sürecidir. Tüm süreçlerde daha doğru ve güvenilir kararlar vermek için, yapıya ilişkin tüm bilgilere her aşamada kolaylıkla erişim

sağlanabilmelidir. Dijital İkiz, yapıya ait bilgilerle donatılı, kullanıcı ile nesne arasında etkileşim kurabilen dinamik yapısı ile bu gereksinim ve sorunlara çözüm sunmaktadır. Yapının yaşam döngüsü boyunca bilgiler toplanabilir, depolanabilir, yönetilebilir, tekrar kullanılmak üzere saklanabilirler. Yapıya ömrü boyunca bağlı kalabilir. İnşa edilen bir yapıdaki değişiklikler günlük ve saatlik olarak izlenebilir. Herhangi bir tutarsızlığın erken tespiti yapılabilirken, daha sonraki benzer durumlar için ek bir bilgi katmanı olarak tarihleriyle birlikte veriler kaydedilebilir, detaylı bir analize tabi tutulabilir. Eş zamanlı olarak proje yöneticisi, işletmeci veya kullanıcı gibi ilgili kişilerce benzer hataların oluşmaması için önlemler alınabilir. Bu amaçla iş akışında değişiklikler yapılabilir, yeni bir planlamaya gidilebilir ve düşük performanslı alanlar belirlenebilir. Böyle bir çalışma ile maliyet ve süreç dengesi kurularak, kayıp zaman azaltılabilir. İş gücünün verimli kullanılması, işlerin daha kısa zamanda ve daha doğru şekilde tamamlanması sağlanabilir. Üretimde verim artırılabilir.



Şekil 3. Nesne Dijital İkiz Analiz Örneği
(GE Digital, 2016)

Yapı projesinde uygulanması düşünülen herhangi bir tasarım fikri, revizyon talebi, bakım veya onarım için dijital ortamda çok sayıda sanal ortam yaratarak, testler yapılarak simüle edilebilmektedir. Gerçekte her olasılığın test edilmesi inşaat sektörü için büyük zaman, maliyet ve iş gücü kaybına yol açabilecek iken, sanal ortamlardaki kontroller ile daha doğru sonuçlara varılması mümkün olabilmektedir.

Yapıda karşılaşılan arıza veya problemler için Dijital İkiz, hafızasında tuttuğu geçmiş verileri kullanarak gerekli analizler ile birlikte çözüm alternatifleri sunabilir ve alternatifler arasında maliyet kıyaslaması yapılabilir. Burada oldukça gelişmiş bir doküman yönetimi anlayışı olduğu görülmektedir. Gelecekte olabilecek hata ve

sorunlara dair öngörülerde bulunarak süreç içerisindeki riskleri azaltabilir. Yapıya ait bir parça, bölüm veya sistem farketmeksizin bu durum geçerlidir (Şekil 3). Tüm bu özellikler, yapının sanal kopyasına sahip olmayı cazip bir seçenek haline getirmektedir. Üretilen sanal kopyada mevcut durumdan başlanarak çeşitli çalışma koşulları ve çevresel etkenler altında ileriye dönük simülasyonlar oluşturmak, farklı eylem yolları seçmek, olasılık hesabı, analizler, karşılık gelen maliyetleri tespit etmek Dijital İkiz'in inşaat sektörüne sağlayacağı katkılardan bazılarıdır. Kalite değerlendirmesi, ekipman kullanım optimizasyonu, iş güvenliği gibi amaçlarla da bir Dijital İkiz kullanılabilir (URL-2). Ayrıca gerçek bir 4D izleme imkanı sunması ile, günümüzde bazı yazılımlar aracılığıyla karşımıza çıkan ancak proje yöneticilerince pratikte yeterince fayda getiremedikleri ve ihtiyacı karşılamadıkları konusunda eleştirilen mevcut yöntemleri bir çeşit veri kaynağı olarak kullanarak daha anlamlı hale getirmesi mümkündür. 4D verilerin işlenmesi, fiziksel yapının yaratıldığı inşaat sürecinde; yapılan işi denetleme olanağı sunabilir. Bu durum, bir nevi saha gözlemi olarak nitelendirilebilir. Günümüzde bu süreç büyük ölçüde manuel yöntemlerle yürütülmektedir.

Tasarım sürecinde tanımlanan yapı elemanlarının ve bileşenlerinin yaşam döngüsündeki performansını değerlendirme, erken dönem tahminlerini doğrulama fırsatı verebilir. Kaynak tüketimi, kullanılan malzemelerin ömrü ve dayanımları gibi yönlerden yapıyı takipte kalabilmek sektör için oldukça kazançlı bir yoldur. Mevcut durumda deney bazlı veya tahmin bazlı ilerleyen malzeme kullanım süreleri gibi konularla ilgili öngörülerin doğruluğu denetlenebilir. Günümüzde yaşam döngüsü boyunca böyle bir görevi yürüten firma veya kurumlar da yaygın değildir. Bilgi eksikliği, altyapısal eksiklikler gibi imkan sınırlılıkları bu işlemleri geleneksel yöntem düzeyinde bırakmaktadır. Oysa ki Dijital İkiz için toplanan verilerden elden edilen bilgilerle sonraki yapılar için bile daha doğru seçimler yapılabilir. Ayrıca tasarım sürecinde çözümlenen mahallerin kullanım şekilleri, yoğunlukları ve fonksiyonları gözlemlenebilir, amacına uygunluğu anlamında değerlendirilebilir.

İşletme sahiplerinin, yapıyı gerçek zamanlı izleyebilmeleri, tüm varlıkları düzenli olarak denetleyebilmeleri, gerektiğinde uzaktan çalıştırabilmeleri bu sanal kopyaların tesis yönetimi için kullanışlı bir araç olduğunu göstermektedir. Genel anlamda bir Dijital İkiz tasarımcı, yatırımcı, yüklenici, yönetim-bakım personelleri veya üreticilere kadar geniş bir kesime hizmet edebilir.

Farklı disiplinlerden taraflarca farklı amaçlarla kullanılabilir.

3.1. Dijital İkizler ve BIM

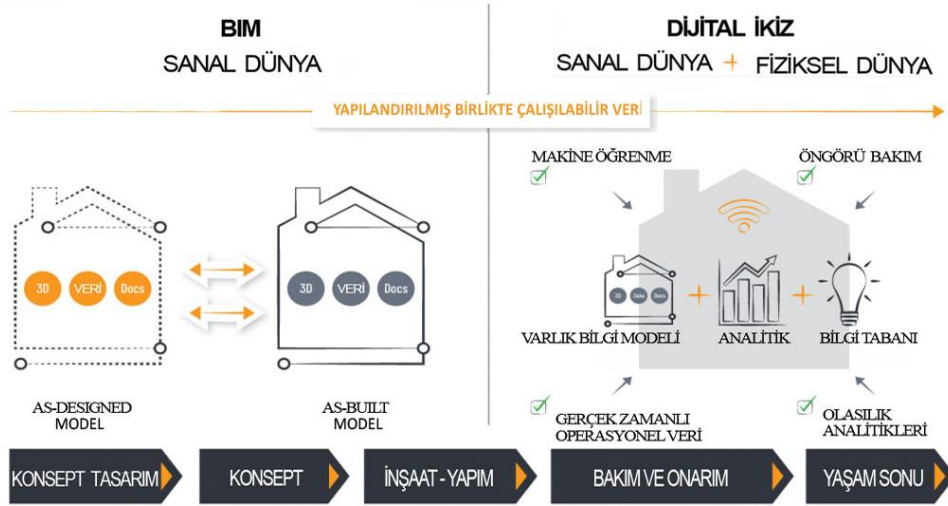
Son yıllarda inşaat sektöründeki önemli gelişmelerden biri olan BIM, diğer adıyla Yapı Bilgi Modelleme, yapının yaşam döngüsü boyunca pek çok yönden daha yüksek performans göstermesini hedefleyen bir çalışma biçimi olarak bilinmektedir. En erken dönemden yıkıma kadar, karar verme konusunda güvenilir temeller oluşturan bir bilgi paylaşımı için ortak bir bilgi kaynağı sağlamanın yanı sıra yapının fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini sayısal olarak temsil edebilmektedir (RIBA, CPIC 2010). Sektördeki ilgili profesyonellere bilgiyi modelleme, yönetme, analiz etme gibi imkanlar sunabilmektedir. BIM çalışma biçimi yapı sektörü için umut verici bir gelişmedir ancak gerek Türkiye’de gerekse dünyada, ilgili paydaşlarca pek çok farklı platformda daha geniş kitlelere erişilme, anlaşılma ve doğru kullanıma çabasına bakıldığında, henüz arzu edilen bilgi yönetimine ulaşamadığı gözlemlenebilmektedir. Önemli bir dijitalleşme adımı olarak görülse de, BIM’in sunduğu imkanlardan halen tam olarak faydalanılamamaktadır. Sahip olduğu özellikler ile BIM, Dijital İkiz’in temelinde yatan veri modeli yaklaşımı için güçlü bir destekçi olabilir. Bir yapı için oluşturulmuş BIM modeli yapıya ait ne kadar çok doğru veriye sahip ise, Dijital İkiz’in kalitesi de o oranda artacaktır. Bu iki kavramı aralarındaki ilişki itibarıyla konumlandırmak gerekirse; kilit nokta, BIM modeli sanal dünyada var olabilirken, Dijital İkiz fiziksel dünyadaki oluşumla birlikte tanımlanabilmektedir. Statik veri ile donatılmış BIM modeli, dış faktörlerle etkileşim halinde olan dinamik, yaşayan bir sanal kopyaya dönüşebilir (Şekil 4). Ayrıca BIM modeli, aslında gerçekte yapılan yapıyı değil, olması gerekeni ifade eden bir sayısal temsildir. Bu nedenle inşa edilen yapıyı temsil edebilmek için fiziksel özelliklerini de barındıran böyle bir temsil, bu noktada da BIM modelinden ayrılmaktadır.

BIM’in doğru kullanılması halinde geleneksel yöntemlere nispeten bilgi kayıpları azalacağından yapı projeleri daha verimli bir biçimde yürütülebilir. Bilginin sürekliliğini esas alması, bilginin kontrol edilebilirliğine dayanması ve disiplinlerarası çalışabilme imkanı sunması sebebi daha akıllı yapılar üretilebilir. BIM ve diğer dijital gelişmeler ile, yapıların bazı otomasyon sistemleri ile çevrelenerek akıllılaştırılması, akıllı yapılardan ve akıllı şehirlere hızla yönelmesi mümkün olabilir (URL-3). BIM’in Dijital İkiz ile bağlantılı olduğu, gelişim yönüne bakıldığında da BIM üzerine yapılacak çalışmaların Dijital İkiz’e yöneleceği öngörülebilmektedir.

Ayrıca, bir yapı projesini etkileyen çok sayıda sosyal, ekonomik ve çevresel etki vardır. Projenin finanse edilmesi, tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi, yönetilmesi, bakımının yapılması sürekli bir iştir. BIM modelleri hem tasarımıyla ilişkili içerden gelen verileri, hem de dışarıdan gelen faktörleri karşılama konusunda kullanışlı bir araçtır. Ancak yoğun bilgi kümesinin uzun süre kontrol altında kalması, düzenli biçimde izlenmesi ise statik bilgiye sahip BIM modeli için zorludur.

Yaratılan dinamik sanal kopya, hem tasarlamaktan hem de işletmekten sorumlu kişilerin ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Duruma ilişkin bir örnek olarak; Projenin gerçek fiziksel ortamda tamamlanması, başka bir ifade ile şantiye sürecinin sona ermesinin ardından teorik olarak, yapının kullanıcıları ile buluşarak işletildiği süreç başlamaktadır. Bu noktadan itibaren yapıya ilişkin yapı elemanlarının özelliklerinin, işlevselliklerinin, çevresel performansının ölçülmesi gibi yönlerden kullanıcıya ilişkin bilgilerin toplanmasına kadar çeşitli bilgiler edinilebilir.

Yapılarda tesis yönetimi için, yapıda gerçekleşen her reaksiyonun tespiti yapılmak istenir. İşletme sürecinde mimari, elektrik, mekanik gibi farklı disiplinlere ait hizmetlerin kontrolü ve yönetimi ele alınmaktadır. Yapının konut, sosyal, kültürel,



Şekil 4. BIM ve Dijital İkiz
(URL-4)

eğitim vb. temel fonksiyonuna göre tanımlanmış ilkeler doğrultusunda, arzu edilen hizmet kalitesinin sağlanması gerekmektedir. Bu süreç Dijital İkiz'in gelişme ve takip evresi olarak nitelendirilebilir. Operatörlerin doğru bir işletim sağlayabilmesi donanımlı bir ikiz ile mümkündür. Donanımlı bir ikiz iyi bir izleme aracıdır.

3.2. Dijital İkiz Oluşturmak için Kullanılabilecek Teknolojiler

Bu bölümde inşaat sektörü için bir Dijital ikiz'in nasıl yaratılabileceği ve yaratılmasında kullanılabilecek teknolojiler ele alınmaktadır. Bir Dijital İkiz'in tam anlamıyla gerçek bir veri deposu olduğu söylenebilir. Çünkü ikizin değeri sahip olduğu veri miktarı ve kalitesi ile ilişkilidir. Ne kadar çok veri yakalanıp işlenebiliyor ve bilgiye dönüştürülebiliyor ise o kadar değerli bir ikiz elde edilmiş olur. Verimli bir dijital ikizin işleyişinde veri toplama, veri analizi, veriden bilgiye dönüşüm ve bilgi gönderme odaklı aşamalar yer almaktadır. Veriler kesintisiz olarak toplanabilmeli, işlenerek anlamlı bilgilere dönüştürülmelidir. Dijital İkiz oluşturmada yararlanılabilecek teknolojilerden bazıları bu bölümde tanımlanmaktadır.

Akıllı Telefon

Akıllı telefonlar dünya çapında yaygın kullanılan teknolojik araçlarından biridir. Geliştirilmeye açık bir endüstri ürünü olmakla birlikte, yıllar içerisinde daha ulaşılabilir hale gelerek, kullanıcı kitlesini büyük oranda genişletmektedir. Görüşme, mesaj iletimi, ses ve görüntü kayıtları, bluetooth, internet bağlantı seçenekleri, navigasyon, artırılabilir hafıza ve mobil uygulama desteği ile güçlü iletişim ve bağlantı kurma özelliklerine sahiptir. Görsel, yazılı veya sesli veri tiplerini okuyabilmekte ve

yazabilmektedir. Bilgi toplama ve saklama amaçlı kullanılabilmektedir. Bu gibi özellikleri ile akıllı telefonlar, inşaat sektörü için profesyonel amaçlarla kullanıldığında, yapı yaşam döngüsünde yapıya ilişkin veri toplamada kullanılabilecek önemli bir teknoloji olabilmektedir. Yüz ve parmak izini tanıma gibi kişiselleştirici ve güvenliği destekleyen özellikleri düşünüldüğünde ise, yalnızca nesnelere değil, çok katılımcılı sektördeki etki alanını genişletebileceği söylenebilir. Bu sayede ikize gönderilen yapısal veriler, veriyi üreten kişilerle de eşleştirilebilir. Hızlı ve kolay veri üretimi, iletimi, paylaşımı ve veri toplayan kişiyi de tanımlanabilir kılması nedeniyle akıllı telefonlar oldukça fonksiyonel temel bir araç olacaktır.

Video Kameralar

Video kameralar da akıllı telefonlara benzer şekilde görsel, metinsel ve sesli içerikleri desteklemektedir. Özel alanlarda kişisel amaçlı kullanılabılırken, kamusal alanda da güvenlik ve hizmet kalitesini artırma gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Cep kameraları, standart kameralar, profesyonel kameralar, aksiyon kameraları olmak üzere farklı tipleri mevcuttur. Bunlardan bazıları su altında, çok düşük hava sıcaklıklarında, yüksek basınçta ve sert hava koşullarında çalışabilme, termal değişiklikleri görüntüleyebilme özelliklerine sahiptirler. Yapılar yoğun çevresel ve fiziksel etkilere maruz kalırlar. Bu nedenle her türlü koşulda işlem yapabilecek, görüntü veya ses yakalayabilecek kameralar kullanılması önemlidir.

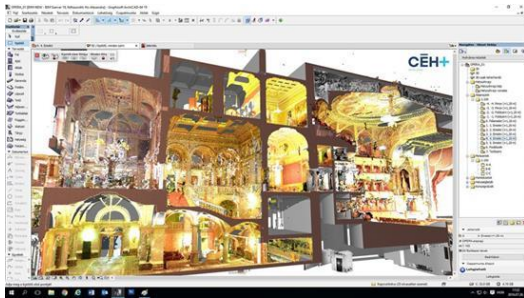
Yapının fiziksel dünyada karşılık bulmaya başlamasıyla gelişme sürecine giren Dijital İkizler için, üretim veya şantiye alanında çeşitli noktalarda konumlandırılmış video kameralar ile pek çok iş

kaleminin takip edilmesi mümkün olabilir. Video kameralar ile, uygulama hataları tespit edilebilir, iş güvenliği açıklarını yakalanabilir, görev takibini yapılabilir (URL-2). Wi-Fi internet bağlantı tipini destekleyen kameralar, yapıdan toplanılan verileri yayınlama imkanı verebilirler. Ayrıca termal kameralar aracılığıyla insan vücut ısıları teşhis edilebildiğinden, çalışan popülasyonu, yoğunluğu, hareketliliği analiz edilebilmektedir. Gerek saha koşullarında, gerekse yapının kullanım evresinde kullanıcı ve işletme bazlı elektrik, mekanik disiplinlere ait ekipmanların çalışması, mekanın ısı konforu gibi ayarlamaların optimizasyonu yapılabilir. İmalat, teslimat ve kalite kontrol süreçleri yönetilebilir, işin ilerleme süresinin takibi yapılabilir. Dijital ortamda 4D simülasyonla tanımlanan iş programı, şantiyede yapılan imatları kaydeden kamera verileri kıyaslanabilir. Bir zaman döngüsünü kayıt altına alan bu araçlar ikizle bağlanarak gerçek verilerle ikizi eş zamanlı olarak besleyebilir.

Ek olarak, kameraların sayıları ve yerleştirildikleri noktalar Dijital İkiz için alınacak verilerin miktarını ve kalitesini etkileyebilmektedir. Bu nedenle aralarındaki ilişki doğru kurgulanmalıdır. Yapının gelişimine cevap verecek yönde yeniden konumlandırılabilir olmalıdır. Doğruluğu yüksek tutabilmek için uygun bir yerleşim planı oluşturulmalıdır.

Lazer Tarama

Lazer tarama, atılan lazer ışınlarının yüzeylere çarpması sonucu görüntü oluşturulması temeline dayanmaktadır. Lazer tarama teknolojisi ile de video kameralarda olduğu gibi 4D planlama takibi yapılabilir (URL-5). Şantiyede iş ilerleyişi ile kıyaslanabilir ve yapı üzerindeki değişiklikler tespit edilebilir. Statik bilgilerin denetimi için doğruluğu yüksek, ideal bir kontrol yöntemi sunabilir. Kritik noktaları lazer taramalarda veri doğruluğu, hareket halindeki nesnelere ziyade statik nesnelere yüksek oran göstermektedir. Sabit nesnelere daha güvenilir çıktılar vermektedir.



Şekil 5. Macar Devlet Operası'nın Dijital İkiz için Taranması (Smisek, P., 2018)

Belli zaman aralıklarıyla veya sürekli olarak yapılan gerçek zamanlı taramalardan alınan tüm veriler, Dijital ikiz hafızasına kaydedilebilir. Yapısal karmaşık geometriler gerçeğe en yakın şekilde oluşturulabilir. Risk yönetimi yapılabilir. Lazer taramaların fotogrametri ile birleştiği Gerçeklik Yakalama (Reality Capture) çalışmaları ile de bu teknoloji gelişim göstermektedir (Şekil 5).

VR/AR Teknolojileri

Diğer teknolojiler fiziksel dünyadan sanal dünyaya veri aktarımı yaparken, burada ilgili profesyoneller ve kullanıcılar gerçek model üzerinde sanal modelin yansımasıyla karşılaşılır. Bir AR uygulaması Dijital İkiz ile entegre edildiğinde, sanal kopyadaki veriler ve olasılıklar gerçek ortamda kullanıcılar tarafından erişilebilir hale getirilir. Gerçek ortama yansıtılan görüntülere akıllı telefonlar, akıllı gözlükler gibi bazı uyumlu araçlar ile görüntülenebilir. Veri görselleştirme, uzak noktadaki bilgi modeli ve kullanıcı arasında iletişim kurulabilir. İkiz sanal ortamdır ancak gerçek ortamda yansımaya ihtiyaç duyulur. Bu durumda VR ile sanal ortamda var olmak mümkün iken, AR ile de sanalın gerçeğe birleştiği görüntüye ulaşmak mümkündür.



Şekil 6.Şantiyede AR Uygulaması (SRI International, 2017)

Tüm inşaat faaliyetleri Sanal Gerçeklik (VR-Virtual Reality) ve Arttırılmış Gerçeklik (AR-Augmented Reality) ile görüntülenebilir. Geleneksel yöntemlere nispeten analizler daha hızlı ve kolay yapılabilir. Akıllı telefonlardan, akıllı kasklara, hololens gözlüklere kadar pek çok endüstriyel araç ile desteklenerek, yapıya ilişkin veriler üç boyutlu modeller üzerinden görselleştirilebilir. Algı kalitesini yükseltmesi sebebiyle, doğru karar verme olasılığını yükseltir. Kamusal alan güvenliği, saha güvenliği, stok takibi gibi pek çok amaçla kullanılabilir.

Ortamdaki havalandırma ve iklimlendirme kalitesi değerlendirilebilir. Gerçek ortamda gözlemlenmesi, ulaşılması ve müdahale edilmesi güç olan ekipmanlar gerek şantiye aşamasında gerekse yapı kullanım aşamasında görüntülenebilir. İmalat sırasında yapılan hatalar AR uygulamaları ile tespit

edilebilir, fotoğraflanarak bilgilerin toplandığı merkeze gönderilebilir (Şekil 6).

İnsansız Hava Araçları (İHA/UAVs)

İHA'lar olarak bilinen insansız hava araçları kamera ve sensörlerle donatılı, pilotsuz, uzaktan yönlendirilebilen araçlardır. Savunma sanayi gibi alanlarla kullanılan bu araçlar ticarileşerek farklı boyut, kapasite ve özelliklerde üretilmiştir. Bazılarının kullanımı için bir takım yasal izinler almak zorunlu iken, hobi düzeyinde üretilenler için böyle bir zorunluluk yoktur. Farklı kategorilerde üretilebilmeleri nedeniyle daha ulaşılabilir ve tercih edilir hale gelmiştir.



Şekil 7. İHA Kullanımı
(McCabe, B. ve Ark. 2017)

Tarayıcı, kamera, radyo frekansı tanıma okuyucularına sahip olabilirler (McCabe, B. ve Ark. 2017). Gözetim yaparken çevresel sorunları tespit edebilir, tehlikeyi görebilir ve raporlayabilirler (Şekil 7). Manevra kabiliyetleri ve hızlarının avantajıyla iş takibi, denetim, iş kazalarını azaltma, uzak noktalara erişim, geniş alanlara hakimiyet, saha kontrolü, mekansal analiz gibi amaçlarla kullanılabilirler. Termografik kameralarla gözle görülemeyenler dahil hasarlı noktaları gece ve gündüz haritalayabilirler. Bir yapı projesinde kullanılan malzemelerdeki çatlak veya su sızıntılarının tespitini yapmak bu duruma örnek gösterilebilir (Opfer, N.D. ve Ark. 2014). Geleneksel veri toplama yöntemlerine nispeten çok daha hızlı, güvenilir ve düşük maliyetli çözümler sunabilirler. Tüm bu özellikleriyle verimli birer veri yakalama aracı olarak ikizi beslemede rahatlıkla kullanılabilirler.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti ile fiziksel nesnelere üzerine yerleştirilen sensörlerden bulut tabanlı bir sistem aracılığıyla yapıya dair veriler senkronize biçimde toplanabilmektedir. Bu veri toplama işlemi yapıya ait fiziksel özellikleri sanal kopyada biraraya getirerek, dijital ikizi güncel ve dinamik tutmaktadır.

Yukarıda bahsedilen araçların yanı sıra bağlantı kurma, mesaj gönderme gibi özelliklerin daha geniş çapta nesnelere yayılacağı bir çağ ile Dijital İkiz'i oluşturmak daha mümkün kılınacaktır.

Sensörler çok sayıda bilgi tipini tespit edebilecek şekilde geliştirilmelidir. Zaman, konum, boyut, nesnelere ilgili davranışsal özellikleri bulmak ve meta data oluşturmak bu teknolojinin temel fonksiyonlarından biridir (Mohr, J.P., 2019). Yapı elemanlarının, kullanılan ekipmanların ve ya diğer nesnelere sahip olduğu internetten sanal kopyaya veri toplanabilir. Proje yöneticisi, işletmeci veya kullanıcı ile mevcut sistemler arasında güçlü haberleşme sağlayabilir. Yapıya ait nesnelere durum kontrolü için sorumluları bilgilendirebilir. Asıl olarak nesnelere interneti ikizin dayandığı, onu besleyen veri kaynaklarını ve tüm araçları kapsayan temel teknolojidir.

Yapay Zeka

Yapay zeka kavramı, insana özgü algılama, düşünme, öğrenme ve karar verme gibi özelliklerin makineler tarafından yapılması olarak tanımlanabilir. Yaşamı boyunca verilerle beslenen ikiz, sorunlara çözüm üretebildiği ölçüde değerlidir. Çok sayıda ve çok çeşitli kaynaktan gelen veri yığılma işleminin ardından ikizin bu verilerden bir takım çıkarımlar yapması, öğrenme ve yorumlama gibi yetilere sahip olması, sorguları yanıtlayabilir olması beklenir. Sürekli verilerle beslenen sistem, kendinden öğrenebilmeli, girdileri maksimum düzeyde işleyebilmeli, maksimum miktarda yararlanabilecek bilgi üretebilmelidir. Elde edilen verilerin ikiz tarafından anlamlandırılması, ikizin bir yapay zekaya sahip olması gerektiğini ifade eder. Yapıya ve yapının yaşam döngüsüne ilişkin tüm veriler, bu süreçte veri seti olarak kullanılabilir.

Yapay zekaya sahip bir bina modeli, yapı elemanlarının fiziki durumundan, kullanıcıların hareket alışkanlıklarının analizine kadar pek çok bilgiyi öğrenebilir. Geleceğe yönelik tahminler veri geçmişini ile birlikte analiz edilirken, daha sonraki tasarımlar için yol gösterici olacaktır. Örneğin; yapıda oluşabilecek bir hasarın önceden tespit edilebilmesi bu durumun ikize daha önceden bu yönde eğitilmiş olması ile mümkün olabilir. Kullanım süresindeki herhangi bir anomali zamanında belirlenebilir. Düşünebilen binalar, kendi kendini yöneten yapılara evrilebilir. Böylece zaman içerisinde bu ve buna benzer tüm durumlar için bir deneyim geçmişi oluşur. Karar mekanizması gelişir. Süreç, bir çeşit öğrenme ve geliştirme süreci olarak devam eder.

Makine Öğrenmesi

Yapay Zeka'nın beraberinde getirdiği kavramlardan biri olan Makine öğrenmesi, bir problemi probleme ait ortamdan alınan veriler doğrultusunda modelleyen bilgisayar algoritmalarıdır. Bazı öngörü, tahmin ve sınıflandırma yapabilme özelliklerine sahiptir. Girdilerle beslenen modellerin eğitim ve test süreçlerinde yapıya ilişkin veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkarması sonucunda öğrenme işlemi gerçekleşir. Doğru sonuç alma olasılığının yüksek olması makinenin iyi eğitilmiş olmasına bağlıdır. Öğrenme yetisi makinenin performansını gösterir. Erken evre tasarımdan yıkıma kadar kapsamlı süreçler geçiren yapılar için ikizin eğitilmesi kolay olmayabilir. Verilerin sınıflandırılması, işlenmesi ve test edilmesi gibi aktivitelerin tasarım aşamasından itibaren ele alınması gerekir.

Derin Öğrenme

Derin öğrenme, insan beyninin sahip olduğu sinir ağı yapısından yola çıkılarak oluşturulmuş bir yapay öğrenme sistemidir ve makine öğrenmenin bir alt sınıfıdır. Yeni kurulmuş bir sistem başlangıçta sunulan verileri tanıma ve istenilen cevabı verme yetilerine sahip değildir. Olay örgüleriyle karşılaştıkça tanımlama devreye girer, olay ağı ve olasılıklar sistem tarafından öğrenilebilir. Aynı işlemle çok kez karşılaşılan sistemde, o işleme verilecek doğru cevabı tanıyan sinir yapısı zaman içerisinde gelişir. Öğrenebilen bu yapı, mevcut verileri analiz ederek yeni bilgilere dair tahminlerde bulunabilir (Ağrikli, M., 2018).

Derin öğrenme insanın öğrenme şekliyle benzerdir. Ancak insan davranışlarını tanımlamak, anlamlandırmak karmaşıktır. Kullanıcı davranışları ile ilgili veriler, yapı sektörü için önemli bir veri alanıdır. Özellikle kullanıcının da devreye girdiği, yapı bakım onarım operasyonlarının yönetildiği tesis yönetimi süreci için kritik bir deneyim alanı olduğu söylenebilir. Bu aşamalarda gözlem yaparak karar vermek, hata olasılığı yüksek bir yöntemdir. Derin öğrenme modeli ile çok katmanlı, cevaplanması zor problemlerin çözülmesi ve bu amaçlarla verilerin işlenmesi sağlanabilir. Davranış tanımlama, daha doğru bir tesis yönetimi uygulama imkanı sunacaktır.

Gelecek Teknolojiler

Yukarıda açıklanan araçların yanı sıra her geçen gün çok sayıda yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Pek çoğu Dijital İkiz üretme, geliştirme ve yönetme aşamalarına dahil edilebilir. İnşaat sektöründeki dijital dönüşüm ile sanal kopyalar büyük ölçüde geliştirilebilir. Projeler sürekli genişleyen büyük veri ağıyla zenginleşebilir ve alınacak kararlarla ilgili önemli bir yön verici haline gelebilir. Bir

sanal kopyanın geleceğini öngörmek bilgi teknolojilerinin gelişimini öngörmek ile paraleldir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dijital İkiz incelendiği üzere çok sayıda kullanıcıyı ve teknolojik aracı, yüklü miktarda veriyi biraraya getirebilen, veriyi toplayan ve bilgiyi dağıtan sanal bir kopyadır. Bir nevi karar merkezi gibi çalışmaktadır. Veriyi sürekli kılar, geliştirilmeye açıktır. Yapı bilgilerine kolay ulaşım, yaşam boyu takip ve her aşamada analiz gibi büyük imkanlar sunmaktadır.

Bilgileri ve analizleri ilgili profesyonellere hazır biçimde sunması, kullanıcıyı karar verici durumuna getirmektedir. Yapay Zeka'nın adapte edilmesi halinde ise, insana sunulan bu karar verme sorumluluğunu da azaltması beklenmektedir.

Fiziki yapıya ilişkin veriler, insan haynaklı bilgilerle bütünleştiğinde (insan davranışı, sirkülasyon ve hareket) kapsamlı bir kopya elde edilebilir. Ayrıca Dijital İkiz teknolojisinin inşaat sektöründeki iş yapma şeklini değiştireceği gözlemlenmektedir. Söz konusu dijital araçların kullanılabilmesi için teknik personel eğitimi gerekmektedir.

Bu alana yatırım yapan işletmeler zaman, para ve iş gücünden kar edebilirler. Daha kapsamlı ve kontrollü şekilde işletmelerini yönetebilirler. Yapısal bilgiye sahip olmak ve onu korumak önemli bir güçtür. Daha kolay yönetilen bilgi, daha çok sorunu daha kolay şekilde çözebilme imkanı verir. Bu alan, sektöre fayda sağlaması beklenen umut vaat eden bir alandır. Tüm sağlıklı kararlar yapının kalitesini artırır. En doğru kararları vermek için en verimli kullanım şekli; ilgili profesyonellerin BIM modelini en doğru şekilde yapmaları, işletmecilerin ise Dijital İkiz'i etkin biçimde yönetmeyi iyi bilmeleridir.

Günümüzde kullanılacak tüm teknolojik araçların ötesinde, geleceğin siber imkanlarının sürece entegre edilmesiyle doğacak fırsatlar bu teknolojiyi farklı ve daha geniş alanlara yönlendirebilir.

5.KAYNAKLAR

Ağrikli, M. (2018). Dijital İkiz ve Derin Öğrenme. Moment-Expo 122.

Caruso, P. (2010). Product Lifecycle Management and the Quest for Sustainable Space Explorations. AIAA Space Conference & Exposition.

URL-5, <https://www.truecadd.com/news/scan-to-bim-an-emerging-trend-transforming-the-aec-industry>, (25.02.2019 tarihinde erişildi.)

GE Digital (2016). Minds + Machines: Meet A Digital Twin.

Grieves, M. (2016). Origin of The Digital Twin Concept. Florida Institute of Tecnology. Working Paper.

IBM (2019). Digital Twin: Helping Machines Tell Their Story.

McCabe, B. ve Ark. (2017). Roles, Benefits, and Challenges of Using UAVs for Indoor Smart Construction Applications. ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering Conference Paper.

Mohr, J.P. (2019). How Digital Twins & AR Improve Safety and Minimize Inventory Shrinkage For Shopping.

Opfer N.D. ve Ark. (2014). Unmanned Aerial Vehicle Applications and Issues for Construction. 121st ASEE Annual Conference&Exposition.

Piasecik, R. ve Ark. (2010). Technology Area 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing Road Map, NASA Office of Chief Technologist.

RIBA, CPIC (2010). BIM Definitions. NationalBIMStandard.

Smisek, P. (2018). Creating a Digital Twin of Hungarian State Opera.

SRI International (2017). Augmented Reality Solutions for Construction Inspection.

İnternet Kaynakları

URL-1, <https://new.siemens.com>, (12.10.2018 tarihinde erişildi.)

URL-2, www.intellectsoft.net/blog/advanced-imaging-algorithms-for-digital-twin-reconstruction, (25.02.2019 tarihinde erişildi.)

URL-3, <https://willowinc.com/the-next-revolution-in-the-built-environment-is-digital-not-physical/>, (25.02.2019 tarihinde erişildi.)

URL-4, <https://cobuilder.com/en/the-digital-twin-a-bridge-between-the-physical-and-the-digital-world/>, (12.10.2018 tarihinde erişildi.)