

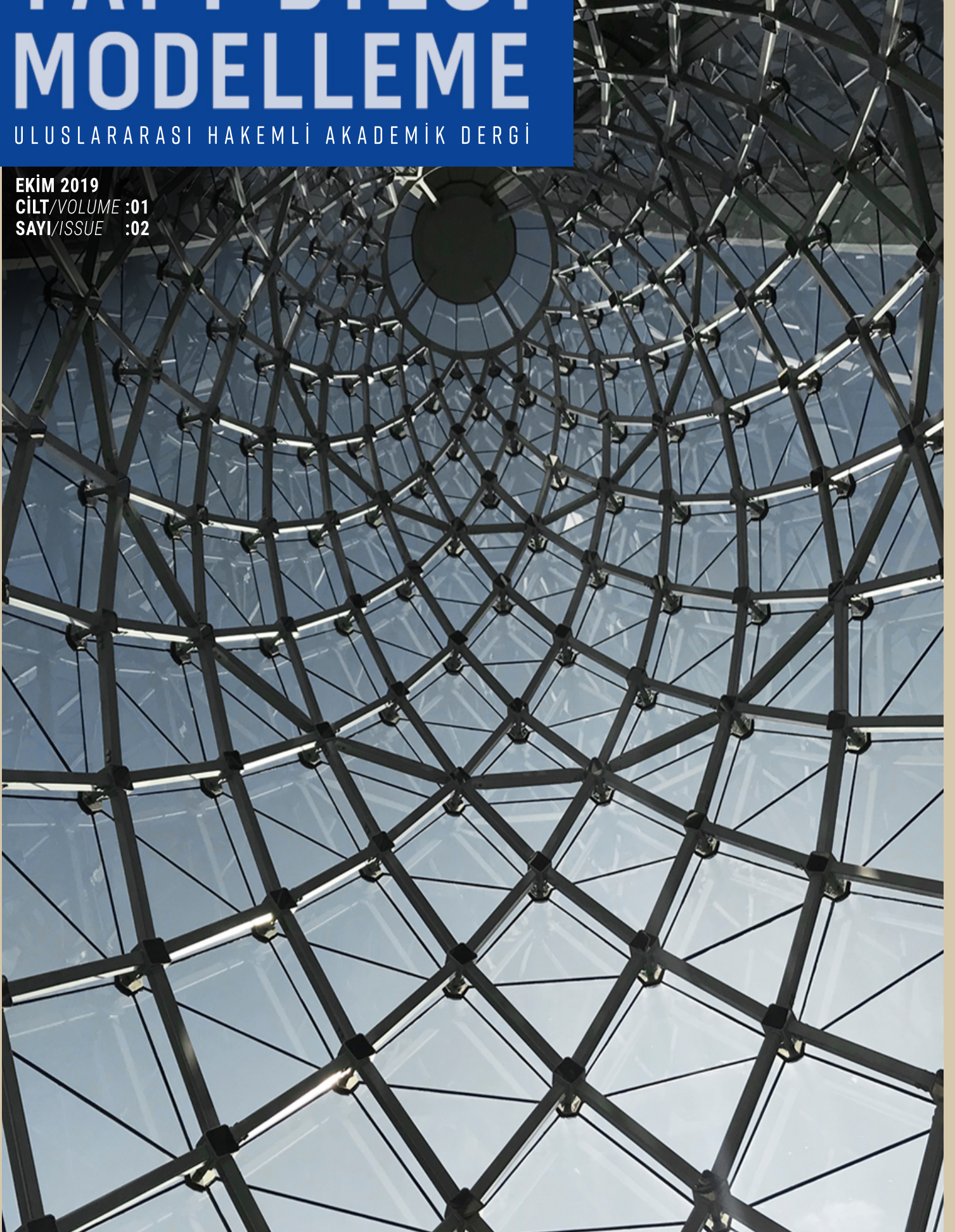
YAPI BİLGİ MODELLEME

ULUSLARARASI HAKEMLİ AKADEMİK DERGİ



MİMAR SİNAN
GÜZEL SANATLAR
ÜNİVERSİTESİ

EKİM 2019
CİLT/VOLUME :01
SAYI/ISSUE :02



İçindekiler

Editörden...

Mekansal Yer Seçimi Kararları'nın Hazırlanmasında CBS Kullanımı ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi	46
<i>Solmaz Burcu ÜNALDIK</i>	
Dijital İkizler ve İnşaat Sektöründeki Yeri	53
<i>Elif Zeynep CEYLAN</i>	
Kamusal Mekanlardan Akıllı Kent Teknolojileri ile Veri Elde Edilmesi ve Kamusallığın Değerlendirilmesi	62
<i>Bilge BÜLBÜL</i>	
Mobil Cihazlarda BIM – Sanal Gerçeklik (VR) Görselleştirme Entegrasyonu ve Uygulamaları	74
<i>Merve AKSU</i>	

Editörden...

Yapı Bilgi Modelleme dergimizin bu yeni sayısını paylaşmanın büyük heyecanı içerisindeyiz. Dergimiz uluslararası hakemli bilimsel dergi statüsü ile yayınlanmaktadır.

Dergimizde bir yapının ön tasarımından yıkım aşamasına kadar uzanan yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen tüm süreçlerde etkin bilgi paylaşımı ve yönetimi sağlamak amacı ile geliştirilen, yapının 3B sayısal ikizi olarak tanımlanan Yapı Bilgi Modeli'nin oluşturulduğu ve Yapı Yaşam Döngüsüne ait farklı tasarım, analiz, hesaplama ve uygulamaların bu model üzerinden gerçekleştirildiği bir yaklaşım olan "Yapı Bilgi Modelleme" yaklaşımı ekseninde yer alan bilimsel araştırmaları yayınlamayı amaçlıyoruz. Bununla birlikte Bu yaklaşım ile yakın ilişki içerisinde olan bilgi sistemleri Yapı Bilgi Modelleme Sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini odak alanlarımız olarak görüyoruz.

Bu bağlamda dergimizde, sadece mikro (yapı) ve Mimari Enformatik odaklanması ile değil (makro) kent ölçeğinde yer alan, Akıllı Şehir ve Akıllı Yapılı Çevre konularını da kapsayan, Kentsel Enformatik odaklı çalışmalara da yer verme ilkesini benimsiyoruz. Böylece gerek mikro gerek ise makro seviyede bütünlük bir veri ve bilgi yönetiminin sağlayacağı imkânları siz okuyucularımız ile buluşturma şansını yakalayacağımıza inanıyoruz.

Her ne kadar ismi Yapı Bilgi Modelleme olsa dahi Mimari ve Kentsel Enformatik alanlarında geniş bir bilgi alanını kapsamına alan dergimizin ülkemiz akademik ve bilimsel hayatına katkı sağlamasını umut ediyorum. Bu bağlamda dergimizin, ülkemize, akademik ve bilimsel camiaya hayırlı olmasını diliyor, gelecek sayılarımızda sizlerin de makalelerini yayınlamak dileği ile saygılarımı sunuyorum.

Doç.Dr.Ümit IŞIKDAĞ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Enformatik Bölümü

YAPI BİLGİ MODELLEME

Uluslararası Hakemli Akademik Dergi

Ekim 2019
Cilt : 01 - Sayı : 02
ISSN 2687-4660

Sahibi

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Editör

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Yardımcı Editör

Doç.Dr.Ümit Işıkdag

Editörler Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu
Dr. Öğr. Üyesi Bulent Onur Turan
Doç. Dr. Ümit Işıkdag
Dr. Öğr. Üyesi Seher Başlık
Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı
Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu
Doç. Dr. Ümit Işıkdag
Dr. Öğr. Üyesi Bulent Onur Turan
Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin
Dr. Öğr. Gör. Sertaç Karsan Erbaş
Öğr. Gör. Salih Akkemik

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu
Prof. Dr. Burçin Arabacıoğlu
Doç. Dr. Ümit Işıkdag
Doç. Dr. Çetin Tüker
Doç. Dr. Derya Güleç Özer
Doç. Dr. Ozan Özener
Doç. Dr. Levent Arıdağ
Dr. Öğr. Üye. Tigin Töre
Dr. Öğr. Üyesi Bulent Onur Turan
Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı
Dr. Öğr. Üyesi Seher Başlık
Dr. Öğr. Üyesi Belinda Torus
Dr. Öğr. Üyesi Türkan İrgin Uzun
Dr. Öğr. Üye. Suzan Girginkaya Akdağ
Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin
Dr. Öğr. Gör. Sertaç Karsan Erbaş

Kurumsal Kimlik Sorumlusu:

Öğretim Gör. Salih Akkemik

Dergi Asistanı/Dergi Sekreteri:

Yeşim Sur

Dergi Yayın Koordinatörü:

Doç. Dr. Ümit Işıkdag

Hukuk Kurulu:

MSGSÜ Hukuk Müşavirliği

İngilizce Dil Editörü:

Doç. Dr. Ümit Işıkdag

Görsel Tasarım Sorumlusu:

Dr. Öğretim Gör. Kemal Şahin

İletişim

ADRES: MSGSÜ Enformatik Bölümü
MSGSÜ Bomonti Kampüsü - 6.Kat - Sağ Blok
Cumhuriyet Mh. Silahşör Cd. No: 89
Bomonti - Şişli / İstanbul
TELEFON : 0212 246 00 11 - 6100
E-POSTA : enformatik@msgsu.edu.tr

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE YER SEÇİMİ KARARI ÜRETİMİ'NDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ'NİN KULLANIMI

Solmaz Burcu ÜNALDIK
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:solmazburcunaldik@gmail.com

ÖZET

Mekansal bilgileri elde etme, analiz etme ve hazırlanan analizleri görüntüleme işlemleri için bilgisayar sistemleri kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde mekansal verilerin hazırlanması ve söz konusu verilerin şehir planlaması çalışmalarında kullanılması konusunda kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve CBS ile Yer Seçimi Kararlarının Üretim Süreci açıklanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Yer Seçimi Kararları, Yerleşilebilirlik Analizi

ABSTRACT

Geographical Information Systems are using for gathering, analyzing and planning spatial information are spatial planning. In this work, Multi-Criteria Decision-Making Method and GIS and the Production Process of Site Selection Decisions will be explained.

1.GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi 1980'lerden günümüze kadar konumsal verilerin elde edilmesi, yönetilmesi, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren bir bilgi sistemi bütünüdür. Coğrafi Bilgi Sistemleri tüm bu uygulamaların yanı sıra doğal kaynak yönetimi, kırsal ve kentsel planlama ve doğal afet yöntemi gibi birçok alanda karar destek organı olarak görev almaktadır.

CBS, farklı veri tiplerinin birleştirilmesinden oluşur. Konumların analizi ile birlikte konumsal verilere ait veritabanı sistemlerinin de oluşturulmasını sağlayarak haritalarda ve 3B ortamlarda veritabanlarıyla birlikte görselleştirme yapılmasını sağlamaktadır. Gelişmekte olan yöntemlerle birlikte kullanıcıların daha pratik ve akılcı çözümler üretmesine, kararlar vermesine yardımcı olmak üzere veriler arası modellemeler yaparak ve ilişkiler kurarak kullanıcının daha derin bir bakış açısı kazanması sağlanmaktadır.

CBS, söz konusu özellikleri ile özellikle planlama çalışmalarında kritik öneme sahip olan Çok Kriterli Karar Verme Süreci'ne altlık oluşturacak analiz çalışmalarının hazırlanmasında kolaylıklar sağlamaktadır.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) kavramı, çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olası birçok alternatif olası arasından "optimum" seçeneğin belirlenmesinde, karar vericiye yardım sağlamayı ve söz konusu karar verme sürecinin sağlam temeller üzerine oturtulmasını amaçlamaktadır.

2.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Karar verici kişilerin çeşitli kaynaklardan elde ettikleri birbirinden çeşitli verileri yeterli ve sistemli bir şekilde analiz edip değerlendirebilmeleri için geliştirilen yöntemlere genel olarak Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi adı verilmektedir. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, karar verme sürecini, söz konusu kriterlere göre analiz etmeyi ve analizler sonucunda alternatif modeller oluşturmayı hedeflemektedir.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi hayatımızın her alanında her ölçekte kullandığımız bir yöntemdir. Ev ekonomisinden, işletme yer seçimine, devletlerin büyük yatırım projelerine kadar karar verirken kullanılan yöntemdir. Ev almayı planlayan aile fertleri arasında amaç, kriterler (maliyet, ulaşım, genişlik vs.) ve alternatifler belirlenip hepsi bir arada değerlendirilerek sonuca varılmaktadır.

Ticari bir işletme ikinci bir şubesini açmayı düşünüyorsa amaç, işletmenin kriterleri(kira, ulaşım, müşteri potansiyeli) ve alternatifler belirlenip hepsi bir arada değerlendirilip ve yeni şube için en uygun yer seçimi kararı verilmektedir.

Örneklerde bahsedildiği gibi Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi için aşamalar belirlenip ve sistemli bir şekilde değerlendirilip en uygun sonuca varılmaktadır.

ÇKKV Yöntemi'ni uygularken;

- Amacı Belirleme
- Amaca Yönelik Ölçütlerin belirleme
- Amaca uygun alternatiflerin belirleme
- Alternatifleri ölçütlere göre değerlendirme
- Kararın belirlenmesi
- Kararın uygulanıp incelenmesi ve uygulanabilirliğine göre geri dönüş alınması

Amaç belirlenirken zaman ve mekana göre farklılaşan amaçlar belirlenmelidir.En uygun karara ulaşmak için, tüm kullanıcılara tarafından anlaşılır amaçlar belirlenmelidir.

Kriterler belirlenirken hiyerarşik bir düzende ilerlenmeli dolayısıyla belirlenen amaca ne derece ulaşıldığı kontrol edilebilmelidir. Kriterler, kapsayıcı, ölçülebilir, yetkin ve basit ifadelerle herkese hitap edecek şekilde belirlenmelidir.

Alternatifler, gelişime açık ve amaca uygun olmalıdır. Belirlenen kriterlere ve amaca yönelik farklı alternatifler üretilebilmektedir. Alternatifler üretildikten sonra kriterlere göre değerlendirilmektedir.

Çok Kriterli Karar Verme Süreci'nde üretilen alternatifler, birbirlerine göre ağırlıkları belirlenip sınıflandırılmaktadır. Ağırlıklarına göre puanlama analizi hazırlanmaktadır. Bu analizden elde edilen sonuç karar verici kişi(ler) ya da kurum(lar)a sunulup karar vericiler tarafından değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sonucunda gereken düzenlemeler yapılmaktadır.

ÇKKV Yöntemi'nin genel amacı karışık ve algılanması zor verileri ya da durumları analiz etmek ve karar verme sürecini sistemli bir şekilde yürütmektir. ÇKKV Yöntemi objektif ve her aşaması kolay kontrol edilebilir bir yöntem olarak oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Birden fazla karar vericinin ve birden fazla kriterin bulunduğu süreçlerde ortak bir çalışma ortamını ve iletişim kolaylığını sağlamaktadır. Ortaya çıkan alternatifleri, kriterlere uygunluk açısından değerlendirirken genel ve öznel görüşlerin ortak bir platformda değerlendirilmesini sağlamaktadır.

ÇKKV Yöntemi'nde karşılaşılan temel sorun, değerlendirme farklı zamanlarda farklı sonuçlar verebilmektedir.

Birden çok kriteri bulunan problemlere çözüm önerisi üretmeye yardımcı olan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri'nden en yaygın kullanılan yöntemdir.(Erden ve Coşkun 2011)

2.1.Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Alternatifleri detaylı bir şekilde değerlendirip sınıflandırmaya dayanan bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), karmaşık problemleri, en karmaşıktan en basite doğru hiyerarşik bir kurguyla sıralayarak çözümlemeyi sağlamaktadır. Bu yöntem ile problemler üç adımda(amaç, kriter, alternatif) tanımlanıp daha sonra çözüm süreci başlatılmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Enerji Yönetimi, İşletmeler için Yer Seçimi Analizi, Doğal Kaynak Analizi, Sektörlere Yönelik Bütçeleme, İnsan Kaynakları Yönetimi, Performans Yönetimi (zam, terfi, motivasyon), Doğal Afet Analizi, Risk Analizi, Çevresel Etki Değerlendirmesi, Arazi Uygunluk Analizi gibi çok farklı sektörde birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nde sorunun çözümüne yönelik adımlar belirlenmektedir. Bu adımlar problemi parçalara ayırma, sınıflandırma, sınıfları karşılaştırma ve son olarak alternatiflerin ortaya çıkarılmasıdır.

AHY sürecinin ilk adımı hiyerarşik bir sınıflandırma yapılmasıdır. Karar verme süreci alt başlıklara ayrılmakta ve bu başlıklar arasındaki ilişkileri gösteren ilişkiyel bir model oluşturulmaktadır. İkinci adım, oluşturulan model üzerinden karşılaştırmalı bir şekilde karar verme

adımıdır. Bu karşılıklı karar verme adımı ile AHY’de ölçüm yapılmaktadır. Karşılaştırmalı yöntem ile bir tercih matrisi oluşturulmakta ve bu matriste veri sınıflarının birbirleriyle ilişkileri çözümlenmekte ve karar verme sürecindeki dağılıklık ve zaman kaybı azalmaktadır. Amaç, kriterler ve alternatiflerin belirlenmesi ile kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıklarının (önem derecelerinin) saptanması için karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Son adımda karar verici(ler) belirlenen amacı ve oluşturulan matrisleri temel alarak ağırlıklara göre puanlama sistemi oluşturulmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi’nin kullanımı için herhangi bir uzmanlık gerekmemektedir. Ev ekonomisinden ülke ekonomisine kadar her türlü kullanıcıya ya da karar vericiye hitap etmektedir. Tek karar verici için de geniş katılımcılar için de uygun bir yöntemdir. Birden fazla ve birbirinden uzak karar verici grupları arasında iletişimi kolaylaştırmaktadır. Yöntemin temel amacı karar vericinin bir problemle karşılaşınca hiyerarşik düşünmesini ve amaca yönelik alternatifler oluşturmasını sağlamaktır.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile tutarsızlık derecesi ölçülebilmektedir. Yöntemin uygulanması için yeterince tutarlılık yeterlidir. Tam tutarlılık şartı gerekmemektedir.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi’nde çalışmalar sonucunda belirlenen alternatiflere yeni alternatif seçenekleri eklenirse alternatifler arasındaki sıralama değişebilmektedir. AHY’de kriterler, var olan alternatifler göz önünde bulundurularak değerlendirilmeli aksi takdirde problemler yaşanabilmektedir.

3.COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

Coğrafi Bilgi Sistemleri, yeryüzünde var olan nesnelere bilgisayar ortamında tanımlanması, saklanması, analiz edilmesi ve görüntülenmesi olarak tanımlanmaktadır. Mekansal verinin sayısal ortama aktarılması; nesnelere mekansal referansları ile birlikte modellenmesi esasına dayanmaktadır. Böylece nesnelere, sayısal ortamda tanımlanıp daha sonra da veritabanı ile ilişkilendirilerek niteliksel özellikler ve konumsal özelliklere aynı anda erişme ve söz konusu

özellikleri bir arada depolama kolaylığı sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile veritabanı oluşturma, sorgulama, istatistiksel ve coğrafi analizler ile bunların görüntülenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların yanı sıra Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin avantajları:

- Mekansal ve mekana bağlı olan diğer bilgileri tek bir sistem içerisinde bütüncül bir şekilde ortaya koyabilmek,
- Coğrafi bilgilerin sorgulanması ve analizi için en uygun yapıyı içermek,
- Haritaların ve mekana bağlı bilgilerin sayısal formda oluşturulmasıyla mevcut bilgilerden yeni ve kompleks verilerin çıkarılması ile görüntülenmesi konularında çeşitlilik sağlamaktadır.

Kartografik (iki boyutlu harita modelleri) sistemlerin ötesinde bir gelişme göstererek çok yönlü bir yapıya kavuşan CBS, tablo verilerinin kartografik verilerle entegrasyonunu sağlayan mekansal veritabanı modeline dayanmaktadır.

CBS ortamındaki veriler saklama ortamlarına göre ilişkisel veritabanlarında ve nesnel veritabanlarında saklanan veriler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır:

a.Nesnel Veritabanları

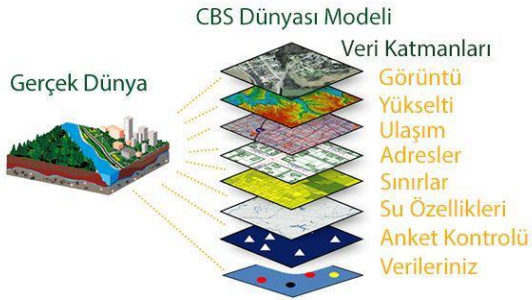
Yeryüzündeki coğrafi bilgiler ve özelliklerden oluşan verilerden meydana gelmektedir. Her bir varlık, bağımsız olarak ayrı bir ortamda soyutlanmaktadır. Bu bağımsız ortamların her birine “tabaka” veya “kapsamlar” denilmektedir. Örneğin: nehirler, yollar, jeolojik yapı, toprak sınıfları, arazi kullanımı, parseller, kanalizasyon hatları, içme suyu dağıtım şebekesi gibi.

b.İlişkisel Veritabanları

Çok sayıda kullanıcının birden fazla amaç için kullanım paylaşılabildiği, mekansal ve ilişkisel verilerden oluşan tablolardır. Söz konusu mekandan referans alan veriler, Veri Tabanı Yönetim Sistemleri çerçevesinde geliştirilip detaylandırılmaktadır.

Coğrafi ve sözel verilerin bir arada depolanmasını ve değerlendirilmesini sağlayan bir sistem olan Coğrafi bilgi sistemlerinin

kurulabilmesi için gerekli olan elemanları: yazılım, donanım, veri tabanı ve kullanıcılarıdır. Akıllı haritalarda verileri ve veri tabanlarını birbiriyle bağlantılı şekilde gösterebilen, güncellenmesi ve geriye dönük hata kontrolünün kolaylığını sağlayan, analiz ve raporlama süreçlerini hızlandıran bir sistemler bütünüdür. Kısacası grafik, tablo ve metin halindeki verilerin coğrafi ilişkileri (yakınlık, uzaklık, benzerlik, farklılık gibi) üzerinden gösterilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1. CBS'de Katman Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni iki boyutlu (resim, çizim, vs) klasik yöntemlerden ayıran özelliği: veritabanındaki veri ve bilgileri mekansal olarak gösterebilmesi ve aynı zamanda bu gösterimi farklı renk ve şekiller yardımıyla daha dinamik sonuçlar üreten (tematik haritalar), kullanıcıların ve karar verme sürecinin kolaylaşmasını sağlamaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımı sadece coğrafya, harita veya planlama ile sınırlı değildir. Ekonomi, nüfus, mühendislik ve yönetime kadar çok farklı alanlarda kullanılan ve kolaylık sağlayan bir teknolojidir.

4. YER SEÇİMİ KARARI

Yer seçimi kararları kişi, kurum ya da işletmelerin yeni yerleşim yada tesisler için ortaya çıkan ihtiyaçlarında, mevcut yerleşim yerlerinin yetersiz olduğu durumlarda mevcut yerleşimlerini tamamen başka bir alana taşımak yada alanı genişletmek amacıyla kullanımın ihtiyacına yönelik en uygun yer seçiminin yapılabilmesi için alınan kararları içermektedir.

Yer seçimi kararı süreci, önceden belirlenen ölçütleri içeren çok kriterli bir karar oluşturma sürecidir. Karar vericilerin tercihlerinde değerlendirmeleri amacıyla çeşitli alternatiflerin üretilebildiği tercih modelleri oluşturulmaktadır.

Yer seçimi Kararı için öncelikle yer seçimi faktörleri belirlenmelidir. Bir yer seçimi kararı süreci aşağıdaki adımları içerecek şekilde yapılandırılmaktadır. (Ertugrul ve Karakaşoğlu, 2008):

- Yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi;
- Önemli ve etkin kriterlerin tanımlanması;
- Yer seçimi alternatiflerinin geliştirilmesi;
- Alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçimi kararının verilmesi.

En uygun yer seçimi amacıyla şimdiye kadar farklı çalışmalarda çeşitli analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Bayar (2005) Ankara'da açılması planlanan market tesislerine en uygun yer alternatiflerinin hazırlanması amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinden yararlanarak çeşitli konumsal analizler yapmıştır. Analiz çalışmaları sonucunda Ankara'nın şehirlerarası ulaşım bağlantılarına (Konya ve İstanbul yolları) yakın kentin batı ve güneyinde kalan alanlar uygun alternatifler olarak belirlenmiştir.

Karabulut ve Küçükönder (2007) ise Kahramanmaraş'ta katı atık depolama tesisinin yer seçimi için topladıkları verileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinden yararlanarak bilgisayar ortamında çok ölçütlü analiz metodu ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda belirledikleri 11 ölçüt Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon metodu ile çözümlenmiş ve katı atık depolama tesisi için alternatif yer seçimi oluşturulmuştur.

Özşahin ve Kaymaz (2013) Hatay'da yapılması planlanan Rüzgar Enerji Santrali tesisinin inşaat alanı için alternatif yer seçenekleri oluşturmak için Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinden yararlanılmıştır. Analiz sürecinde 15 farklı kriter belirlenmiştir. Analiz çalışması sonucunda şehrin söz konusu tesisin yapımı için iyi ve orta düzeyde duyarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlarla birlikte çok yüksek ve çok zayıf derecede arazilerin yok denecek kadar az yer kapladığı gözlemlenmiştir.

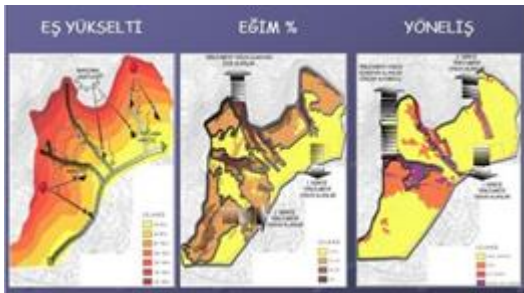
5.YER SEÇİMİ KARARLARININ ÜRETİLMESİ

Yer seçimi yapılacak olan yerleşim ya da tesis için amaca ve kullanıma yönelik ölçütler belirlenmelidir. Bu ölçütlerin ağırlıkları (sınıfları ve puanlamaları) belirlendikten sonra yerleşilebilirlik olasılığı olan alanlar, ağırlıklarına göre yerleşilebilirlik açısından karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda tercih edilen yerleşimler belirlenmesi ve en uygun yerleşimin önerilmesiyle Yer Seçimi Karar Süreci tamamlanmış olmaktadır.

Yer Seçimi Kararı vermeye yönelik alternatifler ve hazırlanan modeller, tasarım sürecinde hazırlanmasına rağmen; söz konusu alternatiflerin değerlendirilmesi seçim evresinde yapılmaktadır. Seçim evresi karar vericilerin kararlarını verdikleri, birçok alternatif arasından en uygun alternatifin seçildiği evredir. Belirlenen karar verme ölçütleri doğrultusunda her bir seçenek değerlendirilip analiz edilmektedir.

Karar verme ölçütleri, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanmasında kullanılmaktadır. Sıralama işlemi ise karar vericinin ya da oluşturulacak modelin kullanım amacına göre şekillenmektedir.

Belirlenen bir kullanım için uygun bir yer seçilirken kapsamlı bir şekilde amaç ve faktörlerin bir arada ve uyumlu bir şekilde düşünülmesi gerekmektedir. Örneğin; ticari bir faaliyet için yer seçimi sürecinde ekonomik, sosyal, teknik ve çevresel disiplinlerce tanımlanmış belirli ölçütler, yer seçimi kararı oluşturma sürecine altlık oluşturmaktadır. Söz konusu ölçütlerin bir arada düşünülmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilip karara bağlanması oldukça karmaşık bir süreçtir.



Şekil 2. CBS Ortamında Hazırlanmış Doğal Veri Analizleri

CBS'nin temel amaçlarından biri mekansal karar verme sürecine destek sağlamasıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde karar verme sürecinin analizinde kullanılabilecek birçok temel çerçeve bulunmaktadır. Bunlardan biri karar analizi literatüründe genel kabul görmüş, Simon (1960) tarafından temellendirilen yaklaşımdır. Simon (1960), karar verme sürecini üç başlıkta incelemiştir:

- Bilgi (Intelligence) (Problemin tanımlanması)
- Tasarım (Design) (Seçeneklerin oluşturulması)
- Seçim (Choice)'dir. (En iyi seçeneğin seçilmesi)

Karar verme sürecindeki bu başlıkların her hangi bir aşamasında olası problemler yaşanırsa geri dönüşler ve düzeltmeler yapılması gerekebilmektedir. Mesela birden çok tasarım önerisi hazırlanmış iken yerleşilebilirlik açısından uygun olmayan seçeneklerin geri dönüp düzeltilmesi gerekmektedir.

CBS ile Karar Verme Sürecinde mekansal verinin toplanmasında ve analizinde karşılaşılabilecek olası sorunlar akılcı bir şekilde aşılmaktadır. Mekansal karar vermenin ilk adımı olarak büyük veri ve bilgilerin hazırlanması, depolanması ve yönetiminde CBS önemli rol üstlenmektedir. Dolayısıyla verilecek olan kararlar için destek niteliğinde akılcı alternatiflerin üretilmesini sağlayan model ortaya çıkarmaktadır. Söz konusu model verilecek karar ile ilgili fonksiyonların bir veritabanı ile bu veritabanının haritada gösterimi olarak tanımlanmaktadır. Mekansal karar seçenekleri ile oluşturulan modeller CBS ortamında hazırlanan verilerin ve iki boyutlu haritaların analizinden türetilmektedir.

Teknik ve sosyal altyapı, nüfus verileri, ekonomik faaliyetler gibi daha birçok konuda çok disiplinli bir çalışma olan yer seçimi, farklı alanlardaki (çevresel, jeolojik, ekonomik, toplumsal vb.) ve genel anlamda konumsal verilerin toplanması, saklanması, analizi, işlenmesi dolayısıyla yönetilmesini gerektirmektedir. Bu anlamda CBS, konumsal verileri yönetim ve görselleştirme becerileri ile yer seçimi kararlarının üretim ve işleyiş sürecinde etkin şekilde kullanılabilecek bir teknolojidir. Yer seçimi kararlarının hazırlanması sürecinde

en önemli aşamalardan biri de yer seçimi kriterlerini tespit etmektir. CBS ortamında hazırlanan saha uygunluk analizi, nüfusa ve rekabete dayalı ihtiyaç analizi gibi farklı ölçütlere dayandırılarak elde edilen sonuçlar, karar alma sürecinde seçilen kriterlerin bir yansımasıdır. Birbirinde farklı ölçüt grupları ile aynı ölçüt için farklı değerlendirmeler yapılabilirken aynı zamanda farklı yer ve büyüklükte alternatif yerleşim alanları elde etmek de mümkündür. Alternatif bölgeler arasından en uygun sahayı belirlemek için kullanılacak ölçütler ve bu ölçütlerin etki alanları, Yer Seçimi Kararı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Karar Süreci'ne destek olarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi, sürece altlık oluşturacak verilerin objektif bir şekilde hazırlanmasını sağlamaktadır.

Yer seçimi analizinde Analitik Hiyerarşi Yöntemi, atık depolama tesisi yer seçiminden ilköğretim tesisi yer seçimine, hastane tesisi yer seçiminden itfaiye istasyonu yer seçimine kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmaktadır. Tarafsızlık ilkesini benimseyerek geliştirilen söz konusu sistem, farklı ölçüt grupları için tekrar tekrar uygulanarak alternatif senaryoların incelenmesine ve yer seçimi için en uygun kararın verilmesine olanak sağlamaktadır.

6. BULGULAR VE SONUÇLAR

Şehir planlaması konusunda ulusal ve küresel çaptaki örnekler, fiziki ve doğal çevrenin zarar görmesi sebebiyle arazi kullanım planlamasında yer seçimi kararı üretmenin, son yıllarda karmaşık ve zaman alıcı bir süreç haline geldiğini ortaya koymaktadır. Hızla artan nüfus, üretim/tüketim hızının kontrolsüz bir şekilde artması, farklı arazi kullanım talepleri (yerleşim, kentsel donatı, sanayi, tarım vb.) ve özellikle sürdürülebilirlikten uzak uygulamaların olması nedeniyle doğal kaynakların hasar görmesi, artan alan sıkıntısı, genellikle yanlış plan kararlarından ve uygulamalarından kaynaklanan beşeri faktörlerin etkileriyle şehir planları ile ilgili kanuni düzenlemelerin gittikçe daha yaptırımcı bir hale gelmesi ve söz konusu plan uygulamalarının yer seçiminde karar verici ve kararlardan etkilenen kullanıcıların çok sayıda olmaları gibi sebepler, yer seçimi sürecinin işleyişini güçleştirmektedir. Dolayısıyla en uygun yer seçimi kararı çevresel, toplumsal ve ekonomik yönlerden kullanıcıların

ihtiyaçlarına objektif olarak yaklaşan, doğal kaynakları sürdürülebilirlik ilkesi esasında değerlendirecek şekilde kurgulanmalı, kanuni açıdan mevzuat ile uyumlu ve kullanıcılar tarafından genel kabul görmüş olmalıdır.

Yer seçimi Kararı Üretme Süreci'nde etkili çok sayıda ölçütler, söz konusu bir yerleşimin yerleşilebilirlik açısından uygunluğuna karar verirken karar vericiler tarafından değerlendirilmektedir. Bu süreçte karar vericilerin hangi karar ölçütünü ne derece önemle göz önünde bulunduracağı ve bu ölçütlerin alınacak olan kararı ne derecede etkileyeceği aynı zamanda bu değerlendirmenin etkin ve objektif bir şekilde belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla çok ölçütlü analizler ve çok ölçütlü bir karar verme süreci söz konusu olduğu için CBS gibi karar verme sürecinde teknolojik ve akıllıca çözümler üreten bir yöntem kullanmak gerekmektedir.

Yer seçimi şehir planlama literatüründe “arazi kullanım planlaması” olarak geçmektedir. Arazi kullanımı farklı kullanımlara ait bölgelerde uzaklık(tampon), eğitim analizi, bakı analizi, nüfus yoğunluğu ve kullanım yoğunluğu gibi farklı analizlerin sonucunda yerleşime uygunluk açısından doğal ve fiziksel farklı konumsal analiz türlerini içermektedir. Mekansal veriyi işleme, analiz etme, yönetme özelliklerine sahip olan Coğrafi Bilgi Sistemleri, amaca en uygun yer seçimi seçeneklerinin belirlenmesi konusunda önemli rol almaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri aynı zamanda konumsal verilerin yanında ekonomik, beşeri ve toplumsal veriler için veritabanı oluşturup bu konumsal ve grafiksel verileri aynı anda saklayıp yönetebildiği için farklı analizleri hızlı, akılcı ve dinamik şekilde hazırlanabildiği bir teknolojidir. Dolayısıyla yerleşilebilir alanların yer seçimi sürecinde önemli bir yere sahiptir. Ancak CBS'de hazırlanan çok yönlü analizler yer seçimi için tek başına yeterli değildir. CBS ortamında elde edilen alternatiflerin arasından “en uygun” alternatifin seçilmesi gerekmektedir. Bu seçimin sağlıklı bir şekilde yapılması için Çoklu-Kriter Karar Analizi (ÇKKA), ağırlık yöntemiyle puanlama yapılması ve alternatif yer seçimi önerileri karar ölçütleri açısından sıralama ve dolayısıyla en uygun seçimi yapmayı sağlamaktadır.

Yer seçimi kararı sürecinin, şehir planlama başta olmak üzere çevresel, ekonomik, toplumsal ve idari

alanlarda önemi ile yerleşimlerin yer seçimi süreci konusunda objektif ve teknolojik yöntemlerin tekniklerin geliştirilmesine olan ihtiyaç göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada, yerleşmeye uygun alanların yer seçimi için CBS tabanlı ve ÇKKA destekli bir konumsal karar destek sisteminin kurgulanması, uygulanması ve yönetimi hakkında genel çerçevede bilgiler vermek amaçlanmıştır.

7. KAYNAKÇA

Bayar,R., 2005. CBS yardımıyla Modern Alışveriş Merkezleri için Uygun Yer Seçimi: Ankara Örneği, Coğrafi Bilimler Dergisi, 3, 19-38.

Erden,T. ,Coşkun M., Tmmob Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 13.Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi

Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39(7-8), 783-795.

Küçükönder,M. ,Karabulut,M. ,Coğrafi Bilimler Dergisi, 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti

Özşahin, E., & Kaymaz, Ç. (2013). Rüzgâr Enerji Santrallerinin (Res) Kuruluş Yeri Seçiminin CBS İle Analizi: Hatay Örneği. TÜBAV Bilim Dergisi, 6(2), 1-18.

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.

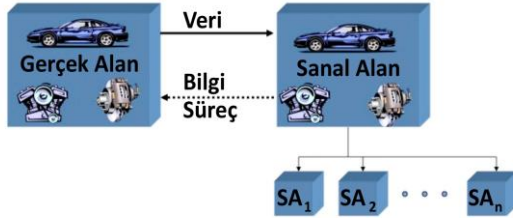
2. DİJİTAL İKİZLER

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 (Grieves, 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 yapabilir.

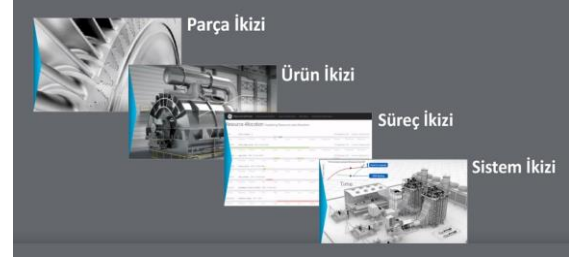


Şekil 1. Kavramsal olarak Dijital İkiz
(Grieves, M., 2001)

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, yapım 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

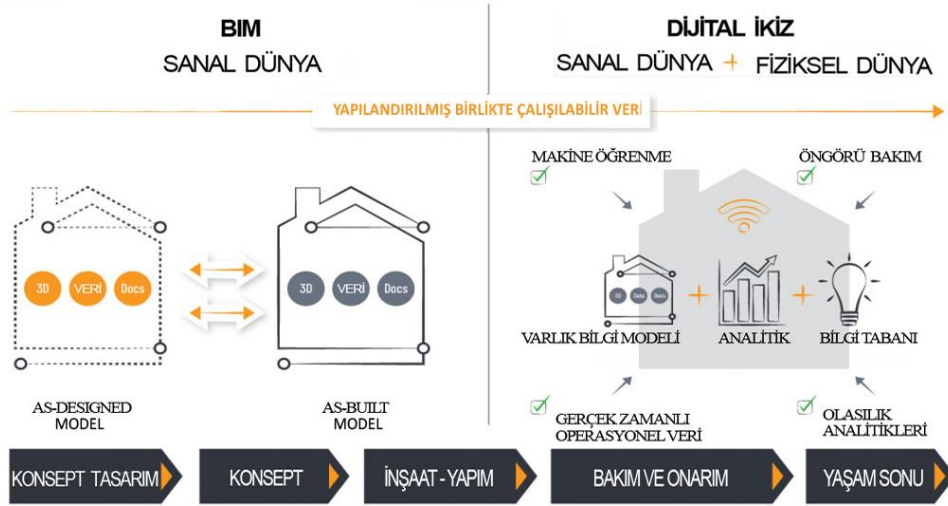
Son yıllarda inşaat sektöründeki önemli gelişmelerden biri olan BIM, diğer adıyla Yapı Bilgi Modelleme, yapının yaşam döngüsü boyunca pek çok yönden daha yüksek performans göstermesini hedefleyen bir çalışma biçimi olarak bilinmektedir. En erken dönemden yıkıma kadar, karar verme konusunda güvenilir 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 sessel 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 sessel 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.

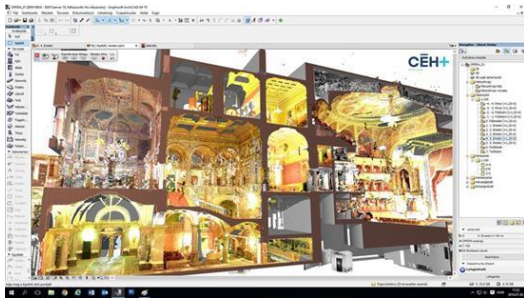
Yapının fiziksel dünyada karşılık bulmaya başlamasıyla gelişme sürecine giren Dijital İkizler için, üretim veya şantiye alanında çeşitli noktalarda konumlandırılmış video kameralar ile pek çok iş

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 gösteri olabilecektir. 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 bir araya 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.)

KAMUSAL MEKANLARDA AKILLI KENT TEKNOLOJİLERİYLE VERİ ELDE EDİLMESİ VE KAMUSALLIĞIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bilge BÜLBÜL
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: bilgeblbl@gmail.com

ÖZET

Kamusal mekanlar, toplumun rekreasyon ihtiyaçlarını karşılaması ve yaşam kalitesini artırması dolayısıyla kent içinde oldukça değerlidir. Bu yüzden kamusal alanların değerlendirilmesi ve artırılması da önemlidir. Fakat kamusal alanın kamusal alanlığı, sosyal, kültürel, ekonomik farklar bağlamında toplumların ve/veya bireylerin isteklerine, yaşlarına, inançlarına, değerlerine göre değişmektedir. Bu nedenle kamusal alanları değerlendirmek için mekanın tüm boyutları ve kriterleriyle ele alınması gerekmektedir. Kamusal alanın ölçülmesi için ortaya çıkan kriterler doğrultusunda oluşturulan modeller, anlık ölçümlere olanak sağlamadığından yetersiz kalmaktadır. Çünkü mekanın hitap ettiği kitleler zamana göre değişmektedir. Bu makalede kamusal alanın ölçülmesi için oluşturulmuş kriterler ve modeller üzerinden, gelişen teknolojiyle birlikte akıllı kent sistemleri için geliştirilmiş örnekler incelenerek, kamusal alanın değerlendirilmesi ve artırılabilmesi için yeni bir yöntem sunmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kamusal mekan, kamusal alan, akıllı kent.

ABSTRACT

Public spaces are very valuable in the city as they meet the recreation needs of the community and increases the quality of life. Therefore, it is also important to take the publicity into consideration and improve it, but the publicity of public space changes according to the needs, ages, beliefs and values of the individuals in the context of social, cultural, economical differences. The models which are created to measure the publicity are not sufficient enough as they don't make it possible for the instant measurements. Because the masses to whom the place addresses vary according to time.

In this article it is aimed to provide a new method for handling and improving publicity by examining the examples developed for smart city systems.

Key Words: Public space, publicity, smart city.

1.GİRİŞ

Kamusal mekanlar herkese açık ve özgürce dolaşımın sağlandığı mekanlardır. Toplumsal

iletişimin olduğu, sosyal aktivitelerin yapıldığı, toplumun tüm kesimlerinin özgür dolaşım ve aktivite içinde bulunabildiği alanlardır. Fakat kime ve hangi toplumlara göre ne kadar özgür olduğu, isteklerini ne kadar karşıladığı ve ne kadar konforlu bir mekan olduğu konusu önemlidir. Bu durum herkese göre değişebileceğinden bir kamusal alanın ne kadar kamusal olduğu konusu karmaşıktır. Çünkü alanı kullanan kitlelere göre değişecektir. Bir kamusal mekandan beklenenler herkese göre değiştiğinden, kamusal alan kavramının birçok kriter üzerinden değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun için mekanda var olan boyutlardan çeşitli kriterler oluşmaktadır. Bu kriterler üzerinden oluşturulan kamusal alan değerlendirme modelleri yönetim, erişim, kullanıcı, mülkiyet, tasarım gibi boyutlardan bazılarını daha baskın şekilde ele almaktadır. Fakat tüm kriterler üzerinden bir değerlendirilme yapılması sonucu, bir kamusal alanın kamusal alanlığı hakkında yargıya varmak daha doğru olacak gibi görünmektedir.

Kriterler üzerinden kamusal alan değerlendirmesinin yapılabilmesi için iki ana yöntem tanımlanmaktadır (Varna ve Tiesdell, 2010). Biri alanın kullanıcı tarafından deneyimlenen, gözlemleyen ve bunun sonucu oluşan algıyı ortaya koyan yöntem diğeri ise literatür araştırması sonucu oluşturulan kriterler üzerinden yapılan değerlendirmedir. Fakat bu yöntemler kamusal alanın zaman boyutunda eksik kalmaktadır. Çünkü alanın kullanıcıları yani mekandan istenenler zamana göre değiştiğinden kamusal alan farklı olacaktır. Bu iki yöntem alan verilerine sahip olmadığından kamusal alanlar için yeterli değerlendirme sunmamaktadır. Bu durumda alan verileri kullanabilecek üçüncü bir yöntem ortaya çıkmaktadır. Günümüz gelişen teknolojileri ve alan verisi akışı sayesinde bu kriterler üzerinden yapılacak değerlendirmeler, alan kullanıcı bilgisine ulaşmak ve bu bilgiyi kullanmak için önemlidir.

Mekanın kamusal alanlığını ölçmek alan kalitesi hakkında da fikir verecektir. Çünkü alanın yeterince kamusal olduğunu anlamak için belirlenmiş kriterler, mekana erişime ve alanın kullanımına engel olabilecek öğeleri sorgulamaktadır. Yani alanın kullanımı ne kadar fazlaysa kamusal alanlığı da fazladır. Kamusal alan kriterleri üzerinden yapılacak değerlendirme sonucu geri dönüş olarak hizmetlerin artması, alanın kalitesinin de artması için önemlidir. Bu değerlendirmelerin alan olarak yapılması hızlı geri

dönüş açısından da önemlidir. Anlık veri akışı ve kullanıcı bilgisine ulaşmak için 'Akıllı Kent Sistemleri' devreye girmektedir.

Kente artan nüfus, kentleşme oranı ve tüketim unsurları karşısında oluşan kentsel çevre, doğal çevre ve enerji sorunlarını çözmek için ortaya çıkan "Akıllı Kent" kavramı, gelişen teknoloji ile kentsel yaşam ve kentsel tasarım sürecine yenilikler getirmektedir (Sınnmaz, 2013). Akıllı kent kavramı çerçevesinde birçok sektör içindeki nesnelerin ve kişilerin birbirine bağlanması yani kent ve kentli arasında iletişimin ve kolay erişimin sağlanması sunulmaktadır. Bu, insan müdahalesi olmadan kendi aralarında iletişim kurarak oluşan veri ağları ile sağlanabilmektedir (Göğüş, 2019).

Kent içinde oluşan verilerin bilgiye çevrilmesiyle birçok analiz, hizmet geliştirme uygulanabilmektedir. Böylece kamusal mekan ve kent için çeşitli tespitler yapılabilmekte ve yaşam kalitesini arttırmak üzere uygulamalar, projeler geliştirilebilmektedir. Veri elde edilmesi için hızlı, anlık veri oluşması kamusal mekanın kamusalının değerlendirilmesi için önemlidir. Akıllı şehir araçlarıyla kullanıcı kaynaklı verinin toplanması ve veriyi doğru analiz edilmesiyle elde edilen sonuç hem daha katılımcı hem daha anlamlı olacaktır. Zamana bağlı olarak elde edilen bu veriler kamusalın ölçülmesinde anlık ve doğru sonuçlara götürecektir. Gerçek zamanlı verilerden oluşturulacak analizler, kamusalın ölçülmesi için yeni bir yöntem oluşturmaktadır. Bu yöntem sayesinde veriler zamana ve kullanıcıya göre değişebilecek ve kamusalın birçok faktöre göre değişen karmaşık yapısını da ele alarak dinamik sonuçlar verecektir.

2. KAMUSAL MEKAN KAVRAMI

Kamusal mekanlar toplumun her kesimine açık ve mekanın özgürce kullanılabilirdiği mekanlar olarak bilinmektedir. Kamusal mekanın özellikleri;

- Kamusal mekanlar insanları bir araya getirmek
- Toplumun dinlenme, aktivite, sosyalleşme ihtiyaçlarını karşılayan mekanlardır. Festivaller, film gösterimleri, fuarlar, konserler gibi etkinlikler için ortam oluşturmak
- Büyük sosyal değişimleri gerçekleştirebileceği yerler olmak
- Özgürce kullanılabilirdiği için insanlara kendilerini ifade etmek için ortam sunmak
- Toplumun her kesimine açık ve erişilebilirdir. Yaş, gelir, ırk, etnik köken, cinsel tercih, sınıf, fiziksel yetenek ya da aklınıza gelebilecek herhangi bir şeyden bağımsız olarak herkes için uygun olmak şeklinde sıralanabilir (Khatri, 2019).



Şekil 1. Kamusal Mekan Örneği (Khatri, 2019)

Kamusal mekanlar ilk çağlardan itibaren kentlerde var olan mekanlardır. Var oldukları ilk zamanlardan bu yana birçok rol üstlenmişlerdir. Bu roller toplumun ihtiyaçlarını karşılamak ve yaşam kalitesini arttırmak doğrultusunda kamusal mekana atanmıştır. İnsanların kamusal mekanda çok vakit geçirmesi, mekanın yüksek seviyede kamusal olduğunu kanıtlamakla beraber mekana yeni sorumluluklar da yüklemektedir. Yeterince konfor sağlanan bir kamusal mekan, oranın kullanımını artırır. Çok vakit geçirilmesi de insanların yaşamsal faaliyetlerini, toplu yapılacak eylemleri orada yapmalarını sağlamaktadır. Bu şekilde kamusal mekanlar yeni roller kazanmaktadır. Akkar (2007), kamusal mekanın rollerini 8 kategoride anlatmaktadır. Bunlar;

- Fiziksel rol; kullanıcıların günlük ihtiyaçlarına cevap veren donatıları kapsamaktadır.
- Ekolojik rol; bitki örtüsü ile mikro-klimayı dengelemekte, hava akışı sağlamakta, kirliliği filtrelemektedir.
- Psikolojik rol; kişi burada kendi istediği gibi hareket etme olanağına sahiptir ayrıca zorluklarla karşılaşmakta, şok etkiler karşısında tepkiler oluşturmakta ve mental gelişimine katkı sağlamaktadır.
- Sosyal rol; sınıf, etnik köken, yaş, cinsiyet ayırt etmemesi, herkesi kucaklaması ve toplumun farklı kesimlerini buluşturması sosyal etkileşimi sağlamaktadır.
- Politik rol; eleştirel söylem için bir platform oluşturmasıyla halkın demokrasiye doğrudan katılımını sağlamaktadır.
- Ekonomik rol; ticari faaliyet alanlarını ve arazi fiyatlarını etkileyebilmektedir.
- Sembolik rol; imaj yaratmakta ve kente kimlik kazandırmaktadır.
- Estetik rol; kenti güzelleştirmekte ve fiziksel çevre kalitesini arttırmaktadır (Akkar, 2007).

2.1. Kamusal Mekanın Kamusalının Ölçülebilirliği

Kamusal ve özel ayrımı, mekanın kamusalının değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Kamusal mekanlar, özel mekanların aksine kültürel, sosyal, ekonomik farklar gibi hiçbir fark ayırt etmeksizin herkesin erişebildiği mekanlardır. Erişilebilirlik, kamusalı tanımlamada en önemli kavramdır. Kamusal mekanlar herkes tarafından algılanabilen, ortak vakit geçirilebilen, insanların bir sınır veya engelle karşılaşmadığı alanlardır. Mekanların kamusalı çoğunlukla kullanıcıya bağlı olduğundan, kültürel, toplumsal, fiziksel açılardan değerlendirmeler yapıldığında herkes için aynı açıklığı ve özgürlüğü ifade edemediğinden net sonuçlara ulaşılamamaktadır. Bu da kamusal mekanın birçok faktöre dayanan karmaşık bir yapıya olduğunu göstermektedir.

Mekanda kamusalı yaratan asıl öge toplumdur. Yani toplum davranışları ve mekanı algılamasıyla kamusal seviyeleri belirlenebilir. Mekanı kullanan toplumun mekandaki öğelerle olan ilişkisi ve bu öğeleri kullanılabilirliği kamusalı değerlendirmesinde etkilidir. Mekan ve kullanıcı arasındaki bu ilişkiyi ölçebilmek için çeşitli kriterler belirlenmiştir. Mekanın kontrolü, canlılığı, temizliği, bakımı, yoğunluğu, mekandaki güvenlik algısı, aktivite çeşitliliği gibi parametreler kamusalı ölçek için değerlendirilmektedir. Bu parametrelerin kullanıcı için uygunluğu mekanın kullanımını da arttırmakta ya da azaltmaktadır.

Kişiyeye göre değişebilen parametreler, insanın mekanı algılaması ve kendine göre yorumlaması olarak açıklanabilir. Kimine göre estetik ve fiziksel şartları yeterli olan mekan, bazılarında göre yeterli olmayabilir. Mekanın, yüzde yüz kamusal olabilmesi için, yaş, din, ırk, sosyoekonomik durum fark etmeksizin herkesi davet etmesi gerekmektedir. Mekanda var olan parametreler ve kriterler, birbirini desteklemekte, kamusal mekanın karmaşık yapısı da ancak bu değerlendirmeler yapıldığında çözümlenmeye en yakın sonuca ulaşabilmektedir (Göğüş, 2014).

2.1.1. Kamusal Değerlendirme Modelleri

Kamusal mekanda bulunan ve mekanı tanımlayan kriterler çeşitli yönleriyle ele alınarak, kamusal mekanın kamusalını değerlendirmek amacıyla, araştırmaların yapılmasına ve modellerin oluşturulmasına sebep olmuştur.

Triaksiyel Model

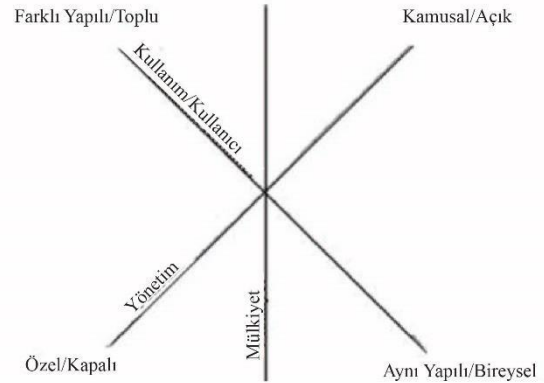
Nemeth ve Schmith tarafından geliştirilen bir yöntem olarak Tri-aksiyel Model, kamusalın

mülkiyet, yönetim ve kullanıcı/kullanım boyutlarını kapsamaktadır (Németh ve Schmith, 2011).

Mülkiyet boyutu, mekanın yasal olarak kamu mülkiyetinde mi yoksa özel mülkiyette mi olduğu ile ilgilidir. Modelde genellikle mülkiyetin işletmeyle ilgili olduğu söylenmektedir.

Ele alınan diğer boyut olan yönetim boyutu ise, mekandaki kontrol, erişim ve hareket özgürlüğü ile ilgilidir. Model, mekansal yönetim için çeşitli yaklaşımların anlaşılmasının önemli olduğunu söylemektedir. Çünkü davranışa bağlı kontrol, kamusal alanın sosyal çeşitliliği ve kapsayıcılık derecesi ile ilgili daha geniş sonuçlara sahiptir. Kamusal alanın nasıl ve kim tarafından kontrol edildiği ve mekanın güvenliğinin nasıl sağladıkları bu boyutun önemli bileşenleridir.

Son olarak kullanıcı/kullanım kriteri ise mekandaki donatılar ve aktivitelerin çeşitlilik sunup sunmadığı ve kullanıcıların sosyal etkileşim sağlayabilmeleri doğrultusunda nasıl bir yapısı olduğu ile ilgilidir. Mekanın kullanım ve kullanıcılarının çeşitliliğiyle ve kullanıcıların kendi algıları ve davranışlarıyla yorumlanmaktadır.



Şekil 2. Triaksiyel Model'in Görselleştirilmesi (Németh ve Schmith, 2011)

OMAI Modeli

Kamusalı değerlendirmesinde kullanılmak üzere geliştirilen en güncel model OMAI Modeli'dir (Langstraat ve Van Melik, 2013). Bu model mülkiyet, yönetim, erişilebilirlik ve kapsayıcılık olmak üzere dört kriter üzerinden oluşturulmuştur.

OMAI Modeli için çember şeklinde bir diyagram oluşturulmuştur. Çember dörde bölünmüş ve her bir bölme bir kriteri ifade etmektedir. Bu bölmelerin içi ne kadar dolu olursa o kadar kamusal olduğunu göstermektedir. Çemberin içindeki ortak merkezli 3 çember daha bulunmaktadır. Bunlar 1 özel ve 4 kamusal olmak üzere, içten dışa derecelendirilmiştir.



Şekil 3. OMAI Modeli Diyagramı (Langstraat ve Melik, 2013).

Mülkiyet, mekanın yasal statüsünü ifade etmektedir.

Yönetim, mekandaki güvenlik ve bakımla ilgilidir. Bunların özel mi yoksa yerel yönetimler tarafından mı karşılandığı konusulla değerlendirilmektedir.

Erişilebilirlik, fiziksel geçişlerin ve ulaşımın yanı sıra görsel geçirgenlik, konum, sosyal erişilebilirlik bağlamında da ele alınmaktadır. Fiziksel ve sosyal olarak da engelsiz bir alan tanımlanmıştır (Langstraat ve Melik, 2013).

Kapsayıcılık, mekanın farklı grupların ve bireylerin taleplerini karşılama derecesiyle ilgilidir. Kamusal mekanda insan ihtiyaçlarını karşılama ve aktivite çeşitliliği sağlama olarak değerlendirilmektedir.

Bu modelde değerlendirmeler özel ve kamusal karakterler üzerinden yapılmaktadır. Yani yönetim sisteminin özel veya kamusalılığı değerlendirilmektedir. Bu durumda kullanıcı tarafından değerlendirilecek kriterler ortaya koyulmamıştır. Erişim ve kapsayıcılık kriterleri daha çok kullanıcıya yönelik olsa da yeterince açık ve yeterli değildir. Örneğin, kapsayıcılık aktivite çeşitliliği ile kısıtlı kalmıştır.

Yıldız Modeli

Kamusalılık değerlendirilmesinde kullanılmak için yapılan modellerden biri de Varna ve Tiesdell tarafından geliştirilmiş olan Yıldız Modeli'dir. Bu modelde kamusalılık, mülkiyet, fiziksel düzen, canlılık, kontrol, fiziksel donatılar olmak üzere beş boyutuyla incelenmiştir. Yıldız modeline göre mekanın doğurduğu tüm bu kriterleri doğrultusunda mekan, 1' den 5' e kadar puanlanmaktadır. Verilen puanlar, her bir boyutun kendi içinde ortalaması alınarak sonuçta tek puan haline getirilmekte ve model oluşturulmaktadır.



Şekil 4. OMAI Modeli Diyagramı (Langstraat ve Melik, 2013).

Mülkiyet, Mekanın aitlik durumuna göre değerlendirilmektedir. Mülkiyetin kamu ya da özel oluşu ve esas fonksiyonun kamuya ya da özele hizmet ediyor olmasına bakılmaktadır (Varna ve Tiesdell, 2010).

Fiziksel Düzen, Mekanın boyutuna göre iki kategoride incelenmektedir. Makro ve mikro tasarım kriterleri bulunmaktadır. Makro tasarım, geçişler, toplu taşıma yolları, bisiklet güzergahları, sınırlar; mikro tasarım, aktif zemin kat kullanımı, oturma olanakları, yürüme olanakları, farklılık göstergelerini kapsamaktadır (Varna ve Tiesdell, 2010).

Canlılık, Mekandaki aktivite çeşitliliğini ifade etmektedir. Canlılık kriteri, mekanın insanın sosyal ihtiyaçlarının karşılanması, farklı bireyler ve gruplar için kullanımı desteklemesi ve tasarımın buna izin vermesini değerlendirmektedir. Mekanda bulunan çeşmeler, heykeller, yiyecek satış arabaları, büfeler gibi olanaklar da aktif aktivite potansiyeli oluşturmaktadır ve sosyalleşmeyi sağlamaktadır (Varna ve Tiesdell, 2010).

Kontrol, Güvenlik kamerası gibi teknolojik kontrol elemanları, güvenlik personelleri, kontrol tabelaları ve kontrol edici kent mobilyalarının varlığı ile sorgulanmaktadır. Kamusal mekanlar serbest dolaşımın sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yüzden mekanlarda kontrol ne kadar sıkıysa, kamusalılık düzeyi de az olmaktadır. Mekanda kontrol, kurallar, tabelalar, çevrede dolaşan polisler ve/veya özel güvenlik görevlileri, güvenlik kameraları ile ölçülmektedir (Varna ve Tiesdell, 2010).

Fiziksel Donatılar, Mekanda fiziksel bakım, temizlik, aydınlatma gibi ihtiyaçları karşılanmasına bakılmaktadır (Varna ve Tiesdell, 2010).

Bu modelde mülkiyet kriteri dışındaki kriterler mekanın kullanıcı boyutunun kamusallığını ölçmeye yöneliktir. Yani kullanıcının mekandaki davranışlarının ve/veya mekan kullanımının özgür olmasıyla ilgilidir. Buradaki özgürlük açıklanacak olursa, mekanın toplumun tüm kesimlerine hitap etmesi ve herkesin kısıtlanmadan mekanı kullanabileceği, erişebileceği anlamına gelmektedir.

3. AKILLI KENTLER VE KAMUSAL MEKANLAR

Akıllı kent kavramı kentleşmenin doğa ve insan üzerinde bıraktığı olumsuz etkileri azaltmak, nüfus ve kentleşme baskısının kaldırmak ve daha verimli, yaşanılabilir kentler için yeni planlama yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır (Kaygısız ve Aydın, 2017).

Akıllı kentler, hızlı değişen yeni dünya düzeni içinde, toplumun hayatını iyileştirmek için teknolojiyi toplumsal yaşamla bütünleştirmesi ve yaşam kalitesine çözümler sunmada pratikliği nedeniyle dünyada hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Aşırı nüfusun yanında, ulaşım, kirlilik, sürdürülebilirlik, güvenlik, sağlık gibi kentteki problemlere de çözüm bulmaya çalışmaktadır (Akdamar,2017).

Akıllı kentler kapsamında çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Bunlar;

- Kullanıcıların tercihini ve kişisel bilgilerini taşıyabilen teknolojiye sahip, konum tabanlı hizmetler ve içeriği zenginleştirilmiş servisler ile akıllı kentlere erişebilen **Mobil Cihazlar**,
- Vatandaşların şehirlere ilişkin görüşlerini, fikir ve önerilerini paylaşabileceği, katılımın kolayca sağlanabileceği **Dijital Platformlar**,
- Gelişmiş sensörlerin ve kablosuz internet bağlantısının fiziksel eşyalarda kullanılmasıyla, park alanlarının daha etkili kullanılması, trafiğin etkin bir şekilde yönetilmesi gibi alanlarda kullanılan **Nesnelerin İnterneti**,
- Büyük hacimdeki zengin verilerin yönetilmesini sağlayarak akıllı çözümleri kolaylaştıran **Büyük Veri**,
- Bilgisayarca okunabilen, herkesin kullanımına ve yeniden yayınlanabilmesine olanak sağlayan **Açık Veri**

gibi akıllı kent projelerine katkı sağlayan teknolojilerdir (Vodafone, 2016). Bu teknolojiler




sayesinde şehirlerdeki boş park alanlarını tespit eden akıllı park sistemleri, köprülerde ve tarihi yapılarda titreşim ve malzeme koşullarının takibi sistemleri, gerçek zamanlı olarak bar alanları ve şehir merkezleri gibi merkezi bölgelerde gürültü haritası çıkarılması, baz istasyonları ve Wifi yönlendiriciler tarafından yayılan elektromanyetik alan seviyelerinin ölçülmesi, iklim veya kazaya bağlı trafik sıkışıklığını algılayarak araç ve yayalara alternatif yollar sunan akıllı trafik uygulamaları, hava durumuna göre kendini uyarlayan akıllı sokak ve otoyol aydınlatmaları, çöp seviyelerinin tespit edilmesi ve çöp yollarının optimize edilmesini sağlayan atık yönetimi sistemleri gibi akıllı çözümler oluşturulabilmektedir (Görkem ve Bozuklu, 2016).

Akıllı bir kentin oluşum sürecinde Nesnelerin İnterneti rolü büyüktür. Nesnelerin İnterneti, birlikte çalışabilir bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanan fiziksel ve sanal nesnelere birbirine bağlayarak ileri düzeyde hizmet sağlamayı hedefleyen altyapı olarak tanımlanmaktadır. Nesnelerin birbiriyle iletişimini ve haberleşmesini sağlayan altyapılardır. Kentlerin yaşadığı sorunlar doğrultusunda aksayan hizmetleri için cihazlar, sensörler, iletişim network altyapıları, bulut sistemleri ve yazılımlar geliştirilerek sorunların çözülmesi hedeflenmektedir (Terzi ve Ocakçı, 2017).

3.1. Akıllı Kentlerde Kullanılan Uygulama Örnekleri

Giderek kalabalıklaşan kentlerde çevre, yaşam, ulaşım, yönetim gibi sektörlerde çıkan problemleri çözmek amacıyla çeşitli sensörler, elektronik cihazlar ve ağlar gibi teknolojilerle sürdürülebilir bir gelecek için akıllı kentler oluşturulmak istenmektedir. Bunun için çeşitli uygulamalar yapılmıştır.

UYGULAMA	SONUÇ
Entegre ve akıllı ulaşım ağları, kavşaklara yerleştirilen kamera ve sensörler sayesinde trafik yoğunluğu tahmin edilebilmektedir. Bu şekilde anlık verilere de ulaşılabilen, böylece trafik sinyalizasyonu da ihtiyaca uygun olarak düzenlenebilmektedir. Fiber optik kablolarla veya kablosuz ağ bağlantısı sayesinde şehrin tüm trafik sinyalleri entegre edilebilmektedir.	Bu uygulamayla Los Angeles'da duraklamalar %35, kavşak gecikmeleri %20, seyahat zamanı %13, yakıt tüketimi %12,5 ve hava emisyonu %10 azaltılmıştır.

	<p>Dijital olanaklar ve akıllı telefonlar sayesinde anlık yol durumları ve akıllı park sistemleri sunulmaktadır.</p>	<p>Deloitte tarafından yapılan modellemeye göre akıllı park sistemiyle, 200.000 insanın yaşadığı bir Avrupa şehrinde, park yeri bulma zamanı %50 azaltılarak hem yaşam kalitesine katkıda bulunulabilmekte hem de yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir.</p>
	<p>Bir bölgedeki kamera, sensör ve diğer tanıma mekanizmaları sayesinde anlık veri toplama ve işlemleriyle şüpheliler belli bir alan içinde tespit edilebilmekte ve gerekli önlemlerin daha hızlı alınması sağlanabilmektedir.</p>	<p>ABD'de Kaliforniya eyaletine bağlı Santa Cruz bölgesinde tahmini önleyici yöntemlerin 6 ay boyunca kullanımı sonunda bölgedeki hırsızlık olaylarının %19 düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.</p>
	<p>Sağlık ya da güvenlik konusunda acil durumlarda akıllı mobil uygulamalar kullanılarak gerekli kurumlara daha hızlı şekilde bilgi aktarımı yapılabilmektedir.</p>	<p>İngiltere'de bir hastanenin acil servis departmanında yapılan çalışmaya göre telefon uygulaması kullanımı sayesinde acilde yatan hastaların gerçek zamanlı durumunun bildirilmesi %18'den %33'e yükselmiştir.</p>
	<p>Nesnelerin internetinin aktif olarak kullanıldığı akıllı sokak aydınlatmalarında enerji kullanımının yanı sıra hava kirliliği de ölçülebilmektedir.</p>	<p>Akıllı sokak aydınlatmasını dünyada uygulayan ilk şehir olan Oslo'da, sokak aydınlatma tüketiminde %70'e varan oranlarda tasarruf sağlanmıştır.</p>
	<p>Çöp konteynerlerine yerleştirilen sensörler aracılığıyla konteynerlerde biriken çöp miktarına göre çöplerin toplanma zamanı ve rotası optimize edilebilmektedir.</p>	<p>Seul'deki turistik Bukchon semtindeki çöp kutularına sensör yerleştirilerek çöp toplama faaliyetlerinin daha düzenli yapılması sağlanmış, bu sayede bölgede artan turizme katkı sağlanmıştır. Ayrıca gereksiz çöp toplama rotalarının düzenlenmesi sayesinde bölgedeki çöp toplama maliyetinin %43 azaltıldığı ifade edilmektedir.</p>
	<p>Halihazırda birçok büyükşehir sensörler, kameralar ve GPS cihazları vasıtasıyla veri toplamakta, bu verilere göre analiz araçlarını kullanarak karar alma mekanizmasını çalıştırarak daha iyi ve daha az maliyetli hizmet sunmaktadır. Tabletler, akıllı telefonlar, MP3 çalar gibi cihazlar bu öğrenme sürecinin araçlarıdır.</p>	<p>Rio Operasyon Merkezi'nde, belediyenin 18 farklı birimi bir araya getirilerek şehrin güvenliği, temizliği, etkinlik koordinasyonu Google uyduları ve sokak haritalarıyla gerçek zamanlı olarak incelenir ve anında müdahale mekanizması çalıştırılmaktadır.</p>

Şekil 5. Akıllı Kent Uygulama Örnekleri ve Sonuçları (Vodafone, 2016).

Günümüzde dünyadaki şehirlerin akıllı hale gelmesi oldukça önemlidir. Ulaşım ve enerji konusunda yeterli altyapıya sahip kentlere bilişimin de eklenmesi akıllı kente dönüşmesi hedeflenmektedir. Küresel stratejiler, rüzgâr, güneş, akıllı şebekeler ve atıktan enerji, akıllı ulaşım ve enerji düzenlemeleri, bilgi ve iletişim teknolojileriyle kentler akıllı olma yolunda ilerlemektedir. Kentlerde bu değişiklikler yapılırken, kentlerin kendi kendine yetebilecek hale getirebilmek için yönetimler, kentte yaşayanların ihtiyaçlarını göz önünde bulundurulmalı, şehrin doğasına zarar verilmemelidir (Sirius IT, 2019).

3.2. Kamusal Mekan ve Akıllı Kent İlişkisi

İnsanları bir araya getiren kamusal mekanlar aynı zamanda ilişkiler kurmak, insanlar kente çekmek, inovasyon ve yeni fikirleri yaymak konusunda da önemlidir. Kentlerdeki yoğunluğun artması ve bunun yanında getirdiği kirlilik, güvenlik, ulaşım gibi problemler, kamusal mekanların en doğru şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Giderek yoğunlaşan kent içinde kamusal mekanlar toplumsal çözümler için oldukça değerlidir (Phelps, 2019).

Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır. Gelişen teknolojiler ve yoğunlaşan kentleşme sayesinde insanlar şehirlerle daha fazla etkileşime girebilmekte, kamu alanlarını daha iyi değerlendirebilmekte, açık alanlarda yer alan inovatif çözümlerden daha etkin bir şekilde yararlanabilmektedir. Kamuya açık alanlarda kent sakinleriyle bağlantı kurabilecek kanallar giderek çeşitlenmektedir. Sürekli genişleyen kentlerin açık kamusal mekanları aracılığıyla daha fazla ziyaretçi çekmesi, gelirlerini arttırması, kültürel çeşitliliğe ve kamu yararına girişimleri öne çıkarması mümkün olmaktadır (Sirius IT, 2019).

Kamusal mekanlar, artan kentleşme bağlamında yaşam kalitesini iyileştirme çabası içinde olan geleceğin kentleri için merkezi bir konu haline gelmiştir. Birbirine bağlı teknolojiler çağında anlam değişikliği yaşamıştır. Akıllı ve ağ bağlantılı teknolojilerin ve hizmetlerin geliştirilmesi, kentliler için yeni fırsatlar olmaktadır. Yeni teknolojiler sayesinde önemli bilgiler toplanabilmekte ve kamusal mekanda var olan olanaklar iyileştirilebilmektedir (Fanderl, 2019).

Akıllı dijital ağın amacı, kamusal mekanlarda sadece erişilebilirliğin arttırılması veya kullanım ve estetik değil şehirde yaşayanların dinamik veri toplama yoluyla yaya, hareketlilik davranışlarını ve çevresel verileri daha iyi anlayabilmeye yardımcı olmaktadır. Kamusal mekanın sürekli olarak değerlendirilmesi, mekandaki akıllı ağın geliştirilmesinde ve kent sakinlerinin ihtiyaçlarını karşılamak ve mekanın

çekiciliğini arttırmak için yol gösterici olmaktadır (Fanderl, 2019).

3.3. Kamusal Mekanda Akıllı Kent Nesneleri

Geleceğin şehirleri, kentleşmenin artmasıyla, sakinleri için yaşam kalitesini iyileştirme çabası içindedir. Kamusal mekanlar, kentlerde odak noktaları olduğu için bu bağlamda önemli bir konuya haline gelmiştir (Fanderl, 2019). Bu yüzden kamusal mekanda problemleri çözmek için akıllı kent teknolojileri kullanılmaktadır.

Akıllı bir kentin oluşum sürecinde nesnelere interneti (IoT) rolü büyüktür. Nesnelere interneti, birlikte çalışabilir bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanan fiziksel ve sanal nesnelere birbirine bağlayarak ileri düzeyde hizmet sağlamayı hedefleyen altyapı olarak tanımlanmaktadır. Nesnelere birbirleriyle iletişim ve haberleşmesini sağlayan altyapılardır. Kentlerin yaşadığı sorunlar doğrultusunda aksayan hizmetleri için cihazlar, sensörler, iletişim network altyapıları, bulut sistemleri ve yazılımlar geliştirilerek sorunların çözülmesi hedeflenmektedir (Terzi ve Ocakçı, 2017).

Kamusal mekanlar kent içinde fiziksel öğelerden oluşmaktadır. Dıştan içe doğru incelenirse; açık kamusal mekana erişebilmek için duraklar, otoparklar, yollar; mekandaki banklar, çöp kutuları gibi fiziksel donatılar; güvenliğin sağlanması için kameralar; aktivitelerin yapılabilmesi için çeşitli spor aletleri, oyun alanları ve öğeleri, sokak satıcılarının konumları, heykeller, çeşmeler bulunmaktadır. Yani kamusal mekanda birçok nesne bulunmaktadır. Bu nesnelere bilgiler toplanıp kamusal mekan planlamasına buna göre yapabilecek teknoloji mevcuttur. Bu noktada devreye giren IoT cihazları ile anlık veri toplamak mümkündür. Böylece acil durumlarda, afetlerde veya trafik kontrolünde alınan anlık bilgilere göre hareket sağlanmaktadır. Örneğin IoT sayesinde trafikten alınacak verilerin bilgiye dönüştürülmesiyle hangi yoldan daha kısa sürede gidileceği öğrenilebilmektedir (URL-1).

Kamusal mekanlarda, IoT kullanılarak akıllı kent mobilya çözümleri sunulmaktadır. Bu bağlamda geliştirilmiş akıllı kent mobilyaları güneş panelleri kullanılarak oluşturulan mobilyalar, dijital tabelalar, akıllı çöp kutuları, şarjlı banklar vb. geliştirilmiştir. Örneğin;

- Güneş panelleri ile çalışan, dolduğu zaman görevlilere haber gönderebilen, "BigBelly" adında bir çöp konteynırı geliştirilmiştir. Konteynırın boyutunun/kapasitesinin değiştirilmesi gibi işlemler; çöp kutularının

hareketlilik seviyesini kontrol ederek gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6. BigBelly (Atakul,2015)

- Sensörler yardımıyla su tüketimini azaltabilen ve toprağın durumu hakkında bilgi verebilen "Waterbee" adıyla bir akıllı sulama sistemi geliştirilmiştir. Sistem, topladığı veriyi analiz edip, sulama sisteminin kurulduğu alandaki toprağın ihtiyacına göre sulama işlemini gerçekleştirmektedir.
- Köprülerde zamana bağlı olarak oluşan yapısal değişiklikleri ve buna bağlı olarak köprünün sağlık durumunu, çeşitli sensörler yardımıyla gözlemleyebilen otomatik köprü sistemleri geliştirilmiştir. Şekil 6'da görünen Jindo köprüsü (Kuzey Kore) üzerinde bulunan 600' den fazla sensör ile dünyanın tam otomatik ilk köprülerinden biridir. Bu tarz sistemler tehlike anında, köprü mühendislerine mail ya da mesaj da gönderebilmektedir.



Şekil 7. Jindo köprüsü (Atakul,2015)

- Hava sıcaklığı, nem oranı trafik hacmi gibi değişkenleri hesaplayabilen, HikoB adıyla bir sensör geliştirilmiştir. Bu sensör yol bakım onarım çalışmalarının, hava koşullarına göre öncelik belirlenmesine yardımcı olmakta ve sürücülerini de yoldaki potansiyel tehlikelere karşı uyarmaktadır.



Şekil 8. HikoB (Atakul,2015)

- Bitponics adıyla geliştirilen akıllı bahçe sistemi bahçedeki suyun derecesini, hava sıcaklığını, ışık ve nem oranını görüntülenebilmektedir.



Şekil 9. Bitponics (Atakul,2015).

4. AKILLI KENT ÇÖZÜMLERİYLE KAMUSAL MEKANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Akıllı şehirler veriyi ve dijital teknolojiyi yaşam kalitesini arttırmak amacıyla kullanmaktadır. Yaşam kalitesi, kentlilerin aldıkları nefesten, sokaklarda yürürken ne kadar güvenli olduklarına kadar pek çok boyutu bir arada kapsamaktadır. Daha kapsamlı, gerçek zamanlı veriler, gelişirken olayları izleme, talep modellerinin nasıl değiştiğini anlama ve daha hızlı ve daha düşük maliyetli çözümlerle yanıt verme becerisi sunmaktadır. Ayrıca bazı akıllı çözümler hem talebe cevap vermekte, hem de halkın onu şekillendirmesine izin vermektedir (McKinsey Global Institute, 2018).

Akıllı kent teknolojileri mekanı iyileştirmekle beraber mekandaki birçok veriyi depolama özelliğine de sahiptir. Böylece bu verilerle mekana dair çeşitli istatistikler sunulabilmektedir. Kamusal mekan için kullanılacak bu veriler kullanıcının çeşitli özelliklerine (yaş, fiziksel durum, sosyal özellikler vb.) göre zamanla ilişkisini

kurabilmektedir. Bu durum kişisel kamusallık değerlendirilmesinin ortaya konulmasına yardımcı olacaktır.

4.1. Kamusal Değerlendirme Modelleri Üzerine Yöntemler ve Uygulanabilirlikleri

Bir kamusal mekanın kamusallığının değerlendirilmesi zordur. Çünkü kamusal bir mekandan istenenler, toplumun kültürüne, karakterine, inancına, kentin fiziksel yapısına, toplumdaki farklı kesimlere göre değişmektedir. Bu durum kamusal mekanların, kamusallık seviyelerini ortaya koymak için birçok araştırmanın yapılmasına neden olmuştur. Bu araştırmalar sonucu çeşitli modeller yaratılmıştır. Her modelin belirlediği kriterler birbirine benzemekle beraber farklılaşan noktaları da vardır. Oluşturulan modeller üzerinden mekanın kullanıcısının deneyimlemesi sonucu ortaya konan ve literatürden gelen kriterlerin puanlaması sonucu yapılan değerlendirmeler bulunmaktadır.

Kamusal mekan için yapılan değerlendirmeler için iki yöntem kullanılmaktadır. Belirlenen kriterler ne kadar geniş kapsamlı olsa da kullanılan yöntemler kullanıcı tarafından puanlama ya da literatürden yapılan puanlamalar olduğu için anlık sonuç vermemektedir. Çünkü kamusal mekan kullanımı günlere, saatlere, mevsimlere göre değişebileceğinden dinamik bir değerlendirme olarak açıklanabilmektedir.

Kriterlere bakıldığında sürekli olarak değişen mekan kullanımı dikkate alınmalıdır. Bunun için günümüz akıllı kent teknolojilerinin kullanılması bir çözüm oluşturabilmektedir. Akıllı kent çözümlerinden biri olan Nesnelere İnterneti anlık verileri toplamak için önemlidir. Anlık veri toplanması, kamusal mekanda asıl olan kullanıcıların deneyiminin değerlendirilmesi ve bununla beraber oluşan geri bildirimlerle mekanın kalitesinin artırılmasına olanak sağlamaktadır. Bunlar modeller üzerinden değerlendirilecek olursa;

Mekanın mülkiyeti üzerinde durulan “Triaksiyel Model” de ana konu kamusal mekanı oluşturan toplum ve mekanı kullanımı değil, daha çok mülkiyettir. Ele alınan diğer boyutlar yönetim ve kullanıcı/kullanım için de puanlama tanımları yeterli olmamıştır. Örneğin, modelde denetim bağlamında güvenlik personeli ve kameraları puanlanmıştır. Denetim için etrafta bulunan, denetimin varlığını belli eden güvenlik kulübeleri polis arabaları gibi detaylar da bulunabilir. Bunların puanlanmamış olması bir eksikliktir. Aynı zamanda 0,1 ve 2 puan üzerinden değerlendirilmesi mekanda var olan sonuçları kısıtlamaktadır. Bu model kullanıcı deneyimi veya akıllı kent çözümlerinin uygulanabileceği fiziksel donatıları

değerlendirmemektedir. Daha çok belgeler ve çizgiler üzerinden belirlenen sınırlarla mülkiyetin kime ait olduğunu ortaya koymaktadır.

OMAI Model’inde, mülkiyet, yönetim, erişilebilirlik, kapsayıcılık kriterleri için 1 – 4 arası yapılan puanlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yasal statü, günlük bakım, güvenlik, kontrol, fiziksel ve yasal engeller, kullanıcı ve kullanım çeşitliliği, donatılar kriterler üzerinden tanımlanmıştır. Bunlara göre, tamamen özel 1, kamusal karakterler içeren özel 2, özel karakterler içeren kamusal 3 ve tamamen kamusal 4 puan olarak değerlendirilmiştir. Mekanın boyutlarına yönelik kriterler tanımlarına göre yeterli değildir. Mekanda ortaya çıkan toplumsal hareketleri ve kullanıcıları detaylı olarak tanımlayamamaktadır. Mülkiyet ve yönetim kriterleri Triaksiyel Model’deki gibi kime ait olduğuyula ilgilidir. Kullanıcı deneyimi sonucu ortaya koyulmamaktadır. Bu yüzden akıllı kent çözümleri için de uygun değildir. Erişilebilirlik ve kapsayıcılık kriterleri fiziksel ve sosyal olarak kullanıcı deneyimiyle değerlendirilebilse de İot sistemlerin sosyal değerleri ölçememesi, fiziksel boyutta kısıtlı kalması nedeniyle bu kriterler için kullanılması anlamsız olacaktır.

Yıldız Model’inde incelenen mülkiyet, fiziksel düzenlemeler, canlılık, kontrol ve fiziksel donatılar kriterleri, detaylı şekilde tanımlanmıştır. Tanımlamalara bakıldığında mekanda var olan fiziksel ve sosyal donanımlar, ilişkiler bağlamında puanlamalar yapıldığı görülmektedir. Bu durum, bazı eksikler olsa da mekanın detaylarıyla algılanmasını ve kullanıcı tarafından değerlendirilmesini sağlamaktadır. Değerlendirilme sonucu mekanda var olan iç dinamikler ve mekanın çevresiyle olan ilişkisi de ortaya çıkmaktadır. Yıldız Modeli’nin kriterlerine bakıldığında fiziksel nesnelere dayandırıldığından akıllı kent sistemlerinin kullanılması için de altyapı oluşturmaktadır.

4.2. Yıldız Modelinin Değerlendirilmesinde Akıllı Kent Uygulamaları

Akıllı şehirler kent işleyişine dijital zeka katarak kamu sorunlarını çözmek ve daha yüksek bir yaşam kalitesi elde etmek için kullanılmaktadır (McKinsey Global Institute, 2018). Kamusal mekan tanımlamalarına bakıldığında, mekanda kamusal seviyesinin yüksek, sunulan hizmetlerin ve standartların yeterli olmasının mekanın kalitesi açısından önemli olduğu sonucuna varılabilmektedir.

Kamusal ölçen kriterler üzerinden bakılırsa kamusal mekan standartlarını arttırmak için akıllı kent uygulamalarından yararlanmak önemlidir. Kamusal ölçen modeller arasında fiziksel

kriterlere en çok sahip olması ve teknoloji altyapısı için uygun olması dolayısıyla ‘Yıldız Modeli’ üzerinden akıllı kent uygulamalarına bakılırsa;

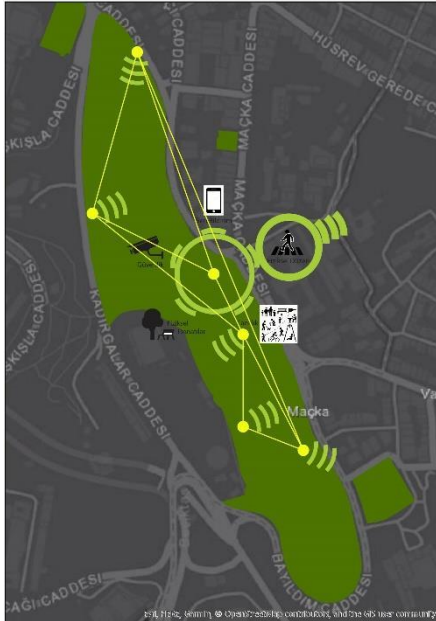


Şekil 10. Yıldız Modeli Kriterleri Üzerinden Akıllı Kent Sistemleri

- Geri Bildirim; modelde mülkiyet olarak geçen kriterdir. Model için sabit değerleri ifade etmektedir. Fakat dolaylı yoldan yönetim ile de ilgilidir. Yani yönetim ve/veya mülkiyet kime aitse kamusal mekandaki geri bildirimler üzerinden hizmetleri geliştirmek ona ait olacaktır. Bu yüzden akıllı kentlerin teknolojilerinden biri olan, akıllı telefon uygulamaları, hem hizmetin artması için geri bildirimler oluşturacak uygulamaları kentlilerin parmaklarının uçlarına getirecek hem de, kentlileri yetime katarak katılım sistemi oluşturacaktır.
- Fiziksel Düzen; kamusal mekana erişimi ifade etmektedir. Erişim, fiziksel olarak önce açık kamusal mekana erişimden başlamaktadır. Toplu taşıma ile erişimde duraklar, bireysel erişimde otoparklar, yaya ve araç yollarının konforu ve sinyalizasyon sistemi, bisiklet yolları ve duraklarının akıllı kent uygulamalarıyla akıllı hale getirilmesi ve sensörler ile sürekli olarak takip edilmesiyle kalitesinin artmasını sağlayacak ayrıca park etmenin iyileştirilmesi, akıllı duraklarla erişimin kolaylaştırılması, yaya, bisiklet ve araç yollarının konforu kamusal mekana erişimi kolaylaştıracak ve mekanın kamusallığını arttıracaktır.
- Canlılık; aktivite çeşitliliği ve sokak sanatçıların/satıcılarının var olduğu noktalarla kalabalığı ölçmektedir. İot örneklerinden yol sensörleriyle ne zaman,

nerenin kalabalığı daha fazla ölçülebilmektedir. Ayrıca kalabalığın nerede olacağı da bilineceğinden, ne amaçla kalabalık olduğu da ölçülebilecektir. Örneğin öğlen saatlerinde çocuk oyun alanlarında kalabalığın fazla olması o saatte oradaki kalabalık hakkında fikir verecektir.

- Fiziksel Donatılar; mekandaki fiziksel temizlik ve bakımı ölçmektedir. Akıllı aydınlatma sistemi, akıllı çöp kutuları, mekan kıyı alanındaysa su temizliğini sağlayan sistemleri, yeşil alanlar için akıllı sulama sistemi gibi uygulamalar akıllı olmaları gereği anlık hizmet bildirimini ve düzenlemeler sayesinde standardı yükseltecektir. Mekanın her zaman temiz ve bakımlı olması için çalışacaktır. Bu durumda mekan kullanıcıları için bakım ve temizlik açısından bir engel oluşturmayacaktır.
- Güvenlik; mekandaki güvenlik kameralarını ifade etmektedir. Mekanda her zaman çalışacak güvenlik kameraları ve bunların takibi hem güvenliği sağlayacak hem de kamusal mekanın kullanıcıları için rahatsız edici olmayacaktır. Böylece kullanıcılar mekanı özgürce kullanabilecek ve güvenlik açısından rahatsız hissetmeyecektir. Ayrıca mekanda güvenlik görevlisi, kontrol tabelaları gibi güvenlik kontrolünü sağlayan fakat özgürlüğü kısıtlayan öğelere de gereksinim duyulmayacaktır.



Şekil 11. Akıllı Kamusal Mekan Sisteminde Örnek Değerlendirme Modeli

Modele göre belirlenen kriterler mobil uygulamalar, dijital platformlar, sensörler sayesinde dijital ortamda haritalara yansıtacak ve sorunun nerede olduğu kolayca tespit edilebilecektir. Mekanda kullanıcının etkileşim halinde olabileceği nesnelere sayesinde sürekli olarak veri toplanabilecektir. Ayrıca toplanan verinin mekânsal sunumu da mekan hakkında önemli bilgiler verecektir. Örneğin güvenlik kriterinde kriter puanlamasının düşük olduğu yerler güvensiz olarak adlandırılabilen fakat nedeni sadece bu veriyle elde edilememektedir. Mekânsal olarak güvenlik kriterinin derecesinin düşük olduğu alanlar diğer kriterler üzerinden incelendiğinde aydınlatmanın az olduğu ve bu yüzden mekanın güvensiz olarak algılandığı sonucu çıkarılabilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kamusallığın; mülkiyet, yönetim, erişilebilirlik, fiziksel düzenlemeler, fiziksel donatılar, canlılık, kontrol ve güvenlik gibi kriterler üzerinden kullanıcı deneyimi yoluyla veya kriterlerin puanlandırılması gibi yöntemlerle değerlendirilmesi eksiktir. Çünkü mekan kullanıcısıyla var olmaktadır ve kullanıcı mekandaki kriterleri doğurmaktadır. Milyonlarca kullanıcı içinde bir mekanın bir kamusal seviyesi olması imkansızdır. Ayrıca farklı günler farklı saatler bile farklı sonuçlar verecektir. Bu yüzden bir mekanın kamusal seviyesinin ortaya çıkarmak için mekanın kendisinden yararlanmak daha doğru olacaktır. Yani mekanın doğurduğu kriterler doğrultusunda mekandan gelecek olan anlık veriler kamusal ölçülmesi için daha değerli olacaktır. Bu durumda mekanın kamusallığı değerlendirilirken üçüncü bir yöntem ortaya çıkmaktadır. Anlık veri akışını sağlayacak olan akıllı kent uygulamalarının mekanda kullanılması, açık kamusal mekanı akıllı hale getirecektir. Böylece mekan ve kentli arasında ilişki kurulacak ve gerçek veriye ulaşmak daha kolay olacaktır.

Fiziksel mekanla dijital mekanı bir araya getiren ve erişimi kolaylaştıran akıllı kent sistemleri, mekana dair pek çok veriyi oluşturmada önemlidir. Bu yüzden akıllı kent sistemlerinin kamusal mekanda kullanımıyla elde edilecek verilerin bilgiye dönüşmesi sayesinde hem geri dönüşlerle mekan kalitesi artacaktır hem de mekanda değişen dinamikler ortaya çıkacaktır. Böylece kamusal ölçmek için anlamlı veriler oluşacaktır.

Fiziksel mekanda bakım, insan kalabalığı yani canlılık, aydınlatmalar gibi fiziksel donatılar, erişimle ilgili fiziksel düzen ile bağlantı sağladığında; adımları ölçerek, gerekli yerlere uygulanacak aydınlatma veya temizlik gibi ihtiyaçları tespit ederek, oturma elemanları yürüyüş yolları, bisiklet rotalarının konforunu

değerlendirerek bilgi oluşumu yapabilecek teknolojiye sahiptir (Phelps, 2019).

Teknolojik altyapılar için en uygun olan ve kamusal kriterleri bağlamında en kapsayıcı olan Yıldız Modeli üzerinden yapılan değerlendirme kamusal ölçmek için mekandaki gerçek, anlık verilerden yararlanması dolayısıyla kamusal hakkında fikirler vermektedir. Mekana fiziksel erişimden başlamak üzere mekan çevresi ve mekan içindeki;

- Yürüyüş yolları,
- Bisiklet yolları,
- Engeller,
- Oturma elemanları,
- Heykeller,
- Çeşmeler,
- Aktivite elemanları,
- Güvenlik kameraları,
- Çöp kutuları,
- Yeşil alanlar,
- Halka açık tuvaletler,
- Sokak aydınlatmaları

sensör, dijital platform, mobil uygulama yöntemleriyle kolayca yönetilebilmektedir. Bu nesnelerin kullanıcıyla iletişimi sayesinde kişi bazlı mekansal veriye kolayca erişebilmektedir. Böylece kamusal mekan, zamana ve kişiye bağlı olarak değerlendirilebilmektedir. Bu sayede mekan için kamusal ölçülmesinde doğru verilerle bir değerlendirme sunmak mümkün olacaktır. Akıllı kent sistemleriyle Yıldız Modeli'nin entegre edilmesi kamusal ölçülmesi için yeni bir yöntem oluşturmaktadır. Diğer iki yöntemin aksine nesnelerin interneti sayesinde dinamik ve anlık analizlere uygundur. Doğrudan kullanıcı tabanlı olması da kamusal ölçümün arttığını ya da azaldığını anlatan kullanım hakkında gerçek veriler sayesinde doğru analizler oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu sayede kamusal mekanın iyileştirilmesi de ihtiyaca yönelik ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

Elde edilen gerçek verilerin birbiriyle karşılaştırılması sonucu mekanda bir alanın neden güvensiz olduğu (örneğin; sokak lambaları eksikliğinden olabilir), yürüyüş yolunun neden engel oluşturduğu (kullanıcının fiziksel durumuna göre altyapı sağlamamış olabilir) gibi sonuçlara ulaşılabilmektedir. Böylece mekanın iyileştirilmesi için çözümler daha etkili olacaktır.

Kriterlerin, akıllı kent uygulamaları kullanılarak yönetim ve kullanıcıyla bağlanması ikisi arasındaki iletişimi arttırmaktadır. Bu sayede kullanıcı tarafından oluşturulacak geri bildirimler kamusal ve yaşam kalitesini arttıracaktır. Ayrıca katılımcı bir mekan yapısı oluşacaktır. Bu da kullanıcıyı mekanda daha özgür yapacak ve kendi kendini yönetmesini sağlayacaktır.

6.KAYNAKLAR

Akdamar, E., 2017. Akıllı Kent İdealine Ulaşmada Büyük Verinin Rolü, *Kent Akademisi Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergisi*, 13, 47-68.

Akkar Ercan, M. Z. (2007). Public Spaces Of Post-Industrial Cities And Their Changing Roles. *ODTU Mimarlık Fakültesi Dergisi*. (24:1) 115-137.

Atakul, B. 2015. Nesnelerin İnterneti Ve Kullanım Alanları. Erişim :01.01.2019.
<http://www.teknolo.com/nesnelerin-interneti-kullanim-alanlari/>

Erdönmez, M. E., Akı, A., 2005. Açık Kamusal Kent Mekanlarının Toplum İlişkilerindeki Etkileri, *YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi*, 1(1), 67-87.

Fanderl, N. Connected Public Spaces, Erişim: 13.01.2019.
https://www.morgenstadt.de/en/innovation_areas/connected_public_spaces.html

Göğüş, B., 2014. Küreselleşen Kentlerde Kamusal Mekanın Dönüşümünün SosyoMekansal Ayrışma Bağlamında İncelenmesi: Taksim Gezi Parkı Örneği, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Göğüş, N. Nesnelerin İnterneti(IoT) ve Sensör Uygulamaları. Erişim: 01.01.2019.
<https://www.karel.com.tr/blog/nesnelerin-interneti-iot-ve-sensor-uygulamaları>

Gökrem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13), 47-68.

Kaygısız, Ü., Aydın, S., Z., 2017. Yönetimde Yeni Bir Ufuk Olarak Akıllı Kentler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (9), 56-81.

Khatri, T. The Power of Public Spaces, Erişim: 01.01.2019.
<https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/power-public-spaces/322586/>

Langstraat, F., Van Melik, R., 2013. Challenging the 'End of Public Space': A Comparative Analysis of Publicness in British and Dutch Urban Spaces, *Journal of Urban Design*. 3 (18), 429 – 448.

Mckinsey Global Institute, 2018. Smart Cities: Digital Solutions For A More Livable Future, Mckinsey & Company.

Nemeth and Schmith, 2011. The Privatization of Public Space: Modeling and Measuring Publicness, *Environmet and Planning B Plannig and Design*, 38, 5 – 23.

- Phelps, B. The Future of Public Space Analytics.
Erişim: 01.01.2019.
<https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/future-public-space-analytics/1048426/>
- Sınmaz, S., 2013. Yeni Gelişen Planlama Yaklaşımları Çerçevesinde Akıllı Yerleşme Kavramı ve Temel İlkeleri, *Megaron*, 8(2), 76-86.
- Sirius IT, Büyük Veri ve Akıllı Şehirler, Fırat Üniversitesi, Erişim: 05.02.2019.
https://www.academia.edu/24407565/big_data_and_smart_cities
- Terzi, F., Ocakçı, M., 2017. Kentlerin Geleceği: Akıllı Kentler, *ITU Vakfı Dergisi*, 77, 10-13.
- Varna, G. M., Tiesdell, S. 2010. Assessing the Publicness of Public Space:The Star Model of Publicness, *Journal of Urban Design*. 15:4, 575-598.
- Vodafone, 2016. Akıllı Şehir Yol Haritası. 34-86.
- URL-1 <https://ioturkiye.com/2017/02/i-htm/>
Erişim:05.02.2019.

MOBİL CİHAZLARDA BIM (BİNA BİLGİ MODELLEME) – SANAL GERÇEKLİK (VR) GÖRSELLEŞTİRME ENTEGRASYONU VE UYGULAMALARI

Merve AKSU

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:mervveaksu@gmail.com

ÖZET

Günümüzde proje tasarım safhasında ve proje yönetiminde BIM yaygın olarak kullanılmaktadır. BIM kullanımı ile birlikte görselleştirme yöntemleri de sürekli gelişmekte ve sadece 3B görseller sunmaktan öteye geçerek tasarlanan mekanların sanal gerçeklik (VR) uygulaması ile deneyimlenmesi amaçlanmaktadır. Metinde BIM görselleştirme arayüzü, BIM – VR entegrasyonunda veri aktarımı, kullanılan donanımlar ve kullanıcı deneyleri yer almaktadır. Bunun yanı sıra görselleştirme için kullanılan mobil uygulamalar ve entegrasyonun iş birliği içerisindeki rolüne de değinilmektedir.

Anahtar Kelimeler: BIM, Tümleşik İş birliği, Sanal Gerçeklik (VR), Mobil Görselleştirme Uygulamaları

ABSTRACT

Today, BIM is common used in project design and project management. With the use of BIM, visualization methods are constantly evolving and it is aimed to experience virtual reality (VR) application by designing spaces which are beyond just providing 3D visuals. In the article, BIM visualization interface, data transfer in BIM- VR integration, used hardware and user experiments are included. Mobile applications and integration used for visualization are also mentioned in the integrated business association.

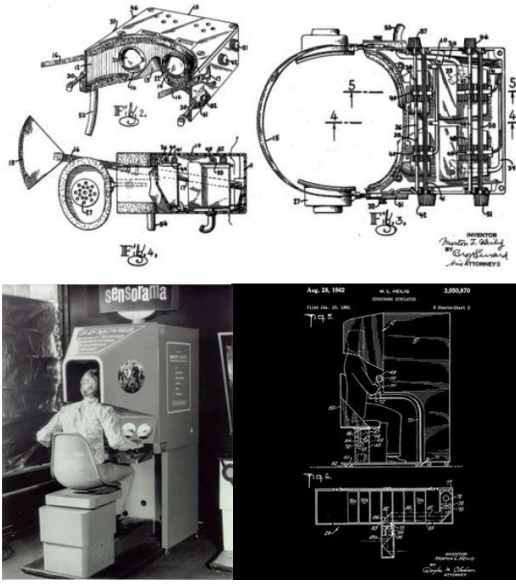
1.GİRİŞ

Son dönemlerde tümleşik iş birliğindeki kişiler arasındaki iletişim önemli bir hal almaya başladı. Tümleşik iş birliği farklı platformlardan kişilerin birlikte çalışabildiği ve iletişim içinde olduğu durumdur. Bununla birlikte anlatım teknikleri ve kullanılan uygulamalar da önem kazanmaya

başladı. BIM ortamı proje bazında içinde bilgiyi barındıran ve koordinasyonu kolaylaştırıp ortak bir bulut sunan sistemdir. BIM ortamında üretilen bilginin anlatım tekniği önem taşımaktadır. Bunun için BIM görselleştirme uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Anlatım tekniklerinde kullanılan uygulamaların özellikleri var olan bilgiyi doğru bir şekilde ve tüm detay seviyesiyle karşı tarafa iletebilmek için gelişen teknolojiyle birlikte sürekli dönüşmektedir. Bu uygulamalar ev, ofis gibi mekanlarda kullanılabilirdiği gibi herhangi bir mekânda da bilgi aktarımı ve o dataya kolayca erişim imkânı sağlamaktadır. Bu bilgilerin depolanabildiği, aktarılabilirdiği ve erişilebildiği bir ortamlar günümüzde iş akışını kolaylaştırmaktadır. Akıllı telefonlar ve tabletlerin gelişmesiyle birlikte gelişen uygulamalar BIM ortamında yapılan tasarımın telefon ve tabletlerde görselleştirmesi imkânı sunmaktadır. Bu uygulamalar son dönemlerde yaygın olarak kullanılan sanal gerçeklik (VR) deneyimini de sunmaktadır. Sanal gerçeklik (VR) olgusu BIM ortamına entegre olmaya başlamıştır ve bu alanda son dönemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. SANAL GERÇEKLİK (VR)

Sanal gerçeklik teknolojisi ilk olarak 1962 yılında Morton Heilig'a ait; görme, işitme, koklama ve dokunma duyularını uyaran Sensorama cihazı ile başlamıştır. Geniş açılı 3B stereoskopik görüntü, hareket mekanizması, stereo ses ve aromatik koku gibi özellikler taşımaktadır. Stereoskopik 3B iki boyutlu resmin derinlik ilüzyonudur. Bu ilüzyon, aynı nesneye farklı açılardan odaklanmış iki resmin, algı yanıltması ile, bahsedilen resmin 3B algılanmasını sağlayan görsel durumdur. Sanal gerçeklik kavramı Oculus Rift ile popüler hale gelse de aslında tarihsel bir durum söz konusudur.



Şekil 1- Sensorama,1962
(URL-1)

Sanal gerçeklik teknik olarak tasarlanan bir ortamın teknolojik donanımlar aracılığıyla gerçekçi bir şekilde deneyimlenmesi durumudur. Bu donanımlar powerwalls, kasklı ekran (Head-Mounted Display/HMD) ve dermal-dokunsal algı cihazı (joystick, eldiven) gibi donanımlardır. Bu donanımlar ile kullanıcı sanal gerçeklik ortamının derecesine bağlı olarak ortama girdiği andan itibaren gerçeklik ile bağlantısı kopmaktadır ve tamamen sanal gerçekliğin yaratıldığı ortamda olma hissini deneyimlenebilmektedir.

2.1. Sanal Gerçeklik (VR) Seviyeleri

Sanal gerçeklik uygulamaları, katılımcı üzerindeki gerçeklik hissiyatı yoğunluğuna göre farklılıklar göstermektedir.

2.1.1.Kısmi Katımlı Ortamlar:

Kısmi katımlı ortamlarda kullanıcılar herhangi bir sanal gerçeklik donanımı kullanmadan, fiziksel çevreden kopmadan sanal gerçeklik deneyimi yaşamaktadırlar. Ör; Uçuş Simülatörleri

2.1.2.CAVE – Tam Katımlı Ortamlar:

CAVE (Computer Assisted Virtual Environment) ortamı tüm duylara hitap eden ve HMD (Head-Mounted Display) gibi sanal gerçeklik donanımlarının kullanılarak deneyimlendiği ortamdır.

2.1.3.Ortak (Çoklu) Katımlı Ortamlar:

Ortak katımlı ortamlar, birçok katılımcının aynı model içerisinde sosyal alan deneyimini sanal gerçeklik ortamı içerisinde yaşabildiği ortamlardır.

3. BIM- SANAL GERÇEKLIK (VR) ENTEGRASYONUNDA TEMEL BİLEŞENLER

'BIM-VR entegrasyonunda kullanıcı deneyimini yüksek kalitede tutmak ve sürükleyici bir ortam sunmak amacıyla genellikle CAVE (Computer Assisted Virtual Environment) uygulaması ve Powerwall tercih edilmektedir. Fakat bu entegrasyon için bir takım temel gereksinimler söz konusu olmaktadır. Powerwall ve CAVE çözümleri yüksek maliyetle gerçekleştirilmektedir. Kaliteli ekran kartı ve yüksek kalitede PC donanımı gerekmektedir.' (DeFanti ve diğ., 2011)

'Diğer problem ise sınırlı erişimdir. Uygulamanın tek bir oda veya stüdyo ortamında gerçekleştirilmesi tasarımcıların çalışma ortamına yakın olsa dahi, fiziksel ve zihinsel olarak sanal ortama adaptasyonunu sınırlamaktadır. Bu hareketsizlik, müşterilerin ve diğer paydaşların da rahatsızlık duyduğu bir özellik olmuştur.' (Sunesson ve diğ., 2008).

'Bunların yanı sıra BIM ortamından alınan veriler ile stereo görüntü oluşturmak için verilerin optimize edilmesi gerekmektedir. 3 Boyutlu verilerin optimizasyonunda geometrinin karmaşıklığı ve çok sayıdaki obje entegrasyonda zorluklara sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra BIM ortamından export alınan 3 boyutlu verilere ait malzeme ve doku tanımları yetersiz kalmaktadır'. (Kumar ve diğ., 2011).

3.1.BIM- Sanal Gerçeklik (VR) Entegrasyonunda Kullanılan Araçlar

Günümüzde birçok sanal gerçeklik donanımı mevcuttur. 360 derece panoramik görüntü için Samsung Gear Vr, Google DayDream, Google Cardboard kullanılmaktadır. Tam katımlı ortamlarda ise Oculus Rift ve HTC Vive kullanılmaktadır. Oculus Rift yaklaşık 100 ° görüş alanı ile stereoskopik 3 boyutlu görünüm sağlar ve bir jiroskop, ivmeölçer ve kullanıcının kafa yönünü belirleyen bir manyetometreye sahiptir. Jiroskop kütle merkezi sabit olan ve her yöne dönebilen bir kütledir. Dış etkenlerden, yer çekiminden, merkezkaç kuvvetinden etkilenmeyen bir referans düzlemi sağlar. Manyetometre ise manyetik alan yönünü ve gücünü ölçmektedir. Stereo ekran çözümlerinde olduğu gibi, 3 boyutlu sahne her göz için iki kez oluşturulmaktadır.

Konum ayarlanırken, ekranın sol yarısının sol göze ve sağ yarısının ise sağ göze geldiği ekran

oluşturularak uygulanmaktadır. 1280 x 800 piksel çözünürlükte ekran çözünürlüğü ile, tek bir göz için 640 x 800 'lük çözünürlük sağlamaktadır.

HTC Vive özellikleri bakımından Oculus Rift'ten daha üstün bir donanım olarak karşımıza çıkmaktadır. Özelliklerinden birisi vücut hareketlerini algılamasıdır. 90 Hz'lik yenileme hızı sunmaktadır. Toplamda 2160x1200 pixel çözünürlük sağlamaktadır.

Görselleştirme (Rendering) aşamasında ise saniyede alınan kare (Hertz) önem taşımaktadır. Kaliteli bir etkileşim seviyesi sağlamak için genelde 30 veya 60Hz önerilmektedir. Görme-vestibüler duyu arasındaki çatışmaların riskini azaltmak için kullanıcının baş hareketi ekranın güncellemesine uyumlu olmalıdır. Bu bağlamda daha yüksek değerler de önerilmiş olsa da çoğunlukla 60Hz minimum çerçeve oranı önerilmektedir (Adelstein ve diğ., 2003)

BIM ortamındaki modellerini etkileşimli olarak görselleştirme işi zor olmaktadır. Bunun için saniyede alınan çerçeve sayısı çok önem taşımaktadır. Bu özelliklerle, 3B veri setinin stereoskopik görüntüyü desteklemek için her karede iki kez oluşturulması ve bunun sonrası tam bir görüntü olarak ekrana getirmesi gerekmektedir.

Revit-VR entegrasyonu için Chalmers Teknoloji Üniversitesi'nden Mikael Johansson, Mattias Roupé, Mikael Viklund Tallgren üç farklı perspektiften bir değerlendirme sunmaktadır. Bu değerlendirmede render performansı için bir plug-in, navigasyon ara birimi ve hızlı görselleştirme yöntemlerini ele almaktadırlar.

Bu gereksinimleri karşılamak için bir algoritmik motor geliştirilmiştir. Geliştirilen motor render aşamasında detay seviyesini tanımlamakta ve sadece görünür nesnelere render eforunu kullanmak için sınırlamalar geliştirmiş bir algoritmaya sahiptir. Geliştirilen bu motor tek başına kullanılmamaktadır. Entegre bir tasarım ortamı için Autodesk Revit'te bir görselleştirme plug-in'i olarak kullanılmaktadır.

3.2. Yeni Bir Revit Plug-In ile Revit Arayüzünde Sanal Gerçeklik (VR) Uygulama Deneyi, İsveç, Chalmers Teknik Üniversitesi

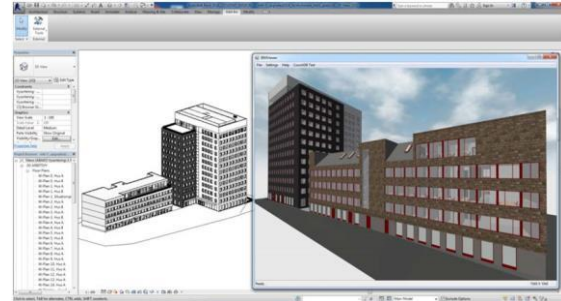
Geliştirmiş oldukları çalışmalarda test modeli için, İsveç Gothenburg'da inşa edilmiş olan on katlı bir ofis binası kullanmışlardır (Şekil 3). Kullanılan BIM modeli mekanik, elektrik veya sıhhi tesisat (MEP) verileri olmayan sadece ofise ait iç mimari elemanların yer aldığı mimari bir modeldir. (Şekil 2) Model, Revit Architecture 2013'te oluşturulmuştur ve yaklaşık 4.400.000 üçgen, 15.000 farklı nesne içermektedir.



Şekil 2 – Test için kullanılan Ofis BIM Modeli (Johansson M. ve diğ., 2014)

3.2.1.Sanal Gerçeklik (VR)- Revit Plug In

Yukarıda bahsedilen render motoru Revit'e eklenti olarak Add Ins bölümünden eklenerek çalıştırılmaktadır. Çalıştırılan eklenti BIM Viewer olarak karşımıza çıkmaktadır. Eklenti çalıştırıldığında gerçek zamanlı 3 boyutlu görselleştirme gösterimi yeni pencerede görünür hale gelmektedir. Bu aşamadan sonra kullanıcının modelde fare ve klavye kullanarak masaüstü modunda hareket ettirebilmektedir ya da modeli canlı bir şekilde görmek için Oculus HMD 'yi bağlayabilmektedir. BIM ortamındaki eklenti arayüzü Şekil 3'te gösterilmektedir.



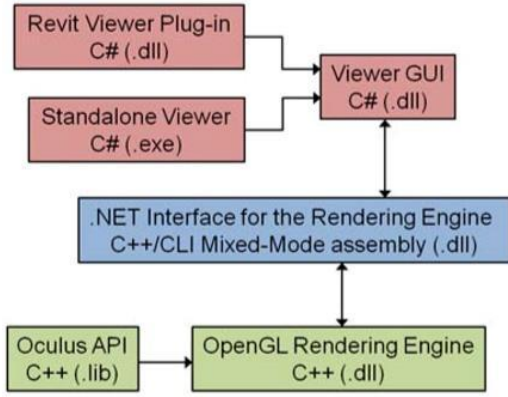
Şekil 3- The Revit Viewer Plug-in (Johansson M. ve diğ., 2014)

Geliştirilmiş olan Revit eklentisi 3 boyutlu veriyi BIM veri tabanını gösteren Revit C # API (Application Programming Interface)'si aracılığıyla filtreler. Filtrelemede sadece temel veriler dışarı çıkarılmaktadır. Veri çıkarma işleminin hızlı olması ve bellek alanını gereksiz, yere doldurmamak için Revit veritabanına ait geometri örneklendirmesinden yani farklı bileşenlerin aynı geometriyi paylaşabilme durumundan yararlanılmaktadır. Daha önce veritabanına işlenmemiş bir geometrik durumla ya da materyalle yani özel bir veri ile karşılaşıldığında bu duruma ait tüm veriler çıkarılmaktadır ve sonraki durumlarda dönüştürülmüş olan bu veriler kullanılmaktadır.

BIM – VR entegrasyonunu sağlayan görüntüleyici ve Oculus API (Application Programming

İnterface)'sı C ++ ile yazılmıştır. Farklı dillerdeki yazılım bileşenleri bir C ++ / Cli ile bağlanmalıdır. C++/CLI, mevcut programlama dilini ISO-C++ standart diline genişletir.

Şekil-4'te mimari proje ve GUI (Graphical User Interface) modülünün gerçek eklentiden nasıl ayrıldığını VR-BIM Viewer 'ı Revit yüklü olmayan bir sistemde aynı arabirimde bağımsız bir uygulama olarak nasıl çalıştırılacağı gösterilmektedir.



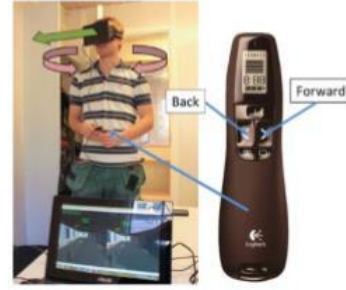
Şekil 4- Revit Viewer Plug-in Sistem
(Johansson M. ve diğ., 2014)

Çalışmada verilen bilgiye göre Revit API (Application Programming İnterface) eski versiyonlarında, renk ve doku gibi materyal verilerini ortaya çıkarmanın zor olduğu, 2014 yılından sonra malzeme ve doku verisinin yanı sıra doku koordinat verilerinin elde edilmesini kolaylaştıran bir API geliştirildiği belirtilmektedir. Bu nedenle günümüzde malzeme ve doku atanmış model görsellerinin çıkarılması kolaylaşmıştır.

3.2.2. Navigasyon Arayüzü

HMD kullanımı günlük hayatta sıklıkla kullanılan fare ve klavye kullanımını zorlaştırmaktadır. Kullanıcı sanal gerçeklik deneyimi yaşadığı sırada gerçeklikten uzaklaştığı için donanımları kontrol mekanizması azalmaktadır.

Bu nedenle, herhangi bir kullanıcı türüne izin vermek ve hareket kolaylığı sağlamak için, uzaktan kullanılmaktadır. Kullanıcı kumanda butonları ile ileri geri hareket edebilmektedir. Kullanıcının kafa hareketlerine göre hareket yönü belirlenmektedir. (Şekil-5)



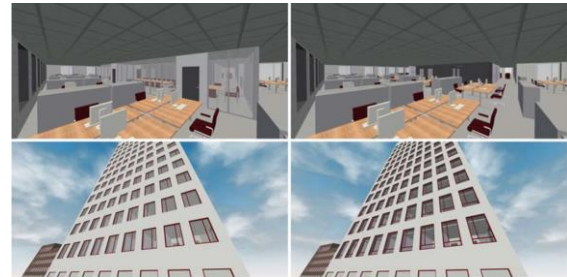
Şekil 5 – Navigasyon Arayüzü
(Johansson M. ve diğ., 2014)

Çalışma aynı zamanda yukarıda bahsedilen revit modeli içerisinde HMD ve uzaktan kumanda aracılığıyla gezinebilmenin potansiyellerini inceleyen bir deney içermektedir. Bu deneyde kullanıcılar arasında bir yönetici ve farklı proje gruplarından seçilen beş inşaat işçisi yer almaktadır. Yönetici hariç kullanıcılardan hiçbiri bir BIM modelinde çalışmamış ya da gezinmemiştir. Kullanıcılar, inşa etmekte oldukları binaya ait model içerisinde gezinmelerinin bilgi edinme amaçlı yardımcı olabileceğini ve günlük işlerini kolaylaştırabileceğini belirtmişlerdir. Buna ek olarak sunulan yeni navigasyon arayüzünde BIM model deneyimi olmamalarına karşın tüm işçiler rahatlıkla gezinebilmiştir.

3.2.3. Görselleştirme Performansı (Rendering)

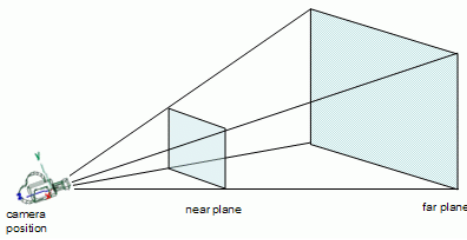
Çalışmada VR- Revit Plug-in'e ait görüntüleyici hızını arttırmak için birtakım deneyler yapılmıştır. Test için iki farklı bilgisayar kullanılmıştır. Masaüstü bilgisayar Intel i7 3.06 GHz CPU, 6GB RAM ve Windows 7 x64 çalıştıran bir Nvidia GeForce GTX 570 GPU özelliklerine sahiptir. Dizüstü bilgisayar, Intel i7 1.9 GHz işlemci, 4 GB RAM ve Windows 8 x64 çalıştıran bir Nvidia GeForce GT 620M GPU özelliklerine sahiptir.

Her iki sistemde de iki farklı kamera yöntemi kullanılmıştır. Sistemlerden birisinde, binanın üçüncü kat iç mekanına bir kamera, diğerinde ise binanın cephesine bir tane dış kamera eklenmiştir. Şekil-6 de iki farklı sistemdeki modele ait render sonuçları görülmektedir.



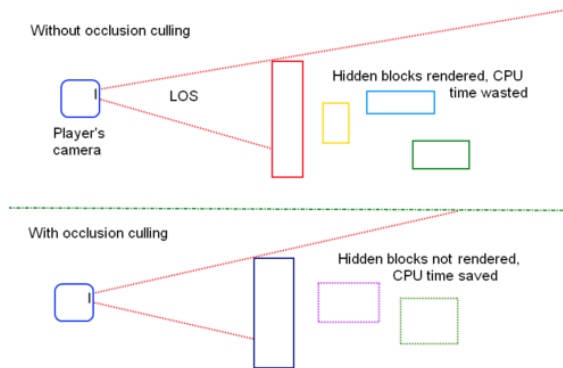
Şekil 6 – Render Test Sonuçları
(Johansson M. ve diğ., 2014)

Görselleştirme hızını arttıran başka bir faktör olan VFC (View Frustum Culling) ile konik piramit kamera kesiti dışındaki nesnelere atılmaktadır. Piramidin tepe noktası kamera pozisyonudur ve piramidin tabanı en uzak alandır. Ekranda görülecek olan tüm objeler kesik piramidin içinde yer alan objeler olduğu için piramidin dışında kalan nesnelere oluşturulmamaktadır. (URL-2)



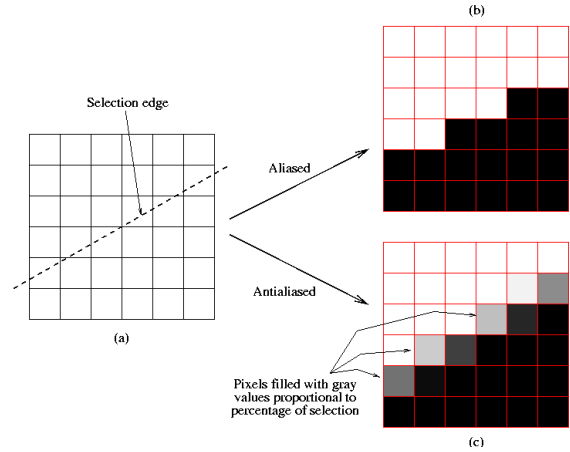
Şekil 7 – VFC (View Frustum Culling) Sistemi (URL-3)

Diğer bir faktör ise OC (Occlusion Culling) ile kamera alanına giren fakat diğer objenin arkasında kalan ve görüş alanımızda olup göremediğimiz objeler absorbe edilmektedir. OC kullanılmadığı durumda gizli kalan objeler de görselleştirilmeye çalışılır ve bilgisayar ortamında grafik oluşturulma aşamasında ilk önce en uzakta yer alan objeler oluşturulduğu için görselleştirme hızı düşmektedir.

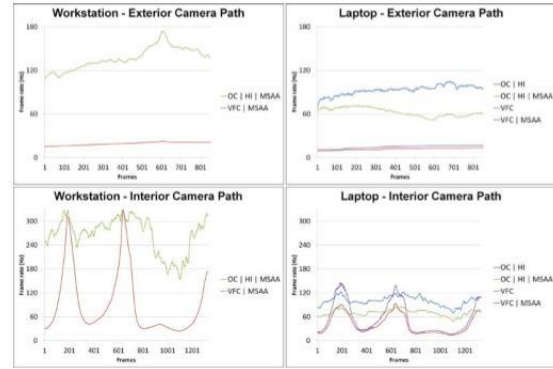


Şekil 8 – OC (Occlusion Culling) Sistemi (URL-4)

Özelliklerden biri olarak oyun sektöründe kullanılan MSAA (4x Multi Sample Anti Aliasing) ile kenar yumuşatması yapılarak görsel kalitesi artırılmaktadır.



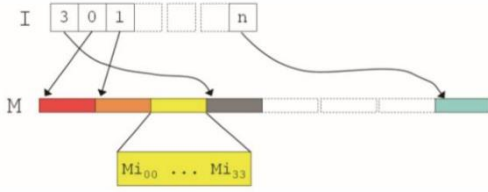
Şekil 9 – MSAA (Multi Sample Anti Aliasing) Sistemi (URL-5)



Şekil 10 – Deney Sonucu Render Performansı (Johansson M. ve diğ., 2014)

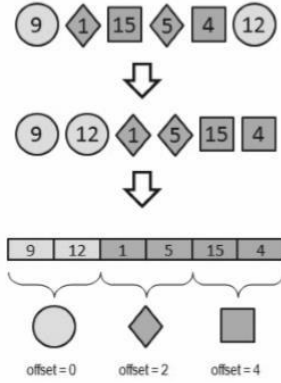
Şekil 10’da yapılan çalışma sonucu görülebileceği gibi görselleştirmede yukarıda bahsedilen özelliklerin kullanımı, görselleştirme hızında büyük önem taşımaktadır. Yalnızca VFC etkinleştirildiğinde bile Revit görselleştirme hızının 60Hz olduğu fakat mevcut görselleştirme sisteminde 20Hz bile olmadığı belirtilmektedir. Son olarak HI (Hardware Instancing) ile görselleştirme aşamasında çok sayıda bireysel obje üretimini engellemek görsel üretim hızını arttırmaktadır. (Wloka,2003) Donanım Örneklemesi (HI) daha önceden arabelleğe yüklenmiş köken olarak aynı geometriye ait verilerin render aşamasında çoğaltılarak GPU üzerinde doğru pozisyona dönüştürülmesini sağlamaktadır. Örneklemeye API (Application Programming Interface) ‘si OpenGL (Open Graphics Library) ‘yi kullanan bir işlemde geometrilerin (örneklemeye) oluşum sayıları için bir sayaç(gl_InstanceID) kullanılmaktadır. Önceden belleğe yüklenmiş geometrilerin çağırılması ve doğru konumlara getirilmesi işleminde her bir geometrinin yalnızca bir defa çağırılması için bir Matrix dizisi (M) kullanılmaktadır. Burada

örneklenebilir geometriler toplanarak diziye sıralanır. (Şekil 11)



Şekil 11 – İndex-Matrix Şeması
(Johansson M.,2013)

Genel olarak bu işlem Şekil 12’de görüldüğü gibi ilk sırada bellekte mevcut olan tüm geometriler bir dizi oluşturur, orta sırada geometri bilgilerine göre sıralanırlar ve son olarak matrix dizisindeki konumlarına göre sıralanarak çoğaltılarak yeni geometri oluşturulur.



Şekil 12 – Geometri Örnekleme Aşamaları
(Johansson M.,2013)

```
uniform samplerBuffer M; //Matrices
uniform samplerBuffer I; //Indices
uniform int _offset;

void main()
{
    //Fetch index by offset
    int id = gl_InstanceID + _offset;

    int idx =
    int(texelFetchBuffer(I,id).x);

    mat4 OT =
    mat4(texelFetchBuffer(M,idx*4),
    texelFetchBuffer(M,idx*4+1),
    texelFetchBuffer(M,idx*4+2),
    texelFetchBuffer(M,idx*4+3));

    gl_Position =
    gl_ModelViewProjectionMatrix *
    OT * gl_Vertex;

    //-----
    //Other per-vertex calculations.
    //-----
};
```

Şekil 13 –Render Kod Sistem (GLSL-Kod)
(Johansson M.,2013)

3.2.4.Deney Sonucu

Deney sonucu olarak görselleştirme yöntemlerinin BIM ortamıyla bağlantılı olmasının hızlı tasarım kararları alınmasında önemli olması ve mimari modellerin sanal gerçeklik (VR) ortamında anında

deneyimlenerek problem çözümünde kullanılabilmesi ve algısal değişikliklerin tasarım aşamasını şekillendirmesi öngörülmüştür.

Entegrasyon sırasında ortaya çıkabilecek problemleri çözmek için ise birçok teknik yöntem kullanılarak yukarıdaki grafiklerde sonuçları sunulmuştur. Bu çalışmalar sonucu VR-BIM entegrasyonu için özel bir çalışma ortamı olmadan Oculus Rift HMD, Powerwall veya CAVE ile erişilebilir bir sanal gerçeklik ortamı sunulmuştur. Görselleştirme optimizasyonu ile BIM ortamındaki görsel verilerin minimize edilerek doğrudan Autodesk Revit eklentisi olarak kullanılması amaçlanmıştır.

4. MOBİL BIM- SANAL GERÇEKLİK (VR)GÖRSELLEŞTİRME UYGULAMALARI

İsveç Chalmers Teknik Üniversitesi’nde yapılan çalışma genel olarak sistem arayüzü hakkında bilgilendirme sunmaktadır. Günümüzde ise pratik bir şekilde Revit eklentisi olarak çalıştırılabilen birçok uygulama mevcuttur. Alt başlıklarda günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan uygulamalar yer almaktadır. (Sampaio A.Z., 2018)

4.1. Autodesk (Revit) Live

Autodesk LIVE, bir Revit eklentisi ile LVMD formatlı dosya oluşturan ve okuyan bir Autodesk editörüdür. Ayrıca iPad ve Windows ortamlarında görüntüleyici olarak çalışmaktadır. Live eklentisi, Revit Live aboneliği ile sadece Windows ortamında kullanılabilmektedir. Uygulama modelin iç ve dış mekân deneyiminde BIM objeleri hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılabilmektedir. Ek olarak yapılan çalışmalar .exe formatlı bir dosya olarak kaydedilerek farklı platformlardan erişim sağlamaktadır.

Uygulama kullanım aşamasında Revit’te 3B görüntü alınır ve Revit Add Ins bölümünden Live seçeneği seçilmektedir. Uygulamada model açılmadan önce genel Revit modeli taraması yapılır, sonra tanımlanmamış materyaller, gizli kalmış objeler ve detay seviyesi için seçenekler sunarak detaylı ve doğru bir geometri elde etmeye çalışmaktadır. Eksik materyaller Live eklentisi içerisindeyken tekrar düzenlenebilmektedir. Autodesk LIVE, aydınlatma, gün ışığı ayarları da içermektedir ve tarih, saat ayarlanarak gölge ayarları gerçek zamanlı olarak ayarlanabilmektedir. Örneğin, zamanlayıcı ayarlanarak gece saatlerinde Revit modelinde aydınlatmaların çalışması gibi düzenlemeler yapmak mümkündür.

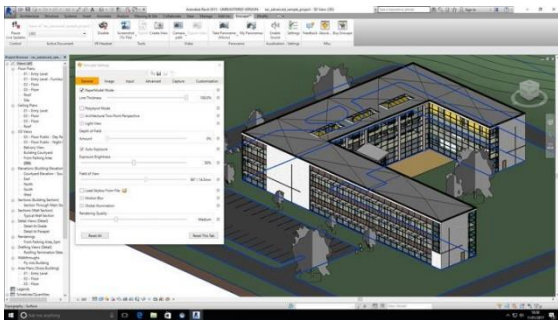


Şekil 14 –Revit Live Arayüzü
(URL-6)

4.2. Enscape

Enscape Revit, SketchUp ve Rhino ile senkronize çalışan bir uygulamadır. Uygulama Revit 'e eklenti olarak eklendikten sonra iki uygulama arasında eş zamanlı bir çalışma başlamaktadır. Bu bağlantı kurulduktan sonra Revit ortamında yapılan malzeme, obje, aydınlatma gibi revizyonlar anında Enscape uygulamasında görüntülenmektedir. Çizgi kalınlığı ve görünüm ayarları ile etkili sunum tekniği sağlamaktadır. Uygulama Revit modeli içerisinde yer alan insan ve ağaç gibi faktörlerin daha gerçekçi olmasını sağlamak için değiştirme imkânı sunmaktadır. Diğer uygulamalarda olduğu gibi aydınlatma ve gölge ayarları yapılabilmektedir. Ek olarak Revit modeli içerisinde ses kaynakları

eklemeyi sağlamaktadır. Ses kaydına ait WAV dosyası Revit Family içerisinde eklenerek yaklaştıkça, ses yüksekliğinin artması ve diğer objelerle akustik olarak etkileşime girmesi gibi özellikler sunmaktadır.



Şekil 15 –Enscape Arayüzü
(URL-6)

4.3. Fuzor

Fuzor Revit, ArchiCAD, Rhino, SketchUp, Navisworks ile senkronize olarak çalışan bir uygulamadır. Kalloc Stüdyo'ya ait bir oyun altyapısı kullanılmaktadır. Kalloc Stüdyo mimari, mühendislik ve inşaat (AEC) sektörleri için uluslararası bir yazılım geliştirme şirkettir. Uygulama Revit ile karşılıklı senkronizasyon sağladığı için kullanıcılar BIM modeli üzerinden

bilgi edinmek, model içerisinde gezinmek, görselleştirmek gibi faaliyetleri pratik bir şekilde deneyimleyebilmektedir. Ayrıca Revit modeli üzerinde yapılan değişikliklerin o anda güncellenip modele aktarılmasını sağlamaktadır. Revit modelini, modele ait 2B ve 3B dökümanları Fuzor ile birleştirerek tüm tasarım elemanlarının tek bir platformda toplanması mümkündür. Sanal gerçeklik ortamı içerisindeyken nesne ekleyebilme, nesnelere hareket ettirebilme, ölçü alabilme gibi alternatifler sunmaktadır. Uygulama AEC platformu için entegre bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Son olarak Fuzor 4B yapım simülasyonu içerisinde sanal gerçeklik deneyimine imkân vermektedir.



Şekil 16 –Fuzor Arayüzü
(URL-7)

4.4. Iris VR

Iris VR içerisindeki modeller sanal gerçeklik ortamında Autodesk LIVE ve Enscape'de ortamından daha basit bir şekilde görüntülenmektedir. Genel olarak materyaller daha az gerçekçidir ve kavramsal tasarım aşamasında tercih edilebilmektedir. Diğer uygulamalar gibi Revit içerisinde eklenti olarak yüklenmektedir ve 3B ayarı seçilerek View in VR ayarı açılarak sanal gerçeklik deneyimi başlatılmaktadır. Diğer uygulamalarda olduğu gibi kuş bakışı ayarına sahiptir ve HTC Vive kullanılarak sanal gerçeklik ortamı deneyimlenmektedir.



Şekil 17 –İRİS VR Arayüzü
(URL-6)

4.5. ICereality (DIRTT)

ICereality bir inşaat firması olan DIRTT tarafından geliştirilen ve bir projenin konsept aşamasını, görsel verilerini, bütçe ve malzeme bilgilerini sunan, birden fazla kullanıcının aynı anda sanal gerçeklik deneyimi yaşayabildiği bir platformdur. Apple iOS11 ve iPhone ile uyumlu olarak çalışmaktadır.

Uygulamanın diğer mobil uygulamalardan farkı sağlamakta olduğu çoklu kullanıcı seçeneği ile ortak sosyal alan deneyimini sanal ortamda gerçekleştirmesidir.(URL-8)

4.6.Revizto

Revizto BIM / CAD ortamında bulunan 2B ve 3B dökümanları ile bulut ortamında tutmayı ve tek bir platform üzerinde toplamayı sağlamaktadır. Bulut ortamında tutulan dosyalar ortak çalışma platformu sağlamaktadır. Uygulama Revit, Navisworks, AutoCAD, Civil3D, SketchUP, ArchiCAD, Rhinoceros, FBX, IFC, BCF, PDF, DWF dosya formatları ile uyumlu olarak çalışmaktadır. PC, Mac, İpad ve Android tabletlerde kullanılabilir. Farklı formattaki FBX, IFC gibi modellerin birleştirilmesine imkân vermektedir. Bulut ortamında yapılmış olan revizyonlar görüntülenebilmektedir. Projeyi paylaşımı sırasında Revizto uygulamasına sahip olmayan paydaşlar arasında .exe formatı ile dosya kaydedilerek bağımsız bir dosya olarak açılabilir. Kullanıcı arayüzü olarak da oldukça pratiktir. Seçilen bir obje üzerine tıklayarak malzeme bilgisi görüntülenebilir ve görünüm ayarları değiştirilebilir. 3B Görüntü için bakış açısı kaydedilebilir ve section cut ve ölçü seçeneği ile çalışma pratiği sunmaktadır. Uygulama içerisinde birleştirilmiş olan farklı iş gruplarına ait modellerin renk kodları değiştirilebilir ve karışıklıkları önlemektedir. Sanal gerçeklik ortamı için Oculus ve HTC Vive ile entegre çalışabilmektedir.



Şekil 18 –Revizto Arayüzü
(URL-9)

4.7.Smart Reality

Smart Reality BIM ortamı için 3B ve 2B çizimleri içeren, sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) deneyimleri sunan bir platformdur. Texas, JB (James-Jim Benham) Bilgi Merkezi tarafından tasarlanan iPhone, iPad, Android ve Vr donanımlarıyla entegrasyon için geliştirilmiş bir uygulamadır. Bu uygulama ile diğer mobil uygulamalarda olduğu gibi 2B ve 3B dökümanları birleştirilerek tek bir platformda tutmak mümkün olmaktadır. (URL-10)

5. MOBİL GÖRSELLEŞTİRME UYGULAMALARININ AVANTAJLARI

Görselleştirme için günümüzdeki başlıca gereksinimler, büyük miktarda genişletilebilir RAM, büyük sabit diskler ve işlemcilerden oluşmaktadır. Mobil görselleştirme uygulamaları mobil bilgisayarların ve akıllı telefonların eksikliği olan kaynakları içermektedir. Bu kaynaklar mobil cihazlarda yer almamaktadır. Bu nedenle mobil uygulamalar masaüstü bilgisayarlar ile aynı genişlikte işlevsellik sağlamamaktadır ve üreticiler bant genişliğini, bellek ve işlemci hızını düşürmek için DWF gibi hafif dosya biçimleri oluşturma gereksinimi duymaktadır.

Uygulama boyut ve kapsamı sınırlı olduğu için, genellikle bir tasarım işi gerçekleştirmek için birden çok uygulamaya ihtiyaç duyulur. İhtiyaçlar doğrultusunda dosyaları görüntülemek için başka bir uygulama, çizim yapmak için ayrı bir uygulama gerekmektedir.

Sonuç olarak, kullanıcılar, dosya depolama, posta, harita verileri, belgeler, e-tablolar, çizimler, renderlamalar, proje portalları, fotoğraflar vb. verilere erişmek için kendi cihazlarında bir uygulama takımına sahip olabilirler. Bu uygulama takımlarının birçoğu Apple iOS veya Google Android'de ücretsiz veya düşük maliyetle kullanılabilir.

Büyük bir veri birikimine sahip olan BIM'e veya taranmış veri kümelerine bakıldığında LTE (Long-Term Evolution) ve 4G ile mobil bant genişliği ile kullanıcılar, dosyaları buluttan mobil cihaza aktarmaya başlamaktadırlar. BIM ortamı veri miktarı açısından zengin olduğu için, tek bir modelden planlar veya 3D modeller gibi veri görüntülerini çıkarmak için kullanılan uygulamalar pratik çalışma ortamı sunmaktadır. (Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston Kathleen, 2008)

5.1. Tümüleşik İşbirlikçi Proje Uygulamalarında BIM – Sanal Gerçeklik (VR) Entegrasyonunun Avantajları

Tümüleşik proje iş birliğinde BIM kullanımı birtakım gereksinimler ortaya çıkarmaktadır. Bunlar etkin iş birliği, geliştirilmiş veri bütünlüğü, iş bölümü yapılmış ve aynı zamanda esnek veri paylaşımı, gelişmiş performans analizi, akıllı dokümantasyon, hızlandırılmış çok disiplinli planlama, koordinasyon ve yüksek kaliteli sonuçtur. Bu belirgin gereksinimlere rağmen mimari, mühendislik ve inşaat alanları arasında iş birliği (AEC) disiplinleri büyük ölçüde 2D çizim alışverişi üzerine kurulmuştur. (Campbell D.A., 2007) Tasarım ve tasarım dışı disiplinler arasında görselleştirme alanı etkileşimli bir platformdur. Görselleştirme yöntemleri tümleşik iş birliği içerisinde motivasyonu arttırmaktadır. Gelişmiş görselleştirme tekniklerinin entegrasyonu yoluyla iletişim gelişmektedir. Bir VR arayüzü BIM kullanıcıları için potansiyel alternatifleri sunmaktadır. Tümüleşik iş birliği içerisinde kesintisiz akış sağlamakta kullanılmaktadır.

6. BIM- SANAL GERÇEKLİK (VR) ENTEGRASYONUNUN TASARIM EVRESİNDEKİ ROLÜ

Bir mimari proje hayata geçmeden öngörülerde bulunmak ve buna göre tasarım yapmak, projenin genel maliyetini düşürmektedir. (Eastman) Buna ek olarak tasarım aşamasında, işveren taleplerini karşılamak ve yüksek kaliteli projeler sunmak için kullanıcıları projenin yaşam döngüsüne dahil ederek bilgilendirmek iş akışını kolaylaştırmakta ve projenin son aşamasında ortaya çıkacak problemleri minimize etmektedir.

Buna ek olarak tasarım safhasında kullanıcıya sunulan yaşayan mekân deneyimi sonucu alınan geri dönüşler tasarımda karar vermede etkin rol oynamaktadır. Bu aşamada kullanıcıya birden fazla seçenek sunularak alternatifler karşısındaki tepkiler karşılaştırılarak tasarımın algıdaki etkisi öngörülebilir.

BIM- Sanal Gerçeklik (VR) entegrasyonu sunum aşamasında kullanıldığı gibi Eastman'ın ifadesinde yer alan maliyet kaybını azaltmakta da büyük rol oynamaktadır. 'Proje safhasında en sık rastlanan sorun, bilgilerin kişilerin anlayabileceği şekilde sunulmamasıdır. Bu bağlamda, gerçek zamanlı görselleştirme ve Sanal Gerçeklik (VR), standart bir iletişim platformundan daha fazlasını sunmaktadır.' (Bouchlaghem, 2015) Tümüleşik iş birliği aşamasında farklı disiplinlerin saha ve ofis koordinasyonunda meydana gelebilecek iletişim problemlerinin önüne geçmekte ve zaman kaybını minimize etmektedir. Son dönemlerde AEC çerçevesinde bulunan BIM ortamının veri

aktarımında sağladığı ortak format ve çalışma platformu sayesinde sanal gerçeklik (VR) kullanımı yaygınlaşmaktadır. AEC bünyesinde bulunan BIM sistemi ile birlikte 3D veriler, tasarımcının kendi tasarım ortamından pratik ve zaman kaybı olmaksızın elde edilebilmektedir ve bunun sonucunda VR teknolojisi pratik bir sunum ve koordinasyon aracı haline gelmiştir.

6.1. BIM- Sanal Gerçeklik (VR) Entegrasyonun Kullanıcı Üzerindeki Etkisi – Deney -Güney Kaliforniya Üniversitesi, Los Angeles

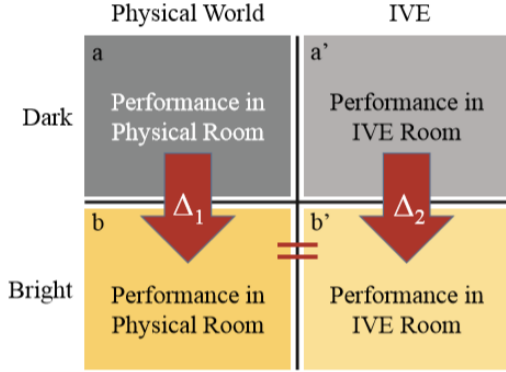
Bu çalışmada bir ofis ortamında parametrik bir Bim modeli kullanılarak farklı kullanıcıların sanal gerçeklik ortamında yaşadıklarını deneyim ve sanal gerçeklik ortamının fiziksel çevreyi yansıtırma oranı analiz edilmektedir. Ek olarak BIM-VR entegrasyonunun tasarım evresinde kullanımının mümkün olup olmadığı ve kullanıcıların bir parametre olarak sürece dahil edilip edilemeyeceği sorgulanmıştır. İlk olarak masa, kitaplık ve sandalye gibi ofis materyallerinin olduğu Bim modelleri oluşturulmuştur. Deneyde aydınlatma türü ve miktarı parametre olarak kullanılmıştır. İlk alternatifte odada yer alan pencereden gelen doğal ışık kullanılarak yapay aydınlatma, ikinci alternatifte iki adet yapay aydınlatma, üçüncü alternatifte dört adet yapay aydınlatma kullanılacaktır. Araştırma konusunda aydınlatma düzeyindeki değişimin kişiler arası davranışları ve kişinin performansını etkileyeceği düşünülmektedir (Baron ,1992). Çalışmada genel olarak aydınlık ve karanlık olmak üzere iki ortam yaratılmıştır ve bu iki ortama uygun iki BIM modeli oluşturulmuştur.



Şekil 19 – Solda Gerçek Ofis Ortamı, Sağda BIM Modelleri
(Heydarian A.ve diğ., 2014)

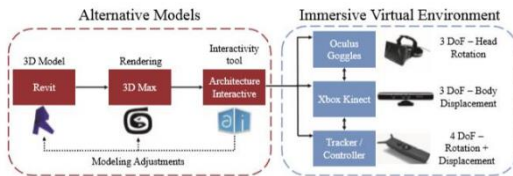
Şekil 20'de yer alan odalar için, fiziksel ve sanal ortam için sırasıyla a ve a' karanlık odalar için, bve b'ise aydınlık odalar için kullanılmış ifadelerdir. $\Delta 1$ ve $\Delta 2$ ifadeleri, a- b ve a' - b' aralıklarında kullanıcıların hızını ve yapılan işin doğruluğunu

ifade etmektedir. Çalışmada sanal gerçeklik ortamının fiziksel ortamı yansıtmak için yeterli olduğu ($\Delta_1 \approx \Delta_2$) olduğunu önerilmektedir. Bu hipotezin reddi için kullanıcılardan alınan sonuçlar sonucu 0.05'den büyük p değeri gerekmektedir.



Şekil 20 – Fiziksel Ortam Ve Sanal Gerçeklik Ortamı Değişkenleri (Heydarian A.ve diğ., 2014)

Çalışmada kullanılan model ve materyallerden bahsederek, kullanılan model Revit 2013'te tasarlanmıştır. Malzeme ve aydınlatma eklemek için ise 3ds Max kullanılmıştır. Export alınan model daha sonra bir sanal gerçeklik yazılımı olan Architecture Interactive'e aktarılmıştır. Materyal olarak Microsoft Xbox Kinect, Oculus Head Mounted Display (HMD), bir izci, NVIDIA 3000M ekran kartlı bir Microsoft Windows kullanılmıştır. (Şekil 21)



Şekil 21 – Kullanılan Model Ve Materyaller (Heydarian A.ve diğ., 2014)

Hipotez için daha önce sanal gerçeklik deneyimi yaşamamış olan 21-35 yaş arası 9 katılımcı seçilmiştir. İlk olarak katılımcılara sanal gerçeklik ortamında navigasyon aracılığıyla gezinme eğitimi verilmiştir. Odanın bir tarafından diğer tarafına geçmek, odadaki nesnelere tutma, taşıma gibi temel komutlardan sonra katılımcılardan kafalarına taktıkları ekranı çıkartmaları istenmiştir ve hisleri sorulmuştur. Eğitimden sonra ise rastgele seçilen katılımcılar dört sanal gerçeklik ortamına belirli bir düzen olmaksızın atanmışlardır. Kullanıcılara iki adet iş tanımı verilmiştir. Bunlar bilgisayar ekranında bir metin okumak ve seçilen renge ait kitap sayısını, 30 saniye içerisinde de renklerini belirtmektir. İki görev de tamamlandıktan sonra

kullanıcılara mekân ile ilgili önceden seçmeli dört soru sorulmuştur ve 5 dakikalık aradan sonra kullanıcılar ikinci ortama yönlendirilerek aynı aşamalar orada da uygulanmıştır fakat farklı kitap renkleri ve metinler kullanılmıştır.

Son olarak kullanıcılardan sanal ortamdaki deneyimlerini belirtmeleri için bir form doldurmaları ve sanal gerçeklik ortamındaki varlık hissiyatlarını tanımlamaları istenmiştir.

	Physical Environment			Immersive Virtual Environment		
	Comprehension (Δ Ratio of Correct ans.)	Reading speed (Δ word/sec)	Object Detection (Δ Ratio of correct ans.)	Comprehension (Δ Ratio of Correct ans.)	Reading speed (Δ word/sec)	Object Detection (Δ Ratio of correct ans.)
P1	0.250	0.011	-0.129	-0.250	-0.014	0.080
P2	-0.250	0.001	0.018	-0.250	-0.113	0.030
P3	0.000	0.314	0.043	0.250	-0.307	-0.037
P4	0.000	0.203	0.008	-0.250	0.046	-0.005
P5	-0.250	-0.203	0.058	0.000	-0.008	0.008
P6	0.000	0.167	-0.059	-0.250	-0.082	0.091
P7	0.250	-0.110	0.418	0.250	0.131	-0.080
P8	0.250	-0.220	0.075	-0.250	0.175	0.000
P9	0.250	-0.342	-0.007	0.000	-0.253	0.000
Avg	0.056	-0.020	0.047	-0.083	-0.047	0.010

Şekil 22 – Fiziksel ve Sanal Gerçeklik Ortamındaki Değişken Değerleri (Heydarian A.ve diğ., 2014)

Genel olarak kullanıcılar fiziksel ve sanal gerçeklik ortamlarının içerisindeyken yapılan analizlerde ve sorulan sorularda üç değişken (Δ s) belirlenmiştir. Karanlık ve aydınlık koşulların her biri için hem sanal gerçeklik hem de fiziksel ortamda anlama yetisindeki farklılık için metin ile ilgili kullanıcılara sorulan sorulara verilen doğru cevapların oranı (1), katılımcıların okuma hızı (sözcük/saniye) (2), seçilmiş bir rengin olduğu kitap sayısı (3) değişken olarak belirlenmiştir. Şekil 22'de değerler yer almaktadır.

	Δ Comprehension (Real vs. VR)	Δ Reading Speed (Real vs. VR)	Δ Object-Detection (Real vs. VR)
t-test(p-value)	0.185	0.765	0.500

Şekil 23 – Fiziksel ve Sanal Gerçeklik Ortamındaki Ortalama Değişken Farkları (Heydarian A.ve diğ., 2014)

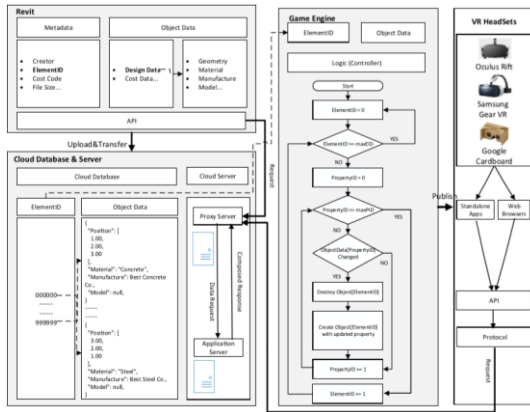
Test sonuçları arasındaki farkların az miktarda olması kullanıcıların her iki ortamda da benzer deneyim yaşadığını ortaya çıkartmaktadır. Kullanıcılar test sonucunda sanal gerçeklik ortamı içerisindeyken fiziksel olarak ofis ortamı içerisinde olduklarını hissettiklerini fakat sanal gerçeklik ortamı içerisindeyken hareket etmekte zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Bu test ile sanal gerçeklik ortamının fiziksel çevreyi yansıtmada etkili bir yöntem olduğunu ve bir BIM modelinde alternatif tasarım yöntemlerinin üretilerek kullanıcıya sunulmasının tasarım sürecini olumlu etkileyebileceği ortaya konulmaktadır.

7. BIM-SANAL GERÇEKLİK (VR) ENTEGRASYONU VERİ AKTARIM ŞEMASI

BIM ve VR arasındaki veri transferi günümüzde pratik bir şekilde yapılmaktadır fakat bir bulut sistemi üzerinden Revit'te yapılan bir model değişikliğinin sanal gerçeklik ortamı içerisinde başka bir kullanıcı tarafından anında görüntülenmesi durumu iş akışlarında ve karar vermede birçok olumlu etki getirmesi olasıdır. Aşağıda yer alan çalışma ile BIM-VR veri aktarım şeması için bir örnek üzerinden sistem incelenmiştir.

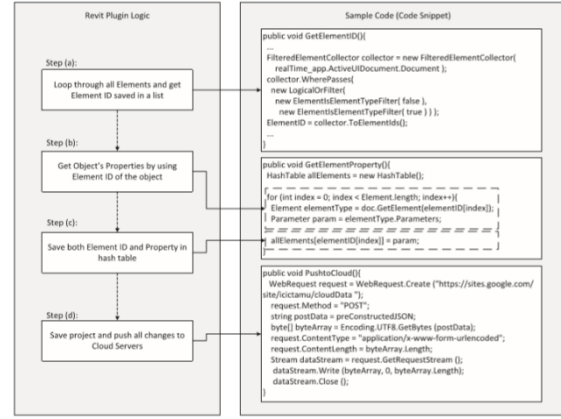
7.1. BIM- Sanal Gerçeklik (VR) Entegrasyonunda Veri Aktarım Şeması Önerisi – Teksas A&M Üniversitesi, USA

Bu çalışmada BIM ve VR arasındaki gerçek zamanlı veri transferini otomatikleştirmek için cloud tabanlı bir akışından bahsedilmektedir. BIM, cloud sunucuları ve veritabanı, oyun motoru ve VR kulaklıklar temel bileşenlerdir. BIM, proje modeli oluşturma, depolama ve cloud sunucuları ile ortak bir platform sağladığı için tercih edilmiştir VR uygulaması oyun motorunda oluşturulmuştur. (Şekil-24)



Şekil 24 – BIM-VR Veri Akışı
(Du J.ve diğ., 2017)

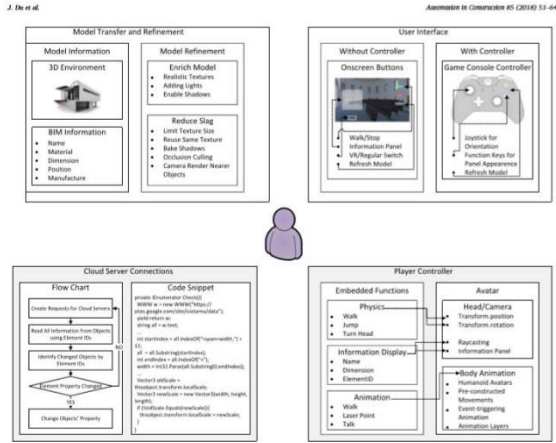
İş akışında VR'daki nesnelere BIM ortamındaki nesnelere eşleme üzerine odaklanılmaktadır. Revit'te bulunan meta veriler (ElementID gibi) her obje için tanımlanır ve böylece obje verileri (geometri, malzeme gibi) oyun motorunda tanıtılmış olmaktadır. Sonrasında tüm BIM objelerin verilerini ve oyun motorunda bu verilerle eşleşen verileri cloud sunucusuna aktaran, API (Uygulama Programlama Arabirimi) taşıyan Revit eklentisi oluşturulmuştur.



Şekil 25 – BIM Eklentisi-Element Eşleme
(Du J.ve diğ., 2017)

Oyun motorunda BIM modeline ait meta verilerin yeniden oluşması sağlanmaktadır. Objeye ait veriler cloud sunucusunda ve oyun motorunda element id kullanılarak eşleştirilir. Böylelikle senkronizasyon sağlanmaktadır. Bir kullanıcı Revit modelinde değişiklik yaptığında Proxy sunucusu cloud sunucusuna istek göndermektedir. Bunun sonucunda oyun motorundaki veriler güncellenmektedir. ElementID'leri pratik bir şekilde tarayarak eşleyebilmek C # kodu geliştirilmiştir. Birçok platformda olduğu gibi BIM ortamında da Element ID için GUID (Global Unique Identifier) tanımlaması kullanılmaktadır ve bu tanımlama nesnelere benzersiz birer ID'ye taşınmalarını sağlamaktadır.

Şekil 25'de Revit eklentisinin çalışma sistemi anlatılmaktadır. Tüm objelerin element id'sini kaydetmektedir. Böylelikle 3ds Max, Motion Builder, Mudbox gibi programlara geçişte FBX dosyasını hafifletmektedir. Bu eklenti eleman kimliğine karşılık gelen nesnelere özellikleriyle eşleştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Ek olarak sistem, eleman özelliklerini ve id 'lerini depolamak için temel bir veri yapısı kullanılmaktadır. Son olarak, proje ve ilgili veriler Cloud sunucularına kaydedilmektedir. Revit'teki bina bilgileri alınabilir ve daha önce oluşturulmuş bir veri tabanına (örneğin JSON) kaydedilebilir. Şekil 26'da kullanıcı arayüzü tanımlanmaktadır.



Şekil 26 – Kullanıcı Arayüzü
(Du J.ve diğ., 2017)

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

BIM ve Sanal Gerçeklik (VR) entegrasyonu günümüzde farklı disiplinlerin bir arada çalışmasında iletişim kolaylığı sağladığı için hataları azaltmaktadır. Geçmiş yıllarda BIM görselleştirme uygulamaları incelendiğinde yüksek çözünürlükte ekran kartları ve pc donanımları gerekirken günümüzde geliştirilen uygulamalar sonucu bu durum maliyet açısından daha uygun ve pratik bir duruma gelmiştir. Makalede incelenen deneyler sonucunda, kullanılan VFC (View Frustum Culling) ve OC (Occlusion Culling) sistemlerinin görselleştirme hızını artırdığı gözlemlenmektedir. Ek olarak BIM çalışma sistemine eklenen plug-in'ler BIM viewer olarak kullanılmakta ve gelişmiş olan navigasyon arayüzleri ile kullanıcı deneyimini kolaylaştırmaktadır. İncelenmiş olan kullanıcı deneyi çalışmaları sonucunda ise sanal gerçeklik ortamının fiziksel çevreyi yansıtmakta başarılı olabildiği ve tasarım aşamasında kullanıcıyı tasarımın bir parçası haline getirmek için bu entegrasyonun kullanılarak avantaja dönüştürülebileceği düşünülmektedir. Özellikle CAVE (Tam Katılımlı Ortamlar) fiziksel ve sanal ortam arasındaki deneyim farkını minimuma indirmektedir. Veri aktarım örneklerinde ise yapılmış olan çalışmalar ve hazır ticari uygulamalarla bu entegrasyonun günümüzde uygulanabilir olduğu görülmektedir. Entegrasyonda kullanılan mobil uygulamalar pratik ve kolay erişilebilir çalışma ortamları sunmaktadır.

9.KAYNAKÇA

Adelstein B.D., Lee T.G. Ve Ellis S.R. (2003) 'Head tracking latency in virtual environments: psychophysics and a model . In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting

Bouchlaghem D., Shang H., Whyte J. And Ganah A. (2005) Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC) . Automation in Construction

Baron R., Rea M., Daniels S. (1992) Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: The potential mediating role of positive affect. Motivation and Emotion

Campbell DA. (2007) Building Information Modeling: The Web3D Application for AEC . Web3D 2007, Italy

Cunha L.L.İ., Gonçalves G.M.L. (2016) An Adaptive And Hybrid Approach To Revisiting The Visibility Pipeline . Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Academica de Garanhuns- Universidade Federal do Rio Grande do Norte Brazil

DeFanti, T., Acevedo D., Ainsworth, R.A., Brown M.D., Cutchin S., Dawe G., Doerr K.U. and Johnson ve diğ. (2011) The Future of the CAVE. Central European Journal of Engineering

Du J., Zou Z., Shi Y., Zhao D. (2017) Zero latency: Real-Time Synchronization Of BIM Data İn Virtual Reality For Collaborative Decision- Making . Automation İn Construction.pp.51-64

Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston Kathleen, (2008) BIM Handbook: A Guide To Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers

Hassan R., Hansen B.T., Nordh H. (2014) Visulations İn The Planning Process . Norwegian University of Life Sciences

Heydarian A., Joao P., Carneiro, Gerber D., Becerik-Gerber B., Hayes T., Wood W. (2014) İmmersive Virtual Environments :Experiments On Impacting Design And Human Building Interaction . University Of Southern California, Los Angeles

Johansson M., Roupé M., Viklund Tallgren M. (2014) From BIM to VR Integrating İmmersive Visualizations İn The Current Design Process . Chalmers University of Technology, Sweden

Johansson M. (2013) Integrating Occlusion Culling And Hardware Instancing For Efficient Real-Time Rendering Of Building Information. Conference Paper. Chalmers University of Technology

Kumar S., Hedrick M., Wiacek C. ve Messner J.I. (2011) Developing an experienced-based design review application for health care facilities using a 3d game engine . Journal of Information Technology in Construction (ITcon)

Kılıç T. (2016) Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Mekânsal Deneyim Odaklı Kullanımı Üzerine Bir İnceleme . Mimarlık Fakültesi . İç Mimarlık Bölümü . Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

URL-9
<http://appcrawlr.com/ios/revizto-viewer-2>

Sampaio A.Z., (2018) Enhancing BIM Methodology with VR Technology . Technical University Of Lisbon

URL-10
<http://smartreality.co/>

Sertalp E. (2016) Stereoscopic Fotoğrafın Üretim Süreci Ve Günümüzdeki Uygulamasına Bir Örnek: Ayağıma Gelen Tarih Projesi¹ . Hacettepe Üniversitesi İletişim Fakültesi Kültürel Çalışmalar Dergisi

Sunesson K., Allwood C.M., Paulin D, Heldal I., Roupé M., Johansson M. ve Westerdahl B. (2008) Virtual Reality as a New Tool in the City Planning Process . Tsinghua Science & Technology

Süar S. (2017) İllüzyonun Ötesi: Öznel Bakış Açısı Kullanımı Ekseninde Sinemanın Yanılsamasından Dijitalin Sanal Gerçekliğine . Yeni Medya Elektronik Dergi

Wloka M. (2003) Batch, batch, batch: What does it really mean? . Presentation at Game Developers Conference

URL-1
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sensorama_morton_heilig_patent.png

URL-2
<http://www.lighthouse3d.com/tutorials/view-frustum-culling>

URL-3
http://cgvr.informatik.unibremen.de/teaching/cg_lite_ratur/lighthouse3d_view_frustum_culling/index.html

URL-4
<https://feedback.bistudio.com/T66269>

URL-5
http://www.linuxtopia.org/online_books/graphics_tools/gimp_advanced_guide/gimp_guide_node36_007.html

URL-6
<http://www.aecmag.com/technology-mainmenu-35/1255-review-from-revit-to-vr>

URL-7
<https://www.archdaily.com/878408/the-top-5-virtual-reality-and-augmented-reality-apps-for-architects>

URL-8
<https://www.dirtt.net/ice-app>