

TASARIM ENFORMATİĞİ

ULUSLARARASI HAKEMLİ AKADEMİK DERĐİ

MART 2020

CİLT: 02 SAYI: 01



MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ | ENFORMATİK BÖLÜMÜ DERĐİSİ

TASARIM ENFORMATİĞİ

İçindekiler

İnteraktif Mekân Kavramının İşlevsel Dönüşüme Katkısının İncelenmesi <i>Betül ŞEN</i>	3
Mimari Tasarım Ürününün Kendisi Ve Temsili Arasındaki İlişki <i>Nurşah ODABAŞ</i>	14
Etkileşimli Sergilerde Dokunmatik Cihazların Grafik Arayüz Tasarımının Geliştirilmesi <i>Elif KURT</i>	25
Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım Ve Üretim Yaklaşımları: Pavyonlar Üzerine İnceleme <i>İrem İŞBİTİREN</i>	37

Editörden...

Tasarım Enformatiği Dergisi'nin üçüncü sayısını sizlerle paylaşmanın büyük heyecanı içerisindeyiz. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü olarak bu dergimizle hem ülkemizde hem de dünyada Tasarım Enformatiği gibi adı görece yeni telaffuz edilmeye başlamış bir alanda akademik çalışmaların paylaşılabilmesi bir yayına imkân vermekten dolayı çok mutluyuz.

Bilindiği üzere enformatik, bilgi teknolojileri yoluyla, veri ve bilgiden, bir bağlam içindeki araştırma veya uygulamada kullanılabilecek anlamlı çıkarımlar elde edilmesi, bu amaca yönelik faaliyetlerin yönetimi ve sistemlerin geliştirilmesi ile ilgilenen bir bilim dalıdır.

Tasarım Enformatiği dergimiz, temel olarak, enformatiğin, tasarım ve güzel sanatlar ile ilgili alanlarda kullanımına yoğunlaşmaktadır; ancak ilgi alanı daha geniş dağarcıkta birçok dalda yürütülen çalışmaları da kapsamaktadır. Dergimiz hakemli bilimsel hakemli bir dergi statüsü ile yılda iki defa yayınlanmaktadır. İngilizce ve Türkçe yayınlar kabul edilmektedir.

Dergimizin bu ayki sayısında makaleleri yayınlanan Betül Şen, Nurşah Odabaş, İrem İşbitiren, ve Elif Kurt'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Önümüzdeki sayılarımızda değerlendirmek üzere akademik çalışmalarınızı bizimle paylaşmanızı umut ederek saygılarımı sunarım.

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Enformatik Bölümü

Sahibi

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Editör

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Yardımcı Editörler

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Editörler Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Öğr. Gör. Dr. Sertaç Karsan Erbaş

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Öğr. Gör. Dr. Sertaç Karsan Erbaş

Öğr. Gör. Dr. Kemal Şahin

Öğr. Gör. Dr. Salih Akkemik

Kurumsal Kimlik Sorumlusu:

Öğr. Gör. Dr. Salih Akkemik

Dergi Asistanı/Dergi Sekreteri:

Öğr. Gör. Selim Akkaya

Dergi Yayın Koordinatörü:

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Hukuk Kurulu:

MSGSU Hukuk Müşavirliği

İngilizce Dil Editörü:

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Görsel Tasarım Sorumlusu:

Öğr. Gör. Dr. Salih Akkemik

İletişim

ADRES: MSGSU Enformatik Bölümü

MSGSU 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

İTERAKTİF MEKÂN KAVRAMININ İŞLEVSEL DÖNÜŞÜME KATKISININ İNCELENMESİ

Betül ŞEN* (ORCID: 0000-0002-4066-3621)

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

ÖZET

İteraktif mekânların işlevsel dönüşüm kavramı ile ilişkisinin ortaya konduğu bu çalışmada; tepkimeli mimarlıkla etkileşim kavramının mekân tasarımında kullanılmasının, mimarlıkta geleneksel yöntemlerle çözülmeye çalışılan işlevsel dönüşüm sürecine etkisi araştırılmıştır. Çağımızdaki tüketim hızının artışı ihtiyaç değişim hızını da etkilemiş ve mimarlıkta bu hız uyum sağlayamayan mekânları kullanım dışı bırakmıştır. Tüketmektense türetilmek istenen mekânlarda ise geleneksel tasarım yöntemleri işlevsel dönüşümü kimi zaman başarısız kimi zaman da imkânsız kılmıştır. Fiziksel mekânlarla sınırlandırılan örnek incelemesinde interaktif mekânların sahip oldukları teknoloji ve değerlerler belirlenen ölçütler çerçevesinde incelenmiştir. İteraktivitenin işlevsel dönüşüm ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla bu örneklere işlev değişikliği varsayımları yapılmıştır. Varsayılan yeni fonksiyonlara uyum süreçleri işlevsel dönüşüm başarı değerleri göz önünde bulundurularak incelenmiş ve interaktif mekân örneklerinin sahip oldukları teknoloji ve kabiliyetlerin sürece katkılarına değinilmiş ve tartışılmıştır. Geleneksel tasarım uygulamalarının aksine interaktif üretilen mekânların veri alış ve işleyiş yöntemleri, sahip oldukları duyarlılık değerleri ile esneklik kazanabilmiş hacimlerdir. Bu esneklik kabiliyeti ile tek bir amaç için tasarlanmış olsalar bile çeşitli işlevleri yerine getirebilecek kabiliyette olarak tükenilmezlik kazandıkları öngörülmüştür. Bu çalışmada birbiri ile yeterince ilişkilendirilmemiş işlevsel dönüşüm ve interaktif mekân olgularının ilişkisi vurgulanarak bu alandaki tasarımcılara farklı bir bakış açısı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İteraktif Mekân; İşlevsel Dönüşüm; Tepkimeli Mimarlık; Yeniden kullanım; Mekânsal Dönüşüm.

ABSTRACT

In this study where the relationship of interactive spaces with the concept of functional transformation is revealed; the effect of using the concept of interaction with interactive architecture in space design on the functional transformation process that is tried to be solved by traditional methods in architecture has been investigated. The increase in the rate of consumption in our age has also affected the rate of change of needs and has left the places that cannot adapt to this speed in architecture out of use. Traditional design methods have made functional transformation sometimes unsuccessful and sometimes impossible in spaces that are planned to be recreated rather than being consumed. In the case study limited to physical spaces, the technology and values of interactive spaces were examined within the framework of determined criteria. In order to reveal the relationship between interactivity and functional transformation, assumptions were made regarding the function change in these examples. The processes of adaptation to the supposed new functions have been examined considering the functional transformation success values and the contributions of the technology and capabilities of the interactive space examples to the process have been determined and discussed. Contrary to traditional design applications, the data acquisition and operation methods of interactively produced spaces are volumes that have gained flexibility with their sensitivity values. With this flexibility ability, it has been concluded that even though they are designed for a single purpose, they gain infinity by being capable of performing various functions. In this study, a different perspective is presented to the designers in this field by emphasizing the relationship between functional transformation and interactive space phenomena that are not sufficiently associated with each other.

Keywords: Interactive Space, Functional Transformation, Interactive Architecture; Spatial Transformation, Adaptive Reuse.

1. GİRİŞ

Mimarlık, temelinde mekân tasarımdan, mekânların birbiri arasındaki bağlantı ve ilişkiyi çevre, sosyo-kültürel ve sosyo-ekonomik bağlamlar başta olmak üzere birçok bağlamla paradigmaları tasarıma dönüştürmek üzerine çalışmıştır. Farklı gereksinimler üzerine hareket ve değişim olgularının uzamsal değişime entegre edilebilmesi ise başta gelen sorunlardan biri olmuştur. Bu sorunun temeli, mimari tasarımın doğasından gelen farklı ölçek, işlev ve biçime karşı statik olmasından kaynaklanmaktadır. Bahsedilen statik olma durumu tasarımın geçici olmasına yol açmaktadır. Geçicilik kavramını kırmak için mimarlık, tasarımın değişen işlev, ihtiyaç ve koşullara uyumu üzerine yoğunlaşmıştır. Tepkimeli mimarlık disiplini ile tasarım sürecine etkileşim kavramını ekleyen tasarımcılar bilişim teknolojilerinden yararlanarak geçicilik kavramını aktif ve duyarlı hale dönüştürmeye çalışmıştır.

Etkileşim olgusunun tasarıma eklenmesi olan interaktiflik, yeni tasarım sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yapı işlevinin değişimi ya da kullanıcı isteğine bağlı değişimlere karşı tepki üretiminin nasıl yapılacağı sorusu bu alanda önemli bir noktadır. Bahsedilen tepki biçimini değiştirme ve onarma şeklinde ortaya sunan geleneksel yöntemler işlev değişikliğini yalnızca restorasyon ve iç mimarlık disiplinleri ile çözmeye çalışmıştır. Bu yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği fikri ile incelenen literatürlerde 'interaktif mekân' ve 'işlevsel dönüşüm' kavramlarının birbiri ile olan ilişkisi üzerine yeterli çalışma olmadığının tespit edilmesine sebep olmuştur.

Yapı teknolojilerinin değişime uyum sağlayamayan halini esnek olmayan olarak tanımlayan Rabeneck, bu esnekliğin sağlanabilmesi ancak mimarların siberetik teknoloji donanımını kullanarak sağlanabileceğini savunmuştur (Rabeneck, 1969). Bu görüşün doğruluğunu kabul ederek tasarım ögesi mekân olarak seçilmiş ve interaktiflik, mekân kavramı üzerinden incelemeye sunulmuştur. Bu inceleme ile tepkimeli mimarlığın sağladığı; işlevsel değişime uyarlanabilirlik, mekânların işlevsel dönüşüm devrimine paydaşlığı ve kullanışsız çıkma durumuna yöntem olarak sunulmaktadır. Araştırmanın amacı doğrultusunda seçilen mekân örnekleri interaktif olma yöntemleri ile ele alınarak işlevsel dönüşüm sürecine katkıları değerlendirilerek ortaya konulacaktır. Bu incelemenin sonuç ve tartışmalarına dayanarak işlevsel dönüşüm sürecine interaktif mekânların dönüşüm başarısına etkileri ortaya konularak bu alanda çalışan tasarımcıların farkındalık seviyelerinin artırılması hedeflenmiştir.

1.1. Araştırmanın Yöntemi

Tepkimeli mimarlık üzerinden interaktif mekânların işlevsel dönüşüm sürecindeki kullanılabilirliğinin incelendiği bu çalışmada ikinci bölümünde interaktif mekân kavramı ve diğer disiplinlerle ilişkisi bağlamında örnek incelemesinde kullanılacak değerler tespit edilerek ölçütler üzerinde durulacaktır. Paralelinde mimarlıkta işlevsel dönüşüm kavramı literatür üzerinden tanımlanarak bu süreçteki değer kavramları belirlenecektir.

Dördüncü kısımda, fiziksel mekânlar çerçevesinde seçilen interaktif mekân örnekleri tanıtılarak etkileşimin etkenleri ve yanıtları belirtilecektir. Ayrıca etkileşim sürecinde veri işleme yöntemleri ve duyarlılıkları ölçüt belirleme aşamasını karar verilen değerler çerçevesinde incelenecektir. Bir sonraki varsayım aşamasında bu örneklerle işlevsel dönüşüm senaryoları uygulanarak işlevsel dönüşüm başarı değerlerini gösterip göstermedikleri ve sahip oldukları hangi teknolojiler ile başarı değerine katkı sağladıkları incelemeye dahil edilecektir.

Tartışma bölümünde interaktif mekânların işlevsel dönüşüm başarı değerlerine etkileri ve barındırdıkları unsurların sürece katkıları üzerinde durulacaktır. Sonuç bölümü ile interaktiflik kavramının işlevsel dönüşüm kavramı ile olan ilişkisi değerlendirilerek öngörülerde bulunulacak ve katkıları hakkındaki sonuçlar ortaya konulacaktır.

2. İNTERAKTİF MEKÂN KAVRAMI

Mekân kavramı insanlık tarihi boyunca anlamında değişkenlikler göstererek farkı şekillerde ifade edilmiş, kültüre ve dönemine bağlı olarak ise tasarım biçiminde farklılaşmalar görülmüştür.

1950'lerden itibaren mimarlık alanında görülmeye başlanan etkileşim kavramı ile mekân kavramı da değişmeye başlamıştır (Gürbüz, 2009). 1969'da Architectural Design dergisinin Eylül sayı sayısında Pask, Negroponte ve Rabeneck gibi mimarlar, mimari tasarım sürecinde kullanılan geleneksel yöntemlerin sıkıntıları belirtmiş, bilgisayar destekli tasarımı mimarlık alanında çözüm önerisi olarak sunmuş ve olası yenilikler hakkında öngörülerde bulunmuşlardır (Yıldız, 2010). Bahsedilen öngörülerde yapı tekniklerinin sabitliği eleştirilmiş ve bu durumun mimarlık alanının esneklik kavramından uzak olmasının sebebi olarak gösterilmiştir. Andrew Rabeneck siberetik teknoloji donanımına sahip mimarların kullanıcı merkezli, her dönem işlevsel olarak esneklik kazanmış uyarlanabilir yapılar üretebileceğinin üzerinde durmuştur. Mekânın özdevrim kazanabilmesi için bu teknolojiler ile üretilmesi gerektiğine değinmiştir (Rabeneck, 1969). Bunun gibi görüşlerle mimarlık disiplini gelişen bilimsel keşiflerle etkileşim kavramını tasarım sürecine eklemeye başlamış ve mekân kavramının radikal değişiklikler yaşamasına sebep olmuştur.

İnteraktif mekân kavramı temelini tepkimeli mimarlık disiplininin alır. İnteraktivite; kullanıcı ile bilgisayar arasında denetim ve geribildirim olarak açıklanmaktadır (Cotton, 1994). Tepkimeli mimarlık ise, yapının bulunduğu çevrede kullanıcı ile aktif ve etkileşimli birlikteliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Sorguc vd., 2017). Görüldüğü gibi birbirini ile yakın anlamlara sahip bu iki kavramın bir araya gelmesi interaktif mekân kavramını ortaya çıkarmıştır.

İnteraktif mekân, hesaplamalı tasarım paradigması öncülüğünde bilişim teknolojileri ile üretilmiş ve formunu deneyim, ihtiyaç ve işlev değişikliğini veri olarak alıp buna bağlı uyum sağlayan ve yeni verilere imkân sunan tasarımıdır. Imperiale da bilimsel keşiflerin mimarlıktaki “mekân” kavramını statik olmaktan çıkardığını, değişebilir, dönüşebilir ve esnek bir tanıma dönüştürdüğünü savunmuştur (Imperiale, 2000). Birçok disiplinle ilişkili olan interaktif mekân kavramının nasıl oluşturulacağı, kullanılması öngörülen teknolojiler üzerine değerlendirme ve çalışmalar ortaya çıktığı andan beri üzerine çalışılan bir konudur. Ancak sahip olduğu dönüşebilirlik, uyarlanabilirlik, esneklik değerlerinin, mimaride işlevsel dönüşüm süreci ile ilişkilendirilmesinin yetersiz olduğu görülmektedir.

Araştırmanın devamında odak noktası olan interaktif mekân kavramı fiziksel mekânlarla sınırlandırılmıştır. Bu sınır göz önünde bulundurularak interaktif mekân tasarımının ilgili olduğu disiplinler irdelenecek, kullanılan yöntem ve değerlere değinilecektir. Bu yöntem çeşitleri örnek incelemesinde kullanılmak üzere belirlenecektir.

2.1. İnteraktif Mekân Tasarımında Etkili Disiplinler

Mimarlık bulunduğu dünya ile sürekli veri alışverişi içerisinde. Üretimini nedenlerini içerisinde bulduğumuz dünyadan alarak ürünlerini yine bu dünyaya sunar. Kısacası mimarlık ürün oluşturabilmek için bulunduğu dünyadan veri edinme ve veriyi işleyip üretim yapabilmek için de bu dünyadaki farklı bilgi alanlarının bakış açısı ve yöntemlerine ihtiyacı vardır. Mimarlık, doğası gereği beşerî, yapay ve doğal dünya ile bir ilişki içerisinde. Mimarlığın bu başlıklar ile ilişkisi, doğa ve sosyal bilim disiplinleri ile bilgi alışverişini tetikler. Böylece örgütlü bir bilgi yapılanması içerisinde disiplinler arası bir çalışma ortamı ortaya çıkarır (Yıldız, 2010).

Sözlük anlamı “alan, yer, boşluk” olan mekân kavramı da farklı disiplinlerin getirdiği çeşitli anlayış biçimleri ve bakış açıları ile değişkenlik göstermiştir. Bu değişkenliğin sebebi her disiplinin ‘mekân’ kavramını kullanma sebebinin farklı olmasıdır. İlk tanımı Aristotle tarafından yapılan mekân; “Tüm yön ve özellikleri içeren yerlerden oluşan dinamik alan” olarak tanımlanmıştır (Popper, 1997). Mimarlık alanında ise belirli bir amaç için tasarlanmış sınırlı alan olarak tanımlamak mümkündür. Ansiklopedik

Mimarlık Sözlüğü’nün mekân yaratmayı “doğadan veya peyzaj mekânından insanın kavrayabileceği bir bölümü sınırlamak” şeklinde açıklanmış olması bu tanımın doğruluğunu destekler niteliktedir. (Hasol, 1975).

Mimarlık alanına giren interaktiflik olgusunun mimari tasarım ürünü mekâna entegre olması ile mekân; etkileşimli, uyarlanabilir ve akıllı bir sistem haline dönüşmüştür. Bu dönüşüm mimarlığa “dinamizm” olgusunu eklemiştir. Greg Lynn da mimari tasarımı zaman temelli bir olgu olarak tanımlar. Dinamizm kavramını mimaride “zaman”, “hareket” ve “dönüşüm” kavramları üzerinden ele alarak bu iki disiplini yeni bir tasarım yaklaşımı olarak incelemiştir. Bu ilişki analizinde fizik, biyoloji ve matematikteki modellerle ilişkilendirilmiştir.

1950’lerden bugüne hesaplamalı bilimlerde yapılan çalışmalarda gelişmeler tepkimeli mimarlık alanını olumlu yönde etkilemiş ve uygulanabilir hale gelmesine destek olmuştur (Fox ve Kemp, 2009). Tepkimeli Mimarlık, işlevlerini yerine getirebilme yetisine sahip interaktif mekânlar üretebilmek için karmaşık fiziksel etkileşimlerden, akıllı sistemlerden ve kinetik dokunulabilir ara yüzlerden yararlanmaktadır (Fox ve Kemp, 2009). Bu mekânlar yalnızca tepki veren, şartlara göre değişen ve uyum sağlayan sistemler değildir. Bu mekânları sistem olarak ele aldığımızda en az iki uçlu bir iletişim konsepti ile çalışırlar. İki bireyin arasındaki iletişimi etkileşimli bir olgu olarak ele alırsak; iki insan da dinler (bilgi girişi), düşünür (süreç başlar) ve konuşurlar (bilgi çıkışı). İnteraktif mekânlarda ise bu iletişim, insanlar arasındaki iletişimden daha fazlasıdır. Bu iletişim, yapı bileşenleri arasındaki ilişki ve bileşenlerin katılımcılar ile bağlantıları olmak üzere daha karmaşık yapısal bağlardır (Xia, 2007). Yani interaktif mekânlardaki girdi ve çıktılar birden fazla olabileceği gibi bu girdi-çıkış ilişkileri insan iletişiminin aksine doğrusal olmayan bir karmaşık sisteme sahiptir. Bu özellikler göz önünde bulundurularak interaktif mekân kavramının anlamını; hesaplamalı tasarım paradigması öncülüğünde bilişim teknolojileri ile üretilmiş ve formunu deneyim, ihtiyaç ve işlev değişikliğini veri olarak alıp buna bağlı uyum sağlayan ve yeni verilere imkân sunan tasarım olarak genişletebiliriz. Sistem olarak ele aldığımız interaktif mekânların kurulması ve tasarlanması Tristan D’Estrée Sterk’in de belirttiği gibi ancak çeşitli disiplinlerin doğru bir işbirliği içerisinde çalışması ile uygulanabilir hale getirilebilir. Sterk’e göre bu alanların başında yapay zekâ, yapı mühendisliği ve robotbilim gelmektedir (Sterk, 2003).

Hesaplamalı tasarımın gelişmesi ve mimaride kullanılmaya başlanmasıyla mekân bir insanın yaşamıyla daha da ilişkilenebilir. Bir insanın hareket etmesi, algılaması, önceden algıladıklarını hafızasında saklama, bunlardan çıkarımla öğrenme ve öğretilerini birleştirerek davranmasını (Demirkaya, 1999) örnek alan interaktif mekânlar da hafıza ve öğrenme yetilerini yapay zekâ teknolojileri ile

kazanmaktadır. Yapay zekâ Tepkimeli Mimarlık ürünü interaktif mekânların uyarlanabilirliğinin ve akıllılığının geliştirilmesi açısından önemlidir (Yıldız, 2010).

Doğa ile mimarlığın birebir ilişkisi mimari tasarım sürecine de etki etmiştir. Bu ilişkinin sonucu olan doğa bilimleri ve mimarlık disiplinlerinin bağlantısı doğanın yalnızca görsel ve formsal bir ilham kaynağı olmasının aksine, barındırdığı sistemlerle de mimarlığa katkı sağlamıştır. Tasarımda biyoloji biliminden alınan mutasyon, morfogenez, akışkanlık, süreklilik, grup hareketleri gibi kavramlar mimarinin de doğal sistemler gibi karmaşık ama dinamik bir biçim kazanmasını sağlamıştır. Böylece mimarlık hareketsiz ve cansız bir nesne olmaktan çıkarak dinamik ve çevre ile bütünleşik bir hale dönüşmüştür (Yıldız, 2010).

Farklı disiplinler ile ilişkili olan tepkimeli mimarlığın bir ürünü olan interaktif mekânlar bu disiplinlerden faydalanarak sisteminin karmaşıklığını fiziksel etkileşimler, akıllı gömülü sistemler, kinetik ara yüzler ile uygulanabilir hale dönüştürmektedir. Bu süreçte tasarım ve uygulama aşamasında sanal modelleme ve fiziksel modelleme, CNC Makineleri (Computer Numerical Control Machine), şablonlama, sensör ve robot teknolojileri gibi birçok sanatsal ve bilimsel yöntemle iş birliği içerisinde yürütür. İnteraktif mekânlar da endüstriyel tasarımlar gibi bilgisayar donanım ve yazılımlarıyla geliştirilir. Mühendislik hesaplamalarının katkısıyla bütünleşmiş bir tasarım anlayışı içermektedir (Fox ve Kemp, 2009).

2.2 İnteraktif Mekân Sistemlerindeki Değer ve Donanımları Belirleme

İnteraktif mekânları bir sistem olarak ele alınacak ve bu sistemlerde girdi-çıkıtlar, verilerin işleyiş ortamı ve yöntemleri kısaca açıklanacaktır. Aynı zamanda etkileşimle dönüşen, interaktif mekânlarda genel olarak aranan değerler ortaya konulacaktır.

Algılayıcı ve uyarımlı teknolojiler barındıran interaktif mekânların kullanıcı ve çevre ile olan iletişimleri akıllı sistem ve araçlarla sağlanmaktadır. Bu tür mekânlar üretildiği andan itibaren kullanıcıdan gelen verileri belli yöntemlerle işleyen ve dönüşen canlı birer sistemlerdir. Bu sistemlerin kullanıcısı olan insan kendi kullanım amacı ile mekânı şekillendirebilir ya da mekân ile yeni ilişki tipi oluşturabilir. Tepkimeli mimarlık uygulamaları ilişki tipini etkileyerek uygulanabilirliğini geliştirerek interaktif mekân sistemlerinin başarısını arttırabilmektedir (Yıldız, 2010). Bu iletişimdeki veri girişi sisteme etki eden kullanıcı amacı, kullanıcı sayısı, ses, hareket ve ışık olabilir. Bu veriye tepki üretimi, veri işleme ortamı ve yöntemine bağlıdır. Bu yöntemler mekanik algılayıcı, dijital algılayıcı ya da yapay zekâ ile gerçekleştirilebilir.

Mekanik ve dijital algılayıcılar veri giriş çıkışını yönlendiren ve sistemin işleyişini sağlayan aygıtlardır. Bunlar kimi zaman sensör teknolojisi, yapı statığı, holografik projeksiyonlar olabileceği gibi kimi zaman da akıllı kumaş, çeşitli esnek ekran (screen) teknolojileri de olabilir (Yıldız, 2010). İnteraktif mekân sisteminde kullanılan iki çeşit aygıt vardır. Bunlar; mekanik aygıt ve dijital aygıttır. Mekanik işleyiş ve dönüşüm fiziksel olarak sağlaması durumunda mekanik algılayıcı, dijital olarak sağlaması durumunda ise dijital algılayıcı olarak nitelenmektedir. Bu tür algılayıcılar mekânın deneyim olgusunu ve etkileşime yanıt verme kabiliyetini yükselten unsurlardır. Kimi zaman bu sistemlerin kontrolü kinetik dokunulabilir ara yüzler yardımı ile de yapılmaktadır. Yapay zekâ teknolojisi yardımı ile kullanıcı deneyimlerini öğrenen akıllı sistemler bu ara yüzlere gerek duymaksızın otomatik tepki çeşitleri oluşturabilmektedir. Tepkiye verilen yanıt ve sistem çıktısı fiziksel bir form değiştirme, sistem biriminin konum değiştirmesi, ışıklandırma gibi sistemlerin tekrar uyarlanması olabilir. Akıllı aydınlatma sistemleri ve bütünleşik iklimlendirme sistemleri interaktif mekân sistemlerinde çoğunlukla kullanılan yanıt yöntemi olarak kullanılmaktadır (Yıldız, 2010).

Mekân üretme ve kullanma kavramında radikal bir değişiklik yapan interaktif mekân kavramı süreç ve durumlara deneyim, ihtiyaç ve işlev değişikliğini veri olarak alıp buna bağlı uyum sağlayan ve yeni verilere imkân sunan tasarımdır. Bu anlayışla tasarlanan mekân sistemlerinde tepkimeli mimarlığın temel hedeflerinden; sürdürülebilirlik, uyarlanabilirlik ve mekân kontrol özelliklerinden en az birinin olması beklenir. İncelemede ölçüt olarak kabul edilen bu üç kavramın esnek, dinamik ve devamlılık nitelikleri ile ilişkilendirilmiş ve ölçütün sınırları belirlenmiştir. Sürdürülebilirlik; mekânın bulunduğu alandaki doğal çevreyi olabilecek en az ölçüde etkileyerek minimum enerji tüketimi ya da kendi enerjisini karşılayabilen sistemlere sahip olmasıdır. Sürdürülebilirliği sahip olduğu malzeme ya da yapı sistemleri ile sağlanabilir. Aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri sayesinde doğal çevre ile kaynak etkileşimi minimuma indirebilir ya da verimli kullanılabilir. Uyarlanabilirlik; ihtiyaçların değişmesi veya çok amaçlı kullanım durumunda basit ya da yapısal uyum sağlama ile değişikliğin gerçekleşebilmesidir. Aynı zamanda uyarlanabilirlik kavramı sürdürülebilirlik ile doğrudan ilişkilidir (Yılmaz, 2006). Mekân kontrolü kavramı ise mekânın iletişim ve dönüşüm aşamasında sistemin sahip olduğu algılayıcı ya da kabiliyetlerle etkileşimi desteklemesidir.

Bahsedilen değerlerde görüldüğü gibi interaktif mekânlar etken ve yanıt (veri girdisi ve çıktısı) yöntemi kullanılarak çevresi ile etkileşime girebilen canlı sistemlerdir. Veri işleyiş sistemleri bilişim teknolojilerine bağlı paralel bir gelişme göstermektedir. Mevcut teknolojilerde bu işleyiş yapay zekâ, mekanik ve dijital algılayıcılar ile sağlanabilmektedir. Bu yöntemlerle donatılmış interaktif mekân sistemleri uyum süreçlerinin

sonucunda sürdürülebilir, uyarlanabilir ya da mekân kontrollü olma kabiliyeti gösterebilmektedir.

3. İŞLEVSEL DÖNÜŞÜM KAVRAMI

İnsanın içerisinde bulunduğu çevre ile etkileşimi süreç içinde karşılıklı değişme ve yeniden şekillenme döngüsü içerisinde. Bu etkileşimi fiziksel mekânlar ile sınırladığımızda değişenin ya insanlar (kullanıcı) ya da mekân olduğunu söyleyebiliriz. Kullanıcıların mekânı ihtiyaçlarına göre şekillendirme eğilimleri karşısında mekânın bu değişime uyum sağlama kabiliyetleri kullanım sürelerini doğrudan etkilemektedir. İçinde bulunduğumuz çağda tüketim hızı ihtiyaç değişimi hızını da etkilemiştir. Bu hız uyum sağlayamayan mekânlar kullanım dışı kalırken uyum sağlama çabasında olan mekânların farklı işlev, amaç ya da ihtiyaçlara cevap verme ve kullanımın sürdürülebilmesi kaygısı ile işlevsel dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümdeki temel amaç; yeniden kullanımla yapısal sürekliliği sağlamak ve kullanım dışı kalan yapıyı çevreye kazandırmaktır (Apaydın, 2019).

3.1. Mimaride İşlevsel Dönüşüm

Bir mekânın zamanın gereksinimlerine işlevsel, çevresel ve ekonomik olarak yanıt vere-memesinden kaynaklı nedenlerle ilk yapılış amacına uygun olarak kullanılamamasından dolayı farklı bir işlevle yeniden değerlendirmek üzere dönüştürülmesi işlevsel dönüşüm olarak tanımlanmaktadır (Demirarslan, 2018). Günümüzde dönüşüm probleminin iç mimarlık ve restorasyon disiplinleri tarafından kısıtlı yöntemlerle çözülmeye çalışılması, mimarlık alanının hesaplamalı tasarım başta olmak üzere bilişim alanından yeterli düzeyde faydalanmadığı çıkarılmaktadır. Yeniden kullanımı hedefleyen işlevsel dönüşüm sürecinin sınırlarını ve değişim potansiyelini belirleyen en önemli unsur mekânın fiziksel özellikleridir. Dolayısıyla geleneksel yöntemlerin odaklandığı mekânın fiziksel özellikleri, dönüşümde müdahale edilen birincil hedef haline gelmiştir. Bu kapsamda strüktür ve iç mekân yenilenme veya onarma yöntemlerinin yanında mevcut duruma ek olarak; yeni bina eki, çatı eki, iç mekânda sistem eki yapılmaktadır. Bu gibi yöntemler ek bir zaman, maliyet ve emek gerektirmektedir. Tepkimeli mimarlıkta bilişim teknolojilerini kullanarak tasarlanan “adaptive” yani uyumlu-uyarlanabilir tasarımlar ise dönüşüme uyumlu ve esneklik kabiliyetine sahip tasarımlardır. Bu gibi tasarımlarda dönüşüm sitemin devinimine katılmış ve gerekli durumda ek bir müdahale gerekmez. Dönüşüm geçirmektedir. Uyumlu tekrar kullanım uygulaması (Adaptive re-use); sağlam olup işlevini kaybetmiş ya da değiştirmiş mevcut yapının değerlendirilmesi durumudur. Geleneksel yöntemlerin uygulandığı dönüşüm projeleri tarihi dokuyu koruma ve yeni işlevi yapının ekonomik, fiziksel, kültürel değerlerine eş değer verme eğilimindedir. Örneğin lojman yerleşkelerine eğitim fonksiyonu, saraylara müze fonksiyonu verildiği bir

işlevsel dönüşüm anlayışı vardır. Oysa bilişim disiplini ile iş birliği sağlanırsa bu değişimler daha çeşitli işlevlere uyarlanabilir düzeyde yapılabilir. Bu çalışmanın hedeflerinden biri de incelenecek örneklerle mevcut işleve çeşitli değişiklikler varsayarak tepkimeli mimarlık alanının geleneksel mimarlık anlayışına bu anlamda da esneklik katabileceğini göstermektir.

Farklı işlev ile devam ederek yeniden kullanılabilir olan mekânların bu dönüşüm kapsamında nitelikleri ve dönüşümleri sonrası başarı durumları sorgulanmalı ve buna bağlı analizlere tabi tutulmalıdır (Demirarslan, 2018). Bu sebeple bir sonraki bölümde, örnek incelemesi sonrası işlev değişikliği varsayımında kullanılacak değer kavramları tanımlanacaktır.

3.2. İşlevsel Dönüşüm Değer Kavramları

Yapıların fiziksel ömürleri tasarlandıkları işlevin geçerlilik süresinden daha uzundur. İşlev zamanla sosyal, kültürel ya da teknolojik sebeplerle eskiyebilmekte ya da kullanım dışı kalabilmektedir. Bu gibi durumlarda işlevsel dönüşüm ile temel hedef; yeniden kullanım ve topluma kazandırmaktır. Bu süreçte dönüşümün başarısının sorgulandığı; tasarımın bütünlüğünün korunması, kullanıcıya uyum, değer değişim durumu olan üç değer üzerinde durulacaktır.

Tasarımın bütünlüğünün korunması: mekânın sahip olduğu tasarım öğelerinin dönüşüm sonrasında da uyum içerisinde bulunmasıdır. Bahsedilen bütünlük biçim, renk, boyut ve dokunun tekrar uyum içinde bir araya gelmiş olmasıdır. Değişim sonrasında da bu bütünlüğün korunması ya da sağlanabilmiş olması önemlidir.

Yeni kullanıcıya uyum; dönüşüm sonrasında yeni işlevini planlanan şekilde yapabilme durumudur. Değişim sürecini atlatan mekânlarda yeni ihtiyaç ve fonksiyonlara hizmet kimi zaman hedeflenen şekilde olmayabilir. Bazı işlevsel dönüşüm durumlarında kullanıcı süreç dışına itilebilir. Bu durumun yaşanmaması için yeni işlevin kullanıcıya gerekli hizmet ve olanakları sağlayabilmesi beklenir. Hedeflenemese bile soylulaştırma süreci yaşayan projeler toplumsal boyutun gerekli ölçüde planlanmadığının göstergesidir. Bu duruma Ankara ve Antalya Kaleiçi, İstanbul Soğuk Çeşme Sokağı koruma projelerini örnek gösteren Perihan Kiper, toplumsal açıdan iyi kurgulanmış koruma uygulaması olmaktan çok bu çalışmayı “seyirlik mekânlar” olarak tanımlamıştır (Kiper, 2004). İncelenen örneklerle uygulanacak olası işlevsel dönüşüm senaryosunda bu değer mekânın sahip olduğu teknolojiler ile uyumu sağlayıp sağlayamadığı sorgulanacaktır.

Değer değişim durumu; dönüşüm sonrasında mekân ya da yapıların dönüşüm öncesi durumda sahip oldukları ekonomi, kültür, konut ya da eğitim gibi değerlerin değişim derecesinin belirtilmesidir. İşlevsel

dönüşüm sonucunda yeni işlevin değer kavramı eski işlevin değer kavramını korumuş olabilir, iyileştirmiş olabilir ya da tamamen değiştirmiş olabilir. Olası işlev değişiklik varsayımlarında bu değer, mekânın farz edilen yeni işleve dönüşümünde etkili olan kabiliyetler göz önüne alınarak değerlendirilecektir.

4. ÖRNEK İNCELENMESİ

Tepkimeli mimarlık ürünü olan interaktif mekân, geleneksel mekân anlayışından ayrı olarak üretim yönteminden kaynaklı “beyin ve sinir sistemi”ne kısacası bir algıya sahiptir. Bu özellik mekânın kurulumundan itibaren kullanıcı ve kullanım şekli hakkında bilgi depolama, bu bilgilerden öğrendikleri ile kendini geliştirerek durumlara göre tepkimeli-etkileşimli-uyarlanabilir bir hal alarak interaktif olmasını sağlamaktadır. Öte yandan mimarlık dalının paralelinde işlevsel dönüşüm kavramı, mekânın tasarlanan ilk gereksinimlere yanıt vermemesinden kaynaklı işlev değişikliğinin yalnızca restorasyon ve iç mimarlık disiplinlerinden faydalanmaktadır. Oysa ‘interaktif mekân’ ve ‘işlevsel dönüşüm’ kavramları temelinde birbiri ile ilişkili ve işlevsel dönüşüme yeni çözüm olanaklarını üretilebilecek kapasiteye sahip bir ikilidir. Bu iki kavramın ilişkisinin belirlenmesi için interaktif mekân kurgusunun amacı olan çevreci, ekonomik ve işlevsellik unsurlarından işlevsellik kavramı mimarideki işlevsel dönüşüm olgusu üzerinden değerlendirilmektedir.

Değerlendirme, seçilen örneklerde etkileşimin etkenleri ve yanıtları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Etkenler ve yanıtlar doğrultusunda yapılan değerlendirmede durumdaki olası kullanım amacı ya da kullanıcı değişimi durumdaki farklılaşmalara uyum süreçleri ve elverişlilikleri, işlevsel dönüşüm sürecinin değer kavramları göz önünde bulundurularak irdelenmiştir.

4.1. İnteraktif Mekân Örnekleri

İncelenen örnekler, farklı ölçek ve işlevlere sahip fiziksel mekân tasarımları arasından seçilmiştir. Bir sonraki bölümde interaktif mekân kavramının işlevsel dönüşüme katkıları üzerine yapılacak saptamalara referans olmaları için belirlenen değer ölçüleri üzerinden incelenmektedir. Bu sebeple incelenen her örnekte interaktiflik disiplini üzerinden etki ve yanıtlar belirlenecek, bu bağlamda etkileri bir veri olarak kabul ederek yanıtların yani çıktılarının oluşturulma yöntem ve ortamlarına dikkat edilecektir. Bu inceleme çalışmanın ölçüt belirleme başlığında belirtilen değerler çerçevesinde yapılacaktır.

Seçilen üç örnek proje şunlardır: “I-Dining-Interactive Restaurant”, “E-motive House”, Bionic Pavillion”.

4.1.1. “I-Dining - Interactive Restaurant” projesi



Şekil 1: I-Dining proje uygulamasının fotoğrafı (URL-1, 2021)

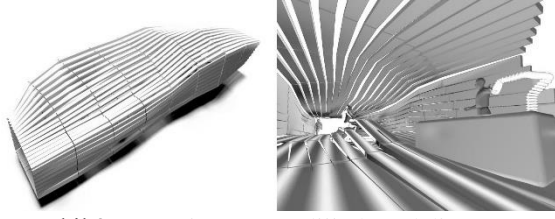
İnteraktif restoran olarak tasarlanan bu sistem döşeme, tavan ve gösteri alanı, masalar, bar ve akustik duvarlar olmak üzere 6 bölümden oluşmaktadır.

Bu örnekte bulunan her sistem özdevinimli ve etkileşimlidir. Böylece çoklu kullanımı optimize etmekte ve kullanıcısının deneyimini şekillendirebilmektedir. Kullanım alanları, mekânın işlev ihtiyacına göre şekillenebilir ve mekâna uyum sağlayabilmektedir. I-Dining projesi cephesi dışarıdaki insanlarla, bar bölümü içeri girmeyi bekleyen insanlarla, döşemeler iç mekândaki kullanıcılarla, tavan ise gösteri alanı ve mekândan çıkan kullanıcılar ile etkileşimli haldedir. Mekân kullanıcı değişimine göre şekillenen form değişimini, bulundurduğu sensör ve mekanik algılayıcılar ile sağlamakta ve kontrollü bir değişim yaşanmaktadır. Kullanıcı sayısı ve duyulan ihtiyaca gerekli hizmeti sağlayabilmesi bakımından ‘uyarlanabilirlik’ değerini göstermektedir. Yanıt yöntemi olarak mekân kabuğunda formsal değişim, mekânın iklimlendirmesi ve aydınlatmadaki kontrollü değişim ile sağlanmaktadır. Bu değişimler gerekli sürdürülebilirlik ilkelerini sağlayamadığı için örnek sürdürülebilirlik değerini taşıyor olarak kabul edilmiştir (bkz. Tablo 1).

Etkenler (Veri Girişi)	Kullanıcı sayısı, kullanım türü, kullanım alanı	
Veri işleme Yöntem/Ortam	Mekanik Algılayıcı	✓
	Dijital Algılayıcı	-
	Yapay Zeka	-
Yanıtlar (Veri Çıkışı)	Form değiştirme, döşemede farklılaşma, mekân iklimlendirilmesi, ışık	
Duyarlılık	Uyarlanabilirlik	✓
	Sürdürülebilirlik	-
	Mekân Kontrolü	✓

Tablo 1: “I-Dining” projesinin değerlendirmesi.

4.1.2. “E-motive House” projesi



Şekil 2: E-motive House dijital modeli (URL-2, 2021)

2002 yılında Oosterhuis liderliğinde yapılmıştır. Uygulamaya geçmemiş olan bu projenin tümü programlanabilir ve endüstriyel bir projedir. Bu sayede esnek ve sökülebilir yapısı sayesinde yenilikçi bir ev projesidir. Tamamen uyarlanabilir ve kişiselleştirebilen bir sisteme sahip E-Motive House, kullanıcısı ile etkileşimlidir ve ihtiyaca bağlı form değiştirebilmektedir. Sahip olduğu yapay zekâ desteği sayesinde kullanıcısı ile olan etkileşimde etken ve yanıtların ikisini de kendi içinde göstermektedir.

Algılayıcılar yardımı ile kullanıcısının hareketlerini, ortam iklimlendirmesini algılar ve bu verileri sistem 'beyninde' yorumlamaktadır. Tasarım, kullanıcı ile sürekli iletişim halindedir ve bu iletişimden zamanla dil geliştirerek öğrenilmiş bir etkileşim gösterebilmektedir. Konstrüksiyon yatayda ve dikeyde hareket, hava koşulu ve ihtiyaçları veri olarak alıp hareket ve yer değiştirme olarak etkileşim göstermektedir. Pnömatik esnek kas sistemleri ve hidrolik silindireler bütünleşik bir sistem olarak çalışmaktadır. Tüm sistemin kullanıcı tarafından yönetilebilir ve kontrol edilebilir olması için kontrol yazılımı Virtools adlı bir VR programı ile kurgulanmıştır. Düz yüzeyine fotovoltaiik birim eklenerek yapı için gerekli enerjinin üretilebilmesi hedeflenmiştir (bkz. Tablo 2).

Etkenler (Veri Girişi)	Kullanıcı hareketi, kullanıcı ihtiyacı, hava koşulları	
Veri işleme Yöntem/Ortam	Mekanik Algılayıcı	✓
	Dijital Algılayıcı	✓
	Yapay Zekâ	✓
Yanıtlar (Veri Çıkışı)	Form değiştirme, mekân iklimlendirilmesi, ışık	
Duyarlılık	Uyarlanabilirlik	✓
	Sürdürülebilirlik	✓
	Mekân Kontrolü	✓

Tablo 2: “E-motive House” projesinin değerlendirmesi.

4.1.3. “Bionic Pavilion” projesi



Şekil 3: Bionic Pavilion dijital modeli (URL-3, 2021)

3deluxe tarafından tasarlanan Bionic Pavilion, canlı bir organizmadan esinlenerek tasarlanmış etkileşimli bir pavilyondur. Ziyaretçileri ile etkileşime geçmekte ve çevre koşul, hava ve ışık değişimlerine duyarlı sistemi sayesinde ziyaretçilere tepki üretebilmektedir. Pavilyonun yaşayan organizmalar referans alınarak karakter, mimari yapı ve davranışları belirlenerek buna göre kurgulanmıştır. Dış kabuğunun değişken ve hareketli olmasıyla akustik ve ışıklandırma amaçlı başkalaşım geçirebilen, dinamik bir sistem olması hedeflenmiştir. Dinamik, iletişimli, duyu algıları ve akıl yürütme kabiliyetine sahip bir metabolizma olarak düşünülen sistemin konstrüksiyon yapısı da bitkilerin biyolojik yapısından esinlenilerek tasarlanmıştır. İşlem odaklı tasarlanan pavilyon, evrimsel yazılım ve bilgisayar simülasyonları ile doğal süreçler oluşturabilmesi pavilyonun kurgusunda hedeflenmiştir. Girişin üzerinde bulunan kubbe şeklindeki çatı, güneş enerjisinden yararlanabilmek için fotovoltaiik birimler ve güneş pilleri ile donatılmıştır. Çatının katlanır yapıda olabilmesi için tekrarlanan basit üçgen ve beşgen birimlerden yapılmıştır. Dijitalde kurgulanan ve uygulamaya geçirilmemiş bu proje, tepkimeli mimarlık mekân üretim çalışmasıdır (bkz. Tablo 3).

Etkenler (Veri Girişi)	Kullanıcı hareketi, çevresel koşullar, hava ve ışık değişimi	
Veri işleme Yöntem/Ortam	Mekanik Algılayıcı	✓
	Dijital Algılayıcı	✓
	Yapay Zekâ	✓
Yanıtlar (Veri Çıkışı)	Form değiştirme, ışıklandırma, çatı hareketi	
Duyarlılık	Uyarlanabilirlik	✓
	Sürdürülebilirlik	✓
	Mekân Kontrolü	✓

Tablo 3: “Bionic Pavillion” projesinin değerlendirmesi.

5. ÖRNEK BULGULARI ÜZERİNDEN İŞLEVSEL DÖNÜŞÜM VARSAYIMLARI

Bir önceki bölümde incelenen örneklerin sahip oldukları teknoloji ve değerler incelenerek etkileşim süreçlerinde dönüşüm kabiliyet seviyelerinin tespit edilmesi için gerekli veriler ortaya konmuştur. Bu bölümde incelenmiş örneklere işlevsel dönüşüm

varsayım senaryoları uygulanacaktır. Varsayılan yeni işleve uyumları belirlenen işlevsel dönüşüm değerleri; tasarımın bütünlüğünün korunması, kullanıcıya uyum ve değer değişim durumu üzerinden değerlendirilecektir. İşlevsel dönüşüm değerlerini sağlayıp sağlamadıkları örneklerden elde edilen bulgular doğrultusunda sorgulanacak ve uyum sürecine bulundukları teknoloji ve değerlerin ne ölçüde yardımcı oldukları üzerinde durulacaktır. Varsayım senaryoları örneklerin incelenme sırasına göre yapılacak ve her örneğe farklı işlevler sunulacaktır. İşlevsel dönüşüm varsayımında bulunarak interaktif mekânların işlevsel dönüşüm sürecinde bir yöntem olarak ele alınabileceği önerisiyle, bu süreçte etkili teknoloji ve duyarlılık değerleri ortaya konulacaktır.

İnteraktif bir restoran olan I-Dinning projesi kullanıcılar ile aktif bir etkileşim içerisinde olmakla birlikte bu etkileşimi bireysel değil kitlesel insan grupları ile yapmaktadır. Bu özelliği göz önünde bulundurularak I-Dinning projesinin mevcut restoran olma işlevini yitirdiğini ve bir anasınıfına çevrileceğini varsayalım. Döşeme duyarlılığı ile öğrenci sayısına göre dönüşüm sağlayabilir ve gerekli durumda çeşitli etkinliklere hizmet etmek üzere bar alanı etkinlik alanına dönüşebilir. Tavan ve çatı formu ise kullanıcıların boy ortalamasına göre form değiştirerek uyum sağlayabilir. Restoran olan bu projenin bir anasınıfı olması durumunda sahip olduğu iç mekân öğelerinde (masa ve bar üniteleri) değiştirilerek bir sınıf haline dönüşebilir. Etkileşimli tavan, döşeme ve duvarların bütünlüğü korunarak yeni işleve hizmet edebilir. Böylece tasarım bütünlüğü kolaylıkla korunabilir. Mekânın sahip olduğu mevcut etkileşim unsurları yeni kullanıcılarına da aynı şekilde hizmet ederek tepki üretebilir. Bu durumda restorandaki kişiler anasınıfındaki çocuklar olacak ve masa, döşeme, tavan durumu sınıfta bulunan çocuklara göre etkileşim gösterebilir. İlk işlev olan restoranın sahip olduğu ekonomik değer kavramı bu örnekte eğitim değerine dönüşerek sahip olduğu değeri tamamen değiştirmiş olacaktır (bkz. Tablo 4).

I-Dining Projesi		
İlk İşlev: Restoran	Varsayılan İşlev: Anasınıfı	
	Başarı Durumu	Uyum Sürecine Etki Eden Ölçüt
Tasarım Bütünlüğünün Korunması	✓	Form değiştirme, Uyarlanabilirlik
Kullanıcıya Uyum	✓	Mekanik Algılayıcı, Uyarlanabilirlik, Mekân Kontrolü
Değer Değişimi	Farklı değer (ekonomi değeri eğitim değerine dönüşmüştür)	-

Tablo 4: "I-Dining" projesinin işlevsel dönüşüm varsayım değerlendirmesi.

Ev projesi olarak tasarlanan E-motive House kullanıcılarının ihtiyaç ve etkileşim şeklini öğrenebilen akıllı sistemli bir örnektir. Bu proje tek ya da az kişiye

hizmet etmek üzere tasarlanmış olmasına rağmen sürekli kullanıcı değişikliğine uğrayacak bir işlev vermek hedeflenerek sergi salonu olacağını varsayalım. Esnek ve sökülebilir yapısı sayesinde uyarlanabilir olan bu örnek çeşitli sergi biçimlerine uyum sağlayabilecektir. Sergileme konusu değişikçe ihtiyaca bağlı konstrüksiyon şekillenerek sergi alanına uygun form değişikliği yapabilecektir. Mevcut durumda da tasarım bütünlüğünü pnömatik ve hidrolik sistemlerle sağlayan bu örnek sergi alanı işlevini yerine getirirken tasarım bütünlüğünü koruyabilir. Kullanıcı hareket ve ihtiyaçlarına duyarlı olarak form değiştirme, iklimlendirme ve aydınlatmayı optimize edebilme özelliği sayesinde ziyaretçilere uygun sergi alanı kolaylıkla sağlanabilecektir. Projedeki yapay zekâ teknolojisi ve tüm sistemin kontrol edilebilir arayüze sahip olması sergi salonu görevlileri tarafından da yönlendirilerek sergi konusuna ve ziyaretçilerine göre kısa zamanda öğrenilmiş tepki üretimi oluşturabilecek ve mekân kullanım potansiyelin korunmasını sağlayacaktır. Bir konut projesiyken sergi alanına dönüştürülerek ticari bir değer kazanacak olan E-motive House değer değişiminde farklılaşma yaşacaktır (bkz. Tablo 5).

E-Motive House Projesi		
İlk İşlev: Ev	Varsayılan İşlev: Sergi Salonu	
	Başarı Durumu	Uyum Sürecine Etki Eden Ölçüt
Tasarım Bütünlüğünün Korunması	✓	Form değiştirme, Uyarlanabilirlik
Kullanıcıya Uyum	✓	Mekanik Algılayıcı, Dijital Algılayıcı, Yapay Zekâ, Uyarlanabilirlik, Mekân Kontrolü
Değer Değişimi	Farklı değer (konut değeri kültür değerine dönüşmüştür)	-

Tablo 5: "E-Motive House" projesinin işlevsel dönüşüm varsayım değerlendirmesi.

Canlı bir organizma gibi davranan Bionic Pavillion projesinin ziyaretçilerle olduğu kadar bulunduğu çevre ile de etkileşim içerisinde olduğu örnek incelemesinde belirtilmişti. Pavilyon olarak kültürel bir değer taşıyan bu örneğin çeşitli tezgahların bulunduğu ekonomik değer taşıyan bir pazar yerine döndüğünü varsayacak olursak, pazar gibi belli günlerde yoğun olarak kullanılırken belirli günlerde ıssızlaşması pavilyon işlevindeki kullanım yoğunluğuna benzerlik gösterecektir. Dış kabuğunun hareketli ve dinamik olması pazar yeri ihtiyacını yeterli ölçüde karşılayacağı öngörülebilirken akustik ve ışıklandırma iyileştirme kabiliyeti pazar yeri işlevine ek bir avantaj sağlayacaktır. Kullanım yoğunluğunun azaldığı dönemlerde de gerekli havalandırma ve aydınlatma tasarrufu sağlayabilecektir. Bulundurduğu uyarlanabilirlik değeri ile diğer örneklerde de olduğu gibi tasarım bütünlüğünü sağlayacağı söylenebilir. Buna ek olarak hareketli çatı sistemi Pazar yeri işlevi için tasarım

bütünlüğünü sağlayacak bir diğer unsurdur. Yapay zekâ ve mekân kontrol imkânının olması sayesinde kullanıcı uyum değerini kolaylıkla sağlayabilecektir (bkz. Tablo 6).

Bionic Pavillion Projesi		
İlk İşlev : Pavilyon	Varsayılan İşlev: Pazar yeri	
	Başarı Durumu	Uyum Sürecine Etki Eden Ölçüt
Tasarım Bütünlüğünün Korunması	✓	Form değiştirme, Uyarlanabilirlik
Kullanıcıya Uyum	✓	Mekanik Algılayıcı, Dijital Algılayıcı, Yapay Zekâ, Uyarlanabilirlik, Mekân Kontrolü
Değer Değişimi	Farklı değer (kültürel değeri ekonomi değerine dönüşmüştür)	-

Tablo 6: “Bionic Pavillion” projesinin işlevsel dönüşüm varsayım değerlendirmesi.

6. TARTIŞMA

İşlevsel dönüşüm sürecinde kullanılan geleneksel yöntemlerin yetersiz bulunması üzerine interaktif mekân kavramı bu soruna bir çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Makalede yapılan örnek incelemesi ve sonrasında yapılan varsayım değerlendirmeleri ile öne sürülen çözüm önerisinin potansiyelini ortaya koymuştur. Bu bölümde interaktif mekânların işlevsel dönüşüm sürecinde sağladığı avantajlar ve mekânların sahip olduğu teknoloji ve kabiliyetlerin gereklilikleri tartışılacaktır.

Makalede izlenen yöntemde, örnek seçimi ve interaktif mekân ölçütleri Özlem Yıldız (Yıldız, 2010) ve Fatma Gürbüz’ün (Gürbüz, 2009) yüksek lisans tez çalışmaları ile benzerlik gösterse de bu örneklerle işlevsel dönüşüm varsayımı yaparak etkileşim olgusunun dönüşüm sürecindeki yeri ve katkısını irdelenmesi ile diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

İnteraktivitenin kullanıcı ve çevre ile aktif etkileşimi, interaktif mekân kurgusunun işlevsel dönüşüm sürecine öneri olarak sunulmasındaki en önemli faktördür. İşlevsel dönüşümün başarı seviyesi olarak belirlenen tasarım bütünlüğünün korunması, kullanıcıya uyum ve değer değişim durumu, kriterlerine incelenen örneklerin katkı yöntemleri, interaktiflik kavramının işlevsel dönüşüm alanında da etkili biçimde kullanılabilirliğini göstermiştir. İnteraktif mekânların sahip olduğu form değiştirme, uyarlanabilirlik, mekân kontrolü, mekanik ve dijital algılayıcılar ve yapay zekâ işlevsel dönüşüm sürecine katkıda öne çıkan unsurlardandır. Bu unsurlar başta olmak üzere interaktif mekânların sahip olduğu teknoloji ve kabiliyetlerin işlevsel dönüşüm sürecine ve değerlerine katkıları ayrıntılı şekilde ilişkilendirilmiştir.

Yapılan varsayım senaryolarının tümünde tasarım bütünlüğünün korunmasını sağlayan birincil unsur form değiştirme kabiliyeti olmuştur. İnteraktif mekânların tepki yöntemlerinden biri olan form değiştirme, tasarımın ölçeğine bağlı olarak kabiliyet düzeyi değişse de incelenen örneklerin yeni işlevlerine yanıt yöntemi olarak yeterli düzeyde sağlayabilecekleri öngörülmüştür. İncelenen örneklerden E-Motive House’da pnömatik esnek sistemlerle sağlanan form değişimi Bionic Pavillion örneğinde katlanabilir geometrik form sağlandığı görülmüştür. Yeni işlev yüklenen mekânlara geleneksel yöntemlerin uygulama biçimlerinde bulunmayan form değiştirme, ikili arasındaki ilişkinin keşfedilen noktalarındadır.

Uyarlanabilirlik kavramı ise interaktif mekânlarda olması gereken bir diğer değerdir. Örnek incelemesinde de görüldüğü üzere interaktif üretilen tüm mekânlar uyarlanabilir olmayı hedefler ve bu değer interaktif mekânların başarı seviyelerini doğrudan etkiler. İşlevsel dönüşümde de mekânın dönüşüm sonrası tasarım bütünlüğü ve kullanıcı uyumunu sağlayan uyarlanabilirliğin ortak bir unsur ve bu değerlerin başarısını etkileyen temel kavram olarak dikkate alınmalıdır.

Fatma Gürbüz’ün “Tepkimeli mimarlık için öngörüler” başlıklı tezinde belirttiği gibi kullanıcı ihtiyaçlarına ve işlev farklılaşmasına uyumunu yalnızca form değişikliği ile değil daha bütünsel yaklaşımlarla ele alınmalıdır (Gürbüz, 2009). Gürbüz’ün de üstünde durduğu; uyum sürecinde çatı, duvar, döşemenin hareket kabiliyetine sahip olmasının yeterli olmayacağı fikrine (Gürbüz, 2009) katılarak incelenen örneklerde mekân kontrol kabiliyeti ve hangi aygıt çeşitlerini içerdikleri aranmıştır. Tüm örneklerin mekân kontrol kabiliyetine sahip olmaları olası işlevsel dönüşüm geçirme durumlarında kullanıcı uyumunun sağlanmasında işlevsel dönüşüme katkı sağlayacak bir unsur olduğunu göstermiştir. Mekân kontrolünü sağlayan mekanik algılayıcı, dijital algılayıcı ve yapay zeka gibi veri işleme yöntemlerinin en az birinin bulunması interaktif mekânlardan beklenen bir donanım şeklidir. Mekanik veya dijital algılayıcılara sahip interaktif mekânların, bu aygıtlar aracılığıyla mekân kullanımındaki etkileşimi sağlayarak kullanım uyum sürecine katkı sağlayacağı belirlenmiştir. Örneğin I-Dining projesinde görülen mekanik algılayıcılara sahip döşeme, duvar, tavan sistemleri; anasınıfı işlevi varsayıldığında yeni kullanıcılarına da hizmet ederek kullanıcı uyum değerine katkı sağlayacağı öngörülebilir.

Yapay zekâ sistemlerine sahip olan E-Motive House ve Bionic Pavilyon projelerinde bu donanımın kullanıcı uyumunu etkilediği tespit edilmiştir. Yapay zekâ donanımına sahip interaktif mekânların işlevsel dönüşüm süreçlerine sahip olmayan mekânların aksine daha uyum sürecine daha hızlı adapte olacağı söylenebilir. Tepki üretimi için kullanıcı verilerini yorumlamayı öğrenmesi için zaman gerekse bile bu

donanımın kullanıcı uyum sürecine ek bir katkı sağladığı düşünülmektedir.

İnteraktif mekânların duyarlılık değerlerinden biri olan sürdürülebilirlik işlevsel dönüşüm sürecine ek bir değer kattığı görülmemiştir. Bu sebeple interaktif mekânların sürdürülebilir olup olmadığı işlevlerinde etkili bir unsur olmasa da mekânların buldukları çevre ile ilişkilerini ve doğada bulunma süreleri boyunca yapı-doğa (bu tabirden emin değilim) ilişkisini destekleyen bir değer olarak ele alınarak doğada bulunma sürelerini belirleyen bir unsur olduğu söylenebilir.

İşlevsel dönüşümün başarı unsurlarından biri olan değer değişim ögesi, interaktif mekânların donanım özelliklerinden dolayı yoldan katkı görmektedir. Spesifik bir şekilde bu değere etki eden donanımlar belirlenemese de değer değişiminde çeşitli durumları desteklediğini söyleyebiliriz. İşlev çeşitliliği sağlanabilen mekânlarda değer değişim durumunun ister aynı değerde ya da değer iyileştirme olarak, ister farklı değer kazanmasını interaktif mekânların uyarlanabilirlik seviyeleri ile ilişkilendirilebilir. Böylece işlevsel dönüşüm geçiren interaktif mekânların geleneksel yöntemlerle kurgulanmış mekânların aksine değer değişim olasılıklarının kısıtlı olması önündeki engelin kalktığı söylenebilir.

İnteraktif mekânların kurgusunu sistem olarak ele alan bu makalede etki ve tepki, üzerinde durulan temel noktalardan olmuştur. Bu bağlamda etkenlerin işlev dönüşümü durumunda yeni işlev ile aynı, iyileştirilmiş hali ya da önceki işlevden farklı değer taşıyabilir. Örneğin Bionic Pavillion projesi pavilyon olarak işlev görürken etkenleri kullanıcı hareketi, çevresel koşullar, hava ve ışık değişimiydi. Varsayılan pazar yerine dönüştüğünde bu etkenlerden kullanıcı hareketi veri olmayıp, yerine kullanıcı sayısı sistemin veri giriş unsuru olabilir. Öte yandan hava ve ışık verileri pazar yeri işlevini görürken de etken olmaya devam edebilir. Etkenlerin değişken olabileceği durumlarda yanıt üretme şekillerinin işlevsel dönüşümü etkilemekte daha belirleyici olduğu görülmektedir.

Geleneksel üretim şekilleriyle üretilen ve işlevsel dönüşüm geçiren yapılarda, tasarımın fiziksel özelliklerinin durağanlığı dönüşüm potansiyelini düşürmektedir. Aynı zamanda mevcut mekânın fiziksel özelliklerini koruma eğilimi olduğunda işlevsel dönüşüm sürecindeki müdahaleleri kısıtlandığını belirten Akaydın ve Türkyılmaz'ın (Akaydın ve Türkyılmaz, 2018) belirttiği bu soruna interaktif mekânlar gerek sahip oldukları aygıt ve teknoloji donanımlarıyla gerekse uyarlanabilirlik kabiliyetleri ile dönüşüm sırasında uygulama biçimlerine de imkân verebileceği söylenebilir. Dönüşüm kabiliyeti yüksek, uyarlanabilir interaktif mekânların, geleneksel biçimde üretilmiş mekânların aksine yüklenen çeşitli işlevleri yerine getirebileceği öngörülmektedir. Etkileşim kabiliyeti kazanan mekânların dönüşüm sürecinde zaman ve maliyeti düşüreceği makaledeki bulgular ışığında söylenebilir.

Bu çalışmanın tasarımcılara, üzerinde yeterli çalışmanın bulunmadığı interaktif mekân ve işlevsel dönüşüm kavramlarının hangi değerlerde kesiştiğini göstermiş ve yöntemlerini ele almıştır. Bu alanda yapılacak ileriki çalışmalar için bir kaynakça niteliği barındırmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mekân tasarımları içinde bulunduğumuz çağın tüketim hızını göz önünde bulundurmalıdır. Hedeflenen işleve hizmet edecek şekilde tasarlanan mekânlar işlevsel dönüşüm olasılığını ihmal etmemelidirler. İşlevsel dönüşümü tasarım sürecinde öngörmek tasarımı çok amaçlı hizmete uyarlamak olarak ele alınmamalıdır. Tasarımcılar mekânı canlı bir organizma olarak kabul edip değişimlere ayak uydurabilecek esneklikte tasarlama gayesinde olmalıdırlar. Mekân, ihtimal dahilinde işlevsel dönüşüm yaşacak olursa, yeni işlevine tasarımına eklenmiş teknoloji ve kabiliyetlerle uyum sağlayabilecek potansiyele sahip üretilmelidir. Böylece değişime ayak uyduramayan mekânların kullanım dışı kalma sorununun önüne geçilebilecektir.

Seçilen interaktif mekânlara işlevsel dönüşüm senaryoları uygulama yöntemi ile etkileşim olgusunun mekâna kattığı esneklikle, dönüşüm süreçlerinde önemli derece katkı sağlayacak bir olgu olduğu ortaya konulmuştur. İşlevsel dönüşümün, tasarım bütünlüğünün korunması, kullanıcıya uyum ve değer değişim durumu kriterlerine interaktif mekânların hangi donanımlarla katkı sağlayabileceği netleştirilmiştir.

Form değiştirme unsuru işlevsel dönüşüm sürecinde kullanılabilir bir yöntem olarak ele alınmış ve ilişkilendirme sonucunda işlevsel dönüşüm ve interaktif mekânların uygulanabilirlik potansiyelinde yeni ortak değer olarak ortaya konulmuştur. Uyarlanabilirlik değeri ise interaktif mekânlarda temel nitelikken işlevsel dönüşüm kavramında aranan değer olması bu iki kavramın ilişkilendirilmesi gerektiği fikrini desteklemiştir.

Mekânların sürdürülebilirlik değerini taşıması işlevsel dönüşüm başarı kriterlerine doğrudan etki etmese de tüketim hızına ayak uydurabilmesi hedeflenen mekânların bu değere sahip olması mekânın bulunduğu doğayı nitelikli kullanmasına destek olup fiziksel var oluş süresini uzatacağını böylece bu varoluş süreci boyunca gerekli durumlarda işlevsel dönüşüme uğrayarak kullanılabilirliğini sürdüreceği sonucuna varılmıştır. Kullanım amacının değişimi durumunda mekânın sahip olduğu ekonomik, kültür, eğitim gibi değerleri hangi yönde değiştirebileceği işlevsel dönüşümün sorunlarından biri olmuş ve dönüşümler genellikle belli bir sınır aralığında yapılmıştır. Dönüşüm kabiliyeti yüksek, uyarlanabilir interaktif mekânların geleneksel biçimde üretilmiş mekânların aksine çeşitli işlevlere dönüşebileceğinin ortaya konduğu bu çalışma ile değer değiştirmedeki sınırlı kalma durumuna çözüm aranmıştır. Bu

sınırlamanın interaktif mekân kurgusunun katkılarıyla çözülebileceği ve böylece interaktif üretilen bir mekânın sınırlamalardan sıyrılarak tüketilmezlik kazanımını desteklediği görüşüne varılmıştır.

Geleneksel yöntemlerde yapı ve mekânların işlevsel dönüşümde yeni işlev kazanımı kısıtlı çerçevede yapılabilirken, interaktif mekân kavramı, sağladığı tüm donanım ve imkanlarla, mekânlara yüklenebilecek işlev kısıtını ortadan kaldırmış ve çeşitli işlevlere uyum sağlayacak hale dönüşmesini destek olmuştur. Bu desteğin işlevsel dönüşüm sürecinde mekânlara müdahale kısıtlamalarını büyük ölçüde çözerek değişim sürecindeki uygulanabilirlik sorunlarının önündeki engeli kaldırması önemli katkılardan biri olarak belirlenmiştir.

Bu makalede izlenen yöntem ve bulgular ışığında; interaktif mekân ve işlevsel dönüşüm kavramlarının hangi değerlerde kesiştiği ve bu değerlerin katkıları ortaya konulmuştur. Araştırmada bahsi geçen bu iki kavramın ilişkilendirilmesinde öncü niteliğinde olması hedeflenen bu makalenin işlevsel dönüşüm alanında yapılacak ileriki çalışmalar için etkili bir bakış açısı kazandırmak hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

Akaydın, Ö.E. ve Türkyılmaz, Ç., 2018. İşlevsel dönüşüme uğramış yapılarda ergonomi kavramı; Üsküdar Nevmekean örnek incelemesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 279-292.

Apaydın, B., 2019. Palimpsest kavramı ve mekânsal dönüşüm, *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication - TOJDAC*, 9(2), 90-103.

Cotton, B., 1994, *Understanding Hypermedia*, Phadion Press Limited, Londra.

Demirarslan, D., 2018. Mekân tasarımı bağlamında yaşanılmış mekânların işlevsel dönüşümü, *The Journal of Social Science*, Yıl: 5, Sayı: 19, Ocak 2018, 35-49.

Demirkaya, H., 1999. Mekân kavramının tarihsel süreç içinde incelenmesi ve günümüzde mekân anlayışı, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Fox, M. ve Kemp, M., 2009. *Interactive Architecture*, Princeton Architectural Press, New York, ISBN: 978-1-56898-836-8.

Gürbüz, F.Z., 2009. Tepkimeli mimarlık için öngörüler, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hasol, D., 1975, *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, YEM Yayın, İstanbul.

Imperiale, A., 2000, *New Flatness: Surface Tension in Digital Architecture*, Birkhäuser, Basel.

Kiper, P., 2004. Küreselleşme sürecinde kentlerimize giren yeni tüketim mekânları ve yitirilen kent kimlikleri, *Planlama Dergisi*, 4, 14-18.

Popper, F., 1997, *Art of the Electronic Age*. MIT Press.

Rabeneck, A., 1969. *Cybermation: A Useful Dream*, *Architectural Design*, 1969 Eylül, 497-500.

Kruşa M., Küçüksubaşı F., Özgenel F.Ç., Sorguc A. ve Ülgen S., 2017. Mimarlık eğitiminde tepkimeli kinetik sistem yaklaşımı, *11. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu: MTAS*, Ankara, Haziran 2017, 60-69.

Sterk, T.E., 2003. Using Actuated Tensegrity Structures to Produce a Responsive Architecture, *Acadia22 / Connecting Crossroads Of Digital Discourse*, s. 85-93.

Sterk, T.E., 2006. Responsive Architecture: User-centred Interactions Within the Hybridized Model of Control, in *Proceedings Of The Game Set And Match II, On Computer Games, Advanced Geometries, and Digital Technologies*, Netherlands: Episode Publishers.

Xia, X. and Oosterhuis, K., 2007. iA: No. 1 (Ia Bookzine; Interactive Architecture), *Episode Publishers*, ISBN: 978-9059730588.

Yıldız, Ö., 2010. Hesaplamalı mimarlıktan zaman temelli etkileşimli mimarlığa geçiş, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, A.K., 2006. Mimarlıkta adapte edilebilir ve güncellenebilirliğe yönelik bir araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İnternet Kaynakları

URL-1: <https://foxlin.com/i-dining-art-center/> Erişim tarihi: 10.03.2021.

URL-2: <https://www.onl.eu/projects/e-motive-house> Erişim tarihi: 10.03.2021.

URL-3: <https://www.barefootdesign.de/en/projects/scape-expo-2000/> Erişim tarihi: 10.03.2021.

MİMARİ TASARIM ÜRÜNÜNÜN KENDİSİ VE TEMSİLİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Nurşah ODABAŞ*
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
nursahodabas@gmail.com

ÖZET

Mimari tasarım ürününün ifadesi olarak temsil kavramı her zaman için var olmuştur. Temsil, geleneksel tasarım yöntemleri kullanılarak sınırlı ifade şekillerine sahip iken sayısal tabanlı teknolojilerin mimari temsilde kullanılmaya başlamasıyla temsil araçları ve yöntemleri zamanla çeşitlenmiş ve bu çeşitlenme de mimari tasarım ürününün nasıl olması gerektiği üzerine olan düşüncelerde değişikliklere sebep olmuştur. Mimari tasarım ürününün sadece fiziksel ve inşa edilebilir olduğu düşüncesi önemini kaybetmiş ve mimari ürün tasarım ürünü olarak da kalabilmeye başlamıştır. Sayısal tabanlı teknolojilerle ifade edilen tasarım ürünleri sadece tasarım bilgisinin aktarımı ile sınırlı kalmamış ve bilginin dönüşüm sürecini de ifade etmiştir. Aynı zamanda tasarım bilgisi üretim bilgisi halini almıştır. Bu çalışmada temsilin sayısal teknolojiler ile nasıl ifade edildiği, kullanılan sayısal araç ve yöntemlerin neler olduğu ve sayısal ortamlarda oluşturulan mimari temsillerin uğradığı dönüşüm süreci üzerinde durulmaktadır. Çalışmanın amacı, sayısal tasarım adı altında gerçekleştirilen üretimlerin konvansiyonel tasarımdan yöntem olarak ayrışsa da birer mimari tasarım ürünü olduğunu ortaya koymak, değişen kavramların neler olduğunu, tasarımda bilgisayarın rolünü ifade etmek üzerinedir. Yapılan araştırmanın yöntemi, var olan sayısal tasarım teknolojileri ile ilgili kaynak ve örneklerin araştırılarak sınıflandırılması ve elde edilen bilgiler sonucunda mimari temsilin üretim ve tasarım süreçlerinde meydana getirdiği dönüşümü ortaya koymak şeklindedir. Bu çalışmanın sonucunda kullanılan sayısal araçların geleneksel yöntemlerden farklı olarak tasarım bilgisinin ifadesini ve üretimini nasıl kolaylaştırdığına, sağladığı avantajların neler olduğuna ve sayısal tasarım sürecinin mimarlık

kavramıyla ilgili düşünceleri nasıl değiştirebileceğine ulaşılmaya çalışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mimari Temsil; Temsil Ortamları; Sayısal Tasarım Araçları; Temsilin Dönüşümü

ABSTRACT

The concept of representation as an expression of the architectural design product has always existed. While representation has limited forms of expression by using traditional design methods, with the use of digital-based technologies in architectural representation, representation tools and methods have diversified over time, and this diversification has led to changes in ideas about how the architectural design product should be. The idea that the architectural design product is only physical and can be built has lost its importance and the architectural product has started to remain as a design product. Design products expressed with digital-based technologies are not limited to the transfer of design information, but also express the transformation process of information. At the same time, design knowledge has become production knowledge. This study focuses on how representation is expressed with digital technologies, what are the digital tools and methods used, and the transformation process of architectural representations created in digital environments. The aim of the study is to reveal that the productions made under the name of digital design are architectural design products, although they differ from conventional design as a method, to express what the changing concepts are and the role of the computer in design. The method of the research is to search and classify the sources and examples related to existing digital design technologies and to reveal the transformation of architectural representation in production and design processes as a result of the obtained

* Nurşah ODABAŞ

information. As a result of this study, it is try to find out how the digital tools used, unlike traditional methods, facilitate the expression and production of design information, what are the advantages they provide, and how the digital design process can change the thoughts about the concept of architecture.

Keywords: Architectural Representation; Representation Media; Digital Design Tools; Transformation of Representation

1.GİRİŞ

Mimarlıkta temsil, tasarım fikrinin ifade edilmesinde kullanılan bir anlatım biçimidir. Mimari tasarım ürününün temsil edilmesi kavramı çeşitli tasarımcılar ve mimarlar tarafından farklı şekillerde ifade edilmiştir. Temsil zihindeki tasarım bilgisini görsel bir imgeye dönüştürmek ve aktarılmasını sağlamak için kullanılan yöntem ve araçlardır. Tasarım ürününün kendisi tasarım bilgisi iken tasarım ürününün temsili ise tasarım bilgisini üretme yollarından birisidir.

Mimarlıkta temsil kavramı her zaman için var olmuş bir kavram iken modern çağın getirdiği avantajlar ile temsilin ifade yöntemleri çeşitlenmiştir. Geleneksel tasarımda temsil aracı olarak çizim ve maket gibi daha iki boyutlu ifade araçları kullanılırken; teknolojik gelişmelerle gelen sayısal tasarım ortamları temsil araçlarında çeşitlilikler yaşanmasını sağlamıştır. Sayısal tabanlı teknolojiler ile birlikte parametrik tasarım, algoritmik tasarım, üretici sistemler, uzman sistemler, evrensel sistemler, evrimsel sistemler, animasyona dayalı tasarım, diagram mimarlığı, performans dayalı tasarım, bilgisayar destekli üretim gibi pek çok konu başlığı mimarlığın temsil araçları arasına girmiştir.

Mimari tasarım sürecinin sayısal ortamlarda gerçekleştirilmesi temsil ürününün ifadesinde kullanılan araç ve yöntemleri artırarak tasarımcılara çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Sayısal tasarımın sunduğu bu olanaklar aynı zamanda mimari tasarım ürününün nasıl olması gerektiği ile ilgili kalıplaşmış fikirleri değiştirmeye başlamıştır. Mimari tasarım ürünlerinin yalnızca fiziksel ve inşa edilebilen ürünler olması gerektiği düşüncesi artık önemini kaybetmiştir.

Bu çalışmanın amacı sayısal teknolojilerin mimarlığa entegre olmasıyla gelişen süreçte mimarinin temsilde kullanılan hesaplamalı tasarım, parametrik tasarım ve algoritmik tasarım yöntemleri, mimari temsillerin sanal teknolojilerle ifadesi edilmeye başlaması, mimari temsilde kullanılan diğer sayısal teknoloji araçlarının

mimarlığın düşünsel altyapısında ve üretim uygulamalarında yarattığı dönüşümü yani mimari tasarım ürününün kendisi ile yeni temsili arasındaki ilişkiyi ele almaktır.

Bu çalışma ile sayısal temsil kavramının tanımı ve tasarım süreçlerinde bilgisayarın oynadığı rol, tasarımcılar ile bilgisayar arasında oluşmaya başlayan soyut ilişki betimlenmeye çalışılmaktadır. Ayrıca hesaplamalı tasarım ile ilgili bilgisayarın rolünün sadece insan zihnindekileri aktarmakta kullanılan bir araç olduğuna dair yanılgıları aydınlatmaya çalışılmaktadır. Bütün bu tasarım süreci ve üretim ilişkileri mimaride nasıl dönüşüm yaratmakta ve değişen kavramlar ve tanımlamaların neler olduğu sorusuna yanıt aranmaya çalışılmaktadır.

2.TEMSİL

Temsil dilde, anlatıda, görüntüde, mimaride ve daha birçok disiplinler arası konuda pek çok fikrin ifade biçimi olmuştur. M.Ö. 360 yılında Platon, Timaeus adlı eserinde evrenin dört klasik element olan toprak, hava, su ve ateşten oluştuğunu öne sürmüş ve bu maddeleri küp, oktahedron icosahedron ve tetrahedron adını verdiği platonik katılarıyla simgelemiştir (Platon, 2015). Tarih öncesi çağlarda dahi bir şeyi ifade etmek için çeşitli imgeler kullanılmaya çalışılması temsil kavramının varlığının gerekliliği konusunda ilk örneklerden sayılabilir.

Temsil zihinde oluşan imgeyi aktarmak için kullanılan her türlü araç ve yöntemlerdir. Mimari temsiller ise mimarlığın yapıtlarını betimleyen ve kuramsal birikimini aktarmak adına mimarlığın anlamsal varlığını indirgeyen ya da sıkıştıran temsil etme ifadeleridir (Kıyıcı, 2016).

Mimari temsiller, mimari fikirlerin dışlaştırılmasını sağlayan araçlardır. Mimari temsiller zihindeki düzenler ve onun başkalarına aktarılabilir hale gelmesine yardımcı olur, mimarların ya da tasarımcıların, fikirlerini zihinleri dışında başka bir ortamda görebilmelerini, deneyimleyebilmelerini ve sunabilmelerini sağlarlar (Sönmez, 2007). Mimari temsil, tasarımcılara ve halka mimari tasarımların ve mimari eserlerin önceden belirlenmiş hedeflere göre test edilebileceği, doğrulanabileceği ve değerlendirilebileceği bir yol sunar. Mimari temsil, mimari amaçlara yanıt olarak ve mimari kriterlere göre, diğer alanlarda, seçici veya bütünleşik olarak geliştirilen çeşitli araçları kullanabilir (Maller, 2003).

Geleneksel tasarımda mimari tasarım ürününün temsili için mimari ürün imal edilmeden önce mimari teknik kurallar göz önüne alınarak iki

boyutlu plan, kesit, görünüş çizimleri; malzemesi, boyutları ve iç mekân ilişkilerini yansıtan gerçek mekân algısına yaklaşmak için perspektif çizimleri; mimari ürünün belirli ölçeklerde küçültülmüş biçimini ifade etmek için maket gibi araç ve yöntemlere başvurulmaktadır (Yıldırım ve ark., 2010). Temsil farklı dönemlerde farklı araçlar kullanılarak ifade edilmiş, günümüzde ise bilgisayar destekli tasarım yöntemleri sayesinde mimari tasarım ürününün temsiline yeni bir döneme geçilmiştir. Yeni teknolojilerle birlikte temsil mimaride mekânı veya yapıyı tasarlamada sayısal tasarım süreçlerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

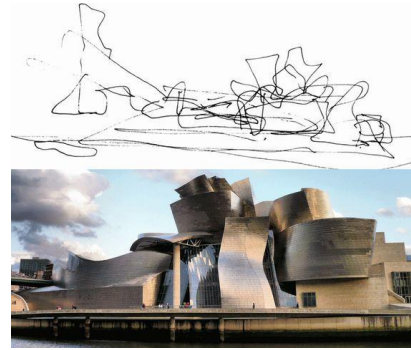
3.SAYISAL TEKNOLOJİLERİN GETİRDİĞİ TEMSİL ORTAMI

Mimari tasarım ürünü sadece geleneksel yollarla temsil edilebilirken sayısal teknolojilerin gelişimiyle temsil farklı anlamlar kazanmaya başladı. Sayısal teknolojilerin getirdiği temsil ortamı tasarımcılara çeşitli avantajlar sağlamanın yanı sıra mimari ürünün her zaman için bir sonuç ürün olması gerektiği fikrini ortadan kaldırmaktadır. Mimarlık sadece içinde yaşanabilir, mekânın fiziksel olarak deneyimlenebildiği somut şeyler yaratmamaktadır. Mimari tasarım ürünü aynı zamanda sanal olarak algılanabilir ve deneyimlenebilir ürünler ortaya koymaktadır. Mimari ürün ortaya koyulurken ise temel tasarım ilkeleri göz önünde bulundurulurken yeni sayısal tabanlı programlar kullanılmaktadır.

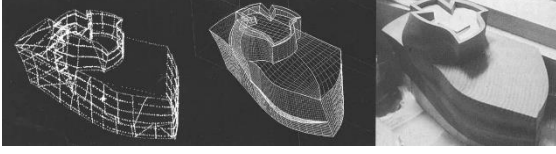
Geleneksel tasarımda tasarımın temel ilkeleri olarak tümden gelim ve tüme varım yöntemleri kabul edilebilir. Bütünden parçaya ya da parçadan bütüne olarak açıklanabilen bu yöntemler ayrı olarak avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Ünügür Bina Tasarımının Temel İlkeleri adlı kitabında geleneksel mimari tasarımda tümden gelim ya da tüme varım yöntemlerinden birisinin seçilerek tasarım yapılabileceğinden; fakat seçilen her iki yöntem için de belirli avantajların yanı sıra dezavantajlarında olduğundan bahseder (Ünügür, 1989). Sayısal tasarım yöntemlerinden bahsederken ise geleneksel yöntemler olarak ifade edilebilen tümden gelim ve tüme varım yöntemlerinin avantajları göz önünde bulundurulurken dezavantajlarının ise göz ardı edildiği söylenebilir. Tüme varımda tasarımcının tekilden tüme; parçadan bütüne doğru ekleyerek, toplayarak, mafsallandırarak, deneme-yanılma yordamı ile karmaşık bir tümel formu araması olarak açıkladığı tasarım yöntemi sayısal tabanlı ortamlarda yapılan tasarımın araçlarının sahip olduğu bir avantajdır. Diğer yandan ise tümden gelimde sistematik çözümlerle bina bileşeni açısından tümel formun test edilebilir olması konusu sayısal teknolojilerle sahip olunabilen olumlu yönlerden birisidir. Aynı zamanda geleneksel tasarımda

tümünden gelim ve tüme varım yöntemlerinin neden olabileceği; gelişme, yayılma, esneklik özgürlüğü tanınaması, kendi biçimini bulma olanaksızlığı ve ya tasarımcının parçaları bir araya getirmekte zorlanması gibi durumlar iki boyutta söz konusu iken sayısal teknolojilerle ifade edildiğinde bu durumları ortadan kaldırır. Sayısal tabanlı teknolojilerin getirdiği temsil ortamı, tasarımda biçim bulma konusunda daha serbest olmayı da sağlamaktadır.

Frank Gehry'nin Bilbao'daki Guggenheim yapısı örneği ile bina tasarımının temel ilkelerinde bahsedilen geleneksel tasarımdaki tüme varım ve tümünden gelim yaklaşımlarının dezavantajlarının nasıl sayısal tasarımda göz ardı edilebileceği durumu örneklendirilebilir. Gehry'nin tasarımında parçadan bütüne giden bir ana form arayışı vardır; bunu gerçekleştirmek için ise CATIA adı verilen bir 3 boyutlu tasarım programını kullanarak, matematiksel hesaplar sonucunda yüzeyleri oluşturmuştur. Gehry, bilgisayar tarafından inşa edilmiş eğrisel doğrusallık, benzersiz parçalar, serbest form kompozisyonları, sayısal analiz ve küresel olarak dağıtılan CAD / CAM üretimi için yeni ve güçlü bir mimari dil yaratmıştır (Groenendijk, 2019). Gehry, tasarımını ilk aşamada kâğıt üzerinde ifade etmiş; ancak yapının inşaatının nasıl gerçekleştirilebileceğini öngörememiştir. Sayısal tasarım aracı kullanmaksızın yapının fiziksel hale gelmesi zor iken; kullandığı tasarım programı sayesinde önce parçaları oluşturmuş, daha sonra ise bütünü hayata geçirebilmiştir. Sayısal tasarım aracını kullanması, tasarımcıya hayal ettiği biçimi temsil etmesi konusunda geleneksel tasarımdan farklı olarak özgürlük sağlamıştır. Şekil 1'de Gehry'nin Guggenheim binasını tasarlarken çizdiği bir eskiz yer alırken altındaki görselde konvansiyonel yollar ile inşaat aşamasına geçemediği eskizin sayısal teknolojiler ile hayata geçmiş, fiziki hali yer almaktadır. Şekil 2'de ise hayal edilenini fiziki hale dönüşmeden önce kullanılan sayısal araçlar ile parçadan bütüne giden modelleme yaklaşımı ifade edilmektedir.



Şekil 1. Gehry'nin eskizden fiziki modele tasarımının dönüşümü (Kaynak: Url-1)



Şekil 2. Nokta bulutundan modele, fiziksel modelin sayısal çoğalmasına (Kolarevic, 2003)

Gehry'nin Guggenheim örneği, bilgisayar destekli tasarıma dayanan ilk örnekler arasında sayılabilir. Bilgisayar destekli mimari tasarım (Computer Aided Architectural Design - CAAD) birçok farklı yazılım programına ve platformuna dayanır. 1990'lı yıllardan başlayarak, modele dayalı tasarım prosedürleri ve BIM, mimari tasarımda bir paradigma değişimi yaratmıştır ve hesaplama tasarımını 2B taslak çizimden 3B model tabanlı bir tasarım sürecine dönüştürmüştür. Ayrıca, enerji verimliliği, yüksek performanslı tasarım, yapısal optimizasyon ve bina bilimine artan ilgi, tasarım karar vermesine yardımcı olmak için modelleme ve simülasyon yazılım programlarının daha geniş kullanılabilirliği ve geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır (Aksamija, 2016).

Sayısal tasarım araçları kullanılarak elde edilen temsillerin mimari ürünün kendisini ifade etmede geleneksel yöntemlere göre daha ifadesi güçlü sonuçlar yarattığı bahsedilen araçlar ile mümkün hale gelmektedir. Mimari tasarım ürününün kendisi ile temsili arasındaki ilişki düşünülünce, sayısal tasarım araçları kullanılarak oluşturulan temsiller, Gehry örneğinde olduğu gibi, hayal edilene daha yakın olmaktadır.

Sayısal tasarımın mimarlık pratiğindeki 1990'lı yıllarda başlayan kuramsal söylemi gün geçtikçe önemli bir konu olmuş; tasarım ve mimari üzerindeki önemli etkilerden biri haline gelmiştir. Tasarım teorisinin evrimsel gelişimi bugün sayısal tasarımı benzersiz derecede önemli sonuçlar üretebilen, metodolojik olarak eşsiz bir tasarım biçimi olarak ayırt etmeyi sağlamış ve sayısal tasarımın özgün içeriğini tanımlanmıştır (Oxman, 2005).

3.1. Tasarım Bilgisinin Görselleştirilmesi

Mimarlıkta görselleştirme yerini başka bir yöntemin alamayacağı, tasarım bilgisinin aktarımı için zorunlu bir eylemdir. Görselleştirme, tasarımcıya ürünü gerçekleştirmeden görme, deneyimleme ve anlama imkânı sunmaktadır. Mimari tasarım görselleştirilmesinde kullanılan ifade teknikleri geleneksel ve sayısal tabanlı yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Geleneksel ifade yöntemleri kağıt üzerinde iki boyutlu çizimler, üç boyutlu perspektif çizimleri ve üç boyutlu modeller yani maket iken

sayısal ifade teknikleri daha çeşitli olabilmektedir (Yıldırım ve ark., 2010).

Tasarım bilgisinin görselleştirilmesi başlığı altında tasarımın temsilini ifade eder. Bu ifadeyi ortaya koyarken kullanılan yöntemler bir bilgisayar yazılımı kullanılarak ifade edilebileceği gibi zihindeki tasarım bilgisinin kâğıt üzerinde ifadesi yerine bilgisayar programları ile iki boyutlu ve ya üç boyutlu olarak çizilebilir ya da modellenenir. Bu da tasarım bilgisinin görsel bir ifadesini yani temsilini ortaya çıkarır.

3.2. Sayısal Tasarım Teknolojileri

Sayısal tasarım ya da dijital tasarım kavramının mimarlık literatürüne girmesiyle mimari tasarım ürününün temsilinde kullanılan araç ve yöntemler de farklılaşmaktadır. Sayısal teknolojilerle tasarım ürününün görselleştirme ve modellenmesinde çeşitli uygulamalar kullanılmaktadır. Kullanılan uygulamalar ilk olarak tasarım fikrini ifade etmek için kullanılır, yani tasarım bilgisini iki boyutta çizim veya eskizlerle sunar. Diğer aşamalarda ise tasarım ürününün üç boyutta algılanması için modellemeye başvurulur ve gerçekçi hale getirir. Oluşturulan temsil aynı zamanda kâğıt üzerinde veya zihinde canlandırılmayan olasılıkları görerek, sonucun daha sağlıklı hale gelmesine yardımcı olur.

Temsil için yaygın olarak kullanılan uygulamaların sınıflandırması yapılabilir. Bu sınıflandırma bilgisayar destekli tasarım ve 3B modelleme, bina bilgi modellemesi, görselleştirme, parametrik tasarım ve üretim, simülasyon araçları başlıkları altında Tablo 1'de toplanmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve 3B modelleme uygulamaları, modelleme ve tasarımın görselleştirilmesi için kullanılır. Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) uygulamaları, model bazlı tasarım ve yapım için kullanılır. Render için görselleştirme uygulamaları kullanılırken, parametrik tasarım yetenekleri için parametrik tasarımlı form oluşturma kullanılır. Hem görselleştirme motorları hem de bazı parametrik araçlar birlikte çalışabilir ve 3B modelleme uygulamaları tarafından kullanılır (örneğin, Grasshopper Rhino3D için bir eklentidir ve V-Ray, Rhino3D için bir oluşturma motoru olarak kullanılabilir). Simülasyon uygulamaları farklı türler için kullanılır; performans analizi, yapısal analiz (SAP2000), enerji modelleme (EnergyPlus ". Questo IDA ICE, IES vb.), gün ışığı simülasyonları (DAYSIM ve Radiance) ve termal analiz (THERM ve WUFO) vb. Tüm bilgisayar destekli mimari tasarım (Computer Aided Architectural Design - CAAD) ve bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design - CAD) sistemleri bir nesnenin geometrik ve diğer özelliklerine sahip veritabanı, görsel temsilleri değiştirmek için grafik kullanıcı ara

yüzlerine sahiptir ve tümü, tasarımları standart ve standart olmayan bileşenlerden oluşturmak veya analiz etmek için kullanılır. Bilgisayar destekli mimari tasarım (Computer Aided Architectural Design - CAAD) ve bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design - CAD) sistemleri arasında iki fark vardır; bilgisayar destekli mimari tasarım (Computer Aided Architectural Design - CAAD) sistemleri, yapı parçaları ve inşaat bilgisine ilişkin açık bir nesne veri tabanına sahiptir ve mimari nesnelerin oluşturulmasını açıkça desteklerler. Komut dosyası oluşturma teknikleri, nesnelerin geleneksel olmayan bir şekilde değiştirilmesine izin verir; çünkü kullanıcılar, nesnelerin model tabanlı görünümünü doğrudan değiştirmeden, programlama kullanarak özelliklerini değiştirebilir. Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) sistemleri, yaşam döngüsünü oluşturan bina verilerini oluşturma ve yönetme sürecidir ve bina tasarımı ve inşaatı için 3B, gerçek zamanlı, dinamik modelleme yazılımı uygulamalarının kullanımına dayanır. Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) sistemi geometriyi, mekânsal ilişkileri, yapı bileşenlerinin özelliklerini ve miktarlarını içerir. Bina ve dozaj bilgilerinin sayısal bir formatta değiş tokuşunun yanı sıra, bina sürecinin sayısal temsillerine de izin verir. Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) uygulamalarında parametrik modelleme, parametrik nesnelere programlayarak veya komut dosyası oluşturarak gerçekleştirilebilir. Örneğin, Geometrik Tanımlayıcı Dil (Geometric Descriptive Language - GDL), ArchiCAD ve Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) yazılımında kullanılır ve nesnelere bu programlama dili kullanılarak tanımlanır. Kullanıcılar, Geometrik Tanımlayıcı Dil (Geometric Descriptive Language - GDL) aracılığıyla parametreleri değiştirerek nesnelerin özelliklerini değiştirme yeteneğine sahiptir. Dynamo, Bina bilgi modelleme (Building Information Modelling - BIM) öğelerinin parametrik kontrolüne ve algoritmik düzenlemesine izin veren bir Revit eklentisidir (Aksamija, 2016).

Bilgisayar Destekli Tasarım ve 3B Modelleme	Bina Bilgi Modellemesi	Görselleştirme	Parametrik Tasarım ve Üretim	Simülasyon Araçları
Allplan	ArchiCAD	Atlantis	CATIA	bSol
AutoCAD	Digital Project	Flamingo	Dynamo	DAYSIM
Blender	Microstation		Generative Components	DesignBuilder
Bricscad	Revit	LightWave	Grasshopper	Ecotect
Caddie	Vectorworks	LuxRender	Maya	ENERGIPlanner
CINEMA 4D		Maxwell Render	SolidWorks	eQuest
DDS-CAD		mental ray	3ds Max	EnergyPlus
form Z		POV-Ray		IDA ICE
Google SketchUp		RenderMan		IES VE
Houdini		RenderWorks		SAP200
IntelliPlus Architecturals		VRenderZone		Radiance
Rhinoceros 3D		V-Ray		THERM
Spirit		YafaRay		WUFI

Tablo 1. Bilgisayar destekli mimari tasarım yazılımları ve kategorileri (Aksamija, 2016)

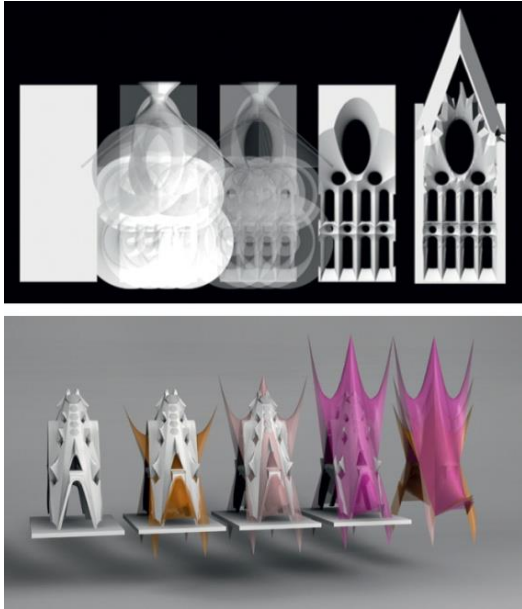
Sayısal modelleme ve animasyon programlarının kullanılması, mimaride geleneksel yollarla tasarlanamayan formların üretilmesine olanak sağlamaktadır. Sayısal teknolojiler ile yeni biçimler, karmaşık formlar üretmek mümkün hale geldi. Başlıca kullanılan tasarım yöntemleri içinde parametrik tasarım, algoritmik tasarım, uzman sistemler gibi daha pek çok araç yer almaktadır.

Sayısal tabanlı teknolojiler ile mimari tasarım ürününün nasıl şekillenebileceği ve nasıl kullanıldığı üzerine en çok kullanılan yöntemler arasında parametrik ve algoritmik tasarım yöntemleri yer almaktadır.

Parametrik tasarım, formun değil belli bir tasarımın parametreleridir. Parametrelere farklı değerler atanarak farklı nesnelere veya konfigürasyonlar yaratılabilir. Nesnelere arasındaki ilişkileri tanımlamak için denklemler kullanılabilir; böylece ilişkisel bir geometri tanımlanabilir. Parametrik tasarım genellikle geometrinin işlemsel, algoritmik bir tanımını gerektirir. Bu algoritmik değişkenler de matematik yazılımı kullanarak sayısız değişken tarafından sınırlandırılan matematiksel modelleri içerir. Parametrik tasarım, sabit çözümlerin reddedilmesini ve sonsuz değişkenlikte potansiyellerin araştırılmasını gerektirir. Parametrik tasarım yöntemiyle oluşturulan tasarım ürünleri sayısız modelin oluşmasını ve öngörülemezliğin kontrol altında tutulmasını sağlar (Kolarevic, 2003).

Gaudi'nin Sagrada Família tasarımı, mimari tasarım ürününün şekillenmesi sürecinin parametrik tasarım üzerinde bir örneği olarak gösterilebilir. Bu örnekte sayısal tasarım, biçimsel sürecin mimari düşünce ile

etkileşimini açıklayabilir. Sagra da Familia örneği de Gehry örneğindeki gibi mimarın başta kâğıt üzerinde tasarladığı, yapımına başlanan; ancak hala tamamlanamamış bir yapıdır. Mimarın ölümünden sonra Burry, Grifoll ve Serrano, Sagrada Familia Kilisesi'nin unsurlarını sayısal temsil ortamında incelemiştir. Sayısal tasarım yönünden dolayı, Burry, Grifoll ve Serrano kitaplarında Sagrada Familia Kilisesi'nin bazı yapı ve tasarım öğelerini (sütunlar, pencereler, kubbeler, ana nefin çatısı, kutsallar ve kuleler gibi) el yapımı tasarımla birlikte sayısal tasarım ve fabrikasyon yaklaşımı ile vurgulamaktadır. Bu süreçler, el ile gerçekleştirildiği zamana kıyasla temsilin odağını değiştirir. Süreci programlarken, nesnelerin ve bunun gibi mimari öğelerin modellenmesi sürecin etkinliğini artırır, ancak soyutlama ve yorumlama düzeyini azaltır (Makert ve ark., 2016). Şekil 3'de form oluşturma sürecinin kombinasyonları verilmiştir.



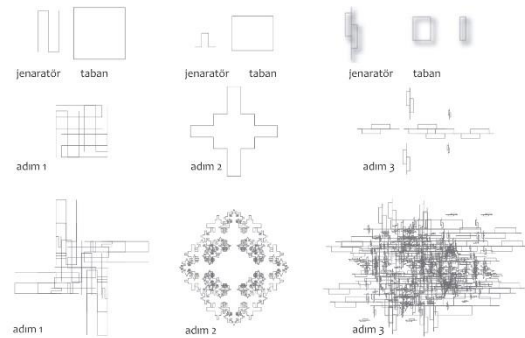
Şekil 3. Sagrada Familia Kilisesi'nde form oluşturma süreci için doğru değer kombinasyonunu bulma işlemi (Burry ve ark. 2008; Makert ve ark., 2016)

Sayısal süreç, durumları test etmek ve değerlendirmek için daha kolay ve daha hızlı olma eğilimindedir; belki de en büyük avantaj, analiz, değerlendirme ve tasarımdaki doğrudan uygulaması ile göreceli değişim kolaylığı arasındaki eşzamanlı etkileşimdir. Prototip oluşturma ve sayısal üretim olanakları ile ilişkili sayısal tasarım süreçleri, üretilecek projenin bir işareti olarak, mimari tasarımı geliştirmek için sürekli inşaat kontrol edilen inşaat yöntemlerinin geliştirilmesine izin verir. Yukarıda bahsi geçen Sagrada Familia örneği sayısal araçları benimseyen ilk projelerden birisidir ve sayısal çağ, neyin tasarlanabileceği ve neyin inşa edilebileceği

arasında doğrudan bir bağlantı yaratmıştır (Burry ve ark., 2008; Makert ve ark., 2016).

Parametrik tasarım yaklaşımından farklı olarak algoritma, bir sorunu sonsuz sayıda adımda ele alma işlemidir. Bilinen bir sorunu çözmek için stratejik planın ya da kısmen bilinen bir sorunun olası çözümlerine yönelik bir stok araştırmasının eklemidir. Bunu yaparken, bir dizi sonlu, tutarlı ve rasyonel adım aracılığıyla problemin kodlanması görevi görür. Çoğu algoritma bir soruna yönelik belirli bir çözüm düşünülerek tasarlanırken, çözümün bilinmeyen, belirsiz veya kötü tanımlanmış olduğu bazı sorunlar vardır. Daha sonraki durumda algoritmalar, potansiyel çözümlere yol açabilecek olası yolları keşfetmek için bir araç haline gelir. Algoritmik tasarım, geleneksel yöntemlerden farklı olarak, tasarım problemine sayısal ortamlarda çözüm üretme özelliği ön plana çıkar. Algoritmik tasarım, sistematik ve matematiksel doğrulara sahip olması nedeni ile mimari tasarım ürününe çeşitli çözüm önerileri sunabilmektedir; dolayısıyla temsillerin çeşitlenmesinde etkili olmaktadır (Çolakoğlu ve ark., 2007).

Algoritmik tasarım konusu çoğunlukla fraktal kavramı üzerinden örneklendirilebilir; çünkü fraktallar, fraktal boyut olarak adlandırılan bir matematiksel parametredir. Fraktal, tipik olarak özyinelemeli veya yinelemeli bir işlemde yinelenen bir desen tarafından oluşturulan geometrik bir nesnedir. Genellikle, sonuç şekli, her biri orijinal şekle benzer olan parçalara ayrılabilir. Fraktal bir süreçte en az iki şekil vardır: bir taban ve bir jeneratör. Her yinelemede, jeneratör taban şeklinin her parçasının yerini alır. Teorik olarak bu süreç sonsuza kadar devam eder. Fraktal oluşturma algoritması, iki nokta arasındaki bir şekle uyan temel bir prosedürden oluşur. Takma işlemi, jeneratörün iki nokta arasına sığacak şekilde ölçeklendirilmesini, döndürülmesini ve çevrilmesini içerir.



Şekil 4. Çeşitli fraktallar (Harvard Üniversitesi'nde Kostas Terzidis tarafından öğretilen GSD2311 dersi

için K. Hopkins tarafından yapılan sınıf projesi)
(Terzidis, 2006)

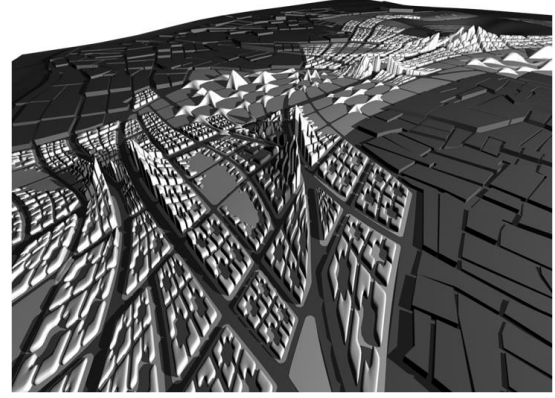
Şekil 4’de farklı jenaratörlerin oluşturabileceği fraktal örnekleri yer almaktadır. Bu algoritma mantığı yer değiştirme koşulları çeşitli mimari şartları karşılayacak kadar karmaşık koşullar olabilir (örn. kamusal alan, güneşe maruz kalma, imar zarfı, vb.) (Terzidis, 2006).

Hesaplamalı tasarım adı altındaki parametrik ve algoritmik tasarım başlıklarının bugün kabul gören modern mimari akımının bir parçası mı yoksa yeni bir çağın başlangıcı mı olduğu sorusu ise çalışma kapsamında tartışılabilir bir diğer konudur. Bahsedilen sayısal tasarım yöntemleri ile konvansiyonel tasarımdan farklı olarak tasarımcının yerinin ne olduğuna ve mevcut mimarlık akımlarından ayrılan yönlerinin tanımlanması, mimari tasarım ürününün dönüşümünün ifadesinde açıklanabilecek maddelerden birisidir.

Parametrik tasarım, sayısal tasarımın bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve tasarım süreçleri, tasarım araçları, yapım teknikleri bağlamında mimariyi değiştirmektedir. Bu değişim dönemi Modernizmin oluşumuna benzetilebilir. O günlerde çok yoğun bir teknolojik gelişme ve mekanizasyon süreci mimariyi etkilemiş ve bu değişiklikler mimariyi Modernizm olarak yansıtmıştır. Bugün ise sayısal tasarım mimariyi etkiliyor ve değiştiriyor. Bu süreç sonucunda yeni bir mimari üslubun ortaya çıkabileceği öngörülmektedir (Oktan ve ark., 2017).

Patrik Schumacher ise yayınladığı Parametrisizm manifestosu ile bu dönemin Modernizmden sonraki en büyük yeni stil olduğunu vurgulamıştır. Parametrikcilik, son avangart mimaride yeni bir tarzın ifade edilmesini haklı çıkaran küresel bir yaklaşımdır. Tarz, dijital animasyon tekniklerine dayanmaktadır. En son iyileştirmeleri, gelişmiş parametrik tasarım sistemlerine ve komut dosyası oluşturma tekniklerine dayanmaktadır. Bu yeni tarz, nihayet modernizm krizinin doğurduğu ve Postmodernizm, Dekonstrüktivizm ve Minimalizm gibi bir dizi kısa ömürlü dönemle işaretlenen belirsiz geçiş dönemini kapatmaktadır. Parametrikcilik, modernizmden sonraki harika yeni stildir. Yeni stil, mimari ve iç tasarımdan büyük ölçekli kentsel tasarıma kadar tüm ölçeklerde geçerli olduğunu iddia etmektedir. Projenin ölçeği ne kadar büyükse, parametrisizmin programatik karmaşıklığı ifade etme konusundaki üstün kapasitesi o kadar belirgindir. Parametrikliğin şehirci potansiyeli ise Parametrik Şehircilik ve Zaha Hadid Mimarlık’ın bir dizi yarışma kazanan ana planıyla kanıtlanmıştır. Şekil 5 kazanan projeye ait kent planını göstermektedir. Projede kentsel doku hem çapraz kulelerden hem de çevre bloklarından oluşur. Resim, çevre blok tipinin morfolojik aralığını

göstermektedir. Bloklar, ikincil, yaya yolu sistemine izin veren dört bölüme ayrılmıştır. Belirli ağ geçiş noktalarında, blok sistemi kule sistemine asimile edilir: her blok, bir ağ geçiş noktası etrafında bir sözde kule oluşturmak için kadranslardan birine sponsor olur (Schumacher, 2008).



Şekil 5. Zaha Hadid Mimarlık, Kartal-Pendik Masterplan, İstanbul, Türkiye, 2006 (Schumacher, 2008)

Parametrik tasarım; tasarım süreçleri, yaklaşımları, araçları, üretim biçimleri ve form-mekân ilişkileri gibi temel konularda mimarlığın kendini yeniden tanımlamasına yol açmaktadır (Schmitt,1997).

Temsil tasarımcının sonuç ürünü tasarlamaya çalışmasının dışında belirli tasarım bilgilerinin işlenerek ortaya çıkartılabilecek, ifade edilebilecek bir ürün dahi olabilmektedir. Sayısal tasarım araçları arasında sayılabilecek uzman sistemler veya yapay zekâ tasarımcıların temsil aracı olarak kullandığı bir diğer yöntemdir. Tasarım bilgisi, düşüncesi veya tasarım sürecindeki zihinsel davranışlar çeşitli bilgi işleme modellerine göre sistematize edilmeye çalışılmakta ve tasarım bir bilgi işleme süreci olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda Tokyo’daki İdibashi Metro İstasyonu tasarımı örnek verilebilir. İdibashi Metro istasyonu projesi, yeraltına inen sirkülasyon alanı, bekleme alanları ve yer üstündeki soğutma-havalandırma tesisatlarını içeren havalandırma kulesinin tasarımını içerir. Metro hatlarının açılmasına uyma gibi teknik verilere ve mekansal ihtiyaçlara cevap verebilecek çözümlerin üretilmesi için bilgisayarın alternatifler üreteceği bir sistem oluşturulmuştur. Hedef, tasarım parametreleri ve parametreler arası ilişkileri belirlenerek formüle edilen probleme, bilgisayarın çözümler üretmesi ve üretilen çözümlerin değerlendirilmesidir; çözümler iyi kötü olarak değerlendirilip bilgisayara bu değerlendirmeler girildiğinde bilgisayar artık bu parametreleri de dikkate alan, iyi olan çözümlere uygun yeni alternatifler üretmeye başlar. Bir anlamda program, yapay zekâ ile neyin iyi neyin

kötü olduğunu değerlendirmeye başlar (Akipek, 2004).

3.3. Sanal Ortam ve Mimari Tasarım

Mimarlığın içinde yaşanılabilir, fiziksel olarak görülebilecek tasarım ürünleri yaratmak olarak görülen algısı yıkılmaktadır. Mimari tasarım ürünleri artık farklı şekillerde deneyimlenebilir ürünlerdir. Sayısal teknolojiler ile birlikte sanal mekân ve siber uzay gibi kavramlar da mimarlığın literatürüne girmiştir. Sanal mekânlar, mimari tasarım ürünlerinin içine eklenebilen parçalar olabileceği gibi siber uzay kavramı ile fiziksel olandan bağımsız olarak da deneyim ortamları sunabilmektedir.

Sanal mimarlık, veri haritalama ve simülasyonu, sayısal biçimlendirme, bilgi mimarlığı ve sanal gerçeklik teorilerinin uyumları, yakınsamaları ile gelişen bir disiplindir. Sayısal teknolojiler ile birlikte; uzayın algılanmasındaki değişim mimarlık pratiğini ve mekânları algılamasını da etkilemiştir. Temsil kavramı da sayısal tasarım ile farklı anlamlar kazanmış, görsel ifade işlevi dışında veriler arası bilgi eşlemi işlemine de sahip olmuştur (Ünkap, 2006).

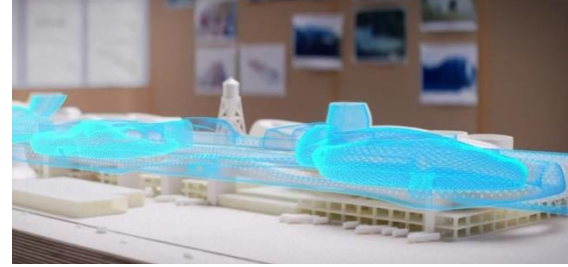
3.4. Mimari Tasarımda Sanal Gerçeklik (Virtual Reality – VR) ve Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality – AR) Teknolojileri

Sanal gerçeklik (SG) ve artırılmış gerçeklik (AG) kavramları, bugün savunma sanayisinden, eğitim simülatörlerine, eğlenceden, mobil akıllı cihaz uygulamalarına kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

Sanal gerçeklik (SG) ve arttırılmış gerçeklik(AG) kavramları birbiriyle ilişkilidir ve birlikte düşünülmelidir. Bir sanal gerçeklik (SG) ortamının yaygın olarak tutulan görüşü, katılımcı-gözlemcinin tamamen sentetik bir dünyaya daldırıldığı, gerçek bir dünya ortamının özelliklerini mevcut veya kurgusal olarak taklit edebilecek veya taklit edemeyecek; ancak yerçekimi, zaman ve malzeme özelliklerine ilişkin fiziksel yasaların artık sahip olmadığı bir dünya yaratmaktır. Arttırılmış Gerçeklik ise simüle edilmiş ipuçlarıyla operatöre doğal geri bildirim artırılması olarak tanımlanabilir (Milgram ve ark., 1994).

Sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik teknolojileri mimari tasarım ürünlerinin temsilinde kullanılan araçlar arasında yer almaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmiş bir tasarım olarak Greg Lynn'in Packard fabrikası örneği verilebilir. Greg Lynn'in 2016 Venedik Bienali sergisi için, sanal gerçeklik teknolojisini ve

Microsoft HoloLens'i kullanarak, Detroit'deki terk edilmiş otomobil fabrikası olan Packard fabrikasını yeniden tasarlaması bu konu için örnek gösterilebilir. Microsoft HoloLens ve Trimble teknolojilerini kullanan Lynn, 3D modellerini gerçek dünyaya yerleştirilen hologramlar olarak deneyimledi (Şekil 5).



Şekil 5. Greg Lynn, HoloLens teknolojisi ile araba fabrikasını yeniden canlandırması (Kaynak: Url-2)

3.5. Mimari Tasarımda Mobil Uygulama Teknolojileri

Mobil uygulamalar, akıllı telefon, tablet bilgisayar ve akıllı saat gibi mobil cihazlarda çalışması için hazırlanmış uygulama yazılımlarıdır. Birçok günlük ihtiyaç ve alışkanlığın aracı haline dönüşen mobil uygulamalar, tasarımcılar için de önem taşımaktadır. Koordinasyon ve mobilizasyonun büyük önemi olan üretim süreçlerinde bilgisayarlar ihtiyaç duymadan işleri sürdürmenin kolay yollarını sunuyorlar. Tasarımcılar tarafından en çok kullanılan mobil uygulamalar; dwg formatındaki çizimleri mobil cihazlarda görüntüleme, düzenleme ve paylaşmayı sağlamak için kullanılan AutoCAD Mobile, çizim ve modelleme yapmak için ArchiCAD programını tercih eden tasarımcıların kullanımı için BIMx, SketchUp kullanan tasarımcılar için Trimble tarafından geliştirilmiş olan mobil uygulama SketchUp Viewer, saha raporlarını hazırlamak için ArchiSnapper, mobil cihazımızdan tüm formatlardaki üç boyutlu modelleri görüntülemeyi sağlayan bir uygulama Viewer, telefonun kamerasını kullanarak bulunan mekanda ihtiyaç duyulan ölçüleri almak için MagicPlan, bir arazide çalışmaya başladığında uygun yerleşimi bulmak için kullanılan uygulama ozPDA, gelişmiş çizim ve boyama araçları ile bir profesyonel gibi eskiz yapmayı sağlayan Sketchbook şeklinde çeşitlenebilir (Kaynak: URL 2)

Mobil uygulamalar mimari tasarım ürününün oluşturulmaya başlamasında kullanılan temsil araçları olabileceği gibi, sayısal teknolojiler kullanılarak oluşturulmuş mimari temsillerin görüntülenmesi, düzenlenmesi gibi konularda kullanılabilmektedir.

4. TEMSİLİN DÖNÜŞÜMÜ

Mimari tasarım ürünü sayısal tabanlı teknolojiler ile temsil edilmeye başladığında oluşan ürünler zihinde tasarlanamayan ürünlerin dönüşmüş halleri ile sonuçlanabilir. Kullanılan araç ve yöntemler geleneksel tasarımdan farklı olarak bir tasarım sürecinin sonucu olarak ortaya çıkmakta; bu durum başta öngörülemeyen formların analizler ve tasarım metotları sayesinde farklılaşması ve sürecin sonucu olarak dönüşümün yaşanmasını sağlamaktadır.

Kolarevic, dönüşümü sayısal morfogenez olarak tanımlamakta ve mimari tasarımda sayısal medyanın giderek görselleştirme için temsili bir araç olarak değil, formun türetilmesi ve dönüştürülmesi için üretken bir araç olarak kullanıldığını söylemektedir. Hesaplamalı tasarım, hesap temelli form oluşturma ve dönüşüm işlemleriyle yani sayısal morfogenez süreci ile tanımlanır (Kolarevic, 2003).

Geleneksel tasarımın yanı sıra sayısal tasarım diğer disiplinlerle bütünleşmiş çalışma imkânı sunmakta; böylece tasarım ürünü en başından itibaren üretim aşaması ile birlikte düşünülmektedir. Sayısal tasarım süreci, tasarımın üretime sorunsuz bir şekilde birleştirilmesini ifade eder. Sayısal üretim bir 3D modelleme yazılımından bilgisayar kontrollü bir makineye doğrudan veri aktarımını içerir. Hesaplamalı kavramlara dayalı sayısal tasarım ve üretim stratejileri kullanır. Bunlar, doğrudan 3D sayısal modellerden küçük ölçekli modellerin ve tam ölçekli bina bileşenlerinin üretilmesine izin verir (Oosterhuis, 2004). Sayısal üretim aynı zamanda, değişken, tekrarlayıcı olmayan tasarıma olanak tanır. Sayısal tasarım olanakları sayesinde zihindeki imgenin aktarımı daha başarılı sayılabileceği için oluşan ürünler de özgün ve üretime girdiğinde her zaman için daha uygulanabilir olmaktadır; ancak buradaki üretim ve uygulanabilirlik yalnızca yapısal olarak düşünülmemelidir. Sayısal üretim aynı zamanda animasyon mimarlığını ya da sanal üretim başlıklarını ifade edebilir.

Sayısal tasarım teknolojileri ile oluşturulan modeller aynı zamanda tasarım süreci içinde tasarım kararlarının verildiği ve biçimin araştırıldığı temsil araçları haline gelmiş, bu durum tasarımın her aşamasında mimarın sonuç ürünü görerek süreci değerlendirmesine ve dönüştürmesine olanak sağlamaktadır. Dönüşen kişisel süreç, fikir araştırmanın yeni yollarını ortaya çıkarmış, fizikselden sayısala, sayısaldan fiziksele iki ve üç boyutlu dönüşümler, sayısal teknolojiler sayesinde mümkün hale gelmiştir (Turan, 2011).

Mimari tasarım ürünü artık sadece sonuç ürünün, ortaya çıkarılmış veya uygulanmış olanı değildir. Mimarlık üzerine olan düşüncelerde gün geçtikçe

değişmekte; yeni düşünsel yaklaşımlar doğmaktadır. Tasarım ürününün kendisi kadar, ürün ortaya çıkıncaya kadar geçen süreç ve başvuru yöntemleri de önemli olmaya başlamıştır. Tanyeli de sonuç ürünün nasıl olması gerektiği üzerine değil, mimarlık eyleminin nasıl yürütüleceği üzerine düşünmek gerektiğinin öngörüldüğünden, mimarlık ürününü merkeze almak yerine, mimari eylemi, mimari pratikleri ve mimarın varlık alanının merkeze alan bir düşünce biçiminin gündeme geldiğinden bahsetmektedir (Tanyeli, 2017).

Bu süreç, daha kümülatif, aşamalı bir süreci gerektiren geleneksel yaklaşımlardan daha fazla tasarım üretimi, geliştirme ve imalat arasında daha fazla akışkanlık sağlamaktadır. Tasarım bilgisinden doğrudan bir şeyler yapma potansiyeli, tasarım disiplininin nihai ürüne kadar tüm süreci benzeri görülmemiş bir şekilde gerçekleştirmesine izin verdiği için tasarım disiplinlerinde bir dönüşüm yaratmıştır (Dunn, 2012). Bununla birlikte temsilin üretim aşamasında yaşadığı dönüşüm kadar aslında yeni düşüncel süreçle birlikte mimari ürünün nasıl olması gerektiği düşüncesi de dönüşmektedir. Mimari tasarım ürününün kendisi sayısal temsille oluştuğunda baştaki tasarım ürünündeki değişim aynı zamanda ona karşı olan bakış açısını da dönüştürmektedir.

5. SONUÇ

Mimari tasarım ürününün kendisi tasarımcının sahip olduğu tasarım bilgisi ile kâğıt üzerinde ortaya çıkardığı bir üretdir ifadesi geleneksel tasarımda söz konusu olduğunda yer alabilir. Ayrıca geleneksel tasarım ekolünden gelen tasarımcılar için bilgisayar araç ve yöntemlerinin tasarımcıdan rol çaldığı ve üretimde doğrudan etkilidir yargısı yer alabilmektedir. Bu çalışma kapsamında açıklanan bütün sayısal tasarım teknolojileri ile belirtilen yargının geçerliliğinin kalmadığının altı çizilmeye çalışılmıştır. Bilgisayarın tasarımdaki rolünün tasarımcıya yardımcı olduğu ve öngörülenin dışında çeşitli sonuçları doğurabileceği, bu sayede tasarım bilgisinin işlenerek genişletilmesinde kullanıldığı ifadesi ile yer değiştirmesi gerektiği göz önüne serilmeye çalışılmıştır.

Temsil kavramı, zihinde olan imgeyi yani henüz gerçekleşmemiş olanı çeşitli araç ve yöntemlerle ifade etmek olarak tanımlandı. Henüz rasyonel halde olmayan mimari tasarım ürünü; temel tasarım ilkelerine bağlı kalınarak somut hale getirilmeye çalışılmaktadır. Bu oluşum için geleneksel tasarım yöntemlerinin varlığı her zaman için söz konusu iken; 1990'lı yılların başlarından itibaren bilgisayar destekli tasarım araçları da tasarımın gerçekleşmesine olanak sağlamaktadır. Sayısal teknolojiler ile ilgili olarak bahsedilen parametrik

tasarım, algoritmik tasarım, uzman sistemler, sanal tasarım teknolojileri gibi pek çok kavram ise temsillerin oluşmasında geleneksel yollardan farklı olarak mimari tasarım ürününde dönüşümlere neden olmaktadır. Bu dönüşümlerle birlikte tasarım bilgisi üretim bilgisi ile iç içe girmiştir. Sayısal teknolojilerin yardımına başvuran mimarlar tasarımın gerektirdiklerine göre araçlar kullanmakta ve biçim bulma, analiz etme, performans testi, süreç stratejisi kurma gibi konularda yeni imkânlarla sahip olmaktadır.

Mimaride sayısal tasarım konusunun konvansiyonel yöntemlerden farklı olarak makine zekâsının ürünü olarak ortaya çıktığı düşüncesinin bir yanılığdan ibaret olduğu açıklanan tasarım araç ve yöntemleri sonucunda söylenebilmektedir. Sayısal tasarım, hesaplamalı tasarım yöntemleri sonucunda mimari tasarım ürünü insan ve makine zekâsının ortak ürünüdür ve sayısal araçlar tasarımcıya yardımcı rolündedir. Sayısal tasarım süreçleri, insan bilgisini genişletmek üzerinedir. Bilgisayar yazılımları bu süreçte tasarımcılara sahip oldukları tasarım bilgilerini keşfetme imkânı sunar.

Bilgisayarların ve gelişmiş modelleme yazılımının artarak çoğalması, mimarların ve öğrencilerin geleneksel yöntemlerle geliştirilmesi çok zor olan tasarımları tasarlamalarını ve inşa etmelerini sağlamıştır. Özellikle, parametrik sistemlerin ve karmaşık “biyolojik” organizasyonların üretilmesine ve araştırılmasına olanak tanıyan yeni hesaplamalı modelleme yazılımının ortaya çıkması, mimari tasarımcı için bütüncül tasarım üretimi ve ayrıntılı bileşen üretimi için yeni yollar sunmaktadır (Dunn, 2012). Sayısal temsil ortamının mimari tasarımda kullanılmaya başlamasıyla mimarlık kavramı üzerine olan düşünceler değişmeye başlamış, tasarımcıların ürünü oluşturma süreci ve tasarım ürününün üretimi kolaylaşmıştır.

Mimarlık farklı sanat dalları ile olan ilişkisinin yanı sıra bugün teknoloji ile de yakından ilişkili olmaya başladı ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte mimari tasarım sürecinde önemli roller üstlenmektedir. Bu gelişmeler mimarın aslında sadece mimar olarak nitelendirilmesinin dışında farklı alanlarda da çalışabileceği ortamı sunmaya ve yeni kavramlar ve tartışma başlıkları kazanmaya başlamıştır. Mimar sadece mimari tasarım ürününü geleneksel veya sayısal temsil ortamlarında ifade ederek; fiziksel hale dönüşmesini sağlayan kişi olarak görülmemelidir. Bahsedilen sayısal tasarım araçları sayesinde oluşturulan tasarımların ifadesi sayısal ortamlarda kalabilir, sanal ortamlarda sunulabilir. Örneğin oluşturulan bir parametrik veya algoritmik tasarım ürünü gerçeküstü özelliklere sahip olup oyun tasarımında kullanılabilir ya da oluşan gerçekçi ürün sadece düşünülen kavramın

ifadesi olarak sanal mekânlarda sunulabilir. Aynı zamanda bahsedilen sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri var olmuş, fiziksel bir yapının tekrar sanal olarak oluşturulmasında yardımcı araçlar olarak kullanılabilir. Bilişim teknolojileri tasarım ürününün kendisi ve temsili arasındaki ilişkiyi incelemede ve sorgulamada kullanılan sistemler olup, teknolojideki ilerlemelerle birlikte bilgisayar destekli tasarım ile ilgili düşünceler sürekli gelişmekte ve değişmektedir.

KAYNAKLAR

Akipek, Ö.F., 2004, Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları, İstanbul.

Aksamija, A., 2016, Integrating Innovation in Architecture, Design Methods and Technology for Progressive Practice and Research, Wiley.

Burry, M.; Grifoll, J. C., Serrano, J. G. (2008). Sagrada Família s. XXI Gaudí Ara / Ahora / Now. Edicions UPC, Barcelona

Makert, R., Gilfranco, A., 2016, Between Designer and Design: Parametric Design and Prototyping Considerations on Gaudí's Sagrada Familia, Periodica Polytechnica Architecture.

Çolakoğlu, B., Yazar, T., 2007, Mimarlık Eğitiminde Algoritma: Stüdyo Uygulamaları, YTÜ, İstanbul.

Dunn, N., 2012, Digital Fabrication in Architecture, Laurence King, London.

Groenendijk, R., 2019, The Digital Influence on Architecture, on how computer aided design and manufacturing technologies influenced architectural design, History Thesis.

Kıyıcı, G., 2016, Mimari Temsillerin Seyri ve Yönelimler: Mimarlığın Seyredeni Kimdir?, Algılama-Temsil-Tasarım ve Mimarlık dersi dönem sonu semineri, İTÜ, İstanbul.

Kolarevic, B., 2003, Architecture in Digital Age: Design and Manufacturing, Spon Press, New York.

Maller, A., 2003, Towards a Critical Architectural Representation, College of Architecture, University of Nebraska, Lincoln, NE 68588-0107, NE 62588-01, USA.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi A., Kishino F., 1994, Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, ATR Communication

Systems Research Laboratories/f2-2 Hikaridai,
Seika-cho, Soraku-gunKyoto 619-02, Japan.

Oktan, S., Vural, S., 2017, PARAMETRICISM: A
STYLEOR A METHOD?, ARCHTHEO '17 / XI.
THEORY AND HISTROY OF ARCHITECTURE
CONFERENCE,Karadeniz Technical University.

Oosterhuis, 2004, File to Factory in Real Time
Behavior in ONL-Architecture, Fabrication:
Examining the Digital Practice of Architecture,
Proceedings of the 23rd Annual Conference of the
Association for Computer Aided Design in
Architecture and the 2004 Conference of the AIA
Technology in Architectural Practice Knowledge
Community, Cambridge.

Oxman, R., 2005, Theory and Design in the First
Digital Age, Faculty of Architecture and Town
Planning Technion, Haifa 32000, Israel.
Platon, 2015, Timaios, Say Yayınları.

Schmitt, G., 1997, DESIGN MEDIUM - DESIGN
OBJECT, Architecture and CAAD, Swiss Federal
Institute of Technology Zurich.

Schumacher, P., 2008, Parametricism - A New
Global Style for Architecture and Urban Design,
AD Architectural Design - *Digital Cities*, Vol 79,
London.

Sönmez, E., 2007, Temsil Üzerinde Mimarlığa
Bakış, İTÜ, İstanbul.
Tanyeli, U., 2017, Yıkarak Yapmak, Biçimi Değil
Süreci Tasarlamak, Metis Yayınları.

Terzidis, K., 2006, Algorithmic Architecture,
Architectural Press, Burlington, MA 01803, USA.

Turan. B.O., 2011, 21. Yüzyıl Tasarım Ortamında
Süreç, Biçim ve Temsil İlişkisi, Megaron
2011;6(3):162-170, İstanbul.

Ünügür, S.M., (1989), Bina Tasarımının Temel
İlkeleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi,
İstanbul.

Ünkap, Ö., 2006, Sanal Mimarlık Stüdyosu
Uygulamaları Üzerine Bir Değerlendirme, İTÜ,
İstanbul

Yıldırım, T., Yavuz, A.Ö., İnan. N., 2010, Mimari
Tasarım Eğitiminde Geleneksel ve Dijital
Görselleştirme Teknolojilerinin Karşılaştırılması,
Bilişim Teknolojileri Dergisi, Sayı:3, Ankara.

İnternet Kaynakları:

URL 1:
<https://tr.pinterest.com/pin/357614026660583311/>
Erişim Tarihi: 29.03.2021

URL 2:
<https://www.designboom.com/architecture/venice-architecture-biennale-greg-lynn-packard-plant-us-pavilion-microsoft-hololens-05-28-2016/>
Erişim Tarihi: 14.01.2020

URL 3:
<http://auraistanbul.com/index.php/2018/12/21/mimarlar-ve-tasarimcilar-icin-mobil-uygulamalar/>
Erişim Tarihi: 05.02.2020

ETKİLEŞİMLİ SERGİLERDE DOKUNMATİK CİHAZLARIN GRAFİK ARAYÜZ TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Elif KURT* (ORCID: 0000-0003-2514-0993)

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: elifkurt94@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, müze ve sergilerde bilgi vermek amacı ile kullanılan dokunmatik ekranların arayüz tasarımında dikkat edilmesi gereken tasarım ilkelerini literatür taraması yöntemiyle ve mevcut müze arayüz ekranları üzerinden incelemek; ardından arayüz tasarımında önemli olduğu görülen tasarım ilkeleri doğrultusunda bir müze içeriği sunma arayüzü için tasarım önerisi geliştirmektir. Araştırmada, üç farklı müzede kullanılmakta olan dokunmatik cihazların arayüz örnekleri irdelenmiştir. Arayüz ekranı örneği olarak Tarsus Müzesi Osmanlı Dönemi Yapıları Dokunmatik Kiosk Ekranı, Kayseri Arkeoloji Müzesi Kaplar Bilgi Ekranı ve Okçuluk Müzesi Ok Atışı Bilgilendirme Ekranı kullanılmıştır. Yapılan literatür taramasına ve örneklerin incelenmesinden elde edilen bulgulara göre grafik arayüz geliştirmede dikkat edilmesi gereken temel ilkelerin renk, yerleşim düzeni ve yazı/sembol kullanımı olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında bu ilkelerle uyumlu olarak dokunmatik ekran arayüzü tasarımı geliştirilmiştir. Arayüz tasarımı yapılırken eserlerin sunumunda teknolojik imkanlardan yararlanılan, Troya Müzesi'nde bulunan "Polyksena Lahti" ve "Troya Savaşı" sergi içeriklerinden yararlanılmıştır. Söz konusu sergi bölümlerinin yazılı ve görsel olarak zengin içeriklere sahip olmaları, tasarım ilkelerinin kullanımının açık şekilde gösterilebilmesine olanak sağlamıştır. Araştırmada dokunmatik ekran arayüzünde kullanılan grafik tasarımın ve tasarım ilkelerinin doğru kullanılmasının önemi tartışılmaktadır. Bu çalışmada elde edilen çıktılar, çalışmanın sonraki adımında girdi olarak kullanılacaktır. Araştırma sonucunda ortaya çıkan bulgulardan ve belirlenen kriterlerden müze yönetimi, eğitim teknolojileri,

öğretim tasarımı alanlarında yapılan çalışmalarda yararlanılması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Etkileşimli Sergi, Kullanıcı Arayüzü, Kullanıcı Arayüzü Tasarımı, Dokunmatik Ekran

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the design principles that should be considered in the interface design of touch screens used to provide information in museums and exhibitions, through literature review and through existing museum interface screens; then, to develop a design proposal for a museum content presentation interface in line with design principles that seem to be important in interface design. In the research, interface examples of touch screens used in three different museums were examined. Tarsus Museum Ottoman Period Buildings Touchscreen Kiosk, Kayseri Archeology Museum Vessels Information Screen and Archery Museum Arrow Shooting Information Screen are used as examples of user interface. According to the findings obtained as a result of examining the samples and the literature review, the basic principles to be considered in graphic interface development are listed: color, layout and use of text / symbols. Within the scope of the "study, a touch screen user interface design was developed in accordance with these principles. While designing the interface, the contents of the "Polyksena Tomb" and the "Trojan War" exhibition in the Troy Museum, which benefited from technological opportunities. Selected exhibition sections have rich written and visual content enabled the use of design principles to be clearly demonstrated. In the research, the importance of graphic design and the correct use of design principles used in the touch screen interface is discussed.

* Elif KURT

The outputs obtained in this study will be used as input in the next step of the study. It is expected that the findings and criteria determined as a result of the research will be used in studies conducted in the fields of museum management, educational technologies, and instructional design.

Keywords: Interactive Exhibition, User Interface, User Interface Design, Touch Screen

1.GİRİŞ

Müzeler, kitleleri eğitmek amacı ile kurulan kültür kurumlarıdır (Marcus vd. 2012). Uluslararası Müzeler konseyi (ICOM) etik kodlarına göre müzeler, içerisinde sanat, bilim, teknik, tarih alanlarında halka açık koleksiyonları barındıran eğitim ve kültür merkezleridir. Müzeler bu işlevlerini gerçekleştirirken, yaşanan teknolojik ve toplumsal gelişmeleri de göz önünde bulundurarak, bilgiyi aktarma noktasında çağdaş eğitim kurumları haline gelmektedir (Karadeniz vd., 2015).

Gadsby (2011)'e göre ziyaretçiler müzelerde harcadıkları emek, para ve zaman karşılığında müzeden bilgi edinme beklentisi içine girmektedirler. Müze yönetimleri, müzelere daha fazla ziyaretçi çekmek amacıyla, ziyaretçilerin beklentilerini ve ziyaret deneyiminin niteliklerini araştırmaya yönelmektedir (Goulding, 2000). Goulding (2000)'e göre, müzelerin bilgilendirme işlevi yerine getirilirken, eğlenme de eğitim sürecinin bir parçası olmakta, müzeler bir eğit-eğlen (edutainment) mekânı haline gelmektedir.

Hedefleri bilgi aktarmak olan müzeler, gelişen bilgisayar teknolojileri ile birlikte günümüzde ziyaretçilerin de bilgi üretme sürecine dahil edildiği etkileşimli bir öğrenme imkânı sunmaktadır. Etkileşimli bir yolla bilgiye ulaşılması ziyaretçiye müze ziyaretinde aktif konuma getirmektedir (Güzelci, 2017). Belirli bir alanda didaktik olarak bilginin aktarıldığı sergilerde ziyaretçi aktif konumda tutmak ve bilginin oluşturulduğu ortama dahil etmek, ziyaretçiye karşılaştığı bilgiye farklı perspektiflerden de bakma imkânı sağlamaktadır.

Yapılan araştırmalarda, müzelerde teknolojinin gelişmesi ile birlikte kullanılmaya başlanan görsel iletişim tasarımı ürünleri sergilenen eserlere olan ilgiyi ve öğrenilirliği arttırmaktadır (Mercin, 2017). Etkileşimli sistemlerin kullanımının, temel olarak iki hedefi bulunmaktadır: Müzelere daha çok ziyaretçi çekmek ve bilgiyi daha etkin bir şekilde aktarmak (Zaharias vd., 2013). Bu nedenle geleneksel sergileme yöntemlerinin yaratıcı etkileşimli araçlarla desteklenmesi, müzeciler tarafından

deneyimi daha anlamlı hale getirmek için kullanılmaktadır (Güzelci, 2017).

Adams ve Moussouri (2002) tarafından İngiltere'deki müzelerde etkileşimli sergilerde yürütülen bir çalışmada, ziyaretçilerden etkileşimli müzelerdeki deneyimlerini geleneksel müzelerdeki deneyimleriyle karşılaştırarak anlatmaları istenmiştir. Örnek olay incelemeleri olarak üç müze ve sergi kullanılmıştır. Bunlar: Eureka! Halifax 'taki Çocuk Müzesi; York'taki Archaeological Resource Centre (ARC); ve the Xperiment! Manchester Bilim ve Endüstri Müzesi'ndeki galeridir. Bulguların karşılaştırılmasından, etkileşimli müzelerin geleneksel müzelere göre daha ufuk açıcı, düşünmeye ve kavramaya yönlendirici, eğlenceli, eğitici ve uzun vadede daha akılda kalıcı olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, etkileşimli sergilerde kullanılan dokunmatik cihazların arayüzleri sayesinde, müze ziyaretçileri aktif kullanıcılara dönüşmekte (Akçaoğlu ve Köse Doğan, 2020) ve bilgi edinmeleri kolaylaşmaktadır. Etkileşimin kurgusu ve tasarımının uygun tekniklerle yapılması ziyaretçi deneyimini pekiştirmektedir (Liu, 2013).

Ziyaretçilerin sergileme ile etkileşim içinde olması, dokunmatik kiosk, tablet, monitör vb araçlar ile sağlanabilmektedir. Bu cihazlarda, ziyaretçi ile buluşulan ortam ise cihazın dijital arayüzüdür. Arayüz tasarımının kullanıcıya sunduğu deneyimin niteliği, serginin amacına ulaşmasını sağlamak için doğrudan etkilidir. Kullanıcıya grafik arayüz aracılığı ile sunulan verilere gösterilen dikkat miktarı ve müze gezisi sonunda, sergi hakkında akılda kalan bilginin oranı arayüz tasarımının öğreticilikte ne derecede etkili ve başarılı olduğunu göstermektedir (Tuzcu, 2019).

Müzeler, insanların kültürel olarak ilgi çekici nesnelere görmeyi arzuladığı mekânlardır (Blair-Early ve Zender, 2008). Müzede öğreticiliğin ölçülmesi ilgi çekme ve ziyaretçileri tutma gücü (attracting power and holding power) ile ilişkilendirilir (Donald, 1991). Bu sebeple müze dokunmatik ekranlarında kullanılan arayüzlerin de estetik açıdan ziyaretçilerin dikkatini çekmesi gerekmektedir. Dikkat çekici bir arayüz ziyaretçi ile iletişim kurmayı kolaylaştırarak bilgi verme amacıyla kurgulanan serginin anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

Yapılan literatür taraması doğrultusunda, müze ortamında kullanılan etkileşimli materyallerin arayüz tasarımının ziyaretçilerin dikkatini çekmede, odaklanmada ve öğrenilebilirlikte etkili olduğu görülmektedir. Ancak müzede öğrenme sürecinde dokunmatik ekran arayüzünün önemine ve etkilerine değinen güncel bir çalışma görülmemiştir.

Müzelerde ziyaretçiler, dokunmatik cihazların arayüzü ile doğrudan etkileşim halinde olduğundan, arayüzün görsel tasarımı kullanılabilirliğe ve dolayısıyla öğrenilebilirliğe etki etmektedir. Bu sebeple arayüz tasarımının öğrenilebilirliği destekleyecek şekilde, belirli tasarım ilkeleri çerçevesinde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, müze ve sergi kurgusu sırasında yapılan arayüz tasarımında kullanılan ve öğrenilebilirliğe olumlu etkisi olan temel tasarım ilkelerinin belirlenmesidir. Çalışma için yapılan araştırmalarda özellikle tarih, arkeoloji, teknoloji gibi alanlarda bilimsel ve teknik bilgi sunan müzeler seçilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilecek bulgulardan, müze yönetimi, eğitim teknolojileri, öğretim tasarımı alanlarında yapılan çalışmalarda yararlanılması beklenmektedir.

2. YÖNTEM

Arayüz tasarımının öğrenme üzerindeki etkilerini irdeleyebilmek için literatür taraması yöntemi ile eğitsel arayüz ve eğitim amacıyla hazırlanmış çoklu ortam materyali tasarımında dikkat edilen temel tasarım ilkeleri araştırılmıştır. Bu araştırmada eğitsel arayüz tasarımında en sık göz önünde bulundurulmuş temel tasarım ölçütleri incelenmiş ve bu doğrultuda temel tasarım ilkeleri tanımlanmıştır. Söz konusu ilkelerin tasarım kararlarındaki rolü, mevcut müzelerde kullanılan dokunmatik ekran arayüzleri üzerinde incelenmiş ve bulgular tartışılmıştır. Elde edilen bulgular da göz önüne alınarak, belirlenen temel tasarım ilkeleri ile uyumlu olarak tasarlanan bir arayüz prototipi önerisi oluşturulmuştur. Geliştirilen arayüz prototipi ile mevcut örnek incelemelerinden elde edilen bulgular bağlamında, tasarım ilkelerinin geçerliliği tartışılmıştır.

Tasarım kararlarının öğrenilebilirliğe etkisini incelemek üzere tarih, teknoloji ve arkeoloji alanlarında didaktik olarak bilgi aktaran müzelerdeki sergi bölümleri seçilmiştir. Belirlenen temel tasarım ilkelerinin irdelenebilmesi için sergi bölümünün yazılı veya görsel olarak sunulan yoğun bir bilgi birikimi içermesine dikkat edilmiştir.

Geliştirilen arayüz prototipi önerisinde kullanılan içerikler Troya Müzesi'nde bulunan "Polyksena Lahti" ve "Troya Savaşı'ndan Sahneler" sergi bölümlerine aittir. Söz konusu sergilerin seçilmesinin sebebi, temel tasarım ilkelerinin kullanımının açık ve net şekilde görülmesine olanak sağlayacak şekilde geniş bilgi birikimi içeren yazılı ve görsel materyal bulundurmalarıdır.

3. ÖĞRENİLEBİLİRLİĞE ETKİSİ OLAN TASARIM İLKELERİ

Arayüzlerin öğrenme sürecini etkileyip etkilemediği sorusunun cevabını bulmak için yapılan araştırmaların sonuçlarına bakıldığında, eğitsel arayüze sahip yazılımların kullanılmasının motivasyonun ve öğrenme düzeyine olumlu etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır (Keller, 2010). Öğrenmeye yönelik motivasyon veya tutum da öğrenmenin önemli bir ölçütü olarak kabul edilmektedir (Donald, 1991).

Bilginin üretilmesinden paylaşılmasına kadar olan süreçte bilişsel araçlar kullanılmaktadır. Bu bağlamda problemlere çözüm bulunurken öğrenme bilimlerinden ve bilgisayar biliminden yararlanılmaktadır. (Keller ve Tergan, 2005).

Müzelerde etkileşimli arayüzün işlevsel olabilmesi için birtakım kriterler belirlenmiştir. Bunlar; arayüzün başlangıç ekranının net ve anlaşılır olması, ziyaretçinin dikkatini çekebilmesi, açık uçlu gezinme şemasına sahip olması, bilgiyi kademeli olarak ve bir hikâye akışı içinde vermesi, geçişlerin akıcı olması şeklinde sıralanabilmektedir (Liu, 2013). Dokunmatik ekranlarda öğrenmeyi arttırmak amacıyla, tasarım ilkelerine uyumlu hareket etmek gerekmektedir (Higgins vd., 2011).

Bilgilerin yer aldığı dokunmatik cihazda bulunan metinlerin boyutları kolay okunacak boyutta ve renklerde olduğunda ve gezinme butonları ergonomik olarak uygun konumda olduğunda öğrenmede kolaylık sağlamaktadır (Demirel-Uzun vd. 2019). Yapılan literatür taraması sonucunda, eğitsel arayüzde öğrenilebilirliğe etkisini incelemek amacıyla belirlenen temel tasarım kriterleri renk, yerleşim şeması ve yazı/sembol kullanımı olarak sıralanabilmektedir.

3.1. Yerleşim Düzeni ve Gezinme

Bilişsel olarak, öğrenmek için ayrıntılı bilgiler arasında belirli kalıplar algılanmaktadır. Dokunmatik ekranda öğrenme süreci arayüzle karşılaşma ile başlar. Öğrenmek için, kullanıcının nereden başlayacağını açık ve net olarak görmesi gerekmektedir (Blair-Early ve Zender, 2008).

Mayer (2008) çoklu ortam tasarım ilkelerine göre, ekranda verilen konu, sürekli devam eden bir sunum olarak hazırlanmak yerine, öğrenenin kendi hızına göre ekranlar arasında geçiş yapabileceği, bir devam butonu olacak şekilde tasarlanması, öğrenmeye olumlu etki sağlamaktadır.

Arayüzde tutarlılık ilkesine bağlı kalmak amacıyla, "ileri" ve "geri" butonları, dil seçeneği butonu gibi

bütün ekranlarda bulunan butonlar sabit konumlarda olmalıdır (Seraf ve Wong, 2012).

Müze ve sergilerde anında kavranabilirliğe, dolayısıyla öğrenmeye yardımcı olan yollardan biri kullanıcı merkezli tasarım yapmaktır (Allen, 2004). Kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımı, grafik arayüzün sade, açık ve en basit şekilde tasarlanmasını teşvik eder (Norman, 1988). Kullanıcı merkezli tasarımda, fiziksel analogilere uyumlu tasarım yaklaşımı benimsenmektedir. Buna göre en sık kullanılacak olan butonlar ekranın en kolay ulaşılan yerinde konumlanmaktadır.

3.2. Renk Kullanımı

Yapılan araştırmalar, kullanıcıların, herhangi bir uygulamada devam etme kararlarını ilk 50 saniye içindeki izlenimlerine göre verdiklerini göstermektedir (Bonnardel vd., 2010). Kullanıcıların ilk izlenimi etkileyen önemli faktörlerden biri renktir. Renk, grafik arayüzün görünürlüğünü sağlamaktadır ve dikkat çekiciliğini arttırmaktadır. Araştırmalarda, kullanıcılar tarafından eğitsel arayüzde en sık tercih edilen yazı renkleri siyah, beyaz, mavi, lacivert gibi koyu renklerden, en az tercih edilen renkler kahverengi ve sarı olmuştur (Demir, 2015).

Kullanılan görsellerin ve zeminin rengi ile yazılı bilginin rengi görülebilirlik açısından uygun biçimde seçilmelidir. Tasarımın bütününde kullanılan renk, dikkati dağıtmamak açısından, dördü geçmemelidir, grafik düzende renk, biçim, yakınlık, hizalama ve yönlendirme birbirleriyle uyumlu olmalıdır (Saraç vd., 2011).

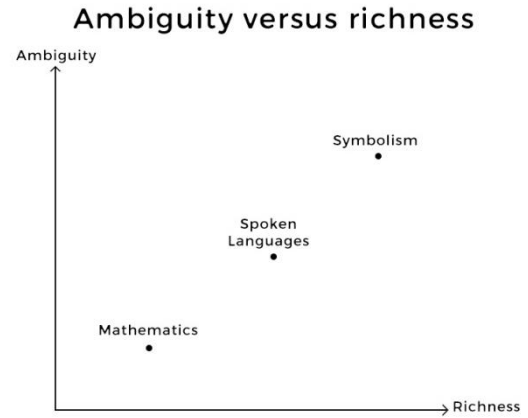
3.3. Sembol-Yazı Kullanımı

Arayüz tasarımı yapılırken, görselleştirilen sergi verilerinin bilgiyi daha kolay anlaşılır hale getirmesi beklenmektedir. Bu sebeple metin ve sembol kullanımında kullanılan medyanın ekranda yerleşimi ergonomik olarak uygun biçimde tasarlanmalıdır. Yaratıcı öğrenme teorileri değerlendirilerek geliştirilen bilişsel teoriye göre, yazılı ve görsel bilgilerin bütünleşmesi ile öğrenme ve kazanılan bilginin kalıcılığı gerçekleşmektedir (Mayer, 2002).

Arayüz, sergide verilmek istenen ham bilgileri ve somut verileri toplayarak soyut infografiklere ve diyagramlara dönüştürmekte, kullanıcının sergiyi deneyimleyebilmesi için görsel temsiller oluşturmakta ve son kullanıcıya bilgiyi ulaştırma olanağı sağlamaktadır. Infografikler bilginin sunulmasında ikna edici ve yönlendirici niteliklere sahip, güçlü görsel araçlardır. Bu özellikleri sayesinde kullanıcılara yeni fikirler kazandırmada, mevcut düşünceleri değiştirmede ve algıyı

yönlendirmede oldukça etkili görsel materyallerdir (Yıldırım ve Perdahçı, 2019).

Arayüz tasarımında kullanılan yazılar ve sembollerin öğrenmeye etki ettiği gözlemlenmiştir. Infografik ve sembol kullanımının yazılı anlatıma göre konuya olan ilginin ve başarının artmasında daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Yıldırım, Perdahçı, 2019). Görsel materyal ile desteklenen yazılı anlatımda, algılamanın, öğrenmenin ve hatırlamanın kolaylaştığı gözlemlenmiştir (Yaşar, 2004:108). Eğitim materyali sunumunda sembolizmanın kullanılması, verilecek yüklü bilginin biçimsel olarak toplu bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadır. Grafik arayüz tasarımında verilecek olan bilginin semboller ve ikonlar yoluyla aktarılması, yazılı anlatıma göre öğrenmeyi ve sonradan hatırlamayı kolaylaştırmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Discussion of “Symbolism from the Perspective of a Linguist” by Aleksandar Jovanovic, Open Lectures on Freemasonry (Sanver, 2020)

3.4. Arayüz Tasarımında Dikkate Alındığı Belirlenen Tasarım Kriterleri

Bilgi sunma amacıyla üretilen arayüz tasarımında dikkat edilen başlıca tasarım ilkeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tasarım Kriteri	Yöntem
Renk Kullanımı	Kırmızı, mavi, siyah, beyaz gibi dikkat çekici renkler kullanılmalıdır.
	Kahverengi, sarı tonlarında renkler kullanılmamalıdır.
	Dörtten fazla renk çeşidi kullanılmamalıdır.
	Zemin rengi ile yazılı medyanın rengi birbirinden farklı olmalıdır.
Sembol/Yazı Kullanımı	Yazılı ve görsel anlatımın bir arada olması öğrenmeyi pekiştirmektedir.
	Veriler mümkün olduğunca diyagram, infografik gibi görsel temsillerle sunulmalıdır.
	İnfografikler ziyaretçiye yeni fikirler kazandırma ve çıkarım yapma imkânı sunmaktadır.
Yerleşim Düzeni	İnfografikler öğrenilen bilginin hatırlanmasını kolaylaştırmaktadır.
	Ekran kullanımında fiziksel analogilere uyumlu tasarım yapılmalıdır.
	Başlangıç ekranı açıkça belirli olmalıdır.
	Öğrenmeyi kolaylaştırmak için tasarımın bütününde belirli kalıplar kullanılmalıdır.
Yerleşim Düzeni	Bütün ekranlarda “ileri” ve “geri” butonları sabit konumlarda olmalıdır
	Verilen bilgi ekranlar arasında bölünerek bir akış içinde verilmelidir.

Tablo 1. Literatür taraması sonucunda arayüz tasarımında dikkate alındığı belirlenen, temel tasarım ilkeleri

4. ETKİLEŞİMLİ SERGİ ARAYÜZ ÖRNEKLERİ İNCELEMESİ

Geliştirilen arayüzde göz önünde bulundurulacak olan tasarım ilkelerinin belirlenmesi için Tarsus Müzesi, Kayseri Arkeoloji Müzesi, Okçuluk Müzesi ve Troya Müzesi’nde bulunan sergilerde kullanılan dokunmatik cihazlar incelenecektir.

4.1. Tarsus Müzesi Osmanlı Dönemi Yapıları Bölümü Dokunmatik Cihazının Arayüz Tasarımının İncelenmesi

Tarsus Müzesi’nde bulunan “Osmanlı Dönemi Yapıları” sergi bölümünde, dokunmatik kiosk arayüzleri incelendiğinde, öncelikle sergide verilmek istenen bilgiyi tanımlayan ve bir sonraki ekrana geçiş butonlarını içeren bir başlangıç ekranı tasarlandığı görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Tarsus Müzesi, Osmanlı Dönemi Yapıları Dokunmatik Kiosk Giriş Ekranı

Şekil 3’te görüldüğü gibi, ikinci arayüz ekranında Osmanlı Dönemi’nde yapılmış belirli yapıların gerçekçi modelleri gösterilmekte ve dönem yapılarının cephe bilgileri görsel olarak verilmektedir. Birden çok yapının aynı ekranda bulunması ve incelemek için kesin olarak belirlenmiş bir sıralamanın olmaması, ziyaretçiye deneyimlemek istediği yolu seçme olanağı sunmaktadır. Bununla birlikte, ziyaretçinin menü butonları ile uygulama içinde dolaşması sağlanmaktadır.



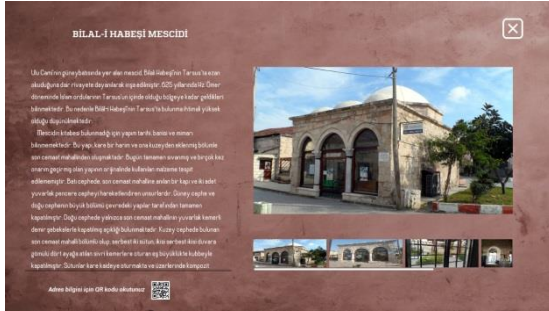
Şekil 3. Tarsus Müzesi, Osmanlı Dönemi Yapıları Dokunmatik Kiosk 3B modelleme ekranı

Şekil 4’te, ekranda bulunan yapıların isimlerinin listendiği ekran görünmektedir. Ziyaretçiler bu listeden detaylı bilgi edinmek istedikleri yapıyı seçmektedir.



Şekil 4. Tarsus Müzesi, Osmanlı Dönemi Yapıları Dokunmatik Kiosk Dönem Yapıları Listesi Ekranı

Şekil 5'te, 3. arayüz ekranındaki listeden seçilen bir yapının detay bilgileri görünmektedir. Sağ tarafta seçilen bir yapının fotoğrafları yer almaktadır. Bir fotoğraf büyük, geri kalan fotoğraflar sıralı şekilde küçük olarak bulunmaktadır. Ziyaretçiler istedikleri fotoğrafın üzerine dokunarak fotoğrafı büyütüp inceleyebilmektedir. Ekranın sol tarafında yapının tarihçesi ve yapım tekniği açıklamaları yer almaktadır. Sağ üst köşede bir önceki ekrana dönüş yapabilmek için kapatma butonu bulunmaktadır. Böylece ziyaretçi istediği ekranlar arası geçiş yapmak için yönlendirilmektedir.



Şekil 5. Tarsus Müzesi, Osmanlı Dönemi Yapıları Dokunmatik Kiosk Bilal-i Habeşi Mescidi Bilgilendirme Ekranı

4.1.1. Bulgular

Tarsus Müzesi örneğinde arayüz tasarımında kullanılan zemin ve yazı renkleri birbirinden ayrışacak tonlarda olduğu görülmektedir. Böylece yazılı bilginin görünürlüğünün artırılması amaçlanmaktadır.

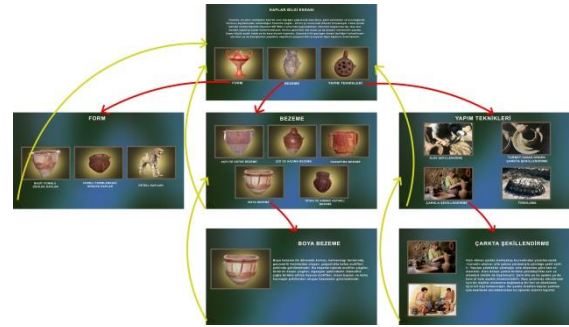
Menü butonları her ekranda aynı noktada bulunmaktadır, bu sayede ekranlar arası tutarlılık sağlanmaktadır. Yerleşim düzeninde yazılı bilgiler sol tarafta, görsel medya sağ tarafta yer almaktadır. Bilginin verilmesinde görsel ve yazılı anlatım kullanılmaktadır.

Yapıların yapım tekniğini anlatmak için yazılı bir metin ve üç boyutlu görselleştirme çıktıları yer almaktadır. İkinci ve üçüncü arayüz ekranlarında

görsel medya tüm ekranı kaplayacak şekilde sığdırılmış ve beyaz alan bırakılması göz önünde bulundurulmamıştır.

4.2. Kayseri Arkeoloji Müzesi Kaplar Bilgi Ekranı Dokunmatik Cihazının Arayüz Tasarımının İncelenmesi

Kayseri Arkeoloji Müzesi'nde, kilden yapılan geleneksel kaplar ile ilgili tarihçe, biçim, süsleme ve yapım tekniği bilgilerinin yer aldığı "Kaplar Bilgi Ekranı" dokunmatik kiosk ekranı bulunmaktadır. "Kaplar Bilgi Ekranı" gezinme şeması incelendiğinde (Şekil 6) zemin rengi olarak koyu yeşil ve mavi tonlarının karışık olarak kullanıldığı görülmektedir. Bilgilendirme yazıları koyu tonlardaki zemin renginin üzerinde beyaz renkle yazılmıştır. Bu bölümde tanıtılan toprak kaplar, kahverengi çerçeve içinde fotoğraf görselleri ile gösterilmektedir. Ziyaretçinin, form, bezeme ve yapım teknikleri ile ilgili detaylı bilgi ekranlarına geçiş yapmak amacıyla fotoğraflara tıklaması gerekmektedir. Arayüzde, sonraki ekrana ilerleyebilmek için ayrıca bir buton eklenmemiştir. Ziyaretçi bilgi edinmeye istediği alt başlığı seçerek devam edebilir. Ana ekrana geri dönmek için sol alt köşede bulunan, siyah renkli "geri butonu" kullanılmaktadır.



Şekil 6. Kayseri Arkeoloji Müzesi, Kaplar Bilgi Ekranı Kısmi Gezınme Şeması

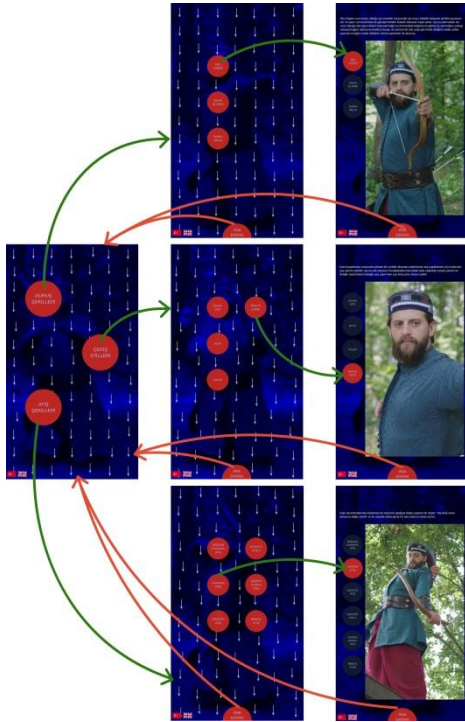
4.2.1. Bulgular

Kayseri Arkeoloji Müzesi örneğinde, yazılı bilginin yanında görsel kullanılarak anlatımın pekiştirilmesi amaçlanmıştır. Detay bilgi ekranlarında görsellerin ve yazıların yerleşimi, sağ tarafta yazılar, sol tarafta fotoğraflar olacak şekilde kurgulanmıştır. Yazılı bilgi ve fotoğraflar dışında, anlatılan bilgilerin infografiklerle anlatımı yapılmamıştır. Görsellerin boyutları sabittir, her ekranda sadece bir görsel yer almaktadır. Görsellerin zemininde, ana zemin renginden farklı olarak kahverengi kullanılması, fotoğraflarla verilmek istenen detayları öne çıkarmaktadır. Seçilen koyu zemin rengi ve açık renk yazı rengi ile yazıların görünürlüğünün artırılması sağlanmıştır. Ancak geri butonunun

zemin rengi ile yakın renk tonunda olması görünürlüğü azaltmış ve kullanımı zorlaştırmıştır. Görsellerin üzerine tıklayarak bir sonraki ekrana geçiş yapılacağı bilgisinin ziyaretçiye verilmemesi kullanılabilirliği azaltmaktadır. Ziyaretçinin sezgisel olarak görsellerin üzerine dokunma yoluyla sonraki ekrana geçiş yapmaktadır. Sergide kesin ve belirli bir ilerleme yolu bulunmamaktadır, ziyaretçi sergiye istediği yolu seçerek devam edebilmektedir.

4.3. Okçuluk Müzesi Ok Atış Stilleri Dokunmatik Cihazının Arayüz Tasarımının İncelenmesi

Okçuluk Müzesi'nde yer alan etkileşimli "Ok Atış Ünitesi" bölümünde, ok atışı ile ilgili bilgilendirme yapmak amacıyla dokunmatik ekran kullanılmaktadır. Ok Atış Ünitesi Bilgilendirme Ekranı'nın grafik arayüz tasarımında mavi, yeşil ve kırmızı renk ağırlıklı bir tasarım yapıldığı görülmektedir. Zeminde, koyu mavi tonlarında geçişli renkler kullanılmış; gezinme butonları kırmızı, yazılar beyaz renkle yazılmıştır. Her ekranın sol alt köşesinde Türkçe/İngilizce dil seçeneği bulunmaktadır. Diller arası geçiş için butonlar ülke bayrakları kullanılarak sembolize edilmiştir. Giriş ekranı haricinde bütün ekranlarda, ekranın altında ana ekrana dönüş için buton bulunmaktadır. Ok atışı, duruş ve ok çekiş ile ilgili detay bilgilerin verildiği ekranlarda yazılarla birlikte fotoğraflarla da gösterilmektedir. Yazılar ve fotoğraflar alt alta konumlandırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Okçuluk Müzesi, Ok Atışı Bilgilendirme Ekranı Kısmi Gezinme Şeması

4.3.1. Bulgular

Okçuluk Müzesi örneğinde, giriş ekranı net olarak algılanabilmektedir. Kullanılan zemin rengi, butonlar ve yazılar arasında renk farkları, yazıların ve butonların görünürlüğünün artması amaçlanmaktadır. Ancak yazı ve buton renklerinin fazla parlak olması dikkat dağıtmaktadır. Aynı zamanda buton ve yazı boyutlarının ekrana oranla küçük olması okunabilirliği azaltmaktadır. Butonların ekrandaki hizalanmasının simetrik olmaması karmaşıklığa ve dikkat dağılmasına sebep olmaktadır. Fotoğraflar, aynı ekranda bulunan yazılara oranla fazla büyük yerleştirildiği için yazılı anlatım göz ardı edilebilmektedir. Dil seçeneklerinin ülke bayrakları ile sembolleştirilmesi algılamayı kolaylaştırmaktadır. Bütün ekranlardan ana ekrana dönüş seçeneği olması kullanılabilirliği arttırmaktadır.

5. ETKİLEŞİMLİ SERGİ ARAYÜZÜ TASARIMI GELİŞTİRİLMESİ

Araştırmalara göre Troya Müzesi'nde eserlerin sunum şeklinin teknolojik imkanlardan yararlanılarak yapılması ve kolay anlaşılır olması ziyaretçiler tarafından sıklıkla dile getirilmiş ve olumlu karşılanmıştır (Korkmaz, 2020). Diker (2019)'in karma görsellik tekniği kullanarak yaptığı araştırmada Troya Müzesi'nin karma gerçeklikli görsel bir müze olduğu sonucuna varılmıştır. Korkmaz vd., (2019) da Troya Müzesi'nde teknoloji ile entegre olarak hazırlanan sergilerin, ziyaretçilerin bilgi birikimine katkıda bulunduğunu gözlemlemiştir.

Troya Müzesi'nde etkileşimli teknolojilerden yararlanılarak yapılan önemli iki bölüm "Polyksena Lahti" ve "Troya Savaşından Sahneler" bölümleridir. Polyksena Lahti'nin Anadolu'da bulunan figürsel anlatımlı en eski lahit olduğu bilinmektedir. Sergide, lahit ile ilgili mitolojik bilgiler, bulunduğu kazı, üzerindeki figürler ile ilgili bilgiler dokunmatik ekranlı kiosk ile etkileşimli olarak sunulmaktadır. Troya Savaşından Sahneler bölümünde ise Homeros'un İlyada destanında geçen sahnelerden 19 tanesinin anlatımının bulunduğu, dokunmatik ekranlı kiosk, arazi maketi, çeşitli görseller ve video vitrini yer almaktadır (Diker, 2019).

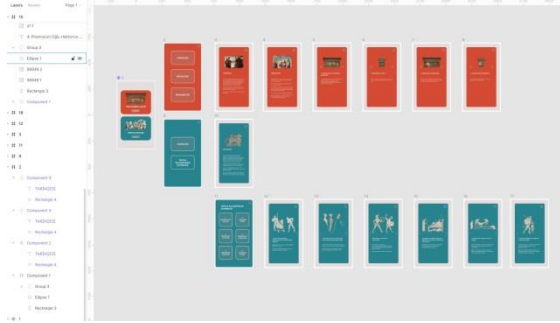
Söz konusu parametreler bağlamında Troya Müzesi'nde bulunan sergilerden "Troya Savaşı'ndan Sahneler" ve "Polyksena Lahti" bölümleri etkileşimli sergi tasarımı için uygun birer materyal olarak düşünülebilir.

Araştırma için, araştırmacı tarafından hazırlanan arayüz prototipinde Troya Müzesi'nde bulunan Troya Savaşı ve Polyksena Lahti bölümlerinde yer alan dokunmatik kioskların içeriklerinden yararlanılmıştır. Tasarım kararları alınırken çoklu ortamla öğrenmenin bilişsel kuramı göz önünde bulundurulmuştur. Hazırlanan arayüz prototipi, araştırmacı tarafından etkileşimli sergi formatına getirilmiştir.

5.1. Materyal Tasarlama Süreci

Ziyaretçilerine bilgi aktarma görevi üstlenen müzeler için geliştirilen dokunmatik ekran medyasının etkileşimli olması beklenmektedir. Sergide, yüklü miktarda bilgiyi aktarma amacıyla sunulan eserlerin, farklı açılardan incelenebilmesi, büyütme/küçültme işlemi sayesinde farklı detaylara odaklanabilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bununla birlikte ziyaretçinin, verileri istediği sıralama ile inceleme imkânı olmasının arayüze olan ilgiyi artıracakları öngörülmektedir.

Öneri tasarımın geliştirilmesinde bir arayüz tasarım aracı olan, tasarımın her aşamasında prototip denemelerine fırsat veren Figma uygulaması kullanılmıştır (Şekil 8).



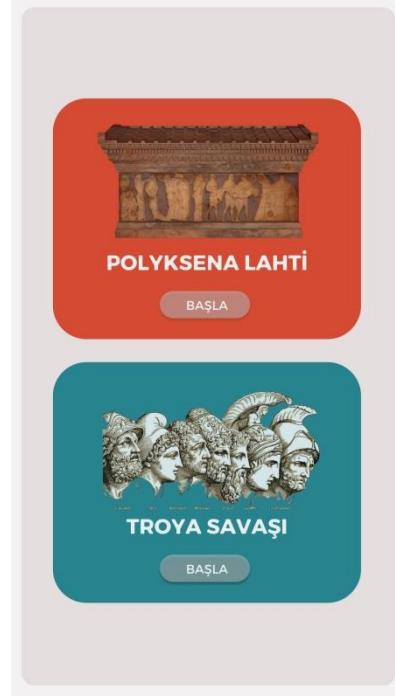
Şekil 8. Figma Tasarım Ortamı

Sergi konusunun belirlenmesinden sonra, dokunmatik cihazda kullanılacak içerikler analiz edilerek kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler, tarihçe, eser özellikleri, mitolojik anlatım olarak sıralanmaktadır. Detaylı bilgi ekranlarındaki uygulamalar, sergi içeriğine göre değişiklik göstermektedir.

5.1.1. Giriş Ekranı

Giriş ekranında bulunan ana sergi bölümleri "Polyksena Lahti" ve "Troya Savaşı" olarak adlandırılmıştır. Ziyaretçi sergi deneyimine istediği bölümden başlayabilmektedir. Giriş ekranında bölüm isimleri ve "başla" butonları ile birlikte, sergide karşılaşılabilecek içeriklerin ön izlemesi olması amaçlanarak görselleştirmelere de yer verilmiştir (Şekil 9). Bölümlerin birbirinden kolayca

ayrılmasını sağlamak için bölüm renkleri birbirinden farklı seçilmiştir.



Şekil 9. Sergi Giriş Ekranı

5.1.2. Bölümlerin Alt Kategori Ekranları

Bölüm seçiminden sonraki ekranda ilgili bölümün alt kategorileri bulunmaktadır. Bunlar, "Polyksena Lahti" için Tarihçe, Mitoloji ve Bezemeler; "Troya Savaşı" için Tarihçe ve Troya Savaşı'ndan Sahneler kategorileridir (Şekil 10).



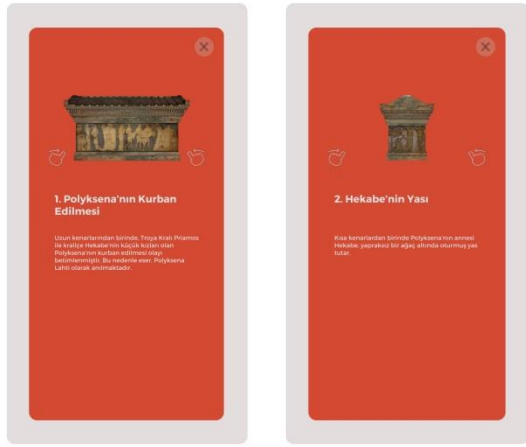
Şekil 10. (soldan sağa) Polyksena Lahti bölümü alt kategorileri, Troya Savaşı bölümü alt kategorileri

Bu kategorilerde, zemin rengi olarak, giriş ekranında kullanılan renkler kullanılmış bu sayede tasarımda tutarlılık sağlanmıştır. Alt kategorilerin seçimi için kullanılan butonlar zemin renginden farklı olarak

açık gri çerçeveler ile belirginleştirilmiştir. Yazı rengi olarak, çerçeve ile uyumlu, zemin renginden farklı olarak açık gri renk tercih edilmiştir. Sezgisel olarak dokunma/tıklama hissi uyandırması için butonlara gölge ile boyut kazandırılmıştır. Giriş ekranına dönüşü sağlamak için sağ üst köşeye kapatma butonu yerleştirilmiştir. Kapatma butonu her ekranda aynı yerde konumlandırılmıştır.

5.1.3. Polyksena Lahti Alt Kategori Ekranları

Polyksena Lahti bölümü, Bezemeler kategorisinde, 1994 yılında Granikos Havzası'nda bulunan ve bilinen en eski figür işlemeli lahit olma özelliğini taşıyan eserin figürlerinin dört yüzeyden de gösterilmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte her yüzeyde bulunan figürlerle ilgili detaylı bilgi de yazılı olarak verilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Polyksena Lahti Bölümü Bezemeler Kategorisi Ekranları

Tarihçe kategorisinde, lahitin bulunduğu kazı sırasında çekilen fotoğraflar ile bulunduğu yer ve önemi anlatılmaktadır. Mitoloji kategorisinde ise Troya Savaşı mitolojisinin lahit üzerine işlenen konuları anlatılmaktadır. Ekranlarda bulunan fotoğraflar büyütülüp küçültülebilmektedir. Tüm anlatımlarda fotoğraflar, infografikler ve yazılı anlatım birlikte kullanılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. (soldan sağa) Polyksena Lahti Bölümü Tarihçe ve Mitoloji Kategorileri Ekranları

5.1.4. Troya Savaşı Alt Kategori Ekranları

Troya Savaşı bölümü Tarihçe kategorisinde savaşın tarafları, mekânı ve sonuçları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Yazılı olarak sunulan bu bilgiler, Troya Savaşı ile bütünleşen ve efsaneleşen Truva Atı infografikliği ile desteklenmiştir (Şekil 13). Infografik renkleri zemin renginden farklı olarak açık kahverengi tonlarında seçilmiştir.



Şekil 13. Truva Savaşı Bölümü Tarihçe Kategorisi

Troya Savaşı'ndan Sahneler kategorisinde Homeros'un İlyada destanından seçilen ve soyut olarak görselleştirilen altı adet önemli savaş sahnesinin anlatımları yer almaktadır. Bu kategorinin ilk ekranında sahne seçimi butonları bulunmaktadır (Şekil 14). Butonların belirginleştirilmesi için gölge ile boyut kazandırma işlemi bu ekranda da uygulanmıştır. Sahne seçimi butonları sonrasında seçilen savaş sahnesi ile ilgili olarak oluşturulan hayali görseller, destandan alıntılanan metinlerle ve çeşitli açıklamalarla desteklenmektedir. Bir sahne seçildikten sonra, sağ üstte bulunan kapatma butonu ile Sahne Seçimi

ekranına geri dönülebilmekte ya da ekranın ortasında sağ ve solda yer alan yön tuşları kullanılarak sahneler arası geçiş sağlanabilmektedir.



Şekil 14. (soldan sağa) Sahne Seçimi Butonları, Menelaos ve Paris'in Çarpışması Ekranı

5.1.5. Gezinme Şeması

Geliştirilen arayüzde, sergiyi gezmeye başlayacağı buton tercihini ziyaretçi yapmaktadır. Gezinmenin sağlanması için, giriş ekranında “başla” butonu; alt kategori ekranlarında zeminden ayrılmış olarak tasarlanan seçim butonları bulunmaktadır. Çok sayıda bilginin verileceği ekranlar sıralı şekilde tasarlanmış ve birbiri arasında geçiş yapılabilmesi için yön butonları yerleştirilmiştir. Bunun yanında bütün ekranda bir önceki seçim ekranına dönüşü sağlamak için kapatma butonu bulunmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Gezinme Şeması

5.2. Arayüz Tasarımının Özellikleri

Arayüz tasarımında, görsel bütünlüğü yakalamak için temel olarak gri, yeşil ve turuncu olmak üzere üç renk kullanılmıştır. Hazırlanan infografikler bu renklerin koyu/açık tonları ile renklendirilmiş böylece görsel karmaşa oluşması önlenmiştir. Detaylı bilgi verilen ekranlardaki butonların opaklık değerleri azaltılarak dikkat çekicilikte bilginin ön

plana çıkması amaçlanmıştır. Birbirini takip eden ekranların renkleri uyumlu olarak tasarlanmıştır.

Gezinme şemasında ziyaretçi sergi başlangıcında iki farklı yoldan ilerleyebilmektedir. Seçim butonu, sağa/sola geçiş, çevirme, kapatma butonları ile ziyaretçi ekranın nasıl kullanılacağı konusunda yönlendirilmektedir. Aynı işlevli butonların, her ekranda aynı yerde konumlanarak tutarlılık sağlanmasına dikkat edilmiştir.

6. TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR

Geleneksel sergileme yöntemlerine teknolojinin entegre edilmesiyle ortaya çıkan etkileşimli sergilerin öğrenme başarısını arttırdığı görülmektedir. Higgins ve diğerleri (2011) öğrenme nesnesi çeşitliliğinin artması ve öğrenme sürecinde dokunmatik ekran kullanılmasıyla öğrenmenin desteklendiğine dikkat çekmiştir. Bununla birlikte dokunmatik ekran materyali hazırlanmasında tasarım kurallarını takip etmenin gerekliliğini vurgulamıştır. Çalışmada geliştirilen arayüz ekranlarında görsel tasarım öğelerine dikkat edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda etkileşimli sergi tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri, ziyaretçinin uygulama içinde serbest olarak gezinmesinin sağlanmasıdır. Tasarlanan uygulamada ziyaretçinin istediği bölümden sergi deneyimini başlatmasına ve istediği her ekranda geri dönme imkanının olmasına özen gösterilmiştir.

Ziyaretçi gezinme butonları sayesinde, istediği ekranlar arası geçiş yapması için yönlendirilmektedir. Bu da sergide verilen bilgiye odaklanmasını kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda ziyaretçi ilerlediği her noktadan, ilk sayfalara dönüp tekrar tekrar farklı yollar izleyerek farklı deneyimler edinmektedir.

Kapatma butonunun her ekranda aynı yerde konumlandırılması tasarımın bütününde tutarlılık sağlamaktadır, bu da kullanılabilirliği arttırmaktadır. Butonların ekranda yerleşimi ergonomik olarak kullanımın ve görülmesinin kolay olacağı şekilde yapılmıştır. Kapatma butonu, bilgisayar kullanımından alışık olunduğu gibi sağ üst köşede bulunmaktadır. Ekranlar arası geçiş sağlayan yön butonları yazılı bilginin iki yanında konumlanmaktadır. Ziyaretçi metinleri okurken gözün takip ettiği hizada geçiş butonunun yer alması, sonraki ekrana geçiş için sezgisel olarak tıklamayı kolaylaştırmaktadır.

Birbirinin devamı olan ekranlarda renk uyumu olması, gözü yormamakta ve takip etmeyi kolaylaştırmaktadır. Birbiriyle bağlantılı olan

ekranların renk bütünlüğü öğrenmede ve hatırlamada olumlu etki yaratmaktadır.

Ekranlarda mümkün olduğunda negatif alan bırakılmış ve yüklü miktarda bilgi içeren uzun metinler ekranlar arasında dağıtılmıştır. Bu sayede ziyaretçinin metinleri okuyup anlamasının kolaylaşması; bununla birlikte, verilen önemli tarihsel bilgilerin akılda kalması amaçlanmaktadır.

Araştırma doğrultusunda elde edilen bulgular, arayüz tasarımında renk, yerleşim düzeni ve yazı/sembol kullanımının önemli rol oynadığını göstermektedir. Söz konusu tasarım ilkelerinin, dikkat çekicilik ve öğrenme açısından olumlu etki sağlaması için tasarımın bütününde uyumlu olması gerekmektedir. Bu uyum, renkler, boyutlar, hizalamalar, simetri, tutarlılık öğelerinin kullanımı sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında, edinilen bulgular doğrultusunda geliştirilen arayüz, bir içerik sunma arayüzüdür. Geliştirilen arayüz bu çalışmanın bir çıktısıdır. Bu araştırmadan sağlanan çıktı olan arayüz tasarımı, bir sonraki adımda girdi olarak kullanılacaktır. Çalışmanın sonraki basamağında, etkileşimli bir sergi için, deney ve kontrol gruplarında denenmek üzere, belirlenen ilkelerle uyumlu olarak tasarlanan arayüz ile bu ilkelerden bağımsız olarak tasarlanan arayüz prototipleri karşılaştırılacaktır. Deneysel müdahalenin uygulanacağı her iki grubun, sergi konusu ile ilgili deney öncesi bilgi düzeylerini belirlemek amacıyla ön-test uygulanacaktır. Tasarlanan prototipler, deney ve kontrol gruplarında denenecek ve son durumda, deneklerin sergi konusu ile ilgili bilgi düzeylerini belirlemek amacıyla son test uygulanacaktır. Son-test, sergiden edinilen bilginin kalıcı olup olmadığının tespiti için, aynı test soruları kullanılarak her iki gruba da belirli aralıklarla ikinci kez uygulanarak kalıcılık testi yapılacaktır. Karşılaştırmalı olarak yapılacak olan deneyde; mevcut örnekler üzerinden belirlenen tasarım ilkelerinin geçerliliği kontrol edilecek ve tasarım kararlarındaki farkların, öğrenmede etkili olup olmadığı sorgulanacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılması için ihtiyaç duyulan araçları ve içeriklerin sağlanmasında yardımcı olan Troya Müzesi Müdürlüğü, Kayseri Arkeoloji Müzesi Müdürlüğü, Okçular Vakfı Enstitüsü ve Tarsus Müzesi Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Adams, M., Moussouri, T., 2002, The interactive experience: Linking research and practice. In

Proceedings of International Conference on Interactive Learning in Museums of Art and Design. London: Victoria and Albert Museum. UK.

Akçaoğlu A., Köse Doğan R., 2020, Innovative Approaches to Museology in the Digital Age, *IDA: International Design and Art Journal*, 67, V:2 No:1

Allen, S., 2004, Designs for learning: Studying science museums exhibits that do more than entertain. *Science Education* 88 Supplement 1 S17-S33.

Blair-Early A., Zender M., 2008, User Interface Design Principles for Interaction Design, *Design Issues*, V:24 No:3

Bonnardel N., Piolat A., Bigot L., 2010, The impact of colour on Website appeal and users' cognitive processes, *Elsevier*, 32, 69-80

Demir Ü., 2015, Üniversite Öğrencilerinin Eğitsel Yazılım Ekran Tasarımı Seçimlerinin Değerlendirilmesi, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, ss. 198-214

Diker, O., 2019, Karma Gerçeklikli Görsel Müze Olarak Troya Müzesinin Karma Görsellik Yöntemi ile İncelenmesi. *Gastroia: Journal of Gastronomy And Travel Research*, v.3, i.1, 197-224.

Diñçer, S., Doğanay, A., 2016, Eğitsel Arayüz Değerlendirme Ölçeği Türkçe Uyarlama Çalışması, *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(3), 647-674.

Donald, J. G., 1991, The Measurement of Learning in the Museum *Canadian Journal Of Education* Vol.16, No.3

Gadsby, J., 2011, The effect of encouraging emotional value in museum experiences. *Museological Review*, sayı 15, 1-13.

Goulding, C., 2000, The museum environment and the visitor experience. *European Journal of Marketing*, 34 (314): 261-278.

Gürer M. D., Yıldırım Z., 2014, Öğrenme Nesnesi Değerlendirme Ölçeği'nin (ÖNDÖ) Geliştirilmesi, Geçerlik ve Güvenlilik Çalışması, *Eğitim ve Bilim*, Cilt 39, Sayı 176, 121-130

Güzelci H., 2017, Sanat Sergileri İçin Diyagram Tabanlı ve Kullanıcı Etkileşimli Görselleştirme Arayüzü Tasarımı, Doktora tezi

Higgins, S. E., Mercier, E., Burd, E., ve Hatch A., 2011, Multi-touch tables and the relationship with

collaborative classroom pedagogies: A synthetic review, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* v. 6, s 515–538

Karadeniz C., Okvuran A., ARTAR M., Çakır İlhan A., 2015, Contemporary Approaches and Museum Educator within the Context of New Museology, Ankara University, *Journal of Faculty of Educational Sciences*, Vol: 48, No: 2, 203-226

Keller, J.M., 2010, Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. New York, NY: Springer.

Keller, T., & Tergan, S. O., 2005, Visualizing knowledge and information: An introduction. In *Knowledge and information visualization*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1-23.

Korkmaz, H., Savaşçı, U. & Aydın, B., 2019, Müze Tanıtım Faaliyetleri ve Ziyaretçi Deneyiminin Değerlendirilmesi: Troya Müzesi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(4), 3156-3173.

Korkmaz, H., 2020, Troya Müzesi Elektronik Ziyaretçi Yorumlarının Hizmet Özellikleri, Memnuniyet ve Tavsiye Açısından İncelenmesi, *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research* v.4, i.1, 43-56.

Liu, K., 2013, Designing visitor experience for open-ended creative engagement in art museums: A conceptual multi-touch prototype design. (Graduate Theses and Dissertations), Iowa State University, Ames: Iowa: USA.

Marcus, S. A., Stoddard, D. J.; Woodward, W.W., 2012, *Teaching History with Museums: Strategies for K-12 Social Studies*. UK: Routledge

Mayer, R. E., 2002, *Multimedia Learning*, The Annual Report of Educational Psychology in Japan, Vol. 41, 27-29

Mercin L., 2017, Müze Eğitimi, Bilgilendirme ve Tanıtım Açısından Görsel İletişim Tasarımı Ürünlerinin Önemi, *Milli Eğitim*, Sayı:214

Norman, D. A., 1988, *The design of everyday things*. New York: Doubleday

Sanver, M. R., 2020, Discussion of “Symbolism from the Perspective of a Linguist” by Aleksandar Jovanovic, *Open Lectures on Freemasonry*

Saraç A. E., Koçoğlu F. Ö., Ayvaz Reis Z., 2011, Web Tabanlı Eğitimde İçerik Tasarımı, Akademik Bilişim’11- XIII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 2 - 4 Şubat 2011 İnönü Üniversitesi,

Tuzcu T.İ., 2019, Kullanıcı Deneyiminin Arayüz Tasarımına Etkisi ve Bir Uygulama Önerisi, Yüksek lisans tezi

Yapıcı, H., Baştürk, G., CFD, 2004, Modelling of Conjugate Heat Transfer and Homogeneously Mixing Two Different Fluids in a Stirred and Heated Hemispherical Vessel. *Computers and Chemical Engineering* 28 (11), 2233-2244.

Yaşar, O., 2004, İlköğretim Sosyal Bilgiler Derslerinde Görsel Materyal Kullanımı ile Coğrafya Konularının Eğitim ve Öğretimi. *Milli Eğitim Dergisi*, Sayı:163, Ankara.

Yıldırım Y. S., Perdahçı Z. N., 2019, Eğitimde İnteraktif İnfografik Kullanımının Öğrenci Başarı, Tutum ve Motivasyonuna Etkisi, *TOJDAC*, 146-5193, p. 449-463

Zaharias, P., Machael, D., & Chrysanthou, Y. 2013, Learning through Multi-touch Interfaces in Museum Exhibits: An Empirical Investigation. *Educational Technology & Society*, 16 (3), 374–384

Seraf, M., Wong, C. Y., 2012, A study of User Interface Design principles and requirements for developing a Mobile learning prototype, 2012 International Conference on Computer & Information Science (ICIS)

Ek: Sergi Deneyimi İçin Oluşturulan Arayüz Prototipine Erişim Sağlayan QR kodu



MİMARLIKTAKI HESAPLAMALI TASARIM VE ÜRETİM YAKLAŞIMLARI: PAVYONLAR ÜZERİNE İNCELEME

İrem İŞBİTİREN* (ORCID: 0000-0002-1537-8423)

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: iremisbitiren@hotmail.com

ÖZET

Araştırma; günümüzde mimarlık alanında değişen tasarım ve üretim süreçlerinin sonucu olan hesaplamalı tasarım kavramını ele alarak değiştirdiği üretim yöntemlerini ve geliştirilen malzeme yaklaşımlarını incelemektedir. Bu bağlamda hesaplamalı tasarım iş akışı modellerinin sayısal üretim teknolojileri ile ilişkisinin irdelenmesini ve potansiyellerinin farkına varılmasını hedeflemektedir. Bu ilişkinin izin verdiği farklı form arayışları ve üretim yöntemleri araştırmanın önemini vurgulamaktadır. Üretim aracı olarak görülen pavyon örneklerinin analizleri ile desteklenmektedir. Hesaplamalı tasarım süreçleri kapsamında üretim süreçlerinin ve araçlarının yanı sıra yeni kavramların ve sınıflandırmaların ortaya çıktığı görülmüştür. Sayısal üretim (digital fabrication) teknolojileri kullanılarak üretilen pavyon örneklerinde, tasarım, malzeme ve iş akışı yaklaşımlarının konvansiyonel tasarım süreçlerinden farklı olduğu gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hesaplamalı Tasarım; Dijital Fabrikasyon; Üretim Teknolojileri; Tasarım Süreci; Pavyon Tasarımı.

ABSTRACT

Research examines the computational design concept which is the result of changing design and production processes in the field of architecture today, and examines the production methods it has changed and the material approaches developed. In this context, it aims to examine the relationship of computational design workflow models with digital production technologies and to realize their potential. Research for different form finding and production methods allowed by this relationship emphasize the importance of research. It is supported by the analysis of

pavilion examples seen as production tools. It has been observed that new concepts and classifications have emerged as well as production processes and tools within the scope of computational design processes. In the pavilion examples which are produced using digital fabrication technologies, it is shown that the design, material and workflow approaches are different from conventional design processes.

Keywords: Computational Design; Digital Fabrication; Fabrication Technologies; Design Process; Pavilion Design.

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi ile tasarım alanına olan etkileri gözle görülür hale gelmiştir. Mimari tasarım bağlamında biçim, strüktür, malzeme arasındaki ilişkinin ve gelişen üretim teknolojilerinin keşfedilmesi söz konusudur. Geleneksel üretim yöntemlerinin ve süreçlerinin güçlüğü yeni uygulama yöntemleri arayışına sebep olmaktadır. Mimari tasarım süreçlerinin farklılaşması, hesaplamalı tasarım yöntemlerinin kullanılması ve buna bağlı sayısal üretim teknolojilerinin üretim aracı olması ve potansiyellerinin keşfedilmesi gündemdedir. Değişen, dönüşebilen ve adapte olabilen üretim araçlarının araştırılmasının yanı sıra tasarımın form arayışlarına bağlı döngüsünde getirdiği üretim kısıtlamaları da göz önünde bulundurulması bu bağlamda önemlidir. Bu çalışma deneysel mimarinin uygulama alanı olarak gördüğü, hesaplamalı tasarım yöntemlerini kullanan ve sayısal üretim yöntemlerine göre üretilen pavyon örneklerini kapsamaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Güncel tartışma konularından olan hesaplamalı tasarım süreçleri ve bu konunun etki alanı olan üretim yaklaşımları çalışma konusu olarak seçilmiştir. Konu üretim yaklaşımlarının deney alanı olan uygulanmış pavyon örnekleri üzerinden ilerlemektedir. Örnekler tasarımlarında hesaplamalı

* İrem İŞBİTİREN

tasarım yöntemleri geliştirmesi, sayısal üretim teknolojilerini kullanması ve yenilikçi üretim yaklaşımı geliştirmesi sebebi ile seçilmiştir. Çalışmanın amacı hesaplamalı tasarım yöntemlerinin sistematikleştirdiğini göstermek ve bu yöntemleri kullanarak sayısal üretim teknolojileri ile uygulama alanlarının keşfedilmesi ve taşıdıkları potansiyellerin gösterilmesidir.

1.2. Araştırmanın Yöntemi

Hesaplamalı tasarım ve süreçler beraberinde yeni kavramlar getirmiştir. Bu alanda literatür taraması yapılarak sayısal üretim teknolojilerinin etkilendiği konular vurgulanmıştır. Alanın araştırma ve uygulamasının yapıldığı küçük ölçekli uygulama alanı olan pavyon örneği, gösterme aracı olarak kullanılmıştır. Kavramlar ve yöntemlerle desteklenen araştırma son yıllarda gelişen üretim araçlarını kullanan ve uygulayan örneklerle desteklenmiştir.

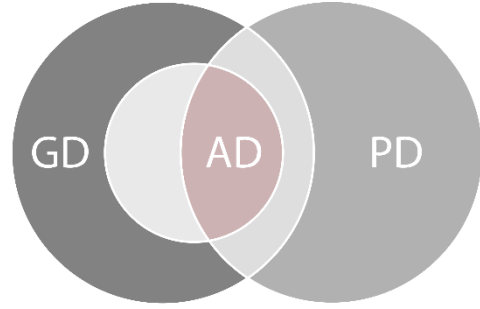
2. MİMARLIKTA HESAPLAMALI TASARIM KAVRAMI

Bilgisayar ve yazılım teknolojilerine ulaşmanın kolay olduğu bu süreçte düşünme şeklimizin yanı sıra üretim yöntemlerimiz de değişmektedir. Bu süreçten etkilenen alanlardan biri olan mimarlıkta, bilgisayarın mimari tasarım süreçlerinde oynadığı rol değişmekte, tasarım probleminin yanıt arayan araç olarak kullanılması önemini anlamamızı sağlamaktadır. Çağdaş, Bacınoğlu ve Çavuşoğlu'na (2015) göre hesaplamalı tasarım yaklaşımları matematiksel, mantıksal, ilişkisel karşılıkları olan parametrik, üretken, performans dayalı tasarım yaklaşımları ile tasarım sürecine yansımaktadır. Sayısal ortamın sağladığı hesaplamalı tasarım kavramsal olarak incelendiğinde tipik tasarım iş akışlarını iyileştirmenin bir yolu olarak paradigma ve farklı araştırma konularını keşfetmenin bir aracı olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde hesaplamalı tasarım bağlamında Parametrik, Üretken, Algoritmik Tasarım terimlerini araştırdığımızda karşımıza bazı tanımlar çıkmaktadır. Parametrik tasarım kavramı tanımlamalarında ölçülebilen değişkenlere bağlı olarak tanımlanmasının yanında Zarei (2012) tanımı iki kategoriye ayırıyor, birincisi konsept modelleme için bir yöntem diğeri ise mimari yapı için fikirdir.

Abdelmohsen'e (2013) göre üretken tasarım tanımı hücresele özdevinim, evrimsel yöntemler, üretken ve biçim gramerleri, L sistemleri, kendi kendine organize etme, etkin tabanlı modeller ve sürü sistemlerini kapsıyor. Bunların yanında performans dayalı sistemlerinde üretken tasarım tanımının kapsadığı belirtiliyor.

Algoritmik tasarım ise Cambridge sözlüğüne göre "bir soruna cevap veren matematiksel bir dizi ögesinin hesaplanmasına yardımcı olacak talimatlar veya kuralların bütünü" olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda tanımlar karşılaştırıldığı Şekil.1 ortaya çıkmıştır.

Algoritmik tasarım üretken ve parametrik tasarımın kesişim alanında olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak bu tür yaklaşımlar ile yazılım araçları, tanımlamalar ve yaklaşımlar süreç içerisinde güncellenmektedir.



Şekil 1. Caetano Santos, Leitão'e (2020) göre GD: Generative Design (Üretken Tasarım); AD: Algorithmic Design (Algoritmik Tasarım); PD: Parametric Design (Parametrik Tasarım) ilişkisi.

2.1. Hesaplamalı Tasarım Süreç İlişkisi

Bilgisayar teknolojilerinin 1960 yılından itibaren tasarım alanında kullanılmaktadır. Bu alandan etkilenen mimarlık da bilgisayar ortamına dahil olmuştur. El çizimleri ile başlayan süreç bilgisayar ortamına taşınmıştır. CAD (Computer-Aided-Design) programlarının araç olarak kullanıldığı modellerin yanı sıra hesaplamalı tasarım süreçlerinin etkin rol oynadığı Formasyon, Üretken, Performansa Dayalı ve Birleşik modeller kullanılmaktadır. Bu bağlamda hesaplamalı tasarım modellerini Oxman (2006) beş ana başlıkta incelemektedir. CAD Modeller; Formasyon Modeller; Topolojik Tasarım Yöntemi, Parametrik Tasarım Yöntemi, Animasyona Dayalı Tasarım Yöntemi; Üretken Modeller; Biçim Gramerleri ile Tasarım Yöntemi, Evrimsel Tasarım Yöntemi; Performansa Dayalı Tasarım Yöntemi, Performansa Dayalı Üretken Tasarım Yöntemi; Birleşik Model olarak ayırmaktadır.

Avinç ve Vural'a (2020) göre hesaplamalı tasarım bağlamında değişen tasarım sürecine ait bir model önerisidir. Konvansiyonel tasarım süreçlerinden farklı olarak ulaşılan kavramlar değişkenler, kısıtlamalar, kurallar, ilişkisellik, bileşenler, varyasyon, animasyon, simülasyon, optimizasyon,

rasyonelleştirme / dökümantasyon, aşama olarak ise sentez, geliştirme ve iletişim aşamalarına ayırmışlardır.

2.2. Hesaplamalı Tasarımın Mimarlık Üretim Yaklaşımlarına Etkisi

Mitchell (2001) üretim yaklaşımına ait şu sözleri söylemektedir: “*Mimarlar inşa edebilecekleri binaları çizerler ve çizebildikleri binaları inşa ederler.*” Bu yaklaşımın pratikte mimarların tasarım sürecine olan etkisinin yanında, kullandığı araçlarla gerçeğe dönüştürebilme imkânı artmaktadır. Sayısal Tasarım/Üretim Teknolojileri (CAD/CAM) ve bina bilgi modellerine (BIM) ile mimari tasarımda üretim yaklaşımlarının esnekliği ve artan yöntem çeşitliliği söz konusudur. Hesaplamalı tasarım modellerinin yapım aşamasına geçilmesinde veya prototiplemede dijital fabrikasyon araçları üretilmesini sağlar. Üretmek için bilgisayar modelleri üzerinden veya prototipler üzerinden test yapmak, geri dönüşler ile beslenmek ve farklı disiplinler ile iş birliği Oxman (2006) tanımı ile birleşik modele doğru evrilmesi verimli olacağı fikri ortaya atılmıştır.

3. ÜRETİM YAKLAŞIMI: DİJİTAL (SAYISAL) FABRİKASYON

Üretim Türk Dil Kurumu tanımına göre “belirli faaliyet ve işlemler sonucu yeni bir mal veya hizmet meydana getirme” olarak, fabrikasyon ise “fabrikada yapılarak tüketime hazır duruma getirilen madde” olarak tanımlanmıştır. Fabrikasyon teknolojisinin tarihi 19. yüzyılın başlarında Ford Motor Company'nin kurucusu Henry Ford tarafından tanıtılan ve geliştirilen kitle üretimi ile başlamıştır. Sayısal teknolojiler ile fabrikasyonun birlikte kullanımı ise Massachusetts Institute of Technology (MIT)'de 1952 yılında freze tezgâhının sayısal şekilde kontrol edilmesi kabul ediliyor (Gershenfeld, 2005). Bunların yanında ilk dijital fabrikasyon laboratuvarı (FABLAB), Boston merkezli, 2003 yılında “South End Technology Center” adıyla açılmıştır (Gershenfeld, 2012). FABLAB adı ile resmi bilinen fabrikasyon laboratuvarlarının sayısı, 2011'de 90 iken 2017 Aralık ayında 1205 adete ulaşmıştır (Fab Labs). İlerleyen zamanda ise makerlab kavramı ortaya çıkmıştır. Bu sayede ortaya çıkan tasarımı üretme mantığını tasarımcı kendin yap yöntemi ile ortaya koyabilmektedir.

Mimarlık ve fabrikasyon üretimi alanındaki gelişime Iwamoto'nun Digital Fabrications Architectural And Material Techniques (2009), Nick Dunn'un Digital Fabrication in Architecture (2012) önemli ivme sağlayan kitaplar arasında öne çıkmaktadır. Ayrıca CAD (Computer-Aided-Design) teknolojisinin, mimari formun ve inşaat üretiminin sınırlarını genişletmesi ile yeni bir anlayış getirmişlerdir.

Hesaplamalı tasarım ve dijital fabrikasyon üretimi arasındaki bağlantı, ürüne ait bilginin hızlı sayısallaştırılmasını sağlamakta ve tasarımı mimarlığın fabrikasyon bölümüne bağlamaktadır; bu şekilde mimar, yapım aşamalarında en küçük bileşene kadar kontrol-bilgi sahibi olabilmekte ve yapı ortaklarının bilgi seviyelerini arttırmaktadır (Gramazio vd., 2010). Sonuç olarak sayısal üretim teknolojileri mimari üretim yöntemlerini önemli ölçüde etkilemiştir ve tasarımcılara tasarladıklarını gerçekleştirme alanı sağlamıştır.

3.1. Dijital (Sayısal) Üretim Teknikleri

Dijital (Sayısal) üretim tekniklerinde Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing), 3 boyutlu yazıcıları; Eksiltici Üretim (Subtractive Manufacturing), CNC (Computer Numerical Control), EDM (Electrical Discharge Machining), Lazer Kesimi, Su Jet Kesimi; Robotik Manipülasyon (Robotic Manipulation) ise Mafsallı Robotları, Kartezyen Robotları, İşbirlikçi Robotları kapsar. Robotların mimari ve uygulamada Fabrikasyon, Konstrüksiyon, İşletme Operasyonu, Tasarım amacıyla kullanılmaktadır. Ek olarak bu bağlamda günümüzde kartezyen robotların 3 boyutlu yazıcılar ile kullanılması söz konusudur. Sonuç olarak uygulama alanında üretimlerin varyasyonlarının ve kullanım alanlarının artması söz konusudur.

4. ÜRETİM ARACI: PAVYON TASARIMI ÖRNEĞİ ÜZERİNE

Geçici mimarlığın sembollerinden olan pavyon kavramı tipik bina programından farklı olarak içerdiği esnek fonksiyonelliği ile deneysel mimarlığın uygulama alanına girmeyi başarmıştır. Teknoloji gelişiminin takip ettiği uygulama yöntemlerinin deneyimlendiği pavyonlar mimarlık tarihinde de önemlidir. Söz gelimi, 1929 yılında Mies van der Rohe Barselona Dünya Sergisi için tasarlanan Alman Pavyonu, ilk önemli örneklerden biridir. Taşıyıcı ve duvarların birbirinden ayrıldığı tasarımda iç mekânda sağlanan açık plan ve malzeme anlamında yenilikçi bakışa sahiptir.

Mimarlık tarihinde adı geçen ise Richard Buckminster 1967 Dünya Expo Fuar için tasarladığı Monreal'de inşa edilen ABD pavyonu Biyosfer Montreal jeodezik kubbesidir. Tasarladığı form ve geometri dışında, kolay inşa edilebilir olması ve iç mekandaki ısı akışının kontrol edilebilir olması konusunda döneminde farklılık yaratmıştır. Pavyon tipolojisinde yarattığı etki büyüktür.

Mimarlık tarihinde de görülen farklı formların ve yapım yöntemlerinin kullanıldığı pavyonlar günümüzde de teknoloji ile değişerek uygulanmaktadır. Bu bağlamda seçilen örnekler

kullanılan sayısal üretim teknolojilerinin yanında farklı malzeme yaklaşımları dikkate alınarak seçilmiş ve yöntemine göre sınıflandırılarak incelenmiştir.

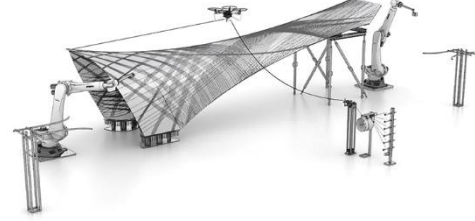
4.1. Robotik Manipülasyon Üzerine

Sayısal üretim teknolojilerinde endüstriyel robotların mimarlık alanında kullanımı, uygulamaları ve araştırmaları artmakla beraber malzeme yaklaşımlarının da değiştiği gözlenmektedir. Uygulanan pavyon örnekleri kullandıkları malzeme, üretim teknolojisi ve yöntemi ile ele alınarak değerlendirilmiştir.

ICD (Institute for Computational Design and Construction) ve ITKE (Institute for Building Structures and Structural Design) Stuttgart Üniversitesi tarafından yürütülen hesaplamalı tasarım ve üretim programında 2016-2017 yılları arasında yürüttüğü araştırma pavyonlarından birisidir. Bütüncül kabuk tasarımından yola çıkarak üretilen pavyon tasarımında iki robot kolun arasında karbon ve cam lif (fiber) taşıyan drone aracı üretime katkı sağlıyor. Sayısal ortamda hazırlanan strüktür modellerden yola çıkarak basınç dayanımının azaldığı noktalarda karbon elyaf sıklığı artırılıyor. Bu noktada performansa bağlı sayısal modeli üzerinden optimizasyon yapılmıştır. Cam elyaf ise geçirgenliğin olması istenilen bölgelerde kullanılıyor. Pavyon 40 m² alana yayılıyor ve tek ayaklı strüktürün ulaştığı konsol açıklık 12 metredir. Bu örneğin sonucunda ölçeklendirebilecek geniş açıklıkların fabrikasyon sürecinde kullanılabilir ve üretilebilir olmasına dikkat çekilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3) (URL-1, 2017).



Şekil 2. Pavyon Görsel (URL-1, 2017).

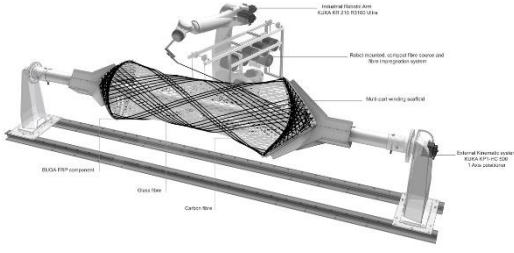


Şekil 3. Robot Kol ve Drone Üretim Araçları (URL-1, 2017).

Diğer araştırma örneği ise aynı programda yer alan ICD (Institute for Computational Design and Construction) ve ITKE (Institute for Building Structures and Structural Design) Stuttgart Üniversitesi tarafından yürütülen hesaplamalı tasarım ve üretim programında 2018-2019 yılları arasında yürüttüğü BUGA lif pavyonu (BUGA Fibre Pavillion) dur. Basınç ve çekme eksenlerine göre dokuma stratejisi oluşturan ve karbon, cam lif malzemelerini kullanan, iki pozisyoner arasındaki kasnakta robot kol tarafından dokunan strüktür birimlerden oluşuyor. 23 metrelik açıklığa sahip pavyon 400 m² alana yayılıyor. Üst örtü ise şeffaf yapıya sahip ön gerilimli ETFE membranı ile sağlanıyor. Hafif strüktürlü yapısı ile ve sağladığı deneyim ile konvansiyonel çelik strüktürlerden farklılaşıyor (Şekil 4 ve Şekil 5) (URL-2, 2019).



Şekil 4. Pavyon Görsel (URL-2, 2019).

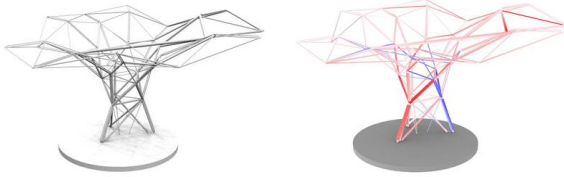


Şekil 5. Robot Kol ve Kasnak Üretim Araçları (URL-2, 2019).

4.2. Katmanlı Üretim ile Akıllı Birleşim Noktalarının Üretimi

Katmanlı üretim teknolojisinin pavyon tasarımının uygulama noktasında geliştirilen yöntemlerden biri ise strüktürün birleşim noktalarının bu araç ile üretiminin sağlanmasıdır. İlk örneklerden biri olan Akıllı Düğüm Pavyonu ve son yıllarda üretilen Dijital Bambu Pavyonu ele alınmıştır. Kullandıkları malzeme ile ayrışmaktadırlar ve 2020 yılında üretilen Dijital Bambu Pavyonu daha karmaşık strüktür yapısına sahiptir.

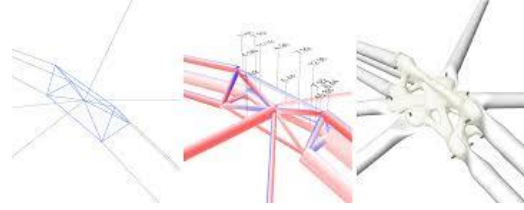
Akıllı Düğüm Pavyonu (The SmartNodes Pavilion) Chinese University of Hong Kong (CUHK) tarafından 2015 yılı Bi-City Bienali için geliştirilen pavyondur. 39 farklı bağlantı noktalarının 3B yazıcı ile üretildiği 183 lineer alüminyum kirişlerden ve kaplayıcı malzeme olarak kumaş membrandan oluşan tasarım; strüktürel değerlendirme analizi, düğüm noktalarının topolojik tasarımı ve 3B yazıcı ile üretildiği adımlardan oluşuyor.



Şekil 6. Strüktür Analizi (Crolla vd., 2017).

Strüktür tasarımında Rhinoceros ve strüktür analizinde Grasshopper Karamba eklentisi kullanılmıştır. 3B yazıcı teknolojisi olarak FDM (Fused Deposition Modelling), malzeme ise ABS (Akrilonitril Butadiyen Stiren) filamentini kullanılıyor. Araştırma projesi olarak yürütülen pavyonda çıkardıkları sonucun 3 öneminden bahsediliyor: (1) optimizasyona dayalı sistem, optimizasyon sürecindeki araştırma sırasında geliştirilen topolojik kısıtlamaları içerdiğinden 3B yazıcıda üretirken fazla destek malzemesi kullanımını azaltırken özel düğümler sisteminin

toplu özelleştirilmesini sağladı, (2) yapım süreci ve yöntem parametrik modelden üretilen fabrikasyon verileri kullanılarak başarıyla test edildi, (3) tüm sistem, daha geniş bir sergi bağlamının parçası olarak önemli rüzgar yükü de dahil olmak üzere dış ortam koşulları altında test edildi. 2015 yılında, gelecekteki çalışmaların, bu düğüm sisteminin tam ölçekli olarak uygulanmasını gerçek ölçekli metal malzeme ile 3B yazıcı ile üretiminin yapılacağını ve araştırılacağı öngörülmektedir (Şekil 6 ve Şekil 7) (Crolla vd., 2017).



Şekil 7. Düğüm Noktalarının Topolojik Tasarımı (Crolla vd., 2017).

Bu alanda özellikle metal birleşim noktalarını ele alan diğer araştırma-uygulama projesi ETH-Zürich Eidgenössische Technische Hochschule Zürich / DBT (Digital Building Technologies) ve HS HI-TECH/Güney Kore tarafından 2020 yılında yürütülen Dijital Bambu Pavyonu, (Digital Bamboo Pavilion) doğal olarak yetişirilen bir malzemenin dijital üretim ile yenilikçi kombinasyonunu araştırıyor. Bambu, hızlı büyümesi ve çok düşük ağırlık / güç oranı nedeniyle sürdürülebilir yapı malzemesidir. Bambuların birleşimini sağlayan bağlantı noktaları 3B baskı teknolojisi kullanılarak üretilmiştir. Üretmek ve hafif yapıyı tasarlamak için özelleştirilmiş hesaplama araçları geliştirilmiştir.

Yapı, 40 m² alanı kapsıyor. Toplam ağırlığı 200 kilogramdır. Hesaplamalı tasarım süreçleri bu pavyon araştırmasında karmaşık yapının optimizasyonunu ve formun keşfedilmesini sağlamıştır. 900'den fazla bambudan oluşan yüksek performanslı yapı, minimum desteğe ihtiyaç duyarken, üç yönde neredeyse 5 metre yükselen geniş bir alanı kaplar (Şekil 8).



Şekil 8. Dijital Bambu Pavyonu (URL-3, 2020).

Bambu elemanlar, 3B baskı teknolojisine dayalı yeni bir sistemle birbirine bağlanıyor. Bağlantıların oluşturulması hesaplamalı-dijital bir süreç sayesinde otomatikleştirildi ve mekanik gereksinimleri karşılamak için geliştirildi. Buna paralel olarak, zaman ve maliyetten tasarruf etmek için hacimler optimize edildi. 380 bağlantı üretmek için MJF (Multi Jet Fusion) teknolojisi ve DMLS (Direct Metal Laser Sintering) kullanan bir hibrit strateji uygulanmıştır.



Şekil 9. Birleşim Noktaları (URL-3, 2020).

Pavyonun gölgelendirme panelleri, hesaplamalı tasarım süreci ile tasarlandı ve hafif esnek tekstil üzerine geri dönüştürülebilir bir morötesi (UV) dirençli termoplastik üzerine ek 3B baskı yoluyla üretildi. 3B baskı, kumaşı sertleştirdi ve fabrikasyon için hazır paneller haline geldi. Modüler bir yapı şeması sayesinde, yapı hızlı inşa edildi. Pavyonun önceden monte edilmiş kısımları sadece 48 saat içinde yerinde monte edildi. Dijital bambu pavyonu, sayısal üretimin inşaatta sürdürülebilir bir geleceğe nasıl yol açabileceğine dair yeni bir paradigma araştırmasına sebep oluyor (Şekil 9 ve Şekil 10) (URL-3, 2020).



Şekil 10. 3B yazıcı ile Üretilmiş Akıllı Düğüm Noktası (URL-3, 2020).

4.3. Katmanlı Üretim Üzerine

Pavyon tasarımını mozaikleme yöntemi ile parçalara ayırarak katmanlı üretimin bütünüyle etkin rol

oyndığı tasarım olan Trabeculae Pavyonu örneği ele alınmıştır.

Politecnico di Milano'daki Trabeculae Pavyonunu (2018) tasarlayan ve geliştiren Roberto Naboni'nin deneysel tasarım ve inşa etme konusunda uzman bir ekip ile birlikte doktora araştırmasının sonucu olarak üretilmiştir. Çalışma, malzeme ve yapısal verimi artırılmış antiklastik hücresel yapıya sahip kabuğun prototipinin üretilmesi ile tamamlanmaktadır.

Tasarımdan üretime kadar malzeme testi, biyo-esinlenmiş tasarım algoritmaları, çok kriterli optimizasyon ve üretim yönetimi gibi farklı aşamaları birbirine entegre eden çok ölçekli bir hesaplama iş akışına dayanmaktadır. Hesaplamalı İş Akışı Malzeme Fabrikasyon Üretim Sistemi ve Hesaplamalı Tasarım; Form Arayışlarının ve Strüktürel analizleri olarak iki ana başlıkta toplamaktadırlar. Bu paralellikte stres yörüngesi hücre tasarımını, hücrenin gücünün belirlenmesi için ise hücre topolojisi ve hücre kalınlığı faktörleri devreye girmektedir. Katmanlı üretime geçmeden önce ise mozaikleme, geometri optimizasyonu, katmanlı tasarım aşamaları fabrikasyon üretiminin tectoniğini oluşturmaktadır.



Şekil 11. Trabeculae Pavyonu (Naboni, 2019).

Pavyon, toplam 36 m² alanı kaplayan yüke duyarlı 352 bileşenden oluşan kabuktur. Yüksek dirençli biyopolimer malzemesi kullanılarak ekonomik açıdan verimli olan FDM (Fused Deposition Modeling)'nin altında yer alan FFF (Fused Filament Fabrication) tekniği ile 3B yazıcı araçları çiftliği olarak tanımladıkları araçlar ile 4352 saatte üretilmiştir (Şekil 11).



Şekil 12. 3B Yazıcı Grubu (Naboni, 2019).

Trabeculae Pavyonu araştırması, bir tanıma yönelik yeni bir yaklaşımın FFF'nin doğruluğundan tam olarak yararlanan ana hatlarını çizmektedir. Yapım sistemi teknolojisi ile tasarımcıların büyük ölçekli tasarlamasına ve malzeme organizasyonunun yüksek kontrolüne sahip olmalarına izin verir. Geleneksel yöntemlere kıyasla malzeme verimliliği de sağlanmaktadır. Uzun vadeli ileri görüş bakış açısı ile mimarlığa yeni bir yaklaşım getireceği öngörülmektedir. Katmanlı üretimin sağladığı malzemenin verimli kullanılmasına yönelik ve karmaşık yapıların strüktür performansı aracılığı ile de biçimsel yeni yaklaşımların keşfedilmesi söz konusudur (Şekil 12) (Naboni vd., 2019).

4.4. Katmanlı Üretim ve Robotik Manipülasyon Çoklu Araç Kullanımı Üzerine

Günümüzde gündemde olan katmanlı üretim ve robotik manipülasyon çoklu araç kullanımı ile yaklaşımlar geliştirilerek uygulanan farklı ölçeklerde uygulamalar bulunmaktadır. Flotsam & Jetsam örneği pavyon tasarımı bağlamda incelenmiştir. Bu örneğin seçilme nedeni farklı formları denemesi ve boşluk tanımlamaları yapmasıdır. Ayrıca kullandığı hibrit malzeme ve yöntem yaklaşımı ile gelecek potansiyellere yön vereceği öngörülmektedir (Şekil 13).

Shop Architects tarafından tasarlanan Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Techmer PM işbirliği ile üretilen Flotsam & Jetsam Design Miami Pavyonu 2016 yılında tamamlanmıştır. Üretim aracı olarak 3B yazıcı ve robotik kol manipülasyonları kullandıkları, formunu serbest biçimli hücresel üretim tekniği ile elde ettikleri görülmektedir. Önceden belirli parçalara ayrılıp üretilen sonradan konumlandırılacak alana taşınıp o sırada birbirine bağlanan yapım sürecine sahiptir. Malzeme olarak yaklaşımlarının sürdürülebilirliği katmanlı üretime taşıdıklarını belirtmektedir. Malzeme yaklaşımlarını incelediğimizde, yüzeylerinin ABS (Akrilonitril Butadiyen Stiren) ile güçlendirilmiş karbon lif oturma yerleri için ise bambu kompozitin kullanıldığını ve içeriğinin 20% bambu ve 80% PLA (Poly Lactic Acid) içerdiği söylenir. Malzeme araştırma grubunda bulunan Özcan (2016) bambu seçimlerinin sebebini açıkladı:

“Bambu çok çeşitli iklimlerde hızlı büyür - bazı türleri günde 90 cm'den fazla büyür. Eşdeğer ağaçlardan hektar başına yaklaşık % 35 daha fazla CO2 tutmaktadır. Sentetik liflere kıyasla düşük düzeylerde yapılandırılmış enerjiye sahiptir. Karbol elyaf ile kıyasla bambu PLA daha düşük maliyete sahiptir.”

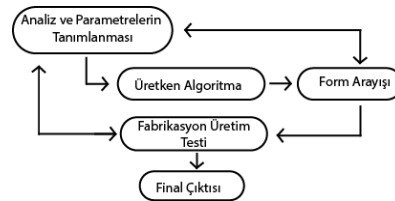
Bu örnek ile de görüldüğü üzere malzeme seçiminin tasarım aşamasında yapıldığı ve üretim aracı ile doğrudan bağlantılı olduğu görülmektedir.








Şekil 13. Flotsam & Jetsam Pavyonu (URL-4, 2019).

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Hesaplamalı tasarım süreçleri ile konvansiyonel tasarım süreçleri arasında kavram ve yöntem farklılıkları görülmektedir. Hesaplamalı tasarımda, tasarımcı bilgisayarındaki model ve iş akışı ile etkileşimdedir. Diğer açıdan tasarım, malzeme ve üretim teknolojileri yenilikçi yapım süreçlerinin kavramsallaşmasına, geliştirilmesine ve özellikle yüke duyarlı malzeme etkileşimi ile mimari form üretilmesine yardımcı olmuştur. Tasarımda yer alan yenilikçi yöntemler verimli malzeme kullanımına da izin vermektedir. Ortaya çıkan mekansal deneyimin de kalitesi söz konusudur. Sayısal üretim teknolojilerinin ve tekniklerini kullanabilmek için sistematik iş akışına ihtiyaç vardır. Bu akışın yönetim ilişkisini doğru tanımlamak gereklidir. Doğru tanımlanmaması sonucunda bir noktada yaratıcılığın da kısıtlandığı sonucuna ulaşılır. Agkathidis' e (2019) göre Şekil 14'te belirtilen form arayışı kavramının ayrı tutulması ile de açıklanmaktadır.



Şekil 14. Agkathidis' e (2019) göre Hesaplamalı Tasarım ve Fabrikasyon Üretimi İş Akışı İlişkisi, (Yazar tarafından Türkçeye çevrilmiştir ve konuya uyarlanmıştır.).

Pavyon Adı	Ekip	Yıl	Alan	Ağırlık	Maks. Açıklık	Malzeme	Üretim Aracı/Yöntemi
Araştırma Pavyonu (Research Pavilion) 	ICD/ITKE University of Stuttgart	2016 - 2017	40 m ²	1000 kg	12 metre	Karbon ve Cam Lif içeren Komposit Filament	Endüstriyel Robot ve Hava Aracı
Buga Lif Pavyonu (Buga Fibre Pavilion) 	ICD /ITKE University of Stuttgart	2018 - 2019	400 m ²	3040 kg	23 metre	Karbon, Cam Lif içeren Komposit Filament ve ETFE (Etilen tetrafloroetilen) Membranı	İki Pozisyoner Arasındaki Kasnak ve Robot Kol
Akıllı Düğüm Pavyonu (The SmartNodes Pavilion) 	Chinese University of Hong Kong (CUHK)	2015	-	-	-	ABS (Akrilonitril Butadiyen Stiren) Filamenti, Alüminyum kiriş, Membran	3B Yazıcı (39 farklı Bağlantı Üretimi) / FDM (Fused Deposition Modelling)
Dijital Bambu pavyonu (Digital Bamboo Pavilion) 	ETH-Zürich / DBT ve HS HI-TECH/ Güney Kore	2020	40 m ²	200 kg	5 metre	Bambu, hafif esnek tekstil ve termoplastik, Metal	3B Yazıcı (900 Bağlantı) / MJF (Multi Jet Fusion), DMLS (Direct Metal Laser Sintering)
Trabeculae Pavyonu (Trabeculae Pavyonu) 	Politecnico di Milano / Roberto Naboni vd.	2018 - 2019	36 m ²	288 kg (Ortalama Değer)	6 metre (Ortalama Değer)	Yüksek dirençli biyopolimer	3B Yazıcı (352 Bileşen) / FDM (Fused Deposition Modeling)
Flotsam & Jetsam 	Shop Architects, Branch Technology	2016 - 2017	150 m ²	-	6 metre (Ortalama Değer)	Karbon-lif içeren ABS filamenti, Bambu.	3B Yazıcı ve Endüstriyel Robot (Karma Kullanım)

Şekil 15. Derleme Tablosu (Yazar tarafından üretilmiştir.)

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gelişen teknolojilere bağlı mimarlığın pratiği ile bağlantılı üretim yöntemleri de değişmektedir. Yenilikçi yaklaşım geliştiren mimarlığın deneysel yaklaşımını kullanan pavyon örnekleri ile desteklenmiştir. Derlenen makale Şekil 15 tablolaştırılmıştır. Örneklerin ele aldığı malzeme biyo-polimer türevlerinde olduğu gözlenmiştir ve sayısal süreçlerinin strüktürel analizlerinin malzeme ile optimize edildiği dikkat çekmektedir. Derleme tablosunun başlıklarından birinin ağırlık olması malzemenin tanıdığı avantajında göstergesidir. Tasarımda geçebildiği açıklık ise mekân mekân tanımlama noktasında ve ölçek bağlamında önemli başlıktır.

Dijital fabrikasyon tekniklerinin mimarlık alanında da uygulanabilir olduğu gösterilmiştir ve bu teknolojilerin sağladığı çeşitliliği ve potansiyelleri keşfedilmiştir. Mekân üretiminde kullanılan geleneksel üretim yöntemleri yerine yenilikçi malzeme yaklaşımlarının tasarım sürecinde etkin rol oynadığı süreçler örneklerle gösterilmiştir. Bu aşamada tasarımın uygulama-üretim kaygısını ortadan kaldıracak hesaplamalı tasarım süreçlerinin etkin olduğu sayısal üretim teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşacaktır. Mimarlık eğitiminde "Bu tasarımın inşa edilmesi nasıl mümkün olur?" Sorusuna yanıt ararken keşfedeceğimiz malzeme, yöntem ve teknolojiler ile tasarımın üretkenliği artacak ve yapım süreci kolaylaşacaktır. Uzun vadede büyük ölçekli şantiyelerde robotik kolları veya önceden 3B yazıcı ile üretilmiş birimleri görmemiz mümkündür. Bu teknolojiler ile malzeme kullanımı azalmakta ve çeşitli mimari formların uygulamasına yönelik adaptasyonu kolaylaşmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdelmohsen, S. M. (2013). Reconfiguring architectural space using generative design and digital fabrication: a Project based course, Ain Shams University, Egypt.

Asterios Agkathidis, Dark Matter Garden: A case study in algorithmic modelling and digital fabrication of complex steel structures, *Frontiers of Architectural Research*, Volume 8, Issue 3, 2019, Pages 303-310, ISSN 2095-2635, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.05.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526351930032>).

"BUGA Fibre Pavilion / ICD/ITKE University of Stuttgart" 09 May 2019. ArchDaily. Accessed 19 Jan 2021. <<https://www.archdaily.com/916650/buga-fibre-pavilion-icd-itke-university-of-stuttgart>> ISSN 0719-8884

Cagdas, G. & Bacinoglu, Zeynep & Çavuşoğlu, Ömer. (2015). *Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar*.

Crolla, Kristof & Williams, Nicholas & Muehlbauer, Manuel & Burry, Jane. (2017). *SMARTNODES PAVILION Towards Custom-optimized Nodes Applications in Construction*.

Gershenfeld, Neil, 2005, *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop -From Personal Computers to Personal Fabrication*, Basic Books.

Gershenfeld, Neil, 2012, "How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution?", *Foreign Affairs*, 91:6, ss.43-57.

Gramazio, Fabio, Kohler, Matthias, Oesterle, Silvan, 2010, "Encoding Material", *Architectural Design*, 80:4, ss.108-115.

"ICD-ITKE Research Pavilion 2016-17 / ICD/ITKE University of Stuttgart" 18 Apr 2017. ArchDaily. Accessed 19 Jan 2021. <<https://www.archdaily.com/869450/icd-itke-research-pavilion-2016-17-icd-itke-university-of-stuttgart>> ISSN 0719-8884.

Inês Caetano, Luís Santos, António Leitão, *Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design*, *Frontiers of Architectural Research*, Volume 9, Issue 2, 2020, Pages 287-300, ISSN 2095-2635, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263520300029>).

Mutlu Avinç, G., ve Vural, S., (2020). Bir Model Önerisi: Hesaplamalı Tasarım Bağlamında Değişen Tasarım Süreci. *Online Journal of Art and Design*, vol.8, 77-96.

Oxman, R. (2006) *Theory and Design in The First Digital Age*, *Design Studies* 27(3), pp. 229-265.

Roberto Naboni, Luca Bresghello, Anja Kunic, *Multi-scale design and fabrication of the Trabeculae Pavilion*, *Additive Manufacturing*, Volume 27, 2019, Pages 305-317, ISSN 2214-8604, <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.03.005>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860418307280>).

“The Digital Bamboo Pavilion / ETH-Zürich”
2020.<<https://dbt.arch.ethz.ch/project/digital-bamboo/>>

William J. Mitchell, “Roll Over Euclid: How Frank Gehry Designs and Builds,” in J. Fiona Ragheb, ed., Frank Gehry, Architect (New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation, 2001), pp. 352-363. Quoted from p. 354.

Zarei, Y. (2012). The Challenges of Parametric Design in Architecture Today: Mapping the Design Practice (Doctoral dissertation, The University of Manchester (United Kingdom)).

İnternet Kaynakları

URL-1 <https://www.archdaily.com/869450/icd-itke-research-pavilion-2016-17-icd-itke-university-of-stuttgart>, Erişim Tarihi: 19.01.2021.

URL-2 <https://www.archdaily.com/916650/buga-fibre-pavilion-icd-itke-university-of-stuttgart>, Erişim Tarihi: 19.01.2021.

URL-3 <https://dbt.arch.ethz.ch/project/digital-bamboo>, Erişim Tarihi: 21.01.2021.

URL-4 <https://www.shoparc.com/projects/design-miami/> Erişim Tarihi: 28.01.2021.