

■ Endüstri 4.0'ın en temel özelliklerinden biri, her alanda "daha iyiyi üretme/inşaat etme isteği" olarak tanımlanabilir. Bu isteğin imalat ve fabrikasyon teknolojilerine yansması ise birlikte işlerlik, birimsellik, sayısal ikizlik), esneklik olarak özetlenebilecek kavramların teknolojiyi ve üretme eylemlerini dönüştürmesidir.(...) Bu teknolojiler; otonom robotlar, simülasyon teknolojileri, büyük veri ve analizi, artırılmış gerçeklik, eklemeli üretim, bulut teknolojisi, siber güvenlik, endüstrinin interneti ve yatay/dikey sistem entegrasyonu olarak sayılabilir.

6

■ Muhtemel Mars yüzey yapılarını -ve mimarisini- gezegen yüzeyindeki teknik kabiliyetlerle birlikte düşünmek ve dōnemsel olarak değerlendirmek uygun olacaktır. (...) Mars yüzeyinde gerekli altyapının (inşaat, haberleşme, ulaşım vd.) modüler bir yaklaşımla kurulması ve geliştirilmesi mümkün. Sahada sahip olduğumuz imkanlara paralel olarak kızıl gezegene özgü bir mimarinin yapı teknolojisi, mekansal nitelik ve örgütlenme ve hatta yerleşim örüntüsü açılarından ortaya çıkarılması bir hedef olarak belirlenebilir.

41

■ Mevcut ekonomik sistem sürdürülebilir değildir. Bu sistem, gezegenin ve insanlığın geleceğini tehdit eden iki önemli krize neden olmaktadır: ekonomik kriz ve ekolojik kriz. (...) İkili krizin çözümü, iki önemli geçiş sürecini gerektirmektedir. Bunlardan ilki, ekolojik sınırlara saygılı ve toplumun dezavantajlı kesimlerinin ihtiyaçlarına duyarlı bir ekonomik sisteme, daha somut bir ifadeyle yeşil ekonomiye geçiş sürecidir. İkinci geçiş süreci ise, yeşil ekonomiye geçişi sağlayacak ve kolaylaştıracak bir kentsel sisteme geçiştir. (...) Ancak bu süreçte, madalyonun diğer yüzünü gözden kaçırmamak gerekir.

51

dosya 45

TMMOB MİMARLAR ODASI ANKARA ŞUBESİ

2020

gelecek, teknoloji ve mimarlık

1 GİRİŞ
GELECEK, TEKNOLOJİ VE MİMARLIK
İPEK GÜRSEL DİNO, GÜNSU MERİN ABBAS
(DOSYA EDİTÖRLERİ)

6 MİMARLIKTA FABRİKASYON TEKNOJİLERİ VE
ENDÜSTRİ/MİMARLIK 4.0
ARZU GÖNENÇ SORGUÇ
MÜGE KRUŞA YEMİŞCİOĞLU

18 MİMARLIK VE ROBOTİK ÜRETİMİN
GÜNÜMÜZÜ VE GELECEĞİ
ELİF ERDİNE

29 SANAL MECRALARDA MİMARİ TASARIMIN
DÜNÜ VE BUGÜNÜ
LEMAN FİGEN GÜL

40 MARS'TA EV YAPMAK
KÜRŞAD ÖZDEMİR

48 YEŞİL EKONOMİ VE AKILLI KENT TARTIŞMALARI
EKSENİNDE YENİ KENTSEL GELECEK
OSMAN BALABAN

56 ZAMAN KAPSÜLÜNDE
KÜLTÜREL VE DOĞAL MİRAS
GÜZDEN VARİNLİOĞLU

64 MİMARLIK EĞİTİMİNİN GELECEĞİNE DAİR
NOTLAR
BURCU ŞENYAPILI ÖZCAN

Geçtiğimiz yüzyıldaki teknolojik ilerlemeler, dünyanın ücra köşelerine -ve hatta uzaya bile- insanın ve bilginin ulaşması, tedavi edilemez sanılan hastalıkların iyileştirilebilmesi, daha önce görülmemiş bir hızla mega-şehirlerin inşa edilmesi gibi sonuçlar doğurdu. Bunların başında, gelişmiş dijital araçlar ve üretim teknolojilerinin yarattığı etki gelmekte. Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren kavramlar arasında siber-fiziksel sistemler, nesnelerin İnternet'i, bulut bilgiişleme ve bilişsel bilgiişlem yer alıyor. Günümüzde taşınabilir teknolojilere bağımlılığımız öyle bir noktaya ulaştı ki, kişi başına internete bağlı cihaz sayısı 6.58'e ulaştı. Bu aynı zamanda 7,6 milyarlık dünya nüfusuna karşılık 50 milyar mobil cihaza karşılık gelmekte. Tasarmanın, bilgiye ulaşmanın ve bilgi paylaşımının bu derece kolaylaşıp çoğaldığı ortamlarda yeni araçlar ve yöntemler, mimari tasarım süreçlerini, üretimi ve mimari dışavurumu temelden değiştirebilecek güce sahip gibi görünüyor. Dijital süreçleri mimarlığın her alanına entegre etmenin çok-disiplinli doğası, sayısal düşünme ve yapma kültürünü oluşturmak için kilit bir aşama olmaya devam etmekte. Bunun için, geleneksel olarak birbirinden çok ayrı kabul edilen mimarlık, yapısal tasarım, bilgisayar bilimleri, malzeme bilimleri, kontrol sistemleri mühendisliği ve robotik gibi disiplinlerin artık araştırma potansiyellerini birleştirmeleri gerekiyor.

Mimarinin ve tasarımın sayısal araçlara yönelmesi ile birlikte mimarlık pedagojisi de geri dönülmez bir dönüşüm içine girdi. 1990'ların sonunda dijital araçların sadece bir çizim ortamı olarak ele alındığı mimari eğitim ortamı, günümüzde tasarım stüdyolarından başlayarak tüm eğitim yöntemlerini ve araçlarını farklı seviyelerde ve şekillerde dönüştürmekte. Eskiden mimarlık öğrencilerinin elinden eksik olmayan T-cetveli ve çizim kalemlerinin yerini çoktan diz üstü bilgisayarlar aldı bile. Sanal ve karma gerçeklik teknolojileri ise, bazılarımızın yeni alışmakta olduğu bilgisayar ekranlarının yakında yerini alabilecek güçte, mimarlıkta kullanılmaya başlandı. Öyle ki, artık 3 boyutlu modelleri ve hatta dünyanın diğer bir ucundaki kentleri, tamamen kuşatıcı (fully-immersive) sanal ortamlarda deneyimleme ve bizden uzaktaki insanlarla paylaşma imkanımız var. Karma gerçeklik ise, fiziksel ve dijital ortamları üstü üste çakıştırarak ve hatta ikisi arasındaki etkileşimi sağlayarak çığır açıcı yeni olasılıklar sunmaya şimdiden başladı bile. Ama bedenden tamamen arınmış bu deneyimleme ortamının ve tasarım ortamının tasarlayan-tasarlanan ilişkisini dolaylı hale getirmesi ve temsili aracılığı üstlenen ortama olan koşulsuz bağımlılığı, ileride ciddi olarak üstünde düşünülmesi gereken problemlere gebe.

dosya

TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi Adına
Sahibi ve Yazı İşleri Müdürü
Tezcan Karakuş Candan

YAYIN KURULU
**Yiğit Acar, Emel Akın, Tonguç Akış
T. Elvan Altan, Bülent Batuman
Nuray Bayraktar, Esin Boyacıoğlu
İpek Gürsel Dino, Berin F. Gür
Serpil Özaloğlu**

Dosya Editörü
İpek Gürsel Dino, Günsu Merin Abbas

Dosya Koordinatörü
İpek Gürsel Dino

Yayına Hazırlayan
T. Gül Köksal

Kapak Tasarım ve Uygulama
Saadet Sönmez Gül

Konur Sokak No:4/3 Kızılay Ankara
Telefon:0 312 417 86 65 Fax:0 312 417 18 04
e-posta: info@mimarlarodasiankara.org
http://www.mimarlarodasiankara.org

ISSN 1309-0704

TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi tarafından
yılıda üç kez yayımlanmaktadır.
500 adet basılmıştır. Burada yer alan yazıların içeriğinin
sorumluluğu yazarına aittir. Kaynak gösterilmek koşuluyla
alıntı yapılabilir.
Baskı tarihi: Eylül 2020

Baskı
Desen Ofset A. Ş.
Birlik Mah. 448. Cd. 476. Sk. No:2 Çankaya - Ankara
Telefon: 0 312 496 43 43
info@desenofset.com.tr

Diğer taraftan Endüstri 4.0 ile birlikte gelen gelişmiş dijital fabrikasyon teknolojileri form, malzeme ve performans üçlüsünü modelleme ve simülasyon araçları vasıtası ile birleştirmiş durumda. Akıllı robotlar, nesnelerin interneti (Internet of Things) ve siber-fiziksel sistemler sayesinde artık mimarlıkta da dijital platformların kurduğu bir ekosistemden ve birbirine entegre çalışan çok sayıda ajandan (agent) bahsetmek mümkün. Robotik üretim ve 3 boyutlu yazıcı teknolojileri ile hata yapmadan ve bazen insanların çalışmasının mümkün olmadığı tehlikeli işlerde bile verilen görevi yorulmadan tamamlamak artık mümkün. Fakat aynı zamanda insan iş gücünün ve emeğinin gereksiz hale gelmesi ile büyük ölçekte bir işsizlik problemi ile karşılaşacağımız da bir gerçek. Teknoloji, birçok ülkede iş gücü içinde artan eşitsizliklerin arkasındaki nedenlerden biri. Özellikle az gelişmiş ülkelerde yeni teknolojilere erişimin olmaması ve üretim santrallerinin hızlı kazanımları, ülkeler arasındaki eşitsizlikleri daha da artırma tehdidinde bulunuyor. Eğer kontrol edilmezse, ileri teknolojilerin neden olacağı bu problemlerin toplumlar için çok büyük sonuçları olabilir. Bu sebeple sosyal kurumların ve politikaların teknolojik ilerlemelere yakından ve eleştirel bir şekilde bakması ve nasıl müdahale edileceğine dair planlama yapması kritik bir öneme sahip.

Benzer bir çizgide, gelecekte yok olacak iş alanları arasında yaratıcılık ve doğaçlama gerektirmeyen rutin ofis ve yönetim işleri gelmekte. İngiltere’de 2008’den beri mimarlık hizmetlerine olan talep %40 azalmış durumda. 21. yüzyılın en temel problemlerinden biri, yapay zeka, makina öğrenmesi ve endüstriyel robotlar sayesinde artan otomasyon, iş kaybı ve gelir eşitsizliği olacağı artık kabul görmüş bir gerçek. Mimari ürünlerin artan talep ile birlikte daha büyük, karmaşık ve interdisipliner hale geldiği günümüzde, mimarlık disiplini de geleneksel çalışma yöntemlerini dönüştürmeye ihtiyaç duymakta. Bu anlamda dijital ve sanal teknolojiler, mimarlık ve tasarım alanlarında yaratıcı düşünceyi ve biçim keşiflerini tetiklerken, aynı zamanda eleştirel okumalar ile disiplinde nasıl ve ne ölçüde yer tutacağını da işaretlerini vermekte.

Günlük hayatımızı temelden değiştiren ve iyileştiren teknolojik yeniliklerin aynı zamanda çevresel ve ekolojik olumsuz sonuçlarını deneyimlemeye devam ediyoruz. Örneğin, yapılı çevre ve üretime dayalı karbondioksit salımının azaltılması ve küresel iklim değişikliğinin sadece 2°C’de kalabilmesi için bile tüm inşaat, üretim ve ulaşım sektörlerinin geniş kapsamlı çözüm üretmesi gerektiği artık yadsınamaz bir gerçek. Mimarlıkta kaynakların kullanılması, işlenmesi, inşaat malzemelerinin üretilmesi ve yerine ulaştırılması, büyük ölçekte çevreye zarar vermekte. Bir bina, ekosistem üzerinde uzun vadeli etki bırakmakta, tüketilen enerji ve su, kullanımdan sonra zararlı gazlara ve atık suya dönüştürülmekte. Özellikle artan konfor beklentileri ve nüfus ile birlikte doğal kaynaklar, mimarlıktan kaynaklanan beklentileri karşılayamamakta. Bu sebeple enerji-etkin, sürdürülebilir mimari pratikleri ve yöntemleri gittikçe önem kazanmakta. Gelecekte de ileri malzeme teknolojileri, bina işletim teknolojileri, akıllı ve otonom binalar ve bina-entegre yenilebilir enerji teknolojileri, mimarlıkta artan bir uygulama alanı bulacak gibi görünüyor.

Yeni teknolojilerin mimarlıkla ilişkisini kurgulamak, mimarlık pratiklerini yenilikler ışığında dönüştürmek ve teknolojilerin olumsuz etkilerine karşı çözüm yolları bulabilmek için benzeri görülmemiş ve geniş kapsamlı çözümlere ihtiyacımız var. Meta-temelli sermayeden teknoloji-temelli entelektüel sermayeye geçiş yapan toplumun, üretim sistemlerini ve kültürel yapısını yeniden gözden geçirmek, diğer alanlar yanında mimarlığın da temel görevlerinden biri. Mimarının alışık olduğu yaratıcı ve eleştirel düşünme, dünyamızı yenilemek için ihtiyaç duyduğumuz ileri ivmeyi yaratırken, mimari çevreyi ve kentleri daha yaşanılabilir ve sağlıklı hale getirme gücüne sahip. Mimarlar ve tasarımcılar karmaşık küresel sorunları tek başına çözemese de bu kritik mücadeledeki en önemli oyuncularından biri. Buradan yola çıkarak, bu sayıda gelişen teknolojiler, değişen-dönüşen mimarlık pratiği ve teorisi odağında birçok farklı yönden ele alınmakta.

Arzu Gönenç Sorguç ve Müge Kruşa Yemişcioglu, *Endüstri 4.0* ile birlikte *Fabrika 4.0* ve *Mimarlık 4.0* ile gelen mimari üretimdeki dönüşümü uygulanmış örnekler ve bu dönüşümün mimarlık literatürüne sunduğu birlikte-işlerlik, modülarite, sayısal ikizlik gibi kavramlar üzerinden ele alırken, farklı üretim teknolojilerinin potansiyellerini anlamanın tasarım ve inşa süreçleri arasındaki diyalogu kurmaktaki önemini vurguluyor. Bu bağlamda, **“Mimarlıkta Fabrikasyon Teknolojileri ve Endüstri/Mimarlık 4.0”** isimli yazılarında, yeni üretim, temsil yöntemleri ve malzeme araştırmasının mimari tektoniği nasıl değiştirdiği sorusu da sorulmakta.

Elif Erdine, **“Mimarlıkta Robotik Üretimin Günümüzü ve Geleceği”** başlıklı yazısında, dönüşen mimari üretimde prototipleme, simülasyon ve biçim-bulma süreçlerini ve yöntemlerini Architectural Association (AA) School bünyesinde gerçekleştirilen uygulamalar üzerinden örneklendiriyor. Mimari problem, kullanı-

lan dijital simülasyon araçları ve robotik üretim metotları arasındaki malzeme ve ölçek ilişkisine odaklanarak bu süreçlerde disiplinler-arası iletişimin ve araştırmanın önemini vurgularken mimarlığın bu disiplinler-arası iletişimde kendisini yeniden kurması gerektiğinin de altını çiziyor.

Leman Figen Gül, “Sanal Mecralarda Mimari Tasarımın Dünü ve Bugünü” başlıklı yazısında, mimarlıkta yaşadığımız dijital dönüşüm sürecinin sadece meslek pratiğini değil, aynı zamanda kullanıcıların da yapılı çevredeki yaşam pratiğini değiştirdiğine işaret ediyor. Yaşadığımız çevreye entegre edilmiş bilgi iletişim teknolojilerinin, nesnelere internetinin ve sanal mecraların mimarlıktaki kullanımının fiziki ortam, algı ve mimarın tasarım zemini üzerindeki dönüştürücülüğünü tarihsel bir çerçevede ele alırken, bu teknolojilerin disiplinler-arası pratikteki uygulamalarından örnekler sunuyor.

Birçok disiplin, dünyayı yaşanabilir kılmak için yollarını ararken bir yandan da ufku diğer gezegenlere doğru genişletiyor, dünya-dışı yerleşimleri hedefliyor. Bu bağlamda **Kürşad Özdemir, “Mars’ta Ev Yapmak”** başlıklı yazısında insanlığın olası Mars’a yerleşme serüveninden söz ediyor, yerleşim için gezegenin atmosferik yapısını, gelişen yapı teknolojilerinin bu kapsamda potansiyel kullanımını güncel gelişmelerle birlikte değerlendiriyor ve Mars’taki gelecek yerleşim senaryolarını kuruyor.

Osman Balaban ise, **“Yeşil Ekonomi ve Akıllı Kent Tartışmaları Ekseninde Yeni Kentsel Gelecek”** başlıklı yazısında günümüz dünya kentlerinin ve kentlilerinin en önemli iki sorunundan, gezegeni tehdit eden mevcut düzenden kaynaklı ‘ekonomik’ ve ‘ekolojik’ ikili krizinden söz etmekte. Dünya kentlerinin geleceğini yeşil ekonomi ve akıllı kent tartışmaları ekseninde ele alırken, güncel ekolojik ve ekonomik krizlerin geleceğimizin kentlerinde kentli için nasıl dönüşmesi gerektiğini anlatıyor.

Güzden Varinlioğlu, “Zaman Kapsülünde Kültürel ve Doğal Miras” başlıklı yazısında kültür ve doğal mirasın belgelenmesi, temsili ve yaygınlaştırılmasında dijital araç ve yöntemler üzerine odaklanıyor ve yapay zeka ile zenginleşen dijital yöntemlerin geleneksel yöntemlerle olan birlikteliğini kültürel miras ve koruma açısından değerlendiriyor. Bu araçların sanal eserlere dönüştürdüğü kültürel ve doğal miras zamansızlaşarak geçmiş-gelecek arasında mekandan bağımsız bir köprü kuruyor ve aynı zamanda geleceğin yapay zekası için de bir veri sağlayacağına altını çiziyor.

Burcu Şenyapılı, “Mimarlık Eğitiminin Geleceğine Dair Notlar” başlıklı yazısında Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen yapay zeka, makine öğrenmesi, kodlama ve sanal/artırılmış/karma gerçeklik teknolojilerinin değişen mimarlık gündemi ile birlikte dönüşmesi beklenen mimarlık eğitimi ile nasıl sürdürülebileceğinin resmini çiziyor.

Sonuç olarak, barınma ihtiyacımızla başlayan, Vitruvius ile görünürlük kazanan, Perrault ve Durand ile analitik bir zemin kazanmak üzere dönüşmeye çalışan, Modern ile geçmişle bağlarını koparan, Post-modern ile Modern’i reddeden ve geçmişini gününde arayan mimarlık serüvenimiz, son 20 yılda bilişim teknolojilerinin sürece hızla ve etkin olarak dahil olmasıyla birlikte insanlık tarihindeki en hızlı dönüşüm sürecine başlamış görünüyor. Bu dönüşümün tarihsel geri planından, dünya kentlerinin geleceğine, dünya kentlerinden uzaydaki olası mimarlık teknolojilerine, araçlarına, araçlarından malzemelerine, malzemelerinden kullanıcılarına uzanan kesitler sunan bu sayının keyifle okuması dileğiyle...

Günümüz pandemi koşullarında dahi bizlere katkı sağlayan yazarlarımıza, sayının koordinatörlüğünü üstlenen Gül Köksal’a, grafik tasarımını yapan Saadet Sönmez Gül’e ve Mimarlar Odası Ankara Şubesi’ne değerli emekleri için içten teşekkürlerimizle.

İpek Gürsel Dino

İpek Gürsel Dino, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Sayısal tasarım konusundaki eğitimini Carnegie Mellon Üniversitesi (ABD) ve Delft Teknik Üniversitesi'nde almış, ve bu sürede sürdürülebilir bina tasarımı, enerji verimliliği, iklim değişikliği ve sanal gerçeklik konularında araştırma projeleri yürütmüştür. Halen ODTÜ Mimarlık Bölümü'nde mimari tasarım, sayısal tasarım ve performans-temelli mimarlık konularında ders vermekte ve aynı konularda yüksek lisans ve doktora tezleri yürütmektedir.

Günsu Merin Abbas

Günsu Merin Abbas, İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü'nde 2011 yılında tamamladığı lisans eğitiminin ardından, yüksek lisans çalışmalarına ODTÜ'de sayısal tasarım ve üretken tasarım sistemleri odağında devam etmiştir. Doktora çalışmalarına performans-temelli tasarım ekseninde ODTÜ Mimarlık Doktora programında devam etmektedir. Aynı zamanda, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde tam zamanlı öğretim görevlisi olarak çalışmakta, hesaplamalı tasarım ve yapı bilgi modellemesi derslerine girmekte ve uluslararası projelerde görev almaktadır. Araştırma alanı sayısal tasarım, performans-temelli tasarım, yapı bilgi modellemesi ve bu bağlamda fiziksel ve dijital araçların birlikte kullanımına odaklanmaktadır.

Gelecek, Teknoloji ve Mimarlık

Teknolojik gelişmeler ve Endüstri 4.0, gerek günlük gerekse profesyonel hayatın her katmanında büyük ölçekli değişimlere neden oldu, olmaya da devam etmekte. Bu gelişmelerle hayatımıza giren siber-fiziksel sistemler, nesnelerin İnternet'i, bulut bilgiişlemi ve bilişsel bilgi işlem gibi kavramlar sadece ilgili alanları değil günlük hayat pratiğini yapıyı çevre bağlamında da değiştirmekte. Akıllı konutlardan akıllı kentlere, sayısal üretimden tasarım pratiklerine ve mimarlık eğitime uzanan geniş bir alanı etkilemekte ve disiplinler-arası ve çoğu zaman da disiplinler-üstü tutumu, iş birliklerini, araştırmayı ve aktörlerin gerekliliğini de beraberinde getirmekte. Bu bağlamda mimarlık ve tasarım alanının kendini bu açık ve çoklu zeminde yeniden tanımlaması ve üretmesi kaçınılmaz. Mimari kimlik ve dışavurumun yanı sıra, bu çok katmanlı değişimin dönüştürdüğü pratiklerin de mimarlık ve tasarım zemininde ele alınması öncelikli. Bir yandan bu değişim süregelirken, bir yandan da her gün daha da büyüyen ve olumsuz sonuçları global ölçekte gözle görülür hale gelen ekolojik ve ekonomik krizler de mimarlığın çözüm arayışında olduğu katmanlardan. Yeni teknolojilerin bu krizlere çözüm olup olamayacağı ise bu teknolojilerin araştırma alanlarından meslek pratiğine taşınması gerekliliğini gündeme getiriyor. Bu aşamada bu sayı, Endüstri 4.0 ile mimarlık pratiğini dönüştüren katmanları ve faktörleri birer birer ele alırken, mimarlığın teknoloji ile dönüşen güncel durumuna ve şekillenen geleceğine dair senaryoları tartışıyor.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, sayısal tasarım, robotik üretim, sanal çevre, kentsel gelecek.

Future, Technology and Architecture

The recent advances in technology and Industry 4.0 initiated drastic changes in different scales in our daily and professional practices in architecture. With Industry 4.0, a number of concepts influence our lives such as cyber-physical systems, Internet of Things (IoT), cloud computing and cognitive computing, and have been changing not only our daily practices but also our built environments. The change in the broader scope from smart housing to smart cities, from digital fabrication practices to design computing and architectural education, has also brought the need of interdisciplinary and supra-disciplinary attitudes, collaboration, research, and its actors. In this respect, design and architecture have to redefine their scope and practices through and within such diverse ground. With architectural identity and expression, the changing and transforming practices by the advancements must be discussed in detail with its multi-layered structure and aspects. In line with the technological advancements, economic and ecological crises are other noticeable problems that architecture has been seeking solutions for. The adoption of technological advancements must also replace conventional architectural practices to be a permanent solution for our economic and ecological crisis. In this respect, this issue aims at discussing each layer of these changes, while making projections for the future of architecture.

Keywords: *Industry 4.0, design computing, robotic fabrication, virtual environments, urban future.*

“MİMARLIKTA FABRİKASYON TEKNOLOJİLERİ VE ENDÜSTRİ/MİMARLIK 4.0”

Arzu Gönenç Sorguç, ODTÜ, Müge Kruşa Yemişcioğlu, ODTÜ

18. yüzyılda üretimde buhar makinalarının yer alması ile ilişkilendirilen ilk Endüstri Devrimi, 20. yüzyıl başında seri üretimin gündeme gelmesi ile yerini 2. Endüstri Devrimi'ne bırakırken, bilgisayarların ve dijital teknolojilerin gelişmeye başladığı 1960'lar 3. Endüstri Devrimi'nin başlangıcı olarak tanımlandı. 2000'li yıllarla birlikte internetin ve bilgi teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması, siber-fiziksel sistemlerin ortaya çıkması ile halen içinde olduğumuz 4. Endüstri Devrimi'nin başladığı kabul edildi.

4. Endüstri Devrimi sadece teknolojileri değil, teknoloji ile bireylerin/toplumların ilişkilerini değiştirmekte, yeni ekonomik değerler ve modeller üretmekte, geleneksel üretim ve fabrika anlayışı da süreçte dönüşmektedir. Tanık olduğumuz bu değişimin hızı ve derinleşen etkisi, birçok yeni fırsat yaratırken, beraberinde olası yeni problemleri de getirmekte, alışageldiğimiz günlük pratiklerimizi, öğrenme, üretme biçimlerimizi yeniden düşünmeyi gerektirmektedir.

İçinde bulunduğumuz bu sürecin en çok dile getirilen çıktısı Endüstri 4.0 kavramıdır. Endüstri 4.0'ın en temel özelliklerinden biri, her alanda “daha iyiyi üretme/inşa etme isteği” olarak tanımlanabilir. Bu isteğin imalat ve fabrikasyon teknolojilerine yansımaları ise **birlikte işlerlik**

(interoperability), **birimsellik** (modularity), **sayısal ikiz** (digital twin), **esneklik** (flexibility) olarak özetlenebilecek kavramların teknolojiyi ve üretme eylemlerini dönüştürmesidir¹.

Bu dört kavramla birlikte özetlenecek dönüşümde dokuz temel teknoloji belirleyici olmaktadır. Bu teknolojiler; otonom robotlar, simülasyon teknolojileri, büyük veri ve analizi, artırılmış gerçeklik, eklemeli üretim, bulut teknolojisi, siber güvenlik, endüstrinin interneti ve yatay/dikey sistem entegrasyonu olarak sayılabilir.

Söz konusu teknolojiler günümüzde her alanda karşımıza çıkmakla birlikte, özellikle ham maddeden üreticiye, üreticiden tüketiciye ve hatta sonrasını da içeren “akıllı” üretim biçim ve süreçleri, Fabrika 4.0 olarak tanımlanmaktadır.

Birçok paydaşı olan mimari tasarım ve inşaat süreçleri de Endüstri 4.0 ile birlikte sorgulanmakta ve farklı ölçeklerde değişime uğramaktadır. Bu dönüşüm mimarlık alanında Mimarlık 4.0 olarak tanımlanabilir. Tasarım süreçlerinin bina bilgi modelleri ile birlikte, sürecin tüm paydaşlarının katılımı ile şekillenmesi, sadece tasarım ve yapım aşaması ile değil yapıların tüm yaşam döngülerinin de bu sürecin bir parçası olması, akıllı ve etkileşimli yapılar, inşaat teknolojilerinin hızlı değişimi,

yeni malzemeler ve tüm bunların sonucu ortaya çıkan yeni mimari tektonik Mimarlık 4.0'ın temel özellikleri olarak kabul edilebilir.

Mimarlık ve Fabrikasyon Teknolojileri

Endüstri 3.0 ile başlayan ve Endüstri 4.0 ile yeni bir evreye giren üretme eylemi, bilgi teknolojileri ve hesaplamalı tasarım ile birlikte, mimarlıkta **dosyadan fabrikaya** (file to factory)² anlayışını ortaya çıkarmıştır. Bu anlayış ile birlikte, mimarlık farklı imalat/fabrikasyon/üretim teknolojilerini tasarım ve inşaat aşamalarında deneyimlemeye başlamış, günümüzde ise bu anlayışın sonuçları farklı ölçeklerde tasarım ve inşaat süreçlerinde görülmektedir. Bir yanda eklemeli tasarım ile model ve son ürün arasındaki sınırlar kaybolmakta, robotik üretim ile yeni malzeme ve yapı elemanları araştırılmakta, öte yanda inşaat süreci endüstriyel bir montaj hattına evrilererek farklı yerlerde farklı biçimlerde üretilen yapı elemanlarının bir araya getirildiği, yönetildiği bir sürece dönüşmektedir.

Bilgi(sayar) teknolojilerinin tasarımcıya sunduğu olanaklar ve sayısal ortamın biçim üretmede verdiği özgürlük, bir diğer deyişle siber malzemenin tasarımı şekillendirmesi, tasarımın fiziksel malzemeye aktarımında algılayıcıların (sensors), çalıştırıcıların (actuator) kullanılmasını gerektirmektedir. Bir anlamda malzeme, veri katmanları ile birlikte şekillenmekte, etkileşim ve tepkime kavramları da tasarım ve inşa süreçlerinde önemli farklılıkları beraberinde getirmektedir. Dronların ve cobotların (collaborative robots) tüm imalat, üretim ve inşa süreçlerine girmesi, lazer tarayıcılar ile yapılan ölçüm, bulut tabanlı modeller, artırılmış gerçeklik, blok zinciri teknolojisi (blockchain) ve yapay zekanın da tüm tasarım bileşenlerinde ve inşa süreçlerinde rol oynaması ile birlikte mimari tasarım, yeni bir üretme ve inşa etme sürecine girmiştir. Tüm bu gelişmelerin sonucunda, biçim, malzeme, üretim arasındaki ilişki yeniden ve çok boyutlu olarak ele alınmak ve karmaşık çok boyutlu sanal modellerin fiziksele aktarılması yeni ve farklı bakış açıları gerektirmektedir.

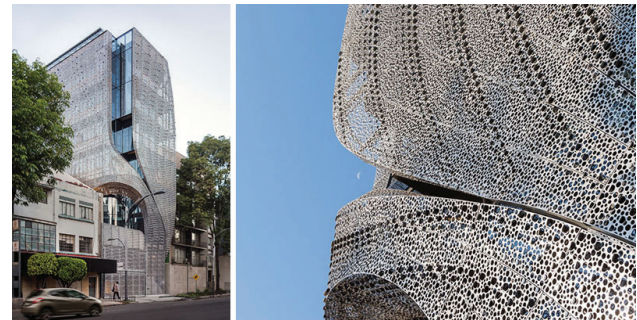
Bu bağlamda üretim teknolojilerinin mimarlıktaki etkilerini daha iyi anlamak için farklı üretim teknolojilerinin potansiyellerini anlamak, tasarım ve inşa/yapma eylemi arasındaki diyalogu doğru kurmak açısından büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda farklı tasarım ve üretim teknolojilerinin yapıyı çevreye ve mimariye yansımalarına bakıldığında iki önemli durum gözlenmektedir:

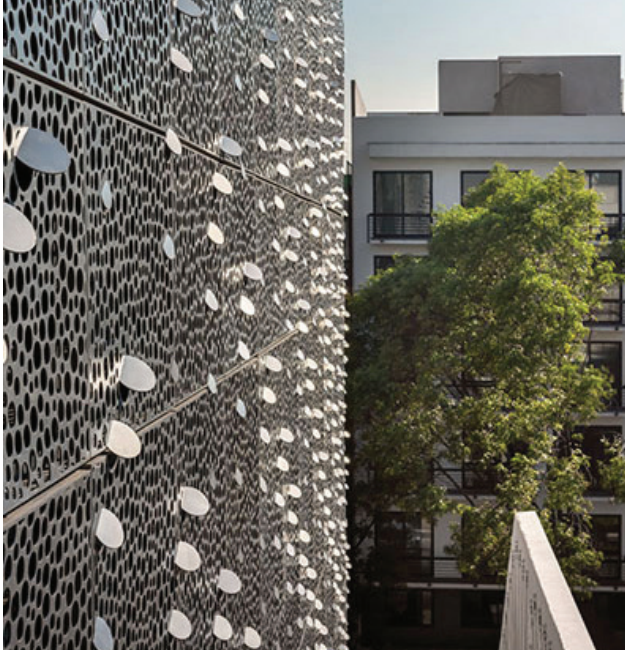
farklı ve karmaşık modellerin elde edilmesinde yaygın kullanılan yazılımların biçimsel dili ve "loft", "extrude", "sweep" gibi işlemler ile "panelling", "weaving", "layering" vb. temel eylemler; bu modellerin fiziksele dönüştürülmesinde kullanılan üretim ve malzemeye bağlı ölçek, detay, malzeme ve hassasiyet. Bir diğer önemli dönüşüm de, tüm bu teknolojilerin erişilebilirliğinin artması ve çoklu disiplinli tasarım süreçleri ile, mimarlar, tasarım araştırma grupları, eğitim kurumları birçok yeni yapı ya da yapı elemanı geliştirerek deneysel, yenilikçi çalışmalar ile karşımıza çıkmaktadır.

Hesaplamalı tasarımda yaygın kullanılan yazılımlar ile birlikte farklı ölçeklerde, kabuk tasarımları ve deneyselliğin önde olduğu pavilyonlar biçim-malzeme-üretim ilişkisini göstermektedir. Örneğin panellenerek ("panelling") ya da ışık ısı kontrolü amacı ile performatif ya da görsel amaçla yüzeylerde kullanılan örüntüler ile edilen tasarımlar "kesme" işlemlerini her ölçekte öne çıkarmıştır. Özellikle lazer, su jeti ve uygun CNC'ler ve robotlar ile yapılan ve plakaların ve eğrisel yüzeylerin, hassas biçimde kesilmesi ve bir araya getirilmesi ile elde edilen birçok örnek bulunmaktadır.

Yeni teknolojiler ile yapılan kesme (cutting) işlemi bir yandan yeni malzemeleri gündeme getirirken diğer yandan ise taş ve ahşap gibi malzemelerin de yeniden ve farklı hassasiyet ve ölçeklerde kullanımına olanak vermektedir. Ayrıca kesme işlemi, özellikle lazer kesicilere kolay erişilebilmesi ve mukavva gibi ucuz malzemelerden, kompozitlere uzanan çok farklı malzemelerin kesilebilmesi ve şekillendirilebilmesi önemli bir tasarım araştırma aracı haline gelmiştir. Görsel 1'de gösterilen karbon çelik ofis binasında hem tasarım hem üretim hem de kesme işlemlerinin etkisini sergilemektedir (**Görsel 1**).



Görsel 1: ↓ →



Görsel 1: Belzberg Mimarlık, Mexico City, Ofis Binası, Karbon Çelik Kabuk (<https://www.contemporist.com/building-in-mexico-city-perforated-steel-facade/>). (ET:02.06.2020)

Birçok deneysel çalışmaya imza atan ICD/ITKE Grubu, sayısal tasarım ve üretim teknolojilerinin kullanımı ile ahşabın gerek biçim gerekse performansının sınırlarını zorlamaktadır. Grubun son yaptığı çalışmalardan biri olan Urbach Kulesi yeni araştırmalar için de özendirici olmaktadır (**Görsel 2**).

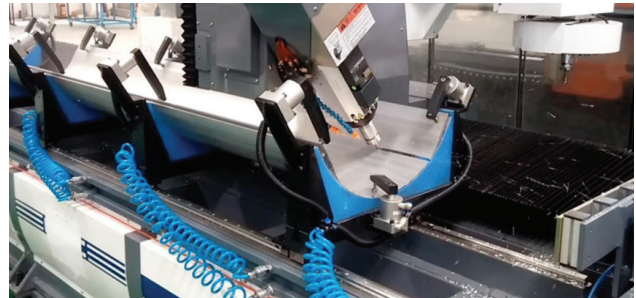


Görsel 2: →



Görsel 2: ICD/ITKE, Urbach Tower, Ahşap Kule (<https://www.designboom.com/architecture/urbach-tower-self-shaping-wood-icd-itke-stuttgart-05-20-2019/>). (ET:02.06.2020)

Kesme işlemi gibi CNC freze ve robotlar ile farklı malzemeler ile üç boyutlu şekillendirme işlemleri de yine birçok örnekte görülmektedir. Örneğin 13000 kanatçıktan oluşan ve CNC işlemleri ile şekillenen cephesi ile Xiqu Center sayısal tasarım ve üretim teknolojilerinin birlikte kullanımını göstermektedir. (**Görsel 3**).



Görsel 3: Revery Architecture and Ronald Lu & Partners, XiquCentre, 13 000 kanatçıktan oluşan cephe (https://www.architectmagazine.com/technology/architectural-detail/xiqu-centres-facade-ripples-with-13-000-fins_o).

Kalip teknolojilerindeki gelişmeler, eklemeli imalat yolu ile kalıp ya da nesnenin kendisinin üretilmesinin kolaylaşması, robotların inşa süreçlerine girmesi ile birlikte beton yapı elemanlarının da tasarım ve üretiminde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu gelişmeler sadece farklı formların elde edilmesini değil, betonarme alanında birçok yeniliği getirmiş, kompozit malzemelerin de binalarda kullanılmasının yolunu açmıştır. Danimarka Teknoloji Enstitüsü (Danish Technological Institute) önderliğinde bir araya gelen ve AB tarafından desteklenen bir araştırma grubu betonun sayısal tasarım ve üretim teknolojileri ile birlikte üretimi üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bu çalışmaların sonuçlarından biri, grupta bulunan Superpool tarafından tasarlanan ve robot yardımı ile şekillendirilen kabuktur. Geleneksel kalıp ve inşa yöntemlerinden farklılaşan kabuk bu alanda son yıllarda yapılan araştırmalara iyi bir örnektir (**Görsel 4**).



Görsel 4: → ↑



Görsel 4: Superpool, BetonKabuk (<https://www.archdaily.com/580477/tailorcrete-seeks-to-revolutionize-concrete-fabrication>) (ET:02.06.2020)

Bir diğer ilgi çekici örnek ETH Zürih kökenli Block Research Group tarafından hafif konstrüksiyon ve sürdürülebilir yapı örneklemesi için kullanılan NEST binasında, ön gerilimli kablo ve tekstil kalıp kullanılarak yapılmış olan ince beton kabuk HiLo'dur. ETH Zürih Robotik Fabrikasyon Laboratuvarı'nda inşa edilen HiLo, geleneksel bir iskele sistemi ile ileri teknolojilerle üretilen ön gerilimli kablo ağı ile şekillenen çift yönde eğimli bir kabuktur. Birçok farklı teknolojinin ve beton güçlendirme stratejisinin uygulandığı HiLo birçok benzer çalışma için de örnek oluşturmuştur³. (**Görsel 5**).



Görsel 5: ↓ →



Görsel 5: Block Research Group, ETH Zurich, HiLo, Beton-Kabuk (<http://www.summum.engineering/portfolio/nest-hilo/>). (ET:02.06.2020)

Kuşkusuz üretim teknolojileri düşünüldüğünde üç boyutlu ve dört boyutlu yazıcılar her alanda olduğu gibi mimarlık alanında da yeni olanaklar yaratmış ve olanaksız denemeler hayata her ölçekte geçmeye başlamıştır. Tasarımın her aşamasında kullanılan üç boyutlu yazıcılar ile model ve/veya prototip ve gerçek nesne arasındaki sınırlar kaybolmaya başlamıştır. Özellikle parametrik tasarım yaklaşımı ile ortaya çıkan karmaşık modellerin çözümlenmesinde, hayata geçirilmesinde eklemeli üretim ve üç boyutlu yazıcılar sanal ve gerçek arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Plastikten, reçineye, kilden metal tozuna, titanyumdan seramiğe, tuzdan betona birçok malzemenin kullanılabildiği üç boyutlu yazıcılar, sahada robotik üretim aracılığı ile inşaat eylemini de dönüştürmeye başlamıştır.

Geleneksel kalıp ve üretim teknikleri ile üretilmesi mümkün olmayan veya üretilmesi çok pahalı olan birçok tasarım bugün büyük bir hassasiyetle bu teknolojiler sayesinde yaşama geçmektedir. Yazıcıların tabla boyu ile sınırlı olan üretim, son

yıllarda ölçeğini büyütmüş ve sayıları her gün artan birçok yeni yapı çevremizde yer almaya başlamıştır. Eklemeli üretimin esnek kullanımı mimarlığı yeryüzünden uzaya taşımış ve uzayda yaşam konulu birçok yarışmada yapı üretme biçimi olarak araştırmaları daha ileri boyuta taşımaya başlamıştır. Üç boyutlu yazıcılar günümüzdeki tektonik anlayışını da dönüştürmektedir. Emerging Object grubu tarafından yerel olarak elde edilen tuz ile yapılan Saltygloo pavyonu birbirinden farklı 336 modülden oluşurken üç boyutlu yazıcıların kullanım potansiyellerini gösteren ilk örneklerden biri olmuştur (**Görsel 6**).



Görsel 6: Emerging Objects Group, SaltyglooPavillion, üç boyutlu yazıcı ve tuz kullanımı ile üretilmiş kabuk (<https://www.dezeen.com/2013/12/12/3d-printed-salt-pavilion-emerging-objects/>). (ET:02.06.2020)

Aynı grup, farklı malzeme kullanımları ve üç boyutlu yazıcılar ile tasarım araştırmalarını kum ile sürdürmüş ve Quake Kolonu tasarlayıp üretmiştir. Inka taş işçiliği ve mimarisinden esinlenen Quake kolon, depreme dayanıklı olacak şekilde ve harç kullanmayı gerektirmeyen detaylar ile yapılmıştır. (**Görsel 7**).



Görsel 7: Emerging Objects Group, Quake Column, kum kullanılarak üç boyutlu yazıcı ile (http://www.emergingobjects.com/project/quake-column/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com). (ET:02.06.2020)

Öte yanda Dillenburger ve Hansmeyer tarafından hücre bölünmesinden esinlenilerek tasarlanıp hayata geçirilen "Digital Grottesque" üç boyutlu yazıcıların kompleks formları nasıl üretebileceğini göstermiştir. **(Görsel 8).**

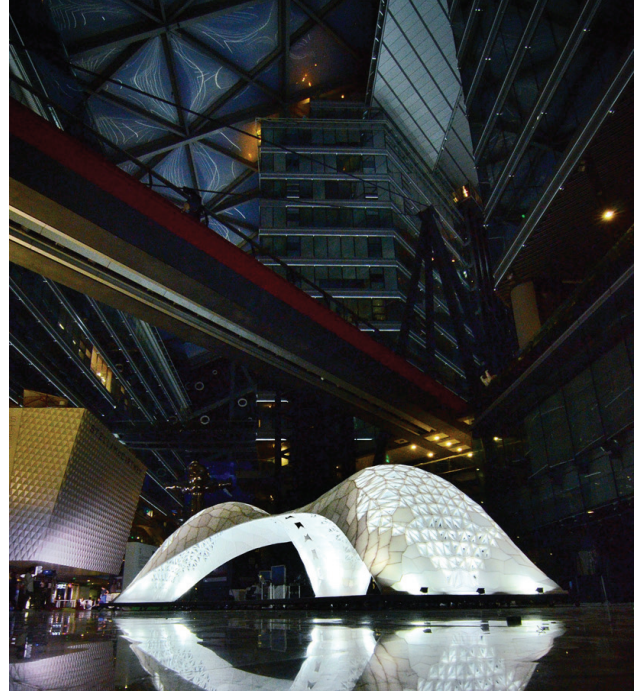


Görsel 8: → ↑

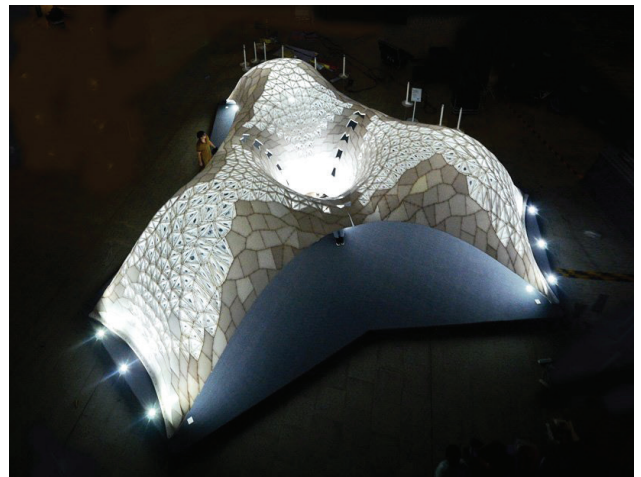


Görsel 8: Dillenburger ve Hansmeyer, Digital Grottesque (https://inhabitat.com/digital-grottesque-architecture-duo-set-to-unveil-entirely-3d-printed-room-next-month/). (ET:02.06.2020)

2015 yılında Beijing's Laboratory for Creative Design'dan Yu Lei ve Xu Feng, Guinness Rekorlar Kitabı'na üç boyutlu yazıcı kullanarak ürettikleri Vulcan Pavyonu ile girmişlerdir. **(Görsel 9).**



↓ →

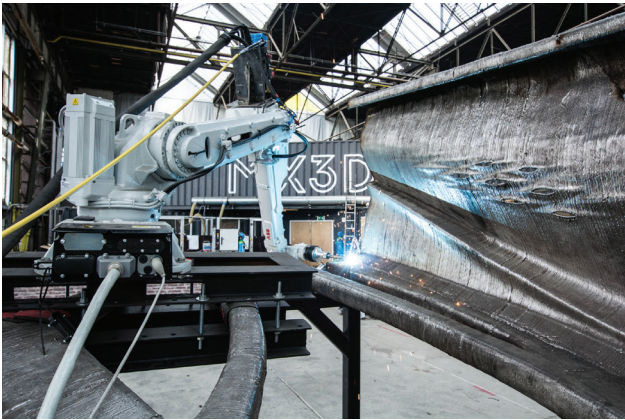


Görsel 9: ↓ →



Görsel 9: Beijing's Laboratory for Creative Design'dan Yu Lei ve Xu Feng, Vulcan Pavillion, 1023 farklı modül (<https://www.designboom.com/architecture/vulcan-beijing-design-week-bjdw-largest-3d-printed-architectural-pavilion-parkview-green-10-07-2015>). (ET:02.06.2020)

2018 yılında Hollandalı robotik şirketi MX3D ve Arup, Hollanda Tasarım Haftası'nda paslanmaz çelik malzeme kullanılarak çok akslı endüstriyel robotlar özel tasarlanmış uçlar ile eklemeli tasarım yöntemiyle üretilmiş ilk köprüyü tamamlamıştır (Görsel 10).



Görsel 10: → ↑



Görsel 10: →



Görsel 10: MX3D ve Arup, Paslanmaz Çelik Köprü (<https://www.dezeen.com/2018/04/17/mx3d-3d-printed-bridge-joris-laarman-arup-amsterdam-netherlands/>). (ET:02.06.2020)

Bir yanda bu ve benzeri örneklerin sayısı her geçen gün artarken, diğer yanda eklemeli üretim hızlı, ucuz ve basit malzemeler ile üretilen barakalardan, kolay ulaşılabilir konutların inşasına kadar birçok farklı işlev ve ölçekte kullanılmaya başlanmıştır. Önümüzdeki yıllarda artan maliyetler, ekonomik ve çevresel krizler ile birlikte küresel ölçekte evsiz sayısında önemli bir artış olacağı ön görülmektedir. Bu bağlamda üç boyutlu yazıcı tekniği ile üretilen ve üretilcek konutların önemi şimdiden anlaşılmaktadır.

Mexico City’de evsizliği azaltmak üzere üç boyutlu yazıcılar ile üretilmiş konutlardan oluşan bir mahalle oluşturulmuştur. Çok hızlı ve düşük maliyetli bu konut üretme biçimi acil durumlarda ve felaket sonrasında ortaya çıkan konut gereksinimine de çözüm olabilecektir (**Görsel 11**).



Görsel 11: → ↑



Görsel 11: New Story ve ICON, Mexico City ucuz konutlar, (<https://www.archdaily.com/930556/worlds-first-3d-printed-community-minimises-homelessness-in-mexico>) (ET:02.06.2020)

Dubai’de üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile inşa edilen dokuz metre yüksekliğinde, 640 metrekarelik iki katlı idari yapı yine bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Apis Cor tarafından geliştirilmiş ve sahada, zorlu iklim koşullarında çalışabilen üç boyutlu yazıcılar eklemeli üretimin inşa potansiyellerini göstermektedir (**Görsel 12**).



Görsel 12: Apis Cor, Dubai üç boyutlu yazıcı ile üretilen ilk çok katlı yapı (<https://www.3dnatives.com/en/apis-cor-largest-3d-printed-building-261020194/>) (ET:02.06.2020)

Üretim teknolojilerinin mimarlığa yansımada gerek endüstriyel robotların gerekse cobotların kullanımı birçok yenilikçi tasarımı da beraberinde getirmektedir. Yukarıda sözü edilen örneklerin yanı sıra, doğadan esinlenerek tasarlanmış ve sıra dışı malzemeler kullanılarak dokunmuş/örülmüş farklı ölçeklerdeki yapı örneklerini de görmekteyiz. MIT Media Lab. tarafından tasarlanan ve bio-esinli üretim olarak 2013 yılında tamamlanan kabuk

önemli bir dönüm noktasıdır. Robotik üretim ile dokunarak elde edilmiş birincil strüktür ve 6500 ipek böceği ile elde edilen ikincil strüktür CNC üretim araştırmaları için de veri sağlamıştır (Görsel 13).



Görsel 13: MIT Media Lab, Silk Pavillion, Bio-esinli üretim, (<https://www.archdaily.com/384271/silk-pavilion-mit-media-lab>) (ET:02.06.2020)

Achim Menges'in ITKE'de takımı ile birlikte sürdürdüğü bir seri araştırma ile karbon fiber ile robotik üretim kullanarak örme/dokuma yöntemi ile birçok deneysel pavyon inşa etmiş, doğa-esinli ya da doğa-öğrenili tasarım yaklaşımlarının hayata geçirilmesinde farklı teknoloji ve malzeme kullanımının potansiyellerini sergilemiştir. Robot ve dronların birlikte kullanıldığı ve güve ağılarından esinlenilerek tasarlanıp üretilen pavyon hem karbon fiberin farklı kullanımı hem de robot ve dronların birlikte kullanımını örnelemiştir (Görsel 14).



Görsel 14: →



Görsel 14: ICD/ ITKE, Research Pavillion, (<https://www.treehugger.com/green-architecture/drone-robot-woven-carbon-fibre-pavilion-icd-itke-university-stuttgart.html>) (ET:02.06.2020)

Bugün ve Gelecek

Günümüzde hızla gelişen teknolojiler, her alanda sürdürülen disiplinler arası ve disiplinler ötesi araştırmalar, mimarlık tasarım ve üretim süreçlerini de dönüştürmekte ve biçimden biçimlenmeye (form to formation)⁴ anlayışı çok daha genişleyerek üretme/inşa etme ve yapının yaşam döngülerini de içine alan bir anlayışı gerektirmektedir. Artık Endüstri 4.0'ın yeni bir dönüşüme yerini bırakacağı sıklıkla karşıma çıkan bir tartışmadır. Kimilerince yeni bir dijital ekosistem ile tariflenmeye başlayan bu yeni dönem, bilgi toplumu ve bilgi ekonomisi hedefleri ile her alanda beklentileri farklılaştıracak ve her disipline yeni sorumluluklar verecektir. Kuşkusuz bu paradigmatik dönüşümde mimarlık ve tasarımın önemli bir rolü olacaktır. Bir yanda sayısal ortamın verdiği biçimsel özgürlük ile büyük veri, bulut teknolojileri, sayısal ikizler, yapay zekâ, her aşamada artırılmış gerçeklik ve/veya sanal gerçeklik ile ve/veya hızlı prototipleme araçları ile model üretebilme de tasarım süreçlerinin doğal bir parçası olurken, öte yanda tüm bu tasarımların yaşama geçirilmesinde üretim teknolojileri ve malzeme araştırmaları belirleyici olacaktır. Bu bağlamda artık çok daha fazla tartışılması gereken ve belki de dijital tektonik⁵ olarak tarifleyebileceğimiz sayısal tasarım modelinin, fiziksel ortamdaki tektoniğini malzeme ve üretim teknolojileri belirleyecektir.

DİPNOTLAR

- ¹ <https://www.forbes.com/sites/annashedletsky/2019/09/17/blueprint-for-industry-40-what-manufacturers-must-do-today-industrial-innovation-digital-factory/#daa0a5853060>(ET: 02.06.2020)
- ² Kolarevic (2003) Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing, SponPress, New York.
- ³ <https://block.arch.ethz.ch/brg/project/full-scale-construction-prototype-nest-hilo-shell-roof>(ET: 02.06.2020)
- ⁴ Sorguç, Özgenel, Küçüksabaşı, Kruşa, Ülgen (2016) Biçim Arayışında Sayısal İmalat-Üretimin Dönüştürücü Gücü, X. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.
- ⁵ Neil Leach, Digital Tectonics (Wiley, 2004)

KAYNAKÇA

- Kolarevic (2003) Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing, SponPress, New York (2003)
- Leach (2004) Digital Tectonics, Wiley.
- Sorguç, Özgenel, Küçüksabaşı, Kruşa, Ülgen (2016) Biçim Arayışında Sayısal İmalat-Üretimin Dönüştürücü Gücü, X. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.
- <https://block.arch.ethz.ch/brg/project/full-scale-construction-prototype-nest-hilo-shell-roof>
- <https://www.forbes.com/sites/annashedletsky/2019/09/17/blueprint-for-industry-40-what-manufacturers-must-do-today-industrial-innovation-digital-factory/#daa0a5853060>

Arzu Gönenç Sorguç

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerini Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Eğitimi süresince, araştırma görevlisi olarak da görev almış ve doktora eğitimi sırasında NATO bursu ile Delft Teknoloji Üniversitesi'nde akustik ve gürültü kontrolü alanında çalışmalar yürütmüştür. Doktora eğitiminin ardından post-doktora araştırmaları için gittiği Tokyo Teknoloji Enstitüsü ve Meiji Üniversitesi'ndeki araştırmacılar ile halen ortak çalışmalar yürütmektedir. 1998 yılından itibaren ODTÜ Mimarlık Bölümü öğretim üyesi olan Arzu Gönenç Sorguç, bölüm başkan yardımcılığı ve dekan yardımcılığı gibi birçok idari görevin yanı sıra uluslararası yüksek lisans program koordinatörlüğü, merkez yönetim kurulu üyeliği ve ODTÜ Tasarım Fabrikası'nın merkez müdürlüğü görevlerini yürütmektedir. ODTÜ Tasarım Fabrikası'nda disiplinler arası tasarım stüdyosu; mimarlık bölümünde ise akustik tasarım, yapı mekaniği, sayısal tasarım, üretim teknolojileri, yapay zekâ gibi pek çok alanda dersler vermekte, tezler yönetmekte, ulusal ve uluslararası araştırma projelerinde yer almaktadır.

Müge Kruşa Yemişcioğlu

Lisans eğitimini aldığı Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nün ardından yüksek lisans eğitimini ise ODTÜ ve Delft Teknoloji Üniversitesi ortak diploma programı olan Mimarlıkta Sayısal Tasarım ve Üretim Teknolojileri programında tamamlamıştır. Doktora eğitimine ODTÜ Yapı Bilimleri programında devam etmektedir. Öğrenimi süresince mimarlık bölümünde araştırma görevlisi olarak görev almış, şu an ise ODTÜ Tasarım Fabrikası'nda araştırmacı olarak çalışmaktadır. ODTÜ Mimarlık Bölümü'nde ve Sayısal Tasarım Stüdyosu'nda sayısal tasarım, üretim teknikleri, yapı teknikleri gibi alanlardaki derslerde ve Tasarım Fabrikası'nda disiplinler arası tasarım stüdyosunda görev almaktadır. Güncel çalışmalarını mimarlıkta doğa-öğrenili çalışmalar odağında yenilikçi malzeme, yapı tekniği ve yeni mekân anlayışları üzerine sürdürmektedir.

Mimarlıkta Fabrikasyon Teknolojileri ve Endüstri/Mimarlık 4.0

Birçok paydaşı olan mimari tasarım ve inşaat süreçleri Endüstri 4.0 ile birlikte sorgulanmaya başlamış ve farklı ölçeklerde değişime uğramaktadır. Bu yazıda Mimarlık 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm, tasarım süreçlerinin bina bilgi modelleri ile birlikte, sürecin tüm paydaşlarının katılımı ile şekillenmesi, sadece tasarım ve yapım aşaması ile değil yapıların tüm yaşam döngülerinin de bu sürecin bir parçası olması, akıllı ve etkileşimli yapılar, inşaat teknolojilerinin hızlı değişimi, yeni malzemeler ve tüm bunların sonucu ortaya çıkan yeni mimari tektonik özellikleri tanımlanabilir.

Bir yanda eklemeli imalat teknolojileri ile model ve son ürün arasındaki sınırlar kaybolmakta, robotik üretim ile yeni malzeme ve yapı elemanları araştırılmakta, öte yanda inşaat süreci endüstriyel bir montaj hattına evrilerek farklı yerlerde farklı biçimlerde üretilen yapı elemanlarının bir araya getirildiği, yönetildiği bir sürece dönüşmektedir. Bu bağlamda üretim teknolojilerinin mimarlıktaki etkilerini daha iyi anlamak amacıyla farklı üretim teknolojilerinin potansiyellerini anlamak ve tasarım ile inşa/yapma eylemi arasındaki diyalogu doğru kurmak önem kazanmıştır. Sayısal ortamın verdiği biçimsel özgürlük ile büyük veri, bulut teknolojileri, sayısal ikizler, yapay zeka, artırılmış gerçeklik, hızlı prototipleme araçları tasarım süreçlerinin doğal bir parçası olurken, tüm bu tasarımların yaşama geçirilmesinde üretim teknolojileri ve malzeme araştırmaları belirleyici olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık 4.0, endüstri 4.0, üretim teknolojileri, eklemeli imalat, hızlı prototipleme, sayısal tasarım, sayısal tektonik.

Fabrication Technologies in Architecture and Industry/Architecture 4.0

With Industry 4.0, architectural design and construction processes started to be questioned and facing a transformation at different scales. This transformation, which we acknowledge as Architecture 4.0, can be defined with the change in design processes with building information modeling, smart and interactive structures, the rapid change of construction technologies, new materials, and new architectural tectonics.

On the one hand, with the additive manufacturing technologies, the boundaries between the model and the end product disappear, robotic production and new materials and building elements are started to be explored, on the other hand, the construction process evolves into an industrial assembly line and turns into a process where the building elements produced in different ways are brought together and managed. In this context, it is important to comprehend the potentials of different production technologies to understand the effects of them in architecture better, and to establish the right dialogue between design and construct/act of making. While, the digital environment and big data, cloud technologies, digital twins, artificial intelligence, augmented reality, rapid prototyping tools provide the freedom and become the natural part of the design processes, today, production technologies and material research are decisive in the design processes.

Keywords: Architecture 4.0, industry 4.0, fabrication technologies, additive manufacturing, rapid prototyping, digital design, digital tectonics.

MİMARLIK VE ROBOTİK ÜRETİMİN GÜNÜMÜZÜ VE GELECEĞİ

Elif Erdine, Dr., Architectural Association

Mimarlık ile teknoloji arasında yüzyıllardır var olan bağın bugün geldiği durum, mimarın yeni tasarım ve üretim süreçleri ile bir yandan sürekli temas halinde olması, bir diğer yandan da mimarlık disiplininin geçirdiği değişimlere bağlı olarak kendi mimarlık rolünü yeniden tanımlamasını gerektiriyor. Bu bağlamda, mimarlık öğrencilerinin ve profesyonellerin yenilikçi mimari süreçlerle ilişki kurmaları ve bu konulardaki deneyimlerini iletmemeleri büyük bir önem kazanıyor.

2010 senesinden beri Architectural Association (AA) School bünyesinde yenilikçi tasarım metodolojileri ve büyük ölçekli prototip teknikleri üzerine araştırmalarımı sürdürmekteyim. Bu araştırmaların kaynağında malzeme davranışının tasarım sürücüsü olarak kurgulanması ve bu sürecin tasarıma getirdiği yenilikler ve sınırlamaların incelenmesi yatmaktadır. Kullandığımız algoritmik araçlar arasında Rhinoceros, Grasshopper ve Processing gibi platformlar yer alırken, ölçekli fiziksel modeller ve algoritmik hesaplama yöntemleri ile eş zamanlı deneyler üreterek analog ve dijital tasarım teknikleri arasındaki karşılıklı ilişkiyi araştırmaya ağırlık vermekteyiz.

Algoritmik yöntemler ile çeşitli biçim-bulma (form-finding) tekniklerinin geliştirilmesi, bu tekniklerin malzeme davranışı ve üretim teknolojileri ile iliş-

kilerinin araştırılması ilgilendiğimiz konuların başında geliyor. Tasarım sürecinde dijital ortamdan fiziksel ortama doğru ilerleyen lineer bir süreç yerine, malzeme ya da üretim teknikleri gibi fiziksel koşulların dijital ortama veri olarak aktarılmasıyla tasarımın ilk aşamalarından itibaren sonuç ürüne dair bilgi akışının elde edildiği, alışlagelen dijital tasarım ve üretim süreçlerinin yeniden tanımlandığı metotlara ağırlık vermekteyiz. Büyük ölçekli üretim tekniklerinin, başka bir deyişle prototiplemenin, tasarım – üretim – yapım aşamalarını deneyimlemek, prototipi “analog makine” olarak değerlendirip salt sonuç ürün olarak ele almamak, dolayısıyla ‘süreç’e odaklanmak tasarımın çok önemli bir parçasını oluşturuyor.

Özellikle son 10 senedir mimari araştırma ve yapım teknolojilerinde robotların rolü hızla yaygınlaşmakta. Robotların ilk kullanım alanları daha çok mimari otomasyona ve doğrudan üretime dayalıyken, zamanla robotik üretim teknolojilerinin tasarım sürecinin parçası haline geldiğini gözlemliyoruz. Bu noktalardan yola çıkarak, yaptığımız araştırmalarda robotik tasarım ve üretim metotlarına odaklanarak bu teknikleri eleştirel bir gözle mimari bir sorunsal çerçevesinde çalışıyoruz. Mimari üretimde robotların kullanımının öne çıkardığı en önemli değişikliklerden birisi 2 boyutlu panellemeden

uzaklaşarak 3 boyutlu / hacimsel yapı elemanlarının tasarımına ve yapımına olanak sağlaması (Menges, 2013).

Robotik tasarım ve üretim teknolojilerinin geleceğin mimarisinde yer alacağı tartışmasız bir gerçek. Özellikle mimarlık yüksek öğrenim kurumlarında gerçekleştirilen araştırmalar ile bu tip teknolojiler gün geçtikçe ilerliyor, yeni metotlar geliştiriliyor. Dijital simülasyon ve robotik üretim teknolojilerinin ilerlemesi mimarlık ile uygulamalı bilimler arasındaki ilişkileri de kuvvetlendiriyor, mimarlık bu açılardan bilimsel yaklaşım ve metotlarla geliştiriliyor. Yaptığımız mimari çalışmalarda ve verdiğimiz eğitimlerde, algoritmik tasarım ve dijital prototipleme teknolojilerinin tasarım araçları olduğuna vurgu yapmaya, araçları 'amaç'a dönüştürmemeye özen gösteriyoruz. Bu tip teknolojiler önceden belirlenmiş bir mimari sorunsal çerçevesinde irdelendiği zaman, araçların kullanımı mekân üzerinden düşünülürken, dolayısıyla mimari tasarım ile dijital araçlar arasında sistematik bağlar kurulabilmektedir. Böylece kullandığımız araçlar, tasarım sürecine yardımcı olan, süreci besleyen, yeni düşünce sistemlerinin, yeni ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlayan birer uzantıya dönüşmektedir. Gerçekleştirdiğimiz mimari çalışmalarda ve araştırmalarda, sayısal ve bilimsel bir yaklaşımla tasarım sürecinin kendisini bir sistem olarak tasarlamaya özen gösteriyoruz.

Robotik tasarım ve üretim sistemlerinin mimarlık pratiğinde nasıl kullanılabileceğini önceki senelerde gerçekleştirdiğimiz 3 proje üzerinden betimlemeye çalışacağım. Projeler, AA Visiting School kapsamında Londra/Hooke Park (AA Summer DLAB) ve İstanbul'da (AA İstanbul Visiting School) gerçekleştirilmiştir.

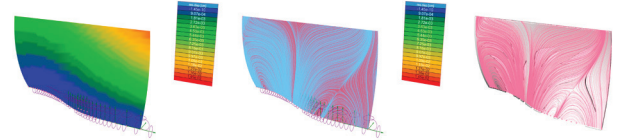
Robotik Frezeleme – AA Summer DLAB 2015

InFlux, biçim bulma teknikleri ve robotik frezeleme stratejilerinin bütünleştirilmesiyle çift kavisli karmaşık geometrilerin üretimi üzerine yapılan bir araştırmanın sonucudur. 2014 yılında betonun malzeme davranışı üzerine başlatılan araştırma, geometri, malzeme ve yapıyı birbirine bağlayan araştırmalar ile 2015 senesinde daha ileri bir boyuta taşınmıştır. 2,2 metre yüksekliğinde, 4 metre genişliğinde ve 3-25 cm arasında değişen derinlikte bir duvar olarak gerçekleştirilen InFlux, 7 gün içinde üretilmiş ve monte edilmiştir.

İlk biçim bulma deneyleri, bir dizi hesaplamalı teknik aracılığıyla değişen derecelerde eğrilik oluşturmaya yönelik dikey düzlemsel bir geometrinin manipülasyonuna odaklanmıştır. Bu aşama-

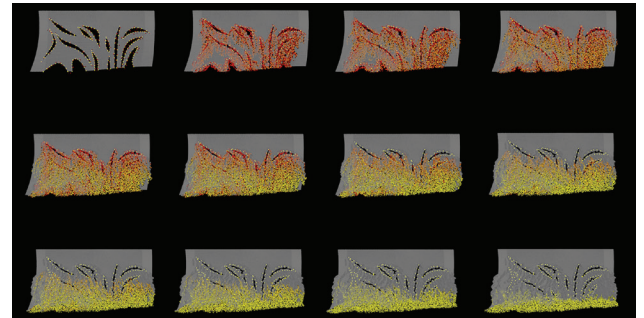
daki temel parametreler, küresel bir morfolojiden kaynaklanan açıklıkların ve lokal farklılaşmış eğrilik değerlerinin alanlarının dağılımını içermektedir. Form bulma deneyleri için ajan-temelli (agent-based) bir model yaklaşımı benimsenmiştir (Reynolds, 1987). Z-koordinat verilerine dayanarak mesh gevşetme teknikleri aracılığıyla mesh geometrisini yerel olarak manipüle etmek için Processing'de özel bir program geliştirilmiştir.

Küresel geometrinin yapısal performansını hesaplamak için tasarım araştırmalarının başlangıcından itibaren yapısal analiz araçları tasarım sürecine entegre edilmiştir. Başlangıç mesh geometrisi, yüksek mukavemetli betonun (C90/105) malzeme özelliklerine sahip bir kabuk yapısı olarak Grasshopper eklentisi Karamba'da FEA (Finite Element Analysis) sonlu eleman analizi ile kendi ağırlığı altında ölçülmüştür. Karamba'dan elde edilen kuvvet akış hatları, küresel geometri boyunca yük aktarımına engel olmayan duvar açıklıkları elde etmek amacıyla görselleştirilmiştir. FEA sonucu ortaya çıkan mesh geometrisi 5 cm derinliğinde olup, kuvvet akış yönünü izleyen açıklıklar ile tanımlanan bir kabuktur (**Görsel 1**).

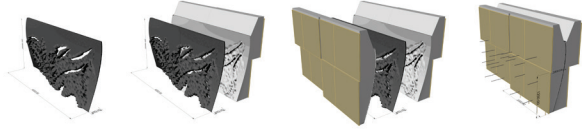


Görsel 1: FEA – kuvvet akış hatları ilişkisi (Architectural Association)

Hesaplamalı tasarım sürecinin bir sonraki aşaması, başlangıç kabuk modelini bir girdi olarak ele alan çift kavisli geometrilerin oluşturulmasını odaklanmıştır. Processing'de geliştirilen araç, duvarın alt kısmına doğru yoğunluğu artan, çift kıvrımlı bir geometrik morfoloji oluşturmak amacıyla, ajan-temelli simülasyon ve mesh gevşeme tekniklerinin bir kombinasyonu olarak kurgulanmıştır. Bir önceki çalışmada elde edilen mesh geometrisi Processing'e getirilmiş, ajan-temelli simülasyon sistemi kuvvet akış çizgileri boyunca tüm formun lokal eğrilik derecelerini önceden belirlenen değerler çerçevesinde değiştirmiştir (**Görsel 2**). Buradan elde edilen geometri, bir sonraki süreçte beton için kalıp görevi görecektir (**Görsel 3**).

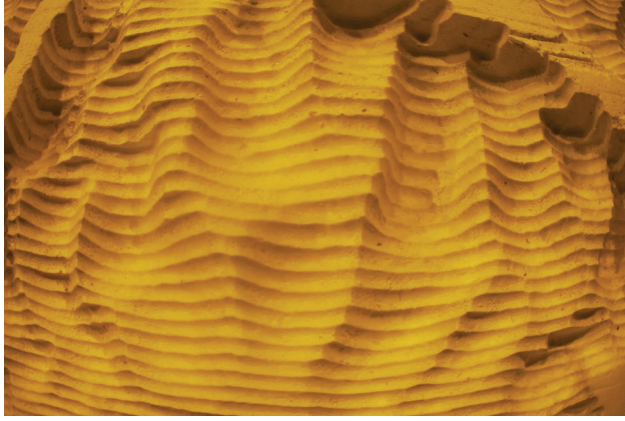


Görsel 2: Processing agent-based simülasyonu (Architectural Association)



Görsel 3: Kalıp geometrisinin oluşturulması (Architectural Association)

Robotik üretim için oluşturulan takım yolu (tool-path), küresel geometri ve yerel yüzey manipülasyonu arasında doğrudan görsel bir bağlantı görevi görür (Brell-Cokcan ve ark. 2010). Bu nedenle, robotik uç işlevci (end effector) küresel konfigürasyonda lokal yüzey dokularının oluşturulmasında bir tasarım aracı olarak önemli bir rol oynar. Kalıp için seçilen malzeme, orta yoğunluklu (30 g/l) expanded polystyrene (EPS) bloklarıdır. Her EPS bloğunun boyutu 200 cm uzunluğunda, 125 cm yüksekliğinde ve 50 cm derinliğindedir, böylece toplam 8 EPS bloğu kullanılmıştır (**Görsel 4**).



Görsel 4: Kalıp üretimi (Architectural Association)

Robota takılan uç işlevci, EPS bloklarında yüzey dokularının oluşturulmasına yardımcı olan bir tasarım aracı olarak da görev görür. Robotik frezleme işleminin tamamlanmasından sonra, kalıp ve beton arasındaki temas alanları, kalıp sökme işlemine yardımcı olmak için bir silikon ve kalıp ayırıcı madde karışımı ile işleme tabi tutulmuştur. Yapı, inşaat demiri gibi geleneksel takviye sistemlerinin kısıtlamaları ile sınırlandırılmadan birkaç saat içinde dökülmesini ve sertleşmesini sağlayan fiberglas katkı maddeleri içeren özel bir beton karışımından oluşmaktadır. İnşaat demirinin kullanıldığı tek yer, duvarın temeli boyunca 30 cm derinlikte bir alanda olmuştur. Son üretim aşaması, EPS kalıp işinde hızlı sertleşen betonun dökülmesini ve ardından yaklaşık 12 saatlik sertleşme süresini içerir (**Görsel 5**).



Görsel 5: Bitirilmiş prototip (Architectural Association)

Tasarım, imalat ve üretim süreçleri boyunca, farklı simülasyon yazılımları arasındaki geri bilgi akışı, mimari kriterlerin prototipin yapısal performansı ile bütünleştirilmesine olanak tanımıştır. Araştırma, hesaplamalı tasarım metodolojileri ve dijital imalat süreçleri arasında ilişki kurarak, betonun geleneksel olmayan bir şekilde kullanılmasının mimari olasılıklarını göstermeyi amaçlamaktadır (**Görsel 6**).



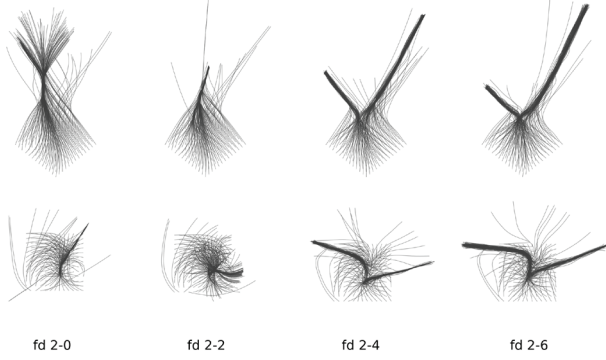
Görsel 6: Bitirilmiş prototip (Architectural Association)

Robotik Çelik Bükme – AA Summer DLAB 2015

Weave.X, betonun malzeme davranışı üzerine yaptığımız araştırmaların bir parçası olarak 2016 senesinde gerçekleştirildi. Bu araştırma, farklı eğimlere sahip beton yapılar için robot ile özel olarak üretilebilecek çelik çubuk ve kalıp tasarımına yoğunlaştı.

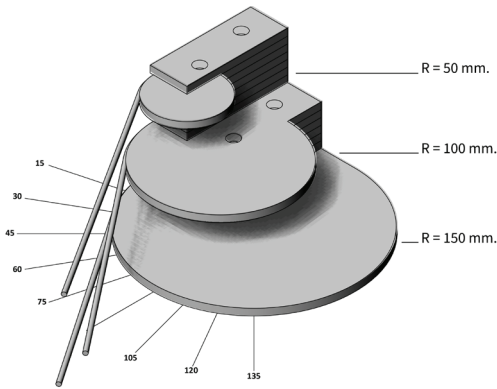
İlk aşamada geliştirilen hesaplamalı form bulma teknikleri, Grasshopper'da oluşturulan bir demetleme (bundling) algoritması yoluyla iç içe geçmiş elemanlardan oluşan bir ağın görselleştirilmesine odaklandı (**Görsel 7**). Algoritma, kullanıcının, farklı elemanlar arasındaki bağlantı miktarını yerel olarak değiştirebilmesini sağlar. Eş zamanlı olarak, çelik takviye çubuklarının 6 eksenli bir robot

(KUKA KR-150), özel yapım bükme şablonu ve pnömatik tutucular kullanılarak büküldüğü otomatik bir imalat süreci geliştirildi.

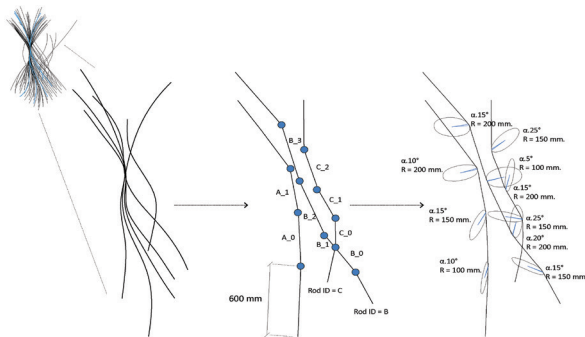


Görsel 7: Grasshopper'da oluşturulan demetleme (bundling) algoritması (Architectural Association)

Bükme şablonu sistemi, 150 mm, 100 mm, 50 mm yarıçaplı 3 farklı bükme diski ve çelik çubuğun bir ucunu sabitlemek için bir pnömatik tutucu içerir (**Görsel 8**). Bu kurulumda, çubuk bükme işlemi, hesaplamalı form bulma işlemi hakkında doğrudan geri bildirim olan bir dizi kısıtlama oluşturur. İlk demetleme algoritması deneylerinden ortaya çıkan geometrik sonuçlar, her bir elemanın eğriliğini değerlendiren, yukarıda belirtilen yarıçaplardan birine göre en yakın eğrilik değerini bulan ve geometriyi yeniden oluşturacak şekilde özel olarak yazılmış bir Python programı ile optimize edilmiştir (**Görsel 9**). Bu programdan değişken eğilme açılara sahip bir dizi çizgi ve yay geometrisi elde edilir. Bu geometri, tasarım ve üretimin gelecekteki aşamalarında beton yapı için çelik takviye görevi görecektir.

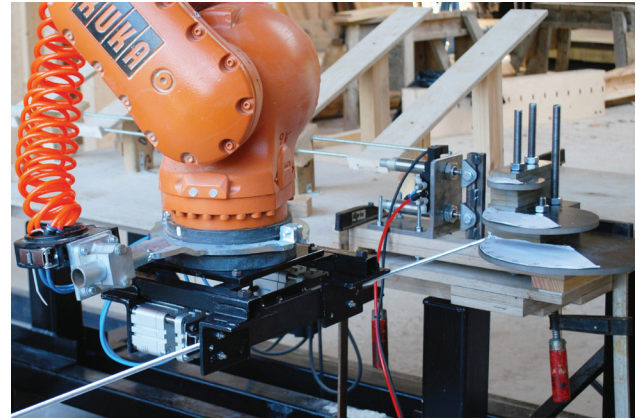


Görsel 8: Bükme şablonu sistemi (Architectural Association)



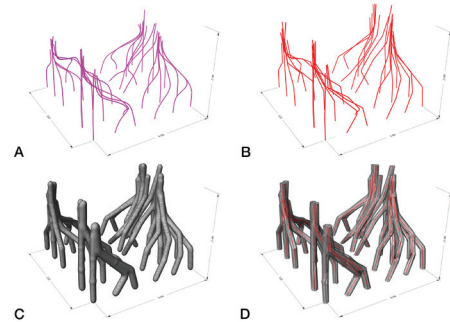
Görsel 9: Optimizasyon algoritması (Architectural Association)

Araştırma, geleneksel imalat endüstrilerinde kullanılan çubuk bükme stratejilerinin analizi yoluyla, bükme sürecini kontrol etmek için mekanik parçaların azaltılmasına dayalı yeni bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu hedefe ulaşmak için, KUKA | PRC'de geliştirilen robotik takım yolu ile bükme düzeneğinin mekanik bölümleri sistematik olarak ilişkilendirilmiştir. Takım yolu, toleranslar ve çelik çubuk geri yaylanma değerleri de dahil olmak üzere gerekli malzeme davranışlarını, fiziksel bükme deneyleri doğrultusunda bir dizi matematiksel hesaplama yoluyla bükme hareketine entegre eder. Her biri 1500 mm uzunluğunda ve 8 mm yarıçapında 80'den fazla çelik çubuk, robotik bükme protokollerinin hızı, hassasiyeti ve düşük toleransları sayesinde kısa bir süre içinde robotik olarak bükülmüştür (**Görsel 10**).



Görsel 10: Robotik bükme sistemi (Architectural Association)

İlk hesaplamalı tasarım aşamasının sonucunda elde edilen çizgiler ve yaylara, geometrilerin çevresinde yüksek çözünürlüklü bir kabuk oluşturan bir mesh algoritması aracılığıyla yapısal kalınlık verilmiştir. Bu mesh geometrisi, üretim sürecine hazırlık olarak daha da optimize edilmiş ve üçgen yüzeylerden oluşturulmuştur (**Görsel 11**). 3-boyutlu daha sonra Grasshopper eklentisi Karamba ile yapısal olarak analiz edilir (FEA). İlk FEA'dan elde edilen toplam yer değiştirme değerleri, demetleme ve optimizasyon algoritmasının parametrelerini yeniden ayarlamak için girdi görevi görmektedir.



Görsel 11: Biçim-bulma, optimizasyon, kabukoluşturma, kabukoptimizasyonu (Architectural Association)

Üçgen kabuk, yapının kalıbı olarak işlev görmüş ve 3 mm'lik polipropilen (polypropylene) levhalardan imal edilmiştir. Kabuk doğrudan bükülmüş çelik çubukların geometrisinden üretildiğinden, çubuklar ve kabuk geometrik olarak sorunsuz bir şekilde eşleşir (**Görsel 12**). Üretimin son aşamalarında, robotik olarak bükülmüş çelik çubuk takviyesi tarafından desteklenen formun içine fiberglas katkı maddeli beton karışımı dökülmüştür. Polipropilen kalıbın yüzey özellikleri nedeniyle, yapının kalıp sökme işlemini kısa sürede tamamlamak mümkün olmuştur.



Görsel 12: Polipropilen kalıp sistemi (Architectural Association)

Son konfigürasyon, birbirini destekleyen sürekli bir beton dal ağı olarak tanımlanabilir. Tasarım sürecinde ortaya çıkan sorulardan biri, kendi kendini destekleme kapasitesini korurken karmaşık bir geometrik konfigürasyonun imalatına yardımcı olabilecek bir kalıp malzemesinin uygulanması olmuştur. Polipropilen kullanımı, bir yandan bu hedefleri kolaylaştırırken bir yandan da beton yüzeylere yansıtıcı bir özellik katmıştır. Ayrıca, robotik üretim parametrelerinin tasarımın ilk aşamalarından başlayarak bir veri olarak sürece dahil edilmesi, tasarım ve üretim arasında güçlü bir etkileşime katkıda bulunmuştur (**Görsel 13**).



Görsel 13: Bitirilmiş prototip (Architectural Association)

Robotik Sıcak Tel Kesme (RHWC) – AA İstanbul Visiting School 2018

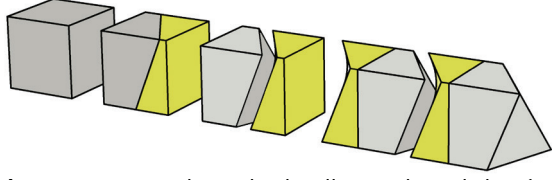
Beton yapılar için karmaşık kalıp kullanılması, mimari açıdan ilginç ve hacimsel formlar üretme potansiyelini barındırmaktadır (Meibodi ve ark. 2017). Gelişmekte olan dijital ve robotik üretim araçları ile karmaşık geometrilerle kalıp üretmek mümkün olsa da kalıbın yapımı sırasında ortaya çıkan atık malzemenin azaltılması konusu önemini korumaktadır. Bu kısıtlamanın tasarım girdisi olarak ön tasarım sürecine dahil edilmesi, atık optimizasyonunun yanı sıra üretim maliyetlerinde de avantajlar sağlayacaktır. Atık optimizasyonunun geometrik çeşitlilikle ilişkilmesi, üretim teknolojisine bağlı olan yenilikçi bir tasarım alanı yaratmaktadır.

İstanbul Bilgi Üniversitesi ortaklığı ile 2018'de geliştirilen bu prototipte, hesaplamalı tasarım ve robotik fabrikasyon süreçlerinin entegrasyonu ile karmaşık bir örüntü sisteminin tasarlanması ve üretilmesi hedeflenmiştir. Çalışma, mimari, mekânsal ve yapısal kriterleri malzeme bilgisi ile birlikte bütünsel bir yaklaşımla ilişkilendirmenin yöntemlerini araştırmayı amaçlamaktadır. Dijital ve fiziksel incelemeler, Robotik Sıcak Tel Kesme (RHWC) süreci üzerine odaklanmaktadır (McGee ve ark. 2013). RHWC'nin geometrik ve fiziksel prensipleri, tasarım girdilerine dönüştürülür, böylece dijital ve fiziksel deneyler birbirlerini eş zamanlı bilgilendirir. Sıcak tel kesiminin beraberinde getirdiği özgürlük ve kısıtlamalar ile kalıp atık optimizasyonu arasında geometrik korelasyonlar belirlenir. Bu süreç, EPS kalıbın dışına GRC (cam elyaflı beton) püskürtülerek devam ettirilir. Bu iş akışındaki en önemli hususlardan biri, dijital ve robotik üretim ile analog tasarım ve üretim yöntemleri arasında bağ kurmasıdır.

Araştırma süreci, yeterli derecede morfolojik özgürlüğe sahip bir mimari eleman üretme kapasitesini taşıırken, atık malzemenin azaltılmasına öncelik vermiştir. Tasarım, yapım ve montaj boyunca atık malzeme kadar, RHWC sürecinin imalat kısıtlamaları da dikkate alınmıştır. Gerçekleştirilen prototipte, kalıp olarak EPS kullanılmış, kalıbın dış yüzeyleri Cam Elyafı Beton (GRC) ile beton püskürtme teknolojisi ile kaplanmıştır.

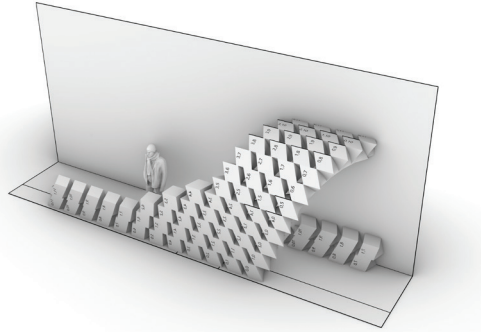
EPS bloklarının modüler oluşu (her blok 330 mm, 330 mm, 330 mm'dir), araştırma metodolojisini modüler tasarım yaklaşımlarını incelemek ve aynı anda her kesimden üretilen tüm parçaların prototipte kullanıma yollarını araştırmak doğrultusunda yönlendirdi. Seçilen üretim metodolojisi olan Robotik Sıcak Tel Kesme (RHWC), karmaşık geo-

metrik formların üretim sürecini kolaylaştırır. İmalat sürecinde RHWC'den tam olarak yararlanmak için, robotla kesilecek geometriler kuralı yüzeyler (ruled surfaces) olarak modellenmiştir (Pottmann ve ark. 2007) (Görsel 14).

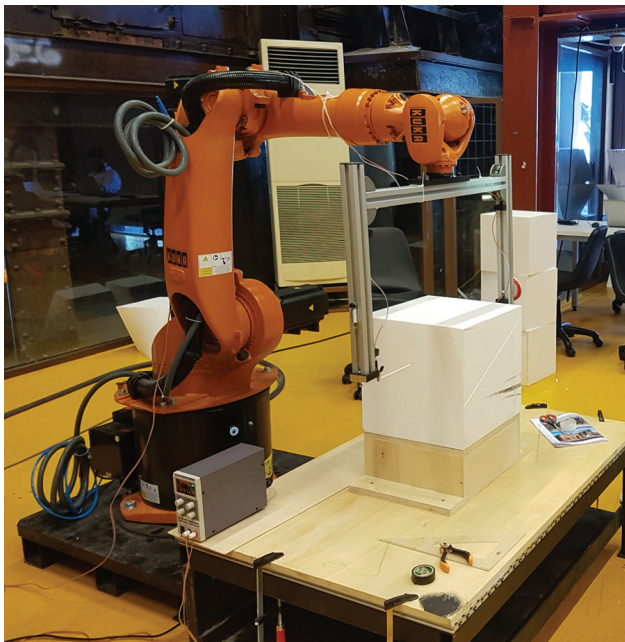


Görsel 14: RHWC için oluşturulan kuralı yüzeyler (ruled surfaces) (Architectural Association)

Gerçekleştirilecek prototipin her elemanı, RHWC aracılığıyla tek bir EPS bloğunun kesilmesiyle oluşturulan iki benzersiz hacimden oluşmuştur. Üretilen her iki parça, küresel morfolojinin bir parçasıdır ve böylece atık malzeme üretilmemiştir (Görsel 15). Proje kapsamında geliştirilen algoritma daha sonra tüm parçaları, üst üste binen yüzeylerin geometrik verisine göre numaralandırmıştır. Montaj bilgisi ve dizilimi, oluşturulan her modül için etiketler üretme yoluyla algoritmada belirlenmiştir. Son olarak, tüm parçalar bir KUKA KR-20 robotu ile üretilip birleştirilmiştir (Görsel 16).



Görsel 15: Küresel morfoloji (Architectural Association)



Görsel 16: Robotik sıcak tel kesim süreci (RHWC) (Architectural Association)

GRC makinesi ile şu görevler gerçekleştirilmiştir: beton karışımı hazırlanır, uzun cam elyafı iplikleri küçük parçalar halinde kesilir ve betonla karıştırılır; son karışım ise bir püskürtme tabancası ile püskürtülür (Görsel 17). Tüm sürecin şantiyede gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, GRC makinesi sahaya getirildi ve prototip etrafında ileri geri hareket ettirilebilecek şekilde kuruldu. Böylece püskürtme tabancasının tüm yapıya kolay erişimi sağlanmıştır.



Görsel 17: GRC uygulaması (Architectural Association)

Püskürtme işlemi üç aşamada gerçekleştirildi. Birinci ve ikinci yinelemelerde, karışım cam elyafı parçacıkları (GRC) bulundurmamıştır ve bütün yapı üzerine püskürtülmüştür. Her turdan sonra bir rulo pres uygulaması, EPS-GRC ve ardından GRC-GRC arasındaki yüzey bağlantısını sıkılaştırmıştır. Son yineleme daha pürüzsüz bir son kat için fiberglas içermeyen bir çimento karışımının uygulamasıdır (Görsel 18).



Görsel 17: Bitirilmiş prototip (Architectural Association)

AA İstanbul Visiting School Fibrobeton tarafından desteklenmiştir. Fibrobeton, geliştirmiş oldukları yenilikçi beton püskürtme teknolojilerindeki uzmanlıklarını paylaşmanın yanı sıra son ürünün yapımında gereken işçilik ve özel GRC karışımı konusunda etkinliğe katkı vermiştir. Çalışma kapsamında Fibrobeton fabrikasına düzenlenen gezi ile etkinliğin katılımcıları ve eğitmenlerine kendi

bünyesinde deneyimlerini aktarmıştır. Fibrobeton, etkinlik için ilk prototipleri geliştirerek AA İstanbul Visiting School'un atölye hazırlıklarına yön vermiştir.

Tartışma

Bilimsel araştırma odaklı mimarı yaklaşımlar ve metodolojiler, mimarlığın etkileşimde olduğu diğer disiplinler ile ortak bir dil oluşturmamıza olanak sağlıyor. Disiplinler arası yaklaşımların mimarlığın tasarım problemlerine tarafsız ve nesnel bir bakış açısıyla cevap vermeye çalışması önem kazanıyor. Bu tip metodolojiler yalnızca malzeme ölçeğinde değil, bina ve kent ölçeklerinde de mimarlık ve çeşitli mühendislik dalları arasında daha rahat ve verimli bilgi akışına olanak sağlıyor. Günümüzde birçok disiplinde yaygın olarak kullanılan bilgisayar bilimleri de mimarlıkta hesaplamalı tasarımın ve bilimsel yaklaşımın yükselişe geçmesinde önemli bir rol oynamıştır.

Günümüzde robotik üretim teknolojilerinin yenilikçi bir biçimde ele alınmasının özellikle uluslararası mimarlık okulları ve araştırma platformlarında yaygın olduğuna şahit oluyoruz. Ayrıca, büyük ölçekli inşaat şirketlerinin çoğunlukla tekrarlayan işler için, yani tuğla döşeme gibi, mimariden ziyade mühendislik ağırlıklı robotlar kullanmaya başladığını biliyoruz. Geleceğin mimarisinde robotların farklı şekillerde ve özelleştirilmiş programlarla hem şantiye dışında hem de içinde kullanılacağı oldukça yüksek bir ihtimal olarak karşımıza çıkmakta. Yaptığımız prototipleşme çalışmaları gelecekte gerçekleştirilecek üretim süreçlerine dair bir ipucu vermekte. Burada unutulmaması gereken nokta ise robotların tasarımcının yerini almayacağı, ancak tasarımcının rolünün de gelecekte yeniden tanımlanacağıdır.

NOTLAR

Makalede ele alınan projeler aşağıdaki yayınlarda yayımlanmıştır:

2019, Erdine, E., Showkatbakhsh, M., Gunduz, G., Aydın, A., Bingol, C.K., Lopez Rodriguez, A. "Robot-Aided Fabrication of Materially Efficient Complex Concrete Assemblies" in Ji-Hyun Lee (ed.) Computer-Aided Architectural Design. "Hello Culture", 18th International Conference, CAAD Futures 2019, Daejeon, June 26-28, 2019, Proceedings. 828-847.

2017, Erdine, E., Kallegias, A., Devadass, P., Lara Moreira, A.F., Sungur, A., 'Robot-Aided Fabrication of Interwoven Reinforced Concrete Structures', in 2017 Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design (SimAUD). Turrin, M., Peters, B., O'Brien, W., Stouffs, R., Dogan, T. (eds.) 2017 SIMULATION COUNCILS, INC., 77-85. Best Paper Award.

2017, Erdine, E., Kallegias, A., 'Interwoven Reinforced Concrete Structures: Integration Of Design And Fabrication Drivers Through Parametric Design Processes', in Design Studies, Parametric Design Thinking (Special Issue). Oxman, R. (ed.) , Volume 52, September 2017, Elsevier, 198-220. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.002>.

2017, Erdine, E., Kallegias, A., Devadass, P., Lara Moreira, A.F., Sungur, A., 'Robot-Aided Fabrication of Interwoven Reinforced Concrete Structures', Computer-Aided Architectural Design. Future Trajectories: 17th International Conference, CAAD Futures 2017, Istanbul, Turkey, July 12-14, 2017, Selected Papers. Çağdaş, G., Özkar, M., Gül, L.F., Gürer, E. (eds.), Springer, 273-288.

2016, Erdine, E., Kallegias, A., 'Design By Nature: Concrete Infiltrations', in eCAADe: Complexity and Simplicity – Proceedings of the 34th International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Oulu, Finland.

Araştırmalara katkıda bulunanların tüm listesi AA Summer DLAB (<http://summerdlab.aaschool.ac.uk/>) ve AA İstanbul Visiting School (<http://istanbul.aaschool.ac.uk/>) Web sitelerinden incelenebilir.

KAYNAKÇA

- Brell-Cokcan S., Braumann J. "A New Parametric Design Tool for Robot Milling." *LIFE in:formation, On Responsive Information and Variations in Architecture: Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*. (2010) 357 – 363.
- McGee A., Feringa J., Søndergaard A. "Processes for an Architecture of Volume: Robotic Hot Wire Cutting." *Rob|Arch 2012: Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*. (2013) 62 – 71.
- Menges, A. "Morphospaces of Robotic Fabrication." *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2012*. (2013) 28 – 47.
- Meibodi, M.A., Bernhard, M., Jipa, A., and Dillenburger, B. "The Smart Takes from the Strong: 3d Printing Stay-In-Place Formwork for Concrete Slab Construction." *Fabricate: Rethinking Design and Construction*. (2017) 210 – 217.
- Pottmann, H., A. Asperl, M. Hofer, and A. Kilian. *Architectural Geometry*. Exton, PA: Bentley Institute Press, 2007, 311-323.
- Reynolds, Craig W. "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model." *SIGGRAPH '87 Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. (1987) 25 - 34.

Elif Erdine

Dr. Elif Erdine, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'ni 2003 tarihinde üçüncülükle bitirdikten sonra, mimarlık ve kentsel tasarım yüksek lisans derecesini AA Design Research Laboratory'de 2006'da (Bitirme Projesi Ödülü) tamamlamıştır. 2006-2010 senelerinde Zaha Hadid Architects'te çalışan Elif Erdine, 2010 senesinde beri yenilikçi tasarım tekniklerine odaklanan, algoritmik tasarım yöntemlerini büyük ölçekli dijital ve robotik üretim yöntemleri ile birleştiren çeşitli AA Visiting School programlarını yönetmektedir (AA Summer DLAB, AA İstanbul Visiting School). 2010-2015 yılları arasında 'Generative Processes in Tower Design: Algorithms for the Integration of Tower Subsystems' doktora tezini Architectural Association'da tamamlamıştır. Araştırma alanları, karmaşıklık teorisi, biyomimikri, robotik tasarım ve üretim süreçleri ile çoklu ölçekli tasarım yöntemlerini kapsamaktadır. Tasarım ve araştırma çalışmalarını eCAADe, CAAD Futures, SimAUD, ACADIA, Design Studies gibi saygın konferanslar ve mimari yayın organlarında sunmaktadır.

Mimarlık ve Robotik Üretimin Günümüzü ve Geleceği

Mimarlık ile teknoloji arasında yüzyıllardır var olan bağın bugün geldiği durum, bir yandan mimarın yeni tasarım ve üretim süreçleri ile bir yandan sürekli temas halinde olmasını, bir diğer yandan da mimarlık disiplininin geçirdiği değişimlere bağlı olarak kendi mimarlık rolünü yeniden tanımlamasını gerektiriyor. Özellikle son 10 senedir mimari araştırma ve yapım teknolojilerinde robotların rolü hızla yaygınlaşmakta. Robotların ilk kullanım alanları daha çok mimarı otomasyona ve doğrudan üretime dayalıyken, zamanla robotik üretim teknolojilerinin tasarım sürecinin parçası haline geldiğini gözlemliyoruz. Architectural Association (AA) School bünyesinde yaptığımız araştırmalarda robotik tasarım ve üretim metotlarına odaklanarak bu teknikleri eleştirel bir gözle mimari bir sorunsal çerçevesinde çalışıyoruz. Robotik tasarım ve üretim teknolojilerinin geleceğin mimarisinde yer alacağı tartışmasız bir gerçek. Özellikle mimarlık yüksek öğrenim kurumlarında gerçekleştirilen araştırmalar ile bu tip teknolojiler gün geçtikçe ilerliyor, yeni metotlar geliştiriliyor. Dijital simülasyon ve robotik üretim teknolojilerinin ilerlemesi mimarlık ile uygulamalı bilimler arasındaki ilişkileri de kuvvetlendiriyor, mimarlık bu açılardan bilimsel yaklaşım ve metotlar ile geliştiriliyor. Bu makale, robotik tasarım ve üretim sistemlerinin mimarlık pratiğinde nasıl kullanılabileceğini önceki senelerde gerçekleştirdiğimiz 3 proje üzerinden betimlemektedir. Projeler, AA Visiting School kapsamında Londra/Hooke Park (AA Summer DLAB) ve İstanbul'da (AA İstanbul Visiting School) gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Robotik üretim, hesaplamalı tasarım, dijital simülasyon, prototipleme, beton.

The Current State and Future Trajectories of Robotic Fabrication in Architecture

Today, the interrelationship between the architecture and technology that has existed for centuries requires the architect to be in constant contact with new design and production processes, and to redefine their architectural role in relation to the rapid changes in the architectural discipline. Notably, in the last 10 years the role of robotic fabrication has been spreading extensively in architectural research and construction technologies. While the initial employment of robots was mostly based on automation and direct design - to - production, today it can be observed that robotic production technologies have become part of conceptual design processes. Throughout the research that has been carried in the Architectural Association (AA) School, we focus on robotic design and production methodologies and utilise these techniques in an architectural frame work. It is an indisputable fact that robotic design and production technologies will take place in the architecture of the future. The various lines of research in robotic fabrication, particularly proceeding in architectural high ereducation institutions, are

contributing to the development of new robotic fabrication technologies. The advancement of digital simulation and robotic production technologies strengthens the relationships between architecture and applied sciences, where by architectural solutions are developed with a scientific approach and relevant methodologies. This paper describes how robotic design and production systems can be implemented in architectural practice through 3 projects that have been realized in previous years. The projects were carried out in London/Hooke Park (AA Summer DLAB) and Istanbul (AA Istanbul Visiting School) with in the frame work of the AA Visiting School.

Keywords: Robotic fabrication, algorithmic modelling, computational simulation, prototyping, reinforced concrete.

SANAL MECRALARDA MİMARİ TASARIMIN DÜNÜ VE BUGÜNÜ

Leman Figen Gül, Prof. Dr., Öğretim Üyesi, İTÜ Mimarlık Fakültesi

Bilgi iletişim teknolojileri yaşamımızın her alanında etkin olmaya başladı. Dijital dönüşüm olarak adlandırılan bu süreç kaçınılmaz olarak kamusal ve özel alanlarıyla kentleri, yaşam ve sosyal ilişkilerimizi biçimlendirmeye, iş ve çalışma alışkanlıklarımızı değiştirmeye ve etkilemeye başladı bile. Günümüzde yaşadığımız çevreye entegre edilmiş bilgi iletişim teknolojileri, örneğin; akıllı şehir, akıllı ev, nesnelerin interneti, yapay zeka, sanal ve artırılmış gerçeklik vb. uygulamalar bu sürecin ürünleri olarak her geçen gün daha fazla ilgi duyulan teknolojiler olmaya başladılar. İleri bilgi iletişim teknolojileriyle üretilmiş yazılımlar, şehrin yaşam bilgisini (trafik ve hava durumu, yaya konum ve hareketleri, enerji ihtiyacı veya kullanımı, çeşitli sosyal etkinlikler vb.) okuyarak ve işleyerek fiziki gerçeklik üzerine, yeni bir etkileşimli dijital katman olarak ekleme imkanı veriyorlar.

Bilgi iletişim teknolojilerinin mimarlık pratiği için de faydalı bir ortak haline geldiğine hiç kuşku yok; özellikle son yirmi yıldır meslek pratiğinde hız kazandırıcı, rutin ve tekrarlı işlerde en iyi yardımcı durumundalar. Faydalı ortaklık sadece mimari tasarım ofislerinde gözlenmiyor elbette, yapı bilgi modelleme sistemlerinin üretim süreçlerini yönetmeye yardımcı olmasıyla, bu durum inşaat sahasında da gözlenebiliyor. Bu gelişmelerin mümkün

kıldığı, akıllı, duyarlı, etkileşimli, uyarlanabilir, parametrik, algoritmik, üretken gibi çeşitli sayısal düşünme biçimleri, yeni bir tasarım düşüncesi, üretme ve uygulama pratiğinin de gelişmesine zemin hazırlıyor.

Sayısal tasarım düşüncesiyle, teknoloji entegre edilmiş bu yeni mimari üretimin kentlerimize ve yapı çevreye olan etkilerini gözlemekteyiz. Sanal¹ ortamda var olanın, fiziki ortamda üretilmesi, bazen sanal ve fiziki olanın her yönde etkileşimi ve birbirini besliyor olması artık bir ütopya değil. Özellikle etkileşimli ve ihtiyaçlar doğrultusunda otonom-esnekliğe imkan veren mekan yaratma isteğinin uzun bir süredir mimarların gündeminde olduğu tespiti yapılabilir. Sanal gerçeklik² sadece fiziki ortamın canlandırıldığı bir mecrada değil, aynı zamanda fiziki ortamı dönüştürücü etkisi olan da bir mecra³. Genel bir bakışla 'sanal ve 'mimari' birlikteliği mimarlık düşün dünyasına ve yapı üretimine neler sunuyor?⁴ Bu metinde sayısal tasarım düşüncesiyle gelişen, mimarlık üzerine avangard-yenilikçi, deneysel, belki biraz fantezi mimari üretimler olarak adlandırılmış bir dönemden, her türlü sanal mecrada mimari üretim süreçlerine entegrasyonuna evrilen yeni bir yaratıcı dijital kültürün izlerini sürmek istiyorum.

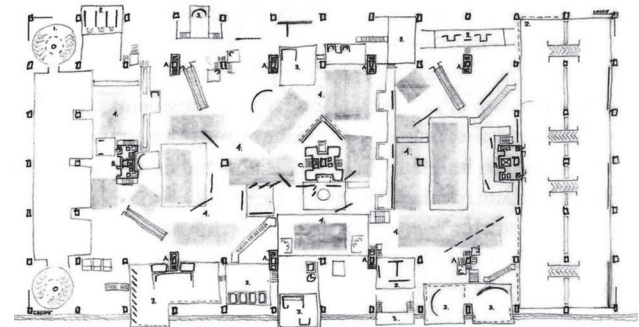
Başlangıç noktası olarak biraz geriye dönerek, sayısal düşünce, teknoloji ve mimari birlikteliğinin deneysel bir mimari üretim, problem çözme süreci ve alışılmamış mimari unsurların olduğu, strüktürel ve teknolojik fanteziler olarak ele alındığı tarihsel arka planıyla birlikte inceleyeceğiz. Özellikle 50 ve 60'lı yıllar bu bağlamda söylemlerin ve üretimlerin yoğunlaştığı bir dönem. Bilgi işleme süreçleri, bilgi iletişim teknolojileri ve sayısal düşünceyi mimarlığa uyarlamaya çalışan, bu bağlamda mimari tasarımı, problem çözme ve görselleştirme paradigmalarına indirgeyen çabalar bu yıllarda karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, Christopher Alexander, Cedric Price, Gordon Pask, Constant Nieuwenhuys, Nicholas Negroponte ve MIT'nin Mimari Makine Grubu ile Archigram; her biri farklı şekillerde olmak üzere, mimarlığı üretken, otonom ve etkileşimli sistemler olarak çözümlenmeye çalışarak hesaplamalı düşünceye ait sibernetik⁵, sezgisel tarama, yapay zeka, küme ve grafik teorisi, bilişsel psikoloji vb. bilgisayar bilimlerine ait kavramları mimarlığa uygulamaya çalışan öncülerdir.⁶

Bu dönemde yapılan ilk çalışmalarda, tasarım sürecinin rasyonel ve otomatik bir süreç olarak ele alınmasına yönelik bir çaba göze çarpmaktadır⁷. Teknolojiyi entegre etmeye çalışan deneysel mimari üretilere birkaç örnek vermek gerekirse, örneğin; Uluslararası Durumcular'dan (Situationist International) Constant Nieuwenhuys 1956-1974 yılları arasında 'unitary urbanism'in somut bir örneği olarak düşünülebilecek 'evrensel ölçekte kentsel önermelerde' bulunmuştur. Nieuwenhuys 'Yeni Babylon' adını verdiği bir dizi çalışmada, meşhur 'şimdi hepimiz göçebeyiz'⁸ mottosuyla gündelik hayatın sıradan işlerinin otomasyon bir sisteme teslim edildiği, geri kalan sürenin tamamen yaratıcı aktivitelerle dolduğu, keyif ögesinin öncelikli olduğu bir deneysel sistem ve oyun modeli önermektedir. Nieuwenhuys'un 'Yeni Babylon' projesi döneminde her ne kadar gelecek toplumlar için ütopyan ve deneysel bir mimari ürün sayılmış olsa da kendisi projesinin (belki bir gün) uygulanabilir olduğunu savunmuştur. Bochum sergisinin küratörüne yazdığı mektupta geleceğe referans vermektedir:

"Bu sadece bir sanatçının fantezisi değil. Teknik kitle kültürünün tipik bir ürünü ve bugünün pratik sorularıyla ilgili, ama daha da önemlisi gelecek zamanla yakından ilişkilidir."⁹

Yeni Babylon projesi 1960'ların başlarında mimari ve elektronik arasındaki söylem bağlamında ele alınmış ve çoğu kez Cedric Price'ın 'Eğlence

Sarayı' (1962-1967) projesiyle karşılaştırılmıştır. Sosyal olarak etkileşimli bir mimarlık önerisi olan Eğlence Sarayı üç boyutlu strüktürü, sanal bir mimarinin sayısal uzay-zaman matrisi gibidir. Değişken programıyla ve zamanı için sıra dışı formuyla, konvansiyonel bir mimari sunmamakta olan Eğlence Sarayı, aslında bugün bilgisayar programı olarak adlandırdıklarımıza çok daha yakın, mekandaki geçici eylemleri ve işlemleri kontrol eden bir dizi algoritmik fonksiyon ve mantıksal ağ geçidi barındıran sanal bir cihazdır. Price Eğlence Sarayı için 'mimariningeçici doğası'¹¹ gibi bir tanımlamada bulunur. Aslında bu geçici olma durumu, mekanın kullanıcının ihtiyaç ve davranışına göre değişebilirliğine vurgu yapmaktadır. Eğlence Sarayı bu dönemdeki pek çok üretimden, mimari öğelerin değişkenliği, kullanıcı davranış ve isteklerine göre esneklik göstermesi gibi unsurlarıyla, deneyim odaklı bir tasarım olması bakımından farklıdır (**Görsel 1**). Aynı dönemlerde, benzer bir projede Macar-Fransız mimar Friedman'ın Ville Spatiale'da, yine mevcuttaki şehirler üzerinde yüzen ve özgür mesken ve hareket seçenekleri sunan 'mobil mimarlık' olarak adlandırdığı bir metropolü hayal etmiştir. Friedman, Vladimir Belogolovsky ile yaptığı Ocak 27, 2016 tarihli röportajda, Ville Spatiale projesi ve Mobil Mimarlık Manifestosuyla ilgili sorulara yanıt verirken, dönüşüm ve denge kavramlarına atıfla mimari üretimin deneme ve yanılma ile ilerleyecek bir süreç olduğunun altını çizer.¹² Avangard mimarlık çalışmalarından Archigram'ın¹³ üretimlerinde de bu deneyim ve etkileşim vurgusuna rastlanmaktadır. Örneğin, Plugin City, Instant City, Walking City gibi projelerde, devamlı dolaşıma adanmış mega-strüktür, kabuk, örtü, cidar, yer değiştirebilen kapsül birimler, hızlı ulaşım ağı vb. temalarla teknoloji üzerine kurulmuş kent/meکان ve enformasyonun iç içe geçmişliği üzerine, söylem, model ve çizimler üretilmiştir (**Görsel 2**).



Görsel 1: Eğlence Sarayı, Cedric Price'ın ilk eskizlerinden, farklı eylem alanlarını gösteriyor. Kaynak: Kanada Mimarlık Merkezi, Montreal.



Görsel 2: Peter Cook Plug-in City, 1964. Aksonometrik kesit -Modern Art Koleksiyonu, New York.

Tasarım sürecindeki sezgisel düşünce olgusu, ilerleyen yıllar içerisinde bilişsel psikoloji ve yapay zekâ çalışmalarında da temel alınmış, bireyin problem çözümünü ne şekilde yapılandığı, nasıl çerçevlendirdiği ve çözüme nasıl yaklaştığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Bireyin karar mekanizmaları esas alınarak, bu bilgiyi işleyecek yazılımlar modellenmeye çalışılmış ve bu çalışmaların sonuçları daha sonra başka disiplinlere de uyarlanmıştır. Bu hedeflere ne ölçüde erişildiği, bilgisayar teknolojisinin tasarımın yaratıcı unsuruna ne gibi olumlu veya olumsuz etkileri olduğu sorusu önemli, burada ele alınmayacak, ancak bu soru detaylı bir incelemeyi hak etmektedir. 90'lı yıllara kadar, çok az sayıda tasarım ofisinin kullandığı CAD yazılımları sadece inşaat süreçleri için gerekli olan çizimlerin hızlı yapılabilmesi için kullanılmışlardır. 90'lı yıllarda ise mikroçip teknolojisi sayesinde 'herkese bir bilgisayar'¹⁵ sloganıyla yaygınlaşan kişisel bilgisayar kavramı gelişmiş; yeni nesil, hızlı, erişilebilir ve geniş belleğe sahip bilgisayarların her eve girdiği bir dönem başlamıştır. Bu dönemde CAD yazılımlarının mimarlık pratiğinde yaygınlaşmaya başladığı da söylenebilir. Önceleri bilgi iletişim teknolojileri sunum, çizim ve değerlendirme yardımcısı gibi temsil amaçlı kullanılmışlardır. Örneğin, Frank O. Gehry, Barcelona Olimpiyatları için tasarladığı balık heykelini inşa etmek için gerekli imalat çizimlerini bilgisayar ortamında yapmıştır.¹⁶ Fiziki ortamda modellenen heykel dijital ortama aktarılmış, CAD ortamında iki boyutlu teknik çizimler üretilmiştir (**Görsel 3**).



Görsel 3: 1992 Barcelona Olimpiyatları sonrası şehrin simgesi haline geldi. 56m x 35m metal bir yapıyla desteklenen paslanmaz çelik şeritlerden oluşmaktadır. Kaynak: <https://www.barcelonaturisme.com/wv3/en/page/1965/peix-fish-frank-gehry.html>

Günümüzde mimari tasarım alanında bilgi iletişim teknolojileri elektronik bir kalem olmanın çok ötesinde kullanımlara sahiptirler. 2000'li yılların başlarından itibaren, strüktürel (Toyo Ito'nun Sendai Mediatheque 1995-2001 müzesi) (**Görsel 4**) ve mimari form bulma (UN Studio'nun Mercedes Benz Müzesi 2001-2006) ve canlandırma mecrası olarak kullanıldığı söylenebilir. Ayrıca çok büyük bir ivme kazanan İnternet ve ağ teknolojisindeki gelişmeler de hem bilgiye erişimi kolaylaştırmış, tasarımcı-kullanıcı ilişkisini ve kullanıcının algısını hem de tasarım sürecini daha önce öngörülmeyen bir şekilde değiştirmiştir. Artık, 50 ve 60'lı yılların fantezi olarak ifade edilen yukarıda sözünü ettiğimiz mimarlık konseptleri, söylemleri, kullanımları ve mimari formları teknoloji-tasarım birlikteliğinin doğal sonuçları olarak denenmeye, sanal ve fizikselin bir arada olduğu karşılıklarını da bulmaya başlamışlardır (bu durumun çeşitli örnekleri için bkz E-topia - City of Bits ve Me+ +)¹⁷. Tasarlama olanaklarının değişmesiyle, karmaşık formlar ve biçimler üretmek artık mümkün; yapım ve üretim süreçleri de doğal olarak dönüştü. Bugün sanal mecraların mimari tasarımda farklı kullanımlarıyla, eğrisel, parametrik yüzeyler her yerde sıkça karşımıza çıkıyor, artık belki de kolaylıkla tasarlayabildiğimiz ve ürettiğimiz için daha fazla eğrisel form ve karmaşık biçim denemeleri yapıyoruz. Goldberger¹⁸ yer, bağlam ve mimari ilişkisini ele alırken, '[b]izden önceki nesil önce otoyollarla ne yapmaya başladyısa, bugün de dijital tasarım teknolojileriyle aynı şey yapıyor; her yer aynı ve birbirine benzer kınıyor' diyerek bu yeni dijital yaratıcı kültürün ürünlerine eleştirel bir bakış getiriyor. Belki de mimari tasarımda sayısallaşmanın, şehirlerde ve mimari üretimde aynılaşmaya yol açmasıyla birlikte yeni bir 'sayısal uluslararası üslubun' da doğmuş olduğunu söyleyebiliriz.

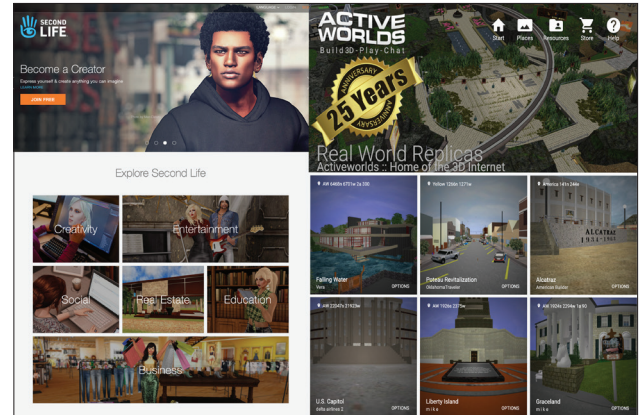


Görsel 4: Toyo Ito SANAA, Geçirgen perdelerle ayrılmış kesişen mekan kullanımları, Kaynak: MoMA.

Sanal mecraların bir yardımcı tasarımın aracı olarak kullanımlarının yanı sıra, sanal mecrada içinde -tasarımın içinde tasarım-¹⁹ ve sanal mecranın kendisinin tasarımı da mimarların ilgilendiği bir alan olmuştur. Özellikle, İnternet ve bilgisayar grafiğindeki gelişmelerle oyun endüstrisinin yatırımları sonucu, iki boyuttan üç boyuta evrilen sanal dünyalar²⁰, giderek yaygınlaşmıştır. Sanal dünyalar basit bir web tarayıcı ya da özel bir program aracılığıyla çalışırlar. Kullanıcılar sentetik ve genellikle insana benzeyen 'avatar' ismi verilen karakterlerle temsil edilirler. Kullanıcı avatarıyla sanal mekanları deneyimler, ortamda yürüyebilir, koşabilir, uçabilir, diğer kullanıcıların avaturlarıyla iletişime geçebilir ve mecrada ile etkileşime olanak veren URL aktive edebilir, portal geçişleri, teleport vb. çeşitli eylemleri gerçekleştirebilirler. Sanal dünyanın inandırıcı olması, kullanıcının bu ortamlarda daha rahat hissetmesi, mecranın daha anlaşılır olması amacıyla mimari yapıyı çevreye benzer, mekan analogisinin kullanıldığı üç boyutlu sanal dünyalar geliştirilmiştir. İki boyutlu yazı tabanlı ilk sanal dünya örneklerinden beri, mimari mekan analogisi yaygın olarak kullanılır; örneğin 'sohbet odaları', 'bilgi otoyolu', 'pencere', vb. terimler sanal ortamda kullanılırlar.

Dünyadaki pek çok kentin sanal kopyası yapılmış, bu ortamlar fiziki çevrelerde yaptığımız türlü aktivitenin, sanal dünyada avatarlar vasıtasıyla yapıldığı 'mükemmel bir yer'²¹ olarak tanımlanmışlardır: Örneğin avatarınız uçak kullanabilir, Everest dağına bir ziyaret gerçekleştirebilir. Özellikle 90 ve 2000'li yıllarda pek çok mimarlık okulu 'sanal tasarım stüdyoları'²² yürütmüştür. Bu stüdyolar hem bireysel hem de takım çalışmasını teşvik eden işbirlikli sanal tasarım stüdyolarıydı.²³ İlk yaygınlaşan sanal dünyalar Active Worlds (1995), There (1998) ve Second Life (2003)

olmuştur. Active Worlds ve Second Life tasarım stüdyolarının yürütüldüğü sanal dünyalar olarak birbirlerinden farklı tasarım yaklaşımları içermektedirler (**Görsel 5**). Örneğin, Active Worlds'ün oldukça geniş bir sanal kütüphanesi vardır; bu kütüphanede mimari yapı elemanları (kapı, pencere, kolon, giriş vb), mobilyalar, eşyalar, peyzaj elemanları, eylem betiği vb. nesnelere yer alır. Bu hazır elemanlar dışında yeni bir nesne yaratmak için yönetici izniyle, kütüphane klasörüne yükleme yapılması gerekir: CAD ortamında yapılan modelin farklı uzantılarla kütüphane klasörüne yüklenmesi gerekir, doku ve renkler her zaman istenilen sonucu vermez, bu işlem oldukça zahmetlidir. Bu sebeple tasarımcılar dünya içi kütüphane nesnelere tasarım yaparlar, bunun sonucunda Active Worlds tasarımlarının kendine özgü bir 'Active Worlds görüntüsü' olur. Second Life sanal dünyası ise çok gelişmiş olmamakla birlikte bir CAD yazılımı gibi çalışır, kullanıcı 3B modelleme komutlarıyla tasarıma başlar; prizma, küre vb. temel geometrileri ekrana çeker ve sonra bunları düzenleme komutları yardımıyla (kopyalama, büyütme-küçültme, döndürme vb.) değiştirerek, istediği tasarımları gerçekleştirebilir. Ayrıca, gelişmiş ekran grafiği sayesinde tasarımlar gerçeğe daha yakın görünürler.²⁴ Second Life ayrıca gelişmiş betik diliyle hiperlink, portal, bağlantı ve yer değiştirme vb. pek çok etkileşim imkanı da sağlar.



Görsel 5: Second Life ve Active Worlds, gerçek dünyada yapamayacağınız pek çok aktiviteye olanak tanıyan 'en mükemmel yer' www.secondlife.com ve www.activeworlds.com

İnandırıcı bir sanal ortam yaratabilmek için, kullanıcının algısına hitap etmek, öncelikle klavye-fare ve ekranla gerçekleşen bilgisayar-insan etkileşimini kesintisiz/akışkan/doğal hale getirmek gereklidir. Sanal ortam gözlüğü ve giyilebilir nesnelere arayıcılığıyla bu iletişimi doğal ve sınırsız hale getirecek teknolojiler üzerinde halen çalışılmaktadır. Bouvier inandırıcı bir sanal çevre oluşturmak için beş bileşen gerektiğini söyler. Bu bileşenler: sarmallanma,

etkileşim, eylem-algı döngüsündeki tutarlılık, duygular, bilişsel bilim olarak sınıflandırılmıştır. Sarmalanma duyuların yönlendirilmesiyle ilgilidir, ortamdaymış gibi olma durumunu anlatır. Etkileşim araçları ise olabildiğince saydam ve doğal hale gelmelidir. Bu şekilde sanal ortamın inandırıcılığı artırılmış olacaktır. Eylem algısındaki tutarlılık, kullanıcı ve kullanılan sistemin dönütü arasındaki ilişkinin kesintisiz devam etmesiyle ilgilidir. Duygular, inandırıcılığı arttıracak diğer önemli bir faktör olarak tanımlanır ve teknoloji değil, bir sanatçı işi olabileceği ve ancak bir sanatçı gözünün duyguları aktarmada etkili olabileceği vurgulanır. Bilişsel bilimler ise algı, dikkat ve öğrenme süreçlerinin mekanizmalarını araştırmakta ve sanal gerçeklikteki var olma hissini (presence) anlamaya ve güçlendirmeye yönelik insan odaklı çeşitli çalışmaları kapsamaktadır.

Son yıllarda, bulut ve mobil iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, sanal gerçeklik teknolojileriyle aynı dönemlerde geliştirilmeye başlanan, artırılmış gerçeklik teknolojisinin mimarlık alanında kullanımına yönelik, yoğun bir ilgi bulunmaktadır. artırılmış gerçeklik mecraları ilk defa 1992'de bilgisayarda üretilen sanal nesnenin, gerçek dünyaya yerleştirilmesi olarak tanımlanmıştır.^{26,27} Azuma²⁸ artırılmış gerçekliği, gerçek ortam ile sanalın birleştiği veya üst üste çakıştığı, eş zamanlı etkileşimin sunulabileceği ve 3B sanal nesnelerin fiziki ortama yerleştirilebileceği gerçeklik olarak tanımlamaktadır. Geliştirilen ilk sistemler hem ağır donanım hem de izleme takip sistemlerinin yeterince gelişmemiş olmasından dolayı kullanışlı değillerdi. Kullanıcı sırtında bilgisayar ve başında da özel bir kask ve kablolardan oluşan ağır bir donanımı taşımak zorundaydı. Google ve Apple, 2017 yılında peş peşe kesintisiz teknolojileri olan ARCore ve ARKit'i tanıtmış, yani etikete ihtiyaç duymadan sadece kameradan gelen görüntü ile yüzey tanımlayarak koordinat düzlemi yerleştirme olanağını kullanıcılarına sunmuşlardır. Günümüzde, arayüz olarak kullanılan gözlük, tablet vb. araç gerecin yaygınlaşması, kolay erişilebilir olması ve internetin yaygınlaşmasıyla, hızlı ve kolay tarayıcı esaslı artırılmış gerçeklik sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Gerçek olanla dijital modelin üst üste çakıştırılması imkanı vermesi bakımından, artırılmış gerçeklik mecrasında üretilen dijital modelin gerçek yerinde veya basitçe bir maket üzerinde sanal bir katman olarak değerlendirilmesi, bu şekilde tasarım sürecinde kullanılabilir olması, mimarların ilgisini çekmekte olup, bu alanda halen pek çok araştırma yapılmaktadır (Görsel 6).²⁹



Görsel 6: Artırılmış Gerçeklik Ortamında Model Üretimi
TÜBİTAK 1001 Proje No:115K515.

Yakın bir gelecekte, özellikle bağlam, kütle ilişkilerini çözümlene ve önerilerin değerlendirilmesi gibi tasarım süreçlerinde artırılmış gerçeklik destekli tasarım ortamları etkili araçlar olacaktır.

Sanal mecraların mimari tasarımla olan ilişkisi elbette bunlarla sınırlı değil, bu ortamlar hem tasarım üretiminin yapıldığı ve geliştirildiği, hem de ilgili paydaşların bir araya gelip yapılan tasarımı birlikte değerlendirdikleri ve geliştirdikleri etkileşimli bir üretim ve iş birliği alanı haline de geliyor. Bu bakımdan özellikle, farklı coğrafyalarda yer alan tüm paydaşların, sanal bir dünyada paylaşımlı bir dijital model üzerinde çalışabilmeleri artık mümkün de diyebiliriz. Örneğin mimar sanal yapıyı tasarımcı rolüyle görüyor, yapıya ait tüm mekânsal unsurlar incelenmeye ve gerçek zamanlı olarak yeniden geliştirilmeye açık ve aynı zamanda makine mühendisi veya inşaat mühendisi kendi ilgilendikleri teknik konularda aynı sanal modeli mühendis rolüyle inceleyerek, gerçek zamanlı olarak model üzerinde gerekli gördükleri değişiklikleri yapabiliyorlar, bir anlamda avatarlarla ziyaret edilen üç boyutlu sanal bir dünyada paylaşılan yapı bilgi modelleme sistemi de diyebiliriz³⁰. Tüm bunlar iş birlikli ve çok disiplinli tasarlama ortamlarının yaygınlaşmasını sağlayarak, simülasyon olanaklarının artmasını ve teknoloji entegre edilmiş akıllı sistemlere olan ilgiyi de artırıyor. Yakın bir gelecekte, sanal mecralar içerisinde çok kullanıcı ve eş zamanlı tasarıma olanak veren bu sistemlere yapay zekâ teknolojisi de entegre edilecek, kullanıcılarından öğrenen sistemler yaygınlaşacak.

Son olarak, sanal mecralarla mimari tasarım eyleminin kesişmesinin en büyük potansiyelinin deneyim ve etkileşim olanakları olduğunu düşünüyorum. Bu teknolojiler bizlere sadece akıl almaz büyüklükte bilginin depolandığı, yardımcı bir tasarım aracı veya kullanışlı bir temsil ortamı sunmuyor; aynı zamanda karmaşık geometri-

ri tasarlama-üretme-canlandırma olanakları ve tasarımcı-ürün-kullanıcı-mecra arasında başka hiçbir medyanın sunamayacağı yepyeni deneyim ve karşılıklı etkileşim imkanları da sunuyorlar. Bu imkanlar doğal olarak, bütünüyle çevremizle olan ilişkimizi, algımız ve deneyimlerimizi de dönüştürüyor. Bu ilişkinin arayüzü şu an için belki sanal gözlük, saat, tablet, telefon giyilebilir nesnelere veya araba navigasyon sistemi, güneş paneli, akıllı ev kontrol ekranı vb., çeşitli nesnelere oluşturduğu bir alanda yoğunluk kazanmakta, ancak teknolojinin sunduğu olanaklar elbette bu gereç ve nesnelere sınırlı değil. Tarif etmeye çalıştığımız sanal mecralarla tasarlama eylemi; alışageldiğimiz statik, durağan yapılar ve mekanlar tasarlama pratiğinin dönüşerek, bilgi depolayan, öğrenen, bilgi işleyen sistem ve süreçlerin tasarlanması ve tüm bunların mekân tasarımına entegrasyonunu içerir hale geliyor. Bu yeni tasarım alanı kullanıcı davranışlarına odaklı olacaktır. Kullanıcının eylemlerine, beklentilerine, alışkanlıklarına göre kendini değiştirebilen bu akıllı sistemlerin, kullanıcı için yeni deneyim alanları tasarlama işine dönüşmesi çok uzak bir gelecek değil. Bu bağlamda dinamik, hareketli bir fiziki çevrenin tasarımı gerekli; esasen bu öngörünün farklı bir bağlamda olsa da bazı denemeleri yapılmıştır³¹.

Gerçek ve sanal dünyanın iç içe geçişinin derinleşmesi, fiziki mekânın akıllı hale gelip değişebilirliği, insanların bu mecralarda hem birbirleriyle hem de sanal ajanlarla iletişime geçmesi, robotların otonom şekilde inşaat süreçlerine dahil olmaları, tüm evrenin kendisinin aslında büyük bir bilgisayara dönüşüyor olması vb. tüm bunlar, belki bir nesil önce bilim kurgu gibi görünse de yakın bir gelecekte bizler ve sonraki nesiller için gerçekliğin kendisi olacak. Son yirmi – otuz yıldır sanal mecraların mimarlık mesleğine entegrasyonunu düşünürsek, daha önce meslek formasyonu edinmiş mimarlarla, bugün bilgi iletişim teknolojilerinin içinde yetişen nesil arasında büyük bir fark olduğunu iddia edebiliriz. Bu bağlamda, her türlü ileri bilgi iletişim teknolojilerinin yapısal çevrenin ve kentlerin, sosyal ilişkilerin ve yaşamın yeniden organizasyonunda, mimarlara sunduğu yeni bir yaratıcı dijital kültürün geliştiği söylenebilir. Bu durum şüphesiz biz mimarlara yeni görevler de yüklüyor. Mimarlar olarak bizler, bu sayısal yaratıcı kültür endüstrisi içerisinde, fazlasıyla katmanlı, biraz da bulanık, Milgram ve Kishino'nun ifade ettiği uzamsal karma gerçeklik alanında bir yerlerde, alışılmış kartezyen zihin-beden ilişkilerinin üstünde, yeni tasarım alanları ve olanaklarını keşfetmek durumundayız.

DİPNOTLAR

¹ Sanal kelimesi İngilizce karşılığı 'virtual'. Latince metinlerde 'virtus':

-geç 14 yy. 'fiziksel erdem veya yeteneklerden etkilenen, doğal nitelikler bakımından etkili'-ortaçağda Latince metinlerde 'virtualis' 'erkeklik, mertlik tamlaması olarak- mükemmel, etkili, kuvvetli'

- 15y. 'gerçekte olmasa da özünde veya etkisinde bir şey olmak', ve 'belirli bir etki üretme yeteneğine sahip' anlamlarında kullanılmıştır.

-1959 sayısal jargonda ise 'fiziksel olarak mevcut değil, ancak yazılım tarafından görünen- var olan' olarak ele alınmıştır. bkz. Online Etymology Dictionary-etymonline.com.

'Kelime zaman içinde "gaip" ve "paralel gerçeklik" olarak algılandığı şekliyle derin bir metamorfozun temsilcisidir'- Kelimenin zaman içerisindeki evrimi için bkz. Virtual Architecture-Emanuel Dimas de Melo Pimenta. <http://www.asa-art.com/virtus.htm> ET:4.08.2020.

² Sanal Gerçeklik terimi ilk kez Jaron Lanier tarafından kullanılmıştır. 1980'li yıllarda sanal gerçeklik gözlüğüyle çalışan, kullanıcıyı temsil eden 'avatarları' olan, çoklu kullanıcı sanal bir dünya tasarlamıştır.

³ Bu karşılıklı etkileşim artık sadece Myron W. Krueger gibi öncü sanatçıları fantezi dünyalarını süslemiyor, bir bakıma ete kemiğe bürünüyor.

-Bkz. M.W. Krueger, Real Buildings and Virtual Spaces, Ed.Bertol, D. Designing Digital Space, John Wiley & Sons. Inc. 1990, s.273-283.

⁴ Bu makalede sanal mecrada tasarım terimi 1959 yılı sayısal jargonuna yakın ele alınmıştır; bilgi iletişim teknolojileriyle tasarlanan - sayısal ortamda - yazılım tarafından görünen - var olan.

⁵ Siberetik- terimi Norbert Wiener'in 1948 tarihli 'Siberetik: Hayvan ve Makinelerde Kontrol veya İletişim' isimli kitabında ele alınmıştır. Kavram, insan müdahalesi gerektirmeyen otonom, dış dünyanın ihtiyaçları doğrultusunda kendini yenileyen ve verilen görevleri yerine getirmek amacıyla hareket eden yapay veya biyolojik sistemlerin kontrol ve haberleşmesine odaklanmaktadır. Siberetik düşünce sistemi 50'li yıllarda mimarlara ilham kaynağı olmuştur.

⁶ Alexander, Price ve Negroponte ve MIT'nin Mimari Makine Grubu'nun mimarlık ve hesaplamalı düşünmeye olan etkilerinin çok detaylı olarak tartışıldığı Steenson'nın (2014) çalışması oldukça aydınlatıcı olacaktır.

-Bkz. M.W. Steenson, Architects of Information: Christopher Alexander, Cedric Price, and Nicholas Negroponte & MIT's Architecture Machine Group, A PhD Dissertation, Princeton University, 2014.

⁷ Özellikle mimarın tasarım sürecindeki rolünün ne olacağı tartışılmış: Örneğin Rudofsky'nin 'Mimarsız Mimarlık' (Architecture without Architects) ve Alexander'in 'Form Sentezi İle İlgili Notlar' (Notes on the Synthesis of Form) gibi çalışmalarında gördüğümüz, o dönemin şartlarında ortaya konan hesaplamalı düşünce sistemlerinin, çok karmaşık ve sezgisel bileşenleri olan tasarlama sürecini dönüştürmesi ve bu bağlamda tasarımların üretilmesi mümkün olamamıştır.

- Bkz. B.Rudofsky, Architecture without Architects, Museum of Modern Art, New York,1964.

- C. Alexander, Notes on the Synthesis of Form, Harvard Graduate School of Design, Doctorate dissertation. 1964.

⁸ Bkz. Future City : Experiment and Utopia in Architecture / edit eden Jane Alison ... [et al.]. London: Thames & Hudson, 2007, c2006. Pages: 36-37.

⁹ Constant'tın Herbert'e mektupları, 13 Eylül 1961.

- Alıntı:s.67 Wigley, M., Constant's New Babylon, the Hyper-Architecture of Desir, Witte-de-With. Rotterdam, 1998.

¹⁰ Mathews, S., The Fun Palace as Virtual Architecture, Cedric Price and the Practices of Indeterminacy, Journal of Architectural Education, 59:3, 39-48. 2006.

¹¹ Price, C., A Laboratory of Fun, New Scientist, No.391- 14 May 1964, s.422-426.

¹² Interview with Yona Friedman: "Imagine, Having Improvised Volumes 'Floating' In Space, Like Balloons"

<https://www.archdaily.com/781065/interview-with-yona-friedman-imagine-having-improvised-volumes-floating-in-space-like-balloons>

¹³ Peter Cook, Dennis Crompton, Ron Heron, David Greene, Mike Webb, Warren Chalk 1961- 1974 yılları arasında Archigram dergisinde önceleri o dönemde Londra'da yapılan 'sözde' modern mimarlığı sorgulayan bir tavırla, bireysel projelerini tartışmış, dönemin uzay çalışmaları, endüstriyel üretim, elektronik sistemler, pop kültür, devingenlik gibi güncel kavramlarını mimarlık söylemine taşımışlardır.

-Bkz. A Guide to Archigram 1961-1974, Academy Groups Ltd.London. 1994.

¹⁴ Rosenbloom, P. S., On Computing, The Fourth Great Scientific Domain. the MIT Press, 2013.

¹⁵ <https://www.computerhistory.org/revolution/personal-computers/17/298>

¹⁶ 1989 yılında Frank O. Gehry'nin ofisi, 1992 Barcelona Olimpiyatları için balık biçiminde bir heykel tasarladı. Çift-eğrili yüzeyi olan bu tasarımın, fiziki modelden dijital ortama aktarımı ve iki boyutlu çizimleri nasıl üretebileceklerini düşünmeye başladılar. Uzay-uçak alanında kullanılmakta olan Catia yazılımı bu amaç için uyarlanmışlardır.

¹⁷ Mitchell üçlemesi: E-topia:'Urban Life, Jim- But Not as We Know It, City of Bits ve Me+ + isimli kitaplarında bilgi iletişim teknolojilerinin etkisiyle kentsel çevrenin fiziksel ve sosyal dönüşümüne vurgu yapmaktadır.

¹⁸ Goldberger, P., Why Architecture Matters, Yale,2009.

¹⁹ 'Designing with in the design' terimi bu şekilde çokça kullanılır. Örneğin- Bkz. Maher, ML ve Simoff, SJ, Collaboratively designing within the design. DOI: 10.1007/978-1-4471-0779-8_37, 2000.

²⁰ 80'li yıllarda yazı tabanlı, MUD (Multi-user Dungeon)- MUSH (Multi-user Shared Hal-lucination) yaygınken, 1997 yılında Electronic Art firması Ultima Online sanal mecrasını geliştirmiştir, takip eden yıllarda pek çok yeni sanal dünya geliştirilmiştir.

-Bkz. Au, Wagner James, The Making of Second Life: Notes from the New World, Harper Collins Pub.New York, 2008.

²¹ Ultimate Destination-terim sanal dünyalarda yapılan eylemleri betimlemek için çokça kullanılmıştır.

- Bkz. Lanier, J., An Insider's View of the Future of Virtual Reality. Journal of Communication 42(4) Autumn. s.150-172, 1991.

²² Stüdyoların kurgusu, genel amaçları ve teknolojinin rolü için bakılabilir.

- Bkz. Cicognani, A., Simeon, J.S., Maher, M.L., Understanding Virtual Design Studios, Springer, 2000.

²³ Sanal dünyaların bu iş birliği imkanları uluslararası pekçok sanal tasarım stüdyosu yürütmeye olanak vermiştir, Örn: İstanbul-Sidney ve Sydney, Tayland arası. Daha geniş bilgi için bakılabilir:

- Gül, L.F., Wang, X., ve dig., 'Global Teamwork: A Study of Design Learning in Collaborative Virtual Environments', Design Research Society 2008 Conference, DRS2008, Undisciplined! Sheffield Hallam University, Sheffield, UK., 2008.

- Gül, L.F., Gu, N. & Williams, A., 'A New Approach to Design Education: Evaluations of 3D Virtual Worlds on Design Teaching and Learning', ConVR'07, Proceedings of the 7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, The Pennsylvania State University, s. 40-49, October 22-23, 2007.

- Gu, N., Gül, LF. Ve dig., 'Second Life a Context for Design Learning', In Wankel, C and Kingsley, J (eds.), Higher Education in Second Life, Chapter 9, ISBN 9781849506090, Emerald Group, Bingley, UK. s.159-180, 2009.

²⁴ Active Worlds ve Second Life farklı modelleme komutları içerir. Her iki ortamın tasarım imkanları detaylı olarak kıyaslanmıştır.

- Bkz. Gu, N., Gül, L.F. & Maher, M.L., Designing and Learning within the Design: A Case Study of Principles for Designing and Teaching 3D Virtual Worlds, Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA'07, Southeast University, China, s.127-132, 2007.

²⁵ Bouvier, P., The Five Pillars Of Presence: Guidelines To Reach Presence, Presence, 246-249, 2008.

²⁶ Caudell, T.P., Mizell, D.W., Augmented Reality: An Application Of Heads-Up Display Technology To Manual Manufacturing Processes. Proceedings Of The Twenty-Fifth Hawaii International Conference On System Sciences, 1992.

²⁷ Milgram ve Kishino bir doğru üzerinde en sağda gerçek mecra ve en solda sanal mecra olmak üzere- gerçek-sanal uzam ilişkisini ortaya koyar. Her iki mecra arasında artırılmış gerçeklik ve artırılmış sanallık yer alır. Bu dört uzam bir bütün olarak karma gerçekliği oluşturur.

- Bkz. Milgram, P. & Kishino, F., A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D, 1321-1329, 1994.

²⁸ Azuma R.T., A Survey Of Augmented Reality, Tele- Operators and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355-385, 1997.

²⁹ Gül, L.F., Studying Gesture-Based Interaction on a Mobile Augmented Reality Application for Co-Design Activity, Journal of Multimodal User Interfaces 12(2): 109-124, 2018.

³⁰ Design World isimli sanal dünya farklı paydaşların Second Life içerisinde iş birliğini hedeflemektedir. –

- Bkz. Gül, L.F. & Maher, M.L., Studying Design Collaboration in Design World: An Augmented 3D Virtual World, In Banissi, E, Sarfraz, M, Huang, ML and Wu, Q (eds.), Proceedings of 3rd International Conference on Computer Graphics, Imagining and Visualization Techniques and Applications, CGIV'06, IEEE Computer Society, California, s.471-476, 2006.

³¹ Marshall McLuhan in Sean Perkins (ed) Experience: Challenging Visual Indifference Through New Sensory Experience (Booth-Clibborn Editions, 1995). s.13

- Anna Klingmann, Brandscape: Architecture in the Experience Economy (MIT Press, 2010) s.76.

REFERANSLAR

- Alexander, Christopher. Notes on the Synthesis of Form, Harvard Graduate School of Design, Doctorate dissertation. 1964.
- Alison, Jane (Ed). Future City : Experiment and Utopia in Architecture, London: Thames & Hudson, 2007. 36-37.
- Au, Wagner James. The Making of Second Life: Notes from the New World, HarperCollins Pub. New York, 2008.
- Azuma, Ronald T. "A Survey of Augmented Reality." Tele- Operators and Virtual Environments, (1997): 6(4) 355-385.
- Bouvier, P., "The Five Pillars Of Presence: Guidelines To Reach Presence", Presence, (2008): 246- 249.
- Caudell, T.P., Mizell, D.W. "Augmented Reality: An Application Of Heads-Up Display Technology To Manual Manufacturing Processes". Proceedings Of The Twenty-Fifth Hawaii International Conference On System Sciences, 1992.
- Cicognani, Anne, Simeon, J.S., ve Maher, M.L. Understanding Virtual Design Studios, Springer, 2000.
- Cook, Peter, Dennis Crompton, Ron Herron, David Greene, Mike Webb, ve Warren Chalk. A Guide to Archigram 1961-1974, Academy Groups Ltd. London. 1994.
- Goldberger, Peter. Why Architecture Matters, Yale, 2009.
- Gül, Leman Figen, Wang, X., ve dig., "Global Teamwork: A Study of Design Learning in Collaborative Virtual Environments", Design Research Society 2008 Conference, DRS2008, Undisciplined!, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK., 2008.
- Gül, Leman Figen. "Studying Gesture-Based Interaction on a Mobile Augmented Reality Application for Co-Design Activity." Journal of Multimodal User Interfaces. (2018): 12(2) 109-124.
- Gül, Leman Figen ve Maher, Mary Lou. "Studying Design Collaboration in Design World: An Augmented 3D Virtual World", In Banissi, E, Sarfraz, M, Huang, ML and Wu, Q (eds.), Proceedings of 3rd International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization Techniques and Applications, CGIV'06, IEEE Computer Society, California, 471-476, 2006.
- Klingmann, Anna. Brandscape: Architecture in the Experience Economy, (MIT Press), 2010. 76.
- Krueger, Myron W. Real Buildings and Virtual Spaces, Ed. Bertol, D. Designing Digital Space, John Wiley & Sons. Inc. 1990, 273-283.
- Lanier, Jaron. "An Insider's View of the Future of Virtual Reality." Journal of Communication, (1991): 42(4) Autumn. 150-172.
- Maher, Mary Lou ve Simoff, Simon J. Collaboratively designing within the design. DOI: 10.1007/978-1-4471-0779-8_37, 2000.
- Mathews, Stanley. "The Fun Palace as Virtual Architecture, Cedric Price and the Practices of Indeterminacy", Journal of Architectural Education, (2006): 59:3, 39-48.
- McLuhan, Marshall. Experience: Challenging Visual Indifference Through New Sensory Experience, in Sean Perkins (ed) (Booth-Clibborn Editions, 1995). 13.
- Milgram, Paul ve Kishino, Fumio. "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays." IEICE Transactions on Information and Systems, (1994): E77-D, 1321-1329.
- Price, Cedric. "A Laboratory of Fun." New Scientist. (1964): No.391- 14 May, 422-426.
- Rosenbloom, Paul S. On Computing, The Fourth Great Scientific Domain. the MIT Press, 2013.
- Rudofsky, Bernard. Architecture without Architects, Museum of Modern Art, New York, 1964.
- Stenson, Molly Wright. Architects of Information: Christopher Alexander, Cedric Price, and Nicholas Negroponte & MIT's Architecture Machine Group. A PhD Dissertation, Princeton University, 2014.
- Wigley, Mark. "Constant's New Babylon, the Hyper-Architecture of Desire." Witte-de-With. Rotterdam, (1998). 67.

Leman Figen Gül

Prof. Dr. Gül'ün araştırma konuları mimarlık ve eğitimi, bilişim, sayısal tasarım ve fabrikasyon, sanal ve artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, akıllı kentler, yaratıcı kültür endüstrileri gibi alanları kapsar. 2014 yılı itibariyle İTÜ Mimarlık Fakültesi öğretim üyesi olan, Prof. Dr. Gül, daha önce Sidney Üniversitesi'nde (2003-2007) yarı zamanlı öğretim elemanı, Newcastle Üniversitesi'nde (2007-2009) araştırmacı, Uluslararası Saraybosna Üniversitesi (2009-2011) ve TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'nde (2011-2014) doçent olarak görev yapmıştır. 2018 Aralık itibariyle İTÜ Bilim, Mühendislik ve Teknolojide Kadın Araştırmaları ve Uygulama Merkezi Müdürü olan, Prof. Dr. Gül, halen pek çok uluslararası ve ulusal araştırma projesi yürütmektedir. Uluslararası dergilerde makaleleri, kitap ve kitap bölümleri de dahil olmak üzere pekçok yayını bulunmaktadır.

Sanal Mecralarda Mimari Tasarımın Dünü ve Bugünü

Son yıllarda artan bir ivmeyle gelişen bilişim teknolojileri, hayatın her alanında olduğu gibi mimari tasarım alanında da dijital dönüşümü tetiklemiş, kaçınılmaz olarak biz mimarlara da yeni tasarım platformları sunmuştur. Bu dijital dönüşüm süreci tasarlama biçimlerimizi değiştirdiği gibi, kamusal ve özel alanda yaşantımızı etkileyerek alışkanlıklarımızı, çalışma şekillerimizi, şehirleri, mekanları ve sosyal ilişkilerimizi de değiştirmeye başlamıştır. Bilişim teknolojilerinin içinde yaşadığımız çevreye entegre olmuş uygulamalarını, akıllı şehir, akıllı ev, nesnelerin interneti, yapay zeka, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi çeşitli alanlarda görmekteyiz. Bu makalede, 'sanal ve mimarlık' bileşeninde, dijital dönüşümün mimari mekân ve bina üretimine neler sunmakta olduğunu tartışmak istiyorum. Bu amaçla, dijital tasarım kavramıyla gelişen popüler, yeni yaratıcı dijital kültürün izlerini, yenilikçi, deneysel, belki de biraz fantezi mimari tezahürü olan avangard mimarlıktan, sanal ortamlarda mimari üretim süreçlerine doğru evrilmesine kadar takip edeceğim.

Anahtar kelimeler: Sanal mecralar, mimari tasarım, sanal mecrada tasarım, bilişim teknolojileri.

An Overview of Architectural Design in Virtual Environments

Recent developments in information and communication technologies (ICTs) offer new design platforms to architects triggering the processes of digital transformation. Inevitably, this process, digital transformation, has initiated a major change to shape cities, our life and social relations, and affect our way of work and our habits within the public and private spaces. As the products of this process, ICTs integrated into the environment we live in today in the form of applications; i.e. smart city, smart home, internet of things, artificial intelligence, virtual and augmented reality. In this article, I would like to discuss the combination of 'virtual and architecture' and present what this combination would offer to the world of architecture and building production. For that purpose, I will follow the traces of a new creative digital culture that developed with the idea of digital design, evolved from avant-garde on architecture - innovative, experimental, perhaps a little fancy architectural productions, to its integration into architectural production processes in any virtual medium.

Keywords: Virtual environments, architectural design, designing in virtual environments, digital design technologies

MARS'TA EV YAPMAK

Kürşad Özdemir, Dr., Öğretim Üyesi

Dünya dışı yerleşimlerin ana hedefi -şimdilik- Mars. Hayatta temiz bir sayfa açma naifliğiyle birleşmiş keşfetme ve kazanma isteği hem toplumu hem de roket yapabilen her kurumu heyecanlandırıyor. İnsanlık bir kenara koyduğu kaşiflik şapkasını tekrar takmaya hazır. Resmi uzay ajanslarıyla birlikte SpaceX gibi özel girişimler de Mars'a gitme, hatta orada kalma planları yapmakta. Artık Macellan'ın trans-pasifik seyahatiyle aynı sürede Mars'a ulaşmak¹ (Chaplin 2013) mümkün. Bu gidişle kızıl gezegende kalıcı olmak için tasarım ve inşaat bilgimizi geliştirmemiz gerekecek. Bu yazı kızıl bozkırlarda yapılacak evlerin teknolojisini, karşılaştırmalı olarak değerlendirir, eldeki bilgiler ışığında yapısal bir mimari projeksiyon yapmayı dener.

1. arka plan

Çıplak gözle görünebilen 5 gezegenden biri olması ve kendine has kızıl parıltısı, hedef gezegenimiz ile bağ kurmayı kolaylaştırmakta. Galileo ile başlayan kayıtlı gözlemlerin ötesinde, uzay araçları ile yapılan araştırmalar sayesinde -bugüne kadar- karbondioksitli bir atmosfer, toprak üstünde ve altında buz, yaşam ihtimali taşıyan izler ve mavimsi gün batımı bilgilerine ulaştık. Merih gezegenini bizler için cazip bir destinasyon haline getiren fiziksel etkenler şunlar:

- Benzerlik: Gezegenimizi andırıyor, bağ kurabiliyoruz (Basacak bir yerkabuğu var, yerçekimi var, atmosferi -ince ve bol karbondioksitli olsa da- var, sıcaklık bizdekine benzer, gün 24 saat civarı vd.)
 - Yakınlık: 3 ayda ulaşmak mümkün
 - Misafirperverlik: Diğer komşumuz Venüs'ten (yüzey sıcaklığı ~500°C, ezici seviyede yüksek basınç, asit yağmurları...) çok daha misafirperver, hatta güneş sistemindeki tek dostumuz -yüksek radyasyon, düşük basınç ve karbondioksitli atmosfer sayılmazsa
 - Yerel kaynaklar: Toprağından yapı malzemesi elde etmek mümkün, ayrıca su da barındırıyor, panelleri besleyecek kadar gün ışığı var
- Cazibeyi oluşturan bilimsel, toplumsal, hatta varoluşsal nedenleri atlayarak ciddi planları olan aktörlerde durum şöyle:
- Devlet kurumları: NASA, ESA başta olmak üzere uzay araştırması kabiliyeti olan resmi ajanslar hem robotik hem de insanlı görevler üzerinde çalışıyorlar. Büyük ölçüde kamu kaynaklarını kullandıkları için siyasi konjonktüre bağlı olarak plan vadeleri değişiyor. Kısaca,

NASA: Resmi bir kurum olarak 1964 yılından bu yana Mars'a araçlar gönderiyor, bilgi topluyorlar. Yüzey yapıları için üç boyutlu baskı teknolojilerini geliştirmek amacıyla açtıkları yarışma² önemli sonuçlar verdi.

ESA: Avrupa Uzay Ajansı görünür bir Mars araştırma programına³ sahip. Avrupalı diğer kurumlar ise yerleşimlerde kullanılacak teknolojileri (ör: yapay şartlarda bitki yetiştirme⁴) geliştirmekteler.

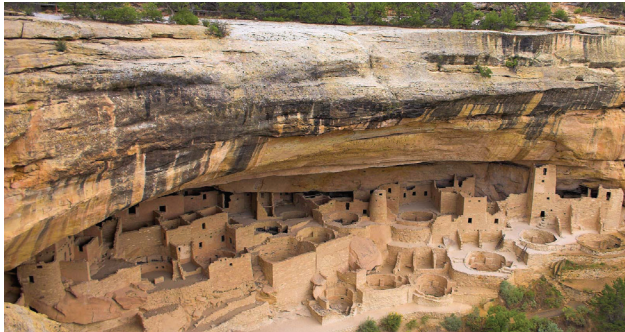
Çin Uzay Ajansı: 2020'de ilk araştırma robotunu Mars'a indirmeyi deneyecek olan ajans, Gobi çölünde kurulan özel bir merkezde yüzey görevleri ile ilgili araştırmalar yürütüyor.

- Özel Kurumlar: Uzay araştırmalarının yükünü kamudan özel sektöre kaydırma ve yeni ekonomik alanlar açma motivasyonu ile kurulan özel girişimlerden Mars ile ilgili en ciddi plana sahip olan SpaceX⁵. Starship projesinin ilk prototipini paslanmaz çelik gövdeye sahip bir taşıma roketi arzediyor. Ortaya konan tasarımın teknik gelişimi yanında belirgin derecede "styling" sürecinden⁶ geçtiği söylenebilir.

2. yerler, yapılar, teknoloji

Kızıl gezegende ev yapmak isteyenleri en çok zorlayacak iki durum -dünyadan milyonlarca kilometre uzakta olmak ve havayı soluyamamak dışında- yüksek radyasyon ve düşük basınç. Bu şartlarla baş edebilmek için Mars'ta yerleşime en uygun yerler şu şekilde sıralanabilir:

1. Ekvator bölgeleri: Volkanik aktivite olan kısımlarda (ör: Arsia Mons yanardağı civarı) doğal mağara oluşumları tespit edildi⁷ (Cushing 2012). Doğal topoğrafyayı lehimize kullanmak oldukça eski bir taktiğimiz (**Görsel 1**) Ekvator bölgelerinde ayrıca jeotermal enerjiye ulaşma ihtimali var. Gezegenin yüksek seviyelerdeki yüzey radyasyonundan⁸ (Appelbaum ve ark. 1990) korunmak için kaya tabakalarının arkasına gizlenmek ve inşaatı mağaraların içinde yapmak iyi bir seçenek sayılabilir.



Görsel 1: Colorado Mağara Yerleşimi Britannica Ansiklopedisi, (ET: 05.08.2020). <https://www.britannica.com/technology/cliff-dwelling>

2. Lav tüpü mağaraları: Lav kütlelerinin akışı ile meydana gelen ve tüpler şeklinde uzanan mağaraların Mars yüzeyi altında bulunmaları olası, zira tavan kırığı gibi görünen yüzey deformasyonlarının yörünge araçlarından yerleri tespit edildi⁹. Bu tüplerin içine yerleşmek hem radyasyondan korunmak için uygun hem de iç yapıları sayesinde bağımsız ve iklimlendirilmiş kompartımanlar oluşturmak teorik olarak mümkün.

3. Hellas Planitia krateri: Bu yüzey depresyon alanı normal gezegen seviyesinin altında bir irtifada olduğu için Mars için yüksek, bizler için ise avantajlı düzeyde atmosferik basıncına sahip. Yüksek ortam basıncı inşa edilecek bir yapıdaki sızdırmazlık şartlarını daha kolay sağlamamıza yardımcı olabilir.

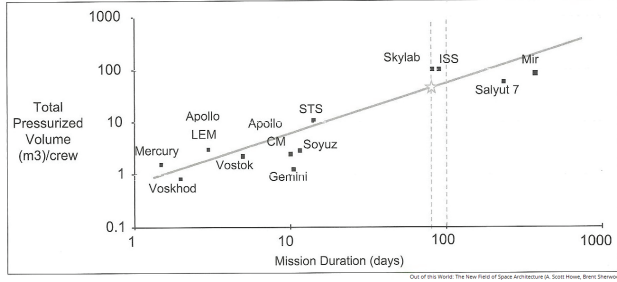
dönem	giriş dönemi		erken dönem	kalıcılık dönemi		
faaliyet	ilk iniş	yakın çevre araştırmaları	yüzey aracı yakın menzilde araştırma	uzun menzilli ve derin araştırma + inşaat		
barınak türü	iniş aracına bağlı yaşam modülü		müstakil yaşam modülü	yüzey aracı	kalıcı istasyon	
yapı teknolojisi	prefabrikte metal kutu		metal kutu + şişme ek	metal kutu + şişme ek	metal kutu	şişme 3b yaz.
yer	ilk iniş noktaları		ilk iniş noktaları + mağaralar	mobil	ilk iniş noktaları + mağaralar + tüneller	

Tablo 1: Barınma yapıları – şartlar matrisi (**Kaynak:** Yazar)

Muhtemel Mars yüzey yapılarını -ve mimarisini- gezegen yüzeyindeki teknik kabiliyetlerle birlikte düşünmek ve dönemsel olarak değerlendirmek uygun olacaktır. İlk insanlı görevlerle başlayacak barınma ihtiyacının görev süreleri uzadıkça ve görev yapıları çeşitlendikçe kendine özgü bir mimari gelişim arz edeceğini söyleyebiliriz. İnsanlı Mars görevlerinin erken döneminde ayak basma ve ön tanıma adımları geçilip daha ayrıntılı ve kapsamı geniş araştırma yapmak için görev sayılarını ve frekansı artırmak gerekecek. Akıllı bir planlama ile -yapay zekanın planlamaya katkıda bulunması muhtemel ve elzem¹⁰- Mars yüzeyinde gerekli altyapının (inşaat, haberleşme, ulaşım vd.) modüler bir yaklaşımla kurulması ve geliştirilmesi mümkün. Sahada sahip olduğumuz imkanlara paralel olarak kızıl gezegene özgü bir mimarinin yapı teknolojisi, mekansal nitelik ve örgütlenme

ve hatta yerleşim örüntüsü açılardan ortaya çıkarılması bir hedef olarak belirlenebilir.

Uzay yapıları tipolojisinde benzer bir gelişim uzay görevlerinin ilk 50 yılında, mürettebat üyesi başına düşen hacim üzerinden rahatlıkla okunabilir. **(Görsel 2).**

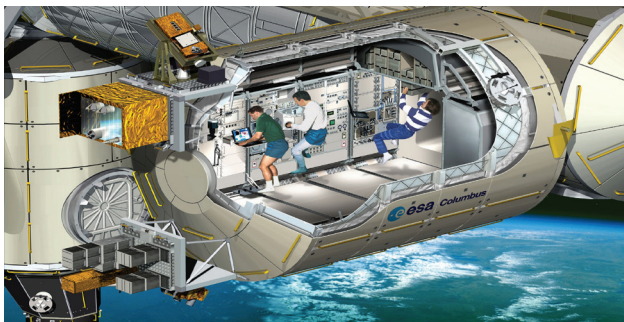


Görsel 2: Uzay araçlarında kişi başına düşen net hacim grafiği Scott-Howe, Brent Sherwood. Out of this World: The new field of space architecture. Reston: AAI Publications, 2009.

Uzay'a ilk çıkan kapsüllerin kokpitlerine sıkışmış mürettebat gittikçe büyüyen ve ferahlayan bir yaşama ve çalışma ortamında daha uzun kalabilme ve araştırma yapabilme şansına kavuşmuşlardır. Mars yüzey yapılarında ise barınak gelişimini hem nicelik hem de mimari nitelikler açısından beklemek ve planlamak önemli görünmekte.

- Metal kutular (tin cans)

Bugünün projeksiyonuna göre Mars'a ayak basmamızı sağlayacak ilk görevlerde 50 küsur yıldır kullandığımız metal, rijit silindirleri kendimize ev belleyeceğiz. Formunu ve boyutlarını klasik roketlerin dikte ettiği metal silindirik yapılar konusunda belirli bir tasarım, imalat ve performans bilgisi biriktirmiş durumdayız. Özellikle Skylab - MIR - UUI dizisi ile silindirik ve modüler yapılaşma olgunluğa ulaştı. Bu yapıları hangi roketlerle hangi mesafelere ulaştıracağımızı ve nasıl eklemeyip nasıl işler hale getireceğimizi biliyoruz. Hatta mekânsal nitelikleri sınırlı olsa da modüllerin neresine kapı ve pencere açacağımızı, tuvaleti nereye yerleştireceğimizi, hatta nasıl tefriş edeceğimizi de biliyoruz. Mars'a yerleşimin ilk döneminde oldukça kullanışlı olabilecek bu modülleri Mars yüzeyine indirdikten hemen sonra kullanmak mümkün. Yapı kabuğu tıpkı bir soğan gibi farklı katmanlardan oluşmakta. **(Görsel 3)**



Görsel 3: UUI Columbus Modülü ve kabuk katmanlaşması ESA Columbus Laboratuvarı. Websitesi, (ET: 05.08.2020). https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Columbus/Columbus_laboratory

Ana gövde formunu ve hava sızdırmazlık özelliğini bir tür alüminyum alaşımı olan çapraz örgü ile takviye edilmiş monokok bir kabuk sağlarken, ısı yalıtım battaniyesi ve mikro meteor koruma katmanları bu rijit modüllerin yapı kabuğunun oluşmasını sağlıyor **(Görsel 3)**. Metal modüllerde kullanılan kabuk katmanlaşmasının en önemli eksiği ise radyasyon koruması. Yüksek enerjili kozmik ışınlar kalkan olabilecek yoğunlukta malzemeleri henüz bu katmanlaşmaya teknik sınırlar içinde dahil edebilmiş değiliz. Yapay bir manyetik alan ve radyasyon geçirimsiz nano malzemeler üzerinde araştırma-geliştirme¹¹ (Durante 2014) yaparak metal kabukları Mars mimarisi için güvenilir bir alternatif haline getirebiliriz.

- Mobil kutular (pressurized rovers)

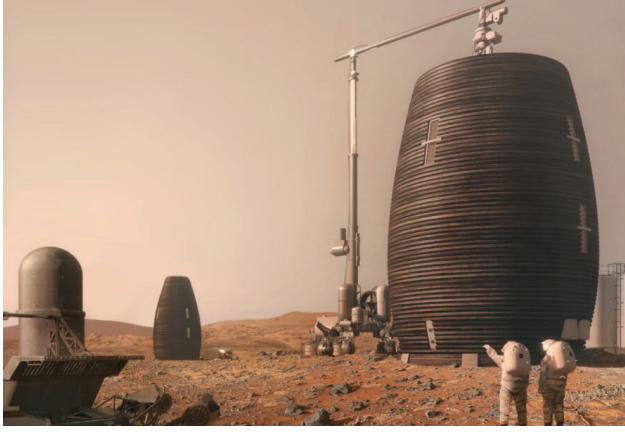
Metal silindirlerle benzer bir yapı kabuğuna sahip olan mobil istasyonlar genelde tekerlekli yüzey araçları şeklinde yapılaşmakta. Yeni dünya kaşiflerinin yanlarında götürdükleri atlar ve arabalar ile paralellik sunan bu araç-yapılar¹² (Özdemir 2009) genişletilmiş Mars görevleri döneminde karşımıza çıkacak. Mars yüzeyinde daha çok alana erişmek ve araştırma derinliğini artırmak için kullanılacaklar. Aynı zamanda araştırmacı mürettebata da uzun görevler için -aylar sürebilir) gezer bir "ev" teşkil edecekler. Mimari açıdan bu sistemin kayda değer tarafı, birbirlerine eklemelenme-ayrılma düzenleri ile ünitelerin birden çok mekan örüntüsü oluşturma kabiliyeti. Mekan örgütlemesinde esneklik, ekstrem şartlarda yaşayıp çalışanlar için önemli bir kalite arz edebilir **(Görsel 4)**.



Görsel 4: The Martian filmi için Mars Yüzey Aracı Tasarımı (Kaynak: 20th Century Fox) New York Times, (ET: 05.08.2020). <https://www.nytimes.com/2016/01/22/movies/below-the-line-designing-the-martian.html>

- Üç boyutlu basılmış yapılar:

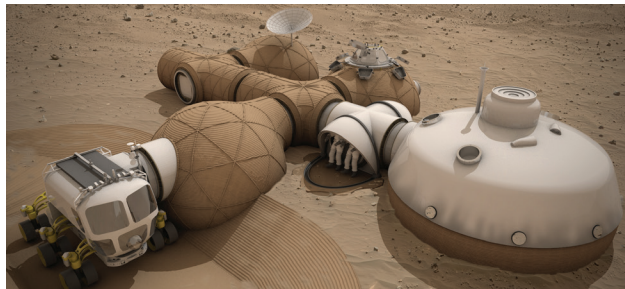
Gelecek projeksiyonlarımızın bir kısmını, geliştirmekte olduğumuz ve bizleri heyecanlandıran teknolojiler üzerinden yapıyoruz. Burada, mavi gezegende, günümüzde üç boyutlu yazıcılar ile gittikçe büyüyen ölçekte yapılan imalat, yapı üretimi¹³ (Sakin ve ark. 2017) için de bir alternatifi müjdeliyor. Katmanlar halinde yapı "basma" teknolojisini Mars yapı üretimi ile birlikte düşünmenin son derece geçerli bir nedeni var: Yerel malzeme, yani Mars toprağı **(Görsel 5)**



Görsel 5: NASA yarışmasının galibi Marsha projesi AI Space Factory Web sitesi, (ET: 05.08.2020). <https://www.aisspacefactory.com/marsha>

Üç boyutlu baskı teknolojisinin Mars yapıları ile ciddi biçimde bağlanmasına NASA'nın açtığı proje yarışmasının¹⁴ payı büyük. 2015'den bu yana farklı safhalar halinde devam eden yarışma prototip seviyesinde sonuçlar üretti. Katmanları oluşturacak hamurun temel bileşeninin kızıl gezegenin kabuğundan elde edilmesi düşünülüyor. Takımlardan bu hamurun agregası için gelen öneriler yüksek ısı ile hamurlaştırılmış toprak, bazalt kayaç tozu ve hatta Mars buzunu yönde. Kubbe, tonoz gibi basınca çalışan strüktürlerin üç boyutlu baskı yöntemiyle ve Mars toprağı agregası ile imalatı mümkün, ancak, oluşacak iç boşlukta yaşayabilmek için hava basıncı yükseltilirse çekme yükleri nedeniyle katı kabuğun çatlayıp kırılacağı açık. Kabuklarda oluşacak çekme gerilimleriyle baş etmek için kayda değer bir çözüm, yarışmanın son etap birincisi AI Space Factory tasarım atölyesinden geldi:

Sera bitkilerinden elde edilecek doğal polimerlerin donatı olarak hamura katılması! Binlerce yıllık doğal donatılı kerpiç yapım bilgisiyne benzeşen öneri, yerel kaynakların faydalı hale getirilmesi yaklaşımına bir örnek. İlk aşamanın ödül alan takımlarından LavaHive'in Uluslararası Uzay İstasyonu (UÜ) ve başka uzay araçlarından 'çıkma' bileşenleri de bünyesinde barındırması ise karma sistem yaklaşımının yeniden kullanma - geri dönüştürme perspektifini sergiliyor. (Görsel 6)

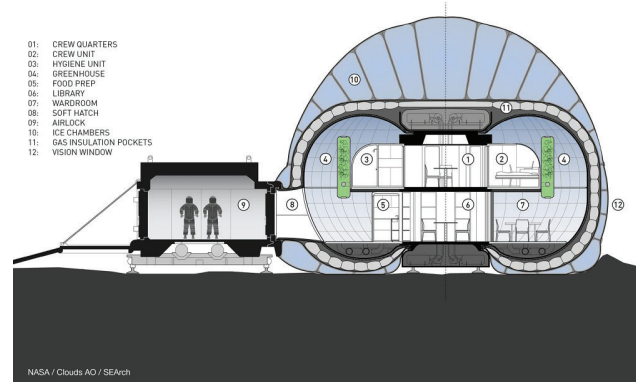


Görsel 6: Tekrar kullanılmış -recycled- üniteler de içeren Lava Hive projesi Archinect Websitesi, (ET: 05.08.2020). https://www.architectmagazine.com/project-gallery/nasa-3d-printed-habitat-challenge-team-lavahive_o

Üç boyutlu basılmış yapı kabuklarının arz ettiği en belirgin fayda, ihtiyaca uygun mekânsal boşlukların taşıma malzeme kullanmadan, hızlıca yerinde imal edilmesi. Kabukların içinin donatılması işlemi ise yalıtım katmanlarının eklenmesini de içermekte. Mars'ta üç boyutlu olarak basılan yapıların mekânsal örüntü ve tipolojik potansiyeli iyi bir mimari araştırma konusu.

- Şişme yapılar:

İç boşluğundaki ya da çift kabuk arasındaki hava basıncı ile ayakta duran şişme yapıların uzay yapılarında kullanılma fikri yeni değil¹⁵ (Haeuplik ve ark. 2012) Yeryüzünden uzayın herhangi bir noktasına yük taşımak zahmetli, pahalı ve tehlikeli bir işlem. Söz konusu yük yapı malzemesi ise hafif strüktürlere yönelmemiz doğal. Şişme strüktürler hem hafif hem de yolculuk sırasında sıkıştırılmış halde depolanıyor. Sahada kolayca yerleştirilip kuruluyor. Pnömatik mekanlar oldukça ferah olabiliyor ancak her zaman verimden (kullanışlılık-iklimlendirme-aydınlatma vd.) söz etmek mümkün değil. Çıplak haliyle radyasyondan bir koruma sağlamıyor. Kısaca, şişme strüktürleri belirli bir yapısal kompozisyon içinde kullanmak gerekiyor. Örneğin metal modüllere entegre etmek ya da koruma sağlayacak kabuk, mağara ya da tünellerin içinde kullanmak (Görsel 7) akılcı bir alternatif olabilir.



Görsel 7: The Mars icehome projesinde şişme strüktürün ara katman olarak kullanılması Clouds AO Web sitesi, (ET: 05.08.2020). <https://cloudsaio.com/MARS-ICE-HOME>

Yapısal alternatifler, özetle, farklı avantajlar ve sınırlar içeriyor. Mars'ın ekstrem şartları altında karma bir sistem yaklaşımı -mimar Bjarke Ingels'in de vurguladığı gibi¹⁶ - alternatifleri anlamlı bir bütün içinde toplayabilir. Özellikle yeraltı ve yer üstü yapılarını birleştirmek aniden artan radyasyon seviyeleri¹⁷ (Jäkel 2004) ile baş etmek için iyi bir çözüm.

	metal kutu	3d	şişme	yeraltı
radyasyon koruması	0	0	0	0
termal yalıtım	0	0	0	0
basınç mukavemeti	0	0	0	0
gün ışığı	0	0	0	0
verimli mekan	0	0	0	0
ferah mekan	0	0	0	0

Tablo 2: Yapı teknolojisi alternatiflerinin birbirlerini tamamlayıcı karakterlerini tabloda görmek mümkün (Kaynak: Yazar)

3. vaziyet ve gelecek

Mars mimarlığı için güncel olarak elimizde şunlar var:

- fiziksel olarak avantajlı, yerleşime aday yerler > potansiyel yerleşim noktalarımız belli, kaybolmuş değiliz
- hazır (off-the-shelf) teknolojiler > tanıdık, ispatlanmış ve geliştirilmeye hazırlar,
- gelişmekte olan teknolojiler > yeni çözümler için gerekliler
- binlerce yıllık tasarım, inşaat ve işletme bilgisi > muhakkak faydalanmalıyız

Yapılan tasarım çalışmaları, henüz uygulamadan uzak olsalar da tek bir yapı sisteminin istisnasız uygulanmasını işaret etmiyor. Elde olan seçeneklerin şartlara uygun bir kompozisyonla karma halde kullanılması kritik bir tasarım tutumu olabilir. Örneğin şişme yapıları mağaraların korunaklı atmosferi içinde kurmak akılcı bir seçenek. Zira elimizdekileri zorlu şartlarda en verimli kompozisyonda kullanmamız gerekiyor. Bu paralelde insanın ekstrem ortamlarda elde ettiği yapı tasarımı bilgisinin derlenip toparlanması¹⁸ ve yeniden yorumlanmaya açılması verimi artıracaktır.

Mars mimarlığı projeksiyonu gittikçe daha çok dijital üretim ve hatta planlama içerecek. Yapay zeka enstrümanlarının gelişmekte olması bu durumu destekliyor. Kızıl gezegen için kurduğumuz mimari hayallerimiz gelişen teknolojinin yanında daha katılımcı, daha açık ve adil, kültürel ve kimliksel çeşitliliğe saygılı, kısaca daha "iyi" olmaya aday.

DİPNOTLAR

¹ Chaplin, Joyce E. Round About the Earth: Circum navigation from Magellan to Orbit. (New York: Simon&Schuster, 2013) 36.

² NASA, "3 Boyutlu Baskı Yarışma Sayfası." (ET: 05.08.2020) https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical_challenges/3DPHab/index.html

³ ESA, "Aurora Mars Araştırma Programı." (ET: 05.08.2020) http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b_messina.pdf

⁴ EDEN ISS, "Araştırma Konsorsiyumu Web Sayfası." (ET: 05.08.2020) <https://eden-iss.net> , çevrimiçi 2019

⁵ SpaceX, "Starship Projesi." (ET: 05.08.2020) <https://www.spacex.com/starship>

⁶ Telegraph Gazetesi, "Dragon Uzay Kapsülü Tasarımı üzerine." (ET: 05.08.2020) <https://www.telegraph.co.uk/technology/2019/01/11/elon-musk-shows-spacexs-shiny-starship-test-flight-rocket/>

⁷ Glen E Cushing, "Candidate Cave Entrances on Mars." Journal of Cave and Karst Studies, 74:1, (2012): 34. (ET: 05.08.2020)

⁸ Josef Appelbaum, ve Dennis Jack Flood. "Solar Radiation on Mars." Solar Energy, 45:1, (1990): 360. (ET: 05.08.2020)

⁹ Glen E Cushing vd., "Them is Observes Possible Cave Skylights on Mars." Geophysical Research Letters, 34:1 (2007), 18. (ET: 05.08.2020)

¹⁰ NASA, "Yapay Zeka ve Uzay Araştırmaları." (ET: 05.08.2020) <https://mars.nasa.gov/news/2884/ai-will-prepare-robots-for-the-unknown/>

¹¹ Marco Durante. "Space radiation protection: Destination Mars." Life Sciences in Space Research. 1:1 (2014), 7. (ET: 05.08.2020)

¹² Kürşad, Özdemir. "Operational assessment of the pressurized planetary rover Rama," (2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies konferansında sunulan bildiri, İstanbul, Temmuz 11-13, 2009).

¹³ Mehmet Sakin ve Yusuf Caner Kiroğlu. "3D Printing of Buildings: Construction of the Sus-

tainable Houses of the Future by BIM.", Energy Procedia, 134:1 (2017), 705. (ET: 05.08.2020)

¹⁴ NASA, "3b baskı Yarışması üzerine." (ET: 05.08.2020) https://www.nasa.gov/directorates/spacetechnical_challenges/3DPHab/index.html

¹⁵ Sandra Haeuplik-Meusburger ve Kürşad Özdemir, "Deployable Lunar Habitation Design." Moon: Prospective Energy and Material Resources, bs. haz. Viorel Badescu (Berlin: Springer, 2012.), 474.

¹⁶ BjarkelIngels, "Mars Yapıları." (ET: 05.08.2020) https://www.ted.com/talks/bjarke-ingels_an_architect_s_guide_to_living_on_mars

¹⁷ OliverJäkel. "Radiation hazard during a manned mission to Mars", Zeitschrift für Medizinische Physik, 14:4 (2004), 270 (ET: 05.08.2020)

¹⁸ Özdemir, Kürşad. "A Methodical Approach to the Transfer and the Integration of Design Knowledge from Terrestrial Extreme Environment Structure Design to Inhabited Space Structure Design Concepts", (doktora tezi, Viyana Teknik Üniversitesi, 2009), 120.

KAYNAKÇA

- Appelbaum, Josef ve Dennis Jack Flood. "Solar Radiation on Mars." *Solar Energy*, 45:1, (1990): 353-363 (ET: 05.08.2020).
- Chaplin, Joyce E. *Round About the Earth: Circumnavigation from Magellanto Orbit*. New York: Simon&Schuster, 2013.
- Cushing, Glen E. "Candidate Cave Entrances on Mars." *Journal of Cave and Karst Studies*, 74:1, (2012): 33-47 (ET: 05.08.2020).
- Cushing, Glen E, Timothy N. Titus, Jut Wynne, ve Philip R. Christensen "Themis Observes Possible Cave Skylights on Mars." *Geophysical Research Letters*, 34:1 (2007), 17-21 (ET: 05.08.2020).
- Durante, Marco. "Space radiation protection: Destination Mars." *Life Sciences in Space Research*. 1:1 (2014), 2-9 (ET: 05.08.2020)
- Haeuplik-Meusburger, Sandra ve Kürşad Özdemir, "Deployable Lunar Habitation Design." *Moon: Prospective Energy and Material-Resources*, bs. haz. Viorel Badescu. Berlin: Springer, 2012.
- OliverJäkel, Oliver. "Radiation hazard during a manned mission to Mars", *Zeitschrift für Medizinische Physik*, 14:4 (2004), 267-272 (ET: 05.08.2020).
- Özdemir, Kürşad. "A Methodical Approach to the Transfer and the Integration of Design Knowledge from Terrestrial Extreme Environment Structure Designs to Inhabited-Space Structure Design Concepts", *Doktora Tezi*, Viyana Teknik Üniversitesi, 2009.
- Özdemir, Kürşad. "Operational assessment of the pressurized planetary rover Rama," 2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies konferansında sunulan bildiri , İstanbul, Temmuz 11-13, 2009.
- Sakin, Mehmet ve Yusuf Caner Kiroğlu. "3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM.", *Energy Procedia*, 134:1 (2017), 702-711 (ET: 05.08.2020).

WEB KAYNAKLARI

- NASA, "3 Boyutlu Baskı Yarışma Sayfası" (ET: 05.08.2020). https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab/index.html
- ESA, "Aurora Mars Araştırma Programı" (ET: 05.08.2020). http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin126/bul126b_messina.pdf
- EDEN ISS, "Araştırma Konsorsiyumu Web Sayfası" (ET: 05.08.2020). <https://eden-iss.net>, çevrimiçi 2019
- SpaceX, "Starship Projesi" (ET: 05.08.2020). <https://www.spacex.com/starship>
- Telegraph Gazetesi, "Dragon Uzay Kapsülü Tasarımı üzerine" (ET: 05.08.2020). <https://www.telegraph.co.uk/technology/2019/01/11/elon-musk-shows-spacexs-shiny-starship-test-flight-rocket/>
- NASA, "Yapay Zeka ve Uzay Araştırmaları" (ET: 05.08.2020). <https://mars.nasa.gov/news/2884/ai-will-prepare-robots-for-the-unknown/>
- Bjarkelngels, "Mars Yapıları" (ET: 05.08.2020). https://www.ted.com/talks/bjarke_ingels_an_architect_s_guide_to_living_on_mars

Kürşad Özdemir

Dr. Özdemir Mimar Sinan Üniversitesi (Lisans,1998; Yüksek Lisans, 2001) ve Viyana Teknik Üniversitesi'nde (Doktora, 2009) mimarlık eğitimi aldı. Binalardan çok uçaklara, gemilere ve makinelere ilgi duydu. Doktora sürecinde uzay yapıları üzerinde çalıştı. Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Mars yapıları araştırma projesinde yer aldı. Şimdi öğretim üyesi ve yeni mimarlar yetiştiriyor.

Mars'ta Ev Yapmak

Bu yazı Mars gezegeni yüzeyinde inşa edilecek yapıların teknolojisini karşılaştırmalı olarak değerlendirir, ekstrem çevrelere dair tasarım bilgimiz ışığında yapısal açıdan bir mimari projeksiyon yapmayı dener. Çalışma, yaklaşmakta olan Mars mimarlığını bugünün gözünden 3 kısımda ortaya koyar: Mars gezegeni şartlarının verildiği bir arka plan, yerleşim noktaları ile yapısal seçeneklerin birlikte düşünüldüğü analiz kısmı ve kısa bir sonuç değerlendirmesi. Uzay yapılarında kullanılagelmiş modüler metal kabuk sistemlerden gittikçe yaygınlaşan 3 boyutlu basma / dijital katmanlı üretim yöntemlerine uzanan bir bantta yapılan değerlendirme araştırmacılara, tasarımcılara (ve meraklılara) basit anlamda bir bilgi zemini sunar.

Anahtar kelimeler: Mars yapıları, uzay yapıları, ekstrem çevre, üç boyutlu baskı.

Building Homes on Mars

It only takes 3 months to fly to the red planet! Just as it took Magellan to transit the big ocean. This article is an attempt to spot-light and scan the emerging alternatives for building shelters on Mars. The focus set on the building technologies, off-the-shelf and new-born options are studied comparatively, keeping the scope on a span of architectural consequences on the red planet. From good old tin cans to biopolymer reinforced 3d prints, structural possibilities are unveiled. Triggered by a NASA challenge, dating back to 2015, layer-by-layer digital fabrication processes for the red planet have the best seats in the review. The presented text is comprised of three sections of introduction, technology assessment and a concluding section on the present and the things to come.

Keywords: Habitation systems on Mars, space architecture, extreme environment structures, 3d printing technology.

YEŞİL EKONOMİ VE AKILLI KENT TARTIŞMALARI EKSENİNDE YENİ KENTSEL GELECEK

Osman Balaban, Prof. Dr., ODTÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Öğretim Üyesi

Giriş

Kentlerin geleceğini ya da geleceğin kentlerini tartışmak; toplumsal, siyasal ve iktisadi yapıların geleceğinde kentlerin ne tür işlevleri olacağını tartışmak demektir. Bu aynı zamanda; kentlerin, kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmesi için nasıl geliştirilmeleri ve örgütlenmeleri gerektiğine dair görüş geliştirmek anlamına gelir. Kanımca bu tür bir tartışma, günümüzün en önemli ve acil gündemlerinden birisidir. Bu önermenin, ilki demografik, ikincisi ise ekonomik süreçlerle ilişkili bazı somut bazı dayanakları bulunmaktadır.

Daha iyi koşullarda yaşama umudu nedeniyle insanlar giderek artan bir hızda kentlere taşınıyorlar. 1950 yılında dünya toplam nüfusu 2,5 milyar kişi, kentsel nüfusu ise 750 milyon kişiyken bugün dünya üzerindeki 7,8 milyar insanın 4,2 milyarı kentler yaşıyor¹. Yaklaşık 70 yılda, dünya nüfusu üç kat, kentsel nüfus ise altı kat artmış durumda. 1950'lerde sadece Londra ve New York'un nüfusu 10 milyonun üzerindeyken, 2015 itibariyle 29 kentin nüfusu 10 milyonun üzerine çıktı². Bugün dünya nüfusunun %54'ü kentlerde yaşıyor. 2050 yılı itibariyle bu oranın %65'ler dolayında olması bekleniyor.

Bu demografik yoğunlaşmanın ana nedeni, kentlerin ulusal ve küresel ekonomilerin lokomotifi haline gelmeleridir. Kentsel ekonomiler, nüfuslarına kıyasla ülke milli gelirlerinin büyük bölümünü üretiyorlar. Örneğin, Fransa nüfusunun %16'sının yaşadığı Paris'te ulusal gelirin %27'si üretiliyor³. Bu durum, küresel düzeyde de benzer niteliktedir. Küresel gayrisafi hasılanın %80'inden fazlası, dünya nüfusunun %54'üne ev sahipliği yapan kentlerden, diğer bir deyişle kentsel ekonomilerden geliyor⁴. Dünyanın en zengin 100 kenti, küresel gayrisafi hasılanın (2008 yılı itibariyle) %30'unu üretiyor⁵.

Tüm bu ekonomik ve demografik dinamikler nedeniyle, içinde bulunduğumuz 21. yüzyıl, "Kentlerin Yüzyılı" olarak kabul ediliyor. "İnsanlığın en büyük buluşu" olarak tanımlanan kentlerin geleceği ile insanlığın geleceği hemhal olmuş durumda⁶. Gelecek kuşakların hangi koşullar altında yaşayacakları sorusuna vereceğimiz yanıt, onlara nasıl kentler bırakacağımız sorusuna verilecek yanıt ile aynı. Bu çerçeveden bakıldığında, geleceği tartışmanın ve gelecek tartışmasında kente merkezi bir yer vermenin tercih değil zorunluluk halinde geldiği anlaşılmaktadır. Peki, böylesi bir tartışmanın çıkış noktası ne olmalıdır?

Dünyanın geleceğini tehdit eden iki önemli kriz

Bugün, dünyanın geleceğini etkileyecek ya da biçimlendirecek iki önemli kriz ile karşı karşıyayız ve bu ikili kriz durumu kanımca, artık zorunluluk haline gelmiş olan gelecek tartışmasının çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu krizlerden ilki *ekonomik kriz*, ikincisi ise *ekolojik kriz*dir. Burada “ekonomik kriz” ifadesini; 2008 yılında yaşanan küresel krize ya da Türkiye’nin hâlihazırda içinde bulunduğu kendi krizine referans vermek için değil, daha genel nitelikli ve sistemik bir iktisadi kriz durumuna işaret etmek için kullanıyorum. Batı kapitalizmi yıllar içerisinde, yüksek maliyetli ve sürdürülemez bir hale gelmiş durumda. Sürekli olarak büyümek isteyen, bir başka ifadeyle, kesintisiz büyümeye koşullanmış küresel ekonomik sistem içerisinde yaşıyoruz. Tüm dünya ülkelerinin gayri safi hasıllarının toplamı olan *gayri safi dünya hasılası*; 1960 yılında 11.3 trilyon ABD doları düzeyinden, 1980 yılında 27.8 trilyon ABD doları, 2000 yılında 49.9 trilyon ABD doları ve 2018 yılında ise 82.4 trilyon ABD doları düzeyine çıkmıştır⁷. Büyümeye endeksli bu tür bir ekonomide, büyümeyi sürekli kılmak için sürekli üretmek ve üretileni topluma hızlı bir biçimde tükettirmek bir zorunluluk haline alıyor. İşte tam da bu nedenle olsa gerek, 1960-2000 yılları arasında, dünya nüfusu iki kat artarken, özel tüketim harcamalarındaki artış dört kattan fazla olmuştur⁸.

Bu iktisadi yapıyı kriz olarak nitelememin nedeni, ekonomik büyümenin beraberinde refah artışını ve huzuru getirmiyor olmasıdır. Dünyanın pek çok bölgesinde insanlığın temel sorunları adeta olduğu yerde duruyor. Dünya ekonomisinin giderek artan bir hızda büyüyor olması, yoksulluğu ya da yoksunluğu gidermiyor, açlığa ve yetersiz beslenmeye bağlı çocuk ölümlerini ortadan kaldırmıyor ya da insanlara güvenli çalışma ortamları sağlamıyor. Bugün dünyada 2.7 milyar insan günlük 2 ABD dolarından daha az bir gelirle yaşıyor, 800 milyon civarında insan kronik yetersiz beslenme sorunu ile karşı karşıya, bir milyar civarında insanın ise temiz suya erişimi yok⁹. Gelişmiş ülkelerde de benzer sonuçları görmek mümkün. Ekonomik büyüme ile hanehalkı gelirleri çoğu zaman doğru orantılı olmuyor. Örneğin ABD’de; 1990-2014 yılları arasında *gayri safi yurtiçi hâsıla* %78 oranında artmasına rağmen, ortalama hanehalkı geliri, 1990 yılında ne idiyse 2014 yılında da o düzeylerde kalmıştır¹⁰. Yani, pasta ne kadar büyürse büyüsün, dünya nüfusunun küçük bir bölümü bu büyü-

meden nasipleniyor. 100 yılda 78 kat büyümüş, büyüklüğünü trilyon dolarlarla ifade ettiğimiz bir ekonomi var, ancak hala açlık veya susuzluktan, hava kirliliğinden ya da temel ihtiyaçlara erişememekten dolayı insanlar ölüyorlar¹¹. Sürdürülebilir olmaktan uzak bu ekonomik sistemi, bir kriz durumu olarak nitelemek için haklı sebeplere sahibiz.

İkili kriz durumunun diğer ayağını ise mevcut ekonomik sistemin sonucu olarak karşımıza çıkan “ekolojik kriz” oluşturuyor. Sürekli olarak büyümeye endekslenmiş dünya ekonomisi, büyümeyi ciddi düzeylerde doğal kaynak tüketerek ve atık üreterek yaptı bugüne kadar ve yapmaya da devam ediyor. Bugün dünya üzerinde yaşayan insanların üretim, tüketim, dolaşım ihtiyaçlarını karşılamak ve ürettikleri atığı bertaraf etmek için 1,5 dünya kullanıyoruz¹². Diğer bir deyişle, bizim bir yılda gerçekleştirdiğimiz tüketimi yerine koymak için gezegenin 1,5 yıla ihtiyacı var. Eğer bu yapıyı değiştirmeyiz ve her şeyi olduğu gibi tutmaya devam edersek, ekolojik ayak izimizin içinde bulunduğumuz yüzyıl ortasında iki katına çıkması ihtimal dahilindedir.

Enerji tüketimi de hız kesmiyor. Atmosfere saldırdığımız sera gazları sonucunda ortalama atmosferik sıcaklıklar artmaya ve iklim koşulları belirsizlikleri arttıracak şekilde değişmeye devam ediyor. Atmosferik sıcaklık artışını, içinde bulunduğumuz yüzyıl sonunda 20°C’nin altında tutabilirsek bu önemli bir başarı olacak, ancak o hedefe ulaşmamız çok zor görünüyor. Özetle, gezegenin taşıma kapasitesinin limitlerini çoktan aştık, dünya ekonomisi *ekolojik bir bütçe açığı* yaratarak büyüyor ve bu *ekolojik bütçe açığı* geleceğimiz için çok ciddi bir tehdit haline gelmiştir.

Bu bilgiler ışığında bakıldığında, dünyanın gelecekte daha yaşanabilir bir yer olması için bir-biri ile ilişkili bu iki krizin çözülmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Çözüm için ihtiyaç duyduğumuz şeylerin başında ise yenilikçilik, yaratıcılık ve buna bağlı teknolojik ilerleme geliyor. İkili krizi çözmek için ihtiyaç duyduğumuz yenilikçilik ve yaratıcılığın kaynağı da, geliştirilecek çözümlerin günün sonunda uygulanacağı yer de kentlerdir. İşte tam da bu nedenlerle; gelecek tartışmasında ya da geleceğe ilişkin perspektifimizde kente merkezi bir yer vermek ve bu tartışmayı ekonomi ve ekoloji gibi iki önemli kavram üzerinden geliştirmek durumundayız.

İkili krizi çözmek

İkili krizi çözmek için ekonomi politikaları ile ekolojinin korunması ve iyileştirilmesi hedefleri arasındaki izolasyonun ya da çelişkinin ortadan kaldırılması gerekiyor. Bu da kökleri kapitalizmin doğuşuna kadar uzanan bir çelişkinin, yani çevre-iktisat çelişkisinin giderilmesi demektir. Bunun içinse iki ana dönüşüm ya da geçiş sürecine (*transition path*) gereksinimimiz var¹³. Bu geçiş süreçlerinden ilki; ekolojik kaygılara duyarlı ve gezegenin taşıma kapasitesiyle uyumlu yeni bir ekonomik sisteme geçiştir. İkinci geçiş süreci ise mekânla, daha somut bir deyişle kent ile ilgilidir. Bu geçiş sürecinin hedefinde ise; yeni ekonomik sisteme ya da yapıya geçişi kolaylaştıracak ve bunu sürdürülebilir kılacak kentsel ortamın oluşturulması yer almaktadır.

Yeni bir ekonomi paradigması arayışı

Ekonomik sistemin dönüşümüne dair yürütülmekte olan tartışmalar oldukça muhtelif. Bu tartışmaların bir kısmını, kapitalist sistemi değiştirmeyi ya da büyüme karşıtlığını ana kural haline getirmeyi öneren köktenci (*radical*) yaklaşımlar oluşturmaktadır. Köktenci yaklaşım, kapitalist birikim rejimine ve bunun körüklediği büyüme istencine karşı çıkmakta ve iktisadi yapının dönüşümünü büyüme karşıtlığı üzerinden kurmaktadır. Bu çerçevede, büyüme hedefi olmayan, mevcut kaynak ve olanakların daha etkin ve adil kullanımına dayanan bir ekonomik sisteme geçişi önermektedir. Tartışmanın diğer ucunda ise reformcu tutumlar var. Bunlar; sistemi kendi içerisinden paradigmatik değişimlerle dönüştürmeyi hedefleyen yaklaşımlar olarak ifade edilebilir. Bu yaklaşımlar, büyüme kavramını reddetmiyorlar ancak nasıl, hangi ölçüde ve hangi sektörler üzerinden büyümenin gerçekleşmesi gerektiğine vurgu yapıyorlar. Örneğin enerjiyi ve kaynakları verimli kullanan, enerjiyi temiz kaynaklardan üreten, üretim ve tüketim süreçleri ekolojik kapasite ile uyumlu, ürettiği atığı geri kazanan, net kirletici kaynak kullanımı ve üretim süreçleri içermeyen ve yoksulluğu ortadan kaldıran bir ekonomik yapıya geçişi öneriyorlar. Son dönemde bu yaklaşımlar içerisinde *yeşil ekonomi modelinin* ön plana çıktığını ve başatlık kazanmaya başladığını söylemek mümkün. Bunda 2008 yılında yaşanan küresel krizin önemli bir etkisi olduğu açıktır.

Yeni paradigma olarak yeşil ekonomi

Küresel ekonomik kriz, yeşil ekonomi kavramının gelişiminde itici bir güç oldu. Başta Birleşmiş Milletler olmak üzere uluslararası kuruluşlar, krizden bir paradigma değişikliği ile çıkmak ve kriz sonrası yeniden yapılanma çalışmalarına anlamlı bir hedef kazandırmak için yeşil ekonomi kavramını ön plana çıkardılar. Bu bağlamda, 2012 yılında yapılan Rio+20 zirvesinin ana teması yeşil ekonomi olarak belirlendi.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), yeşil ekonomiyi; "*toplumsal refahı ve adaleti sağlarken, çevresel riskleri ve ekolojik sorunları en aza indiren bir ekonomik model*" olarak tanımlamaktadır. Bu model, çevre sorunlarının çözümü için yapılması gerekenleri ekonominin bileşeni haline getirerek yeni üretim, yatırım ve istihdam alanları yaratmayı, böylelikle ekonomi ve çevre arasındaki çelişkiyi azaltıp, uyumu ve işbirliğini artırmayı hedeflemektedir. Yeşil ekonominin temel nitelikleri olarak; düşük karbonlu olması, kaynak verimliliğine öncelik vermesi, refah artışını sağlaması, toplumsal olarak kapsayıcı olması ve gelir ve kaynak dağıtımında adaleti sağlaması gösterilmektedir.

Yeşil ekonominin kenti: Akıllı kent

Ekolojik kapasiteye ve sınırlara duyarlı yeni ekonomik sisteme geçişi kolaylaştıracak ve bunu sürdürülebilir kılacak kentsel ortam nasıl olacak? Bu soruyu yanıtlamayı hedefleyen akademik çalışmalar, çok sayıda yeni kavrama yaygınlık kazandırmıştır. Bu kavramların başında; *akıllı kent*, *düşük karbonlu kent*, *dayanıklı kent*, *paylaşımçı kent*, *yaratıcı kent* ve benzerleri gelmektedir¹⁴. Bu kavramlara temel teşkil eden yaklaşımların vurgu yaptıkları kentsel ortam, bugün bildiğimiz ve aşına olduğumuzdan farklı bir kentsel ortamdır. Örneğin, 2050 yılına kadar dünya kentlerine eklenecek yeni nüfusun ihtiyaç duyacağı alt ve üst yapıyı oluştururken toplam karbon bütçemizde büyük yük oluşturmayan, iklim koşullarındaki değişimden kaynaklanan olayların afete dönüşmediği, farklı kesimlerin kentin kaynak ve hizmetlerinden yararlanma düzeyleri arasında uçurumlar olmayan bir kentsel ortam. Son yıllarda, bu kavramlar içerisinde *akıllı kent* kavramının ön plana çıkmaya ve başatlık kazanmaya başladığını görmekteyiz.

Akıllı kent kavramı, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeye paralel olarak gelişme göstermiştir. Kavramın tanımlanmasına yönelik çabalar büyük bir çeşitlilik göstermekle birlikte tüm tanımlama girişimlerinin ortaklaştığı nokta, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kentsel hizmetlerin sunum ve organizasyonunda etkin olarak kullanılmasıdır. Mevcut tanımlama girişimlerini dar ve geniş tanımlar olarak ikiye ayırmak mümkündür¹⁵. Akıllı kent kavramı dar anlamda kullanıldığında, teknolojinin kentsel ortama pek çok kanaldan dâhil edilmesi olarak anlaşılmaktadır. Geniş anlamda tanımlandığında ise akıllı kent, sadece teknoloji temelli bir süreç olmayıp, kentin iktisadi, siyasal ve toplumsal bağlarını da kapsayan uzun soluklu bir dönüşüm sürecine işaret etmektedir. Bu çerçeveden bakıldığında, akıllı kent kavramının kapsayıcı bir kavram (*umbrella term*) olarak geniş anlamıyla kullanılmasında yarar bulunmaktadır. Bu tür bir tutum, ekonomik ve ekolojik krizi çözme amaçlı geçiş süreçlerinden ikincisinin, yani kentsel mekân ile ilişkili olan geçiş sürecinin (*urban transition path*) ete kemiğe büründürülmesinde işlevsel olacaktır¹⁶.

Geniş anlamıyla ele alındığında akıllı kent; en ileri bilgi ve iletişim teknolojilerini kentin ve kentsel hizmetlerin tasarlanmasında, organizasyonunda ve sunumunda kullanmak suretiyle daha sürdürülebilir ve yaşanabilir bir kentsel ortam sağlayan, karbon salımları en aza indirilmiş, şoklara ve uç iklimsel olaylara karşı dayanıklı, sosyoekonomik eşitsizlikleri azaltmış ve kaynaklara erişimde eşitliği sağlamış bir kenti ifade etmektedir.

İster dar isterse geniş anlamda bakılsın, akıllı kent tartışmalarında dile getirilen hususların ana fikri aslında çok basittir: kentsel sistemin birbirleri ile ilişkisi zayıf olan ögeleri arasında, teknolojiyi de kullanarak güçlü bağlantılar kurmak, bu ögeleri birbirleri ile konuşur hale getirerek kentsel sistemin optimizasyonunu ya da verimliliğini arttırmak. Bu anlayışı da kentin temel sektör ve bileşenlerine hem ayrı ayrı hem de bütünsel olarak (tüm bileşenlerin genel organizasyonuna) uyarlamak. Bu tür bir anlayışın önemli bazı kentsel sektörlere yansımaları hâlihazırda pek çok kentte görmekteyiz.

Kentsel ulaşımdaki uygulamalar, ulaşım sisteminde çok modlu bütünleşmeyi sağlamak ve modların yakıt temelleri ile kullanım biçimlerinde köklü değişiklikler yapmak biçiminde karşımıza çıkıyor. Verimliliği en düşük ulaşım modu olan özel araç

kullanımı bağlamında örneğin, elektrikli araçların devreye sokulması ve araç paylaşım sistemlerinin yaygınlaştırılması gibi uygulamalar ile verimlilik artışı sağlanmaya çalışılmaktadır. Yapı sektöründe, özellikle yapı üretimi ve kullanımı süreçlerinde optimizasyon ve verimlilik artışı sağlamayı hedefleyen pek çok akıllı bina uygulaması son yıllarda yaygınlık kazanmıştır. Bunlara ilginç bir örnek olarak “bugünün yapıları geleceğin kaynaklarıdır” anlayışına dayanan “beşikten-beşiğe yapılar” (*cradle-to-cradle buildings*) verilebilir. Yapı üretim ve işletim süreçlerinde köklü değişiklikler getiren bu kavram, bugün üretilecek yapıların geri dönüşümü ve tekrar kullanımı uygun malzemelerle inşa edilmesini önermektedir. Böylelikle, ileride bu anlayışla inşa edilen yapıların yıkılmaları söz konusu olduğunda geriye atık değil bir başka yapının üretiminde kullanılacak kaynaklar kalmış olacaktır. Ayrıca, yapıların kullanım ömürleri boyunca doğal kaynakları ve enerjiyi hem verimli hem de temiz kaynaklardan temin etmelerini sağlayacak otomasyon ve yönetim sistemleri, özellikle yüksek katlı ve çok işlevli yapıların ayrılmaz parçaları haline gelmektedir.

Örneklerden de anlaşıldığı üzere, kentleri daha akıllı yerleşmeler haline getirmeyi hedefleyen uygulamaların esas aldığı iki ilke; bütünleşme (*integration*) ve bağlantısallık (*connectivity*) olarak karşımıza çıkıyor¹⁷. Bir kentsel sistemin tüm bileşenleri arasında güçlü bağlantılar ve bütünleşmeler sağlandığında; sistem performansının ideal düzeye ulaşacağı, sinerjilerin yaratılacağı, verimliliğin ve tasarrufların arttırılacağı kabul edilmektedir. Bu da başlı başına bir dönüşüm sürecidir ve bu dönüşüm süreci, mevcut ekonomik sisteme sürdürülebilir bir nitelik kazandırabileceği gibi yeşil ekonomi modelinin merkezinde yer alan sektör ve istihdam alanlarına da işlerlik ve yaygınlık kazandıracaktır. Bu nedenlerle, yeşil ekonomi modeline geçişi kolaylaştıracak kentin, kavramsal karşılığının akıllı kent modelinde bulunabileceği düşünülebilir.

Son verirken

Mevcut ekonomik sistem sürdürülebilir değildir. Bu sistem, gezegenin ve insanlığın geleceğini tehdit eden iki önemli krize neden olmaktadır: *ekonomik kriz* ve *ekolojik kriz*. İnsanlığın ve insan yerleşmelerinin geleceğini konu eden herhangi bir tartışmanın çıkış noktasını bu ikili kriz durumu oluşturmaldır. Bu yazıda vurgulandığı üzere, ikili krizin çözümü, iki önemli geçiş sürecini gerektirmektedir. Bunlardan ilki, ekolojik sınırlara

saygılı ve toplumun dezavantajlı kesimlerinin ihtiyaçlarına duyarlı bir ekonomik sisteme, daha somut bir ifadeyle yeşil ekonomiye geçiş sürecidir. İkinci geçiş süreci ise, yeşil ekonomiye geçişi sağlayacak ve kolaylaştıracak bir kentsel sisteme geçiştir. Kavramsal içeriği ve mevcut uygulamaların sonuçları göz önüne alındığında akıllı kent, yeşil ekonomiye işlerlik kazandıracak kentsel sisteme işaret eden bir kavram olarak düşünülebilir. Dolayısıyla kentlerin ve mimarlığın geleceğine ilişkin çalışmaların odaklanması gereken konuların başında “akıllı kent” gelmektedir. Ancak bu süreçte, madalyonun diğer yüzünü gözden kaçırmamak gerekir.

Akıllı kent uygulamalarına içsel olan önemli bazı riskler ve tehlikeler bulunmaktadır¹⁸. Mevcut uygulamaları özel sektör başatlığında yürütülen, bu çerçevede teknolojik okuryazarlık ile teknolojinin maliyetini karşılayabilir olmayı gerektiren akıllı kent uygulamaları, gerekli tedbirlerin alınmaması halinde, mevcut eşitsizlikleri daha da derinleştirecek sonuçlara yol açabilir. Bunun yanı sıra, akıllı kent uygulamaları büyük veri (*big data*) kullanımına dayanmakta olduğu gibi kendisi de büyük veri üretimine katkı yapmaktadır. Büyük verinin, kimler tarafından ve hangi amaçlarla kullanılacağı son derece önemlidir. Veri kullanım aşamasında adaletin ve şeffaflığın sağlanamaması durumunda, özel hayatın gizliliğinin ihlalinden kişisel tercihlerin manipüle edilmesine kadar pek çok olumsuz sonuç kaçınılmaz olacaktır.

Özetle, yeni kentsel gelecek tartışmalarını, bir ayağı ekonomik sistemde, diğer ayağı ise ekolojik sistemde olan ve dünyanın geleceğini olumsuz etkileyecek ikili kriz durumundan bağımsız yapmak olanağı yoktur. Bu krize referansla yapılacak tartışmanın odağında ise, her iki kavramın taşıdığı risk ve tehlikeleri gözden kaçırmadan, yeşil ekonomi ve akıllı kent kavramları yer almalıdır.

DİPNOTLAR

¹ Bu gibi verilere ulaşmak için Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı (UN-DESA) web sitesine bakılabilir.

² Nary Gardner, *World's Cities at a Glance, State of The World: Can a City Be Sustainable?* (Washington: The Worldwatch Institute, 2016).

³ UN-HABITAT, "Urbanization and Development: Emerging Futures", *World Cities Report 2016*, 31. (ET: 10.08.2020).<http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf>

⁴ a.g.e., s. 31.

⁵ Richard Simpson, "Introduction: A Green Economy for Green Cities", (Springer, Heidelberg, New York, London, 2013), 13-16.

⁶ Kentlerin insanlığın en büyük buluşu olduğu tartışmasına ilişkin temel kaynak, Edward Glaeser tarafından yazılan "Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier" başlıklı kitaptır.

⁷ Bu veri, 2010 yılı ABD doları sabit rakamlara dayanmaktadır. Veri kaynağı Dünya Bankasıdır.

⁸ Peter Dauvergne, *The Shadows of Consumption: Consequences for the Global Environment*, (Cambridge: The MIT Press, 2008).

⁹ a.g.e.

¹⁰ Michael Jacobs, ve Mariana Mazzucato, "Rethinking Capitalism: An Introduction", (Wiley-Blackwell, 2016), 1-27.

¹¹ Afganistan'da hava kirliliğinin savaştan daha tehlikeli hale geldiğine dair haberler artmış durumda: <https://foreignpolicy.com/2019/05/26/afghanistans-air-is-deadlier-than-its-war/>(ET: 10.08.2020).

¹² Kenneth K. Odero, "New Urban Spaces: The Emergence of Green Economies", (Springer, Heidelberg, New York, London, 2013), 17-22.

¹³ Osman Balaban, "Smart Cities as Drivers of a Green Economy", (United Kingdom & United States: Elsevier Academic Press, 2019), 69-92.

¹⁴ Osman Balaban, "Risk Yönetimi ve Kentlerin Gelişiminde Yeni Yaklaşımlar ve Kent Kategorileri", (Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2017), 192-218.

¹⁵ a.g.e.

¹⁶ Osman Balaban, "Smart Cities as Drivers of a Green Economy", (United Kingdom & United States: Elsevier Academic Press, 2019), 69-92.

¹⁷ a.g.e.

¹⁸ a.g.e.

KAYNAKÇA

- Balaban, Osman. "Risk Yönetimi ve Kentlerin Gelişiminde Yeni Yaklaşımlar ve Kent Kategorileri". Şenol-Balaban, Meltem (Der.) *Kent, Planlama ve Afet Risk Yönetimi*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2017, 192-218.
- Balaban, Osman. "Smart Cities as Drivers of a Green Economy". Acar, Sevil., ve Yeldan, Erinç (Der.), *Handbook of Green Economics* içinde, United Kingdom & United States: Elsevier Academic Press, 2019, 69-92.
- Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı (UN-DESA), "Dünya Kentleşme Beklentileri – 2018." (ET: 10.08.2020). <https://population.un.org/wup/>
- Dauvergne, Peter. *The Shadows of Consumption: Consequences for the Global Environment*. Cambridge: The MIT Press, 2008.
- Dünya Bankası, "Dünya Bankası Açık Veri." (ET: 10.08.2020). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>
- Gardner, Gary. *World's Cities at a Glance, State of The World: Can a City Be Sustainable?* The Worldwatch Institute: Washington, 2016.
- Glaeser, Edward. *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier*. USA: Penguin Books, 2011.
- Jacobs, Michael., ve Mazzucato, Mariana. "Rethinking Capitalism: An Introduction". Jacobs, Michael., ve Mazzucato, Mariana (Der.), *Rethinking Capitalism: Economics and Policy for Sustainable and Inclusive Growth* içinde, Wiley-Blackwell, 2016, 1-27.
- Odero, Kenneth K. "New Urban Spaces: The Emergence of Green Economies". Simpson, Richard ve Zimmermann, Monika (Der.), *The Economy of Green Cities: A World Compendium on the Green Urban Economy* içinde, Springer, Heidelberg, New York, London, 2013, 17-22.
- Simpson, Richard. "Introduction: A Green Economy for Green Cities". Simpson, Richard ve Zimmermann, Monika (Der.), *The Economy of Green Cities: A World Compendium on the Green Urban Economy* içinde, Springer, Heidelberg, New York, London, 2013, 13-16.
- UN-HABITAT, "Urbanization and Development: Emerging Futures", *World Cities Report 2016*, 31. (ET: 10.08.2020). <http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf>

Osman Balaban

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Şehir ve Bölge Planlama alanında lisans derecesini 1996 yılında ODTÜ'den almıştır. Sonrasında kentsel siyaset alanında yüksek lisans derecesi ve şehir planlama alanında yaptığı çalışmalar ile doktora derecesi elde etmiştir. 2009-2012 yılları arasında Japonya'da, Birleşmiş Milletler Üniversitesi'ne bağlı bir araştırma enstitüsünde araştırmacı olarak çalışmıştır. Başlıca araştırma konuları arasında kent ve çevre siyaseti, iklim değişikliği, düşük karbonlu ve iklime dirençli kent planlama gelmektedir. İklim krizini çözmek için kentlerde yapılması gerekenlere dair bilimsel bilgi üretmeyi en temel mesleki ve toplumsal sorumluluğu olarak görmektedir.

Yeşil Ekonomi ve Akıllı Kent Tartışmaları Ekseninde Yeni Kentsel Gelecek

Günümüz toplumlarının gündemindeki en önemli sorunlardan birisi, kapitalist iktisadi düzenin neden olduğu "ikili kriz"dir. Ekonomik ve ekolojik kriz olarak tanımlayabileceğimiz bu ikili kriz, sadece insan yaşamı ve yerleşmelerini değil topyekün gezegenin geleceğini tehdit eder hale gelmiştir. İkili krizin çözümü ya da sonuçlarının katlanılabilir kılınması, uluslararası toplumun öncelikli ortak hedefi olmaktadır. Bu hedef, kaçınılmaz olarak kentsel bir sürece işaret etmektedir. Yakın gelecekte kentlerimizi nasıl tasarlayıp geliştireceğimiz ve kentsel yaşamı nasıl düzenleyeceğimiz, ikili kriz ile baş edip edemeyeceğimizi belirleyecek. İkili krizin çözümü; bir ayağı iktisadi alanda diğeri ise kentsel alanda olan iki köklü dönüşüm sürecini gerektirmektedir. İlk dönüşüm; ekolojik sınırlara duyarlı, gezegenin taşıma kapasitesiyle uyumlu ve adil paylaşım dayanan yeni bir ekonomik sisteme geçişi sağlarken, ikinci dönüşüm yeni ekonomik düzene geçişi kolaylaştıracak ve bunu sürdürülebilir kılacak kentsel ortamı yaratacaktır. Bu çerçevede, "yeşil ekonomi" ve "akıllı kent" kavramları, içerdikleri riskler göz ardı edilmeden, her iki dönüşümü ve dolayısıyla yeni kentsel geleceği ete kemiğe büründürecek bir tartışmaya zemin oluşturabilir. Bu yazı; okuyucuları, dünyanın geleceğini tehdit eden ikili kriz ve bu krizi aşmak için yeşil ekonomi ve akıllı kent kavramları ekseninde "yeni kentsel gelecek" üzerinde düşünmeye davet etmektedir.

Anahtar kelimeler: Ekolojik kriz, ekonomik kriz, kentsel gelecek, akıllı kent, yeşil ekonomi.

Implications of Green Economy and Smart City Concepts for the New Urban Future

The current economic system has created a double crisis: an economic crisis and an ecological crisis. Both crises seriously threaten the future of our planet and settlements. The ways we design and build our cities in future are highly influential on how we will react to the crises and cope with their adverse impacts. The double crisis can be overcome by transitioning to a new economic paradigm, which places ecological limits and justice at the centre of development, rather than the GDP growth that failed to improve the well-being of billions of people. A green economy that respects natural boundaries and ecological limits, and that respond to the needs of the poor, and the disadvantaged is an urgent need today. Cities can facilitate the transition to a greener economy as they are not only home for the majority of the world's population and economic activities but also are centers of knowledge and innovation. However, the current challenges that many cities face today may prevent them from taking the necessary steps to move the world toward a green economy. So, green economy transition should go hand in hand with another transition pathway that applies to the production and use of urban space. The conceptual foundations of the city of the green economy can be found in the smart city debate, bearing in mind the adverse implications and likely threats of the concept. All in all, this paper invites the readers to dwell on the future of cities by paying due attention to the double crisis that the world's facing as well as to the emerging concepts of green economy and smart cities.

Keywords: Ecological crisis, economic crisis, urban future, smart city, green economy.

ZAMAN KAPSÜLÜNDE KÜLTÜREL VE DOĞAL MİRAS

Güzden Varinlioğlu, Doç. Dr. İzmir Ekonomi Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Ütopya, Thomas More'un aynı adlı eserinde kullanımıyla, 'hiçbir yerde varolmayan iyi yer' anlamına gelir (More 1516)¹. Eski Yunanca'dan 'ou - topos, olmayan yer', 'eu - topos, iyi yer' anlamında iki sözcükten oluşan ütopya, gerçekleşmesi olanaksız toplum tasarımlarını tanımlamaktadır. Uyum, umut ve mutluluk yeridir. Konumu yoktur ve ütopya ulaşmak için insan benliğinde bir tür yolculuk yapmak gerekir. Ütopya söyleminin karşıtı olarak distopya ise kısıtlama, umutsuzluk ve mutsuzluk yeridir. İnsanın benliğini ele geçiren bir karabasan, dışlanma ve korku yolu ile distopyayı tanımlamaktadır (Silverman 1980: 171)². Bu iki karşıtlık ütopya ve distopyayı kartezyen bir sistemde dikey bir eksenle işaretlendiğini varsayarsak, distopya aşağıda ve sıfırın altında, ütopya ise sıfırın üstünde 'burada ve şimdi' anlarını belirtmektedir. Silverman'a göre yatay eksenlerdeki her an ise heterotopya olarak tanımlanabilir ve müzeler de, biriktirilmiş zaman heterotopyalarıdır. Farklı zaman, mekan ve üsluptan gelen eserleri tek bir yerde barındırmaktadır. Mumyalanmış mekanlardır. Hem zamanın içinde hem de dışında var olup, zamanın yıkımlarına fiziksel olarak karşı çıkacak biçimde inşa edilmiş ve korunmuşlardır. Fransız düşünür Michel Foucault ise heterotopyayı bir tek gerçek mekanın içinde birçok zaman ve mekanın bir arada bulunması olarak tanımlamaktadır. Farklı yer-

lerin çokluğudur; çoğulculuğu 'burada ve şimdi' içerisinde her yerdedir. Mezarlıklar, huzurevleri, gemiler, hamamlar, kütüphaneler ve müzeler gibi kendi içinde kuralları olan mekanları heterotopya örnekleridir. Müze, yeniden yazılmış bir parşömen kağıdır, zamanın sürekli aktığı yerlerdir, "zamanın inşasının hiç durmadığı ve kendi doruğunu sürekli aştığı bir heterotopyadır" (Foucault 1967)³.

Zamanın içinde ve dışında aynı zamanda olan ve çoğu zaman çoklu katmanda bir açık hava müzesi olan bir başka mekan ise Türkiye'dir. İnsanlık tarihinin biçimlendiği topraklarda kültür ve doğa mirası koruma çalışmalarının sistematik ve sürekli bir süreç izlemediği bilinen ve sık sık tartışılan bir gerçektir. Merkezi otoritenin yasaklayıcı koruma düşüncesi ve yereldeki durumu gözlemlemeden verilen yasa ve kurallar sonucunda, tarihsel ve kültürel değerleri korumanın önemi konusunda toplumsal bilinçlendirme sağlanamamıştır. Çok katmanlı ve yaşayan kent kavramının tersine yasaklanan, yiten ve sonuç olarak unutulmuş kültürel miras ilkesi uygulanmıştır. "Mimarlar mekan ve mesken yaratır, arkeologlar ise mekan ve mesken arar" der Türkiye'de ve dünyada kültürel varlıkların korunması alanında çalışmalar yapan öncü adlardan Prof. Dr. Cevat Erder. Geleceğin mimarı ise, bir öngöründe bulunabilmek için, geçmiş

anlamalıdır. O nedenle, kültürel ve doğal miras, geçmişten kalan, korumakla yükümlü olduğumuz kültürel ve doğal mirasın dijital dönüşümünü anlamaya çalışalım.

Miras

Kültürden kültüre değişen miras, hem emanet edilen hem de bir emek harcamadan elde edildiği için kolaylıkla vazgeçilen, harcanan anlamını da taşıyabilir. Kimi akademisyenler Türkiye'deki resmi kurumlarca kabul edilen 'varlık' sözcülüğünü kullanır ve taşınır/taşınmaz, somut/soyut gibi birçok tanımlardan geçerken, hep tek bir koruma kavramı üzerinden konuşurlar. Kimi zaman yaşayarak korumanın, kimi zaman ise bulunduğu bağlamdan ayrılıp müzede daha steril olarak saklanan mirasın imdadına, bu hızlı dünyada dijital teknolojiler yetmiştir. Hiper, siber, dijital gibi birçok biçimde adlandırılan bu yeni teknolojilerle ilgili Kalay v.b. (2007: 3)⁴ tarafından tanımlanan 'yeni miras (*new heritage*)' Manovich'in yeni medya çalışmalarına referans verir. Günümüzde CUNY'de Cultural Analytics Lab başkanı olan Lev Manovich'in Yeni Medyanın Dili (*Language of New Media*) isimli kitabında, sinema ve fotoğraftan yola bilgisayar teknolojisi ile dijital duruma getirilmiş analog eserlerle, zaten dijital olarak doğmuş eserleri incelemektedir. Manovich (2001)⁵ yeni medyayı, sayısal temsil (*numerical representation*), modülerlik (*modularity*), değişkenlik (*variability*), otomasyon (*automation*), kod çevrimi (*transcoding*) prensipleri ile tanımlamaktadır. Sayısal temsil yardımıyla yeni medya programlanabilir, bilgi yitimi olmadan yenisi üretilebilir, kopyası yapılabilir. Modülerlik ilkesi de sayısal temsil özelliğine bağlı olarak farklı bağlamlardaki öğeler bir araya gelse ya da hep birlikte manipülasyona uğratılsa da özgün özelliğini yitirmektedir, anlaşılabilir bütünlüğü olan küçük parçalardır. Ayrıca tüm manipülasyon ve değişimler yalnızca kullanıcı tarafından değil, kullanıcı etkileşimiyle de gerçekleşebilmektedir. Manovich'in medyanın yeni medyaya dönüşümüyle ilgili bu tarihsel anlatımı ve beş ilkesiyle anlatmasının üstünden geçen zaman içerisinde, dijital dönüşüm beşeri bilimlere yansımaları üzerine 2008 yılında J. Schnapp, T. Presner, P. Lunenfeld, J. Drucker bir manifesto derlemiştir. 2009 yılında Dijital Beşeri Bilimler (Digital Humanities) 2.0 manifestosuna ve 2012 yılında kitaba dönüşen bu çalışmada beşeri bilimlerin gereği olan kitabın/verinin dijitalleşmesinden, dijital olarak doğan verinin kullanımına kadar geniş bir tartışmayı içermektedir (Burdick

v.d. 2012)⁶. Bu tartışmaların temelinde dijital dönüşümün artık bir araç olmaktan çıkarak, beşeri bilimin sürdürülüşünü değiştireceğine ilişkin bir öngörü bulunmaktadır.

Kültürel Miras

Kültür mirasının korunmasına yönelik süreç, belgeleme, araştırma, çözümleme, yorumlama, tanı ve koruma yaklaşımının belirlenmesi, uygulamaya yönelik müdahale tanımlarının yapılması, uygulama ve izleme etkinliklerinden oluşmaktadır (ICOMOS 2013⁷). Korumanın bütüncül yaklaşımı içerisinde birinci aşama, yapının doğru algılanmasıdır. Kültür mirasının mekanı olarak düşünülen müzelerde ise belgeleme ve araştırma aşamaları dışında görselleştirme, deneyimleme ve yaygınlaştırma aşamaları da düşünülmelidir. Foucault'nun (1967) heterotopya tanımına referansla, müze mekanı, sayısız olasılıklar bütünüdür. Tarihin farklı yorumlanması ile bir küratör ya da müzenin teması odağında yeniden sınıflandırılan ve anlamlandırılan bir yapıdır. Bu aşamada, kültürel mirasın korunması, anlamlandırılması ve deneyimlenmesi aşamalarında dijital araçlar, geleneksel yöntemleri zaman zaman izleyip zaman zaman geri çekilmişlerdir. Bu araçlar, kültür mirasının belgelenmesi alanına kolaylıkla adapte olmuştur. Bunun birinci nedeni, duyarlı ve doğru kayıt yapmanın zaman ve emek harcamalı bir süreç olmasıdır. Belgeleme aşamasının küresel ölçekte ve herkesin erişimine açıldığı ilk örnek Google harita sistemleridir. Sonrasında kullanıma açılan OpenStreetMap sistemi ise, Google haritalarının açık kaynak olarak ortaya konmasıdır. Her iki sistemde de dünya harita verisinin kullanıcıya açılması açısından yenilikçidir. Görselleştirme örneği olarak medya sanatçısı Refik Anadol'un⁸ Çatalhöyük Araştırma Projesinde elde edilen 250 bin arkeolojik buluntuya ilişkin 2,8 milyon verinin görselleştirildiği medya enstalasyonunda yapay zeka algoritmaları kullanılarak bir dijital veri heykeli yapmıştır.

Arkeolog Chris Fisher, The Earth Archive⁹ projesi ile, uzaktan algılama teknolojileri (*remote sensing technology*) olarak LİDAR teknolojisini kullanarak tüm kültür miras alanlarını belgelemeyi önermektedir. Tüm dünya yüzeyini taramanın ve dijital ortamda saklamanın söz konusu olduğu bu proje, iklim değişikliği nedeniyle tüm kültürel ve ekolojik varlıkların yok oluş senaryosu üzerine söylemini kurmaktadır. Benzer bir proje, Project Mosul /

Rekrei kapsamında dijital arkeolog C. Coughenour ve M. Vincent fotoğraf temelli modelleme yardımıyla yok olan tarihi eserlerin modellenmesidir (Vincent v.d. 2015)¹⁰. Musul Müzesi'nin IŞID tarafından talan edilmesi ve eserlerin yok edilmesi sırasında teröristlerin çektiği videodaki görüntüleri işleyerek üç boyutlu modelleri oluşturmuş ve dijital üretim yöntemleri ile küçük ölçekte modelleri üretilmiştir. Yine bir canlandırma projesi olarak Washington ve Cornell Üniversitelerinden bilgisayar bilimci araştırmacılar N. Snavelyn'ın Washington Üniversitesi'nde yaptığı doktora tezinde geliştirdiği algoritmalarla, kitle kaynaklı (*crowdsourcing*) olarak toplanmış farklı kamera ayarları olan ve düzensiz iki boyutlu fotoğraflardan üç boyutlu modeller oluşturmuştur (Agarwal vd. 2011)¹¹. Tüm bu projelerde anlatılan kriz durumunun sonucunda bir koruma ve canlandırma ilkesi bulunmaktadır. Koruma ve canlandırma sonrasında ise gündeme, bu verilerin ve bilgilerin bir araya getirilmesi ve bilgi birikimi oluşturulması gelmektedir. Arkeologların ince işleri ile toplanan ve yorumlanan bilgi, tarihçilerin kurduğu bağlantılarla ince ince işlenirken işte tam da bu aşamada yapay zeka yeniden gündeme geliyor.

Yapay Zeka ve Miras

Yapay zeka günümüzde seçimlerimizi, davranışlarımızı ve düş gücümüzü giderek daha çok etkilemektedir. Günlük yaşamımızda yapay zekanın algoritmaları fotoğraf, video, müzik ve öbür medya önerilerini getirmenin yanı sıra, sosyal medyada izlememiz gereken insanları salık vermek, özçekimleri otomatik olarak düzeltmek, kullanıcı fotoğraflarını iyi fotoğrafçılık kurallarına uyacak biçimde düzenlemek, bilgisayar oyunlarında karakter üretmek ve denetlemek gibi birçok uygulaması vardır. Tasarım alanında ise, 1960'lardan beri 'algoritmik yaratım' sanatçılar tarafından bireysel olarak kullanılsa da, günümüzde toplumsal ölçekte 'kültürel yapay zeka' kitlelerin davranışlarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Günlük yaşam ile yapay zekanın birlikteliği gelecek yaşamımıza ilişkin soruları da birlikte getirmiştir. Yapay zekanın otomasyon özelliği, estetik çeşitlilikte aynışmayı getirecek mi? Yoksa yapay zeka daha çok çeşitliliğe ve kişiselleştirmeye mi yol açacak? Ve bu soruları küresel ölçekte nasıl yanıtlayacağız?

Estetik kaygılarımızın ve zevklerimizimizin aynışmasına ilişkin çalışma, S. Chinoy ve J. Ma'nın¹² New

York Times makalesi olarak kaleme aldığı çalışmada kısa bir süre akılda kalan yaz ayları müziklerinin beş Spotify ses özelliğinin gürlüğü (*loudness*), sesli ve hızlılığı (*energy*), dansettiriciliği (*danceability*), akustikliği (*acousticness*), neşesini (*valence*) inceleyerek yaz şarkılarının benzerliğini ortaya koymaktadır. 1988 yazının müziklerinin çeşitliğinin 2010 yazı müziklerinde yok olduğunu, daha homojen ve matematiksel müziklerin üretildiğini savunmaktadır. Makine öğrenmesi (*machine learning*), evrişimli/evrişimsel sinir ağları (*convolutional neural networks*) ve K-ortalama kümelemesini (*K-means clustering*) kullanarak hit parçalar algoritmasını incelemektedir. Bu aynışmanın öbür alanlarına yansımından yola çıkarak, IVOW AI¹³, yapay zekanın kullanıldığı iş alanlarında kültürel çeşitliliğin olmaması sorununa odaklanmaktadır. Yapay zeka algoritmalarının eğitildiği veri setlerinin baskın kültürden yola çıktığını ve öbür alternatiflerden öğrenmediğini savlamaktadır. Bu nedenle alternatif kültürlere ilişkin fotoğraf, video, ses kayıtları ve hikayelerini farklı festivallerden ve geleneklerden insanların paylaşmasını destekleyen sosyal medya uygulamasını destekleyerek bilgi bankası oluşturmaktadır. Tahmin aşamasında bu uygulama yeni bilgiyi otomatik olarak tanımak ve tahminlerde bulunmak için kullanacaktır.

Intel'in¹⁴ drone ile görüntü toplama ve yapay zekanın görüntü tanımlama programını bir araya getiren projeleri ile, gerek doğal miras, gerekse kültürel mirası kayıt altına almak ve denetleme özelliği olan projeler üretmişlerdir. Çin seddi projesi ile Jiankou duvarındaki yapısal kusurları saptayarak restorasyon sürecinde gerekli olan yapı gereçlerinin miktarını hesaplamak için yapay zeka algoritması kullanılmamaktadır. Fotogrametri yardımıyla üç boyutlu modelleme yapılarak, görüntü işleme (*image processing*) ile duvar, daha hatasız ve verimli bir biçimde restore edilebilmektedir. Sualtı uygulamasında ise insanın yaklaşamayacağı uzaklıktan drone ile balinaların video görüntüleri alınmakta ve eş zamanlı olarak hangi balinanın görüntüsü olduğu veri tabanından taranarak tanımlanmaktadır. Makina öğrenmesi algoritmaları ile balinanın ağırlık ve formundan yola çıkılarak sağlık durumu karşılaştırılmaktadır. Benzer bir yapay zeka ve miras çalışması da Microsoft¹⁵ tarafından planlanan Dünya, Erişim, İnsanlık ve Kültür Mirası için Yapay Zeka (*AI for Earth, Accessibility, Humanitarian* ve *Cultural Heritage*) projeleridir. Konuşulan dilleri, yaşanan yerleri ve miras kap-

samına alınan eserleri korumaya yardımcı olmak için müzeler, üniversiteler ve hükümetler ortaklığında projeler üretmeyi öngörür.

Juan Barcelo, Artificial Intelligence / Cultural Heritage (AI & CH) çalışma grubunun yapay zeka ve kültürel miras alanlarının birleştirilmesi için 1999'te kurulmasına ön ayak olmuştur. Yapay zekanın arkeolojiye uygulanmasındaki teori ve pratik ilk çalışmaları Barselona Otonom Üniversitesi'nden Barcelo (2007)¹⁶ öncelikle arkeoloğun yaptığı işlere destek veren, sonrasında ise 'otomatik arkeolog (*automatic archaeologist*)' olarak bilgisayarın kültürel mirasın analizi ve yorumlanması aşamalarını gerçekleştirebileceğini savunmaktadır. Bir arkeolojik veri havuzundan yola çıkarak makina öğrenmesi yöntemleri/modelleriyle çıkarımlar yapılabilir. Assael vd. (2019)¹⁷, tarihin yazıya geçirilmiş olarak görülen epigrafide, eski Yunanca yazıtların incelenmesinde yapay zekayı kullanmıştır. Pythia isimli derin sinir ağı (deep neural network) algoritması ile yazıtta eksik olan yazı karakterlerini (alfabe) tahmin eden bir sistemin başarısını test etmiştir. Pythia, eksik kelime içeren bir yazıtta, birisinin öznel kararını ve konu bilgisini kullanarak en iyisini seçebileceği düşüncesiyle boşluğu doldurabilecek 20 farklı öneride bulunmaktadır. Turing testine referansla insan epigraf ile dijital epigraf arasındaki tahmin becerisini karşılaştırmaktadır.

İçinde bulunduğumuz Endüstri 4.0 döneminde gelişen teknolojilerin miras çalışmaları alanında da yaygın olarak kullanıldığını görüyoruz. Son yıllarda makine öğrenmenin alt disiplini olarak derin algoritmalarının gücünün artması ve bunu işleyen donanımların gelişmesi ile yaygınlaşan yapay zeka uygulamaları Barcelo'nun tanımladığı otomatik arkeolog tanımının ötesine geçerek, arkeoloğa hizmet veren bir araç olmaktan çıkarak, kendi dijital miras alanını oluşturan bir habitata dönüşmektedir. Yalnızca sanalda varolan ve fiziksel karşılığı olmayan/olamayan bir kültür mirası kavramına doğru evrilmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bilim kurgu filmlerinde sıklıkla sözü edilen gelecek öngörülerinde belirtilen zamanlar içerisindeyiz. Ridley Scott'ın yönettiği 1982 tarihli Bıçak Sırtı (Blade Runner) filminin belirttiği 21. yüzyıl öngörüsünde mimari yapının çökmüşlüğü gösteren karanlıkta parlayan gökdelenler, gökyüzünü yalınlar içinde bırakan sanayi bacaları ve bir uzay aracı vardır. Karanlık ve altyapısı

çalışmayan sokaklarda yaşayan alt katmanlar, genetik mühendisliğinin ürünü olarak insandan ayırt edilemeyen replikantlarıyla, günümüz Los Angeles kentinden kimi öngörüler içeren bu film son sahnesinde belirsiz bir geleceğe ya da pastoral bir görüntüye bakarak sona erer. 2019 yılını resmeden bu Los Angeles'ın yoğun nüfus, küreselleşmeyi, iklim değişikliğini tanımladığı karanlık geleceğin üstünden bir yıl geçti. Ancak hala bu teknolojik gelişmelere ulaşmamamızın yanı sıra, distopik bir bakış açısıyla tanımlanmış senaryolara daha da yaklaştık. Geleceğe ilişkin tasarlanan bu distopik senaryolarda durmadan yer değiştiren hızlı bir yaşamda, birbirinden habersiz yaşayan dünya vatandaşları tanımlanmaktadır. Yüksek teknolojiyle donatılmış, ancak düşük yaşam kalitesiyle çoğu zaman iyi günlerin anıları ya da düşüyle tanımlanan bu gelecek, filmde olduğu gibi zaman zaman fotoğraflarla anımsanan bir geçmişin insandan daha insan özelliklerini sergilemektedir.

Geçmiş ve doğal olana özlem, daha yavaş bir yaşam, bedenlerin yorulduğu, zaman zaman insan ve robot karışımı siberetik organizmaya (*cyborg*) dönüştüğü bir yaşam yerine, belki de yalnızca insanın yaşamının yalınlaştığı, yerelleştiği, yani bedenin değil yalnızca zihnin yer değiştirip bağlandığı bir yapıya mı geçeceğiz. İşte o zaman yakın zamanda ünlenen Yıldızlararası (Interstellar) filmi gibi daha yerel bir temelde, temel gereksinimlerimizi karşılama öncelikli, daha az teknoloji destekli bir yaşama doğru evrileceğiz. Geleceğe ilişkin tasarlanan ütopya distopyadan farklı mı olacak? Daha hızlı, daha bağlı (*interconnected*) ve durmadan yer değiştiren dünya yurttaşındansa, yerel bir ulusa mı dönüşeceğiz? Belki de bedenin değil de, zihnin yer değiştirdiği bir yapıya mı geçeceğiz?

Bu yazının yazıldığı zaman diliminde tüm yeryüzünü saran bir pandemi nedeniyle evlerimizdeki bir karantinadayız. Tarihin değişimine tanık olduğumuzu düşündüğümüz başka bir olayla daha karşı karşıyayız. Sorguladığımız birbirine bağlanmış ülkelerin ve kentlerin, en yalın biçimiyle evin içerisine kapatıldığı, komşumuzdan daha çok, uzakta olanlarla yeniden bağlandığımız bir anda. Toplumsal etkinliklerin sanal ortama taşındığı (ve daha güvenli ve güvenilir olduğu), kültürel gereksinimler karşılamak için sanal müze ziyaretleri, internet konserleri dinlenceleri, sosyal medya iletişim ağlarını ile sanal partileri deneyimlemekteyiz. Birçok sayısal arşivin, veri tabanının, yayınların ücretsiz olarak paylaşılabilir olması, hem bulunduğumuz ekonomik düzeni sorgulamakta (neden

daha önce kullanıma açılmadı?), hem de sayısal devrimde dijitalleşme aşamasını tamamlayan bildiğimizi bir kez daha anımsatmaktadır.

Dijital miras alanında çalışan bir akademisyen olarak, yeryüzü düzenindeki değişimi açısından olmasa da, sayısal dönüşüm aşamasında bir ütopyayı yaşamayı başladığımıza inanıyorum. Bedenlerimizin yerelliğinin tersine, internet üzerinden bağlandığımız tüm kültürel miras, bize bir kez daha geçmişin önemini anımsatmaktadır. Endüstri 4.0'dan Toplum 5.0'a geçerken, Presner'in de tanımladığı Dijital Beşeri Bilimler 2.0 döneminin de sonuna gelmiş bulunuyoruz. Artık kültürel ve doğal mirasın korunması, belgelenmesi, görselleştirilmesi ve deneyimlenmesinin gerekliliği konusunda bir kuş-kumuz yoktur. Dahası, kültür mirasının insandaki birikiminin yapay zekaya aktarılabilmesi, ancak böyle insan düşüncesine daha çok yaklaşan bir zekaya ulaşabileceğimiz tartışılmaktadır. Geleceğin mimarisinde belki de fiziksel varlıklarımızla her nerede olursak olalım, sanal varlıklarımızla, Neuromancer'da olduğu gibi, siberuzay (cyberspace) kavramı benzeri bir gezegende yer alacağız.

DİPNOTLAR

¹ More, Thomas. Utopia. Hasan Ali Yücel Klasikler Serisi, çev, Sabahattin Eyüboğlu, Vedat Günyol, ve Mina Urgan. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1516.

² Silverman, Hugh J. "From Utopia/dystopia to Heterotopia: An interpretative Topology." *Philosophy & Social Criticism*, 7/2 (1980): 170-182

³ Foucault, Michel. "Heterotopia of Other Spaces." *Dits et Ecris*, 4 (1967): 752-762.

⁴ Kalay, Yehuda E. "Introduction: Preserving Cultural Heritage through Digital Media." *New Heritage: New Media and Cultural Heritage*, ed: Yehuda E. Kalay, Thomas Kvan, ve Janice Affleck, Routledge, 2007.

⁵ Manovich, Lev. *The Language of New Media*, MIT Press, 2001.

⁶ Burdick, Anne, Johanna Drucker, Peter Lunenfeld, Todd Presner, ve Jeffrey Schnapp. *Digital Humanities*, MIT Press, 2012.

⁷ ICOMOS, "ICOMOS Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi 2013." (E.T: 07.08.2020) http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0784192001542192602.pdf.

⁸ Anadol, Refik. "Çatalhöyük Araştırma Projesi Arşivi." (ET: 07.08.2020). <https://anamed.ku.edu.tr/en/refik-anadol-catalhoyuk-research-project-archive>.

⁹ The Earth Archive. (E.T: 07.08.2020). <https://www.theeartharchive.com>.

¹⁰ Vincent, Matthew L., Mariano Flores Gutierrez, Chance Coughenour, Victor Manuel Lopez-Menchero Bendicho, Fabio Remondino, ve Dieter Fritsch. "Crowd-sourcing the 3D Digital Reconstructions of Lost Cultural Heritage." *Digital Heritage*. IEEE, 1 (2015): 171-172.

¹¹ Agarwal, Sameer, Yasutaka Furukawa, Noah Snavely, Ian Simon, Brian Curless, Steven M. Seitz, ve Richard Szeliski. "Building Rome in a Day." *Communications of the ACM*, 54/10 (2011): 105-112.

¹² Chinoy, Sahil ve Jessie Ma. "Why Songs of the Summer Sound the Same". (ET: 07.08.2020). <https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/09/opinion/dosongs-of-the-summer-sound-the-same.html>

¹³ IVOW AI. (ET: 07.08.2020). <https://www.ivow.ai>

¹⁴ INTEL. "Yapay Zeka: Yeni Veri Devrimi". (ET: 07.08.2020). <https://www.intel.com.tr/content/www/tr/tr/analytics/artificial-intelligence/overview.html>

¹⁵ Microsoft. "AI for Cultural Heritage". (ET: 07.08.2020). <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-cultural-heritage>

¹⁶ Barceló, Joan Anton. "Automatic Archaeology: Bridging the Gap between Virtual Reality, Artificial Intelligence, and Archaeology." *Theorizing Digital Cultural Heritage: A critical Discourse*, ed: F. Cameron, ve S. Kenderdine, (2007): 437-56.

¹⁷ Assael, Yannis, Thea Sommerschild, ve Jonathan Prag. "Restoring Ancient Text Using Deep Learning: a Case Study on Greek Epigraphy." *Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*: 2019. (ET: 07.08.2020): <https://arxiv.org/abs/1910.06262>

KAYNAKÇA

- Agarwal, Sameer, Yasutaka Furukawa, Noah Snively, Ian Simon, Brian Curless, Steven M. Seitz, ve Richard Szeliski. "Building Rome in a Day." *Communications of the ACM*, 54/10 (2011): 105-112.
- Anadol, Refik. "Çatalhöyük Araştırma Projesi Arşivi." (ET: 07.08.2020). <https://anamed.ku.edu.tr/en/refik-anadol-catalhoyuk-research-project-archive>.
- Assael, Yannis, Thea Sommerschild, ve Jonathan Prag. "Restoring Ancient Text Using Deep Learning: a Case Study on Greek Epigraphy." *Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*: 2019. (ET: 07.08.2020): <https://arxiv.org/abs/1910.06262>.
- Barceló, Joan Anton. "Automatic Archaeology: Bridging the Gap between Virtual Reality, Artificial Intelligence, and Archaeology." *Theorizing Digital Cultural Heritage: A critical Discourse*, Ed: F. Cameron, S. Kenderdine, (2007): 437-56.
- Burdick, Anne, Johanna Drucker, Peter Lunenfeld, Todd Presner, ve Jeffrey Schnapp. *Digital Humanities*, MIT Press, 2012.
- Chinoy, Sahil ve Jessie Ma. "Why Songs of the Summer Sound the Same". (ET: 07.08.2020). <https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/09/opinion/dosongs-of-the-summer-sound-the-same.html>.
- Foucault, Michel. "Heterotopia of Other Spaces." *Dits et Ecrits*, 4 (1967): 752-762.
- ICOMOS, "ICOMOS Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi 2013." (E.T: 07.08.2020) http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0784192001542192602.pdf.
- IVOW AI. (ET: 07.08.2020). <https://www.ivow.ai>.
- Kalay, Yehuda E. "Introduction: Preserving Cultural Heritage through Digital Media." *New Heritage: New Media and Cultural Heritage*, Ed: Yehuda E. Kalay, Thomas Kvan, ve Janice Affleck, Routledge, 2007.
- Manovich, Lev. *The Language of New Media*, MIT Press, 2001.
- Microsoft. "AI for Cultural Heritage". (ET: 07.08.2020). <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-cultural-heritage>.
- More, Thomas. *Utopia*. Hasan Ali Yücel Klasikler Serisi, Çev, Sabahattin Eyüboğlu, Vedat Günyol, ve Mina Urgan. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1516.
- Silverman, Hugh J. "From Utopia/dystopia to Heterotopia: An interpretative Topology." *Philosophy & Social Criticism*, 7/2 (1980): 170-182.
- The Earth Archive. (E.T: 07.08.2020). <https://www.theeartharchive.com>.
- Vincent, Matthew L., Mariano Flores Gutierrez, Chance Coughenour, Victor Manuel, Lopez-Menchero Bendicho, Fabio Remondino, ve Dieter Fritsch. "Crowd-sourcing the 3D Digital Reconstructions of Lost Cultural Heritage." *Digital Heritage*. IEEE, 1 (2015): 171-172.

Güzden Varinlioğlu

Güzden Varinlioğlu 2001 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin Mimarlık Bölümünü bitirdi. Bilkent Üniversitesi'nde tasarım alanındaki lisansüstü çalışmalarında, tasarım, mimarlık ve arkeolojide dijital olanakları araştırdı. Texas A&M Üniversitesi'nde sualtı arkeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde mimari tasarımda bilişim ve University of California Los Angeles'da sayısal insani bilimler programlarında araştırmacı ve konuk akademisyen olarak görev yaparken uluslararası tanınır projelere imza attı. Akademide disiplinler ötesi bakış geliştirmeyi hedefleyen araştırmalarını mimar/doçent olarak İzmir Ekonomi Üniversitesi'nde sürdürmektedir.

Zaman Kapsülünde Kültürel ve Doğal Miras

Ütopya, kültür mirasına benzer şekilde gerçek zamanda ve/veya yerde varolmayan yerleşimdir. Kültür ve doğal miras, dokümantasyon, temsil ve yaygınlaştırmada dijital araçlar ve yöntemler aracılığıyla sanal eserlere dönüştürülebilir. Geçmiş ve gelecek arasında bir köprü oluşturarak, dijital miras yapay zekanın geleceğine rehberlik edecek ve kültürün yeniden yaratılmasına izin verecek bir dijital veri seti sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ütopya, yapay zeka, kültür mirası, dijital miras.

Cultural and Natural Heritage in a Time Capsule

Utopias are emplacements which have no existence in real time or place, similar to cultural heritage. Cultural and natural heritage can be transformed into virtual artifacts through digital tools and methods in documentation, representation and dissemination. By creating a bridge between the past and the future, digital heritage will guide the future of artificial intelligence, providing a digital data set that will allow the recreation of culture.

Keywords: Utopia, artificial intelligence, cultural heritage, digital heritage.

MİMARLIK EĞİTİMİNİN GELECEĞİNE DAİR NOTLAR

Burcu Şenyapılı Özcan, Doç. Dr., Bilkent Üniversitesi Mimarlık Bölümü

Gelişen teknolojilerin ve değişen dünya gündeminin paralelinde mimarlık pratiğinin geleceği ile ilgili birçok çıkarım yapmak, öngörüler sıralamak olanaklı. Pratiği etkileyen ve etkileyecek olan gelişmelerin ışığında mimarlık eğitiminin geleceğine bakarak kimi değişimler de öngörülebilir. Bu yazıda ağırlıklı olarak bu öngörülerden Endüstri 4.0 kapsamında olanları ele almak istiyorum.

İlerlemeden önce Endüstri 4.0'ı biraz açmak gerekir. Dördüncü endüstri devrimi olarak anılan Endüstri 4.0 yaşamımıza üçüncü endüstri devrimi ile giren bilgisayarların akıllanması, birbirine bağlanarak sistemler oluşturması ve öğrenmeye başlaması ile ortaya çıkan olanaklar bütünüdür. Bu dönem, akıllı sistemler, yapay zekâ ve makine öğrenmesi, sayısal üretim üzerinden tariflenebilir. Kendinden önce gelen tüm endüstriyel dönüşümlerde olduğu gibi Endüstri 4.0 da üretim teknolojilerini etkilediği ölçüde ekonomik, kültürel, sosyolojik, politik ve hatta psikolojik dönüşümleri de beraberinde getiriyor. Bu dönüşümlerden mimarlık ve dolayısıyla mimarlık eğitimi de payına düşeni alıyor ve almaya da devam edecek gibi görünüyor. Ancak, Endüstri 4.0 ile mimarlık

pratiği ve eğitimindeki değişim ve dönüşümleri ele almadan önce bugünkü şartların nasıl oluştuğuna da göz atmak gerekir. Bu doğrultuda mimarlık eğitimindeki dönüşümler ve öngörülerini bugün, yarın ve daha ileri bir gelecek üzerinden okumaya çalışalım.

Dünün geleceği olarak bugün

Bugünün mimarlık pratiğinin ve eğitiminin ne olacağını bir 10 yıl öncesinde de tartışıyorduk. Bu tartışmaların iki önemli odağında gelineen noktaya göz atalım:

Sürdürülebilirlik

Önceleri kimi mimarlık eğitim programlarına şık ve çağdaş bir görünüm katarcasına eklenen 'sürdürülebilirlik' kavramı bugün giderek mimarlık eğitiminin doğal ve vazgeçilmez bir parçası oluyor. Bunun son yıllarda mimarlık eğitim programlarındaki en anlamlı dönüşümlerden biri olduğu ortada. Sürdürülebilir mimarlık tanımlamasının aslında yersiz olduğunu bile söylemek olanaklı. Sürdürülebilir olmak en baştan mimarlık tanımının içinde yer almalı, ona nitelik olarak eklenmemeli. Sürdüremiyorsak, geleceği de olmayacak; dolayısıyla sürdürülebilir olmayan bir mimarlık anlayışının da eğitimde

yeri olmayacaktır. Buradan nereye gideceğimizi sonraki bölümlerde tartışalım.

Yapay Zekâ

Bir önceki, yani üçüncü endüstriyel dönüşümde odak noktası bilgisayarın yaşantımıza girmesi idi. Bilgisayarların mimarın yerini alıp alamayacağı daha ilk günden, bilgisayarla çizim yapan donanımlar kullanılmaya başladığından beri tartışma konusu oldu. Tartışmalar, çizim desteği sonrasında tasarım desteği sunan, ardından da hesaplamalı ve parametrik ortamlarla daha da kızıştı. Gelinek noktada, mimarlar, mimarlık ve dolayısıyla mimarlık eğitimi evrim geçirdi ama bu yazı yazıldığında henüz herhangi bir mimarın işi bir bilgisayar tarafından elinden alınmamıştı!

Şimdiyse Endüstri 4.0 kapsamında tartışma cephesinde yapay zekâ var. Yapay zekânın girdiği her alanda meslek sahiplerinin işlerini ellerinden alıp alamayacağı tartışılırken, mimarlıkta bunun tartışılmaması olanaklı değildi zaten. Kendisi de mimar olan Jesper Wallgren, başlıca tasarım programlarına eklenti olarak çalışan ve tasarımın tesisat donanımından mevzuata uygunluğuna kadar birçok konuda mimara yardımcı olan bir yapay zekâ algoritmasını kullanıma sunalı çok olmadı. Wallgren kendisine yöneltilen mimarın yerine makineler mi geçecek sorusuna, makineler bizim işimizi yapabilirler mi diye sormak yerine, biz bazı işleri onlar kadar iyi yapabilir miyiz diye sormamız gerektiğini söyleyerek yanıt veriyor. Haksız sayılmaz. Mimarlık mesleğinin tümüyle makinelere devredileceğini öngörmektense ne biçimde değişeceğini tartışmak daha yararlı olabilir. Mevzuat, tesisat, yapı hesabı gibi konularda yapay zekâ desteği alan bir mimarın enerjisini daha çok tasarımın özüne, yaratıcılığa kanallandırdığını umalım. Belki de Vitruvius'un ünlü üçlüsü; güzellik, dayanıklılık ve kullanışlılık arasından güzellik daha önce hiç olmadığı kadar öne çıkacak. Öyle ya, dayanıklılık ve kullanışlılık kıstaslarının yapay zekâ tarafından halledileceğini düşünürsek, geriye insan zekâsı ve duyarlılığı ile karar verilen güzellik kalmıyor mu? Ancak, bu estetiğe ve forma yönelişin sayısal mimarlığın neredeyse adıyla birlikte anılan form-fetiş eleştirilerinden farklı olduğunun farkına varmak gerekir. Bu yeni durum, 'yapılabildiği için yapılan eşi benzeri olmayan form'un ötesinde, yapılabilenlerin toplamı içinden insanın seçimini yansıtacaktır. Zira böylesi bir seçimi yapay zekâ ancak belirlenebilen kriterler üzerinden yapabilir, ancak insana ait spontanlık, zevk ve duygusal yansımaların yönlendirdiği bir seçim ya-

pamaz. Bu durumun eğitime etkisi ne olacaktır? Kanımca, şaşırtıcı derecede az. Bilgisayar destekli çizim olanağının çizim derslerinin sonunu getirmemesi gibi, yapay zekâ eklentilerinin eğitim programını çok değiştireceğini sanmam. Olsa olsa daha iyi çözümler yaratan ve çözümlerinin iyi işleyeceğinden emin bir mimar kuşağı mezun eder.

Bugünün yarını

Bugünkü gelişmeler ve pratikler yarını şekillendiriyor kuşkusuz. Hemen bugün değil ama önümüzdeki birkaç yıl içinde mimarlık eğitiminde bekleyebileceğimiz değişimleri üç grupta toplamaya çalışalım:

Kodlama

Endüstri 4.0 kapsamındaki olanakların sürdürülebilirlik açısından yeni perspektifler yarattığını görüyoruz. Kendi kendini onaran yapı malzemeleri, iklim şartlarına göre şekillenen cephe sistemleri, artık (kullanılmamış) malzeme kalmayacak şekilde hesap yapmayı sağlayan sayısal üretim teknikleri bugün için laboratuvarlarda ve deneysel uygulamalarda görülüyorlar ama yaygınlaşmaları yakın. Bu yaygınlaşmanın yolu mimarlık eğitiminden ve bu sistemleri üretecek bilgiye sahip mimarların yetişmesinden geçiyor. Bu durumda yakın gelecekte mimarlık eğitiminde kodlama ve programlamanın öne çıkacağını düşünüyorum. Üçüncü endüstri devriminde meslek derdine düşen mimarlar bilgisayar programlarının geliştirilmesini üstlenemediler. Bu durumun mimarlık açısından olumsuz etkileri oldu. Bilgisayar destekli tasarım programları, tasarım sürecini bilmeyen kişiler tarafından geliştirildi. Bugün bile, mimarların tasarım aşamalarına tam olarak uyum sağlayan, gereksinimlerine yanıt veren, hatta ve hatta 'kullanıcı dostu' teriminden devşirerek söylersek 'mimar dostu' bilgisayar programı olmadığını düşünüyorum. Üçüncü endüstri devriminde mimarların korktuğu olup meslekleri ellerinden gitmedi ama tasarım sürecini bilgisayar programlarının veri dizisine uyumlu hale getirmek zorunlu oldu. Bu sonucun ortaya çıkmasında mimarlık eğitiminin gerekli çabukluk ve kapsamda reaksiyon verememiş olmasının payı var. İlk aşamada mimarlık eğitiminin ana sorunsalı elle çizim ve beraberindeki değerleri kaybetmemek üzerine geliştirdi. Bunun sonucu olarak da bilgisayarlara el çiziminin yanında yer almalarını sağlayacak denklikte çizim dersleri içinde yer verildi. Bu sırada, bilgisayar programlarının geliştirilmesi mesleğin dışında tutuldu. Bu durumun değişmesi daha sonraları ve yavaş yavaş oldu. Ancak, şimdiki durum-

da mimarlık eğitiminin Endüstri 4.0 kapsamındaki değişimlere farklı reaksiyon vereceğini öngörmek olanaklı.

Makine Öğrenmesi

Yapay zekâ sistemleri ile geleceğe dönük olarak takip edilmesi gereken unsur, uygulama yaptıkça kendisinin de öğreniyor olması, yani, makine öğrenmesi. Burada 2001 Bir Uzay Destanı² (2001: A Space Odyssey) benzeri senaryolar yazmadan önce altını çizmemiz gereken öğrenmenin insan üzerinden yapılıyor olması. Mimarlık alanına dönük olarak söylersek; yapay zekâ mimarın hareketlerinden/ kararlarından ve/ya kendisine verilen modeller üzerinden öğreniyor. Yani sık yapılanı, seçimleri kaydedip tekrarlıyor ve/ya kendisine verilen modeller üzerinden yeni eşleşmeler, yeni modeller yaratıyor. Bu konuda yapılan en yeni çalışmalardan birinde Chaillou, makineye stilleri 'taklit ederek' planlar yaratmayı öğretti³. Çalışma sonunda vardığı sonuçta 'kara kutu' anlayışına karşın Witt'in 'gri kutu' anlayışının daha verimli olduğunu söylüyor⁴. Bu ne demek? Kara kutu anlayışı basitçe, makineye data yükleyip çıkan sonuçları değerlendirmeyi kapsıyor. Gri kutu anlayışında ise kullanıcı sürecin herhangi bir noktasına müdahale edip, gidişatı değiştirebilir. Bu durum, alana biraz daha aşına olanlar için parametrik ortamın kısıtlamalarının üstesinden gelmek gibi de özetlenebilir. Parametrik ortam zaten halihazırda hem mimarlık pratiğinde hem de eğitimde kullanılıyor. Mimar verileri ve algoritmayı hazırlıyor, makine algoritmayı akıtıyor, sonuçlar elde ediliyor. Şimdi bunun bir adım ötesini düşünelim; mimar verileri ve algoritmayı hazırlıyor, makine algoritmayı akıtıyor, sonuçlar elde ediliyor. Bunun ardından yeni bir set parametreyle yeni bir algoritma hazırlanıyor. Ancak makinenin ilk algoritmayı aklında tutması ve bu yeni olanı onun üzerine eklemesi gerekli. Bu işlem, adım adım eklemelerle ilerliyor, süreç giderek karmaşıklaşıyor ve ortaya katman katman parametreyi bir arada yanıtlayan 'işletimsel' çözümler çıkıyor. Bu çözümleri var kılan geometrik yapılar da geleneksel formlardan uzaklaşabiliyor. Bu yeni durum için Havestadt "kodlama geometrinin yeni bir formudur" diyor⁵. Kodlama, bir kez daha sahnede beliriyor böylece. Dolayısıyla, mimarlık eğitiminin bu yeni geometri anlayışlarına yanıt verecek biçimde evrileceğini öngörmek de çok yanlış olmuyor.

Robotlaşma ve Sayısal Üretim

Arazide üç boyutlu 'basılarak' üretilen binalar yavaş yavaş yapıları çevremizde yer almaya başladı⁶.

Robotlaşmanın mimarlık alanına girmesi ile devasa projelerin iskele kurulmadan, hava şartları tarafından kesintiye uğramadan, işçilik maliyetini azaltarak ve inşaat işçilerinin çalışma ortamlarındaki tehlikeleri ve olumsuz koşulları ortadan kaldırarak hem sürdürülebilirlik hem de zor formların hatasız inşası konularında kazanımlar sağlanacaktır elbet. Bu ve bunun gibi inşa sürecinde robotlaşmayı içeren binaların çoğalması mimarlık eğitiminin de bu gelişmelere yanıt verecek biçimde donanmasını gerektirecektir, çünkü robotlar hata tanımaz. Öyle ki, bu tip bir inşaat ortamında yapılan bir detay hatası, yeni baştan başlamayı, her şeyi yeniden hesaplayarak yapmayı gerektirerek, kazançtan daha fazla kayba yol açabilir. Kabul edelim ki mevcut durumda, mimarlık eğitimi tasarımın ne olduğuyula, nasıl gerçekleşeceğiinden daha çok ilgileniyor. Bilgisayar programlarının çizim ve tasarıma dahil olmasıyla hassasiyet konusunda bir dönemeç geçildi ama yine de tasarım tamamlandıktan sonra inşaat alanında neler olduğu ve olacağı çok da konu edilmiyor, çünkü arada başka aşamalar, aktörler ve kısıtlar var. Oysa sayısal üretim olanakları ile ortaya çıkan dosyadan-fabrikaya⁷ konsepti ile bu ara aşamalar, aktörler, süreçler yavaş yavaş oyun alanının dışına itilmeye başladılar. Tasarım sürecinde oluşturulan 'dosya'nın, aynı zamanda tasarımın inşasında da kullanılabilir olması, dosyanın hata marjini sifıra indirirken, tasarım 'dosya'sının tasarımın kütle bilgilerinden detay çözümlerine kadar değişik katman ve ölçeklerdeki bilgiyi barındırmasını da şart koşuyor. Bu durumun mimarlık eğitimine tasarım stüdyolarında -kimi zaman zorlama ile eklenen- detay çözümlerinin sürecin doğal bir parçası olması ile yansıtacağını ve böylelikle tasarım ve inşasını bir arada ele alan bir anlayışın egemen olacağını düşünebiliriz.



Görsel 1: Dubai'de üç boyutlu basım tekniği ile inşa edilen bina (<https://www.businessinsider.com/dubai-largest-3d-printed-building-apis-cor-photos-2019-12>) ET: 18.01.2020

Yarıdan sonrası

Teknoloji artan bir hızla ve durmaksızın gelişmeye devam ediyor. Önceleri uzun süreçlere yayılan gelişmeler bugün çok daha kısa zaman aralıklarında gerçekleşir oldu. Hiçbir gelecek bilim kurgu gibi görünmüyor artık. Bu bağlamda yarın değil ama yakın bir gelecekte mimarlık eğitimine ilişkin beklentileri şöyle ele almak mümkün:

Sanal / Artırılmış / Karma Gerçeklik

Şu anda teknolojik olarak potansiyelinin tam karşılığını veremiyor olsa da yavaş yavaş uçma, dalma, dünyanın önemli turizm merkezlerini gezme gibi konularda sanal gerçeklik deneyimi yaşamak olanaklı. Sanal gerçeklik tüm gücüyle asıl gerçekliğin yerine oynuyor. Daha şimdiden üç boyutlu bilgisayar modellerinin içine basit (kartondan!) sanal gerçeklik gözlükleri ile girip dolaşabilmek olanaklı oldu. Hem bilgisayarda modellenmiş projeler üzerinde hem de inşaatlarda holografik olarak manipülasyon olanağı tanıyan artırılmış gerçeklik, henüz pahalı ve kısıtlı kullanılıyor olsa da başka bir gelecek vaat ediyor. Teknolojinin daha da gelişmesi gerekli ama bu sadece zaman meselesi. Bulduğumuz mekân yerine seçtiğimiz herhangi bir mekandaymış gibi hissedebilme, iletişim kurarken hologramları kullanma, iki boyut yerine üç boyutlu resim çekme ve paylaşma imkanları sanal gerçeklik gelişim takviminde yerlerini aldılar bile⁸. Tüm bunlar gerçekleştiğinde, artık hem mimarlar ve müşteriler için hem de öğrenci ve hocalar için bir projenin sanal gerçeklik ortamında sunulması ve değerlendirmesinin sanal ortamda yapılması olanaklı kılınacak. Mimarlık eğitimi halihazırda, çoğu akademik modelde pratiğinden kopuk, kurama daha yakın ve yatkın bir seyir sürdürüyor. Projelerin hiçbir zaman gerçekten inşa edilmemesi, yalnızca sunumları üzerinden değerlendirilmesi bu durumun başlıca etkenlerinden. Sayısal üretim olanakları ile nicedir kırılan bu döngü, denilebilir ki sanal gerçeklik ile tümüyle ortadan kalkacak ve mimarlık eğitimi kuram ile inşa arasında daha dengeli bir platforma oturacak. Burada daha da ileri giderek tasarım sürecinde modellemenin ilk araç olacağı; iki boyutlu plan, kesit, cephe gibi çizimlerin modelden üretilebildiği için ikincilleşeceği bir dizgiyi öngörmek olanaklı. Başka bir deyişle, plana yükselti ekleyerek bütüncül forma varmak yerine, önce formu üretmek ve formdan plan, kesit vb. üretmek burada söz konusu olan. Şu anda birçok bilgisayar programı bu anlayışla çalışıyor zaten. Ancak, mimarlık eğitimi bu süreci destekle-

miyor. Sanal gerçeklik aracılığıyla içine girilebilen tasarımlar yaygınlaştığında, bu sürecin mimarlık eğitiminde de değişim ve dönüşümlere yol açacağını düşünebiliriz.

Öte yandan, artan bir hızla, fiziksel mekanlarda yapılagelen aktivitelerin sanal ortamlara taşındığına şahitlik ediyoruz. İletişim teknolojileri değişik mekân ve coğrafyalarda bulunan kişileri sayılarından bağımsız olarak bir araya getirmenin yollarını buldu ve her geçen gün bu olanakları iyileştiriyor. Hal böyleyken geleceğe dönük olarak mimarlık eğitiminin de mekânından kopacağını öngörebiliriz. Bugün bile iletişim teknolojilerini kullanarak uzaktan ders vermek, ders dinlemek, tartışmalara katılmak olanaklı. Yakın bir gelecekte farklı coğrafyalardaki öğrenci ve öğretmenlerin projelerin sanal sunuşları içinde buluşmaları çok da yersiz bir öngörü olmaz. Bir paradoks ama, geleceğin mimarlık eğitimi mekanları, kendileri mekânsızlaşmışken anlatıyor/öğretiyor olabilir!

Etkileşim

Mimarlık eğitimi, mimarlığın doğası gereği pratiği ve kuramı içiçe barındırıyor. Bu noktaya kadar ağırlıklı olarak mimarlık eğitiminin pratiğe yönelik tarafının ne şekilde değişimlerle karşı karşıya kalacağından söz ettik. Sözü etmiş olduğumuz bu değişim ve dönüşümlerin kuramsal yansımaları da olacaktır elbette, ancak mimarlık eğitiminin kuramsal yapısını doğrudan etkileyecek bir unsur varsa, onu da etkileşim olduğunu düşünüyorum. Duyarlı (responsive) ve etkileşimli (interactive) mimarlık anlayışı ile yapılan yapıların yer alacağı bir gelecekte, bugüne değin statik olarak algıladığımız ve kanıksadığımız binalarla kullanıcı olarak kurduğumuz ilişki temelden değişecek kuşkusuz. Yapılar artık 'kıpırdayarak', kullanıcının istekleri ve/ya iklim, ışık, doluluk gibi etmenlerin sonucunda yeniden şekillenecek ve böylelikle beden-mekân ilişkisinin yeniden tanımlanacak. Bu yeni tanımlamanın mimari kuramları etkileyeceğini ve dolayısıyla bu etkinin mimari eğitimin kuramsal değişimini tetikleyeceğini söyleyebiliriz.

Son Söz

Yukarıda sözü edilen kuramsal değişimin altını biraz daha çizerek bitirmek isterim. Bauhaus'un yüzüncü yılını geride bıraktık. Artık akademi tabanlı eğitim sisteminde tasarım stüdyoları dizisinde usta-çırak çarkı kırılmış olsa da eğitim verme modeli olarak hala usta-çırak döngüsünün tekrarlandığını görmek mümkün. Eğitimciler kendi aldıkları mi-

marlık eğitimi modeli üzerinden eğitim veriyorlar. Bunun nedeni bu modelin kusursuz ve tek olmasından mı? Emin değilim. Bilgisayarların işin içine girmesinden sonra, üzerinde konuşabilmek için bilgisayarda yapılan modelin çıktısını isteme, ya da kalemle bilgisayar ekranında çizerek gösterme gibi ilk reflexler geride kalmış da olsa, mimarlık eğitiminin bilgisayar olanaklarına göre temelden yeniden yapılanması gerektiğine ve bu gereğin henüz yerine gelmemiş olduğuna inanıyorum. Bu yeniden yapılanma gerçekleşmediği sürece, her yeni teknolojik olanak yeni bir yama olarak eğitime ekleniyor. Üstüne üstlük, Lego oynayarak değil, mimar Bjarke Ingels'in de ilham aldığı gibi⁹ Minecraft oynayarak yetişen bir kuşak geliyor. Bilgisayarda kendi istedikleri dünyayı yaratan bu kuşağın içinde yaşamayı yeğleyeceği yapıları çevrenin şimdikinden başka özelliklere sahip olacağını tahmin etmek zor değil. Böylesi bir kuşağın üyelerine hitap edecek ve aynı zamanda bu kuşağa uyum sağlayacak bir çevreyi yaratacak mimarları yetiştirecek bir mimarlık eğitiminin uygulamaya yönelik birçok değişimlere ve dönüşümlere gereksinimi var elbet. Ancak hepsinden önce böylesi bir eğitimin mimarlık kuramlarına ilişkin yeni söylemlere sahip olması gerekir.



Görsel 2: Minecraft (<https://medicalxpress.com/news/2019-07-boost-creativity-minecraft.html>) ET: 18.01.2020

DİPNOTLAR

¹ Jose Tomas Franco'nun 2019'un son ayında Jesper Wallgren ile gerçekleştirdiği söyleşinin tam metnine ulaşmak için <https://www.archdaily.com/9293300/can-a-machine-perform-the-work-of-an-architect-a-chat-with-jesper-wallgren-founder-at-finch-3d> (ET: 18.01.2020)

² Stanley Kubrick'in yönettiği 1968 tarihli film, birçok başka özelliğinin yanı sıra, öyküsünde dizginleri ele geçiren ve başına buyruk davranmaya başlayan Hal isimli bilgisayar ile tanınır.

³ Harvard Üniversitesi'nde yürüttüğü yüksek lisans çalışmaları sırasında tezi kapsamında bu konuyu ele alan Stanislas Chaillou'nun çalışmasının özetine ulaşmak için <https://towardsdatascience.com/architecture-style-ded3a2c3998f> (ET: 18.01.2020)

⁴ Chaillou'nun sözünü ettiği Greyboxing konsepti, Andrew Witt'in 2018 Yaz dönemi, 43. Cilt, Log dergisinde bulunabilir.

⁵ Ludger Hovestadt "Elements of a Digital Architecture". Vera Bühlmann, Ludger Hovestadt ve Vahid Moosavi (Der.) Coding as Literacy: Metalithkum IV. Birkhauser, 2015, 28-116.

⁶ Böylesi bir bina Aralık 2019'da Dubai'de tanıtıldı. Bina, bir devlet dairesi ve şimdiye kadar üç boyutlu basım tekniğiyle yapılan binalar içinde en büyük olanı. Daha ayrıntılı bilgi için <https://www.businessinsider.com/dubai-largest-3d-printed-building-apis-cor-photos-2019-12> (ET: 18.01.2020)

⁷ Branko Kolarevic'in ortaya attığı 'dosyadan-fabrikaya' (file to factory) terimi, bilgisayarda yapılan çizim dosyasının doğrudan üretimde kullanıldığı sayısal süreci temsil ediyor. Kolarevic'in tam metni için: Connecting Crossroads of Digital Discourse [Proceedings of the 2003 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture. Indianapolis, 24-27 Ekim 2003, pp. 54-55.

⁸ Konuyla ilgili detaylı bilgi Wired dergisi Ocak 2020 sayısında Peter Rubin imzalı The Next Virtual Reality Will Become the New Reality, sayfa 41'de, bulunabilir.

⁹ Ingels, mimarlığı Minecraft isimli oyunda yaratılan dünyalardan esinlenerek Worldcraft olarak adlandırarak ele alıyor. Video linki: <https://www.dezeen.com/2015/01/26/architecture-minecraft-bjarke-ingels-big-movie-worldcraft-future-of-storytelling/> (ET: 18.01.2020)

KAYNAKÇA

Chaillou, Stanislas. "Architecture & Style" <https://towardsdatascience.com/architecture-style-ded3a2c3998f> (ET: 18.01.2020)

Franco, Jose Tomas. "Can a Machine Perform the Work of an Architect: A Chat with Jasper Wallgren" <https://www.archdaily.com/9293300/can-a-machine-perform-the-work-of-an-architect-a-chat-with-jesper-wallgren-founder-at-finch-3d> (ET:18.01.2020)

Ingels, Bjarke. "Architecture should be more like Minecraft" <https://www.dezeen.com/2015/01/26/architecture-minecraft-bjarke-ingels-big-movie-worldcraft-future-of-storytelling/> (ET: 18.01.2020)

Hovestadt, Ludger. "Elements of a Digital Architecture". Vera Bühlmann, Ludger Hovestadt ve Vahid Moosavi (Der.) Coding as Literacy: Metalithkum IV. Birkhauser, (2015): 28-116.

<https://www.businessinsider.com/dubai-largest-3d-printed-building-apis-cor-photos-2019-12> (ET: 18.01.2020)

Kolarevic, Branko. Connecting Crossroads of Digital Discourse [Proceedings of the 2003 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture. Indianapolis, (2003): 54-55.

Rubin, Peter. The Next Virtual Reality Will Become the New Reality, *Wired*, Ocak (2020): 41.

Witt, Andrew. Grayboxing, *Log*, 43 (2018).

Burcu Şenyapılı Özcan

Doçent Dr. Burcu Şenyapılı Özcan, Bilkent Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde eğitmen ve bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır. Doktora çalışmaları sırasında Fulbright bursuyla Carnegie Mellon Üniversitesi'nde bulunan Şenyapılı, doktora sonrası çalışmalarının bir kısmını da Columbia Üniversitesi Mimarlık, Planlama ve Koruma Yüksek Okulu himayesinde tamamlamıştır. Şenyapılı Özcan'ın bilgisayar destekli tasarım üzerine uluslararası dergilerde yayınları bulunmaktadır.

Mimarlık Eğitiminin Geleceğine Dair Notlar

Bu yazıda Endüstri 4.0 perspektifinde mimarlık eğitiminin geleceğine dair öngörüler yer almaktadır. Bu öngörüler, bilgisayarların birbirlerine bağlanarak sistemler oluşturabildikleri bir olanaklar bütünü oluşturarak Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zeka, akıllı sistemler, sayısal üretim gibi olanakların mimarlık eğitime etkileri üzerinden tartışılmaktadır. Mimarlık eğitiminde bugün gelinen noktadan ve bugünün gerçeklerinden başlayarak, yakın gelecekte ve biraz daha uzak gelecekte mimarlık eğitiminin ne şekilde değişeceği ve dönüşeceği üzerine çıkarımlar yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık eğitimi, Endüstri 4.0, yapay zekâ, sanal gerçeklik, sayısal üretim.

Notes on the Future of Architectural Education

This text comprises projections on how the future of architectural education will be shaped in relation to Industry 4.0. These projections are based on the features of Industry 4.0 such as artificial intelligence, intelligent systems and digital manufacturing, which are established through the interconnection of computers to form systems. Starting off by the current state of architectural education, the text discusses the anticipated changes and transformations in architectural education in the near and far futures.

Keywords: Architectural education, Industry 4.0, artificial intelligence, virtual reality, digital fabrication.

