



Mimarlığın Geleceğinde Robotların Rollerini Üzerine Bir Okuma

Barış ÇAĞLAR; Serbülent VURAL

^{1,2}Karadeniz Teknik Üniversitesi

¹baris.caglar.mimar@gmail.com; ²vuralart@gmail.com

Özet

Robotlar uzay, havacılık, gemi, otomobil, elektronik, tıp gibi pek çok ileri teknolojiyi barındıran alanda yüksek hassasiyet, işlevsel esneklik, yeniden programlanabilme, hızlı ve verimli çalışma, tekrarlayan hatta dönüşerek tekrarlayan işleri birebir aynı gerçekleştirebilme özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Robotların bu özellikleri mimarlık alanı için de ilgi çekici olmuş ve mimarlık alanında robotların ne gibi olanaklar sunabileceği araştırılmaya başlanmıştır. Mimarlık alanında ağırlıklı olarak endüstriyel üretime yönelik olarak geliştirilmiş robot kollar (manipülatör) kullanılmaktadır. Son yıllarda ise robot kolların (manipülatör) gelişiminin bir sonraki adımı olarak kabul edilebilecek cobotlar mimarların ilgi odağı haline gelmeye başlamıştır. “Cobot” terimi “iş birlikçi” (collaborative) ve “robot” kelimelerinin birleştirilmesinden oluşmaktadır. Cobotlar adından da anlaşılacağı gibi temelinde insan-robot ilişkisini daha doğrudan ve güvenli hale getirerek, çalışma anında insan-robot birlikteliğini mümkün kılmaktadır. Robot kolların (manipülatör) yanında insansız hava araçları (drone), örümcek robotlar, solucan robotlar, craybotlar gibi çeşitli türde robotların da mimarlık alanında kullanımlarına yönelik deneysel ve teorik çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışma ile robotların günümüz mimarlığında kullanımları göz önünde bulundurularak, bu araçların mimarlığın geleceğine dair kısa-orta-uzun vadeli etkilerinin anlaşılması ve olası potansiyellerinin tartışılması hedeflenmiştir. Böylelikle robotların mimarlık alanında diğer disiplinlere ait kullanımlarının ötesine geçerek, tasarımcılar için ucu açık senaryolarda çok çeşitli yaratıcı kullanım olanakları barındıran; yapı üretim pratiğini geliştiren, yapının kullanım, bakım, onarım süreçlerinde rol alabilecek önemli araçlar olduğuna dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada robotların mimarlık alanında alabilecekleri çeşitli rollere ilişkin bir sınıflandırma önerilmiştir. Bu sınıflandırma temelde robotların tasarımcı/mimarlarla kurduğu ilişki ve etkileşime dayanarak oluşturulmuştur. Bu doğrultuda robotların kullanımına ilişkin “çırak”, “kalfa”, “usta” olarak 3 sınıf önerilmiştir. Bu sınıflar kendi içerisinde bir gelişim düzeyi tanımlamaktadır. Her bir sınıfın mimarlıktaki yansıması farklı düzeyde olacaktır. Mimarlık alanının geleceğinde de robotların kullanımının bu sınıflandırmayı takip ederek gelişeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Robot, Robot Kol (Manipülatör), Robot Sınıflandırması, Robotik Tasarım, Robotik Fabrikasyon

A Reading on the Role of Robots in the Future of Architecture

Barış Çağlar¹; Serbülent Vural²

^{1,2}Karadeniz Teknik Üniversitesi

¹baris.caglar.mimar@gmail.com; ²vuralart@gmail.com

Abstract

Robots are preferred in areas that include many advanced technologies such as space, aviation, ship, automobile, electronics, medicine, due to their high precision, functional flexibility, reprogramming, fast and efficient operation, and their ability to perform repetitive tasks the same. These features of robots have also been interesting for the field of architecture and it has begun to investigate what possibilities robots can offer in the field of architecture. In the field of architecture, robot arms (manipulators) developed for industrial production are used. In recent years, cobots, which can be considered as the next step in the development of robot arms (manipulators), have become the focus of attention of architects. The term "cobot" is a combination of the words "collaborative" and "robot". Cobots, as the name suggests, make human-robot coexistence possible by making the human-robot relationship more direct and safer. In addition to robotic arms (manipulators), there are experimental and theoretical studies on the use of various types of robots such as drones, spider robots, worm robots, craybots in the field of architecture.

With this study, it is aimed to understand the short-medium-long term effects of these robots on the future of architecture and discuss their potentials. Thus, by going beyond the use of robots in the field of architecture belonging to other disciplines; It is aimed to draw attention to the important tools that improve the building production practice and can play a role in the use, maintenance and repair processes of the building.

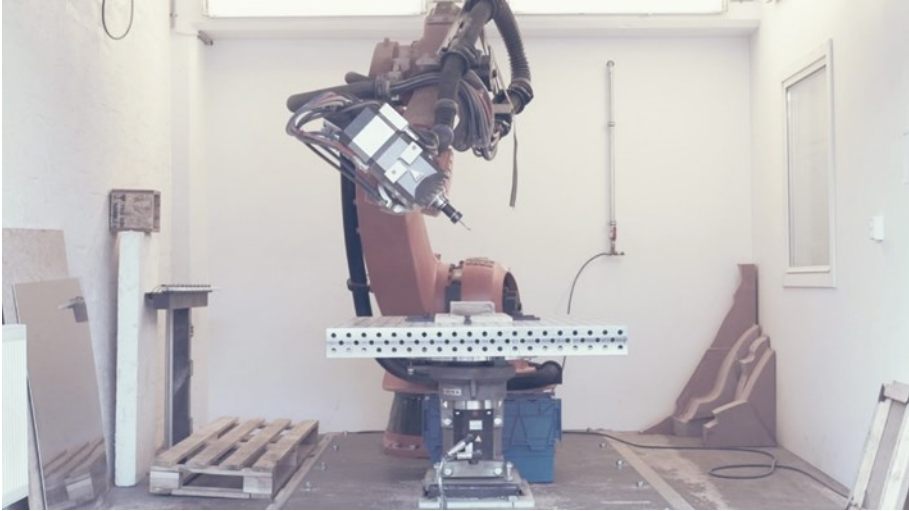
In the study carried out, a classification regarding the various roles that robots can take in the field of architecture is proposed. 3 classes are proposed as "apprentice", "journeyman", "master" according to the degree of relationship they establish with people belonging to robots (designer / architect / master, etc.). These classes define a level of development within themselves. The reflection of each roles in architecture will be different. It is thought that the use of robots in the future of architecture will follow this classification.

Keywords: Robot, Robotic Arm (Manipulator), Robot Classification, Robotic Design, Robotic Fabrication

1. Robot Kavramı, Kullanımı ve Mimarlık ile İlişkisi

Robot kavramının popülerlik kazanması ve dünyaya yayılması 1921 yılında Karel Čapek'in bir bilim kurgu tiyatro oyunu olan "Rossumovi Univerzalni Roboti" (R.U.R.) eseri ile olmuştur (Daas & Wit, 2018). Bu eserde yer alan "robotlar" aslında günümüzdeki robot kavramını karşılığı olan otomasyonla ilgili mekanik cihazları anlatmayıp, dışarıdan insanlara benzer ama yapay yolla üretilmiş biyolojik organizmalardır (URL-1). Buna rağmen bu eser "robot" kavramının pek çok kültürde yer edinmesine büyük katkı sunmuştur.

Bugün anladığımız anlamıyla robot teknolojileri ise robotik, otomasyon, makine mühendisliği gibi disiplinler çerçevesinde ortaya çıkmıştır ve günümüzde mimarlığın da dahil olduğu pek çok uzmanlığın katkılarıyla geliştirilmeye devam etmektedir. Uzay, havacılık, gemi, otomobil, elektronik, tıp gibi pek çok ileri teknolojiyi barındıran alanda yüksek hassasiyet, işlevsel esneklik, yeniden programlanabilme, hızlı ve verimli çalışma, tekrarlayan hatta dönüşerek tekrarlayan işleri birebir aynı gerçekleştirebilme özellikleri nedeniyle robotlar tercih edilmektedir. Robot terimi şemsiyesi altında değerlendirilen araçlar; birbirinden çok farklı ve özelleşmiş işlevleri yerine getirebilmek üzere geliştirilmektedirler. Bunun bir sonucu olarak da robotlar birbirinde çok farklı biçim, boyut, yapı, işlev ve otomasyonda olabilmektedir. Daas ve Wit (Daas & Wit, 2018) robotları morfolojik olarak biomorphic (insan, bitki gibi canlıları andıran), mechanomorphic (makinelere andıran veya yapılarında mekanik karakteristik bulunan), polymorphic (farklı formlar alabilen) ve amorphic (tanımlı bir formu olmayan) olarak sınıflandırmıştır.

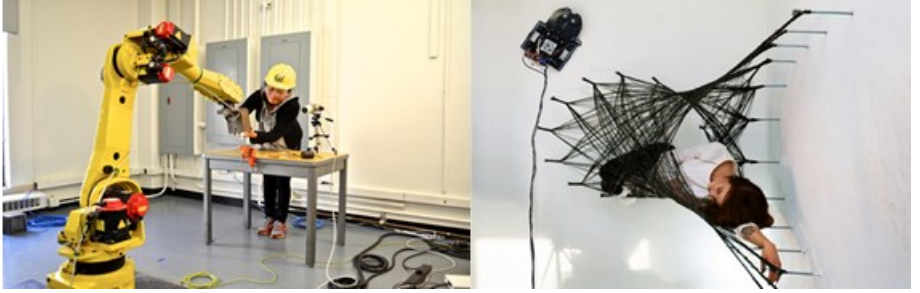


Şekil 1: Snohetta Mimarlık Ofisi Robot Kol (Manipulator) Kullanımını Tasarım Süreçleri İçerisine Entegre Etmiş Ofislerden Biridir (URL-7)

Mimarlık disiplininde kullanılan robotlar ise çok büyük oranda endüstriyel üretime yönelik olarak geliştirilmiş robot kollardan (manipulator) oluşmaktadır. Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü'ne (URL-6) göre robot kol (müh.) (ing robot arm; robotic arm) mak. Birçok serbestlik derecesine sahip, programlanabilen, birtakım eklem ve bağlantı parçasından oluşan, robot elini taşıyan, yönlendiren ve konumlandıran

mekanizma olarak tanımlanmıştır. Özellikle robot kollar (manipülatörler) yaklaşık son on beş yıl içerisinde mimarlık enstitülerinin araştırma laboratuvarlarında yürütülen deneysel çalışmalarda (URL-2), mimarlık okullarında tasarım, sanat, araştırma, eğitim etkinliklerinde (Testa, 2017) ve disiplinler arası çalışma kültürünü oluşturmuş mimarlık ofislerinin tasarım ve fabrikasyon süreçlerinde (URL-3) kullanılmaktadır (**Şekil 1**).

Cobotlar, robot kolların (manipülatör) gelişiminin bir sonraki adımı olarak kabul edilebilir. Cobot terimi “iş birlikçi” (collaborative) ve “robot” kelimelerinin birleştirilmesinden oluşmaktadır. Cobotlar adında da anlaşılacağı gibi temelinde insan-robot ilişkisini daha doğrudan ve güvenli hale getirerek, çalışma anında insan-robot birlikteliğini arttırmaktadır (**Şekil 2**). Cobotlar fiziksel ve mekanik olarak robot kollara (manipülatör) benzeseler de en büyük farkları bir insan ile bir arada çalışabilmeleridir. Robot kolların yanında, insansız hava araçları (drone), örümcek robotlar, solucan robotlar, craybotlar gibi mimarlık alanında kullanılabilecek çeşitli deneysel ve teorik çalışmalar da bulunmaktadır (**Şekil 3**).



Şekil 2-3: Üretim Alanında Cobot Kullanımı (URL-11) (Sol), Filament Strüktür için Mobil Robot Fabrikasyon Sistemi (URL-7) (Sağ)

Robot kullanımlarının giderek yaygınlaşarak, yakın gelecekte mimarlığın tasarım, fabrikasyon, konstrüksiyon, koruma, restorasyon gibi pek çok alanında aktif olarak yer edineceği öngörülmektedir. 1960’lı yıllardan itibaren bilgisayar teknolojilerinin mimarlık üzerindeki dönüştürücü etkisine benzer şekilde; 4. Endüstriyel Devrim’i yaşadığımız bu dönemde de robotlar, mimarlığın teorik ve pratik alanlarında kırılmalara neden olabilecek önemli araçlardır.

2. Yöntem

Bu çalışma ile robotların günümüz mimarlığında kullanımları göz önünde bulundurularak, bu araçların mimarlığın geleceğine dair kısa-orta-uzun vadeli etkilerinin anlaşılması ve olası potansiyellerinin tartışılması hedeflenmiştir. Böylelikle mimarlıkta robotların diğer disiplinlere ait benzer kullanım alanlarının ötesinde, tasarımcılar için ucu açık senaryolarda çok çeşitli yaratıcı kullanımın olanakları barındıran; yapı üretim pratiğini geliştiren, yapının kullanım, bakım, onarım ve dönüşümde rol alabilecek önemli araçlar olduğuna dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Robotların mimarlık alanında kullanımlarının yaygınlaşması süreci, geçmişte bilgisayarların mimarlıkta kullanım sürecinde geçirdiği aşamalar ile karşılaştırılabilir. Bilgisayar teknolojisi mimarlık alanı dışında icat edilmiş ve geliştirilmiş, sonradan mimarlık alanına girmiş ve girdiğinde de aslında tasarlanan amacından daha farklı yönlerde mimarlarca kullanılmış,

beraberinde de mimarlığı dönüştürmüştür. Benzer şekilde robot teknolojileri de mimarlık alanı dışında icat edilmiş ve yakın sayılabilecek bir geçmişe mimarlıkta kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür bir aracın olası dönüştürücü gücü ise mimarlığın yakın geleceğinde daha görünür ve önemli olacaktır. Bu bağlamda geçmişte bilgisayarlar üzerinden elde edilen deneyim, robotların kullanımları için de mimarlara ilham verici olabilir.

Mimarlık ile bilgisayarın ilk kesişmesi, bilgisayarın potansiyelinin mimarlıkta nasıl değerlendirilebileceği sorusunu gündeme getirmiştir. Bu potansiyelin değerlendirilmesinde çeşitli teoriler geliştirilmiş ve bilgisayara insansı bazı roller yüklenmiştir. Theodora Vardouli (2012) “Bilgisayarın Bin Yüzü: Bilgisayarın Tasarımda İnsanlaştırılması” makalesinde 1965 - 1975 yılları arasında geleceğe dönük olarak bilgisayarların mimarlık disiplininde memur, ortak, sihirbaz, vekil ve muhasebeci gibi roller ile katkı sunabileceklerinin düşünüldüğünü belirtmiştir. Bu roller mimarlığı, mimarların mesleki pratikleri içerisinde gerçekleştirdikleri eylemleri ve görevleri somutlaştırmak açısından da tanımlayıcıdır. Bu roller kısaca:

- **Memur:** Bu rolde bilgisayar tasarımcıyı can sıkıcı, niteliksel işlerden kurtarmaktadır. Böylelikle tasarımcı enerjisini doğrudan tasarım sürecinin yaratıcı bölümlerine yoğunlaştıracaktır.
- **Ortak:** Bu rol bilgisayarın yalnızca bir memur olarak tanımlanmasına karşı çıkılmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu görüşe göre bilgisayar, mimarlara (teknik şartnamenin yazımı, çizim öncesi hazırlıklar, hesaplama vb. işler yerine) “tasarım” olarak adlandırılan etkinliklerde onlara yardımcı olabilecek bir sistem olacaktır. Burada bilgisayar, memur rolünü aşarak sorunla ilgili kendisi de kaygı duyan mimarlarla bir ortak düzeyde değerlendirilmiştir. İnsan-makine ortak yaşamı fikri, bilgisayarı yalnızca katı ve mantıksal bir makine olarak değil, aynı zamanda yaratıcılığı arttıran bir konumda bir tasarım ortağı olarak görülmüştür.
- **Sihirbaz:** Tasarımcı ile bilgisayar arasındaki hiyerarşik efendi-köle ilişkisinin sorgulanması ile tasarım süreci ve aktörlerinin rollerinin yeniden değerlendirilmesi düşünülmüştür. Bu doğrultuda profesyonel mimar ile uzman olmayan kullanıcı arasındaki sınırların kaldırılması konusu tartışılmıştır. Bu rolde bilgisayar ihtiyaçlara cevap veren mimarlık fikrini tartışmaktadır. Bilgisayar kullanıcının tasarımı niyetlerini anlayarak, profesyonel bir uzman konumunda onları mekâna dönüştürebilen yetenektedir. Burada bilgisayar tasarım eylemini kendisi gerçekleştirir.
- **Vekil:** Bu rolde bilgisayar profesyonel tasarımcı yerine sıradan kullanıcı ile ilişki kuran bir yapıdadır. Bilgisayar tasarım konusunda yetkinliği olmayan ama kendi yaşam tercihleri ve istekleri olan kullanıcılara, kendi düşüncelerini mekân olarak tasarlama ve üretme konusunda yardımcıdır.
- **Muhasebeci:** Bu rolde bilgisayar, veriyi yalnızca yorumsuz olarak kaydederek ve bunları istendiğinde herhangi bir değerlendirme ve öneriden bulunmadan ham haliyle aktaran bir muhasebecidir.

Günümüzde, 1960’lı yıllarda bilgisayara biçilen bu rollerin bir kısmı gerçekleşmiş bir kısmı ise gerçekleşmekten çok uzak kalmıştır. Buna rağmen her bir tanımlanan rol, mimarların mimarlığı ele alış biçimlerini yeniden düşündürmeye yönlendirmesi ve bir araç – insan (tasarımcı) etkisini sorgulaması açısından önemlidir.

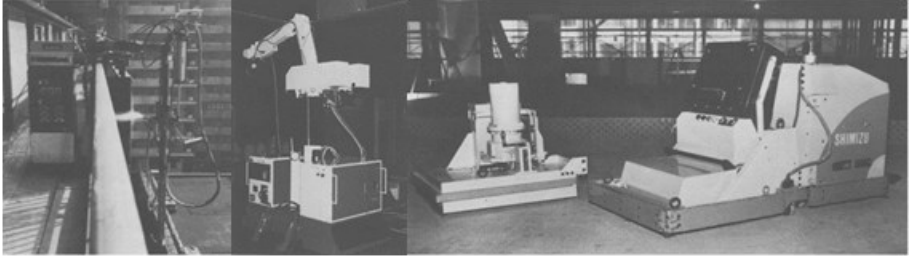
Bilgisayarlar üzerine yapılan bu rollerden yola çıkılarak bu çalışmada da literatür taraması yöntemi kullanılarak robotların mimarlık alanında

alabilecekleri çeşitli rollerine ilişkin bir sınıflandırma önerilmiştir. Bu sınıflandırma da robotlara insan ile kurdukları ilişki derecesine göre “çırak”, “kalfa”, “usta” olarak 3 sınıf önerilmiştir.

3. Robotların Mimarlıktaki Gelecek Rollerı

Mimarlık alanında robotların kullanımı gün geçtikte artmaktadır. Özellikle dünyanın önde gelen üniversitelerindeki araştırma grupları öncülüğünde gerçekleşen çalışmalar bu kullanım oranının gelecekte de artarak devam edeceğini göstermektedir. Mimarlık alanına yakın sayılabilecek bir tarihte girmiş olan bu araçlar, mimarlığın geleceği için ne gibi roller üstlenebilir?

Bu sorunun yanıtını verebilmek için öncelikle robotların ilk kullanımından bugüne gelinen noktayı doğru anlamak gerekir. Robotların mimarlıkta ilk kullanımları 1970’li yılların sonu 1980’li yılların başlarına rastlamaktadır. İlk kullanım örneklerinde amaç şantiye ortamında insan gücüyle yapılan işleri robotlara aktararak imalat sürecini daha verimli hale getirmektir (Ueno, Maeda, Yoshida, & Suzuki, 1986) (**Şekil 4**). O yıllarda bu çalışmalar deneysel düzeyde kalmış ve o dönemin teknolojik olanakları nedeniyle büyük bir ilerleme kaydedememiştir.



Şekil 4: SSR-3, OSR-1, MTV-1(Ueno et al., 1986)

Daas ve Wit (2018) ise robotların, mimarlıkta kullanım alanlarının yalnızca tasarım ve konstrüksiyon süreçleri ile sınırlı kalmayarak, bunların ötesinde mimarlıkla ilgili pek çok çalışma alanıyla ilgili araştırmalarında kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu alanların başlıca olanları konstrüksiyon, tasarım süreci, etik, iç mekân ve mobilya, peyzaj mimarlığı, imalat ve üretim, morfoloji (biçim bilim), hareketlilik – navigasyon ve yön bulma, deneyim, sosyal ve çevresel davranış, strüktürel ve mekanik sistemler, mimari bilginin diğer alanlara tercümesi, kentsel tasarım olarak belirtmişlerdir. Bu çalışma alanları günümüzde hızla genişlemektedir.

Daas (2014) ve Wit (2018), robotların mimarlıktaki rollerini kullanım süreçleri çerçevesinde ele almıştır. Bu değerlendirme sonucunda ise robotların mimarlıkta kullanım alanlarını dört ana başlık altında toplamıştır. Bunları da aşağıda yer aldığı kapsamlarda açıklamıştır:

- **Tasarım Sürecinde Robotların Kullanımı:**

Robotlar tasarım sürecinde gözlem ve prototipleme için kullanılabilirler.

- **Fabrikasyon Sürecinde Robotların Kullanımı:**

Robotlar şantiye dışında (off-site) özel üretim veya kitlesel özelleşmiş üretim (mass-customized fabrication) amacıyla kullanılabilirler.

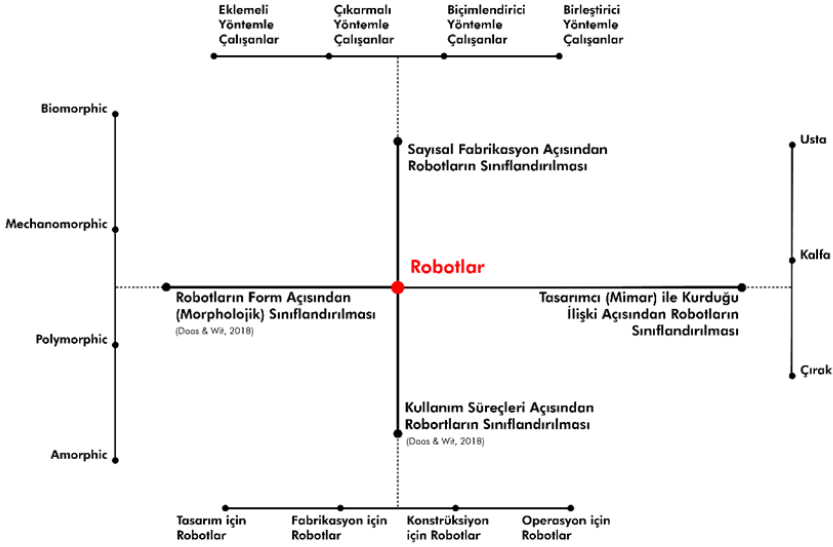
- **Konstrüksiyon Sürecinde Robotların Kullanımı:**

Robotlar şantiyede (on-site) konstrüksiyon için insan işçilerin yerine kullanılabilirler.

- **İşletme Operasyonları Sürecinde Robotların Kullanımı:**

Robotlar otomatik olarak, yarı otomatik olarak veya uzaktan kontrolle binaların işlemesine yönelik olarak denetim, bakım, tehlike azaltma gibi işlevlerde kullanılabilirler.

Aşağıda robot kolların (manipülör) mimarlık alanıyla ilişkili olarak değerlendirildiği sınıflandırmalar bir görsel şema olarak verilmiştir (**Şekil 5**).



Şekil 5: Mimarlıkta Robot Sınıflandırmalarının Çeşitli Açılardan Değerlendirilmesi

Robotların mimarlıkta kullanımlarını sınıflandırdığı bu öneri temelinde bir binanın ilk tasarımdan en sonundaki işletimine kadar uzanan tüm süreçteki aşamalara dayanmaktadır. Dolayısıyla bu tür bir sınıflandırma robotların bir bina üretim sürecinin hangi aşamalarında ne gibi katkılar sunacağını görünür kılmak açısından önemlidir. Buna karşın bu sınıflama robotların kullanım biçimlerinde insan (tasarımcı/mimar) ile olan etkileşimine ve bu etkileşimdeki insan ve robotun üstüne düşene rollere odaklanmamaktadır. Theodora Vardouli'nin (2012) insandan yola çıkarak bilgisayarlara biçtiği rollere benzer şekilde, robotların mimarlıkta kullanımında da çeşitli roller öngörülebilir. Bu çalışma kapsamında mimarlığın geçmişteki üretim geleneğinde bir anlamda uzmanların gelişimindeki basamakları da tarif eden “çırak”, “kalfa”, “usta” kavramları bugünün ve geleceğin robotik mimarlığında gelişim düzeylerini temsil etmek için anahtar kelimeler olarak seçilmiştir (**Şekil 6**).

- **Çırak Rolünde Robotlar:**

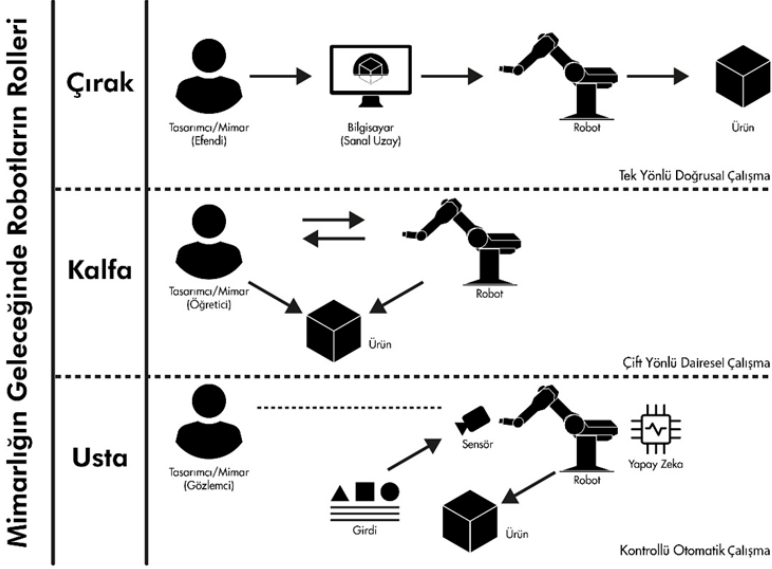
Tasarımcının/mimarın bilgisayar ortamında robotun hareketlerini sanal bir uzayda tanımlaması gerekir. Bilgisayardan elde edilen kod robota aktarılır. Robot da bu koda göre tanımlanan hareketleri herhangi bir değerlendirmeye tutmadan yerine getirir.

- **Kalfa Rolünde Robotlar:**

Tasarımcı/mimar ve robot aynı çalışma alanı içerisinde güvenli bir şekilde bulunur. Robotun hareketlerinin tanımlanması için bilgisayar ortamında hazırlanan bir koda ihtiyaç yoktur. Robotun hareketleri sahada birebir öğretilerek tanımlanabilir. Tasarımcı/Mimar ve robot yakın bir iş birliği içerisinde yer alır.

- **Usta Rolünde Robotlar:**

Robot, çeşitli sensörler sayesinde çalışma ortamının bilgisini edinir. Yapay zeka ile nasıl hareket etmesi gerektiğini öğrenen robot, durum değerlendirmesi yaparak kendi hareket kararlarını hedeflenen doğrultuda verebilir.



Şekil 6: Mimarlığın Geleceğinde Tasarımcı İlişkilerine Göre Robotlara Biçilen Olası Roller

3.1. Tasarım Sürecinde Robotların Kullanımı ve Rollerinin Etkileri

Antoine Picon (2014) mimarlık disiplininde robotların kullanımının üç önemli katkısı olduğunu belirtmiş ve bunları şu şekilde sıralamıştır:

- Robot kollar tasarımcıları doğrudan üç boyutlu uzayda, herhangi bir egemen yön olmadan düşünmelerini destekler. Tasarımcılara eklemli yapılarının doğal sonucu olarak rotasyonun (daireysel hareket) temel karakterini hatırlatır. Bu tür hareketler tıpkı insan bedenindeki uzuvlarının hareketlerine benzer şekilde rotasyon hareketlerinden oluşmaktadır. Modern endüstrileşme düşünsel anlamda rotasyon yerine doğrusal tekrarlayan hareketleri ön plana çıkartmıştır. Picon ise robot kollar sayesinde tasarımcıların rotasyon ve doğrusal hareketlerin birlikte olduğu bir anlayışta tasarım yapma olanağı sunacağını düşünmektedir.
- Robotlarla çalışmak tasarımcılara nesneler ve süreçler arasında çok ince bir ayrım olduğunu hatırlatmaktadır. Bu araçlar tasarımda hareket ve zaman kavramlarının girdi olmasına olanak verir. Robot kollar ile çalışmak mimarlara alışık oldukları üç boyutlu uzay yanında gerçekte var olan ama mimarlarca sıklıkla ihmal edilen zaman boyutunun da düşünülmesiyle bütüncül bir tasarlama olanağını sunar.
- Picon'a göre mimarlıkta robotik fabrikasyon güzellik kavramı anlayışımızda değişikliğe neden olabilir. Skolastik felsefeye göre sadelik ve birlik güzelliğinin temel nitelikleri olarak kabul edilmiştir. Buna karşın sayısal teknoloji ve robotlar ise bu algıyı temelden eleştirmektedir. Doğanın kendisinde var olan karmaşıklık ve çeşitlilik tasarımcıların tasarıma başlaması gereken doğal koşullardır. Robot kollarla çalışmak ise bu tür bir yaklaşımı destekler.

Robot kolların (manipülâtör) tasarım sürecinde kullanım olanaklarının artmasında bir diğer önemli gelişme ise ortak çalışabilen cobotların (colloborative robot)

geliştirilmesidir. Özellikle insan hareketlerini anlık girdi olarak alarak; bu girdilere göre hareket, hız, güç vb. çıktılar veren robotlar tasarımıyla ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Bu tür bir olanak robotu mekanik bir araç rolünden çıkartıp, tasarımcıya destek veren bir yardımcı rolüne büründürmektedir. Bu tür bir kullanım senaryosunda önceden robotun hareketleri ve ortaya çıkacak eylem/iş düşünülerek hazırlanmış bir dosya robot kola (manipülatör) aktarılmamaktadır. Robot kolların (manipülatör) eş zamanlı olarak bir insan tarafından kontrol edebilmeleri zihinde oluşan fikrin eylemde somutlaşması arasında geçen süreyi, diğer bir ifadeyle gecikmeyi ortadan kaldırmaktadır.

3.2. Sayısal Fabrikasyon Sürecinde Robotların Kullanımı ve Rollerinin Etkileri

Sayısal teknolojilerin gelişmesiyle birlikte mimarlık disiplininde de çeşitli hız ve ölçeklerde bir dönüşüm yaşanmaya başlamıştır. Bu dönüşüm mimarlık alanında öncelikle tasarım alanında olmuştur. Mimarların CAD ve CAGD yazılımlarını kullanmaları, Öklid Geometrisi'nin dışındaki karmaşık formları tasarlamada ve hassas/kesin olarak hesaplamada büyük olanaklar sunmuştur. Bu tür karmaşık formların üretilmesi ise sayısal fabrikasyon teknolojilerin mimarlık alanında kullanılmaya başlanması ile mümkün olmuştur. Sayısal tasarımdan elde edilen verinin doğrudan sayısal fabrikasyon araçlarına aktarılmasıyla karmaşık formların gerçek dünyada bire bir üretimleri gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde mimarlıkta sayısal fabrikasyona yönelik kullanılan araçlardan birisi de robot kollarıdır. Robot kollar, çeşitli mimarlık okullarında ve enstitülerde, çeşitli mimarlık ofislerinin bünyelerinde, atölyelerde (off-site) çeşitli ölçeklerdeki yapı elemanlarının üretiminde kullanılabilir. Bu doğrultuda robotların çalışması, çırak rolündeki kullanıma uymaktadır.

Gelecekte ise kalfa veya usta rolündeki robotların kullanımı prefabrike üretim kalitesinin artmasına, hatta bu üretimin şantiye ortamında da aynı kalitede gerçekleştirilebilmesinin önünü açabilir.

3.3. Konstrüksiyon Sürecinde Robotların Kullanımı ve Rollerinin Etkileri

Robotların, mimarlık alanıyla ilgili olarak ilk kullanımları şantiyede konstrüksiyon amaçlıdır. Ancak bu çalışmalar o günün robotik koşulların nedeniyle ilerleyememiştir. Günümüzde ise yazılım, otomasyon ve robota ait çeşitli gelişmeler ile robotların şantiyelerde konstrüksiyon süreçlerinde kullanımları tekrar araştırılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda portatif robot kollar ile yapılan denemeler geleceğe dair ümit vericidir (Hack, 2018) (**Şekil 7**).



Şekil 7: Hareketli Robot Kolun (Manipülatör) Şantiyede Kullanımı (Hack, 2018)

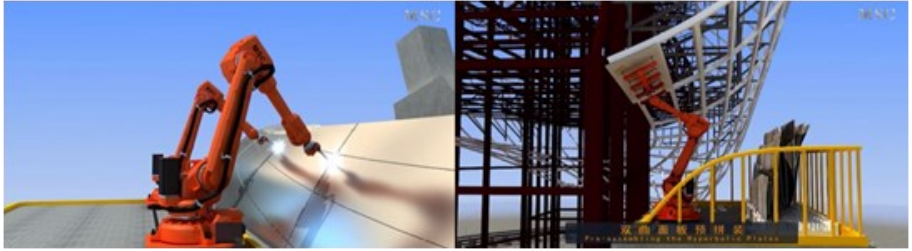
Yakın gelecekte şantiye ortamında cobotların kullanımının mümkün olması durumunda üretim ve malzeme bilgisinin ayrıntılarına sahip olan uzman ile cobotlar (kalfa rolünde işbirlikçi robotlar) bina üretimi gerçekleştirebilirler. Bunun sonucu olarak şantiyede yoğun insan emeğine duyulan ihtiyaç azalırken, üretim hızı ve kalitesi artabilir.

Robotların usta rolüne gelerek şantiye ortamında kullanılma durumu ise özellikle koşulları zorlu ve tehlikeli yerler için değerli olabilir.

Günümüzdeki küçük ölçekli ve deneysel sayılabilecek üretimlerin yakın gelecekte bina ölçeğindeki üretimlere doğru gelişmesi mümkündür (**Şekil 8-9-10**). Ana araç olarak robotların kullanılabileceği bir üretim mimar - yüklenici, mimar – usta, mimar – mühendis gibi ilişkilerin yeniden kurgulanmasını gerektirecektir. Böyle bir senaryoda mimar tasarım alanı sınırları içerisinde duran rolünden, Rönesans öncesi dönemdeki binayı da inşa eden kişiye de tekrar robotlar sayesinde dönüşebilir.



Şekil 8: Robot Bilimi Müzesi, Seul, Melike Altınışık Architects (URL-8)



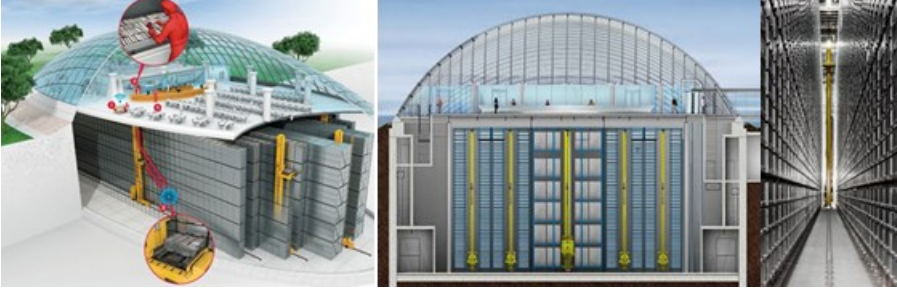
Şekil 9: Coop Himmelb(l)au Ofisinin Çelik Yapıların İnşaatına Yönelik Taslak Düşünceleri (URL-9)



Şekil 10: Google Merkez Kampüsü Robotlarla İnşa Önerisi, Heatherwick ve BIG (URL-10)

3.4 İşletme Operasyonları Sürecinde Robotların Kullanımı ve Rollerinin Etkileri

Karmaşık teknolojik ve mekanik sistemlerin binalarda yer alması artık hem kullanım anında hem de bakım ve onarım işlemlerinde robotların aktif olarak kullanılmasını gündeme getirmiştir. İlerleyen süreçte bu tarz robotların binalarda kullanımlarına ilişkin örnekler artacaktır (**Şekil 11**).



Şekil 11: Joe and Rika Mansueto Kütüphanesi Raf Sisteminde Robot Kullanımı (URL 4 ve URL 5)

4. Sonuç

Robotlar tasarım sürecinin karanlık evrelerinde mimarların fikir üretmesini destekleyici bir araç olarak, karmaşık geometrili formların sayısal fabrikasyon yöntemiyle üretilmesini sağlamalarıyla, inşaat sahasında konstrüksiyon işlemlerinde yüksek kalite ve verim getirmeleriyle, insanların yapmasının tehlikeli olabileceği kontrol, bakım, onarım işlemlerini üstlenebilme potansiyeli taşımalarıyla mimarlık için oldukça önemlidirler. Bu geniş alan içerisinde robotların kullanımında, onların tasarımcılarla/mimarlarla kurdukları iletişim ve edindikleri roller mimarlığın geleceği için önemli olabilir.

Çırak rolünde robotların kullanımı, günümüz mimarlığındaki kullanım durumlarını büyük oranda yansıtmaktadır. Bu rol düzeyinde tasarımcı/mimar, robotun çalışabilmesi için onun yapacağı tüm hareket ve işlemleri önceden ayrıntılı olarak bilgisayar ortamında tanımlamalıdır. Bilgisayar ortamında tanımlanan hareketler/takım yolları vb. üzerinden gerekli kodlar robotun okuyabileceği şekle dönüştürülerek aktarılır. Dosyalar hazırlanıp bir kere robota aktarıldıktan sonra robotun çalışması esnasında tasarımcının/mimarın herhangi bir müdahalesi olamamaktadır. Bu seviye robotlar tasarımcılara/mimarlara çalışma eylemi anında hiçbir düşünsel katkı sunmazlar. Bu rolde robotların kullanımı, yakın gelecekte fabrikasyon ve konstrüksiyon süreçlerinde vasıfsız insan işçiliğinin yerini alarak yoğun bir şekilde tekrar eden görece basit üretimlerin/imalatların kalitesini arttıracaktır.

Kalfa rolünde robotlar için ana eksen robotların kullanımı oluşturmaktadır. Bu robotların çalışma esnasında mekânda insanların da güvenli bir şekilde bulunmasına izin vermesi robot – insan birlikteliği için gerekli koşulu sağlamaktadır. Bunun ötesinde robotun insanın fiziksel yönlendirmesini algılaması ve bir insanın kendisini yönlendirdiği hareketleri hafızasında tutarak sonrasında tekrarlayabilmesi önemlidir. Cobotların kullanımında tasarımcı/mimarın robotun yapacağı hareketleri doğrudan robotun yanında tanımlayabiliyor olması ön hazırlık aşaması sürecinin (kodlama) azalmasına veya ortadan kalkmasına neden olacaktır. Mimarlar/tasarımcılar için cobotlar, tasarım ve üretim süreçlerinde kullandıkları, çalışma akışını doğrudan hale getiren mekanik bir uzuv olabilir.

Günümüzde mimarlık alanında kullanılan cobotlar, genel olarak kullanılan robot kollara (manipülatör) göre oldukça küçük ölçekli olsalar da bu durum yakın gelecekte kapasitelerinin artması yönünde olacaktır. Günümüzde mimarlık alanında cobotlar, daha çok deneysel çalışmalar için uygun olsalar da yakın gelecekte binaların konstrüksiyon süreçlerinde karmaşık üretim işlemlerinde kullanılabilirler.

Usta rolünde robotların kullanımı için öncelikle robotlara veya robotların bulundukları ortama yerleştirilmiş çeşitli sensörlere ihtiyaç vardır. Çırak rolünde bir robot kendi sanal uzayı içerisinde hareket ederken, usta rolünde bir robot fiziksel uzaydaki durumları (gerçek uzayı) algılayabilmektedir. Çeşitli sensörler yoluyla mesafe ölçebilen, görebilen, basıncı hissedebilen vb. robotlar yapay zekâ uygulamalarıyla kendi başlarına karar verebilen ve harekete geçebilen konuma

gelebilirler. Bu rol özellikle mimarlığın yoğun zihinsel süreç içermeyen eylemlerinde yükü insanlar üzerinden alarak tasarımcı/mimarların daha çok sürecin fikirsel tarafına yoğunlaşmalarını destekleyebilir.

Robot – insan (tasarımcı/mimar) etkileşimi ve robotların kendi başlarına alabildikleri kararların düzeyleri gelecekte artarak devam edecektir. Özellikle insan robot iş birliğini arttıran cobotların yaygınlaşmasıyla birlikte mimarların, mimarlık öğrencilerinin, sanat ve mimarlıkla ilgilenen amatörlerin önünde fikirlerini geliştirmek ve gerçekleştirmek için önemli bir yeni araç durmaktadır.

KAYNAKLAR

Daas, M. 2014. *Toward a taxonomy of architectural robotics*. Paper presented at the SIGRADI 2014.

Daas, M., & Wit, A. J. 2018. *Towards a robotic architecture*. China: ORO Editions.

Hack, N. P. 2018. *Mesh Mould: A Robotically Fabricated Structural Stay-in-Place Formwork System*. ETH Zurich,

Picon, A. 2014. Robots and Architecture: Experiments, Fiction, Epistemology. *Architectural design*, 84(3), 54-59.

Testa, P. 2017. *Robot House: Instrumentation, Representation, Fabrication*: Thames & Hudson.

Ueno, T., Maeda, J., Yoshida, T., & Suzuki, S. 1986. Construction robots for site automation. In *CAD and Robotics in Architecture and Construction* (pp. 259-268): Springer.

Vardouli, T. 2012. Computer Of A Thousand Faces: Anthropomorphizations Of The Computer In Design (1965-1975) *Dosya*, 29, 24.

Url-1 <<https://en.wikipedia.org/wiki/R.U.R>>, erişim tarihi: 09.03.2020

Url-2 <<https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/about/index.html>>, erişim tarihi 12.03.2020

Url-3 <<https://snohetta.com/process/design-methodology>>, erişim tarihi 12.03.2020

Url-4 <<https://www.archdaily.com/143532/joe-and-rika-mansueto-library-murphy-jahn>>, erişim tarihi 12.03.2020

Url-5 <<https://www.popsci.com/content/underground-robot-library/>>, erişim tarihi 18.03.2020

Url-6 <http://www.tubaterim.gov.tr/ATS/index.php/w_anasayfa/search/?q=robot+kolu&arama_options=2&szl=20%2C23%2C32&lng=1%2C2%2C3&relational_search=>>, erişim tarihi 12.03.2020

Url-7 <<https://snohetta.com/process/design-methodology>>, erişim tarihi 16.03.2020

Url-8 <<https://www.melikealtinisik.com/2-index/134-seoul-robot-science-museum/>>, erişim tarihi 16.03.2020

Url-9 <<https://www.archdaily.com/604422/the-robot-revolution-coop-himmelb-l-au-founder-wolf-d-prix-on-the-future-of-construction>>, erişim tarihi: 16.03.2020

Url-10 <<https://www.architectsjournal.co.uk/archive/robots-to-build-heatherwick-and-bigs-proposed-google-hq>>, erişim tarihi 16.03.2020

Url-11 <<https://blog.robotiq.com/the-cobot-experience-series-changliu-liu>>, erişim tarihi 18.03.2020