

DOI: <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2024EN0266>

Unraveling Object-Oriented Dynamics in Architectural Form: The Impact of Randomness in Digital Design Processes

* ¹ Sahra Demirbaş, ² Assist. Prof. Dr. Funda Tan Bayram

^{1 & 2} Department of Architecture, Faculty Of Architecture, Gebze Technical University, Türkiye

E-mail ¹: s.demirbas2020@gtu.edu.tr , E-mail ²: ftan@gtu.edu.tr

Abstract:

The field of Mereology offers an understanding of the object-oriented dynamics between component parts and their holistic integrations. Within this framework, architectural form creates a rich landscape of possibilities stemming from the complex interactions among various living and non-living elements. In this perspective, each entity operates within its own objective reality, contributing to the rich fabric of relationships that shape architectural form. In this form-centric approach, deliberate design efforts are complemented by the influences of chance events and randomness in the assembly of elements. The impact of randomness extends to traditional structural design processes, but this effect becomes more pronounced in digital computational environments. As we transition into digital reality, the representation of objects gains independent significance from their physical counterparts. Here, randomness plays a decisive and constructive role in shaping the digital landscape and forming structures. In this context, this study aims to elucidate the essence and consequences of randomness in the formation of architectural form. Through meticulous examination of specific examples from form-finding studies, the goal is to determine the extent of randomness's influence. It is believed that this exploration will not only reveal the nature of architectural formation but also underscore how the interaction between digital potential spaces and design tools enriches designers' capabilities with new dimensions.

Keywords: Randomness; Mereology; Computational Design; Discrete Architecture; Form Finding.

Mimari Formda Nesne Odaklı Dinamiklerin Keşfi: Sayısal Tasarım Süreçlerinde Rastgeleliğin Etkisinin Anlaşılması

Özet:

Mereoloji alanı, bileşen parçalar ile bunların bütünsel entegrasyonları arasındaki nesne odaklı dinamiklerin anlaşılmasında bir kavrayış sunar. Bu çerçevede, mimari form, çeşitli canlı ve cansız unsurlar arasındaki karmaşık etkileşimlerden doğan olasılıkların zengin bir manzarasını oluşturur. Bu bakış açısında, her varlık kendi objektif gerçekliği içinde işler ve bu da mimari formun şekillenmesine katkıda bulunan ilişkilerin zengin dokusunu meydana getirir. Bu form merkezli yaklaşımda, bilinçli tasarım çabalarının yanı sıra tesadüfi olaylar ve rastgelelikler de unsurların bir araya gelmesinde etkilidir. Rastgeleliğin etkisi geleneksel yapısal tasarım süreçlerine kadar uzanır ancak bu etki dijital hesaplama ortamlarında daha belirgin olur. Fiziksel gerçekliğe geçildiğinde, nesnelerin temsili fiziksel karşılıklarından bağımsız anlam kazanır. Burada, rastgelelik dijital manzaranın şekillenmesinde belirleyici ve form oluşturmada yapıcı bir rol oynar. Bu bağlamda bu çalışma, mimari formun oluşumundaki rastgeleliğin özünü ve sonuçlarını aydınlatmayı amaçlamaktadır. Form bulma çalışmalarından seçilen belirli örneklerin titiz bir şekilde incelenmesiyle, rastgeleliğin etkisinin boyutunu belirlemek çalışmanın hedefidir. Bu keşfin, mimari oluşumun doğasını açığa çıkarmanın yanı sıra dijital potansiyel alanlar ile tasarım araçları arasındaki etkileşimin, tasarımcıların yeteneklerine yeni boyutlar kazandırdığını vurgulayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Rastgelelik; Mereoloji; Hesaplamalı Tasarım; Ayrık Mimari; Form Bulma.

1. Giriş

Tasarım, genellikle bilinçli kararların alındığı ve nihayetinde tutarlı bir bütüne ulaşan bir süreç olarak kabul edilmektedir. Bu süreçte, rastlantısallığın önemi ilk bakışta açık olmasa da rastlantısallığın tasarım sürecinin her zaman temel bir unsuru olduğu ifade edilebilir. Tasarım sürecinde, tasarımcının kontrolünün ötesindeki tesadüfler ve rastlantısal eylemlerin varlığının kabulü, yeniliklerin keşfi için potansiyeller açığa çıkarmaktadır. Rastlantısallığın mimarlıkta yaratıcı bir tasarıma katkısı, geleneksel yöntemlerle elde edilemeyen çeşitlilik ve esneklik sunar.

Geleneksel mekân, form ve düzen ilişkisi, teknolojik kesişimler aracılığıyla, özellikle dijital teknolojilerin ve mekân ile zaman arasındaki yeni hesaplamalı ilişkinin etkisiyle- bilgilendirilir, yeniden şekillendirilir ve dönüşür. Dijital araçların gelişimi hesaplamalı tasarımın büyük veriyi yönetebilecek önemli bir tasarım yöntemi olarak ortaya çıkması, rastlantısallığın da yeni bir perspektifle ele alınmasına yol açmıştır. Terzidis (2006), tasarımın tam olarak bir icat, tamamen yeni bir şeyin yaratılması olmadığını, daha çok bir açığa çıkarma veya yeniden keşfetme sürecinin sonucu

olduğunu ifade etmektedir. Bu ifadeden yola çıkarak rastlantısallığın yaratılmasının bir niyet içerdiği söylenebilir. Böylelikle rastlantısallık mimari tasarım için bir koşul oluşturmaktadır. Ancak bu koşul gerçekleşirken, tasarımcı rastlantısallığı her zaman, bilinçli olarak, etken bir tasarım aracı şeklinde kullanmayabilir.

Sayısal mimarlık ortamında rastlantısallığın etken bir araç olarak ilk kullanımına örnek olarak bir sayısal hesaplama ürünü olan NURBS'ler örnek verilebilir. Bu araçlar esasen kontrol noktalarının yeniden düzenlenmesi temelli basit bir afin dönüşümü, yani bir çeviridir, ancak; NURBS tabanlı yüzeyler üzerindeki kontrol noktaları ile manipülasyon olanağı belli teorisyenler tarafından hesaplama eylemi olarak kabul edilmiştir (Cuff, 1992). Greg Lynn'ın (1993) de bir çeşit katmanlaşmış karmaşıklığı oluşturabildiğini savunduğu sayısal Bezier eğrileri, sadece sanal ortamın gerçekliğini taşımaktadır. Tam anlamıyla bir hesaplama eylemi olmasa da hesaplama mantığını taşıdığı kabul edilmektedir. DeLanda (2001), belli bir eğriyi tanımlayan kritik noktalarla çalışan bu araçların çalışmasını, maddenin faz değişimlerine öykünen bir tekillik haline benzetmiştir. Eğriselliği belirleyen noktalar eğrilmiş bir çizginin yön değiştirdiği dönüm noktaları olmaktadır. Böylelikle rijit poligonlarla modellemeye benzemez şekilde zihinde önceden tasarlanmış bir form, eğrilere ya da yüzeylere dayatılmaz, bunun yerine noktaların manipülasyonu ile belli derecede rastlantısal bir biçim elde edilmiş olmaktadır.

Ancak mimari formun sayısal ortamları manipülasyonunu aşan tekniklerle üretilmesine yönelik araştırmalar, mimari form ile rastlantısallık ilişkisini yeni bir perspektiften anlaşılmasını sağlamıştır. Bu doğrultuda rastlantısallığın getirdiği çeşitlilik ve esneklik mimari tasarımda form yapma yerine çoğu zaman algoritmik bir form bulmaya doğru bir paradigma kaymasına neden olmuştur. Bu doğrultuda elle manipüle edilen bir rastlantısallıktan algoritmik bir rastlantısallığa doğru bir evrim gerçekleşmiştir. Algoritmik form bulma süreçlerinde rastlantısallığın sezgisel bir kavram olmaktan çıkıp, aktif yönetilebilen bir form bulma aracına evrildiği görülmektedir (Kostas Terzidis, 2008). Bu yöntemin en ileri durumunda, edilgen bir rastlantısallığın etkisiyle ulaşılabilecek bir veya birkaç form olasılığının ortaya çıkarılması yerine, tüm olasılıklar arasından en optimal olanının hesaplamaya gücü kullanılarak seçimi gibi bir form bulma yöntemi önerilmiştir.

Öte yandan, tüm olasılıkların hesaplanmasının mümkün olmadığı kümeler için, ya da optimal olmayan deneyim odaklı biçimsel kompozisyonlara ulaşmak için hesaplamayı da odağına alan yeni tasarım yaklaşımları ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda mereolojik yaklaşım parametrik form bulma mantığını nesnel ilişkisi üzerinden açıklar. Mereoloji, mimari formun matematiksel olasılıklarla incelenmesine dayalı hesaplamalı bir yaklaşım sunmaktadır.

Dolayısıyla, rastlantısallık, mimarlık nesnesinin biçimsel kompozisyonu için farklı yöntemlerde hem bir başlangıç noktası hem de etkili bir müdahale aracı olarak işlev gördüğü söylenebilmektedir. Bu çalışmada rastlantısallık kavramının yakın dönem tasarım yöntemlerindeki rolünü incelemek; bu bağlamda nesne odaklı tasarım yöntemlerinin dinamiğini rastlantısallık kavramı ile bağlantılı olarak açığa çıkarmak hedeflenmiştir. Bu doğrultuda bir sonraki bölümde rastlantısallık kavramı detaylı irdelenecek ve çalışmanın yöntemi açıklanacaktır. Sonraki kısımda rastlantısallık kavramı, kombinatoryal (Sanchez,2022) ve ayrık tasarım (Retsin,2016) yaklaşımlarında detaylı bir şekilde ele alınacak ve bu yaklaşımlardaki rolü incelenecektir

2. Rastlantısallık Kavramı: Bir Model

Şans, insanların günlük yaşamlarında sık sık karşılaştığı bir faktördür, kartları karıştırmaktan bir bric oyununda başka oyuncuların seçimlerine kadar çeşitli kararlarda rol oynamaktadır Rastgelelik, belirsizlik ve öngörülemezlik içerir, bu da onu çözümlenmeyi ve ölçmeyi zorlaştırmıştır.

Rastgeleliği sistemleştirmek ve kontrol altına almaya çalışmak, onun doğasını ve özgünlüğünü değiştirir ve doğal/gerçek ve suni/pseudo (yalancı) olarak ayrımlara yol açmaktadır (Verbeek, 2006). Rastgeleliğin tek bir tanımı vardır, ancak teknik nedenlerle bu tanım sonlu ve sonsuz durumlara ayrılmıştır. Chaitin (2001) bilgisayar biliminde bir nesnenin algoritmik olarak sıkıştırılmadığı veya indirgenemediği durumda, o nesnenin rastgele olduğunu tanımlamaktadır. Başka bir ifadeyle, bir kümedeki rastgele nesnelere, o kümedeki en yüksek karmaşıklığa sahip olanlar olmuştur. Terzidis (2008), bu tür rastlantısal durumu diziler üzerinden açıklamaktadır. Belli bir desenin gözlemlenemediği dizi, rastgele bir görünüm sergilemektedir. Örneğin, A ve B iki elemanlı dizilerden A dizisinin 001 kümesinin tekrardan oluştuğu kolayca görülebilirken, B dizisinde herhangi bir paternin okunamamasından ötürü B dizisi daha karmaşık yapıdadır ya da rastgeledir yorumu yapılabilir (Şekil 1).

A:001001001001001001001001001001001
B:010011110101110101001011000100101

Şekil 1: Rastlantısal durum dizileri (Terzidis, 2008).

İstatistik bilimine göre, adil bir madeni paranın atılması sonucunda elde edilen dizi muhtemelen rastgele olacaktır veya en azından rastgele gibi görünecektir. Fiziksel dünyadaki rastgelelik ile matematiksel bilgisayar bilimi tanımı arasında bir ayrım yapmak mümkündür. İlki kontrolümüz dışında gerçekleşirken, ikincisi tam olarak kontrol

edilebilmektedir. Bu nedenle, doğadaki rastgelelik ve sayısal ortamdaki rastgelelik farklı işleyiş mekanizmalarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Matematik ve bilgisayar biliminde rastgelelik, genellikle rastgele sayı üretimi olarak ifade edilmiştir. Algoritmik rastgelelik, belirli bir başlangıç durumundan başlayarak ardışık adımlarla rastgele gibi görünen sayılar üreten belirli bir algoritmanın kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Rastgele sayı üretiminde, başlangıç durumu ve algoritmanın parametreleri belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu rastgele sayılar, farklı algoritmalarda kullanılarak istenilen rastgele gibi görünen bir örüntü elde edilmektedir. Örneğin, aşağıdaki Python dilinde yazılmış algoritma 1 ile 100 arasında rastgele sayılar üretmektedir (Şekil 2):

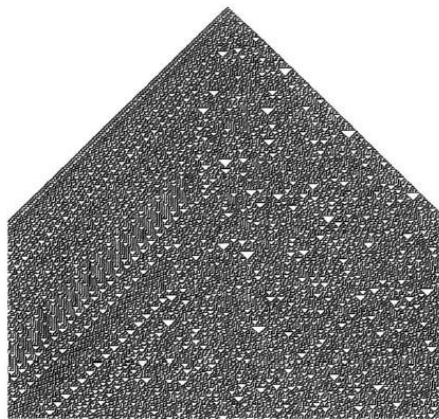
```
import random
print("Rastgele Sayılar:")
for _ in range(5):
    # 1 ile 100 arasında rastgele bir tamsayı üret
    random_num = random.randint(1, 100)
    print(random_num)
```

Şekil 2: Python dilinde yazılmış algoritma 1 ile 100 arasında rastgele sayılar üretimi.

Kullanılan Random fonksiyonu, rastgele sayılar üretmek için kullanılan bir Python modülüdür (Web 1). Bu fonksiyon, genellikle bilgisayarın sistem zamanını kullanarak rastgelelik izlenimi vermektedir. Modül, başlangıç zamanını alır ve bu zamanı kullanarak rastgele sayılar üretmektedir. Bu sayede, her çalıştırıldığında farklı bir başlangıç zamanı kullanıldığı için farklı rastgele sayılar elde edilmektedir.

Rastgele rakamlardan oluşan ilk yayınlanan tablo olan Tippet'in tablosu için H. Burke Horton, Tippet'inki gibi daha önce üretilen rakamların, onları üreten tek aşamalı mekanik veya elektronik cihazlarla aynı önyargılara maruz kaldığını belirtmiştir. Bu nedenle, bu önyargıyı gidermek amacıyla Horton, rastgele rakamların diğer rastgele rakamların toplamından türetilebileceğini ve rastlantısal hale getirme sürecinin birleşiminin, orijinal diziden daha az önyargılı bir dizi oluşturduğunu göstermiştir. Bu durumun, orijinal ilk iki diziden daha rastgele bir sonuç elde edileceğini öne sürmektedir (J.Bennet, 1998, s.135). Bu durumdaki rastgeleleştirme eylemi düzenden kaosa doğru giden bir süreci tanımlamaktadır. Kaos, geometrik düzenin zıddıdır ve klasik matematik diliyle tanımlanması zor ve karmaşık formlar ve ilişkilerle temsil edilmektedir. Ancak yine de doğanın kaosu mutlak, tanımlayamadığımız, evrenin yapısından kaynaklı bir karmaşıklık ve rastlantısallık üretmektedir. Matematik ve bilimin rastlantısallığı ise algoritmik, öngörülebilir ve kontrol edilebilmektedir.

Stephen Wolfram, 'Yeni Bir Bilim Türü' adlı kitabında doğadaki rastgelelik kavramına büyük bir yer ayırmış ve doğadaki her desenin veya formun -zebranın çizgileri veya bir yumuşakça kabuğunun şekli gibi- açıklanabilir ve oluşturulabilir olduğunu iddia etmiştir. Wolfram, karmaşık görünen bu kalıpların aslında kavramsal olarak basit olduklarını savunmuştur.



Şekil 3: Wolfram'ın sekiz kural ile oluşturulan desen dışı şekli (Verbeek, 2006).

Wolfram, bir hücrenin veya elemanın, yakın komşularının durumuna bağlı olarak nasıl davranması gerektiğini belirleyen sınırlı sayıda kuralın olduğu temel bir fikir üzerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 3). Bazı kuralların beklenmedik kalıplara yol açtığını fark eden Wolfram, incelenen yapılarda rastgeleliğin ortaya çıktığını belirtmiştir (Verbeek, 2006). Bu bağlamda, bilgisayar bilimindeki yapay rastgelelik kontrol edilebildiği için, rastgelelik derecelerinin uygulanmasına da olanak tanımaktadır.



Şekil 4: Gramazio Kohler, Architonic Concept Space, 2008 (Kohler, G., 2008).

Dolayısıyla karmaşık sayılar ile üretilen yapay bir rastlantısallık sanat ve mimarlık alanındaki sayısal üretimin de bir aracı haline gelmiştir. Sanal ortamda yapay rastlantısallığın Wolfram örneğindeki benzer gelişmiş kullanımları, kolaylıkla doğal bir rastgelelik illüzyonu yaratabilmektedir. Bu şekilde sayısal araçlar da bir mekânsal-sanatsal üretim aracına dönüşebilmiştir (Şekil 4).

Algoritmik rastgelelik kullanılan sanatsal süreçlerde, düzen ve onun oluşturduğu parça dizileri düzensizliğe geçişi kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Karmaşıklığın ardındaki basit formlar çalışma alanını daraltır ve biçim araç olurken, bu düzenleme amaç olmaktadır (Lewitt, 1967). Sayısal tasarım araçları, sayma işlemlerini gerçekleştirme, parçaları düzenleme ve işleyebilme yeteneğine sahip olmaktadır. Tasarım süreçleri, kompozisyonun yapılandırılmasını sağlayan çeşitli ilişkiler üzerinden yürütülebilmektedir.

Sayısal araçlar öncesinde rastlantısallık sanat ve tasarım alanında genellikle fiziksel eylemler aracılığıyla ifade bulmuştur. Bilinç ve düzenin karşısında, kaosun, bilinç dışının, rastgeleliğin olasılıklarını arayan sanatçılar, sayısal araçların yardımı olmadan da tasarım kararlarını tesadüflere bırakma konusunda çeşitli deneyler yapmıştır. Amaçları hayal gücünün ve şiirselliğin olasılıklarını en üst düzeyde kullanan Sürrealist akımıyla özdeşleşen sanatçılar bu doğrultuda eserlerinde rastlantısallığı üretken bir araç olarak kullanmışlar, bu yöntemle ortaya çıkan eserlerde otantik bir güzellik keşfetmişlerdir. Dadaizm ve kavramsal sanat gibi akımlar, sanat eserlerinin fiziksel özelliklerinden ziyade kavramsal ve düşünsel boyutunu vurgulamıştır. Kavramsal sanat, sanatın sadece görsel bir ifade aracı olmaktan çıkıp, aynı zamanda bir düşünme ve iletişim aracı olarak da kullanılması fikrini benimsemiştir (Lewitt, 1967). Sayısal üretimlerde de benzer bir durum söz konusudur. Rasgele süreçlerin sonucunda ortaya çıkan ürün genellikle tasarımcının niyet ettiği bir biçim değildir; ancak, tesadüfi ortaya çıkan bir estetik sergiler. Bilinç her zaman belirli bir niyetle hareket ederken, sayısal hesaplama çok sayıda olası “niyetsiz” oluşu ortaya çıkarmaktadır (Terzidis, 2008). Bu nedenle, sayısal ortamın yarattığı gerçek rastlantısallığı simüle eden rastlantısallık, yaratıcı tasarım süreçleri için yeni bir yol açmıştır.

Rastgelelik, tasarımcıyı mevcut modellerin ötesine geçmeye ve bütünü yeniden yorumlamaya zorlayan bir etki sunmaktadır. Tasarım sürecindeki bu belirsizlik, yeniden yorumlama ve uyarlamayı besler, böylece tasarımcıya farklı üretim yaklaşımlarıyla özgürlük tanımıştır. Hesaplamalı tasarımın eşlikçisi olarak kullanılmaya başlanan rastlantısallık ve esneklik yöntemleri, günümüz tasarım ihtiyaçlarına cevap olarak ön plana çıkmaktadır. Bu arayış, genellikle temsilin yaratıcı zihni sınırlamasına karşı bir tepki olarak ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, sayısal tasarım süreçlerinde, rastlantısallık daha önce olduğundan farklı bir rol oynamaya başlamış ve form bulmaya dayalı tasarım süreçlerinde “niyetsiz” aktif bir etken olarak kullanılmıştır. Bu, yeni bir tür yaratıcılık olarak tanımlanabilir.

Bu bağlamda rastlantısallığı incelemek nesnelere arası yeni dinamiklerin keşfine olanak verebilir. Bu çalışmada da tasarımcıların söylemlerinin analizi üzerinden nesne odaklı bu yeni ilişki rastlantısallık bağlamında sorgulanacaktır.

Tasarım nesnesinde rastlantısallığın sorgusu Terzidis'e de referansla “bilic dışı bir niyetsizlik” araması olarak ifade edilebilir. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde rastlantısallık niyetsizlik ifadesi olmasında bağlamında incelenecektir. Bu bağlamda bir sonraki bölümde söylem analizi üzerinden rastlantısallığın tasarımdaki rollerine ilişkin bulgular verilecek; bu bulgular tartışma ve sonuç bölümlerinde irdelenecektir.

3. Mimari Form ve Rastlantısallık: Bulgular

Mimari tasarım, mimarlık ve dönemleri içerisinde sosyal, siyasi, kültürel imgeler taşımış ve kitle iletişim araçlarının gelişmesiyle de modern dönem içerisinde mimarlığın kendi nesnesi bir kitle iletişim aracı olarak işlev görmeye başlamıştır. Yeni medyanın doğrudan etki ettiği alan mimari mekân ve onun nesnelere nasıl biçimlendiğiyle ilgili olmuştur. Başka bir deyişle mimari formun biçimlenişidir.

Dijital araçların gelişmesiyle mimari form ve bilgisinin modern dönem ve öncesine göre biçimleniş dönemin imkân ve koşulları içerisinde, kişilerin bunları algılama ve düşünme biçiminde farklılıklar oluşturmuştur. Antik dönemin bilgisi anlatsal olarak kâğıt ve matbaanın buluşuyla modern dönem bilgisi temsili olmuştur. Kitle iletişim araçlarının ve teknolojinin gelişimi form bulma ve yöntemlerindeki bilgi çokluğunu da beraberinde getirmiş ve mimari mekânın etki alanını genişletmiştir (Tan & Paker Kahvecioğlu, 2022). Mimarlıkta form bulmayı bilişsel bir süreç olarak ele almayı gerektirmiştir ve hesaplanabilir bir form ve onun bilgisinden söz etmek mümkün hale gelmiştir. Bu durum rastlantısallık kavramının da tasarım süreçlerinde yeni bir konum edinmesini sağlar.

Mimaride, bir tasarım ilkesi olarak rastgeleliğin kullanılması yapay ve doğal ayırımının yanı sıra araçsal bir yöntem olarak "içeriden ve dışarıdan gelen rastlantısallık" şeklinde ayırımı yapmak farklı sonuçları açığa çıkarabilmektedir. Kombinatoriyal ve Ayrık Tasarımın dinamikleri bir iç düzen olarak rastlantısallığı değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Dışarıdan gelen bir etki olarak rastlantısallık ise Parisi (2013)' ye göre artan veri entropisi ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu etki alanı içerisinde artan veri entropisi, verilerin rastgele hale gelmesine ve dijital araçların bu bilgiyi sonsuz miktarda işleme ve yeniden yapılandırmaya zorlamasına yol açmıştır (Carpo 2018, Parisi 2013). Dijital ortamı oluşturduktan ve o ortamdaki tüm öğelerin davranışlarını belirledikten sonra tasarım alanında beklenen şekil, formlar ve boşluklarda gelişen doğru değerleri bulma meselesi olmuştur. Bu durum dışarıdan gelen bir rastlantısallık olarak tanımlanır. Parçalar, sırayla daha büyük bütünler oluşturan topluluklar oluşturur. Kesin eksenlilik, simetri veya biçimsel sıralama kuralları bütünün organizasyonunu yönetmektedir.

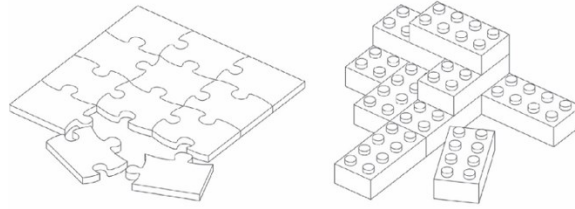
Bu doğrultuda, Stan Allan'ın alan koşulları olarak değerlendirdiği temsili olan çalışmaları nesneden alana geçiş halini, nesnelere arasındaki ilişki düzeylerini belirlemiştir (Allen, 1997). Allen'a göre alan koşulları, inşa eylemini bir 'olaylar dizisi' olarak anlayarak ontolojik nesnenin tüm dağınıklığı ve öngörülemezliği ile kabul edildiği anlamına gelmektedir. Böylece bu kavramların etki alanındaki mimarlık, başka bir paradigmatik dönüşümün içerisine girer. Mimarlığın, basit dönüşüm kurallarında olduğu gibi doğadan referanslara ve onun kanunlarındaki süreç bilgilerine daha çok ihtiyaç duyduğu gösterilmiştir. Bu yaklaşım form bulma süreçlerinin artık yerine getirilmesi gereken basit talimatlar olmadığı, performans gösteren varlıklar haline geldiği bir dünyayı tanımlamaktadır. Bu performans gösteren varlıkların temsili, algoritmaları yeniden programlamaya yönlendirmiştir. Özellikle, rastgelelik kavramı tasarıma entegre edilerek, esneklik ve yenilikçilik arttırılmıştır. Kostas Terzidis'in ifadesiyle, rastgelelik karmaşıklığın en yüksek seviyesi olarak kabul edilir ve düzenlilik ile basitlik arasındaki zıtlığı temsil etmektedir (Terzidis 2008). Küçük bir değişiklik bile algoritma tabanlı tasarımlarda büyük bir etki yapabilmektedir. Bu nedenle, algoritmalar geniş bir form potansiyeline sahip olabilir, ancak hepsi algoritmanın iç yapısında gizlenen belirli bir düzen tarafından yönlendirilmektedir.

Nesnenin kendi iç dinamiğine yönelen yaklaşımlar ise rastlantısallığı özerk nesnenin iç dinamiğinde ararlar. Mereoloji, kompozisyonel olasılıklar, parçalar arasındaki ilişkiler ve mimarlık alanındaki diğer temel konularla ilgilenen bir alanı ifade etmektedir. Mereoloji, parçaların bir bütünle ilişkisi ve parçaların bir bütün içindeki ilişkisi gibi konuları ele alan bir kavram olmuştur (Koehler, 2016). Başka bir deyişle parçanın neyden yapıldığı ve neyi oluşturduğu gibi temel sorularla ilgilenmiştir. Aynı zamanda, tipoloji, morfoloji veya topoloji gibi belirli bir bilgi birikimini temsil etmektedir (Koehler, 2017). Mereoloji, anlamlı bir yapı oluşturma amacı taşımaz; bunun yerine, parçalar arasındaki ilişkilere odaklanarak biçimsel bir teoriyi incelemektedir. Dolayısıyla odağı bütünden parçaya taşır. Bu yüzden rastlantısallık, mereolojik ve ayrıklık üzerinden değerlendirildiğinde mimari formun oluşumu açısından yeni bir olasılık sunar. İlişkiselliğin yerini parçanın kendi dinamiği almıştır. Bütün olasılıkları değerlendirebildiğimiz dijital ortam ile mimari form yapmaya artık ihtiyaç kalmamış ve önemli olanın artık dışarıdan verinin algoritmik olarak değerlendirilmesi ve kontrol edilmesi olmuştur. Bu ifade, algoritmaların mimarlık ve teorindeki düşünce türlerinin tam olarak hesaplanabileceği fiziksel bir evrenin yapı taşları olduğunu iddia etmek anlamına gelmemektedir. Bunun yerine teorik çerçeve, tasarım sürecini, tasarımcının zihinsel yorumunu ve bu yorumun temsili boyutlarını esas almaktadır.

Bu bağlamda bu çalışmada nesne yönelimli, nesnenin iç dinamiğinin önemsendiği, dışarıdan verinin algoritmik değerlendirilmesi ile ilerlenen tasarımcının zihinsel yorum ve temsili önemseyen tasarım ilkelerini benimseyen iki tasarımı ele alınmıştır. Bir sonraki kısımda Kombinatoriyal ve Ayrık olarak nitelendirilen tasarım yaklaşımlarında bilinç dışı bir niyetsizliğin yorumlanması bağlamında rastgeleliğin durumu incelenecektir.

3.1 Kombinatoriyal Tasarım ve Rastgelelik

Kombinatorik terimi, matematikten türemiş olup, sonlu bir tekrar içeren ayırık öğelerin birleşimini ifade etmektedir. Bu terim, sürekli olmayıp ayırık bir alan içinde çalışmaktadır (Sanchez, 2016). Kombinatoriyal yaklaşım, parametrik modellere karşılık olarak, sonlu ve sayılabilir birimlerden oluşmaktadır. Bu noktada, Terzidis'in permütasyon tasarımından farkını vurgulamak önemli olmuştur. Bu tasarım deseninde saklanan bilgi yoğunluğu, bir düzen metriği olarak karakterize edilebilmektedir ve bir araya getirmeyi saf rastlantıdan ayırmaktadır. Kombinatoriklerin zorluğu, negatif entropinin yaratılması, bilgi dolu desenlerin oluşturulmasıdır. Terzidis'e (2015) göre, insan temelli rastgele örneklemeler veya sezgisel yaklaşımlar yerine, permütasyon temelli tasarım, olası tüm alternatif tasarımları ortadan kaldırmadan optimum bir tasarım güvencesi sunmaktadır. Sanchez (2016) ise, bu yaklaşımın, tasarım sürecinde sezgi ve deneyimin yerine, önemli bir optimizasyon çerçevesi sunduğunu ve Terzidis'in bunu reddettiğini belirtmiştir. Permütasyon tasarımı, bir değişkenin diğer değişkenlerle kesişme yoluyla bir seçenekler düzlemi oluşturduğu bir sistem olarak açıklanmaktadır. Böyle bir sistem, katalog haline gelebilen bir çözüm uzayı sunmaktadır. Aslında, Terzidis, tasarım sürecinde sezgi ve deneyimin rol oynamasını reddetmiştir ve permütasyon alanında derinlemesine bir algoritma araştırmasını tercih etmiştir. Geleneksel olarak, bu tür düzenlemeler, tasarımcının bakış açısından sezgiye dayalı veya geçerli bir çözüm bulunana kadar rastgele örneklemeye insan tasarımcılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan, kombinatoriyal tasarım, parçaların tanımlanması ve bireyselleştirilmesiyle başlamıştır ve birbiriyle açık uçlu bir ilişki dizisi tanımlamıştır (Sanchez, 2020). Parçalar, farklı konfigürasyon ölçeklerinde, anlamı, performansı ve işlevi açıklayan daha büyük ve etkin montajlar oluşturan bireysel basitlikleri ifade etmektedir. Bu özelliklere sahip bir sistem, her zaman açık uçlu ve şekillendirilebilir olur ve içindeki parçaların değişimine izin vermektedir.



Şekil 5: Kapalı- Açık Topoloji (Sanchez, 2020).

Kombinasyonel tasarım, parçaların tanımlanması ve bireyselleştirilmesiyle başlayarak, birbiriyle açık uçlu ilişki dizisini belirleyen bir tasarım stratejisi olarak düşünülmektedir (Sanchez, 2020) (Şekil 5). Sistemin açık uçlu olması, Terzidis'in düşüncelerinin aksine, bu parçalar birleştirilerek daha büyük montajlar oluşturur ve bu montajlar farklı ölçeklerde anlam, performans ve işlev sağlamaktadır. Kombinatoriyal tasarım sürekli olarak açık uçlu ve şekillendirilebilir bir sistemdir, bu da herhangi bir optimizasyonun mümkün olmadığını ve permütasyon alanının her bir birimle üstel bir şekilde genişleyerek optimum aramanın hesaplama açısından imkânsız hale geldiğini ima etmektedir.

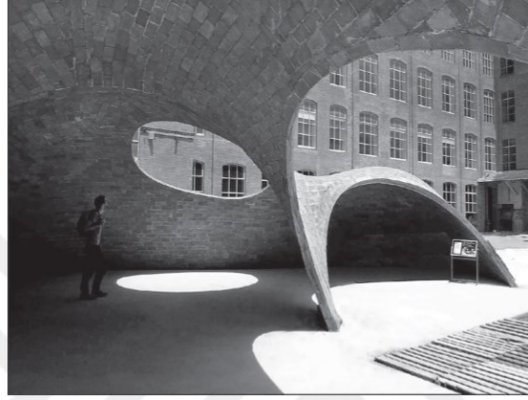
Mimarlık, bir kolektifin bileşimi olan çoklukla ilgili olmuştur. Figüratif kompozisyon olarak zeminde, ikiden fazla çoğulluğun, belirlenebilir bir ufuk olmaksızın, uzun vadeli olarak birbirleriyle ilişkilere girmesiyle başlamıştır (Koehler, 2016). Bu doğrultuda parçaların ilişkileri, şekilleri aracılığıyla değil figürasyonel kapasiteleri aracılığıyla bir araya gelmektedir.

3.2 Ayırık Tasarım ve Rastgelelilik

Greg Lynn (1993) tarafından tanımlanan karakteristik form süreklilikleri ardından, ayrıklık yeni bir biçimsel paradigmanın temelini oluşturduğunu öne sürmektedir. Madde ve form ilişkisi tarih boyunca felsefe ve sanat gibi disiplinlerde tartışılmıştır. Sokrates öncesi dönemde, madde genellikle formun basit bir taşıyıcısı olarak görülmüştür. Ancak, bu ifade, Sokrates öncesi düşüncenin bu görüşü değiştirdiğini ve maddeyi gerçekliğin temel unsuru olarak görmeye başladığını ifade etmektedir. Yani, artık madde sadece formun altında bir şey değil, gerçekliğin kendisi olarak kabul edilmektedir.

Anaximander ve Demokritos gibi filozoflar, maddeyi farklı şekillerde ele almışlardır. Anaximander, maddeyi sürekli bir alana benzetirken, Demokritos maddeyi ayırık parçacıklar olarak düşünmüştür. Bu iki farklı yaklaşım, çağdaş deneysel mimaride de görülmektedir. Yani, mimarlıkta, madde ve form ilişkisinin nasıl anlaşıldığı ve kullanıldığı konusunda yeni bir bakış açısı geliştirilmektedir. Sanchez (2020), bu iki paradigmayı iki farklı malzeme birleşimiyle örneklendirmiştir (Şekil 6). Tuğlalar, yapının temel yapı taşları gibidir, belirli bir geometriye ve boyuta sahiptirler, harç ise, bu tuğlalar arasındaki boşlukları doldurarak bir akış alanı oluşturmaktadır. Bu akışkanlık sayesinde, yapı şekil değiştirebilir ve farklı koşullara uyum sağlayabilmektedir. Ayırık ve sürekliliğin birlikteliğine iyi bir örnek olan bu çalışma yeni formlar oluşturmanın rastlantılara izin verecek bir akış alanından bahsetmeyi mümkün kılmaktadır. Bu akış alanı içerisindeki form yapma süreci olarak değerlendirebileceğimiz tuğla ve harcın birlikteliği düzenli bir

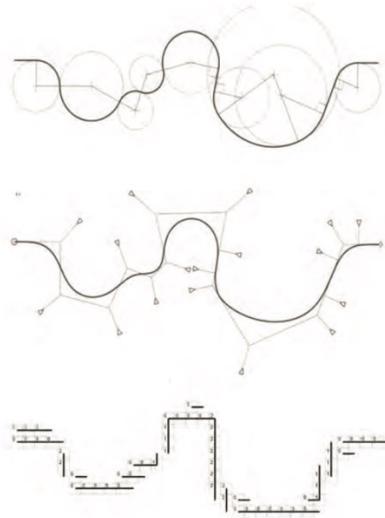
düzensizliğe izin vermektedir. Dijital ortamın ayırık nesnelere de düzensizliğe götüren şey rastlantısal kurulmuş ilişki biçimlerinden meydana gelen form oluşumları olmuştur.



Şekil 6: Bricktopia, ayırık tuğla birimlerden simüle edilmiş bir süreklilik oluşturur(Sanchez, 2020).

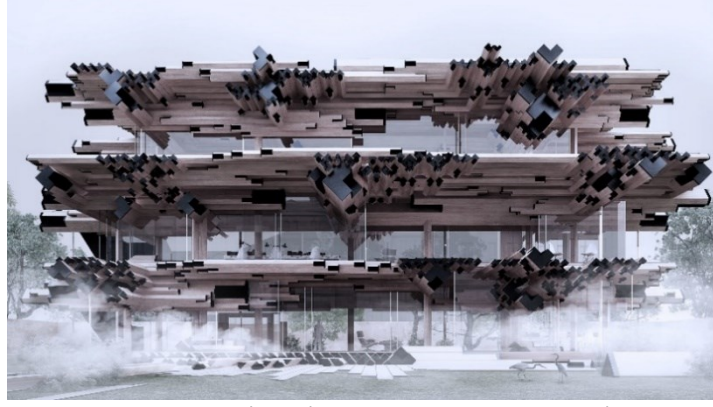
Spline'in soyut sürekliliğinin olmaması, doğanın doğal olarak ayırık olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Ancak, mimari ayırıklaştırma süreci, matematiksel olarak ayırık olmanın ötesinde, etkileşimli ve özerk olarak ele alınan parça kavramıyla ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, bu sürecin farklılaşması gereklidir çünkü parçalar sadece matematiksel olarak ayırık değil, aynı zamanda farklı türlerde etkileşimli ve özerk olarak kabul edilmektedir.

"Dijital ve Ayırık" kavramı, dijital teknolojilerin mimarlıkta kullanımını yeniden düşünmeyi önermiştir (Retsin, 2016). Retsin (2016)' e göre özellikle, mimarlar genellikle dijital teknolojileri yalnızca yüzey düzeyinde kullanmakla kalmış ve teknolojilerin gerçek potansiyelinden uzaklaşmışlardır. Greg Lynn'in NURBS eğrisinin ayırık ve dijital versiyonu gibi örnekler, geleneksel mimari montaj anlayışını tamamen değiştirerek, dijital teknolojilerin mimarlık pratiğinde nasıl daha yaratıcı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Greg Lynn sonrası dijital eğri diyagramı (Retsin, 2019).

Parametrimden ayrılan ayırık hesaplama prosedürleri mereolojik yaklaşım içerisinde algoritmik adımların işlenebilirliğiyle nesnelere bütüne bağlı hareketini sınırlandırmamaktadır. Bireyler, toplum ve doğa arasındaki ilişkilerin ayırık bir süreklilikte olduğu düzeyde parçalar arasında önceden belirlenmiş hiyerarşileri gerektirmemeli bunun yerine Gilles Retsin'in iddia ettiği gibi, "yinelemeli birikim", süreklilik ve "farklı koşullarda yeniden birleştirme" yoluyla ortaya çıkabilmelidir(Retsin, 2019)(Şekil 8). Bu doğrultuda oluşabilecek mimari nesnenin rastlantısal ilişkiler kurmasıyla meydana gelecek form alternatiflerine izin vermesinin mümkün olacağını göstermektedir.



Şekil 8: Diamonds House (2016) Gilles Retsin Architecture (Retsin, 2019).

4. Tartışma

Bulgulara belirtildiği üzere rastlantısallık sayısal tasarım süreçlerinde ve nesne odaklı süreçlerde farklı etkilere sahip bir kavram olmuştur. Rastlantısallığın, mimari formun oluşum sürecinde etkili bir içeriğe sahip olduğunun altı çizilmiştir. Rastlantısallığın farklı süreçlerde etkisinin değişken olduğu da ayrıca araştırma kapsamında gösterilmiştir. Rastlantısallık sanatsal süreçlerde bilinç dışı bir niyetsizlik olarak ifade edilmiştir. Mimari tasarım süreçlerinde ise öncelikli olarak bir arayışın başlangıç noktası olarak görülmüştür. Rastgele ortaya çıkaran uyarıcılar karşısında tasarımcı sezgi ve deneyimiyle en uygun biçimi bulur.

Hesaplanabilir bir form ve onun bilgisinden söz etmenin mümkün hale gelmesiyle rastlantısallığın kontrol edilmesine dair bir çabanın ortaya çıktığı görülmüştür. Özellikle Terzidis'in permütasyon tasarımı yönteminde rastlantısal olarak ortaya çıkabilecek olası tüm biçimlerin hesaplanabileceği önerilmiştir. Bu yaklaşım katalog haline gelebilecek bir çözüm uzayı sunar. Tasarım bu uzaydan tercih yapma ya da yine hesaplama yoluyla belirli bir hedef doğrultusunda en optimal biçimin belirlenmesine evrilmiştir. Bu yaklaşım sezgisel deneyim arayışını zedeler.

Kombinatoryal ve Ayrık tasarım yaklaşımları ise sürekli olarak açık uçlu ve şekillendirilebilir sistemler önerirler. Bu sistemler bir yandan permütasyon alanını sürekli genişleterek optimum aramayı hesaplama açısından imkânsız hale getirirler. Öte yandan farklı koşullarda yeniden birleştirmeye olanak verirler. Böylece rastlantısallık herhangi bir aşamada devreye girebilecek bir müdahale aracı olur. Bu müdahale tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında devreye girebilir; ancak bu müdahale yine tasarımcı değerlendirmesinden geçecektir. Yine de rastlantısallık mimari nesnenin rastlantısal ilişkiler kurmasıyla meydana gelecek form alternatiflerini mümkün kılar.

Dolayısıyla bu çalışmada mimari tasarım süreçlerinde var olan üç çeşit rastlantısallık gözlemlenmiştir. Bu rastlantısallık türleri yazarlar tarafından aşağıdaki tablodaki gibi isimlendirilmiştir.

Tablo 1: Mimari tasarım süreçlerinde rastlantısallık türleri. (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir.)

1-Stokastik Başlatma	2- Olasılıksal Kataloglama	3-Rastlantısal Müdahale
Stokastik Başlatma, mimari tasarım sürecinin başında, başlangıç tasarım kavramlarını veya yapılandırmalarını oluşturmak için rastgele süreçlerin kullanılmasını ifade eder. Bu yaklaşım, geniş bir yelpazede potansiyel tasarım çözümlerini keşfetmeyi sağlar. Tasarım sürecini rastgele değişkenlerle başlatarak, tasarımcılar geleneksel deterministik yöntemlerle ortaya çıkmayan yeni ve beklenmedik formları ortaya çıkarabilirler.	Olasılıksal Kataloglama, potansiyel tasarım formları veya elemanlarının kapsamlı bir katalogunu oluşturmayı ve bu katalogdan bir veya daha fazla seçeneği rastgele süreçler kullanarak seçmeyi içerir. Bu yöntem, her olası sonucun eşit veya ağırlıklı bir olasılıkla seçildiği zar atmaya benzer. Olasılıksal Kataloglama, ayrıca tasarımcıların önceden tanımlanmış bir olasılıklar setini optimizasyon odaklı daraltarak keşfetmelerine olanak tanır ve tasarım sürecinde çeşitli formların dikkate alınmasını sağlar.	Rastgele Müdahale, mimari tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında rastgele değişiklikler veya aksaklıklar getirilmesini ifade eder. Bu müdahaleler, kavram geliştirme, detay tasarımı veya diğer herhangi bir aşamada gerçekleştirilebilir ve bir sürpriz ve spontanlık unsuru getirir. Tasarımcı daha sonra bu rastgele değişiklikleri değerlendirir ve entegre eder, tasarımı rafine etmek ve uyarlamak için sezgi ve uzmanlığını kullanır.

Bu bağlamda özellikle nesne yönelimli tasarım yöntemlerinin bir aracı olarak okunabilecek rastlantısal müdahalenin gelecekte mimari tasarım süreçlerinde tasarım sürecinin öngörülemezliğini ve esnekliğini artıracak

düşünülmektedir. Bu, tasarımcıların kendi deneyim, uzmanlık ve sezgilerini dışlamadan, belirli kalıpların dışına çıkarak yaratıcı ve beklenmedik sonuçlar elde etmelerine olanak tanıyabilir.

5. Sonuçlar

Tasarımın temelinde, amaçlar, kısıtlamalar, kararlar, keşifler ve öğrenme etkinlikleri bulunmaktadır. Karar verme süreci, bir dizi değişkenin değerlendirilmesi ve karar verme işlevini içerir. Bu süreçte arama önemli bir rol oynamaktadır. Rastlantısallık, birden fazla sonuç üretebilme becerisi ise yaratıcılık, bu süreçte mevcut veya değişen bağlamda anlaşılabilir yeni sonuçlar ortaya koymak olmalıdır. Bu çalışma kapsamında, mimari formun keşfine yönelik yaratıcı süreçlerde rastlantısallığın rolü incelenmiş; özellikle form oluşumunda nesne odaklı dinamiklerin sayısal tasarım süreçlerindeki rastlantısallığın rolünün anlaşılmasına odaklanılmıştır.

Bu bağlamda öncelikli olarak yapay bir rastlantısallığın potansiyelleri incelenmiş ve mimari form bulma süreçlerinde bu rastlantısallığın kullanımı irdelenmiştir. Rastlantısallığın mimari form üzerindeki etkisi form bulma süreçlerinde dijital mimarlığı biçimci bir tavırla akış, yoğunluk ve ağ kavramlarına indirgeyen şekilde olmuştur. Nesne odaklı yaklaşımlara bakıldığında ise hem biçimin hem de rastgeleliğin bir sürekliliğinin arandığı görülmüştür. Bu bağlamda mereolojinin, parça-bütün ilişkilerinin yeniden değerlendirilmesine olanak tanıyan mimari bilginin geliştirilmesi ve kullanımına katkı sağlayan bir araç olduğu gözlemlenmiştir. Mereoloji gibi nesne yönelimli yaklaşımlarda parça-bütün ilişkilerinin hesaplanabilirliğini merkezizlik, kombinatorik ve ayrık gibi kavramlar ile tanımlamaktadır. Bu kavramlarda rastlantısallığın yeni bir şekilde ele alındığı görülmüştür.

Bu çalışmada müdahaleci olarak nitelendirilmiş olan bu etken rastlantısallık kullanımı, mimari tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında rastgele değişiklikler veya aksaklıklar üretilmesini sağlar. Dolayısıyla mereolojik bakış açısından nesne yönelimli bir süreçte devreye giren müdahaleci rastlantısallık keşfedilmiştir.

Sonuç olarak Geleneksel tasarım paradigmasının dışına çıkarak, rastgelelik sayesinde tasarımcılar, beklenmedik formlar ve yapılar oluşturabilmektedir. Bu tartışma, mimari tasarım süreçlerinde rastgeleliğin artan bir şekilde kabul edilen ve benimsenen bir öğe olduğunu göstermektedir. Mimari formda nesne odaklı dinamiklerin keşfi ve sayısal tasarım süreçlerinde rastgeleliğin etkisinin anlaşılması, mimari tasarım alanında yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Rastgelelik, tasarım sürecine dinamizm ve yenilik getirebilirken, aynı zamanda tasarımcının kontrolü altında olması önem teşkil etmektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların, rastgeleliğin mimari form üzerindeki etkisini daha derinlemesine incelemesi ve tasarım sürecindeki rolünü belirlemesi gerekmektedir.

Teşekkürler

Bu araştırma, kamusal, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki fonlama ajanslarından herhangi spesifik bir hibe almamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olduğunu beyan etmemektedir.

Kaynaklar

- Amen, M. A., & Nia, H. A. (2020). The effect of centrality values in urban gentrification development: A case study of erbil city. *Civil Engineering and Architecture*, 8(5), 916–928. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080519>
- Aziz Amen, M. (2022). The effects of buildings' physical characteristics on urban network centrality. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 101765. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101765>
- Auwalu, F. K., & Bello, M. (2023). Exploring the Contemporary Challenges of Urbanization and the Role of Sustainable Urban Development: A Study of Lagos City, Nigeria. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), 175–188. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-12>
- Gaha, I. S. (2023). Parametric Architectural Design for a New City Identity: Materials, Environments and New Applications. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), 122–138. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-9>
- Amen, M. A., & Kuzovic, D. (2018). The effect of the binary space and social interaction in creating an actual context of understanding the traditional urban space. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 2(2), 71–77. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2018.3672>
- Amen, M. A., & Nia, H. A. (2021). The Effect of Cognitive Semiotics on The Interpretation of Urban Space Configuration. <https://doi.org/doi:10.38027/iccaua2021227n9>
- Abdulla, K., & Abdelmonem, M. G. (2023). Mapping Safety, Security and Walkability of Historical Public Open Spaces in Post-Conflict Libya: Tripoli as North African Case Study. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(2), 85–105–185–105. <https://doi.org/10.25034/IJCUA.2023.V7N2-6>

- Afolabi, S. A., & Adedire, M. F. (2023). Adaptive Strategies Used in Urban Houses to Overheating: A Systematic Review. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(2), 106-126–106–126. <https://doi.org/10.25034/IJCUA.2023.V7N2-7>
- Aziz Amen, M. (2017). The inspiration of Bauhaus principles on the modern housing in Cyprus. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 1(2), 21–32. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2017.3645>
- Aziz Amen, M., & Nia, H. A. (2018). The dichotomy of society and urban space configuration in producing the semiotic structure of the modernism urban fabric. *Semiotica*, 2018(222). <https://doi.org/10.1515/sem-2016-0141>
- Ho, T. P., Stevenson, M. M., & Thompson, J. J. (2023). Perceived Urban Design Across Urban Typologies in Hanoi. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(2), 156-170–156–170. <https://doi.org/10.25034/IJCUA.2023.V7N2-10>
- Carpo, M. (2018). Big Data and the End of History. *International Journal for Digital Art Histor*, 3.
- Chaitin, G. J. (2001). Exploring RANDOMNESS.
- Cuff, D. (1992). *Architecture: The story of practice*. Mit Press. <https://books.google.com.tr/books?id=govtnQEACAAJ>.
- DeLanda, M. (2001). Philosophies of design: The case of modeling software. *Verb: Processing*, 1(1), 132–142.
- J.Bennet, D. (1998). RANDOMNESS.
- Koehler, D. (2016). *Aus : The Mereological City A reading of the works of Ludwig Hilberseimer*.
- Koehler, D. (2020). Mereologies Workshop, London, UCL, Bartlett School of Architecture, October 2020, Introduction to Mereologies.
- Kohler, G. (2006). *Architonic Concept Space, 2008*. Gramazio Kohler Research. Son alıntılanma: 27 Mayıs 2024. Url: <https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/projekte/154.html>.
- Lewitt, S. (1967). Paragraphs on Conceptual Art.
- Lynn, G. (1993). Architectural curvilinearity, the folded, the pliant and the supple. *Architectural Design*, 102, 8–15.
- Parisi, L. (2013). *Contagious Architecture: Computation, Aesthetics, And Space*. In The MIT Press.
- Retsin, G. (2019). Bits and Pieces: Digital Assemblies: From Craft to Automation. *Architectural Design*, 89, 38–45. <https://doi.org/10.1002/ad.2410>.
- Retsin, G. (2016). Discrete Assembly and Digital Materials in Architecture. *Ecaade 2016*, 1, 143–151.
- Sanchez, J. (2020). *Architecture for the Commons*. Routledge. <https://books.google.com.tr/books?id=NRd2xgEACAAJ>.
- Tan, F., & Paker Kahvecioğlu, N. (2022). The changing customs of architectural design: The effects of building information modeling in a local context. *A/Z: ITU Journal of Faculty of Architecture*, 19(2), 371–385. <https://doi.org/10.5505/itujfa.2022.60370>.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Architectural Press. <https://books.google.com.tr/books?id=mV5QYRmgYDYC>.
- Terzidis, K. (2008). Algorithmic Complexity: Out of Nowhere. In Andrea Gleiniger & Georg Vrachliotis (Eds.), *Complexity. Design Strategy and World View* (pp. 75–86). Birkhäuser Verlag AG.
- Terzidis, K. (2015). *Permutation Design: Buildings, Texts, and Contexts*. Routledge.
- Verbeeck, K. (2006). *Randomness as a generative principle in art and architecture*. PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, 97.
- Web 1, (2024). Python Random Module, https://www.w3schools.com/python/module_random.asp, (Erişim Tarihi: 14/06/2024).