

MİMARİ MEKÂN ÜRETİMİNDE SİSTEMATİK BİR YAKLAŞIM: HÜCRESEL OTOMATA YÖNTEMİ¹

A SYSTEMATIC APPROACH TO GENERATING THE ARCHITECTURAL SPACE: THE METHOD OF CELLULAR AUTOMATA

NARİN FARAVAR

Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı
narin.faravar@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-8352-7745

Öz: Bilgi teknolojisinin hızla geliştiği bilgi çağından, mimarlık alanı da etkilenmiş ve bu gelişmeler tasarımcılara yeni ve reformist tasarım araçları ve metotları sunmuştur. Mekân üretimindeki geleneksel yöntemlere ek olarak, bilişim ve teknolojik gelişmelere de yanıt verecek ancak tasarımcının yaratıcılığını da göz ardı etmeyecek şekilde, matematiksel, mantıksal, üretken, performansa dayalı, Biçim Gramerleri, Genetik Algoritmalar, Toplu Zekâ, Hücresel Otomata (HO) gibi tasarım kavramları ortaya çıkmıştır.

Bunlardan HO yöntemi özgünlüğü nedeniyle incelenerek tasarımcıya, Yaşam Oyununu da içine alacak şekilde mekân üretiminde alternatifler sunma aracı olabileceği görülmüştür. HO düzenli, sistematik olaylar dizini olarak görülmesine rağmen tasarımcıya beklenmedik ve sıra dışı sonuçlar vermesi açısından özgün olduğu düşünülmektedir. Bilgi teknolojileri, matematik, mühendislik gibi kavramlar her ne kadar tasarım kavramından farklı gibi görünse de gerçekte tasarımcının seçeneklerini artıran bir modelleme aracının ana öğeleri olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, HO'nun teknik ve tasarım özellikleri irdelenerek mekân üretiminde ve tasarımında özgün çözümlenmelere ulaşmada yaratıcı modelleme aracı ve bir tasarım şablonu olabileceği önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Hesaplamalı Tasarım, Sistematik Tasarım, Hücresel Otomata, Yaşam Oyunu, Mekân Üretimi.

¹ Bu makale Araştırma ve Yayın Etiğine uygundur.

Abstract: *The field of architecture was also affected by the information age, in which information technology developed rapidly, and these developments offered designers new and innovative design tools and methods. In addition to the traditional methods of space generation, mathematical, logical, productive, performance-based design concepts such as Form Grammars, Genetic Algorithms, Collective Intelligence, Cellular Automata (CA) have emerged, in a way that respond to informatics and technological developments, without ignoring the creativity of the designers. Among them, the CA method has been focused in this study, including the Game of Life, due to its originality and it has been concluded that it can be a tool for the designer to offer alternatives in space generation. CA can be seen as a regular and systematic sequence of events; however, it is unique as it gives unexpected and extraordinary results to the designer. Although concepts such as information technologies, mathematics and engineering may be seen different from the concept of design, but they might be the main elements of a modeling tool that increases the designer's options. Analyzing the technical and design features of CA, can be suggested that this method might be a creative modeling tool and a design template to reach original solutions in space generation and design.*

Keywords: *Computational Design, Systematic Approach, Cellular Automata, Game of Life, Space Generation.*

Giriş

Bilgi ve buna bağlı teknolojinin hızla geliştiği, yenilendiği günümüz bilgi çağından, mimarlık alanı da etkilenmiş ve bu gelişmeler tasarımcılara yeni ve reformist tasarım araçları ve metotları sunmuştur. Geleneksel tasarım yöntem ve süreçlerinin zorluğu, bilgi teknolojilerine dayalı daha üretken ve etkin uygulama yöntem ve süreç arayışlarını doğurmuştur. Bilgiye ve teknolojiye ulaşmanın geçmiş yıllara göre daha kolay olduğu günümüzde, tasarımda ve üretim yöntemlerinde yeni bakış açıları gelişmiştir. Mimari tasarım süreçlerinin farklılaşması, hesaplamalı tasarım yöntemlerinin kullanılması ve sayısal teknolojilerinin üretimde etkili olması yanında yapılabileceklerinin görülmesi bu yeni bakış açısının belirgin özellikleridir. Bilgisayar teknolojisinin, mimarlıkta ve tasarım süreçlerinde oynadığı rol değişmiş ve tasarım probleminin yanıt arayan araç olarak da kullanılmasına başlanmıştır. Bu süreçte paralel olarak geliştirilen bilgisayar programları tasarımcılara daha özgün tasarım yapma olanakları sunmuştur. Böylece söz konusu teknolojilerin önemi artmış, sıra dışı tasarımlar uygulama alanı bulmuş ve bunların bazı örnekleri ilerleyen bölümlerde verilmiştir. Aynı süreçte, mimari tasarımların farklılaşması, hesaplamalı ve sistematik tasarım yöntemlerinin kullanılması nedeniyle sayısal üretim araçlarının geliştiği ve maksimum potansiyellerinin kullanıldığı görülmüştür (İşbitiren, 2020, s. 37).

Çağdaş, Bacınoğlu ve Çavuşoğlu (2018)'na göre, bilgisayarın kullanıldığı hesaplamalı tasarım yaklaşımları, matematiksel, mantıksal, üretken, performansa dayalı tasarım kavramları ile tasarım sürecinde yerini almıştır. Hesaplamalı tasarım kavramsal olarak incelendiğinde olağan tasarım iş akışlarını iyileştirmenin bir yolu olarak farklı anlayışlara ve araştırma konularına ulaşmanın bir aracı olarak tanımlanmaktadır (İşbitiren, 2020, s. 37).

Hesaplamalı ve sistematik tasarım yaklaşımı, bir tasarım dili olarak Şekil Grameri tanımı ile bu ekolün öncülerinden olan Alberti ve Palladio tarafından ortaya konmuş ve günümüzdeki bazı yöntemlerin temel dili olarak kullanılmıştır (March, 2011). Bilgisayar teknolojileri 1960 yılında mimari tasarım alanında kullanılmaya başlamış ve günümüze kadar CAD (Computer-Aided Design) programlarının araç olarak kullanıldığı modellerin yanı sıra, hesaplamalı tasarım süreçlerinin etkin rol aldığı Üretken, Performansa Dayalı, Formasyon ve Birleşik modeller olarak gelişimini sürdürmüştür (İşbitiren, 2020, s. 37). Benzer şekilde ancak daha detaylı olarak Oxman (2006), hesaplamalı tasarım modellerini aşağıdaki gibi gruplandırmıştır.

- CAD Modeller;
- Formasyon Modeller; Topolojik Tasarım Yöntemi, Parametrik Tasarım Yöntemi, Animasyona Dayalı Tasarım Yöntemi
- Üretken Modeller; Biçim Gramerleri ile Tasarım Yöntemi, Evrimsel Tasarım Yöntemi
- Performansa Dayalı modeller; Performansa Dayalı Üretken Tasarım Yöntemi
- Birleşik Model.

Listelenen bu yöntemlerin tasarımıdaki ana amacı, tasarımcının düşüncelerini aktarabilmesine yardımcı olmak olarak düşünülmelidir. Bu amaca ulaşmak için mimaride göreceli olarak tıkanan özgün yaratıcılığın önünü açmak üzere geliştirilen düşünme sistematiğinin ve bunların anlatım yolları olan tüm araçların tasarımcının hizmetine sunulması gerekmiştir. Başka bir deyişle sistematik araçların etkinliği, tasarımcıyı koşullandırılmış bir son ürün arayışına yönlendirme yerine tasarımcının yaratıcı kapasitesini geliştirmesine olanak sağlaması olarak değerlendirilmelidir (Yanarateş ve Batmaz, 2013).

Genel olarak, sistematik tasarım yaklaşımlarının esin kaynağı olan yukarıda söz edilen modeller, amaca uygun olarak yaratıcılık ve üretken tasarım modellerinin geliştirilmesine yardımcı olmuştur (Singh ve Gu, 2012, s. 185).

Abdelmohsen (2013)'e göre üretken tasarım tanımı; hücresele otomata, evrimsel yöntemler, üretken ve biçim gramerleri, L sistemleri, kendi kendine organize etme, etken tabanlı modeller ve sürü sistemlerini kapsıyor.

Bu çalışmada, üretken tasarımın modellerinden biri olan Hücresele Otomata (HO), hesaplama teorisindeki karmaşık gibi görünen sistemleri, farklı disiplinlerin sanatsal öğeleriyle organik olarak birleştirme aracı olması nedeni ile yakından irdelenmiştir. Aynı zamanda Mora ve diğerleri (2015)'ne göre, HO; matematik, bilgisayar bilimi, fizik ve biyolojinin zengin morfolojik davranışa sahip basit hesaplama modellerini kullanarak, sanat eserlerinin ve mimari mekanların üretiminde derinlemesine öngörüler, seçenekler ve geniş çalışma olanakları sunmaktadır. Bu nedenlerle HO bu çalışmanın konusu olarak seçilmiştir.

Çalışmanın Amacı

Bu makalede amaçlanan hesaplamalı tasarım yöntemlerinin sistematikleştiğini göstermek ve bu yöntemleri kullanarak ortaya çıkan yeni tasarım teknolojileri ile uygulama alanlarını ve sundukları potansiyelleri irdelemektir. Bu amaca yönelik olarak mimari tasarım modellerinden biri olan Hücresele Otomata (HO) yönteminin, mekân üretimi süreci incelenmiştir. Aynı zamanda sistematik tasarım yöntemleri içinde konumlandırılan bu yöntemin uygulama örnekleri incelenerek sistematik bina tasarım ve mekân üretim süreçlerinin çözümlenmesine ve anlaşılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, tasarımcının özgün yaratıcılığına yardımcı, bilimsel temelleri olan, aynı zamanda özgün mekânların üretilmesine imkân veren, HO yöntemini bir tasarım perspektifi olarak öneren ve bu aracı kullanarak tasarımcılara bir tasarım şablonu ve altlık oluşturmak amaçlanmıştır.

Başka bir deyişle, HO yöntemi ele alınarak, yöntemin mimari mekân üretim olanakları ve süreci, sistemin çalışma prensipleri, yöntemin basit kurallarının karmaşık sonuçlar ortaya koyabilme potansiyeli ve yöntemin mimari tasarıma sunduğu katkılar irdelenmiştir.

Çalışmanın Yöntemi

İlk bölümde mimaride kullanılan hesaplamalı tasarım modellerinden olan mimarlıkta Hücrel Otomata kavramının tanımı üzerinde durulmuş ve konu, tasarım yaklaşımlarının uygulanmış örnekleri üzerinden ilerlemiştir. Örnekler, tasarımlarında hesaplamalı tasarım yöntemleri geliştirmesi, sayısal üretim teknolojilerini kullanması ve yenilikçi üretim yaklaşımı geliştirmesi gibi kriterler göz önüne alınarak seçilmiştir.

Sonraki bölümde, Hücrel Otomata ile mekân üretimi kavramı ve uygulaması üzerinde durulmuş ve HO'nun bir yöntemi olan Yaşam Oyunu ile Mekân Üretim Süreci irdelenmiştir.

Yaşam oyunu kurallarının uygulanmasıyla tasarlanan ve 4,6 ve 9 hücreli örnekler ile üç boyutlu mekân üretimi modellemesiyle metodun işleyişi açıklanmaya çalışılmıştır.

Hesaplamalı tasarım ve uygulama sürecinde ortaya çıkan yeni kavramlar, literatür taraması yapılarak konunun daha iyi anlaşılmasına çalışılmıştır.

Hücrel Otomata Tanımı

HO; bir yapının veya olaylar dizininin, bir grid üzerinde analiz edilmesidir. Griddeki her hücrenin, bir sonraki hayat döngüsünde üremesi veya ölmesi komşu hücrelerin ölü veya canlı olmasına bağlıdır. Söz konusu hücrenin bir sonraki yaşam fonksiyonunun belirlenmesinde kullanılan bir işletim sistemi ve devinim mekanizmasıdır (Yüzer ve Yüzer, 2006, s. 231-232). Başka bir deyişle HO; bir hücrenin bir sonraki yaşamsal fonksiyonunun, belli bir hücrel düzende ve zamanda, kendine en yakın diğer hücrelerin canlılık durumuna bağlı olarak önceden tanımlanabilen hareketler bütünüdür (Burquillo, 2018, s. 2). HO kavramı aynı zamanda "homojen oluşumlar", "hücrel yararlı dizinler" olarak da tanımlanır (Devetakovic ve diğerleri, 2009, s. 182).

1980lerde, matematikçi Stephen Wolfram, karmaşıklık sorununu çözmeye çalışırken bu yöntemi kullanmak istemiştir. Yaygın olan inanç; karmaşıklık kuramının, sürecin ve olayların karmaşıklığından türediği şeklindedir oysa Wolfram sürecin ve olayların basit olması durumunda bile sonucun karmaşık olabileceği tezini ortaya koymuştur (Çağdaş ve diğerleri, 2015, s. 38).

HO yöntemi kendi kendini organize eden düzenli olaylar dizinidir. Dizin içinde gelişen aşamaların bir grid üzerindeki hücreler şeklinde ele alınmasını ve herhangi bir hücrenin bir sonraki yaşam fonksiyonunun ne olacağını irdelleyen bir araçtır. Bu sisteme göre herhangi bir hücrenin bir sonraki durumu kendisini çevreleyen diğer sekiz komşu hücrenin durumuna bağlıdır. Bu olaylar dizininin özellikleri; dışardan etkilenmeme (kendine yeterlilik), çok türülülük (asimetri), evrensel sistem (lokal sistemin dışına çıkma), öze dönüş (düzelme ve

üreme değişimleri), çevreye ile barışık (işlevsellik) ve aşama sırası (birbirini izleyen sistematik olaylar) olarak sıralanabilir. Aslında birbirini izleyen olayları irdelemek için kullanılan bu olgu, mimari tasarım çözümlerinin yorumlarında da kullanılmaktadır. Olgunun yapısı ve özellikleri nedeni ile tasarım sürecinde geniş alanlı yerleşimlerin, sosyal etkileşimlerin ve malzeme davranışlarının incelenmesinde ve uygulanmasında başvurulmuştur (Dinçer, 2014, s. 29-30).

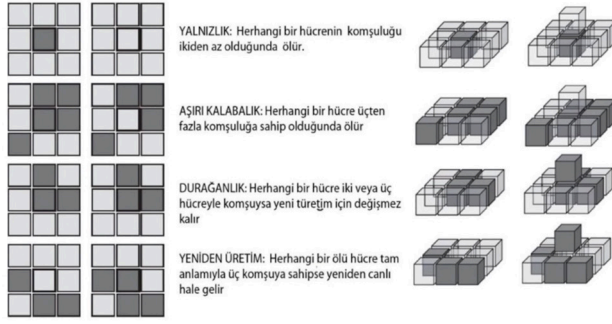
Mora ve diğerleri, Springer yayını dergide şu tespitleri yapmıştır: matematikçiler, bilgisayar bilimciler, biyokimyacılar, fizikçiler, mühendisler ve tasarımcılar; karmaşık davranışlara sahip gibi görünen ancak gerçekte düzenli ve basit olan HO dizinleri sayesinde harika çözümler üretmişlerdir. HO yöntemiyle üretilen çözümler, dinamik modellerin oluşum mekaniğini, bunların doğal sistemlerdeki yayılımını ve etkileşimini ortaya koymaktadır. Bu eserinde, tasarımcılara bir yaratıcılık aracı olarak HO yönteminden faydalanma konusunda seçenekler sunmuş ve bilim insanlarının araştırma sonuçlarını sanat eserlerine dönüştürmesine yardımcı olmak istemiştir (2015, s. 129).

Yüzer ve Yüzer, HO yönteminin çalışma prensiplerini aşağıdaki şekilde açıklamışlardır.

- Düzenli hücre ızgaralarından (grid) oluşur,
- İlerleme, zaman dilimlerinde oluşur,
- Her hücre bir durumu sembolize eder,
- Her hücre, sadece kendi durumuna ve yandaki komşu hücrelerin durumuna göre sistematik olarak ilerler,
- Hücrelerin birbiri ile ilişkisi benzer ve lokaldir (2006, s. 232).

Hücreyel Otomata geniş kapsamlı bir alan olduğundan, literatürde farklı yöntemlere ve uygulamalara rastlanmaktadır. Bu uygulamalardan en bilineni Yaşam Oyunu' dur.

Yaşam Oyunu (YO), bir Hücreyel Otomata'dır (Küçük, 2016, s. 1). YO'nun temel varsayımı her canlının çevresi ile mutlak etkileşim halinde olmasıdır (McIntosh, 2010, s. 17-35). John Conway'in 1970'te geliştirdiği YO, oyuncuların kazanmak ya da kaybetmek için rekabet ettiği basit bir oyun olarak görülmemelidir. Conway'e göre YO'nu yaşamın kendisi ve özgün kuralları olan fiziksel bir evrenin simülasyonu olarak görmek gerekir. İlk elementlerin yerine konmasından ve simülasyonun başlamasından sonra evren, kendi kuralları ile çalışmaya başlar. YO'nda, yan komşuluklar gibi çapraz komşuluklar da oyunun içindedir (Görsel 1).



Görsel 1. Yaşam Oyunun Kuralları (Dinçer, 2014).

Komşuluk kümesi dokuz hücreden (canlı çevresi) meydana gelmekte ve sekiz hücre seçili bir hücreyi çevrelemektedir. Hücreler arası ilişkileri yöneten etmenler şöyledir (Devetakovic ve diğerleri, 2009, s. 182).

1. Canlı bir hücrenin, sekiz komşusundan herhangi biri canlı değilse hücre ölür (Yalnızlık).
2. Canlı bir hücrenin, sekiz komşusundan üçten daha fazlası canlı ise hücre ölür (Çok Kalabalık).
3. Canlı bir hücrenin, sekiz komşusundan ikisi veya üçü canlı ise hücre yaşama devam eder (Birlikte Yaşama).
4. Ölü bir hücrenin sekiz komşusundan sadece üçü canlı ise, yeni bir canlı hücre doğar (Üreme).

HO incelenirken, dış koşullardan en az etkilenme (otonomluk), çok yönlü etkileşim (heterojenlik), doğal oluşumluluk (yerel ilişkilerden ortaya çıkma), kendine yeterlilik (tamir etme ve üretim metabolizmaları), uyum (işlevsellik/ dışsal değişimleri takip etme), sistematik düzen (iç içe geçen öz örgütlü aşamalar) gibi tanımlar öne çıkmaktadır. Bu tanımlardan yola çıkarak bölgesel yerleşim planlamalarından, sosyal etkileşimlere ve malzeme kullanımına kadar birçok konuyu kapsayan mimari ve kentsel tasarım çözümlerinin yorumunda kullanılabilen bir metottan söz edilir (Dinçer, 2014, s. 29-30). HO özellikle çeşitli faktörlerin karşılıklı olarak birbirinden etkilendiği durumlar gibi eş biçimli hesaplamalı süreçlerde ve etkileşime duyarlı büyüme modülleri için kullanışlıdır (Singh ve Gu, 2012).

Metodun daha iyi anlaşılabilmesi için HO'nun teknik ve tasarım özellikleri tablo 1 de verilmiştir:

Tablo 1. Hücresel Otomata'nın Teknik ve Tasarım Özellikleri (Singh ve Gu, 2012, s. 191-194).

Hücresel Otomata Özellikleri Tablosu			
Teknik Özellikleri		Tasarım Özellikleri	
Bileşenler ve Gereksinimler	Izgaralar/Hücreler Durum Kuralları Temel Hücre Durumları	Tasarım Amacı	Izgara tabanlı tasarım: planlama/bölgeleme, kullanılabilirlik tabanlı, özellikle bağlama duyarlı tasarım geliştirme
Kural Uygulama	İlgili kurallar durumları değiştirmeye çalışır. Paralel hesaplamalı süreç. Bundan dolayı, bütüncül düzeyde tasarım görselleştirmesini işler.	Tasarım Yaklaşımları	- Komşuluk etkilerinin, büyüme örneklerinin, sosyal fenomenin vb. çalışması. - Bicim işlevi takip eder.
Temel Avantajlar	Bağlama duyarlı ve komşuluk etkileri içe gömülü sınırlamalar Eş zamanlı, yerele karşı evrensel etkiler...	Tasarım Problemleri	- Blok tasarım ve kümeleme, planlama/ bölgeleme ve şehir tasarımı. - Genellikle 2D ve ayrıca 3D örnekler.
Temel Sınırlamalar	Hücre geometrisinin tanımıyla sınırlıdır. Boyutsal sınırlamalar. Belirli hücrelerden dolayı kenar hücreler için koşullar farklıdır.	Tasarım Sonucunun Nitelikleri	Beliren ve normatif, bağlama duyarlı. Genellikle memnun edici çözümler.
Uygunluk Düzeyi	Problem temsiline ve çözüm yorumuna bağlıdır. Sıklıkla sadece aşağıdan yukarıya (bottom-up) olan tasarımın varlığıyla sonuçlanır.		

Hücresel Otomata, sahip olduğu bu özellikler nedeniyle tasarımcıya

- İki veya üç boyutlu modeller geliştirebilme,
- Tasarım sürecinin geniş boyutlarını kapsama,
- İçerik genişletebilme,
- Bağlamsal karakter taşıma (komşuluklar, ilişki tipleri kurabilme),
- Davranışsal temelli olma
- Kolay sistem geliştirebilme yeteneği gibi katkılar sağlar (Dinçer, 2014, s. 35).

Mimarlıkta Hücresel Otomata ve Yapı Örnekleri

Bilgi ve bilişim teknolojilerinin tasarımda etkili olduğu süreçte bilgisayar ortamında modellenen ürünler, iletişim amaçlı kullanım, veri ve bilginin toplanması ve işlenmesi, yaratıcılığın ve karar mekanizmasının desteklenmesi gibi kavramlar ve olgular ortaya çıkarmıştır. Bu gelişmeler, mimarlıkta yalnızca tasarlanan ürüne değil, aynı zamanda tasarım sürecine ve mekân üretimine de etki etmiştir (Çağdaş ve diğerleri, 2015, s. 33).

HO'nun, mimarlıkta yalnızca mekân kurgusunun oluşumunda kullanılabileceği varsayılabilir, ancak diğer bilim dallarındaki kullanımı da göz önüne alındığında, HO'nun arazi ve çevre kullanımı, malzeme seçimi ve bina kabuğu oluşturma süreçleri gibi tasarımın değişik aşamalarında da faydalanılabilecek daha geniş kapsamlı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2014, s. 73).

Bu çalışmada, HO yönteminin mimari tasarım yaklaşımlarında ve mekân üretiminde bir modelleme ve yaratıcılık aracı olarak kullanılabileceği üzerinde durulmuştur. Yaratıcılık, mimari tasarımın ana unsurlarındandır. Mimari tasarım sürecinde, ekonomik olması nedeniyle kullanılagelen tekdüze ve yoğun üretim gibi yaratıcılığı kısıtlayan hesaplamalı kavramlar yerine; tasarımcının yaratıcılığını ve özgünlüğünü öne çıkaracak yöntem ve teknikler aranır. HO, özellikleri gereği süreç ilerledikçe daha önceden öngörülemeyen yepyeni sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bu öngörülemez sonuçlar, HO yöntemi kullanılarak yapılan tasarımlarda özgünlük yaratabilirler (Dinçer, 2014, s. 47). HO'nun YO modellerine benzer örneklerini hem biçimsel hem de öz olarak, günümüz mimarisinde, özellikle de çok işlevli ve farklı kullanıcı tiplerini içeren büyük bina tasarımlarında görmek olasıdır. Bu örneklerden biri Nakagin Kapsül kulesi (Görsel 2), insan, makine ve mekân tanımlarının beraberce organik bir yapıyı oluşturduğu bir mimari anlayış olan "Metabolist" yaklaşımın bir örneğidir (Kruft, 1994).



Görsel 2. Nakagin Kapsül Kuleleri (Kuruçay ve Karadağ, 2022).

Bu kapsül kuleleri, iki ana blok etrafında yerleşen, 144 adet modüler üniteden oluşur. Bu ünitelerin her biri, kendi içinde bir tür yaşama birimlerini temsil eder. Bu ünitelerin konumları, zamana ve değişen koşullara göre, yenilenebilmelerinden dolayı hem biçimsel hem de öz olarak HO'nın tanımıyla uyumaktadır (Dinçer, 2014, s. 48).

Diğer iki örnek ise Safdie'nin eseri olan Habitat 67 yapıları (Görsel 3) ve Tabanlıoğlu'nun Levent Loft binası gösterilebilir (Görsel 4).



Görsel 3. Habitat 67 Safdie Architects (Merin, 2013).

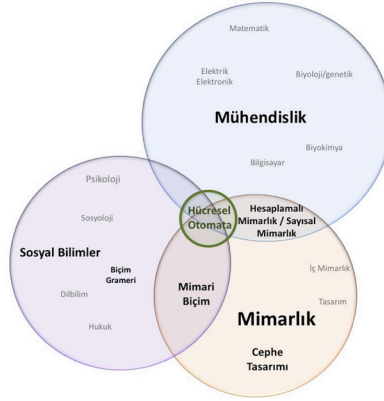


Görsel 4. Levent Loft Bahçe (Biçer, 2013).

Bu örneklerde; hem karmaşık ve tekrar eden işlevsel yapıları, farklı kullanıcılardan oluşan, farklı komşuluk ilişkileri gibi içerik bakımından, hem de modüler olma, kübik özellikler taşıma, doluluk-boşluk gibi geometrik form bakımından HO yönteminin tanımına uyan ortak özellikler vardır. Bu örnekler de yukarıda belirtildiği gibi, HO yönteminin mimari tasarım yaklaşımlarında ve mekân üretiminde bir modelleme aracı olarak kullanılabileceğini desteklemektedir (Dinçer, 2014, s. 48-49).

Hücrel Otomata ile Mekân Üretim Modelleme Örneği

Mekân üretimi ve dönüşümlerinin, tasarımcının yaratıcılığını koruyarak, daha sistematik konuma yerleştirme yöntemlerden birinin de HO olduğu görülmüştür. HO'nun çoğu disiplin ile etkileşimde olması onun özgün ve objektif çözümler ortaya koyabileceğini göstermektedir (Görsel 5).



Görsel 5. Araştırma alanları arasındaki etkileşimler (kişisel arşiv).

Bu yoğun etkileşimin sonucu olarak, HO yönteminin mimarlıkta mekân üretim ve dönüşümünde bir tasarım aracı olarak kullanımına ilişkin çeşitli kaynakçalar bulunmaktadır.

Bu kaynakçalar içinde en kapsayıcılarından biri, Devetakovic ve diğerleri (2009), Conway'in yaşam oyunu kurallarından faydalanıp, geliştirdikleri bir yazılımın (Fun3D) bir alt uygulaması olarak HO ile ilgili birtakım örneklemeleri ortaya koydukları çalışmadır (Görsel 6). Yazılımdaki HO uygulama parametrelerinden bazıları şunlar olmuştur; temel kurgulama, kural tanımı (sayısal), katmanların sayısı, sistemin konumu ve döndürülmesi, hücrelerin orantısı, hücre katmanlarının renk dizini, saydamlık, sistemin hücreleri arasındaki aralık, aydınlatma ve gölge. CAD yazılımlarıyla uyumlu olan bu yazılım farklı HO sistemlerinin birlikte işlenebilir, yorumlanabilir ve çeşitlenebilir bir özelliğini sunmuştur. Ekip "Tasarlamayla Araştırma" adını verdikleri bir stüdyo çalışmasında yazılımla mekânsal biçim yaratımının olasılıklarını denemişlerdir. Geliştirilen modeller; çevre ve elemanlar ile ilişkilendirilerek oyun alanları, gündelik alanlar ve otel kompleksi gibi olası mimari yapı örneklerinin başlangıcını oluşturabileceği gösterilmiştir (Dinçer 2014, s. 72-74).

den canlanma (üreme) olacaktır. Diğer seçilen hücreler de YO'nun dört kuralına göre bir sonraki neslini üretime devam edecek veya etmeyecektir. Özetle herhangi bir hücrenin (mekân olarak tanımlanabilir) bir sonraki neslini üretilip üretilmeyeceği, söz konusu hücreyi çevreleyen diğer 8 komşu hücrenin durumuna bağlıdır. YO kurallarına göre üreme; seçilen hücrenin sekiz komşusunun ölü veya canlı olmasına bağlıdır. Bu yöntem üç boyutlu sonuçlar verdiği için her hücrenin bir sonraki nesli aynı hücrenin üstünde yer almaktadır (kırmızı küpler).

Tablo 2. Yaşam Oyunu Kurallarına Göre Beş Hücreli Örnek Modelin Üreme Sistemi (Kişisel Arşiv).

HÖ Model	Seçilen Hücre	Sistemin Merkezinde		2D Model	3D Model
			Yalnızlık Üremiyor		
			Yeniden Üretim Ürüyor		
			Durağanlık Yaşama Devam		
			Yeniden Üretim Ürüyor		
			Durağanlık Yaşama Devam		
			Aşırı Kalabalık Canlılığını Yitirir		
			Durağanlık Yaşama Devam		
			Yalnızlık Üremiyor		
			Durağanlık Yaşama Devam		
			Aşırı Kalabalık Üremiyor		

Tablo 2’de simülasyonu yapılan beş hücreli örnek modelin sonraki dört jenerasyonu aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 3). Burada söz konusu olan mimari binalarda, her hücre bir mekânı tanımlamakta ve her jenerasyon, binanın bir katını temsil etmektedir. HO yöntemi ile türetilen canlı veya ölü hücreler, dolu veya boş mekanları üretmiş ve tasarlamıştır.

Tablo 3. Beş hücreli Modelin Hücresel Otomata bir yöntemi olan Yaşam Oyunu ile 4 aşamalı jenerasyonu (Kişisel Arşiv).

	Model (Zemin Kat)	1. Jenerasyon (1. kat)	2. Jenerasyon (2. kat)	3. Jenerasyon (3. kat)	4. Jenerasyon (4. kat)
Üst Görünüş					
3 Boyutlu					

Bu beş hücreli örnekte bu sistemin nasıl geliştiği ve üç boyutlu modellerin nasıl elde edildiği gösterilmiştir. Sistemi kullanarak herhangi bir modeli grid sistemine yerleştirerek açık veya kapalı üç boyutlu alanlar ve mekanlar elde edilebilir. Yukarıda belirtildiği gibi, bu dolu ve boş alanlar mimaride birer mekânı temsil eder. Benzer şekilde aşağıda 4 hücreli, 6 hücreli ve 9 hücreli örnekler verilmiştir (Tablo 4, 5 ve 6).

Tablo 4. 4 hücreli modelin HO ile 4 aşamalı jenerasyonu ve 3 boyuna geçmesi (Kişisel Arşiv).

	Model (Zemin Kat)	1. Jenerasyon (1. kat)	2. Jenerasyon (2. kat)	3. Jenerasyon (3. kat)	4. Jenerasyon (4. kat)
Üst Görünüş					
3 Boyutlu					

Tablo 5. 6 hücreli modelin HO ile 4 aşamalı jenerasyonu ve 3 boyuna geçmesi (Kişisel Arşiv).

	Model (Zemin Kat)	1. Jenerasyon (1. kat)	2. Jenerasyon (2. kat)	3. Jenerasyon (3. kat)	4. Jenerasyon (4. kat)
Üst Görünüş					
3 Boyutlu					

Tablo 6. 9 hücreli modelin HO ile 4 aşamalı jenerasyonu ve 3 boyuta geçmesi (Kişisel Arşiv).

	Model (Zemin Kat)	1. Jenerasyon (1. kat)	2. Jenerasyon (2. kat)	3. Jenerasyon (3. kat)	4. Jenerasyon (4. kat)
Üst Görünüş					
3 Boyutlu					

Bu teorik verilerden faydalanılarak, daha önce verilen örneklerden biri olan Habitat 67 binasının zemin kat planı grid sistemine yerleştirilmiş (Tablo 7) ve hücrelere dönüştürülmüştür. Daha sonraki aşamalarda ise ölü ve canlı hücrelerin, HO yöntemi bağlamında sonraki jenerasyonların nasıl oluştuğu gösterilmiştir (Tablo 8). Bu örnekte de her bir hücre bir mekânı ve her jenerasyon bir katı temsil etmektedir. Ölü veya canlı hücreler (mekanlar) tasarımcının tercihine göre, açık alan veya yarı açık alan olarak tasarlanmıştır.

Tablo 7. Habit 67 bina'nın Zemin kat planını grid sistemine yerleştirilmesi. Bridgette Meinhold (2009) Habitat 67: Montreal's Prefab Pixel City. Inhabitat. Erişim: 02.02 2022, <https://rb.gy/fo0iwu>

Habitat 67: Montreal's Prefab Pixel City (Zemin Kat Planı) (URL 3)	Zemin Kat Planın Grid Sistemine Yerleşmesi

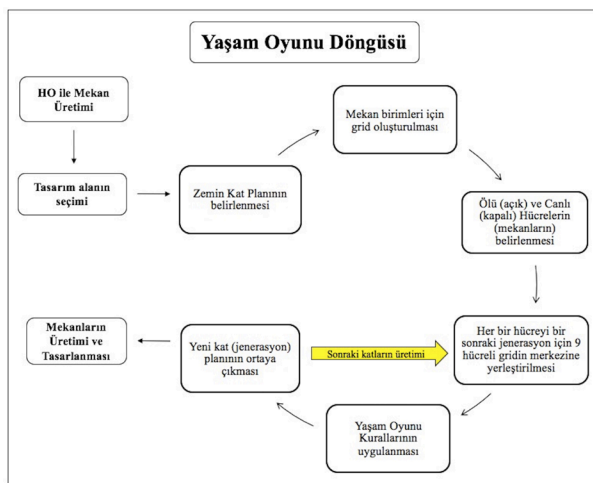
Tablo 8. Habit 67 Bina'nın Zemin kat grid sisteminin Hücresel Otomata'nın bir yöntemi olan Yaşam Oyunu ile 3 boyutlu duruma dönüştürülmesi (Kişisel Arşiv).

	Model (Zemin Kat)	1. Jenerasyon (1. kat)	2. Jenerasyon (2. kat)	3. Jenerasyon (3. kat)	4. Jenerasyon (4. kat)
Üst Görünüş					
3 Boyutlu					

Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi HO yöntemi uygulanarak mimari mekanların üretilbileceği ortaya konmuştur. İnsan için üretilen mekân üretim sürecinde bu yöntemin göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir. Doğa kurallarının matematiksel metotlar kullanılarak mekân üretiminde kullanılması bir tür yaşam döngüsünün de sonucu olarak görülmelidir. Bu yöntemi, tasarım ve mekân üretiminde kullanmak için aşağıda maddeler halinde verilen hareket akışının izlenmesi gerekir. En kritik aşama birinci aşama olup seçilen hücreyi çevreleyen sekiz hücrenin durumunun doğru saptanmasıdır. Bu ilk adım, sonraki aşamada kendi kendine mekân üretiminin temelini oluşturacağından önemlidir. İlk bakışta karmaşık gibi görünen bu mekân üretim yöntemi, aslında kendi içinde tutarlı basit kuralları olan bir hareket akışının sonucudur. Bu hareket akışını Küçük (2016) aşağıdaki gibi özetlemiştir:

1. Belirlenen hücrenin o anki sekiz komşusundan kaçının CANLI olduğu belirlenmelidir.
2. Belirlenen hücrenin komşularından iki ve üç tanesi CANLI ise bu hücre bir sonraki aşamada da CANLI kalacaktır.
3. Belirlenen ÖLÜ bir hücrenin komşularından SADECE üç tanesi CANLI ise, belirlenen ÖLÜ hücre CANLANACAKTIR (Üreme)
4. Diğer tüm durumlarda hücre ÖLÜ konumda olacaktır (Yalnızlık ve Aşırı Kalabalık kuralları).

Açıklayıcı olması bakımından maddeler halinde verilen hareket akışından esinlenerek eldeki bir zemin planı (Habitat 67) üzerine HO yöntemi kullanılarak diğer katların nasıl üretildiği yukarıda gösterilmiştir. Zemin planının 3 boyutlu bir mekâna dönüştürülmesi sürecindeki hareket akışı aşağıdaki görselde verilmektedir (Görsel 7).



Görsel 7. Yaşam Oyunu Yöntemi ile Mimari Mekân tasarlanmasının döngüsü (Kişisel Arşiv).

HO'nun en bilinen örneklerinden olan Yaşam Oyunu döngüsü, basit kurallarının şaşmaz şekilde birbirini takip eden olayların sonucu olarak, mekân üretiminde beklenmedik, şaşırtıcı ve karmaşık sonuçlar doğurabilir. Ortaya çıkan sonuçlar temelde sistematik bir yaklaşımın ürünü olduğu için objektif, aynı zamanda tasarımcının yaratıcılığını gösterebileceği ve beklenmedik sonuçlar çıkarması bakımından şaşırtıcı olabilmektedir.

Sonuç

Geleneksel üretim yöntem ve süreçlerinin zorluğu, bilgi teknolojisine dayalı daha üretken ve etkin uygulama yöntemleri ve süreçleri arayışlarını doğurmuştur. Gerek mimari gerekse iç mimari tasarımlarında gelişen bilgi teknolojisinden faydalanan ve tasarımcının yaratıcılığını öne çıkaran ürünler ortaya koymak tasarımcılar için önemli bir konu olmuştur. Bu nedenle mekân üretiminde kullanılmış geleneksel yöntemlere ek olarak, günümüzün teknolojik ihtiyaçlarına da yanıt verecek şekilde, sistematik bir yaklaşıma gereksinim olduğu düşünülmüştür. Özellikle 1960'lardan sonra hesaplamalı tasarım konseptleri ve bilgisayar teknolojisinden faydalanılarak; tasarım olgusu çeşitleme ve hız kazanmıştır. Bu süreçte yeni tasarım modelleri ortaya çıkmış, geleneksel modeller de bilgisayar teknolojisinden yararlanarak geliştirilmiş ve yeni uygulama alanları bulmuştur. Bu yeni ve sistematik modellerden biri olan HO, teknik özellikleri ve tasarım özellikleri bakımından irdelenmiş ve modelin aslında YO da olduğu gibi, doğada binlerce yıldır kendi içinde kuralları olan tasarımlar yapageldiği görülmüştür. HO, kuralları net ve kendi içinde tutarlı olduğundan, bu yöntemin kullanıldığı tasarım süreçleri, arazi, çevre ve malzemelerin optimum kullanımına öncülük ettiği gibi özgün ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Tasarımda bilgi teknolojisinin gelişim ve kullanım sürecindeki tasarım aşamalarında HO yönteminin mimari mekân üretiminde bir yaratıcılık ve modelleme aracı olarak kullanıldığı, birçok örneğe rastlanmıştır.

Bu çalışmada, konunun daha iyi anlaşılabilmesi için HO yönteminin pratik uygulamasına örnek olarak Habitat 67 binası zemin kat planı, şematik ve sembolik olarak grid sistemi üzerine yerleştirilmiş ve diğer katların üretilmesinde ve tasarımında bu yöntem kullanılmıştır. Söz konusu grid sistemi tasarımcıya; arazi ve çevreyi daha iyi kullanma yanında daha özgün ve yaratıcı tasarımlar yapma olanağı vermiştir.

HO ile üretilen mekanların pratikteki uygulamalarından verilen örnekler göstermiştir ki, bu yöntem tasarımcının özgün yaratıcılığına yardımcı, bilimsel temelleri olan, aynı zamanda özgün mekânların üretilmesine imkân veren bir modeldir. HO konusuna tasarım perspektifinden bakıldığında, tasarımcılara yeni bir tasarım şablonu ve altlık oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

Tasarımda kullanılan HO yöntemi ile elde edilen üç boyutlu hücresel formasyonlar, sadece gridler üzerindeki hücreler olarak görülmemelidir. Bu aşama, tasarımcı için bir başlangıç noktası veya bir tasarım şablonudur. Tasarımcı amacına yönelik olarak bazen hücrenin

kendisini, bazen hücreyi çevreleyen veya içine alan komşu hücreleri, bazen ölü, bazen canlı hücreleri ve hatta bazen de hücrelerin köşe veya merkez noktalarını kullanarak tasarım yapılabilir. Ortaya çıkan bu dolu veya boş mekanlar (hücreler) her ne kadar tasarımın son çözümü olmasa da tasarımcı tarafından yaratıcılığına göre anlamlandırılabilir ve elde edilen sonuçlara göre, bir tasarım şablonu veya şematik bir çözüm önerisi ileri sürülebilir.

Kaynakça

Abdelmohsen, S. M. (2013). Reconfiguring architectural space using generative design and digital fabrication: A Project based course, Ain Shams University, Egypt. <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2013/0074.pdf>

Burguillo, Juan Carlos. (2018). Cellular Automata. Juan Carlos Burguillo (Ed.). *Self-organizing Coalitions for Managing Complexity*, s. 57-65. Switzerland: Springer International Publishing AG. Doi: 10.1007/978-3-319-69898-4

Çağdaş, G., Bacinoğlu, S. Z., Çavuşoğlu, Ö. H. (2015). Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar. *Mimarlık Dosya*, s. 33-43. Erişim: 06.02.2022. <https://www.researchgate.net/publication/307050280>

Devetakovic, M., Petrusovski, L., Dabic, M., Mitrovic, B. (2009). Les Folies Cellulaires an Exploration in Architectural Design Using Cellular Automata. *12th Generative Art Conference*, s.181-192. Erişim: 14.03.2022. <https://www.generativeart.com/>

Dinçer, Ahmet Emre. (2014). *Hücreyel Özdevinim Yaklaşım ile Kitleysel Konut Tasarımında Sayısal bir Model*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Dinçer, A. E., Çağdaş, G., Tong, H. (2014). Toplu Konutların Ön Tasarım İçin Üretken Bir Bilgisayar Modeli. *Megaron*, 9/2, s. 71-84. Erişim: 23.03.2022. https://jag.journalagent.com/megaron/pdfs/MEGARON_9_2_71_84.pdf

İşbitiren, İrem. (2020). Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım ve Üretim Yaklaşımları: Pavyonlar Üzerine İnceleme. *Tasarım Enformatiği*, 2/1, s. 37-46. Erişim: 24.03.2023. <https://dergi-park.org.tr/tr/download/article-file/1542259>

Kruft, Hanno Walter (1994). *A History of Architectural Theory: from Vitruvius to the Present*. New York, ABD: Princeton Architectural Press. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=OPTfVyHyVW4C&oi=fnd&pg=PA13&dq=Kruft,+H.W.+\(1994\).+A+history+of+Architectural+Theory,&ots=YatKm-Qh3r&sig=rRMf7oo47OnMLZiah7WNF9CrtvE&redir_esc=y#v=onepage&q=Kruft%2C%20H.W.%20\(1994\).%20A%20history%20of%20Architectural%20Theory%2C&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=OPTfVyHyVW4C&oi=fnd&pg=PA13&dq=Kruft,+H.W.+(1994).+A+history+of+Architectural+Theory,&ots=YatKm-Qh3r&sig=rRMf7oo47OnMLZiah7WNF9CrtvE&redir_esc=y#v=onepage&q=Kruft%2C%20H.W.%20(1994).%20A%20history%20of%20Architectural%20Theory%2C&f=false)

Kuruçay, E., Karadağ, İ. (2022). Computational Approaches in 21st Century Architectural Design: Defining Digital Representation Methods. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 10, s. 1201-1217. Doi: 10.29130/dubited.900770

Küçük, Uğur Erdem. (2016). Conway'ın Yaşam Oyunu. *Academia*, Erişim: 02.12.2021. https://www.academia.edu/27200977/Conwayin_Ya%C5%9Fam_Oyunu

March, Lionel. (2011). Forty Years of Shape and Shape Grammars. *Nexus Network Journal*, 13/1, s. 5–13. Doi: 10.1007/s00004-011-0054-8

McIntosh, Harold. V. (2010). Chapte 3/Conway's Life. Andrew Adamatsky (Ed.). *Game of Life Cellular Automata*, s. 17-33. New York: Springer.

Mora, J. C. S. T., Romero, N. H. ve Medina, J. (2015). Reversibility, Simulation and Dynamical Behaviour. Adamatzky, A., Martinez, G. J. (Ed.). *Designing Beauty: The Art of Cellular Automata*. s. 129-135. Mexico City: Springer. Doi:10.1007/978-3-319-27270-2_22

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

Singh, V., Gu, N. (2012). Towards an Integrated Generative Design Framework. *Design Studies*, 33/2, s. 185-207. Doi:10.1016/j.destud.2011.06.001

Yanarateş, D. B., Batmaz, S. K. (2013) Mimaride Sayısal Sistematik Araçlar İle Etkileşim ve Yaratıcılık Ölçütlerinin Geliştirilmesi. *ResearchGate*, Erişim: 24.03.2023. https://www.researchgate.net/publication/344440758_MIMARIDE_SAYISAL_SISTEMATIK_ARACLAR_ILE_ETKILESIM_VE_YARATICILIK_OLCUTLERININ_GELISTIRILMESI

Yüzer, Ş., Yüzer M. A. (2006). Cellular Automata Tabanlı Lucam Modeli ile İstanbul'un Gelişim ve Dönüşümüne İlişkin Makro Form Simülasyonları. *Journal of İstanbul Kültür University*. s. 231-244. Erişim: 15.12.2021. <https://acikerisim.iku.edu.tr/bitstream/handle/11413/429/IKUGuncesiFenveMuh.Bilm.Cilt4Sayi4Aralik2006MehmetAliyuzer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

İnternet Kaynakçası

Biçer, Selin. (2013). Loft Bahçe. *Arkitera*, Erişim: 24.01.2022. <https://www.arkitera.com/proje/loft-bahce/>

Meinhold, Bridgette. (2009). Habitat 67: Montreal's Prefab Pixel City. *Inhabitat*, Erişim: 02.02 2022 <https://inhabitat.com/habitat-67-montreals-prefab-pixel-city/habitat67-5/>

Merin, Gili. (2013). AD Classics: Habitat 67 / Safdie Architects. *ArchDaily*, Erişim: 24.01.2022. <https://www.archdaily.com/404803/ad-classics-habitat-67-moshe-safdie>

