

## KAOS, FRAKTALLER VE MİMARİ TASARIM

Özgür EDİZ<sup>1</sup>, Gülen ÇAĞDAŞ<sup>2</sup>

### Özet

Günümüzde, kavramsal açıdan sıradışı formların üretildiği mimari tasarım yaklaşımlarına sıkça rastlanmaktadır. Yeni tasarım örneklerinin bu yöndeki gelişimi farklı geometrik kurgulardaki formların, dijital tasarım ortamlarında betimlenerek üç boyutlu modellerinin üretilmesi ile desteklenmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen üretken yaklaşımın mevcut bir mimari dile ait kurguya dayalı mimari formların üretilmesinde yaratıcılığı destekleyecek yönde kullanılması amaçlanmıştır. Bu yönüyle model, tasarımların topolojik ve geometrik tanımlarını üretmektedir. Üretilen formlar bağlamla bütünleştirilerek işlevsel özelliklerin atanması ve performans gerekliliklerinin değerlendirilmesiyle mimari tasarım ürünü olarak yorumlanabilir.

### Abstract

In this study, by relying on the fractal dimension and features of an existing architectural language, and by the generation of new forms which will ensure the continuity of the language, a generative approach showing the way to design has been developed. This approach, which reflects the topological and geometric features of architectural design, must be supported with algorithms which, by integrating them with the context, are directed by functional requirements.

**Anahtar Kelimeler:** Üretken tasarım, fraktal kurguya dayalı tasarım, bilgisayar destekli mimari tasarım, mimari dil.

### 1. Giriş

Newton 17. yüzyılda mekanik dünya görüşünü formüle ederek yerçekimi ve optik yasalarını bulmuş ve tüm bunların sonucunda evreni dev bir makine gibi tasarlamıştır. Nedenselci (determinist) olarak adlandırılan bu düşünce, 1960'lı ve 70'li yıllarda gezegenlerin hareketlerinin mekanik bir düzenlilik göstermediği, sanıldığı tersine bu düzenlilikten çok küçük derecelerde de olsa sapmaya uğradığının keşfedilmesiyle son bulmuştur. Söz konusu sapmanın sonucunda bazı gezegenler kaosa sürüklenecek ve tamamen düzensiz hareketler göstereceklerdir. Newton'un *makine* gibi tasarladığı evrenin aslında kararsız bir yapıda olduğu anlaşılmıştır.

Mimari bağlamda Newton'cu evren görüşüne koşutluk gösteren mimarlık örneklerinden Chicago Civic Centre büyük kara bir kutuya benzemekle birlikte dev bir ölçeğe sahiptir; cephesi ise adeta sonsuza kadar tekrarlanan birimlerden oluşur. Adeta iş adamlarının dünyasına ait bir dili vardır ve onlar için tasarlanmış dev bir makinedir. Mies'in yapılarındaki tekrarlar, tıpkı evrenin *düzenli bir makine* olduğu düşüncesi gibi katı, rasyonel, değişikliklere açık olmayan bir tavidir.

Günümüz mimarisi ise, Kaos Teorisi ile keşfedilen fraktaller ve "kendine benzerlik" kavramları çerçevesinde oluşmaktadır. Günümüz mimarisine ait ürünlerin pekçoğunun, biçim dili düzenli, yalın ve Euclid geometrisine dayalı olarak tanımlanabilen geçmişteki örneklerden farklı olarak, karmaşık ve fraktal özellikler gösterdiği görülmektedir. Bu fraktal kurguların bilgisayar ortamında algoritmalarla üretilebilmesi, mimari form arayışlarında tasarımcıya yardımcı olmaktadır.

Kaos ile ortaya çıkan kendine benzerlik kavramının temelinde fraktaller yatmaktadır. Fraktal kavramı yunanca "fractus"dan gelmektedir. Dilimize çevrildiğinde parça, kırma, kırılma, kesir, kesirlere ait ve düzensizlik anlamlarının olduğu görülür. Bu kavram ilk kez Benoit Mandelbrot tarafından kullanılmış ve geliştirilmiştir [1].

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Görükle / Bursa.  
e-mail: [ozguredizi@gmail.com](mailto:ozguredizi@gmail.com)

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bina Bilgisi Ana Bilim Dalı Başkanı, Bilişim Enstitüsü Koordinatörü, Coordinator of Architectural Computing Master's Program, Institute of Informatics İstanbul Teknik Üniversitesi, e-mail: [cagdas@itu.edu.tr](mailto:cagdas@itu.edu.tr).

Bir yapının kitlesinden iç mekanındaki en küçük elemana kadar, yaklaşılarak bir çok kendine benzer ayrıntıya sahip olduğu görülebilir. Gotik mimari bu konuya ait iyi bir örnek olarak gösterilebilir. Bir araştırma ile gotik bir katedralin kolon başlığının, katedralin küçük bir versiyonu olduğu görülür. Bu tıpkı bir paleoantolog'un bir dinazorun arka kemiklerinden faydalanarak iskeletin tamamını çıkarabilmesine benzer. Böylelikle katedralin küçük parçalarından tamamını tahmin etmek olasıdır. Aslında mimarlık tarihinde sıkça rastlanan kendine benzer öğelerden oluşmuş bu yapı, fraktal mimaridir.

## 2. Mimari tasarım süreci ve fraktaller

Mimari tasarım sürecine farklı yaklaşımlar, dijital ortamda tasarım olanaklarıyla gelişmektedir. Var olan bir mimari dokunun, özelliklerinin saptanarak yeni tasarımların oluşturulmasında kullanılması, tasarımı destekleyerek çözüm arayışlarına yön verecek bir yaklaşım olabilir. Mimari dokuların özellikleri fraktal değerlerin belirlenmesi yöntemi ile saptanabilir.

### 2.1. Mimari Tasarımda Fraktal Kurgular

Fraktal kurgular, üretken mimari tasarım alanında yeni bir yaklaşımı destekleyici yönde kullanılmaya başlanmıştır; bilgisayar ortamında algoritmalarla temsil edilebilirler ve mimari formların oluşturulmasında kullanılabilirler.

Fraktaller bilgisayar destekli mimari tasarım alanında, tasarım yardımcı aracı ve sözdizimsel (syntactic) bilginin temsili amacıyla kullanılan biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. Biçim grameri ile karşılaştırılırsa, fraktaller biçimin üretim sürecinde kullanılan kural sayısı daha az, kuralın tekrar sayısı daha fazla ve biçimin kendine benzerlik özelliği yüksek olan, geometrik nitelikli tasarıma yardımcı bir araçtır [2].

Fraktal geometriyle, üretilen basit bir biçim tekrar eden algoritmik bir yapıyla sonuçta karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. Bu algoritma bir başlangıç durumu ve bu başlangıç durumuna uygulanan bir üretim kuralı ile kendi kendine benzeyen biçimleri üretmektedir [3].

Chomsky'nin dilde varolduğunu belirttiği sözdizimsel ve anlamsal özelliklere [4] paralel olarak, Steadman da, mimari dil bilimi olası mimari biçim ve düzenlemelerin oluşturulmasıyla ilgilenen sözdizimi ve bu düzenlemelerin anlamı ile ilgilenen anlam bilim olarak iki bölümde incelemektedir [5].

Bilgisayar ortamında mimari tasarımların üretilmesinde kullanılan modellerde bu iki özellik iki farklı yaklaşımla modellenmektedir:

- Tasarımın topolojik ve geometrik tanımlarını üreten modeller,
- Tasarım tanımları ile performans gereklilikleri arasındaki uyuşumu sağlayan modeller.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen üretken yaklaşımın mevcut bir mimari dile ait kurguya dayalı mimari formların üretilmesinde yaratıcılığı destekleyecek yönde kullanılması amaçlanmıştır. Bu yönüyle model, tasarımların topolojik ve geometrik tanımlarını üretmektedir.

### 2.2 Fraktal değer hesaplanması ve fraktal leke oluşturma yöntemleri

Varolan bir mimari kurgudaki fraktal değer hesaplanması için "kutu sayım yöntemi" kullanılır [6]. Bu yöntem ele alınan kurgudaki detay zenginliğini ve tekrarları dikkate alır. Kutu sayım yöntemi ile hesaplanan fraktal değer, içinde veri bulunan çizgileri içeren kutuların sayılması ve boş kutularla oranlanması ile belirlenir. Daha sonraki aşamada bulunan dolu ve boş kutular aşağıdaki formülde yerlerine konur ve fraktal değer elde edilir.

$$D = \frac{\log(a) - \log(b)}{\log(c) - \log(d)} \quad (1)$$

Kutu sayım yöntemi ile elde edilen fraktal değer, doku hakkında ipuçları verirken, yeni dokuların oluşturulmasında da kullanılabilir.

Araştırılan dokuda ya da öngörülen yeni oluşumda belli bir mimari biçim sözlüğünde bulunan elemanlar ve fraktal kurgusundaki ilkeler kullanılarak geliştirilen üretken modeller, mimari biçimlerin üretilmesinde ve bilgisayar ortamında mimari tasarımda yol gösterici veya yaratıcılığı destekleyici anlamda kullanılabilir.

Oluşturulacak yeni dokular “Curling Yöntemi” ile fraktal kurguya sahip olarak üretilebilir. Curling Yöntemi, Mandelbrot’un bir tür fraktal leke oluşturma sürecinde kullandığı bir yöntemdir. Fraktal leke ortak özellikler gösteren noktalar ya da şekiller grubunu birbirinden ayırmaya yarar. Gökyüzünde yıldız düzenlerindeki, rastlantısal gruplanmış gibi duran yıldız kümelerinin oluşması, Curling Yöntemi ile açıklanabilir [6].

### 3. Mimari tasarım amaçlı fraktal model

Bildiri kapsamında mevcut bir mimari dile ait yapıların ve örüntülerin tasarıma ait geometrik kurguları incelenerek yeni tasarımların üretilmesinde yol gösterici olabilecek fraktal geometriye dayalı bir model önerilmektedir. Bu kapsamda, mimari bir düzenleyimi oluşturan temel gramer kurallarının, benzer tasarım örneklerinin analiz edilmesiyle tanımlanabilmesi ve çıkarılan bu kurallara dayanılarak yeni tasarımların üretilmesine yön verecek düzenleyimleri üretmek amaçlanmıştır. Önerilen modelin mevcut çevrenin özgün dokusal dilini fraktal geometri ile tanımlayarak yeni özgün dokuların üretilmesinde form arayışları bağlamında yaratıcılığı destekleyebileceği düşünülmektedir [7]. Bu modelin geliştirilmesinde aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilmiştir:

- Curling yöntemini kullanarak seçilen bir birimden oluşan ve fraktal özellik gösteren farklı yerleşme dokuları oluşturmak amacıyla bir algoritma geliştirilmiştir.
- Geometrik olarak tanımlanan bir başlangıç biçimine farklı fraktal değerlerin uygulanmasıyla farklı formlar oluşturan üretken bir algoritma geliştirilmiştir.
- Geliştirilen algoritmaların uygulamasına veri oluşturmak amacıyla mevcut bir mimari doku seçilmiştir. Fethiye/Kayaköy yerleşmesi karakteristik mimari dokusu nedeniyle ele alınarak yerleşme, sokak ve konut ölçeğinde fraktal özellikleri saptanmıştır. Fraktal değerlerin saptanmasında kutu sayım yöntemi kullanılmıştır.
- Kayaköy yerleşmesinin ve seçilen bir sokak dokusunun fraktal değerleriyle, konutların tipolojik ve fraktal özelliklerinin geliştirilen algoritmalara uygulanmasıyla yeni tasarım önerilerinde dokunun sürekliliğini sağlayabilecek seçenek çözümler üretilmiştir.

Önerilen yaklaşımın uygulanması için öncelikle yerleşmenin daha sonra, yerleşmedeki mevcut bir sokağın ve bu sokaktaki farklı plan kurgusuna sahip konutların fraktal değerleri hesaplanmıştır. Kutu sayım yöntemi ile elde edilen değerler, yerleşme, sokak ve konutlar düzeyinde yorumlanmıştır. Bu değerlendirme sonucunda dokunun sürekliliğinin varlığı araştırılmış, konut–topografya ilişkisi irdelenmiştir. Fraktal değerlerin hesaplanması ile elde edilen değerler, oluşturulacak yeni doku için veri olarak kullanılmıştır (Tablo 1).

<sup>1</sup> D: Fraktal değer

a: sonraki çevrimde sayılan dolu kutu sayısı

b: önceki çevrimde sayılan dolu kutu sayısı

c: sonraki çevrimde yer alan alt satırdaki kutu sayısı

d: önceki çevrimde yer alan alt satırdaki kutu sayısı

Tablo 1: Fraktal değerler

|                |       |
|----------------|-------|
| Genel yerleşme | 1,627 |
| Sokak dokusu   | 1,438 |
| Konut 1        | 1     |
| Konut 2        | 1,52  |
| Konut 3        | 1,16  |
| Konut 4        | 1,29  |
| Konut 5        | 1,42  |

### 3.1. Mimari tasarım amaçlı algoritmalar

Çalışma kapsamında kitlesel form arayışları için geliştirilen algoritma, farklı fraktal boyutlara bağlı olarak farklı seçenekler sunmaktadır. Bu algoritmayla, mevcut bir mimari dokuya ait fraktal değerlerin uygulanmasıyla dokunun sürekliliğini yansıtabilecek fraktal kurgularda kitle seçenekleri oluşturulmaktadır. Burada geliştirilen algoritmalarından biri olan yerleşme düzeni oluşturmaya yönelik algoritma, yalnız üretilecek kitlelerin topoğrafya ile ilişkilendirilerek yerleşme konusunda leke oluşturmaya yöneliktir.

#### 3.2. Fraktal kurguya dayalı yerleşme düzeni üretimi

Üretken mimari tasarım amaçlı algoritmaların oluşturulmasına, öncelikle elde edilen konut plan şemalarının mimari bir biçim grameri kitaplığında toplanması ile başlanmıştır. Her konuttaki oda ve diğer birimlerin ayrı ayrı tipolojik özelliklerinin bulunması biçim sözlüğünün oluşturulmasında yardımcı olmuştur. [8] Bu çalışma kapsamında, konutlardaki mekansal özellikler (oda sayıları, hayat düzeni, iç mekan kurgusu, mekanların yanyana geliş kuralları), geometrik özellikler (oda boyut ve konumları, formları, pencere boşlukları, kapı boşlukları, vb.), topoğrafya ve manzara ile kurulan ilişkiler incelenmiştir.

Üretken fraktal yerleşmelerin oluşturulması için geliştirilen algoritmalar, “C++” bilgisayar programlama dili ile yazılmıştır. Geliştirilen algoritmalar, sözdizimsel ve biçimsel özellikler açısından, uygulama için seçilen alandan bağımsız ve alanın fraktal kurgusuna dayalı olmak üzere iki farklı yaklaşımla üretilmiştir.

Alandan bağımsız olarak geliştirilen algoritma içinde, toplam beş temel üretken algoritma vardır. Bu algoritmaların her biri ayrı özellikte bir yerleşme kurgusu oluştururlar. Konutların sanal araziye yerleştirilmesinde Curdling yöntemi kullanılmıştır. Bu beş algoritmanın birbirinden farkı ise, olasılık oranlarının birbirinden farklı olmalarıdır.

Alana bağımlı olarak oluşturulan algoritmalar ise, Kayaköy’de bulunan mevcut sokağın fraktal değeri ve Kayaköy topoğrafyasını dikkate alarak oluşturulmuştur

Geliştirilen üretken algoritmayla, Kayaköy’deki sokak dizilerinin oluşmasını sağlayan üç adet tepe yapay olarak kurgulanmıştır. Sonraki aşamada Kayaköy’de bulunan üç ayrı konut tipi bu çalışmada kullanılmak için seçilmiştir. Seçilen konutlarla Kayaköy’deki mevcut sokağın fraktal değerinde ve daha farklı değerlerde yeni sokaklar ve yeni yerleşim lekeleri oluşturulmuştur

### 3.3. Fraktal kitle tasarımı

Fraktal özellikler gösteren mimari kitleler oluşturma amacıyla C++ bilgisayar programlama dilini kullanarak çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Fraktal kurgu Archimedes’in “orta noktanın yer değiştirmesi” (Midpoint Displacement) yöntemi ile oluşturulmuştur. Geliştirilen program, her fraktal değer için “Direct X” yazılımını kullanarak bir animasyon oluşturur. Animasyon kitlelerin kendi etraflarında dönmesiyle oluşur.

Kitlelerin etkisini artırmak amacıyla ışık-gölge ve kontrast oluşturmak için çeşitli renkler belirlenmiştir. Böylece, animasyon ile meydana gelen fraktal kurguyu daha açık olarak izlemek mümkün olmuştur. Geliştirilen algoritmalar yerleşmelerin üretilmesi algoritmalarında olduğu gibi, alandan bağımsız ve alana bağımlı olarak iki farklı kurguya sahiptir.

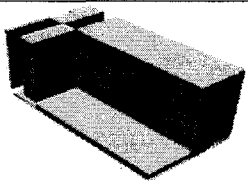
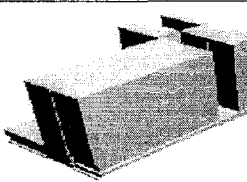
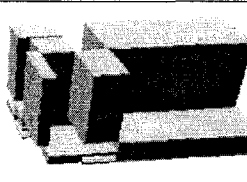
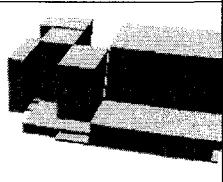
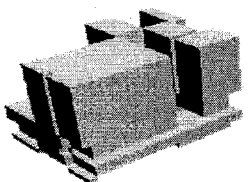
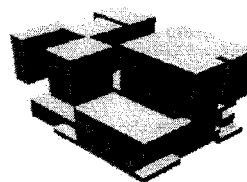
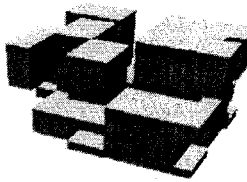
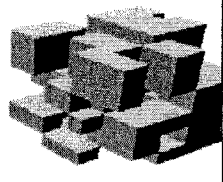
Alandan bağımsız olarak tasarlanan algoritma fraktal değerini değiştirilerek farklı form seçenekleri üretir. Başlangıç formu olarak mekan oluşturmada en basit üç boyutlu geometrik form olan “küp” kullanılmıştır. Bu küplerden 125 adet salkım oluşturacak şekilde, fraktal değeri 1.1’den 1.9’a kadar kitlesel formlar oluşturulmuştur.

Tablo 2’de fraktal değer yükseldikçe, küplerin daha karmaşık bir form oluşturduğu, fraktal değer azaldıkça ise küp öbeğinin daha az parçalanarak Euclid geometrisiyle tanımlanabilecek formların oluştuğu görülmektedir.

Mevcut mimari dokuya ilişkin fraktal kurgunun uygulanması amacıyla fraktal değeri daha önce incelenen “Konut 2” ele alınmış ve fraktal değerini değiştirilerek farklı seçenekler üretilmiştir. “Konut 2”nin özgün mekansal kurgusu, fraktal değeri 1.1 ile 1.9 arasındaki değeriyle, ortaya çıkacak formlar bağlamında incelenmiştir. (Tablo 2)

Fraktal değer 1.0 olduğunda, “Konut 2” özgün kitlesel etkisini korumuştur. Fraktal değeri artırıldıkça konuttaki kitlesel hareket artmıştır .

Tablo 2: Fraktal değere dayalı fraktal kitle tasarımı

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 1.1   | 1.2   | 1.3  | 1.4   |
|   |   |   |   |
| 1.5   | 1.6   | 1.7  | 1.8   |
|  |  |  |  |

Formu oluşturan algoritmaya mekan, mekan grupları ve işlevsel bilgileri içeren verilerin girilebileceği bir algoritma eklendiğinde somut mimari örnekler üretilebilir. Geliştirilen algoritma mevcut konut tipolojilerini ve mevcut dokudaki fraktal kurgunun sürekliliğini sağlayarak farklı fraktal değerlerde yeni konut ve konut gruplarının üretiminde form arayışına yöneliktir.

#### 4. Sonuçlar

Mimari ön tasarım aşamasında form arayışlarında yol gösterici olmak üzere geliştirilen bu model, biçim gramerlerinin ve fraktallerin mimari ürüne ait sözdizimsel ve biçimsel bilgiyi betimleme özelliğini taşımaktadır. Böylelikle, üretken bir algoritma ile oluşturulan bu yaklaşım, sözdizimsel ve biçimsel kurgular oluştururken, mimari tasarıma katkı sağlayabilen öneriler üretebilir bir yapı oluşturmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım yaklaşımları günümüz mimarlığında yeni yaratıcı olanaklar sunmaktadır.

- Biçim gramerinin bir alt kümesi olan fraktaller mimari tasarıma yardımcı bir araç olarak sözdizimsel bilginin temsili amacıyla kullanılabilirler.
- Varolan bir çevrede yeni mimari tasarımların üretilmesinde dokunun sürekliliğini sağlamak amacıyla fraktal özellikler tasarıma bir başlangıç noktası oluşturabilir.
- Yapay ya da doğal bir çevrenin analizi ile elde edilen fraktal değerden, o çevre ile ilişki kurmak amacıyla yararlanılabilir. Bu çevre doğal bir çevre olabildiği gibi, özgün bir yapısı olan yapay bir çevre de olabilir. Mevcut ağaç dokusu, topografik yapı ya da varolan mimari yeni bir oluşumun üretilmesinde fraktal özellikler kullanılabilir.
- Geliştirilen üretken algoritma, belirli bir mimari doku ile ilişkilendirilerek alana bağlı ya da alandan bağımsız olarak yeni doku ve mimari form üretme olanağı vermektedir.

Kutu sayım yöntemi ile elde edilen fraktal değerler analiz edildiğinde aşağıdaki sonuçlarla karşılaşmıştır:

- Dokudaki farklı ölçekler arasındaki kurgusal sürekliliği fraktal değerini değişimiyle izlemek mümkündür.
- Dokudaki ya da dokular arasındaki uyumu ya da uyumsuzluğu incelemekte fraktal değerden yararlanılabilir.
- Doğal ve yapay çevre arasındaki bağın varlığı fraktal değer ile anlaşılabilir.
- Varolan bir yapay çevre ile farklı yapay çevreler arasındaki bağın varlığı fraktal değer ile incelenebilir.
- Farklı alanlardaki dokular araştırılarak, ortak bir yönün varlığı yine fraktal değer ile saptanabilir.

Geliştirilen model Kayaköy bağlamında uygulanmış ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Alan çalışması bağlamında seçilen Kayaköy yerleşmesi, fraktal değer açısından incelenmiş ve yerleşme ölçeğinden konut ölçeğine kadar fraktal sürekliliğin olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar yerleşmenin fraktal kurguya uygunluğunu gösterir niteliktedir.

Gerçekte her aşamada yapılan fraktal değer hesabından elde edilen sonuçlar, yalnız, sokak ve konut dokusuna ilişkin sonuçlar değildir; aynı zamanda bu dokuyu biçimlendiren sosyo-kültürel yapıya ve doğal çevreye, özellikle topoğrafyaya ait verileri içermektedir. Chomsky'nin dil kuramına göre, doğal, yapay ve kültürel çevreyi oluşturan verilerin, tıpkı bir dil gibi göstergeler dizgesi oluşturduğu yaklaşımı ile de bağıntı kurulduğunda, fraktal değerlerin sürekliliği daha anlamlı bir hale gelir. Böylece, konut lekelerinin ve yerleşmenin kurgusunun sosyo-kültürel, ekonomik ve topografik yapı ile doğrudan ilişkili olduğu izlenir.

#### Kaynaklar

- [1] Mandelbrot, B., (1982), "*The Fractal Geometry of Nature*", W. H. Freeman And Company, New York.
- [2] Schmitt, G., Chen, C.C., (1991), "Classes of Design - Classes of Methods – Classes of Tools", *Design Studies*, 12, 4, 246 – 251.
- [3] Çağdaş, G., (1994), "Fraktal Geometri ve Bilgisayar Destekli Mimari Tasarımdaki Rolü", *CAD+ Bilgisayar Destekli Tasarım ve Ötesi*, 23, s. 28-31.
- [4] Chomsky, N., (1965), "*Aspects of the theory of syntax*", MIT press, Cambridge.
- [5] Steadman, P., (1983), "*Architectural Morphology*", Pion Ltd., London.
- [6] Bovill, C., (1996), "*Fractal geometry in architecture and design*", Birkhauser, Boston.
- [7] Ediz, Ö., (2003), "*Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım*" Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Programı, İ.T.Ü (Danışman: G. Çağdaş)
- [8] Saraç, H., (2001), "*Kayaköyü Konutlarının Koruma ve Restorasyon Sorunları*", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.