

FRAKTAL GEOMETRİNİN İÇ MİMARİ KURGUDA KULLANIMINA YÖNELİK
BİR ARAŞTIRMA

Kartal TURHAN

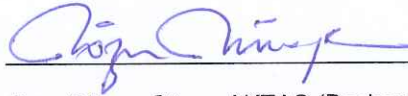
Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2018

KABUL VE ONAY


KARTAL TURHAN tarafından hazırlanan "FRAKTAL GEOMETRİNİN İÇ MİMARİ KURGUDA KULLANIMINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA" başlıklı bu, 03.09.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.



Doç. Gözen Güner AKTAŞ (Başkan)



Dr. Öğr. Üyesi Duygu KOCA (Danışman)



Doç. Selin MUTDOĞAN



Dr. Öğr. Üyesi Emre DEMİREL



Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Cankız ELİBOL

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Pelin YILDIZ

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

03.09.2018



Kartal TURHAN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

09.11.2018



Öğrencinin Adı SOYADI

KARAL TURHAN

⁽¹⁾ "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*"

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerde ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlerle ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanının Dr. Öğr. Üy. Duygu KOCA danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Kartal TURHAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benden bilgisini esirgemeyen ve sabırla destek olan Dr. Öğr. Üyesi Duygu KOCA'ya, tez sürem boyunca bana destek olan tüm danışman hocalarıma, tez süresinden öte yaşamım boyunca beni destekleyen aileme ve bir aile gibi destek olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.



ÖZET

TURHAN, Kartal. *Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2018.

Tasarım ve mimarlık alanında fraktal geometri ile ilgili 20. yüzyılın sonlarından itibaren birçok araştırma yapılmıştır. Çağdaş mimarlık anlayışı multidisipliner şekilde çalışmaktadır. Bundan dolayı başka disiplinlerde ortaya çıkan yeni bazı kavramlar yapı tasarımında yeni sistemleri doğurmuştur. İç mimari tasarım da teknolojiye ve bilimden etkilenmektedir. Bu nedenle bu tezde yeni bir sistem olan fraktal yapıların iç mekanda etkileri ve potansiyeli incelenmektedir.

İç mimarinin mekansal yetenekleri ile teknolojik bir araç olan fraktal yapılar ortaya çağımızın mekansal problemlerini çözebilecek potansiyeli taşımaktadır. Bilgisayar teknolojisinin 1970 sonrası sıçrama yaşamasıyla o tarihlerden itibaren fraktal geometrinin yapısı anlaşılır hale gelmiştir. Günümüzde yapı tasarımında basit konseptler halinde kullanılmaktadır. Daha gelişmiş konseptler gelecekte belki de uygulanabilir olacaktır. Bu tezde günümüzdeki durum ve etkileri hakkında sonuçlara ulaşılabilecektir.

Birinci bölümde tezin amacı ve yöntemi açıklanmış konuya giriş yapılmıştır. İkinci bölümde kavramsal bilgiler verilerek bu kavramlar karşılaştırmalı olarak tartışılmış ve üçüncü bölümün altyapısı hazırlanmıştır. Üçüncü bölümde ise mekansal ve fraktal kavramları ilişkilendirilip örnekler üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: İç Mimari, Tasarım, Fraktal, Fraktal Geometri, Mekan, Kurgu

ABSTRACT

TURHAN, Kartal. *A Research on the Use of Fractal Geometry in the Interior Architecture*, Master's Thesis, Ankara, 2018.

Many researches have been carried out since the end of the 20th century about fractal geometry in the field of design and architecture. The concept of contemporary architecture works in a multidisciplinary manner. Therefore, some new concepts that emerged in other disciplines gave birth to new systems in building design. Interior design is also influenced by technology and science. Therefore, in this thesis, the effects and potential of the fractal structures, which are a new system, are investigated.

With the spatial capabilities of interior architecture, the fractal structures which are a technological tool have the potential to solve the space problems of our age. The structure of fractal geometry has become understandable since 1970, when computer technology experienced a leap after 1970. Today it is used as simple concepts in building design. More advanced concepts will probably be applicable in the future. In this thesis, the current situation and its effects will be reached.

In the first part, the purpose and method of the thesis is explained. In the second part, conceptual information was given and these concepts were discussed comparatively and the infrastructure of the third chapter was prepared. In the third chapter, space and fractal concepts were correlated and the results were evaluated.

Key Words: Interior Architecture, Design, Fractals, Fractal Geometry, Space, Organizing

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iii
ETİK BEYAN	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Yöntem	2
2. FRAKTAL GEOMETRİ	3
2.1. Fraktal Geometri Nedir?	3
2.2. Fraktal Geometrinin Tarihsel Gelişimi	13
2.2.1. Fraktalların Keşfi ve Öncesi	14
2.2.2. Yakın Dönem Fraktal Çalışmalar	19
2.3. Fraktal ile İlgili Kavramlar, Metodlar ve Karşılaştırmalar	20
2.3.1. Kaos ve Karmaşıklık Teorisi	21
2.3.2. Belirme Teorisi	23
2.3.3. Hücresel Otomasyon (Cellular Automaton)	25
2.3.4. Doğrusalsızlık (Non-Linearity)	27
2.3.5. İterasyon (Iteration) ve Özyineleme (Recursion)	27
2.3.6. Parametrik ve Üretken Tasarım	28
2.4. Fraktal Geometrinin Pratikte Kullanımı	31
2.4.1. Vektör Bazlı Fraktallar ve Üretim Yöntemi Olarak Tekrarlayan Fonksiyon Sistemleri	32

2.5. Bölüm Sonucu.....	39
3. İÇ MİMARİ VE FRAKTAL GEOMETRİ.....	41
3.1. Mekan ve Fraktal	41
3.2. Mekan Tasarımında Fraktala Yaklaşım Yöntemleri	47
3.3. Örnekler ve Gruplandırma.....	48
3.3.1. İlk Örnek Grubu: Uygulanmış Örnekler.....	49
3.3.1.1. Federation Square, LAB ARCHITECTURE STUDIO Örneği.....	49
3.3.1.2. Louvre Abu Dhabi, ATELIERS JEAN NOUVEL Örneği.....	59
3.3.1.3. İlk Grup Değerlendirmesi.....	66
3.3.2. İkinci Örnek Grubu: Kavramsal Örnekler	70
3.3.2.1. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi, OCEAN NORTH Örneği.....	70
3.3.2.2. Serouissi Pavyonu, BIOTHING Örneği	74
3.3.2.3. İkinci Grup Değerlendirmesi	78
4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	83
EK1 : TURNITIN RAPORU	

KISALTMALAR DİZİNİ

IFS – Iterated Function System (Tekrarlayan Fonksiyon Sistemi)



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Öklid Geometrisi ve fraktal geometri karşılaştırması

Tablo 2. Britanya kıyılarının fraktal olarak segment – kıyı uzunluğu tablosu



ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1. Öklid, Hiperbolik ve Eliptik Geometri
- Şekil 2. Doğada, Geometri'de ve Matematikte Fraktal
- Şekil 3. Hilbert Eğrisi
- Şekil 4. Britanya kıyılarının bir çizginin segmentlerini arttırarak ölçülmesi
- Şekil 5. Amerika'da bulunan Mead Gölü'nün kıyısı havadan görünüm
- Şekil.6. Bilgisayar ile oluşturulmuş dağ şekilleri ve fraktal (pürüz) değerleri
- Şekil 7. İdeal, Doğal ve Mükemmel Kendine Benzerlik Illüstrasyon Karşılaştırmaları
- Şekil 8. Leibniz tarafından keşfedilen ilk fraktal
- Şekil 9. Lorenz Çekicisi
- Şekil 10. Hücresel Otomasyon
- Şekil 11. soldan sağa – Von Neuman Komşuluğu, Moore Komşuluğu, 5x5 Moore Komşuluğu
- Şekil 12. Hücresel yerelleşme örneği
- Şekil 13. Ejderha Eğrisi (Dragon Curve)
- Şekil 14. Recursive fraktal örneği
- Şekil 15. Yukarı soldan sağa doğru sırasıyla: Ağaç fraktali, Cesaro Fraktali, Barnsley'in Eğrelti Otu, Ejderha Eğrisi, H-Fraktali, Sierpinski Eğrisi Şekil 16.
- Şekil 16. Koch Eğrisi oluşum şeması
- Şekil 17. Menger Süngeri
- Şekil 18. Barnsley'in eğrelti otu
- Şekil 19. Lindenmayer Sistemi
- Şekil 20. Federasyon Meydanı fotoğrafı
- Şekil 21. Federation Square'in yerleşim planı
- Şekil 22. Donald Bates tarafından çizilmiş bir konsept skeç: Yeni tür bir mekansal organizasyon için bir gösterim
- Şekil 23. Federasyon Meydanı'nın vaziyet planı
- Şekil 24. BMW Edge Performans Salonu
- Şekil 25. Doğramalarda devam fraktal yapının içeriden görünüşü
- Şekil 26. Farklı ölçeklerde fraktal üretimler
- Şekil 27. Ön cephe detayı, 5 adet $1:2:\sqrt{5}$ üçgenin bir araya gelerek farklı ölçekte ve aynı oranda başka bir üst üçgen oluşturması (üstte), panel detayları ve taşıyıcılar (altta)
- Şekil 28. Atrium: ikincil çelik elemanlar (üstte), konsept model (altta)

- Şekil 29. Atrium: Cam Levha, farklı diziliş şekilleri
- Şekil 30. Atrium'un konsept modeli
- Şekil 31. İç Mekan Görünüşü, fraktal etki
- Şekil 32. Kesit ve görünüşler
- Şekil 33. Louvre Abu Dhabi iç görünüş
- Şekil 34. Abu Dhabi ve Müzenin bulunduğu Saadiyat Adası
- Şekil 35. Louvre Abu Dhabi kubbenin yerleşimi ve çevresi, kuşbakışı görünüş
- Şekil 36. Uzay çerçeve strüktür ve çok katmanlı cephenin ilişkisi detayı, patlatılmış konstrüksiyon
- Şekil 37. Kubbedeki iç ve dış katmanların bağlı olduğu taşıyıcı strüktür
- Şekil 38. Büyük Çember gridi ve birincil parametreleri: temel örüntü elemanı; yönelim, ölçek; cidar kalınlığı
- Şekil 39. Kubbe'nin bitiş bölümünü ile mekanların ilişkisi
- Şekil 40. Doğal ışığın kubbenin etkisiyle birlikte müzeye dahil edilmesi
- Şekil 41. Farklı ışık geçirgenliğinde üretilmiş(generated) iki kubbe modelinin karşılaştırılması
- Şekil 42. Işığın kubbeden içeri süzülüşü
- Şekil 43. Otomatize edilmiş örüntü oluşum süreci görselleştirmesi ve geçirgenlik analizi
- Şekil 44. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi Maketi
- Şekil 45. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi - Karmaşık Kafes Sistemin Parametrelere Duyarlılığını Gösteren Model
- Şekil 46. Serioussi Pavillion
- Şekil 47. Serioussi Pavillion
- Şekil 48. Serouissi Pavyonu Çatı Görünüşü
- Şekil 49. Serioussi Pavillion Dış Dokusu
- Şekil 50. solda – Serioussi Pavyonu Konsept, sağda: Serioussi Pavyonu Dış Görünüş

1. GİRİŞ

Bu bölümde tezin amacı ve yöntemi açıklanacaktır. Bu tezin amacı iç mimari yaklaşım temel alınarak, fraktal geometrinin kullanıldığı yapılara ve iç mekan biçimlenişine etkilerini ve bu yöntemin mekan üretimindeki potansiyelini incelemektir. Çalışma temelde fraktal geometrinin tanımını ve tarih içerisinde farklı disiplinler arasındaki yerini incelemekte, fraktalın farklı kavramlar ile ilişkisini ve karşılaştırmasını yapmakta ve son olarak yapı tasarımı ile ilişkisini kurmaktadır. Bir tasarım yöntemi olarak fraktal geometrinin mimaride kullanımı ve örnekler üzerine yoğunlaşmaktadır. Mevcut uygulanmış yapı örneklerinin yanı sıra kavramsal örneklere de yer verilmiş, bu örnekler çalışma içerisinde belirlenen ölçütler üzerinden analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucu fraktal geometrinin iç mekan oluşturabilme kapasitesi sorgulanmıştır.

1.1. Amaç

Teknoloji ve tasarım günümüzde birbirinden ayrılmaz iki kavram haline gelmişlerdir. Tasarım teknolojinin gelişimine bağlı olarak sürekli bir beslenme halindedir ve kendini değiştirir. İç mimari tasarım sürecinde ise geometri temel tasarım araçlarından biridir. Geometri olmazsa tasarım kuralları neredeyse uygulanamaz denebilir. Öte yandan çoklu-disipliner projelerin ve çalışmaların günümüzde artmasıyla bir tasarımcı için teknoloji kullanımı disiplinler arası geçiş ve ortak bir platform üzerinden iletişim için zorunlu hale gelmiştir. Teknoloji ve geometrinin bir arada kullanımı ise ortaya farklı kavramlar ve tasarım süreci için farklı yöntemler ortaya çıkarmaktadır.

Bu sebeple çalışma, mekan tasarımında teknoloji ve geometrinin biraraya getirildiği bir yöntem olan fraktal yaklaşımı örnekler üzerinden inceleyerek mekan üretimi açısından potansiyelini tartışmaya ve basit formlar ve algoritmik kurallarla karmaşık sonuçlara nasıl ulaşılabileceğini görmeye odaklanmaktadır. Edinilen bilgilerle iç mimarlık alanında fraktal formların hem uygulamada ve hem de teoride ne tip faydaların olduğu ve bu yeni yöntem ile neler yapılabileceği değerlendirilecektir.

Çalışma için seçilen örnekler uygulanmış ve teorik olarak iki gruba ayrılmış, hem kendi içlerinde hem de gruplar arası olarak analiz edilmiştir. Böylece somut uygulanmış mekanlar ile teorik bir biçimlenişin karşılaştırılması somutu soyut, soyutu da somut gözü ile tekrar değerlendirecek ve mekan üretimine yeni bir pencere sunmayı

amaçlamaktadır. Fraktal geometrinin mekan biçimlenişi ve iç mimarlık için yeni bir tasarım yöntemi olabilmesi ve ileriki çalışmalara bir ön çalışma olması hedeflenmiştir.

1.2. Yöntem

Bu çalışmada mevcut yazın taraması yoluyla problem tespiti, kavramsal araştırma ve tanımlanan ölçütler üzerinden mekan analizi yapılmıştır. Mevcut yazın araştırması yapılarak problem ele alınıp, iç mimari bakış açısıyla fraktal ve yeni teknolojik yaklaşımların mekansal üretime katkıları saptanmaya çalışılmıştır. Mevcut yazın taraması esnasında tezler, makaleler, süreli yayınlar, web, videolar, röportajlardan faydalanılmıştır.

Kavramsal araştırmalar yapılırken mevcut yazın içerisinde fraktal geometri ve ilgili kavramların tanımları yapılmış ve çeşitli disiplinler içerisindeki konumları karşılaştırılarak bütüncül bir kavramsal tanıma ulaşılmıştır. Fraktal geometrinin tasarım disiplinlerinde kullanılan yakın terminolojik tanımlara ileride incelenecek örneklerin anlaşılabilmesi adına yer verilmiştir. Bunlara kısaca değinildikten sonra dünya üzerinde güncel olarak bu konuda araştırılabilecek örnekler incelenmiştir.

Mevcut durum analizi için dört adet çalışma seçilmiştir. Bu çalışmalardan iki tanesi uygulanmış yapılardır. İki tanesi ise uygulaması yapılmamış, yalnızca kavramsal olarak üretilmiş örneklerdir.

Literatürde başka kaynaklar tarafından da analizi yapılan ve birçok mimari kritiğin de edinilebildiği güncel ve fraktal geometrinin tezde belirlenen ölçütler üzerinden incelenmesine uygun yapılar olduğu için bu örnekler seçilmiştir. İkişerli gruplara ayıracak şekilde toplamda dört adet örnek uygun bulunmuştur. Örnek yapılar ve kavramsal çalışmalar biçimsel, kavramsal (konsept), mekansal organizasyon, dış mekan ile ilişki, sirkülasyon, strüktür, estetik ve kullanıcı deneyimi ölçütleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Örnek incelesinden çıkan bulgular üçüncü bölümde değerlendirilmiş, dördüncü bölümde ise tartışma ve genel sonuçlara yer verilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara istinaden gelecek araştırmalar için öneriler paylaşılmıştır.

2. FRAKTAL GEOMETRİ

Bu bölümde tezin odağını oluşturan fraktal geometrinin tanımları ve kavramsal incelemeleri yapılmıştır. Tanımlardan sonra bu kavramın nasıl ortaya çıktığını daha iyi anlamak ve mevcut yazındaki gelişimini görebilmek için bir tarihsel iz çıkarılmaya çalışılmıştır. Tanımının yanı sıra farklı disiplinlerde ne amaçla ve nasıl kullanıldığından bahsedilmiştir. Bir sonraki kısım ise fraktal kavramı ile alakalı olan yakın kavramlara ve onu etkileyen olguların açıklanmasına ayrılmıştır. Son olarak bölümün tamamından çıkarılan ana fikir ve bir sonuç yazısı bulunmaktadır.

2.1. Fraktal Geometri Nedir?

Fraktal asıl olarak matematik disiplinine ait bir kavramdır. Daha sonra diğer disiplinlerde de kullanılmaya başlanmıştır. 19. yüzyılın sonlarında bazı bilim insanları tarafından bazı örnekleri verilmesine rağmen tam olarak açıklanması 20. yüzyılın sonlarını bulmaktadır. Fraktal geometri için bir dönüm noktası sayılan *The Fractal Geometry of Nature* (1982) adlı kitabında fraktal adını neden verdiğini Polonyalı/Fransız/Amerikan matematikçi Benoit Mandelbrot şöyle açıklar;

“Fraktal terimini, Latin "Fractus" sıfatından türettim. Buna benzer olan Latin "frangere" adlı eylem, düzensiz parçalar oluşturmak için "kırmak" anlamına geliyor. Bu sebeple, fragmented kelimesinin olduğu gibi fractus kelimesi de "düzensiz" manasına gelmesi akla yatmaktadır, ki tam da ihtiyaçlarımıza uygundur, ve iki anlam da fragment kelimesinin içinde saklı kalmaktadır (Mandelbrot, 1982).”

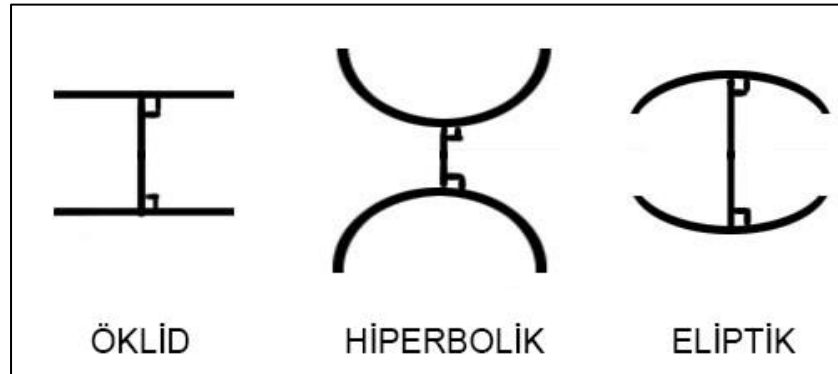
Fraktal sözcüğü Latince “fractus” kelimesinden gelmektedir. Mandelbrot bu ismi verirken fraktal yapıların iki özelliğini (düzensizlik ve pürüzlülük) aynı anda içinde barındırmasından dolayı seçmiştir. Bu iki kavram fraktal geometrinin tüm özelliklerini içermese de içerdiği önemli iki özelliği barındırmaktadır. Dolayısıyla fraktal yapıların analizinde düzensizlik ve pürüzlülük kavramları fraktal yapıları analiz ederken kullanılacak iki kavramdır.

Türkçe'de ise fraktalın yerini alan bir sözcük bulunmamasına karşın Türk Dil Kurumu "fraktal" sözcüğünün tanımını aşağıdaki gibi yapmıştır;

"fraktal İng. fractal
BSTS / Ekonometri Terimleri Karşılıklar Sözlüğü
fraktal İng. fractal
Kesir boyutlu küme.
BSTS / Matematik Terimleri Sözlüğü 2000
 (TDK, 2018)."

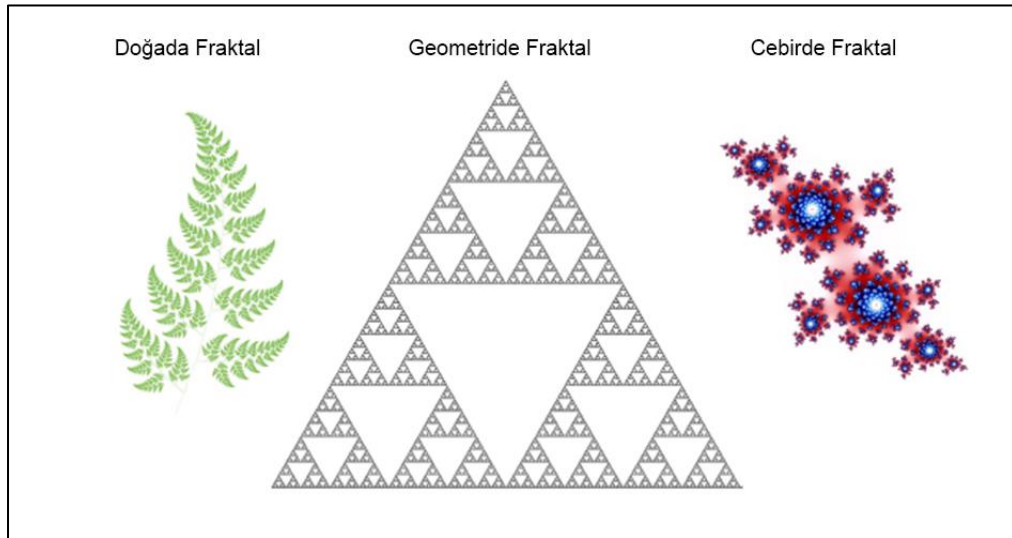
Fraktal geometrinin doğduğu ana disiplin matematikte ise bu alanda günümüzde önemli bir bilim insanı olan Stephen Wolfram'ın kurduğu Wolfram adlı bilgi platformunda Öklid Geometrisi'nin tanımı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

"Öklid Geometrisi, Öklid'in beşinci kuralına dayalı, aynı zamanda parabolik geometri olarak da adlandırılan bir geometri çeşididir. İki boyutlu Öklid Geometrisi "plane geometri", üç boyutlu Öklid Geometrisi ise "solid geometri" olarak adlandırılır. Hilbert, Öklid'in geometrisinin kendi içerisinde bütünlüğünü kanıtlamıştır (Euclidian Geometry, 2018)."



Şekil 1. Öklid, Hiperbolik ve Eliptik Geometri (Non-Euclidean Geometry Art, 2018)

Fraktal geometri, Öklid Geometrisi'nin yerini alacak yepyeni bir geometri değildir. Öklid Geometrisi'nin açıklık getirilemeyen bazı konularının daha kapsamlı hale getirilerek açıklığa kavuşturulmuş halidir. Bununla beraber fraktal geometrinin temeli yine Öklid Geometrisi'ne dayanmaktadır. Dolayısıyla tasarımda ve mimaride Öklid Geometrisi'ni temel alan yeni biçimler görülmeye başlamaktadır.



Şekil 2. Doğada, Geometri'de ve Matematikte Fraktal

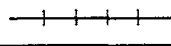
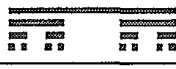
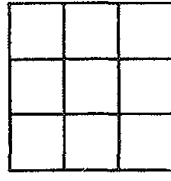
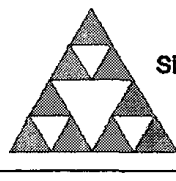
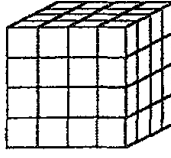
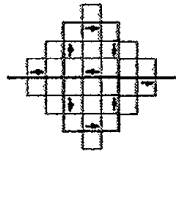
Mandelbrot dünyadaki hiçbir objenin Öklid (Euclid) geometrisindeki gibi pürüzsüz olmadığını söyler. Ona göre doğadaki yapıların hiçbiri teorideki gibi pürüzsüz değildir. Bundan dolayı Mandelbrot, pratikte bu problemleri ele alabilmek ve ortaya reel sonuçlar koyabilmek için fraktal geometriyi incelemeye başlamıştır. Aşağıdaki cümlede görülebileceği gibi Mandelbrot tüm bilim dünyasında yüzyıllardan beri kullanılmakta olan Öklid Geometrisi'nin çağımızın problemlerini çözmekte yetersiz kaldığını kitabında “Ne bulutlar küredir, ne dağlar konidir, ne kıyışeritleri dairedir, ne ağaç kabuğu pürüzsüzdür, ne de yıldırım düz bir çizgide ilerler.” şeklinde ifade etmektedir (Mandelbrot, 1982).

Bu durumda Einstein'dan önce de iki bin yılı aşkın bir süre boyunca Öklid Geometrisi'nin önemli derecede başarılı olduğu söylenebilir. Bulunan yeni geometriler, Öklid Geometrisi'ni yanlış kılmaz. Bunun sonucunda, Öklid Geometrisi'ni kullanarak mimari yapılar inşa etmeye, köprüler yapmaya devam edilebilir. Paralel doğrulara ilişkin gündelik kavrayışımız olmayı sürdürür; düz yüzeyler ile karşı karşıya kaldığımızda yine Öklid Geometrisi'ne başvurarak problemlerimizi çözüme kavuştururuz (Riemann Geometrisini Anlamak, 2018). Dolayısıyla bu fraktal geometri Öklid Geometrisi'nin üstüne inşa edilmiş yeni bir kavram olarak algılanmalıdır.

Öklid şekillerinden farklı olarak fraktalların özelliklerinden biri de diğer geometrik yapılardan boyutsal ve topolojik olarak ayrı değerlendirilmesidir. Mandelbrot'un bu yapıları fraktal olarak tanımlamasından önce fraktallar eğri olarak kabul görmekteydi.

Örneğin; matematiksel olarak fraktallar birer çizgisel eleman değildirler genellikle topolojik boyutlarından dolayı eğri olarak tanımlanırlar. Bu durumu Gerald Edgar şu şekilde açıklamaktadır;

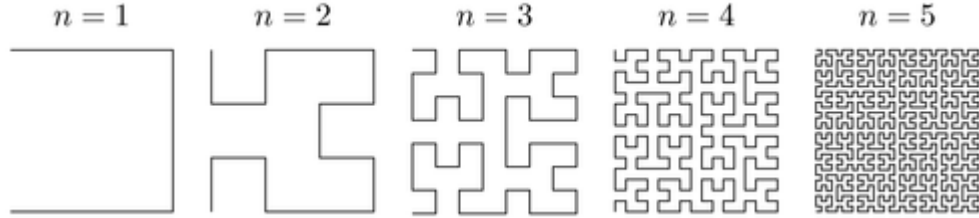
Sierpinski 1915'te yayınladığı bir yazıda "Sierpinski Şapkası"nın açıklamasını yapmıştır. Daha sonra bu isim ona Mandelbrot tarafından verilmiştir. Mandelbrot'dan önce o "Sierpinski'nin başka bir eğrisi" gibi değişik ifadelerle anılıyordu. Ona eğri adını vermelerinin nedeni topolojik boyutunun 1 olmasındandı. Sierpinski'nin eğrisi halen bir diğer fraktal örneği olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda ona Sierpinski'nin Halısı (dywan Sierpinskiego) da denilmektedir (Edgar, 2006).

Öklid Geometrisi				Fraktal Geometri				
Geleneksel (>200 yıl)				Modern (~20 yıl)				
Karakteristik bir ölçek ve boyut var				Özel bir şekilde ya da ölçekte değil				
Basit nesnelere için uygulanır				Doğadaki formlara uygulanabilir				
Bir formül ile tanımlanabilir				Çevrimli bir algoritma ile tanımlanabilir				
	r	N	$N=r^D$		D_T	r	N	$D_S = \frac{\log N}{\log r}$
 line	5	5	5^1	 Cantor Set	0	3	2	0.63
 square	3	9	3^2	 Sierpinski Gasket	1	2	3	1.58
 cube	4	64	4^3	 Peano Curve	1	3	9	2.00

Tablo 1. Öklid Geometrisi ve fraktal geometri karşılaştırması. (Özsarıyıldız, 1991)

Fraktal boyut, öklid şekillerindeki boyutlardan farklıdır. Gözübüyük, bunu bir nesnenin karmaşıklık derecesinin ifadesinde kullanılan bir kavram olarak ifade etmiştir. Karmaşıklık seviyesi ise boyut, alan ve hacmin ivmesi ile ölçümlenebilir (Gözübüyük, 2007). Bahsedilen fraktal boyut kesirli değerlerle ifade edilmektedir. Örneğin bir alan-dolduran fraktal (space-filling curve) örneği olan Peano eğrisi sonsuz uzunluğa sahip

olmasına rağmen kapladığı alan sınırlıdır. Bundan dolayı çizgi boyutu (tek boyutlu) ve alan boyutu (iki boyutlu) arasında bir değer ile ifade edilir. Buna örnek olarak aşağıdaki görselde Peano eğrisinin daha basitleştirilmiş bir versiyonu olan David Hilbert tarafından keşfedilen Hilbert eğrisi görülmektedir.



Şekil 3. Hilbert Eğrisi

(<https://roclolality.files.wordpress.com/2015/03/hilbert-curve.png>, 2018)

Fraktal yapıları reel örnekler üzerinden örnek vermeye çalışırsak birçok örnek ile karşılaşabiliriz. Bu durumu Mandelbrot şu soru ile örnelemiştir ve problemi bir örnek üzerinden tanımlamıştır. Britanya kıyıları ne uzunluktadır sorusu ile bilim dünyasında bir tartışma açan Mandelbrot "The Fractal Geometry of Nature" adlı yazınında bu sorunun cevabını kendi araştırmalarına istinaden vermiş ve fraktal geometrinin en kapsamlı yazınına bilim dünyasına kazandırmıştır. Aşağıdaki görselde bu probleme örnek teşkil eden bir illüstrasyon görülmektedir.



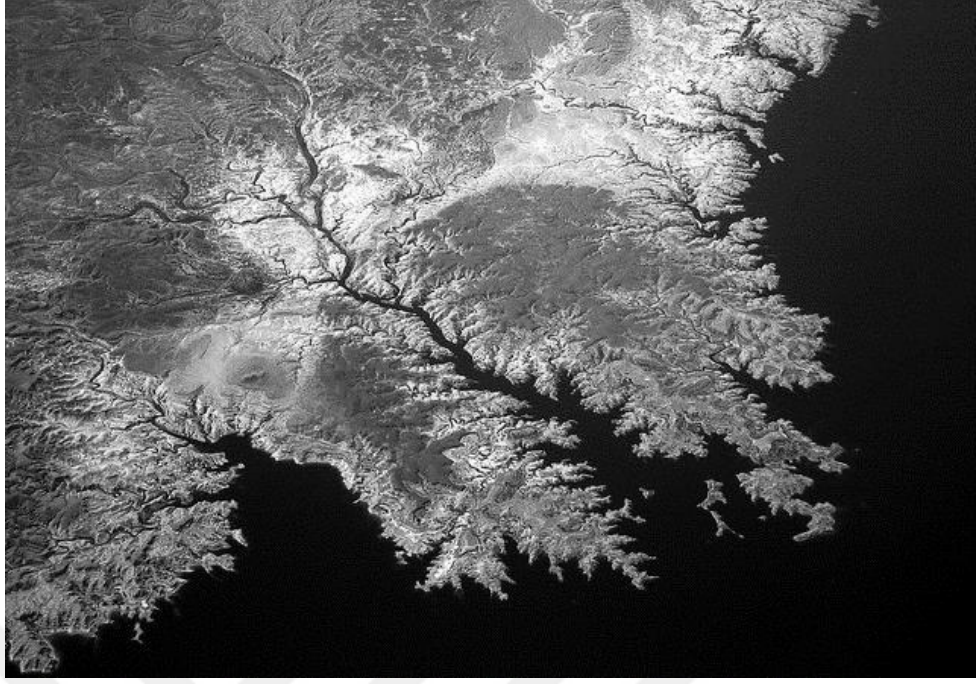
Şekil 4. Britanya kıyılarının bir çizginin segmentlerini arttırarak ölçülmesi (Bovill, 1996)

Kıyılar boyunca çizilmiş çizgiler ne kadar az noktayı birleştirerek çizilir ise kıyı uzunluğu da o kadar az olacaktır. Çizgilerdeki segmentler başka bir deyişle kıyı üzerinde çizgileri oluşturacak noktalar arttıkça hem kıyı çizimi detaylanacak ve dolayısıyla uzunluk artmış olacaktır. Bu noktada "segment" kelimesini tanımlamak önemlidir. Segmentin anlamı Türk Dil Kurumu'na göre Fransızca kökenli olup; bir organ, yapı veya bütünün doğal veya yapay olarak sınırlanmış her bir bölümü olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2018).

Birim Sayısı	Birim Uzunluğu	Kıyı Uzunluğu
7	200 mil	1400 mil
16.25	100 mil	1625 mil
40	50 mil	2000 mil
96	25 mil	2400 mil

Tablo 2. Britanya kıyılarının fraktal olarak segment – kıyı uzunluğu tablosu (Bovill, 1996, s. 32).

Tabloda görüldüğü üzere birim uzunluğu azaldıkça kıyı uzunluğu artışı gözlemlenmektedir. Birim uzunluğunun azalması detay artışı anlamına gelmektedir. Bu detay insanın pratik olarak ölçebileceğinin ötesine de geçebilir. O halde sorunu açıklamak için devreye soyut matematik teoremleri girmektedir. Bu kısımda da fraktal geometri bu sorulara yanıt verebilmiş bir matematiksel olgudur. Bundan öncesinde doğal oluşumların ölçümleri belirli segmentler dahilinde kabaca ölçülmekteydi. Fakat, teorik olarak fraktal yapılar bilindiğine göre, hesaplamalar da bilim insanları tarafından kolayca yapılabilmekte ve bilgisayar teknolojileri de buna katkıda bulunabilmektedir.



Şekil 5. Amerika'da bulunan Mead Gölü'nün kıyısı havadan görünüm (Moran, 2018)

Mead Gölü kıyısında da görüldüğü gibi pürüzlülük hakimdir. Herhangi bir ölçüm aleti veya haritadan ölçüm yapılması halinde kesin ve doğru sonuçlar vermeyecektir. Fraktal değer de bu konuda bize kesin bir ölçü vermeyecektir. Fakat bu kıyı şeridinin Fraktal boyutun hesaplanmasıyla bir tanıma ve bir pürüzlülük değerine ilişkin bir veri elde edip onun topolojisini tanımlayabilecek bir sonuca ulaşılabilir. Buna göre fraktal boyut nesnelere hakkında bir yargıya ulaşabilmemiz için farklı bir açıdan yaklaşmamıza yardımcı olan yeni bir parametre görevi görmektedir.



Şekil 6. Bilgisayar ile oluşturulmuş dağ şekilleri ve fraktal (pürüz) değerleri (Benoit Mandelbrot: Fraktallar ve pürüz sanatı, 2018)

Yukarıdaki görseller birer bilgisayar modellemesidir. Görsellerin altında görülmekte olan D ifadesi fraktal boyutu bir diğer adıyla pürüzlülüğü temsil eder. Fraktal boyutu 1'e yakın olan dağ modeli daha pürüzsüz bir yüzeyi sergiler. Fraktal boyutu daha büyük olan sağdaki dağ modeli ise daha pürüzlüdür. Bu durumu destekler nitelikte olarak Ölçü, Topoloji, Fraktal Geometri adlı kitabında Gerald Edgar'ın şu şekilde bir tanımı yer almaktadır;

Fraktal ismini Benoit Mandelbrot 1975'te verdi. Geometride, temel bir ifadeyi anlatabilmek için matematiksel tanım verilir veya verilmelidir. Bu yeni matematiksel kavramı ifade için şekilsel bir yol da vardır. Kabaca fraktal cümle klasik geometride çalışılan cümlelerden daha "alışılmıştın dışındadır" (irregular). Cümle ne kadar büyütülürse büyütülsün, daha küçük düzensizlikler görülür. Mandelbrot içinde bulunduğumuz dünyayı bu tür soyut geometrinin, alışılmış düz eğri ve yüzeylerden daha iyi açıkladığını öne sürmektedir (Edgar, 2006).

Fraktal boyut, bir objenin pürüz değeri olarak da ifade edilir. Mandelbrot yıllarca fraktal boyutla uğraşması sebebiyle artık nesnelerin fraktal boyutlarını yaklaşık olarak tahmin edebildiğini bir konuşması sırasında belirtmiştir. Fraktalların pürüz değeriyle alakalı Lorenz Çekicileri olarak da adlandırılan hava akımlarının oluşum algoritmasını Garip Çekicileri (Strange Attractors) keşfeden ve simüle etmeyi başaran Edward Lorenz ise fraktal objeleri mekansal formunun hiçbir yeri pürüzsüz olmayan, düzensiz olarak ifade

edilen ve düzensizliği kendisini birçok ölçekte tekrar eden herhangi nesnelere olarak tanımlamıştır (Lorenz W. , 1993). Düzensiz olarak tanımlanan, fakat altında basit bir algoritma yatan fraktallar da bu şekilde oluşturulur. Sonunda günlük yaşamda gözlemleyebildiğimiz karmaşık görünen objelere benzer sonuçlara ulaşılır. Benzer fraktal boyuttaki (pürüzlülükteki) nesnelere birbirine benzer görünürler.

Fraktallar tasarım bilgisini doku üzerinden analiz etmekte ve bu bilgiyi fraktal değer olarak değerlendirebilmektedir. Fraktal geometrinin analiz edebildiği dokular doğal olabildiği gibi yapay mimari dokular da olabilir. Dolayısıyla mimari doku analizinde fraktallar kullanılabilir. Ortaya çıkan sonuç fraktal değer bağlamında değerlendirilir ve bu dokuya ait bir tasarım bilgisi elde edilir. Bu durumda biçimsel analizde fraktalların mevcut ve geleneksel modellerden faydalanabildiği görüşünü destekler (Abel C. , 1988).

Çağdaş'ın da belirttiği gibi 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 (Cagdas, 1994). Böylelikle tasarımda bir dil yakalayabilmek onu bir çerçeveye oturtabilmek fraktal bakış açısıyla mümkün hale gelmektedir. Ayrıca bunu bir paleontoloğun, bir dinazorun arka kemiklerinden yola çıkarak iskeletin bütününe ulaşabilmesine benzediğini söyleyerek örneklendirmektedir ve bunun fraktal mimari olduğunu ifade eder (Cagdas & Ozgur, Mart 2005).

Mimarlık alanında fraktal tanımı ise matematiksel tanımından biraz farklıdır. Doğan Hasol kitabında fraktal sözcüğünü ve fraktal mimarlık terimini şu şekilde tanımlamıştır:

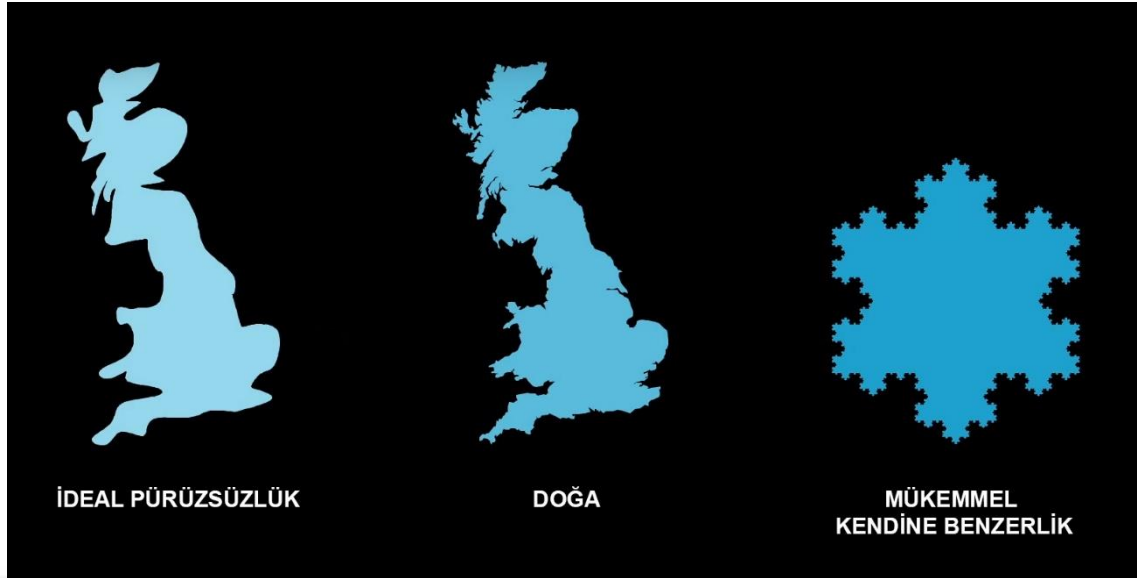
“Fraktal: Lat. (fraktus kırılmış) geom. Ardışık olarak parçalara bölündüğünde parçaları bütünün küçük kopyaları halinde olan düzensiz bir geometrik şekil ya da örnek. Doğada fraktal karakterdeki biçimlerin örnekleri çoktur. Örneğin, kuşbaşı kar ve kar tanecikleri.

Fraktal mimarlık: Kendine benzer öğelerin fraktal geometri çerçevesinde yinelenmesiyle oluşturulan, fractal kurguya dayalı mimarlık (Hasol, 2008).”

Mimaride matematik kullanımı üzerine araştırmalar yapan ve bununla ilgili projelerde yer almış Professor Jane Burry *The New Mathematics of Architecture* adlı kitabında fraktalı şöyle anlatmıştır;

“Doğadaki birçok önemli mekansal örüntü öylesine düzensiz veya parçalarına ayrılmış durumdadır ki Öklid’in bu formları açıklama şansı yoktur.” demiştir 1976’da Benoit Mandelbrot. Mandelbrot, ‘fraktal’ veya ‘fraktal set’ terimini, matematiksel bir düşüncenin örneklerini bir araya getirerek bulut ve kıyı çizgileri gibi doğal olayların tanımı için kullandı. Bu terim, düzensiz veya parçalanmış anlamına gelen Latince fractus sözcüğünden türetilmiştir. Bu yeni geometrinin merkezindeki kavram fraktalın ya da Hausdorff-Besitcovitch boyutudur. Bu, mikroskobun daha küçük ve daha küçük ölçeklere yakınlařtıķça belirli bir fraktalın alanı nasıl doldurduğunu tam olarak görebildiğinin göstergesidir. Fraktal geometride başka bir anahtar kavram ise, birbirini takip eden küçük ölçeklerde bulunacak aynı şekil ve kalıplar olan kendine benzerliktir. Fraktal yapı oluşturmaya yönelik iki ana yaklaşım vardır: onu bir birim yapısından özyineleyerek (recursively) büyütmek veya Sierpinski’nin üçgeni (1915) gibi alt bölümlere ayrılmış başlangıç şeklinin daha küçük birimlerinde bölünmeler oluşturmak (Burry & Burry, 2010).”

Tasarım süreçlerinde kullanılmakta olan Öklid Geometrisi teoride ideal pürüzsüz şekiller oluştururken gerçekte bu fraktal kavramında da açıklandığı gibi doğadaki yapılar mutlak suretle pürüzlülük değerine sahiptirler. Bunun yanında kendine benzerlik özelliğinde bahsedildiği gibi mükemmel bir kendine benzerlik durumu yoktur. Mükemmel bir şekilde kendine benzer olan objeler yine teoride mevcut olup yapay şekillerdir ve doğal geometride bu tip yapılar mevcut değildir.



Şekil 7. İdeal, Doğal ve Mükemmel Kendine Benzerlik Illüstrasyon Karşılaştırmaları

Bu tanımlardan yola çıkıldığında özetle mimarlık ve fraktal geometrinin günümüzde birbirileri ile ilişkili olarak eser verilen kavramlar olduğu ve fraktal geometrinin kendine benzerlik özelliğinin mimari yapıların tasarımında kullanıldığı anlaşılmaktadır. Doğadaki yapıların mantığının ele alınmasıyla birlikte bu mantığın mimari yapılarda tasarım sürecine faydalı şekilde kullanılabileceği düşüncesi oluşmaktadır. Fraktal boyut kavramının ise fraktal yapıların tanımlanması için gerekli bir kavram olduğu görülmektedir. Tekrar (iteration) ve özyineleme (recursion) kavramlarının yapının oluşumunda önemli rol oynadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Fraktal geometrinin iç mimaride kullanımının mimaride de olduğu gibi net bir yorumu henüz mevcut değildir. Mekan tasarımı açısından bu konuda eserler verildikçe tanımlamaların da artacağı düşünülmektedir. Bir sonraki bölümde ise fraktal geometrinin tarihsel gelişimine değinilerek bir süreç değerlendirilmesi yapılacaktır.

2.2. Fraktal Geometrinin Tarihsel Gelişimi

Bu bölümde fraktal geometri öncesi dönemden başlayarak, nasıl keşfedildiği, günümüzde ne konumda olduğunu ve hangi alanlarda etkili olduğu konuları açıklanacaktır.

2.2.1. Fraktalların Keşfi ve Öncesi

Milattan önce 5. yüzyılda Platon doğayı beş düzgün form ile açıklamaya çalışmıştır. 17. yüzyılda ise Newton ve Kepler yüzyılda ise Platon'un çemberini elips olarak tekrar yorumlamıştır. Modern Bilim ise Platon'un şekillerini parçacıklara, dalgalara, Newton ve Keplerin eğrilerini de göreceli olasılıklara genellemiştir. Bu aşamaya gelinmesine rağmen hala ortada pürüzlü bir yüzey algısı yoktu ve bütün formlar teorik olarak pürüzsüz olarak algılanıyordu. Platon'dan yaklaşık iki bin sene sonra, Isaac Newton'dan ise yaklaşık üç yüz yıl sonra Benoit Mandelbrot düzenli hareket yasalarını mantığına uygun olan bir keşif yapmıştır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Mandelbrot'un bu keşfinden matematik disiplini ile birlikte birçok disiplin faydalanmıştır. Bilimsel bilgi her disiplinde birikerek gelişim göstermektedir. Bu da geometride Öklid'in pürüzsüz katı formları, Bernhard Riemann'ın eliptik geometriyi keşfi, Isaac Newton ve Gottfried Leibniz'in bu süreci daha da geliştirmesiyle devam eden bir süreçtir.

Geometri, matematiğin uzamsal ilişkiler ile ilgilenen alt dalıdır (Eski adı: Hendese). Yunanca $\Gamma \epsilon \omega \mu \epsilon \tau \rho \acute{\iota} \alpha$ "Geo" (yer) ve "metro" (ölçüm) birleşiminden türetilmiş bir isimdir (Vikipedi, 2018). Fraktal geometri, klasik geometrinin uzantısıdır. Onun yerini almaz, fakat klasik geometriyi zenginleştirir ve imkanlarını artırır. Fraktal geometri bilgisayarları kullanarak, fiziksel yapıların deniz kabuklarından galaksilere kadar net modellerini oluşturabilir. Fakat eski tarihlerde fraktal geometri gibi geometriler bilinmediğinden insanlar geometri kavramını Öklid gibi düşünürler sayesinde tanımaya ve kullanmaya başlamıştır. Bu sebepten dolayı günümüzde halen yaygın olarak kullanılan geometriden Öklid Geometrisi olarak bahsedilmektedir.

İskenderiye'li Öklid (y. MÖ 300), gelecek bin yılın konusunu geometri kurallarını belirlemiştir. Öklid'in üzerinde çalıştığı şekiller (düz çizgiler ve çember) kendi sınırları içinde başarılı olarak, Öklid'in şemasına uymayan örüntüler ve şekiller ise mantıksız hatta patolojik olarak nitelendirilmekteydi. 19. yüzyılda ise Karl Weierstrass, Georg Cantor ve Henri Poincare'in keşifleri gizliden açığa çıkmaya başlayan bir yeni bir geometrik devrimin temellerini atmıştır. Bu keşifler yüzyıllardır Öklid'in basit şemasının açıklayamadığı doğa şekillerini açıklamaya ve bilinen geometriye yeni bir bakış açısı kazandırmıştır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013).

Öklid'in Geometrisi'nin geliştirilmiş hali eliptik geometrinin temellerini Alman matematikçi Bernhard Riemann atmıştır. Bernhard Riemann (1826-1866), 1854 yılında eliptik

geometriyi keşfetmiştir. Riemann hiperbolik geometrinin yaptığı gibi Öklid Geometrisi'nin dışına çıkılabileceğini göstermiştir. Riemann'ın teorisindeki anahtar kavram uzayın eğriliğidir. Bir yüzeyin eğriliği sıfır ise yüzey düz kabul edilmekteydi ya da Öklid Geometrisi olarak da adlandırılmaktaydı. Dolayısıyla Öklid'in Elementler (MÖ 300) kitabındaki tüm kuralların geçerliliğini sürdürdüğü bir durumdu. Yüzey eğer pozitif ya da negatif eğrilikte ise yüzey eğriydi ya da Öklid Geometrisi'nin dışındaydı. Dolayısıyla Elementler kitabındaki kurallar geçerliliğini yitirmekteydi. Günümüzde Öklid'den sonra gelen ve onun kurallarının dışına çıkmış olan bu iki geometriye Lobaçovski Geometrisi (hiperbolik geometri) ve Riemann Geometrisi (eliptik geometri) adı verilir (Riemann Geometrisini Anlamak, 2018).

Kalkülüs insanın göğe bakıp güneş sistemini ve ötesini anlama arzusu sonucu keşfedilmiştir. İlk defa Newton ile Leibniz tarafından gezegenlerin hareketlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Günümüzde ise değişimini tanımlamayı, ölçmeyi ve anlamayı istediğimiz her yerde karşımıza çıkabilmektedir. Kalkülüs'ün altında yatan temel fikir, değişimini ölçtüğümüz her nicelik, değişkenlerin değerine dayanmaktadır. Kalkülüs problemlerinin temelleri antik Yunan dönemine kadar gitse de, Newton ile Leibniz, Kalkülüs'ü birbirinden bağımsız olarak keşfeden ilk matematikçiler olarak anılır (Kalkülüs: Değişimin Matematiğini Anlamak, 2018).

Newton'un sonsuz küçükler (infinitesimals) hakkındaki teorisi paradokslar ile doludur. Zamanın sonsuz küçüklere bölünebileceği sorusunu irdeler ve bu soru daha önce birçok filozofun aklını kurcalamıştır. Augustin Louis Cauchy (1789-1857) ve onun öğrencisi Karl Weierstrass (1815-1897) sonsuz küçüklere açıklamak için epey uğraşmışlardır. O zamana kadar uygulamalı matematiğin tüm yapısının bir çelişki üzerine kurulmuş olması oldukça olasıdır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Bu durum matematikçileri daha da meraklandırarak geometrinin bu problemini daha da irdelemeye itmiştir.

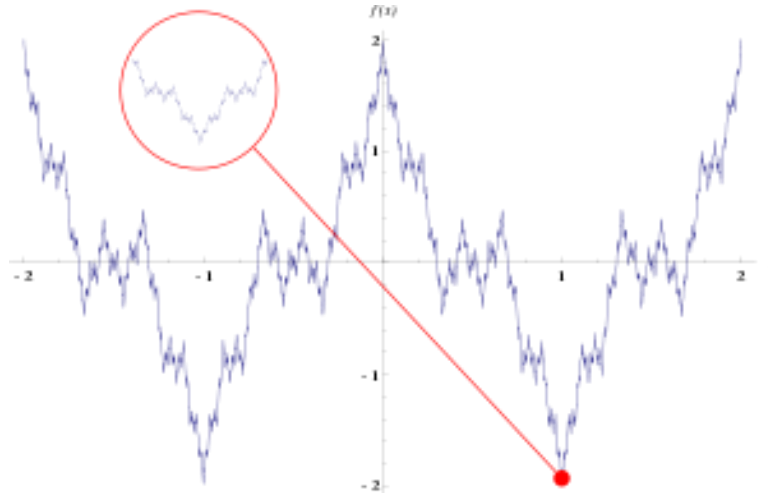
Newton, 1704 yılında yayımladığı Optik (Optics) adlı eserinin sonuna, 38 yıl önce keşfettiği bu hesaplara ilgili bilgileri eklemiştir. Leibniz ise diferansiyel ve integral hesabı ile yaptığı çalışmaları çeşitli dergilerde makaleler halinde 1684 yılından itibaren yayımlamaya başlamıştır. Söylentiye göre Leibniz, Newton'un kalkülüs konulu çalışma notlarını görmüş ve onlardan yararlanarak ve başka bir notasyonla yayım konusunda ilk olmayı hedeflemiştir. Daha sonra Newton, Leibniz'i fikirlerini çaldığını iddia ederek

suçlamıştır. Ancak sonuçta her ikisinin de birbirinden habersiz aynı sonuçlara ulaştığı anlaşılmıştır (Kalkülüs: Değişimin Matematiğini Anlamak, 2018).

17. yüzyılda cebir ile geometri arasından bir bağlantı kurulduğunda kalkülüs kesin olarak kabul görmüştür. Hareket ve değişim kalkülüs sayesinde analiz edilebilir olmuştur. Newton genel kabulde fizikte kalkülüsü kullanan ilk kişi olarak bilinse de, Leibniz'in kurallar bütünü oluşturmuş ve günümüzde matematikte kullanılan işaretlerin çoğunu keşfeden kişi literatürde yer bulmuştur (Kalkülüs: Değişimin Matematiğini Anlamak, 2018). Newton ve Leibniz'in bu katkıları geometrinin katı kurallarının değişebileceğine ve eskisinin üstüne kurulmuş yeni kuralların bulunabileceğine dair düşünceleri destekler niteliktedir.

Sağlam bir teorik ispata sahip olmamasına rağmen kalkülüs matematikte son derece başarılı olmuştur. Newton'un hareketin üç kanunu ve James Clark Maxwell'in (1831-1879) elektromanyetik denklemleri kalkülüs sayesinde ortaya çıkmıştır. Fizik bilimi, kalkülüs ile dönüşüme uğramıştır. Tüm fenomenlerin bu yeni teknikler yardımıyla anlaşılabilir olduğu varsayılmıştır. Pierre Simon Laplace (1749-1827), evrendeki her parçacığın konumu ve değişim oranı göz önüne alındığında, evrenin tüm geleceğini her ayrıntıda sonsuza dek öngörebileceğimizi iddia etmiştir (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Bir eğri pürüzsüz olduğunda kalkülüs metodları geçerlidir. Eğimler veya kıvrımları olan herhangi bir eğrinin, düzgün eğrilere bölünerek kalkülüs ile hesaplanabileceği düşünülmüştür. Hergangi bir eğrinin köşe noktalarına sahip olabileceği hiç sorgulanmamıştı.

İlk matematiksel fraktal 1861 yılında Karl Weierstrass tarafından keşfedilmiştir. Weierstrass başkalarının savlarında açıklar bulmayı seven biriydi. Onun mükemmeliyetçi yapısı hiçbir yeri pürüzsüz olmayan bir fonksiyonu yani köşeli bir eğriyi keşfetmesini sağlamıştır. Değişim miktarını herhangi bir noktada tanımlamak mümkün değildir ve eğrinin hiçbir yerinde pürüzsüzlük yoktur. Bu keşfedilen fonksiyon ve oluşturduğu geometri, günün bilim insanlarının o güne kadar karşılaşmadığı tamamen yeni bir keşiftir ve zamanın bilim adamlarını çok şaşırtmıştır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013).



Şekil 8. Leibniz tarafından keşfedilen ilk fraktal (Explainer: what are fractals?, 2018)

Weierstrass'ın işlevinin, doğada bulunacak hiçbir şeyi andırmayan insan aklının "patolojik" bir ürünü olan bir sapma olduğu düşünülmüştür. Buna artık Weierstrass ve Cauchy "analiz" olarak adlandırılan yeni bir matematik dalı geliştirmiştir. Analiz, matematiğe yeni bir problem çıkarma girişimidir, sayı ve süreklilik kavramlarını araştırmaktadır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Matematikçiler savlarını daima sağlam bir temele oturtmaya çalışmaktadırlar. Analiz bu yönüyle tüm matematiğin basit tam sayılar üzerinden nasıl açıklanabileceğini gösterir. Sayıların bile saf mantığa indirgenebileceğine dair kümeler (sets) fikrine dayanan girişimler mevcuttu.

Nigel Lesmoir-Gordon'a göre bir küme, tek bir nesne olarak düşünülebilecek şeylerin bir koleksiyonudur. Bu tanımlama, bu arada, "tüm kümeler kümesi" gibi kendi kendine çelişen fikirleri içermez. Setler diğer setleri içerebilir, ancak kendilerini içeremezler ve teori ile ilgili olarak garip olan kısım da işte bu noktadır. Bertrand Russell, ünlü paradoksunda (1901), setlerin kendilerini içermelerine izin vermenin tehlikelerinden bahsetmiştir.

Bir diğer keşif ise Georg Cantor'un matematikte temel teorilerden biri olan küme teorisini (set theory) bulmasıdır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Cantor, sonsuz ve iyi düzenlenmiş olarak tanımlanan iki kümenin üyeleri arasında bire bir eşleşmenin önemini ortaya koymuştur. Ayrıca gerçek sayıların doğal sayılardan daha fazla olduğunu kanıtlamıştır. Aslında, Cantor'un bu teoreminin ispat yöntemi, bir "sonsuzluğun sonsuzluğu" nun varlığına işaret etmektedir. Böylece, asal ve sıra sayılarını ve bunların aritmetiklerini tanımlamıştır.

Modern küme teorisinden sonra Georg Cantor, hayatının geri kalanını “sürekliliğin doğası”nı çözmek için harcadığı bilinmektedir. Süreklilik, sürekli bir değişim teorisi için gerekli olan ideal sonsuz bölünebilir alandır. Cantor’un süreklilik anlamındaki arayışı, 1883 yılında matematiksel olarak incelenecek ilk fraktallardan birinin alt yapısını oluşturmuştur. Aslında 1875’te Oxford’da bir geometri profesörü olan Henry Smith tarafından keşfedilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda, fraktallardaki Cantor Tozu olarak da adlandırılan Cantor Kümesi bu bilim adamı tarafından tanımlanmıştır. Cantor’un fraktala bu katkısı keşfettiği küme teorisi sayesinde gerçekleşmiştir.

Bilim adamı matematikçi, fizikçi ve filozof Henri Poincaré’nin çalışmaları, dinamik sistemlerin oldukça karmaşık davranışlarına dair içgörülerin basit matematiksel modellerden elde edilebilirliğini kanıtlamıştır. Koch eğrisi ve Sierpinski üçgeni gibi şekiller analitik olarak oluşturulmuştur.

1904’te Helge von Koch (1870–1924) tarafından Koch Kartanesi tasarlanmış ve patolojik bir şekil olarak adlandırılmıştır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Koch, bu şekli gittikçe kırışan sonsuz eğrilerin sınırını dizinin limiti olarak tanımlamıştır. Bitmiş eğri, sonlu bir alanda bulunmasına rağmen sonsuz uzunluğa sahiptir. Hiçbir yerinde teğet ve pürüzsüzlük yoktur. Eğriyi belirli açılarda kesmek, içinde gizlenen Cantor kümelerinin sonsuzluğunu ortaya çıkarmaktadır. Koch’un fark etmeden yaptığı bu tanım, sonsuz uzunluktaki kıyı şeritleri ve arterler gibi gerçek dünyanın modelleri için eğrilerin ideal olmasını sağlamıştır. Koch’un geometrisi üretken fraktallerin ilk adımlarından biridir.

Bir diğer çalışma ise Polonyalı matematikçi Waclav Sierpinski’nin (1882-1969) 1916’da tanıttığı fraktalleridir. Temel prensiplerini çoğunlukla farklı sanatçıların işleri üzerinde görmek mümkündür. Sierpinski fraktalleri ile oluşturulmuş Sierpinski contasının erken prototipleri, Foggia’nın Nicola de Bartolomeo tarafından tasarlanan, Ravello katedralinin 12. yüzyıldan kalma kuklası üzerinde uygulanmıştır. Bu fraktaller yolu ile oluşturulmuş “grafik enigmas” ise sanatçısı Maurits Escher (1898-1972) tarafından çizilmiştir (Sierpinski Üçgeni, 2018). Sierpiński 1926 yılında oluşturduğu üçgenini bir yıl sonra Sierpinski Halısını tasarlamakta kullanmıştır.

Birinci Dünya Savaşı sırasında ise Fransız matematikçiler Gaston Julia (1893–1978), Henri Poincaré’nin bir öğrencisi ve Pierre Fatou (1878–1929) karmaşık düzlemin

rasyonel haritalarını incelemişlerdir (Cinbarci, 2016). Bildiğimiz anlamda fraktal biçimlere dair ilk çalışmalar Fransız matematikçi Gaston Julia tarafından yapılmıştır. Kendi adıyla anılan Julia Kümesini (bilgisayarlar henüz icat edilmediğinden bu kümenin geometrik olarak nasıl bir şey olduğunu gerçekte hiç görmemiş olsa da) keşfetmiştir. Oluşturulan Julia cümleleri, formülle Tekrarlama Metodu'yla elde edilen meşhur fraktallardandır. Diğer Formülle Tekrarlama Metodu ile elde edilen fraktallar gibi Julia cümleleri de çok basit formül kullanılmasına rağmen çok karmaşık olabilirler. Ancak, bunların gerçek analizi bilgisayarlar ortaya çıktıktan sonra mümkün olmuştur. Julia'dan sonra uzun bir süre bu alanda dikkate değer bir gelişme olmamıştır.

Julia Fraktallarının keşfinden sonra bu oluşum şekli Mandelbrot tarafından örnek alınmıştır. Mandelbrot Cümleleri de, formülle Tekrarlama Metodu ile üretilen bir fraktal tipidir. Kapsamı Julia cümlesine oldukça yakındır ve Mandelbrot cümlesi Julia cümlesine benzer algoritma ile elde edilmektedir.

2.2.2. Yakın Dönem Fraktal Çalışmalar

Fraktal tanımı ilk kez Benoit Mandelbrot tarafından 1982 senesinde kullanılmıştır. Her ne kadar tanım ilk kez kullanılmış olsa da konunun kavramlarının pek çoğu özellikle de fraktal boyut, uzun bir tarihselliğe sahiptir. Matematikçiler Mandelbrot'tan çok önce integral (integral) olmayan boyutun boşlukları konusunda çalışmalar yapmıştır. Bilim adamları doğal olaylarda ve olgularda öz-benzerlik ve ölçeklendirme boyutlandırma yasalarını gözlemlemişlerdir. Ancak teori ve uygulamayı birleştiren sistematik bir yaklaşım mevcut değildir.

Bir zamanlar Gaston Julia'nın öğrencisi olan Mandelbrot 1980'de Mandelbrot Kümesini bulmuştur ve kesirli boyutluluğun olduğu sistemlere "fraktallar" ismini vermiştir. Alıştığımız geometri, Yunan matematikçi Öklid'in (yaklaşık MÖ. 300) kanunlarına dayanmaktadır. Öklid'in şekilleri üçgenler, kareler, daireler, dikdörtgenlerden oluşmaktadır. Fraktal geometri ise öklidin tersine sıra dışı şekillerden oluşur (Tepe, 2014).

Mandelbrot'un bu konuya katkıları sayısızdır ancak en önemli katkısı bu konunun ne olduğunun anlaşılması ve uygulama ile birleştirilebilirliğidir. Nitekim bir geometrik şeklin fraktal boyutu ile genel bilinen topolojik anlamda matematik boyutu arasındaki fark, bu fraktalin ne kadar kaba (pürüzlü) olduğuyla ilgili nicel ya da sayısal bir ölçüttür. Fraktal

ile ilgili bir kavram 1975'te Mandelbrot'un tarafından bahsedilmiş ve 1977 tarihli formu, *Şans (olasılık) ve Boyut* kitabında geliştirilmiştir. 1982 'de *Doğanın Fraktal Geometrisi* adlı çalışmayla ikinci ve gözden geçirilmiş versiyonu yayınlanmıştır.

1960'lı yıllarda MIT'de meteoroloji uzmanı olan Edward Lorenz de bu konuda önemli çalışmalarda bulunmuştur. Kelebek etkisi ve bununla ilgili yapılan küçük ölçekteki değişikliklerin araştırılmasında önemli keşifler yapmıştır. Küçük değişikliklerin büyük etkiler yaratması bunun klasik bir örneğidir. Kelebek etkisini açıklamak için Hong Kong'da kanatlarını çırpan bir kelebeğin Teksas'taki kasırgaları nasıl etkilediği örneği verilir. Ayrıca Lorenz Çekicisi (Lorenz Attractor) bir diğer adıyla Garip Çekiciler (Strange Attractors'u da keşfetmiştir. Üç boyutlu hava simülasyonlarla Garip Çekicileri simüle eden Lorenz bu alanda önemli bir keşfe imza atmıştır (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Birçok hava olayının araştırılmasında bu yöntem temel alınmaktadır. Mandelbrot'un Fraktal Geometri'ye katkıları sayesinde Lorenz'in çalışmaları sonuca ulaşmıştır. Fraktallar ve Kaos Teori'sinin ilişkisi Lorenz Çekicisi üzerinden değerlendirilebilmektedir.

Fraktalların metodlarının anlaşılabilmesiyle birlikte günümüzde birçok alanda kullanılmakta ve büyük faydalar sağlamaktadır. Fraktallar medikal araştırmalarda çeşitli konular içerisinde kullanılmaktadır. Biyolojik yapılarda fraktal özellikler görüldüğünden dolayı medikal araştırmalara zamanla önemli katkılar sağlamaktadır. Örneğin insan vücudunda yer alan AIDS virüsünün dinamikleri fraktal geometri ile modellenmiştir. Bağışıklık sistemi çöktüğünde AIDS virüsü kaotik davranmaya başlar (Lesmoir-Gordon, Rood, & Edney, 2013). Erken bir çalışmayla bu virüsün davranışını tespit etmek fraktal geometri sayesinde başarılı olabilmektedir.

2.3. Fraktal ile İlgili Kavramlar, Metodlar ve Karşılaştırmalar

Birçok disiplin günümüzde birbirinden beslenmekte hatta bazen terminolojisinde ortak kavramlar barındırabilmektedir. Çoklu-disipliner tasarım anlayışı artık popüler bir kavram olmaktan çıkıp bir ihtiyaç haline gelmiştir. Mimari ve mekan tasarımı da günümüzde teknolojiden büyük oranda beslenen disiplinlerdir. Bu durum mimarların öğrenme ihtiyacını arttırmakta, dolayısıyla yeni kavramlar hakkında bilgi sahibi olunmasını mecbur kılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümü fraktal geometrinin mimari bir tasarım sürecine dahil edildiği durumlar incelendiğinde ilişkide olduğu diğer kavramların tanımı üzerine odaklanmaktadır. Yapısal tasarım içerisinde mimarlık ve iç mimarlık disiplinlerinin terminolojisinin dışında fraktal geometri kurgusu ile doğrudan ilişkili bazı kavramlar bu başlık altında açıklanarak örneklerin daha iyi anlaşılıp analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Fraktal geometrinin doğrudan ilişkili olduğu altı farklı teori veya yaklaşım -kaos ve karmaşıklık teorisi, belirme teorisi, hücresele otomasyon, doğrusalsızlık, iterasyon ve özyineleme, parametrik ve üretken tasarım -sırası ile açıklanacaktır.

2.3.1. Kaos ve Karmaşıklık Teorisi

Kaotik formlar düzensiz bir şekilde ilerlerler ve insanın sıradan bir şekilde hesaplayabileceğinin ötesindedirler. Dolayısıyla kaos düzensizlik ve karmaşıklık kavramlarını içermektedir. Fraktal formlar bu düzensizlik ve karmaşıklık teorilerinin oluşum mantıklarını analiz ederek yeni oluşumlar ortaya koymaktadır. Ayrıca kaos kavramını açıklayan bir tanım Cevizci'nin Felsefe sözlüğünde şu şekilde belirtilmiştir;

Kaos: İlk maddenin evrendeki düzenden önce söz konusu olan, düzensiz, karmakarışık, şekilden yoksun ve ayrılaşmamış haline verilen ad. Dünyanın yaratılışından önce, bütün maddi öğelerin içinde bulunduğu karışıklık, kargaşalık (Cevizci, 1996).

Kaotik sistemler birçok genel karakteristiğe sahiptirler. Olasılıksal gibi görünürler; fakat hem doğrusal değildirler hem de deterministiklerdir. Karmaşık yapılarından dolayı olasılıksal ve rastgele görüntüsü çizmektedirler. Ancak bir önceki olmuş olaydan beslenmeleri deterministik yapıya sahip olduklarını göstermektedir. İç koşullara karşı hassastırlar ve sürekli düzensizlik göstermektedirler. Buna düzenin içinde varolan bir düzensizlik denmektedir (Burry & Burry, 2010). Bundan dolayı bu durum karmaşık gibi görünse de neden sonuç ilişkisi ile meydana geldiğinden aslında yeterli hesaplama organları ile öngörülebilir veya çıkarım yapılabilir.



Şekil 9. Lorenz Çekicisi (Lorenz system, 2018)

Kaos ayrıca bir sistemin nasıl davranacağı ile ilgili uzun süreli tahminler yapıp yapılamaması sorusuyla da ilgilidir. Kaotik bir sistem düzenli ve sakin bir yolla da oluşabilir. Kaosun ifade ettiği karmaşıklık, doğal ve insan yapısı sistemlerde hatta sosyal yapılarda ve insanların kendilerinde bile görülebilir. Karmaşık sistemler çok büyük ya da çok küçük olabilir. Genellikle karmaşık bir sistemde büyük ve küçük parçalar bir arada bulunurlar. Karmaşık bir sistem ya tamamen düzenli ya da tamamen düzensiz değildir; tersine her iki karakteri de gösterebilir. Günlük hayatta trafik akışı, hava durumu, nüfus değişiklikleri ve kentsel gelişme karmaşıklığın görüldüğü yerlerdir. Kaosu tanımlamada kullanılan temel kavramlar belirlenimcilik, başlangıç durumu ve değişkenliktir. Bu kavramlar kaosun yanı sıra fraktalların oluşumunda ve biçimlenişinde de etkilidir (Gözübüyük, 2007). Sonucunda günlük hayatta kaos teorisinin hesaplanabilir olması bu örneklerin insan tarafından öngörülebildiği bir durumu hayata geçirir ve teknoloji sayesinde bilgi işlemenin sınırlarını genişletir.

Karmaşıklık teorisi (complexity theory) ise, karmaşık sistemlerin veya temelde karmaşık kabul edilen herhangi bir sistemin incelenmesidir. Karmaşık bir sistemin evrensel bir tanımı olmamakla birlikte, karmaşıklık teorisinin kökleri kaos teorisine dayanmaktadır. Ancak, kaos teorisi gibi deterministik olmayabilir. Bunun tersine teorik olarak, bir sistemin durumunu, kendi koşullarından veya bir sonra meydana gelen olaylardan saptamak mümkün olmayabilir. Karmaşıklık teorisinde kilit niteliğindeki fikirlerden biri, küçük, basit

bileşenlerden kaynaklanan veya basit, yerel kombinasyon kurallarına dayanan, ancak genel olarak basit olmayan bir etkileşim ile sonuçlanan zengin, farklı bir sistemin varlığıdır (Burry & Burry, 2010).

Karmaşıklık birçok farklı disiplinin içerisinde yer alan bir kavramdır. Mimaride, binaların kendisi karmaşık sistemler olarak görülebilir. Karmaşıklık teorisi ise verileri analiz etmek için bir araçtır. Mimariyi sistemli, ilişkisel ya da üretken bir şekilde modellemek için bir hesaplamanın kullanılması, karmaşıklık özellikleri sergileyen modellerle sonuçlanır (Burry & Burry, 2010).

Özetle kaos teorisinin temel önermelerinden biri düzenin aynı zamanda düzensizliği de yarattığıdır. Bunu yanı sıra düzen içerisinde kaosun olması dolayısıyla düzensizliğin kesin olarak oluşma zorunluluğunun olmamasıdır. Tersinden okunursa teori düzensizliğin içinde de bir düzen olduğunu ve düzenin de düzensizlikten doğduğunu söylemektedir. Bir başka önerme ise yeni düzende uyumun ve birbiri ile olan bağlılığın değişimi ile kısa süreli olarak ortaya çıkması ve düzenin kendi içsel süreçleri ile kestirilemez boyutta ve yönde gelişme kapasitesi olduğudur.

2.3.2. Belirme Teorisi

Belirme (Emergence), karmaşıklık teorisi (complexity theory) için önemli kavramlardan bir tanesidir. Bir sistemi oluşturan parçaların tek başlarına iken göstermedikleri bir özelliği belli bir kuralla bir araya geldiklerinde göstermesidir. Karmaşık bir sistem bileşenleri birbirinden ayrıldığında bazı özelliklerini yitirir; bu durumda ortaya çıkan özelliklere beliren özellik (emergent property) adı verilir. Fakat bu durum sadece karmaşıklık teorisi bağlamında geçerlidir. Belirme teorisinde bütün hale geçildiğinde oluşacak beliren özellikler öngörülemezdir. Jane Burry bu durumu *The New Mathematics of Architecture* (Mimari'nin Yeni Matematiği) adlı kitabında mimari bakış açısıyla incelemektedir. Matematikte, ortaya çıkan özellikler, bileşen parçalarının özelliklerinden ziyade, bütünün topolojik özellikleri olan bir bütündür. Mimaride, ortaya çıkması, benzer bir şekilde, daha az titiz olmakla birlikte, sistemin basit bileşenlerinden ve temel ilişkilerinden çıkarılan veya öngörülemeyen, ancak etkileşimlerinden kaynaklanabilecek bir sistem içinde ortaya çıkan kendiliğinden düzen olarak düşünülebilir.

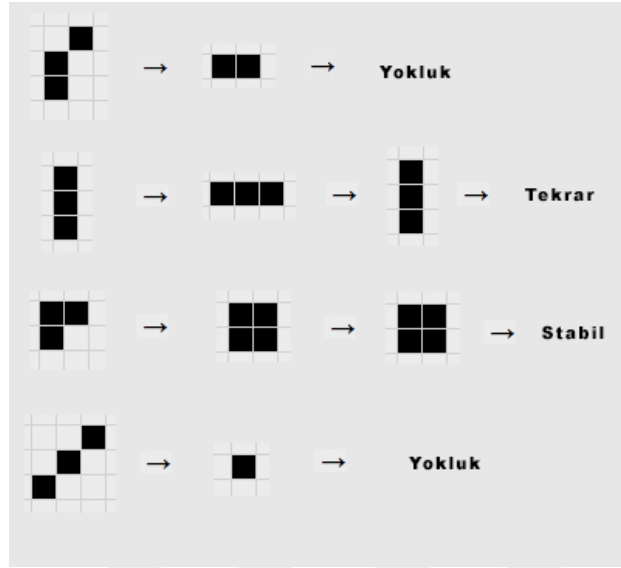
Belirmiş özellikler bir karmaşık sistem çeşitlilik, organizasyon ve bağımlılığa ulaştıkça ortaya çıkar. Özelliğin kendisi genellikle öngörülemez ve benzersizdir. Sistem evriminin

yeni bir boyutunu temsil eder. Karmaşık davranımlar veya özellikler, hiçbir tek birimin özelliği olmadığı gibi daha alt seviyedeki birimlerin hareketlerine indirgenerek de öngörülemezler. Bir kuş veya balık sürüsünün davranımı bu kavram için kolayca anlaşılabilir örneklerdir. Sürünün hareketini anlamak tek tek balık veya kuşların hareketini anlamaktan daha zordur.

Belirli yapılar tek bir olay veya kural tarafından yaratılmamış desenlerdir. Sisteme bir desen oluşturması komutunu veren bir şey yoktur; ancak, her parçanın diğerleri ile olan etkileşimi karmaşık bir süreç sonucu düzene yol açar. Belirli yapıların parçalarının toplamlarından fazlası oldukları söylenebilir. Dolayısıyla, bu belirli düzen çeşitli parçaların bir araya gelmesiyle ortaya çıkmaz. Bu parçaların etkileşimi önemlidir (Burry & Burry, 2010).

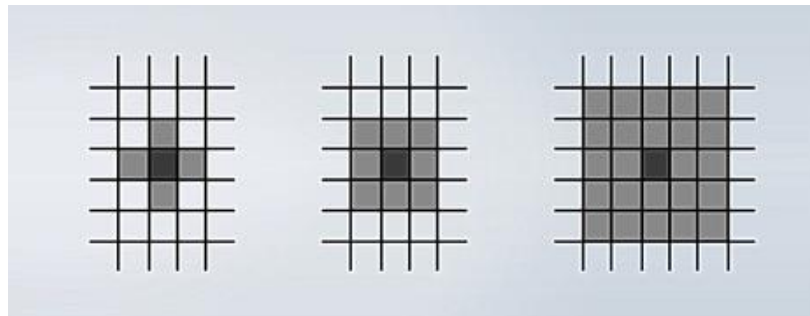
Biyolojiden bir örnek olarak karınca kolonisini alabiliriz. Kraliçe karıncalara ne yapmaları konusunda direkt emirler vermez. Bunun yerine, her karınca çeşitli uyarılara kimyasal koku şeklinde reaksiyon verir. Bu uyarılar larva, diğer karıncalar, düşmanlar, yemek ve çöp biriktirme olabilir. Karınca bu kimyasal kokuyu ardında bir iz olarak bırakır ve bu iz diğer karıncalar için yeni bir uyarı olur. Burada her karınca sahip olduğu genetik kodlar neticesinde sadece kendi etrafındakilere tepki veren otonom bir birimdir. Merkezi bir karar alma olmamasına rağmen, karınca kolonileri karmaşık davranım gösterirler ve hatta geometrik problemleri dahi çözebilirler (Burry & Burry, 2010).

2.3.3. Hücresel Otomasyon (Cellular Automaton)



Şekil 10. Hücresel Otomasyon (Lipa, 2018)

Ajan kavramı basit birim anlamına gelmektedir. Hücresel Otomasyon kavramında da karşımıza çıkacak olan ajan kavramı, ajan tabanlı modellemede (agent-based-modelling) kullanılmaktadır. ABM, sistem üzerindeki etkilerini bir bütün olarak değerlendirmek amacıyla özerk temsilcilerin (kuruluşlar veya gruplar gibi bireysel veya toplu varlıklar) eylemlerini ve etkileşimlerini taklit etmek için bir hesaplama modelleri sınıfından biridir (Agent Based Modeling, 2018).

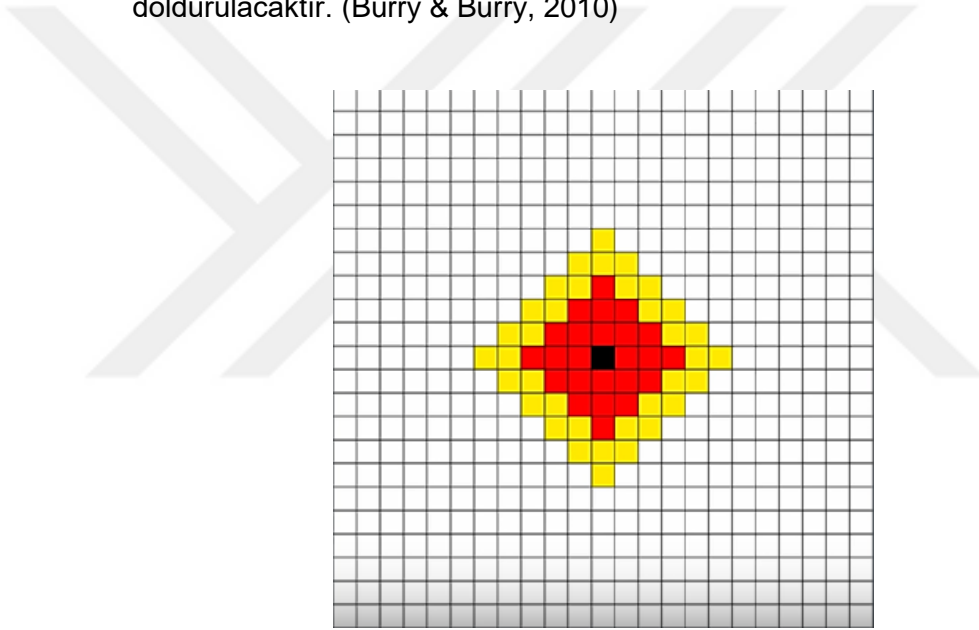


Şekil 11. soldan sağa – Von Neuman Komşuluğu, Moore Komşuluğu, 5x5 Moore Komşuluğu
(What is cellular automata modeling?, 2018)

1970 yılında matematikçi John Horton Conway, sıfır oyunculu Hayat Oyunu'nu (Game of Life) tasarlamıştır (Burry & Burry, 2010). Bu oyun insan dışında bir girdiye ihtiyaç duymadan sadece başlangıç durumuna dayanan bir süreç üzerinden ilerlemektedir. Oyunun evreni, her biri herhangi bir zamanda iki olası durumdan (ölü ya da diri) birini

gösterebilen, sınırsız genişlikte ortogonal kare hücre ızgarasıdır. Bu ızgara da yer alan her hücre sekiz dikey, yatay ve çapraz olan komşu hücreleri ile etkileşime girer. Kurallar şu şekilde tanımlanabilir:

- İki canlı komşusundan daha az komşusu olan canlı bir hücre, düşük nüfustan kaynaklı olarak ölür.
- Üçten fazla canlı komşusu olan herhangi bir canlı hücre, aşırı kalabalıktan dolayı ölür.
- İki ya da üç canlı komşusu olan herhangi bir canlı hücre durumunu değiştirmeden, bir sonraki nesle geçer.
- Tam olarak üç canlı komşu hücresine sahip herhangi bir kare, canlı bir hücre ile doldurulacaktır. (Burry & Burry, 2010)



Şekil 12. Hücresel yerleşme örneği (What is cellular automata modeling?, 2018)

Hücresel Otomasyonun İlkeleri ise mekansal yapı ve yerel etkileşim olarak tanımlanmıştır. Burada tanımlanan etkileşim ise hücrelerin ölü ya da canlı olarak durumlarının ne olduğu ve bu durumun değişebilirliği üzerinden anlam bulmaktadır. Oyunda zaman, adımlar şeklinde veya raundlar şeklinde ilerlemektedir. Durumların farklı dinamikleri vardır. Örneğin hücreler kurallar doğrultusunda diğer hücreleri etkileyip hücrenin durum değiştirmesine neden olabilir. Bir diğer dinamik ise hücrelerin göç etmesi durumudur. Gözlenen bu organizasyona da “sosyal olarak kendiliğinden organize olma (social self organization)” adı verilmektedir (What is cellular automata modeling?, 2018).

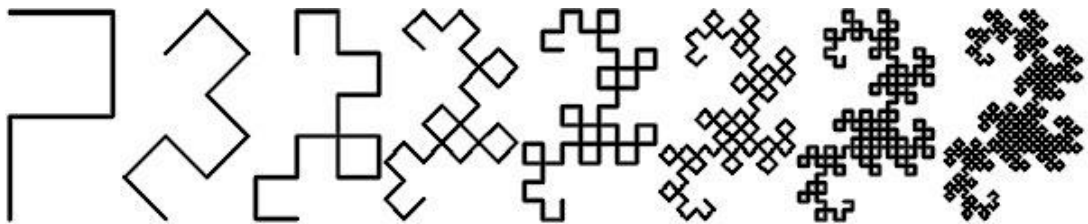
2.3.4. Doğrusalsızlık (Non-Linearity)

Doğrusal olmayan sistemler, çıktının nedenlerle orantılı olarak değişmediği sistemlerdir. Matematikte doğrusal olmayan denklemler düz çizgilerle takip edilemez. Bu denklemler çözülebilir olabileceği gibi çözülemez durumda da olabilir. Bunlar, 1'den daha büyük bir değişkenin en az bir üssünü içererek cebirsel olarak karakterize edilmektedir (x^2 veya x^3 gibi). Özelliklerden biri, büyük, ani ve beklenmedik değişikliklere veya dalgalanmaya uğrayabilmesidir. Sarkaçın hareketi en bilinen problemlerden biridir ve doğrusal olmayan sistemlerin matematiksel bir anlayışla açıklanmasında önemli bir yere sahiptir.

Doğrusal olmayan sistemler, kaos teorisinin ve karmaşıklığın temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, fraktalların da lineer olarak ilerlemeyen artışlar ve geri dönüşler yapabilmesi doğrusal olmayan sistemlerle paralellliğini ortaya koymaktadır. Fraktallar da lineer olarak ilerlemediklerinden dolayı basit formlarla, iterasyon ile karmaşık veya kaotik formlara evrilebilir. Karmaşık bir formun da aynı şekilde özyineleme yöntemi ile basit form haline dönüştürülmesi mümkün olabilir.

2.3.5. İterasyon (Iteration) ve Özyineleme (Recursion)

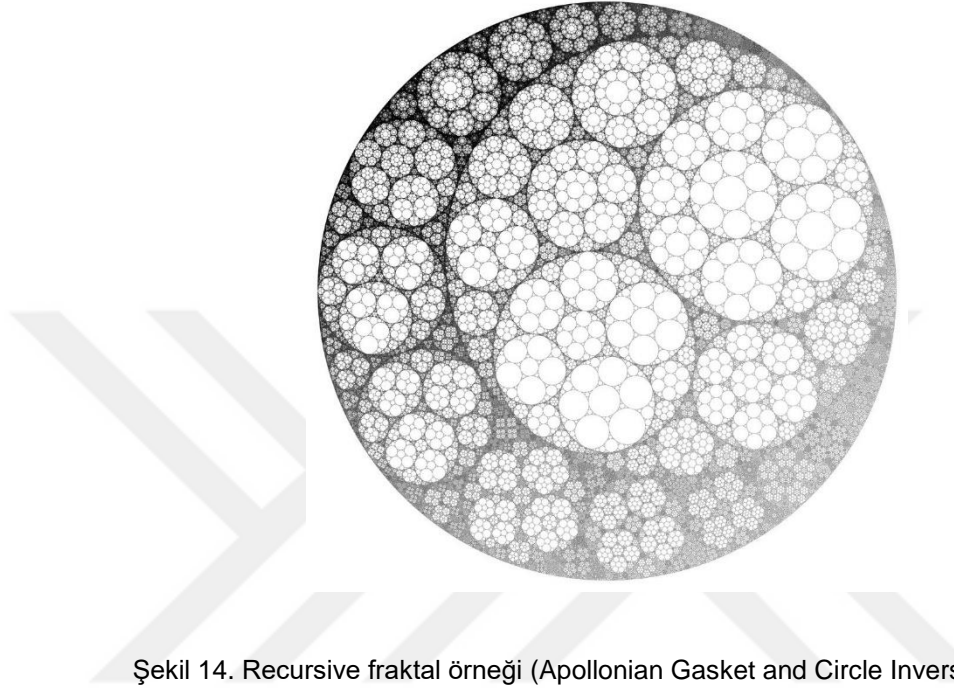
İterasyon, bir algoritma içinde bir kuralın tekrar uygulanmasına veya bir adımına verilen isimdir. Algoritma, karmaşık hesaplamaları daha basit diziler ile gerçekleştirme kuralları anlamına gelir. Bilgisayar programları algoritmalar kullanarak işlem yapmaktadır. İterasyonda bir operasyonun çıktısı (output) diğerinin girdisidir (input) ve bu şekilde devam etmektedir.



Şekil 13. Ejderha Eğrisi (Dragon Curve) (Iterated Function Systems, 2018)

Karmaşıklıkta en önemli kavramlardan biri özyinelemedir. Tanımlanan işlevin kendi tanımı içinde uygulandığı fonksiyonları tanımlama yöntemidir. Bu nedenle, bir prosedürde, adımlardan biri tüm prosedürü tekrar çalıştırmaktır. Bir başka deyişle, bir

kez fonksiyonun uygulanması sonucu ortaya çıkan çıktının bir sonraki iterasyonun girdisi haline gelmesidir (Burry & Burry, 2010). Fibonacci sayı dizisi iyi bilinen matematiksel özyineleme örneğidir; $(n = (n-1) + (n-2))$ her bir terim kendisinden önceki iki terimin toplamıdır.



Şekil 14. Recursive fraktal örneği (Apollonian Gasket and Circle Inversion, 2018)

Özyineleme üretimde daha hızlı sonuca ulaştırdığı için genelde matematikçiler ve yazılımcılar tarafından iterasyon yerine tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. Koch Eğrisi, Ejderha Eğrisi gibi fraktallar bir iterasyon örneğiyken, Sierpinski Fraktalı iyi bir geometrik özyineleme örneğidir.

2.3.6. Parametrik ve Üretken Tasarım

Türk Dil Kurumu'na göre parametre, bir etki ya da ilişki göstermek için kullanılan değişken veya özel bir durum için tanımlanmış değişebilir bir nicelik olarak geçmektedir (TDK, 2018).

Parametrik tasarımın mimari tasarımda kullanılması ile ilgili Akipek; detay ve strüktür çözümleri için de kullanılabildiğini ifade eder. Bunun yapılabilmesi için yalnızca bir prensip formül oluşturulur. Ölçü, açı ve kalınlık değişimlerinin parametreleri tasarımcının gerekli duyduğu yerlerde değiştirilir. Böylelikle bir tek prensip detay çözümü üzerinden çeşitlik çözümler oluşturulabilir (Özsel Akipek, 2004). Dolayısıyla parametrik tasarım

kullanıldığında mimari tasarımda birden fazla problem değişkenler sayesinde bir müdahale ile çözüm üretilebildiği söylenebilir.

Baykara parametrik tasarımın bir terim olmaktan öte bir anlayış olduğunu söyler. Öğelerin arasındaki ilişkilerden faydalanarak bir biçim yaratma yöntemidir. Biçimler uygun parametreleri içeren ana modelin bu modellere eklenmiş temel oluşumlarla birleşmesi ile yaratılır. Örneğin bir çizgi, iki parametre arasındaki bir modelin parçası olabilir. Uzunluğunun ve yönünün önceden belirlenmiş olmasına rağmen, karmaşık öğelerin parçaları bağımsızca değişirken aralarındaki ilişki sabit kalmaz (Baykara, 2011). Bir yapı elemanı bir blok olarak tanımlandığını varsayarsak, blok içerisinde bir parametrenin değişimiyle diğer bütün bloklardaki parametre aynı oranda değişecektir.

Tasarımcı parçaları birbirleriyle ilişkilendirir, bu ilişkileri kurarak bir tasarım oluşturur, yine ilişkileri gözlemleyip seçerek yeniden düzenler. Sistem, tasarımın ilişkilerle, tutarlı ve devamlı olmasını sağlar ve böylelikle tasarımcının yeniden işleme sıkıntısını azaltarak fikrini keşfetme kapasitesini artırır. Parametrik tasarım, ilişkileri tanımlama ve tasarımcının ilişkileri belirleme evresini tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak görmesine bağlıdır. Tasarımcının, gerektiğinde tasarımdan bir adım geri çekilmesine ve tasarımın mantığına odaklanmasını gerektirir. İlişkileri kurma süreci tasarım nosyonu gerektirir ve daha önce “tasarım kavramının bir parçası olarak düşünülmemiş ek kavramlar ortaya koyar (Mendilcioğlu, 2017).

Akipek, bilgisayar destekli parametrik tasarımın Fraktal Geometri ile ilişkisinden şu şekilde bahsetmiştir;

1970’li yıllarda Mandelbrot’un evrendeki her şeyin Öklid geometrisiyle açıklanamayacağıyla ilgili görüşleri ve önerdiği Fraktal Geometri düzeni bilgisayar destekli tasarım alanındaki birçok çalışmanın temelini hazırlamıştır. Fraktal Geometri düzeninde basit bir biçim temel alınır, belirlenen türetme (generate) kuralları doğrultusunda tekrar edilerek bir örüntü oluşturulur. Sonuç biçim başlangıçtaki temel biçime benzer, onun karmaşık bir örüntüden oluşan görüntüsüdür. Doğada ağaç, yaprak gibi birçok nesnenin biçimi bu geometrik kurallara göre çözümlenebilir. Biçimlerin belirli kurallara göre tekrarına dayanan zanaat eserleri Fraktal Geometri kurallarına göre çözümlenebilmiştir. Fraktal Geometri ile ilgili

çalışmalar bilgisayar destekli tasarım alanında üretici sistemler ve biçim grameri alanlarındaki incelemelere kaynak olan önemli bir eşiktir (Özsel Akipek, 2004).

Üretken tasarım ise doğanın evrimsel yaklaşımını tasarımda taklit eder. Tasarımcılar veya mühendisler materyaller, üretim metodları, maliyet bağlantıları gibi parametreler doğrultusunda tasarım hedeflerini bir girdi (input) olarak üretken tasarım yazılımına gönderirler. Daha sonra bulut hesaplama sistemi ile yazılım, çözüm için bütün olası permütasyonları hesaplar ve hızlı bir şekilde tasarım alternatiflerini oluşturur. Her tekrarda (iterasyonda) neyin işe yarayıp neyin yaramadığını test eder ve öğrenir.

Yapı ve mekan tasarımı sürecinde sürece doğrudan dahil olan bilgisayar programlarından bir çoğu Autodesk firması tarafından oluşturulmaktadır. Autodesk üretken tasarımın program içerisindeki çeşitlerini tanımlamaktadır. Çeşitlerden ilki form sentezidir (form synthesis). Bu yaklaşım ile tasarımcılar veya mühendisler hedeflerini ve bağlantılarını girdi olarak gönderirler ve yazılım yapay zeka tabanlı algoritmalar çalıştırarak geniş tasarım alternatifleri üretir. İkinci çeşit ise kafes ve yüzey optimizasyonudur (lattice and surface optimization). Bu yöntem mevcut bileşenlerin daha hafif ve güçlü olabilmesi amacıyla iç kafesler ve optimize edilmiş yüzey yapılar uygular. Bir diğeri topolojik optimizasyondur (topology optimization). Bu yaklaşımda performans kriterlerine uyumlu şekilde gereksiz materyallerin ortadan kaldırılması için sistem bir analiz yapar ve mevcut bileşenin ağırlığını azaltır. Son çeşit ise trabeküler yapılardır (trabecular structures). Bu yöntem medical amaçlarla hastaların iyileşmesi amacıyla kemik yapısını taklit ederel ufak gözenekleri katı kapalı materyallere isabetli bir şekilde ölçeklendirir ve dağıtır (Generative Design, 2018).

Türetme; kelime anlamı olarak, bilinen bazı şeylerden yararlanılarak düşünce gücüyle yeni bir şey bulmak olarak tanımlanmaktadır. Türetici tasarım bilgisayar programı algoritmalarıyla ya da benzer matematiksel ya da mekanik süreçlerle oluşturulan tasarımdır. Bilgisayar ortamında kurulan türetici tasarım sistemlerinde, belirli bir biçim grubundaki elemanların çeşitli kombinasyonlarının belirlenmesine dayalı alternatif çözümler, sistematik olarak araştırılır (Akipek, 2004). Buradaki türetici kavramı üretici kavramıyla aynı anlamı ifade etmektedir. İngilizcede “generative” olarak adlandırdığımız kavramın Türkçe’de farklı yerlerde farklı adlarla kullanımı görülebilmektedir.

2.4. Fraktal Geometrinin Pratikte Kullanımı

Doğada var olan olan fraktal yapıların mimari anlamda kullanımını tarih boyunca izleyebilmek de mümkündür. Mimari ve mekansal biçimleşme sırasında kullanılan uygulamalarda fraktalların matematik biliminde keşfine kadarki sürede fraktal olarak adlandırılmadan yalnızca bazı fraktal sistemlerin kullanarak oluşturulduğu söylenebilir. Fraktalların keşfi, tanımlanmasının yapılması ve daha sonraları bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile bilinçli bir şekilde fraktal yapılar üzerine çalışmalar ve araştırmalar yoğunlaşmaya başlamıştır. Fraktal araştırmalarda teknolojinin gelişimiyle birlikte 1970'li yıllardan sonra büyük bir sıçrama gerçekleşmiştir.

Doğada var olan kendine benzerlik (self-similarity), benzer öğelerin tekrarı veya belli bir tohumun rotasyonlarla devamı gibi yöntemler mimari yapıların biçimlendirilmesi sırasında bilinçli veya bilinçsiz şekilde geçmişten günümüze uygulanmıştır. Bahsedilen yöntemlerin farkedilmeden kullanıldığı yapılar mevcut yazında yapısal olarak analiz edilmiş ve analiz sonucu fraktal algoritmalar gibi algoritmalara yakın yapıda yapılmış olan örneklerin herhangi başka yöntemlerle tasarlanmış yapılara kıyasla daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Fraktal geometri mantığına yakın ilerleyen bir diğer mimari yaklaşım da organik mimarlıktır. Yine kendine benzerlik, benzer öğelerin tekrarı veya belli bir başlangıç formunun yönelimlerle devamı gibi yöntemler organik mimarinin uygulamaları içerisinde kullanılmıştır. Organik mimarlık temelinde insan eli ile yapılmış olan yapı ve doğa arasındaki uyumu arar. Organik mimarlık, mimari ve doğa-kır-bahçe arasındaki uyumu gerçekleştirmeye çalışır.

Organik mimarinin kökeni 19. yüzyıla dayanmaktadır. Frank Lloyd Wright bu akımın en bilinen mimarlarından biridir. Amaca materyale ve konstrüksiyona dikkat ederek çevresel şartların dışına çıkan organik yapılar meydana getirmiştir. Mimariyle doğayı uyumlu bir halde görmektedir (Değirmenci, 2009). Fraktal Geometri'nin ortaya çıkışından önce doğayla mimarinin uyumunun arandığı bir gerçektir. Organik Mimari Akım da bu problem hakkında çalışma yapılan akımlardan bir tanesidir.

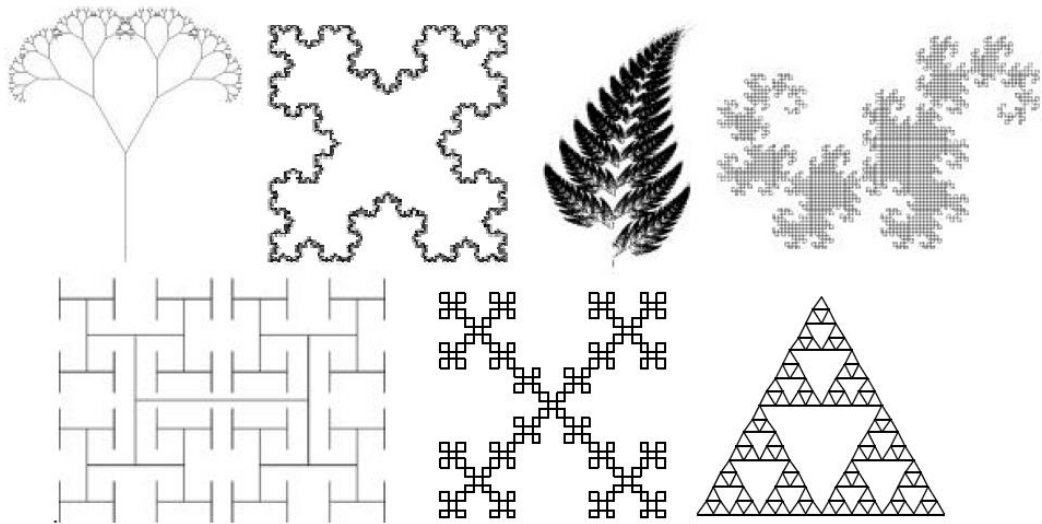
Fraktal yapıların başka belirme şekilleri ve yöntemleri de keşfedilmiştir. Ancak, bu belirme şekilleri kaotik, sonsuz yapılarda veya yönetilemez oldukları için mimari ya da mekansal biçimleşme süreçleri içerisinde gerçekleştirilmeleri mümkün olmamıştır.

Dolayısıyla, keşfedilen farklı yöntemlerin günümüz yapı veya mekan tasarımında kullanımı mevcut değildir.

Mimari olarak uygulanabilir fraktallar günümüzde vektör tabanlı olarak üretilmektedir. Yapılmış çalışmalar yer değiştirme yöntemi ve tekrarlanan fonksiyon sistemlerinin geometriyi türeten yöntem olarak kullanılması ile oluşturulmuştur. Bu ve bunun gibi yöntemler ile oluşturulan fraktallar hem yönelim hem de geometrik olarak farklı kapasitelere sahip olmalarından dolayı mimari uygulamalar için daha uygun görülmektedir (İbrahim & Krawczyk, 2000). Vektör tabanlı oluşturulan fraktallar ise mimari ve mekansal olarak biçimlenmeye ve uygulanmaya en elverişli olan sistemdir. Bu nedenle bir sonraki başlık altında vektör tabanlı fraktalların detaylı açıklaması yapılmıştır.

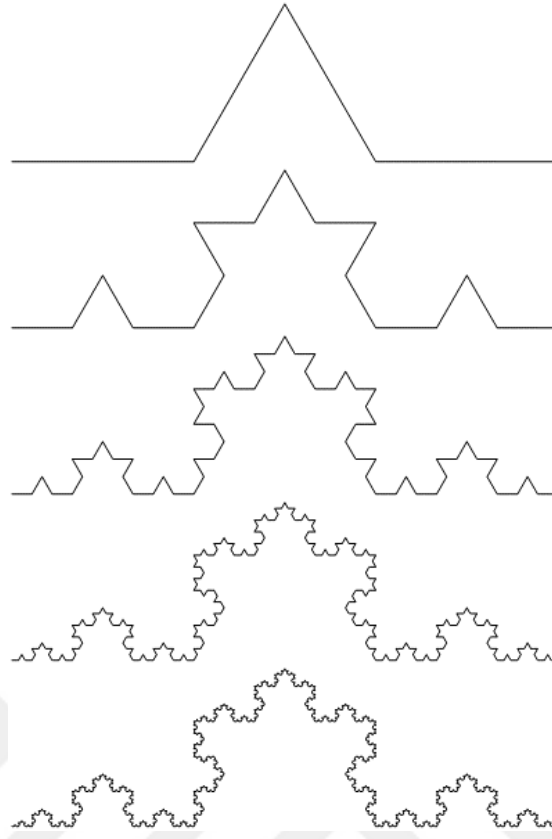
2.4.1. Vektör Bazlı Fraktallar ve Üretim Yöntemi Olarak Tekrarlayan Fonksiyon Sistemleri

Vektör tabanlı fraktal iki parçadan meydana gelir: başlangıç biçimi (initiator) ve üretici (generator) (İbrahim & Krawczyk, 2000). Vektör tabanlı fraktallar tekrarlanan fonksiyon sistemleri kullanılarak detaylandırılabilir veya çoğaltılabilirler. Bir başlangıç şekline ölçekleme, yönelim veya yer değiştirme gibi geometrik dönüşüm kuralları uygulandığı takdirde fraktal geometriler oluşturulabilmektedir. Mandelbrot'un da 1982'de tanımladığı yer değiştirme (displacement) ilkesini kullanarak fraktal biçim oluşturulabilmektedir. Ancak bu sistemler lineer fonksiyonlar değildirler. Birinci tekrarda ortaya çıkan sonuç bir sonraki tekrarın girdisi olmaktadır dolayısıyla deterministik özellik göstermektedirler. Dolayısıyla neden sonuç ilişkisine bağlı formlar oluşturulmuş olmaktadır. Ortaya çıkan biçimlerde fraktal geometride olduğu gibi belli bir düzeyde kendine benzerlik özelliği gözlemlenebilir. Bu da ortaya çıkan sonucun doğadaki formlar ile benzerlik gösterebileceğini göstermektedir.



Şekil 15. Yukarı soldan sağa doğru sırasıyla: Ağaç fraktali, Cesaro Fraktali, Barnsley'in Eğrelti Otu, Ejderha Eğrisi, H-Fraktali, Sierpinski Eğrisi (Ibrahim & Krawczyk, 2000)

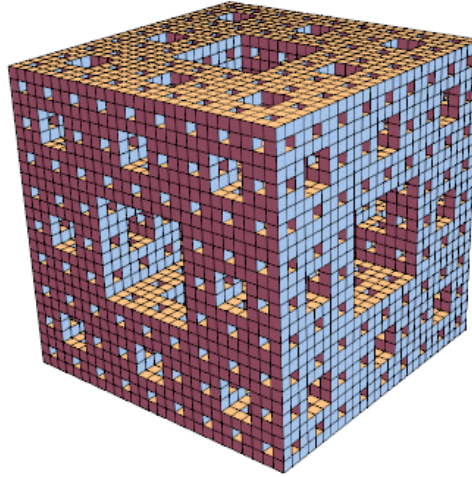
Bu sistem için başlangıç biçimi herhangi bir geometrik form olabilir. Bir çizgi, çokgen, prizma ya da bir eğri olabilir. Mevcut yazında Koch Kartanesi, Cantor Kümesi, Sierpinski Üçgeni, Minkowski Eğrisi, Hilbert Eğrisi, Peano Eğrisi, Cesaro Fraktali, Ejderha Eğrisi, Kutu Fraktali, H-Fraktali, Menger Sünger, Barnsley'in Eğrelti Otu gibi birçok klasik fraktal örneği vardır. Bu örnekler halihazırda keşfedilmiş bazı sistemleri açıklamak amacıyla kullanılırlar. Örneğin IFS mantığını Koch eğrisi ile açıklanabilmektedir.



Şekil 16. Koch Eğrisi oluşum şeması (Abel Z. , 2018)

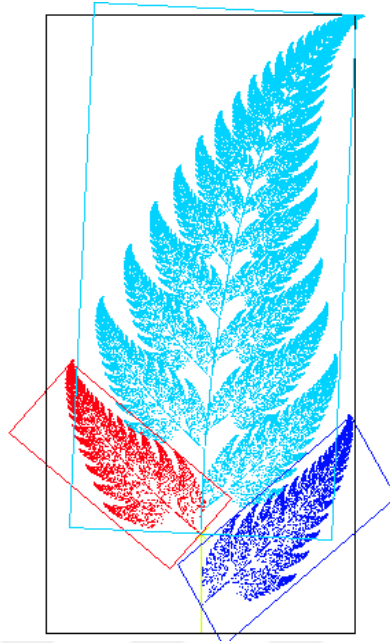
Başlatıcı(initiator)/tohum(seed) ve üretici(generator) kavramlarının kullanıldığı bir örnek fraktal Koch fraktalıdır. Bir kar tanesini andırdığı için Koch Kartanesi (Koch Snowflake) adı da kullanılmaktadır. Koch fraktalını incelediğinde, bir başlangıç biçimi olarak yatay düz bir çizgi ele alınır. Bu çizginin üçe bölünüp ortadaki segmentin tabanı olmayan bir eşkanar üçgen ile yer değiştirmesi kuralıyla üretimi başlatır. Bu kurala üretici adı verilir. Üretim kuralının oluşan bütün segmentler üzerinde teker teker uygulanıp fonksiyonun ilerlemesine de tekrar (iteration) adı verilir. Böylece istenilen tekrara sahip bir Koch Eğrisi oluşturulabilir. Sadece üretimde ufak bir kuralı değiştirerek oluşan tekrarlar sonucunda büyük değişimler görülebilir. Bu durum kaos teorisinin özellikleriyle benzerlik göstermektedir. Sonuçta oluşturulan Koch Eğrisi sonlu tekrarda uygulandığında bir mimari yapı elemanı gibi işlev görebilir. Sonlu tekrarlar doğadaki fraktal formlarda görülmektedir. Doğadaki formlar sonsuz tekrar sahip değildir. Başka bir deyişle Mandelbrot Kümesi, Julia Kümesi gibi sonsuz tekrarlarla oluşturulmuş kümeler teorik olarak işlev görürler. Sadece sonlu tekrarlar ile üreyen fraktallar ise pratikte uygulanabilme koşullarına sahip olabilirler.

Vektör tabanlı fraktallar her zaman iki boyutlu olmak zorunda değildir. Üç boyutlu fraktallar da bu yöntemle ortaya çıkarılabilir. Üç boyutlu olarak üretilebilen fraktalların mevcut yazında en bilindik örneği Menger Süngeri adı verilen fraktal yapıdır. Bir küpün içindeki bazı birimleri tanımlanmış bir üretim kuralıyla boşaltılmasıyla oluşturulur. Üç boyutlu Tekrarlayan Fonksiyon Sistemi (IFS) ile oluşturulan fraktallar bu yapıların daha da geliştirilebilme olanağının bir göstergesidirler.



Şekil 17. Menger Süngeri (Pegg, 2018)

Barnsley'nin Eğrelti Otu ise Lindenmayer sistemi gibi fraktal yapıların aslında doğadan tamamen uzak yapay olmadığını ve fraktalların doğayla ilişkisini açık bir biçimde göstermektedir. Barnsley Fraktali, fraktallar üzerine çalışmaları olan Michael Barnsley adlı İngiliz matematikçi tarafından keşfedilmiştir. Aynı zamanda Tekrarlayan Fonksiyon Sistemine adını (IFS) Michael Barnsley vermiştir. Sistem basitçe bir eğrelti otunun oluşum algoritmasını göstermektedir.



Şekil 18. Barnsley'in eğrelti otu (Fractal Fern Explained, 2018)

Bahsedilen bu farklı algoritmalar sayesinde doğal formlar taklit edilebilir ve oluşum mantıkları açığa kavuşturulabilir. Lindenmayer sistemi doğal formların oluşumun anlaşılmasındaki önemli adımlardan biridir. Bu sisteme bakıldığında bir hücrenin oluşum mantığı biliniyorsa bu o doğal formun insan tarafından üretimine de olanak tanıyabilir düşüncesi oluşmaktadır. Dolayısıyla doğal bir formu fraktal bilgiyle analiz edilir ise bu formun belirli bir tekrarda sonlandığı görülmektedir; ancak, bu oluşum mantığıyla tekrarları arttırarak doğal formların farklı detaydaki versiyonları oluşturulabilir.

Lindenmayer sistemi, doğadaki fraktal formların mantığının incelenebildiği örneklerinden bir tanesidir. Lindenmayer Sistemi (L-system) Macar biyolog Aristid Lindenmayer tarafından 1968 yılında geliştirilmiştir (Burry & Burry, 2010). Bu sistem ile alg ve bakteriler gibi çok hücreli organizmaların büyüme örüntüleri net olarak açıklanmıştır. Daha sonra karmaşık dallanma sistemlerinde ve daha büyük bitkilerin modellerinin yapılmasında kullanılmıştır. Lindenmayer'in algin büyüme sürecinin modellenmesi şu şekilde görselleştirilebilir:

Değişkenler: A B

Başlatıcı (Initiator): A

Üretici (Generator): $(A \rightarrow AB), (B \rightarrow A)$, which produce,

$n = 0$: A

$n = 1$: AB

$n = 2$: ABA

$n = 3$: ABAAB

$n = 4$: ABAABABA

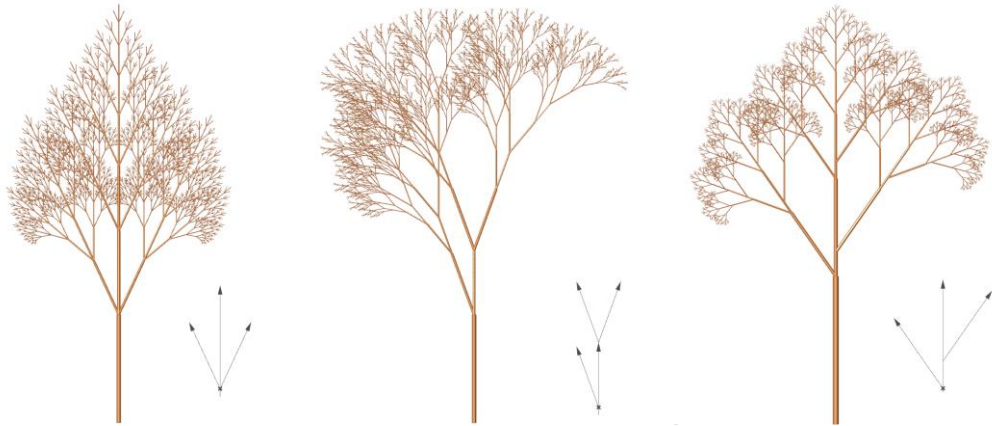
$n = 5$: ABAABABAABAAB

$n = 6$: ABAABABAABAABABAABABA

$n = 7$: ABAABABAABAABABAABAABABAABAABAABAAB

(Burry & Burry, 2010).

Her tekrarda harflerin sayısı Fibonacci dizisine uygun olarak artış göstermektedir. Lindenmayer sistemi özyinelemeli (recursive) kurallar izlemekte ve kendine benzerlik özellikleri taşıyan fraktal benzeri formlarla sonuçlanmaktadır. Bu yöntem yapay yaşam formlarının üretilmesinde kullanılmıştır. Örneğin, Lindenmayer sistemi (L-system) kullanılarak ortaya aşağıdaki görsele benzer ağaç yapılar oluşturulabilir.



Şekil 19. Lindenmayer Sistemi (Fractal Trees – Basic L-System- Example 9.4 , 2018)

Mimari ve mekansal biçimlenme sırasında fraktallerin kullanılması ise temelde geometrik biçimler üzerinden ilerlemektedir. Klasik fraktallarda üretici ve başlangıç biçiminin özel fonksiyonları yoktur. Genellikle basit geometrik formlardan meydana gelirler ve bir teoriyi açıklamak için kullanılırlar. Bu biçimler mimari ve mekan tasarımında farklı fonksiyonlar yüklenebilir. Biçimlerin mekansal fonksiyonlara sahip olması ile fraktallar belli bir tekrara kadar bazı işlevleri yerine getireceklerdir. Ancak, mekansal işlevlerde biçimler genellikle sonradan müdahale gerektirirler. Bu nedenle her bir segmente işlev yüklenmesi mekan tasarımında zorlama ya da tekrar müdahaleyi zorunlu kılan bir yaratım süreci olabilir. Bugüne kadar uygulanmış yapısal örneklerde fraktal formlara sonradan yapılan müdahaleler genelde her örnek için özel birtakım denemeleri içermektedir. Örneğin ışığın fraktal bir yapıdan içeri kesin bir lümeninde girmesi gibi bir konu tam netliği ile çözülemeyebilir. Bu nedenle tam ölçümlü, kesin matematiksel sonuçlar içeren işlev istekleri yaklaşık değerler ile elde edilebilmektedir.

Klasik fraktallar haricinde tasarım yapma eylemine daha yatkın olan fraktal üretken sistemi Chris Yessios tarafından ortaya konmuştur. Yessios'un fraktal üretken sistemi interaktif bir yapıya sahiptir. Bu yapıda fraktal, bir ya da birkaç çevrimde, belli bir zaman diliminde ya da farklı boyutlarda oluşturulabilir (Yessios, 1987). Aynı zamanda herhangi bir iterasyonda üretici değişebilir, farklı yerlerde olabilir, silinebilir ya da eklenebilir özelliğe sahiptir. Oluşum süreci tasarımcının isteğine bağlı olarak iteratif veya özyineleyim olarak devam edebilir. Bu tip fraktallar üç boyutlu modellerde de sonuç verebilirler; ancak, çok net bir anlam taşımayabilirler. Bu yöntemin geleneksel fraktal oluşturma yöntemlerinden temel farkı, tasarımcının istediği anda tasarladığı forma, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında müdahale edebilmesidir. Deneysel bir tasarım yöntemi olarak yeni önerilere açık olması ve uygulamaya koyabilme kapasitesi açısından oldukça önemli bir yöntemdir (Ediz, 2003).

Fraktallar anlamlandırılmadığı sürece mimari simülasyona katkı sağlayamazlar. Fraktalların bir biçim inceleme tekniği olarak kullanılması kavramı rasyonelleştirilerek mimari elemanlarla veya mimari şemalara ilişkilendirilerek kullanılmaya çalışıldığı takdirde faydalı olabilirler (Ibrahim & Krawczyk, 2000). Bir başlatıcı formun (initiator), generatörün yönelimi, ölçeklenmesi ve yer değiştirmesi sayesinde fraktal bir yapıya dönüşmesi mimaride fraktal kullanımı için bir potansiyel olarak görülebilir.

2.5. Bölüm Sonucu

İnsan eli ile oluşturulmuş, teorisi ve uygulaması yapılmış fraktalların ve fraktal bir analizin tüm alanlara kattığı en önemli öngörü doğal formların analiz edilebilirliğidir. Fraktal tanımı yapılması ve farklı üreme sistemlerinin ve biçimlenme yöntemlerinin keşfi ile doğal formlar taklit edilebilir. Bu yol ile birçok disiplin içerisinde insan yaşayışı ile ilgili sorunlar çözülebilir ya da yeni keşifler yapılabilir. Varılan bu sonuç yapı üretimi ve mekansal biçimleniş için de geçerlidir. İnsan eliyle yapılmış ve fraktal geometri türeme yöntemleri ile oluşturulmuş yapılarda doğa veya farklı program istekleri ile uyumu yakalamak ve devam ettirmek olanaklı hale gelmektedir.

Fraktalları meydana getiren çeşitli sistemlerin (örneğin bir Koch eğrisi veya bir Lindenmayer sistemi) tekrara (iterasyona) uğrayarak doğal veya karmaşık formlara ulaşabilmesi mimari yapıların ve bunların oluşturduğu mekanların da bu yolla oluşturulabileceği anlamına gelmektedir. Ancak günümüzde yapı üretiminde uygulanan teknolojilerin kapasitesi doğrultusunda uygulama aşamaları tasarım süreci ile aynı detayda ilerlememiştir. Başka bir deyişle tasarlanabilen çeşitli geometrilerin uygulamaya geçebilmesi teknik yetersizlikler dolayısıyla mümkün gözükmemektedir. Günümüzde gerçekleştirilebilme problemlerinden dolayı, tasarımların birkaç iterasyonda sonlandırılarak uygulanması mantıklı görünmektedir. Çünkü fraktal geometrik formları kullanmanın özü algoritmayı göstermektir. Sonsuz ölçekte ele aldığımız bir fraktalın uygulamada her detayını görebilmemiz mümkün olamamaktadır. Burada algı ve ölçek olgusu devreye girmektedir. Kullanıcının algıladığı seviyede iterasyon ve özyleneleme mekansal biçimleniş için yeterli görülmelidir. Algıyı tasarlamak ve iterasyon kararı da tasarımcıya kalmaktadır.

Fraktal yapıların bir diğer özelliği kendine benzerlik ilkesinin kullanımı sırasında görülür. Yapılarda kendine benzerlik ilkesinin kullanımı mükemmel bir benzerlik şeklinde

olmamaktadır. Mükemmel bir benzerlik kullanımı fraktal boyut oluşumu ile zıttır; mükemmel benzerlik varsa fraktal boyut oluşmaz. Bu durum fraktalların en önemli özelliklerinden biri olan pürüzlülük ile de ters orantıdadır. Fraktalın ana modülü, bir yandan modüllerin bir araya geldiği diğer modüllerle uyumu oluşturur, diğer yandan ise algoritma, bu uyumda varyasyon yaratımını sağlamaktadır. Dolayısıyla pürüz oluşur ve karmaşık bir algı ve etki yaratılmış olur. Bu da doğru kullanıldığı takdirde doğal formlara yaklaşım ve uyum anlamlarına gelmektedir. Bir sonraki bölüm fraktalların, yapı biçimlenişinin yanı sıra mekansal biçimleniş ile ilişkisini ve farklı tasarım yöntemlerini örnekler üzerinden incelemektedir.



3. İÇ MİMARİ VE FRAKTAL GEOMETRİ

Bu bölümde fraktal geometrinin mekansal anlamda etkileri değerlendirilecek sonra ikinci bölümden çıkan sonuçlar ışığında mekanların fraktal geometri ile ilişkisi hakkında tartışmalar yapılmıştır. Daha sonra bu tartışmalar örnekler üzerinden incelenerek ortaya çıkan ortak sonuçlar değerlendirilmiş ve bu yöntemin mekansal kazanımları ortaya konmaya çalışılmıştır.

3.1. Mekan ve Fraktal

Fraktal geometriye kullanılarak mekan organizasyonu fikri fraktalların mimari tasarımda kullanımını araştırmak amacı gözeterek meydana çıkmıştır. Fraktal kökenli şekillerden mekan organizasyonu oluşturma konusunda iki ayrı bakış açısı tartışılabilir (İbrahim & Krawczyk, 2000). Birincisi meydana getirilmesi düşünülen fraktaldaki çizgi parçalarının yönelimlerinin tasarıma etkisi olarak görülebilir. Bu etki özellikle üretici ve başlangıç biçimleri arasındaki oranın değişmesiyle izlenebilir. Bir diğer bakış açısı da; doğru parçalarına anlam yüklenmesidir. Bu anlamlar, meydana getirilen fraktalda bilinen mimari organizasyonlardan kaynaklanan kurgular geliştirmeye yetkin olmalıdır (Ediz, 2003).

Vektör tabanlı fraktalları ele alarak, yer değiştirme kavramı kullanıldığı takdirde, Tekrarlayan Fonksiyon Sistemin'den (IFS) faydalanarak fraktallar oluşturulabilir. Bu fraktallarda yönelimsel ve geometrik özellikler mevcuttur. Böylelikle mimari tasarımda kullanılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Vektör tabanlı fraktallar, vektörler ve onları birbirine bağlayan çizgilerden oluşmaktadırlar. Mimari öğelerdekine (nokta, çizgi, düzlem vs.) benzer şekilde varlık gösterdiklerinden dolayı vektör tabanlı fraktalların mimari yapılar üretme potansiyeli görülmektedir.

Fraktal kurgu oluşturabilen çeşitli yöntemler zaman içerisinde farklı çalışmalar içerisinde kullanılmıştır. Kutu sayım yöntemi varolan bir ürüne ait fraktal değerini tespit edilmesine ve ürünün analizine olanak tanırken, Curdling Yöntemi ile fraktal lekeler oluşturmakta başarılıdır. Arşimed'in orta noktanın yer değiştirmesi (Midpoint Displacement) yöntemi ise, fraktal kurgu yaratmada kullanılabilen bir diğer yöntemdir. Ancak, fraktal kurguya dayalı mekan organizasyonuna imkan tanıyan olası topolojik düzenlemelerin yapılmasında, bu yöntemlerin birlikte kullanılmadığı saptanmıştır (İbrahim & Krawczyk, 2000).

Mimari yapılar yakından incelendiğinde mimari kurgunun oluşumunda süreklilik gözlemlenebilir. Bir yapının detaylarıyla bütünü benzerlik gösteriyorsa fraktal kurguda olduğu gibi yapının mimari kurgusunun mükemmel olmayan bir kendine benzerlik gösterdiği söylenebilir. Bovill'in görüşüne göre bu açıdan ele alındığında fraktal kurgu herangi bir mimari yapıda büyük ölçekten küçük ölçeklere kendine benzer biçimlerin varlığı olarak da nitelendirilebilir (Bovill, 1996).

Frank Lloyd Wright iç mekanı kendisine göre şu şekilde tanımlamıştır; "Binanın ruhu mekanın kendisidir. İçinde yaşanılan oda veya salon bu mekanın bir parçasıdır, ona aittir, onunla beraberdir, ondan doğmadır. İçinde yaşanılan mekan bir bütün olarak, bu şekilde düşünüldüğü zamandır ki, bu mekan mimarının ta kendisidir." (Özkan, 2007). Wright'ın bu sözleri mekanın bir bütün olarak düşünülmesi gerektiğini ifade eder. Mekan barındırdığı bütün öğeleri ile sadece görsel olarak bir uyumdan ziyade ortak bir alt metne bir fikre sahip olmalıdır. Fraktal geometride karmaşıklığın görüntünün özünde bir örüntüsünün olması mekanın tasarımında çeşitliliğin yanında bağlayıcıdır. Dolayısıyla fraktal geometri uyum ve çeşitliliği mekansal olarak bir arada kullanma kapasitesi ile mekan biçimlenişine katkı sağlayabilir.

Frank Lloyd Wright, günümüzde bilinen mimari formların haricinde, doğanın mimaride kullanılmak üzere elindeki materyalleri bize sunduğunu, yüzyıllar boyunca kazandığımız mimari deneyimin doğaya sırtını dönme anlayışında olduğunu fakat doğanın sağlıklı çözümlere, zenginliğe ve insan hayallerinin ötesinde bir potansiyeline sahip olduğunu söyler (Wright, 1955). Fraktal geometri de kaynağını doğadan alır ve doğal formları tanımlamada yetkindir. Dolayısıyla fraktal yapılar bu durumu da çözüm getirme potansiyeline sahip olabilir.

Özkan bir iç mekânın duvar, tavan ve zeminden oluştuğunu, cam ve kapı gibi yapı elemanlarının da dış ve iç arasındaki bağlantıyı kurduğundan bahsederken boyutların, oranların ve şekillerin tanımlanmasıyla daha anlaşılır bir durum alıp bileşenlerin mekânın işlevini de belirlediğini söylemektedir. Dolayısıyla fraktal kurgunun bu ihtiyaçlara cevap vermesi gerektiği de bir gerçektir.

“İç mekân, genellikle mimari içerisinde fiziksel olarak kesin tanımlanabilen bir alan olarak anlaşılır. Fakat iç mekân, geometrik bir boşluktan öte, bir kavramdır. Bireysel bir atmosfere sahiptir. İnsanın sosyo-kültürel doğası yanında duygusal doğasının izlerini de taşır. İç mekân, insanın kendisini dış mekâna karşı barındırdığı yer olması yanında; akıl ve ruhunu da barındırdığı, böylece kendi benliği ile yakın ilişki kurduğu yerdir.” (Özkan, 2007).

Mekân, insanı kuşatan, insan eylemlerini ve deneyimlerini yönlendiren bir ortamdır. İnsanın mekân içerisinde deneyimlediği her şey, bu gözlemlerden, algılardan ve hislerden ortaya çıkar. İnsanın mekân içindeki yönelimi, değişkenliği mekânsal atmosfer özelliklerine bağlıdır. İç mekân atmosferinin fark edilmesinde duyular ve algı ile birebir ilişki içindedir. İç mekânda insanın algısı, iç mekân atmosferinden önemli ölçüde etkilenir. İç mekân deneyimini tariflemek için kullanılabilir ‘hissiz, sıcak, deneysel, heyecan verici, hissedilebilir vb.’ sıfatlar, mekân atmosferini betimleyen ifadelerdir. İç mekânın fiziksel özelliklerinin yanında, mekânı deneyimleyen kişinin duyuları, duyuları aracılığıyla ortaya çıkan algı ve önceki deneyimleri de kişinin mekânı anlamasını, algılamasını etkilemektedir (Önal & Sağlar Onay).

Mekan tasarımı tarihin ilk zamanlarında geometriyi bilinçli bir şekilde kullanmadan içgüsel barınma ve korunma amaçlı yapılmaktaydı. İnsan yerleşimi ve refahının önemi arttıkça, bunların yanı sıra teknolojik ve malzemedeki gelişmeler sonucu yapıların tasarlanması konusu ortaya çıktı. Yapıların tasarımı bu dönemden sonra matematiğin gelişimi ile birlikte seyreteye başlamıştır. Matematik ve geometri yapı tasarımında kullanılan temel araçlar olarak günümüze kadar ulaşmıştır ve bunların gelişimine yapı tasarımı da ayak uydurmaktadır. Dolayısıyla teknolojinin gelişimi mekan tasarımına doğrudan veya dolaylı yollardan etki etmektedir.

İç mimarlık disiplini de diğer tüm tasarım disiplinleri gibi birlikte çalıştığı disiplinlere ayak uydurmalı ve gelişmelidir. Dolayısıyla teknoloji ve gelişim ile birlikte mekan tasarımında da değişim kaçınılmaz olmaktadır. Bu değişimin bir parçasına yardımcı olabilecek araçlardan biri de matematik ve geometri disiplinlerindeki araştırmalarla beraber ortaya çıkan yeni geometrik kavramların mekan tasarımına dahil edilmesidir. Mandelbrot’un 1982’de yayımladığı yazısından sonra fraktal geometrinin kullanımı hemen hemen bütün disiplinlerde yaygınlaşmaya başlamıştır.

Günümüz tasarım ve bilim dünyasında duvarların erimesiyle birlikte uzmanlar diğer disiplinlerle daha rahat iletişim kurabilir ve birlikte çalışabilir hale gelmektedir. Buna disiplinlerarası (interdisipliner) yaklaşım denilmektedir. Disiplinlerarası yaklaşımlarda uzmanlar diğer disiplinlerden uzmanlar ile birlikte teori veya uygulama geliştirebilirler ve ortaya bir uzmanın tek başına geliştirebileceğinden daha verimli sonuçlar ortaya çıkabilmesi mümkün hale gelmektedir.

Bir iç mimarın diğer bilim dalları ile birlikte çalışarak mekan tasarım sürecini yürütmesi mekanı kalıplardan kurtaracak ve çağın problemlerine cevap verebilir hale getirebilecektir. Mekan tasarımında fraktal kurguların kullanılması da iç mimarlığın sınırlarını genişleterek sorunlara farklı çözümler üretebilecek hale getirebilecektir. İç mekan kavramı iç mimari disiplin için ele alınması gereken ilk kavramlardan biridir. İç mekan sadece iç mekanla sınırlı kalmaz çevresiyle ilişkilidir. Dolayısıyla tasarım sürecinde ve analizlerde bu ilişkinin mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ching, iç mekanın önemini şu şekilde açıklamaktadır; Hayatımızın önemli bir kısmını "binaların içerisinde" geçiririz. Binaların içini de, yapı-kabuk bütünlüğü oluşturur. İç mekanlar, içlerinde yaptığımız birçok işin içeriğinin oluşmasını ve yapılmasını sağlarlar; aynı zamanda mimarının özünü oluşturur, bir yaratıya hayat verirler. (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008).

İç mekan tasarımında kuralların olması tasarım sürecinin yönetilebilir olmasını sağlar. İç mekan tasarımında temel tasarım ilkeleri, bu ilkelerin kurdukları mekansal ilişkiler ve iç mekanlarda oluşturdukları işlevsel, yapısal ve estetik nitelikler temel olarak alınır. Mekanda problem çözme yaklaşımı iç mekanın oluşum sürecinin öncelikle mekanın sorgulanmasıyla başlanması gerektiğini ifade eder (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008). Problemi ele alış biçimi tasarımcının bazı kurallar dahilinde düşünmesini ve değerlendirme yapmasını gerektirir.

Bir binaya girdiğimizde, kapalılık ve kuşatılmışlık hissederiz. Bu algılama iç mekandaki zemin, duvar ve tavan düzlemlerinin verdiği etkiye bağlıdır. Bunlar, hacimlerin fiziksel sınırlarını tanımlayan mimari öğelerdir. Mekanı kapatır, sınırlarını bir araya getirir ve onu çevresindeki iç mekanlardan ve dışarıdan ayırır (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008). Fraktal yapılar tamamiyle mekan kavramını üstlenmek durumunda değildirler. Klasik kolon, kiriş, döşeme, tavan, duvar yapılarıyla iş birliği içerisinde de çalışabilirler. Bu

tasarımcının, mekanla fraktal yapıyı hangi bağlamda ilişkilendireceğine bağlıdır. Mekana etki eden bir parametrenin kontrolünü sağlamak için de kullanılabilir. Örneğin doğramalarda fraktal yapılar kullanılarak ışık kontrolü ve manipülasyonu sağlanması mümkündür.

Bir yapının biçimi, ölçeği ve mekansal düzenlemesi, aslında tasarımcının bir dizi koşula karşı gösterdiği tepkidir. Bu koşullar, planlamanın işlevsel gereksinimleri, binanın strüktürüne ve yapım sürecine yönelik teknolojik bakış açıları, yapı maliyetinin ekonomik gerçekliği, yapının görünüşünün ve biçiminin dışavurumsal kalitesi gibi etkenlerdir. Buna ek olarak, bir yapının mimarisi, üzerine yapıldığı arsanın fiziksel içeriğine ve dış mekanın sorunlarına da hitap etmelidir.

Bir yapı, arsasıyla birkaç yoldan ilişkilendirilebilir. Bulunduğu doğal ortamla bütünleşip içinde kaybolabilir veya bu ortama baskın çıkmaya çalışabilir. Dış mekanın bir kısmını çevreleyerek özelliğini veya dış mekanın bir köşesini vurgulamak üzere tasarlanabilir. Her durumda, binanın dış duvarlarıyla oluşturulan iç ve dış mekan ilişkilerine gereken önem verilmelidir (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008).

İç ve dış mekanın birbirine akışı da bir tasarım kriteri olarak kullanılmaktadır. İç mekan ve dış mekan birbirinden bağlam olarak koştuğu takdirde ikisi arasında geçiş yapılan bir mekanın uyumundan söz edemeyiz veya dışarıdan mekana giriş yapan bir kullanıcının mekan hakkında fikir sahibi olması da olanaksız hale gelir. Örneğin, yapının dış duvarlarını delen pencere ve kapı açıklıkları iç ve dış mekanı birleştirten özel geçişlerdir. Çoğu zaman bu açıklıkların ölçükleri, özellikleri ve düzenleri, arkalarındaki iç mekan hakkında bize ipuçları verir.

Hem iç mekana, hem de dış dünyaya ait olan bu özel geçiş elemanları, iki ortam arasında aracılık yapar. Fraktal yapılar da bu geçiş elemanlarının görevlerini üstlenebilir veya mekandan kopmayarak bu geçişi kendi yapısı üzerinden sağlayabilir ki bu çağdaş tasarım anlayışında sıklıkla görülen bir durumdur. Form işlevi takip eder anlayışına uygun bir yaklaşım olarak görülebilir.

Döşemeler, duvarlar ve tavan örtüleri bir mekan parçasının sınırlarını çizmekten daha fazlasını yaparlar. Biçimleri, bir arada varoluş şekilleri ve kapı/pencere açıklıklarının düzenleri, tanımlanmış mekanı ayrıca belirli mekansal ve mimari niteliklerle doldurur.

"Büyük salon", "tavanarası odası", "bol pencereci oda", "hücre" gibi mekansal tanımlarla, sadece söz konusu mekansların büyüklüğünü değil, ölçüğünü ve boyutlarını, ışık kalitesini, çevreleyen yüzeylerinin özelliklerini ve bitişik mekanslarla kurduğu ilişkiyi algılayabiliriz.

İç mekans tasarımı, elbette ki, mekansın mimari açıdan tanımlanmasının ötesine geçer. İç mekansın düzenlenmesini, tefrişini ve görsel açıdan zenginleşmesini sağlamak için, iç mimarın mekansın mimari karakterini mutlaka çok iyi tanıyor ve aynı zamanda da mekansın değişiklik ve gelişme ihtimallerini de biliyor olması gerekmektedir. Bu sebeple, iç mekans tasarımının ilk adımı, iç mekansın, binanın yapımcı sistemi içindeki yerinin oluşturulma şeklinin iyi anlaşılmasıdır. Bu anlayışla, iç mimar, mimari mekansın üzerinde etkin olarak çalışabilecek, gerekli seçimleri yapabilecek, mimari mekans var olan özellikleriyle sürdürebilecek veya bir mimari mekansın asıl niteliklerini değiştirecek önerilerde bulunabilecektir (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008).

Mekans, tahta veya taş gibi maddesel bir gerçekliktir. Aynı zamanda özünde şekilsiz ve dağınıktır. Evrensel mekansın tam bir tanımı yoktur. Buna rağmen, etki alanı içine bir nesne girer girmez görsel bir ilişki kurulmuş olur. Bu alana daha başka nesnelere girerse, söz konusu alanla nesnelere arasında olduğu gibi, aynı zamanda da nesnelere birbirleri arasında çoklu ilişkiler kurulmaya başlanmış olur. Dolayısıyla mekans bu ilişkiler ve bunları algılayan kullanıcı tarafından şekillenir (Ching F. D., İç Mekan Tasarımı, 2008). Fraktal yapılar bu şekilsiz ve dağınıklık durumu ile uyuşabilirler. Fraktal yapıların mekansal bir yapıya kavuşması için kolon, giriş, döşeme, tavan, duvar gibi kavramlara ihtiyacı olmayabilir. Strüktür olarak kullanıcıya mekansal deneyimi sunabilir.

Fraktal geometri günümüzde iç mekans tasarımında basit kavramsal ideolojisi ele alınarak kullanılmaktadır. Henüz matematik ve diğer disiplinlerde bile araştırmaları devam eden bir konunun iç mimarlık veya tasarım disiplinlerinde detaylarıyla uygulanmaya çalışılması çok verimli sonuçlar ortaya koymayabilir. Dolayısıyla fraktalları mekans tasarımında basit ve rahatlıkla açıklanabilecek yönleriyle çözümlenmek ve kullanmak iç mekans tasarımı açısından daha somut sonuçlar verebilir.

İç mekan tasarımını fraktal geometri gibi karmaşık bir yaklaşım üzerinden ele alırken tutarsız ve hatalı sonuçlara varmamak adına fraktal açıdan yapılan mekan incelemelerinde özellikle dikkatli yaklaşılması gerekmektedir. Özellikle fraktal geometrinin sonuçlarının net bilindiği dalları ve kavramları açısından yaklaşmak daha sağlıklı olacaktır. Fraktal geometrinin mimari kullanımında örnekler çoğaldıkça daha detaylı incelemeler ortaya koyulabilecek ve uygulamalar üzerinden daha net sonuçlara ulaşılabilecektir. Bu nedenle ileriki bölümde hem uygulamalı hem de kavramsal örnekler üzerinden değerlendirmeler yapılarak mekan tasarımına sağlayacağı katkılar üzerinde durulmuştur.

3.2. Mekan Tasarımında Fraktala Yaklaşım Yöntemleri

Fraktal kurguların mimari tasarım veya mekan tasarımında kullanılmak istenmesinin birçok sebebi olabilir. Bir tasarım hedefi olarak doğal formlarla mimari formlar arasında ilişki kurulması istendiğinde fraktal geometri bu anlamda kullanılabilir bir araçtır.

Bu yüzden amaç doğada bulunan oranda detay yaratmak ise, benzer fraktal boyutta bir bina tasarlamaya çalışmak gerekebilir. Fakat ortaya çıkan sonuç ağaç gibi görünen bir bina olmayacaktır. Ancak bu bina doğadaki objelerde olduğu gibi detaylardaki süreklilik boyunca aynı seviyede gelişme gösteren bir yapıda olacaktır. Tasarım sürecinde bu anlamda fraktal boyutu bir araç olarak kullanmak yararlı olabilir. Çünkü bu yaklaşım, bir objenin karmaşıklığını (complexity) betimleme ve doğadaki aynı karmaşa ve aynı çeşitlilikte bina formlarını üretmekte faydacı bir yaklaşım oluşturma olanağı verebilir (Ediz, 2003).

Bovill, binaların farklı ayrıntı düzeylerinde kendine benzerlik sağlamadığı için fraktal olmadıklarından bahseder. Binaya daha yakından bakıldıkça, ayrıntılarda bazı binaların fraktal kurguya sahip olduğu görülebilir. Hiçbir bina aynı ayrıntı düzeyine sahip değildir. Örneğin Rohe'nin Fransworth Ev'i ölçek büyüdüğünde çok fazla ayrıntı detayına sahip değildir; fakat Wright'ın tasarladığı Robie Evi'nde zengin bir ayrıntı derinliği görülür (Bovill, 1996). Fraktal yapılarda ayrıntı düzeyi ölçeğe bağlı olarak kendini tekrar edebilir. Bu nedendir ki kendine benzerlik özelliğinin detay ve ölçek bağlamında incelenmesi fraktal yapılara karşı yaklaşımlardan bir tanesi olabilir. Bununla beraber mekanın fraktal özelliklerinin matematiksel analizinden çok kavramsal bağlamda yaklaşmak daha doğru olacaktır.

3.3. Örnekler ve Gruplandırma

Günümüzde fraktal yapıların pratik olarak üretimi maliyetli olduğundan bir endüstri standardı şekline gelmiş fraktal yapılar görememekteyiz. Bu konu üzerinde araştırma yapan çeşitli mimar, mühendis ve tasarımcılar fraktal yapılar üzerinde teorik çalışmalar yapmış, bir kısmı ise bunları uygulama şansına erişmişlerdir.

Mevcut yazın incelendiğinde fraktal yapıların uygulama bazında en güncel incelemeleri Jane ve Mark Burry'nin *The New Mathematics of Architecture* kitabında yapılmıştır. Bu tezde deney grubunun uygulanmış yapılar olarak değerlendirilmesi daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak amacı taşımaktadır. Profesör Jane Burry Swinburne Teknoloji Üniversitesi'nde dekadır. Ayrıca aynı bölümde SIAL'in (Mekansal Bilgi Mimari Laboratuvarı) kurucu profesör ve yöneticisidir. Burry'nin araştırmaları çağdaş tasarımda matematik ve hesaplama odaklıdır. Antoni Gaudi'nin Barselona'daki Sagrada Familia proje ofisi dahil uluslararası araştırmalarda ve projelerde yer almaktadır. Son araştırmaları, daha iyi, daha duyarlı, insan merkezli alanlar yaratmak için simülasyon ve geri besleme ile dijital üretimden yararlanma fırsatlarını keşfetmektedir. Tasarımdaki geometri ve gerekliliğin manipüle edilmesiyle, mimari yüksek kaliteli, enerji verimli ortamlar için akustik, termal ve hava akış estetiğini daha doğru ayarlayabilmektedir. Diğer ortak araştırmalar, zengin çevresel veri toplanmasını ve daha iyi kentsel ortamlar tasarlama uygulamasını inceler (Swinburne University of Technology, 2018). 2010 yılında yayımlanan *The New Mathematics of Architecture* kitabı matematiksel yöntemler kullanılan örnek yapıları ve mekanları kendi terminolojileri içerisinde değerlendirilmekte, kavramsal ve pratik analizlerini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma içerisinde seçilen örnekler ise iki grup altında değerlendirilmiştir. İlk grup fraktal geometri yöntemi yolu ile tasarlanan ve uygulamaya konulmuş örneklerden oluşmaktadır. İkinci grup ise kavramsal olarak ortaya konmuş ancak uygulaması gerçekleştirilmemiş projelerdir. İki grup içerisindeki örnekler de fraktal geometriyi farklı yönlerden ele alan çalışmalar içerisinde seçilmiş ve iç mekan biçimlenişine katkıları keşfedilmeye çalışılmıştır. İki grubun karşılaştırması ile somut verilere ulaşılabilmeyle çalışılmıştır.

3.3.1. İlk Örnek Grubu: Uygulanmış Örnekler

3.3.1.1. Federation Square, LAB ARCHITECTURE STUDIO Örneği



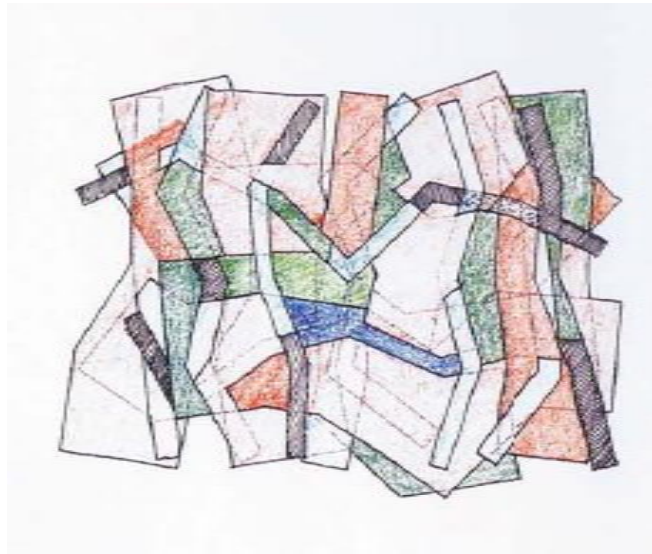
Şekil 20. Federasyon Meydanı fotoğrafı (Federation Square, 2018)

Federasyon Meydanı (Federation Square), Melbourne merkezli Lab Architecture Studio tarafından Avusturalya federe yapısının yüzüncü yıl dönümü için bir kamusal meydan olarak tasarlanmıştır. 1996'da düzenlenen uluslararası tasarım yarışmasında çoklu yönetsel parçaların bir ulusu yaratmasının öneminin vurgulanması istenmiştir ve Lab Studio'nun tasarımı finale kalan beş tasarımdan biri olduktan sonra yarışmayı kazanmıştır. Yüz yıl dönümünden bir sonraki sene yani 2002 yılında bitmiş olarak halka açılmıştır.



Şekil 21. Federation Square'in yerleşim planı (Federation Square, 2018).

Meydanın tasarımında karmaşıklık teorisi ve fraktal geometriden faydalanılmıştır. Lab Studio tasarım sürecinde istenilen fikri mekana yansıtmak amacıyla yeni bir mekan organizasyonu geliştirmiştir. İstenilen durum mekanların seviye farketmeksizin birbiriyle iç içe olmalarıydı. Tasarım birçok farklı parçadan oluşuyordu ve bu parçalar eyaletleri temsil ediyordu. Aynı örüntüde farklı oluşumlarla bir araya gelerek bir ulusu meydana getirmeleri temsil edilecekti. Donald Bates tarafından çizilen konsept eskiz de bu fikri ortaya koymaktadır. Soyut bir fikrin duysal bir yapıya dönüşmesi Federasyon Meydanı'nda gerçekleşmiştir.



Şekil 22. Donald Bates tarafından çizilmiş bir konsept skeç: Yeni tür bir mekansal organizasyon için bir gösterim (Burry & Burry, 2010).

Tasarım süreci esnasında cephe elemanları tekrarlanmıştır. Cephe elemanlarının tekrarları monoton bir ritmi değil farklı ölçekte farklılaşmış elemanları meydana getirmiştir. Sonuç olarak hepsi aynı başlatıcıdan çıkmış ve bir algoritma izinde yeni elemanlar meydana getirerek sonlu bir yapıyı oluşturmuştur. Bu fraktal geometride vektörel olarak oluşturulan sonlu tekrardaki fraktal yapılara bir örnek teşkil etmektedir.

Planda ve mekan organizasyonunda ofisler, kültürel alanlar, restoranlar, barlar ve özelleştirilmiş dükkanlar meydana çevrelemektedir. Görülen karmaşık organizasyon basit bileşenlerden ve basit algoritmalarından meydana gelir. Yaratılan organizasyon okunabilir; fakat alana bakan kentli için yine de karmaşıklık algısı yaratabilir. Duyusal dünyada bir ölçüt ve kavramsal düzen olan geometri, akıl ile olduğu kadar duyarlar aracılığıyla da deneyimlenebilir ve dokunulabilir hale gelebilir. Algısal olarak karmaşık olarak düşünülebilecek bu yapı bu durumun örneklerinden biridir.



Şekil 23. Federasyon Meydanı'nın vaziyet planı (Federation Square, 2018).

Federasyon Meydanı'ndaki açık hava amfityatrosu 35bin insanı barındırabilmektedir. Kültürel ve ticari tesisler yaklaşık 44bin m² alanı kullanmaktadır. Federasyon meydanındaki plaza Melbourne'de yaşayanların haricinde bölgesel ve uluslararası ziyaretçiler için bir buluşma noktası olarak geliştirilmiştir. Plaza, birden çok odak noktası

olan farklı aktivitelerin bir arada yapıldığı mekansal bir figür olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda tek bir aktivite mekanı olarak da kullanılabilir. Plaza projenin anahtar bölgesidir, kentin bağlamı ve meydanın çevresi ile mekanın arasında net ve çeşitli ilişkiler kurar.

Federasyon Meydanı daha önce hiç yapılaşma var olmamış bir parselde yeni bir sokak düzeninin kurulmasıdır. Yapı sadece birkaç yeni binadan ibaret değildir; şehrin kültürel aktivite merkezidir. Gerçek federasyon ruhu içinde, bu tasarım, kolektif ve eşsiz olanı temel alan karmaşık bir topluluğu oluşturan farklı unsurları ve etkinlikleri bir araya getirmektedir. Farklılık ve tutarlılık mimarisi içinde tasarım, farklı kurumları bir araya getirir ve gerçek farklılıklarının gelişmiş geometrilere kaydedilmesine izin verirken, aynı zamanda alan genelinde görsel ve resmi bir tutarlılık sağlar.



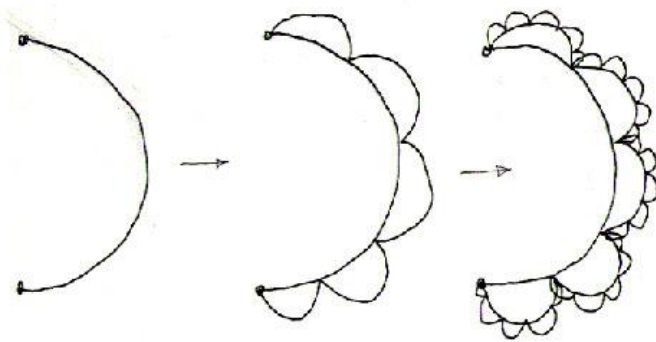
Şekil 24. BMW Edge Performans Salonu (MLewi Photos, 2018)

Atrium bölümünü plazayla birlikte iyi bir uyum içindedir. BMW Edge amfityatrosunda camlı bölümü destekleyen iç ve dış çelik taşıyıcılarda aynı geometrik örüntü devam etmektedir. Fakat burada üretken (generative) bileşenlerin üniter doğası daha az görülür ve bütün yüzeyde mevcut değildir.



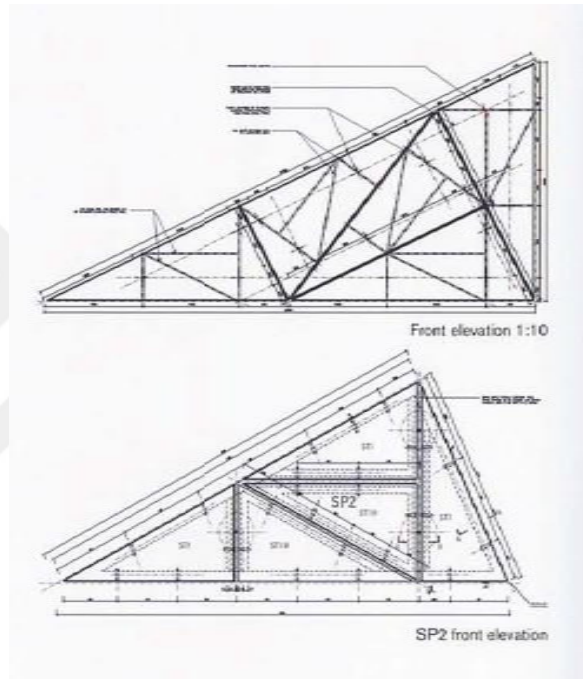
Şekil 25. Doğramalarda devam fraktal yapının içeriden görünüşü (The Atrium, 2018)

Fraktallarda detay, ölçek bazında hep değişir; fakat temelde aynı algorithmadan çıkarlar. Bu da aralarındaki uyumu temsil eder. Aynı zamanda farklı ölçekte çeşitlendirmeler oluşturması ile uyum ve varyasyonu bir arada bulundurması ve karmaşık görünen detayları basit bir forma bağlı olması onu kullanışlı kılar. Karmaşık görünen bir detayın kökeninin bilinebilir olması bir tasarımcı için önemli bir tasarım gücüdür.



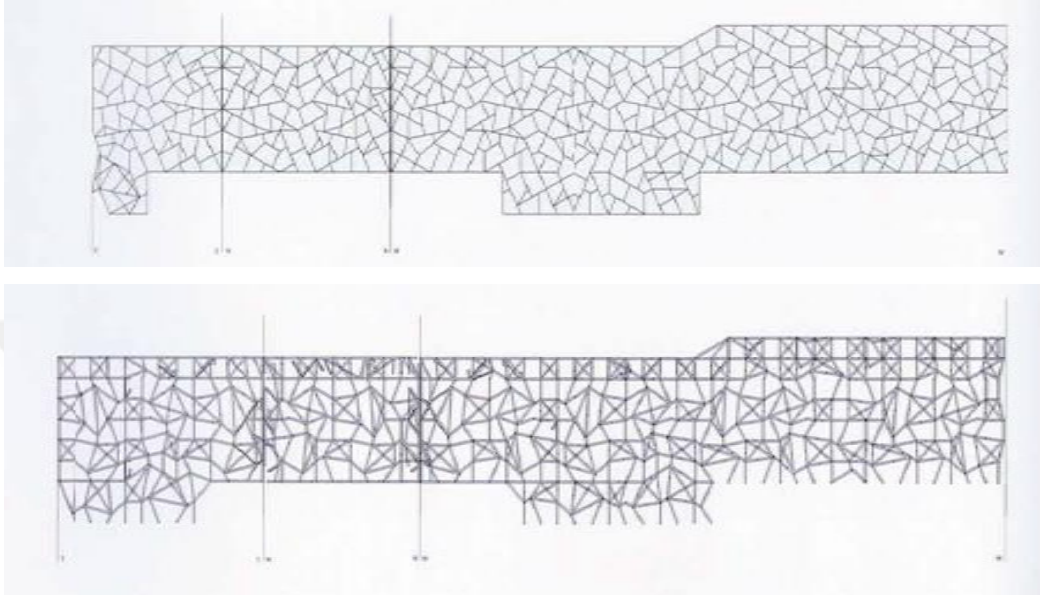
Şekil 26. Farklı ölçeklerde fraktal üretimler (Salingaros, 2018)

Bu yapıda kullanılan fraktal yapılarda görülmekte olan bir diğer özellik ise kendine benzerlik özelliğidir. Kamusal alanları tanımlayan cephelerin bu özelliğe sahip olması yüzeylerde uyumun yakalanmasının yanında varyasyonlar yaratmada önemli bir yere sahiptir. Cephedeki en küçük eleman $1:2:\sqrt{5}$ üçgenidir ve bu üçgenlerin 5 tanesi bir araya gelerek daha büyük üçgenler meydana getirirler. Bu sebeple 5 parçanın oluşturduğu yeni üçgenler farklı bir ölçeğe, dolayısıyla farklı bir detaya geçmiş olur. Basitçe kurgulanabilir bir motif olmasına rağmen tüm alanda iç ve dış etkide uyum ve çeşitliliğin bir arada görülmesini sağlar.



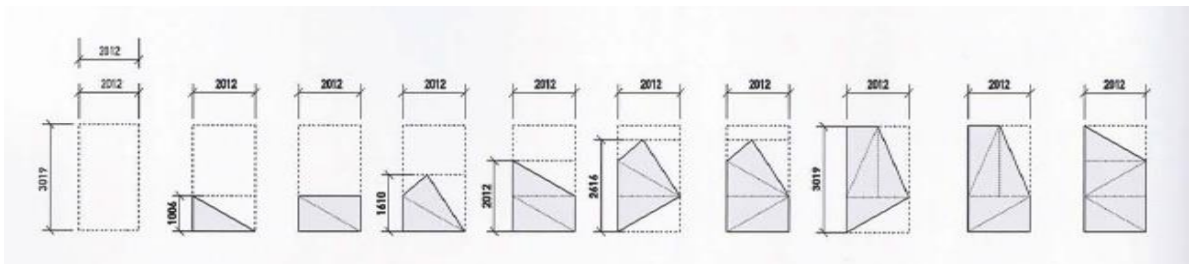
Şekil 27. Ön cephe detayı, 5 adet $1:2:\sqrt{5}$ üçgenin bir araya gelerek farklı ölçekte ve aynı oranda başka bir üst üçgen oluşturması (üstte), panel detayları ve taşıyıcılar (altta)
(Burry & Burry, 2010)

$1:2:\sqrt{5}$ üçgeni matematikte özel bir üçgendir ve 5 adet üçgen bir araya gelerek aynı oranda daha büyük bir $1:2:\sqrt{5}$ üçgeninin oluşturulabildiği bir sistemdir. Cephedeki en küçük öge olan birimin 5 tanesi bir araya gelerek daha büyük üçgenler meydana getirirler. Başka bir deyişle bu 5 tanesi aynı orantıda yeni bir ölçeğe geçer. Bu tip bir fraktal kurgu kolayca kavranabilir ve basitçe kurgulanabilir bir motiftir. Ayrıca uygulamada da tüm alan boyunca aralıksız olarak farklılık ve tekrarsızlık yaratacak şekilde birleştirilmiştir.

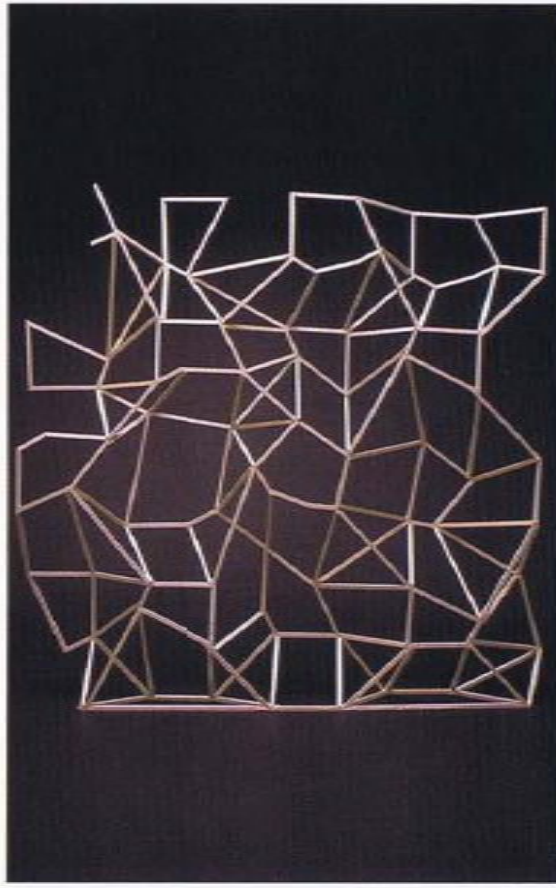


Şekil 28. Atrium: ikincil çelik elemanlar (üstte), konsept model (altta)
(Burry & Burry, 2010)

İç-dış örüntülerde ve ara elemanların arasındaki varyasyonlar, kare kesit çelikteki geometrik oymalara atıfta bulunur. Ağaçlığın arasından filtrelenen ışık Benoit Mandelbrot'un fraktal geometrisine atıfta bulunurcasına karmaşık ve organik bir görüntüyle mekandan içeri süzülür.



Şekil 29. Atrium: Cam Levha, farklı diziliş şekilleri (Burry & Burry, 2010)

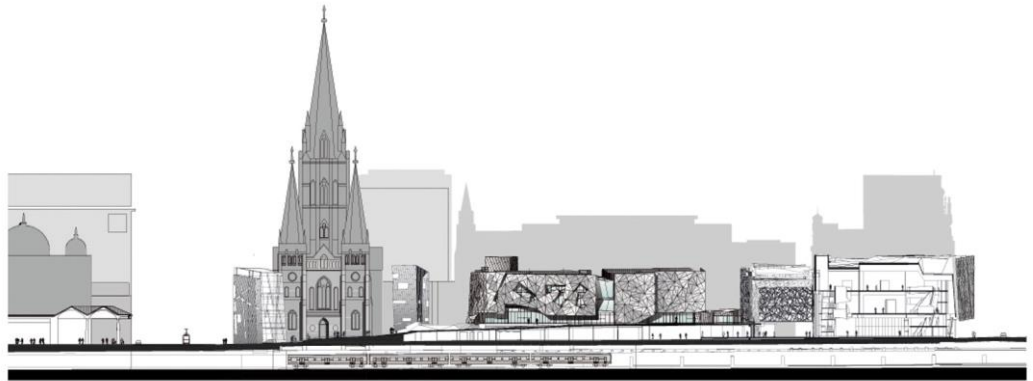
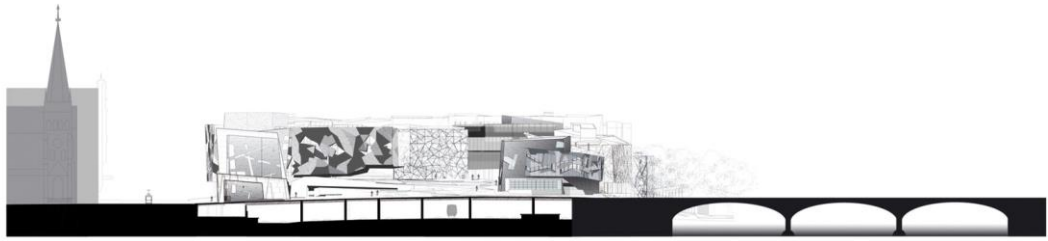


Şekil 30. Atrium'un konsept modeli (Burry & Burry, 2010)

Fraktal geometri cepede kullanıldığında yarı geçirgen bir etki vermektedir. Bu da içeride ışık oyunlarına ve organik bir etki alınmasına sebep olmuştur. Kontrollü bir şekilde iç ve dış mekanı birbirine bağlamıştır.



Şekil 31. İç Mekan Görünüşü, fraktal etki (Federation Square, 2018)



Şekil 32. Kesit ve görünüşler (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018)

Tüm alanın oluşumu açısından, tasarım, ziyaretçilerin, bölgedeki işçilerin ve yoldan geçenlerin etkileşimini sağlayan, geçirgenliğe dayalı kültürel ve sivil bir bölge üretmeye çalışmıştır. Federasyon meydanı sivil varlığın orijinal etkileşimli doğasının yeniden doğrulanmasıdır. Kontrollü ve düzenlenmiş faaliyetlerin kapalı bir yerleşim yerine, bu proje, animasyonlu, duygusal ve aydınlatıcı deneyimler ağı yaratmayı amaçlamıştır. Federasyon Meydanı geniş bir yelpazede sivil, kültürel ve ticari faaliyetler gerçekleştirir, Günlük hayatın canlılığını ve açıklığını yaşamaktadır. Tüm bunlara artı olarak Meydan, 20 milyonu aşkın ziyaretçiyi ağırlayan Avustralya'nın en büyük turistik yerlerinden biri olma yolunda ilerlemektedir. Kısaca, Federasyon Meydanı'nın Melbourne'un yeni sosyal, politik ve kültürel merkezi haline geldiği söylenebilir.

3.3.1.2. Louvre Abu Dhabi, ATELIERS JEAN NOUVEL Örneği



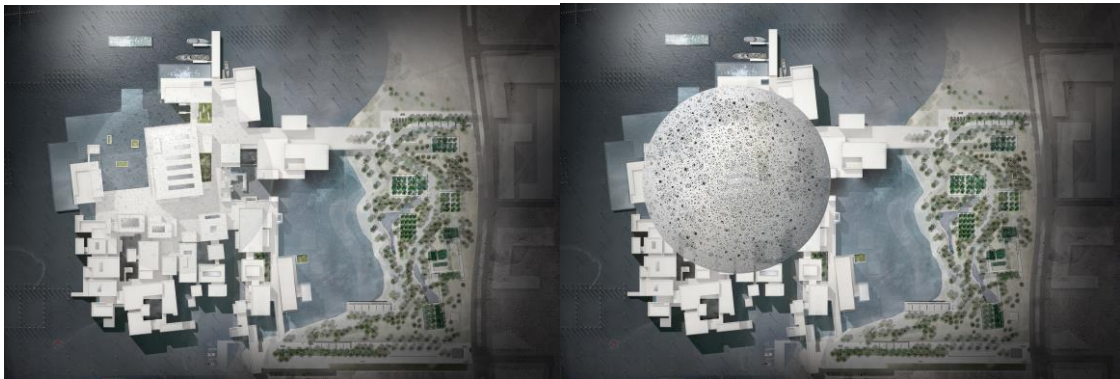
Şekil 33. Louvre Abu Dhabi iç görünüş (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018)

Louvre Abu Dhabi müzesi, Abu Dhabi'nin karşısında bulunan Saadiyat Adası'nın turistik ve kültürel gelişimi için adanın en önemli yapısı olması amacıyla Ateliers Jean Nouvel tarafından tasarlanmıştır. Fransız hükümeti, sanat sergileri, özel fuarlar ve danışmanlık için kullanılması şartıyla Louvre adının kullanımı için onay vermiştir. Global kültürle köprü görevi görecek birinci sınıf bir alan olarak tahsis edilmiştir. Yapının mimarlarına göre basit mekan kümelerinden geçen ziyaretçiler başka bir dünyaya girme ve kayıp şehirleri keşfetme deneyimiyle tasarlanmış bir yapıyla karşılaşmaktadır.



Şekil 34. Abu Dhabi ve Müzenin bulunduğu Saadiyat Adası (Google Maps, 2018)

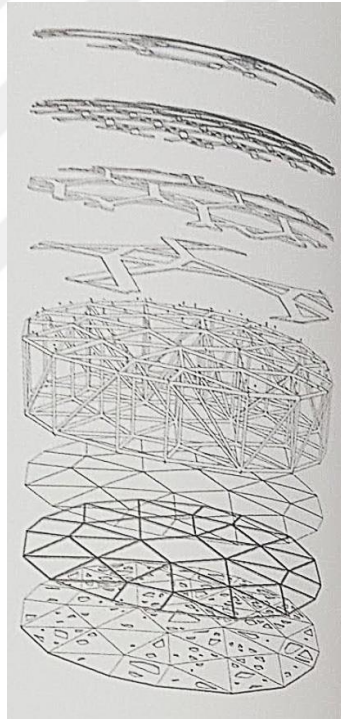
Bütün mekanların üstünden geçen ve çok derin olmayan, 180 metre çapında, kenarlarından sadece 4 noktadan taşınmakta olan bir kubbe, yapılar koleksiyonunun üstünde yüzmektedir. Kubbe altında yer alan çoklu ve birbirinden farklı kütlelerden oluşan bu mikro-kenti birleştirir ve kubbenin altında özel bir mikro iklim yaratır. Perfore metal olan bu üst örtü İslami motiflerden esinlenerek şekillendirilmiştir. Bu bütüncül yapı elemanı İslami geleneğini devam ettirmeye çalışan desen düzeniyle fraktal biçimlenmenin kendine benzerlik ilkesini kullanır.



Şekil 35. Louvre Abu Dhabi kubbenin yerleşimi ve çevresi, kuşbakışı görünüş (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018)

Kubbenin altında, kubbenin yüzeyindeki meshteki küçük açıklıklardan içeri süzen ışığın neden olduğu gölge oyunu ile içerideki suyun yansımaları bir hareket halinde yapılarla yansır. Bu da basit elemanlardan çıkan karmaşıklık teorisinin etkisini iç mekanlarda animasyon halinde hissettirir.

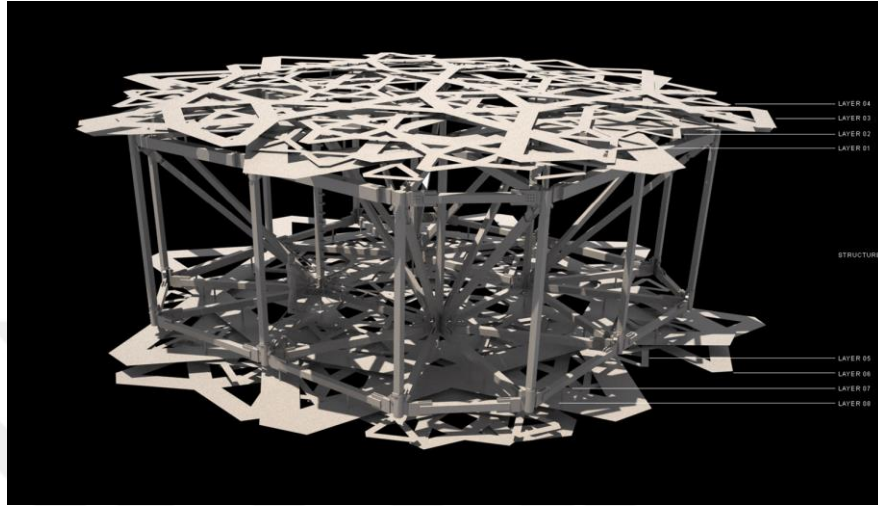
Nouvel, bir röportajında çatı sistemini bir metafor olarak düşündüğünü ve yukarı baktığınızda gördüğünüz şeyin metaforik olarak kozmos ve yıldızlar olduğunu söyler. Louvre Paris yöneticisi Jean-Luc Martinez “yapı bir Avrupa müzesi olarak değil Abu Dhabi bakış açısına göre davranmaktadır” der (Business Insider, 2018). Afrika, Avrupa ve Asya arasında bir köprü görevi olduğunu söylemektedir. Kubbe bütün mekanların aynı anda ortak etkileşim kurabildiği, çevreye duyarlı biçimlenişi olan basit formların basit algoritmalarla bir araya gelerek verdiği karmaşık ve organik bir etki vermektedir.



Şekil 36. Uzay çerçeve strüktür ve çok katmanlı cephenin ilişkisi detayı, patlatılmış konstrüksiyon (Burry & Burry, 2010)

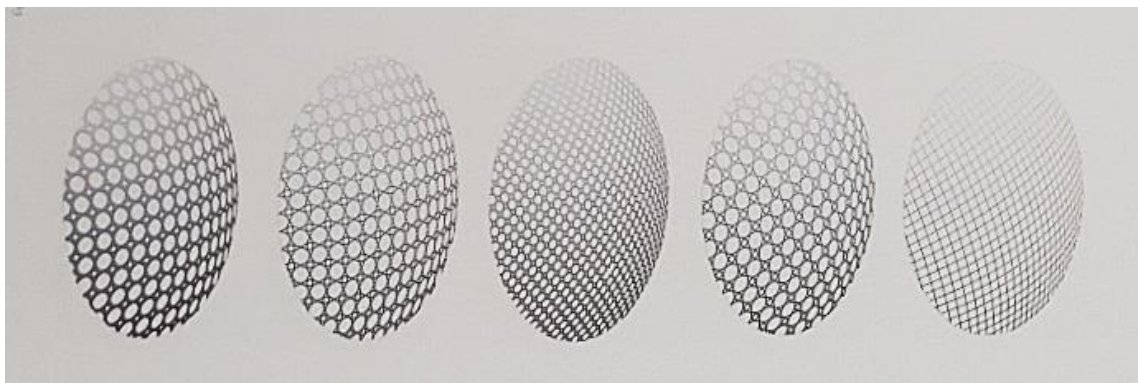
Kubbenin örüntüsünün ve yarattığı çevreyle ilişkisinin gelişimi ve tasarım süreci ışık seviyeleri, gölgeleme, yapısal performans, yüzeydeki yoğunluklar bir modelleme, analiz ve optimizasyon hikayesidir. Çatıdaki giydirme strüktür katmanlarının içerden ve dışarıdan üst üste süperpozisyonuyla meydana gelir. Büro Happold'daki SMART grubu

tarafından geliştirilen modelde her katmandaki örüntülerin yönelimi ve birbirine oranlarıyla oynayarak alınan sonucu farklı şekillerde almak ve çeşitlemek mümkündür. Örneğin kubbeden içeri alınan ışık çeşitli denemelerle bir süre simüle edilmiş ve mekanların ışık ihtiyacına ve diğer parametrelere göre son biçime karar verilmiştir.



Şekil 37. Kubbedeki iç ve dış katmanların bağlı olduğu taşıyıcı strüktür (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018).

Kubbe yüzeyindeki çizgisel bir gridi baz alan her bir katman, basit bir geometrik örüntü şemasından oluşur. Her bir durumda yönelim ve ölçek farklı olabilir. Katı yüzeylerdeki malzeme kalınlıkları bütün katmanların transparanlık seviyesine etki ettiği gibi ışığın içeri girişini azaltabilir veya arttırabilir.



Şekil 38. Büyük Çember gridi ve birincil parametreleri: temel örüntü elemanı; yönelim, ölçek; cidar kalınlığı (Burry & Burry, 2010)

Bu ortak geometri temelinde sahip farklı elemanların her biri, temelde beş parametre - grid, temel geometrik model, yönelim veya rotasyon, ölçek veya oran, malzeme kalınlığı - tarafından kontrol edilmektedir. Temel bir modülü baz alan basit geometrik öğelerle zengin ve estetik bir karmaşıklık meydana gelir. Aynı zamanda yapı elemanlarının strüktürel boyutlarını da göz önünde bulundurarak içeri alınan ışığın kontrolünü ve optimizasyonunu sağlar.

Delikli kubbenin görünüşte karmaşık ve rastgele geometrisi fraktal biçimleniş ile elde edilir. Başka bir deyişle performans kriterleri, bileşenlerin standardizasyonu ve üretim kısıtlamalarının işlev ve estetik ile beraber göz önüne alınmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu karmaşık estetik anlayış, ışığın geçirgenlik kontrolünde gösterdiği performansın bir ifadesidir, aynı zamanda doğal çevre ile etkileşim halindedir.

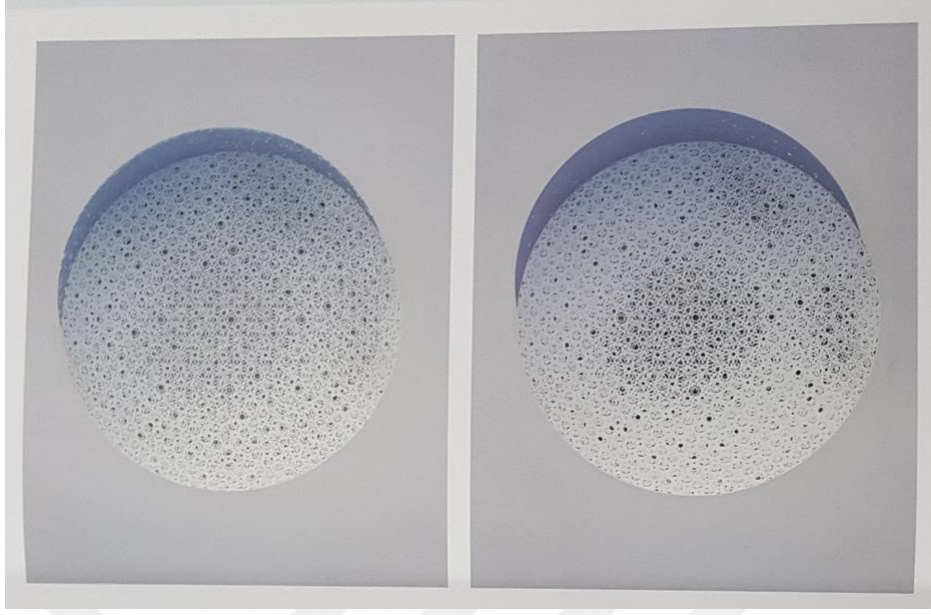


Şekil 39. Kubbe'nin bitiş bölümünü ile mekanların ilişkisi (Jean Nouvel's Completed Louvre Abu Dhabi is Spanned by a Huge Geometric-Patterned Dome, 2018).

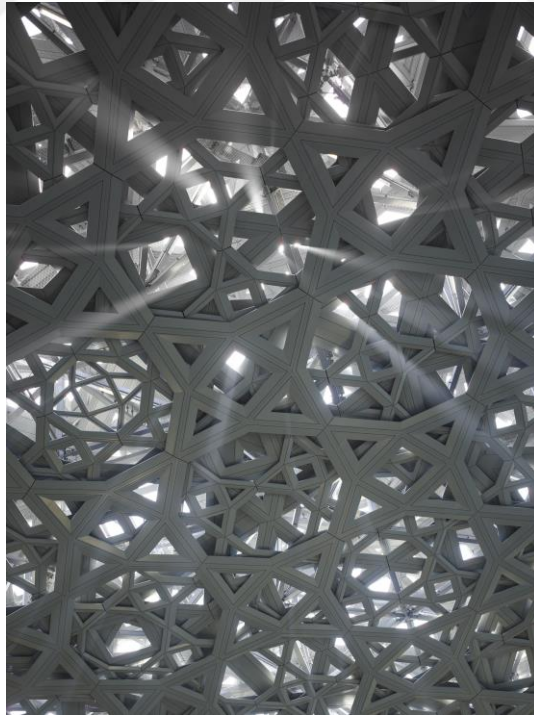


Şekil 40. Doğal ışığın kubbenin etkisiyle birlikte müzeye dahil edilmesi (Jean Nouvel's Completed Louvre Abu Dhabi is Spanned by a Huge Geometric-Patterned Dome, 2018).

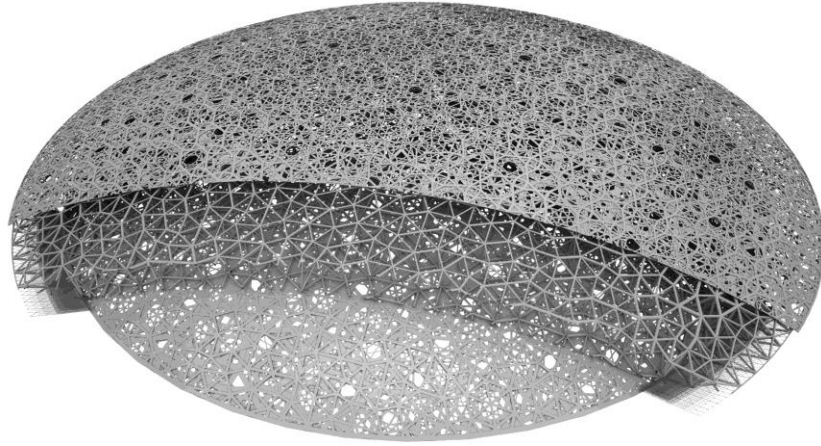
Kapalı mekanlarda dahi kubbenin görülmesi sağlanarak yaratılan mutlaka etki bütün mekanlara dağıtılmaya çalışılmıştır. Böylece bütün mekanlar konseptte az veya çok da olsa katılmıştır. Bu kubbe dışında mekanlarda duvar, zemin ve tavanda giden çizgilerin sayısı çok fazla tutulmamış, beyaz renklerle dinginlik sağlanmış ve müzenin elemanlarının rahatlıkla algılanması hedeflenmiştir. Bir yandan da çizgisel etkiyle tavan ve zeminin arasındaki net ayrılık kaldırılıp mekanın duvarları bir bütün gibi algılatılmıştır. Adeta küresel bir projeksiyon ile planlanmış gibi çatıdaki yuvarlaklık etkisi ve evrensellik kullanıcıya aktarılmaya çalışılmıştır.



Şekil 41. Farklı ışık geçirgenliğinde üretilmiş(generated) iki kubbe modelinin karşılaştırılması
(Burry & Burry, 2010)



Şekil 42. Işığın kubbeden içeri süzülüşü (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018).



Şekil 43. Otomatize edilmiş örüntü oluşum süreci görselleştirilmesi ve geçirgenlik analizi (Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel , 2018).

3.3.1.3. İlk Grup Değerlendirmesi

Bu bölümde Federasyon Meydanı ve Louvre Abu Dhabi müzesi fraktal geometri penceresinden iç mimari bir değerlendirme ile mekansal organizasyon, dolaşım, biçim, iç ve dış mekan ilişkisi, kavramsal, anlamsal ve estetik yönlerden tartışılacaktır. İki örnek birbirinden farklı amaçlara hizmet etmektedir; ancak, iki yapının tasarımında da fraktal geometri kullanılmıştır. Ortak bir diğer özellik yapıların mekanlarının son derece karmaşık işlevli kamusal yapılar olmasıdır. İki örnek de mekan ile mekanın çevresini aynı bağlamda bir bütün olarak ele almıştır.

Mekansal organizasyon olarak tasarımcının da belirttiği üzere Federasyon Meydanı'nda mekanların iç içe geçmiş olarak tasarlanması, Louvre Abu Dhabi de ise çok katlılık yerine tek bir katta kotların işleve göre değişen yapısı mekan organizasyonunda iki farklı tasarım yaklaşımı olarak görülebilir. Louvre Abu Dhabi'de mekanlar müzenin ihtiyaçlarına göre odalar şeklinde konumlandırılmış; ancak, tavanlarında mekanın işlevine göre yer yer açıklıklar bırakılmış ya da kamusal alanlarda uygulandığı gibi tamamen açık tavan bırakılıp kubbe esas tavan olarak kullanmıştır. Kubbenin bütün mekanların üstünü kaplamasından dolayı tüm mekanlar kubbe ile etkileşim halindedir. Mekanların en önemli ortak noktası kubbenin altında birleşmiş olmalarıdır.

Müze'nin içerisinde tarih barındırma özelliği dolayısıyla sular çekildiğinde ortaya çıkan tarihi bir kent mantığı ile tasarlanmıştır. Müzenin bazı mekanları bitmemiş ve devam edecekmiş gibi görünerek su üzerinde yükselirler. Örneğin mekandan aşağıya devam

eden merdivenlerin bir müddet sonra suya gömülmesi bu etkiyi artırır. Dolayısıyla mekanlar klasik çok katlı olarak konumlandırılmış yapılardan farklı olarak çeşitli seviyelerde konumlandırılmıştır. İşlevsel ve dolaşımsal hiyerarşik düzen de bu seviyeler sayesinde sağlanmıştır. Mekanlar bazen farklı kotlara bazen suya ulaşmaktadır.

Federasyon Meydanı'nda ise tasarımcı Donald Bates mekan organizasyonunu yenilikçi bir düzende değerlendirmiştir. Kullanıcıyı rahatsız edecek ve kullanımı işlevsizleştirecek kadar olmasa da mekanın bazı bölgelerinde bu yeni mekan organizasyonu bir ilüzyon ve yüzeysel etki şeklinde vermiştir. Geliştirilen bu konsept yapının çeşitli bölümleri tasarlandıkça işlev ve görsel etki kapsamında gerekli görüldüğü şekilde uygulanmıştır. Fraktal geometri bu konseptlerin mekan organizasyonunu daha fikir aşamasında etkilemiştir. Federasyon Meydanı'nın basit formlardan "beliren" karmaşıklık, karmaşık yapıların organize edilebileceğini gösterirken, Louvre Abu Dhabi'de fraktal yapılanmanın etkisi bir bütünleyici kubbe yaratımını sağlamıştır. Louvre Abu Dhabi'de fraktal geometri mekan organizasyonunu Federasyon Meydanı'na nazaran dolaylı olarak etkilemiştir.

Yapılarda dolaşım alanları mekanların organizasyonuna bağlı olarak gelişir. Mekanların birbirine geçişlerinin sağlanması mekanların konumlandırılması ve kullanım amaçları doğrultusunda oluşturulur. Federasyon Meydanı'nda dolaşım iç mekanlara giriş yapıldığında karmaşık olarak değerlendirilebilir; fakat, dolaşım alanlarının basit işlevsiz mekanların zaman içinde belli amaçlara hizmet etmesi ve aynı zamanda karmaşıklık konseptine uygun davranması düşünülmüştür. Louvre Abu Dhabi'de ise dolaşım kotlar arası kısa merdiven geçişleriyle sağlanmaktadır. Klasik yaya dolaşımından farklı olan yanı ise konsept bağlamında devam eden dolaşım alanlarının (önceden farkedilip tedbir alınabilir şekilde) su ile kesilmesidir.

Biçimsel açıdan değerlendirildiğinde Federasyon Meydanı'nın cephesindeki fraktal yapıların ve Louvre Abu Dhabi'deki çatı sisteminin iç mekana etkilerini öncelikli olarak değerlendirmek tezin konusu açısından daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Sadece Pavyon'un dış çevresini belirleyen etkilerin daha ufak mekanlar olduğu görülmektedir. Diğer mekanların büyüklüğü diğer mekanların büyümesini engeller veya büyümesine izin verir. Louvre Abu Dhabi'de mekanların kendisi cepheyi oluştururken, Federasyon Meydanında ise cephe ayrı bir element olarak özellikle değerlendirilmiştir. Pek tabii ikisinin de iç mekanla ilişkili olarak, mekandan kopmadan tasarlandığı görülmektedir. Federasyon Meydanı'ndaki yapıların çatı sistemleri hakkında çok fazla veri olmamakla

birlikte tasarımın odak noktası olmaması sebebiyle yapı analizinde çok fazla bahsi geçmemektedir. Fakat Louvre Abu Dhabi'nin çatısının tasarımda özel bir fonksiyona ve vurguya sahip olması nedeniyle çatı üzerinde ayrıca durulmuştur.

Federasyon Meydanı'nın özellikle cephelerinde söz sahibi olan fraktal geometri bir birimin, tanımlamak gerekirse matematikte özel bir üçgenin temel modül olarak ele alınması ve bu özel üçgenlerden bir üst birim oluşturularak basit bir formdan oluşan karmaşık yapıyla beraber uyum ve varyasyonun aynı anda yapının tasarımında kullanılması amacı taşımaktadır. Bu üçgenin kullanılmasının özel sebebi fraktal yapıların bir özelliği olan kendine benzerlik ve iterasyon kavramlarını kullanabilmektir. Matematikte özel olan bu üçgenin beş tanesi basit bir algoritma dahilinde bir araya geldiği takdirde oluşan üçgen alt birimi ile birebir aynı oranlara sahiptir. Bu kendine benzer birimleri kullanan algoritmaya cephenin durumuna göre farklı bir algoritma daha uygulandığında cephede işleve uygun varyasyon sağlanmaktadır. Böyle basit konseptlerden örneklerdeki fotoğraflarda görüldüğü gibi fraktal biçimsel etkiler alınabilmektedir.

Louvre Abu Dhabi'de bu durum benzerdir. Çatı sisteminde yine basit biçimlerden oluşan bir ızgara üstündeki örüntüler bu sefer katmanlar olarak bir araya gelerek basit örüntülerden çok farklı olarak karmaşık bir düzen meydana getirmektedir. İlk bakışta kaos olarak tanımlanabilecek bu durum özyinelemeli olarak basit biçimler çözümleyebilen bir yapıdır. Ayrıca katmanların her birine çeşitli dönüşümler uygulanarak son biçimin yapısı ihtiyaca göre değiştirilebilir. Bu yapıda da dönüşümler deneme yanılma yöntemi ve simülasyonlar ile istenilen son hale getirilerek uygulanmıştır.

İç ve dış mekanın ilişkisi iç mekan tasarımında önemli bir tasarım kriteridir. Kullanıcı iç ve dış mekanı bağlam olarak bir bütün halinde algılayamazsa kullanıcının bütün bir konsepti doğru bir şekilde deneyimleyebilmesinden söz edilememektedir. Bunun dışında iç mekan her zaman dış mekanın etkilerine maruzdur ve dış mekanla etkileşim halindedir. Federasyon Meydanı'nda ve Louvre Abu Dhabi'de bu kriterlere tasarımcının önem verdiği görülmektedir.

Federasyon Meydanı şehrin kültürel etkinliklere ev sahipliği yapan merkezi olarak tasarlanması bu etkiye önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. Meydanda bulunan plaza iç mekanlarla sadece bağlam olarak değil ortak cepheyi paylaşması yönüyle de

birbirine bağlıdır. Plazadaki kavramsal yapı ve cephelerdeki etki iç mekanlarda da devam eder. Bir bütün olarak fikrin mekanlara aktarılması fraktal geometrinin ve belirme teorisinin bir özelliği kullanılarak sağlanmıştır. Aynı ortak özelliklere sahip birimlerin farklı şekillerde mekanlara uyum sağlaması fraktal geometrinin konseptin ile paralel olarak başarılı bir şekilde uygulandığını göstermektedir.

Louvre Abu Dhabi'de bu durum su, mekan ve çatı ilişkilerinin birbiriyle ortak konseptte değerlendirilerek birbiri arasındaki etkileşimlerin fraktal geometrinin getirdiği fikirler doğrultusunda tasarlanması şeklindedir. Mekanlarla en büyük çevresel eleman olan suyun ilişkisi, kullanıcının bu durumu bütün duyuşsal organları ile deneyimleyebilmesi ve bu iki bileşenin üst örtü ile fraktal geometri çatısı altına alınması müzedeki çevresel değerlerin etkili şekilde kullanımına işaret eder.

Federasyon Meydanı'nda kullanılan fraktal yapıların özelliği kullanıcıya basit bir modülden basit bir algoritmaya gelen karmaşık bir sonuç olarak deneyimler sunmasıdır. Sonuçta modern bir mimari yapının içerisinde organik etkiler yaratılmaya çalışılmıştır. Buradaki amaç doğadaki fraktal yapıların mantığını kullanıcıya aktarmak ve deneyimletmektir. Örneğin doğradaki fraktal biçimden içeri süzölen doğal veya yapay ışık aynı zamanda doğal bir fraktal yapı olan ağaçların arasından filtrelenerek cepheyle birlikte günün farklı saatlerinden farklı ışık animasyonlarını iç mekana yansıtır.

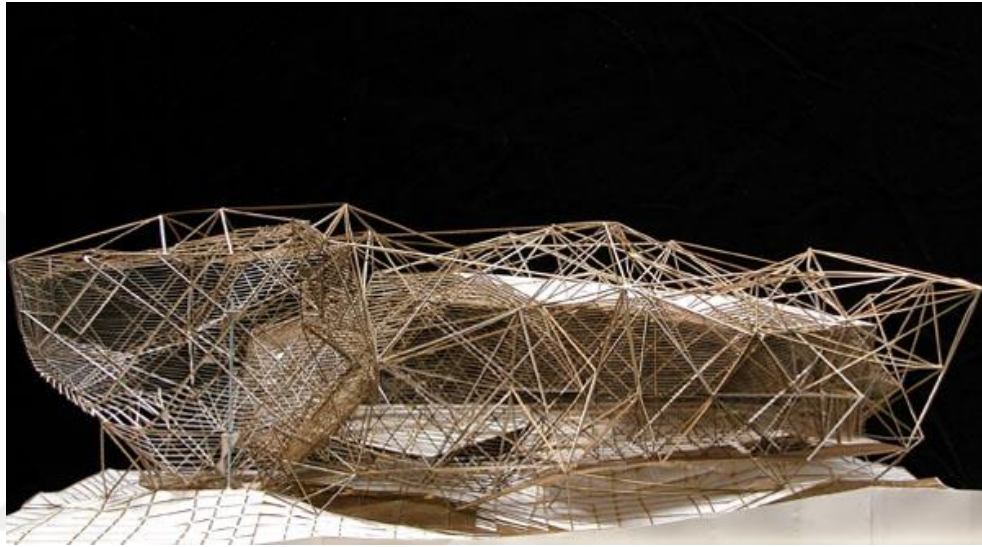
Belirme teorisinde de olduğu gibi basit bileşenler bir araya gelerek, bileşenden tamamen farklı bir işleve sahip olabilir. Malzemeler de aynı şekilde değerlendirilebilir. Örneğin iç mekanda kullanılan bir malzeme her farklı malzeme ile bir araya geldiğinde farklı etkiler oluşturabilir. Buna etkileşim adı verilir. Bu tip bir etkileşime mekan tasarımında her açıdan bakmak mümkündür. Doğada da aynı kavram mevcuttur. Uygulanmış iki örnekte de bu kavramın etkilerine rastlanmaktadır.

Kullanıcılar algılayamadıkları veya algılamakta güçlük çektiği biçimleri rahatsız edici bulabilir. Bu nedenle doğal biçimlere yakın fraktal yapılara ulaşmadan veya direkt olarak fraktal ströktürlerin deneyimlenmesine insanların alışması zaman alabilir. Örneğin, Federasyon Meydanı için ilk yapıldığı yıllarda yönetime nefret dolu mesajlar gönderilmiştir. Louvre Abu Dhabi'de ise sadece çatıda kullanılan fraktal yapı ve mekanların beyaz olması ve alışıldık oda biçimlerinde tasarlanması zeminde dinginlik

etkisinin yaratılmasından dolayı bu dengenin sağlandığı söylenebilir. Tasarımcı bu durumu göz önünde bulundurmalı ve tasarımda bu kritere dikkat etmelidir.

3.3.2. İkinci Örnek Grubu: Kavramsal Örnekler

3.3.2.1. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi, OCEAN NORTH Örneği



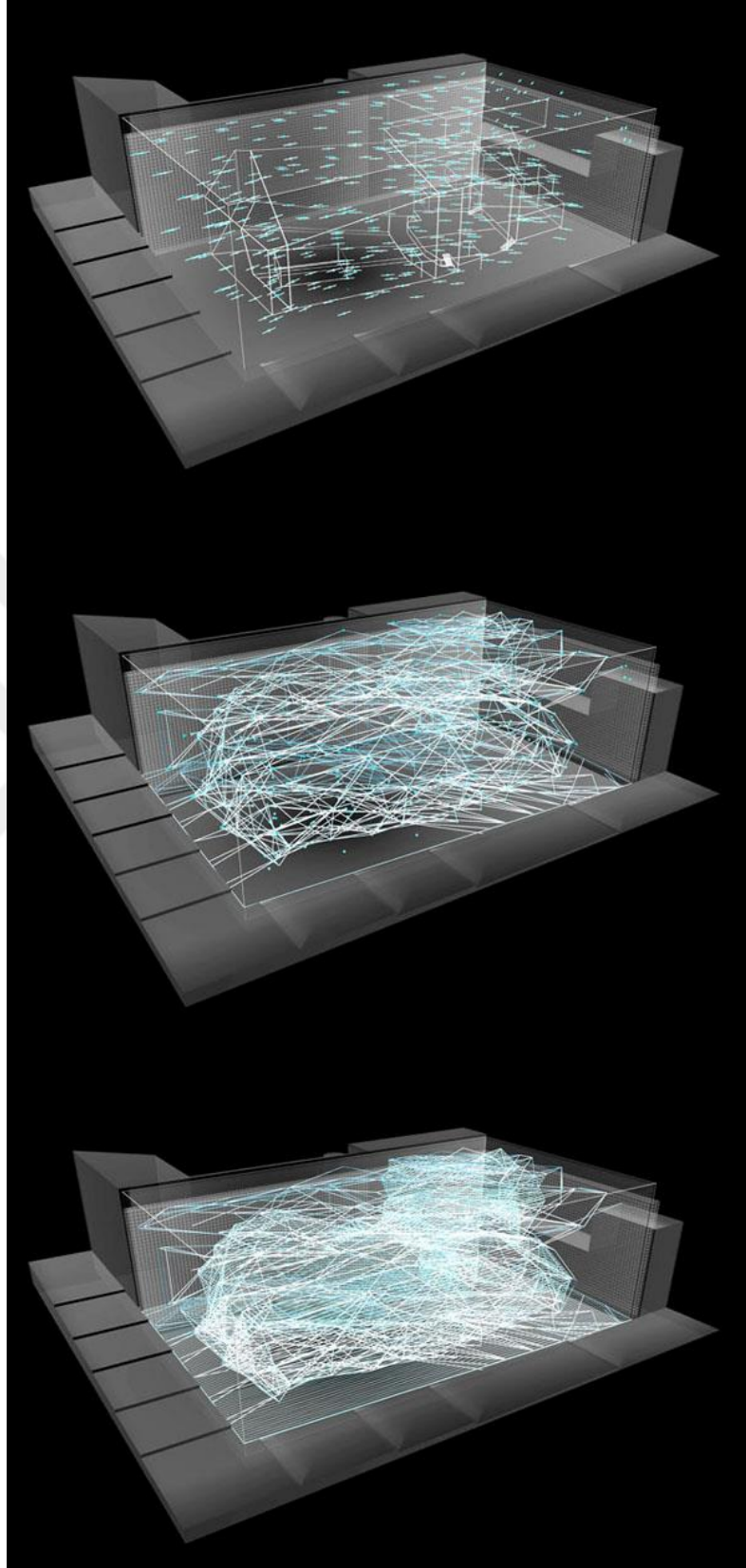
Şekil 44. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi Maketi (Jyvaskyla Music and Art Center, 2018)

Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi'nin inşaa edilmesindeki temel amaç şehir merkezinde farklılaşmış bir etkinlik alanı yaratmaktır. Artı olarak, peyzajı ile beraber şehir meydanını müzik etkinlikleri, sanat sergileri ve diğer kültürel etkinlikler için yeniden düzenlemek ve insan hareketini iç mekana dahil etmektir. Bina temelde strüktürel bir kafesten oluşmaktadır. Binanın iç tarafını tanımlayan kafes yapısı ve yüzeyleri, akustik ve görsel yoğunlukların dinamik bir şekilde eklemlendiği bir alan yaratırken, geçici sahneler, oturma ve sahne alanları oluşturulmasını sağlar. Kafesler yerel olarak sesi geçirir, akustik deneyimi müzik salonunun ötesine taşır ve konser salonu ve prova odalarını bina hacminin iç peyzajına dahil eder.

Tasarlanan kafes yapısını katmanlı bir örtü örtmektedir. Bu katmanlı örtü şeffaf ve yansıtıcı bir yüzeyden meydana gelir. Doğal aydınlatma katmanlanmış örtü ile ışık geçişlerini yansıma ve geçirgenlik olarak etkiler. Böylece, yaratılmak istenen derin ve sınırsız bir alan algısı ortaya çıkarılabilmektedir. Kafeslerin yönelimi, yoğunluğu ve

katmanlı sistemi ve ondan evrilen yüzeyler ve hacimler işlev mekanlarında farklılaşmış ve yeteri büyüklükte mekansal alanlar elde edilmesiyle sonuçlanmıştır. Mimarlar kafes sistemlerini oluşturan dikmelerin konumu, yönelimi ve yoğunluğu ile ilgili kurallar tarafından biçimlenen kafesleri verimli bir şekilde kullanabilmek için yapısal, sonik ve aydınlık performans gereksinimleri ile mekansal tasarım yönergeleri gibi yinelemeli (iterative) bir büyüme süreci izlemişlerdir. Elde edilen sistemlere, birincil ve ikincil mekan tanımlarını ve gerekli yüzey alanlarının, dolaşım örüntülerini, ve sese duyarlı sisteminin arazi, yapı ve mekan örtüleri ile kuracağı geometrik ilişkilerin bilgilerini girmişlerdir.





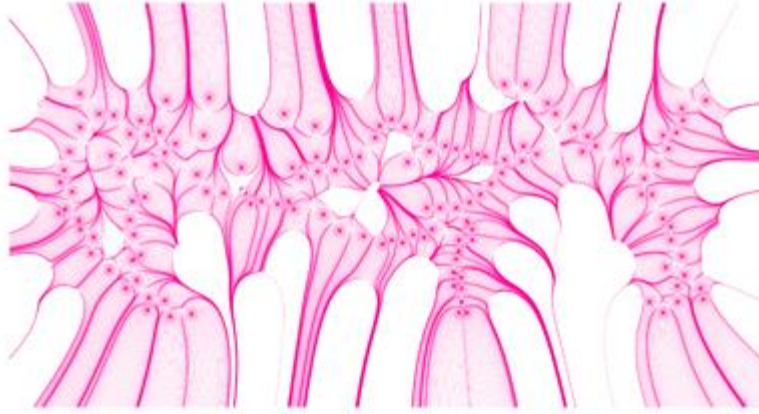
Şekil 45. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi - Karmaşık Kafes Sistemin Parametrelere Duyarlılığını Gösteren Model (Jyvaskyla Music and Arts Center, 2018)

Mekanın biçimleniş süreci sanal hacimlerin tanımlanması ve dağıtımı ile başlamıştır. Edimsel gereksinimlerle organize edilmiş degrade haritalar (gradient maps) mevcuttur. Bu haritalar sistemin her dikmesi için yerel arama alanını boyut ve arama açısı yönünden sınırlar. Burada, degrade haritalar yapısal performansa ve aynı zamanda binanın dış örtüsü ile kafes sistemi tarafından kesişmeyecek çeşitli alanların örtüleri arasındaki geçiş boşluğunun mikro ortamlarının modülasyonuna dayandırılmıştır. Daha sonra, kabası belirlenen kural grubuna karşılık olarak birincil sistemi oluşturan destekleri dağıtan ve yönlendiren ilk tanım noktaları ve arama kuralları grubu tanımlanmıştır. Bu sistemde, yeni tanım noktaları tanımlanabilen ikinci bir dizi sanal yüzey elde edilmiştir. İlerleyen zamanlarda ikincil ve üçüncül sistemler, gerekli iç hacimler, dolaşım ve sese duyarlı sistemler için kafes benzeri tanımlanmış alanlar olarak tasarlanmıştır.

İteratif büyüme süreci performans gereklilikleri ile bilgilendirilirken, birlikte çalışan çeşitli sistemlerin sinerjetik etkilerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Sistemler arasında ortaya çıkan koşulları ve sinerjiyi değerlendirmek için dijital yapısal ve ışık performansı analizleri istenilen sonuç alınana kadar tekrarlanmıştır. Kafes sistemlerinin diferansiyel yoğunluğu ve açısal değişimlerinden, ses-aktif elemanların çeşitli dağılımı ile birlikte, şemanın mekansal ve çevresel farklılaşması evrildi. Bu değişim sonucu genişlemiş farklılaşmanın mikro-çevre arasındaki seçimlere izin verebileceği heterojen bir alan ortaya çıkmıştır. Bu koşullar, yapı kullanıcılarının değişen zamanlarda ve farklı işlevlere özgü gereksinimlerini karşılayacaktır.

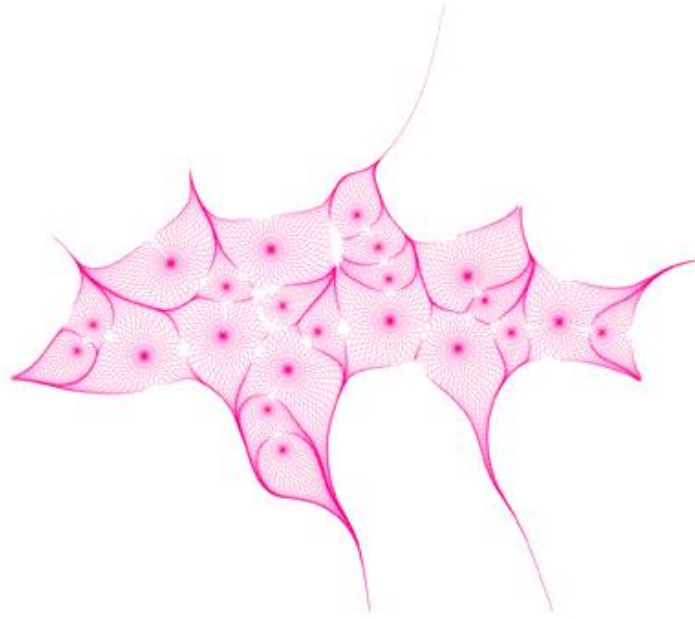
Jyvaskyla'da mekansal anlamda değişkenlere dayalı öngörülemez bir sürecin yönetilmesi sözkonusudur. Bu deterministik sürecin kontrolü bilgisayar donanımı ve mekan için geliştirilen çeşitli yazılımlar sayesinde müdahale edilebilir ve duyarlı bir bina oluşturulmuştur.

3.3.2.2. Serouissi Pavyonu, BIOTHING Örneği



Şekil 46. Serouissi Pavillion (Biothing, 2018)

Alisa Andresk'in çalışması olan Biothing, Serouissi Pavyonu'nun ortaya çıkış sebebidir. Tasarımcının ortaya koyduğu kavramın açık bir bilimsel tanımı yoktur; ancak, özü belirme ile ilgili önemli çalışmalar yapmış John Holland tarafından *Belirme: Kaostan Düzene* adlı kitapta "basitten gelen karmaşıklık" olarak tanımlamıştır. Karmaşıklık kavramında olduğu gibi, çeşitli çok düşük seviyeli kurallar, kendi kendini örgütlenme yoluyla yüksek seviyeli sofistike durumlara yol açabilir. Bu kurallar bir kez kurulduktan sonra, usulüne uygun bir organizasyon sisteminin çalışmasına izin vermesiyle bir mekan ortaya çıkabilir. Yeniden yapılanma ve ağa bağlı küçük sistemlerin etkileşimi gibi şaşırtıcı, beklenmedik oluşumlara yol açabilir.

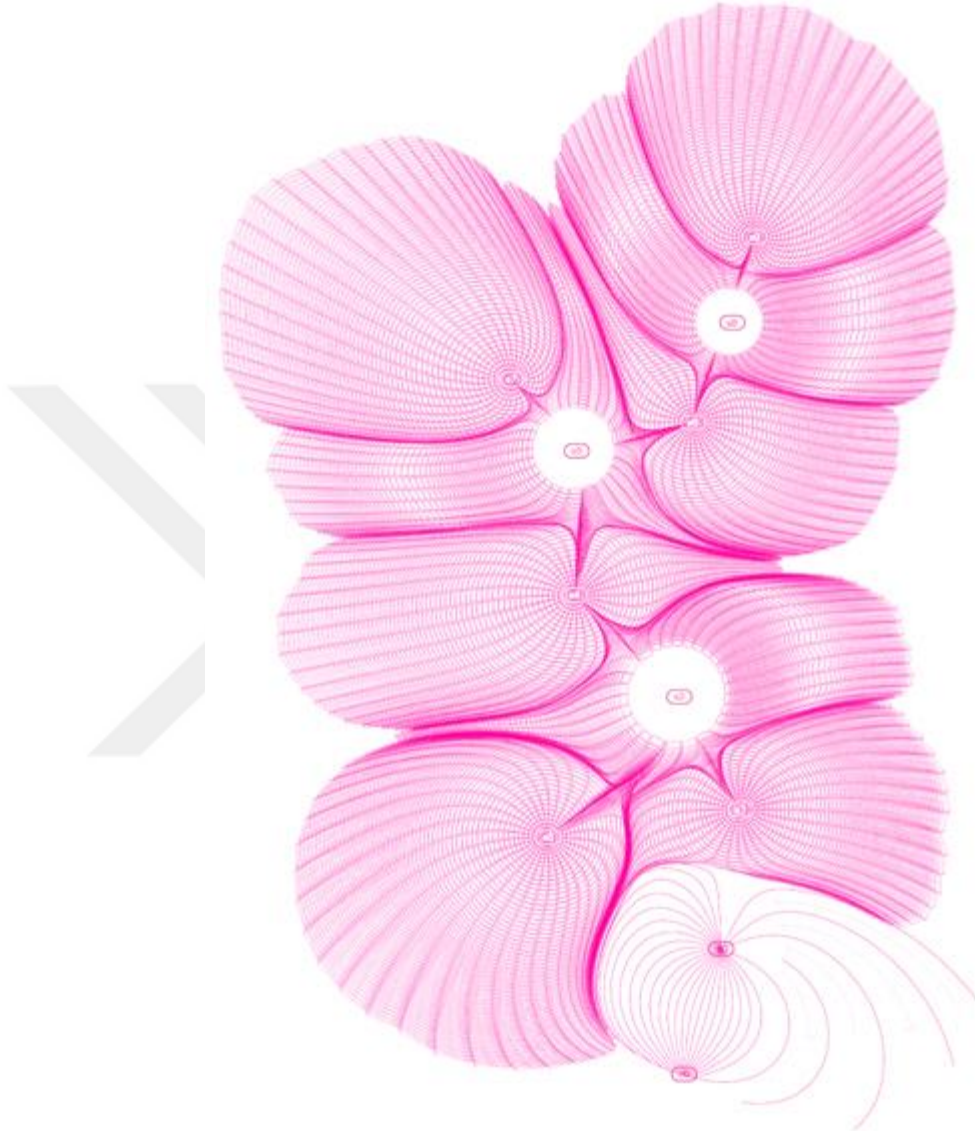


Şekil 47. Serioussi Pavillion (Biothing, 2018)

Biothing'in çalışmasının orijinalliği, makro düzeydeki potansiyel resmi organizasyona ve ayrıca sentetik mimari maddenin ortaya çıkmasına yönelik araştırmalarından kaynaklanmaktadır. Durum "ortaya çıkan fenomen her zaman estetik bir olgudur" iken, bu tasarım yaklaşımının işlevsel potansiyeline bir ilgi vardır. Uygulama, doğada ortaya çıkan süreçlerden garip bir şekilde aynalayan ama farklılaşan özyinelemeli ve yanıt veren algoritmaların potansiyelini araştırmıştır. Basit, bilgisayar kodlu girdilerin ve kuralların tohumlarından yeni ve büyüleyici sistemler ve materyal çıktıları üretirler. Çalışma statik sonuçlara odaklanmamakla birlikte (bunun yerine, güçlü ve yarı-organik bir karışıklık duygusu vardır), tasarımın maddeleşmesi önemlidir. Fiziksel düzenleme ile sistemin hesaplama yaratma gözü arasında önemli bir değişim vardır. 'Gen kütüphanesi' ve atom dünyasına atom ve atom altı etkileşimlerin katkısı gibi fikirler bu çalışmada ana temeli oluşturur. Bu deneyler, farklı yazılım programlama ortamları ve işbirlikçi ekip dinamikleri ile ortaya konmuştur.

Seroussi Pavyonu ile birlikte ortaya çıkan sonuç. Parisli galerici Natalie Seroussi'nin 'sanatla yaşayabileceği' gerçek bir binadır. Onunla yaşarken, sanat sergisi mekanla birlikte değişerek, mekan alçalıp yükseldikçe serginin de yön değiştirdiği bir yapı haline gelir. Bu zengin programatik yoğunluk, yazıya dökülmüş, bilgisayarla gerçekleştirilmiş bir tasarım süreci ile materyal ifadesine çevrilir. Programın kendisi, kendini değiştiren

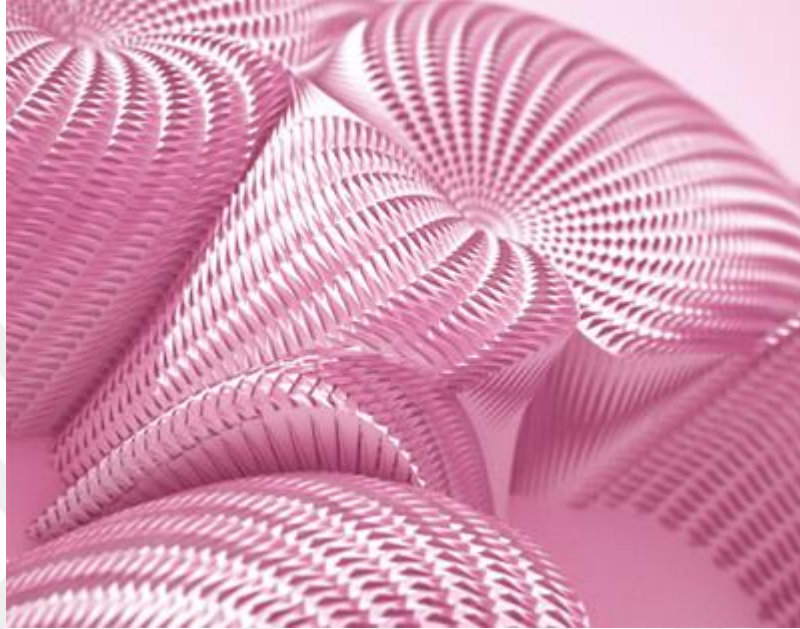
elektromanyetik alanları, planın ortaya çıktığı ilgi ve itme ilişkilerinin etkileşimini modellemektedir.



Şekil 48. Serouissi Pavyonu Çatı Görünüşü (Biothing, 2018)

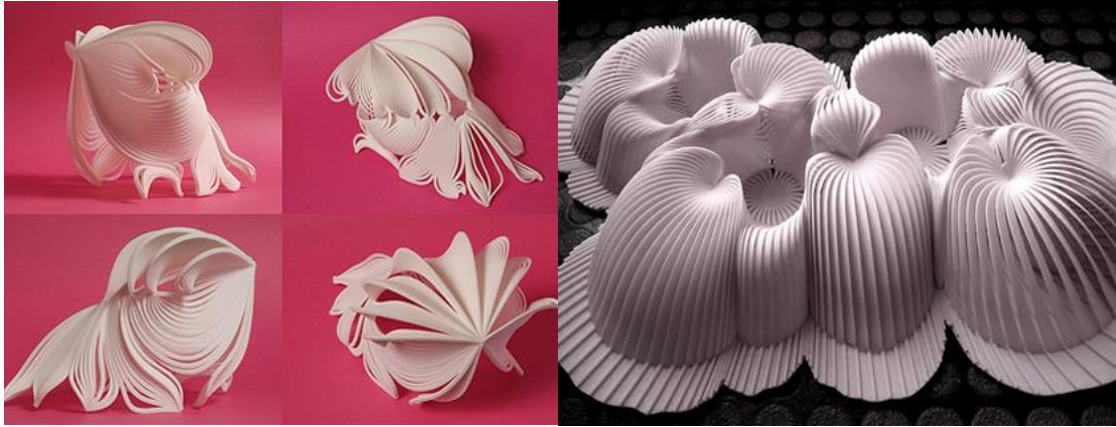
Bu, atom altı fiziğin ve mezonların varlığının (bir kuark ve bir antikarktan oluşan dengesiz parçacıkların ve teorik fizikçi Hideki Yukawa tarafından tahmin edilen kararsız parçacıkların - 1949'da Nobel ödülünü kazandıkları) ortaya konduğu bir fikirdir. Fizikten mimarlığa geçen mezon, aradaki durumların, potansiyellerin ve karşılıklı ilişkilerin bir metaforu haline gelir. Bilgisayar komutundan, bir meyve yoğunluğuna ve kıvamına

benzer şekilde farklı fonksiyonlara sahip sinüs eğrisine benzeyen kesitler yapı boyunca devam eder. Komut ayrıca bu yapıyı dik, engebeli arazinin profiline de duyarlı bir şekilde oturtturabilmektedir.



Şekil 49. Serioussi Pavillion Dış Dokusu (Biothing, 2018)

Biothing yapısı, çeşitli disiplin ve teknolojik ağlar arasındaki bağlantılardan türeyen, tasarım sürecinin kendisi için dönüştürücü bir doku olarak işlev gören türüçi yaratıcı ilişkileri teşvik eden bir araştırma ve tasarım laboratuvarıdır. Bedensel ve maddi olmayan arasındaki ilişkinin bir algoritmik artikülasyonu, Biothing'in karmaşıklıkla ilgilenmesinin sebebi olmuştur. Bireylerden konu veya biçim olarak uzaklaşan tasarım, genetik yazıt olarak anlaşılabilir. Görünmez kodun aynı zamanda gerçekliği, çoklu yaratımlar için ortak bir zemin niteliği taşımaktadır. Kodlanan şey, örgütlenme biçimi değil, gizli faktörlerin karmaşık bir araya gelişler ile kendi kendini yaratım sürecidir. Hesaplama örüntüleri, çeşitli ölçekler üzerinde ifadeler üretme potansiyeline göre derin anlayışa sahiptir. Biothing projeleri, moda aksesuarları ve ürün tasarımından büyük ölçekli yapısal ve kentsel alanlara kadar uzanmaktadır.



Şekil 50. solda – Serioussi Pavyonu Konsept (Seroussi Pavillion, 2018), sağda: Serioussi Pavyonu Dış Görünüş (Burry & Burry, 2010)

Bir bütün olarak incelenir ise Alisa Andrasek, Serouissi Pavyonu yarışması için Biothing'in tasarım başlangıcı için bir seri "Altyapısal Kozalar (infrastructural cocoons)" ile taze bir form ve yapı dili yaratmıştır. Kozalar bir dizi hacim ve iç avlu oluşturarak birlikte sıkışıp aynı zamanda kırmızı renk almaya başlamaktadır. Pilelenmedeki detay, dış cisimlerin geometrisini de oluşturan dış dokuyu şekillendirir. Hassas şeritler şeklinde olmuş yarıklar, bir lentiküler mercek ile bakıldığında iç mekanı gösteren açıklıkları tanımlamakta, yapısal kumaş değişikliklere uyum sağlayabilen geniş bir senaryo dizisi ile tasarlanmış bir sistemde gelgitler halinde akmaktadır.

3.3.2.3. İkinci Grup Değerlendirmesi

İlk grup değerlendirmesinde olduğu gibi Jyvaskyla Müzik ve Sanat merkezi ile Serouissi Pavyonu fraktal geometri penceresinden iç mimari bir gözle ele alınacak ve mekansal organizasyon, dolaşım, biçim, iç ve dış mekan ilişkisi, kavramsal, anlamsal, ve estetik yönlerden değerlendirilmiştir.

Her iki örneğin ortak noktası çağdaş yapıların ötesinde geliştirilebilir konseptler olması ancak uygulama biçimlerinin maliyet ve süre açısından uygulanamayacak seviyede olmasıdır. Ayrıca, bu iki yapının uygulaması günümüz için gerekli de olmayabilir. Önemli olan konseptin geliştirilip bilgi üretimini sağlayabilmesi için uygun zamanda inşa edilebilme kapasitesine sahip olabilmesidir.

Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi ve Serouissi Pavyonu'nun her ikisinde de kamusal alana hizmet edecek alanlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Jyvaskyla Müzik ve Sanat

Merkezi'nin mekan organizasyonu değişebilir olarak tasarlanmıştır. Yapı tümüyle kafes sistem olmasından dolayı mekanlar sürekli değişebilir. Sisteme verilen parametrik girdilere göre mekanların şekli ve yeri değiştirilebilir. Serouissi Pavyonu'nda ise durum oldukça farklıdır. Mekan organizasyon sürecini tasarımcı tasarlamaz, belirli bileşenleri bir araya getirerek süreci oluşturur ve sonucunda mekanlar kendi kendilerini biçimlendirir. Bu nedenle klasik ön tanımlı bir mekan organizasyondan farklı olarak kullanıcının veya işlevlerin mekana adaptasyonunun tasarlanması söz konusu olabilir.

Burada görülen fikir karmaşık yapıların ilk grupta olduğu gibi tasarlanabilir olduğudur; fakat, oldukça farklı olarak mekan tasarımcısı Serioussi' Pavyonu'nda yapının kendisidir. Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi'nde tasarımın sürecine tasarımcı sürekli müdahale etmez sistemi tasarlar ve mekan aldığı çevresel girdilere göre mekansal düzenini oluşturur.

Her iki yapı da tanımlı kavramlar üzerine oturtulup onlar üzerinden şekillendirilmiştir. Bu kavramların her iki yapıda da karmaşıklık teorisi ve belirme olduğu görülmektedir. Fraktal geometrinin temeli ve ortağı olan bu kavramlar bize fraktal yapıların geleceği hakkında da fikir vermektedir. Mekansal olarak karmaşık yapıya sahip olan Jyvaskyla Müzik ve Sanat Merkezi günümüzde çağdaş yapılarda sıklıkla kullanılan basit uzay kafes sistemini kullanır. Standart kafes sistemini geliştirerek parametrik tasarımı etkin şekilde kullanmayı ve karmaşık geometrilerin basit algoritmalarla kontrol ederek mekanı neredeyse yaşayan bir sistem haline getirmeyi amaçlar.

Bu yapıların bileşenleri tek başına bir anlam ifade etmezler ve bir araya geldiklerinde anlamlı mekansal düzenler yaratırlar. Belirme ve karmaşıklık teorisi gibi kavramlar sadece bu mekanlara ait değillerdir. Ancak konseptlerinde bu kavramları temel olarak tasarım sürecini yürütmeleri onları bu tezde incelemeye değerli kılmaktadır.

Son olarak estetik açıdan ilk grup için yapılan yorumlar bu ikinci grup yapıları için de geçerlidir. Yapıları tasarlarlarken kullanıcıların algısının bir kriter olduğu unutulmamalıdır. Bu kriteri görmezden gelerek kullanıcıların rahatsız olduğu mekanlar tasarlamak söz konusu olabilir. Mekanların temelde kullanıcılar için tasarlandığını unutmamak gerekir. Bunun alternatifi olarak etik olup olmadığı tartışılabilir olsa da kullanıcıdan buna alışmasını beklemek de bir tasarımcı davranışı olabilir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tezin konusu fraktal geometrinin iç mekanda etkileri ve potansiyeli hakkında bir inceleme yapılmasıdır. Bu incelemeden çıkacak sonuçlar ile fraktal kurgunun iç mimariye katacağı potansiyel faydalar ile ilgili olumlu veya olumsuz bilimsel verilere ulaşılması amaçlanmaktaydı. Amaçlardan bir diğeri de bu sonuçların iç mimari literatüre katkı sağlaması ve ileriki çalışmalara bir ön çalışma niteliği taşıması amaçlanmıştır. Buradan hareketle fraktal geometri, iç mimari bakış açısıyla ele alarak tanımlamaya ve yakın kavramları ile birlikte değerlendirilerek bir çerçeve ortaya koyulmuştur. Tarihsel gelişimine göz atarak zaman içindeki önemi incelenmiş ve nasıl ivmelenecek önem kazandığı görülmüştür. Daha sonra bu incelenen kavramlar problem açısından değerlendirilerek çeşitli bulgulara ulaşılmıştır.

Fraktal geometri kullanılarak uygulanmış ya da kavramsal olarak tasarlanmış örnek incelemeleri sonucunda mekan biçimlenişinin fraktal sistemler yolu ile yenilikçi bir yöne doğru ilerleyebileceği görülmektedir. Özetlemek gerekirse tüm örnekler ve grupların kendi arasındaki ilişkiler birlikte değerlendirildiğinde fraktal geometri'nin iç mekanda ve iç mekanı etkileyen alanlarda kullanımında bir engel olmadığı görülmüştür. Ancak fraktal geometride ve yakın konseptlerde günümüzde geliştirilmekte olan teknolojilerin ve kavramların iç mimari disiplinde tam olarak sonuçları anlaşılmadan ve zamanı gelmeden uygulanması gereksiz maliyetlere, istenmeyen durumlara ve kullanıcı tepkilerine neden olabilir.

Fraktalların uyum ve varyasyonu bir arada sağlama konusunda olumlu etkileri vardır. Bu anlamda mekan biçimlenişinde kullanması gerektiği anlaşılmıştır. Bununla birlikte fraktal geometrinin iç mimari konseptlerde farklı birimleri ve işlevleri farklı durumlara adapte edebilmesi ve birbirine bağlayabilmesi açısından bir kapasitesinin olduğu ve bu kapasitenin de çoklukla kullanıldığı görülmüştür.

İç mimarın karmaşık konseptleri kullanmaktan korkmaması gerektiği ve bu konseptler hakkında bilgi edinerek gelecek tasarımlarında kullanabilme olanağı yaratabilmesinin önü açılmıştır. Disiplinlerarası çalışma dünyasında iç mimarın etkinliğini koruyabilmesi ve yeni yaklaşımlara ayak uydurabilmesi için fraktal geometri önemli araçlardan bir tanesidir.

Fraktal yapıların kullanılması, teknolojinin ve yeni matematiksel keşiflerin buna olanak vermesi ve mekanların kullanıcıların ihtiyaçlarına daha doğru cevap verebilmesinden dolayıdır. Mekansal problemlerin çözümünü ve tasarım fikirlerinin uygulamasının kolaylaştırılması bu geometrinin tasarımcılar tarafından öğrenilip tercih edilmesinin bir başka sebebi olabilir.

Fraktal geometri doğru kullanıldığında mekanın ruhuna zamanın ötesindeymiş etkisi verir. Geleceği ve inovasyonu temsil eder. Bir tasarımcının yenilikçi olduğunun, insanların ve mekanın ihtiyaçlarına gerçekten cevap verebileceği duygusunu verir. Bu sistemin en önemli özelliklerinden biri basit birimlerin basit algoritmalar kullanarak karmaşık formların oluşturulabilmesinin mümkün olduğunu göstermesidir. Tam tersine karmaşık geometrilerin analiz edilip basit formlara çözümlenmesi ve oluşum mantığının tasarımcı tarafından bilinebilmesi olanağını tanımasıdır.

Fraktal geometrinin sonsuz iterasyonlara ve sonsuz yapılara sahip olabilmesinden kaynaklanan bir başka özelliği de sınırının olmayışıdır. Bu sınırın tasarımcıya kalması onun kullanımını çekici kılan sebeplerden biridir. Tüm bu değerlendirmeler ışığında iç mekan tasarımı ve biçimlendirmesi için çalışma sonucu ortaya çıkan öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Geliştirilmiş yeni mekan organizasyonlarının uygulama sayısı artırılmalı, oluşacak sonuçlar ışığında konseptlerin faydalı, gereksiz ve zararlı etkileri değerlendirilmeli ve tasarlanan yeni mekanlarda bu değerlendirilmelere göre geliştirilerek kullanılmalıdır.
- Fraktal geometri ve yardımcı kavramların gelişmesiyle yeni çıkan konseptler takip edilmeli mekansal anlamda test edilmelidir. Fakat ikinci grup örneklerinde görüldüğü üzere konseptlerin henüz araştırılmakta olan formatlarını kullanmak uygulamada güçlükler sebebiyet verebilir.
- Biçimsel anlamda fraktal yapıların oluşumları iyi anlaşılmalı ve araştırmalar takip edilmelidir. İç mekanda biçimlenişinde kullanılmaları kullanıcının algısını zorlaştırmadan dingin formatlarda kullanılmalıdır.
- İç ve dış mekanın ilişkisi, konseptin etkisinin tam anlamıyla kullanılmasını sağlar. Tasarım sürecinde bu kavramları birlikte değerlendirmekten vazgeçilmemeli ve temel bir kriter olarak ele alınmalıdır.



KAYNAKLAR

- (2018). TDK: www.tdk.gov.tr adresinden alındı
- (2018). Swinburne University of Technology: www.swinburne.edu.au adresinden alındı
- (2018). MLewi Photos:
http://www.mlewiphotos.com/v/Australia/Victoria_001/Melbourne/Federation+Square/30401_01-D48_DSC7622zxs.jpg.html adresinden alındı
- Abel, C. (1988). Analogical Models in Architecture and Urban Design. *METU JFA*, 161-188.
- Abel, Z. (2018). *Three-Cornered Things*. Zachary Abel's Math Blog:
<http://blog.zacharyabel.com/tag/koch-curve/> adresinden alındı
- Agent Based Modeling*. (2018). Scholarpedia:
http://www.scholarpedia.org/article/Agent-based_modeling adresinden alındı
- Batty, M., & Longley, P. (1994). *Fractal Cities*. Academic Press Inc.
- Baykara, M. (2011). *Mimarlıkta Parametrik Tasarım ve Arazide Kütle Yerleşimi için Bir Model Önerisi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Benoit Mandelbrot: Fraktallar ve pürüz sanatı*. (2018). TED:
https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness/transcript?language=tr adresinden alındı
- Biothing*. (2018). scriptedbypurpose:
<https://scriptedbypurpose.wordpress.com/participants/biothing/> adresinden alındı
- Bovill, C. (1996). *Fractal Geometry in Architecture and Design*. New York: Springer Science+Business Media.
- Burry, J., & Burry, M. (2010). *The New Mathematics of Architecture*. London: Thames & Hudson.
- Bussiness Insider. (2018). *Abu Dhabi just opened their Louvre museum - take a look inside*. Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=9OMY_ADXvOo adresinden alındı
- Cagdas, G. (1994). *Fraktal Geometri ve Bilgisayar Destekli Mimari Tasarımdaki Rolü*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Cagdas, G. (1996). A Shape Grammar: The Language of Traditional Turkish Houses. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 443-464.

- Cagdas, G., & Ozgur, E. (Mart 2005). Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım. *itüdergisi/a*.
- Cevizci, A. (1996). *Felsefe Sözlüğü*. Ankara.
- Ching, F. (2007). *Architecture: Form, Space and Order*.
- Ching, F. D. (2008). *İç Mekan Tasarımı*. İstanbul: YEM Yayın.
- Ching, F. D. (2008). *İç Mekan Tasarımı*. İstanbul: YEM Yayın.
- Cınbarcı, A. (2015). *Fraktal Geometri ve Tekrar Olgusu*. İstanbul: Yeditepe Üniversitesi.
- Cınbarcı, A. (2016). Fraktal Geometri ve Evrim. *Deneysel Tıp Dergisi*, 101-108.
- Cox, D. (1998). *Fractal Geometric Applications in the Design of Architectural Space*. Halifax: Dalhousie University.
- Değirmenci, B. (2009). *Fraktal Geometri ve Üretken Sistemlerle Mimari Tasarım*. İstanbul.
- Edgar, G. A. (2006). *Ölçü, Topoloji ve Fraktal Geometri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Ediz, Ö. (2003). *Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım*. İstanbul.
- Euclidian Geometry*. (2018). Wolfram:
<http://mathworld.wolfram.com/EuclideanGeometry.html> adresinden alındı
- Explainer: what are fractals?* (2018). The Conversation:
<http://theconversation.com/explainer-what-are-fractals-10865> adresinden alındı
- fdecomite. (2018). *Apollonian Gasket and Circle Inversion*. Flickr:
<https://www.flickr.com/photos/fdecomite/6740865883/> adresinden alındı
- Federation Square*. (2018). Architizer: <https://architizer.com/projects/federation-square/> adresinden alındı
- Fractal Fern Explained*. (2018). Wikimedia Commons:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fractal_fern_explained.png adresinden alındı
- Fractal Trees – Basic L-System- Example 9.4* . (2018). Generative Landscapes:
<https://generativelandscapes.wordpress.com/2014/10/07/fractal-trees-basic-l-system-example-9-4/> adresinden alındı
- Generative Design*. (2018). Autodesk: <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design> adresinden alındı
- Gerhard N.Schmitt, C.-C. C. (1991). *Classes of Design — Classes of Methods — Classes of Tools*.
- Google Maps*. (2018). Google: maps.google.com adresinden alındı

- Gözübüyük, G. (2007). *Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Güngör, İ. H. (2005). *Temel Tasar*. İstanbul: Bilgisayar Destekli Baskı ve Reklam Hizmetleri.
- Hasol, D. (2008). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: YEM Yayın.
- Ibrahim, M. M., & Krawczyk, R. J. (2000). *Generating Fractals Based on Spatial Organizations*. Chicago: Illinois Institute of Technology.
- Iterated Function Systems*. (2018). Fractal Foundation:
<https://fractalfoundation.org/OFC/OFC-2-3.html> adresinden alındı
- Jean Nouvel's Completed Louvre Abu Dhabi is Spanned by a Huge Geometric-Patterned Dome*. (2018). Dezeen: <https://www.dezeen.com/2017/11/07/jean-nouvel-louvre-abu-dhabi-art-museum-united-arab-emirates/> adresinden alındı
- Jencks, C. (2002). *The Architecture of Jumping Universe*.
- Jencks, C. (2002). *The New Paradigm in Architecture: The Language of Post-modernism*. Yale University Press.
- John Coles, N. H. (2012). *İç Mimarlığın Temelleri*. İstanbul: Literatür.
- Jyvaskyla Music and Art Center*. (2018). Achim Menges:
<http://www.achimmenges.net/?p=4454> adresinden alındı
- Jyvaskyla Music and Arts Center*. (2018). Ocean Design Research Association:
<https://www.ocean-designresearch.net/index.php/design-mainmenu-39/architecture-mainmenu-40/jyvylainmenu-68> adresinden alındı
- Kalkülüs: Değişimin Matematiğini Anlamak*. (2018). matematiksel.org:
<https://www.matematiksel.org/kalkulus-degisimin-matematigini-kesfetmek/> adresinden alındı
- Kanatlar, Z. (2012). *Fraktal Boyuta Dayalı Mimari Bir Analiz: Sedat Hakkı Eldem ve Konut Mimarisi*. Bursa.
- Lange, A. (2012). *Writing About Architecture*. New York: Princeton Architectural Press.
- Lesmoir-Gordon, N., Rood, W., & Edney, R. (2013). *Introducing Fractals*. London: Icon Books Ltd.
- Lipa, C. (2018). *Conway's Game of Life*. Cornell University:
<http://pi.math.cornell.edu/~lipa/mec/lesson6.html> adresinden alındı
- Lorenz system*. (2018). Wikipedia:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Lorenz_attractor_yb.svg/1024px-Lorenz_attractor_yb.svg.png adresinden alındı
- Lorenz, W. (1993). *Fractals and Fractal Architecture*.

- Lorenz, W. E. (2003). *Fractals and Fractal Architecture*. Viyana: Viyana Teknoloji Üniversitesi.
- Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel* . (2018). Archdaily:
<https://www.archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel>
 adresinden alındı
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Mendilcioğlu, R. F. (2017). *Parametrik Tasarım Yönteminin Sürdürülebilir İç Mekanlarda Doğal Aydınlatmaya Etkisi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Michael Batty, P. L. (1994). *Fractal Cities*. Academic Press Inc.
- Michael Coates, G. B. (2011). *Görsel İç Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Literatür.
- Moran, C. (2018). *Fractal Coast*. Flickr:
https://www.flickr.com/photos/buggs_moran/4516938146 adresinden alındı
- Non-Euclidean Geometry Art*. (2018). Harrison Hartle:
<https://harrisonhartle.wordpress.com/2014/08/04/non-euclidean-geometry-art/>
 adresinden alındı
- Ochoa, G. (2018). *An Introduction to Lindenmayer Systems*. Laboratorio Docente de Computación: <https://ldc.usb.ve/~gabro/lsys/lsys.html> adresinden alındı
- Önal, P., & Sağlar Onay, N. (tarih yok). *Metro Dolaşım Alanları İç Mekan Atmosferinin Algısal Bağlamda İrdelenmesi: İstanbul Levent Metro İstasyonu Örneği*. İtü:
<http://hdl.handle.net/11527/12180> adresinden alındı
- Özkan, A. (2007). *İç Mekân Tasarımı Kuram Ve Yöntemleri Işığında Günümüz Türk İç Mekan Tasarımcıları ve Tasarım Anlayışlarına Bir Yaklaşım*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Özsarıyıldız, S. (1991). *Conceptual Design by Means of Islamic-Geometric-Patterns within a CAAD Environment*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi.
- Özsel Akipek, F. (2004). *Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Pazooki, S. (2011). *The Application Of Formal Aesthetics By Architects And Interior Architects According To Their Own Ranking Performances*. Gazimağusa: Eastern Mediterranean University.
- Pegg, E. (2018). *Squeezing Pi from a Menger Sponge*. Wolfram:
<http://community.wolfram.com/groups/-/m/t/822984> adresinden alındı
- Riemann Geometrisini Anlamak*. (2018). matematiksel.org:
<https://www.matematiksel.org/riemann-geometrisini-anlamak> adresinden alındı

Salingaros, N. A. (2018). *Fractals in the New Architecture*.

<http://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/fractals.html>, 2018 adresinden alındı

Seroussi Pavillion. (2018). Sucker Punch:

<http://www.suckerpunchdaily.com/2009/12/19/seroussi-pavillion/> adresinden alındı

Sierpinski Üçgeni. (2018). Matematikçiler: <https://www.matematikciler.com/sierpinski-ucgeni-nedir-sierpinski-ucgeni-kurali/> adresinden alındı

Tepe, E. (2014). *Plastik Sanatlarda Fraktal*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

The Atrium. (2018). Fed Square: <http://fedsquare.com/venue-hire/the-atrium> adresinden alındı

What is cellular automata modeling? (2018). Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=EyrwOf239M4> adresinden alındı

William Bechhoefer, M. A. (1996). Fractals, Music, and Vernacular Architecture: an

Experiment in Contextual Design. *IDENTITY, TRADITION AND BUILT FORM: The Role of Culture in Development and Planning: Fifth International Conference* (s. 75). Berkeley, California: International Association for the Study of Traditional Environments (IASTE).

Wright, F. L. (1955). *An American Architecture*. New York: Bramhall House.

Yessios, C. (1987). *A Fractal Studio*. ACADIA 87' Symposium Proceedings.

EKLER



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Kartal Turhan

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul, 03 Temmuz 1989

Adres : İstanbul, TR

Lisans : Hacettepe Üniversitesi
Güzel Sanatlar Fakültesi
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi
Güzel Sanatlar Enstitüsü
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Yüksek Lisans Programı

Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma

Yazar Kartal Turhan

Gönderim Tarihi: 05-Kas-2018 11:51AM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1033136315

Dosya adı: turnitin_kartal.docx (10.35M)

Kelime sayısı: 15357

Karakter sayısı: 109263

Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma

ORIJINALLIK RAPORU

%8

BENZERLİK ENDEKSİ

%8

İNTERNET
KAYNAKLARI

%1

YAYINLAR

%2

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BIRINCIL KAYNAKLAR

1

polen.itu.edu.tr

İnternet Kaynağı

%2

2

tr.wikipedia.org

İnternet Kaynağı

%2

3

tbmyoicmekan.kirklareli.edu.tr

İnternet Kaynağı

%1

4

www.akhepedia.com

İnternet Kaynağı

<%1

5

www.yemkitabevi.com

İnternet Kaynağı

<%1

6

Submitted to Selçuk Üniversitesi

Öğrenci Ödevi

<%1

7

lup.lub.lu.se

İnternet Kaynağı

<%1

8

www.sinancanan.net.tr

İnternet Kaynağı

<%1

9

itudergi.itu.edu.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

10

samimeavsar.wordpress.com

İnternet Kaynağı

<% 1

11

acikarsiv.atilim.edu.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

12

Submitted to TechKnowledge Turkey

Öğrenci Ödevi

<% 1

13

morphocode.com

İnternet Kaynağı

<% 1

14

bilginemirhan.blogspot.com

İnternet Kaynağı

<% 1

15

EDİZ, Özgür and ÇAĞDAŞ, Gülen. "Mimari
tasarımda fraktal kurguya dayalı üretken
yaklaşım", TUBITAK, 2005.

Yayın

<% 1

16

www.eba.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

17

generativelandscapes.wordpress.com

İnternet Kaynağı

<% 1

Alıntıları çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografyayı Çıkart

üzerinde