KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIKTA TASARLAMA YÖNTEMLERİ VE FRAKTAL TASARIMLAR ÜZERİNE BİR İNCELEME

BELMA ALİK

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIKTA TASARLAMA YÖNTEMLERİ VE FRAKTAL TASARIMLAR ÜZERİNE BİR İNCELEME

BELMA ALİK

Yrd.Doç.Dr. Sonay AYYILDIZ
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Prof.Dr. Nevnihal ERDOĞAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Prof.Dr. Tülay ESİN
Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 19.06.2015

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Mimarlık ana bilim dalında yapılan bu tez çalışmamın her aşamasında bana bilgi ve tecrübeleriyle destek veren, görüş ve önerilerini benimle paylaşan, her zaman daha iyiyi oluşturmada bana yol gösteren, tez konumun seçiminde bana yardımcı olan, değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Sonay AYYILDIZ'a; sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans eğitimimde göstermiş olduğu yakın ilgi, aktarmış olduğu bilgi ve tecrübelerle destek veren tüm hocalarıma;

Özellikle çalışmamın yürütülmesinde desteğini eksik etmeyen, yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan sayın hocalarım Prof. Dr. Minas BAKALÇEV ve Prof. Dr. Mitko H. PULYA'ya;

Benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili ablam Amra Alik'e ve her konuda, her alanda yanımda olan aileme ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Hazıran - 2015 Belma ALİK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ x
ÖZET xi
ABSTRACT xii
GİRİŞ 1
1. TASARIM VE MİMARLIKTA TASARIM YAKLAŞIMLARI 3
1.1. Tasarım ve Tasarlama 3
1.1.1. Tasarımın temel ilkeleri 4
1.1.1.1. Tasarım süreci 4
1.1.1.2. Yanıtlar yerine sorular 5
1.1.1.3. Çözümleme ve esinlenme 5
1.1.1.4. Deneyimler 6
1.1.1.5. Mimarlığı mekanda deneyimleme 6
1.1.1.6. Tasarım perspektifi geliştirme 6
1. 2. Tasarımcı Düşünce 7
1.2.1. Tasarım düşüncesi ve problem çözme 7
1.2.2. Tasarım problemi 9
1.2.3. Tasarım problemi ve süreç 10
1.2.4. Tasarımda problem alanı ve tasarım 10
1.3. Biçim Oluşturan Düşünme 11
1.3.1. Biçimlendirme yaklaşımları 12
1.3.2. Mimarlıkta analojiler 15
1.3.3. Benzeşim modelleri 17
1.3.4. Tasarım problemini çözme metotları 21
1.4. Biçimin Düşünülmesi 24
1.4.1. Rutin tasarım (Parametric design) 25
1.4.2. Yenilikçi tasarım (İnnovative design) 26
1.4.3. Yaratıcı tasarım (Creative design) 26
1.5. Biçimin Oluşturulması 26
1.5.1. Düşünce ve kavram geliştirmek 27
2. ALTIN ORAN, ÖKLİT GEOMETRİ VE KARMAŞIKLIK 28
2.1. Altın Oran Teorisi 28
2.2. Öklit Geometri Teorisi 31
2.2.1. Ölçek simetrisi 32
2.2.2. Mimarlık ve öklit geometrisi 32
2.3. Karmaşıklık Teorisi 33
3. FRAKTALLER 35
3.1. Fraktaller Nedir? Nasıl Doğmuştur? 35
3.2. Fraktal Kavramının Tarihteki Gelişimi 39
3.2.1. Koch curve (Koch eğrisi) 40
3.2.2. Minkowski eğrisi 42
3.2.3. Sierpinski üçgeni 42
3.2.4. Sierpinski halısı 43
3.2.5. Yinelenen fonksiyon ile oluşturulan fraktaller 43

3.2.6. Eğrelti otu....44
3.2.7. Kar tanesi....44
3.2.8. Tekrarlayan ağaç....44
3.3. Kendine Benzerlik ve Fraktaller....45
3.4. Fraktal Geometri....46
3.5. Fraktal Geometri ve Kaos....49
3.6. Fraktal Geometrinin Kullanım Alanları....51
3.7. Fraktal ve Öklit Geometrinin Farklılıkları....53
3.8. Üretken Algoritmalar....54
3.9. Fraktal Yapıların Özellikleri....57
3.10. Fraktal Kurgu Kavramı....61
3.11. Geometrik Boyut Türleri ve Fraktal Boyut....61
3.11.1. Topolojik boyut....62
3.11.2. Euclidien boyut....63
3.11.3. Hausdorf-Besicovitch boyutu....63
3.11.4. Benzerlik boyutu (ds)....64
3.11.5. Kütle boyutu....66
3.11.6. Fraktal boyut....67
3.12. Fraktal Boyutun Hesaplama Yöntemleri....69
3.12.1. Curdling yöntemi....69
3.12.2. Kutu sayım yöntemi (db)....70
3.12.3. Lindenmayer sistem yöntemi....73
3.12.4. Tekrarlamalı fonksiyon sistemi....74
3.13. Fraktallerin Türleri....75
3.13.1. Doğada ve biyolojide fraktaller....75
3.13.2. Gerçek ve yapay matematiksel fraktaller....84
3.13.2.1. Gerçek matematiksel fraktaller....84
3.13.2.2. Yapay matematiksel fraktaller....86
3.13.3. Düzenli ve düzensiz fraktaller....87
3.13.3.1. Düzenli fraktaller....87
3.13.3.2. Düzenli fraktallerinin üretim yöntemleri....88
3.13.3.3. Düzensiz fraktaller ve üretim yöntemleri....90
3.13.3.4. Düzenli fraktallerden düzensiz üretilen fraktaller....92
3.13.3.5. Fraktal üretim yöntemlerinin mimarlıkta kullanılması....93
3.13.4. Çoklufraktaller....96
3.13.4.1. Eşit olmayan olasılıklar....96
3.13.4.2. Değişken olasılık histogramları....96
3.14. Fraktaller ve Hücresel Özdevinim....98
3.14.1. Konum uzayı....99
3.14.2. Hücre komşuluğu....99
3.14.3. Hücrelerin sahip olabileceği konumların sayılabilmesi....101
3.14.4. Hücresel özdevinim kuralları....101
4. MİMARİDE FRAKTALLER VE FRAKTAL TASARIM ÖRNEKLERİ....103
4.1. Mimari Tasarım ve Fraktaller....103
4.1.1. Mimari tasarım süreci ve fraktaller....104
4.1.2. Mimari tasarımda fraktal kurgular....104
4.2. Kaos Teorisi ve Fraktaller....105
4.2.1. Belirlenimcilik....108
4.2.2. Başlangıç durumu....108
4.2.3. Evrensellik....109
4.2.4. Organik mimarlık ve kaos....109
4.3. Mimarlıktaki Tarihi Dönemlerde Fraktal Kurgular....109
4.3.1. Gotik mimari....119
4.3.2. Barok ve Rokoko....120

4.3.3. Modern mimari 121
4.4. Çağdaş Mimarlıkta Fraktaller 126
4.4.1. Geleneksel arap mashrabiya'larda fraktaller 147
4.4.2. Hareketli strüktürlerde fraktaller 148
4.5. Fraktal Kentler 150
SONUÇ VE ÖNERİ 153
KAYNAKLAR 154
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 158
ÖZGEÇMİŞ 159

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sydney Opera Evi, Avustralya 12
Şekil 1.2. Vernakular mimari 13
Şekil 1.3. Santiago Calatrava'nın Sanat ve Bilim Şehri'nin görünüşü 14
Şekil 1.4. Le Corbusier, Unite d'Habitation, Berlin 14
Şekil 1.5. Gotik katedralı, 1194-1260, plan 16
Şekil 1.6. Nervi'nin sergi salonu 16
Şekil 1.7. Ronchamp Şapeli, Le Corbusier 17
Şekil 2.1. Altın oran hesaplama yöntemi 28
Şekil 2.2. Altın kesimin geometrik çizimi 29
Şekil 2.3. Nautilus kabuğu 29
Şekil 2.4. Altın dikdörtgen 30
Şekil 2.5. Archillea Ptarmica 31
Şekil 2.6. Fibonacci dizisi 31
Şekil 2.7. Ayçiçeği 31
Şekil 2.8. Sierpinski üçgeni 32
Şekil 2.9. Fransworth Evi, Mies van der Rohe 33
Şekil 3.1. Akcigerlerin hava yolları (bronslar) 36
Şekil 3.2. Mandelbrot seti 37
Şekil 3.3. Tekrarlar sonucu oluşma 38
Şekil 3.4. Cantor kümesi 38
Şekil 3.5. Katıştırılmış yineleme 40
Şekil 3.6. Koch eğrisinin geliştirilme aşamalar 41
Şekil 3.7. Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevrimi 42
Şekil 3.8. Minkowski eğrisi 42
Şekil 3.9. Sierpinski üçgeni 43
Şekil 3.10. Sierpinski halısı 43
Şekil 3.11. Yinelenen Foksiyon Sistemi (İFS) 43
Şekil 3.12. Eğrelti otu 44
Şekil 3.13. Kar tanesi 44
Şekil 3.14. Tekrarlayan ağac 45
Şekil 3.15. Kendine benzerlik 45
Şekil 3.16. Julia kümesi 46
Şekil 3.17. Lineer olmayan matematik 48
Şekil 3.18. Fraktal setler (Gregory Sams-Science Photo Library) 49
Şekil 3.19. Fraktal resimler 52
Şekil 3.20. Zvi Hacker, Galinski Okulu, Berlin 54
Şekil 3.21. Dragon eğrisi 56
Şekil 3.22. Üreten ve başlatan 56
Şekil 3.23. Koch kar tanesi a: üreten ve başlatan b:birinci çevrim
c: ikinci çevrim d:üçüncü çevrim 56
Şekil 3.24. Koch anti-kar tanesi a: üreten ve başlatan b:birinci çevrim
c: ikinci çevrim d:üçüncü çevrim 57
Şekil 3.25. Öz-benzerlik türleri 59
Şekil 3.26. Peano eğrisi 62
Şekil 3.27. Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olduğu durum 65
Şekil 3.28. Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olmadığı durum 65
Şekil 3.29. Moran denkleme uygulaması 65

Şekil 3.30. Kütle boyutu 66
Şekil 3.31. Menger süngeri 69
Şekil 3.32. Etkisiz ölçüm 69
Şekil 3.33. Frank Lloyd Wright, Robie Evi 70
Şekil 3.34. Frank Lloyd Wright, Robie Evi 71
Şekil 3.35. Fraktal geometrinin elde edilmesine örnekler 71
Şekil 3.36. Kutu sayım yöntemi 72
Şekil 3.37. Kutu sayım yöntemi grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler 72
Şekil 3.38. Kutu sayım yöntemi grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler 73
Şekil 3.39. L-Sistemi 73
Şekil 3.40. L-Sistemi ile oluşturulan ağaç formları 74
Şekil 3.41. Başlangıcı çember ve kare olan IFS 74
Şekil 3.42. İkizler takım yıldızı yıldız şeması 76
Şekil 3.43. Jupiter gezegeni 76
Şekil 3.44. Ağaç strüktürü 77
Şekil 3.45. Yıldırım 77
Şekil 3.46. Yaş halkaları 77
Şekil 3.47. Romenesko brokolisi, tere otu ve sütleğen otu 78
Şekil 3.48. Salyangoz kabuğu ve deniz kabuğu kesiti 78
Şekil 3.49. Dağlar 78
Şekil 3.50. Dalgalar 79
Şekil 3.51. Nasser Gölünün kara oluşumu ve nehir yolu kırılımı, Mısır 79
Şekil 3.52. Şelale 80
Şekil 3.53. Ağaç dalları 80
Şekil 3.54. Tropikal yaprak 80
Şekil 3.55. Biyolojide kendine benzerlik 82
Şekil 3.56. Liken ve artropod 84
Şekil 3.57. Mandelbrot kümesi 89
Şekil 3.58. Julia kümesi 89
Şekil 3.59. Lorenz çekicisi 90
Şekil 3.60. Lorenz çekicisi 90
Şekil 3.61. Brownian hareketi 91
Şekil 3.62. Yayılma ile sınırlı küme 91
Şekil 3.63. Orta noktanın yer değistirmesi 92
Şekil 3.64. Orta noktanın yer değiştirmesi yöntemi ile üretilen yüzey şekilleri 92
Şekil 3.65. Üretici yönü 92
Şekil 3.66. Düzensiz Koch eğrisi 93
Şekil 3.67. Anti-Koch eğrisi 93
Şekil 3.68. Üretici ve başlangıç biçiminin boyutlarının değişmesi 94
Şekil 3.69. Hilbert bina blokları 94
Şekil 3.70. Fraktal leke etüdü 94
Şekil 3.71. Cardiff Opera binası - Greg Lynn 95
Şekil 3.72. Medine'de akıllı köy projesi 95
Şekil 3.73. Ağaç kent projesi 95
Şekil 3.74. Eşit olmayan olasılıklar 96
Şekil 3.75. Nesnenin parçalarındaki olasılık oranı 97
Şekil 3.76. Bir çoklufraktalin ilk dört çevrimi 97
Şekil 3.77. Çoklufraktal'in kesitleri 97
Şekil 3.78. Çoklu fraktaller ve olasılıkların çeşitlenmesi 98
Şekil 3.79. İki boyutlu hücre düzenlemesi 99
Şekil 3.80. Tek boyutlu hücre dizimi N=3 100
Şekil 3.81. Tek boyutlu hücre dizimi N=5 100
Şekil 3.82. İki boyutlu hücre dizimi N=5 100
Şekil 3.83. İki boyutlu hücre dizimi N=9 101

Şekil 3.84. Komşuluk düzeni 101
Şekil 3.85. Pascal üçgeni 102
Şekil 4.1. Kaos 107
Şekil 4.2. Lorenz'in başlangıç durumuna hassas bağlılık grafiği 109
Şekil 4.3. Erken dönem mimaride fraktal örnekler 111
Şekil 4.4. Paris Opera binası 112
Şekil 4.5. İlk aşamada algılanan bina konturları 113
Şekil 4.6. İkinci aşamada algılanan pencere ve kapı boşlukları 113
Şekil 4.7. Üçüncü aşamada algılanan detaylar 113
Şekil 4.8. Notre Dame katedrali 115
Şekil 4.9. Basilica diSan Clemente'te bir süsleme 115
Şekil 4.10. Sultan Ahmet Camii 116
Şekil 4.11. Sultan Ahmet Camii planı 116
Şekil 4.12. Ba-ila Yerleşmesi, Güney Zambia 117
Şekil 4.13. Hindistan'da Tapınaklar 117
Şekil 4.14. Hampi'deki Virupaksha Tapınağı 118
Şekil 4.15. Kotoko Yerleşmesi 118
Şekil 4.16. Kotoko yerleşmesinde fraktal çevrimler 118
Şekil 4.17. Avrupa'da fraktal etkiler 119
Şekil 4.18. Gotik katedralde kullanılan sivri kemer formu 120
Şekil 4.19. Reims katedrali 120
Şekil 4.20. Chartres katedrali gül pencere 120
Şekil 4.21. Saint Karl kilisesi 121
Şekil 4.22. Dresden'de Zwinger 121
Şekil 4.23. Nature Morte a la Pile D'assiettes 122
Şekil 4.24. Villa Savoye 123
Şekil 4.25. Ozenfant stüdyo 123
Şekil 4.26. Rietveld Schröder evi 124
Şekil 4.27. Eiffel Kulesi 124
Şekil 4.28. Eiffel Kulesi detaylar 125
Şekil 4.29. Görsel model "crestaria" taçlandırma adımlarındaki büyümeyi gösterir 125
Şekil 4.30. Sagrada Familia, merkez ve yan kanal nefi kemerleri 125
Şekil 4.31. Galinski Okulu, Berlin, Zwi Hecker 126
Şekil 4.32. Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe, Paris, France 126
Şekil 4.33. MIT öğrenci yurtları 127
Şekil 4.34. Cincinnati Üniversitesi Sanat ve Mimarlık, Peter Eisenman 127
Şekil 4.35. Amsterdam Binası 128
Şekil 4.36. Parc la Vilette/Paris - Bernard Tschumi 128
Şekil 4.37. Victoria&Albert Müzesi, Daniel Liebskind 128
Şekil 4.38. Soho Shang Du 129
Şekil 4.39. Moshe Safdie - Habitat '67/ Montreal, Canada 131
Şekil 4.40. Moshe Safdie - Habitat '67/ Montreal, Canada 131
Şekil 4.41. Habitat Konut Grubu, 1967 132
Şekil 4.42. Habitat Konut Grubu, konut tipleri 132
Şekil 4.43. Bernard Tschumi-Parc la Vilette, Paris 132
Şekil 4.44. Bernard Tschumi, Parc la Vilette/Paris 133
Şekil 4.45. Bionic Tower dış kabuk detayı, 2007, Abu Dabi, LAVA 135
Şekil 4.46. Life in Town plan kurgusu, 2008, Fransa 135
Şekil 4.47. Life in Town, 2008, Fransa 136
Şekil 4.48. Sky SOHO, 2010-2013, Shangay, Çin, Zaha Hadid 136
Şekil 4.49. Sky Village, 2008, Danimarka, MVRDV 137
Şekil 4.50. Sky Village tasarım kurgusu, 2008, Danimarka, MVRDV 137
Şekil 4.51. S projesi, maket fotoğrafları, Ushida Findlay Mimarlık Şirketi 138

Şekil 4.52. S projesi, 1996, plan şeması, Ushida Findlay Mimarlık Şirketi 138
Şekil 4.53. Statoil Bölgesel ve Uluslararası Büroları, A-lab Arch, Norveç 138
Şekil 4.54. Heydar Aliyev Merkezi, Zaha Hadid Architects, Azerbaijan..... 139
Şekil 4.55. ACMI yapısının cephesi..... 139
Şekil 4.56. Magic İce Müzesi, interior..... 139
Şekil 4.57. Hanoi Müzesi 140
Şekil 4.58. İslam Sanatları Müzesi ve içindeki kubbe 140
Şekil 4.59. Hotel Puerta America - Plasma Studio 4.Kat 141
Şekil 4.60. ParkRoyal Hotel, giriş podyumu 141
Şekil 4.61. Melbourne Federasyon Meydanı 142
Şekil 4.62. Melbourne Federasyon Meydanı,
cam levha (parçalar düzenlenmiştir)..... 142
Şekil 4.63. Louvre Abu Dhabi, Işık iletiminin
farklı seviyeleri ile kubbe modelinin kıyaslanması 142
Şekil 4.64. Su Küpü - PTW mimarlığı, Pekin, Çin..... 143
Şekil 4.65. Büyük Mısır Müzesi, Heneghan Peng, Kahire , Mısır..... 143
Şekil 4.66. Spiral Genişletme, Daniel Libeskind,
Victoria & Albert Müzesi, Londra 144
Şekil 4.67. Model, öncepheyi kabartma ile ayıran fraktal döşeme 144
Şekil 4.68. Storey Salonu - Ashton Raggatt McDougal,
Royal Melbourne Teknoloji Enstitüsü, Avustralya..... 145
Şekil 4.69. İspanyol Cumbası – Yabancı Mimarlar Odası
Expo 2005, Aichi, Japonya..... 145
Şekil 4.70. Sarmaşık , MOS Mimarlık..... 146
Şekil 4.71. 1774 Serileri Fauteuil, Aranda/Lasch..... 146
Şekil 4.72. Yılan taşı Galeri Cumbası (Serpentine Gallery Pavilion),
Toyo Ito & Associates, Mimarlık ve Arup..... 146
Şekil 4.73. Phare Kulesi by Morphosis..... 147
Şekil 4.74. Al Bahar Kuleleri, Abu Dhabi, Aedas Ofisi 147
Şekil 4.75. Yas Viceroy Otel, Abu Dhabi, Asymptote Architecture..... 147
Şekil 4.76. Montreal Olimpiyat Stadyumu..... 148
Şekil 4.77. Pinero'nun Kubbe Strüktürü..... 148
Şekil 4.78. Escrig'e ait hareketli strüktür..... 148
Şekil 4.79. Hoberman'ın İris kubbesi..... 149
Şekil 4.80. Takabayashi'e ait Tonoz şeklinde katlanır plak sistem..... 149
Şekil 4.81. Alini'e ait kubbe şeklinde katlanır plak sistem 149
Şekil 4.82. Fuller tarafından geliştirilen tensegrity sistemler 150
Şekil 4.83. Dairesel ve yıldız şeklinde büyüyen kentler, Viyana sehir surları 151
Şekil 4.84. Viyana kent sınırı..... 151
Şekil 4.85. Fraktal halılar ve kent planları..... 152
Şekil 4.86. DLA benzetim ve "gerçek" bir şehir, Cardiff..... 152

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Fraktal geometri ve Euclid geometrisinin farklılıkları 53
Tablo 3.2. Fraktal türleri.....60
Tablo 3.3 Hücre komşululuk türleri.....99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Ø1, Ø2	: Sayısal Seri
Db	: Kutu Sayım Metoduna Göre Fraktal Boyut
ds	: Benzerlik Boyutu
dm	: Kütle Boyutu
log	: Logaritma

Kısaltmalar

ASS	: Approximate Self-Similarity (Yarı Kendine Benzerlik)
DBM	: Dielectric Breakdown Model (Yalıtkan Kırılma Modeli)
DLA	: Diffusion-Limited Aggregation (Yayılma ile Sınırlı Küme)
ESS	: Exact Self-Similarity (Kesin Kendine Benzerlik)
HB	: Hausdorff-Besicovitch Boyutu
İFS	: Iterated Functions System (Yinelenen Fonksiyon Sistemi)
İTÜ	: Istanbul Teknik Üniversitesi
L-sistem	: Lindenmayer Sistemi
M.Ö	: Milattan Önce
QSS	: Quasi Self-Similarity (Yarı Kendine Benzerlik)
SSS	: Statistical Self-Similarity (Statiksel Kendine Benzerlik)
YY	: Yüzyıl

MİMARLIKTA TASARLAMA YÖNTEMLERİ VE FRAKTAL TASARIMLAR ÜZERİNE BİR İNCELEME

ÖZET

Bu araştırmada, günümüz mimarisinde kullanılan farklı tasarım yaklaşımları irdelenerek, geometrik kurgular ile mimari biçimlenme arasındaki ilişki incelenmektedir. Fraktal yapılar özel birer örüntü oldukları için diğer örüntülerden farklı olarak tekrarlama, öz benzerlik ve kesirli boyut gibi bazı özelliklere sahiptirler. Bu sebeple fraktal yapılara ilişkin informel anlamaları belirlemek için fraktallerin özellikleri üzerine çalışılmıştır.

Bu amaçla çalışmanın giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmış ve çalışmada izlenen yöntemden bahsedilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde tasarım ve mimarlıkta tasarım yaklaşımları anlatılmıştır. İkinci bölümde altın oran, öklid geometri ve karmaşıklık hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde fraktaller, dördüncü bölümde ise mimaride fraktaller ve fraktal tasarım örnekleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fraktal Kavramı, Fraktallerin Özellikleri, Mimaride Fraktaller, Tasarlama Yöntemleri.

A STUDY ON DESIGNING METHODS AND FRACTAL CODED DESIGNS IN ARCHITECTURE

ABSTRACT

In this research, different approaches in the contemporary architecture and the relationship between architectural form and geometric codes in it are examined. As a different principle from Euclidean geometry, fractal geometry has different features that include iteration, self-similarity and fractional dimension. Therefore, this study remains the relationship between fractals and other patterns based on their characteristics.

In the introduction part of this study, aim and scopes are stated and followed methods are mentioned. In the first section of the study, the design and architectural design approaches has been described. In the second section has been given information about golden ratio, Euclidean geometry and complexity. In the third chapter of this study fractals, and in the fourth chapter fractals in design and architecture through examples has been researched.

Keywords: Fractal Concept, Characteristics of Fractals, Fractals in Architecture, Designing Methods.

GİRİŞ

Tasarım heterojen bir süreçtir. Yaklaşımlar, stratejiler ve yöntemler çoğunlukla tasarımcının kendi deneyimlerinden ve sosyokültürel geçmişinden etkilenir; bunların yanında, teknik ve ekonomik koşullar da belirleyicidir [1]. Tasarım, çeşitli temel yaklaşım ve süreçleri yansıtan metodolojik kurallara bağlıdır. Dolayısıyla, mimarlık ürünlerinin oluşturulmasında farklı tasarım yaklaşımları kullanılmaktadır.
Polonya'lı fizikçi Mandelbrot'un (1982) “Fraktal” terimini icadından sonra, fraktal geometrisinin geleneksel kurallarına karşı gelen geometrik nesneler ailesini tanımlamak için kullanılmış ve daha sonra fraktallerin, aslında, değişik formlarda doğanın içerisinde varolduğu keşfedilmiştir. Bugün, doğada yaşayan organizmaların dokuları, fraktal değerlerin belirlenmesi yöntemi ile yeni tasarım yöntemi olarak kullanılabilir. Fraktal kavramı her ne kadar 1970'ler sonrası bilim literatürüne girmiş olsa da, mimarlık tarihinde kendine benzer öğelerden oluşmuş yapılar bulunmaktadır ve bu da fraktallerin çok öncelerde mimaride kullanım alanı bulduğuna işarettir. Yapılan araştırmalarda, erken dönem örneklerinden gotik katedrallerde bile en küçük detayların, katedrallerin tümüyle aynı özellikleri taşıdıkları görülür.

Günümüzde mimari, kaos teorisi ve popüler anlatımla kaosun geometrisi denilebilecek fraktal kavramları ile karmaşık ve düzensiz bir tasarım ortamında şekillenmeye başlamıştır ve mimari formlarda Euclid geometrisinin etkisi azalmıştır [2]. Fraktal geometrinin en önemli açılımı, kaosun düzenini ortaya koymasıdır. Fraktallerin en önemli özelliği de, sonsuza değin ayrıntı sunmaları, her ayrıntının da tekrar değil, ‘’kendine benzeme’’ (self similarity) özelliği taşımasıdır.

Tez çalışması, literatür araştırmasına dayanmaktadır. Yapılan literatür araştırması sırasında Mimarlıkta tasarım yöntemleri içinde fraktallere değinilmediği tespit edilmiştir. Buradan hareketle çalışmanın amacı; mimarlıkta tasarlama yöntemleri, fraktaller ve mimaride fraktallerin araştırılması ve örneklerle ortaya konulmasıdır.

Günümüzdeki çeşitli tasarım yaklaşımları ile sıradışı formların üretildiği mimari ürünlere rastlamak mümkündür. Bu yaklaşımlardan birisi de yaratıcılığı destekleyen fraktal tasarım yaklaşımıdır.

Bu tez ile Mimarlıkta tasarlama yöntemleri ve fraktallerin mimarlıktaki yeri ve önemi anlaşılacak; bu tasarımlar yeni tasarımcılar ve öğrencilere ilham kaynağı oluşturabilecektir.

Çalısmanın amacı doğrultusunda ilk aşamada tasarımın yaklaşımları incelenmiştir. Daha sonra fraktal boyut kavramı, geometrisi, fraktal teriminin ortaya çıkışı, nitelediği oluşumlar ve kullanım alanları incelenmiştir. Bir sonraki aşamada fraktal türleri, üretim modelleri ve kaos teorisiyle fraktal boyut ilişkisi araştırılmıştır. Son aşamada fraktaller ve mimarlık arasındaki ilişkiler örnekler üzerinden incelenmiştir.

1. TASARIM VE MİMARLIKTA TASARIM YAKLAŞIMLARI

Bu bölümde tasarım ve tasarlamanın ne olduğu, tasarımcı düşünce, biçim oluşturan düşünme, biçimin düşünülmesi ve oluşturulması hakkında bilgiler aktarılacaktır.

1.1. Tasarım ve Tasarlama

Lawson'a (1980) göre; Tasarım, sözlük karşılığı olarak 'bir ürünü ortaya koymaya yönelik düşünsel ya da maddi çalışmalar süreci', 'bir şeyin biçimini zihinde oluşturma işi, ya da bu yolla düşünülmüş biçim', tasarlama ise, 'yapılan ve devamlı olarak geliştirilen plan veya taslak, bir şeyin tasavvur edilen şekli' olarak tanımlanır. Bu kavramlar hem bir işi, hem de bu işle ilgili objeyi ifade ettikleri için çoğu kez biri diğeri yerine kullanılabilir. Ne var ki tasarımı ya da tasarlamayı anlamak için tanımlara başvurmaktan çok tasarımın ne olduğunu araştırmak daha doğrudur. Bu nedenle önce farklı alanlardaki tasarlama etkinliklerini karşılaştırmakta yarar vardır. Örneğin, salt işlevsel bir amacı olan makine tasarımı ile estetik amacı ağır basan moda tasarımı arasında ne fark vardır? Yeni bir makinenin ortaya çıkışındaki sürecin kesin, önceden tahmin edilen, sistematik ve matematiksel özellikte olduğu, buna karşın moda tasarımının belirsiz, kendiliğinden gelişen, karmaşık ve sezgisel olduğu ortadadır. Hatta bunların yanısıra bu iki aşırı ucun farklı ağırlıkta biraraya geldiği çok çeşitli alanlar vardır. Şehir planlama, kentsel tasarım, mimari tasarım, endüstri tasarım, grafik ve iç mimari alanlarında tasarım hem kesin, önceden tahmin edilen, sistematik ve matematiksel hem de belirsiz, kendiliğinden gelişen, karmaşık ve sezgiseldir. Çünkü bu tasarım alanları hem algılanmak, hem de kullanılmak amaçlı objelerin ve mekanların oluşturulmasıyla ilgilidirler [3].

Larousse'ye (1980) göre; Genel anlamda tasarlama eylemi, "Tasarım, ulaşılmak istenen amaç, niyet, plan, proje, kabataslak çizgileriyle ortaya konan bir şeyi gerçekleştirme düşüncesidir". Dilimizde tasarım ve tasarlama kavramlarına benzer anlamlarda yabancı kökenli "Dizayn" kelimesi de kullanılmaktadır. Dizayn, Latince "Designaro", "Designum" kökenli bir kelime olarak, "Belirlemek", "İşaretlemek" anlamındadır. Tasarlamanın mimari tasarım özel alanındaki anlamı ise, Öke'ye (1981) göre; "Bina kavramına giren somut nesnelerin çözümlendiği bileşenlerden her birinin gelecekteki durumlarının ve bu durumlara ulaşılması için gereken

eylemlerin kararlaştırılmasıdır". Bu bağlamda mimari tasarlama olgusu, bina biçimine karar verme süreci olarak tanımlanabilir. Geçmişten günümüze kadar olan dönemde, mimari biçimin tasarlanması ve kesin durumunun ifade edilmesi sürecinde çeşitli simülasyon (benzeşim) teknik ve araçları kullanıla gelmektedir. Soyut bir düşünceyi somut ve görsel hale getirecek geleneksel çizim teknikleri, maket gibi araçlar kullanılırken; günümüzde çağdaş teknoloji araçları olan bilgisayar simülasyonları yoğun olarak kullanılmaktadır [3].

Bu teknolojinin kurallarına uygun kullanıldığı takdirde, bina tasarımına hız, hassasiyet ve gerçekçi sunuşlar getirdiği görülmektedir. Bilgisayar yazılımları mimari tasarlama ve görselleştirme ile birlikte; planlama, bina programlama, iş organizasyonu, metraj, keşif, uzaktan veri transferi gibi alanlarda da kullanılmaktadır [3].

1.1.1. Tasarımın temel ilkeleri

1.1.1.1. Tasarım süreci

Tasarım karmaşık, çoğu zaman çelişkili, doğrusal olmayan bir süreçtir. Tasarımın temel özelliği olan bu durum, mimarlığa yeni başlayanlar kadar deneyimli mimarlar için de geçerlidir. Tasarım probleminin ayrıntıları belli olsa bile sürecin nereye evrileceği bilinmez. Tasarım öğrenimi, herhangi bir verili tasarım probleminin temas ve dayanak noktalarını bilme ve ilşkiler sistemini kavrama olanağı veren yöntemlerin arayışı içine girmeyi gerektirir. Mimarlar daha sonra bu etkenleri mimarlıkla bağdaştırırken bilgi, deneyim, mekansal imgelem ve yarıtıcılıklarını kullanırlar [4].

Tasarlama sürecini doğrudan doğruya gözlem teknikleriyle incelemenin sorunları etkinliğin yapısından kaynaklanmaktadır. Başlangıç ve bitiş notkaları belirlemeyen, mekanik bir beceri olmayan işlemlerin gözlenmesi olanaksız olmasa bile zordur. Stüdyonun dışında da mimarın kafasında sürüp giden işlemlerin varlığı bu zorlukları daha da artırmaktadır. Öte yandan kendinin izlendiğini bilen bir tasarımcının normal çalışmasını sürdürmesi beklenemez. İşlemsel zorluklar yanında, etkinliğin geniş kapsamlı olması, farklı süreçler içermesi ve sürekliliği nedenleriyle, gözlemlerin ancak çok sınırlı koşullar içinde gerçekleştirilmesi olanaklıdır. Aynı zamanda, gözlemlerin karşılıklı görüşme teknikleri ile desteklenmesi zorunlu görülmektedir [5].

Mimarlıkta tasarlama sürecini bir düşünme süreci olarak ele alıp, eylemin nasıl gerçekleştiği, nasıl yapılması gerektiği sorunlarına yönelmek, mimarlığın diğer

araştırma alanlarına göre daha az ilgi çeker gözükmektedir. Bunun nedenini, konunun farklı bilim dallarının arakesitinde olmasında aramak gerekiyor. Mimari tasarlama, eğitim, algılama, öğrenme psikolojisi konularının arakesitlerine oturmaktadır. Bu nedenle "Tasarlama Psikolojisi" adı altında yeni bir uğraş alanının ortaya çıktığını belirtmek yanlış olmayacaktır [5].

1.1.1.2. Yanıtlar yerine sorular

Yeni bir tasarıma başlarken, işin karmaşıklığının hakkını veremeyecek basit yanıtların arayışı içine alelacele girmektense doğru sorular sorulmalıdır. Bu soruların önemli bir kısmı tasarım probleminin dolaysız bağlamından çıkacaktır. Bu nedenle, tasarımın veya örnek niteliğindeki mimarlık yapıtlarının özgül koşullarının dikkatlice gözden geçirilmesi, ilerisi için yararlı bir yaklaşım tarzı olabilir. Çeşitli stratejiler ve yöntemler arasından seçim yapılabilir [4].

1.1.1.3 Çözümleme ve esinlenme

Yaygın bir yöntem, belli başlı parametreleri ayrıntılı olarak inceleyip çözümlemeyi gerektirir: [4].

- Kentsel Planlama bağlamı / peyzaj bağlamı
- Yapı Alanının tarihsel gelişimi
- Kullanıcı / kullanım gereksinimleri
- Benzer bağlamları ve benzer işlevleri olan başka binalar

Tasarım problemini bu parametreler ışığında çözümlemek, somut bir tasarım konseptine götüren fikirler üretmektedir. Bilimsel çözümlemeler yapmanın yanında, daha az kısıtlama getirdiği için daha fazla özgürlük sunan keyifli başka yöntemlere de başvurulabilir [4].

Bir diğer yaklaşım ise sürecin en başında esin veya fikir aramayı gerektirir. Fikir, tasarım probleminin tekil ayrıntılarından, koşullarından ve hatta problemle doğrudan ilişki bulunmayan esin kaynaklarından çıkarılabilir [4].

Doğru yöntem seçimi kişinin çalışma tarzına, becelerine ve eldeki tasarım problemine bağlıdır. Tasarımdan tasarıma değişebilir. Her öğrenci, araştırması sırasında farklı yaklaşım ve çözümleri deneme fırsatı bulacaktır. Amaç, her bir yaklaşımın güçlü ve zayıf yönlerini tespit etmek ve tasarım problemine en uygun olanını bulmaktır [4].

1.1.1.4. Deneyimler

Kişisel deneyimler ve algılar fikir üretme sürecinde belirleyicidir. Her çalışmayla birlikte, tasarım araçlarını kullanma becerileri artar ve yön duyguları gelişir. Çalışırken, kullandığımız kalem, bilgisayar veya maketler amaca giden yolda yalnızca birer araçtır. Sürekli pratik yapmanın mükafakatı düşünsel düzeyde alınır. Gide gele aşınmış yollardan vazgeçerek, yeni fikirleri deneyerek ve deneme-yanılma yoluyla tasarlayarak yaratıcılıkta yeni kanallar açılabilir ve çeşitli yaklaşımlar içeren bir mimarlık repertuarı oluşturulabilir [4].

Tasarım problemiyle doğrudan ilişkili olmayan dışsal etkenler de tasarım sürecinde belirleyici olur. Eğer bir tasarım üzerinde ekip halinde çalışılıyorsa, fikirler ekip içindeki diyalogtan çıkabilir; her ekip üyesi diğerlerine öneride bulunarak sürece katkı yapar ve böylece izlenmesi gereken yol bulunur. Aynı durum bir mimarın işverenle veya üniversite tasarım ödevlerini değerlendiren hocalarla kurduğu iletişim için de geçerlidir. Fikir alışverişi kişinin kendi sınırlarını aşmasına yardımcı olurken, dışarıdan gelecek önerilere açık olması erken havlu atmasını önler ve azmini daimi kılar [4].

1.1.1.5. Mimarlığı mekanda deneyimleme

Mimarlık yapıtları da deneyime zenginlik katabilir. Binaları dikkatle inceleyip fiziksel olarak deneyimlemek de fikirler ve yöntemlerle tanışmanın iyi bir yoludur. Bir binayı gezerek mekansal anlamda deneyimlemek ve çevresindeki her noktadan gözlemlemek gerekir. Ona dokunmak, onu hissetmek ve nasıl kullanıldığını kendi gözlerimizle görmek gerekir [4].

1.1.1.6. Tasarım perspektifi geliştirme

Tasarım problemiyle uğraşırken edindiğimiz deneyimler ve mimarlık yapıtları üzerine geliştirdiğimiz düşünceler, zamanla bir tasarım probleminin nasıl çozüleceğine ilişkin bir perspektif geliştirmemizi sağlayacaktır. "Tasarım perspektifi" terimi, tasarlama ve tasarımları hayata geçirme şekline yönelik bilinçli bir yaklaşımı ifade eder. Bu yaklaşımın, özgün bir mimarlık dili anlamında eksantrik ve kendine özgü bir tarz içermesi gerekmez. Tasarım perspektifi daha çok bir yapıtın birleştirici ilkesidir ve tasarım problemlerini ele alma biçiminden doğar. Tasarım perspektifi genellikle tasarımcının kişiliğiyle doğrudan ilişkilidir ve mimarlıkla kurulan ilişkiyle sınırlı değildir. Bütünüyle kişisel bir dünya görüşünün ifadesi ve geniş bir sosyal bağlam veya düşünsel arkaplanla bağlantılı olabilir. Bu bakımdan tasarım perspektifi

bireysel olgunlaşma sürecinin bir parçasıdır ve ne zorla benimsetilebilir, ne de yapay olarak üretilebilir [4].

1. 2. Tasarımcı Düşünce

Tasarımda iki tür düşünme biçimi vardır; birincisi hızlı, detaylara inmeyen, bütüncü ve bol seçenekli özellikler gösterirken, ikincisi temkinli, detaycı, parçalara yönelik ve aşamalı gelişen bir düşünme faaliyetlidir. Tasarımcı genellikle bir düşünce biçimine veya diğerine daha yatkın olabilir, ama gerçekte her ikisini birden kullanır, hatta nerede hangisini kullanabileceğini bilmesi, birinden diğerine geçebilmesi tasarımcının en önemli, olmazsa olmaz niteliklerinden biridir [3].

Birinci grup düşünmenin yaratıcı ve sezgisel, diğerinin bilimsel ve ussal niteliği ağır basmaktadır. Çünkü tasarımcı düşünce, salt bilimsel ve salt yaratıcı nitelikli bir düşünce değildir ama her ikisini birden barınmaktadır [3].

Düşünme süreci; fiziksel hareketleri içeren süreçlere göre (motor process) çok daha hızlıdır. Bu nedenle fiziksel hareketleri izleyerek davranışlar ve düşünme süreci üzerinde yorum yapmak yanıltıcı olabilmektedir. Bu tür tekniklerde deneklerin "sesli düşünmeleri" istenmekte, yaptığı her hareketi sözlü olarak anlatmaları istenmektedir. Birçok kez deneklerin kendi davranışlarını sözlü olarak anlatmada yanılgılara düştüğü, zorluk çektiği gözlenmiştir. Birçok protokolde deneklerin sustuğu, davranışlarını sözlü olarak açıklamadığı ya da açıklayamadığı zamanlar olmaktadır [5].

1.2.1. Tasarım düşüncesi ve problem çözme

Ertürk'e (1981) göre; Düşünme, karşılaştığımız bir problemi çözerken gerçekleştirilen her türlü zihinsel işlemi kapsamatadır; imgelem, tahmin, asıl yürütme, düşleme ve anımsama gibi. Problem, temelde bireyin bir hedefe ulaşmada engelleme ile karşılaştığı bir çatışma durumudur, problem çözme bu engeli aşmanın en iyi yolunu bulmaktır. Tasarım problemi bağlamında; iki tür problemden; iyi tanımlanmış ve tanımlanmamış problemden, bağlı olarak da iki tür problem çözme yolundan yani düşünme biçiminden söz etmek mümkündür. İyi tanımlanmış problemlerin sonuçları ve amaçları belli ve ortadadır; çözümler, bunlara ulaşmak için uygun araçların bulunmasını gerektirir. Rittel'e (1984) göre; bu tür problemleri 'iyi huylu' olarak tsanımlamakta, aşırı derecede förmüle edilmiş olduklarını, bilgili bir kişinin daha fazla bir enformasyona gerek duymadan çözebileceğini ifade

etmektedir. Bilimde, örneğin bütün mühendislik alanlarındaki problemler iyi tanımlanmış problemlerdir. Kesin sonuçları ve çözümleri doğrulamak için, belli kriterlere göre değerlendirmeleri mümkündür. Çapraz bilmece, bulmaca ve satranç problemleri de iyi tanımlanmış problemler grubuna girmektedir. Genel olarak bilim iyi tanımlanmış 'iyi huylu' problemlerle ulaşırken tasarım problemi özellikle tasarlamanın başında iyi tanımlanmamış hatta tamamen belirsiz nitelikte olabilmektedir [3].

Rowe'ye (1987) göre; İyi tanımlanmamış problemde çözümü yönlendiren amaçlar ve çözüm için gerekli araçlar problem çözme sürecinin başında belli değildir, bilnemez. Mimarlık ve kentsel tasarım problemlerinin büyük bir bölümü bu gruba girer. Örneğin bir aile ya da bir mahalle sakinleri, kendileri için bir konut tasarlaması ya da mahallerinin açık mekanlarını dözenlemesi için bir tasarımcıya başvurmaları durumunda, problemin genel amacı belli olmakla beraber gerçekte ne istediğinin keşfedilmesi için herşeyden önce kullanıcının tanınması gerekecektir. Burada problem çözme faaliyetinin büyük bir bölümünü problemin tanımlanması ya da yeniden keşfedilmesi çabaları oluşturmaktadır [3].

İyi tanımlanmamış problemlere yönelik farklı çözüm önerileri ortaya konulsa bile bunlar arasından olabilir nitelikte olanları o kadar da fazla değildir. Mümkün çözümlerin üretilebilmesine yardımcı geçerli bir yöntem de yoktur. Daha da önemlisi her çözüm önerisinin anında ve sonuca yönelik değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır [3].

Rittel ve Weber'e (1984) göre; Bir çözüm ortaya çıktıktan sonra değerlendirilmesi tasarlama süreci boyunca sürebilmektedir. Çoğu kez, bir çözümün olumsuz yönleri olduğu veya daha iyilerinin bulunabileceği tasarlama sürecinde uzunca bir yol alındıktan sonra farkedilmektedir. Bu nedenle, iyi tanımlanmamış problemlere önerilen çözümlerin geri dönülemeyecek durumlarda, çoğu kez bir defalık atışlar olabileceği unutulmamalıdır. Tanımlanmış problemlerde olduğu gibi deneme-yanılmaların tekrarı ile en doğru çözüme yaklaşma şansı olmadığından, çözüme yönelik her girişim, atılacak her adım önemli olmaktadır. Bir anlamda tasarımcının yanlış olmaya hakkı yok gibidir [3].

Tasarım problemi başlangıçta iyi tanımlanmadığı için bütün amaçları bir anlamda içeren, optimum bir çözüm bulmak mümkün olamamaktadır. Fakat bir çok kabul edilebilir çözüme ulaşmak da mümkündür. Lawson'a (1980) göre; Bunların herbiri,

müşteri veya kullanıcıyı farklı yönlerden az ya da çok tatmin edici niteliktedirler. Çözümlerin, nasıl, ne kadar iyi ya da kötü olduğuna karar veren, her tasarım problemi için başvurulabilir nitelikte bir değerlendirme metodu da yoktur. Tasarımcının tasarlamada etkili olan karar, yargı ve düşüncesi çözümün değerlendirmesindeki esas kriterlerdir. Çünkü tasarımcı, çözümü değerlendirirken, kendi kararlarını da sınamış olmaktadır. Tasarımdaki hala en geçerli değerlendirme, bekleyip uygulamada nasıl olduğunu görmektir. Tasarlamadaki çözümler hiç bir zaman her bakımdan mükkemel değildirler ve her zaman üretilmelerinden daha kolay eleştirilirler [3].

1.2.2. Tasarım problemi

Tasarım problemi her yönü ile başlangıçta bilinip tanımlanamaz, çözümle birlikte keşfedilip tanımlanacaktır. Tasarım problemini anlamak için gerekli bilgi, kişinin onu çözme girişimine bağlıdır. İyi tanımlanmamış problemlerin yeterli düzeyde tanımlanması için çeşitli çözümler üretilmesi gerekmektedir. Kısaca çözümlerin bulunmasıyla problemin tanımlanması aynı şeyler olmaktadır. Tasarım problemi, 'ne', 'niçin' ve 'nasıl'la ilgili değil, 'ne olabileceği' ve 'nasıl olması gerektiği' ile ilgilidir. Tasarlama ile bilim arasındaki en önemli fark da budur. Bilimin özellikle nitelendirici ve tanımlayıcı olmasına karşın; tasarlama zaman içinde oluşan, yapılagelen ve betimleyici olmaktadır [3].

Rittel ve Weber'e (1984) göre; Her tasarım problemi tektir. İki tasarım problemi arasında sonsuz sayıda benzerlikler bulunabilir. Fakat daima bir tek bile olsa bir farklılık vardır. Dolayısıyla çözümü ararken, benzer problemin yanıtından bütünüyle yararlanmak mümkün değildir. 'Ne olabileceği' ve 'nasıl olması gerektiği' ile igilenen tasarım problemi kişisel yoruma açıktır, çözüm birden fazladır. Bu nedenle de açık uçlu problem olarak görülebilir. Önerilen çözümlerin değerlendirilmesi 'doğru ya da yanlış' olarak değil, 'iyi ya da kötü', 'daha iyi ya da daha kötü' ve 'tatmin edici' ya da 'yeterli' şeklinde ifade edilmektedir [3].

Akın'a (1978) göre; özetlenen sorunlara mimari tasarlama olgusunun doğasından kaynaklı olası sorunları da eklemek gerekecektir. Koşullamaların, kültürlerin birikimlerin, beğenilerin etkilerini anlamak değerlendirmek oldukça tasarlama problemi olarak ele alınan konu basit ve çok küçük ölçektedir. Bu gözlemler aracılığı ile genellemeler yapmak yanıltıcı olacaktır [5].

1.2.3. Tasarım problemi ve süreç

Lawson'a (1980) göre; çok açıktır ki tasarımda problemler ve çözümler birlikte ortaya çıkar ve gelişirler. Bilimdeki gibi biri, diğerinin akıllı takipçisi değildir. Bu nedenle, tasarımdaki problem çözme süreci bir anlamda problemi tanımlama ve bulma süreci olarak bilimdekine kıyasla çok daha az doğrusaldır, ama daha çok tartışmalı, duraksamalı ve yön değişmelidir. Dolayısıyla, problemin tanımlanması ve çözümün bulunması akılcı bir süreç olmaktan çok yaratıcı bir süreçtir [3].

Tasarım sürecindeki yaratıcılık ilk çözümü oluşturmak için problemin tanımlanması, yani çözümleyecek bir tasarım problemi bulunmasıyla başlamaktadır. Çözüm oluştuktan sonra değerlendirilirken problemin bir yönünü çözdüğü, fakat başka problemlere neden olduğu veya ana problemin başka boyutlarını ortaya çıkardığı farkedilecek ve tasarım, bunları çözecek şekilde, çözümün değiştirilip geliştirilmesiyle ilerleyecektir. Böylece tasarlama sürecinde bir çok alt problemler üretilmiş olurken esas tasarım probleminin problem alanı tanımlanmış olacak, iyi tanımlanmış problem haline gelecektir. Bütün bu özellikler açıkça göstermektedir ki, tasarım süreci kolay kolay son bulmamaktadır ve tasarlama-düşüncede-hiç bitmemektedir. Çünkü tasarım probleminin önceden tanımlanmış bir sonucu yoktur, bilmece çözmeye de benzemez. Çözümlemedeki her adım yeni bir problemi ortaya çıkarır ve tasarımcının çözeceği bir sorun, arayacağı daha iyi bir çözüm hep vardır. Tasarımcı, sürecin sonuna geldiğine, gene kendi değerlendirmesiyle karar verir. Artık çözümdeki değişmelerin çok az olduğu durumda, daha fazla devam etmenin bir anlamı kalmadığını görür ve tasarımı bitirir. Sonuçtan tamamen mutlu olmayabilir, ama belki yapılabileceklerin en iyisi yapılmıştır, ya da para, zaman ve bilgi tükenmesiyle karşıkarşıyadır. Ne varki çoğu zaman uygulamadan sonra bile tasarım, 'ne yapılmalı, ne yapılabilirdi' sorularıyla tasarımcının düşüncesinde sürüp gidecektir [3].

1.2.4. Tasarımda problem alanı ve tasarım

Sanatçılar problemleri kendilerinin önemli gördükleri bir açıdan tanımlayıp tasarımlarında bunu anlatmaya çalışırlar ve bu seçimlerinde oldukça özgürdürler. Mimari tasarımın diğer alanlardan çok farklı olan doğası nedeniyle mimar, iyi tanımlanmamış türden olan tasarım probleminin çözümüne girişmeden önce onu bir şekilde tanımlama çabasının içine girer. Çünkü tasarım probleminin sahibi genellikle tasarımcı değil, kullanıcı veya müşteri gibi gereksinme sahibi ama bunun çözümünü

gerçekleştiremeyen kişilerdir. Mimardan beklentileri salt mekanları uygun ölçülerde ve doğru ilişkilerde yerleştirmesi değil, sanatçı ve yorumcu olması, biçim, mekan etkisi ve stille ilgilenmesidir. Buna karşın da tasarımcı da tasarım problemini tanımlamakta özgür olmak ister ama öncelikle müşteriyi tanımak, gereksinmeleri saptamak zorundadır. Bu arada tasarım probleminin kapsamı genişleyip, örneğin bir konut grubunun tasarlanması sözkonusu olduğunda, tasarımcı, işveren veya kullanıcıyla ilgili olarak problemi tanımlamaya kalktığı zaman bazı disiplinlere; sosyoloji, antropoloji, psikoloji ve ergonomı vb. alanlara başvurması kaçınılmazdır [3].

Tasarımcı-kullanıcı ve yasa koyucuya ait bu zorunluklar iki boyutta ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri binanın içi ile ilgili iken diğeri bina ve içinde bulunduğu çevre ile ilişkilerine yöneliktir. Lawson'a (1980) göre; Binanın içi ile ilgili kriterlerin tasarımcı tarafından özgürce seçime bağlı olarak kullanabileceklerinı, buna karşın binanın çevresiyle ilişkilerinde o kadar özgür olunamayacağını öne sürmektedir. Binanın çevresi ile ilgili problemler onun bir bütün olarak biçimlenmesini etkilemektedir. Bir binayı aynı işlevdeki diğerinden ayıran onun çevresi ile ilişkilerine yönelik kriterler, amaçlar, öncellikler ve zorunluluklardır [3].

1.3. Biçim Oluşturan Düşünme

Aksoy'a (1977) göre; Biçimlendirme, insanların duygu, düşünce ve eğilimlerinin karşılıklı olarak iletilmesini ve bu yolla toplumun yaşam deneyi birikiminin kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlayan bir 'anlatım-iletim aracı', bir istek-dilek-gerek karşılığı olarak tanım-tasarım-yapım aşamalarından oluşan bir biçimlendirme süreci sonunda gerçekleşmektedir [3].

İnsan yapısı (mimari) çevreyi oluşturan biçimler, doğa ve toplum bilimleri ile ilişkili kuramlar aracılığı ile açıklanmaktadır. Bu çalışmanın amacı kapsamında ise kendi bağlamında yani tasarlama olgusunun bütünlüğü içinde ve tasarımcının biçimlendirme tasarımcının ve tasarlamanın en önemli yönü olmaktadır [3].

Tasarımcı düşünce, problem çözme, öğrenme, bilme ve algılama süreçleriyle ilişkili olup, salt tasarlama faaliyetine özgü değildir. Tasarlama faaliyetiyle doğrudan ilişkisi olmayan bir çok insan günlük yaşantısında farkında bile olmadan aynı zihinsel etkinliklerde bulunmaktadır. Bunun yanında mimari tasarım sürecinde yer alan, grubun, mimar olmadan diğer üyeleri de bu düşünce yapısına yabancı değillerdir.

Tasarımcıyı, tasarım grubunun diğer üyelerinden ayıran bu etkinlik, biçim oluşturan düşünce yapısı, yani 'biçimlendirme' etkinliğidir [3].

1.3.1. Biçimlendirme yaklaşımları

Aksoy'a (1975) göre; Biçimi oluşturma etkinliğini mimarın kendisini de ortaya koyduğu bir haberleşme süreci olarak görmektedir. Tasarımcı, izleyiciye yönelik davranıp mevcut bir haberleşme repertuarı içinden seçmeler ve çeşitlemeler yapmakta, veya kendini ortaya koymak için yenilikler aramaktadır. Bir çok araltırmacı konuya benzer biçimde yaklaşarak, biçim oluşturmanın; ödünç alma, deneme ve düzeltmeler yoluyla çeşitlemeler yapma ve icat etme boyutları olduğunu öne sürmektedirler. Bilinen yaklaşımıyla da Broadbent (1973-1988), mimarın üç boyutlu formu oluştururken birbirinden farklı dört yol izlediğini ortaya koymakta, bunları Pragmatik, Tipolojik, Analojik ve Kanonik olarak adlandırmaktadır [3].

1. Tipolojik (ikonik) Tasarlama: Geleneksel çevreler iklimsel, kültürel ve toplumsal etkenlere oluşan mimari biçimin kuşaktan kuşağa çok az değişikliklerle aktarılması sonucu oluşmaktadır. Uzun süreler kullanılan ve değişmeyen bu biçimler imaj kaynağidirlar. Yöresel veya geleneksel mimarlık biçimleri bu tür tasarım yaklaşımını örneklemektedir [3]. Fiziksel, kültürel ve toplumsal etkenlerle oluşan fiziksel formun kuşaktan kuşağa çok az değişikliklerle yansıması, zihinde mimarı elemanların değişmeyen imgelerinin oluşması ve bu imgelerin uzun sürelerde kullanılarak çevrenin oluşturulması "İkonik" tasarlamanın temeli olmaktadır [5]. Şekil 1.1'de tipolojik (ikonik) tasarımın Sidney Opera Evi örneği görülmektedir. Opera Evi Sydney'in sembolüdür ve 20. yüzyılın en ünlü yapılarından olarak da biridir.



Şekil 1.1. Sydney Opera Evi, Avustralya [27]

2. Pragmatik Tasarlama: Eldeki malzemenin kullanılmasında deneme-yanılmalar yoluyla en gelişmiş sonuç biçime ulaşan, bu açıdan neden ile sonuç arasındaki bağlantıyı temel alan bir biçimlendirme yoludur. Buzdan yapılan Eskimo igloları,

çamur ve sazdan yapılan Afrika Külubeleri veya kilimle kurulan göçebe çadırları bu tasarım taklaşımının en bilinin örnekleridir [3].

Bu tasarım yaklaşımı, yeni bir gerecin kullanımında karşı karşıya kalınan sorunların çözümüne yardımcı olabileceği gibi eski gereçlerin, geleneksel kullanımlarından daha verimli ve daha etkin kullanımlarına olanak sağlayacak biçimde de kullanılmasına yardımcıdır.

Broadbent'e (1973) göre; pragmatik düzenin; toprak, taş, ağaç gövdesi, yapraklar, kamış, bambu, hayvan derileri hatta kar gibi mevcut gerecin yapı biçimi oluşumunda ve bina başarılı bir şekilde çalışıncaya kadar deneme-yanılma yolu bir araya getirilmesine dayalı olduğunu belirtmektedir [5].

Pragmatik düzen inşa etmeye en elverişli çözüme ulaşmak için, neden ile sonuç arasındaki bağıntıyı esas alan bir biçimlendirme anlayışına dayanır. Bu nedenle biçim, inşa sürecindeki davranışlar aracılığı ile ve bunların birbirini doğru bir düzen içinde izlemesi yoluyla düşünülmektedir. Şekil 1.2'de pragmatik tasarımın insanoğlu tarafından yapılmış bir vernaküler örneği görülmektedir.



Şekil 1.2. Vernaküler mimari [28]

3. Analojik Tasarlama: Benzetme süreçleri aracılığıyla mimari ürünlerin elde edildiği bir tasarlama yaklaşımıdır. Benzetme kaynağı olarak doğada mevcut biçimlenmeler veya başka tasarım ürünlerinin biçimleri kullanılmaktadır. Burada problemin doğada ve diğer tasarım alanlarında nasıl çözüldüğüne bakılır ve mimari biçimle bu çözümler arasında benzetme ilişkisi kurma yoluyla biçim oluşturulmaktadır [3]. Şekil 1.3'te Calatrava'nın Sanat ve Bilim şehri, analojik bir tasarım olarak görülmektedir. Calatrava bu yapıyı göz şeklinden yola çıkarak eskizlemiştir.



Şekil 1.3. Santiago Calatrava'nın Sanat ve Bilim Şehri'nin görünüşü [29]

4. Kanonik Tasarlama: Belirli ızgara ölçü ve oranlar yoluyla mimari biçimlerin tasarlanmasıdır. Antik Yunan ve Roma'da oldukça gelişmiş örnekleri bulunan bu yaklaşımın günümüz örnekleri arasında mödüler ve boyutsal koordinasyon kavramlarının uygulama alanı bulduğu tasarım ürünleri de yer almaktadır [3]. Broadbent'e (1973) göre; "Pragmatik" yaklaşımının en basit, "kanonik" yaklaşımında en gelişmiş tasarlama yolu olduğunu belirtmektedir [5].

Bu tasarlama yani biçimlendime yaklaşımlarına tasarımcı düşüncede kullanılan düşünme aracıları açısından bakılacak olursa; Tipolojik tasarımda mevcut imgelerin aracılığı ile düşünüldüğü ortadadır. Pragmatik tasarımda, kağıt üzerinde veya zihinde canandırarak yapmak yerine inşaa etmeye en elverişli çözümü bulmak sözkonusudur. Bu nedenle biçim,inşaa sürecindeki davranışlar aracılığı ile ve bunların birbirini doğru bir düzen içinde izlemesi yoluyla düşünülmektedir. Analojik ve kanonik tasarımd soyu (sözel) ve somut (imgesel) kavramlar aracılığı ile düşünülmektedir, yani biçimlendirmenin temelinde bir düşünce ve kavram vardır. Burada benzeşim kurulan imgelerden veya geometrik düzenlerden yararlanarak biçim ortaya koyulmakta ve görselleştirilmiş olmaktadır [3]. Şekil 1.4'te Unité d'Habitation, Le Corbusier'in modernist stilde tasarladığı yerleşim birimleridir. Bu tasarım kanonik tasarlamaya örnek olarak verilebilir.



Şekil 1.4. Le Corbusier, Unite d'Habitation, Berlin [30]

1.3.2. Mimarlıkta analojiler

Collins'e (1965) göre; Analoji; bilinen benzerliklerden yararlanıp, bilinmeyen benzerliklerin bulunmasıdır. Bu yolla elde edilen bilgi sadece bir varsayımdır.Akıl yürütmelerimiz arasında analoji, önemli bir yer tutar. Aklın, bazı nesnelerin birbirine benzeyen özelliklerinden yola çıkarak özelden özele doğru izlediği yoldur. Bu durumda, bir nesne ya da olay hakkında ileri sürülen bir yargı, ona benzeyen başka bir nesne ya da olay için de geçerlidir [6].

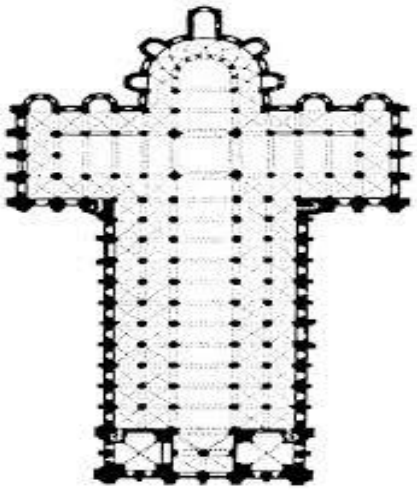
Pek çok mimar, doğada mevcut olan (canlı veya cansız) birtakım nesnelerden esinlenerek veya kendilerinden daha önceki dönemlerdeki akımlardan, mimarlık yaklaşımlarından etkilenerek tasarımlarını yapmaktadırlar. Sonuçta bu tasarımlar, ya kavramsal olarak esin kaynaklarına uyum göstermekte ya da tamamen onlara benzemektedirler. Mimarların, gerçekleştirdikleri bu tür tasarım sürecinde önemli bir aşama olan “Öykünme”ye paralel “Analojiler” önemli bir yer almaktadır [6].

Mimarlıkta analojiler, bu konuda araştırma yapmış uzmanlarca birtakım sınıflara ayrılmıştır. Analoji; bilinmeyen, yabancılık çekilen bir olgunun, bilinen, benzer olgularla açıklanması olarak tanımlanmaktadır [6].

Analoji mantıkta önemli bir araç olup iki nesne arasında önemli benzerlik olması esasına dayanır. Analojide benzerlik esastır, farklılık gerekli değildir. Ancak çesitli benzerliklerin yanısıra, önemli farklılıkların unutulması, en önemli tehlikedir. Tek bir analoji sonuca götürmez. Fakat birbirini takibeden çeşitli analojiler sonuca götürebilir. Benzetme yaratıcılığın en önemli aracıdır. Tasarımcılar kendilerini her ne kadar ayrı uçlar saysalar da, kendi ürünlerini kendilerinden önceki tasarımcıların ürünlerine benzeterek yaparlar. Doğada ve çevrede başka fonskiyonlara sahip ürünlere tasarımları benzetme en çok karşılaşılan durumdur [6].

"Yaratıcı Kapasitenin Geliştirilmesi" adlı kitabında William Gordon dört tip analojiden söz etmektedir. Bunlar, simgesel, doğrudan biçimsel, bireysel ve kültürel analojilerdir [7].

Laseau'ya (1988) göre; Simgesel Analojiye en çarpıcı örnek, Şekil 1.5'te gotik kilise planları ile "haç isareti" arasındaki benzerliktir. El parmaklarının açık durumundan esinlenilen plan kurgusu ve ayak izlerini yansıtan yerleşim planı simgesel analojilere örnek olarak gösterilmektedir [7].



Şekil 1.5. Gotik katedralı, 1194-1260, plan [9]

"Doğrudan Analoji", biçimsel bir gerçeğe veya bir sürece ilişkin işleyiş tarzının örnek alınarak biçimlendirmede çıkış noktası olarak kullanılmasıdır. Bir ev tasarımında, ağacın sağladığı gölge mekanı yaratmak veya buharlaşma ve hava hareketine benzer bir soğutma özelliğini sağlamak, bu tür bir analojiye örnek olabilir. Nervi'nin sergi salonunda (Şekil 1.6) çatı strüktürünün de, bir tepsiyi dengede tutmaya çalışan garsonun el hareketi örnek alınarak tasarlanmış olabileceği söylenmektedir [7].



Şekil 1.6. Nervi'nin sergi salonu [31]

Bireysel analojide, tasarımcı kendini doğrudan problem öğeleriyle özdeşleştirir; sözgelimi bir insanın eğimli bir arazide uzandığı zaman güneşten daha fazla yararlanabileceği ve hakim rüzgarın etkisinden kurtuabileceği gerçeği, bir konut tasarımı için çıkış noktası olarak kullanılabilmektedir. Sesimizi daha uzağa iletmek istediğimizde ellerimizi açıp, ağzımıza doğru birleştiririz [7]. Şekil 1.7'de Ronchamp Şapeli'nin dışavurumcu ifadesinin yanısıra Le Corbusier, din adamının sesini topluluğa doğru yönlendirebilmesi için, benzer biçimsel analojiyi kullanmıştır.



Şekil 1.7. Ronchamp Şapeli, Le Corbusier [7]

1.3.3. Benzeşim modelleri

Geçmişten günümüze yeryüzünde tüm mimarlık ürünleri temsil ettiği düşüncenin ve inancın ifadeleri olarak, tasarımcının benzer yöndeki inanç ve düşüncelerini ortaya koyduğu bir model görevi görmektedirler. Abel'e (1988) göre; Benzeşim modelleri olarak tanımladığı bu, çeşitli bina imajları, günümüzün çoğulculuk anlayışı içinde farklı biçimlerin oluşturulmasında kullanılabilen bir görsel model ve güçlü bir ilham kaynağı olmaktadırlar. Bunlar; ruhani modeller, klasik modeller, askeri modeller, ütopik modeller,organik modeller, mekanik modeller, artistik modeller, anlamsal modeller, ticari modeller, kimlik ifade eden modeller ve mimarsız mimari modellerdir ve daha da çoğaltılmaları mümkündür [3].

1. Ruhani modeller: İnsanın kendisi ile evren arasındaki ilişkiyi sembolize ettiği dini binalar en eski ruhani modellerdir. Mimarın bu modelleri yorumlaması tabii ki çoğu kez kendi dini inançları kapsamında olmaktadır. Gotik Katedralin üçlü nef karakterleri, bunun binanın kesitine yansıyarak gözü yükarı, Allaha doğru yönelten dikey iç mekan kurgusunu oluşturması ve bu mekanı mistik ışıkla değiştiren renkli camlı büyük pencereler, tasarımcının özellikle dini bina tasarımda kaçınılmaz olarak başvurduğu bir modeldir. Katedralerın ortaçağ yerleşmesinde, etrafını saran diğer binalarla birlikte konumu da başka imaj bütünü ve görsel model oluşturmaktadır. Benzer durum camiler için de geçerlidir. Yerleşmiş bir camii imajından dolayı aynı mekansal özelliklere sahip fakat farklı bir dış kabuğu olan camiler yapmak tasarımcı için kolay olmamakta ve toplum tarafından da kolay kabul görmemektedir. Bazı küçük köy camilerinin dış biçimlenmesi alışılmışın dışında sade, basit bir ev olmasına rağmen pencerelerinin ısrarla kemerli olması çok anlamlıdır [3].

2. Klasik modeller: Batılı mimarlar antik Yunan ve Roma medeniyetinin, batı kültürünün doruğu olduğu varsayımı ile bügünün o kadar da mükkemel olmayan dünyasında yeniden öğrenilmesi ve yaşatılması gerektiğine inanırlar. Klasik model, Avrupa Rönesansında da rağbet görmüş, ruhanı modelin tanrı-merkezci kavramının karşıtı olan insan-merkezci kavramı temsil etmiştir. Estetiğin ölçü ve orana bağlı akılcı kurallarla sağlandığı antik çağ modelleri tasarımcı için salt bir görsel model olmaktan öte hazır bir estetik reçete görevi de görürler. Yunan mimarisindeki plastik biçimlenme ve bunun doğa içindeki özgür konumuna karşın Roma mimarisindeki iç. mekan kurgusu günümüz tasarımcılarının da yararlandığı modellerdir. Corbusier'in Garches evinde - plan kurgusu ve proporsiyon sistemi ile - ve Savoie Villasında - doğadaki serbest konumu ile - Palladio'nun klasik Villalarından etkilendiği öne sürülmektedir. Bazı eleştirmenlere göre, Norman Foster, Sainsbury Center de binanın doğadaki konumu ve sonsuz bir portiği anımsatan biçimlenmesi ile klasik modellerden esinlenmiştir. Modern sonrası yaklaşımlarda da klasik zevk ve proporsiyona fazla duyarlı omadan klasik modellerin baştacı edildiği gözlenmektedir [3].

3. Askeri Modeller: Savunma amacıyla kurulan şehirler ve şehirlere bu amaçla yapılan ilaveler - duvarlar, kaleler vs - eskiçağdan beri medeniyet göstergesi olarak kabul edilmiştir. Askeri otoriterin hakim olduğu toplumlarda mimarın tasarımını kaçınılmaz olarak etkileyen bu modellerin hiç bir estetik değerleri olmadığı da söylenemez. Günümüzde kompakt, katı form içinde hapsolmuş, içe dönük avlu ve kütlelerin burçlar, kuleler vb. bitirmelerle kazandığı etkileyici silüet belirleyici kentsel imaj oluşturma yaklaşımlarında oldukça işe yaramaktadır. Louis Kahn'ın, Philadelphia'daki Richard Tıp Merkezi ve Hanning Larsen'in Riyad'daki Dış İşleri Bakanlığı binalarının tasarımlarında askeri modellerin etkili olduğu öne sürülmektedir [3].

4. Ütopik Modeller: Mimarlık ve şehircilikte ütopya, bügün hasta ve çelişkili dünyasındaki sorunları en mükkemel şekilde çözerek geleceğin kusursuz dünyasına hazırlanma düşüncesidir. 'İdeal toplum' yaklaşımı ütopik modelleri klasik modellere yaklaştırsa da, klasik modellerin geçmişe, diğerlerinin geleceğe yönelik oldukları, bağlı olarakta tutucu olmaktan çok ilerici oldukları ortadadır. Ne var ki, çoğu utopik mimarlar, antik çağın küp, koni, küre, silindir, piramit gibi tarafsız ve asal formlarına ilgi duymuşlar ve onları prototip olarak almışlardır. Bu, bilinmeyenin tasavvur edilmesindeki tek geçerli eğilimin geometri, soyut akılcılık olduğunu göstermektedir [3].

5. Organik Modeller: Bütün organik varlıklar, yaşadıkları çevrenin canlı ve cansız özelliklerine uyum yaparak evrimlerini tamamladıkları teorisinden hareketle bina ile doğal çevresi arasındaki köklü bir ilişkinin olması gerektiği öne sürülmektedir. Benzer biçimde, fonsiyona uyumun üstünde durularak, insan vucudunda olduğu gibi, bütün parçaların tek tek, üstlendikleri işlevi en iyi bir şekilde başarmak üzere biçimlendikleri ve bütünü oluşturmak üzere biraraya geldikleri örnek verilmekte ve binanın bütün parçalarının organik bir bütünde birleşmesi önerilmektedir. Mimari biçimin belli bir yer ve yaşam biçiminin karakterlerine uyumunu örnekleyen organik modellerden esinlenmek eğiliminde olan mimarlar daha çok geleneksel kültürlerin özgün mimarilerine rağbet etmektedirler [3].

6. Mekanik Modeller: Mimarların mekanik modelleri, yine fonsiyon ile form arasındaki ilişkiyi vurgulamak üzere kullandıkları gözlenmektedir. Ne var ki bu ilişki organik modellerde olduğundan oldukça farklı yorumlanmıştır. Modern mimarinin ustalarından Le corbusier'in konutu bile uçak, gemi veya araba gibi bir 'yaşam makinesi' olarak tanımlaması bilim ve teknoloji ürünlerinin mimari yaratı için bir model olarak alınmasında ifade bulmuştur. Her insanın aynı gereksinmeleri vardır varsayımı ile mimari biçim bir teknoloji ve endüsti ürünü gibi standardize edilmiş, böylelikle biçimin ortaya konulması daha da kolaylaşmıştır. Modernizmde mekanik modeller, binanın makine gibi görünmesinden çok makine gibi işlemesi demek olan islevsel biçimi anlatmakta iken, modern sonrası High-Tech mimaride mekanik modeller tam bir makine görüntüsü kazanmıştır [3].

7. Artistik Modeller: Mimarinin bir yönüyle de sanat ağırlıklı olması ve Michelangelo, Le Corbusier gibi bazı önemli mimarların mimarlıklarının yanısıra ressam ve heykeltraş da olduklarının bilinmesi, mimarın biçimlendirme çalışmalarına resim ve heykel türünde görsel bir kompozisyon oluşturma eğilimi olarak yansımıştır. Corbusier, Candigarh devlet komplekslerinin tasarımıyla birlikte kendisinden mimari heykeltraş olarak söz etmiştir. Modernist hareket, avant-garde soyut resim ve heykelden De-Stijl de etkilenmiştir. Mimari biçimi salt sanat ürünü olarak gören bir yaklaşımla yüzeylerin ve çizgilerin soyut kompozisyonu, mobilya ve bina tasarımında görsel model işlevi görmüştür [3].

8. Anlamsal Modeller: Post-modernizm, modernizmin eleştirisiyle başlayarak modernizmdeki soyut dili herkesin anlamadığını öne sürer ve 'mimari, kulanıcısıyla daha fazla iletişim kurmalıdır' der, bunun için tasarımcının, herkesin anşayacağı dili kullanmasını önerir. Kilisenin, kulesi ve mihrabından tanınmasında olduğu gibi bütün

binaların metafor olması gerektiğini öne sürer. Bir anlamda, binanın dış görünüşü ile ilgili bir 'ifadecilik' olan bu yaklaşımın temelini modernist mimari içinde de bulmak mümkündür. Kennedy Hava Terminali ve Sydney Opera Binası buna en açık örnekleridir [3].

9. Ticari Modeller: Post-Modernistler, kent merkezlerinin ve kent dışındaki alanlarının, günün otomobil merkezli hızlı hayatına göre, mimarların çok da bilinçli bir katkısı olmadan nasıl biçimlendikleri üzerinde dururlar. Onlara göre bügünün Amerikan Şehri, ortaçağ İtalyan şehirleri ve romantik Avrupa şehirlerinden çok farklıdır. Amerikalının hayatı şehir dışı bahçeli tek ev ile şehir merkezi arasından otoyolda geçmekte, yemeğini ve alış-verişini bu güzergahtaki merkezlerde yapmaktadır. Dolayısıyla bu binalar otoyoldan süratli geçen bir göze kendini ifade etmenin en iyi yolunu bulmuşlardır. Bu açıdan bakıldığında, işaretler, ışıklı tabelalar, yazılar, reklam panoları, hatta bazen binanın, sattığı tüketim maddesine benzer biçimlenişinin (sosis şeklinde sandiç büfesi, ördek şeklinde ördek eti satılan lokanta vb.) yadırganmaması gerektiği öne sürülür [3].

10. Kimlik İfade Eden Modeller: Modernist hareketle yayılan bilim ve akılıcılığın belirleyici olduğu uluslararası kültürün ortaya koyduğu biçimlere karşı tepki, özgün yöresel kültür çeşitliliğinin yok olduğu görüşünü öne sürer. Organik modellerde olduğu gibi yöresel kültürlerin geleneksel ve özgün mimari biçimleri tasarımcıların biçim kaynağını oluşturur. Yöresel ve geleneksel mimarinin geniş çapta incelenmesi sonucunda bu eğilimlerin iki grup oluşturduğu gözlenir. Birincisi, eski binaları yıkmak ve yenisini yapmak yerine restore ederek korumak gibi çok olumlu bir yaklaşım, diğeri yeniye eski görüntüsü vermek gibi aldatıcı bir yaklaşımdır [3].

11. Mimarsız Mimarlık Modelleri: Yöresel mimarlık örnekleri, kulanıcının istekleri doğrultusunda zamala değişebilme ve gelişebilme özellşklerinin ifadesi olan biçimleriyle tasarımcıların kullandığı görsel modellerden biridir. Bunlar, mimar olmayan tasarımcının, kullanıcı ve ustanın gereksinmeler uyarınca eldeki olanakları kullanarak geliştidikleri denenmiş, bilinen çözümlerdir. Zaman içinde ailenin olanakları çerçevesinde gelişip, değişerek çoğu kez bitmemiş görüntüsü verirler. Alışılmış bir estetik değer taşımadıkları için de tasarımcıların fazla rağbet etmedikleri modellerdir. Az gelirli konut tipinin çözümleri arasında önemli yeri olan bu yaklaşım, mimarların bilimsel çalışmalarında oldukça fazla uğraştıkları bir alandır. Ülkemizde de bu türün bir örneği olan gecekondu konutlar önemli bir araştırma alandırırlar [3].

1.3.4. Tasarım problemini çözme metotları

Tasarım problemini çözmek için çeşitli yazarlar tarafından ortaya konmuş çeşitli metotlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

1. Tasvir Edici (Descriptive) Metot: Mevcut çevreyi ve olayların tasvirlerini arka arkaya sıralayarak anlatmaya bu ad verilmektedir. Birçok tarihçi bu metotla çalışır. Geçmişteki bir ürünü anlatma bu kapsam içine girer. Örneğin, geleneksel Türk kahvesinin pişirilişini fiziksel ortamın özelliklerini, eylemlerin yapılış tarzlarını ayrıntılandırarak anlatmak ve bu yolla tasarıma ulaşmaya çalışmak, tasvir edici metot kapsamında ele alınabilir [27].

2. Akli (Apriory) Metot: Deneye başvurmaksızın, ilkelerden hareket eden metoda akli metot denmektedir. Yanlız mantık yürüterek bir sonuca varmaya çalışan yaklaşımlar bu kapsam içinde ele alınır. Örneğin, eğer insanlar uyarılmak istiyorlarsa ve bunu bir içecekle sağlamaları gerekiyorsa, piyasada öevcut içecek de kahve ise, o zaman kahvenin pişirilmesi önem kazanmaktadır. Bunun için kahve pişirme aracı tasarlanması gerekir. Kahve pişirilecek ortamda geleneksel pişirme metotlarının kullanılmasına olanak yoktur. Bu nedenle, bu ortamlar için uygun olan tehlikesiz ve temiz araçların tasarlanmasına gerek vardır, v.b. gibi devam eden akıl yürütme işlemleri yapılabilir [27].

3. Deyimsel (Metafor) Metot: Bir şeyi benzeri, fakat kendisinden tamamen ayrı, bir şeyle ifade etmektir. Ancak bu ikinçi benzetim, benzediği şeye çok iyi bir şekilde uyması gereklidir. En çok dilde mecaz yapılır. Analojiyle benzerliği vardır, hatta analojinin özelliklerini kapsar, fakat çok daha sağlam uygulanma nedenleri vardır. Tasarım tamamen metaforlarla çalışır. Yapılan eskizler, çizimler, semboller tamamen başka bir şeyi anlatmak için kullandığımız metaforlardır. Biz ikisi arasında analoji yaparak sonuca varırırz. Tasarımda kullanılan bütün çizgi ve model niteliği taşıyan herşey ve dil metaforlardır [27].

4. Diyalektik Metot: Bir diyalogda olduğu gibi, düşünce karşıtlarını ve farklarını içinde taşıyan ve bir senteze yönelmiş olan akıl yürütme bu kavramla açıklanır. Herşeyi düşünürken, karşıtlıklarını da düşünerek, ilk düşüncelerin farklı yönlerini bulma ve bu farklılıkları yaratıcılığa yardım edecek şekilde kullanma olarak kabul edilmektedir. Örneğin, bir yiyeceğin elektikli pişmesiyle elektriksiz pişmesi olgularını bir arada hatırlama, bir tür diyalektik düşünmedir. Bir tasarımı yaparken belirli bir teknolojinin uygulanması ya da o teknolojiyi hiç kullanmadan tasarım yapılması, bir kaplama

malzemesini parlatarak ya da mat olarak kullanma diyalektik metoda örnekler olarak verilebilir. Tasarım alternatifleri oluşturulurken diyalektik metottan yararlanma çeşitliliği artırması açısından yaratıcılığı destekleyen bir yaklaşımdır [27].

5. Sentetik Metot: Sonurguları ortaya koyan metot olarak bilinmektedir. Bilinen ilkelerden bunlara bağlı hale getirilen bir takım sonuçlara gidilmesidir. Örneğin, bir binada bazı eylemler için belirli mekan gruplar elde edilebiliyorsa, bu mekan gruplarını başka mekan gruplarıyla bağlayarak, yeni bina tasarımlarının elde edilmesi gibi yaklaşımlar bu gruba girer. Aslında Alexander'in örüntü dili yaklaşımını bir açıdan sentetik metot yaklaşımı olarak algılamak olanağı vardır [27].

6. Tümevarım (Endüksiyon) Metodu: Tüme varım birleştirici bir kalıbın bulunmasıyla ilgilidir. Belirli olaylar verildiğinde, bunların genel prensiplerle birleştiğini kabul ederiz ve amacımız bunları bağlayan kuralları bulmak, eğer mümkünse bu ilişkileri diğer kanunlarla açıklamaya çalışmaktır. Tasarlamada da endüksiyon tek tek olaylar üzerinde gözlemler yapıp parçaları birleştirerek bir senteze götürmek olarak kabul edilebilmektedir. Örneğin bir kahve makinasının taze su haznesini ayrı, kahve konulan yerini ayrı, pişen kahvenin toplandığı hazneyi ayrı ayrı tasarlayıp birleştirmek tümevarımcı bir yaklaşım olur. Mimarlıkta tümevarım yeni başlayanlara tasarım öğretilirken en çok başvurulan yaklaşımlardan biridir [27].

7. Tümdengelim (Dedüksiyon) Metodu: Kavramlardan kavramlara, kanunlardan kanunlara geçilerek ilerleyen metoda tümdengelim metodu denir. Tümdengelim yaklaşımının temelinde yer alan kavram ve kanunların endüksiyondan çıktığı, bir çok durumda bilindiği halde, tasarlamada da kullanım alanı vardır. Tasarlamada genel kurallar mantıkla düşünülerek ele alındıktan sonra, kısmi çözümlere gidilmesi olarak tanımlayabiliriz. Bir ürünün nasıl görüneceği ve tasarlanacağı konusunda genel kuralları belirledikten, hatta ön tarasımını yaptıktan sonra, parçalarının tasarlanmasına çalışmak olarak kabul edilebilir. Bir çaydanlığa genel hatlarıyla, malzemesiyle, teknolojisiyle karar verdikten sonra ibriğini, kapağını, kulpunu ele almak örnek olarak gösterilebilir [27].

8. Analitik Metot: Sonuçlardan ve karmaşık verilerden ilkelere giden metoda analitik metot adı verilir. Tasarımı problemlerine ayrıştırmak, ayrı alanlarda bilgi toplanmak, bilgileri sınıflayıp düzenlemek bu kapsam içinde yer alır [27].

9. Şans Metodu: Tesadüflere dayanarak sonuca gidilmesiyle ilgilidir. Bilimsel buluşlarda artık şansın yeri kabul edilmektedir. K. Popper'in belirttiği gibi, tamamen

insanın kendi hipotezleri üzerinde yürümesi tehlikelidir, çıkmaza götürebilir. Bir hipotezle bir deney ortaya konduktan sonra, hipotez unutulup sonuçlara bakılması gereklidir. Aksi halde, yeni buluşa yaklaşma ya da yeni bir şeyi bulma şansı ortadan kalkar. Bazı tasarımlarda şansa yer verilmesi, tasarımda yaratıcılığı kolaylaştırabilir. Bu tür çalışma yapanlar bulunabilir, tesadüfen gördüklerini birleştirerek sonunda yapacağı senteze yardımcı bilgi toplayanlar çoktur [27].

10. Algoritmik Metot: Özel bir grup problemi çözümlemek için kullanılan matematiksel bir araçtır. Matematikte her çeşit sistematik hesap metoduna algoritma denir. Markow (1954) algoritmayı çeşitli ilk bilgilerden istenen sonuca yönelen hesap süreci olarak tanımlamaktadır. Bir bölme işlemi, bir çarpma işlemi, herhangi yazılı bir formülün hesaplanması algoritmik metot olarak alınır [27].

11. Heuristik Metot: Deneme yanılma yoluyla bir sonuca gidilmeye çalışılır. Problem çözmenin bütün ozelliklerini içerir. Tasarlamada tasarımcıların en fazla başvurdukları yaklaşım deneme yanılma metodudur. Tasarlayıcı bir eskiz yapar. Yaptığı eskizin amaçlanan duruma uymadığını görünce yeniden bir eskiz daha oluşturur [27].

12. Oransal (Ratio) Metot : Oranla, algoritmanın kesin durumundan uzaklaşılır ve matematiksel olmasına rağmen, algoritma değildir, sayısal bağlantılarla ulaşılır. Matematiksel olarak oranlar çeşitli şekillerde ifade edilebilir, mimari tasarlamada çeşitli şekillerde ve düzeylerde uygulanabilir. Altın oran ya da geometrik olarak kabul edilmiş birçok formüller ve oranlar tasarıma uygulanabilir [27].

13. Mantık Metodu: Pragmatik metot ya da mantık metodu, malzemeleri deneme yanılma metoduyla kullanarak biçimsel form elde etme yaklaşımı için Broadbent'in (1973) yaptığı bir tanımdır. Bir kişinin bir çakmak taşını alıp, onu ilk defa bir araç, bir balta olarak, bir dalı mızrak olarak kullandığı tahmin edilmektedir. Bir defa kullanıldıktan sonra, artık uygun taşlar ve araçların araştırılmaya başladığı görülür. Bir çomakla toprağı kazma işlemi, giderek deneme-yanılmayla başka aletlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Bir hayvan kemiğinin iğne gibi kullanılması, her halde milyonlarca yıl almıştır. Bir defa bir şey bulunduğu zaman binlerce yıl kullanılmakta ve deneme yanılma metoduyla geliştirilmektedir. Bir şeyi çakmamız gerektiğinde, eğer çekiç ya da benzeri başka bir araç yoksa, bulduğumuz araçlarla çakma işini yapmaya çalışırız. Bu da bir mantık metodudur. Yapılacak işe uygun araç araştırılmaktadır [27].

14. Benzetme (Analoji) Metodu: Analoji mantıkta önemli bir araç olup, iki nesne arasında önemli benzerlik olması esasına dayanır. Analojide benzerlik esastır, farklılık gerekli değildir. Ancak, çeşitli benzerliklerin yanısıra önemli farklılıkların unutulması en önemli tehlikedir. Tek bir analoji sonuca götürmez. Fakat, biribirini takibeden çeşitli analojiler sonuca götürebilir. Benzetme yaratıcılığın en önemli aracıdır. Yaratıcı benzetmeler, daima endüstri ürünlerinin dışındaki bir takım nesnelerle olan benzetmelerdir, örneğin, kuşa benzetilerek uçak yapılması gibi. Ancak, tasarımcılar kendilerini her ne kadar ayrı uçlar saysalar da, kendilerinden önceki tasarımcıların ürünlerine kendi ürünlerini benzeterek yaparlar. Doğada ve çevrede başka fonksiyonlara sahip ürünlere tasarımları benzetme en çok tesadüf edilen durumdur [27].

15. Biçimsel (İkonik) Metot: Denenmiş ve kabul edilmiş biçimlerden hareket eden bir yaklaşım şeklidir. Deneme yanılmayla geliştirilmiş yerleşmiş tasarımların kullanılmasına biçimsel tasarım denmektedir. Belirli koşullar atında nasıl davranacağı gelenekselleşmiş, bilinen bir tasarımın tekrarlanması risksizdir. Birçok taklitçi firma satışından emin olduğu için, bu tür ürün tasarımlarını tercih ederler. Bu da doğal olarak, diğer firmalar açısından, rekabet ortamında hoş olmayan durumların ortaya çıkması demektir. Bir PC yi başka PC lerin renginde ve biçiminde tasarlamak, bütün bilgisayar firmaları açısından güvenli sayılmaktadır. O nedenle, televizyon ya da diğer araçlar gibi bilgisayarda renk arayışı çok seyrek olmaktadır. Mimarlar ve tasarımcılar birer sanatçı olarak daima orijinallik aramaya yönelmişlerdir. Bu tasarımcı üzerinde kültürel bir baskıdır [27].

16. Normatif (Kanonik) Metot: Normlarla ilgilenerek değer yargılarına varan metot yaklaşımıdır. Birçok halde, "kanonik" sözcüğüyle eş anlamlı kullanılır. Tamamen standartlardan, belirlenmiş ölçülerden, kurallardan hareket ederek tasarıma ulaşmaya normatif ya da kanonik tasarım denmektedir. Bir ürünün standartlara uyacak şekilde tasarlanması, kalite kontrolundan geçeceğinin gözönüne alınması, maliyetinin kontrol edilmesi, göstereceği performansın hesaplanması bu kapsam içinde ele alınmaktadır [27].

1.4. Biçimin Düşünülmesi

Smith'e (1974), Coyne'ye ve diğerlerine (1990) göre; Tipolojik, pragmatik, analojik ve kanonik yaklaşımlarının yanısıra tasarımcının biçimlendirme etkinliğini daha çok düşünce ve süreç bazına dayandıran bir diğer grup yaklaşım, biçimin

düşünülmesindeki - dolayısıyle çözüme gitmedeki - strateji farklılıklarına dayanan, Rutin-durgun (parametric), yenilikçi (innovative) ve yaratıcı (creative) tasarım olarak adlandırılmaktadır. Bu tasarım stratejileri aynı zamanda tasarlama (biçimlendirme) etkinliği kapsamındaki grafik düşünmeyi açıklamakta ve ilk biçimin oluşması ve görselleştirilmesi (ortaya konması) süreçlerini örneklemektedirler [3].

Mimarlıkta düşünme yapısının gelişimi, estetik kuramı ve teknoloji gelişimine bağlı olarak sürmüştür. Mimarinin üç boyutlu bir sanat yapıtı olma özelliği en önemli tasarım belirleyici olmuştur. Teknolojik gelişmelerin olmadığı dönemlerde ise denenen, beğenilen yapıtları yeniden deneme ve yaşatma yollarının seçildiği gözlenmektedir. Özkan'a (1987) göre; Evrimsel gelişmelerin yanında bilim, sanat ve felsefede ortaya çıkan atılımlar sonucunda Rönesans, Akıl Çağı, Elektronilk Çağ örnekleriyle büyük gelişmeler gözlenmiştir. Tarihsel akış içinde mimarın üç boyutlu yapısıyla aşırı ölçüde ilgilendiği, çağdaş sorunlara karşı ilgisiz ya da yetersiz kaldığı, bireyci tutumlarla moda görüşlere önem verdiği dönemler olmuştur [5].

1.4.1. Rutin tasarım (Parametric design)

Tasarımcı, tasarım problemini mevcut biçimlerle çözmeye çalıştığı süreçlerde karar verme minimum olduğu için, zamandan kazanmış ve yeni bir ürünün gerektirdiği her türlü harcamadan da kurtulmuş olmaktadır. Bu nedenle Smith (1974) tarafından 'durgun' olarak tanımlanan bir süreç çoğunlukla salt ticari kazancın ön planda tutulduğu mimarlık bürolarının başvurduğu bir yöntem olmaktadır. Burada tasarımcı, imar yönetmelikleri uyarınca bir şehiriçi parseline uygulanmış bir çözümü gerekirse ölçülerini değiştirip başka bir parsele uyarlayarak daha kısa zamanda çözüm üretmiş olabilmekte veya tip detay çözümlerini her bina için uygulamaktan kaçınmamaktadır [3].

Genellikle probemin çok iyi tanımlandığı, kullanıcı gereksinmeşerinin çok belirgin olduğu ve tasarımcıya kendisinden ne istendiğinin çok kesin bir şekilde anlatıldığı durumlar 'Rutin Tasarım'ı kaçınılmaz kılmaktadır. Çünkü problemin tanımlanmasıyla yanıtı olabilecek çözümün 'tipi' de tanımlanmış olmaktadır. Dolayısıyla tasarımcıya düşen görev, bu tipi mevcut duruma göre her yönüyle oluşturup detaylandırmak ve yeniden ortaya koymaktır, çok büyük değişiklikler sözkonusu değildir [3].

Turithan'a (1987) göre; Tasarımcı, görsel modellerle 'rutin' tasarlama yaparken, bu modelleri oluşturan parçalara-öğelere ve parçalararası ilişkilere - düzenlere bağlı olarak ve çoğu kez ölçüler ve oranlara kadar aynen aktararak kullanmaktadır.

Böylelikle görselleştirme çok kolay olmakta ve biçim detaylarda bile kesinleşmiş-somutlaşmış olarak hemen ortaya çıkmaktadır [3].

1.4.2. Yenilikçi tasarım (İnnovative design)

Mevcut bir görsel modelin aktarılması ile başlayan bir tasarlama faaliyetinde giderek bu formun değişmesi ve yeni bir biçime ulaşılması mümkündür. Bu nedenle mevcut imgeleri kullanan 'tipolojik' yaklaşımın yeni ve farklı biçinlerin elde edilmesini anlamak zor olmayacaktır. Bir tipin yeniden üretilmesi, değiştirilmesi, uyarlanması, yaratıcı imgelemin faaliyeti- yoluyla yeni biçimlere varılmaktadır. Yeni biçimlere varmak amacıyla tasarımcının denediği yollar iki grupta toplanmaktadır [3].

1.4.3. Yaratıcı tasarım (Creative design)

Yaratıcı tasarımda yeni öğeler ve yeni ilişkilerle tamamen yeni bir prototip yaratılmaktadır. Bu, bir prototipin detaylandırılması veya adaptasyonu amacıyla değiştirilmesinden çok daha zordur, çünkü daha çok yaratıcı olmayı gerekirmektedir. Zaten ortaya çıkan biçim yeni, ve diğer yaklaşımlara kıyasla en soyuttur. Bunun en önemli nedeni düşünülmesi ve görselleştirilmesini kolaylaştıracak hiç bir aracı görsel model olmamasıdır. Hatırlamalara dayanmayan henüz yaşanmamış yeni bir durumu ifade etmek, yeni düzenlerin yaratılmasını gerekirmektedir. Burada yanal (lateral) düşünmenin koşullandırılmış bilinci serbest bıraktığı, keşfetmenin ve buluş yapmanın ana hedel haline geldiği ve yaratıcı düşüncenin çeşitli yollardan yeni biçimleri oluşturduğu görülmektedir [3].

Yeni biçimler, yeni düzenler demektir. Biçim, bu düzenler sayesinde görselleşmekte, ortaya koyulması mümkün olmaktadır. Yeni düzenlere varmanın bir çok yolu vardır, bunlar 'heuristic' düşünme yollarıdır [3].

1.5. Biçimin Oluşturulması

Tasarım yöntembilimcileri, mimari tasarıma veri olabilecek bilgileri; arazi, maliyet,teknoloji, fonksiyon, sosyo-kültürel özellikler ve estetik değerler bazında gruplandırmaktadırlar. Gerçektenden bunlar her tasarım ürününün çözümlemek zorunda olduğu problemlerdir. Tasarımcı oluşturduğu biçim yoluyla bu problemleri çözümlemekte, bir anlamda yorumlamaktadır, ama çok açıktır ki, salt bu veriler ışığında biçimin 'nasıl' oluştuğunu anlamak mümkün değildir. Çünkü tasarımcı tasarlama yaparken sözkonusu veri (bilgi) tabanını değil, biçimle ilgili malzemeyi-biçimlendirme ile ilgili araçlar, düşünce ve deneyimini kullanmaktadır [3].

1.5.1. Düşünce ve kavram geliştirmek

Mimari tasarımda concept, ürünün tasarımındaki çıkış veya hareket noktası, ana fikir ya da tasarımı yönlendiren düşüncedir. Biçim bu yolla zihinde canlandırılmaktadır. Mimari tasarım çalışmalarında, biçimi oluşturacak bir hareket noktasının yaratılması ve bunun biçimle ortaya konulması 'concept geliştirme' olarak adlandırılmakta ve öğrenciye kazandırılması gereken çok önemli bir nitelik olarak görülmektedir. Çünkü concept, tasarımcıya özgü bir başlangıç noktası ve oluşturacağı biçimlerin soyut niteliğinden dolayı da tasarımdaki imgelem gücünün ve yaratıcılığın ilk adımdır. Biçimin temelini oluşturacak bir hareket noktasının saptanmasında iki ana yaklaşım gözlenmektedir [3].

Concept, tasarımcının çözmek zorunda olduğu problemler arasından seçilebileceği gibi, bunların dışında yaratılacak bir başka problem-ki bu çoğu kez tasarımcının tasarıma yönelik kendi görüş ve düşüncesi olabilmekte ya da biçimlendşrme yoluyla bir etki oluşturma ve bir mesaj vermektedir [3].

Tasarımcı, biçimi oluşturacak 'concept'i bazen çözümlenmesi zorunlu problemler dışında aramaktadır. Burada biçimle ifade edilmek istenen, ürüne yönelik bir görüş, kazandırılmak istenen bir anlam gibi tasarımcıya ait yorum ve mesajlardır [3].

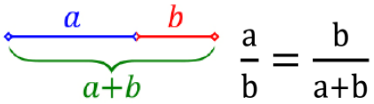
2. ALTIN ORAN, ÖKLİT GEOMETRİ VE KARMAŞIKLIK

Bu bölümde altın oran teorisi, öklit geometri teorisi ve karmaşıklık teorisi hakkında bilgiler aktarılacaktır.

2.1. Altın Oran Teorisi

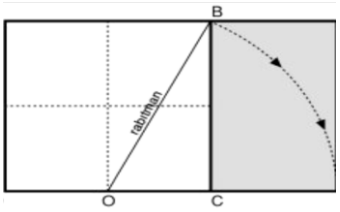
Altın orana ilişkin matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. yüzyılda Eukleides'in Stoikheia (Öğeler) adlı yapıtında ''eşıt ve ortalama oran'' adıyla kayda geçirilmiştir. Eukleides bu yapıtında altın dikdörtgen ve dolayısıyla altın oranı anlatmaktadır. Bazı veriler bu bilginin M.Ö. 3. binyıla dayandığını göstermektedir. Grek dünyasında da Phythagoras ve Phythagorasçılar tarafından ortaya atılan ''herşey sayıdır'' düşüncesinden ve belirli sayısal ilişkilerin evrenin armonik yapısını sergilediği inancından doğduğu ileri sürülür. Yunanlılar, insan vücudu oranlarında Altın Oranın önemli bir rolü olduğunu kabul etmişlerdi. Hem insanoğlunun, hem de onun inşa ettiği tapınakların yüce bir evrensel düzene ait olması gerektiği inancından dolayı, bu aynı oranlar tapınak yapılarına da yansıtılmıştır. Altın Oran, Rönesans mimarlarının çalışmalarında da işlenmiştir. Le Corbusier Modülör sistemini Altın Oran'a dayandırmıştır ve bu sistemin mimarlıkta kullanımı bugün de devam etmektedir [2].

Geometrik olarak Altın Oran (Şekil 2.1.) bölünen bir çizginin küçük parçasının büyüğe oranı, büyük parçanın bütüne oranı kadardır [2].



Şekil 2.1. Altın oran hesaplama yöntemi [2]

Yaklaşık olarak 1,618 değeri oldukça sağlıklı bir değerdir (Şekil 2.2.). Altın oran, doğada bitkilerin tanımlanmasından, çeşitli yumuşakçaların kabuklarına, erkek arıların üremesiyle ilgili soy tablosundan akciğerdeki ''bronş ağacı'' dallanmalarına kadar geniş bir alanda boy gösterir [2].



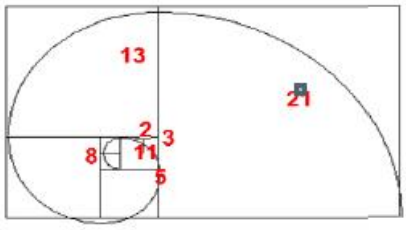
Şekil 2.2. Altın kesimin geometrik çizimi [32]

Altın oranın mimarlıkta olduğu kadar canlı organizmaların yapısındaki varlığını gösteren bir takım cebirsel ve geometrik özellikleri vardır. Altın orana dayandırılan her türlü seri, aynı anda eklemeli ve geometriktir. Sayısal seride: 1, Ø1, Ø2, Ø3 … Øn . Her terim kendisinden önceki iki terimin toplamıdır. Altın orana yaklaşan bir başka seri de Fibonacci Serisi'dir. Altın oranın doğadaki varlığını örnekleyen en ünlü canlı, nautilus kabuklusudur (Şekil 2.3). Bu canlının kabuk yapısı logaritmik sarmal biçimindedir. Bu sarmalda merkezden başlayan her ışın vektörünün eğriyi herhangi bir noktada kestiği açı sabit olduğundan, Descartes tarafından eşit açılı sarmal adı verilmiştir. Bu eğrinin matematiksel güzelliğinden çok etkilenmiş olan J. Bernoulli Logaritmik sarmal adını bulmuştur. Değişik kültürlerin değişik dönemde ortaya koyduğu birçok mimari eserin yapısındaki çoğu unsurun altın orana sadık kalınarak tasarlandığı görülür. Kasıtlı ve kasıtsız olarak, yaygın bir biçimde yapılan bu tercih, insanoğlunun sanatsal yaratıcılığını ortaya koyarken doğaya ne şekilde öykündüğünü sergilemektedir. Altın oranın sunduğu en önemli hizmet, doğanın geometrisinin incelenmesinde önemli bir boşluğu dolduruyor oluşudur [2].


Şekil 2.3. Nautilus kabuğu [32]

Fibonacci Dizisi daha önceki iki sayının toplamı olan sayıların dizideki iki önceki sayı toplamı olan sayının olduğu oldukça bilinen bir matematik örneğidir. 1202 yılında, döneminin en tanınmış matematikçilerinden biri olan Leonardo Pisano Fibonacci tarafından yazılan Liber Abaci (Abak Kitabı) adlı yapıtta, yazar şu soruyu sorar: "Eğer her tarafı duvarlarla çevrili bir yere bir çift tavşan bırakılır da, her ay her bir

tavşan çiftinin, ikinci aydan itibaren doğurgan hale gelen yeni bir tavşan çifti doğuracağını kabul edersek, bu yerde bir yıl içinde kaç tavşan çifti üretebiliriz ? ''Fibonacci tarafından tanımlanan bu dizi, her bir terim kendisinden önce gelen ilk iki terimin toplamı olarak belirlenen ; 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6757, 10946, 17711, 28657, 46368,... dizidir. Bu dizinin ilginç bir yanı, 5. terimden sonraki ardışık terimlerinin oranlarının Altın Orana çok yakın olmaları, 12. terim olan 144'ten sonraki bütün ardışık terimlerin oranlarının ise sürekli olarak 1,61803 olarak çıkmasıdır. Bir anlamda Fibonacci dizisi ile altın oran özdeşleşmiştir. (Şekil 2.4.) [2].

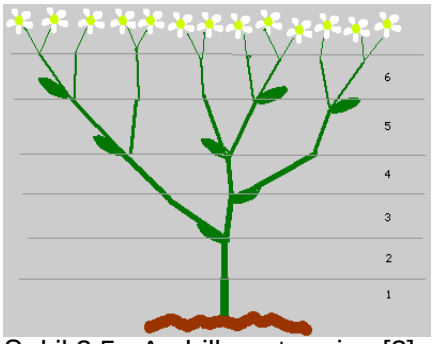




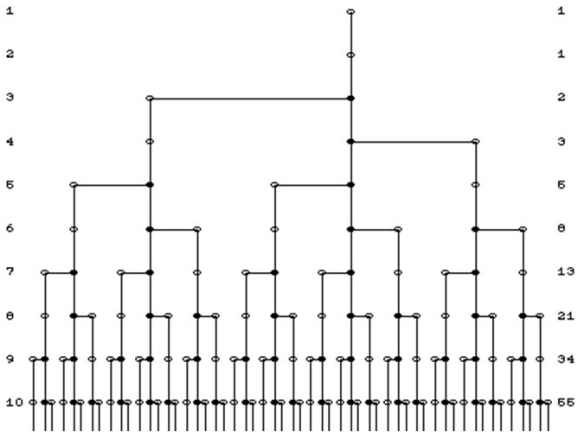
Şekil 2.4. Altın dikdörtgen [2]

Fibonacci dizisinin, doğanın geometrisini incelemedeki en büyük katkısı, bitkilerin geometrisiyle ilgilidir. Botanikte Fibonacci dizisine büyüyen bir bitkinin üzerindeki koltuk ve sap sayısında rastlanır. Basit bir örneği, Archillea Ptarmica (Şekil 2.5) ele alırsak, her bir yatay düzlem üzerinde ortaya çıkan sapları ve koltukları saydığımızda, ikisinin de Fibonacci sayılarına göre arttığı anlaşılacaktır. Bir başka örnek olarak ayçiçeği verilebilir. Küme halindeki tohumlar, biri sağa, diğeri sola dönen ve birbirini kesen iki grup logaritmik sarmaş şeklinde dizilmişlerdir. Bunlar sayıldığında, sağa dönük sarmalların sayısı ile sola dönük sayısı, iki ardışık Fibonacci sayısını verecektir. Doğada çok sık karşılaşılan bu diziye göre, bir kesirler dizisini, her terimin payını, bir önceki terimin paydası olarak, paydasını ise bir önceki terimin pay ve paydasının toplamı olarak belirlersek sonuç 1/2, 2/3, 3/5, 8/13, 13/21, 34/55, 55/89...çıkacaktır.

Bu yolla elde edilen dizinin terimleri, Fibonacci dizisinin ardışık terimlerinin bölümü şeklindedir (Şekil 2.6). Bu dizinin terimleri olan oranlar, çam kozalaklarında (5/8, 8/13), ananas meyvasında (8/13), papatya floretlerinde (21/34), ay çiçeklerinde (21/34, 34/55, 55/89) sağ ve sol spirallerin sayıları olarak görülmektedir (Şekil 2.7) [2].



Şekil 2.5 : Archillea ptarmica [2]



Şekil 2.6 Fibonacci dizisi [2]


Şekil 2.7. Ayçiçeği [2]

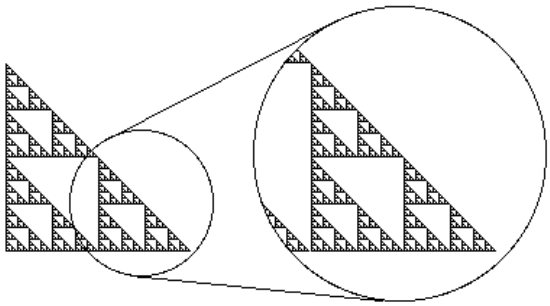
2.2. Öklit Geometri Teorisi

Baki'ye (2001) göre; örüntülerin yalnızca cebirsel ifadelerle değil geometrik şekiller ve yapılar kullanılarak da oluşturulabileceği bilinmektedir. Özel birer örüntü olarak kabul edilen fraktaller de farklı geometrik şekillerin oluşturduğu yapılardır. Fraktal geometrinin sağladığı imkânların öğrencilerin çevrelerini anlamalarında Öklit geometrisinin sağladığından daha çok olduğu ve fraktal geometrinin Öklit geometrisinden farklı olarak uzayıp giden bir dağ sırasının engebelerini, çeşit çeşit dallanan ağaçların dallanmalarını, bulutların ya da kar tanelerinin kıvrımlarını incelediği bilinmektedir [8].

Doğada bulunan şekilleri tanımlamak için zaman zaman öklit geometrisinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Öklit geometrisinde şekiller düzgün ve mükemmeldir. Doğadaki cisimler ise bunların kusurlu birer karşılığı ya da bunların birleşimi olarak ele alınmıştır. Hatta bilim insanları yakın zamana kadar doğada bulunan özellikleri bir kusur olarak ele alıp incelemekten kaçınmışlardır. Oysa ki doğadaki nesnelerin öklit geometrisine uymamasının bunlarda görülen bir karmaşıklık mı yoksa öklit geometrisinin getirdiği bir algımı olduğu tartışma konusudur [9].

2.2.1. Ölçek simetrisi

Bir şeklin bir parçası ölçeklendiğinde şeklin kendisinin elde edilmesi durumundaki simetri tipidir. Şekil 2.8'de Sierpinski üçgeni örneği görülmektedir [9].



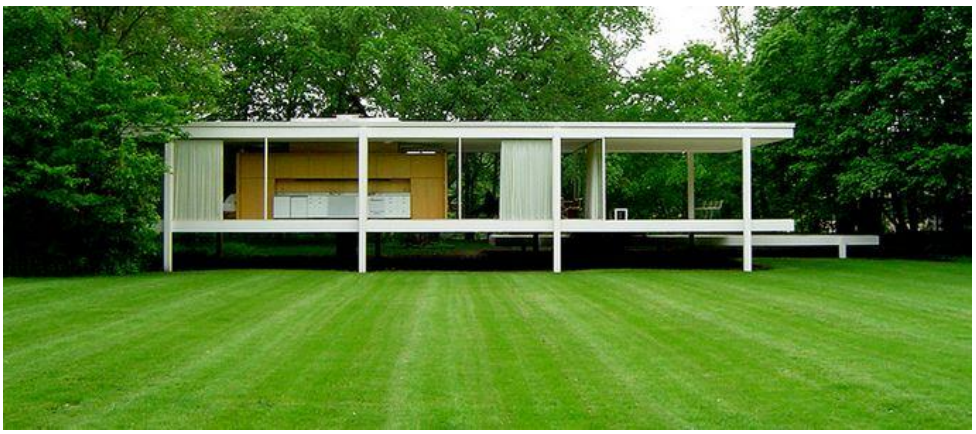
Şekil 2.8. Sierpinski üçgeni [9]

Mandelbrot'un (1983) da belirttiği gibi Euclid geometrisi, dağın, sahil şeridinin, bulutun ya da bir ağacın şeklini belirlemekte yetersiz kalmaktadır. Bulutları küreyle, dağları koniyle, sahil şeridini daire ile tanımlayamayacağımız gibi şimşeği de düz bir çizgi ile ifade edemeyiz. Bu düşüncelerine ek olarak Mandelbrot doğadaki birçok dokunun Euclid ile karşılaştırıldığında daha düzensiz ve parçalı yapıya sahip olduğunu ayrıca doğadaki dokuların farklı özellikte ve sonsuz sayıda karşımıza çıktığını ifade etmiştir [10].

2.2.2. Mimarlık ve öklit geometrisi

İlk çağlardan beri insanların ürettiği nesnelerin biçimsel özellikleri Euclid geometrisinin basit formlarını temel almaktadır. Birçok nesne; çizgi, düzlem, küp, küre, prizma gibi saf formlardan ya da bu formların bir araya gelmesinden oluşmaktadır. İnsanlar tarafından oluşturulan mimari formlar da uzun yıllar Euclid geometrisi etkisi altında kalmıstır. Bu etki yirminci yüzyılın basında ortaya çıkan modern mimari ile iyice artmıstır. Mimaride basit formların benimsenmesi, gereksiz olduğu düsünülen detaylardan ve süsten kaçınma, formun fonksiyonu izlediği düsüncesi bu etkinin artmasına neden olan önemli faktörlerdir. Mies Van der Rohe

tarafından tasarlanan Fransworth evi (Şekil 2.9) bu alandaki en çok bilinen örneklerden biridir. Ev, döşeme ve üst örtüyü oluşturan iki düzlem ve bu iki düzlemin yanındaki prizmatik taşıyıcı kolonlar ve terası oluşturan bir başka düzlemden meydana gelmektedir [11].



Şekil 2.9. Fransworth Evi, Mies van der Rohe [33]

Sanayi devrimi ile onun getirdiği makine estetiğinin toplum yaşamı ve kültürü üzerindeki etkisi, modern mimarideki Euclid Geometrisi etkisinin artmasının bir diğer nedenidir. Sanayi devrimi ile ortaya çıkan endüstrileşme ve seri üretim kavramı ile tuğla, panel elemanı, kiriş gibi yapı elemanları imalatı daha kolay ve uygun olan Euclidean biçimlerde üretilmiştir. Mimaride, kullanılan alt elemanların formunun, onların bir araya gelmesiyle oluşan sonuç ürünün formunu etkilemesi şaşırtıcı değildir [11]

2.3. Karmaşıklık Teorisi

“Karmaşıklık” genelde basit olmayan bir şeyi tanımlamak için kullanılan bir terim olmasına rağmen bir çok belirli disiplinlere ait tanımı vardır. Karmaşıklık teorisinde anahtar fikir kopyalanmış, kombine edilmiş yada değişmiş bazı kuralları izleyen küçük basit parçalardadır. Bir kaç tekrarlamadan sonra sonuç gelecekteki durumu kolaylıkla tahmin edilemeyen farklı bir sistemdir. Mimaride bu fikir uzaysal formda ve materyallikte sonuç bulan doğadaki öz-düzenleyici sistemler içeren öteki süreçlerden benzer çıkarım için imkan sağlar [2].

Karmaşıklıktaki önemli kavramlardan biri, kendi anlamı içerisinde uygulanan ve tanımlanan fonksiyonlardaki, işlevleri tanımlama metodu olan yinelemedir. Dolayısıyla prosedür içerisinde adımlardan biri bütün prosedürü tekrar uygulamaktır, başka bir deyişle işlev uygulamanın çıkışı bir sonraki uygulamanın girişi olur [2].

Mimarlıktaki karmaşıklık bilimi ve fraktal geometrideki ilgi Mandelbrot'un makalesi ''Les Objects fractals: forme, hasard et dimension'' (1975), ve içgüdüsel mecazi tanım ile oldukça matematiksel parçayı birleştirdiği bir sonraki kitabı The Fractal Geometry of Nature (1977), İngilizceye çevrilmesine dayanır. 1980Lerde mimar Peter Eisenman Frankfurttaki J.W. Goethe Universitesi için kendi biocenterında mecazi ve ikonik yollarda fraktal geometrinin fikrini benimsemiştir. Bina açıkça fraktal estetik veya geçici değeri yokken tasarım sürecinde somut teklif fikrine referanslık yapar [2].

Sadece Karmaşıklık teorisini değil ayrıca direkt üretim sistemlerindeki fraktal geometri ve karmaşıklığın altında yatan ilkelere başlayan son yılların mimarlarıdır. Bu sistemler mimari tasarlamada hızlı tekrarlama olasılıklarına ve dijital hesaplamalara daha bağlanmış ve daha yakın döneme ait hemen hemen inşa edilebilir sistemlerdir. Fakat Projelerdeki karmaşıklık, dijital bağlanmadan özellikle doğmaz. Bazı durumlarda anlamlı doku yaratmakta baştan aşağı sistemik yöntemdeki derin inançtır [2].

3. FRAKTALLER

Bu bölümde fraktallerin ne olduğu ve nasıl doğduğu, tarihteki gelişimi, kendine benzerlik, fraktal geometri ve kaos, fraktal geometrinin kullanım alanları, fraktal ve öklit geometrinin farklılıkları ve üretken algoritmalar, fraktal yapıların özellikleri, fraktal kurgular, geometrik boyut türleri ve fraktal boyut ve fraktallerin türleri hakkında bilgiler aktarılacaktır.

3.1. Fraktaller Nedir? Nasıl Doğmuştur?

Fraktal kavramının temel aldığı fikirler çok daha önceleri G.Cantor, G.Peano, D.Hilbert, H.Koch, W.Serpinski gibi matematikçiler tarafından ortaya atılsa da, bu fikirlerin ilk defa bir araya getirilmesi 1975 yılında Polonya asıllı bir matematikçi olan Beneoit B.Mandelbrot tarafından olmuştur. Mandelbrot'un kesirli geometri olarak tanımladığı evren, pürüzlü, girintili çıkıntılı, bükük bir evrendir. Fraktal geometride bir cismi oluşturan parçalar ya da bileşenler cismin tamamına benzemektedir. Kısaca, düzensiz ayrıntılar, desenler daha da küçülen ölçeklerde kendini tekrarlamaktadır. Fraktal teriminin kökenine baktığımızda ise Latince "fractus" sözcüğünden geldiğini görmekteyiz ve anlam olarak da parçalara ayrılmış veya kırılmış demektir. Fraktal geometrisi, öklit geometrisinde mevcut olan belirli karakteristik büyüklüklerden (örneğin dairenin yarıçapı) daha fazla karakteristiğe sahiptir ve ölçek ya da büyüklüklerden bağımsızdır. Tüm bu bilgiler ısıgında dogadaki oluşumlara bakarak birçok fraktal örnegi verebiliriz. Kar taneleri, ağaçlar, geniş alanlara yayılı nehirler, sinir ağları gibi sistemler fraktal bir yapı sergilerler. Daha da detaya girersek, bu konu hakkında daha geniş bir fikre sahip olabiliriz. Bir ağaca baktığımızda ağacın bir gövdeye, onun üzerinde birkaç ana dala, bu ana dalların üzerinde de ince dallara sahip oldugunu görürüz. Karmaşık bir yapı halinde görülen ağacın bir dalını kopardıgımızda elimizde minyatür bir ağacın oldugunu fark ederiz. Benzer özellikler akcigerlerimizdeki bronş ve bronşcuklarımızda da mevcuttur (Şekil 3.1). Daha da derinlestigimizde mikroevren dediğimiz atom altı dünyanın, makroevren ile aynı olduğunu anlarız [12].



Şekil 3.1. Akcigerlerin hava yolları (bronslar) [12]

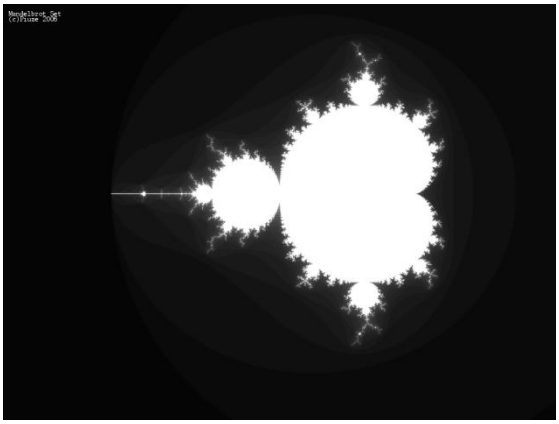
Fraktal kavramı, biçimsiz olarak algılanan (ağaç,bulut gibi) ve Öklit Geometrisinde açıkça tasvir edilemeyen doğanın oldukça parçalarına ayrılmış şekillerin geometrisini tarif etmek için Benoit Mandelbrot tarafından türetilmiştir. Fraktal geometrinin ikinci yönü ise doğadaki dokulardaki uzunluk birimleri tarafından sergilenen belirgin ölçülerin neredeyse sonsuz sayıların tanımlanmasıdır. Üçüncü olarak fraktaller düzenlilik ve düzensizlik istatiksel şansını içerirler. Son olarak parçalanmaların sayısal çeşitliliğini, karmaşıklığın etkili ölçümünü, Hausdorff-Besicovitch boyutlarını bağlar. (Fraktalin matematiksel tanımı Hausdorff-Besicovitch boyutunun tamamlamasıyla topoljik boyutu aştığı bir settir). Ortaya çıkış John Horton Gonway'ın ilk şartları kurarak ve nasıl geliştiğini görmek için geriden izleyerek oynanan ama insan oyuncuları olmayan bir oyun olan “Hayat Oyunu” (1970) gibi hücresel özdevinirin davranışlarında belirgindir. Ortaya çıkışın ana fikri içine konulan şeyden daha fazla yeni şey vermesidir [2].

Benoit Mandelbort, 1976'da, doğanın bir çok önemli uzaysal dokularının ya düzensiz ya da Öklit'in onların şekillerini tanımlamakta neredeyse yardımı olmayan aşırı derecede parçalarına ayrılmış olduklarını yazmıştır Mandelbort, matematiksel bir fikrin beraber örneklerini toplamak ve bulut ve kıyı şeridi gibi doğa olaylarının tanımına uygulamak için fraktal ve fraktal seti diye söz türetmiştir. Bu terim düzensiz ya da parçalarına ayrılmış anlamına gelen Latince “fractus” kelimesinden gelmiştir. Bu yeni geometrideki merkezi kavram parçalardan ya da Hausdorff-Besicovitch boyutundandır. Bu da; mikroskop zumladıkça ve ölçekleri berraklaştırdıkça belirli fraktallerin nasıl tamamen uzayı doldurmaya başladığının izini gösterir. Fraktal geometride başka bir anahtar kavram ise özbenzeşlik, aynı şekiller ve birbiri sıra daha küçük ölçeklerde bulunan dokulardır. Fraktal yapı üretmede kullanılan iki ana yaklaşım vardır; bir birim yapıdan tekrar tekrar büyütmek ya da Sierpinski üçgeni

gibi bölünmüş başlangıç şekillerinin birbiri sıra küçük birimlerde parçaları oluşturmaktır [2].

Fraktal geometri ise, basitçe fraktalleri inceleyen geometri olarak tanımlanabilir. Fraktaller parçaları da bütünün özelliğini gösteren ve bu özelliği sonsuza kadar tekrar eden nesneler olarak tanımlanır. Fraktal geometri doğadaki kendine benzerlik ve pürüzlülük kavramlarıyla ilgilenir [2].

Fraktaller çok kompleks ve sınırsız detaya sahip olan şekillerdir. Fraktalin bir kesitine zoom yaptığınızda bile, bütün fraktaldaki kadar detay görebilirsiniz. Bunlar tekrarlamalı olarak tanımlanır ve küçük Kesitler bütünün aynısıdır. Fraktalleri bir fonksiyon olarak düşünürsek; x, f(x), f(f(x)), … Buradan anlaşılacağı gibi bu işlem sonsuza kadar yinelenebilir, açık uçludur. Sürekli bir ana şeklin yinelenmesi söz konusudur, bu olay kendine benzerlik (self similarity) olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 3.2) [2].



Şekil 3.2. Mandelbrot seti [34]

Mandelbrot 1967 yılında yayınladığı "Britanya'nın Sahil Şeridinin Uzunluğu Ne Kadardır?" başlıklı makalesinde öklit geometrisinin doğadaki şekilleri ifade etmekteki başarısını sorgulamış ve kıyı şeritlerinin uzunluğunun tamamen kullanılan ölçeğin büyüklüğüne bağlı olmasına rağmen her düzeyde ölçekten bağımsız bir kendine benzerlik olduğunu göstermiştir [9].

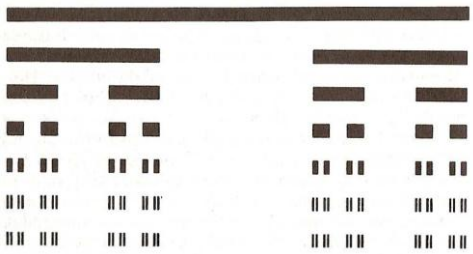
Fraktallerin en önemli özellikleri; tekrarlar sonucu oluşmaları, kendine benzerlik özelliği, ölçekten bağımsız olmaları ve kesir boyut adı verilen bir parametre ile tanımlanabilen, düzensiz şekiller olmalarıdır. Fraktaller, bir şeklin, motifin ya da matematiksel bir Denklemn yinelenmesiyle oluşturulmaktadırlar (Şekil 3.3). Oluşumları başlangıç biçimine bağımlıdır [11].



Şekil 3.3. Tekrarlar sonucu oluşma [11]

Batty ve diğerlerine (1994) göre; Fraktaller, en küçük parçaları ile bütünü birbirine benzeyen geometrik nesnelerdir. “Fraktaller, formları hiçbir yerde düzgün olmayan, bu nedenle düzensiz olarak tanımlanan ve düzensizlikleri birçok ölçekte kendini geometrik olarak tekrarlayan tüm nesnelerdir.” [11].

Pickover'e (1995) göre; Fraktal bir nesneye daha yakından bakıldığında bir başka deyişle ölçek küçüldüğünde genellikle sahip oldukları düzensizlik derecesi aynı kalır. Bu nedenle ölçekten bağımsızdırlar. Fraktaller, büyütüldükçe detay zenginliği artan girintili çıkıntılı nesnelerdir. Dolayısıyla sonsuz detaya sahiptirler. Her ne kadar ilk olarak 1975 yılında ortaya atılsa da yirminci yüzyılın başlarında birçok matematikçinin çalışmalarında fraktal özellik gösteren şekiller ve formlar yer almaktadır. Sahip oldukları düzensizlik ve karmaşıklık nedeniyle canavarlar olarak adlandırılan bu biçimler, Mandelbrot’un fraktal kavramını oluştururken yararlandığı ve etkilendiği kaynaklar olmuslardır. Matematikteki küme teorisinin temelini oluşturan ve George Cantor tarafından geliştirilen Cantor kümesi, birçok fraktal kurgunun temelini oluşturan ve klasik fraktaller olarak adlandırılan bu kaynaklardan biridir (Şekil 3.4) [11].



Şekil 3.4. Cantor kümesi [11]

Fraktaller, ilk olarak yeryüzü şekillerinin formlarının tanımlanmasına yönelik bir çalışma ile gündeme gelmiştir. Bu çalışma ile birlikte, doğadaki formların tanımlanması için fraktal geometri adı verilen yeni bir matematiksel dil ortaya çıkmıştır. Barnsley’e (1988) göre; Her şeyin farklı görünmesini sağlayacak bu dil; bulutlar, ormanlar, galaksiler, yapraklar, kus tüyleri, çiçekler, kayalar, dağlar, su

akıntıları, halılar ve tuğlalar gibi pek çok şey ile ilgili çocukluk görüşlerini değiştirecek, her şeyin farklı yorumlanmasına neden olacaktır [11].

Şimşek düz bir yol izlemez. Doğadaki birçok form ve örüntüler düzensiz ve parçalanmıstır." Ona göre doğadaki nesneler bir şeklin tekrarından oluşan karmaşık formlara sahiptirler. Doğadaki bu karmaşık formlar, Euclid geometrisinin yalın formlarını bozan şekilsiz nesneler olarak görülmüştür. Mandelbrot, fraktal adını verdiği şekillerden yola çıkarak doğaya ait yeni bir geometri oluşturmuştur. Bu yeni geometri yardımıyla, Euclid geometrisi aracılığıyla tanımlanamayacak pek çok şey tanımlanabilmektedir [11].

Fraktal kurgulara sadece doğada değil, fizik, matematik, mimari, ekonomi, tıp gibi çeşitli bilim dallarında yapılan araştırmalarda da rastlanmaktadır. Fraktallerin birçok alanda kullanılabilmesi onların birtakım çevrimli algoritmalar yardımıyla bilgisayar ortamında üretilebilir olmalarından kaynaklanmaktadır. Bilgisayarların araştırmalarda önemli roller üstlenmesiyle birlikte fraktaller de bu alanlarda yapılan çeşitli çalışmalarda hücresel otomasyon gibi çeşitli modellerle birlikte kullanılabilmektedir. Mimarlıkta form üretimi, şehircilikte kent benzetimleri, biyolojide bitkilerin büyüme modelleri üzerine yapılan bazı çalışmalar, fraktal geometriden yararlanılan bu tür bilgisayar destekli modellere ait örneklerden birkaçıdır [11].

Fraktal kavramı kaos teorimi ile ortaya çıkmıştır. Kaos karmaşıklık sistemlerin zaman içindeki davranışları ile ilişkili karmaşıklık kavramı içindeki belirli bir davranış biçimidir. Başka bir deyişle kaos kuramı karmaşıklık kuramının bir alt kümesidir. Gürsakal'a (1994) göre, kaosu şu şekilde açıklamaktadır: "Kaos denildiğinde, ilk bakışta akla rastlantısallık (randomness), anarşi, özgürlük gibi sözcükler gelebilir. Oysa bilimsel anlamda kaos kuramının bunlarla bir ilgisi yoktur. Kaos kuramı daha çok "düzensizliğin içindeki düzen" in (order of disorder) araştırması ile ilgilenmektedir." [10].

Gürsakal'ın (1994) tabiri ile kaos ve fraktaller matematiksel olarak akrabadırlar. Kaos düzensizliğin dinamikleri ile ilgilenirken fraktal düzensizliğin geometrisi ile ilgilenmektedir [10].

3.2. Fraktal Kavramının Tarihteki Gelişimi

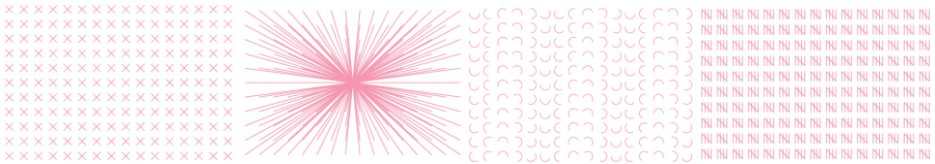
Gleick'e (2003) göre; 1980'lerin başında kaos teoremi, fraktal geometri, fraktal mimari kavramı iyice benimsenmiştir. Buna rağmen, kaos konusunda çalışan uzmanlar çoğaldıkça üniversitelerin bazı bölümleri bu çalışmaları onaylamadıklarını

dile getirmişler, bazıları da bir takım ağır şartlar koymuşlardır. Yine bu dönemde bir takım dergiler, kaos hakkında makaleler sunulmasına karşı olarak yazılı olamayan kurallar getirmişler, bazıları ise bunların aksine sadece kaos araştırmalarını yayınlamışlardır. 1980'li yılların ortalarına gelindiğinde akademik düzeydeki yayım süreci sayesinde, kaos uzmanları üniversite yönetiminde önemli pozisyonlara gelmişlerdir. Ayrıca, bu yıllarda "nonlinear dinamik" ve "kompleks sistemler" üzerinde uzmanlaşmayı sağlamak için merkezler ve enstitüler kurulmuştur [10].

Ostwald'e (2001) göre; 1989-1999 yılları arasında ise fraktal mimarlık için gerileme dönemi denebilir. 1980'lerin sonunda çeşitli mimari eleştirmenler, meslektaşlarını; fraktal geometriye, doğrusal olmayan dinamiklere ve kaos teorisine olan ilgilerinden dolayı eleştirmeye başladıkları görülür. Betsky 1990'da "Fraktal geometri, mimariyi çarpıtan bir virüs veya parazit, euclid geometrisi için ise mimarlık için bir antikordur" derken, Hariri ve Hariri de 1993'te kaos teorisi ve fraktal geometriyi "kitch"e benzeterek fraktal geometriyi olumsuz yönde eleştirmişlerdir. Doksanların ortalarında ise, Alberto Pérez Gomez "fraktal geometri ve kaos teorisi"ni çalışmalarına konu ederek, fraktal geometri ve kaos biliminin, kendisinin istekli yanını ortaya çıkardığına inandığını ifade etmiştir [10].

Bütün programlama dilleri bir şekli tekrar ve tekrar çizmek gibi bir hareketi tekrarlayabilir. Bir tekrar sırası ötekisi ile girili olduğunda, etkisi çoğalır. Örneğin; eğer beş hat çizme hareketi, on kere tekrarladığında 50 hat çizilir. Bu basit teknik bir çok çeşit model keşfetmekte kullanılabilir [19].

Şekil 3.5'te görsellerden her biri, bu görseller arasındaki farkları üreten 1kod sırasını değiştirerek 16 element x ve 17si y ekseni birleşerek 176 koordinasyon oluşturmak için aynı ızgara noktalarından oluşmuştur [19].



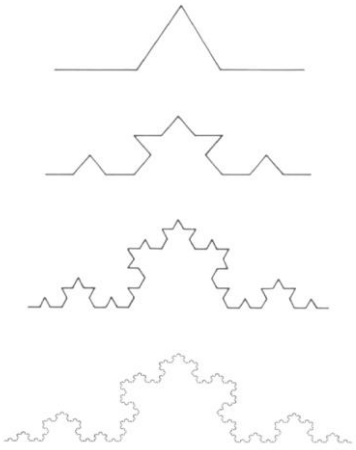
Şekil 3.5. Katıştırılmış yineleme [35]

3.2.1. Koch curve (Koch eğrisi)

Koch Eğrisini 1904 yılında İsveçli matematikçi Helge von Koch üretmiştir. Düz bir çizginin üç parçaya bölünmesi ve orta parçanın uzaklaştırılarak tabanı alınmış bir

eşkenar üçgene dönüştürülmesi ile meydana gelmektedir. Her düz çizgi için aynı işlem tekrarlanarak Koch eğrisi için sonsuz çevrimler elde edilebilir [10].

Koch eğrisi ile; düzgün olmayan sürekli eğrilerden ve teğet çizgilerden bağımsız olan eğrilerin nasıl oluşturulabileceğine dair bir gösterim tasarlanmıştır. Teğet kavramı diferansiyel ve doğru hesaplar için gereklidir. Bu bağlamda Koch eğrisi matematiksel bir çılgınlık, adeta kuralları yıkan bir şey olarak sunulmuştur. Koch eğrisi düz bir çizgiyle başlama üzerine temellenmiştir. Bu çizgi sonrasında 3 parçaya ayrılır, ortadaki kısım kaldırılır. Ortaki kısım yerine tabansız bir eşkenar üçgen yerleştirilir. Bu işlemde, her 4. düz çizgi ilk çizginin aynısını oluşturur. Bu proses, düzgün kısımlar içeren eğriyi bulana kadar devam eder. Şekil 3.6. Koch eğrisinin nasıl oluşturulduğunu gösterir [2].

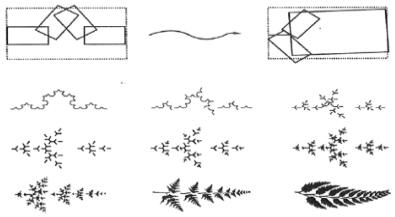


Şekil 3.6. Koch eğrisinin geliştirilme aşamaları [2]

Peitgen ve diğerlerine (1992) göre; Başlangıç, 3 kısma ayrılmış düz bir çizgidir. Bu eğrinin oluşumu 4 adım uzunluğundadır. Eğer her adımda ilk adım bütün bu düz kısımlarda değiştirilirse, Koch eğrisinin uzunluğu her aşamada artmaya devam eder. Tekrarlamaların sonsuz sayıya ulaşması sonsuz uzunlukta bir doğru üretir. Ardışık aşamalar biraz benzerlik gösterebilir fakat bunlar karakteristik değildir. Ardışık aşamalar arttıkça eğrinin içinde kalan düz çizgiler daha da küçülür. Gerçek Koch eğrisi, eğri artık düz çizgi kısımları içermeyecek kadar tekrarlanan eğrinin sonsuz kere uygulanan aşama sınırlarında var olur. Bu sonsuz sayıda üretilen aşamaların limit noktasında Koch eğrisinin her hangi bir kısmı kati bir şekilde bütün Koch eğrisinin birebiridir. Bu konstrüksiyonun orta düzeydeki aşamaları sonsuz sayıdaki aşamadan sonra yaratılmış eğrinin ancak bir geliştirici yakınsamasıdır. Matematikte fraktaller, ancak ve sadece sonsuz sayıdaki üretim adımının limit noktasında var

olabilir fakat bu konstrüksiyon – tekrar - boyunca da onlara yaklaşık olarak benzeyebilecek fraktaller mevcuttur [2].

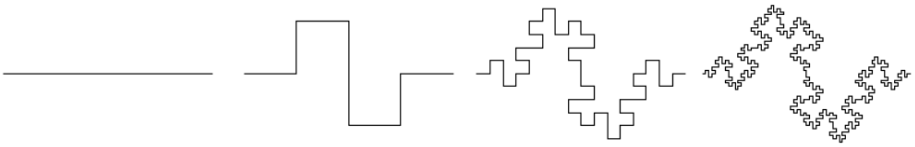
Koch eğrisi, doğadaki örneklerden yola çıkılarak geliştirilen yapay fraktallere en iyi örneklerden biridir [2]. Şekil 3.7'de ilk grup içinde bulunan vektörel yollarla oluşturulan Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevriminin adımlarını gösterir.



Şekil 3.7. Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevrimi [2]

3.2.2. Minkowski eğrisi

Minkowski eğrisi düz bir çizgiyi dört eşit parçaya bölerek başlar ve ortadaki iki parça yerine tabanı olmayan zıt yönlü kareler yerleştirilerek üretilir. Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. İlk aşamada bu çizgi uzunluğu başlangıç biçiminin 1/ 4 ü olan birbirine eşit sekiz parçadan oluşan bir üretici ile yer değiştirir. Yer değiştirme kuralının her bir çizgi için tekrarlanmasıyla eğri oluşur (Şekil 3.8) [11].



Şekil 3.8. Minkowski Eğrisi [11]

3.2.3. Sierpinski üçgeni

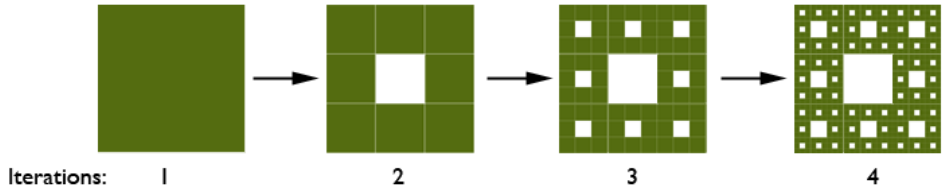
Sierpinski üçgenini Waclaw Sierpinski 1919 yılında üretmiştir. Eşkenar bir üçgenin ortasına başka bir eşkenar üçgen yerleştirilmesi ile oluşturulur. Yerleştirilen üçgenin köşe noktaları ilk üçgenin kenarlarının orta noktalarına gelecek şekilde konumlandırılır. Koch eğrisi gibi bu işlem devam ettirilerek sonsuz sayıda çevrimler elde edilebilir [10]. Sierpinski üçgeni kendine benzer matematiksel kümelerin en bilinen örneklerinden biridir. Başlangıç biçimi bir eskenar üçgendir (Şekil 3.9) [11].



Şekil 3.9. Sierpinski üçgeni [36]

3.2.4. Sierpinski halısı

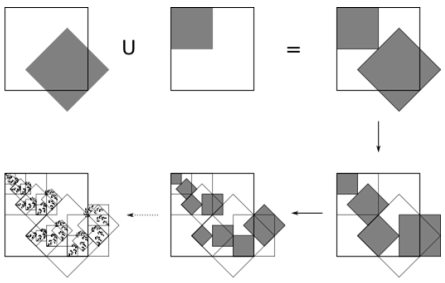
Sierpinski üçgenindekine benzer bir kural algoritmasıyla oluşturulur. Başlangıç biçimi olan kare, bu kare içine yerleştirilen dokuz eşit kareden ortadakinin çıkarılmasıyla oluşan üretici ile yer değiştirir. Kural algoritması sonsuz çevrime kadar devam ettirilebilir (Şekil 3.10) [11].



Şekil 3.10. Sierpinski halısı [37]

3.2.5. Yinelenen fonksiyon ile oluşturulan fraktaller

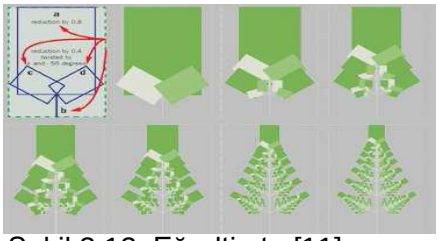
Şekil 3.11'de yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS), belirlenen bir Başlangıç biçimine yansıma, ölçeklenme, yer değiştirme veya döndürme gibi geometrik dönüşüm kurallarının uygulanması ile fraktal nesneler oluşturulması yöntemidir. Fraktal geometri bir dil olarak kabul edilirse IFS, elemanları basit dönüşüm kuralları ve basit algoritmalar olan bir fraktal geometri diyalektidir. Başlangıç biçimi herhangi bir eğrisel form ya da herhangi bir çokgen olabilir. Oluşan fraktal form bu yapıların iç içe geçmesinden meydana gelmektedir. Matematiksel fraktallerle doğal fraktaller arasında yer alırlar. Doğadakine benzer yüksek dereceli kendine benzerlik özelliği göstermektedirler [11].



Şekil 3.11. Yinelenen Fonksiyon Sistemi (İFS) [38]

3.2.6. Eğrelti otu

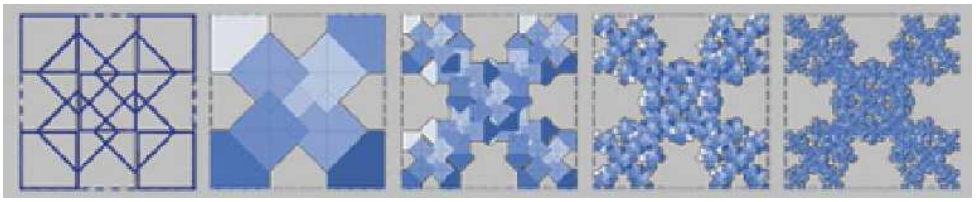
En çok bilinen IFS fraktal örneğidir. İlk olarak Barnsley tarafından ortaya atılmıştır. Dört aşamadan oluşan bir kural ile üretilir. İlk aşamada başlangıç biçimi olarak bir dikdörtgen seçilir. İkinci aşamada bu dikdörtgenin alt kenarının orta noktasından bir çizgi çizilir. Bu çizgi eğrelti otunun sapını temsil eder. Üçüncü ve dördüncü aşamada ise başlangıç biçiminin bu çizgi üzerinde döndürülmesi ve küçültülmesi ile iki küçük dikdörtgen çizilir. Birkaç tekrardan sonra oluşan nesne eğrelti otunu oluşturur (Şekil 3.12) [11].



Şekil 3.12. Eğrelti otu [11]

3.2.7. Kar tanesi

Başlangıç biçimi olarak bir kare seçilir. Kare dokuz küçük kareye bölünür. Bu karelerin kenarlarının orta noktalarını köşe kabul eden dört kare daha çizilir. Kural oluşan her bir kare için tekrarlandığında kar tanesi oluşur (Şekil 3.13) [11].



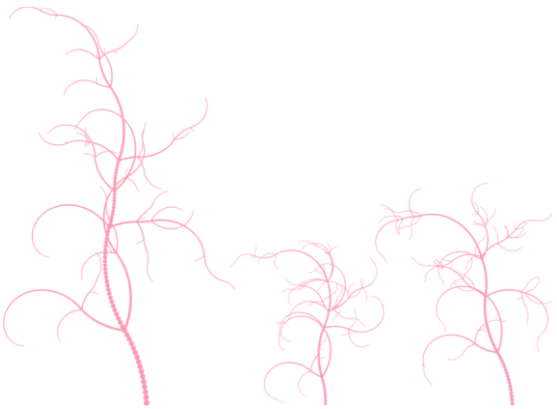
Şekil 3.13. Kar tanesi [11]

3.2.8. Tekrarlayan ağaç

Görsel yaratmanın alanı içinde, tekrar alakalı özbenzer şekil grubunu çizmeyi içerir. Ağaç benzeri şekiller net bir örnektir. Her dal daha küçük dallar oluşturan küçük dallar doğurur. Basit bir örnek olarak, Y harfini bir kağıda çizin. Şimdi iki daha küçük Y her dalın başından doğar gibi çizin. Bir kaç kere bu süreci tekrarladıktan sonra Y sayısı her adımda q'dan 2 ye 4, 8, 16, 32, 64, ve devamı olarak artmıştır [19].

Bu tarz bir ağaç tahmin edilebilir bir şekil yaparken, dal sayısına ve hat uzunluğuna küçük miktar gelişigüzellik eklemek daha organik şekiller çıkartır (Şekil 3.14) [19].

Bu ağaç benzeri şekiller bir kerede bir daire çizerek yapıldı. Temelden başlayarak her daire bir öncekine benzer olarak ölçüde ve hafifçe hareket ettirilmiştir. Gelişim süresindeki gelişigüzel zaman aralıklarında yenileri şekillendirmek için iki küçük dal filizlenir ve bu da kullanıcı tarafından minimum boyuta ulaşana kadar devam eder [19].



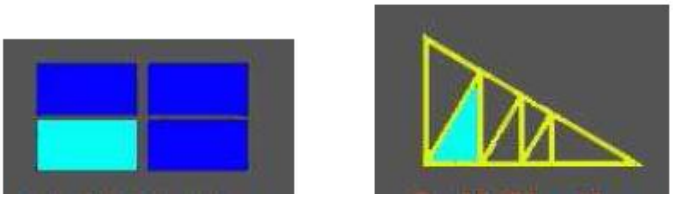
Şekil 3.14. Tekrarlayan ağac [35]

3.3. Kendine Benzerlik ve Fraktaller

İbrahim ve diğerlerine (2000) göre; Fraktal kurguların önemli bir özelliği, tüm ölçeklerde kendine benzer (self similar) özellik gösteren yapılardan oluşmalarıdır. Bovill'e (1996) göre, Kendine benzerlik (self similarity) kavramı, bir strüktürel ya da biçimsel kurgunun en küçük birimi ile bütünü arasındaki benzerlik ilişki anlamına gelmektedir.

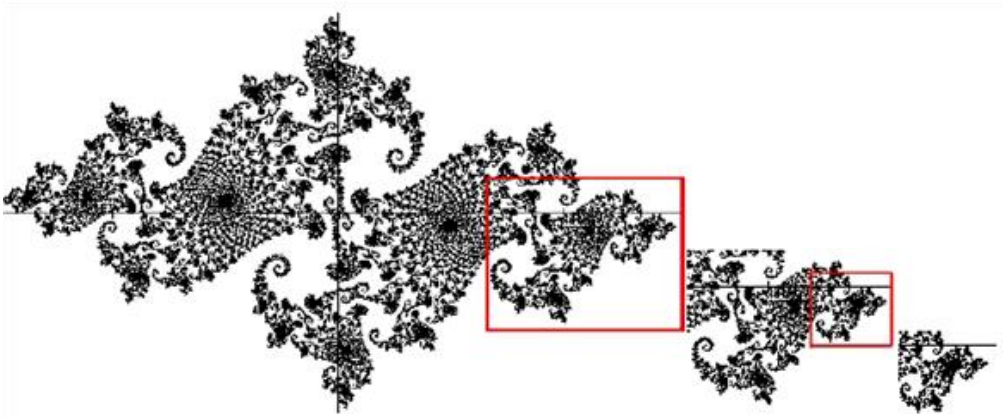
Bu yapısal kurgu, her ölçekte birebir aynı özellikleri göstermek zorunda da değildir. Bu durum, yapının her ölçekte şaşırtıcı ve benzer nitelikte olmasını sağlarken yapısal kurguda süreklilik göstermesini sağlamaktadır [10].

Tüm fraktaller kendine benzer ya da en azından tümüyle kendine benzer olmamakla birlikte, çoğu bu özelliği tasır. Kendine benzerlik, bir sistemin parçaları ve sistemin bütünü arasındaki geometrik benzerlik ve fiziksel uygunluktur (Şekil 3.15) [11].



Şekil 3.15. Kendine benzerlik [11]

Dolayısıyla, daha öncede değindiğimiz gibi kendine benzer yapıya sahip bir yapıda, nesnede veya resimde detaya inildikçe bütünündeki kurgunun detayda da bulunduğu görülmektedir. Bu özellikleri matematikçi Gaston Julia'nın ürettiği Julia Kümesinde görmek mümkündür (Şekil 3.16.) [10].



Şekil 3.16. Julia kümesi [10]

Bourke'ye (2002) göre; Fraktallerde görülen kendine benzerlik özelliği üç grupta incelenebilmektedir [11].

a) Kesin kendine benzerlik (ESS) - Kendine benzerliğin en güçlü olduğu fraktallerdir. Fraktal, her ölçekte aynıdır. Matematiksel fraktaller genellikle bu özelliği taşır [11].

b) Yarı kendine benzerlik (QSS ya da ASS) - Kendine benzerlik özelliğinin biraz daha zayıf olduğu fraktallerdir. Fraktaller farklı ölçeklerde benzerlik gösterirler ancak tamamen aynı değildirler. Bu gruba ait fraktaller bütünün biraz değişikliğe uğramış küçük kopyalarını içerirler. Mandelbrot set bu gruptaki fraktallere örnek olarak gösterilebilir [11].

c) Statiksel kendine benzerlik (SSS) - Kendine benzerlik özelliğinin en zayıf olduğu fraktallerdir. Bu fraktallerin özelliği farklı ölçeklerde korunan sayısal ya da istatistik ölçülere sahip olmalarıdır (fraktal boyutun kendisi de farklı ölçeklerde korunan sayısal bir ölçüdür). Fraktal yüzey şekilleri gibi tesadüfî fraktaller bu gruba dahildir [11].

3.4. Fraktal Geometri

Bovill'e (1004) göre, Fraktal geometri (fractal geometry), bir gözlemcinin çok yakından izleyebildiği; karmaşık, kendine benzer kurgulardan ve süreklilik gösteren detayların yan yana gelmesinden oluşan matematiksel bir biçimdir [10].

Fraktal geometri, isim olarak da aykırı bir matematiksel çıkışın işaretlerini içermektedir. Cebir sözcüğü Arapça kökenli olup, birleştirme ve bütünleştirme anlamlarına gelir. Fraktal ise, Latince kökenlidir ve parçalanmış, bölünmüş anlamlarını taşımaktadır. Alışılmış geometri dünyayı sadeleştirip, daha kolay algılanabilir hale getirerek, sonlu öğelere indirgeme mantığıyla işlemektedir. Ancak doğa özünde bu disipline uygun değildir. Bir kaya parçasının üzerindeki yosunların kontürü sadeleştirilip geometrisi çıkarılabilir, fakat kaya parçası yakından incelendiğinde, detaya inildikçe karmaşık geometrik şekillerin farkına varılacaktır [2].

Gleick'e (2005) göre; Klasik matematik düzgün geometrik yapıları olan Euclid geometrisi tarafından temsil edilmekte ve Newton'un dinamikleriyle gelişmektedir. Euclid geometrisinin geleneksel şekilleri iki bin yıldan fazladır bilinmektedir. Euclid geometrisinin iki bin yıllık geçmişinde süreksizlik, gürültü patlamaları, Cantor tozları gibi fenomenlerin yeri olmamıştır [13].

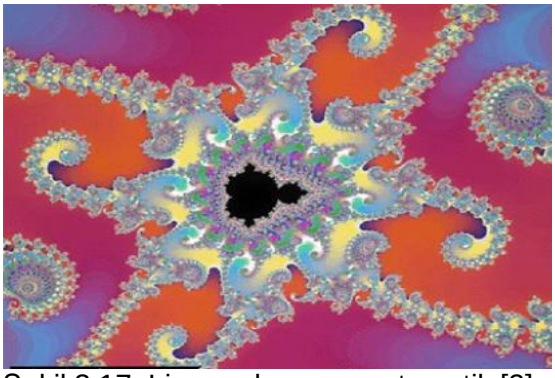
Barnsley'e, (1988) ve Mandelbrot'e (1983) göre; Klasik geometrideki şekiller belli bir büyüklüğe ve orana sahip, basit cebirsel formüllerle ifade edilebilen insan ürünü nesnelerdir [13].

Gleick'e (2005) göre; Euclid geometrisinde bir Denklemn çözümü için Denklem sağlayan sayıların kümesi aranır ve bulunan çözüm bir çember, parabol, elips ya da üçgen gibi bir şekille biçimlenir. Bu nesneler gerçeğin güçlü bir şekilde soyutlaştırılmasından meydana gelmiş ve Platon felsefesine ilham kaynağı olmuştur [13].

Özellikle 19. yy.'da Euclid ve Newton'un şekillerine uygun olmayan matematiksel yapıların keşfi matematikte köklü değişikliklerin olmasına neden olmuştur. Matematikteki bu değişim 1870'li yıllarda diferansiyellenmeyen ancak sürekli eğriler ile boyut arasındaki ilişkiler üzerine yapılan çalışmalar sonucu Weierstrass fonksiyonunun bulunmasıyla başlamakta ve 1920 yılında Cantor kümesi, Peano eğrisi, Koch eğrisi ve Sierpinski üçgeninin keşfine kadar sürmektedir [13].

Eukleides geometri ile sadeleştirme yapılarak doğa taklit edilebilir, resmi çizilebilir, ama etkin bir matematiksel modelleme yapılamaz. Fraktal; matematikte, çoğunlukla kendine benzeme özelliği gösteren karmaşık geometrik şekillerin ortak adıdır. Fraktaller, klasik, yani Eukleidesçi geometrideki kare, daire, küre gibi basit şekillerden çok farklıdır ve doğadaki, Eukleidesçi geometri aracılığıyla

tanımlanamayacak pek çok uzamsal açıdan düzensiz olguyu ve düzensiz biçimi tanımlama yeteneğine sahiptir (Şekil 3.17) [2].



Şekil 3.17. Lineer olmayan matematik [2]

Debnath'a (2006) göre; Yaklaşık elli yıllık bir aradan sonra 1970'li yıllarda Benoit Mandelbrot bilgisayar teknolojisini kullanarak bu sıra dışı yapıları yeniden ele almış ve fraktal geometrinin ortaya çıkmasına ve popülerlik kazanmasına yol açmıştır. Fraktaller üzerine literatürde uzlaşılan genel bir tanım bulunmamaktadır [13].

Barnsley'e göre (1988); Fraktalleri "büzülme dönüşümlerinin sabit noktasına bir deterministik fraktal denir" şeklinde tanımlamaktadır. Barnsley'in tanımı göz önüne alındığında tüm fraktaller için değil de sadece deterministik (kurallı) fraktaller için bir tanım yaptığı görülmektedir. Falconer'e (2003) göre; ise bir yapıya fraktal dememiz için aşağıdaki şartları göz önüne almamız gerektiğini ifade etmektedir:

- Fraktal şekil mükemmel bir yapıya sahiptir,
- Geleneksel Euclid geometri diliyle tanımlanamayacak kadar düzensizdir,
- Fraktal şekil öz-benzerliğe sahiptir. Bu öz-benzerlik çok kesin olabileceği gibi yaklaşıkta olabilir,
- Genellikle bir fraktalin boyutu kesirlidir,
- Fraktal şekil basit bir tekrarlama kuralıyla elde edilebilir [13].

Devaney'e ve diğerlerine (1990) göre; Falconer'in bu açıklamaları da sadece Euclid geometrisinin şekilleri kullanılarak oluşturulan fraktalleri içermektedir. Bu tanımların dışında "Fraktaller karmaşık, düzensiz ve doğadaki nesnelerin şekillerinin taklididirler" Gleick'e (2005) göre; ise "Fraktaller boyutu kesirli olarak ifade edilen kümelerdir". Vacc'a (1999) göre; "Fraktaller klasik Euclid geometrisinin elemanları ile kolayca tanımlanamayan oldukça düzensiz, kırıklı ve parçalı uzamsal örüntülerdir" şeklindeki tanımlara literatürde yer verilmiştir. Dikkat edilirse yapılan tanımlar ya

fraktallerin bir özelliğine odaklanmakta ya da belli özelliklerinin bir birleşimini vermektedir. Bu durumda “Fraktal nedir” ? sorusuna verilecek en iyi yanıt bir fraktalin gösterdiği temel özellikleri belirlemektir [13].

Doğadaki geometrik formlar Eukleides ile incelendiğinde yüksek düzeyde ve farklı yönde bir karmaşıklık içerdiği görülmektedir. Doğadaki nesneleri modellemek istediğimizde bilinen geometrik yöntemler güçlü araçlar olarak kullanılamamaktadır. Aslında bulutların, dağların, denizlerdeki yosunların belli biçimleri, kendi aralarında ortak özellikleri olduğu bilinmektedir. Farklı cins hayvanlar ya da bitkiler arasından belli bir cinsi ayırt etmek zor da değildir. Ancak bunların bilinen geometri içince belli birer formülleri ya da çözümleri yoktur [2].

Doğayı modellemenin zorluğu kullandığımız, sahip olduğumuz, en doğru kabul edilen geometrinin – Eukleides’in – bu konuda yetersiz oluşundan kaynaklanmaktadır. Fraktal geometri düzensiz, geometrik yapılı formlarda, karmaşık matematiksel düzlemde, dinamik sistemlere dair çözüm olanakları sunmaktadır (Şekil 3.18) [2].



Şekil 3.18. Fraktal setler [2]

Ağaç dallarının ve yaprakların oluşum kurguları, topoğrafik oluşumlar, akarsuların taşkın seviyeleri gibi doğal şekiller ve ritimler kendine benzer formların sürekliliğini göstermektedirler. Fraktal geometri kavramı, tasarlanan kompozisyonun bütününden en küçük parçasına kadar incelenebildiği teknolojik bir fırsat sunmaktadır. Ayrıca fraktal geometri, her türlü nesneyi matematiksel olarak tanımlayabilmektedir [10].

3.5. Fraktal Geometri ve Kaos

Gleick'e (2005) göre; Doğadaki sistemlerin ve oluşumların yapıları ve bu yapılarla ilgili bilinmeyenlerin bulunması, bunlara ait soruların cevapları, bilim adamlarının

evrenin ve yeryüzünün oluşumunu keşfetmeleri için yüzyıllardır yaptıkları araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Bu bilinmeyenlerin içinde yer alan karmasa ve düzensizlik durumu ancak yirminci yüzyılda ortaya çıkan kaos adı verilen yeni bir bilim dalının yardımıyla anlaşılabilir hale gelmiştir. Düzensizliğin ya da karmaşanın içindeki düzen olarak da tanımlanabilen kaos biliminin ortaya çıkması ile birlikte bu bilim dalına ait bir dil de oluşmuştur. “Kaos, karmaşıklığın temelinde yatan muazzam ve hassas yapıyı yakalayabilmek için hem bilgisayar kullanımında özel bazı teknikler hem de birtakım özel grafik resim ve çizgi türleri icat etmiştir.” Barnsley'e (1993) göre; Fraktal adı verilen karmaşık şekiller de kaosa ait bu ifade biçimlerinden biri olarak kullanılmaktadır [11].

Fraktaller ve kaos, doğadaki ve diğer sistemlerdeki karmaşıklığın ve dengelerin anlaşılmasında kullanılan yöntemlerdir. Karmaşık sistemlerin özelliklerini analiz etmek ve anlamak için kullanılan çizgisel olmayan yaklaşımlardır [11].

Peitgen’e (1992) göre; Fraktallerin ve kaos teorisinin bir başka ortak noktası da bu alanlarda yapılan öncü keşiflerin ancak bilgisayarlar yardımıyla görülebilmesidir. Bu alanlarda kullanılan yeni yöntemler ve terminoloji ekolojiyi, iklimleri ve birçok evrensel problemle ilgili çok daha etkin çözümler sunmaktadır. Fraktal uzaydaki bir nesnedir. Bu nesne sonsuz sayıdaki sonsuz küçük parçadan oluşur. Kendine benzerdir yani küçük parçalar büyük parçanın küçültülmüs bir kopyasıdır. Bazı fraktaller için küçük parçalar büyük parçaların birebir kopyasıdır. Doğadaki birçok fraktal örneğinde küçük parçalar büyük parçaların benzeridir. Ağaç bir fraktal gibidir. Olabildiğince çok sayıda olabildiğince küçük dalı vardır. Bir fraktal zaman içindeki bir işlem de olabilir. Olabildiğince küçük çoklukların kararsızlığı olabildiğince çok sayıdadır. Fraktal deneysel verilerden oluşan sayılardan oluşan bir küme de olabilir. Burada olabildiğince küçük sayının olabildiğince çok sayısı olabilir. Çizgisel olmayan sistemleri tanımlamak için seçilen başka kelime de kaos kelimesidir. Karmaşık sonuçların çok karmaşık sistemlerin sonucu olması gerektiği düsünülürdü. Kaos bazı çizgisel olmayan ancak çok basit olan sistemlerin de karmaşık sonuçlar doğurması anlamına gelir. Bu sistemlerin şaşırtıcı özelliği kısa süreler içinde sistemin değerlerinin tahmin edilebilir olmasına karsın uzun süreler içinde sitem değerlerinin tahmin edilemez olmasıdır [11].

3.6. Fraktal Geometrinin Kullanım Alanları

Frakteller doğada bulunmakla beraber insanlar tarafından da üretilebilmektedir. Bu üretilen fraktaller günlük yaşantımızda kullanabilmek için çeşitli alanlara uyarlanabilmektedir. Mimaride, mobilya tasarımında, kent ölçeğinde, vb. birçok alanda fraktaller karşımıza çıkmaktadır [10].

Fraktal kavramı, yalnızca matematik değil, fizik, kimya, biyoloji, fizyoloji akıskanlar mekaniği ve mimarlık gibi değişik alanlar üzerinde önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır. Fizikçiler, örneğin şimşek çakması, sıvanın içine suyun yürümesi, ya da Petri çanağında üreyen bir bakteri kolonisi kadar birbirinden farklı sistemlerin, birbirlerine tıpatıp benzeyen fraktal şekiller olusturduklarını öğrenmişlerdir. Aynı zamanda bu şekillerin oluşum kurallarının matematik dilinde ifadesi de tıpatıp birbirine benzeyebilmektedir [11].

Kendine benzerlik ve tamsayı olmayan boyutlu kavramlarıyla birlikte fraktal geometri, istatistiksel mekanikte, özellikle görünürde rasgele özelliklerden oluşan fiziksel sistemlerin incelenmesinde giderek daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, gökada kümelerinin evrendeki dağılımının saptanmasında ve akışkan burgaçlaşmalarına ilişkin problemlerin çözülmesinde fraktal benzetimlerden (simülasyon) yararlanılmaktadır [11].

Fraktal geometri, ayrıca biyologların, jeofizikçilerin hatta iktisatçıların, farklı ölçeklerde kendilerini sonsuz kez tekrar eden bulutlar, fay hatları ya da borsa dalgalanmaları gibi pek çok değişik olguyu matematiksel olarak algılama, betimleyebilme ve üzerinde düşünebilmeleri için her gün başvurdukları bir araç haline gelmiş durumdadır [11].

Fraktal geometri biyomatematikçilerin araştırmalarında da bir yöntem olarak kullanılmaktadır. New York' da Mount Sinai Tıp Fakültesi araştırmacıları kanser hücrelerinin niceliksel olarak tanımlanmasında fraktal geometriyi kullanmaya başlamışlardır. Kanserli hücrelerin bir özelliği, gösterdikleri düzensizlikleri ölçek ne olursa olsun tekrarlamasıdır. Böylece incelenen hücre görüntüsüne bir fraktal boyut verilebilir ve bu boyut düzensizliği ölçebilir. Yapılan hesaplamalara göre kanserli hücrelerin fraktal boyutu sağlıklı hücrelerinkinden fazladır. Bu yöntemi kullanan biyomatematikçiler %95 oranında doğru sonuç almışlardır [11].

Bunde ve diğerlerine (1994) göre; Fraktaller, müzik, kalp atışları, DNA dizisi gibi birbirinden farklı birçok ritmin analiz edilmesinde de kullanılmaktadır [14].

Fraktal geometri bilgisayar grafiklerinde de yararlı olmaktadır. Fraktal algoritma ise, engebeli dağlık araziler ya da ağaçların karısık dal sistemleri gibi karmaşık, çok düzensiz doğal cisimlerin gerçektekine benzer görüntülerinin oluşturulabilmesini olanaklı [14].

Fraktallerin kullanıldığı bir başka alan ise fraktal resim sanatıdır. Fraktal kurguya dayalı ifade teknikleri kullanılması ile üretilen birçok örneğe rastlanmaktadır (Şekil 3.19) [11].



Şekil 3.19. Fraktal resimler [39]

3.7. Fraktal ve Öklit Geometrinin Farklılıkları

Fraktallerin bu özelliklerini ve Euclid geometrisinden ayrılan yönlerini dikkate aldığımızda fraktal geometri ve Euclid geometrisi için Tablo 3.1'deki gibi bir ayırım yapılabilir [13].

Tablo 3.1. Fraktal geometri ve Euclid geometrisinin farklılıkları

Euclid Geometrisi	Fraktal Geometrisi
Belli bir büyüklükleri ve oranları vardır	Belli bir büyüklükleri ve oranları yoktur
Cebirsel formüllerle tanımlanırlar	Tekrarlama kuralları sonucu oluşurlar
Sonlu yapıları vardır	Doğada bulunanlar haricindekiler sonsuz yapıya sahiptiler
Şekilleri düzgündür	Euclid şekilleri kullanılarak oluşturulanlar genellikle düzgün ve kurallı bir yapıya sahip olmasına karşın doğada bulunanlar sıklıkla düzensiz ve karmaşık bir yapıya sahiptirler
Tam sayılı boyutları vardır	Boyutları genelde kesirlidir
Öz-benzerlik özellikleri yoktur	Öz-benzerdirler, farkıl öz-benzerlik türleri gösterebilirler
Geleneksel	Modern
Basit objeler için uygulanır	Doğadaki formlara uygulanabilir
Cebirseldir	Algoritmiktir
Düzenlidir	Stokastik yani rastgeledir
Sayısal olarak ölçeklenirler	İstatistik olarak ölçeklenirler
Tam sayılarla ifade edilirler	Kesirlerle ifade edilirler
Ötelenme bakışına sahiptirler. (Ötelenme bakışına sahip bir cisim kendi çevresinde döndürüldüğünde	Uzamsal açıdan düzensiz olguyu ve düzensiz biçimli tanımlama yeteğine sahiptir
Bir şeklin çevresi arttıkça alanı doğru orantılı olarak artar.	Bir şeklin çevresi arttıkça alanı doğru orantılı olarak artmaz.

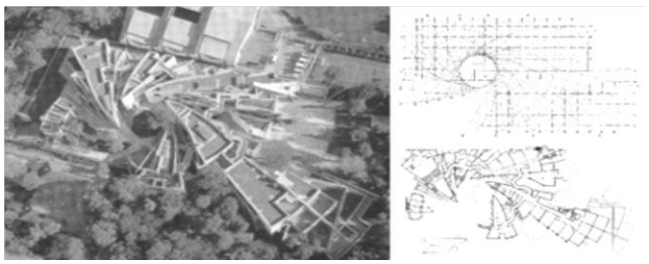
Baki'ye (2001) göre; Örüntülerin yalnızca cebirsel ifadelerle değil geometrik şekiller ve yapılar kullanılarak da oluşturulabileceği bilinmektedir. Özel birer örüntü olarak kabul edilen fraktaller de farklı geometrik şekillerin oluşturduğu yapılardır. Fraktal geometrinin sağladığı imkânların öğrencilerin çevrelerini anlamalarında Öklit

geometrisinin sağladığından daha çok olduğu ve fraktal geometrinin Öklit geometrisinden farklı olarak uzayıp giden bir dağ sırasının engebelerini, çeşit çeşit dallanan ağaçların dallanmalarını, bulutların ya da kar tanelerinin kıvrımlarını incelediği bilinmektedir [8].

3.8. Üretken Algoritmalar

Algoritma, önceden belirlenmiş bir işi sonlu bir zamanda gerçekleştiren sonlu sayıda komutlar topluluğu olarak tanımlanırsa; doğada var olan ve fraktal geometrinin temelini esas alan kendine benzerlik kavramı algoritmalarla da çözümlenebilir. Bir bitkinin algoritması, kendi içindeki kurgusuna uygun bir şekilde sonsuz tekrarlarla yazılabilir. Bu şekildeki bir çevrimle aynı formdan yapay bir bitki oluşturulabilir [2].

Üretken algoritmalarla yapılan her çevrimden sonra, en başta var olan formun benzerlerini yaratma olanağı bulunmaktadır. Doğadaki tekrar (çevrim) sayısı 3-4 defa ile sınırlıdır. Benoit Mandelbrot, oluşturduğu kurgu ile bu tekrarı sonsuz sayıda üretmeyi amaçlamıştır ve başarmıştır. Bu sonsuz tekrar aynı zamanda Kaos Teorisi'ni de açıklar niteliktedir. Üretken algoritmalar, doğadaki temel bir kural üzerine kurulurlar ancak doğadaki düzende çevrimler sınırlıdır. Sonsuz çevrimler ile algoritmalar yazılırken doğa taklit edilebildiği gibi, bir soyutlama yapılarak yeni kurgular, formlar da oluşturulabilir. İki boyutlu olarak kurgulanan algoritmalar, mimari tasarımda, plan ve cephe sistemleri geliştirmek amacıyla geliştirilirler. Fraktal kurgularla geliştirilen üretken algoritmalar mimari tasarıma destek olarak çok yönlü bir şekilde mimari modeller üretmede araç olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.20). Koch eğrisi de fraktallerin keşfinden önce aynı mantıkla oluşturulmuştur [2].



Şekil 3.20 Zvi Hacker, Galinski Okulu, Berlin [40]

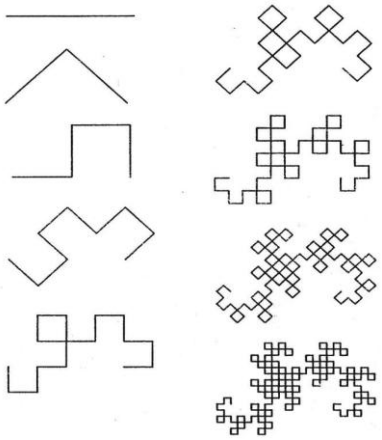
Fraktallerin yapılarını oluşturan ve kaos teorisinin bir parçası olarak gündeme gelmesini sağlayan temel özelliklerinden olan kendine benzerlik, tekrarlar sonucu oluşma ve Başlangıç durumuna duyarlılık, matematik, fizik, astronomi, biyoloji, mimarlık, resim, ekonomi ve doğa gibi kaotik özellik gösterebilen birçok bilim alanında görülen özelliklerdir. Bu alanlarda var olan dinamik sistemlerin, çizgisel

olmayan sistemlerin, ölçekten bağımsız oluşumların ve karmaşık şekillerin yapısında çeşitli fraktal kurgular görülmektedir. Dolayısıyla bu bilim dallarına ait çeşitli problem alanlarına ait çözümlemelerde de fraktallerden ve fraktal geometriye ait temsil biçimlerinden yararlanılmıstır [11].

Birçok bilim dalını kapsayan bu çeşitlilik içerisinde farklı sınıflara ait birçok fraktal türünden yararlanılmış ve bu türlerin oluşturulmasına yönelik fraktal üretim yöntemleri kullanılmış ve yeni yöntemler gelistirilmiştir [11].

Schmitt'e ve diğerlerine (1996) göre; Fraktal türlerine yönelik en temel sınıflandırma; Mandelbrot'a göre doğanın geometrisi olan fraktallerin doğada göründükleri oluşumlara ve doğadaki oluşumlardaki kural ve formel özelliklerden yararlanılarak insan eliyle yapılan fraktal grafiklere göre olan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre fraktaller, doğal fraktaller ve yapay fraktaller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Belirtilen her iki sınıflandırmada da insan eliyle üretilen fraktallerin oluşturulmasında çeşitli üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları matematiksel Denklemlere dayanmaktadır. Bazı yöntemlerde ise geometrik şekillerden ve bu şekillere uygulanan dönüşüm kurallarından yararlanılmaktadır. Gerek matematiksel kurallar gerekse dönüşüm kuralları ile fraktallerin üretilmesinde en önemli faktör tekrardır. Biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak da tanımlanan fraktaller, çevrimli algoritmalar yardımıyla günümüzde bilgisayar destekli modellerle de oluşturulabilmektedir [2].

İbrahim ve diğerlerine (2000) göre; İnsan eliyle üretilmiş fraktalleri incelediğimizde, onları iki ana kategoride sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırmayı yaratılma yolları ve hesaplanması için kullanılan yöntem açısından yapabiliriz. Çizim metodu açısından ele alındığında ilk olarak çizgisel veya vektörel fraktallerden söz edilmektedir. Bunlar bir grup vektörün yer değiştirmesi ile oluşurlar. Dragon eğrisi bunlara bir örnektir (Şekil 3.21). İkinci gruptaki fraktaller ise karmaşık bir düzlemde bir grup noktadan üretilmektedirler [10].



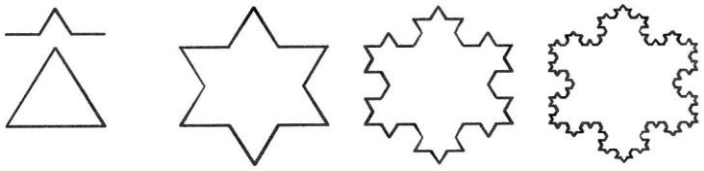
Şekil 3.21. Dragon eğrisi [10]

İbrahim ve diğerlerine (2000) göre; Birinci grup fraktaller vektör tabanlı bir fraktal başlatan ve üreten olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Örneğin, Koch kar tanesi eşkenar üçgen olan bir başlatan ile başlar. Üreten ise düz bir çizgiyi üç eşit parçaya bölüp, orta parçanın şekil 3.22'deki gibi eşkenar bir üçgene dönüştürülmesi ile oluşturulur. Başlatanın her bir çizgisi yerine üretenin geçmesi ile kar tanesinin ilk çevrimini(iteration) tamamlanmış olur. Bu işlemin tekrar tekrar yapılması ile kar tanesine benzeyen bir şekil elde edilmektedir. Çevrim işlemi gerçek bir Koch kar tanesi elde etmek için sonsuz kez yapılabilir, ama formu geliştirmek ile ilgileniliyorsa, ölçebileceğimiz sayıda işlemi tekrar etmeliyiz. Şekil 3.23'de Koch kar tanesinin üç çevrimini göstermektedir. Eğer üreten değiştirilir ve ters çevrilirse şekil 3.24'teki gibi tamamen farklı bir şekil elde edilmektedir [10].

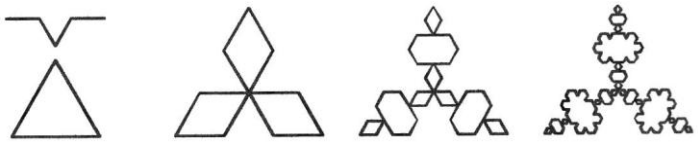
Bu gruptaki fraktallere Dragon eğrisi, Koch eğrisi, Minkowski eğrisi, Peano eğrisi, Sierspinski üçgeni sayılabilir.



Şekil 3.22. Üreten ve başlatan [10]



Şekil 3.23. Koch kar tanesi a: üreten ve başlatan b:birinci çevrim c: ikinci çevrim d:üçüncü çevrim [10]



Şekil 3.24. Koch anti kar tanesi a: üreten ve başlatan b:birinci çevrim c: ikinci çevrim d:üçüncü çevrim [10]

3.9. Fraktal Yapıların Özellikleri

Fraktallerin genel olarak “tekrarlama”, “öz-benzerlik”, “Fraktal (kesirli) boyut” ve " karmaşıklık" olmak üzere dört temel özelliği bulunmaktadır.

1. Tekrarlama (İteration): Matematiksel anlamda bir fonksiyonun kendisi ile bileşkesi olarak tanımlanabilen tekrarlama, bir çıktının bir sonraki işlemde girdi olarak kullanılması ile elde edilen süreci tanımlar. Bir sürecin ardışık olarak devam etmesidir. Özelde fraktallerde her bir adım bir sonraki adım için başlangıç oluşturur. Öz benzerlik özelliğinin ortaya çıkması için tekrarlama kuralının gerçekleşmesi gerekmektedir [8].

Peitgen'e (1992) ve Kelley'e (1999) göre; Tekrarlama, bir adımdaki sonucun diğer adının başlangıcı olduğu devamlı bir yineleme süreci olarak tanımlanmaktadır. Tekrarlama sürecinde elde edilen her sonuç bir sonraki tekrarlama işlemi için yeni bir başlangıç olmaktadır. Örneğin fonksiyonların kendileriyle bileşkeleri bu tür bir tekrarlama döngüsünü göstermektedir. Fraktal nesneler Euclid nesnelerinden farklı olarak cebirsel formüller yerine tekrarlama kuralları sonucu oluşurlar [13].

2. Öz benzerlik (Self similarity): Bir fraktalin herhangi bir parçasının fraktalin bütününe benzemesine öz benzerlik denir. Öz benzerlik için parça-bütün ilişkisinde tamamen öz benzer olmasına gerek yoktur. Bir ağacın sahip olduğu dallar tamamen birbirine benzememesine karşın bunun gibi yaklaşık öz benzer yapılar da öz benzerlik özelliğini sağlamaktadır [8].

3. Fraktal (kesirli) boyut (Fractal dimension): Geometride bilinen 0, 1, 2, 3 boyutlu tam sayılarla ifade edilebilen nesneler yer almaktadır. 0 boyutlu olarak nokta, 1 boyutlu olarak doğru, 2 boyutlu olarak düzlem, 3 boyutlu olarak küp örneği verilebilirken kesirli boyut fraktallerin kırıklık ya da pütürlük derecesi olarak ifade edilmekte ve fraktal nesnelerin boyutlarına karşılık gelmektedir. Örneğin Sierpinski üçgeni bir fraktal yapı olup bu üçgenin boyutu 1,585 olarak ifade edilmektedir [8].

4. Karmaşıklık: Lornell'e ve diğerlerine (1999) göre; fraktallerin karmaşıklık özelliğinin daha çok doğal fraktallerde gözlenen bir özellik olduğunu belirtmişlerdir. Öklit şekilleri kullanılarak oluşturulan fraktallerin genellikle düzgün ve kurallı bir yapıya sahip olmasına karşın doğada bulunan fraktallerin ise sıklıkla düzensiz ve karmaşık bir yapıya sahip olduklarını ifade etmiştir. Fraktallerin karmaşıklığı onların sahip oldukları şekilsel yapı ile ilişkilendirildiğinden karmaşıklık özelliği doğadaki fraktallerde daha çok hissedilen bir özellik olarak görülmektedir [8].

Barnsley'e (1988) göre; Fraktalleri "büzülme dönüşümlerinin sabit noktasına bir deterministik fraktal denir" şeklinde tanımlamaktadır. Barnsley'in tanımı göz önüne alındığında tüm fraktaller için değil de sadece deterministik (kurallı) fraktaller için bir tanım yaptığı görülmektedir. Falconer'e (2003) göre; ise bir yapıya fraktal dememiz için aşağıdaki şartları göz önüne almamız gerektiğini ifade etmektedir:

- Fraktal şekil mükemmel bir yapıya sahiptir,
- Geleneksel Euclid geometri diliyle tanımlanamayacak kadar düzensizdir,
- Fraktal şekil öz-benzerliğe sahiptir. Bu öz-benzerlik çok kesin olabileceği gibi yaklaşıkta olabilir,
- Genellikle bir fraktalin boyutu kesirlidir,
- Fraktal şekil basit bir tekrarlama kuralıyla elde edilebilir [13].

Falconer'in bu açıklamaları da sadece Euclid geometrisinin şekilleri kullanılarak oluşturulan fraktalleri içermektedir. Devaney'e ve diğerlerine (1999) göre; Bu tanımların dışında "Fraktaller karmaşık, düzensiz ve doğadaki nesnelerin şekillerinin taklididirler". Gleick'e (2005) göre; ise "Fraktaller boyutu kesirli olarak ifade edilen kümelerdir". Vacc'a (2005) göre; "Fraktaller klasik Euclid geometrisinin elemanları ile kolayca tanımlanamayan oldukça düzensiz, kırıklı ve parçalı uzamsal örüntülerdir" şeklindeki tanımlara literatürde yer verilmiştir. Dikkat edilirse yapılan tanımlar ya fraktallerin bir özelliğine odaklanmakta ya da belli özelliklerinin bir birleşimini vermektedir. Bu durumda "Fraktal nedir?" sorusuna verilecek en iyi yanıt bir fraktalin gösterdiği temel özellikleri belirlemektir [13].

Peitgen ve diğerlerine (1991) ve Üstün'e (1999) göre; Genel olarak üç tür özbenzerlikten öz edilebileceğini:

- Eğer şeklin sadece bir noktası etrafında öz-benzerlik kurulabiliyorsa buna noktasal öz-benzerlik,
- Eğer şeklin her parçası değil de, her dallanması öz-benzer bir şekil oluşturuyorsa buna yaklaşık öz-benzerlik,
- Eğer şeklin her parçası hatta her noktası ana şeklin benzeri ise buna tam özbenzerlik denir. Bu öz-benzerlik türleri Şekil 3.25'te gösterilmiştir [13].



Şekil 3.25 Öz-benzerlik türleri [13]

Benzer şekilde fraktaller gösterdikleri özelliklere göre Tablo 3.2'de gösterildiği gibi üçe ayrılırlar [13].

Tablo 3.2. Fraktal türleri

FRAKTALLER		
Euclid Fraktalleri	**Doğal Fraktaller**	**Matematiksel Fraktaller**
Euclid şekilleri kullanılarak elde edilen fraktallerdir	Doğada bulunurlar	Bilgisayar programları yardımıyla cebirsel dönüşümler kullanılarak elde edilirler
Sonsuz yapıya sahiptirler	Sonlu yapıya sahiptirler	Sonsuz yapıya sahiptirler
Şekilleri doğal fraktallere göre daha düzgündür	Oldukça karmaşık ve düzensiz şekilleri vardır	Oldukça karmaşık şekilleri vardır
Dönme, çevirme ve öteleme gibi süreçleri içeren kurallı tekrarlamalar sonucu oluşurlar	Oluşumlarında kurallı bir tekrarlama kuralı yoktur, rastgele oluşurlar, ancak belli adımlar için bir kural elde edilebilir	Cebirsel tekrarlama kuralları sonucu oluşurlar
Genelde tamamen öz-benzerdirler	Tamamen öz-benzer değildirler. Sonlu adımlar için öz-benzerlik sağlanır	Genelde tamamen öz-benzerdirler
• Koch Eğrisi • Sierpinski Üçgeni • Fraktal Ağaç • Fraktal Ejder • Menger Süngeri • Peano Eğrisi etc.	• Ağaçlar • Nehir Yatakları • Kıyı Şeridi • Brokoli • Akciğerler • Kan Dolaşım Sistemi etc.	• Mandelbrot Kümesi • Julia Kümesi

Altıuç'a (2003) göre ise; Fraktaller genellikle aşağıdaki özellikleri sağlarlar:

- Herhangi bir ölçekte ince yapısı vardır.
- Klasik öklit geometrisiyle ifade etmek için fazla düzensizlerdir.
- Kendine benzerlik gösterir.
- Hausdorff boyutu topolojik boyutundan yüksektir.
- Basit ve öz yineli bir tanımı vardır.
- Farklı matematiksel tanımları vardır.

Tanımların birbiriyle örtüşmediği örnekler olsa da genellikle birbirine uyarlar [9]. Günay'a (2003) göre; Gerçekte birer nesne olmakla birlikte tekrarlı bir süreç olarak bakıldığında fraktal yapıların örüntü oluşturdukları söylenebilir. Bu yapılar özel birer örüntü oldukları için diğer örüntülerden farklı olarak bazı özelliklere sahiptirler [13].

3.10. Fraktal Kurgu Kavramı

Fraktalleri doğada saf halleriyle bulunan ve üretilen fraktaller olarak iki farklı grupta ele alabiliriz. Doğadaki fraktallerde en fazla arka arkaya üç çevrim bulunurken, üretilen fraktallerde ise sonsuz sayıda çevrim bulunabilmektedir. Aynı zamanda doğadaki fraktallerde herhangi bir bölünme sürecinde detay aşamalı olarak ortadan kaybolur [10].

Fakat üretilen fraktallerde her bir parça tüm parçadan daha farklı bir detaya sahip değildir. Tüm parçalarda aynı detayı görmek mümkündür. Bu fraktal kurguları örnekleriyle daha detaylı incelemek onların yapılarını anlamak açısından daha faydalı olacaktır [10].

3.11. Geometrik Boyut Türleri ve Fraktal Boyut

Peitgen ve diğerlerine (1991) göre; Yunanca yer anlamına gelen “geo” ve ölçüm anlamına gelen “metria” kelimelerinden oluşan geometri, sözlük tanımına göre matematiğin uzamsal ilişkilerle ilgilenen alt dalıdır. İki temel kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki şekiller ve örüntülerin analiz edildiği kısım diğeri de bu şekillere ve örüntülere dayanan ölçüm yöntemleri geliştirmişlerdir [11].

Boyut adı verilen bu ölçüm yöntemleri cisimlerin en, boy, yükseklik gibi temel özelliklerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. En basit matematiksel tanıma göre boyut, nesnelerin uzaydaki yerinin belirtilebilmesi için gereken parametre sayısıdır.

Tarihsel süreç içerisinde matematik alanındaki yeni yaklaşımlarla birlikte matematikçiler farklı boyut kavramları geliştirmişlerdir [11].

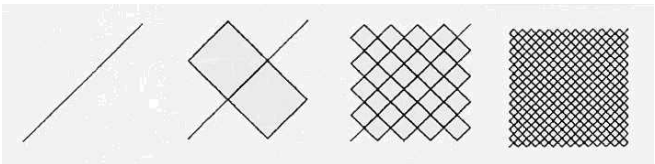
Geometrik boyut türleri; Topolojik, Euclidien, Hausdorf-Besicovitch, Benzerlik ve Kütle Boyutu olmak üzere beş başlık altında incelenebilir.

3.11.1. Topolojik boyut

Elert'e (2005) göre; Topoloji, Yunanca'da yüzey veya uzay anlamına gelen topos ve bilim anlamına gelen logos kelimelerinden türetilmiştir. Dolayısıyla, topoloji, uzaylar veya yüzeyler bilimidir. Bir başka tanıma göre topoloji, şekiller bükülme, gerilip uzatılma ya da sıkıştırma sonucunda deforme olduğunda değişmeden kalan özellikleri inceleyen bir bilim dalıdır. Temelini Homeomorfizim kavramından alır. Homeomorfizm bir uzayın diğer bir uzaya düzgün deformasyonlar yoluyla, kesilme ya da birleştirme olmaksızın dönüşmesidir. Bu süreç içinde topolojik boyut değişmez. Bir küre topolojik olarak bir küp ile eşdeğerdir. Bir çizgi herhangi bir noktasından düz olma özelliğini yitirecek şekilde çekilebilir ancak bu dönüşüm onun 1 olan topolojik boyutunu değiştirmez [11].

Rejin'e (2002) göre; Topolojik boyut bir nesnenin nasıl bölünebileceği ile ilgilidir. Örneğin bir çizgi tek boyutludur. Çünkü sadece noktalara bölünebilir. Bir yüzey iki boyutludur. Çünkü bir yüzey eğrilere ve noktalara bölünebilir. Topolojik boyut, DT ile gösterilir. Bir varlığın topolojik özelliği birebir dönüşümler ve homeomorfizm sonucunda değişmeden kalır [11].

Basit değişimler ile topolojik boyutun değişmemesi gerekirken Peano eğrisi (Şekil 3.26) gibi bazı nesnelerde dönüşümlerin tekrar tekrar uygulanması ile başlangıçta topolojik boyutu 1 olan bir nesneden topolojik boyutu 2 başka bir nesne oluşturulabilir. Bu tür fraktal nesnelerin boyutları tanımlanan farklı yöntemlerle hesaplanırlar ve genellikle tamsayı olmayan bir değere sahiptirler [11].



Şekil 3.26. Peano eğrisi [11]

3.11.2. Euclidien boyut

Elert'e (2005) göre; Euclidien boyut objenin yerleştiği uzayın boyutudur. Objeler Euclidien uzaydaki noktalar kümesi olarak tanımlanırlar. Uzay nokta adı verilen varlıklar topluluğudur. Her iki terim de belirsizdir. Ancak aralarındaki ilişki önemlidir: Uzay üst, nokta asttır. Basit anlamda nokta; tüm olası konumları kapsayan uzaydaki bir pozisyon ya da konumdur. Nokta bir nokta biçiminde olmak zorunda değildir. Herhangi bir obje de nokta olabilmektedir. Diğer geometrik nesneler (çizgi, düzlem, daire, elips konik Kesitler), cebirsel kavramlar (fonksiyon, değişken, parametre, sabitler) ya da fiziksel ölçüler (zaman, hız, sıcaklık) de uzayda bir nokta olarak kabul edilebilirler. Hatta gerçek nesneler bile uzayda bir nokta olarak kabul edilebilirler. Örneğin bir ulusun nüfus uzayı içinde insanlar birer noktadır ya da ülkeler küresel politik alanda bir noktadır ya da telefonlar telekomünikasyon ağı içinde bir noktadır [11].

Akla gelen herhangi bir uzay boyut adı verilen, kendisiyle ilgili bazı karakteristik sayılara sahiptir. Bu yüzden boyut uzaydaki tüm noktaları tanımlamak için gereken parametrelerin sayısı olarak tanımlanabilir. Örneğin bir düzlemi tanımlamak için iki parametreye ihtiyaç duyulur dikdörtgensel koordinatlar için (x,y) polar koordinatlar için (r, theta) parametrelerine ihtiyaç duyulur. İki parametre ile tanımlandığı için dikdörtgen iki boyutludur [11].

Bir tek noktayı tanımlamak için parametreye gerek duyulmadığı için noktanın boyutu sıfırdır. Ancak bir uzaydaki iki noktanın tanımlandığı uzay iki boyutludur. Çünkü bu iki noktanın ayırt edilebilmesi için bir parametreye ihtiyaç duyulur. Bu parametre noktanın gerçel sayılar doğrusu üzerinde temsil ettiği değerdir [11].

3.11.3. Hausdorf-Besicovitch boyutu

Bu boyut metrik uzayda tanımlanan diskler yardımıyla nesnelerin boyutunun hesaplanması fikrine dayanırmaktadır. Mesafeye dayanan ilişkiler metrik ve onların yer aldığı uzaylar ise metrik uzay olarak adlandırılmaktadır. Metrik uzaylar tanımlanan diskler ile nesneler arası mesafenin üniteler cinsinden hesaplanmasında kullanılmaktadır [11].

Elert'e (2005) göre; Diskler nesnenin üzerini kapatmak için kullanılan nesnelerdir. En bilinen Euclidean olmayan metrik uzay Manhattan metriğidir. Blokların ve meydanların, tanımlanan diskler ile koordinat sisteminde gösterilmesidir. Böylece

blokların ve meydanların oluşturduğu mesafeler tanımlanabilir. Metrikler ayrıca komşuluklar oluşturmakta da kullanılırlar [11].

Hausdorff-Besicovitch boyutunun hesaplanması için bir nesnenin üzerini kaplayacak disklerin sayısı ve büyüklüğünün bilinmesi gerekmektedir. Büyüklük küçüldükçe nesnenin üzerini kaplayacak disk sayısı da artar. Örneğin Koch eğrisi, 1 birim çapındaki 1 tane disk ile ya da 1/3 birim çapındaki 4 disk ile ya da 1/9 birim çapındaki 16 disk ile tanımlanabilir. Buna göre bir nesnenin metrik uzaydaki Hausdorff-Besicovitch boyutu aşağıdaki Denklem (3.1) ile tanımlamaktadır [11].

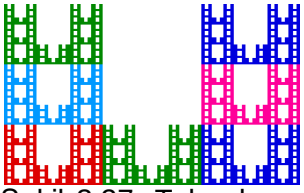
HB=log(N)/log(1/s) (3.1)
HB: Hausdorff-Besicovitch boyutu
N: disk sayısı
1/s: disk boyutu
Koch eğrisi için: log(4)/log(3)=1,2618595

Çizgi parçalarından oluşan Koch eğrisinin Hausdorf Besicovitch yöntemiyle hesaplanan 1,26 boyut değeri çizginin topolojik boyutu olan 1 değerinden yüksektir. Dolayısıyla Koch eğrisi topolojik boyutu 1 olan çizgi ve 2 olan düzlem arasında bir yerde yer almaktadır [11].

3.11.4. Benzerlik boyutu (ds)

Frame ve diğerlerine (2005) göre; Benzerlik boyutu, fraktallerin kendine benzerlik ve ölçekten bağımsız olma özelliklerine dayanmaktadır. Fraktal nesneyi oluşturan parça sayısı ve şeklin bütünü ile parçaları arasındaki küçültme faktöründen yararlanılarak oluşturulan matematiksel bir denklem yardımıyla hesaplanmaktadır. Bütünü oluşturan parçaların özdeş olup olmamasına bağlı olarak iki farklı şekilde hesaplanabilmektedir [11].

a-) Tekrarlanan parçaların boyutları aynı olduğu zaman (Şekil 3.27) Denklem (3.2) fraktal boyut:



Şekil 3.27. Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olduğu durum [11]

ds = Log(N)/Log(1/r); (3.2)

N= tekrarlanan parça sayısı

r = küçültme faktörü

denklemi ile hesaplanabilmektedir.

N = 7 parça, her biri r = 1/3 ölçeği ile boyutlandırılıyor.

ds = Log(7)/Log(3) = 1,77

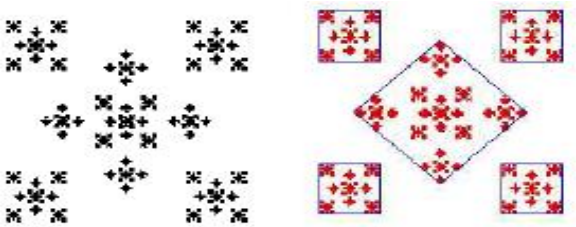
b-) Moran formülü: Bu sistem tekrarlanan parçaların boyutları aynı olmadığı zaman uygulanmaktadır. Denklem (3.3) (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Tekrarlanan parçaların boyutlarının aynı olmadığı durum [11]

1=r1d+…+rNd (3.3)

Aşağıdaki örnekte 4 parçası özdes bir parçası farklı olan bir fraktal cismin boyutunun Moran Formülü yardımıyla hesaplanması gösterilmektedir (Şekil 3.29) [11].



Şekil 3.29. Moran Denkleme uygulaması [11]

4 parça r1 = r2 = r3 = r4 = 1/4, bir parça r5 = 1/2.

Buradan Moran Denklem kullanılarak;

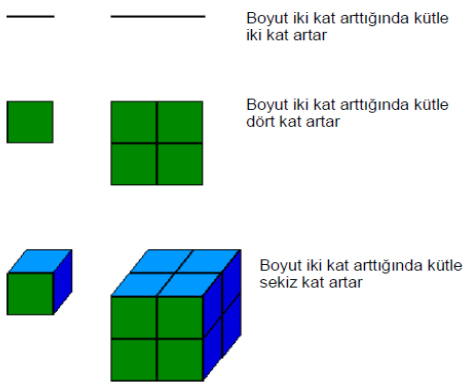
1 = 4(0,25d) + 0,5d

d = 1,35702 ...

değeri elde edilir.

3.11.5. Kütle boyutu

Bir objenin kütlesinin objenin boyutuyla nasıl ölçülebileceği düşüncesine dayanmaktadır (yoğunluğun değişmediği farz edilir). Aşağıdaki örnekte çizgi kare ve küp gibi bilinen nesnelerin kütle ve boyut ilişkisi görülmektedir (Şekil 3.30) [11].



Şekil 3.30. Kütle boyutu [11]

Frame ve diğerlerine (2005) göre; Ancak toz yığını ve doğal süngerler gibi hiyerarşik yapıya sahip objelerin tamsayı olmayan kütle boyutları vardır. dm ile ifade edilen kütle boyutu; objenin içine (merkezin yakınlarına) yerleştirilen bir P noktası ve M(r) olarak nitelendirilen; objenin içinde bulunan c merkezli r yarıçaplı bir dairenin kütlesi (eğer obje bir düzlemde değil de bir uzayda bulunuyorsa küre) ile tanımlanır [11]. Güç kanununa göre bu ilişki Denklem (3.4) ile ifade edilir.

$$M(r) = k\, r^{d} \tag{3.4}$$

r çok büyük çıkarsa tüm obje dairenin içinde bulunmaktadır ve M(r) r'nin artmasıyla değişmez. Eğer r çok küçükse objeyi oluşturan küçük bir parçanın (atom v.s.) içinde bulunuyoruz demektir [11].

3.11.6. Fraktal boyut

Bovill'e (1996) göre; Fraktal boyut (fractal dimension) ise, kendine benzer yapının (fraktal biçimin) süreklilik derecesinin matematiksel olarak ölçülmesi ile ortaya çıkan değerdir. Kurgusu ritmin - tekrarın kontrolü ile ilgili olan tasarım ve mimari tasarım alanında da fraktal boyuttan yararlanılabilir. Aynı zamanda fraktal değer, ritmik bir kompozisyondaki karmaşıklığın sürekliliğinin ölçülmesini sağlar [10].

Fraktal geometri ortaya çıktıktan sonra bilim adamları fraktal boyut fikrine de yönelmişlerdir. Bilindigi üzere, üç boyutlu bir uzayda yaşamaktayız ve düzlemin boyutunun iki, dogrununkinin bir ve noktanınkinin ise sıfır oldugu herkes tarafından kabul edilmektedir. Fraktal geometrinin fikir babası olan Mandelbrot'a bir iplik yumağının boyutu sorulduğunda ise yanıtı "Bu sizin bakış açınıza baglı bir olay" şeklinde olmustur. Uzaktan bakıldığında yumak bir noktadan ibarettir, yani boyutu sıfırdır. Daha yakından yapılan gözlemlerde yumak yüzeyinde düzensizlikler bulunan bir küre gibidir. Boyut sayısı üçe çıkmıştır. Daha yakından bakıldığında yumağı oluşturan tek boyutlu iplik ayrık olarak gözlemlenebilir. Bu noktada fraktal boyut kavramına yönelmemiz gerekmektedir. Fraktal yani kesirli boyut açıklanması zor bir kavramdır. Öklit boyutunun tersine fraktal boyut kesirli bir sayı ile ifade edilir ve fraktal bir egri yani belli değişkenleri olan bir fonksiyonla ifade edilebilir. Bu eğrinin çevre uzunlugu ise her aşamada 4/3 oranında büyür [12].

Fraktal boyut, fraktal bir cismin karmaşıklık derecesinin ifade edilmesinde kullanılan matematiksel bir parametredir. Karmaşıklık derecesi, boyut, alan ve hacmin ne hızda arttığının belirlenmesi ile ölçülebilmektedir. Çizgi parçalarından oluşan Peano eğrisi örneğinde, eğrinin uzunluğu her çevrimde artmaktadır. Belirli bir derecedeki çevrimden sonra bu uzunluk değeri sonsuza gitmektedir. Dolayısıyla bu noktadan sonra uzunluk gibi Euclid geometrisine ait kavramlar fraktallerin tanımlanmasında kullanılan karakteristik özellikler değildirler. Bovill'e (1996) göre; Fraktallerin ayırt edici özelikleri; uzunluk, alan gibi çeşitli parametrelerin sonsuz değere ne hızda gittiğini gösteren fraktal boyuttur. Fraktal boyut, fraktal nesne ne kadar büyütülürse büyütülsün ya da bakış açısı ne kadar değiştirilirse değiştirilsin, hep aynı kalan bir özelliktir. Fraktal boyut, tam sayı olmayan bir değerle ifade edilir. Bu nedenle kesir boyut olarak da adlandırılmaktadır. Fraktal boyutun tam sayı olmamasının nedeni fraktallerin bir örüntü oluşturması ve uzayda kapladığı alanla ilişkilidir [11].

Doğanın geometrisi ile Euclid geometrisi arasındaki farkı fark eden ve doğaya ait bir geometrinin eksikliği ile ilgili çözümler arayan Mandelbrot, diğer matematikçiler gibi

bu konuda çözümler aramaktan kaçınmamıştır. Bu konudaki çalışması ile ilgili olarak Mandelbrot şunları söylemiştir; “Ben yeni bir doğa geometrisi tasarladım, geliştirdim ve farklı birkaç alanda kullandım. Fraktal olarak adlandırdığım bu geometri çevremizdeki düzensiz ve parçalı birçok örneği açıklayarak yeni teorilere yol açmaktadır. Fraktallerin düzenli olanı da olmayanı da istatiksel verilere dayanmaktadır. Ayrıca fraktaller ölçüleri ve düzensizlik dereceleri ile ilgili bilgiler vermektedirler. Bu noktada da fraktal boyut kavramı ortaya çıkmaktadır.” [10].

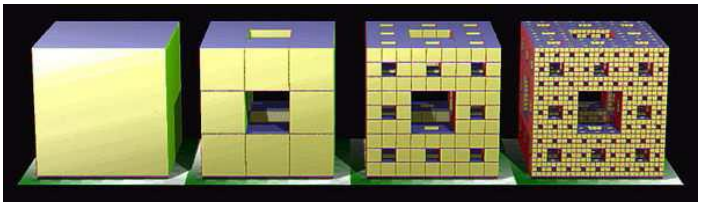
Mandelbrot’un bu düşünceleri ve çalışmalarıyla ortaya çıkan fraktaller günümüzde müzikal yapılardan fizik alanındaki çeşitli çalışmalara kadar birçok alanda kullanılmaktadırlar [10].

Matematikte boyut kavramı basitçe “Bir cismin üzerinde konum belirtmek için ihtiyaç duyulan koordinat sayısı.” olarak tanımlanmıştır. Fakat bu tanım fraktallerin kendine benzerlik özelliklerini ifade etmek için yetersiz kalmıştır [9].

Örneğin, iki boyutlu bir doğru parçasını ele aldığımızda bunun için bir uzunluk ölçebiliriz fakat bir alan hesaplamaya kalktığımızda bir yüksekliği olmadığı için alanı 0 olarak buluruz. Tek bir uzunluk ifadesi bir noktanın bu doğru parçası üzerindeki konumunu belirtmek için yeterlidir. Benzer şekilde kareyi ele aldığımızda cismin iki boyutlu olduğunu söyleyebiliriz. Bir uzunluk hesaplayamadığımız için uzayda bir başka boyutu, bir alanı kapladığını görürüz. İki farklı uzunlukla bir noktanın yerini belirleyebiliriz. Bir Koch eğrisini ele aldığımızda ise bu cismin çizgilerden oluştuğunu görürüz Fakat başlangıç noktasından olan sabit bir uzaklık bir noktanın yerini belirlemeye yetmez. Çünkü Koch eğrisi (ya da bir parçası) aslında sonsuz uzunluktadır. Buna karşın uzayda bir alan kaplamaz [9].

Fraktal cisimlerin kendini tekrar eden özelliklerinden dolayı, öklit geometrisindeki tanımıyla boyutunu kavramak pek olanaklı değildir. Bu cisimlerin boyutunu anlamak için Hausdorff Boyutu tanımlanmıştır [9].

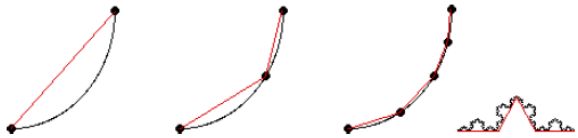
Çizgilerden oluşan Koch eğrisi, sonsuz uzunlukta olmasına rağmen belirli bir alanın dışına çıkmaz. Ancak bu alanı tamamıyla kaplamamaktadır. Dolayısıyla boyutu; çizginin boyutu 1 ile alanın boyutu 2 arasında bir değer olan 1,26’dır. Başlangıç biçimi bir küp olan ve bu küpten küçük küplerin çıkarılmasıyla oluşan Menger süngerinin fraktal boyutu alanın boyutu olan 2 ve hacim boyutu olan 3 arasında bir değer olan 2,72’dir. Bunun nedeni çevrimler sonucu oluşan nesnenin Başlangıçtaki küpün ayrıtları ile sınırlı bir hacimde sonsuz yüzeye sahip olmasıdır (Şekil 3.31) [11].



Şekil 3.31. Menger süngeri [11]

3.12. Fraktal Boyutun Hesaplama Yöntemleri

Matematikte problem alanına göre çeşitli boyut hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. En basit yöntem, herhangi bir eğrinin ölçüsünün yaklaşık olarak hesaplanabildiği etkisiz ölçüm yöntemidir. Eğri üzerinde noktalar alınır ve bu noktalar birleştirilir. Noktaların birleştirilmesiyle oluşan düz çizgilerin uzunluğu ölçülerek eğrinin yaklaşık uzunluğu hesaplanır. Seçilen eğrilerin boyutu küçüldükçe hesaplanan değer artmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem uzunluğu sonsuza giden fraktaller için etkili bir yöntem değildir (Şekil 3.32) [11].



Şekil 3.32. Etkisiz ölçüm [11]

Fraktal boyut hesaplamada kullanılan yöntemler, genellikle parçaların bütüne oranı ve parça sayısına dayalı matematiksel Denklemlere dayanmaktadır ve hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerin bazıları matematiksel verilere dayalı analitik yöntemler, bazıları da çeşitli grafiksel ifadelere dayalı deneysel yöntemlerdir. Mandelbrot Fraktal boyut hesaplamada 20. yüzyılın basında Felix Haousdorf tarafından geliştirilen bir yöntemden yararlanmıştır. Ona göre fraktal nesneler Hausdorff-Besicovitch boyutu topolojik boyutundan büyük olan nesnelerdir. (D > DT). Bir başka yöntemde hesaplama, fraktallerin temel özelliklerinden biri olan kendine benzerlik kavramı doğrultusunda yapılmaktadır. Koch eğrisi veya Sierpinski üçgeni gibi kesin bir kendine benzerlik özelliği ve tekrarlanan parçaların tam olarak aynı olmadığı fraktallerde ya da mimarlık gibi farklı disiplinlerde yapılan hesaplamalarda da deneysel yöntemler kullanılmaktadır [11].

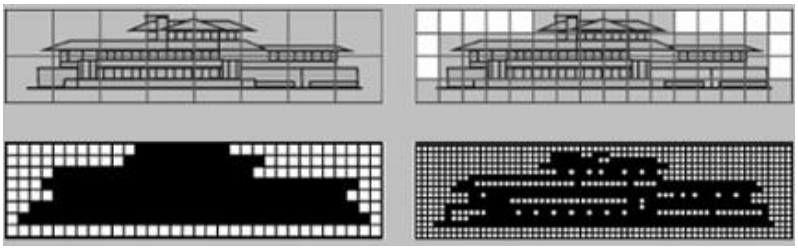
3.12.1. Curdling yöntemi

Curdling, Mandelbrot'un fraktal leke üreten çevrime verdiği isimdir. Fraktal leke, küme karakteristiği olan nokta ya da şekil grubunun bağlarının koparılmasıyla

oluşur. Gökyüzündeki yıldız takımlarının gelişigüzelliği bu yöntemle açıklanabilir. Curdling yöntemi boş kareli bir kağıda ızgara düzeni oluşturularak başlar ve daha sonra, bir madeni para, zar ya da rastgele sayı üreticisiyle (random number generator) kutucukların tutulacağına ya da ıskarta yapılacağına karar verilir. Madeni para kullanmak en kolay yöntemdir. Her 9 kare için para çevrilir. Tura, karenin sonraki raunda kaldığı anlamına gelir, yazı ise karenin yok olduğunu gösterir. Para atımıyla kareyi kurtarma olasılığı 1/2 dir. Bir sonraki aşamada kalan kareler daha küçük 9 kareye bölünür. Sonra para yine bu küçük karelerden hangilerinin kalacağına karar vermek için kullanılır. İdeal durumda bu prosedür son leke bırakılana kadar, sonsuza dek devam eder. Gerçekte prosedür, dengeli-kararlı bir neticeye ulaşana kadar devam eder [2].

3.12.2. Kutu sayım yöntemi (db)

Fraktal değer hesaplama yöntemlerinden biri Kutu Sayım Yöntemidir. Bu metot; bir nesneyi tümüyle taramaya yetecek kutucuk sayısı kadar hücre sayısını hesaplamaktadır. Pratikte bir nesne üzerine bu süper yüklenmiş düzenli kutucukların uygulanmasıyla ve dolu kutucukların sayımı şeklinde oluşur. N (r) logaritması, dolu kutucuk sayısı, l/r logartimasına karşı - ki r burda bir hücrenin büyüklüğüdür - kutucuk boyutlarının gradyanına tekabül eden bir doğru - çizgi - verir. Bu metot tamamen dolu ve kısmen dolu hücrelerin ortaya konulmasıyla geliştirilmeye başlanmıştır. Bu uygulama, hücrelerin kombinasyonunun logartimasının grafiğe dökülmesiyle kutucuk boyut hesabının yapılmasına imkan vermektedir : tamamen dolu, tamamen boş ve kısmen dolu (Şekil 3.33 ve Şekil 3.34). Denklem (3.5) ve (3.6) ile hesaplanilabilir; [2].



Şekil 3.33. Frank Lloyd Wright, Robie Evi [2]

grid boyutu = 1/8 and grid size = 1/32

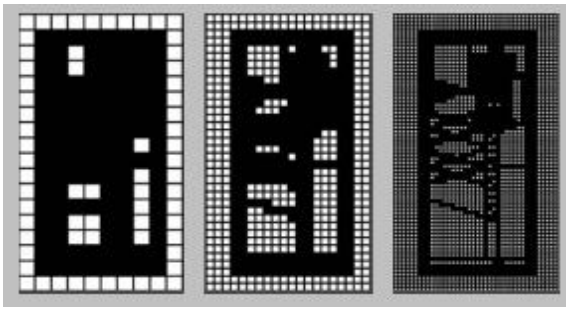
grid boyutu = 1/16 ve grid boyutu = 1/64

Robie evi - D(slope 8-64)=1,57: D(8-16)=1,64;

D(16-32)=1,55; D(32-64)=1,54; (3.5)

Bovill tarafından yapılan ölçümlerin sonucu:

D(24’-12’)=1,645; D(12’-6’)=1,485; D(6’-3’)=1,441;



Şekil 3.34. Frank Lloyd Wright, Robie Evi [2]

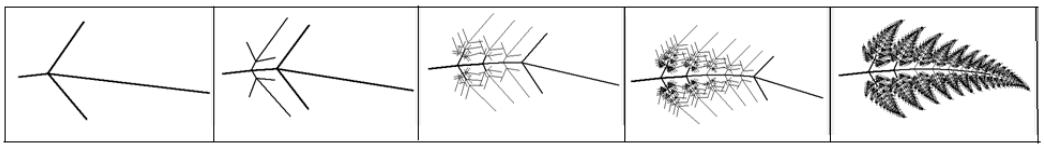
grid boyutu = 1/10, 1/20 and 1/40 23

renkli cam - D(slope 5-40)=1,56: D(10-20)=1,65; D(20-40)=1,66;

C. Bovill tarafından yapılan ölçümlerin sonucu:

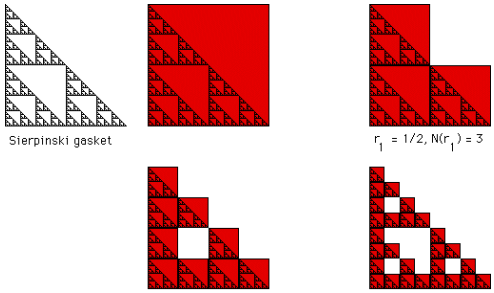
D(6’’-3’’)=1.721; D(3’’-1.5’’)=1,626 (3.6)

İlk bakıldığında kaotik yani karmaşık gibi görülen evrendeki/doğadaki oluşumların aslında yapısında sadelik ve basitlik barındırdığını söyleyebiliriz. Her ne kadar kaotik durumda yani kaosta düzensizlik (entropi) artsa da sistemin tümü ya da en küçük parçası kendi içerisinde belli bir düzene sahiptir. Kısaca, kaos düzensizligin düzeni 3.35. şeklinde tanımlanabilir [12].



Şekil 3.35. Fraktal geometrinin elde edilmesine örnekler [12]

İki boyutlu imajlar üzerinden fraktal boyutun ölçülmesinde kullanılan yöntemdir. Fraktal boyutu hesaplanacak nesne üzerine karelerden oluşan bir ızgara sistem oturtulur. Her çevrimde karelerin boyutları yarı yarıya küçültülür. Bu çevrimlerde içerisinde veri bulunan kutular sayılır (Şekil 3.36). Bu kutuların boş kutulara oranı aşağıdaki Denklem (3.7)'e göre hesaplanarak fraktal boyut bulunur; [11].



Şekil 3.36. Kutu Sayım yöntemi [11]

$$D(b) = [\log(N(s2)) - \log(N(s2))] \quad (3.7)$$

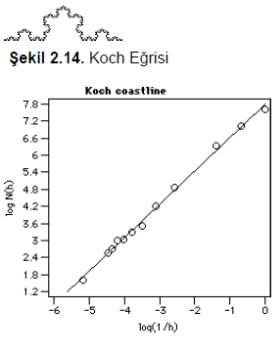
$$[\log(1/s2) - \log(1/s1)]$$

Db = kutu sayım metoduna göre fraktal boyut

N(s)= içinde veri bulunan kutu sayısı

1/s= alt sıradaki kutu sayısı

Formül, N(s) değerlerinin logaritması alınarak bir grafiğin düşey ekseninde, (1/s) değerlerinin logaritması alınarak grafiğin yatay ekseninde işaretlenmesiyle ortaya çıkan noktaların birleştirilmesiyle oluşan eğrinin eğiminin hesaplanmasına dayanır. Eğim fraktal boyutu verir. Örneklerde Koch eğrisi ve dikdörtgen için G. Elert tarafından yapılan kutu sayım yöntemi ve Hausdorff-Besicovitch yöntemiyle fraktal boyut hesapları yer almaktadır (Şekil 3.37, 3.38). Bazı durumlarda her iki yöntemle hesaplanan değerler birbirinden farklı olabilmektedir [11].



log (1/h)	log N(h)
0	7.60837
-0.69315	7.04054
-1.38629	6.32972
-2.56495	4.85981
-3.09104	4.21951
-3.49651	3.52636
-3.78419	3.29584
-4.00733	3.04452
-4.18965	2.99573
-4.34381	2.70805
-4.47734	2.56495
-5.17615	1.60944

Şekil 3.37. Kutu Sayım yöntemi grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler [11]

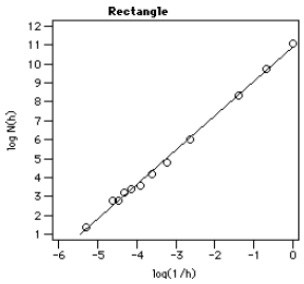
Boyut (deneysel) = 1,18

Boyut (analitik)= 1,26

Sapma = 6%



Şekil 2.16. Dikdörtgen



log (1/h)	log N(h)
0	11.0904
-0.69315	9.71962
-1.38629	8.31777
-2.63906	5.99146
-3.21888	4.79579
-3.61092	4.15888
-3.91202	3.58352
-4.12713	3.40120
-4.31749	3.21888
-4.46591	2.77259
-4.60517	2.77259
-5.29832	1.38629

Şekil 3.38. Kutu sayım yöntemi Grafiği ve bu grafikte kullanılan değerler [11]

Boyut(deneysel) =1,82

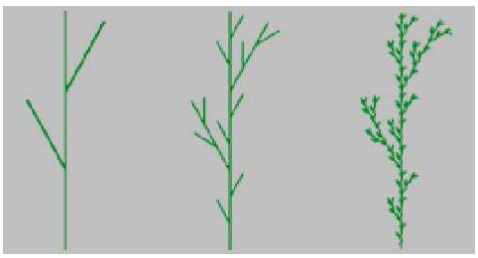
Boyut(analitik) =2

Sapma=%9

3.12.3. Lindenmayer sistem yöntemi

L-Sistemleri ilk olarak 1968'de Aristid Lindenmayer tarafından sunulmuştur. Lindenmayer'in sistemleri (L-sistemler) bitki şekillerinin benzerini yapmak için şık bir yoldur. Başlayan bir model, bir kaç kural dizisine göre değiştirilir ve daha sonradan da tekrar ve tekrar değiştirilir [19].

Biyolog Lindenmayer tarafından bitki formlarının büyüme biçimlerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiş bir gramer sistemidir. Harfler ve semboller kümesinden oluşan bir alfabe, bu harflerle temsil edilen bir başlangıç biçimi ve bunlarla tanımlanan kurallardan oluşmaktadır. Çizgisel fraktaller oluşturur. Doğal fraktallere benzer karakteristik özelliklere sahip yapay fraktaller oluşturmaktadır (Şekil 3.39, 3.40) Denklem (3.8) kuralla göre hesaplanılabilir [11].



Şekil 3.39. L-Sistemi [11]

Kural = “l [+ l] l [- l] l” (3.8)

l = çizgi

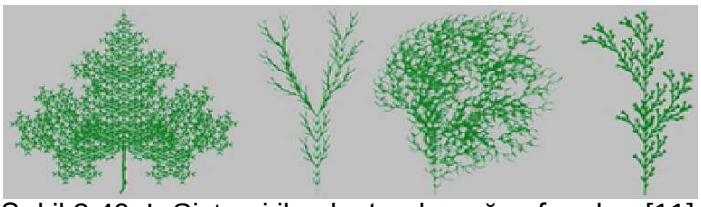
+ = +28,58 derece

- = -28,58 derece

[= dalın başlangıcı

] = dalın bitişi (Lorenz)

Kuralın tekrarlanmasıyla çeşitli ağaç formları oluşturulabilir.

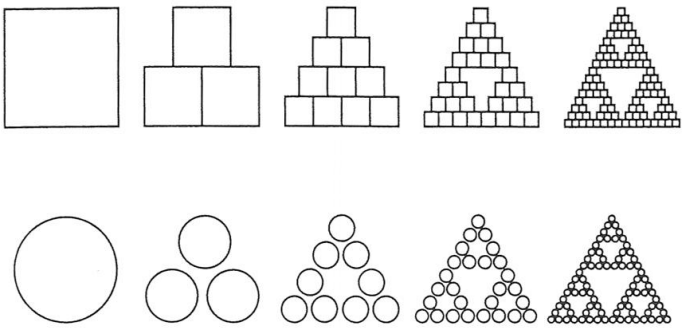


Şekil 3.40. L-Sistemi ile oluşturulan ağaç formları [11]

3.12.4. Tekrarlamalı fonksiyon sistemi

Peitgen ve diğerlerine (1992) göre; Klasik fraktaller ve doğal şekiller arasında matematiksel bir bağlantı mevcuttur. Fraktal boyut kavramı doğal formları açıklaması için de genişletilmiştir. Bir deniz kenarı doğal formu ve rastgele bir Koch eğrisi arasındaki bağlantıyı görmek kolaydır [2].

Tekrarlamalı fonksiyon sistemleri (IFS) bu bağlantıyı sağlar. Chaos and Fractals kitabında Peitgen, Jurgens ve Saupe sistemlerin ne yaptığını açıklamak için birçok indirgemeli lensi içeren kopya makinesinin analojisini kullanmışlardır. Her lens – mercek – orijinal şekli ½ oranında küçültür ve 3 defa küçültülmüş şekiller eşkenar üçgen şeklinde orijinal şeklin üstüne yerleştirilir. Şekil 3.41'de başlangıç şekilleri kare ve çemberlerden oluşan aşamayı adım adım gösterir. IFS yöntemi ile oluşturulan fraktaller incelenirse, üç grup oluşturulabilir: [2].



Şekil 3.41. Başlangıcı çember ve kare olan IFS [2]

Ostwald'a (2001) göre; İlk grup içinde, Koch Snowflake, Cantor Set, Barnsley' Fern ve Dragon Curve yer alır ve oluşturulmalarında temel faktör vektörel ya da eğrisel gruplardan yola çıkılmasıdır. İkinci grupta, kompleks numaralı fraktaller yer alır ve karmaşık sayıları kullanarak kartezyen ortamda fraktal oluştururlar. Mandelbrot Seti ve Julia Set bu mantıkla çalışırlar. Üçüncü grup da Orbit fraktallerin bulunduğu gruptur. Lorenz Attractors, Rossier Attractors, The Henon Attractors, Pickover Attractors, Bifurcation Orbit, bu gruba örnektir. Bu tip fraktaller iki ya da üç boyutlu uzayda bir yörüngenin çizilmesiyle oluşturulurlar [2].

3.13. Fraktallerin Türleri

Fraktallerin doğada ve biyolojide fraktaller, gerçek ve yapay matematiksel fraktaller, düzenli ve düzensiz fraktaller ve çoklufraktaller olmak üzere türleri vardır.

3.13.1. Doğada ve biyolojide fraktaller

Doğadaki oluşumların ve nesnelerin gerek fiziksel, gerek kimyasal gerekse de biyolojik yapılarında tekrar ve tekrarlar sonucu oluşan kendine benzerlik özelliği dolayısıyla fraktal nitelik bulunmaktadır. Doğal fraktaller olarak adlandırılan bu oluşumlarda üç veya dört çevirime kadar kendine benzerlik özelliği görülmektedir [11].

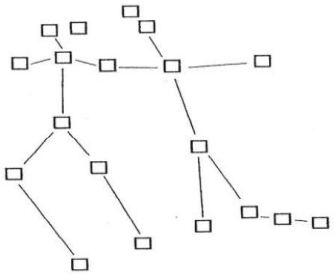
Doğadaki fraktaller kavramı ilk olarak Mandelbrot'un "Britanya'nın Sahil Şeridi Uzunluğu Ne Kadardır?" makalesiyle gündeme getirilmiştir. Kıyıların uzunluğunu hesaplamanın göründüğünden daha zor bir problem olduğuna dikkat çekmiştir. Çünkü kıyıların bizim ölçebileceğimiz kesin bir uzunluğu yoktur. Ölçüm tamamen ölçeğe bağlıdır. Bir kilometrelik bir ölçek kullanıldığında kıyılardaki bir kilometrelik ölçeğin yakalayabileceği genel hatlar üzerinden bir ölçüm yapılır [9].

Fakat ölçek bir metreye indirildiğinde kıyılardaki girinti ve çıkıntılar çok daha ayrıntılı ölçülmüş olur ve daha büyük bir uzunluk bulunur. Her zaman daha da küçük bir ölçek kullanarak daha büyük bir uzunluk ölçmek mümkündür. Bir santimetre gibi çok ayrıntılı bir ölçek kullanıldığında kıyılar üzerindeki taşların yarattığı girinti ve çıkıntılar da hesaba katılmış olur. Mandelbrot uzunluğun ölçeğe bağlı olmasına rağmen, ölçeklerin oranlarıyla uzunlukların oranlarını arasında bir bağıntı olduğunu ortaya koymuştur ve bu özelliğin farklı ölçeklerde ve farklı bölgelerde de benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Bunun ölçekten bağımsız bir kendine benzerlik (self similarity) kavramını işaret ettiğini ortaya koymuştur. Doğadaki bazı varlıkların bir parçasının bütüne benzediği gözlemlenebilir. Kıyıların yanında akarsular, çoğu çok

hücreli canlıdaki solunum ve dolaşım sistemleri gibi bir çok yapının fraktal özelliği tespit ettiği görülmüştür. Bunların fraktal yapılarının keşfedilmesi doğadaki bu varlıkları daha iyi anlamaya ve taklit etmeye olanak sağlamıştır. Aslında çok karmaşık görünen yapıları ifade edebilecek iterasyona dayalı fraktal kuralları olduğu görülmüştür. Doğada karşılaştığımız fraktal özellikler sadece görsel ögelerle sınırlı kalmamaktadır. Sinyallerdeki gürültülerin, hatta DNA ve kalp atışın fraktal özellik gösterdiği bilinmektedir [9].

Doğadaki birçok oluşum yapısı gereği kendine benzer yapıya sahiptirler. Bu özelliği bitkilerde, ağaçlarda, sebzelerde, deniz canlılarında, gökyüzündeki oluşumlarda görmek mümkündür. Bu kendine benzer yapılar doğada kimi zaman doku ölçeğinde kimi zaman ise strüktürel anlamda karşımıza çıkmaktadır [10].

Gök cisimlerinde kendine benzer yapıya rastlanmaktadır. Yıldız kümelerinin dizilişlerinde (Şekil 3.42) ve uydudan çekilen fotoğraflarda Jupiter gezegeninin dokusunda (Şekil 3.43) bunu net olarak görebilmekteyiz [10].



Şekil 3.42. İkizler Takım Yıldızı yıldız şeması [10]



Şekil 3.43. Jupiter gezegeni [10]

Ağaç dallarının kurgusu (Şekil 3.44), yıldırımın kurgusu (Şekil 3.45) birbirlerine çok benzemektedir. Ana bir dal ve o daldan üreyerek devam eden diğer dallardan oluşurlar. Her oluşan yeni dalda da aynı mantıkta üremeye devam eden bir kurgu söz konusudur [10].



Şekil 3.44. Ağaç strüktürü [10]



Şekil 3.45. Yıldırım [41]

Bir ağacın gövdesini kestiğimiz zaman karşımıza çıkan yaş halkaları (Şekil 3.46) da kendine benzer yapıya sahiplerdir. Gök cisimleri ve ağaçların yanı sıra bitkilerde de bu yapıya rastlanmaktadır. Fraktal kurguya güzel bir örnek oluşturabilecek romenesko brokolisi kendine benzer sonsuz sayıda örüntüden oluşmaktadır. Yaklaştıkça aynı örüntünün devam ettiği gözlemlenmektedir. Brokoli dışında doğal ortamda bulabileceğimiz yabani otlardan tere otu ve sütleğen otunda (Şekil 3.47) (Bursa yöre halkının bu yabani otlar için kullandığı isimlerdir) da benzer yapı söz konusudur [10].



Şekil 3.46. Yaş halkaları [42]



Şekil 3.47. Romenesko Brokolisi, Tere otu ve Sütleğen otu [10]

Salyangozda ve deniz kabuğunun kesitinde (Şekil 3.48) de giderek büyüyen benzer yapıdaki eğrileri görebilmekteyiz [10].



Şekil 3.48. Salyangoz ve deniz kabuğu kesiti [10]

Peitgen ve diğerlerine (2003) göre; Yeryüzü şekillerinin düzensiz, girintili çıkıntılı ve euclid geometrisi ile tam olarak tanımlanamayan formları doğal fraktallerin en çok bilinen öneklerindendirler. Dağların, nehirlerin, kıyıların şekilleri incelendiğinde, tüm bu oluşumların geometrik yapılarının tekrarlar sonucu oluşan karmaşık formlar olduğu görülmektedir. Bir sıradağ kütlesi incelendiğinde her bir dağ kütlesini oluşturan birbirine benzer girinti ve çıkıntılar görülmektedir. Ölçek küçültüldüğünde görülen dağ yüzeyindeki küçük bir çıkıntının geometrik biçiminin dağın geometrik biçimine benzer olduğu görülür (Şekil 3.49) [11].



Şekil 3.49. Dağlar [43]

Denizlerde ve göllerdeki dalgaların oluşturduğu yüzeyler de tıpkı dağlarda olduğu gibi girintili çıkıntılı bir görüntü oluşturmaktadır. Deniz yüzeyinin üzerindeki bu pürüzlü görüntü yüzeye daha yakından bakıldığında da görülmektedir (Şekil 3.50) [11].



Şekil 3.50. Dalgalar [44]

Aynı şekilde nehirlerin formlarına bakıldığında belli bir noktadan baslayan çatallanmalar ve bu çatallanmaların oluşturduğu karmaşık formlar görülmektedir. Bu çatallanmalar ile oluşan nehir kollarının nehrin kendisine benzeyen şekiller olduğu görülmektedir (Şekil 3.51) [11].



Şekil 3.51. Nasser Gölünün kara oluşumu ve nehir yolu kırılımı, Mısır [11]

Nehirler üzerindeki şelalelerde de aynı özellik görülmektedir. Suyun kayalara çarpması ile çatallanmalar oluşmakta ve su daha da küçük kayalara çarptıkça yüzeyde daha çok çatallanma oluşmakta ve bu çatallanmalar da şelalenin ana kurgusuna benzer kurgular oluşturmaktadır (Şekil 3.52) [11].



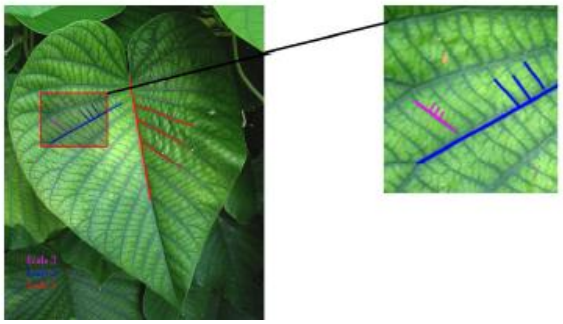
Şekil 3.52. Şelale [11]

Ağaçlar, kendine benzerlik özelliğinin ve aynı formun tekrarının yoğun olarak görüldüğü doğal nesnelerdir. Bir ağacın toprak üstündeki kısmı olan dalları ve toprak altında kalan kısmı olan kökleri çatallanmalar sonucu oluşan karmaşık geometrik yapılara sahiptirler (Şekil 3.53) [11].



Şekil 3.53. Ağaç dalları [11]

Yaprakların üzerindeki damarların kurgusunda da tekrar ve kendine benzerlik özelliği görülmektedir. Yaprağın ortasındaki ana damar kollara ayrılmaktadır. Daha sonra da bu kollar kendilerine benzer daha küçük kollara ayrılmaktadır (Şekil 3.54) [11].

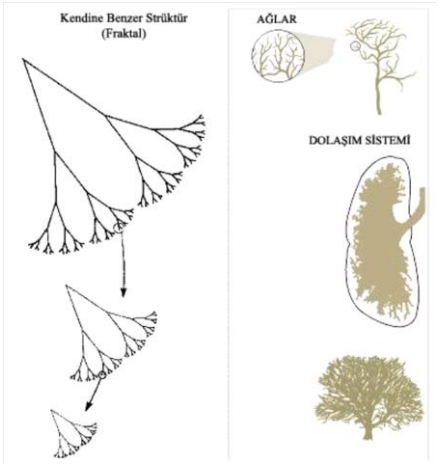


Şekil 3.54. Tropikal yaprak [11]

Doğada gizli olan altın oranın bir tam sayıya eşit olmaması, aksine sürekli olarak 1,618'den sonra değişen farklı uzantılara sahip olması nedeniyle doğada kesirli (fraktal) bir yapı ortaya çıkar. Örneğin, bulutlara, dağlara, nehirlere veya insan vücudundaki sistemlere kısacası doğadaki oluşumlara baktığımızda bunları bilinen matematiksel eğriler ile yani daire, dikdörtgen, elips, silindir, küre gibi düzgün Öklityen şekillerle ifade etmenin mümkün olmayacağını görürüz. Doğadaki bu tarz oluşumlar veya şekiller fraktal yani kesirli geometrilerle birlikte incelenebilmektedir. Bilindiği gibi doğada en çok görülen yapılaşma sarmallardır ve doğada bizi altın oran kavramına götüren Fibonacci serisine eşdeğer birçok sarmal yapı mevcuttur. Fibonacci serisine eşdeğer bu sarmal yapılar Fibonacci sarmalı olarak adlandırılırlar. Doğada hem dinamik hem de durağan sarmallar gözlenebilir; örneğin tayfunlar, saman yolu, çam kozalakları, DNA sarmalı gibi. En ilginçleri arasında logaritmik sarmallar vardır. Bu yapılaşmaların büyümesi eksponansiyel formda olur. Aynı şekilde doğadaki radyoaktif bozunma gibi fiziksel süreçlerde eksponansiyel dağılıma örnek verilebilir. İnsanlığın bilgi ve beceri dağarcığı gibi sosyal gelişmeler de eksponansiyel bir değişim göstermektedir [12].

Tüm bu bilgiler ısığında, özellikle dogadaki fiziksel olaylara ve görsel olarak logaritmik algılama özelliklerimizi göz önüne alarak etrafımızda meydana gelen degisiklikleri tam anlamıyla fark edebiliyor muyuz sorusu gündeme gelebilir. Farkındalık sürecine geçmeden önce fraktal kavramının tarihsel gelisimi hakkında bilgi vermek daha yararlı olacaktır [12].

Bunde ve diğerlerine (1994) göre; Biyolojik yapıların kaosla ilişkileri tamamıyla kompleks yapıdan olmalarından kaynaklanmaktadır. Biyolojik evrim süreci başlangıç koşullarına hassas bağlılık gösterir, tersinmez ve nonlineerdir. Biyolojik sistemlerde alt sistemlerle etkileşim halinde olan ölçekler arası bir düzen bulunmaktadır. Organizma alt bileşenlerine tek tek parçalara ayrılıp incelenemez ve bütün sistem bu şekilde anlaşılamaz (Şekil 3.55) [2].



Şekil 3.55. Biyolojide kendine benzerlik [2]

Cramer'e (1998) göre; Hücreler arası ve hücre içi yaşamsal faaliyetleri sürdüren aminoasit, enzim gibi elemanların bir araya geliş şemalarında fraktal boyutla karşılaşılmaktadır. Hücrehücre teması sırasında oluşan bağlantı 2,2-2,5 boyutludur ve bu bağlantılar yoğun kaotik öğeler içerirler. Bu öğeler, parçaların dinamik yoldan birbirlerine kenetlenmelerindeki kusursuzluğun ve tamlığın vazgeçilmez önkoşuludur [2].

Gleick'e (1997) göre; Damarlar, böbrek süzme kanalları da fraktal bir şekilde dallanmaktadırlar. Damarların çatallanmaları ve Koch eğrisinin sonlu bir alanda sonsuz uzunluğa sahip bir çoklu doğru oluşturmasında olduğu gibi sonlu bir hacimde neredeyse sonsuz bir yüzey sağlayarak tüm hücrelerin birbirine madde aktarmasını olanaklı kılar. Pratikte sonsuz kabul edilebilecek bir yüzeye sahipken hacmi böbrekle sınırlıdır. Dokuların birçoğunda, hücrelerin hiçbiri en yakındaki kan damarına üç ya da dört hücrelik mesafeden daha uzak olmamasına rağmen damarlar ve kan beden içerisinde %5 gibi çok az bir yer tutmaktadır. Bronşlardaki dallanmayı klasik ‘’eksponansiyel’’ yaklaşımla betimlemenin yanlış olduğu ortaya çıkmış; fraktal bir betimlemenin verilere daha uygun olduğu anlaşılmıştır [2].

Doğadaki organizmaların fraktal boyutlarının bilim teknolojilerinde kullanılmasına 1970li yıllardan itibaren başlanmıştır. Brokoli bitkisi fraktal dizilim ve kendine benzeme özelliği açısından en iyi örneklerden biridir. Bunun yanısıra bilim adamları diğer bitkileri fraktal dönüşümleri açısından karşılaştırmaya başlamışlardır [2].

Bunlardan en ilginci liken araştırmalarıdır. Likenlerin bu araştırmalarda kullanılma sebepleri öncelikle hava tahminleri aracılığıyla meteorolojide kullanımları, ekolojik

değerleri ve asidik bünyeleri sayesinde de kimya ve biyoloji alanlarındaki işlevsellikleridir. Çok çeşitli bölgelerde ve iklim koşullarında yaşayabilmeleri, dayanıklılıkları, çeşitlilikleri ve doğada en uzun süre (300 ve daha fazla sene) yaşayan canlılardan olmaları fraktal araştırmalarında seçilmelerinde önemli rol oynamıştır [2].

Likenler, yüzey büyüklükleri ve de büyüme oranları küçük canlılardır. Bu da likenlerle ilgili araştırmalarda en çok dikkat çekilen ve neden-sonuç araştırmalarının başlangıç noktalarındandır. Yapılan araştırmaların ilklerinden biri olması açısından Morse ve Lawton'un likenler üzerine tespitleri örneklenmiştir [2].

Liken yüzeylerinde bulunan artropotların vücut ölçü dağılım eğrileri için tek açıklamanın bitki yüzeylerinin fraktal boyutları olduğunu öne sürmüşlerdir. Bir çok odunsu bitki türünün çapraz ve lineer kesitini Mandelbrot'un kutu sayım yöntemini kullanarak tespit etmiş ve Fraktal boyut D'yi ortaya çıkarmışlardır. İlk olarak, kutu sayım yöntemi ile odunsu bitkilerin iki boyutlu resimleri üzerinde hesaplama-bölümleme yapılmıştır. 10 odunsu bitki türü için kabul edilen fraktal boyut ortalama 1-44 olmak üzere, değerler 1-31 ve 1-79 arasında değişmektedir [2].

Çok küçük bir cetvelle ölçüldüğü takdirde, fraktal boyut D, 2 nokta arasındaki doğrusal uzaklığın artış oranının bir ölçüsüdür. 1-44 fraktal boyutu, organizmaların vücutlarının büyüklüğündeki azalma düzeninin, habitatlarında algılanan iki nokta arası doğrusal uzaklığın (L) artışını gösterir. Böylelikle habitat yüzey alanı (L^2) olur veya bu büyüklüğe yaklaşık bir düzen olur. Daha küçük organizmaların daha az kaynak kullandığını düşünürsek, belirtilen fraktal argümana metabloik argüman da ilave edilmelidir. Genel olarak kaynak kullanımının oranı (R) ve vücut ağırlığı (W), R – W olarak bağlıdır. Eğer popülasyon yoğunluğu, kaynak kullanımının ayrı ayrı oranlarının karşıtlığına yaklaşık olarak oranlıysa popülasyon yoğunluğu yaklaşık olarak; W - 0,75 yahut L3 - 0,75 ölçülecektir [2].

Sugihara'ya (1990) göre; 80li yılların sonlarından yapılan çalışmalarda odunsu bitki yüzeylerinin çapraz Kesitlerinin fraktal olduğu görülmüştür. Deneylerde, bir fraktal eğrinin ya da yüzeyin önemli bir özelliğinin, ölçme birimi düştükçe fraktal uzunluğun ya da alanın oransız olarak büyümesi olduğu tespit edilmiştir. Lawton'a (1986) göre; Bu bilgiden, odunsu bitkilerin yüzeyinde, daha küçük organizmalar için (küçük ölçü birimi), daha büyük organizmalara göre daha fazla alan olduğu anlaşılmaktadır ve böylece küçük organizma sayısı büyükten daha fazla olmalıdır. Bu ilişkiyi tam

gösteren eğim de yüzeyin fraktal boyutundan ve kaynağın başlı başına kullanımından tahmin edilebilir olmalıdır. Bununla birlikte artropod (eklembacaklılardan) vücut ölçülerinin dağılımı için bu açıklama doğruysa, bu bir skaladan bağımsız olmalıdır. Bu deneyle, küçük ölçekli likenlerin yüzeylerinin çapraz Kesitlerinin fraktal olduğu görülür ve üzerlerinde bulunan küçük artropotların vücut ölçülerinin dağılımı benzer şekilde fraktal boyutundan öngörülebilir (Şekil 3.56) [2].



Şekil 3.56. Liken ve artropod [2]

Yapılan deneyler sonucu küçük organizmaların popülasyon yoğunluğu, daha büyük organizmalara (30 mm uzunluğundaki organizmalar) göre 178 kat fazladır. Buradan vücut boyutları dağılımının fraktal açıklamasına dayalı bir analiz rapor edilmiştir. Yüzey küçüldükçe fraktal boyut artmıştır ve fraktal çalışmalarda likenler daha büyük organizmalara göre daha çok kolaylık tanımışlardır [2].

Bu deneysel çalışmada, likenlerin fraktal kurgusunun nesneleri betimlemede kullanım kolaylığı getirmesinin dışında likenlerin seçilmesinin bir diğer sebebi de, likenlerin (mantar ve alg) doğadaki en basit organizmalardan biri olarak, simbiyoz bir ortamda yaşıyor olmalarıdır. Daha açık bir anlatımla, doğal bir yaşam biçimi ile yapay ortamda oluşturulmuş yaşam biçimleri arasında ortak bir dil bulunması etken olmuştur. Mimarlığı bu anlamda düşünürsek; yapı, çevre, insan ve doğa bir simbiyoz oluşturabilirler [2].

3.13.2. Gerçek ve yapay matematiksel fraktaller

3.13.2.1. Gerçek matematiksel fraktaller

Her ne kadar fraktal terimi yirminci yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkmıs ve birçok bilim dalında fraktal nitelik gösteren oluşumlara rastlanmış olsa da fraktaller, bu kavram ortaya atılmadan çok önce birçok matematikçinin çalışmalarında yer almıştır. İsveçli matematikçi Helge von Koch tarafından 1904 yılında tanımlanan Koch eğrisi, Georg Cantor tarafından 1872 yılında oluşturulan Cantor seti, Polonyalı

matematikçi Waclaw Sierpinski tarafından 1915 yılında oluşturulan Sierpinski üçgeni ve Sierpinski halısı ve İtalyan Matematikçi Giuseppe Peano'un 1890 yılında yarattığı alan dolduran eğri olarak da tanımlanan Peano eğrisi bilim dünyasında "fraktal" kelimesi bilim literatürüne girmeden önce ortaya atılan fraktal nitelik gösteren oluşumlardan bazılarıdır [11].

Gerçek Matematiksel fraktaller olarak da adlandırılan bu fraktaller, bir Başlangıç biçimi, üretici ve basit kurallar yardımıyla oluşturulurlar. Hiçbir zaman çok karmaşık değildirler. Çizgisel fraktaller oluştururlar. Katı bir kendine benzerlik özelliği gösterirler. Üretilen biçimin her parçası başlangıç biçiminin küçültülmüş bir kopyasıdır. Bir önceki aşamadaki sonuç ürün bir başka deyişle çıktı, bir sonraki aşamadaki ürünün girdisidir. Dolayısıyla kesin bir başlangıç biçimine duyarlılık söz konusudur [11].

- Cantor Seti

Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. Bu çizginin üç eşit parçaya bölünüp, ortadaki çizginin çıkarılmasıyla üretici biçim oluşturulur. Daha sonraki çevrimde oluşan her iki çizgi üç eşit parçaya bölünür ve üretici biçimde olduğu gibi ortadaki çizgi çıkarılır. Kuralın birkaç çevrim daha uygulanması ile Cantor Seti oluşur. Çevrim sayısının sonsuza yaklaşmasıyla çizgilerin yerini noktalar kümesi alır [11].

- Koch Eğrisi

Başlangıç biçimi düz bir çizgidir. Bu çizginin üç eşit parçaya bölünüp ortadakinin çıkarılarak yerine bir eşkenar üçgen koyulması ve bu eskenar üçgenin taban kenarının kaldırılmasıyla üretici biçim oluşturulur. Sonraki aşamalarda her bir çizgi için aynı işlem yapıldığında Koch eğrisi oluşturulur [11].

Klasik matematik köklerini Eukleides geometrisinin yapısına ve Newton mekaniğine dayandırıyordu. Cantor ve Peano'nun modern matematiğin başlangıcı sayılan çalışmaları, Eukleides ve Newton'un modellerine uygun düşmemekteydi. İlk zamanlarda, yaygın sanat beğenisine aykırı düşüp, yeni gelişen kübik resim ve atonal müzikle uzlaşabilen bu yeni yöntemler '' patolojik '' olmakla itham edilmiştir. Bu matematiğin öncüleri de klasik matematiğin doğayla ilgili gözlemlerle sınırlandırılmış yapısının artık aşıldığını açıklamışlardır. Ancak Mandelbrot'a göre matematikçiler doğanın oyununa gelmiştir. 19. yy. matematiğindeki naturalizmin sınırlarını yıktığı düşünülen yeni matematiğin birçok öğesinin, doğadaki bazı

unsurlara denk düştüğü ortaya çıkmıştır. Bu şekilde 20. yy. matematiğinde fraktal geometri temel düzeyde bir başlangıç yapmıştır. Mandelbrot'un fraktallerle ilgili yaptığı çalışmalarında etkilendiği kişi, Koch Curve'ü (Koch Eğrisi) keşfeden Helge von Koch'tur [2].

3.13.2.2. Yapay matematiksel fraktaller

Kaos teorisiyle birlikte bilim adamlarının doğadaki dinamik sistemlerin oluşumlarını ve durumlarını tanımlamada çeşitli Denklemler yardımıyla oluşturdukları şekiller ve doğadaki fraktal kurguların analiz edilmesiyle ortaya çıkan yapılanmalar yapay fraktaller olarak adlandırılmaktadırlar. Çeşitli matematiksel Denklemler ve bir başlangıç biçimine uygulanan dönüşüm kuralları ile oluşturulmaktadırlar. Her iki oluşum yönteminde de sonsuz tekrar söz konusudur. Bu nedenle sonuç ürün kendine benzer bir yapıya sahiptir. Fraktal geometriyle, üretilen basit bir biçim tekrar eden algoritmik bir yapıyla sonuçta karmaşık bir yapıya dönüşmektedir [16].

Üretimlerindeki sonsuz tekrar nedeniyle genellikle bilgisayarlar yardımıyla çevirimli algoritmalarla üretilirler. Yapay fraktaller oluşumlarına ve sahip oldukları kendine benzerlik özelliğine göre çeşitli gruplara ayrılmaktadırlar. Oluşumlarına göre yapay fraktaller, düzenli (determinist) ve düzensiz (rasgele random) fraktaller olarak ikiye; kendine benzerlik özelliklerinin derecesine göre de kesin kendine benzerlik, yarı kendine benzerlik ve statiksel kendine benzerlik gösteren fraktaller olarak üçe ayrılmaktadırlar [11].

17 yüzyılda Gottfried Leibniz ilk kez öz yineli kendine benzerlik kavramını ortaya atmıştır. O zaman için bu koşulu sağlayan tek şeklin doğru olduğunu düşünmüş olsa da fraktallerin matematiksel olarak temelleri atılmış oldu. Karl Weierstrass, 1872 yılında sezgisel olmayan biçimde her noktada sürekli fakat hiç bir noktada türevlenebilir olmayan bir fonksiyon örneği verdi. 1904 yılında Helge von Koch benzer bir şeklin geometrik tanımını daha iyi biçimde yaparak Koch eğrisi olarak bildiğimiz şekli ortaya attı. Daha sonralarda Wacław Sierpiński Sierpinski Halısı ve Sierpinski Üçgeni denen şekilleri üretmiştir. Georg Cantor da bir doğruyu oluşturan noktaların alt kümesinden bugün Cantor kümesi ya da Cantor Tozu diye bildiğimiz şekli oluşturmuştur. Mandelbot ve Julia kümeleri de matematiksel fraktallerin bilinen örnekleri arasındadır [9].

Matematiksel fraktallerin en belirgin özelliği belli bir kurala göre tanımlanabilmeleridir. Bu kurallar yenilemeli olarak sonsuza kadar uygulandığında

fraktaller elde edilir. Örneğin Koch eğrisi bir doğru parçasının 3'e ayrılarak ortadaki parçası enine aynı uzunlukta iki parçayı oluşturacak şekilde yukarı kıvrılması kuralına göre oluşur. Bu kural sonsuza kadar tekrarlandığında sonsuz uzunlukta bir eğri elde edilir [9].

3.13.3. Düzenli ve düzensiz fraktaller

3.13.3.1. Düzenli fraktaller

Fraktallerin yapılarını oluşturan ve kaos teorisinin bir parçası olarak gündeme gelmesini sağlayan temel özelliklerinden olan kendine benzerlik, tekrarlar sonucu oluşma ve Başlangıç durumuna duyarlılık, matematik, fizik, astronomi, biyoloji, mimarlık, resim, ekonomi ve doğa gibi kaotik özellik gösterebilen birçok bilim alanında görülen özelliklerdir. Bu alanlarda var olan dinamik sistemlerin, çizgisel olmayan sistemlerin, ölçekten bağımsız oluşumların ve karmaşık şekillerin yapısında çeşitli fraktal kurgular görülmektedir. Dolayısıyla bu bilim dallarına ait çeşitli problem alanlarına ait çözümlemelerde de fraktallerden ve fraktal geometriye ait temsil biçimlerinden yararlanılmıştır [11].

Birçok bilim dalını kapsayan bu çeşitlilik içerisinde farklı sınıflara ait birçok fraktal türünden yararlanılmış ve bu türlerin oluşturulmasına yönelik fraktal üretim yöntemleri kullanılmış ve yeni yöntemler geliştirilmiştir [11].

Schmitt'e ve diğerlerine (1996) göre; Fraktal türlerine yönelik en temel sınıflandırma; Mandelbrot'a göre doğanın geometrisi olan fraktallerin doğada göründükleri oluşumlara ve doğadaki oluşumlardaki kural ve formel özelliklerden yararlanılarak insan eliyle yapılan fraktal grafiklere göre olan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre fraktaller, doğal fraktaller ve yapay fraktaller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Belirtilen her iki sınıflandırmada da insan eliyle üretilen fraktallerin oluşturulmasında çeşitli üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları matematiksel Denklemlere dayanmaktadır. Bazı yöntemlerde ise geometrik şekillerden ve bu şekillere uygulanan dönüşüm kurallarından yararlanılmaktadır. Gerek matematiksel kurallar gerekse dönüşüm kuralları ile fraktallerin üretilmesinde en önemli faktör tekrardır. Biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak da tanımlanan fraktaller, çevrimli algoritmalar yardımıyla günümüzde bilgisayar destekli modellerle de oluşturulabilmektedir [2].

3.13.3.2. Düzenli fraktallerinin üretim yöntemleri

Lorenz'e (2003) göre; Düzenli fraktaller, belirlenmis bir kural algoritmasının tekrarlanması ya da belirlenen bir noktanın matematiksel bir Denklemde kullanılması ve elde edilen sonucun tekrar bu Denklem içinde kullanılması ile üretilen fraktallerdir. Düzenli fraktaller genellikle belirgin bir kendine benzerlik özelliğine sahiptirler. Üretilmeleri sırasında belirli bir başlangıç biçimine yani üreticiye bir kural algoritmasının birden fazla tekrar ile uygulandığı düzenli fraktaller çizgisel fraktaller olarak adlandırılmaktadırlar. Çizgisel fraktallerin üretilmeleri sırasında matematiksel yöntemler kullanılmaktadır. Belirlenen bir noktanın koordinatlarının bir formül içinde kullanılması ile oluşturulan düzenli fraktallere noktasal fraktaller adı verilir [11].

Mandelbrot Seti gibi kaotik fraktaller ile garip çekiciler bu gruba dahil fraktal türleridir. Düzenli fraktallerin en bilinen örnekleri:

- Gerçek Matematiksel (Klasik) fraktaller,
- Yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS) ile oluşturulan fraktaller,
- L-Sistemleri - Lindenmayer-Sistemi ile oluşturulan fraktaller,
- Kaotik Fraktaller,
- Garip Çekiciler (Orbital fraktaller) dir.

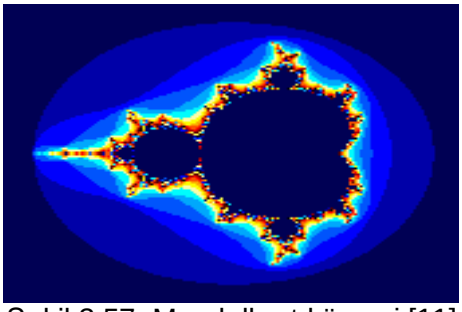
1. Kaotik fraktallerin oluşturulma yöntemi: Karmaşık sayılı fraktaller olarak da adlandırılırlar. Parçaları, çözümü karmaşık sayılar olan basit bir matematiksel denklem ile oluşturulur. Kaos teorisi ile ilişkilendirilirler. Grafik ifadelerinde bilgisayar ekranı üzerindeki her noktanın bir karmaşık sayıya denk geldiği düşünülür. Belirlenen bir başlangıç sayısı matematiksel bir denklem içinde kullanılır. Sonuç sayı tekrar bu denklemde yerine koyulur. Belirli bir tekrardan sonra iki farklı sonuç çıkar. İlki sonucun sonsuza gitmesidir. İkincisi ise sonucun belirli bir sayı değerine ulaşması ya da periyodik olarak belirli sayılar arasında gidip gelmesi ile tanımlanan sabit nokta durumuna ulaşmasıdır. Bu iki duruma göre başlangıç noktası belirlenen bir renk ile işaretlenir [11].

Tüm bu işlemler sırasında ekran üzerinde bir grafik oluşur. Çizgisel fraktallerin oluşumundan farkı, sonuç değerin kullanılması nedeniyle eklenerek büyümesidir. En çok bilinen örnekleri Mandelbrot kümesi ve Julia kümesidir [11].

2. Mandelbrot kümesi: Oluşturulması sırasında başlangıç sayısı sabit nokta durumuna gelirse Mandelbrot kümesinin bir parçası olarak kabul edilir ve siyah renk

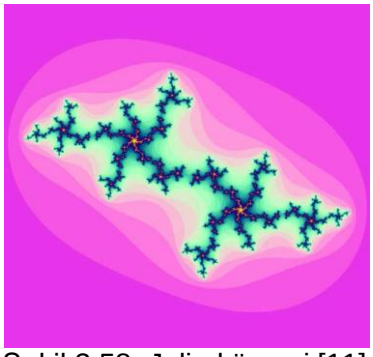
ile isaretlenir. Eğer başlangıç sayısı sonsuza yaklaşırsa kaç tekrar sonucu sonsuza yaklaştığı dikkate alınarak daha önceden belirlenen başka bir renk ile işaretlenir (Şekil 3.57) Denklem (3.9) ile oluşturulur; [11].

$$Z(n+1)=Zn+c \tag{3.9}$$



Şekil 3.57. Mandelbrot kümesi [11]

3. Julia kümesi: Fransız matematikçi Gaston Julia tarafından 1920'lerde oluşturulmuştur. Mandelbrot kümesinde kullanılan denklem ile oluşturulur. Aralarındaki fark Mandelbrot kümesinde Z0 değeri sabit c değeri değişken iken, Julia kümesinde başlangıç Z0 değeri değişken c değerinin sabit olmasıdır (Şekil 3.58) [11].



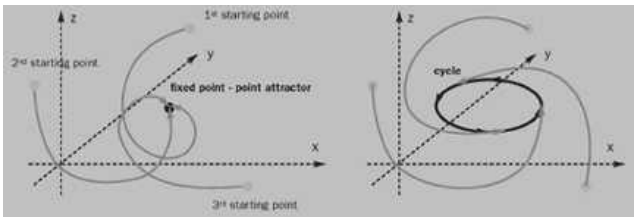
Şekil 3.58. Julia kümesi [11]

4. Orbital fraktallerin (garip çekicilerin) oluşturulma yöntemi: Lorenz'e (2003) göre; Bir sistem ve sistem içindeki çekiciler ile tanımlanan orbital fraktaller hava durumu gibi bazı doğal olayların tanımlanmasında kullanılır. Çekiciler sistemin durumunu ifade etmek için kullanılır. Oluşturulması kaotik farktallerin oluşumu ile benzerlik gösterir. Aralarındaki fark, burada oluşan her sayı ekranda isaretlenir. İsaretlenen sayılar bir yörünge davranışı gösterir [11]. (Şekil 3.59, 3.60) Denklem (3.10) ile oluşturulur;

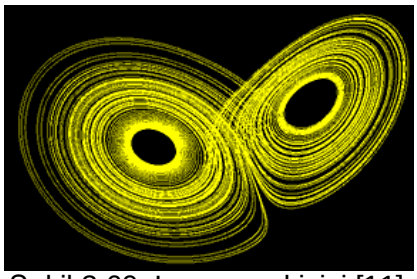
$x^2 = a^*(y-x)$

$y^2 = b^*x - x^*z - y$

$z^2 = x^*y - c^*z$ (3.10)



Şekil 3.59. Lorenz çekicisi [11]



Şekil 3.60. Lorenz çekicisi [11]

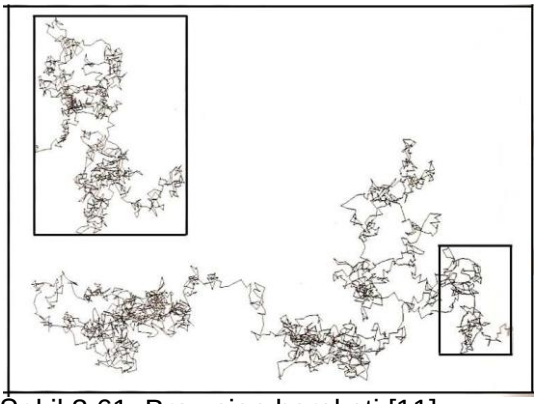
3.13.3.3. Düzensiz fraktaller ve üretim yöntemleri

Bunde ve diğerlerine (1994) göre; Düzensiz (random) fraktaller genellikle bilgisayar grafiklerinde doğa benzeri yapıların oluşturulduğu fraktallerdir. Düzensiz fraktaller, düzenli fraktaller gibi belirli bir başlangıç biçimi, üretici ve tekrarların oluşturduğu deterministik bir yolla değil de üreticiye bağlı olmayan stokastik bir süreç sonucunda oluşurlar [11].

Düzenli fraktallerin aksine birden fazla üreticiye sahip olabilirler. Üretilmeleri sırasında genellikle;

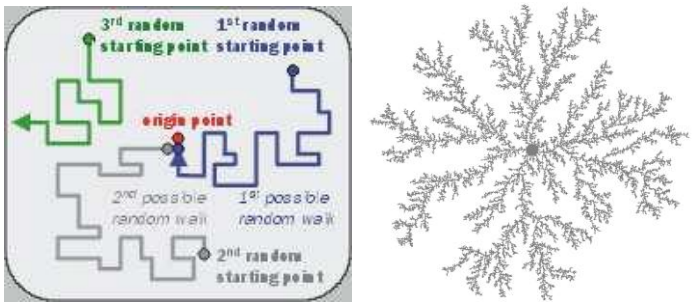
- Brownian Hareketini temel alan DLA Modeli ve
- Orta Noktanın yer değiştirmesi yöntemi kullanılmaktadır.

1. Brownian hareketi: Brownian Hareketi, bir parçacığın bir sıvı içindeki gelişigüzel hareketine verilen addır. Botanist Robert Brown'ın suyun içinde hareket eden polen taneleri üzerine yaptığı araştırmalar sonucu bu adı almıştır. Mikroskobik düzeyde görülebilen bir harekettir. Parçacığın çevresindeki moleküllerle çarpışması sonucu yaptığı hareketlere ve bu hareketler sonucu oluşan izlere dayanmaktadır. Bu hareketler küçük bir parçasının bütününe benzediği statiksel kendine benzerlik özelliği gösteren grafikler oluşturmaktadır (Şekil 3.61) [11].



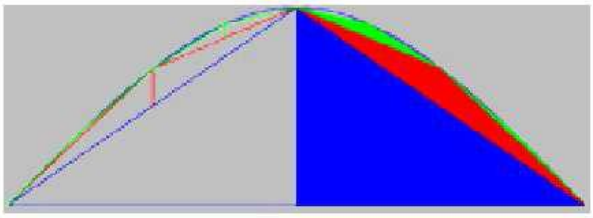
Şekil 3.61. Brownian hareketi [11]

2. Yayılma ile sınırlı küme ve üretim yöntemi: Yayılma ile sınırlı küme (DLA) benzetim yoluyla açıklanır. Modelin oluşma süreci bir koordinat sistemi üzerindeki merkez noktanın belirlenmesi ile baslanır. Bilgisayar grafiklerinde bu noktanın ekranın orta noktası olduğu kabul edilir. Daha sonra ekran üzerinde bu noktaya uzak başka bir nokta seçilir. Bu noktanın yürüyüşü başlatılır. Eğer nokta merkez noktaya ulaşırsa hareket sona erer. Tekrar bir nokta seçilir, bu nokta ekran dışına çıkarsa yürüyüş durdurulur ve yeni bir nokta seçilir. Merkez noktaya ulaşan noktaların çizdiği yol fraktal bir yapılanma gösterir (Şekil 3.62) DLA kent sokaklarının büyüme şekilleri, bakteri kolonilerinin hareketi gibi çeşitli süreçlerin açıklanmasında kullanılmaktadır [11].

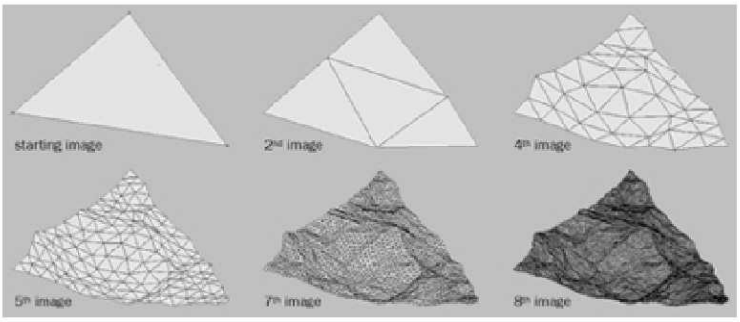


Şekil 3.62. Yayılma ile sınırlı küme [11]

3. Orta noktanın yer değiştirmesi yöntemi: Yöntem bir parabol ve parabol içine çizilen üçgenlerle açıklanabilir. İlk olarak bir parabol ve parabolün iki noktasını birleştiren bir çizgi çizilir. (Şekil 3.63). Daha sonra bu çizginin orta noktasından parabolün tepe noktasına bir çizgi çizilir. Bu işlem oluşan her çizgide tekrarlanır ve böylece parabolün altında birbirine benzer üçgenler oluşturulur. Yüzey şekillerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır [11]. (Şekil 3.64)



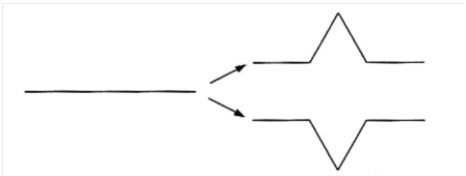
Şekil 3.63. Orta noktanın yer değiştirmesi [11]



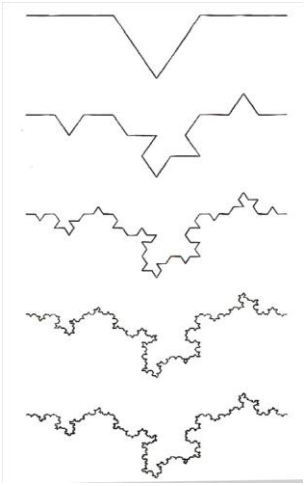
Şekil 3.64. Orta noktanın yer değiştirmesi yöntemi ile üretilen yüzey şekilleri [11]

3.13.3.4. Düzenli fraktallerden düzensiz üretilen fraktaller

Düzenli (determinist) fraktaller, başlangıç biçimi, üretici veya kural algoritmasında yapılacak küçük değişikliklerle daha düzensiz hale getirilebilmekte ve bu yolla doğa benzeri oluşumlar yaratılabilmektedir. Peitgen, Koch eğrisinin başlangıç biçimini ve üreticiyi değiştirmeden sadece kural aşamasında üreticinin yönü üzerinde yaptıkları bir değişiklik ile daha düzensiz bir fraktal oluşturmuşlardır (Şekil 3.65, 3.66) [11].

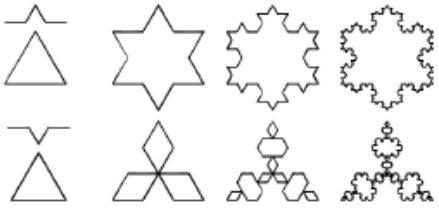


Şekil 3.65. Üretici yönü [11]

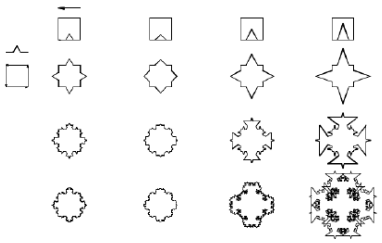


Şekil 3.66. Koch Düzensiz Eğrisi [11]

İbrahim ve diğerlerine (2001) göre; Çizgisel fraktallerde parçalarının yönünün ve başlangıç biçimi ve üretici arasındaki oranların fraktal üretim sürecindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu alanlarda yapılan değişikliklerle farklı görsel karakteristikleri olan fraktaller üretmişlerdir (Şekil 3.67, 3.68) [11].



Şekil 3.67. Anti-Koch eğrisi [11]



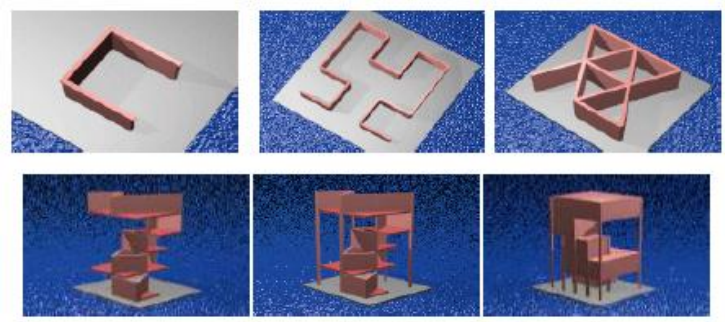
Şekil 3.68. Üretici ve başlangıç biçiminin boyutlarının değişmesi [11]

3.13.3.5. Fraktal üretim yöntemlerinin mimarlıkta kullanılması

Krawczyk'e (1995) göre; Üretken sistemlerin bir parçası olan yapay fraktallerin oluşturulmasında kullanılan yöntemler, bilgisayar destekli tasarım sistemlerinin bir parçası olarak günümüzde mimarlık alanında birçok tasarımcının çalışmalarında

kullanılmaktadır. Robert J. Krawczyk tarafından geliştirilen Hilbert bina blokları, Matematiksel fraktallerde kullanılan kural algoritmalarının benzeri bir yaklaşımla bina formları üretilmesinde kullanılmaktadır. Alman matematikçi David Hilbert'in alan dolduran eğrilerinden yola çıkılarak kurgulanan bir algoritma ile bina tasarımı yapan bir programdan oluşmaktadır [11].

Program fraktal geometrinin üretici ve başlangıç biçimi özelliğinden yararlanılarak yazılmıştır. Üretici olarak kabul edilen üç çizgi diğer üreticilerle birleşerek yapının formunu oluşturmaktadır. Doksan derece dısındaki değerlerle yapılan dönüşümlerle farklı alternatifler üretilebilmektedir (Şekil 3.69) [11].

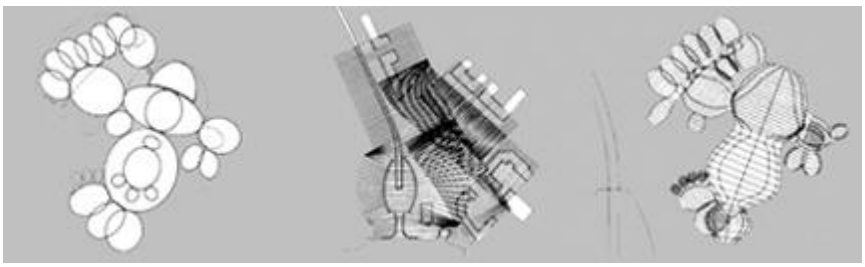


Şekil 3.69. Hilbert Bina blokları [11]

Gerg Lynn'in Cardiff opera binası için hazırladığı tasarımda, operanın başlangıç formu, tıpkı matematiksel fraktallerde olduğu gibi başlangıçtaki biçimin üç ayrı biçimle yer değiştirmesine dayanan bir dönüşüm kuralı ile yaratılıyor. Sonuç çizim fonksiyon, strüktür ve form oluşturma düşüncesi ile bir daha dönüşüme uğratılıyor. Fraktal form değişikliğe uğruyor ve kütle fuaye, opera salonu, sahne ve soyunma odalarının organizasyonu nedeniyle tekrar kurgulanıyor (Şekil 3.70, 3.71) [11].



Şekil 3.70. Fraktal leke etüdü [11]



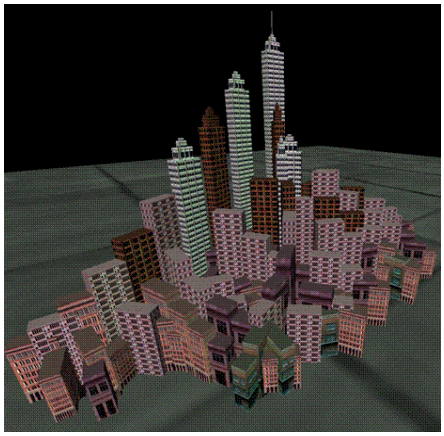
Şekil 3.71. Cardiff Opera binası - Greg Lynn [11]

Yukarıdaki resimdeki soldaki imaj kütlenin ilk alternatifini, ortadaki imaj hafif metro, metro ve komşu binaların sınırları gibi arazi verilerini, sağdaki imaj program gereksinmeleri doğrultusunda yeniden şekillenen kütlenin araziye oturtulmuş şeklini göstermektedir. Yapay genetik kodlama, hücresel otomata ve fraktal ekosistem kurgusundan yararlanılarak oluşturulan Medine'de akıllı köy projesinde amaç optimum arazi kullanımı ve yüksek enerji verimliliği olan bir yerleşim ünitesi oluşturmak. Ünitelerin oluşturulması sırasında Mandelbrot setinin fraktal kurgusu vaziyet planını şekillendirmiştir. Sistem gerektiğinde eklenip çıkartılabilen petek şeklindeki yapılardan oluşmaktadır. Sistemin bu şekilde eklemlenebilir olması için hücresel otomata ve fraktal vaziyet planı kurgusundan yararlanılmaktadır (Şekil 3.72) [11].



Şekil 3.72. Medine'de akıllı köy projesi [11]

Fraktal ağaç oluşturma yönteminin mimari mekân oluşturmak amacıyla kullanıldığı etkileşimli bir program ile oluşturulan ağaç kent projesi ise kullanıcının parametreleri değiştirerek basit veya karmaşık ağaç formlarından bir kent modeli oluşturabilmesine olanak vermektedir (Şekil 3.73). Rastgele seçilen sayılar kentlerin oluşumu ile ağaç formu arasındaki benzerliği ortaya koymaktadır. Ağaç kabuğunu asfalt ve yapraklar binalar ile değiştirildiğinde küçük bir kent ortaya çıkmaktadır. Parametreler büyüdüğünde kent de metropole dönüşmektedir. Programın yaratılmasında L-sistemlerinden yararlanılmıştır [11].



Şekil 3.73. Ağaç kent projesi [11]

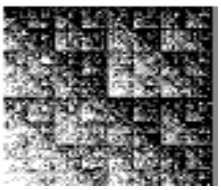
Kaos teorisinin bir uzantısı olarak fraktal oluşumların doğa ile ilgilenen birçok bilim alanındaki karmaşıklık ve bu alanlardaki dinamik sistemlerin yapısının çözümlenmesinde yararlanılan bir yöntem olması, bu alanlardaki sorulara cevap olacak çok farklı fraktal çözümlemelerin oluşmasına neden olmuştur. Ortak özellikleri bir durumun tekrarı ve sistemin en küçük parçasının bütünün bir benzeri olması ilkeleri olan bu çözümlemeler aracılığıyla matematiksel denklemler veya grafiksel tekrarlardan oluşan ve doğadaki karmaşıklık durumunun bir benzetimi olan çeşitli fraktal kurgular oluşturulmuştur. Bu kurgusal oluşumlar mimarlık, kentsel tasarım, iktisat gibi farklı alanlarda da kullanılmıştır [11].

3.13.4. Çoklufraktaller

Feder'e (1988) göre; Bir şey geometrik yapısından dolayı bir ölçüye sahip olabiliyorsa ve o ölçünün yapının farklı parçalarında farklı fraktal boyutu varsa o ölçü çoklufraktaldir. Farklı yöntemlerle oluşturulabilirler [11].

3.13.4.1. Eşit olmayan olasılıklar

Frame ve diğerlerine (2005) göre; Olasılıkların belirlenmesiyle IFS yöntemiyle bir fraktal nesnenin parçaları nesne içinde yer alan kendilerine ait alanı farklı oranda doldurabilir [11].



Şekil 3.74. Eşit olmayan olasılıklar [11]

Yukarıdaki şekilde birim karenin 1/ 4 lük her bir parçası birçok fraktalde olduğu gibi aynı şekilde doldurulmamıştır (Şekil 3.74); P ile temsil edilen olasılıklar da kutunun birinci bölümünde resmi oluşturan noktaların 0,1'i 2, 3 ve 4. kutularda ise noktaların 0.3'ü gösterilmiştir [11]. Denklem (3.11) ile hesaplanılabilir.

$$p1 = 0,1;\ p2 = p3 = p4 = 0,3 \qquad (3.11)$$

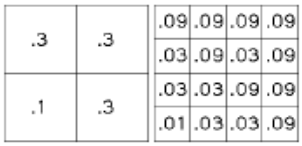
3.13.4.2. Değişken olasılık histogramları

Frame ve diğerlerine (2005) göre; Resmi oluşturan birim kutuların yükseklik boyutuyla tanımlanmasıyla histogramlar oluşur. Farklı bölgelere ayrılarak belirtilen

resme uygulanan her dönüşümün uygulanması olasılıkları, o bölgedeki dönüşüm tarafından belirlenen çevrimlerin kesrini gösterir [11].

IFS ve olasılıklarla oluşturulan eşit olmayan olasılıklar örneğinde, 1. kutuda yaklaşık olarak noktaların 0,1'i ; ve 2., 3. ve 4. kutularda ise 0,3'ü yer almaktadır (Şekil 3.75). Denklem (3.12) ile hesaplanılır:

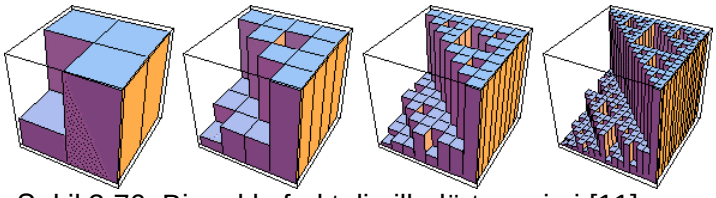
p1 = 0.1, p2 = p3 = p4 = 0,3. (p: olasılıklar) (3.12)



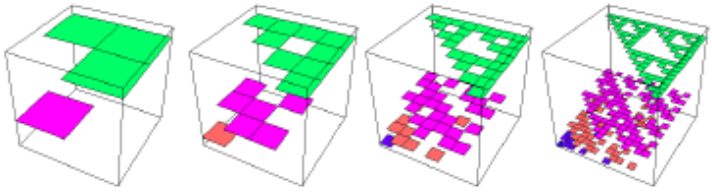
Şekil 3.75. Nesnenin parçalarındaki olasılık oranı [11]

Aynı şekilde 11. kutuda noktaların yaklaşık olarak 0,01 = 0,1*0,1'i , 12. kutuda 0,03 = 0,1*0,3 ü yer alacaktır. Kare 44, noktaların 0,09 unu ve kare 444, noktaların 0,027 sini göstermektedir [11].

Bu örneklerde histogram ilk dört tekrara ait olasılıkları göstermektedir. Bu olasılıklar birim küplerin yüksekliğinin kesri alınarak uygulanan dönüşümler ile üretilmiştir. En yüksek olasılık bölgesinde bilinen bir şekil olmuşmuştur. Sol alt, sağ alt ve sağ üst dönüşümler aynı olasılığa sahip oldukları için Sierpinski üçgeni oluşmuştur (Şekil 3.76). Aşağıdaki şekillerde ise ana kup içinde oluşturulan çoklu fraktalin kesitleri gösterilmektedir (Şekil 3.77) [11].

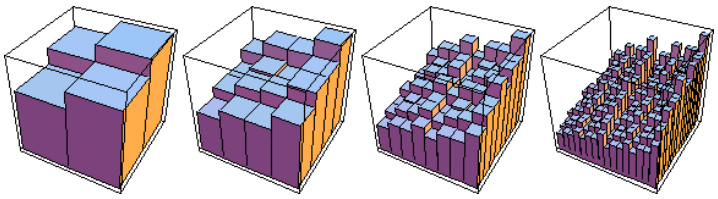


Şekil 3.76. Bir çoklu fraktalin ilk dört çevrimi [11]



Şekil 3.77. Çoklu fraktal'in Kesitleri [11]

Olasılıklar daha çok çeşitlendiğinde daha karmaşık şekiller ortaya çıkmaktadır. (Şekil 3.78) Denklem (3.13) ile hesaplanılabilir:



Şekil 3.78. Çoklu fraktaller ve olasılıkların çeşitlenmesi [11]

p1 = 0,2; p2 = 0,25; p3 = 0,25 ve p4 = 0,3. (p: olasılık) (3.13)

Fraktaller ve fraktal geometriye, günümüzde kaos kuramının popülaritesinin artması ve karmaşa ve düzensizliğin yer aldığı her alanda sahip olduğu yeri güçlendirmesi ile birlikte kaos' a ait bir temsil biçimi olarak ve kaos gibi karmaşa ve düzensizliği içermesi nedeniyle bir çok alanda rastlanılmaktadır [11].

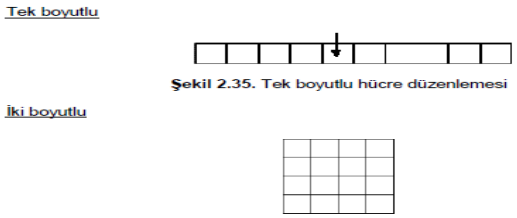
Fraktal boyut ile birlikte tanımlanabilir ve hesaplanabilir olmaları fraktallerin, hem bir değerlendirme aracı hem de tanımlama aracı olmasını sağlamaktadır. Matematik alanında ortaya çıkmış olsalar da şekillere ve örüntülere dayanmaları daha kolay anlaşılabilir olmalarını sağlamaktadır. Bu özellikleri bir takım kurallar ve algoritmalar yardımıyla dijital ortamlarda temsil edilmelerine da olanak vermektedir. Bu özellikleri de günümüzde birçok alanda hem hücresel otomata gibi bilgisayar destekli modellerle birlikte kullanılmalarına hem de çeşitli benzetim modellerinde kullanılmalarını ve birçok arastırmada yer almalarına neden olmaktadır. Çıkıs noktasının doğanın geometrisi olması nedeniyle fraktaller, doğa ve evrene ait bilinmeyenlerin çözümlenmesinde doğa benzeri yapıların oluşturulmalarında da kullanılabilmektedirler [11].

3.14. Fraktaller ve Hücresel Özdevinim

Hücresel otomata (CA) "Bir makine kendisini kopyalayabilir mi?" sorusundan yola çıkılarak oluşturulan soyut matematiksel makinelerdir. Çok basit kurallarla tanımlanan hücresel otomata çok çeşitli davranışlar üretebilir. Bu davranışların bir kısmı organik ve onların büyük bir kısmı da fraktaldir. Bir hücre, ona ait başlangıç durumu ve kurallar grubundan oluşmaktadır. Hücresel otomata temel biyolojik paradigmalardan birinin bilgisayar uygulaması olan genetik algoritmanın keşfedilmesi için uygun bir ayarlamadır. Günümüzde önemli bir modelleme ve benzetim aracı olarak kullanılmaktadır. Hücresel otomata dört özellik ile tanımlanır [11].

3.14.1. Konum uzayı

Hücresel otomatanın konum uzayı, eylemin meydana geldiği evren olarak tanımlanır. Konum uzayı dünyanın bir modeli ve hücreler topluluğudur. Evrenin bölünmez parçalarından, hücrelerden oluşan bir topluluktur. Konum uzayı içerisinde birçok hücre düzenlemesi yer alır. Örneklerde bunlardan sadece ikisi olan tek boyutlu ve iki boyutlu hücre düzenlemeleri gösterilmektedir (Şekil 3.79) [11].



Şekil 3.79. İki boyutlu hücre düzenlemesi [11]

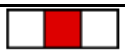
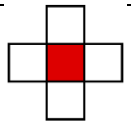
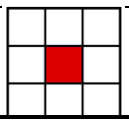
Genel olarak konum uzayı sonsuz büyüklükte kabul edilir. Herhangi bir bilgisayar benzetimi ise sınırlı olmak zorundadır dolayısıyla da sonsuz durum uzayı doğru bir şekilde temsil edilemez. Bu sorun genellikle sarmal formlarla çözülür [11].

3.14.2. Hücre komşuluğu

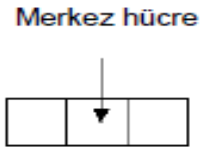
Bir hücrenin komşuluğu, hücrenin etrafındaki dolu ve boş hücreleri ve bu hücrelerle ilişkisini gösterir. Hücrelerin şu anki durumu başka bir hücrenin sonraki durumunu etkilemektedir (Tablo 3.3) [11].

N: komşuluk içindeki hücre sayılarını gösterir,
Tek Boyutlu, N=3

Tablo 3.3. Hücre komşululuk türleri [11]

Tek boyutlu, N=3 komsuluk	
Tek boyutlu, N=5 komsuluk	
İki boyutlu, von Neumannn komsuluğu	
İki boyutlu, Moore komsuluğu	

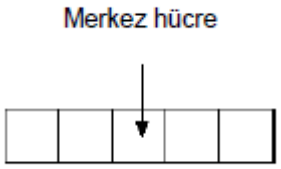
Komşuluk merkez hücre ve onun sağ ve sol yanındaki birer hücreden oluşur (Şekil 3.80) [11].



Şekil 3.80. Tek Boyutlu hücre dizimi N=3 [11]

Tek Boyutlu, N=5

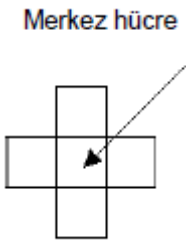
Komşuluk merkez hücre ve onun sağ ve sol yanındaki ikişer hücreden oluşlur (Şekil 3.81) [11].



Şekil 3.81. Tek Boyutlu hücre dizimi N=5 [11]

İki boyutlu, N=5 (von Neumann komşuluğu)

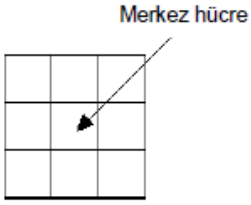
Komşuluk merkez hücre ve onun kuzey, güney, doğu ve batısında bulunan birer hücreden oluşur. Bu komşulukta merkez hücre ve diğer dört hücrenin birer kenarı ortaktır. (Şekil 3.82) [11].



Şekil 3.82. İki boyutlu hücre dizimi N=5 [11]

İki boyutlu, N=9 (Moore komşuluğu)

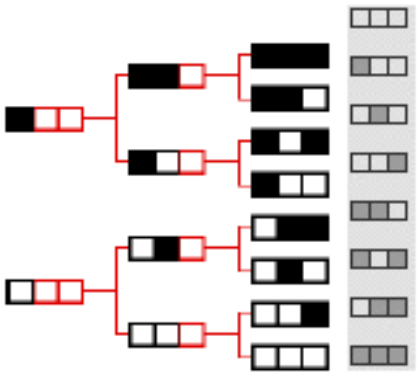
Komşuluk merkez hücre ve onunla bir kenarı ya da bir köşesi ortak olan hücrelerden oluşur (Şekil 3.83).



Şekil 3.83. İki boyutlu hücre dizimi N=9 [11]

3.14.3. Hücrelerin sahip olabileceği konumların sayılabilmesi

Bu özellik, hücrenin o an içinde bulunduğu detay seviyesini gösterir. Konum sayısı S ile gösterilir. Genellikle canlı (siyah) ve ölü (beyaz) hücrelerden oluşan ikililer (S = 2) olarak düsünülür. Hücre sayısı N ve her bir hücrenin konum sayısı S olan bir komşulukta SN tane komşuluk biçimi vardır. Aşağıdaki örnekte S=2 ve N=3 olan bir komşuluk düzeni gösterilmiştir. Hesaplamada kullanılmayan hücreler kırmızı ile gösterilmiştir. Bu örnekte 23 = 8 tane hücre konumu oluşur.(Şekil 3.84) [11].



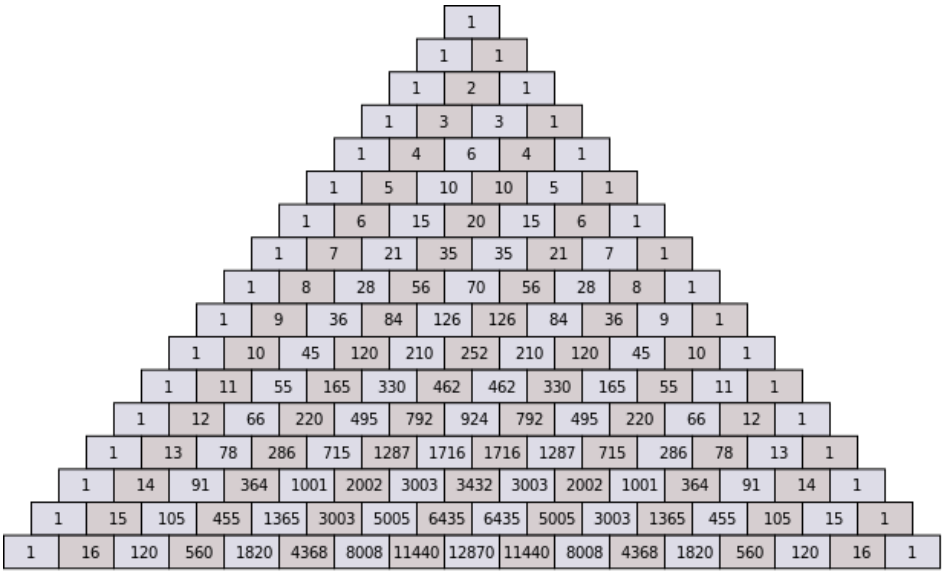
Şekil 3.84. Komşuluk Düzeni [11]

3.14.4. Hücresel özdevinim kuralları

Kurallar, komşuluk içindeki bir hücrenin şu anki durumunun, başka bir hücrenin sonraki durumunu nasıl etkileyeceğini belirler. Özelikle durum sayısı azsa ve komşuluk küçük ise tüm bu özellikleri uygulamak çok basittir. Kapsanan ihtimallerin zenginliği kuralların sayısı hesaplanarak bulunur. Hücresel otomata fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal etkileşimleri modellemede kullanılır. Bu uygulamaların

birçoğunda, yasayan hücrelerin komşuluk içindeki durumu yaşayan hücrelerin sayısı kadar önemli değildir [11].

Hücresel otomata kuralı, konum uzayı içindeki canlı ve ölü hücrelerden oluşan şu anki grubun, bir sonraki canlı ve ölü hücrelerden oluşan grubu nasıl olusturacağını tanımlar. Kural, biçimin bir ölü hücrenin oluşumuna mı, yoksa canlı hücrenin oluşumuna mı yol açacağını gösterir. Hücresel özdevinim kuralları yardımıyla çeşitli fraktal doku örnekleri olusturulabilir. Oluşturulan en çok bilinen fraktal örüntü örneği Sierpenski üçgenidir. Pascal üçgenindeki tek sayıların işaretlenmesine dayanan bir kural dizisiyle oluşturulur (Şekil 3.85) [11].



Şekil 3.85. Pascal üçgeni [45]

4. MİMARİDE FRAKTALLER VE FRAKTAL TASARIM ÖRNEKLERİ

Bu bölümde günümüz mimarlığın önemli bir bölümünü teşkil eden ve çağın bilgisayar teknolojisi ile üretilen fraktal tasarımlar üzerinde durulacaktır.

4.1. Mimari Tasarım ve Fraktaller

Fraktal kuguların geçmiş dönem mimari örneklerinde sıkça görüldüğünü söyleyebiliriz. Fraktal geometrinin bilimsel literatüre girmediği dönemlerde, farklı kültür ve coğrafyalarda, çeşitli nedenlerle mekan üretilmek istendiğinde, çok kez doğada varolan fraktal düzen mimari oluşumlara yansıtılmıştır. Doğadaki benzer öğelerin tekrarı, topoğrafya, bu fraktal yaklaşımların oluşmasını sağlamıştır [20].

Tarih boyunca, mimarlık ve geometri ilişkisinde sayılar, oranlar ve biçimsel etkileşimlerle ilgili araştırmalar yoğun olarak yapılmıştır. Gerek klasik mimaride, gerekse modern mimaride, inşa edilecek yapıların oranları için arayışlar devam etmiştir. Aslında ulaşılmak istenen oran ve orantıdır ve bu kavramlar matematiğin yanı sıra, estetik bilimin ve mantığın da en basit ve en önemli kavramları olmuşlardır [20].

Konuyla ilgili araştırmalara ilişkin matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. yy.da Eukleides'in 13 kitabından biri olan ''Stoikheia'' (Öğeler) adlı yapıtında ''aşıt ve ortalama oran'' adıyla kayda geçirilmiştir. Eukleides'e göre, bir kesir iki benzer şeyin niceliksel karşılaştırılması, oran ise bu kesirlerin Denklem (4.1) ile ilgilidir;

Oran: a / b = c / d ya da a / b = b / c = c / d = d / e (4.1)

Ching'e (2002) göre; Herhangi bir oranlama sisteminin altında yatan şey karakteristik bir oran, bir bağıntıdan diğerine iletilen sürekli bir niteliktir. Bir oranlama sistemi, binanın parçaları arasında olduğu kadar, parçalar ve bütün arasında da tutarlı bir görsel ilişkiler dizisi oluşturur. Bu şekilde oluşturulan görsel düzen hissedilebilir, kabul edilebilir ve tekrarlanan deneyimler dizisi ile tanınabilir. Belirli bir süreçten sonra, parçadaki bütün ve bütündeki parçalar görünmeye başlanır [20].

Tarihsel süreç boyunca mimaride geometri üzerine birçok oranlama kuramı geliştirilmiştir. Her dönemde belli sistemler aracılığıyla bir sonraki döneme fikirler

aktarılmıştır. Sistemlerin ve dönemlerin farklılıklarına rağmen, ilkeler ve değerlerde çok büyük benzerlikler bulunmaktadır [20].

4.1.1. Mimari tasarım süreci ve fraktaller

Mimari tasarım sürecine farklı yaklaşımlar, dijital ortamda tasarım olanaklarıyla gelişmektedir. Var olan bir mimari dokunun, özelliklerinin saptanarak yeni tasarımların oluşturulmasında kullanılması tasarımı destekleyerek çözüm arayışlarına yön verecek bir yaklaşım olabilir. Mimari dokuların özellikleri fraktal değerlerin belirlenmesi yöntemi ile saptanabilir [15].

4.1.2. Mimari tasarımda fraktal kurgular

Fraktal kurgular, üretken mimari tasarım alanında yeni bir yaklaşımı destekleyici yönde kullanılmaya başlanmıştır; bilgisayar ortamında algoritmalarla temsil edilebilirler ve mimari formların oluşturulmasında kullanılabilirler [15].

Fraktaller bilgisayar destekli mimari tasarım alanında, tasarım yardımcı aracı ve sözdizimsel (syntatic) bilginin temsili amacıyla kullanılan biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. Biçim grameri ile karşılaştırılırsa, fraktaller biçimin üretim sürecinde kullanılan kural sayısı daha az, kuralın tekrar sayısı daha fazla ve biçimin kendine benzerlik özelliği yüksek olan, geometrik nitelikli tasarıma yardımcı bir araçtır [15].

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.

Chomsky'nin dilde varolduğunu belirttiği sözdizimsel ve anlamsal özelliklere paralel olarak, Sreadman da, mimari dil bilimi olasılı mimari biçim ve düzenlemelerin oluşturulmasıyla ilgilenen sözdizimi ve bu düzenlemelerin anlamı ile ilgilenen anlam bilim olarak iki bölümde incelenmektedir:

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

4.2. Kaos Teorisi ve Fraktaller

Kaos teorisi engin uygulama alanına sahip olan bir yaklaşımdır. Her türlü alanda uygulanabilme yeteneğinden dolayı, kaos teorisinin bilim dallarını birbirinden soyutlayan engelleri aştığı söylenebilir. Çok küçük görünen bir nedenin kendisinden çok daha büyük sonuçlara yol açabileceği mantığından hareket eden kaos kuramı, düzensizlik ve karmaşadan çok, bu düzensizlik içerisinde belli bir düzeni, düzenli düzensizliği anlamaya yöneliktir. Doğadaki şekillerin standart şekiller olmaktan çok, daha düzensiz görünümlü ve doğrusallıktan uzak şekiller olduğu noktasından hareket eden fraktal geometri kavramı da, kaos kuramı analizlerinde büyük faydalar sağlar [20].

Bovill'in 1996'da yayınlanan "*Fractal Geometry in Architecture and Design"* adlı eseri, mimarlık ve kaos teorisi arasında devam eden ilişkide yeni bir aşama olarak ortaya çıkmıştır. Bovill, fraktal geometri ile ilgili olarak; Bovill (1996) "...mimarlık için kuvvetli bir araçtır; ancak akıllıca kullanılması gerekmektedir" savını öne sürmüştür [10].

Bovill'e (1996) göre; Mimaride görülen fraktal karakteristik, tekrarlar ve kendine benzerlik sonucu ortaya çıkan detay zenginliği ile ifade edilmektedir. Mimari bir kompozisyon, ilgi çekici formların oluşturduğu gelişme ile ilgilidir. Bu gelişim bir yapının cephesine uzaktan bakılan noktadan görülenden en küçük detaya kadar olan aşamaları kapsar. Bu gelişim ilgi çekmek için gereklidir. Bir binaya yaklaşıldığında ve içine girildiğinde her zaman kompozisyonun bütünündeki yaklaşımı yansıtan farklı ve daha küçük ölçekler etkileyici detaylar olmalıdır [11].

Fraktaller ve kaos, doğadaki ve diğer sistemlerdeki karmaşıklığın ve dengelerin anlasılmasında kullanılan yöntemlerdir. Karmaşık sistemlerin özelliklerini analiz etmek ve anlamak için kullanılan çizgisel olmayan yaklaşımlardır [11].

Peitgen'e (1992) göre; Fraktallerin ve kaos teorisinin bir başka ortak noktası da bu alanlarda yapılan öncü keşiflerin ancak bilgisayarlar yardımıyla görülebilmesidir. Bu alanlarda kullanılan yeni yöntemler ve terminoloji ekolojiyi, iklimleri ve birçok evrensel problemle ilgili çok daha etkin çözümler sunmaktadır [11].

Fraktal uzaydaki bir nesnedir. Bu nesne sonsuz sayıdaki sonsuz küçük parçadan oluşur. Kendine benzerdir yani küçük parçalar büyük parçanın küçültülmüş bir kopyasıdır. Bazı fraktaller için küçük parçalar büyük parçaların birebir kopyasıdır.

Doğadaki birçok fraktal örneğinde küçük parçalar büyük parçaların benzeridir. Ağaç bir fraktal gibidir. Olabildiğince çok sayıda olabildiğince küçük dalı vardır. Bir fraktal zaman içindeki bir işlem de olabilir. Olabildiğince küçük çoklukların kararsızlığı olabildiğince çok sayıdadır. Fraktal deneysel verilerden oluşan sayılardan oluşan bir küme de olabilir. Burada olabildiğince küçük sayının olabildiğince çok sayısı olabilir. Çizgisel olmayan sistemleri tanımlamak için seçilen başka kelime de kaos kelimesidir. Karmaşık sonuçların çok karmaşık sistemlerin sonucu olması gerektiği düşünülürdü. Kaos bazı çizgisel olmayan ancak çok basit olan sistemlerin de karmaşık sonuçlar doğurması anlamına gelir [11].

Frame ve diğerlerine (2005) göre; kaosun sözlük anlamı telaş, türbülans, boşluk ve istenmeyen tesadüfiyettir ancak bilim adamları kaosu başlangıç durumuna duyarlı şey olarak tanımlarlar. Kaos yunanca uçurum, boşluk, derinlik kelimesinden türemiştir. İki anlamı vardır:

1. Şansın çok önemli (büyük olasılık) olduğu nesneler durumu: Özellikle farklı formların yaratılmasından önceki karmaşık, düzensiz olan başlangıçtaki durum(var olan);

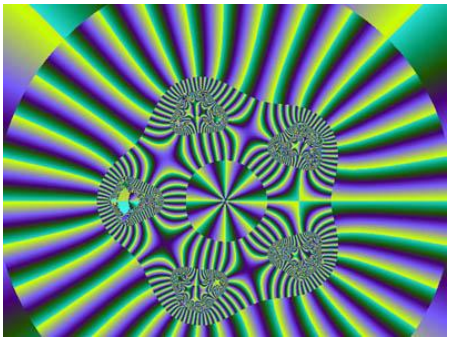
2. Tamamen karmasa durumu: Buna göre kaos popüler anlamda tesadüfilik ile eşdeğerdir. Bu da doğal olarak kaosun matematiksel tanımıyla uyuşmaz. Farkı vurgulamak için kaosun matematiksel anlamı belirlenimci (deterministik) kaos olarak ifade edilir [11].

Kaos ayrıca bir sistemin nasıl davranacağı ile ilgili uzun süreli tahminler yapılıp 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, her iki karakteri de gösterebilir. Günlük hayatta trafik akışı, hava durumu, nüfus değişiklikleri, kentsel gelişme karmaşıklığın görüldüğü yerlerdir. Kaosu tanımlamada kullanılan temel kavramlar belirlenimcilik, başlangıç durumu ve değişkenliktir. Bu kavramlar fraktallerin oluşumunda da etkilidir [11].

Fraktal geometrinin en önemli açılımı, kaosun düzenini ortaya koymasıdır. Kaosun bir düzeninin olduğunu ve bu düzeni fraktal bağlamda açıklamak devrim niteliğinde bir yeniliktir. Fraktal ve kaosun bağlantısını şu şekilde açıklayabiliriz ki; ikisi de

tanımlı özelliklere sahip kompleks sistemlerdir. Popüler anlatımla, fraktale ‘kaosun geometrisi’ diyebiliriz [20].

Kaosu bilim adamları çeşitli farklı şekillerde tanımlamaktadırlar. Kaos, yaşamın unutulan karmaşıklığına, çeşitliliğe, geleceği öngörülemez olana, dengesizliğe; kargaşaya, başıbozukluğa; rastlantı ve zorunluluğa, özgürlüğe ve sonsuzluğa değişik bir bakış açısı olarak yorumlanabilmektedir (Şekil 4.1) [20].



Şekil 4.1. Kaos [20]

Bilim, öngörülemeyen küçük değişikliklerin hiçbir şey olmamışcasına sönümlediği bir dünyanın, kaosun kapısını açtı. Oluş, bozuluş ve evrilişi kuramsallaştırdı. Halk arasında; dağınıklık, düzensizlik, hercümerç anlamında kullanılan kaos (khaos) sözcüğü, Yunancadan gelmektedir ve yarık, boşluk, uçurum, hudutsuzluk, ısısızlık, girdap manalarını taşır. Günlük dilden geçmiş olmakla birlikte kaos terimi; hareketler, taşınmalar, doğumlarla; büyümeler, yıpranmalar, başkalaşmalarla; onarmalar, iyileşmeler, kırılımlar, yıkılışlar, patlamalar, heyelanlarla ilgilidir. Oluş, bozuluş ve evrilişin, kısacası dinamik sistemlerin kuramlaştırılmasıyla ilgilidir [20].

19. yüzyılın sonlarında, Hadamard, Duhem ve Polincarè’in doğadaki süreçler üzerine yaptıkları analizler, kaos teorisi ismiyle anılmasa da ‘’başlangıç durumuna bağlılık’’ gibi önemli kavramların ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Kaos teorisine ismini veren Maryland Üniversitesi’nde uygulamalı matematik profesörü olarak çalışan Jim Yorke’tur [20].

Gleick'e göre (1987); Kaosun çağdaş düzeyde ele alınarak incelenmesine, 1960lı yıllarda, çok basit matematik denklemleri kullanılarak şiddetli sistemleri simüle etmek imkanının bulunduğunun farkına varılmasıyla başlanmıştır. Girdilerdeki küçük farklılıklar, çıktılarda yerlerini hızla, akıl almayacak büyüklükteki farklara bırakabiliyordu. Bu da ‘’başlangıç durumuna hassas bağlılık’’ adı verilen bir olguydu. Bu yeni bilim dalını inceleyen bilim adamları, detaylara indikçe bu konuyla bağlantılı

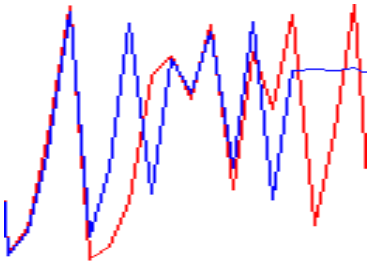
geçmişten günümüze gelen birçok fikrin olduğunu fark etmişlerdir. Bu fikirlerden en önemlisi, çıkış noktalarından biri olarak kabul edilen, Kelebek Etkisi'dir. Bazı fizikçilere göre, kaos bir durumun bilimi değil bir sürecin bilimi; bir varoluşun bilimi değil bir oluşumun bilimidir [20].

4.2.1 . Belirlenimcilik

Belirlenimcilik her hareketin önceki hareketin sonucu olduğu anlayısıdır. Bu yüzden en azından prensipte tüm davranışlar önceden tahmin edilebilir. Antik Yunan da felsefi bir inanç olarak ortaya çıkmıştır ve sebep sonuç ilişkisinin materyal seviyesindeki tüm yapıları ve hareketleri yönettiği düşüncesine dayanarak 1500' lerde bilimin içine dahil edilmistir. Belirlenimcilik bilim modeline göre uzay zaman içinde tıpkı bir makinenin çalışması gibi hiçbir ayrılma olamadan ve belirlenimci kurallardan sapmadan yayılmaktadır. Newton sayesinde belirlenimcilik modern bilim alanında önemli bir yer edinmiştir. Klasik fraktaller, bir denklem veya kural algoritmasının sonucunun bir sonraki aşamada veri olarak kullanıldığı belirlenimci bir süreç içerisinde oluşturulmaktadır [11].

4.2.2. Başlangıç durumu

Kaos, bir sistem başlangıç durumuna çok fazla duyarlı ise oluşur. Başlangıç durumu belirtilen bir başlama anındaki ölçümlerin değeridir. Başlangıç durumundaki küçük bir değisiklik sonuç üzerinde büyük bir değisikliğe neden olabilir. Biraz daha karmaşık dinamikler çok daha karmaşık davranışlara yönelebilirler, bu tür davranışların başlangıcı olabilirler. Kelebek etkisi olarak da adlandırılan bu tür davranışlar başlangıç durumuna hassas bağlılık olarak ifade edilmektedir. Edward Lorenz'in "Bir kelebeğin Brezilya'da kanat çırpması Texas'ta fırtınaya neden olabilir mi?" sorusuyla ortaya çıkmıştır. Şekil 4.2'de kaotik davranış gösteren sistemlerin, başlangıç durumuna hassas bağımlı oldukları için davranışları hakkında uzun süreli tahminler yapılamayacağı görüşüne dayanmaktadır. Fraktal yaklaşımda ise başlangıç durumuna hassas bağlılık, fraktal nesnenin düzensiz bir yapıya sahip olmasına ve doğadakilere benzer formlara sahip olmasına neden olmaktadır [11].



Şekil 4.2. Lorenz'in başlangıç durumuna hassas bağlılık grafiği [11]

4.2.3. Evrensellik

Gleick'e (2005) göre; Evrensellik, farklı sistemlerin aynı şekilde davranış göstermeleridir. evrensellik, çizgisel olmayan sistemlerdeki aynı davranış biçimlerini ve bu biçimlerin hesaplanabilir olduğunun bir göstergesidir. Düzensiz fraktallerin olusturulma yöntemlerinden biri olan yayılma ile sınırlı kümeler evrensellik özelliği gösteren kurgulardan biridir [11].

4.2.4. Organik mimarlık ve kaos

1970ler'den sonra gelişen bilgisayar teknolojisiyle kaosu çözmenin, kaosu anlamanın daha kolay olduğu bilinmektedir. Ancak kaosun evrenin varoluşundan beri varlığı bilinmektedir. Tarihte fraktallerin mimari üzerinde uygulanmış olabileceğini düşünen araştırmacılar, çeşitli üsluplara örnek teşkil eden birçok yapının algoritmasını çıkararak karşılaştırmalar yapmışlardır ve bu yapıların halen ayakta durmasını doğa kaynaklı oluşlarına bağlamışlardır. Doğadaki canlılardan bitki ve hayvan anatomilerinden çıkarılan fraktallerle, bu yapıların fraktal geometriyle hesaplanan algoritmalarının aynı olduğunu kanıtlamışlardır. Organik mimariye baktığımızda buradan da aynı sonuca ulaşabiliriz [20].

4.3. Mimarlıktaki Tarihi Dönemlerde Fraktal Kurgular

Lorenz'e (2003) göre; Mimari nesnelerin fraktal özellik göstermelerine sebep olan en önemli etkenlerden biri olan detay zenginliği, çeşitli dönemlerde farklı bölge ve kültürlerdeki yapılarda mimarlık tarihi boyunca kendini göstermektedir. Detay zenginliğinin oluşmasındaki önemli etkenlerden biri de yapım süresidir. Mali sebepler nedeniyle yapımları uzun zaman alan görkemli yapılar, inşaat aşamaları sırasında birçok farklı dönemi görmüşlerdir. Her bir dönem toplumsal değişiklikler, politik ve sosyal görüşlerdeki değişimler ve ekonomik nedenler doğrultusunda kendi mimari üslubunu olusturmustur. Hem bu dönemlere ait çeşitli mimari detayların bir

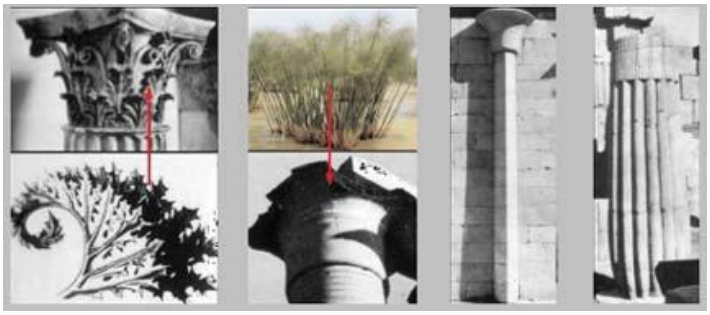
araya gelmeleri hem de her bir dönem içinde yapı üzerinde farklı mimarların çalışması yapıya farklı bir boyut kazandırmıştır. Dolayısıyla bu tip yapılar tıpkı doğadaki nesneler gibi zaman etkisiyle ve çeşitli faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Bu da yapılara detay zenginliği katmış ve fraktal nitelik göstermelerine neden olmuştur. Yapımı yüzelli yıl süren Charters katedrali, yetmis yedi yıl süren Notre Dame katedrali ve yüz yirmi yıl süren St. Peter's katedrali bu tür mimari yapılardan bazılarıdır [11].

Lorenz'e (2003) göre; Her ne kadar fraktal geometri terimi 19. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkmıs olsa da, mimarlık tarihi içerisinde bu kavram henüz ortaya atılmadan önce yapılmış birçok yapıda fraktal nitelik görülmektedir. Bu yapıların plan veya cephe düzenleri, aynı geometrik formun veya motifin farklı boyutlarının belirli bir mimari düzen doğrultusunda bir araya gelmeleri ya da belirli formların eğrelti otu örneğinde olduğu gibi bir araya gelmeleri ile oluşmaktadır. Dolayısıyla bu tip örneklerdeki fraktal nitelik, kendine benzerlik ve IFS kavramı ile açıklanabilmektedir [11].

Lorenz'e (2003) göre; Geometri, geçmişten günümüze kadar tüm yaklaşımlarda gerek strüktürel gerek de görsel yönden mimarlığın ulaşmak istediği hedef noktaya erişmesinde en etkili olan bilim dalıdır. Eski Yunan mimarisinde güzel olanı elde etmek amacıyla altın orandan yararlanılmıştır. Mısır mimarisinde yapıların formlarının ve plan düzenlerinin oluşturulmasında astronomi bilimi etkisinde geliştirilen çeşitli geometrik oranlar ve hesaplamalar kullanılmıştır. Rönesans mimarisinde simetri etkisindeki geometri ve perspektif önemli rol oynamıstır. Modern mimarinin çizgisel, kübik formları, dikdörtgen duvarları Euclid Geometrisinin özelliklerini göstermektedir. Doğa etkisinde kalınan mimari akımlar ise, doğadaki nesnelerin oluşum biçimlerinden ve yapılarındaki oranlardan etkilenmiştir ve dolayısıyla doğanın geometrisi olarak tanımlanan fraktal geometrinin bazı karakteristik özelliklerini göstermektedirler. Bilgisayar destekli tasarım ve kaosun etkisi ile karmaşık formlardan oluşan günümüz mimarisinde de fraktal etkisi görülmektedir. "İyi mimari ise düzgün Euclidean ile daha karmaşık arasında yatar ve fraktal şekillerin içerdiği deterministik kaos ile karakterize edilir. Çok fazla karmaşa fraktal boyutu yüksek olan anlaşılamayan mimariyi ortaya çıkarır "[11].

Jencks'e (2002) göre; Günümüz mimarlığı "Kaos Teorisi" ile keşfedilen fraktaller ve "kendine benzerlik" (self similarity) kavramlarından etkilenmiştir. Bu anlamda çağdaş mimarlık örnekleri incelendiğinde, daha önce karşılaşılmayan ve alışık olunmayan

çeşitli formların ortaya çıktığı, kavramsal anlamda çok farklı olgular üzerine oturtulan mimari yaklaşımların olduğu görülür. Yakın zaman dilim mimari örnekleri incelendiğinde, bugünün mimarlığının oldukça farklı olduğu hemen fakedilir. Günümüz mimarisinde, Eukleides kaynaklı formların bulunmadığı ve yeni tasarımların "fraktaller, dalga formları ve kosmos'u oluşturan çeşitli kurgulardan oluştuğu görülür". Jencks'in (2002) bu düşüncesi çoğulculuk ve karmaşıklık kavramları ile tamamen örtüşmektedir. Kültürel çoğulculuğun farklı tatlar sunması gerekmektedir, farklı etnik geçmişler, farklı ekonomik gruplar halen mimariyi motive etmektedir. Kendine benzer bir yapı gösteren fraktal kurgulara mimarlık alanında oldukça sık rastlanır. Bir yapının kitlesinden, iç mekanındaki en küçük elemana kadar yaklaşılarak birçok "kendine benzer" detaya sahip olduğu görülebilir. Avrupa'daki ya da Afrikada'ki geçmiş dönem mimari yapıların bazıları, bu anlamda iyi bir örnektir. Bir araştırma ile gotik bir katedralin kolon başlığının, katedralin küçük bir kopyası olduğu görülebilir. Böylelikle katedralin küçük parçalarından tamamını tahmin etmek olasıdır. Aslında mimarlık tarihinde sıkça rastlanan kendine benzer öğelerden oluşmuş bu yapı, fraktal mimaridir (Şekil 4.3) [20].



Şekil 4.3. Erken dönem mimaride fraktal örnekler [20]

Bovill'e (1996) göre; Mimaride görülen fraktal karakteristik, tekrarlar ve kendine benzerlik sonucu ortaya çıkan detay zenginliği ile ifade edilmektedir. Bovill'e göre mimari bir kompozisyon, ilgi çekici formların oluşturduğu gelişme ile ilgilidir. Bu gelişim bir yapının cephesine uzaktan bakılan noktadan görülenden en küçük detaya kadar olan aşamaları kapsar. Bu gelişim ilgi çekmek için gereklidir. Bir binaya yaklasıldığında ve içine girildiğinde her zaman kompozisyonun bütünündeki yaklaşımı yansıtan farklı ve daha küçük ölçekler etkileyici detaylar olmalıdır [11].

Mandelbrot'e (1982) göre; Yirminci yüzyılın ikinci yarısında sanatta meydana gelen değişmeler ve fraktal geometri arasında benzerlikler bulunduğunu belirtmiştir. Euclid etkisinin mimarlık alanındaki yansıması Bauhaus mimarisidir. Bu ekolün yetiştirdiği Josef Albers resimlerinin minimal, düzenli, doğrusal, redüksiyonist, geometrik

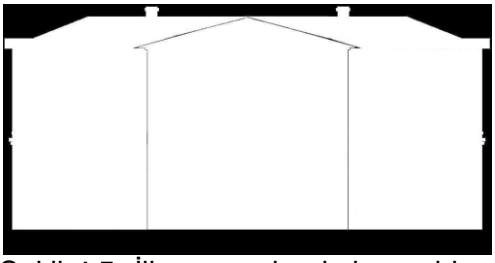
karelerinde de bu etki görülmektedir. Geometrik denen binalar basit şekillerden, doğrusal hatlardan ve dairelerden meydana gelir. Geometrik mimari ve resim anlayısı etkisini kaybetmiştir. Geometrik bir şeklin ölçeği, kendine özgü bir büyüklüğü vardır. Oysa insanın gözünü okşayan sanatta ölçek yoktur, ona değer katan öğeler her büyüklükte olabilir. Mandelbrot sanat ve mimarlık alanındaki fraktal etkisini su sözleriyle ifade etmektedir: "Yeni fraktal geometrik sanat ile Beaux Art mimarisi veya büyük ustaların resimleri arasında şaşırtıcı bir benzerlik bulunmaktadır. Bunun nedeni klasik görsel sanatların, tıpkı fraktallerde olduğu gibi farklı ölçeklerde kendine benzerlik özelliğine sahip olmalarıdır. Modern matematik, müzik, resim ve mimari birbirleriyle ilişkili görülmektedirler. Ancak bu etki mimarlık bağlamında oldukça belirgindir. Bir Mies van der Rohe binası Euclid geometrisinin özelliklerini gösterirken, bir Beaux Arts binası fraktal açıdan oldukça zengindir." [11].

Gleick'e (2005), Bovill'e (1996) göre; Mandelbrot'un vurguladığı şey, Beaux Arts binalarındaki büyük ölçekten küçük ölçeğe detaylarda görülen gelişmenin modern yapılarda olmayışıdır. Bir Beaux Arts mimarisi örneği olan Paris Operası'nın ölçeği yoktur (Şekil 4.4). Binaya farklı uzaklıklardan bakıldığında bile dikkati çeken başka başka ayrıntılar görülmektedir. Mesafe kısaldıkça bu ayrıntılardan meydana gelen kompozisyonlar değişir ve binaya ait yani elemanlar görülür [11].



Şekil 4.4. Paris Opera binası [11]

Yapıların sahip olduğu fraktal nitelik matematiksel fraktallerin sahip olduğundan farklıdır. Yapıların fraktal özellik göstermesi görsel algıyla ilgilidir. İlk başta Euclidyen bir düzlem gibi görünen bina daha yakından bakıldığında üç boyutlu bir özellik ve detay zenginliği kazanır. Bir yapıya uzak bir noktadan bakıldığında yapı boyutu sıfır olan bir noktadır. Biraz daha yaklaşıldığında binanın konturları fark edilir. Bu noktada bina iki boyutlu bir nesnedir (Şekil 4.5) [11].



Şekil 4.5. İlk aşamada algılanan bina konturları [11]

Daha da yaklaşıldığında binanın kapı ve pencere boşlukları fark edilmektedir. Bu noktada bina üç boyutlu bir nesne oluşmaktadır (Şekil 14.6) [11].



Şekil 4.6. İkinci aşamada algılanan Pencere ve kapı boşlukları [11]

Mesafe daha da kısaldığında pencere çerçeveleri, kapı kolları, cephedeki süslemeler gibi detaylar algılanır (Şekil 4.7) [11].



Şekil 4.7. Üçüncü aşamada algılanan detaylar [11]

Lorenz'e (2009) göre; ölçek küçüldükçe ortaya çıkan bu detay zenginliği ve dolayısıyla kendine benzer formlar da fraktal kurgunun başlıca özelliğidir Fraktal geometrinin temel özelliklerinden biri olan kendine benzerlik mimarlık alanı için yeni bir kavram değildir. Çünkü yerel mimariler, gotik ve barok mimarlık gibi birçok alanda farklı ölçeklerde kendine benzer özellik gösteren formlar vardır. Eğer mimari ilk barınak olan korunaklı mağaradan kereste ve taştan yapılmış yapıya ve Frank Lloyd Wright'ın çalışmalarında olduğu gibi doğanın yorumlanmasına kadar olan gelişmeyi sürdürebilirse; mimari, doğal materyaller, zaman ve doğal yapılar bir birlik olusturabilir. Frank Llyod Wright da yapılarında farklı ölçeklerde birbirini tekrarlayan

formlar kullanmıştır. O bu formları kullanırken doğayı inceleyip doğanın yapısal organizasyonunu tasarımlarına yansıtmaya çalışmıştır. Doğa, Euclid geometrisine kıyasla daha çok fraktal geometrinin karakteristik özelliklerini gösterir. Dolayısıyla mimari ve doğa arasındaki materyal ve strüktürden kaynaklanan benzerliklerden dolayı binalarda, binaların görünüşlerinde ve planlarında bazı fraktal özellikler bulunabilir [11].

Mimari bir kurgu, Koch eğrisi gibi matematiksel yapıdaki fraktallerle benzer bir fraktal yapıya sahip değildir. Koch eğrisi, her ölçekte değişiklik göstermeyen kendine benzer dokuların sürekliliğinden oluşmaktadır. Benzer bir biçimde bir mimari kurguyu, her ölçekte incelemek olasıdır. Örneğin, mimari kurguyu cephe olarak ele aldığımızda; yapının kitlesel hareketlerinden, doluluk–boşluk oranlarına, hatta kapı ve pencere detaylarına ve en son olarak da dokusal sürekliliklerine kadar incelemek mümkün olur. Bir mimari kompozisyonun fraktal karakteristiği; binaya yaklaşım, giriş ve yapının tümünde izlenen detayların sürekliliğinde kendisini gösterir [10].

Herhangi bir mimari yapı, genel anlamda incelendiğinde “süreklilik kavramı”, mimari kurgunun oluşumundaki katkısı ile ayrı bir önem taşımaktadır. Sonuç olarak, bir binaya yaklaşıldığında gözlenen kurgu, detayları incelendiğinde de süreklilik gösteriyorsa oluşan mimari kurgunun “kendine benzer ve fraktal bir kurgu” da geliştiği söylenebilir. Bu bağlamda ele alındığında fraktal kurgu; büyük ölçekten çok daha küçük ölçeklere kadar herhangi bir yapıda detaylandırabileceğimiz kendine benzer biçimlerin varlığı olarak tarif edilebilir [10].

Bovill'e (1996) göre; Beaux Arts yapılarında en küçük ölçekten en büyük ölçeğe kadar ilginç detayların sürekliliği söz konusuyken, modern mimari örneklerde bu süreklilik söz konusu olamamaktadır. Ancak, doğa ile ilişki kurmaya çalıştığını ifade eden ve organik mimarinin öncülerinden olan Frank Lloyd Wright‘ın yapılarında ise söz konusu ölçekler arası ilişkiyi izlemek mümkündür. Bunun dışında, Gotik, Rönesans, ve Barok mimarisinde özellikle de katedral ve kilise yapılarında farklı ölçeklerde ve katmanlarda tekrar eden örüntüler gözlemlenmektedir. Fransız gotik mimarisinin en gözde örneklerinden Notre Dame Katedrali’nde (Şekil 4.8) bu örüntüler bulunmaktadır [10].

Katedrali incelediğimizde kemerin içinde konumlandırılmış merkezde bir gül penceresi bulunmaktadır. Aynı zamanda bu gül penceresini farklı ölçeklerde cephenin çeşitli yerlerinde görmek mümkündür. Bunun dışında giriş cephesine genel

olarak bakıldığında farklı ölçek ve katmanlardaki kemerlerden oluşan bir kurgu söz konusundur. Gül penceresinin her iki tarafında içinde daha küçük ölçekte benzer kemerleri barındıran birer kemer bulunmaktadır. Ayrıca giriş ve çıkış kapısını çevreleyen kemerler incelendiğinde kendi içinde tekrar eden farklı ölçekteki benzer kemerleri görmekteyiz. Binanın daha üst kotundaki yine benzer oranlara sahip kemerler dizisi de bu bütünün bir parçası olarak gözükmektedir. Bu özellikleri ele aldığımızda bu yapının kendine benzer özellikte bir fraktal kurguda olduğunu söylemek mümkün olabilir. Bu örnekten de anlayabileceğimiz gibi Gotik, Rönesans ve Barok mimaride kendine benzer kurgular çok güçlü biri ifade ile karşımıza çıkmaktadırlar. 4. yüzyılda yapılmış olan Basilica diSan Clemente'te olan bu süsleme (Şekil 4.9) de bu tarz mimari dekorasyonlara başka bir örnektir. Bu süslemede Spierpinski üçgenine benzer detaylar görülmektedir [10].



Şekil 4.8. Notre Dame katedrali [10]



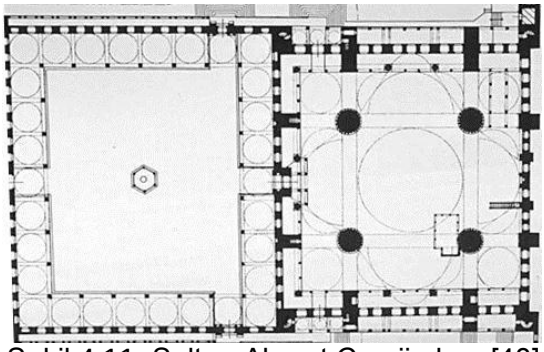
Şekil 4.9. Basilica diSan Clemente'te bir süsleme [46]

Kendine benzer kurguları Osmanlı mimarisinde de görmek mümkündür. "Mavi Camii" olarak da adlandırılan Sultan Ahmet Camii'de (Şekil 4.10) dönemin önemli yapı elemanları olan kemer ve kubbelerin farklı ölçeklerde ve katmanlardaki kurgusu

hemen göze çarpmaktadır. Aynı zamanda, üst örtüyü oluşturan kubbe ve yarım kubbeler farklı kotlarda ve ölçeklerde tekrar ederek kendine benzer kurgu oluşturmaktadırlar. Caminin planı (Şekil 4.11) incelendiğinde de köşelerinde taşıyıcı bulunan üstü kubbe ile örtülmüş kare mekanlar dizisi görülmektedir. Bu yapıda kendine benzer kurguları plan ölçeğinde de gözlemlemek mümkündür [10].



Şekil 4.10. Sultan Ahmet Camii [47]



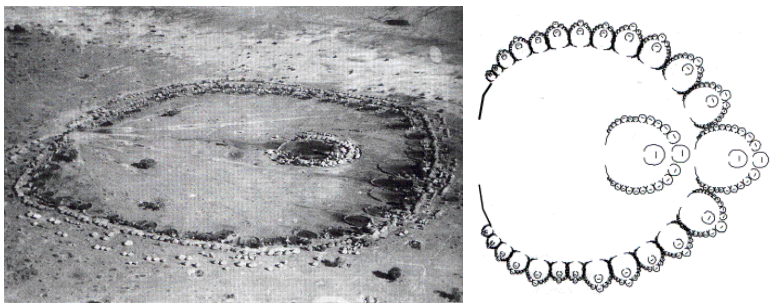
Şekil 4.11. Sultan Ahmet Camii planı [48]

Günümüz mimarlığında bu yöndeki ilerlemeler dışında; fraktal kaynaklı, doğa tabanlı mimari hareketler de görülür. Mimarlık tarihi ele alındığında da, tarihin farklı dönemlerinde fraktal özellikler gösteren örneklerin çok sayıda olduğu söylenebilir [20].

Birçok farklı kültür ve coğrafyada fraktal mimari ile karşılaşmak mümkündür. Afrika mimarisinde fraktallerin rolü büyüktür. Don Eglash'ın Afrika Fraktalleri adlı kitabında, sosyal ve dini strüktürün mimariye yansıdığını belirtir. Buradaki tüm örnekler strüktürel özellikleri ve organizasyon sistemlerinin oluşumları açısından fraktal olma özelliği gösterirler [20].

Afrika'da yerleşmeler şehirler yerine büyük köyler olarak düzenlenmiş olup; düzen karmaşıktır ve fraktallerden oluşmuştur (Şekil 4.12). En iyi örneklerden birisi, Güney Zambia'daki Ba-ila yerleşmesidir. Bu yerleşkede ailelerin evleri yüzük şeklindedir.

Yüzük şeklindeki oluşum geliştikçe -arazinin eğimiyle de orantılı olarak- yapılar giderek büyüyen konutlar halini alır [20].



Şekil 4.12. Ba-ila Yerleşmesi, Güney Zambia [20]

Hindistan ve Güneydoğu Asya'daki tapınaklarda da fraktal kurgulu strüktürlere rastlanır. Hint mimarisinde, bazı bölgelere ve dönemlere göre değişen üslup farklılıkları olsa da genelde sistemlerde üsluplar çok fazla önem taşımaz. Önemli olan konuttan kente uzanan, ancak özellikle dinsel yapılar çevresinde oluşan geniş bir ölçek kapsamında, katı kurallara sahşp Budist ya da Hindu mitoloji ve kozmolojisinin her seferinde yeniden inşa edilmesidir (Şekil 4.13) [20].



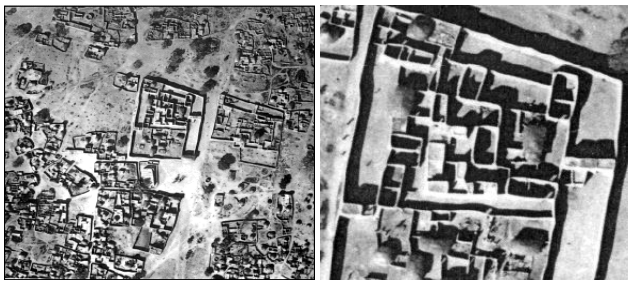
Şekil 4.13. Hindistan'da Tapınaklar [20]

Ayrıca, fraktal kullanımı da son yüzyılda bilimin ilerlemesi sayesinde görülmektedir. Bilgisayar yardımı ile fraktal geometrisinin gerektirdiği karmaşık hesaplar kolayca yapılmakta ve bu geometrik prensipler mimari form ve mimari yüzeylerin tasarımına uygulanabilmektedir. Fraktallerin estetik özelliklerinden biri, hem uzaktan hem de yakından bakıldığında kişinin detay ve formu görebilmesidir. Buna bağlı olarak fraktal fikrinin Hint tapınaklarında kullanımından da bahsedilebilir, buralarda parçaları tümün özelliklerine sahiptir (Şekil 4.14).



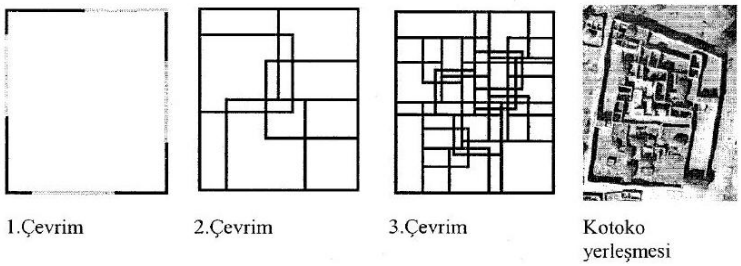
Şekil 4.14. Hampi'deki Virupaksha Tapınağı [49]

Kotoko Yerleşmesi, Lagone Birni, Kamerun'da, Kotoko halkı tarafından inşaa edilmiş bir yerleşmedir. Yerleşmedeki yeni konutlar, eskilerin etrafına konumlandırılmış ve bu konumlandırma yapılırken mevcut duvarlardan yararlanılmıştır. Buradaki yapılaşma düzeni, ataerkil düzene uygun olarak biçimlenmiştir; şöyle ki, babanın kendi evi, soyunu sürdürecek olan oğlunun evine yakın olarak yer almalıdır. Böylece oğul, yeni evini yaparken babasının yaptığı evin duvarlarından yararlanır; mevcut duvarları babasıyla paylaşır. Bu kültürel kurgu, bir spiral gibi gelişerek ürer (Şekil 4.15) [15].



Şekil 4.15. Kotoko yerleşmesi [15]

Kotoko yerleşmesinin oluşma ilkesi, fraktal bir çevrim sistemine dayanır. Benzer formlar farklı boyutlarda tekrarlanarak mekanları oluştururlar (Şekil 4.16) [15].



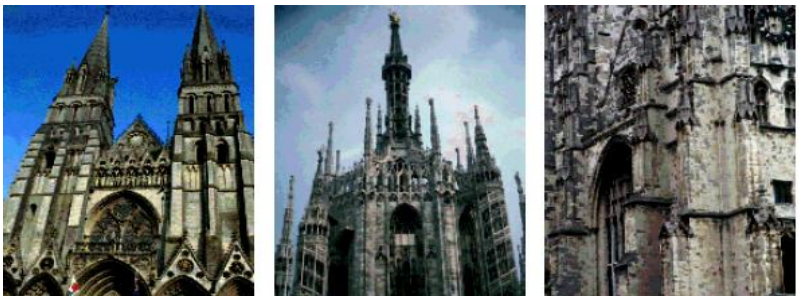
Şekil 4.16. Kotoko yerleşmesinde fraktal çevrimler [15]

Çağımızda tasarlanan yapılara fraktal geometriye dayalı özellkikleri açısından bakılacak olursa, bilinçli ya da sistem dışı oluşan çeşitli örneklere rastlamak

mümkün olabilir. Örneğin, Moshe Safdie'nin Montreal'de tasarladığı Habitat konut grubu adeta fraktal elemanlardan oluşan bir salkım görüntüsündedir. Yerleşmedeki her küp bir yaşama alanını ifade etmektedir. Bu yaşama alanı, sanki daha önce oluşturulmuş bir algoritmadaki parametrik olarak tanımlanan bir eleman görüntüsündedir [15].

4.3.1. Gotik mimari

Avrupa'da fraktal etkiler, mimaride kendini tekrar ederek gelişen detaylarla farkedilebilir. Gotik, Barok mimaride özellikle katedral ve kiliselerde her ölçekte bu etki hissedilmektedir (Şekil 4.17) [20].



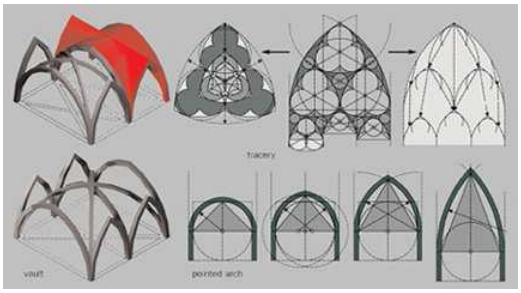
Şekil 4.17. Avrupa'da fraktal etkiler [20]

Gotik katedrallerin en küçük detaylarından en büyüğüne kadar fraktallerin kendine benzer özellikleri görülür. Büyük bir kemeri oluşturan küçük kemerlerde, onları oluşturan daha küçük detaylarda yine aynı kurgu gözlenir. Bu dönem mimarisinde, kendine benzerlik çok güçlü bir ifade ile ortaya çıkar [20].

Eglash'ın bazı soruları da düşünülenleri doğrular niteliktedir: Neden özellikle bu zaman diliminde yapıların her ölçeğinde süren tekrarlara rastlanmaktadır? O dönem mimarları doğadaki fraktal düzeni tekrarlamaya mı çalışmışlardı? Bu hiyerarşik kurgunun temelinde yatan şey, teolojik sıradüzensizliğini mi temsil etmektedir? [20].

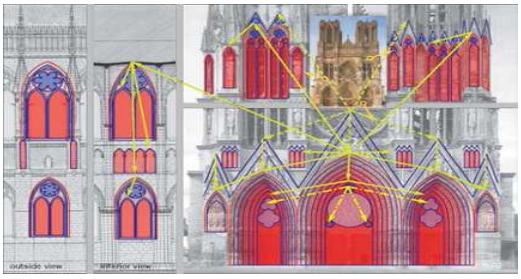
Crompton'e (2001) göre; Bina kurgusunu oluşturulmasında bir formun çeşitli boyutlarının belirli bir düzen içerisinde tekrarlanması ile fraktal karakteristik ortaya çıkmaktadır [11].

Tasarım felsefesi, tanrıya ulaşmak ve tanrıyı hissetmek için yükselmek doğrultusunda gelişen Gotik mimariye ait yapıların başlıca özelliği sivri kemer formunun, bina formu, cepheler ve çatı örtüsünde farklı ölçeklerde yer almasıdır. Bütünün ve parçalarının oluşturulmasında farklı ölçeklerde benzer formun kullanılması kendine bezer bir strüktür oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 4.18) [11].

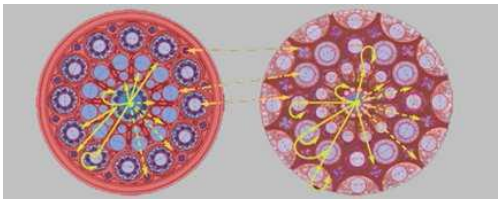


Şekil 4.18. Gotik katedralde kullanılan sivri kemer formu [11].

Sala'ya (2005) göre; Fransa'nın Reims kentinde bulunan Reims katedrali kendine benzerlik özelliğinin yoğun olarak görüldüğü bir yapıdır. Şekil 12.18'de da binanın genel formu, giris kapısının ve pencerelerin sekli ve cephede yer alan dekoratif düzenlemelerde farklı ölçeklerde tekrar eden sivri kemer formu kullanılmıstır (Şekil 4.19) [11].


Şekil 4.19. Reims katedrali [11]

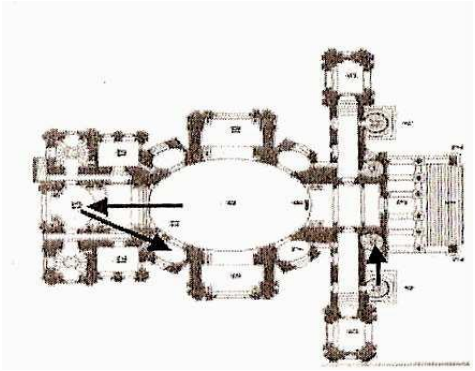
13. yüzyılın yapısı olan Chartres katedralinin gül penceresi ise farklı ölçeklerdeki dairelerin bir araya gelmesiyle oluşan fraktal bir kompozisyon oluşturmaktadır (Şekil 4.20) [11].


Şekil 4.20. Chartres katedrali gül pencere [11]

4.3.2. Barok ve Rokoko

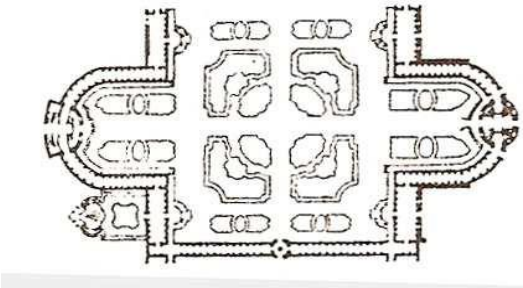
Barok kelimesi, Portekizce çarpık, Şekilsiz incilere verilen ad olan "barruecoa" kelimesinden türemiştir. Rönesans'taki düz çizgiler ve yatay düşey etkisine karşı Barok mimarisinde dairesel formlar, eğriler, onların oluşturduğu girinti ve çıkıntılardan oluşan karmaşık ve dalgalı düzenlemeler ön plana çıkmıştır. Barok mimarisine ait bu temel unsurlar, yapıların bütününden en küçük ayrıntısına;

yapıların plan ve cephe düzenlemelerinden, dekorasyona kadar etkili olmuştur. Barok yapılardaki fraktal karakteristik, parça ve bütün arasında oluşan bu ilişki doğrultusunda gelişen kendine benzerlik ilkesi ile ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.21) [11].



Şekil 4.21. Saint Karl Kilisesi [11]

Hasol'a (1998) göre; Rokoko İtalyan Baroğu ve Fransız Rokay tarzından esinlenilmiştir. Barok'daki yuvarlak çizgiler aşırı dereceye götürülüp yapıların her yanı kıvrıntılı süslerle kaplanmıstır. Bir duvarın veya tavanın her yanı süslemelerle doldurulmuş, bu yapılırken de irili ufaklı yuvarlak çizgiler ve yaprak çiçek gibi motifler kullanılmıştır (Şekil 4.22) [11].



Şekil 4.22. Dresden'de Zwinger [11]

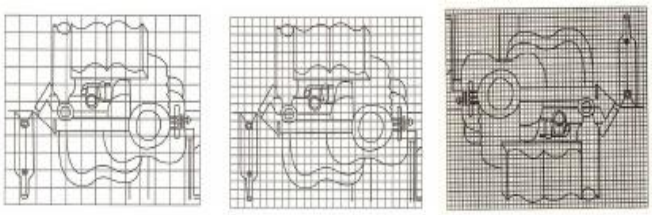
4.3.3. Modern mimari

Salingaros'e (1999) göre; modern resim ve yapılar detay zenginliğinden yoksundur. Mimari tasarımda Euclid geometrisinin yalın formlarına bağlı kalınmış, her türlü süsleme reddedilmistir. Yapılarda farklı ölçeklerde görülen kompozisyonlar bir başka deyişle yapıya daha yakından bakıldıkça ortaya çıkan detaylar çok azdır ve bu detaylar arasında hiyerarşik bir ilişki yoktur. Dolayısıyla farklı ölçeklerde kendine benzer formların kullanılmasıyla oluşan örüntüler yer almamaktadır. Süslemenin reddedilmesi ile bir yapıdaki 5mm ile 2m arasında değişen bir skaladaki strüktürel

farklılıkların dolayısıyla da detay zenginliğinin ortadan kalkmasına neden olunmuştur. Bu nedenlerle modern yapıların fraktal özellikleri zayıftır [11].

Bovill'e (1996) göre; modern mimarinin önemli temsilcilerinden biri olan Le Courbusier'in yapıtları üzerinde Bovill tarafından yapılan çalışmalar, modern mimari ve fraktal geometri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bovill'in çalışmalarında Corbusier'i seçmesinin nedeni, Corbusier'in pürizm tanımından kaynaklanmaktadır. Coubisier ve ressam Ozenfart kübizmi daha da ileriye götürerek pürizm adı verilen bir teori geliştirmişlerdir. Onlara göre insanlar tarafından inşa edilen ve yapılan nesneler de tıpkı doğada olduğu gibi amaca uygunlukları açısından test edilirler. Bu anlamda ekonomi ve uygunluk kuralları tıpkı doğada olduğu gibi nesneleri test eder. Buradan çıkan sonuç, genel uyumu ve düzeni kontrol eden bir kuralın var olduğudur. Böylece pürizmin nesneleri basit Euclidyen şekillere ve temel renklere indirgemesi temel doğa kurallarını göstermek için yapılan bir teşebbüstür. Ama Bovill'in hesaplamaları bu basit doğa kurallarının resim ve yapılarda sadece belirli bir ölçekte uygulanabildiğini göstermiştir [11].

Aşağıdaki örneklerde Le Courbusier'in en çok bilinen yapılarından biri olan Villa Savoye'in ve Nature Morte a la Pile D'assiettes adlı resmi üzerinde yapılan fraktal boyutu hesaplamaları yer almaktadır (Şekil 4.23). Denklem (4.2) ve (4.3) ile hesaplanılır; [11].

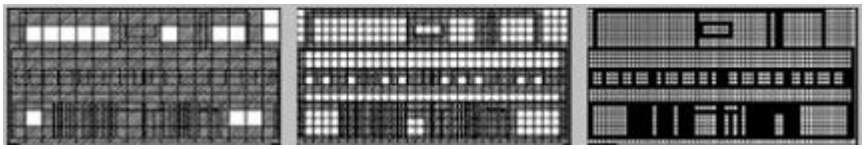


Şekil 4.23. Nature Morte a la Pile D'assiettes [11]

$$D(13–26)=(\log 282-\log 98)/(\log 26-\log 13)=1{,}525 \quad (4.2)$$

$$D(26–52)=(\log 612-\log 282)/(\log 52-\log 26)=1{,}275; \quad (4.3)$$

Lorenz tarafından yapılan hesaplamalarda, Courbusier'in yasamak için bir makine olarak nitelendirdiği "Villa Savoye" nin fraktal boyutunun euclidyen boyut olan 1'e yaklaştığı görülmektedir. Bunun sebebi yapıda doğadaki derinliğin olmaması ve ölçek küçüldükçe detay zenginliğinin azalmasıdır (Şekil 4.24). Denklem (4.4) ve (4.5) ile hesaplanılır [11].



Şekil 4.24. Villa Savoye [11]

D(16–32)=(log308-log115)/(log32-log16)=1,42; (4.4)

D(32–64)=(log773-log308)/(log64-log32)=1,33; (4.5)

D(64–128)=1,17

Bununla birlikte Le Courbusier, cephelerini oluştururken büyük ve küçük elemanlar arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla, paralel ve dik çizgilerden yararlanmaktadır. Ozenfant stüdyo binasının, bütün cephe ve pencere oranları, IFS deki dönüşüm kurallarına benzer bir yöntemle oluşturulmuştur. Pencere boylarının ve düzeninin oluşturulmasında kullanılan farklı boylardaki diyagonaller ile benzerliğe dayanan bir dönüşüm kuralı uygulanmıştır (Şekil 4.25) [11].



Şekil 4.25 Ozenfant stüdyo [11]

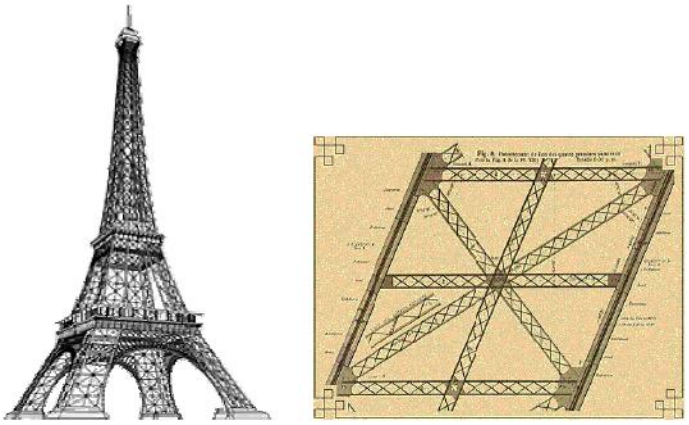
Lorenz'e (2003) göre; Piet Mondrian'ın geometrik soyutlamasının kübist mimarideki yorumlanma ve gerçekleştirme stili olan De stijl mimarisi de Euclidien geometriyi temel almaktadır. Şekil 4.26 da yer alan Rietveld Schröder evi bu akımın en çok bilinen örneklerinden biridir. Plan ve cephe düzenlemelerine ait parçalar yapının bir başka parçası ile benzerlik göstermektedir. Bu parçalar evin çeşitli detaydaki mekânlarında düzenlenmiş olan pencereler, pencereler arası duvar parçaları gibi parçalarıdır. Ancak yapıya ait mekânların, konstrüksiyonun ve yapıyı oluşturan elemanların ayırt edilebilir olması yapının Euclidyen geometri etkisinde olduğunu göstermektedir [11].



Şekil 4.26. Rietveld Schröder evi [11]

Gustav Eiffel'in (Şekil 4.27) Paris'te inşa ettiği Eiffel Kulesi'nin ayrıntılarında fraktal eğrinin kullanıldığı açıkça görülebilir. Kulenin 4 adet şeklindeki strüktürden oluştuğu gözlenir. Kule ve A'lar masif elemanlardan oluşmadığı halde, büyük bir örüntü ortaya çıkarırlar. Bu örgü sistemi rijittir ve birbirine bağlanan alt gruplardan oluşur ve en son yapı elemanı deforme olana kadar deforme olmayan bir kurguya sahiptir. Bunların yanı sıra bu örgü sistem, çeşitli profillerden oluşan tek parçalı strüktürlere göre çok daha hafif bir yapıya sahiptir [20].

Momentin ve yükün sistemin bağlantı noktalarında çözülmesi fikri, Buckminster Fuller tarafından geliştirilmiştir ve bu fikir dikkatli incelendiğinde gotik katedrallerin inşası sırasında da kullanıldığı yani o dönem mimarları tarafından da bilindiği görülür [20].



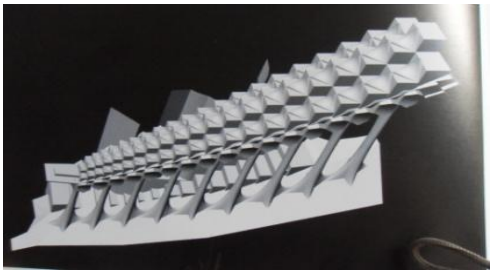
Şekil 4.27 - Eiffel Kulesi [20]

Resimlere bakıldığında örgü sistemin detayları ve kendine benzeme özelliği anlaşılabilmektedir (Şekil 4.28) [20].



Şekil 4.28. Eiffel Kulesi detaylar [20]

Antoni Gaudi yaklaşık bir yüzyıl önceden Sagrada Familia kilisesi (Şekil 4.29, 4.30) için iki misli kıvrımlı çizgili yüzey sistemi kullanıyordu. İsa'nın Çilesine ait ön cephe bölümü olan batı çapraz sanındaki ana portalın üstünde duran alınlık, kemiksi kolonlar ve eğimli sıra sütunlar ilgi çekici geometrilerin kesişim yerini bir araya getirir [20].



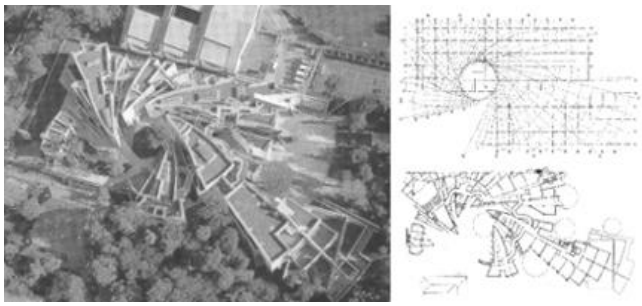
Şekil 4.29. Görsel model "crestaria" taçlandırma adımlarındaki büyümeyi gösterir [20]



Şekil 4.30. Sagrada Familia - Merkez ve yan kanal nefi kemerleri [20]

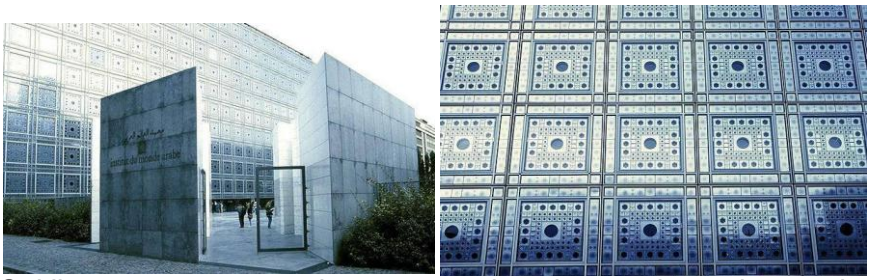
Jencks'e (2003) göre; İsrailli mimar Zwi Hecker'in Berlin'de yaptığı okul binası geometrik formunu ayçiçeğinden, almıştır. Yapının yılan şeklinde koridorları, dağ şeklinde merdivenleri ve balık şeklinde odaları vardır. Dikdörtgensel gridler ve ayçiçeği formu sonucunda yapıda kendine benzer birçok oda oluşmuştur. Ayçiçeği formu sayesinde yapının etrafına ağaçlar yerleştirilebilmiş ve tarihi şehirlerde olduğu gibi şekilleri tesadüfen ortaya çıkan küçük, kıvrımlı sokaklar ve patikalar oluşmuştur (Şekil 4.31). Karmaşık form ve yapı içinde yön bulmayı sağlamak için yapının

parçaları farklı renklere boyanmıştır. Bu da Jencks'in mimarilerini eklenmiş yeryüzü şekillerine benzettiği "land- form" binalarda sıkça görülen karmaşayı okunabilir hale getirmistir. Benzer binalardaki birçok örnekte de karmaşanın azaltılması için basit malzemeler ve basit formlar kullanılmıştır. Karmaşık bir objeyi basit kurallar veya algoritmalar ile tanımlamak fraktal geometrinin bir başka özelliğidir [11].



Şekil 4.31. Galinski okulu, Berlin, Zwi Hecker [11]

Jean Nouvel L'Institut du Monde Arabe tasarımıyla, Arap süsleme sanatındaki tekrarları fotoğraf makinesinin diyaframına dönüştürerek, ışık kontrolünü sağlamıştır. Bu şekilde cephede birbirini tekrar eden bir örüntü oluşturmuştur. Bu proje ile Nouvel, çağdaş teknoloji ve yöresel sanatları bir arada kullanıp bir sentez oluşturmuştur (Şekil 4.32) [20].



Şekil 4.32. Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe, Paris, Fransa [20]

4.4. Çağdaş Mimarlıkta Fraktaller

Jencks'e (2003) göre; Karmaşıklığın yeni bilimi kaos ile birlikte kainata bakış açısı mekanik sistem anlayıştan, atomdan galaksiye her aşamada kendini organize eden sistem anlayışına doğru yöneldi. Yeni bilimin parçası olan fraktaller, karmaşık sistemler, çizgisel olmayan dinamiklerin günümüzde algoritmalar ve bilgisayarlar yardımıyla mimari tasarıma adapte edilebilmesiyle birlikte yeni bir mimari dil oluşturmuştur. Bu dilin bir parçası olarak fraktaller, kendine benzer, sürprizli yapıları ile günümüz mimarisine ait çeşitli örneklerde tasarımın bir parçası alarak yer almaktadır [11].

Yeni mimari dilin gelişiminden önce tasarlanan bazı son dönem yapılarında da fraktal geometrinin etkisi görülmektedir. Bu yapılarda mimari kompozisyonları oluşturan elemanlar ve kompozisyonun bütünü arasındaki kendine benzerlik unsuru fraktal karakteristiği oluşturmuştur [11].

Steven Holl'un MIT için yaptığı yurt binası fraktal özellik gösteren günümüz yapılarından biridir. Holl, binanın formunu oluştururken bir doğal süngerin yapısından etkilendiğini belirtmiştir. Binanın strüktürel kurgusu Menger Süngeri ile benzerlik göstermektedir. Bina kütlesi tıpkı Menger süngerinde olduğu gibi prizmatik bir başlangıç biçiminden boşaltmalar yoluyla oluşturulmuştur. Hiyerarsik bir düzenlemede farklı boyutlardaki boşlukların olduğu binadaki boşluklu yapı, ölçek küçüldükçe de devam etmektedir (Şekil 4.33). Fraktal etkisindeki günümüz mimarisi, insan yapımı çevre ile doğal çevre arasında bir rekabet ve uyum içinde olmayı hedeflemistir. Eisenmann tarafından tasarlanan Cincinnati Üniversitesi sanat ve mimarlık fakültesi binası, arazi ile zig - zag şeklindeki eski bina arasında bir geçis elamanı görevi üstlenmiştir (Şekil 4.34) [11].



Şekil 4.33. MIT öğrenci yurtları [11]



Şekil 4.34. Cincinnati üniversitesi sanat ve mimarlık, Peter Eisenman [11]

Lorenz'e (2003) göre; MRDV 'in tasarladığı Amsterdam konut bloğunda birbirine benzer formlarla kütleyi ve cephe düzenini oluşturmuştur. Binada kutu formu ana kütle, ana kütleden çıkan daha küçük kütleler ve bunlar üzerindeki balkonlarda olmak üzere üç farklı ölçekte tekrarlanmıştır (Şekil 4.35). Bir dekonstrüksiyon mimari

örneği olan Parc de la Villette ‘de Tschumi bütün programı parçalara bölmüştür. Parçalar bir grid üzerinde yer almaktadır. Sonuç strüktür “point attractors”, düz galeriler ve tesadüfî eğrilerden oluşan dolaşım alanlarından oluşmaktadır (Şekil 4.36). Bu üç parça tıpkı Julia set’de olduğu gibi başlangıç ve bitis noktası olmayan bir strüktür oluşturmaktadır. Genellikle sonsuz yinelenme özelliğinden dolayı fraktallerin bir başlangıç ve bitisi yoktur. Julia setin sınırlarına bakıldığı zaman hep daha fazla karmaşa ile karşılaşılır [11].

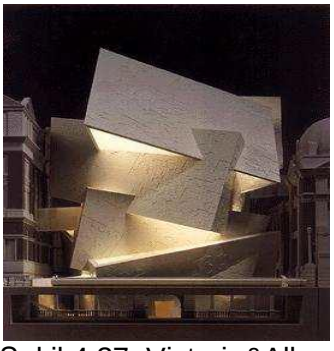


Şekil 4.35. Amsterdam Binası [11]



Şekil 4.36. Parc la Vilette/Paris - Bernard Tschumi [11]

Daniel Libeskind’in, Londra’da Victoria & Albert müzesi ek binası için yaptığı tasarım, birbiri içine geçmis altı küp parçasından oluşmaktadır. Tasarım, büyük ölçekte birbirine benzer, fraktal altı küp parçası ve üç aşamadan oluşan küçük ölçeklerde “fractaliles” adı verilen L ve V şeklindeki parçalardan meydana gelmektedir (Şekil 4.37) [11].



Şekil 4.37. Victoria&Albert Müzesi, Daniel Liebskind [11]

LAB mimarlık ofisinin tasarladığı, yaşama, alışveriş ve eğlence gibi bir çok fonksiyonun bir araya gelmesi ile oluşturulan Soho Shang Du'nun karmaşık tasarımı aynı şeklin iç mekan organizasyonundan, kulelerin oluşumuna kadar değişen farklı ölçeklerde kullanıldığı fraktallere dayanmaktadır. Tasarımcıları yapıyı oluştururken kristal formundan etkilendiklerini ve bu formları kullanarak doğa ile insanların yaşadığı yerler arasında bağlantı kurmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir (Şekil 4.38) [11].



Şekil 4.38. Soho Shang Du [11]

Mimarlık alanında fraktallere, gerek günümüz yaklaşımlarının önemli bir bölümünü oluşturan bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinin bir parçası olarak veya bu yöntemlerin sonuç ürünlerinde, gerekse de geçmişten günümüze gelen birçok farklı mimari tasarım ürününde, mimari akımlarda ve yerel mimarilere ait örneklerde rastlanılmaktadır [11].

Günümüzde tasarım alanında bilgisayarların kullanılmaya başlanması ve zaman içerisinde kullanımlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, bilgisayar destekli tasarım yöntemleri mimarlık alanı içerisinde önemli bir yer edindi ve tasarımcılar ve programcılar tarafından tasarımın gerek ilk aşamalarında yaratıcılığı destekleyecek yönde gerekse tasarımın diğer aşamalarında tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanıldı. Bu etkileşimle birlikte günümüz tasarım yaklaşımları, bilgisayar destekli tasarım ortamında algoritmalarla temsil edilebilen biçim gramerleri, hücresel özdevinim ve fraktal geometriyi temel alan modellerle desteklendi [11].

İbrahim'e ve diğerlerine (2001) göre; Günümüz tasarım yaklaşımlarında fraktal geometri mimarlık alanında iki farklı yöntemle kullanılmaktadır. Bunlardan ilki; fraktal kurgunun bilgisayar destekli tasarım yardımıyla mimari modeller üretmek için kullanılmasıdır. Fraktallerin temel özelliklerinden biri olan tekrarlar sonucu oluşma, farklı çevrimlerle ve dönüşüm kuralları uygulanması ile birçok alternatif tasarım

modeli olusturulmasına olanak vermektedir. Bu modeller ile bina, yerleşim birimi gibi farklı ölçeklerde tasarımlar yapılabilmektedir. Fraktal üretim süreci ve süreç içinde kullanılan elemanlar üzerine yapılan bir çalışma ile mimari form geliştirmeye katkıda bulunacak alternatifler üretmişlerdir. Bu alanda kullanılan diğer yöntem ise, tasarım sürecinin ilk aşamalarında, mimari karakteristiğin analizi için fraktal boyutun bir araç olarak kullanılmasıdır. Bu yöntem, bir yapının, sokağın ya da bir bölgenin fraktal boyutunun hesaplanması esasına dayanmaktadır. Elde edilen fraktal değer, bu bölgeler için tasarlanacak olan yeni oluşumlar için tasarım sürecinin sonraki aşamalarında yardımcı bir araç veya girdi olarak kullanılmaktadır. Fraktal ve fraktal geometri, yirminci yüzyılın son yarısında ortaya atılmış yeni kavramlar olmaları nedeniyle mimari tasarım alanına son dönemlerde dâhil olmuşlardır. Ancak Euclid geometrisinin hâkim olduğu mimarlık alanında bu kavramların ortaya atılmasından çok daha önce de fraktal özellik gösteren kurgulara rastlanılmaktadır. Oluşumlarında doğanın önemli bir rol oynadığı yerel mimari örneklerde, doğadan etkilenilen mimari akımlara ait örneklerde veya bir formun tekrarıyla oluşturulan çeşitli yapılarda fraktal özellik görülmektedir [11].

Günümüz mimarlığını fraktal geometriye dayalı özellikler açısından incelersek, bilinçli ya da istem dışı birçok örneğe rastlamak mümkündür. Moshe Safdie'nin Habitat Konut Grubu tasarımı fraktallerden oluşturulmuş bir salkım görüntüsünü taşımaktadır. Belirli bir algoritma geliştirilerek değişken elemanların tasarlandığı hissini yaratmaktadır (Şekil 4.39). Tasarımcı, bütün canlıların –bitkiler dahil- varlıklarını en uygun ve ekonomik olarak sürdürebilecekleri bir biçimde varolacağını ve insanoğlunun da yaptıklarının, doğadaki varlıkların, varoluş özelliklerine ne kadar yaklaşabilirse o kadar doğru sayılması gerektiğini düşünerek hareket etmiştir [20].

Ostwald'a (2008) göre; Fraktal mimarlık kavramı, daha önce de belirtildiği gibi ilk olarak Benoit Mandelbrot'un 1977'de kaleme aldığı "The Fractals: Formi Chance and Dimension" adlı eseri ile ortaya çıkmıştır. Bu dönemde Mandelbrot doğanın geometrisini gözlemlemekle kalmayıp, sanat ve mimarlık gibi yapay kurguları ele alan çeşitli eleştirel yaklaşımlar da öne sürmüştür. Bu bağlamda, Mandelbrot'un "Fractals: Form, Chance and Dimension" adlı çalışması fraktal geometri ile mimarlığı birleştiren ilk örneklerden biri olarak sayılabilir. Mandelbrot'un yanı sıra, o dönemde, Eisenman da fraktal geometri ve mimarlık üzerine düşünen ve üreten kişilerden olmuştur [10].



Şekil 4.39. Moshe Safdie - Habitat ‘67, Montreal, Canada [10].

350 prefabrik küp modülden yola çıkılarak tasarlanılan konut grubunda, şehir yaşamında apartmanlarda yaşayanların kendilerine ait bağımsız daireleri ve manzaraları olması amaçlanmıştır. Yerleşmedeki her küp bir yaşama alanını temsil etmektedir (Şekil 4.40) [20].



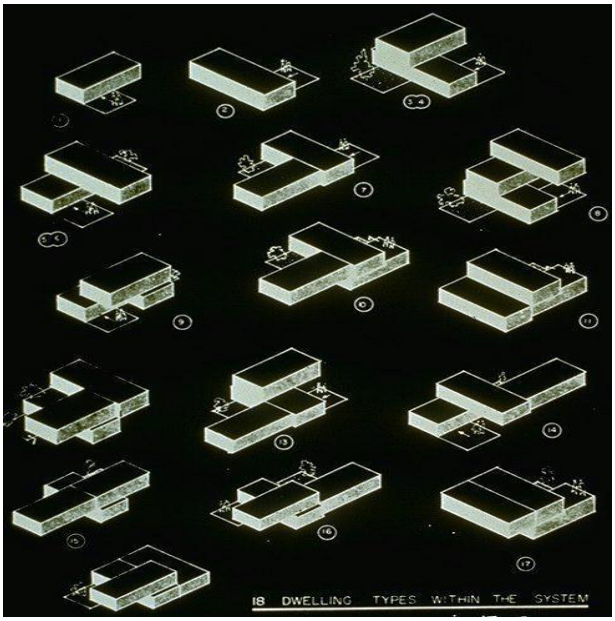
Şekil 4.40**.** Moshe Safdie, Habitat ‘67, Montreal, Canada [20]

Çağdaş'a (2006) göre; Biçim gramerleri, tanımlanan temel biçimleri, bu biçimlerin oluşturduğu bir biçim kütüphanesi ve bu biçimlere uygulanan dönüşüm kurallarını kapsayan üretken tasarım sistemleridir. Fraktal yaklaşımlar ise, biçim gramerinin özel bir uygulama alanı ve alt kümesi olarak, bilgisayar destekli tasarım kapsamında ve bilgisayar ortamında üretken algoritmalarla temsil edilmektedir [20].

Görüldüğü gibi kendine benzer kurgular mimarlık tarihinde sıkça karşımıza çıkmaktadır. Kendine benzer kurgu yapılarda kimi zaman bilinçli, kimi zaman bilinçsiz olarak yapılmıştır. Montreal, Kanada’daki Moshe Safdie’nin yaptığı Habitat konut grubu bu yapılara bir örnektir. Yapı, her biri bir konutu ifade eden dikdörtgenler prizmalarının farklı şekillerde birbirleri ile ilişkilendirilmesi ile oluşmaktadır. Bunu M. Safdie’nin konut tipolojilerine dair yaptığı çizimden (Şekil 4.41, 4.42) de okumak mümkündür [10].

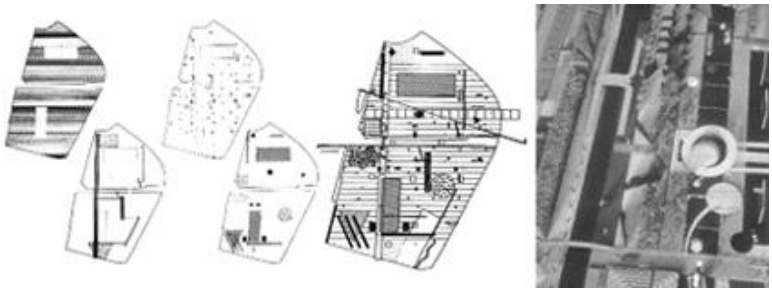


Şekil 4.41. Habitat Konut Grubu, 1967 [50]



Şekil 4.42 Habitat konut Grubu, konut tipleri [50]

Biçim gramerleri, üretken mimari tasarım yaklaşımlarında yaratıcılığı destekleme yönünde ve yenilikçi tasarım amacıyla günümüzde birçok farklı şekilde kullanılmaktadır. Bernard Tschumi'nin Paris'teki Parc la Villette projesinde yerleşim planı, gökyüzündeki yıldız şemalarından yola çıkılarak tasarlanmıştır. Yıldızların dağılım ilkesi de fraktal geometriyle açıklanabilir nitelikte ve üretken mimari tasarıma kaynak olabilir bir şemadadır (Şekil 4.43, 4.44) [20].



Şekil 4.43. Bernard Tschumi-Parc la Vilette, Paris [20]



Şekil 4.44. Bernard Tschumi, Parc la Vilette, Paris [20]

Shmitt'e ve diğerlerine (1991) göre; Fraktaller, bilgisayar destekli mimari tasarım alanında, tasarım yardımcı aracı ve sözdizimsel (syntactic) bilginin temsili amacıyla kullanılan biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. Biçim grameri ile karşılaştırılırsa, fraktaller biçimin üretim sürecinde kullanılan kural sayısı daha az, kuralın tekrar sayısı daha fazla ve biçimin kendine benzerlik özelliği yüksek olan, geometrik nitelikli tasarıma yardımcı bir araçtır [20].

Bilimsel anlamda fraktallerin keşfi 20. yüzyıla dayansa da, geçmişten günümüze geniş bir zaman diliminde mimari örnekler incelendiğinde fraktal kurgulara rastlanır. Her zaman doğa, toplum yapısı, sosyal-kültürel yapılar tasarım sürecinde yol gösterici olarak kullanılmıştır ve bu şekilde, doğada var olan fraktal kurgular mimari tasarımlar üzerinde etkili olmuştur. Doğada var olan kendine benzerlik (selfsimilarity), benzer öğelerin tekrarı, mimaride de izlenmektedir [20].

Çeşitli dönemler incelendiğinde, bütün dünyayı etkileyen, insanların hayatlarını ve yaşam tarzlarını etkileyen Endüstri Devrimi'nin, mimaride de büyük değişimlere yol açtığı görülebilir. 19. yüzyılda ortaya çıkan seri üretim kavramı, hızlı yapılanma ve üretim sürecini de beraberinde getirmiştir. Bu şekildeki üretim anlayışı tasarımcıları da etkilemiş, daha rasyonel formlar oluşmaya başlamıştır. Yapı tasarımlarına bakıldığında tuğlalar, çelik profiller, plakalar Öklid geometri şekilleriyle örtüşürler ve bu malzemelerin üretim ve pazarlamada basit çözümlerle sunulması sonucu da Öklid'in etkin olarak kullanıldığı tasarımlar ortaya çıkmıştır [20].

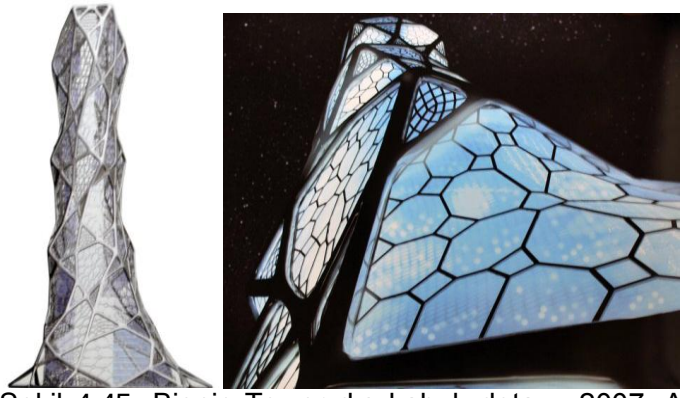
Geçmişe bakıldığında, fraktal kurguların, uzun bir zaman dilimindeki mimari örneklerde bulunduğu görülür. Bu örnekler, bilinçli bir tasarlama süreci olmadığı dönemlerde bile gözlenebilir. Doğa her zaman insana tasarım süreci sırasında yol gösterici olmuştur. Mimar olmayan, fakat çeşitli nedenlerle mekan üreten kişiler her zaman varolmuşlardır. Bu mekanları oluştururken, doğanın dışında, toplumun sosyo-kültürel yapısının baskın özellikleri de etkili olmuştur. Bunun sonucunda, doğada var olan fraktal yapılar mimari oluşumlara da yansımıştır. Örneğin, doğadaki

benzer öğelerin tekrarı topografyanın fraktal özelliği mimari yerleşmelerde de izlenmektedir [15].

Yakın geçmişe bakıldığında, hızlı endüstrileşme ile birlikte oluşan sosyo-kültürel yapının mimari ortamı da etkilediği görülür. 19. yüzyılda, otomatik mekiğin keşfi ile başlayan Endüstri Devrimi, mimarlığa seri üretim (mass production) kavramını getirmiş ve hızlı bir yapılanma ve üretim süreci izlenmiştir. Böylece çabuk ve ucuz üretim anlayışı taarımcıları da etkilemiştir. Bunun sonucunda, seri üretim ile mantığı daha rasyonel formların oluşması arasında güçlü bir bağıntı olduğu görülür. Tuğlalar, çeşitli panel elemanlar gibi mimariyi oluşturan belli başlı yapı öğeleri, Euclid geometrisine bağlı olduğu böyle bir ortamda, binaların da bu geometride olması doğal bir sonuçtur [15].

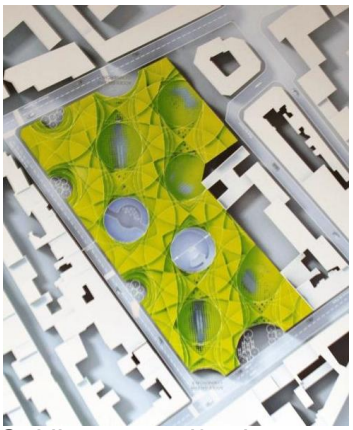
Günümüz mimarlık ortamı bu yöndeki şeyrini sürdürürken, bazı mimari hareketlerin kaynağını fraktallerden oluşan doğadan aldığı görülür. Bu yüzden belki de fraktal mimarinin varlığı büyük bir sürpriz olmamalıdır. Mimarlık tarihi bu açıdan ele alındığında, aslında söz konusu yaklaşımın, fraktallerin keşfi ile başlamadığı ve tarihin farklı dönemlerinde fraktal özellikler gösteren örneklerin azımsanmayacak kadar çok sayıda olduğu görülür. Fraktal yapıya bağlı olarak çeşitli örnekler ele alındığında, fraktal oluşumun nedenleri arasında, topografik ve kültürel yapının da etkin olduğu görülür. Doğada bulunan fraktal oluşum üzerine yerleşmeler kurulduğunda, doğal olarak topografik yapı yerleşmeleri etkilemektedir. Eğer eğimli bir topografya söz konusu ise, yerleşim eğime uyarak oluşmakta ya da kültürel bir yapıdan etkilenerek oluştuysa bu kültürel süreklilik dokuda izlenebilmektedir [15].

Abu Dabi çok katlı kule yarışmasında organik yapı ve organizasyona ait doğal bir sistem önermesinden dolayı ödül alan Bionic Tower, 2007 yılında LAVA tarafından tasarlanmıştır (Şekil 4.45) (Gao 2011). Şekilde de görüldüğü gibi sekizgen ve dörtgen yüzeylerin bir araya gelmesi ve kendini tekrar etmesi ile bu yapının strüktürü oluşmaktadır. Kütle kabuğunu oluşturan ana hatlar ise bu yüzeylerin birbirleri ile olan ilişkileri ile ortaya çıkmaktadır. Genel anlamda tasarıma bakıldığı zaman iç içe geçmiş ve kendini tekrar eden çokgenlerden oluştuğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.45) [10].



Şekil 4.45. Bionic Tower dış kabuk detayı, 2007, Abu Dabi, LAVA [10]

Manuelle Gautrand Mimarlık, Life in Town'u 2008'de alışveriş merkezi, konut ve ofisi içeren bir yarışma için tasarlamıştır. Geleneksel Avrupa kent planlamasını göz önünde bulundurarak daha yenilikçi ve ileriye dönük tasarım olmuştur. Organik planlı bir Avrupa şehrinde çizgiler yolları, daireler ise meydanları temsil etmektedir. Bu tasarım yapılırken bu veri göz önünde bulundurulmuştur. Tasarımın planına bakıldığında iç içe geçmiş ve belirli noktalarda kesişmiş dairelerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.46). Bu dairelerin kesişim noktaları arasında kalan alanlar parçalanmış ve farklı yüksekliklerde yeni mekanlar oluşturulmuştur. Bu tasarımın, daireler arasındaki ilişki sayesinde kendine benzer bir kurguda olduğu söylemek mümkün gözükmektedir (Şekil 4.47) [10].

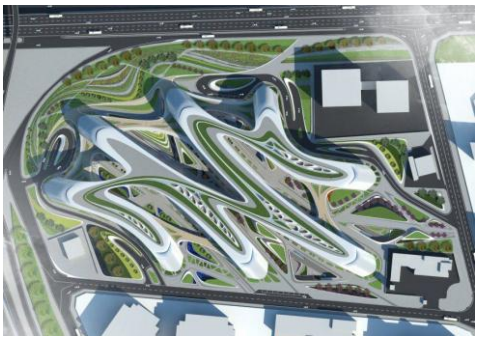


Şekil 4.46. Life in Town plan kurgusu, 2008, Fransa [10]



Şekil 4.47. Life in Town, 2008, Fransa [10]

Mimaride fraktal kurgulara bir diğer örnek, Zaha Hadid'in 2010 tarihinde ofis ve perakende satış yeri olarak tasarladığı Sky SOHO'dur (Şekil 4.48). Bu yapıda Hongqiao Havalimanı ve Shangay şehir merkezine yakın bir noktada güçlü bir görsel kimlik oluşturmak amaçlanmıştır. Tasarımın planı incelendiğinde genel formundan ışıklık detaylarına hatta peyzaj öğelerine kadar birçok yerinde kendine benzer yapıda geliştiğini söylemek mümkündür [10].

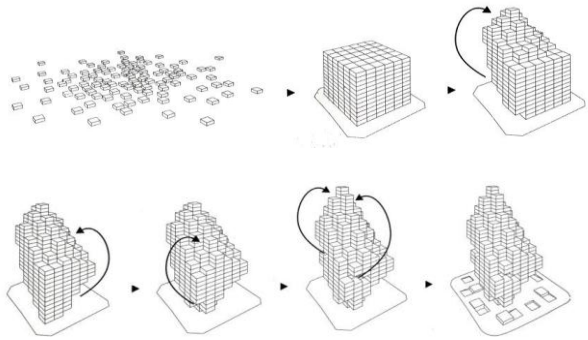


Şekil 4.48. Sky SOHO, 2010-2013, Shangay, Çin, Zaha Hadid [51]

Sky Village tasarımı farklı kullanımlara açık esneklik özelliği ile ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.49). Tasarımın ana çıkış elemanı dikdörtgenler prizmasıdır. Şehirde dağınık olarak gözlemlediğimiz dikdörtgenler prizmalarını üst üste koyarak ilk aşamada daha büyük bir dikdörtgenler prizması elde edilmiş. Daha sonra her birimin daha iyi güneş alması düşüncesi ile her cephede bu dikdörtgenler prizmasından oluşan birimler yer değiştirilmiştir. En son olarak da giriş kotundaki işlevler için bazı birimler ise proje arsasına serpiştirilmiştir. Bu örnekte de dikdörtgenler prizmasından oluşan bir kendine benzer yapı gözlemlenmektedir. Bu örneklerde de görebildiğimiz gibi mimarlıkta da kendine benzer yapılar ve fraktal kurgular geçmişte ve günümüzde karşımıza çıkmıştır (Şekil 4.50) [10].

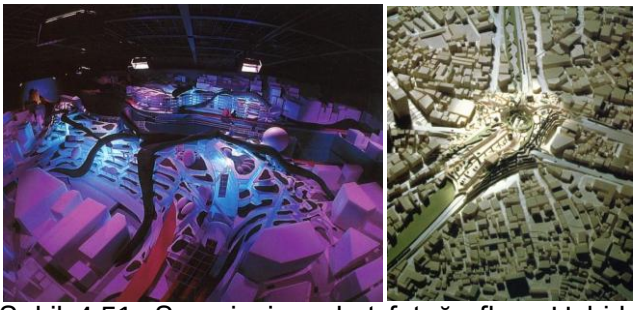


Şekil 4.49. Sky Village, 2008, Danimarka, MVRDV [10]

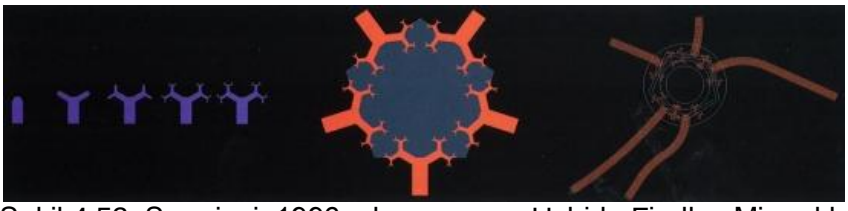


Şekil 4.50. Sky Village tasarım kurgusu, 2008, Danimarka, MVRDV [10]

Ostwald'a (2001) göre; Bu dönemde fraktal geometriyi kullanarak yapılan tasarımlara örnek olarak, Ushida Findlay Mimarlık Firmasının yaptığı “S” projesi (Şekil 4.51) örnek olarak verilebilir. Yerelliğe önem veren Ushida Findlay Mimarlık Firması kendi mimarlıkları için şunları söylemiştir: “Binalarımız yapıldığı yerlerin özelliklerine değer verir ve onları tanır ve bu çalışma şeklimizle direk olarak ilişkilidir. Sonuç olarak, bina ve mekanları doğal elemanlar gibi ifade eden özel bir mimari dil yarattık” S Projeyi “yeni Tokyo ulaşım merkezi için kurgusal bir proje“ olarak adlandıran Ushida Findlay Mimarlık Firmasının bu projede de doğadan etkilendiği söylenebilir. Projenin plan şeması dikkatle incelendiğinde ağaç dallanmalarına, nehir yataklarına benzer bir yapıda olduğu gözlemlenmektedir. Bununla birlikte plan şemasının (Şekil 4.51) oluşumu ile ilgili verilen şemadan da anlaşılabileceği gibi bu proje için başlangıç biçimi ve üretenin bulunduğu fraktal bir yapının varlığından da bahsedilebilir [10].



Şekil 4.51. S projesi, maket fotoğrafları, Ushida Findlay Mimarlık Şirketi [52]



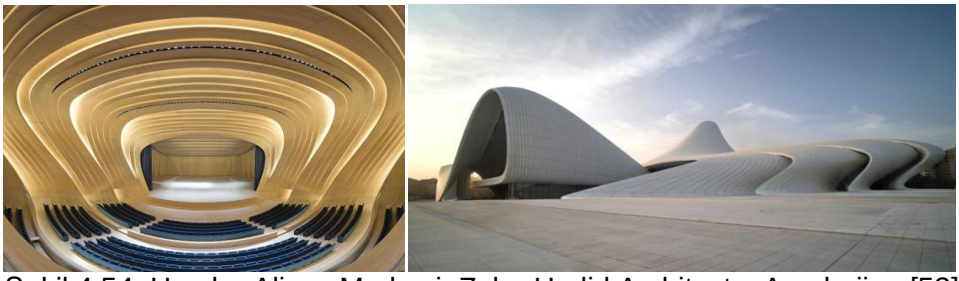
Şekil 4.52. S projesi, 1996, plan şeması, Ushida Findlay Mimarlık Şirketi [52]

Statoil Bölgesel ve Uluslararası Büroları projesinde strüktür, birbirleriyle aynı boyutlarda birbiri üzerine bindirilmiş beş büro mödülünden oluşmaktadır. Her bir mödül, farklı biçimlerde konumlandırılmıştır. A-lab'in tasarladığı proje Norveç'in Fornebu kentinde yer almaktadır (Şekil 4.53) [17].



Şekil 4.53. Statoil Bölgesel ve Uluslararası Büroları, A-lab Architects, Norveç [17]

Heydar Aliyev Merkezi'nin tasarımı, alanın topografisi ve merkezin geniş kültürel peyzaj bağlamındaki rölü üzerinden biçimlenmiştir. Dalgalanmalar, dallanmalar, katlanmalar ve dönüşler gibi özenle hazırlanmış biçimler, meydan yüzeyini çok işlevli bir mimari peyzaja dönüştürmektedir (Şekil 4.54) [23].



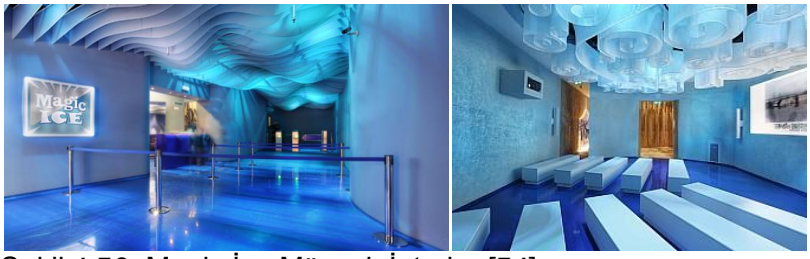
Şekil 4.54. Heydar Aliyev Merkezi, Zaha Hadid Architects, Azerbaijan [53]

Avustralya'daki ACMİ yapısının cephesindeki parçaların eğim farkları sebebiyle gökyüzü, yer ve güneş aynı yüzeyde bir arada yansımaktadır. Tüm bu farklılıkların özünde rasyonel bir sistem ve tek bir modül var: beş modül bir paneli oluşturulur ve panellerin birleşimi - kendi içinde bir armoniye sahip - cepheyi ortaya çıkarılmaktadır (Şekil 4.55) [18].



Şekil 4.55. ACMI yapısının cephesi [18]

Magic Buz Müzesi projesinin tasarımda buz, kar, fiyord, dağ gibi doğa öğeleri esin kaynağı olmuştur. İçindeki tasarımı organik tekrarlayan formlardan oluşmaktadır (Şekil 4.56) [23].



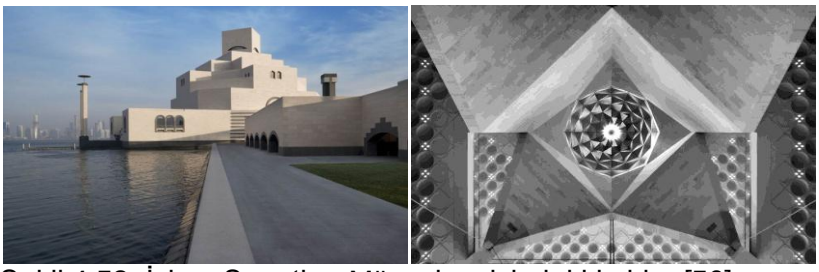
Şekil 4.56. Magic İce Müzesi, İnterior [54]

Hanoi Müzesinin Meydandaki içerisindeki merkezi bir avlu, giriş katını üzerindeki üç sergi katına bağlamaktir. Ters piramit meydana getiren bu katların her biri bir alttakinin üzerinden taşacak biçimde tasarlanmıştır (Şekil 4.57) [10].



Şekil 4.57. Hanoi Müzesi [55]

İ.M.Pei'nin Doha, Qatar'daki İslam Sanatları Müzesi son derece görünür, heykelsi, kremsi beyaz renkte ve her dönüşte taşınan ışık ve oluşan net gölgelerle, eğimli yüzeyleriyle zigurata benzer bir his vermektedir. Gizli galeri girişlerini barındıran sahın, asıl özelliği veren, dört ana dayanaktan başlayıp salınarak yükselen iç duvarların hareketi: Çarpık ve üçgensel parçaların üst üste getirilmesiyle bir çeşit kubbeye geçiş yapılmakta ve yukarıya doğru kubbe, geleneksel Arap mimarisinde de kullanılan bir pandantif formunda parçalıklı, pırlanta bezneri sivri uçlar yapan gri metal ile devam etmektedir (Şekil 4.58) [23].



Şekil 4.58. İslam Sanatları Müzesi ve içindeki kubbe [56]

Madrid'deki Hotel Puerta America tasarım açısından dünyada bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Otel için 30 farklı ülkeden 19 mimar ve tasarımcı bir araya getirilmiştir. Böylece Otel, farklı kültürlerin ve mimari bakış açılarının bir arada yer aldığı bir yapıya dönüşmüştür. Dördüncü katın tasarımı İngiliz mimarlık bürosu Plasma Studio'ya aittir. Eva Castro ve Hoger Kehne, üzerinde çalıştıkları odaları kendileri için mimari birer deney olarak ele aldıklarını ifade etmektedirler. Yüzey alanını geliştirerek mekanı farklılaştırmışlardır. Dekonstrüktivist geometriler ve devam eden LED ışıklarıyla canlandırılmış, paslanmaz çelik ve saydam cam kullanılan odalarda klasik otellere ters düşen bir tasarım anlayışı benimsenmiştir (Şekil 4.59) [24].



Şekil 4.59. Hotel Puerta America, Plasma Studio 4.Kat [57]

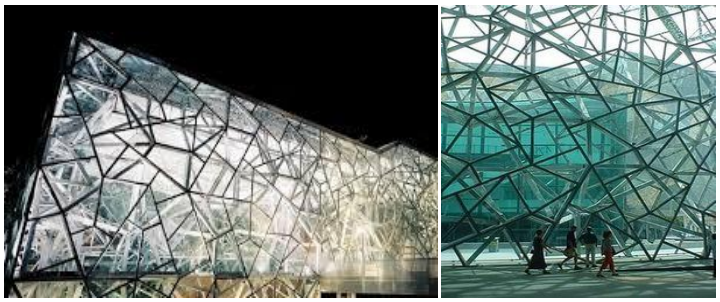
Singapur'daki ParkRoyal Oteli, cadde ölçeğinde, fraktal kontürlerden oluşan giriş podyumu ve bronzai kombinasyonları dikkat çekmektedir. Kontürler, zeminde kusursuz biçimde iç mekana sızan dramatik açık meydanlar ve bahçeler yaratmaktadır (Şekil 4.60) [24].


Şekil 4.60. ParkRoyal Hotel, Giriş Podyumu [58]

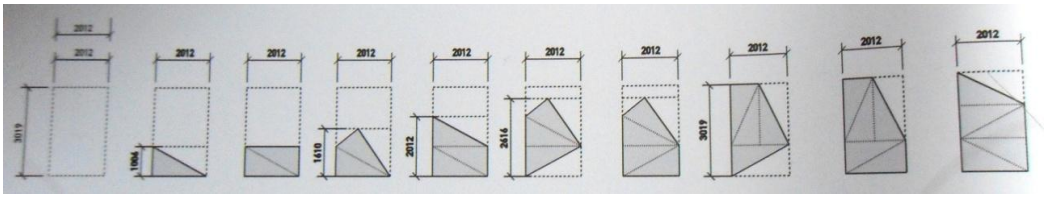
Melbourne'deki Federasyon Meydanı, LAB Mimari Stüdyosu, Avustralya, eyaletleri federasyonun yüzüncü yıldönümünü işaretlemek ve kamusal alan için olan bu tasarım, karmaşıklık teorisi ve fraktal geometri tarafından içerilen yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarıya geometrideki geçişin her adımını yansıtan bir hikayedir. Panellerin fraktal özbenzerlikleri ön cephelere farklılık ve tutarlılık elde etmekte çok önemli bir nitelik olurlar. Kamusal alanı tanımlayan bu binaların ön cephelerinde neredeyse özbenzerliğin sunumu vardır: 5s'te daha geniş üçgenler oluşturmak için birleşen 1:2:V5 üçgenleri ve dolayısıyla aynı oranın bir sonraki ölçüdeki bunlardan 5'i bütün alan boyunca tekrar eksikliği ve sonu gelmeyen fark yaratma şekillerinde birleşmelerine rağmen, zeka ile kavranabilen ve basitçe inşa edilebilen motiflerdir (Şekil 4.61) [20].

İç ve dış dokular arasındaki ve dokular arasındaki boğumları bağlayan elemanlar arasındaki değişiklikler, fraktal geometri tanımı için Benoit Mandelbrot'tan alıntı yapılan organik örnekler veya karmaşıklığın güçlü fikir verici bir şekilde ışığın süzüldüğü çalılık ve bu geometrik oyma baskıları işaretleyici çelik kare bölümler yaratır [20].

LAB mimarlık ofisinin Avustralya'nın Melburn kentinde yaptığı altı farklı ancak birbiriyle bağlantılı binadan oluşan komplekste mimar, yapıların cephesini oluştururken fraktallere dayanan bir sistemden yararlanmıştır. Sistem basit bir üçgen formuna dayanmaktadır. Sitemi oluşturan her panel birbirine benzer bes üçgen parçadan her mega - panel de beş panelden oluşmaktadır (Şekil 4.62) [11].

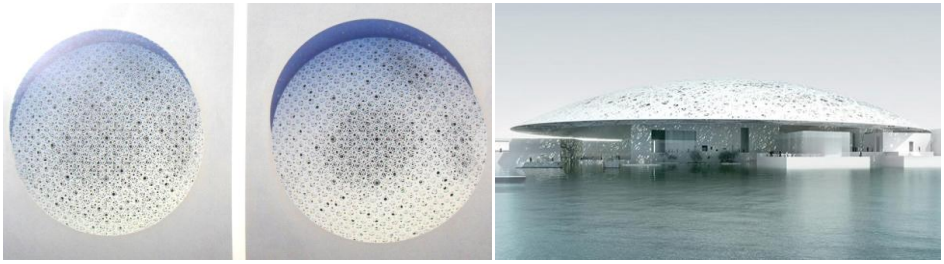


Şekil 4.61. Melbourne Federasyon Meydanı [20]



Şekil 4.62. Melbourne Federasyon Meydanı, cam levha (parçalar düzenlenmiştir) [20]

Louvre Abu Dhabi, Jean Nouvel Atölyesi, geniş, sığ kubbeli, 180m çapında, çevre uzunluğundaki kirişleri etrafında sadece 4 destek noktalı ve binalar, koleksiyonu üstünde yüzer. Kubbe bu küçük şehri birleştirir ve aşağıda özel bir mikro iklim oluşturmak için dokumanın fraktal organizasyonunu ve özbenzerlik kullanımını ve İslami delikli paravan geleneğini alır (Şekil 4.63) [20].



Şekil 4.63. Louvre Abu Dhabi, ışık iletiminin farklı seviyeleri ile kubbe modelinin kıyaslanması [20]

Pekin'deki sabun katmanı köpükleri bu binanın tasarım kaynağı ve başlangıç noktası olmuştur. Görsel tasarım modelinde çok yüzlü köpük hücreleri yatay ve dikey olarak yönlendirilmiş dizilimde sıralanmışlardı fakat sonradan 60 derece çapraz eksende hareket ettirildiler (Şekil 4.64) [20].



Şekil 4.64. Su Küpü - PTW mimarlığı, Pekin, Çin [20]

Mısır'daki Plateau Edge fraktal dokusu ile tescil edilmiş, yarı saydam geniş eğimli taş duvarlı olarak tasarlanmıştır. Alt bölüm içinse, duvar 1915'te Waclaw Sierpinski tarafından tanımlanan (13. Yy'da İtalyan sanatında da vardır), ayrıca Sierpinski Eleği olarak da bilinen (yada ücgen) bir fraktal kullanılır. Bileşen üçgen – ana üçgen- her üretimde yada tekrarlamada (elekteki delikler) kaldırıldığı her köşenin merkezinde yeni köşeli alt üçgenler tarafından üçgenlerin alt bölüm tekrarlamasıdır [20].

Tasarım, duvara motif olarak Sierpinski üçgeninin kullanılmasını ve kavramını, tasarımını bilgilendiren özenli geometrinin her galeriden piramide kadar görüş hatlarında baskın olmuştur (Şekil 4.65) [20].

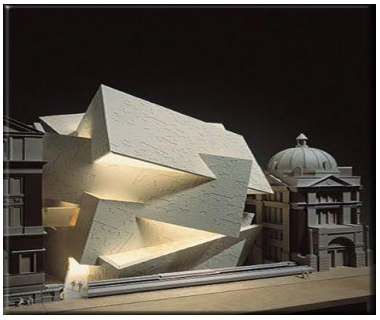


Şekil 4.65. Büyük Mısır Müzesi, Heneghan Peng, Kahire, Mısır [20]

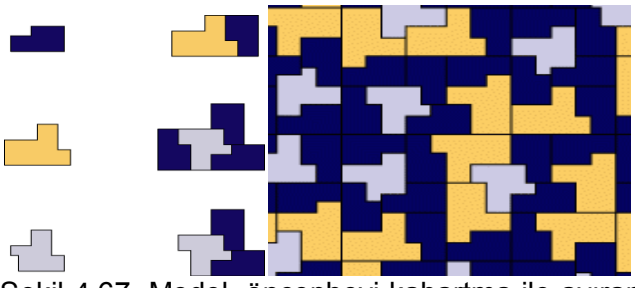
Victoria & Albert Müzesi'ndeki fraktal, fayans döşemesi alt bölümü tarafından bozulmayan, tekrarsız, eşit şeklide durmaksızın son derece bir şekilde fayans yüzeylerini döşeyecek, Ammann aperiyodik döşemeleri yaymak, bina yüzeyini derecesiz özbenzer modelleme için tasarım takımı tarafından üretilen bir terimdir. Robert Ammann'ın aperiyodik döşemesi seçmeli alt bölüm aracılığıyla bir fraktalin tektonik bir şekilde yaratılması ile güçlendirilmiştir [20].

Kullanılan Ammann setinde, 3 farklı şekilde fayans döşeme vardır. Bu üç döşemeden her biri, altın oran tarafından tam olarak ölçülen üç döşeme şeklinin kopyalarına bölünebilir. Seçmeli alt bölüm fayans döşemeleri bu şekilde alt bölümlere ayırmak anlamına gelir, fakat bu bazılarını seçmek ve alt bölüm ilerledikçe diğerlerini seçmemektir. -R fayansı -üç setin belirli fayansı üretildiğinde, alt bölüm durdurulur. Bu da aa fraktalini üretir ki bu da özellikle zengindir çünkü aperiyodik ve çevirme aracılığıyla kendisini haritalanmış olmaya izin vermesi gerektiği gibi tekrarlamaz. Bu da Fraktalin geometrik alttan desteklemesidir (Şekil 4.66) [20].

Fractal alt bölünme farklı yerlerde fayans modelince farklı fayans ve hatlarda çeşitli yoğunlukta sonuçlanır. Model spiral duvarlara kazındığında bina içindeki farklı yerlerde farklı yoğunluktadır. Fraktal fayans modeli üzerinde açılmış bina kayışına sahip olarak, Libeskind büyük yoğunluktaki bu alanların nerede ortaya çıktığınıseçmeyi başardı. Son olarak fraktalin grafiksel sunumu nasıl fiziksel fayansın kendisinin üretimine çevrilebilir? Farklı boyutlarda kullanmak kullanışlı değildi. Cevap ise frakteldeki farklı ölçeklerde çeşitli derinliklerin sunduğu fayansları kabartma ile kaldırmaktadır (Şekil 4.67) [20].



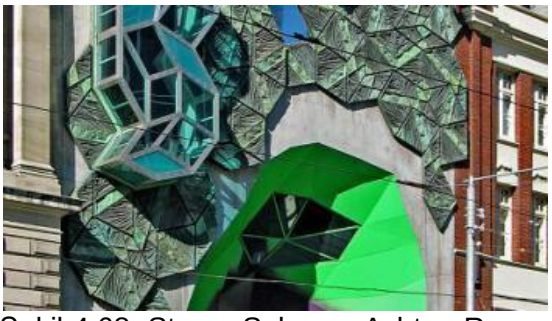
Şekil 4.66. Spiral Genişletme, Daniel Libeskind, Victoria & Albert Müzesi, Londra [20]



Şekil 4.67. Model, öncepheyi kabartma ile ayıran fraktal döşeme [20]

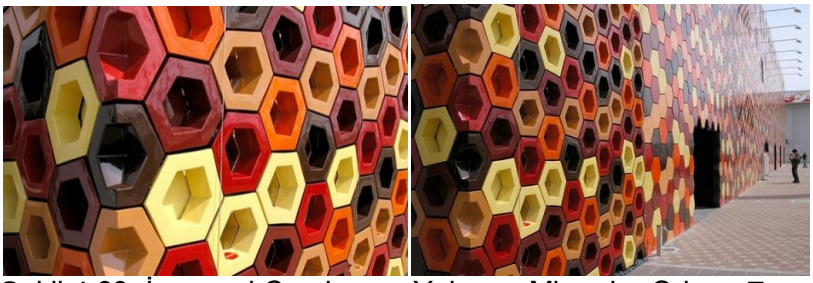
Avustralya'daki Royal Melbourne Teknoloji Enstitüsü'nde, aperiyodiklik basit çevirme aracılığıyla bütünün birleştirilmesine izin verecek bir yolda asla tekrar etmeyecek genişletilmiş sürgit modelidir. Fayans kaplama tekrar ortaya çıktığında , bir başka farklı görünmede, salonda muhtesem bir çokluk içinde beşgenler şapkalarını tekrar Penroşeye devirirler [20].

Raggatt,fayans döşemedeki bu boşlukları fiziki bilince analojik olarak görür. Binanın dışarısının dokulu bakır pasında cisimleştirilen fayans dokuma, önceki dekoratif dile referans olarak seçer ve ayrıca doğa ve gelişime referans yapar gibi gözükmektedir (Şekil 4.68) [20].



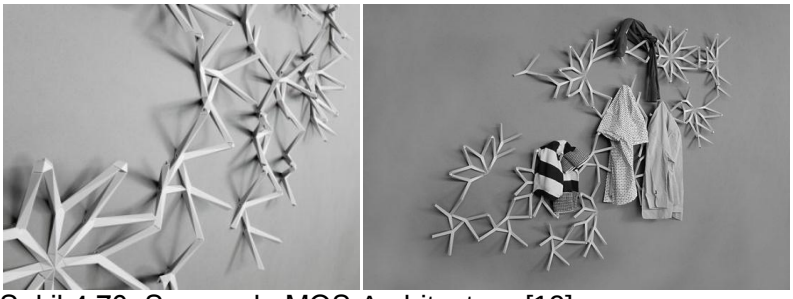
Şekil 4.68. Storey Salonu - Ashton Raggatt McDougal, Royal Melbourne Teknoloji Enstitüsü, Avustralya [20]

Japonya'daki İspanyol Cumbası; altı farklı fayans içeren yeni kafes renkle kodlanan altıgen ızgarada temellenmiştir. Bu parçaların spesifikliği ise parçalar bir araya getirildiğinde asla kendilerini terketilmez. Dolayısıyla çeşitli geometri ve rengin tekrarlayan dokusunu üretilmektedir (Şekil 4.69) [20].



Sekil 4.69. İspanyol Cumbası – Yabancı Mimarlar Odası, Expo 2005, Aichi, Japonya [20]

Kıyafet, şapka ve öteki nesneleri asmak için olan bu tuhaf sistem kendi yapısını oluşturmak için ve sahiplerine esnekliksağlamak için bir adet Y şeklinde yapı ve dört bağlayıcı şekil kullanılmaktadır (Şekil 4.70) [19].



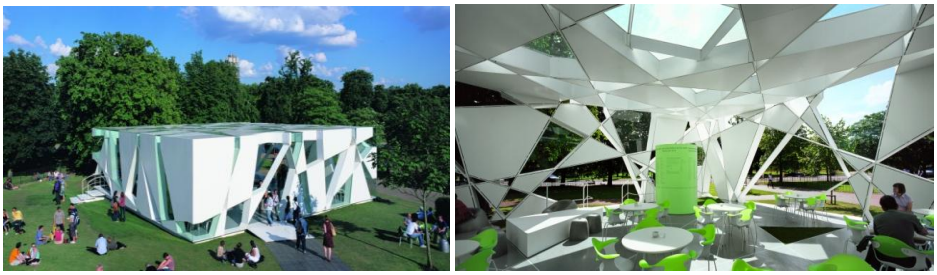
Şekil 4.70. Sarmaşık, MOS Architecture [19]

1774 Serileri Fauteuil'i Alüminyum sandalye formu genişletilmiş manganez oksit kafes modelinin dokusunu tekrar ederken bulundu. Sandalyenin şekli Lous HV şeklindeki koltuktan esinlenilmiştir (Şekil 4.71) [19].



Şekil 4.71. 1774 Serileri Fauteuil, Aranda/Lasch [19]

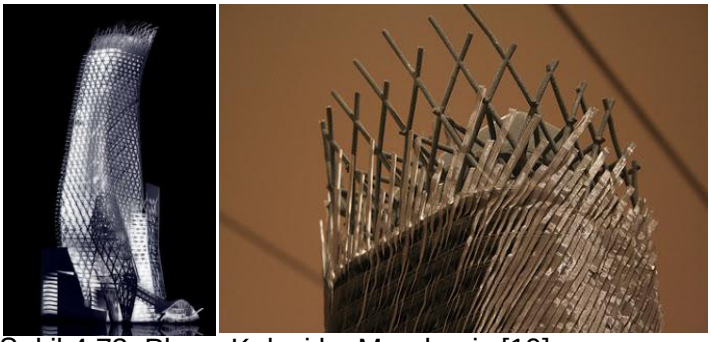
Ito'nun cumbasının ritmik hatları rotasyonun eşmerkezli karelerinin tekrarlayan sisteminden sonuçlanmıştır. Arup yapısal anlamda ses olan ışın modellerini yaratmaya yardım etmiştir ve binanın kaotik görünüşünü korunmuştur (Şekil 4.72) [19].



Şekil 4.72. Yılan taşı Galeri Cumbası (Serpentine Gallery Pavilion), Toyo Ito & Associates, Mimarlık ve Arup [19]

Phare Kulesi Paris'te 68 katlı gökdelen için bir tasarımdır. Satoru Sugihara tarafından geliştirilen yazılım tekrarlanarak geliştirmek, test etmek, tasarım için

önemli olan çoklu parametrelere yapıya değinmek için düzeltmekte kullanılmıştır (Şekil 4.73) [19].



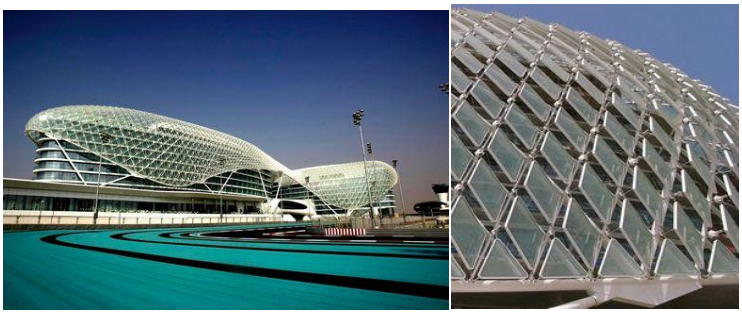
Şekil 4.73. Phare Kulesi by Morphosis [19]

4.4.1. Geleneksel arap mashrabiya'larda fraktaller

Geleneksel Arap Mimarisi'nin en belirgin özelliklerinden biri olan ''mashrabiya''lar, kullanılmaya başlandığı 12.yy Abbasi dönemi Bağdat'indan beri mahremiyet amaçlı olarak uygulamasına harcanan zaman ve para dolayısı ile zenginliğin ifadesi olarak ve de iç mekanlarda rüzgar ve serin havanın dolaşımına olanak veren ama sıcak havayı ve güneşi kesen işlev amaçlı olarak çeşitli şekilleri almıştır. Şekil 4.74 ve 4.75'te arap mashrabiya'larda fraktal tasarımı görülmektedir [21].



Şekil 4.74. Al Bahar Kuleleri, Abu Dhabi, Aedas Ofisi [21]



Şekil 4.75. Yas Viceroy Otel, Abu Dhabi, Asymptote Architecture [21]

4.4.2. Hareketli strüktürlerde fraktaller

a) Mambran Sistemler - Moore'ye (1999) göre; Çoğunlukla spor yapılarının çatılarında karşımıza çıkan hareketli mambran sistemler çeşitli şekillerde katlanarak çatının açılıp kapanması ilkesine dayanmaktadır. Genellikle yatay ya da dikey olarak katlanan mambran sistem basınca çalışmadığı için sistem stabilitesini sağlayacak destek elemanlara gereksinim duyulmaktadır (Şekil 4.76) [22].

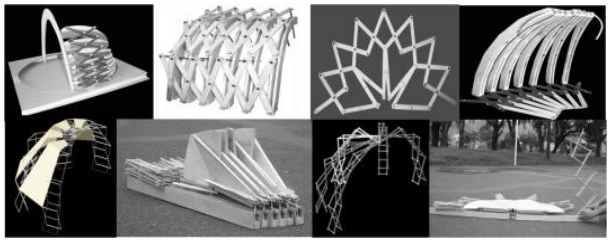


Şekil 4.76. Montreal Olimpiyat Stadyumu [22]

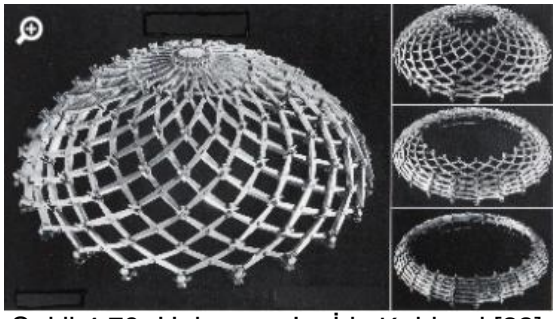
b) Pantograf Sistemler (Makas Mekanizmalar) - Maden ve diğerlerine (2010) göre; Pantograf Sistemler, rijit çubuk elemanların eksenel olarak orta ve uç noktalarından birbirlerine mafsallar yardımıyla bağlanmasıyla oluşturulmaktadır (Şekil 4.77, 4.78 ve 4.79) [22].



Şekil 4.77. Pinero'nun Kubbe Strüktürü [22]

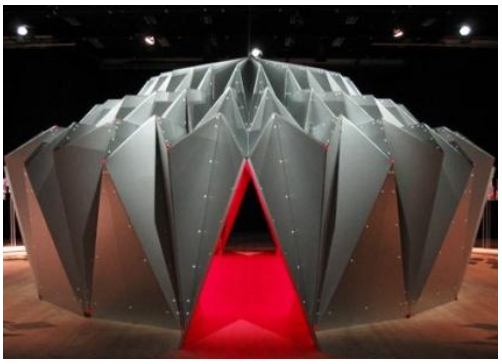


Şekil 4.78. Escrig'e ait Hareketli Strüktür [22]



Şekil 4.79. Hoberman'ın İris Kubbesi [22]

c) Katlanır Plak Sistemler - Farklı geometrik şekillerde katlanır plak sistemler elde etmek için birçok araştırmacı, tek ve çift eğrilikli yüzeylerden konik, kubbe, hiperboloid ve paraboloidler üzerine çalışmalar yapmıştır. Panel boyutları ve tepe açılarını değiştirerek çeşitli tasarımlar geliştirilmiştir (Şekil 4.80 ve 4.81) [22].



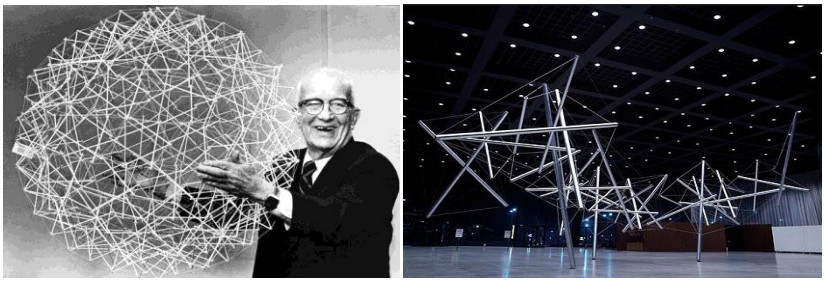
Şekil 4.80. Takabayashi'e ait Tonoz Şeklinde Katlanır Plak Sistem [22]



Şekil 4.81. Alini'e ait Kubbe Şeklinde Katlanır Plak Sistem [22]

d) Tensegrity Sistemler - 1940'lı yıllarda K. Snelson and R. Buckminister Fuller (1962) tarafından keşfedilen tensegrity sistem, temel olarak kablolar ve çubuk elemanlardan meydana gelmektedir. Strüktürel sistem, çubuk elemanların birbirine değmeyecek biçimde kablolar yardımıyla birbirine bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Ancak, ölçek büyüdükçe ve açıklık arttıkça sistemleri karmaşıklaşmaktadır (Şekil 4.82) [22]. Buckminster Fuller'ın Montreal Expo 1967 için yaptığı ve ileriki senelerde

tekrarladığı küresel yapı, kartezyen olmayan geometrik sistemlere gönderme yapmaktadır [18].



Şekil 4.82. Fuller tarafından geliştirilen tensegrity sistemler [22]

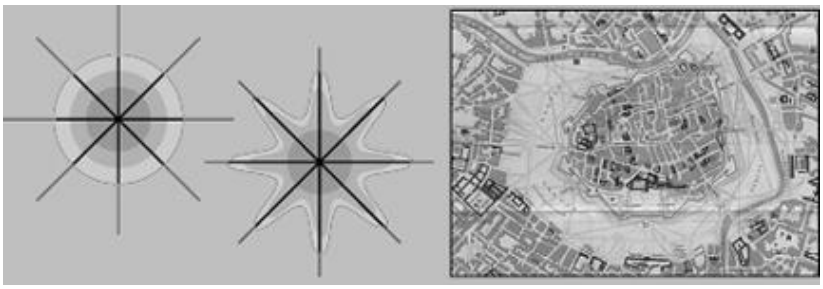
4.5. Fraktal Kentler

Alexander'e (1977) göre; Kentler, onları oluşturan alt sistemler ve bağlantılar, içinde bulundukları hiyerarşik oluşum nedeniyle fraktal özellik gösterirler. Kente ait ulaşım sistemleri, yerleşim birimleri, nüfus yoğunluğu gibi alt sistemler farklı ölçeklerde benzer kurgular, örüntüler oluştururlar. Her kent ve binanın kendine ait bir dili olduğunu ve bu dilin çeşitli elemanların biraya gelmesiyle farklı ölçeklerde oluşan örüntülerden meydana geldiğini söylemektedir. Her bir örüntü kendisiyle özdeş örüntülerle bir arada olduğunda var olmakta ve bir araya gelerek daha büyük bir örüntüyü oluşturmaktadır. Kentlerin bu özelliği de fraktal kavramın temelini oluşturan kendine benzerlik ilkesi ile paralellik göstermektedir [11].

Lorenz'e (2003) göre; Form, kenti olusturan ağ sistemleri, yapılar ve açık alanlar olarak ifade edilen fiziksel elemanların mekânsal düzeni demektir. İnsan aktiviteleri ve karşılıklı ilişkinin mekansal organizasyonunu ise strüktürü oluşturur. Strüktür, elemanlardan, elemanların ilişkilerinden ve elemanların fonksiyon ve etkileşimlerinden oluşur. Fraktal geometri, kentin sadece formunun değil, strüktürünün incelenmesinde de yardımcı bir araç olarak kullanılabilmektedir. Dış form olan biçim, iç form olan strüktür ile tanımlanır. Kentlerde elemanlar, gelişimin birimleri olarak adlandırılan konutlar ya da bloklardır. Bu birimler birbirlerine çeşitli iletişim ağlarıyla bağlanırlar. Bu elemanlarla ilgili fonksiyonlar, istihdam, ticaret, eğitim ve rekreasyon alanlarına aittir. Kentin tüm bu elemanları ve ilişkileri sehrin karmaşık geometrisini oluşturmaktadır [11].

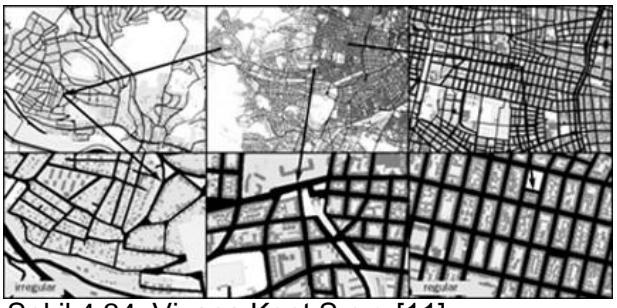
Batty ve diğerlerine (1997) göre, Kentler, gelişme biçimleri incelendiğinde doğal ve planlanmış olarak iki temel model görülmektedir. Doğal gelişim gösteren kentler planlanmış kentlere göre fraktal karakteristiği yüksek, merkezdeki bir tarihi çekirdek

ve onun etrafında gelişen dalgasal formlardan oluşan organik büyüme gösteren kentlerdir [11]. Bu kentlerde gelişimi etkileyen faktörler, büyümeyi hızlandıran ısınsal ulaşım yolları arazi şekline ve büyümeyi sınırlandıran şehir surlardır (Şekil 4.83).



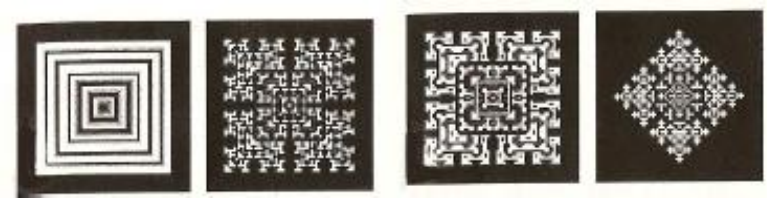
Şekil 4.83. Dairesel ve yıldız şeklinde büyüyen kentler, Viyana sehir surları [11]

Lorenz'e (2003) göre; Dikkate alınması gereken bir başka konu ise düzensiz (doğal büyüyen) ve düzenli (planlanmış) formların aynı şehir içinde farklı ölçeklerde görülebilmesidir. Bir ölçekte şehir düzenli olabiliyorken, diğer bir ölçekte bakıldığında düzensiz olabilir. Bu demektir ki eğer bir şehrin formu fraktal boyut ile tanımlanabiliyorsa bu boyut ölçeğe göre değişebilir. Şekil 4.84'te Viyana kentinin ölçek değiştikçe sahip olduğu düzenli ve düzensiz formları göstermektedir [11].



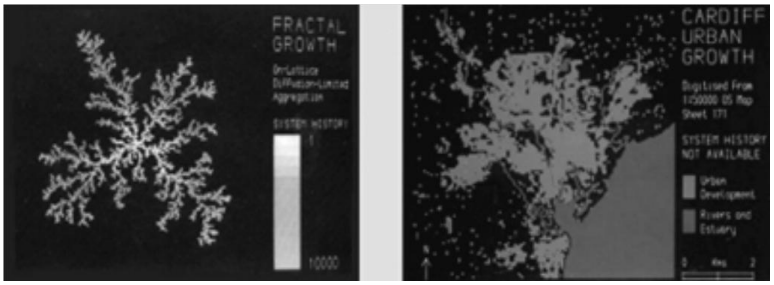
Şekil 4.84. Viyana Kent Sınırı [11]

Günümüzde bilgisayarlar yardımıyla fraktal boyut, kentlerin büyüme ve gelişme biçimlerinin, sınırlarının, nüfus yoğunluklarının, analiz edilmesinde bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Elde edilen bu değerler yardımıyla kentlerin geçmişten günümüze geçen süre içindeki değişimi ve zaman faktörünün kentsel gelişimdeki etkisi araştırılabildiği gibi bu değerler kullanılarak dinamik kent benzetimleri yapılabilmektedir Fraktal örüntüler, caddelerin, yaya yollarının planlanması için görsel bir yardımcı olarak kullanılabilirler (Şekil 4.85) [11].



Şekil 4.85. Fraktal Halılar ve Kent Planları [11]

Algoritmik olarak gelişen bilgisayar grafikleri ile çevre, deniz, gökyüzü ve ormanlar uzun zamandır modellenebiliyorken, kentsel çevrenin modellenebildiği bir teknik henüz tam olarak geliştirilememiştir. Planlama ve geliştirme safhasında birçok çalışma yapılmaktadır. Michael Batty ve Paul Longley, DLA (Yayılma ile sınırlı küme) den yararlanarak geliştirdikleri bir benzetim modeli ile farklı fraktal kentler oluşturmuşlardır (Şekil 4.86). DLA modelde kentler merkezdeki çekirdek olarak tanımlanan bir noktaya hücreler veya temel üniteler eklenmesi ile oluşmaktadır. Bu da kendine benzerlik gibi fraktal özellikler gösteren ağaç benzeri ya da ağaç benzeri, dallantılı (dendritic) formların oluşmasına neden olur. Bu model kentlerin büyüme şekillerinin benzetildiği bir esas model olarak kabul edilebilir [11].



Şekil 4.86. DLA benzetim ve "gerçek" bir şehir, Cardiff [11]

SONUÇ VE ÖNERİ

Bu bölümde, çalışmanın niteliği, konuyu ele alış biçimi açıklanarak genel bir değerlendirme yapılacaktır.

Tez kapsamında, mimari tasarımda farklı tasarlama yöntemleri iredelenmiştir. Fraktal geometrinin ortaya çıkışı, mimarlık ve geometri ilişkisinde oran, orantı kavramları açıklanmış; mimari tasarımda kendine benzeme kuramları ve yaklaşımları geometri açısından irdelenmiştir. Fraktallerin geçmişten günümüze tarihteki gelişimi, farklı kullanım alanları ve mimarlık alanında fraktal özellik gösteren örnekler araştırılmıştır. Araştırmalar doğrultusunda mimarlıkta fraktal etkinin bu kavram ortaya atılmadan çok önce de var olduğu görülmüştür. Tarih boyunca, fraktal özellik gösteren birçok örneğe rastlanılmıştır. Fraktaller, bilgisayarların yardımıyla günümüz tasarım yaklaşımlarının önemli bir parçası olmuş ve bu alanda oluşturulan son dönem örneklerde mimari kurgunun oluşturulmasında yararlanılan bir kaynak haline gelmiştir.

Literatür araştırması sonucunda mimarlıkta tasarlama yöntemleri içinde fraktallere değinilmemiş olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışması ile fraktal tasarımların da artık bir tasarlama yöntemi olarak literatüre geçmesi gerektiği önerilebilir.

Fraktal tasarımların, tasarım yöntemleri içinde kanonik tasarımlarla ikisinin de belli kuralları olması sebebiyle benzerlikler gösterdiği söylenebilir. Bir sonraki çalışmanın konusu bu benzerlikleri ve farklılıkları bulmak olabilir.

Fraktaller 1980'lerde başlamış günümüzde çoğalarak devam etmektedir. Çağımız bilgisayar teknolojisi ile farklı fraktal tasarımların üretilmesi ve çağın teknolojileri ile uygulanması mümkündür. Günümüz çağdaş mimarları sıkça bu tasarım yöntemini örneklerde de görüldüğü gibi kullanmaktadır. Türkiye koşullarında da artık dünya teknolojisini yakalayıp bu tür tasarımlara yönelinmesi önerilmektedir.

Aktarılan fraktal tasarım örneklerinin yeni tasarımcılar için ilham kaynağı olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Jormakka K., Schürer O., Kuhlmann D., *Adım Adım Tasarım Yöntemleri*, Çeviren: Halu Y. Z., Yayıma Hazırlayan: Demirhan B., 1. Baskı, Yem Yayınevi, İstanbul, 2012.

[2] Değirmenci F. B., Fraktal Geometri ve Üretken Sistemlerle Mimari Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ve Tasarım Programı, İstanbul, 2009, 252473.

[3] Uraz U. T., *Tasarlama Düşünme Biçimlendirme*, 1.Baskı, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 1993.

[4] Bielefeld B., El Khouli E. S., *Adım Adım Tasarım Fikirleri,* Çeviren: Atmaca V., 3. Baskı, Yem Yayınevi, İstanbul, 2014.

[5] Ertürk Z., *Mimari Tasarlama Teknikleri*, Ders Notları, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik-Mimarlık Bölümü, Trabzon, 1987.

[6] Ayyıldız S., Mimarlıkta Analojiler Üzerine Estetik Ağırlıklı Bir İnceleme, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon, 2001, 109834.

[7] Aydınlı S., *Mimarlıkta Estetik Değerlendirmesi*, 1. Baskı, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 1993.

[8] Günay D., 7.Sınıf Öğrencilerinin Fraktallara İlişkin İnformel Anlamalarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, İlköğretim Anabilim Dalı, Denizli, 2013, 357109.

[9] Altinuç S. O., Uydu Görüntülerinden Yarı Otomatik Kıyı Çıkarımı ve Fraktalların Başarım Değerlendirici Olarak Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2013, 346066.

[10] Kanatlar Z., Fraktal Boyuta Dayalı Mimari Bir Analiz : Sedad Hakkı ve Konut Mimarisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Tarihi Anabilim Dalı, Bursa, 2012, 322495.

[11] Gözübüyük G., Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2007, 223250.

[12] Erzan A., Dogadaki Fraktallar*, Bilim ve Teknik* Dergisi, 1998, **365**(23), 34-39.

[13] Karakuş F., Ortaöğretim Düzeyi İçin Tasarlanan Fraktal Geometri Öğretim Programının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Ensitüsü, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı, Trabzon, 2011, 300412.

[14] Ediz, Ö., Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003, 175874.

[15] Çağdaş G., Ediz Ö., Kaos, Fraktaller ve Mimari Tasarım*, İstanbul Kültür Üniversitesi Dergisi*, 2006, **4**(1),155 - 160.

[16] Çağdas, G., Fraktal Geometri ve Bilgisayar Destekli Mimari Tasarımdaki Rolü, *CAD+Bilgisayar Destekli Tasarım ve Ötesi,* 1994, **23**(1), 28-31.

[17] Altan S., Statoil Bölgesel ve Uluslararası Büroları, *Yapı Dergisi,* 2014, **386**(1), 88-95*.*

[18] Nancy W., Uncovering the Hidden Codes: The Geometry of the East End of Reims Cathedral, Doktora Tezi, Columbia Universitesi, 1996 *http://www.banupekol.com/blog/2011/08/26/mimaride-oran-ve-geometri-kullaniminin-mimarlik-tarihi-icindeki-aktarimlari-ve-kentsel-baglamda-etkileri/ (Ziyaret tarihi: 25 Mart 2015).

[19] Reas C., McWilliams Ch., LUST, *Form+Code in Design, Art and Architecture,* 1. Baskı, Princeton Architectural Press Yayınevi, New York, 2012.

[20] Burry J., Burry M., *The New Mathematics of Architecture*, 1.Baskı, Thames & Hudson Yayınevi, New York, 2011.

[21] Budak Ç. G., Geleneksel Mashrabiya'ya Modern Bir Yorum, *Yapı Dergisi*, 2013, **385** (12), 44-45.

[22] Maden F., Hareketli Strüktürler, *Yapı Dergisi,* 2014, **386**(1), 132-135*.*

[23] İpek G., Kaya M., Yılmaz B., *Projeler Yapılar 5, Müzeler*, 2. Baskı, Yem Yayınevi, İstanbul,2014.

[24] İpek G., Kaya M., Yılmaz B., *Projeler Yapılar 8, Oteller*, 1. Baskı, Yem Yayınevi, Ankara, 2014.

[25] Aydeniz N., Alğan G., Mimari Tasarım Kuram ve Yöntemleri-Biçimsel İkonik Yöntem, http://slideplayer.biz.tr/slide/4136590/, (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs, 2015).

[26] Beyaztaş S. H., Mimari Tasarımda Ekolojik Bağlamda Biçim ve Doğa İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2012, 323825.

[27] Bayazit N., Endüstri *Ürünlerinde ve Mimarlıkta Tasarlama Metodlarına Giriş*, 1. Baskı, Literatür Yayıncılık, 215-221, İstanbul, 2000.

[28] http://content.time.com/time/world/article/0,8599,2097247,00.html (Ziyaret Tarihi: 11 Ocak 2015).

[29] http://pix-clouds.com/p/paleolithic-homes.html (Ziyaret Tarihi: 11 Ocak 2015).

[29] http://www.nytimes.com/imagepages/2005/09/11/arts/11nico_ready.html (Ziyaret Tarihi: 11 Ocak 2015).

[30] http://tr.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A9_d'Habitation (Ziyaret Tarihi: 24 Ocak 2015).

[31] http://pierluiginervi.org/who-is-pier-luigi-nervi/pier-luigi-nervi-a-biographical-profile (Ziyaret Tarihi: 24 Ocak 2015).

[32] http://goldennumber.net/geometry.htm (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2015).

[33] http://www.oobject.com/category/12-buildings-inspired-by-the-farnsworth-house/ (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2015).

[34] http://cs.mcgill.ca/~epiuze/cs206/ (Ziyaret Tarihi: 5 Mart 2015).

[35] http://formandcode.com/code-examples/ (Ziyaret Tarihi: 5 Mart 2015).

[36] http://classes.yale.edu/fractals/labs/IFSLab/IFSLabBkgrndGsktGen.html (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2015).

[37] https://digitalerr0r.wordpress.com/2010/12/12/fundamentals-of-fractals-3-the-sierpinski-carpet/ (Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2015).

[38] http://en.wikipedia.org/wiki/Iterated_function_system (Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2015).

[39] http://www.hdwallpapersn.com/fractal-pictures.html (Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2015).

[40] http://www.arcspace.com/features/zvi-hecker/the-heinz-galinski-school/ (Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2015).

[41] http://www.kibrissondakika.com/mobil/genel/kktcde-yildirim-tespit-ve-takip-sistemi-kuruluyor.html (Ziyaret Tarihi: 26 Mayıs 2015).

[42] http://tr.depositphotos.com/7996973/stock-photo-tree-rings.html (Ziyaret Tarihi: 27 Mayıs 2015).

[43] http://www.landscapehdwalls.com/pink-sky-above-the-mountains-4403/ (Ziyaret Tarihi: 27 Mayıs 2015).

[44] https://cricketdiane.wordpress.com/2009/08/02/how-to-paint-sparkling-ocean-sea-waves-in-watercolors/) (Ziyaret Tarihi: 29 Mayıs 2015).

[45] http://world.mathigon.org/Sequences (Ziyaret Tarihi: 29 Mayıs 2015).

[46] http://girgin.org/yazilarim/SultanAhmet.html (Ziyaret Tarihi: 29 Mayıs 2015).

[47] http://www.learn.columbia.edu/introarch/pages/oct1/oct1f.html (Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2015).

[48] http://www.learn.columbia.edu/introarch/pages/oct1/oct1f.html, (Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2015).

[49] http://holydham.com/important-sites-at-and-near-hampi/ (Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2015).

[50] http://www.greatbuildings.com/buildings/Habitat_67.html, (Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2015).

[51] http://www.zaha-hadid.com/architecture/hongqiao-shanghai/#), (Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2015).

[52] http://www.ushida-findlay.com/project/s-project/, (Ziyaret Tarihi: 26 Mayıs 2015).

[53] http://www.designboom.com/architecture/zaha-hadid-heydar-aliyev-cultural-center-shapes-azerbaijan/, (Ziyaret Tarihi: 26 Mayıs 2015).

[54] http://www.turizmdesonnokta.com/sayfa.aspx?id=1319, (Ziyaret Tarihi: 27 Mayıs 2015).

[55] http://www.archdaily.com/251694/hanoi-museum-gmp-architekten/, (Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs, 2015).

[56] http://www.e-architect.co.uk/qatar/museum-islamic-art), (Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2015).

[57] http://archinect.com/features/article/50792/upstarts-plasma-studio), (Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2015).

[58] http://bestgarden.net/fascinating-parkroyal-on-pickering-by-woha, (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2015).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Alik B.**, Erdoğan N., Historic Environment and Cultural Sensitivity : Ottoman Neighborhood in Macedonia, *2nd International Conference with Exhibition S.Arch, Environment and Architecture*, Budva, Montenegro, 19-20 May 2015.

ÖZGEÇMİŞ

Belma Alik, 1989 yılında Makedonya, Kırçova'da doğdu. Orta öğretimini GUC "Zdravko Cvetkovski" Teknik Mimari Okulunda tamamladı. Tetova Devlet Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünden 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Yüksek Lisans Programına kabul edildi. Uluslararası sempozyumlarda sunulmuş ve yayınlanmış bir bildirisi bulunmaktadır.