

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI
Yüksek Lisans Tezi

**BİR TASARIM YÖNTEMİ OLARAK
FRAKTAL TASARIM**

Hazırlayan
Süreyya UYAN

Danışman
Doç. Fuat AKDENİZLİ

İzmir/2019

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Bir Tasarım Yöntemi Olarak Fraktal Tasarım” adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../ ... / 2019

Süreyya UYAN

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün / / tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği' nin maddesine göre “Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı, Yüksek Lisans öğrencisi Süreyya Uyan’ın “Bir Tasarım Yöntemi Olarak Fraktal Tasarım” konulu tezi incelenmiş ve aday / / tarihinde, saat’da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Geçmişte sanat ve tasarım alanında, klasik geometri ile çözümlenemeyen doğadaki karmaşık formlar ve pürüzlü yüzeyler için yeni bir geometriye gereksinim duyulmuştur. Sanat ve tasarım alanında her zaman ilham kaynağı olan doğa, fraktal yapılarla sanatçı ve tasarımcıya farklı bakış açıları kazandırarak çok çeşitli üretim olanakları sunmaktadır. Doğada zaten var olan yapılardan alınan esinle tasarlanan ürünler, modellenip boyutlandırılarak ve çoğaltılarak günümüzde bilim, teknoloji, sanat ve yaşamın bir çok alanında kullanılmaktadır.

Tasarım yöntemi olarak kullanmak amacıyla ele alınan fraktaller, kitap, dergi, tez gibi ilgili alanda bir çok bilimsel kaynak taraması yapılarak incelenmiştir. Geçmiş çok eskiye dayanmayan, yeni tanımlanmış bu alanda; çalışma boyunca fraktalin tanıtımı yapılmış, fraktalin geometri sanat ve tasarım alanındaki yeri ile ilgili ulaşılan bilgiler derlenmiş ve konu ile ilgili görseller eklenmiştir. Fraktalin sanat ve tasarım alanına kazandırmış Benoît B. Mandelbrot tarafından tanımlanmasından önce hangi sanatçıların bu kavrama uygun eserler ürettiği, son dönem fraktal sanatçıları ve eserleri de incelenerek tezde yer verilmiştir.

Tez uygulamasında, dijital fotoğraf teknikleriyle, geleneksel baskı teknikleri bir arada kullanılarak, anlam, içerik ve teknik açıdan disiplinler arası çalışmalar yapılmıştır.

Gelişen teknolojiyle birlikte özellikle sonsuz çeşitlilikte benzersiz yapılar oluşturulabilecek dijital sanatta ve çeşitli tasarım alanlarında fraktallere dair özelliklerden esinlenilerek yapılabilecek üretimlerde henüz bakir olan bu alanın tanınmasıyla çok çeşitli eserler üretilmesi ve literatüre katkı yapılması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: fraktal, fraktal geometri, fraktal tasarım, fraktal sanat, yöntem.

ABSTRACT

In the past, there has been a need for new geometry in the field of art and design for complex forms and rough surfaces in nature which cannot be solved by classical geometry. The nature, which has always inspired the artist in the field of art and design, is giving different perspectives to the artist and the designer and providing a wide range of creation opportunities by fractal structures. The products designed with inspiration from the structures already existing in nature are modeled, dimensioned and reproduced, and used in many fields of science, technology, art and life today.

The fractals discussed for use as a design method have been investigated by analyzing a lot of scientific sources including books, journals and theses. In this newly defined area, which is not based much on the past; the fractal was introduced and information on the fractal's part in the field of geometry, art and design was compiled and images related to the subject were added during the study. Before the introduction of the fractal to art and design by Beneoit B. Mandelbrot, the last period fractal artists and their works, which were produced by the artists were examined and included in the thesis.

In the thesis application, interdisciplinary studies have been done in terms of sense, content and technique by using a combination of digital photography techniques and traditional printing techniques.

With the developing technology, by recognizing this field it is aimed to produce a wide variety of works and contribution to the literature on the fields of digital art and in various design areas, where can be formed with an infinite variety of unique structures, and which is yet virgin for the creations inspired by the fractals.

Keywords: fractal, fractal geometry, fractal design, fractal art, method

ÖNSÖZ

Evrensel bir dil olan güzel sanatlar alanında günümüzde disiplinlerarası eserler üretilmektedir. Bilim, teknoloji ve sanat birlikteliğinde harmanlanan bu çalışmalar, bir yandan sanata bilimsel bakış açısı sağlarken diğer yandan farklı bir estetik anlayışı getirmektedir.

Yeni bir geometri olarak tanımlanmasıyla, fraktal geometri; bilimin birçok alanına, yeni araştırma ve çözüm olanakları sunmaktadır. Diğer yandan sanatta da, doğadan esinlenilerek keşfedilen fraktal yapıyı, çeşitli sanat alanlarında, bazen disiplinler arası çalışmalarda, farklı yaratıcılıkta, değişik teknik ve malzeme ile üretildiğini görmek mümkündür.

Fraktalleri, tasarım yöntemi olarak ele aldığım tez çalışmam için yaptığım araştırmalarda, doğa, bilim, teknoloji, finans, inanç gibi çok geniş alanla olan ilişkisini öğrendikçe konuya olan ilgim arttı.

Tez uygulamam sırasında, lisans alanım olan geleneksel Türk sanatlarının bünyesinde yer alan geometrik desenler ve fraktal geometrinin ilişkisini inceledim. Desen estetiğinde, fraktal yapıların sahip oldukları sonsuzluk, tekrar ve simetri gibi ortak benzer özellikler gördüm.

Fraktal yapıya sahip geleneksel motifleri ve kaosu; teknoloji, bilim, sanat ve tasarım bağlamında, farklı sanat disiplinleri ve teknikleri kullanarak, uygulamaya çalıştım.

Geleneksel Türk Sanatları Tezhip ana sanat dalında tamamladığım lisans eğitiminden sonra, yüksek lisans programını aldığım Sanat ve Tasarım alanında yeni, ilginç ve bakir bir alana sahip tez çalışması yapmak istedim.

Tezimin çalışma sürecinde, ilk günden beri duyduğu güvenle, motivasyonu ile verdiği destek için danışman hocam Doç. Fuat Akdenizli'ye emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Süreyya Uyan

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
RESİMLER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	x
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

1. FRAKTAL NEDİR?.....	4
1.1. Fraktalin Tarihçesi.....	4
1.2. Fraktal'ın isim babası Mandelbrot.....	6
1.3. Fraktallerin Genel Özellikleri.....	7
1.4. Fraktal Geometrinin Kullanıldığı Bilim Dalları ve Diğer Kullanım Alanları.....	9
1.5. Fraktal Yapı Çeşitleri.....	9

1.5.1. Doğal Fraktaller.....	10
1.5.2. Yapay Fraktaller.....	20
1.6. Fraktal Ve Örüntü Arasındaki Yapı Farkları.....	29
1.7. Fraktallarda Bulunan Simetriler.....	31

2. BÖLÜM

2. FRAKTAL GEOMETRİ.....	34
2.1. Fraktal Geometri ve Öklid Geometrisi Arasındaki Farklar.....	35
2.2. Geometri ve Boyut.....	35
2.3. Fraktal Boyut ve Hesaplama Yöntemleri.....	37

3. BÖLÜM

3. FRAKTAL SANAT VE TASARIM.....	41
3.1. Tasarım ve Geometri.....	43
3.2. Altın Oran.....	44
3.3. Fibonacci Sayı Dizileri.....	46
3.4. Kaos Teorisi ve Fraktal.....	47
3.5. Sanat ve Tasarımda Fraktal Kurgu.....	50
3.6. Fraktal Tanımlama Öncesi Sanatçıların Uygulamaları.....	55

3.6.1. Mauritz Cornelius Escher.....	56
3.6.2. Vincent an Gogh.....	57
3.6.3. Jackson Pollock.....	58
3.6.4. Katsushika Hokusai.....	59
3.6.5. Frank Stella.....	61
3.6.6. Victor Vasarely	62
3.6.7. Gaudi.....	64
3.7. Son Dönem Fraktal Sanatçıları.....	64
3.7.1. Phil Webster.....	64
3.7.2. Silvia Cordedda.....	65
3.7.3. Nuala O'donovan.....	67
3.7.4. Jencks Charkes	68
3.7.5. Susan Happersett.....	70
3.7.6. Greg Dunn	71
3.7.7. Ali Öner.....	72
3.7.8. OzanTürkkan.....	74

4. BÖLÜM

4. UYGULAMALAR.....	77
4.1. Teorik Arka Plan.....	77

4.2. Fraktal Sergi Parçaları.....	79
4.2.1. Uygulama 1.....	79
4.2.2. Uygulama 2.....	80
4.2.3. Uygulama 3.....	81
4.2.4. Uygulama 4.....	82
4.2.5. Uygulama 5.....	83
4.2.6. Uygulama 6.....	84
4.2.7. Uygulama 7.....	85
4.2.8. Uygulama 8.....	86
4.2.9. Uygulama 9.....	87
4.2.10. Uygulama 10.....	88
 SONUÇ.....	89
 KAYNAKÇA.....	91
 ÖZGEÇMİŞ	

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Benoit B. Mandelbrot.....	6
Resim 2. Akarsu.....	10
Resim 3. Dağlar.....	11
Resim 4. Kayalıklar.....	11
Resim 5. Şelale.....	12
Resim 6. Yaprak Dokusu.....	12
Resim 7. Yaprakta damarların dağılımı.....	12
Resim 8. Yaprak dizilimi.....	13
Resim 9. Ağaç.....	13
Resim 10. Ağaç kökleri.....	13
Resim 11. Kıyı şeridi.....	14
Resim 12. Dalga.....	14
Resim 13. “Işık hareleri”	15
Resim14. Şimşek.....	16
Resim 15. Tavus kuşu.....	17
Resim 16. Salyangoz.....	17
Resim 17. Deniz Kabukluları.....	17
Resim 18. Örümcek ağı.....	17
Resim 19. Kırmızı lahana.....	18

Resim 20. Brokoli.....	18
Resim 21. Karnabahar.....	19
Resim 22. Mantar	19
Resim 23. Kaktüs Bitkileri.....	19
Resim 24. Kar kristali.....	19
Resim 25. Bulut.....	19
Resim 26. Kar tanesi(Dönme Simetrisine örnek)	32
Resim 27. Eğrelti Otu(Öteleme Simetrisine örnek)	32
Resim 28. Eiffel Kulesi.....	53
Resim 29. Tapınaklar.....	54
Resim 30. Circle Limit I.....	56
Resim 31. Circle Limit III.....	56
Resim 32. Circle Limit 4.....	57
Resim 33. Yıldızlı Gece (The Starry Night), 1889.....	57
Resim 34. Van Gogh Otoportresi(1889)	58
Resim 35. Number 1(1949)	59
Resim 36. Blue Poles.....	59
Resim 37. Hokusai Otoportre, The Great Wave of Kanagawa.....	60
Resim 38. Hokusai Kurokami Dağı'ndaki Kirifuri Şelalesi	60
Resim 39. Modernist Kırılmalar.....	61

Resim 40. Fibonaccisuan.....	61
Resim 41. Vasarely.....	62
Resim 42. Vega.....	63
Resim 43. Vonal.....	63
Resim 44. Munich Olympics, 1.....	63
Resim 45. La Sagrada Familia Katedrali (Kutsal Aile)-Gaudi.....	64
Resim 46. Infinity Flower III.....	65
Resim 47. Pulsation (Titreşim)	65
Resim 48. Screened Icosahedron.....	65
Resim 49. Fraktal flowers.....	66
Resim 50. Fractal Flowers.....	66
Resim 51. Fractal flowers.....	66
Resim 52. Fractal flowers.....	67
Resim 53. Teasel Standing.....	68
Resim 54. Teasel Grey Fault Line.....	68
Resim 55. Pinecone, Cluster.....	68
Resim 56. Sa 'Radiolaria, RD.....	68
Resim 57. Garden Of Cosmic Speculation.....	69
Resim 58. Northumberlandia.....	69
Resim 59. The Universe Cascade.....	69

Resim 60. Aleph.....	69
Resim 61. Aldatıcı Kartezyen Dantel.....	70
Resim 62. EPSON MFP image.....	70
Resim 63. Fibonacci Spirals – 2013.....	70
Resim 64. Self Reflected (2014-2016), Greg Dunn and Brian Edwards.....	71
Resim 65. “Cortical-Circuitboard”,Greg Dunn.....	71
Resim 66. Brainbow Hippocampus.....	71
Resim 67. Self Reflected under a single light.....	71
Resim 68. “Neural Migration” Greg Dunn.....	72
Resim 69. Gnarl Ali Öner(2010)	73
Resim70. Formula Art XXI Ali Öner 2015.....	73
Resim 71. “Formula XXVII”	73
Resim 72. Formula XIII.....	73
Resim 73. Ozan Türkkan.....	74
Resim 74. Ozan Türkkan.....	75
Resim 75. Ozan Türkkan.....	75
Resim 76. Ozan Türkkan.....	75
Resim 77. Ozan Türkkan.....	75
Resim 78. Fraktal 1	79
Resim 79. Fraktal 2	80

Resim 80. Fraktal 3	81
Resim 81. Fraktal 4	82
Resim 82. Fraktal 5	83
Resim 83. Fraktal 6	84
Resim 84. Fraktal 7	85
Resim 85. Fraktal 8	86
Resim 86. Fraktal 9	87
Resim 87. Fraktal 10	88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Koch Kar Tanesi.....	8
Şekil 2. Kan dolaşım Sistemi.....	15
Şekil 3. Sinir Sistemi.....	15
Şekil 4. Akciğerler.....	16
Şekil 5. Koch Eğrisi.....	21
Şekil 6. Cantor Seti.....	21
Şekil 7. Sierpinski Üçgeni.....	22
Şekil 8. Sierpinski Halısı.....	22
Şekil 9. Minkowski Eğrisi.....	23
Şekil 10. Sierpinski Pentagon.....	23
Şekil 11. Pythagoras Tree.....	23
Şekil 12. Symmetric Binary Tree.....	24
Şekil 13. Sierpinski Gasket.....	24
Şekil 14. Sierpinski Pentagon.....	24
Şekil 15. Highway Dragon.....	24
Şekil 16. Levy Dragon	24
Şekil 17. Mc Worter Pentigree.....	24
Şekil 18. Koch Snowflake.....	25
Şekil 19. Yapay olarak üretilen bitki formları.....	25

Şekil 20. Yapay bitki formları.....	25
Şekil 21. 01.Fern fractal.....	25
Şekil 22. Julia Set.....	26
Şekil 23. Mandelbrot Kümesi.....	26
Şekil 24. Çekicisi.....	27
Şekil 25. Brownian Hareketi.....	27
Şekil 26. Yayılma ile Sınırlı Küme.....	28
Şekil 27. Yüzey şekillerinin oluşturulması.....	28
Şekil 28. Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlar.....	29
Şekil 29. Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlardan örnekler.....	29
Şekil 30. Fraktal örüntünün oluşumu.....	30
Şekil 31. Örüntü.....	30
Şekil 32. Fraktal Örüntü Oluşumu.....	30
Şekil 33. (1) İnsan Yüzü; (2) Kelebek; (3) Yaprak Yapısı.....	31
Şekil 34. Boyutlar.....	35
Şekil 35. Hausdorff-Besicovitch Boyutu hesaplanması.....	37
Şekil 36. Kutu Sayma Yöntemi ile fraktal boyut hesaplama.....	38
Şekil 37. Benzerlik Boyutu.....	38
Şekil 38. Kütle Boyutu.....	39
Şekil 39. Vitruvian adamı (Leonardo da Vinci)	45

Şekil 40. Altın oran.....	45
Şekil 41. Pascal üçgeni / Fibonacci sayıları.....	46
Şekil 42. Altın oran / Fibonacci sayıları.....	46
Şekil 43. Fibonacci sayı dizilimi.....	47
Şekil 44. Lorenz Çekeri.....	48
Şekil 45. Afrika’da Güney Zambia’daki Ba-ıla yerleşkesi.....	52
Şekil 46. Kotoko Yerleşmesi.....	53
Şekil 47. Selçuklu Geometrik Desenleri.....	54

KISALTMALAR

IFS-Iterated Function System (Yineleme Fonksiyonları Sistemi)

IBM-International Business Machines



GİRİŞ

İnsanoğlu, varoluşundan bu yana doğayı çözümleme çalışırken, vardığı noktayla yetinmeyip, algılama biçimi geliştikçe daha farklı çözüm arayışlarına girmiştir. İki bin yılı aşkın zamandan beri hakimiyetini sürdüren Öklid (Euclid) geometrisi doğayı soyut formlarla tanımlamaktadır. Doğanın karmaşık yapısını anlamak, daha hassas bir şekilde ölçmek ve modelleyebilmek için yeni bir geometriye gereksinim duyulmuştur.

Doğada zaten var olan bazı yapılardan örneklenerek yapılan çalışmaların sonucunda fraktal geometri tanımlanmıştır. Başlangıçta birçok kişi tarafından kısıtlı olanaklarla çalışılmış olmasına rağmen bilgisayarın kullanımı ile yapılan matematiksel modellemelerde sonsuz çeşitliliğe varan daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Teknoloji, bilim, sanat ve tasarım gibi birçok alanda kullanılabilen fraktaller, bilimsel çözüm üretmeye de katkı sağlamaktadır.

“Bir Tasarım Yöntemi Olarak Fraktal Tasarım” başlıklı tez çalışmamın arka planında, yapısında benzerlik ve tekrar özellikleri barındıran fraktal geometri ile tasarımda, farklı bakış açıları sağlayacak disiplinler arası çalışmalar ortaya konabileceği düşüncesi yatmaktadır.

Henüz yeterince araştırılmamış olan bir alanı tanımanın heyecanı ile yapılmakta olan bu çalışmanın amacı, sanat tasarımına sağlayacağı katkı ile, tasarımcılara yeni bir kurgu anlayışı ve bakış açısı kazandırmaktır.

Dört bölümden oluşan bu tez çalışmasının birinci bölümünde; Mandelbrot ve fraktaller tanıtılacak; tarihçesi, genel özellikleri, kullanım alanları, doğal ve yapay fraktaller, simetri ve örüntünün fraktallerle olan bağlantısı ele alınacaktır.

İkinci bölümde; fraktal geometri ana başlığında, öklid geometrisiyle arasındaki farklar incelenerek, geometride boyut, fraktal boyut ve hesaplama yöntemleri ile ilgili bilgi verilecektir.

Üçüncü bölümde ise; fraktal sanat ve tasarım başlığı altında tasarım ve geometri, altın oran, fibonacci sayı dizileri, kaos ve fraktal, sanat ve tasarımda fraktal kurgu araştırılacaktır. Fraktal tanımlanmadan önce var olan fraktal öncesi sanatçılar, son dönem fraktal sanatçıları ve eserleri derlenerek tanıtılacaktır.

Dördüncü bölümde; yapılan uygulama çalışmalarının teorik arka planı, teknik ve malzeme bilgisi ile üretilen çalışmaların görselleri yer alacaktır.

Yeni tanımlanmış bir alan olması nedeniyle, yapılan literatür taramalarında henüz çok az ele alınan bu konuda güvenilir kaynak bulma ve kaynağa ulaşım güçlüğü yaşanmaktadır. Tezin kapsamında geçen terim ve kavramlar ve ek bilgiler dip notlarda açıklanacaktır.

1. BÖLÜM

FRAKTAL NEDİR?



1. BÖLÜM

FRAKTAL NEDİR?

Benoit B. Mandelbrot, doğada zaten var olan biçimlerin matematiğini keşfederek, bilim sanat ve daha birçok alanda önemli etkiler yaratan yeni bir “matematik dalı”nın temellerini atmıştır.

Bu keşif bilgisayarlarda, geometrisine uymayan yapıların, ölçülendirilmesine ve yeniden modellenmesine imkan tanımıştır. Böylece matematik ve geometride, denklemler yardımı ile sonlu alanda sonsuza kadar küçülerek kendini tekrar eden benzer örüntü yapılar oluşturulabilmektedir (Tuğal, 2018:77).

Fraktal kavramı, Benoît B. Mandelbrot tarafından ilk kez 1975 yılında ortaya atılmıştır. Euklid geometrisi ile tanımlayamadığımız, uzamsal açıdan ise pürüzlü, düzensiz olarak doğada bulunan olgu ve biçimlere fraktal denilmektedir. (Çakmak2011:25).

Mandelbrot, yazdığı “Doğanın Fraktal Geometrisi” adlı kitabında, pürüzlülük özelliğini anlam olarak içinde barındıran fraktal kavramının, Latince’de “düzensiz ve parçalanmış” anlamına gelen “fractus” kelimesinden türetildiğini söylemektedir (Mandelbrot,1983:4).

1.1. Fraktalin Tarihçesi

Fraktal kavramı, Mandelbrot tarafından tanımlanmadan önce, George Cantor (1845-1918), Felix Hausdorff (1868-1942), Gaston Julia (1893-1978), Helge von Koch (1870-1924), Giuseppe Peano (1858-1932), Lewis Richardson (1891-1953), Waclaw Sierpinski (1882-1969) tarafından bu alanda çalışmalar yapılmıştır.

Karl Weierstrass, 1861 yılında ilk matematiksel fraktali keşfetmiştir. Takip eden yıllarda süreklilik anlamındaki arayışıyla “George Cantor, 1883 yılında matematiksel olarak incelenecek ilk fraktallerden birinin alt yapısını oluşturmuştur” (Turhan, 2018:18). Sonsuza kadar tekrarlandığında Cantor Tozu adı verilen ve koordinatları Cantor Dizisi oluşturan bir yapı elde edilmektedir. Mandelbrot’un gürültü grafiğine benzemektedir (Gülderen,2017:10-11).

Kar tanesini tasarlayan Helge von Koch, (1870–1924) tamamlanmış bir eğrinin sonlu alanda sonsuz uzunluğa sahip olduğunu açıklamıştır. 1926 yılında Sirpinski, eşkenar bir üçgenin ortasına yerleştirdiği başka bir eşkenar üçgenle oluşturduğu üçgeni sonsuz sayıda tekrarlayabilmiştir. Bir yıl sonra Sirpinski halısını tasarlamıştır. Matematikçi Gaston Julia, kendi adıyla anılan Julia Cümlesi’ni¹ keşfetmiştir. Tekrarlama metodu kullanılarak, Julia cümlelerinden elde edilen sonuçta çok basit formüllerden, çok karmaşık fraktal yapılar oluşabilmektedir (Turhan, 2018:18-19).

Benoit B. Mandelbrot, öğrencisi olduğu Gaston Julia’ yı örnek alarak yaptığı çalışmalarla, 1980’de Mandelbrot Cümlesi’ni² bulmuştur. Mandelbrot Cümleleri de, formülle tekrarlama metodu ile üretilen fraktal tipidir (Tepe,2014:4-10).

Konuya dair pek çok kavram, tarihi süreçte matematikçiler tarafından kullanılmış olsa da, 1982 yılında, Benoit Mandelbrot ilk kez “fraktal” tanımını kullanmıştır. Tarihsel süreç içinde konuyla ilgili çalışmalarda bulunan Edward Lorenz de 1960’ lı yıllarda meteoroloji uzmanı olarak MIT’de görev yaparken önemli keşifler yapmıştır. (Turhan,2018:20).

¹ **Julia Cümlesi:** Formülle tekrarlama metoduyla Gaston Julia tarafından üretilen fraktallerdir (Tepe,2014:9).

² **Mandelbrot Kümesi:** Kapsamı Julia kümesine oldukça yakın ve benzer algoritmalarla Mandelbrot tarafından üretilen fraktallerdir (Tepe,2014:10).

1.2. Fraktal'in isim babası Mandelbrot (20 Kasım 1924 – 14 Ekim 2010)



Resim 1- Benoit B. Mandelbrot

Benoit B. Mandelbrot, 1924 yılında Varşova'da Yahudi bir ailenin oğlu olarak dünyaya gelmiştir. Matematik profesörü olan amcasından, özel olarak ezbercilikten uzak bir eğitim almıştır. Satranç oynayarak, haritaları inceleyip ufkunu genişleterek dünyayı daha iyi anlamaya çalışmıştır. Uzun süren cebirsel hesapları, formül kullanmadan, geometrik bir yaklaşımla hızlı ve basit bir şekilde çözmektedir. Matematikle gözün buluştuğu geometriye olan sevgi ve ilgisinden dolayı, görüntü ile formülasyonu birleştirebilmiştir. Mandelbrot, IBM laboratuvarlarında oyun teorisi, iktisat, emtia gibi alanlarda mühendis olarak çalışmıştır. Doktora programını tamamlayarak, Harward ve Yale üniversitelerinde dersler vermiştir (Hudson,2005:18-22).

Mandelbrot setini bilgisayarla üreten ilk kişidir. Basit kurallı şekillerden nasıl kompleks bir görsel yapının oluştuğunu göstermiştir. Bu şekilde birçok alanda modelleme yapılmasına olanak sağlanmıştır (Tuğal,2018:78).

Suat Çakmak, Benoit Mandelbrot'un öngörüsünü şu şekilde anlatmaktadır:

“Sonsuzluğu ve sonsuz mekanların sınırlarını, sezip görerek matematiğini bu temeller üzerine kurmuştur. Düzensiz görünen sistemlerin içindeki harikulade düzenleri, sonlu mekanlardaki sonsuzluğu, sonsuz mekanların sınırlarını sezmiş, görmüş ve matematiğini bu temeller üstüne kurarak yaşamının her alanına uygulamıştır.” (Çakmak,2011:23).

1.3. Fraktallerin Genel Özellikleri

Fraktallerin genel olarak “öz-benzerlik”, “tekrarlama”(Iterasyon), “fraktal (kesirli) boyut” ve "karmaşıklık" gibi temel özellikleri bulunmaktadır. Doğada rastladığımız fraktallerin en önemli özelliklerinden biri “öz benzerlik” tir. Cismi oluşturan parçalar bütüne benzemekte ve büyütüldüğünde, her küçük parçada bütünü görmek olasıdır ancak bazen de parça bütün ilişkisinde yaklaşık benzerlikler olabilmektedir (Alik,2015:57).

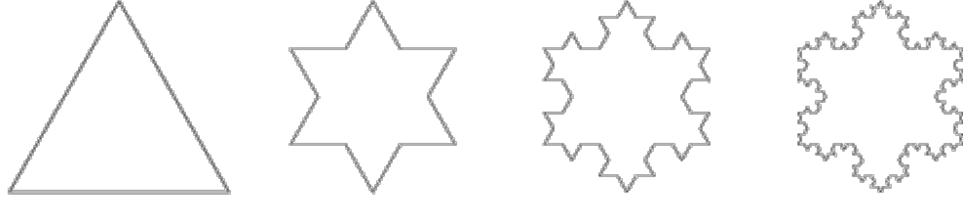
Fraktaller, kendine benzerlik özelliklerinin derecesine göre tam kendine benzerlik, yarı kendine benzerlik ve istatistiksel kendine benzerlik özelliğe sahip olabilmektedir. (Gözübüyük,2007:49).

Tam kendine benzerlik / (Self-Similarity) özelliğinde; parça bütün ilişkisinde benzerlik çok güçlüdür. Öz benzerlik olarak da adlandırılan bu fraktal özellik genellikle tekrarlanan fonksiyon sistemleriyle tanımlanan matematiksel fraktallerde vardır (Yılmaz,2013:27).

Yarı kendine benzerlik özelliği; benzerliğin en zayıf olduğu fraktal çeşididir. Farklı ölçeklerdeki fraktaller birbirine benzemesine rağmen aynı değil, bütünün benzerleridir. Mandelbrot fraktalleri, bu yarı benzer fraktaller grubuna örnek verilebilir. Benzerliğin zayıf olduğu durumlarda da, sadece bir nokta etrafında benzerlik kurulabiliyorsa, noktasal öz benzerlik olarak adlandırılabilir.(Alik,2015:45).

İstatistiksel kendine benzerlik kendine benzerlik özelliğinin en zayıf olduğu gruptur. Küçük ölçeklerden oluşan parçalar, büyütülüp incelendiğinde, aynı olmadığı, benzerliğin ölçek boyunca korunduğu gözlenir. Doğadaki fraktal yüzey şekilleri bu benzerliğe örnek oluşturabilir.(Gözübüyük,2007:50).

Fraktallerin genel özelliklerinden diğeri “Tekrarlama” (Iteration) özelliğidir. Ardışık olarak devam eden bir süreçte, bir çıktının tekrar yeni bir başlangıçla girdi olarak içeri verilmesiyle tekrarlanmaktadır (Alik,2015:57).



Şekil 1- Koch Kar Tanesi

Bu tekrar yöntemlerinden biri “üreteçle tekrarlama” dır. “Taban” adı verilen şekille başlanarak, her parçası yerine motif veya üreteç denilen parça koyulmaktadır. Yapılandırmaya üçgenle başlanan Koch kar tanesinin her kenarının üzerine motif koyularak oluşturulmaktadır. Fraktallerin, tekrarlama yöntemlerinden diğeri de “Tekrarlayan Fonksiyon Sistemleri”dir. Seçilen bir noktayla başlanıp, matematiksel formülle elde edilen şeklin, defalarca tekrarlanarak şeklin yerine konulmasıyla fraktal elde edilmektedir. Yabancı çekerler (Strange Attractor) bu yönteme örnektir (Yılmaz, 2013:16-18).

Edgar A, kitabındaki ifadesinde; “Fraktalin klasik geometrideki yapılardan farklı olan yanı, onun tekrarlayan bir muazzam yapıya sahip olmasıdır.(Tekrarlayan fonksiyon sistemleri) yardımı ile belli fraktal örneklerini açıklamak mümkündür.” demektedir (Edgar A. ,1990:1).

Ayrıca ,Julia ve Mandelbrot kümeleri de birbirine benzer yöntemle ve formülle elde edilmektedir (Alik,2015:75).

Fraktallerin genel özelliklerinden öz benzerlik ve tekrarlamanın dışında “karmaşıklık” ve “kesirli boyut” özellikleri de, farklı bir geometriye gereksinim duyulduğunu göstermektedir.

Öklid geometrisinde, 0 boyutlu olarak nokta, 1 boyutlu olarak doğru, 2 boyutlu olarak düzlem, 3 boyutlu olarak küp örneği verilebilirken, kesirli boyut fraktallerin pürüzlülük derecesi olarak ifade edilmektedir. Örneğin Sierpinski üçgeni fraktal yapı olup, boyutu 1,585 olarak hesaplanmıştır. Temel özelliklerden karmaşıklık’ta ise; pürüzlü yapılarından ve tekrarlardan oluşan yapı özelliklerinden dolayı fraktaller, hem doğada, hem üretilenlerde karmaşık ve kompleks bir yapıya sahiptirler (Alik,2015:57).

1.4. Fraktal Geometrinin Kullanıldığı Bilim Dalları ve Diğer Kullanım Alanları

Doğada var olan fraktal yapılardan yararlanılarak yapılan modellemelerden, çeşitli alanlarda yararlanılabilmektedir. Geçmişte de özellikle mimari ve daha diğer birçok alanda kullanılmışken, bilgisayarların kullanım alanına girmesinden sonra IBM laboratuvarlarında çalışan Mandelbrot tarafından veri iletim hatlarındaki gürültüyü engelleme çalışmaları sırasında bu yapı keşfedilerek sinyal okuma konusunda kullanılmıştır. Bilgisayar grafikleri, fizik, hidroloji, anatomi, nöroloji, enformasyon, kozmoloji, istatistik ve sosyal bilimler gibi birçok alanda B. Mandelbrot' un geliştirmiş olduğu bu geometri, modelleme yapılmasına olanak sağlamıştır. (Tuğal,2018:78).

Ayrıca tıp, bilgisayar alanı, ekonometri, matematik, inşaat mühendisliği, kimya mühendisliği, fizik mühendisliği, makine mühendisliği, elektrik elektronik mühendisliği, jeofizik mühendisliği, petrol ve doğal gaz mühendisliği, jeodezi ve fotogrametri, eczacılık ve farmakoloji, anatomi, istatistik, kulak burun boğaz (tıp), çocuk sağlığı ve hastalıkları (tıp), tıbbi biyoloji, coğrafya, evrim, meteoroloji, genetik, diş hekimliği, şehircilik ve bölge planlama, astronomi, sosyoloji, fizikokimya, fizik, kimya, jeoloji, biyoloji, sosyoloji, fizyoloji, ekonomi, akışkanlar mekaniği, mimarlık, işletme alanı (finans piyasaları), parmak izi, müzik, güzel sanatlar eğitim ve öğretim alanları (Milli Eğitim programları), bankacılık, iletişim alanı, borsa gibi değişik alanlar üzerinde önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır.

1.5. Fraktal Yapı Çeşitleri

Mandelbrot'a göre fraktalleri yapılarına göre iki grupta sınıflandırabiliriz. Bunlardan ilki, doğanın geometrisi olarak adlandırılan fraktallerin, doğadaki varlık ve oluşumları, diğeri ise bu kural ve özelliklerinden yararlanılarak modellenen ve tasarlanan fraktal grafiklerdir. Bu açıklamadan yola çıkarak fraktalleri, doğal ve yapay fraktaller olmak üzere iki ana grupta değerlendirebiliriz. Tekrarın en önemli faktör olduğu bu oluşumlarda yöntem olarak, geometrik şekiller, matematiksel denklemler ve

biçimlere uygulanan dönüşüm kurallarının yanısıra bilgisayar destekli modeller de kullanılabilmektedir (Gözübüyük,2007:35).

1.5.1.Doğal Fraktaller

Doğada bulunan fiziksel, kimyasal ve biyolojik fraktal yapılarda, tekrar ve kendine benzerlik özelliği vardır. Doğal fraktallere örnek olarak verebileceğimiz dağların, nehirlerin, kıyı şekillerinin, şimşek, bulut, ağaç dallarının yapıları incelendiğinde üç veya dört çevrime kadar bu özelliği görebilmek olasıdır. Doğayı incelediğimizde, euclid geometrisiyle tanımlanamayacak bu düzensiz şekillerin ve formların en küçük parçalarının bütünü ile benzer özellik taşıdığı görülmektedir (Aydemir,2008:5).



Resim 2- Akarsu

Nehirlerin kara parçasındaki dağılımını topolojik olarak incelersek ayrılan kolların oluşturduğu çatallanmalar oldukça karmaşık görünmektedir. Oysa küçük birimde de nehrin tamamına benzeyen görüntüler sergilenmektedir (Öztürk D.-Uyar A.,2017:157).



Resim 3- Dağlar

Dağların yapısına baktığımızda girintili çıkıntılı karmaşık bir form oluşturduğu gözlenir. Bu pürüzlü alanlar incelendiğinde en küçük biriminde de bütünün form özelliklerini taşıdığı görülmektedir.



Resim 4- Kayalıklar

Kayalıkları oluşturan, farklı ölçeklerdeki parçalarının bütünün yapısına benzemesi, fraktal yapıya sahip olduğunu göstermektedir.



Resim 5- Şelale

Akarsular, şelale olarak yüksek zeminden akarken kaya parçalarının aşındırır. Zemine düşen suların, kayalara çarpınca oluşturduğu çatallanmalar farklı ölçeklerde ve benzer formda fraktal görüntüler vermektedir.



Resim 6- Yaprak Dokusu



Resim 7-Yaprakta damarların dağılımı

Yaprağın dokusunda bulunan farklı ölçeklerdeki birbirine benzer örüntüler ve damarlardaki dallanmalar, giderek küçülme ve kendine benzerlik özelliği göstermektedir.



Resim 8- Yaprak dizilimi

Doğadaki fraktal yapıya sahip bitkilerden eğrelti otu örneğinde, yaprakların diziliş şeklinde, en küçük birimin, bütünün aynısı olmasından dolayı özbenzerlik ve tekrar vardır.



Resim 9- Ağaç



Resim 10- Ağaç kökleri

Ağaç dallarının dağılımı, toprak altında bulunan köklerin çatallanmış karmaşık yapılarında aynı fraktal yapıyı gözlemek olasıdır.



Resim 11- Kıyı şeridi

Kıyı şeridinin girintili çıkıntılı yapısının, gerçeğe uygun sonuçlarla ölçümlendirilebilmesi için, fraktal yapısından yararlanılmış ve bunun için bütüne benzeyen daha küçük ölçeklerdeki parçaları kullanılmıştır.



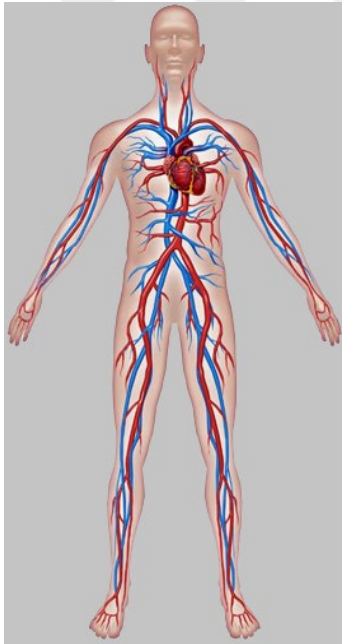
Resim 12- Dalga

Deniz ve göllerin dalgalarında oluşan, birbirine benzeyen ve tekrar eden dalga formlarının her biri ele alındığında var olan basit oluşumların karmaşık fraktal bir yapıya dönüştüğü görülmektedir.



Resim13- Işık hareleri

Güneş ışınlarının denizdeki kumun üzerinde oluşturduğu hareler de farklı ölçeklerden oluşan benzer fraktal bir yapı oluşturmaktadır.



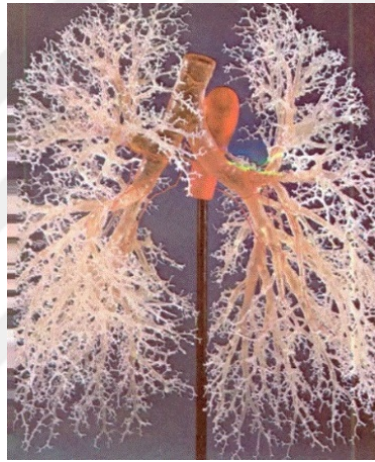
Şekil 2- Kan dolaşım sistemi



Şekil 3- Sinir sistem

Sinan Canan kitabındaki ifadesinde,

“Geleneksel geometrinin idealize edilmiş soyutlamalarından çok farklı ve karmaşık yapıya sahip fraktal geometriyi doğadaki biçimlerde görmek mümkündür. Yer küreyi altı yedi kez dolaşabilecek kan damarları, bir tenis kortundan daha büyük alanı kaplayan akciğer hava kesecikleri, açıldığında iki metreyi aşkın uzunluğa erişen DNA molekülümüzün yüz trilyon hücremizin her birinde, birkaç mikrometre (milimetrenin binde biri) çapındaki hücre çekirdeklerinin içine paketlenmesini sağlayan şey, büyük oranda bu “fraktal” kurallardır.” diyerek konuyla ilgili çok etkileyici örnekler vermektedir (Canan,2009:148).



Şekil 4-Akciğerler

Kan dolaşım sistemi, sinir sistemi, akciğerlerin biyolojik yapılarındaki giderek küçülen dallanmalarda fraktal yapı görülmektedir.



Resim 14. Şimşek

Gökyüzünde şimşek çaktığında ortaya çıkan ışık çakmaları dallanmalar halinde görülmektedir. Şimşegin hava koşullarına ve farklı etkenlere bağlı olarak aldığı doğrusal olmayan yolu, kaosu kelebek etkisiyle ilişkilendirirsek her seferinde farklı karmaşık bir görselle ama kendine ait bir fraktal düzenle yol aldığını görebiliriz.

“Tekrarlanan benzer fraktal yapıların, en küçük birimden en büyük yapıya kadar bir arada olabilmesi, evreni anlamak, tasvir etmek için kullanılabilmektedir” (Braden,2009:87).



Resim 15- Tavus kuşu

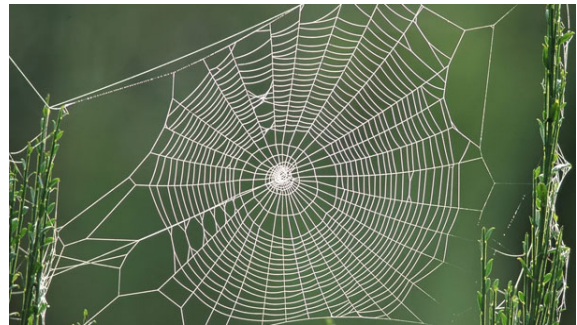


Resim 16- Salyangoz

Tavus kuşu tüyleri, örümcek ağları, deniz kabukluları, salyangoz da fraktal özellikler bulunmaktadır. Salyangoz kabuğunda ve deniz kabuklularında da altın orana uygun spirallerde kabuğun, hem iç yapısında hem dış yapısında fraktal yapı görülmektedir.



Resim 17- Deniz kabukluları



Resim 18- Örümcek Ağı



Resim19- Kırmızı lahana

Doğada bulunan, fraktal yapının özelliklerini en iyi taşıyan bitkilerden brokoli özbenzerlik, tekrar ve en küçük birimde bütünün özelliklerini barındırma özelliği ile en iyi örnektir.



Resim 20- Brokoli

Kırmızı lahana bitkisinin enine ve boyuna kesitinde ortaya çıkan benzer yapılar da fraktal özelliklere sahiptir.



Resim 21- Karnabahar



Resim 22- Mantar

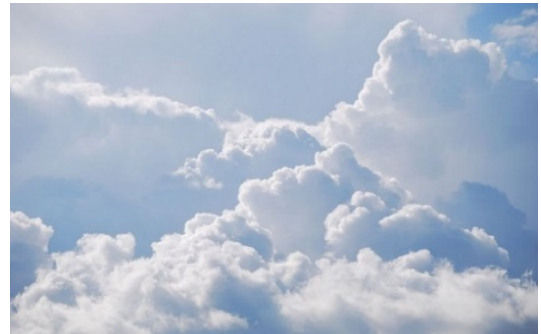
Karnabahar ve mantar bitkilerinin yapılarında ve kaktüs bitkisinde bu fraktal yapılanma görülmektedir.



Resim 23- Kaktüs Bitkileri



Resim 24- Kar kristali



Resim 25- Bulut

Hiçbir tanesi birbirine benzemeyen kar kristali³ ve karmaşık ve öz benzer yapısıyla bulut da doğal fraktal yapıya sahiptir.

1.5.2.Yapay Fraktaller

Yapay fraktaller, doğada var olan fraktal kurguların incelenerek, ortaya yeni oluşumların çıkarılmasıdır. Üretilenler, öncelikle kendine benzer bir yapıya ve tekrara sahiptir. Başlangıç formuna uygulanan dönüşüm kuralları ve matematiksel denklemlerle yapılmaktadır. Genellikle bilgisayar yardımıyla oluşturulabilen basit biçimler, uygulanan tekrarlarla karmaşık bir yapıya dönüşmektedir.

Yapay fraktaller oluşumlarına göre; düzenli ve düzensiz fraktaller olarak iki grupta incelenebilmektedir (Gözübüyük,2007:35-38).

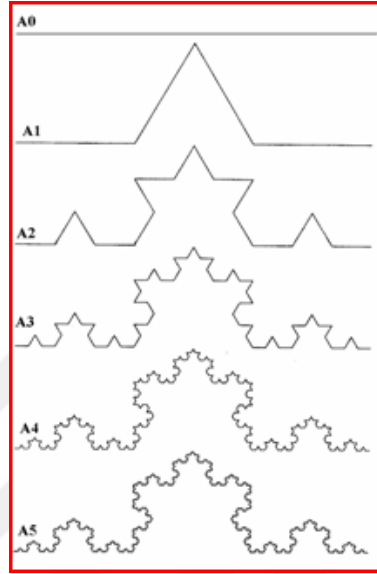
Alik, düzenli fraktallerin üretim yöntemleri şu şekilde açıklamıştır: “Belirlenmiş bir kural algoritmasının⁴ tekrarı veya belirlenmiş bir noktanın matematiksel bir denklemde kullanılmasıyla elde edilen sonucun, tekrar bu denklem içinde kullanılmasıdır”(Alik, 2015:84-93)

Düzenli Fraktaller Ve Üretim Yöntemleri; Gerçek Matematiksel fraktaller, Yinelenen Fonksiyon Sistemi ile Oluşturulan Fraktaller, Lindenmayer Sistemi, Kaotik Fraktallerin Oluşturulma Yöntemleri ve Orbital Fraktallerin (Garip Çekicilerin) Oluşturulma Yöntemi olarak beş grupta sınıflandırılabilir. Gerçek matematiksel fraktaller ; tam öz benzerlik özelliğine sahip başlangıç kuralına duyarlı çizgisel klasik fraktallerdir ve karmaşık yapılı değillerdir. Elde edilen sonuç başlangıç biçiminin küçültülmüş bir kopyasıdır ve bir sonraki aşamada girdi olarak kullanılmaktadır Koch

³ **Kar kristali:** İncelendiğinde karmaşık bir yapıya sahip olmasına rağmen birkaç parametreden oluşan basit algoritmalar kullanılarak benzer fraktal yapılar oluşturulabilir (Ocak, 2018:46).

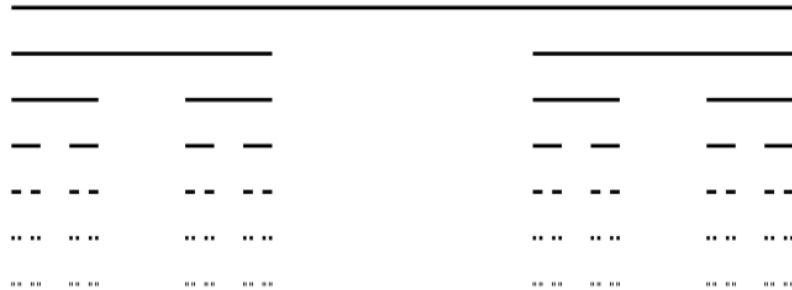
⁴ **Algoritmik Metot:** Özel bir grup problemi çözümlmek için kullanılan matematiksel bir araçtır (Alik, 2015).

Eğrisi, Cantor Seti, Sierpinski Üçgeni, Sierpinski Halısı, Minkowski Eğrisi gerçek matematiksel fraktallerdir. (Gözübüyük,2007:35-38).



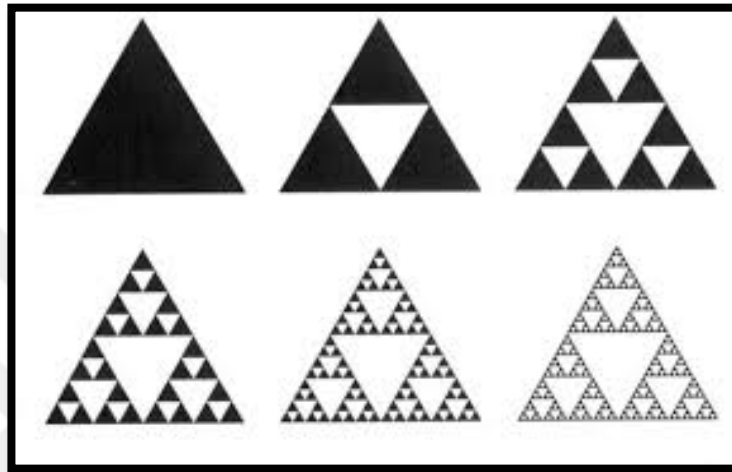
Şekil 5- Koch Eğrisi

A0 adımında birim uzunlukta bir doğru parçası ile başlayıp A1 adımında her biri $1/3$ birim uzunluğundaki 4 doğru parçasından yeni bir şekil elde edilir. Bunu yaparken orta $1/3$ 'lük parça atılıp, onun yerine aynı uzunlukta iki parça eklenir. Bu şekilde her yeni adımda, bir önceki adımda elde edilen doğru parçalarına aynı işlem uygulanınca sonuçta fraktal bir şekil ortaya çıkar (Yılmaz,2013:36)



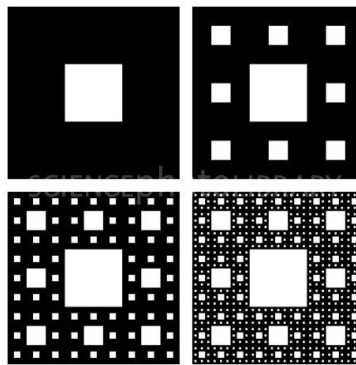
Şekil 6- Cantor Seti

Cantor Seti, George Cantor tarafından geliştirilmiştir. Bir doğru parçası alınıp üç eşit parçaya bölünmektedir. Ortadaki üçte birlik parça silinerek geriye kalan parçalara sonsuza dek aynı işlem uygulanmaktadır. Böylece Cantor dizisi veya seti oluşturulmaktadır (Hacısalıhoğlu,2004:1).



Şekil 7- Sierpinski Üçgeni

Sierpinski Üçgeni, Waclaw Sierpinski tarafından üretilmiştir. Başlangıç birimi eşkenar üçgen olan ve sonsuz sayıda çevrim elde edilebilen matematiksel bir kümedir (Hacısalıhoğlu,2004:1).



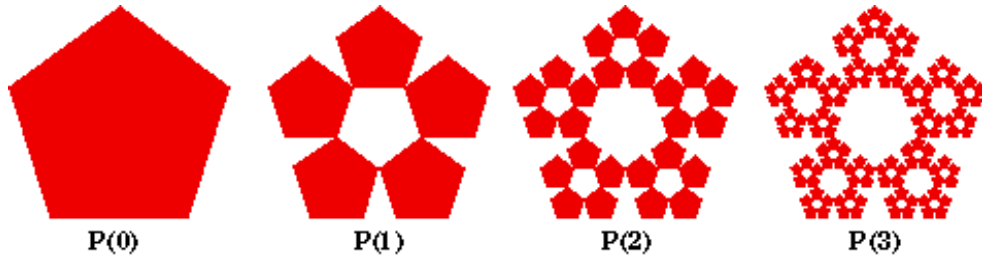
Şekil 8- Sierpinski Halısı

Sierpinski Halısı, kare ile başlamaktadır. Eşit dokuz kareden ortadaki çıkarılmaktadır. Sonsuza kadar devam edebilmektedir.



Şekil 9- Minkowski Eğrisi

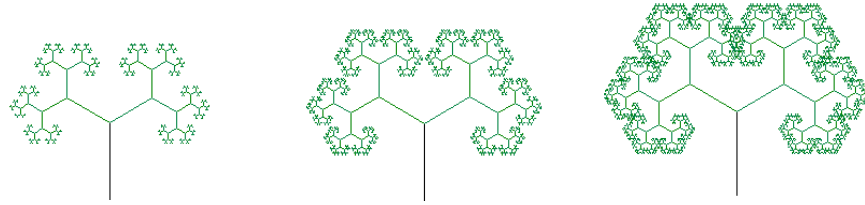
Minkowski Eğrisi, düz bir çizgiyle başlayıp dört eşit parçaya bölünmektedir ve sekiz parçadan oluşan üretici ile yer değiştirmektedir. Yapılan tekrarlarla eğri oluşur. Düzenli fraktallerde yer alan yinelenen fonksiyon sistemi ile oluşturulan fraktallerde, (IFS-Iterated Function system) belirlenen bir başlangıç biçimine, döndürme, yer değiştirme ölçeklenme ve yansıma gibi geometrik dönüşüm kurallarının uygulanması ile fraktal nesneler oluşturulması yöntemidir. Doğadaki gibi tam kendine benzerlik özelliği göstererek, yapıların iç içe geçmesiyle oluşmaktadır (Alik, 2015:42-43).



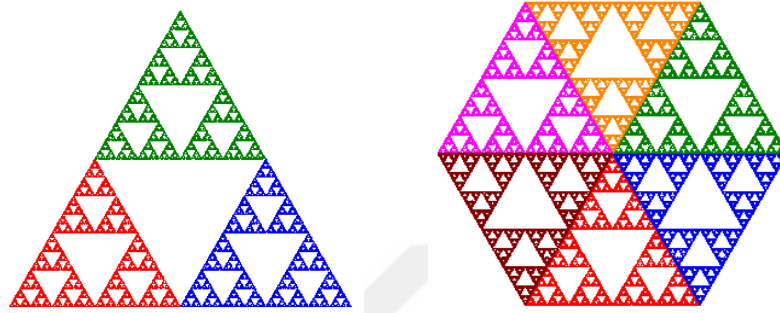
Şekil 10- Sierpinski Pentagon



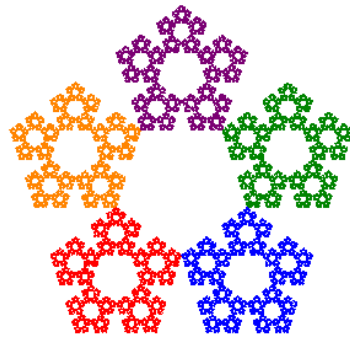
Şekil 11- Pythagoras Tree



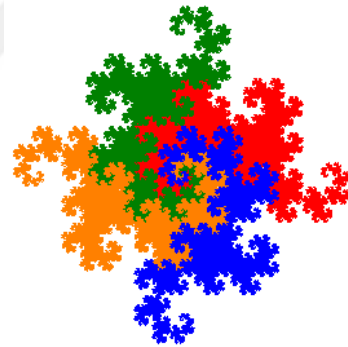
Şekil 12- Symmetric Binary Tree



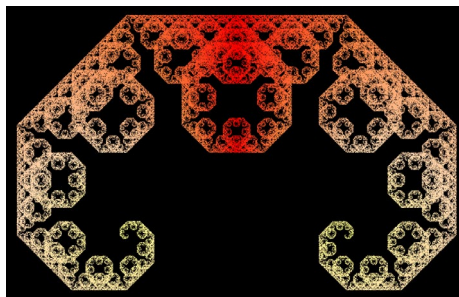
Şekil 13- Sierpinski Gasket



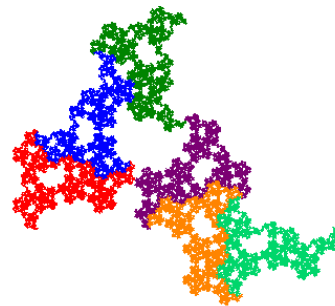
Şekil 14- Sierpinski Pentagon



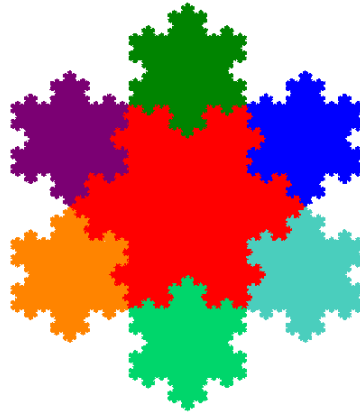
Şekil 15- Highway Dragon



Şekil 16- Levy Dragon



Şekil 17- Mc Worter Pentigree



Şekil 18- Koch Snowflake

Düzenli Fraktaller'den Lindenmayer Sistemi, Macar biyolog Lindenmayer tarafından geliştirilmiş bir sistemdir. Doğadaki fraktallere benzeyen çizgisel yapay fraktaller oluşturulmaktadır. Çok hücreli organizmaların büyüme örüntüleri ve ağaç dal, yaprak gibi doğala benzeyen karmaşık dallanma sistemlerindeki formları üretmekte kullanılmışlardır (Turhan,2018:36).



Şekil 19- Yapay olarak üretilen bitki formları



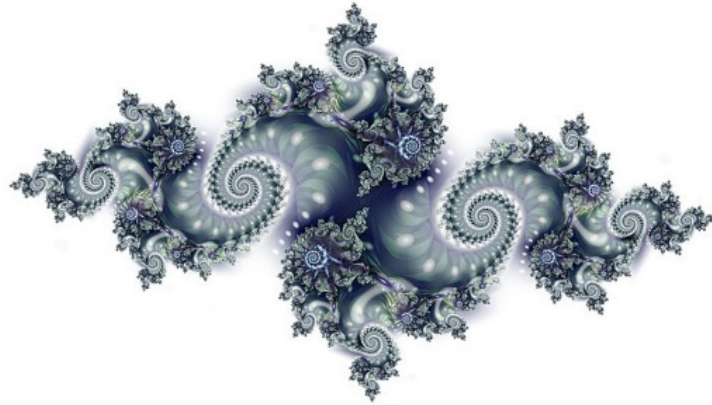
Şekil 20- Yapay bitki formları



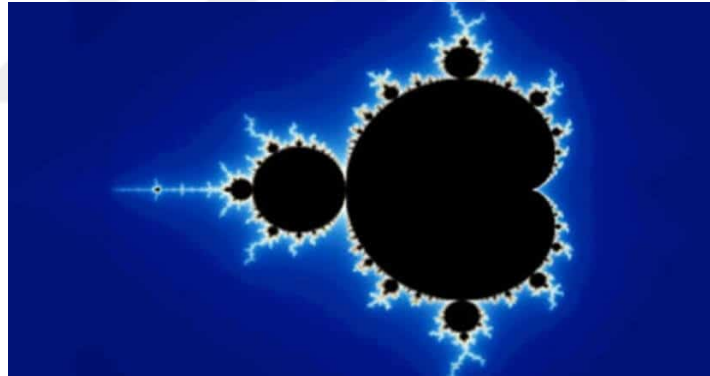
Şekil 21- Fern fractal

Düzenli fraktallerden, Kaotik Faktallerin Oluşturulma Yöntemlerinde; belirlenen sayı ve basit matematiksel denklemlerle sonuca ulaşıldığında bu sayıyı tekrar denklem içinde kullanılarak giderek karmaşık hale gelen yapılar oluşturulmaktadır. Kaos teorisi

ile ilişkilendirilen bu yöntemin, çizgisel fraktallerin oluşumundan farkı, sonuç değerin eklenmesiyle büyümesidir. Buna en iyi örnek Julia ve Mandelbrot kümeleridir (Gözübüyük,2007:44).

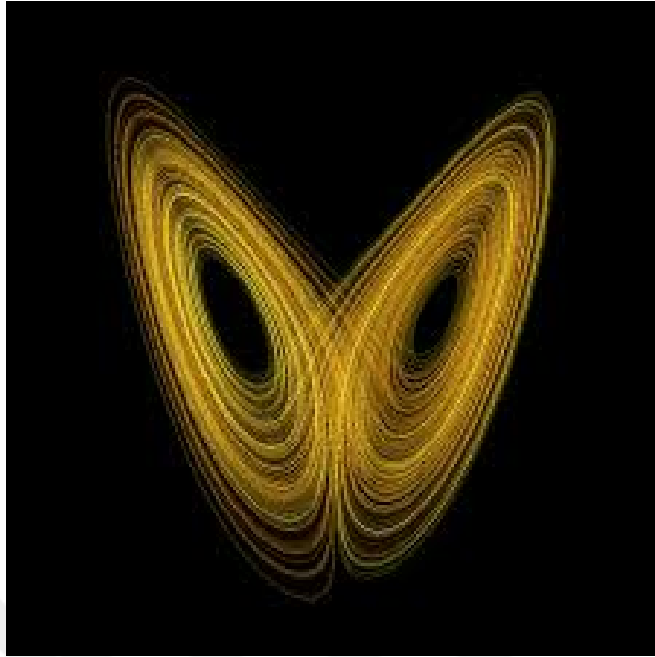


Şekil 22- Julia Set



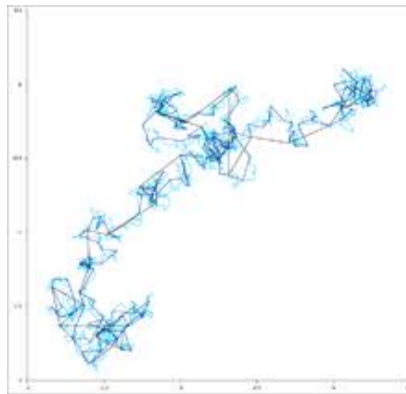
Şekil 23-Mandelbrot Kümesi

Düzenli fraktallerden, Orbital Fraktallerin oluşturulma yöntemi, hava durumu gibi doğa olaylarının tanımlanması için kullanılmaktadır. Kaotik fraktallere benzer oluşum sergilemektedir. Durumu ifade etmek için çekiciler kullanılmaktadır. (Cınbarcı,2015:10-11)



Şekil 24- Lorenz Çekicisi

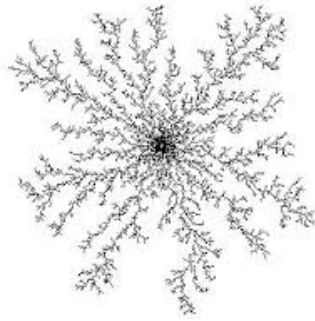
Yapay fraktal çeşitlerinden olan düzensiz fraktaller ve üretim yöntemlerini; Brownian Hareketi, Yayılma ile Sınırlı Küme ve Üretim Yöntemi, Orta Noktanın Yer Değiştirmesi Yöntemi, Düzenli Fraktallerden Üretilen Düzensiz Fraktaller olarak gruplandırabilmekteyiz. İlk olarak ele alabileceğimiz Brownian Hareketi; mikroskobik olarak incelenen polen tanelerinin suyun içindeki hareketleridir. Burada küçük parçalarının bütüne olan benzerliğini gösteren grafiksel yapılar gözlenmektedir (Gözübüyük,2007:46).



Şekil 25- Brownian Hareketi

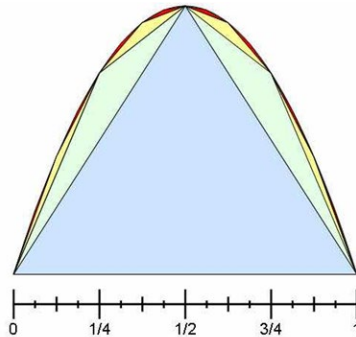
ODTÜ Fizik Bölümü profesörü Sadi Turgut'un ifadesine göre

“Brown Hareketi yapan bir parçacığın izleyebileceği olası bir yol. Eğrinin herhangi bir kısmı büyütüldüğünde, yine aynı özelliklere sahip bir başka eğri ortaya çıkar. Bu şekilde hareketlerinde fraktal bir davranış sergilediği söylenebilmektedir. Brown hareketi matematikten mühendisliğe, ekonomiden astrofiziğe çok çeşitli alanlarda karşımıza çıkan olayları analizde kullandığımız önemli bir model olmaktadır”(Turgut,2017).



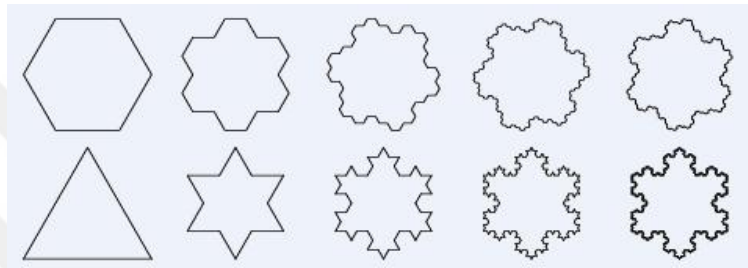
Şekil 26- Yayılma ile Sınırlı Küme

Düzensiz fraktallerin diğer bir üretim yöntemi ise; Yayılma ile Sınırlı Küme ve Üretim Yöntemidir. Merkezde oluşturulan noktanın başka seçilen noktalara yürüyüşü sırasında çizdiği yol fraktal bir yapıya sahiptir. Kent sokaklarının büyüme şekilleri ve bakteri kolonilerinin hareketi gibi çeşitli süreçlerin açıklanmasında kullanılmaktadır (Gözübüyük,2007:47).

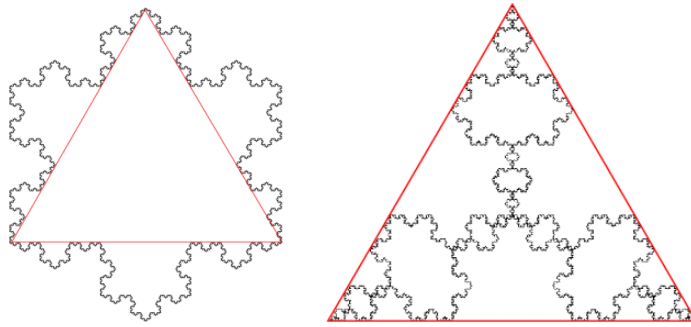


Şekil 27- Yüzey şekillerinin oluşturulması

Orta noktanın yer değiştirmesi yöntemi düzensiz fraktallerin üretim yöntemlerinden biri olarak, yüzey şekillerini oluşturmak için kullanılan bir yöntemdir. Parabolün içine çizilen üçgenle ve bunun dışında oluşturulan benzer üçgenlerle düzenlenmektedir. Ayrıca, Düzenli Fraktallerden Üretilen Düzensiz Fraktaller de bu grubun içinde yer alır. Doğa benzeri oluşumlar sağlayabilmek için, düzenli fraktallerin başlangıç biçimi, üretici veya kurallarında yapılacak değişimlerle düzensiz hale getirilmesidir (Gözübüyük,2007:48).



Şekil 28- Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlar



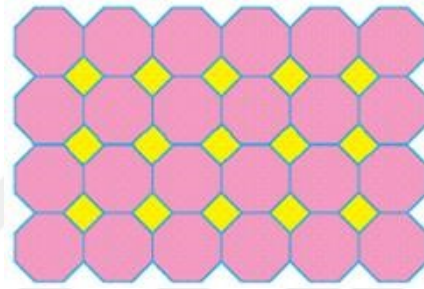
Şekil 29- Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlardan örnekler

1.6. Fraktal Ve Örüntü Arasındaki Yapı Farkları

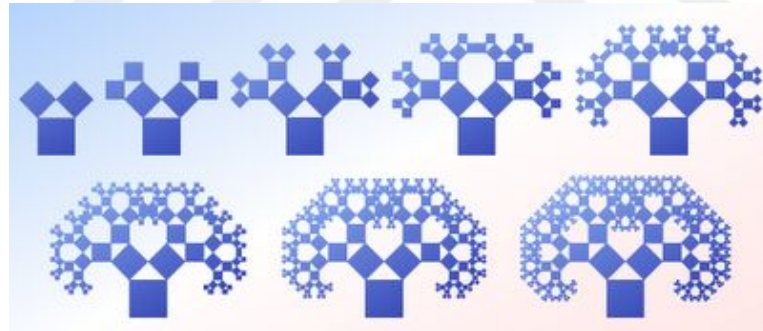
Örüntü, bir kurala dayalı olarak belirli bir sistem içinde tekrar eden veya genişleyerek ya da daralarak devam eden şekil, nesne ve sayıların dizilimidir (Güzel,2004:2).



Şekil 30 Örüntünün oluşumu



Şekil 31- Örüntü



Şekil 32- Fraktal Örüntü Oluşumu

Fraktaller de sistem içinde oluşan örüntü yapıya sahiptir ancak bir yapının fraktal olabilmesi için özbenzerlik, tekrar ve boyut (farklı ölçekler) gibi özelliklere sahip

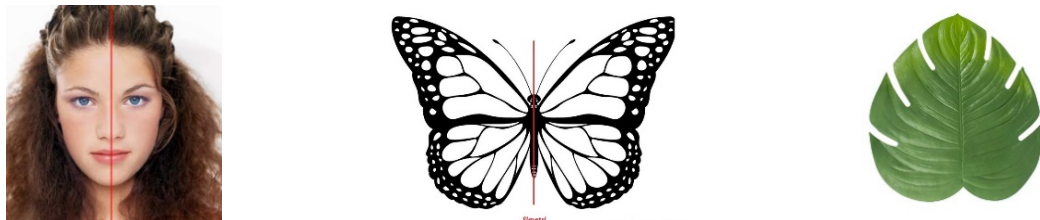
olması gerekmektedir. Örüntü⁵ ise, birkaç birimden oluşan tekrardır ve öz benzerlik yoktur (Yılmaz, 2018:4).

Her fraktal, örüntü bir yapıya sahip iken her örüntü, fraktal değildir. Fraktale dair özellikleri taşıması gerekmektedir (Cınbarcı,2015:23).

1.7. Fraktallarda Bulunan Simetriler

Adnan Turani'nin sözlükteki açıklamasına göre simetri “Bir eksene göre iki yanda, aynı mesafede karşılıklı olarak yer alma. Bir eksene göre aynı mesafede olma” şeklinde ifade edilir. (Turani,1993:132) Ünlü matematikçi Hermann Weyl, 1952 yılında yayımlanan “Simetri” isimli klasik kitabında, simetriyi oranların uyumu olarak tanımlar (Sarısaman,2013).

Doğada canlı cansız birçok varlığın oluşumlarında var olan fraktal yapı, bir sürekliliğin ve bütünlüğün oluşumu anlamında simetriktir. Fraktallerde dört ayrı simetri çeşidi vardır. Ayna Simetrisi, Dönme Simetrisi, Öteleme Simetrisi ve Büyütme Simetrisidir. En çok kullanılan simetri çeşidi, Ayna (Yansıma) Simetridir. Yansımada ölçüsü ve boyutu değişmeden simetri eksenini etrafında katlanıp ters dönmekte veya aynada eşit mesafede görüntü vermektedir. (Yılmaz,2013:32) Doğada, kelebek, uğur böceği, insan yüzü ve yaprağın yapısı gibi ayna simetriye verilebilecek bir çok örnek bulunmaktadır.



Şekil 33- (1) İnsan Yüzü; (2) Kelebek; (3) Yaprak Yapısı

⁵ Örüntü, olay veya biçimlerde kendini gösteren düzen anlamında kullanılan bir kelime. İngilizcede “pattern” kelimesi ile karşılanan örüntü, herhangi bir olay yahut şekiller dizgesinde, insan mantığının yakalayabileceği bir düzen ve tekrarı ifade etmek için kullanılır(Canan, 2013).



Resim 26- Kar tanesi

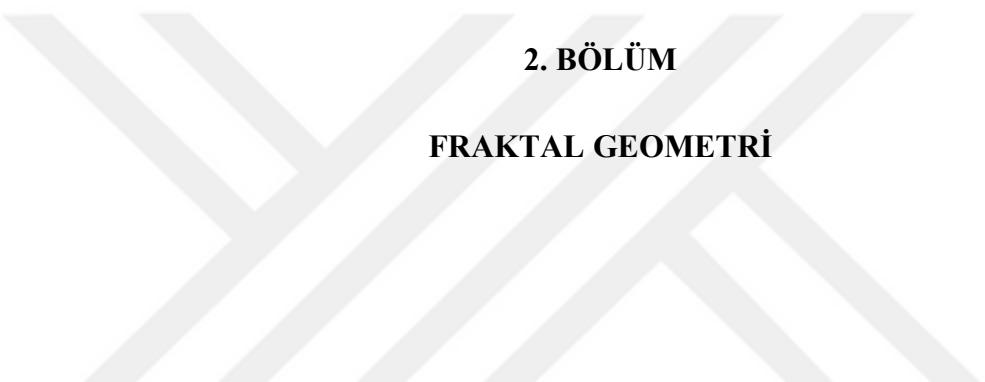
(Dönme Simetrisine örnek)



Resim 27- Eğrelti Otu

(Öteleme Simetrisine örnek)

Dönme simetrisinde, merkezi bir nokta etrafında etrafında belli bir açıyla döndürülen şekil, en az bir kere kendisiyle çakışırsa dönme simetrisine sahip olduğu kabul edilmektedir. Buz kristalleri ve kar taneleri bu grupta incelenmektedir. Öteleme Simetrisinde, şablon, doğrusal yönde sabit bir mesafede hareket ettirilirse değişmez. İlerleme görüntüsündeki şekiller, biçim boyut ve duruşu bakımından değişmeyip aynı kalmaktadır. Büyütme Simetrisi, fraktal bir şekile yaklaştıkça görüntüsü nerdeyse hiç değişmeyen, az rastlanan bir simetri çeşididir.(Yılmaz,2013:32-33)



2. BÖLÜM

FRAKTAL GEOMETRİ

2.BÖLÜM

FRAKTAL GEOMETRİ

Doğayı anlamak için, Euklid geometrisinden farklı bir geometriye ihtiyaç duyulduğunu söyleyen Benoit Mandelbrot “Ne bulutlar küre, ne dağlar koni, ne sahil şeridi çember, ne ağaç kabuğu pürüzsüz, ne de ışığın yolculuğu düz, bir çizgide değil” diyerek, geliştirdiği fraktal geometrinin bilim dünyasında bugünkü boyutlarına gelmesini sağlamıştır (Mandelbrot,1983:1).

Bovill'e 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”(Alik,2015:46).

Tuğal’a göre de “Fraktal geometri, klasik Öklid geometrisiyle oluşturulamayan düzensiz şekilleri ve yüzeyleri oluşturabilmek için, daha küçük ve daha büyük boyutlarda tekrarlanabilen geometrik şekiller grubudur”.

Fraktal geometri ile, doğanın bilgisayar üzerinde modellenmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda doğanın düzensiz şekil, desen ve yapılarının oluşturulmasına olanak sağlanmıştır. Grafiklerin temsilleri olan fraktaller, sonsuz çeşitlilikte biçim detay ve renkten oluşturulabilen ve milyonlarca pikseli içeren matematiksel yapılardır.

Fraktal görüntü oluşturmak için kullanılan denklem, görüntülenecek her pikselin nasıl oluştuğunu belirlerken, diğer yandan formüller üzerindeki değerlerin değişmesiyle çeşitlenmektedirler (Tuğal,2018:78-79).

2.1. Fraktal Geometri ve Öklid Geometrisi Arasındaki Farklar

Kökeni iki bin yıl öncesine dayanan ve insan yapımı nesneleri tanımlayan öklid geometrisine karşın, bilgisayar teknolojilerinin gelişimiyle birlikte hızlı bir ilerleme gösteren fraktal geometri özünde doğanın geometrisidir.

Klasik geometri, formüllerle, fraktal geometri özyineleme (tekrarlama) metodları ile oluşturulmaktadır. Öklid geometrisinde; basit nesnelerin düzgün şekil ve formları, sayısal olarak ölçeklenen tam sayılı boyutları, belirli büyüklükleri ve oranları, kurallı, düzenli ve sonlu yapıları vardır. Cebirseldirler. Çevre ölçüsü büyüdükçe, alanı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Fraktal geometride, doğada bulunanların dışındakilerde sonsuz yapı, kesirli boyut, rastgelelik, öz benzerlik ve istatistik olarak ölçekli bir yapı vardır. Şekil veya formun çevresi arttıkça alanı doğru orantılı artmaz. Ayrıca öklid şekilleri ile oluşturulan fraktaller genellikle düzgün, kurallı; doğada var olan fraktaller düzensiz ve karmaşık yapıya sahiptir (Alik,2015:53).

EUCLİDYEN BOYUTLAR		FRAKTAL BOYUTLAR	
• (nokta)	0	--- --	0.4
—	1	~ ~ ~ ~	1.4
□	2	⬢ ⬢ ⬢	1.8
⬢	3	⬢ ⬢ ⬢	2.6

Şekil 34- Boyutlar

2.2. Geometri ve Boyut

Matematik, nesneleri oluşturan geometrinin sayısal tanımıdır. Geometrinin oluşturulduğu iki temel kısımdan biri, şekillerin ve örüntülerin analiz edildiği bölüm; diğeri ise bunlara dayanan ölçüm yöntemleridir. Cisimlerin uzaydaki yerini belirtebilmek amacıyla en boy ve yükseklik gibi temel özelliklerini tanımlayan ölçüm yöntemine boyut denilmektedir. Tarihsel süreçte matematik alanında farklı boyut kavramları geliştirilmiştir (Gözübüyük,2007:11).

Sınıflandırabileceğimiz boyut çeşitlerini, Euclidien Boyut, Topolojik Boyut, Fraktal Boyut ve Kütle Boyutu olarak inceleyebiliriz.

Euclidien (Öklid) boyutu, objenin, noktalar kümesi olarak yerleştiği uzayın boyutudur. Geometrik nesneler (düzlem, koni, daire gibi), herhangi bir obje, cebirsel kavramlar (parametre, fonksiyon gibi) veya fiziksel ölçüler (hız, zaman ısı gibi) uzayda bir nokta olarak kabul edilmektedir. Telefonlar telekomünikasyon ağı içinde bir noktadır. İnsan, yeryüzünde yaşayan insan topluluğu içinde bir noktadır. Uzayda, tek noktanın parametreye ihtiyaç olmadığı için boyutu sıfır, parametreye sahip iki noktanın tanımladığı uzay iki boyutludur. İki parametreye sahip dikdörtgen buna örnek olarak verilebilir (Alik,2015:63).

Topolojik boyut, bükülme, gerilip uzatılma ya da sıkıştırma sonucunda deforme olan şekillerin değişmeyen özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Kesilmeden ve birleştirilmeden düzgün değişim ve deformasyonlarla diğer bir uzaya dönüşümüdür. Bu durumda topolojik boyut değişmez (Gözübüyük,2007:12).

Poincare topolojik boyutu şöyle tanımlar:

Bir geometrik nesnenin topolojik boyutu o geometrik nesneyi parçalara ayırmak için kullanılan diğer geometrik nesnelerin topolojik boyutundan bir fazladır. Uzayı bölmek için yüzeyler, yüzeyleri bölmek için eğriler, eğrileri bölmek için noktalar kullanılır. Noktalar ise parçalanamaz. Bu nedenle noktaların topolojik boyutu sıfırdır. Eğrileri bölmek için noktalar kullanıldığı için eğrilerin topolojik boyutu 1 dir. Düzlemleri bölmek için doğrular kullanıldığı için düzlemlerin topolojik boyutu 2' dir. Uzayı bölmek için düzlemler kullanıldığı için uzayın topolojik boyutu 3' tür"(Yılmaz,2013:21).

Fraktal boyut, bir nesnenin pürüzlü olma miktarını sayısal olarak veren boyuttur. Bir boyutlu düz çizgi ile yer aldığı iki boyutlu düzlem arasındaki pürüzlülük fraktal boyut değeri olarak kesirli bir sayıyla ifade edilmektedir. Sonsuz uzunluğa sahip Koch eğrisi doğru parçası olarak belli bir alanın dışına çıkmadığı halde sonsuz uzunluğa sahip olarak bu konuya verilebilecek örneklerdendir. Cetvelle yapılan ölçümlerde, cetvelin uzunluğu küçültüldüğünde eğrideki daha küçük kısımlar da ölçülebildiğinden uzunluk artmaktadır (Hudson, 2005:161).

2.3. Fraktal Boyut ve Hesaplama Yöntemleri

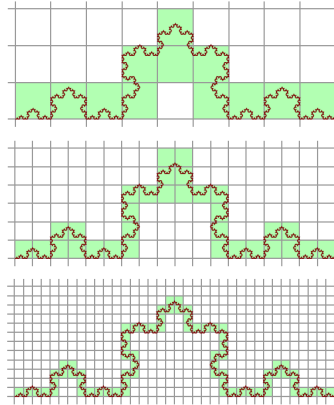
Fraktal boyut hesaplamak amacıyla, matematiksel verilere dayalı analitik veya grafiksel ifadelerle dayalı yöntemler kullanılmaktadır. Matematiksel olarak, parça sayısı veya parça bütün ilişkisi taşıyan denklemler ve bunların hesaplanmasında çeşitli yöntemler bulunmuştur. Mandelbrot, Hausdorf ' un geliştirdiği yöntemi kullanmıştır. Hausdorff-Besicovitch Boyutu, nesnelerin boyutunun hesaplanması için metrik uzayda tanımlanan diskler yardımıyla ölçüm ve değerlendirmedir. Nesnelerin üzerini örten (kapatan) disklerle mesafeler tanımlanabilmektedir. Ayrıca boyutun hesaplanabilmesi için disklerin büyüklüğünün ve sayısının bilinmesi lazımdır. Diskler küçüldükçe ölçülecek nesneyi örtecek disklerin sayısı artar. Giderek küçülüp milimetrik ölçümlere inildiği durumda, kıyı uzunluğunun sonsuza gittiğini söyleyen Sinan Canan “Sonlu bir kara parçasının sınırları aslında sonsuz uzunluktadır” demektedir. Mandelbrot 'un boyutla ilgili ilk çalışması İngiltere kıyılarının uzunluğunu merak etmesiyle başlamıştır. “Fraktal geometri” adını verdiği bir matematik dalının temellerini atarak biçimlerin matematiğini keşfetmiştir (Canan,2009:148).



Şekil 35- Hausdorff-Besicovitch Boyutu hesaplanması

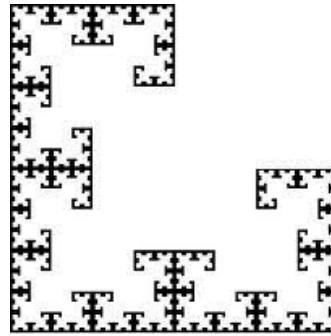
Çizgisel bir oluşuma sahip Koch eğrisinin Hausdorf boyutunun değeri, topolojik olarak 1 olan çizgi ile 2 olan düzlem (alan) arasında bir değerdir. Bu da 1.35 olarak tespit edilmiştir. İngilterenin kıyılarının fraktal boyutu 1.26 ‘dır (Gordon,Will ve Edney, 2007:29).

Kutu Sayma Yöntemi fraktal boyutun, iki boyutlu düzlemdeki alanların ölçülmesi için kullanılmasıdır. Genellikle uzaydaki her yapıya da kolayca adapte edilebilen bir ölçüm şeklidir. Ölçülendirilecek şekil karelerden oluşan grid (ızgara sistemine) oturtulmaktadır. İçi dolu olan kutular sayılarak bunların boş kutulara oranıyla formül üzerinden hesaplanarak fraktal boyut bulunur (Kaya,2003:58-61).



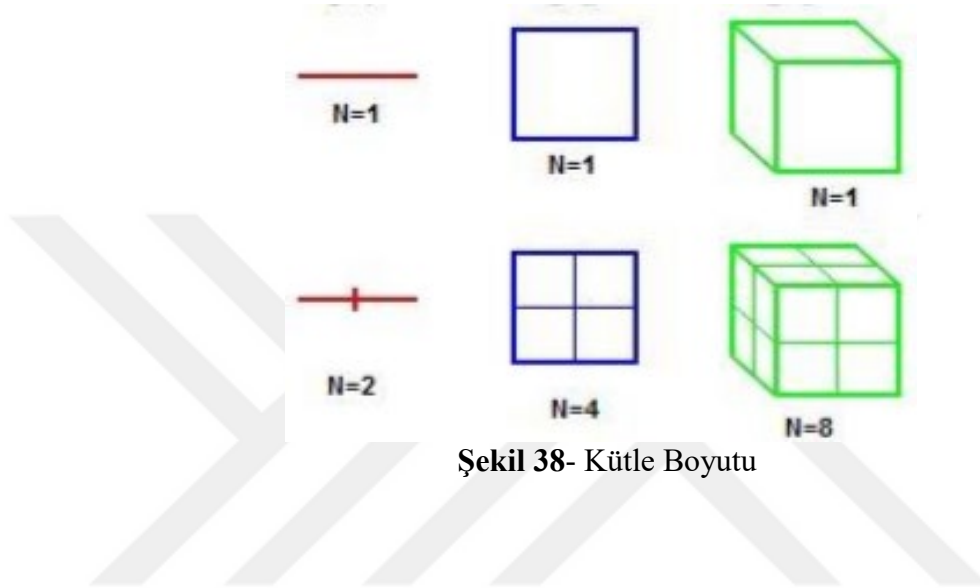
Şekil 36. Kutu Sayma Yöntemi ile fraktal boyut hesaplama

Benzerlik Boyutu fraktallerin kendine benzerlik özelliklerinden yararlanılarak uygulanan bir ölçüm yöntemidir. Kutu sayma boyutuna eşittir ama sadece kendine benzer şekiller için vardır. Matematiksel bir denklem yardımı ile nesneyi oluşturan parça sayısı, şeklin tamamı ile küçük ölçekteki parçaları arasındaki küçültme faktörü bağlantısına dayanarak hesaplanmaktadır. Bu ölçülendirmede, aynı ölçüdeki parçaların tekrarı ve ölçüleri aynı olmayan parçaların bir araya geldiği iki ayrı hesaplama şekli vardır (Gözübüyük,2017:13-19).



Şekil 37- Benzerlik Boyutu

Kütle Boyutu, bir objenin kütesinin ölçülebilmesi için boyutlarının kullanılması yöntemidir. Bu yöntemde boyut iki kez arttırılınca; doğru parçasında (bir boyutlu) iki kat; alanda (iki boyutlu) dört kat, küpte (üç boyutlu) sekiz kat artmaktadır (Alik,2015:66).



3. BÖLÜM

FRAKTAL SANAT VE TASARIM

3. BÖLÜM

FRAKTAL SANAT VE TASARIM

“Tasarlama” İngilizcede ve Fransızcada “design” sözcüğünün karşılığıdır. Tasarım tanımlarının neredeyse tümünde varolan ortak kavramlar; kurgulama, hayal etme, yaratıcılık, zihinde canlandırma’dır. Zihinsel düşünme eylemi olarak ele alınan bu süreçte, bu kavramlardan yola çıkarak yapılan tasarımda ilk olarak problem tanımlanmakta, konuyla ilgili bilgi toplanarak, analiz edilerek sentez yapılmaktadır.

Bir başka tasarım tanımında ise; bir sorunun çözümüne yönelik bir düşünme sürecinin kurgusudur. Bütünlük, bağlam, işlem, malzeme, strüktür gibi bileşenleri ile oluşmuştur.(Batmaz,2013:4)

Temel Tasarım alanında çalışmaları bulunan Prof. Yakup Öztuna’ya göre, “Tasarım sözsel olarak açıklayamadığımız düşünceleri ve duyguları ortaya koymada en önemli iletişim aracıdır”(Öztuna,2008:59).

Öztuna;

“Tasarımın öğeleri ve ilkelerinin görsel kompozisyonun temel yapı taşları” olduğunu ifade ederek bir açıklamayla önemini vurgulamıştır: “ Çizgi, şekil, doku,renk, mekan ve ton değeri tasarımın temel öğelerini oluşturken bu öğeleri kontrol edebilmek için tasarımcılar görsel uyum, çeşitlilik, ritim, denge, oran, hareket, odak noktası, vurgu, egemenlik, görsel hiyerarşi ve plastik ekonomi gibi tasarım ilkelerine gereksinim duyarlar” (Öztuna,2008:17).

Sanat tarihçi Selçuk Mülayim “Sanat, duygu ve düşünceleri, hoş giden uyumlar, oranlar ve bağlantılarla anlatabilme yaratıcılığıdır” şeklinde sanatı tanımlamaktadır (Mülayim,1989:19).

Barret’ a göre “Sanat eseri sanatla ilgilenen kitleye sunulmak üzere yaratılmış sanatsal bir olgudur”(Barret,2015:19) .

Günümüze kadar çok çeşitli şekillerde tanımlanmış sanat en genel anlamıyla, yaratıcılığın ve hayal gücünün farklı tekniklerle ifade edilmesidir. Yapılan tanımlarda sanat ve tasarımın birbirini destekleyen ve bir arada daha da güçlenen, iç içe geçmiş kavramlar ve olgular olduğunu görmekteyiz. Tasarım sanata denetim sağlarken, sanatın da tasarıma kazandırdığı yaratıcılık görsel açıdan her ikisini daha etkili düzeye taşıyarak daha güzel sonuçlar alınmasını olanaklı kılmaktadır.

Tasarım, tümünden gelim ve tüme varım yöntemi ile yapılabilmektedir. Tüme varım yönteminde, boyutları modül olarak kabul edilmiş bir yapı elemanı geliştirilerek tasarım yapılabilmektedir. Tümünden gelim yönteminde ise geometrik bir form amaca uygun bölünmektedir. Fraktal tasarım için, bir bütünü oluşturan farklı ölçeklerdeki yapılarda da bu yöntemler kullanılabilir. Ayrıca, bu geometrik ilişkilerle tasarımda estetik sağlanmaktadır. (Berkin, 2011:12)

Sanat genel anlamda, tarihin her döneminde diğer disiplinlerle etkileşim halinde olmuştur. Fraktal geometrinin keşfi, doğadan esinlenen sanatçının, doğanın karmaşık düzenini anlamasına yardımcı olacak yeni bakış açıları sağlamıştır. Galileo “Doğanın büyük kitabı yalnızca onun yazıldığı dili bilenler tarafından okunabilir. Bu dil matematiktir” demiştir.(Yılmaz,2018:22)

Fraktal geometrinin keşfiyle, birçok sanatçı fraktalden etkilenecek sanatsal bağlamda çeşitli çalışmalar yapmıştır. Sanatçı, doğada bulunan fraktal yapıları, fraktal boyutları, fraktal geometri’yi teknik, malzeme veya düşünce olarak ele alabileceği gibi, fraktal kavramının içerdiği, kendine benzeme, sonsuz tekrar, aynı formun farklı ölçekteki tekrarlarıyla kurgulanan örüntüsünü ve pürüzlülüğünü de ele alarak sanat ve tasarım alanında eserler üretebilmektedir (Tepe,2014:12)

Yaşadığımız teknolojik çağda sanatçıların, doğadan modellenen fraktal yapılardan yola çıkarak, bilgisayar teknolojileri ile üretim yapmaları dijital sanatlar, generative art⁶ , psychedelic art,⁷ çeşitli yazılım programları, internet, bilgisayar

⁶ **Generative Sanat:** Çeşitli geometrik formları kendini farklı şekillerde tekrar eden bir sistem içinde kullanarak soyut bir bütün oluşturmaktadır (Güleren,2017:43-44).

grafikleri ve bilgisayar oyunları ile ve benzeri alanlarda eser üretmektedirler. Deniz Gülderen’e göre sanatta:

Fraktaller evrene bakış açımızı zenginleştirip tabiatı kendi şablonlarıyla ortaya koyarak organik formlar elde etmenin bir yolu olarak düşünülmüşlerdir. Kaos kendi içinde zaman zaman bir düzen/ tekrarlar barındıran bir armoni olarak Fraktal Sanat’ın konusu veya Fraktal Sanat’ın bir çıkış noktası olarak ele alınabilecek bir düşünceyi de geliştirmiştir. Fraktal Sanatta sonsuzluk ve hesaplanamaz olmak buna rağmen anlaşılabilirlik ve sezgisel bir buluşma yaşarlar. Sanatçı bu noktada eserini besleyen matematiksel düşünceyi sanatın cazibesıyla ortaya koyar. Fraktal Sanat; Fraktal Geometri, Kaos Teorisi ve Karmaşa Teorisi kavramları merkezli bir sanatsal uygulama olarak düşünülürse; sanatçı, kendi sanatsal ifade ve stillerini ortaya koyarken; karmaşık biçimler içinde özbenzerlik temaları, ölçeklendirme, kesirli boyutlar, paradokslar, düzen ve düzensizlik, mikrokozmos-makrokozmos ilişkisi gibi konulardan beslenebilir” (Gülderen,2017:43).

3.1. Tasarım ve Geometri

Geometri Mısır’da Nil kıyılarında doğmuştur. Günümüzde tüm bilim dallarının kullandığı alan olan geometri ile tasarımın izleri ilk çağlara uzanır. Başlangıçta düzlem ve uzaydaki şekillerin incelenmesiyle uğraşmıştır. Nil nehrinin düzenli aralıklarla taşmasına çözüm bulmak amacıyla geometri⁸ kullanılmış ve geliştirilmiştir. Göbeklitepe’ de geometrik düzende yapılar görülmektedir. Çin’de şehir planlarında dokuz kare metodu kullanılmıştır. Klasik Yunanda açılan geometri okullarında felsefenin geometriyle geliştiği, insan formundan çıkan oranlar mimaride bina ve dış

⁷ **Psyhedelic Sanat** Fantastik, metafizik ve sürrealist konular; kaleydeskop benzeri, fraktal ya da floral desenler; parlak veya yüksek karşıtlık içeren renkler; detaylarda olağanüstü derinlik ya da stilizasyon; nesnelerde ve konularda şekil değişimleri; fosfenler, spiraller, eş merkezli daireler; motiflerin tekrarı; yenilikçi tipografi ve el yazısı bu akımın önde gelen biçimsel özelliklerindendir. Biçimsel olarak Psyhedelic Sanata yakın olan Op-Art’ta ise kullanılan formlar izleyiciye optik illüzyonlar sağlarken, Psychedelic Sanattaki geometrik formların amacı izleyiciye göz yanılsaması yapmak değil, madde etkisi altındaki görsel algıyı izleyiciye yansıtmaktır(Çelikoğlu,2017:1).

⁸ **Geometri:** 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 (Alik,2015:61).

yüzeyde kullanılmıştır. Roma imparatorluğu döneminde geometri astronomide kullanılmıştır. Kutsal anlam yüklenen dikdörtgen dış cephelerde, altın oran kullanılmıştır. Atina'daki Parthenon Tapınağı bu prensiple inşa edilmiştir. Etrüsk ve arkaik Mısır mimarisinin etkisindeki Roma mimarisinde de geometrik oranlar ve şiirsel ölçülerle kurulan düzenlerle güç gösterisine dönüşmüştür. Bizans döneminde plan cephelerde geometri kullanılmış, dini yapılar, geometri kullanımıyla kainatın prototipi olmuştur. Selçuklu imparatorluğunda astronomi çok gelişmiş ve geometri hayatın içinde, mimari plan ve bezemelerde görülmektedir. Osmanlılarda merkezi mekan geleneği, simetrik yerleşim geleneği vardır. Gotik mimari Roma mimarisinden türemiş simetrik yapı ve taş yapı ustalığı gelişmiştir. Mimariyi sürekliliğin ve sonsuzluğun ifadesi olarak kullanmışlardır. Roma mimarlığındaki hacim ve kitleler yerini sinir ve dokulardan oluşan sisteme bırakmıştır. İnanç ve ahlakta özgürlük getirerek, doğaya ve insana dönüş sağlayan Rönesans,15.yy.da, geometrik açıdan da yeniden doğuştur. Rönesansın matematiksel düzene göre inşa edilen kiliselerinde Tanrının görüntüsünün algısı yaratılmak istenmiştir. (Berkin ,2011:13-23).

Tarih boyunca süregelen tasarım ve geometri ilişkisi günümüzde de birbirine olan gereksinimi ile üretimin var olduğu her alanda yer almaktadır. Ayrıca, estetik bilimin de vazgeçilmez kavramlarıdır.

3.2. Altın Oran

Doğadaki form ve yapıların var olma süreçlerindeki geometrik biçimlerini matematiksel olarak modellemesidir. Yunanlı heykeltıraş Phidias' ın adının ilk harfi olan Φ (Fi) ile anılmaktadır. En basit şekilde yapılabilecek tanımında; “Bütünün büyük parçaya oranı, büyüğün küçük parçaya oranına eşittir.” (Akan,Arslan ve Sorguç, 2009:150).

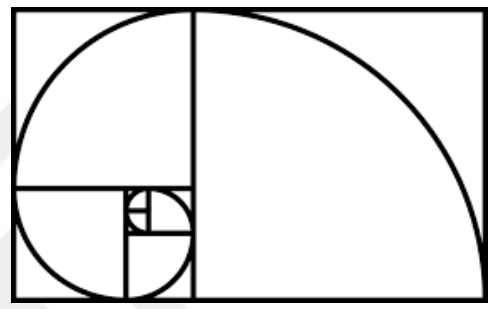
Leonardo da Vinci, yaşamın çeşitli alanlarına ilgi duymuş, mühendis olarak yaptığı araştırmaları ilkeye bağlayarak, insan vücudunun mekanik hareketleri, ölçüleri ayrıca mekanik sistemlerle ilgili çalışmıştır. İnsan vücudunun ölçülerini, kare ve

çemberden oluşan geometrik şekillerin içine yerleştirerek, ideal insan ölçülerine sembolize olan “Vitruvian Adamı” adı verilen çizgisel resminde ifade etmiştir. Çizimdeki, karenin bir kenar ölçüsünün çemberin yarıçap ölçüsüne olan oranı altın orandır (Çakmak,2011:78-79).

Altın oran⁹, evrende hem aritmetik hem de geometrik orana sahip tek orandır (Güven, 2019).



Şekil 39- Vitruvian adam (Leonardo da Vinci)



Şekil 40- Altın Oran

Doğadaki birçok varlığın yapısında bulunan ve gözlenen altın oranın sayısal değeri 1,618034’dür. Sanatta ve mimaride yüzyıllarca kullanılmıştır. İnsan vücudunda, insan yüzünde ve daha birçok yapıda altın oranı bulmak mümkündür. (Yılmaz,2018:10)

“Altın oran yalnızca insanlarda değil, hayvan ve bitkilerin yaşam kalıplarında da görülür” (Berkin,2011:32).

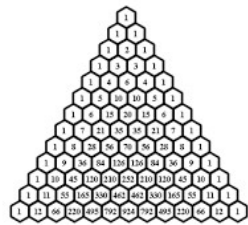
Doğada altın sarmallara örnek teşkil eden, asma filizleri, sarmaşıklar, keçi, koç gibi hayvanların boynuzları, fil hortumları, örümcek ağıları, salyangoz ve deniz kabukluları, canlıların kalıtım molekülleri DNA, evrendeki galaksiler, nautilus ’dur. Bunun dışında kar kristalleri, deniz yıldızı, deniz hıyarı kesiti gibi örnekler altın yıldız ve doğada beş köşeli simetri örnekleri olduğunu ifade eden Bergil kitabında altın oran, Fibonacci sayıları, kaos ve fraktallerin kesiştiği noktaları şu şekilde ele almıştır:

⁹ **Altın oran:** Altın orana ilişkin matematik bilgisinin M.Ö. 3. yy. da Euclid’in “Elementler” adlı 13 kitaptan oluşan çalışmalarından 13. kitapta “sıra dışı ve ortalama oran” teriminde⁹ ilk kez ortaya atıldığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra Eski Mısır da M.Ö.3. bin yıl öncesine dayandığına gösteren bilgilere rastlanmıştır. Eski Yunan dünyasına da Pythagoras (569-475) ve izleyenleri tarafından tanıtıldığı ileri sürülmektedir. Altın orana armağan edilmiş ilk kitap 1519 da basılmış ve Luca Pacioli (1445-1519) ye ait “De Divina Proportione ”adlı kitaptır.(Akdeniz,2007:9).

“Geçen yüzyılda G. Cantor ağaçlarda giderek küçülen dallanmaları incelemişti. 20. yy.’ a girerken F. Hausdorff ise, Cantor adıyla anılan bu kümelerin kesirli ve kademeli boyutlandırma ile sınıflandırılabileceğini keşfetti. Daha yakın tarihte Mandelbrot ise, Hausdorff boyutunu “Fraktaller” adını verdiği matematik dalı olarak geliştirdi. Günümüzde, özde benzeşen unsurların kademelenmesiyle oluşan karmaşık bir yapılanma, gelişme, dağılma, katlanma ya da kümelenme gösteren form olgu veya süreçlerinin araştırılmasında fraktallara başvurulması artık olağan hale gelmiştir. Düzenlilikten kaosa geçiş sürecinin araştırılmasında fraktallardan yararlanılmaktadır. Böylece beşli simetri, Fibonacci sayıları, Altın Oran ile fraktalların bir yerde kesişmesi kaçınılmaz olmaktadır. Nitekim, akciğerdeki dallanmalarla ilgili çalışmaları sırasında “düzen ile kaos “arasındaki yapılanmaların incelenmesinde Altın Oran ve Fibonacci Sayılarının yanı sıra fraktallardan da yararlanan birleşik bir ”fraktal / Fibonacci” uygulamasının gerektiği sonucuna varmışlardır. Öte yandan, çeşitli form ya da süreçlerin kademeleniş tarzlarında ortaya konan fraktal boyutların Phi’ nin fonksiyonlarına son derece yakın değerler vermesi de insan düşündürmektedir. Koch eğrisinin de fraktal boyutu yaklaşık altın oran değerine yakındır” (Bergil, 2009:108-110).

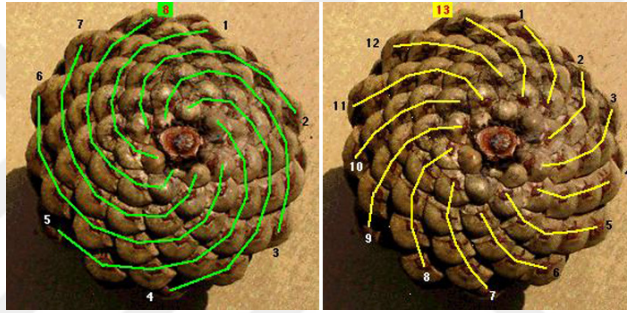
3.3 Fibonacci Sayı Dizileri

Tasarımda da önemli yere sahip Fibonacci sayı dizisini Leonardo Fibonacci bularak orta çağda zamanının en büyük matematikçisi olmuştur. Afrika’da Berberi Müslümanlardan aldığı eğitimle, öğrenip yazdığı “Liber Abaci” (Hesaplama Yöntemleri Abaküs Kitabı) ile Avrupa’yı Hint-Arap sayı sistemi ile tanıştırtarak dört işleme dair kurallar vermiştir (Dunlap,2010:39).



ağacıyla ve tavşanların üreyerek çoğalma sistemi ile fibonacci dizisi arasındaki bağlantıyı görmemizi sağlamıştır (Akdeniz,2007: 5-51).

Çam kozalağı, ayçiçeği gibi yapısında merkezden dışa doğru, sağa veya sola dönen yay şeklindeki sarmallların sayısı fibonacci dizisinin ardışık sayılarından oluşmaktadır. Çiçeklerin taç yapraklarında, ananas kabuğu, hurma ağacının gövdesi bitki yaprakları, ağaç dalları, meyve sebze kesitleri, bitkilerin özellikle büyüme noktalarında fibonacci sayıları görülür (Berkin,2011:30-41).



Şekil 43- Fibonacci sayı dizilimi

Müzikte, alet yapımı, ses teli tasarımı, müzik notaları, piano tuşlarının sayısı ve düzeninde kullanılmaktadır (Berkin,2011:93-94).

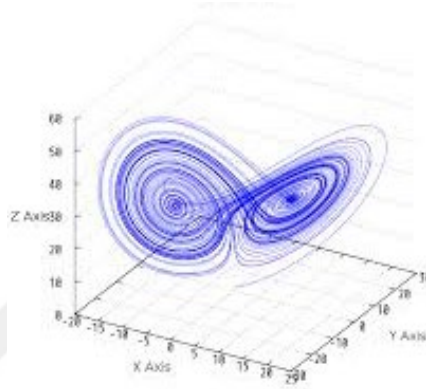
Fibonacci sayıları, Pascal üçgeninden üretilerek genetik biliminde ve elektronik bilgi işlem alanında kullanılmaktadır (Bergil,2009:65).

3.4. Kaos Teorisi Ve Fraktal

Kaos, (chaos) Fransızca'da “düzensizlik”, “karmaşıklık”, “gelişigüzelik” ve “ön görülemezlik” gibi anlamlara gelmektedir (Aktaş,2011:2).

Kaos kuramı, dinamik sistemlerin ilginç davranışlarını araştıran bir bilim dalıdır (Kutlu,2016).

Kaosun¹⁰ öneminin nedenlerinden biri, tutarsız dengeleri betimleme, anlama ve hatta belki tahmin etme yeteneğimizi geliştirerek bu dizgelerle başa çıkmamıza yardım etmesidir. Astronomi, meteoroloji, nüfus biyolojisi ve iktisat gibi uygulamalı bilim alanlarında kaos incelemeleri yaygındır (Smith,2014:16-17).



Şekil 44- Lorenz Çekeri

Metin Aktaş kaosun meydana gelişini şu şekilde açıklamaktadır:

“Birbirinden bağımsız salınımlar yapmakta olan birden fazla mod olması durumunda hareket kaotik değildir ancak en az üçerli gruplar halinde, birbiriyle bağlantılı olarak salınım gösteren bu modların, birleştirilen bağlantılarının birbirleri ile etkileşimleri sağlanırsa, her birinin belli bir andaki değişimlerinden hepsi etkilenecek kaos meydana gelir” (Aktaş,2011:2).

Meteoroloji uzmanı Edward Lorenz, hava durumu tahmin sistemi üzerine çalışırken rakamlara ve kodlara indirgediği hava olaylarının bilgisayar sonuçlarını gözlemlemektedir. Sayı dizileri şeklindeki çıktıların analizlerini yaparak sayıları hava durumundaki değişikliklere dönüştürmektedir. Yarıda kestiği bir işlemin sonucunu başlangıç değeri olarak kullandığında virgülden sonraki beş ve altıncı basamakları

¹⁰ **Kaos terimi:** İlk olarak 1900 yılında bilim adamı Henri POINCARÉ tarafından kullanılmıştır. POINCARÉ, güneş sisteminin kararlı olup olmadığını ispatlamaya çalışırken, güneş sisteminin hareketini belirleyen denklem sisteminin çözümünün başlangıç koşullarına hassas bağımlı olduğunu, ancak başlangıç koşullarının doğru olarak saptanamayacağı sonucuna varmıştır. Bu sonuç, güneş sisteminin kararlı olup olmadığının belirlenmesinin mümkün olmadığını göstermektedir. POINCARÉ, Bu kestirilemez ve belirlenemez durum için “kaos” terimini kullanır. (Kutlu,2016).

yuvarlayarak yazınca, sonuçların çok farklı olduğunu gözlemlemiştir. Yok sayılacak kadar küçük değerlerin önemsenmediğinde büyük farklılıkta sonuçlara neden olabileceğini gözlemlemiştir. Bu şekilde “Kaos bilimi” doğmuş ve kaos fiziğinin temelleri atılmıştır(Canan,2009:137-146).

Merih Kutlu der ki:

“Kaos Kuramında “Kelebek etkisi”, teknik bakımdan “başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” durumunu ifade eder. Bu deyim Edward Lorenz tarafından önerilmiştir. Lorenz bu örneği “Pekin’de kanatlarını çırpın bir kelebeğin havada oluşturduğu dalgaların gelecek ay New York’ta fırtınaya neden olabileceği” şeklinde ifade etmektedir. Bu kavram, küçümsenerek veya dikkatten kaçan herhangi bir olayın çok daha büyük olaylara neden olabileceğini ifade eder. Kaos kuramında, sistemleri kararlı halden uzaklaştıran faktör kelebek etkisi faktörüdür. Kelebeğin kanat çırpması gibi birçok küçük değişiklik artarak devam etmesi durumunda sistemleri statik durumundan çıkarır. Bu durum olumlu ya da olumsuz yönde sistemlerde sürükleyici etki yapar”(Kutlu,2016:1).

Doğrusal olaylarda tekrar mümkün olduğu için önceki deneyimden yola çıkılarak tahmin yürütülebilir. Doğrusal olmayan olaylarda, başlangıç noktasının belirlenememesi ve başlangıç koşullarındaki küçük değişikliklerin büyük farklara dönüşmesi, analitik çözümün olmaması kaosun oluşum nedenidir ve belirsizliğin geçerli olduğu tüm bilimsel alanlarda vardır (Kutlu,2016:1).

Kaos kuramı, kaosun düzeniyle ilgilenmektedir. Kaos kuramı içinde düzensiz, karmaşık, düzenlenemeyen yapıların içinde düzenli, güzel ve sağlam bir yapı vardır. Kaosun düzeni fraktal yapılarla açıklanmaktadır. Kaosun ortaya çıktığı her yerde boyutlar fraktallaşır ve sistemler, düzenden kaosa geçerken fraktal yapılar ortaya çıkar. Kaos teorisinin en yaygın ilkeleri; Başlangıç durumuna hassas bağımlılık, tekrarlar (Iteration), kaos örüntüleri, fraktal ve öz-benzerlik, doğrusal olmama, Garip çekiciler, türbülans, kendi kendini örgütlenme ve kendini yenilemedir (Altun,2001:456).

Merih Kutlu, kaosla ilgili açıklamasında şu sözleri söylemiştir: “ Kaos ve belirsizlik, tüm bilim dalları için geçerlidir. Nedeni ise, herhangi bir olay hakkında öngöründe bulunmak için gereken değişken sayısının çok fazla olması ve tüm değişkenlerini içeren bir sistemin oluşturulmasının olanaksız olmasıdır” (Kutlu,2016).

Sirpinsky üçgeni örneğinde olduğu gibi şekil, form veya sistemlerin tekrarlarıyla oluşturulan kaotik yapı kaosa örnektir. Sigara dumanının düzensiz helezonlarla yükselmesi; suyun musluktan akarken önce düzenli aralıklarla iken sonra düzeninin bozulması; otoyolda bir akış halinde giden arabaların bir kaza sonucu ortaya çıkan kaos gibi örnekler verilebilir (Aktaş,2011:2).

3.5. Sanat ve Tasarımda Fraktal Kurgu

Doğada var olan fraktal kurgular, tasarımların modellenenbilmesi ve üretilmesinde önemli bir esin kaynağı oluşturmıştır. Fraktal yapının, her bir parçası büyütülecek veya küçültülecek olduğunda, oluşan form, ana formun karakteristiğini ortaya koyar.

Doğadaki halleriyle incelenen fraktallerin, farklı ölçekteki kendine benzer parçalarının en fazla arka arkaya üç çevrimden oluştuğu gözlenmektedir. Doğadan modellenenerek bilim, sanat ve teknoloji alanlarında geliştirilen fikirlerle, bilgisayarda üretilen fraktallerde sonsuza dek küçülen parçalarda bütünün detayı görülmektedir. (Alik,2015:61)

Fraktaller, birçok düzeyde ve alanda oluşturulabilen şablondur. Mimariden müziğe her alanda kullanılmaktadır. Wagner'in operalarından, ressamların fırça darbelerine çok geniş bir panoramada fraktalleri görmek mümkündür (Hudson,2005:156).

Fraktal kavramı ilk kez 19.yy. da ortaya atılmışsa da ancak 1970 yıllarından sonra geometri ile modellenencek duruma gelip, donanım ve yazılım alanında hızla gelişim sağlamıştır. Kişisel bilgisayarların etkin olarak kullanılabilmesiyle, endüstri ve tasarım alanlarında, 1980 yılından sonra, hızlı çözüm üretebilmeyi sağlayan bilgisayar destekli tasarım yazılımları kullanılmaya başlanmıştır (Tuğal,2018:76).

Dijital sanatla eş zamanlı gelişim gösteren fraktal sanat, “Math Art” ve “Generative Art” başlıkları altında değerlendirilebileceği gibi bağımsız bir sanat olarak

da kabul edilebilmektedir. Mandelbrot, 1970’li yıllarda kurduğu matematiksel setler ile, Code based gelişinceye dek nasıl fraktal formlar oluşturulabileceğini görememiştir (Gülderen,2017:42).

Sibel Avcı Tuğal kitabında konuyla ilgili fikirlerini şu şekilde ifade etmektedir:

“Tasarım ve sanatçılar için tasarım kompozisyonu oluşturma, işleme, perspektif, renk ve yüzey doku değerlemeleri oldukça geniş olanaklar içermektedir. Oluşturulan ve tasarlanan temel yapı üzerine eklenen renk, doku, ışık değerlerinin ekran üzerinde görünür hale gelecek şekilde oluşturulması, sanatçı ve tasarımcının kendi geliştirdikleri tarza bağlı olarak farklı etkiler ortaya çıkarmasını sağlar . Bu noktada asıl önemli olan düşünsel yapının yeni bir teknolojik araç yardımı ile ifade ve anlam yaratmak üzere sanat ve tasarımda kullanılmasıdır. Oluşturulan dijital görüntü evreninde önemli olan noktalardan biri de tamamen soyut olan matematiksel denklemlere dayalı sonuçların görüntülenmesi konusu olmuştur. Bilgisayar üzerinde yapılan çizimler, hesaplama sonuçlarının grafiksel olarak görüntülenmesi gibi işlemlerin yanısıra Öklid geometrisine uymayan yapıların modellenmesi konusu oldukça karmaşık bir konudur. Fraktal geometri bu yapıların modellenmesine çözüm olmuştur” (Tuğal,2018:76-79).

Tarih boyunca, farklı disiplinlerle etkileşim halinde olan sanat, teknolojinin gelişmesiyle, günümüzde, disiplinler arası çalışma alanlarında, artarak çeşitlenmiştir.

Dijital sanat, yeni gelişen bir sanatsal anlatım biçimi olarak görülmesine rağmen, temelde geleneksel sanatın teorik alt yapısı ve kuramları üzerine temellenmekte ,heykel, resim grafik gibi hem geleneksel hem de dijital anlatım biçimleri bir arada harmanlanabilmektedir. Günümüzde dijital görüntüleme ve fotoğraf, dijital heykel, dijital enstelasyon, performans, müzik ve ses, animasyon, sanal ve genişletilmiş gerçeklik, internet ve ağ, film ve video çalışmaları kendi başına ya da internet üzerinde yaratılan etkileşim ortamı ile oluşturulan sanatsal üretim biçimlerine dönüşmüştür. Bunun dışında, dijital sanat ve elektronik ortamda üretilen sanat kapsamı altında fotoğrafik manipülasyon, çoklu ortam projeleri, dijital resim, fractal sanat, algoritmik sanat, etkileşimli sanat, sistemler sanatı, dijital şiir, dijital efektler, video oyun sanatı, piksel sanatı gibi farklı isimler altında farklı anlatım biçimleri kategorize edilebilmektedir (Sağlamtimur,2010 : 229).

Günümüzde sanatçı, doğadaki fraktal nesneleri malzeme olarak da kullanarak sanat veya tasarım üretimi yapabilmektedir. Kendine benzeme, iterasyon¹¹, aynı formun

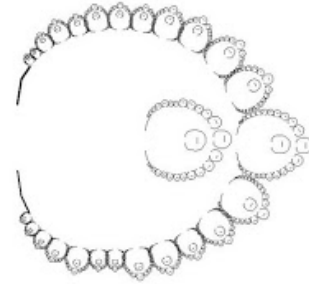
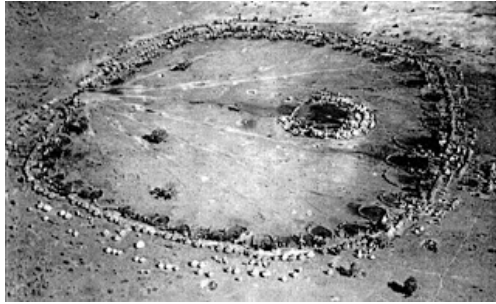
¹¹ **İterasyon:** Aynı matematiksel formül çekirdeğinin defalarca üstüste tekrarlanması ile ortaya çıkar. Ana kümenin şekli, küme kenarlarının mikroskobik detaylarında dahi

küçük büyük tekrarlarıyla kurgulanan örüntüsü, gibi özelliklerini kullanarak da fraktal kurgular tasarlayabilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar, sonsuz yapılara ve sonsuz tekrarlara sahip olmasından dolayı, sınırının olmayışı tasarımı mekanın ruhuna zamanın ötesindeymiş etkisi vermektedir.

Ahmet Albayrak’a göre,

“Sanat nesnesi, formu ve imgesi, sadece montajla ve kurguyla yetinip, o ana ait olmaktan kurtulmuş sürekli yinelenen belli bir zaman dilimine bağlı olmayan kodekslerle dolu bir etkileşimsel mübadele alanına girmiştir. Sanatçı, resimsel anlamda da artık kod yazım ustasıdır. Bu dünyada, kodların birleşerek imgeyi ve formu yarattığı senaryolar ve anlatılar düzlemi yer alır” (Albayrak,2017:233).

Zemin kaplama veya desen oluşturma alanında fraktal yapıya örnek olabilecek çalışmalardan pentapleks¹² kaplamalarda fraktal geometri görülmektedir. Birim olarak seçilen düzgün beşgeni beş kenarına göre yansıtarak ve tekrarlayarak, sonsuz tekrarlarla büyük alanlar kaplayabileceğimiz fraktal bir yapı oluşturulabilmektedir (Arık,Sancak,2012:162).



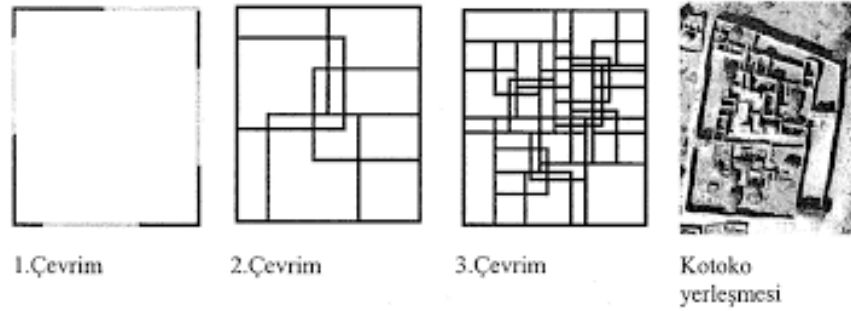
Şekil 45- Afrika’da Güney Zambia’daki Ba-ila yerleşkesi

Fraktaller geçmişte ve günümüzde farklı kullanım alanlarından özellikle mimari tasarımlarda kullanılmıştır. Afrika’da yerleşmelere en eski örnek Güney Zambia’daki Ba- birleşerek ana yapıyı oluşturur. Yüzük şeklindeki bu halka yapı,

benzer görünüm ve biçimlerde tekrarlanır. Mandelbrot kümesi gibi. Doğada da dal ve kök saçaklanmalarında görülmektedir (Canan,2009:149) .

¹² **Pentapleks:** Beşli,dönel simetriye sahip karo kümeleridir (Arık -Sancak,2012:9).

bütünde de en küçük biriminde de taşıdığı benzer özellikten dolayı fraktal özelliğe sahiptir (Değirmenci,2009:29).



Şekil 46- Kotoko Yerleşmesi

Kotoko Yerleşmesinde, ataerkil düzene uygun yapılaşma vardır. Ailenin birbirine yakın olmak amacıyla çocukların baba evinin ortak duvarına yaslayarak konumlandığı evleri fraktal yapı özellikleri taşımaktadır (Alik,2015:117-118).

Doğada var olan fraktal kurgular, kendine benzerlik (self similarity), benzer öğelerin tekrarı niteliğinde mimaride de izlenmektedir. Tarihin farklı dönemlerinde yapılmış fraktal özelliklere ve fraktal kurguya sahip çok sayıda mimari yapı vardır.



Resim 28 - Eiffel Kulesi

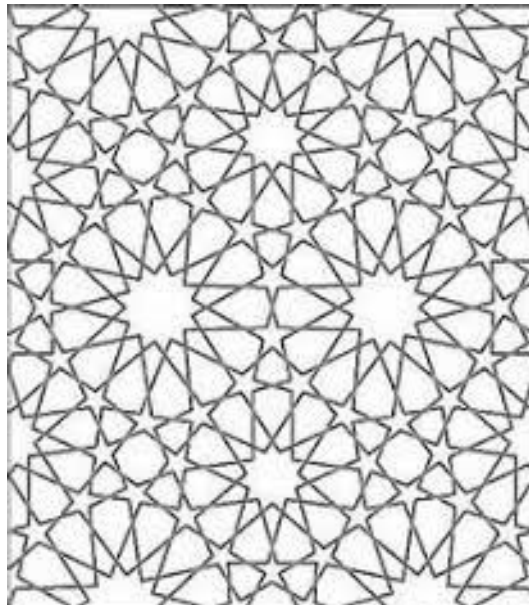
Eiffel kulesinin ayrıntılarında fraktal eğrinin sıkça kullanıldığı açıkça görülmektedir. (Bkz. Resim28) Örgü sisteminde de kendine benzeme özelliği vardı (Alik,2015:124).



Resim 29- Tapınaklar

Parçaların bütünün özelliklerini taşıdığı mimari yapı formlarında Hindistandaki tapınakların mimarisinde de fraktal yapı görülmektedir (Bkz. Resim29).

Mimari de dahil olmak üzere İslam sanatlarının neredeyse bütün uygulama alanlarında geometri kullanılmaktadır. Yüzeyi kaplayan desenler, iki boyut üzerinde sonsuzluk prensibini sürdürmektedirler. Geometrik desenlerin diğer bir prensibi simetridir. Kurguda, geometrik desenler üzerinde oynanarak değişiklik yapmaya en uygun olanlardır (Demiriz,2004:7).



Şekil 47- Selçuklu Geometrik Desenleri

“Geometrik tasarımlar, çeşitlilikte birlik ve birlikte çeşitlilik üzerine temellendirilmiştir (Öztuna,2008:81).

“Geçmişten günümüze geleneksel Türk sanatlarının bütün dönemlerinde geometrik ve organik formların çeşitli kombinasyonlarda kullanıldığı görülmektedir. Anadolu Selçukluları ve Osmanlılar, dekoratif geometri için organik formları ana sanat formuna dönüştürmüşlerdir. Kompozisyonlardaki ilgi odağı, tasarımın sonsuz permütasyonları (sıra değişiklikleri) ve tekrar ilkesi(iterasyon) üzerinedir. Geleneksel yapı ve bezemelerin desen tasarımlarında matematik, bütünü oluşturan evrensel yapıdır. Tasarımlarda kullanılan geometrik örgüler, çoğaltmayla, alt bölümlere ayrılmayla, döndürmeyle ve simetrik düzenlemelerle ayrıntılandırılmıştır” (Öztuna, 2008:81-82).

3.6. Fraktal Tanımlama Öncesi Sanatçıların Uygulamaları

Fraktal kavramı, Mandelbrot tarafından tanımlanmadan önce de bazı sanatçılar tarafından mimari, resim, heykel gibi sanatın birçok alanında kullanılmıştır. Sanatçı ve tasarımcılar doğada var olan bu yapıyı matematiksel düşünce ile inceleyip esinlenerek, fraktal yapının özelliklerini eserlerinde farklı biçimlerde uygulamışlardır.

Türk Selçuklu ve Osmanlı dönemi yapılarından camiler, kümbetler, şifahaneler, sebiller, mezartaşları gibi pek çok alandaki eserlerin bezemelerinde fraktallerin tekrar ve sonsuzluk özelliğini yansıtan iç içe geçmiş motifler kullanılmıştır. Bu yapıların bazılarında kullanılan mukarnaslar¹³ da tekrarlardan oluşan yapıyla fraktalin özbenzeşim özelliğini yansıtır (Güleren,2017:44).

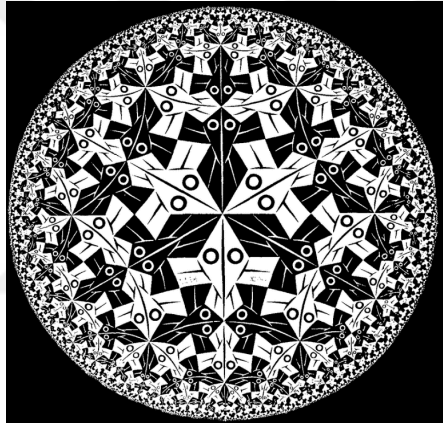
Bu bölümde; sanatın bir çok alanında eserlerinde, fraktal yaklaşımda bulunan ,tekrar ve özbenzeşim özellikleri gösteren sanatçılardan bazıları ele alınarak incelenmiştir.

¹³ **Mukarnas:** Mimaride içerlek bir kısımdan üstte bulunan çıkıntılı bir yüzeye geçerken, bir destek ve aynı zamanda bir süs oluşturmak üzere kullanılan pirizma biçimindeki küçük bindirmeliklere denir (Turani,2007:101) .

3.6.1. Maurits Cornelis Escher (1898-1972)

Resim ve matematiği birleştiren eserleriyle tanınan Maurits Cornelis Escher, matematiksel sanat alanında çalışan öncü sanatçılardandır.

Hollandalı sanatçı, teknik ressam, kitap ressamı, duvar kilimi tasarımcısı, duvar ressamı ve baskı ressamıdır. Sanatçının yaptığı El Hamra ziyareti büyük bir dönüşüme neden olarak doğa manzaraları onda yerini fikir manzaralarına bıraktı. El Hamra çinilerinin birbirleriyle olan geometrik ilişkilerini incelemiş ve bunlardan yararlanarak tasarımlar yapmıştır (Ernst,2015:10-28).



Resim 30- Circle Limit I



Resim 31- Circle Limit III

Escher tasarımlarında; büyütüp küçülterek ölçeklendirdiği aynı formdaki şekilleri veya şekil gruplarını kullanmıştır. Farklı bilimsel alanlardan da yararlanarak ve çeşitli yöntemler kullanarak çalışmalarını tasarlamıştır. Fraktallerin tekrar, özbenzeşim ve sonsuzluk özelliklerinden esinlendiği eserlerini, düzlemi düzenli bölerek¹⁴ üretmiştir. Giderek küçülen ve tekrar eden şekillerle yaptığı çalışmalarında, sınırlı bir alan içinde sonsuzluk duygusu yaratmıştır (Yazıcı,2011:66-74).

¹⁴ **M.C.Escher:** “Éscher’in parçalamaları, daha çok hiperbolik geometriyle tanımlanmış olsalar da, şimdilerde Fraktal Geometriyle de ilişkilendirilmektedirler. Kutu sayma yöntemiyle Escher’in Cicle Limit III ve Koch ‘un düzenli fraktalinin denginin analizini sunan “A Fractal Comparison of M.C. Escher’s and H. von Koch’s Tessellations” isimli çalışma aynı zamanda Escher ve J.Pollock eserlerinde bir takım benzerlikler olduğuna da değinmektedir” (Gülderen,2017:44-45).



Resim 32- Circle Limit 4

Simetri grupları tarafından oluşturulmayan düzenlilik, azalan boyutlardaki karelerin konstrüksiyonunda kusursuz, ama renk simetrisi olarak kusursuz olmayan, kelebeklerle yaptığı tasarım, en karmaşık tasarımlarından biridir (Ernst,2015:28).

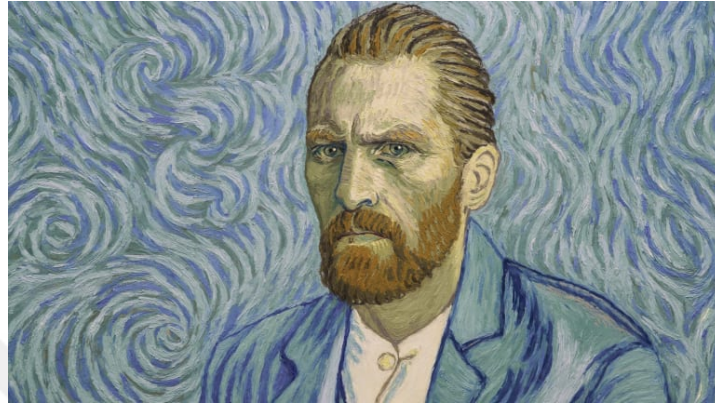
3.6.2. Vincent Van Gogh (1853-1890)



Resim 33- Yıldızlı Gece (The Starry Night), 1889

Vincent Van Gogh, 1853 yılında Hollanda'da bir papazın oğlu olarak doğmuştur. Milletin sanatı ve bu sanatın toplumsal içeriğinden etkilenmiş ve ressam olmaya karar vermiştir. Bir sanat galerisinde çalışan kardeşi Theo, onu emprestyonistlerle tanıştırdı ve ekonomik olarak zor durumda olmasına rağmen maddi

destek sağladı. Yoğun çalışma temposundan sonra ruhsal çöküntüye girdi ve genç yaşta yaşamına son verdi.(Gombrich:2009: 544-545).



Resim 34- Van Gogh Otoportresi (1889)

Meksika, Querataro Milli Otonom Üniversitesinden Fizikçi Jose Luis Aragon ve arkadaşları dijital görüntülerini aldıkları Van Gogh'un eserlerini incelediklerinde, ruhsal problem yaşamadığı zamanlarda ürettiklerinde, türbülans etkilerine rastlamamışlardır. Ancak, Van Gogh'un psikolojik çalkantıları sırasında ürettiklerinde Brownian hareketi olarak da açıklanabilen, türbülansı doğru sezinleyerek matematiksel olarak doğaya en yakın şekilde resmedebilen tek sanatçı olduğu düşünülmektedir. Yapılan incelemeye göre Van Gogh, eserlerinde fırça darbeleriyle oluşturduğu anafor, girdap gibi etkilerde fraktal desenler oluşturduğu söylenebilir (Gülderen,2017:48).

3.6.3. Jackson Pollock (1912-1956)

20.yüzyılın en önemli Amerikalı ressamlarından biri kabul edilen Pollock soyut dışa vurumculuk akımının öncüsüdür. Kendine has teknikleriyle, özellikle de aksiyon resim (action painting) ve damlatma (drip painting) yöntemiyle resme farklı bir boyut katmıştır (Yazıcı,2018).



Resim 35- Number 1 (1949)

Tuval, içinde faaliyette bulunan bir arenadır.” - Paul Jackson Pollock



Resim 36- Blue Poles

Fizikçi araştırmacı Richard Taylor’a göre; Jackson Pollock resim yaparken ilk başlangıç hareketiyle kaotik akışı başlatarak boyalarla desenlerini oluşturmuştur. “Blue Poles” adlı eseri en büyük fraktal boyuta sahip eseridir.(Gülderen,2017:48).

3.6.4. Katsushika Hokusai (1760-1849)

Japon ressam ve tahta oymacısı Katsushika Hokusai, “The Great Wave” adlı eserinde suyun dinamiklerinin küçülerek tekrar eden özellik bulunmaktadır. (Lesmoir G.-Rood W.2009:159).



Resim 37- Hokusai, “The Great Wave of Kanagawa”

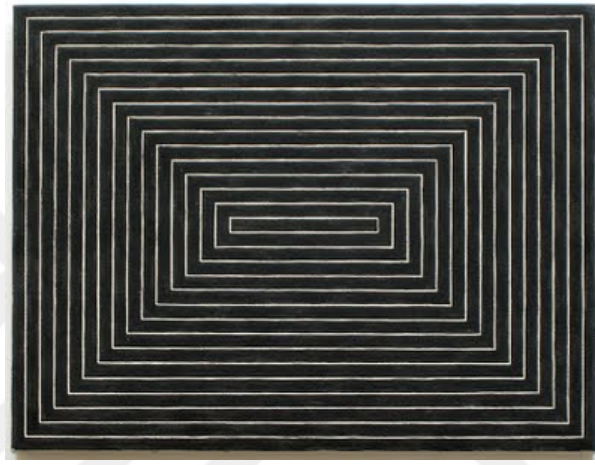
Ünlü bir ukiyo-e ressamıdır. Japon halkının efsane ve geleneklerinden esinlenerek, kitap kapağı, kitap sayfası çizimleri, renkli baskı resim, ipek film baskılar ve peyzaj resimler gibi tipik çalışmalar yapmıştır. “Kurokami Dağı’ndaki Kirifuri Şelalesi” adlı eserinde de suyun akışındaki çatallanmalarda fraktal yapı vardır (Tepe,2014:50).



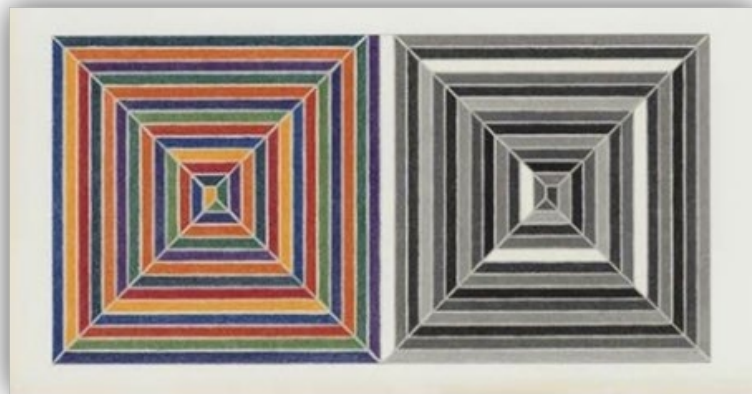
Resim 38- Hokusai Kurokami Dağı’ndaki Kirifuri Şelalesi

3.6.5. Frank Stella (1936-)

Amerikalı ressam, baskı gravür sanatçısı ve heykeltıraştır. Minimalizm akımının öncü sanatçılarından. İç içe geçmiş birbirine benzer geometrik formlar, simetri, benzerlik ve örüntülerden oluşan eserlerinden dolayı fraktal sanatçılar içinde yer almaktadır. (Köksal,2007:33)



Resim 39- Modernist Kırılmalar



Resim 40- Fibonaccisuan

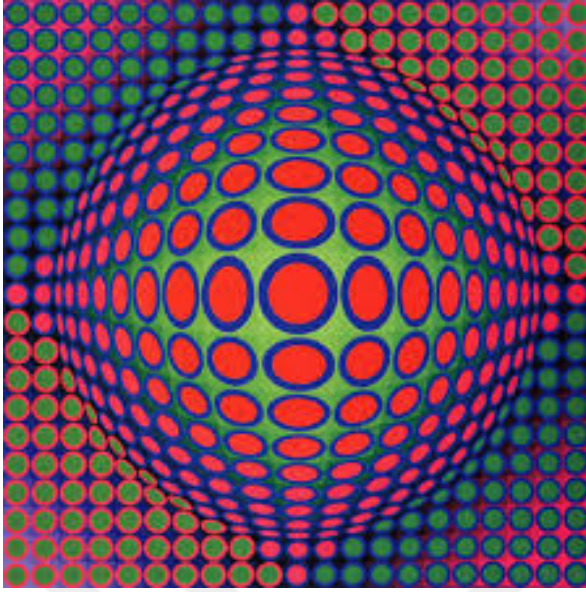
3.6.6. Victor Vasarely (1906-1997)

Macar asıllı Fransız ressam Victor Vasarely, Op Art akımının önemli bir temsilcisidir. Sanatçı, saf geometrik soyutlamalardan önce, pek çok denemeler yapmıştır. Vasarely yapıtlarında, uzamı, biçimleri, rengi ve renksizliği, izleyici ile sanat arasındaki ilişkiyi ve düz bir yüzeydeki hareketi araştırmıştır. Vasarely eserlerinde derinlik ve yanılsama, renk paleti ve resmedilen biçimleri sınırlayarak izleyicide görsel algıya dayalı bir yanılsama yaratmıştır (Beyoğlu,2015:333).

Sanat eleştirmeni Otto Hahn 1970 yılında Victor Vasarely'nin sonsuz küçüğe ve sonsuz büyüğe ait uçsuz bucaksız alanın ve daima sınırsız uzamların peşinde olduğunu ifade etmiştir. Vasarely “Ölçüsüzlüğün verdiği coşkuyla akıcılığın, oynaklığın, galaksilerin yörüngeleriyle atomların titreşimlerini bir araya getiren bütünsel bilinç gibi davranır”(Filidis,2017:49).



Resim 41- Vasarely



Resim 42- Vega



Resim 43- Vonal

İç içe tasarlanmış yinelenen çizgilerden oluşan eserlerinde sanatçının fraktal yaklaşımı olduğu düşünülmüştür.



Resim 44- Munich Olympics, 1

3.6.7. Antoni Gaudi (1852-1926)



Resim 45- La Sagrada Familia Katedrali (Kutsal Aile)-Gaudi).

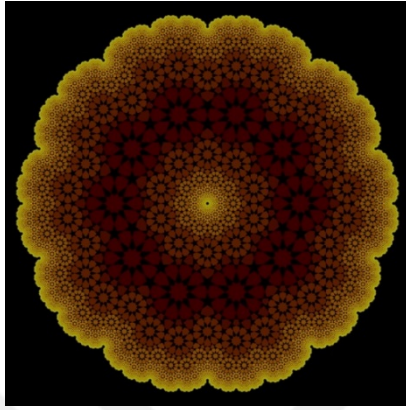
Gotik, Barok mimaride özellikle katedral ve kiliselerde geometri, sürekliliğin ve sonsuzluğun ifadesi vermek için kullanılmıştır. Birbirini her ölçekte tekrarlayan bu canlı yapıda, Gaudi'nin eserlerinin organik mimari formlarında kurgulanan fraktal yapı görülmektedir (Lesmoir G.-Rood W.2009:163).

3.7. Son Dönem Fraktal Sanatçıları

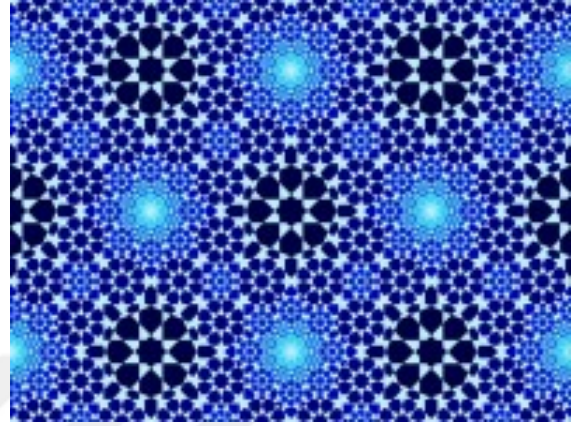
3.7.1. Phil Webster

Matematik sanatçısıdır. Teknoloji, ve matematiği estetik ve tasarım becerisiyle birleştirerek sanatsal çalışmalarını üretmektedir. 2012 yılındaki Hindistan ziyaretinden sonra, etkilendiği geleneksel İslami motifleri, çok yüzlü geometrik nesneler ve fraktaller üzerinden yorumlamıştır. Eserleri, özünde belirgin bir İslami dokuya ve aynı zamanda çağdaş ifadeye sahiptir. Sanatçının ifadesine göre, çiçek rozetleri bir yandan

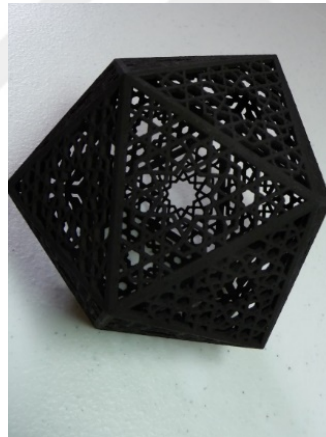
en geniş boyuta doğru büyürken diğer yandan sonsuzluğa doğru küçülmektedirler (Sönmez,2017:1).



Resim46-Infinity Flower III



Resim 47-Pulsation (Titreşim)



Resim 48- Screened Icosahedron

3.7.2. Silvia Cordedda (1991-)

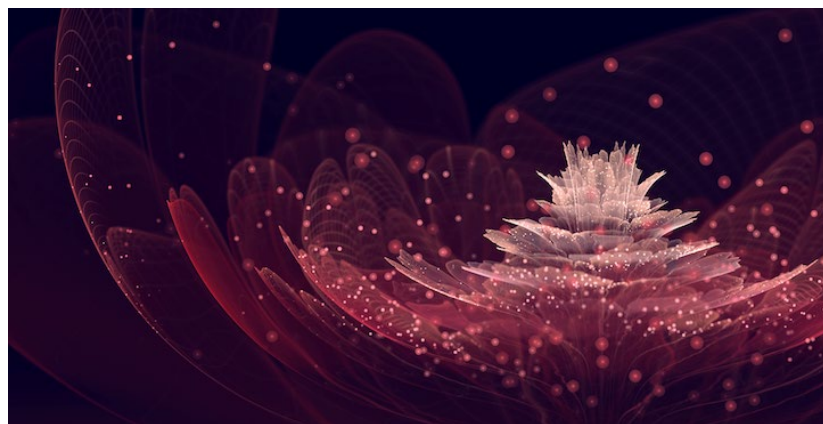
Silvia Cordedda, İtalyada doğmuştur. Pisa üniversitesinde Kimya mühendisliğinde bulunmaktadır. 2012 yılından beri bu sanatın ilk örneklerini vermeye çalışan fraktalist sanatçılardandır. Fraktal çalışmalarını, fırça ya da el işçiliği olmaksızın, dijital ortam içerisinde çiçeklerin anatomisini yorumlayarak gerçekleştirmiştir.(YOO, 2012:1).



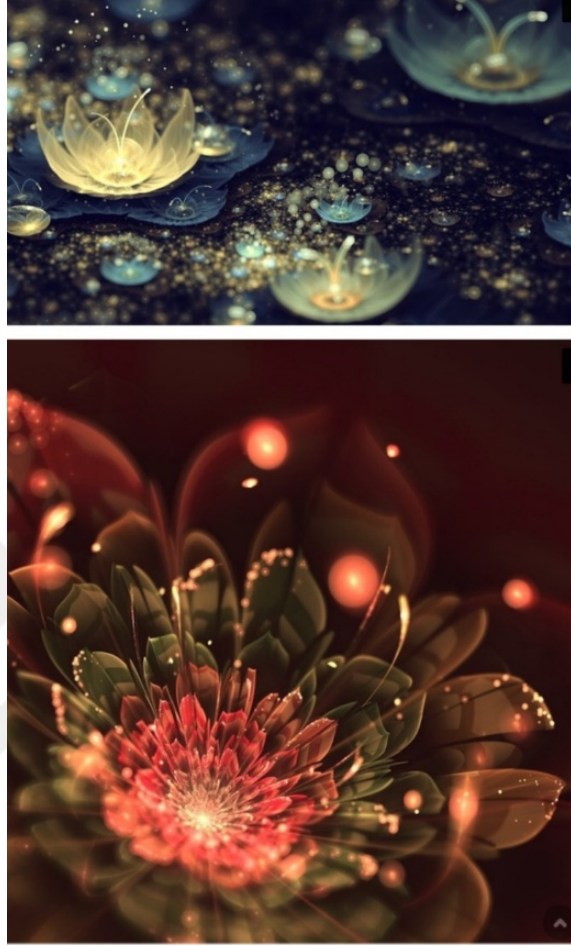
Resim 49 -Fraktal Flowers



Resim 50 -Fraktal Flowers



Resim 51- Fractal flowers



Resim 52- Fractal flowers

3.7.3. Nuala O'donovan

İrlandada doğmuştur.1994 yılında İngilterede Middlesex üniversitesinde “üç boyutlu tasarım” eğitimini tamamlamıştır. Sanatçı, doğadaki fraktal yapılardan ilham alarak porselen heykeller üretmektedir. Doğadaki desen ve yapıların düzensizliğine duyduğu ilgiyle, örneklememiz gerekirse bazı bitkilerin, çam kozalaklarının, mercan resiflerinin fraktal yapılarını inceleyerek tasarımlarını oluşturmaktadır. (O'donovan,2019)



Resim 53- Teasel Standing



Resim 54- Teasel Grey Fault Line



Resim 55- Pinecone, Cluster



Resim 56- Sa 'Radiolaria, RD

3.7.4. Jencks Charkes

Amerikalı tasarımcı ve peyzaj mimarıdır. Genetik, kaos teorisi ve dalgalar gibi geniş kapsamlı alanlardan etkilenecek tasarımlarını üretmektedir. Doğanın ve doğa kanunlarının altında yatan metaforları keşfetmeye çalışırken diğer yandan büyük küçük,

bilim maneyiyat, evren peyzaj arasındaki ilişkileri tasarımları üzerinden sorgulamaktadır (Rotka,2017).



Resim 57- Garden Of Cosmic Speculation



Resim 58- Northumberlandia



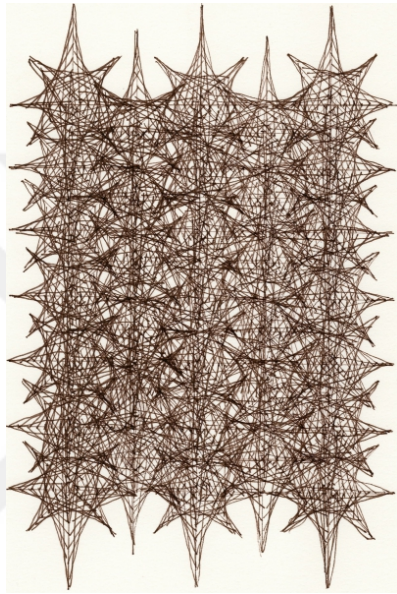
Resim 59- The Universe Cascade



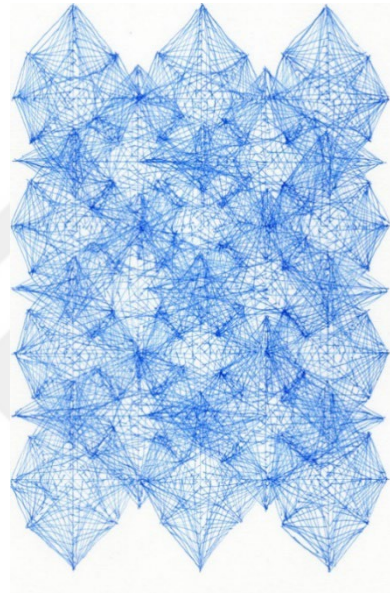
Resim 60- Aleph

3.7.5. Susan Happersett

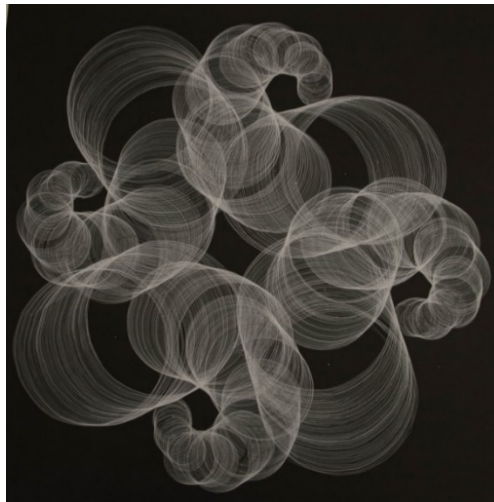
Matematik ve sanat alanında eğitim alan sanatçı matematiğin estetik özelliklerini diziler, seriler ve haritalama yoluyla incelemektedir. Elle çizilmiş çalışmalarında, tekrar eden temalar, Fibonacci dizisi, Kaos teorisi, Kartezyen koordinat sistemi, Cantor Kümesi, Kendine Benzerlik ve fraktallerdir (Happersett,2017).



Resim 61-Aldatıcı Kartezyen Dantel



Resim 62- EPSON MFP image



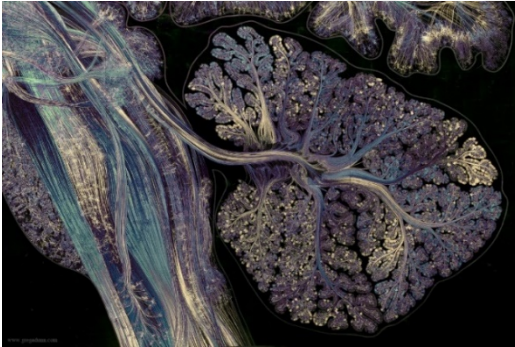
Resim 63- Fibonacci Spirals –2013

Izgara oluşumundaki yinelenen desenler üst üste binerek kaos ve fraktali çağrıştıran karmaşık dantel desenleri oluşturur.

3.7.6. Greg Dunn

Brian Edwards'ın yardımlarıyla, nöronların birbirleriyle olan iletişimini ve beyindeki sinyal hareketlerini simüle eden bilgisayar modelinden faydalanarak çizimlerini besledi.

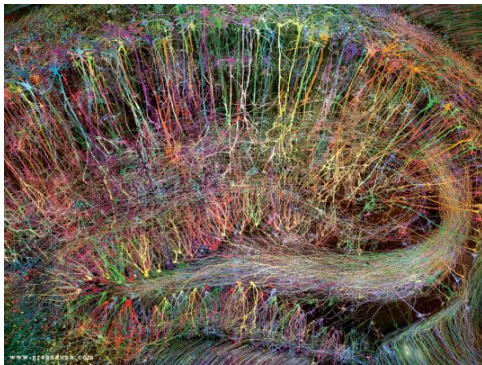
Çalışmalarında; ışık, farklı nöron katmanları ve bunlar arasındaki bilgi akışını vurgulamıştır. Altın yaprak tabakalarını kazımada kullanılan bir teknik kullanarak, bilincimizin büyüleyici güzelliğini bize gösteren çalışmalar üretmiştir (Akçay,2018).



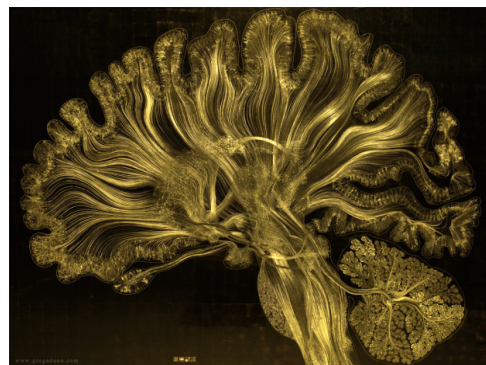
Resim 64- Self Reflected (2014-2016)



Resim 65-“Cortical-Circuitboard”, Greg Dunn



Resim 66- Brainbow Hippocampus



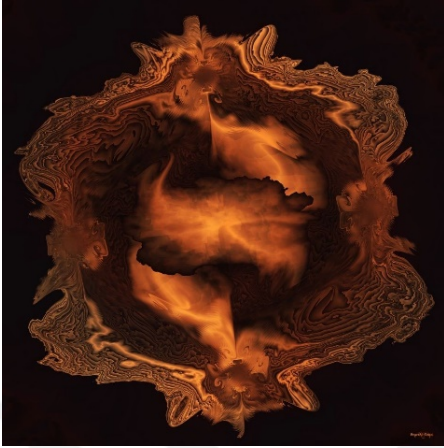
Resim 67- Self Reflected under a single light



Resim 68- “Neural Migration” Greg Dunn

3.7.7. Ali Öner (1958 - ~)

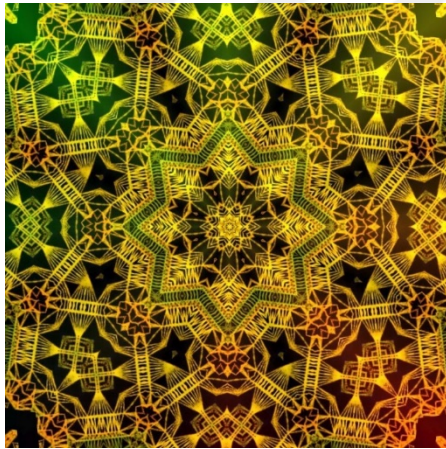
Ali Öner, 1958 yılında Egede doğmuştur. 1981 yılında Hacettepe’den Kimya mühendisi olarak mezun olduktan sonra 1999 yılında matematiksel formüllerle üretilen “fraktal” ile tanışmıştı. Sanatçı, matematik formüller kullanarak, farklı bir görme biçimiyle ürettiği dijital eserlerinde, algıladığımız dünyanın sonsuz ayrıntısı olan iç düzenini fraktallerle yansıtmaktadır. (<http://www.sanatgezgini.com/marketplace/seller/profile/ali-oner>)



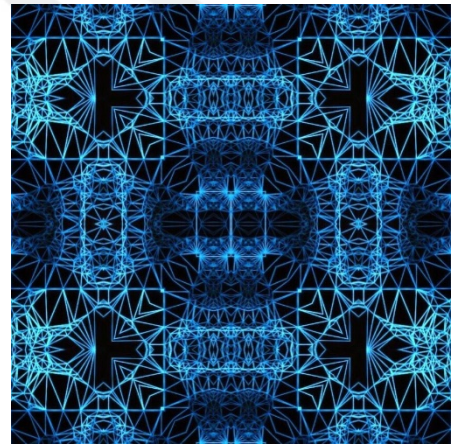
Resim 69- Gnarl Ali Öner (2010)



Resim70- Formula Art XXI Ali Öner2015



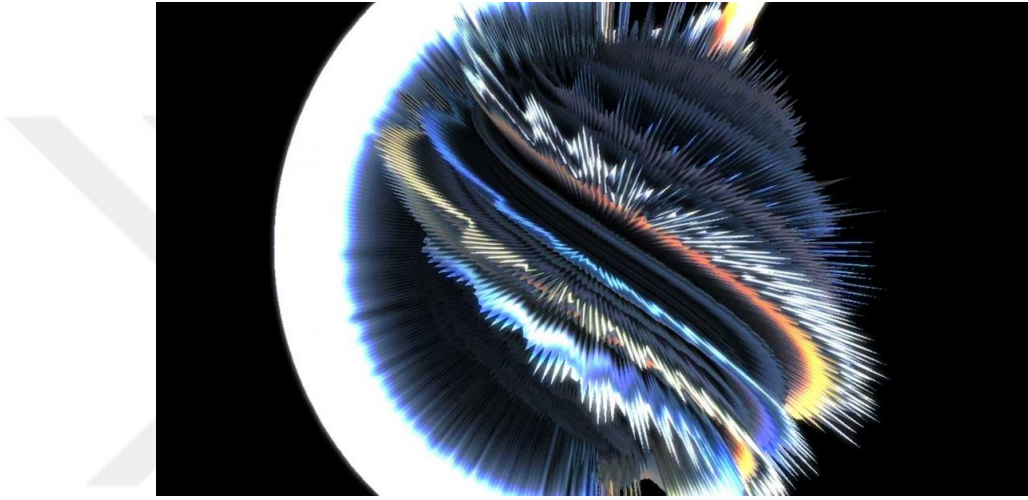
Resim 71- “Formula XXVII



Resim 72- Formula XIII

3.7.8. Ozan Türkkan (1979- ~)

Ozan Türkkan, 1979 yılında Tekirdağ'da doğmuştur. Türkiye, Amerika, İspanya gibi farklı ülkelerde farklı sanat disiplinlerinde eğitim almıştır. Yüksek lisansını Barcelona'da multimedya alanında tamamlamıştır. (<http://www.turkishculture.org/whoiswho/ozan-turkkan-3745.htm>)



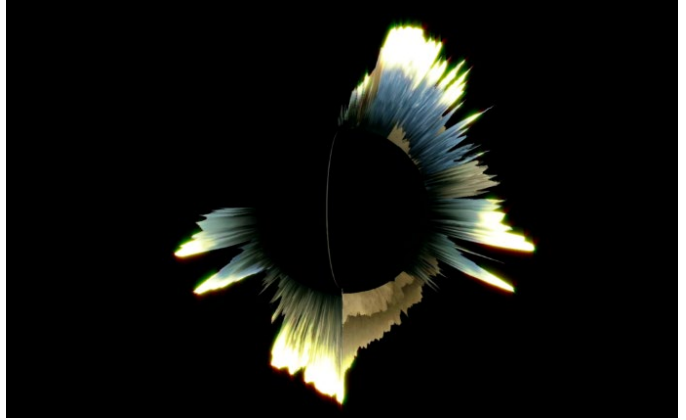
Resim 73- Ozan Türkkan

Algoritmik Sanat, jeneratif (Generative) sanat, fraktal geometri, deneysel video ve enstelasyonlar gibi üzerinde yoğunlaştığı alanlarda, eserler üreten medya sanatçısıdır.

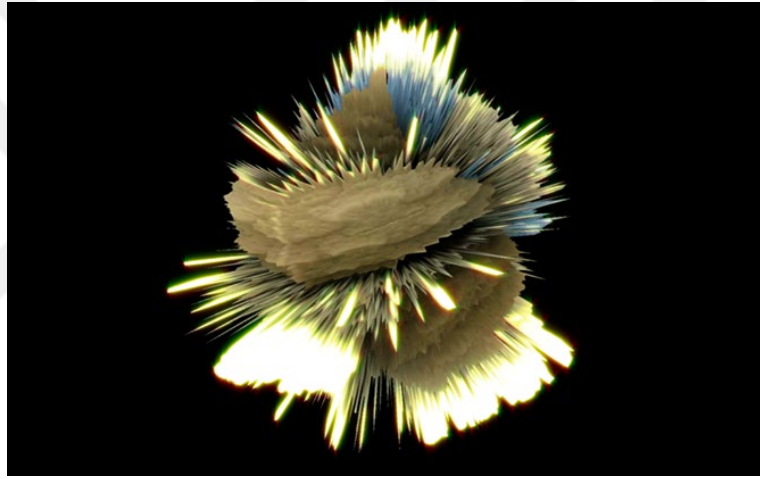
Doğanın algoritması, çok boyutluluk, evrenin dinamik fraktal yapısı, düzen ve düzensizlik gibi konuları temel alarak, güncel bilgisayar araçları ve farklı yazılım dillerini kullanmaktadır. Fraktal geometri odaklı hareketli ve hareketsiz imajlar üreterek interaktif enstelasyonlar geliştirmektedir. Doğanın dengesi ve işleyişindeki sorgulamalarını izleyiciye aktarırken teknolojiyi kanvas olarak kullanmaktadır (<http://www.bilsart.com/sergiler#/ozan-turkkan>).



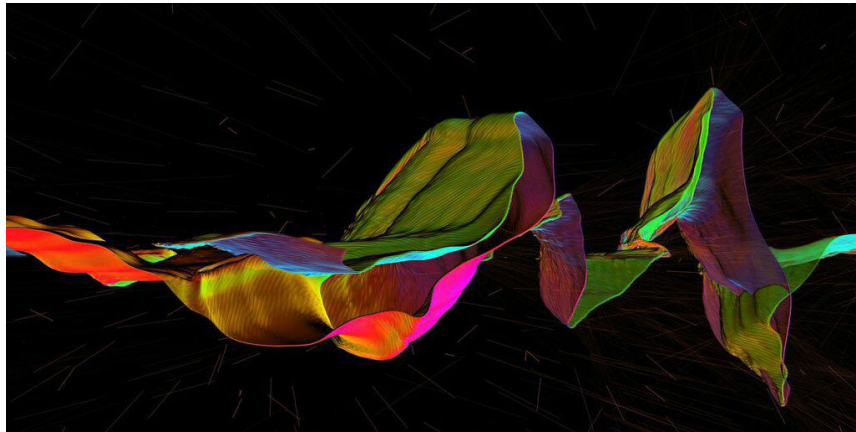
Resim 74- Ozan Türkkan



Resim 75- Ozan Türkkan



Resim 76- Ozan Türkkan



Resim 77- Ozan Türkkan

4. BÖLÜM

UYGULAMALAR

4.BÖLÜM

UYGULAMALAR

4.1. TEORİK ARKA PLAN

Teknoloji günümüzde, sonsuz sayıdaki görsel imge ile dünyamızı çevrelemektedir. Sağladığı olanaklarla, bir yandan belleğimizi doyurarak görsel birikimimize katkı sağlarken, diğer yandan farklı ve eşsiz yaratıcılıktaki buluşların keşfini bir kat daha zorlaştırmaktadır.

Sanatın varoluşundan bu yana sürdürdüğü arayışıyla sanatçı, doğa ve yaşamdan esin almaktadır.

Bilimin ve sanatın birçok alanında zaten var olan fraktal geometri tanımlanmasıyla kimlik kazanarak sanatta, sanatçıda ve tasarımcıda farkındalık sağlamıştır. Doğadan esinlenerek, gerek dijital ortamda, gerek yapısal formlarından yararlanılarak veya özelliklerine dair kavramlardan yola çıkarak, çok geniş bir alanda eserler üretilmesine olanak sağlamıştır.

Yapmış olduğum tez çalışmasında, fraktallerin büyüleyici dünyasını tanıdıktan sonra, kazandırdığı çağrışımla, konuyla ilgili uygulama çalışmaları hazırlanmıştır..

Fraktaller, kaosu resmi olarak da adlandırılan karmaşık matematiksel formüllere dayanan geometrik biçimlerdir. Bu çalışmalardaki amaç, bilgisayar formülleriyle üretilen sonsuz çeşitlilikteki dijital fraktalleri üretmek değil, disiplinler arası bir çalışma projelendirmektir.

Düşünce bazında amacım kavramsal olarak; kaos, doğal ve yapay fraktallerin bir arada harmanlandığı bir ifade dili oluşturmaktır.

Işığın yüzyılı olan 21. yüzyılda, kaosu imgesel olarak ifade edebilmek için ışık fotoğrafından oluşan görsel kullanılmıştır. Karmaşa gibi görünmesine rağmen

kendi içinde bir düzene sahip kaosu, başlangıç ilkesine hassas bağıllığı esas alınarak birbirinden farklı görseller üretilmiştir.

Teknik olarak kullanılan boya ve öd sıvısının etkisiyle sonsuzluğu çağrıştıran sanatlardan diğeri ebru, dalgalı teknikle kullanılmıştır. Işık fotoğrafıyla manipüle edilen ebru kaos görseline dinamizm kazandırarak, etkisini arttırmıştır.

Geleneksel ahşap baskı teknikleriyle oyulan parmak izi görseli uygulamada kullanılmıştır. Parmak izi, fraktal alanda bilimsel olarak da çalışmaları yapılan organik yapıdır. Parmak izi, insanın kimliğine dair en önemli belge olarak tanıklık ederken, varoluşundan bu yana yaşamın her alanında iz bırakmıştır.

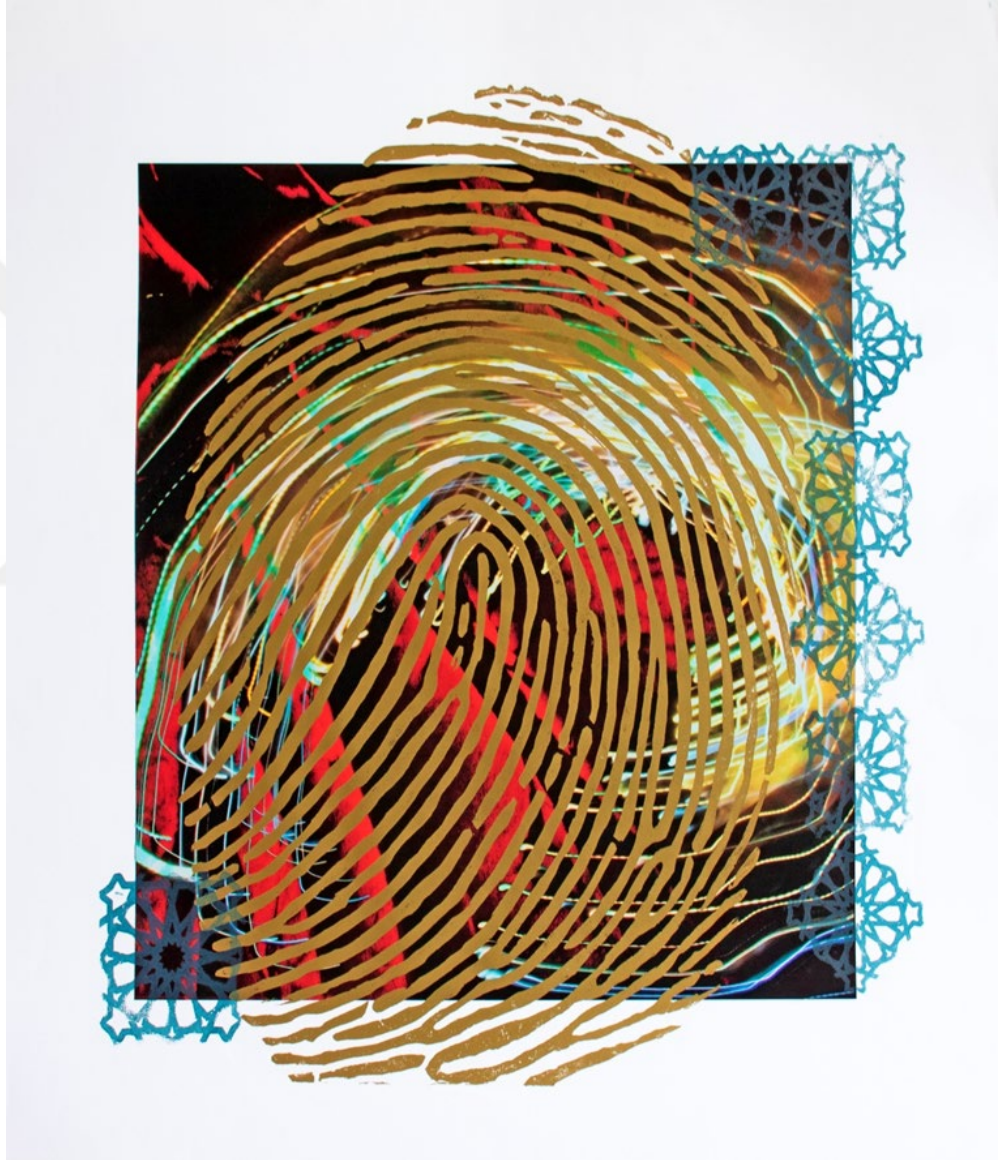
Geleneksel Türk motiflerinin sonsuzluğa giden geometrik yapısında da fraktal yapı vardır. İnsan eliyle oluşturulmuş bu desenler en çok Anadolu Selçuklu döneminde kullanılmıştır. Birleştirildiğinde uzayı kaplayacak nitelikte bir örüntü ile sonsuzluğa ulaşırken, kendi içindeki farklı ölçeklerde kendini tekrarlayan fraktal yapıya sahip desen klasik baskı teknikleriyle uygulanmıştır.

Klasik ahşap baskı, dijital baskı, fotoğraf ve ebru ile disiplinler arası çalışmalar üretilerek uygulama tekniğinde farklı bir bakış açısı sağlanmıştır.

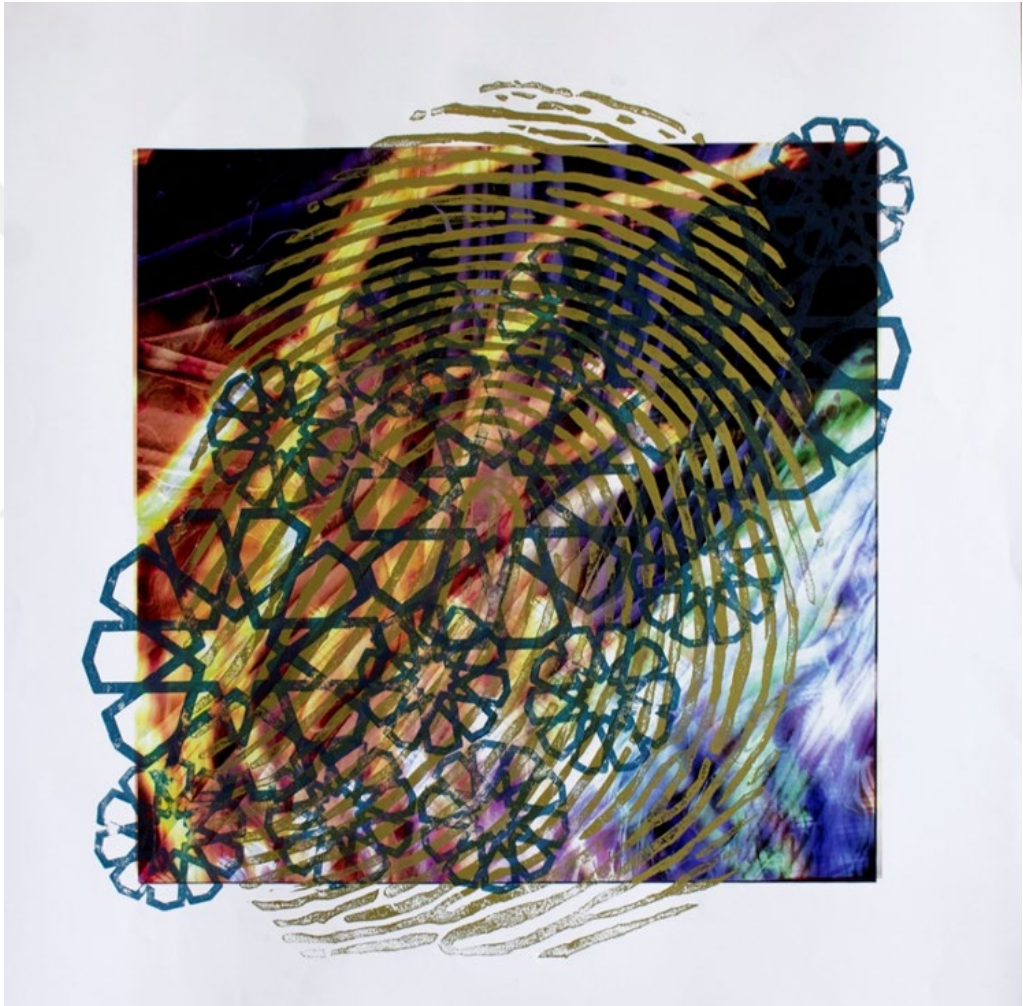
İnsanoğlu, yaşamın her alanında karşılaşılabilen birbirinden farklı kaotik olaylar karşısında, pratik zekası, ve azmiyle nice karmaşık örüntüleri çözümleyerek başarılarla imza atmış ve izler bırakmıştır.

Oluşturduğum fraktal sergi parçaları umarım iz bırakarak, yeni açılan çalışma alanında sanat ve tasarımcılara farklı bakış açıları sağlar.

4.2 Fraktal Sergi Parçaları



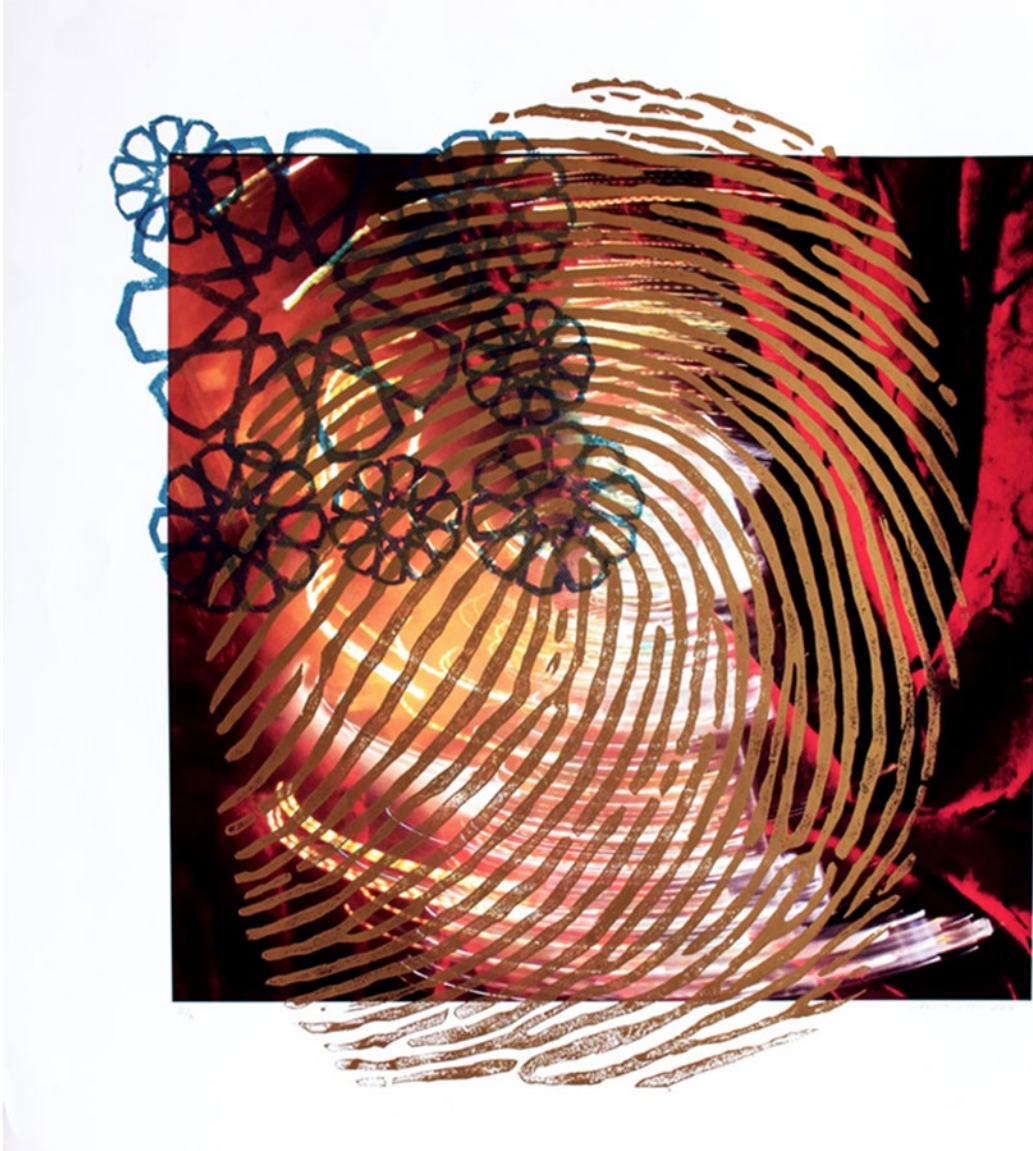
Resim 78- Fraktal 1



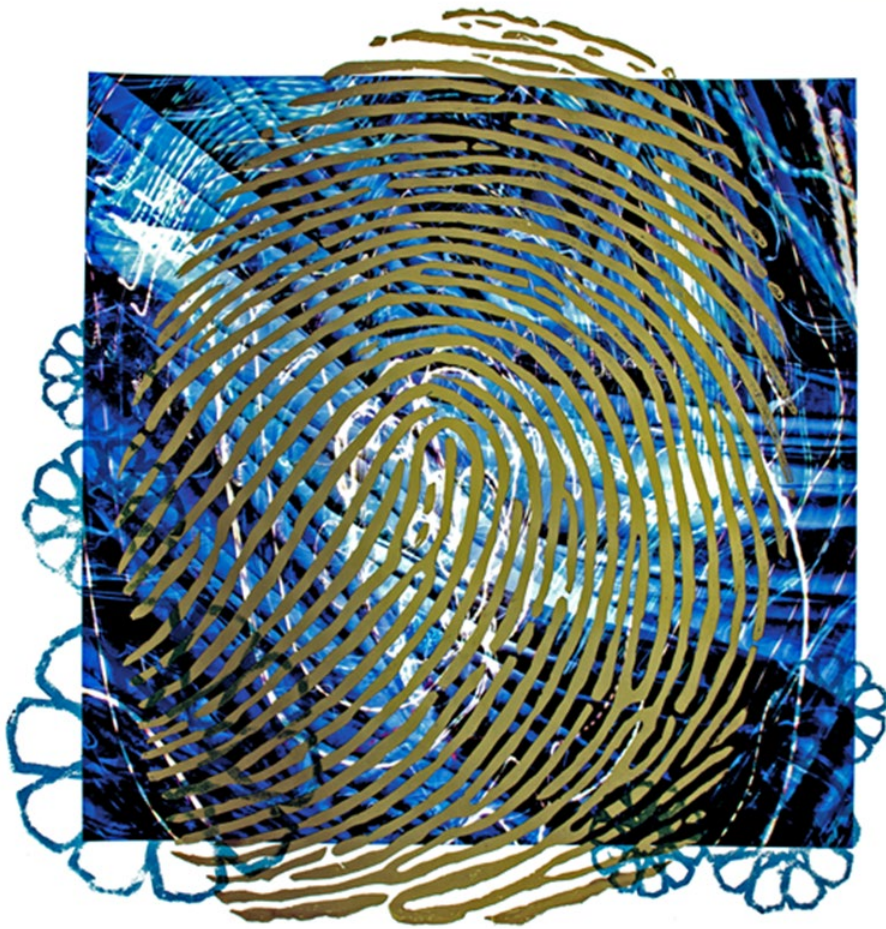
Resim 79- Fraktal 2



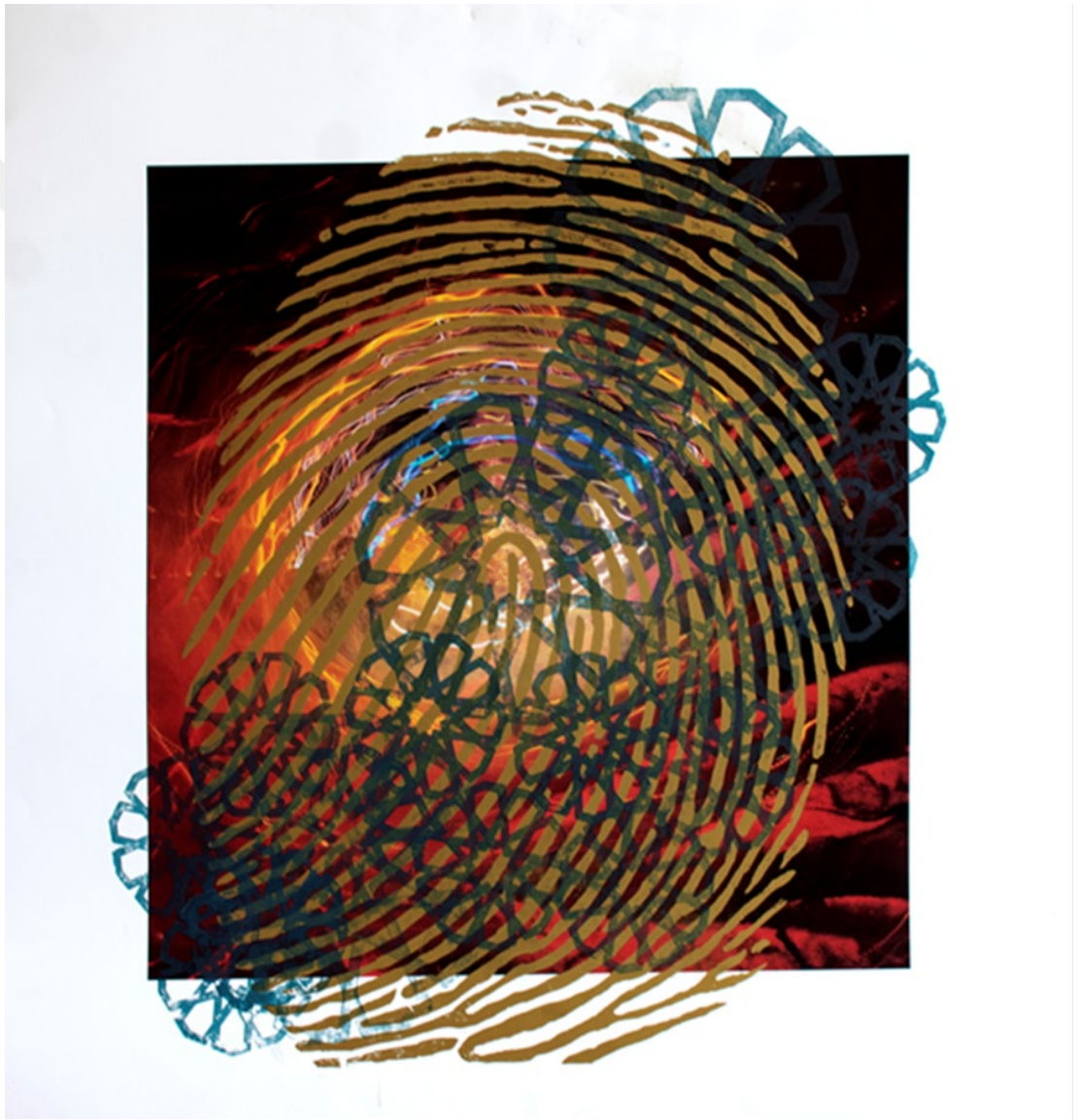
Resim 80- Fraktal 3



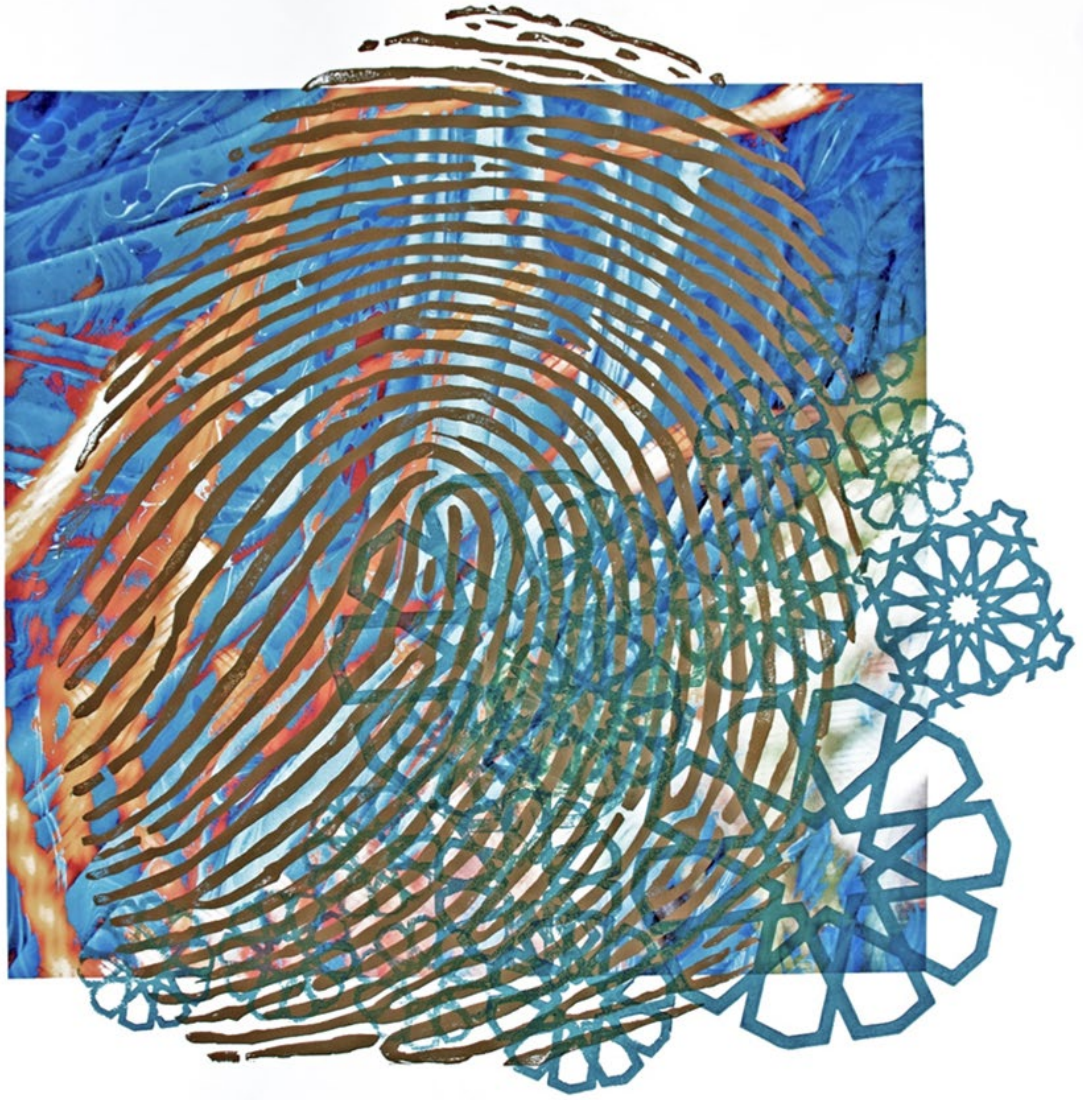
Resim 81 – Fraktal 4



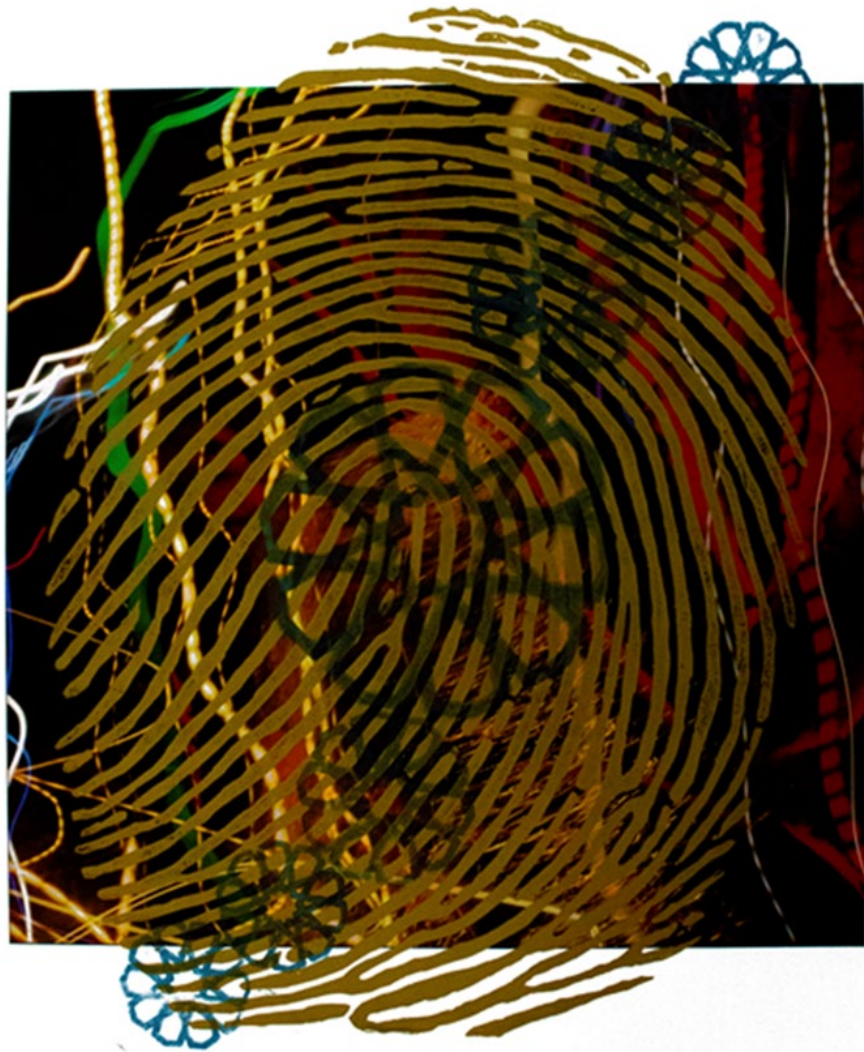
Resim 82 - Fraktal 5



Resim 83- Fraktal 6



Resim 84- Fraktal 7



Resim 85 – Fraktal 8



Resim 86 – Fraktal 9



Resim 87 - Fraktal 10

SONUÇ

“Bir tasarım yöntemi olarak fraktal tasarım“ konu başlığıyla hazırlanan bu tezle ilgili yapılan kaynak taraması ne kadar yeni bir alan olduğunu daha başlangıçtan hissettirmektedir. Öklid geometrisi ile ulaşılamayan ölçüm değerlerine sahip olmak için tanımlanan fraktal geometri uygulandığı tüm alanlara, yeni bir araştırma yöntemi, yeni bir ölçme değerlendirme şekli ve yeni bir bakış açısı getirmiştir.

Daha önce de bahsedildiği gibi doğada zaten var olan, tekrar ve benzeme özelliklerine sahip fraktal yapılar gözlemlenmiştir. Sonuçta, kesirli bir boyuta sahip olduğu keşfedilmiştir. Bu yapılar modellenerek farklı ölçüm ve üretim sistemlerinde kullanılmıştır.

Matematiksel denklemlerle başlangıçta oluşturulan basit yapılardan alınan sonuçlar, sisteme girdi olarak yeniden verildiğinde çıkan karmaşık pürüzlü fraktal yapılar bize ipucu vermektedir. Doğada görülen tüm karmaşık yapıların basit şekil ve formların tekrarıyla oluştuğu gözlenmiştir.

Doğada genellikle birkaç çevrimden oluşan tekrarların, bilgisayarların kullanımından sonra, yapılan modellemelerde, geometrik şekil ve formların iterasyonuyla veya oluşturulan dijital görüntülerde sonsuzluğa giden görseller oluşturmaktadır.

Tezin ilk bölümünde, fraktallerin tanıtımıyla bir çok alanda olduğu gibi sanat ve tasarım alanında da yeni bir dünyanın kapıları aralanmaktadır.

Fraktal geometrinin yer aldığı ikinci bölümde, öklid geometrisiyle arasındaki farklar incelenirken, fraktal boyut kavramı ve hesaplama yöntemleri ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir. Alan dışından anlaşılmasının karmaşık ve zor olduğu matematiksel hesaplara değinilmemiştir.

Fraktal sanat ve tasarım konu başlığı altında yer verilen, tasarım ve geometri, altın oran, Fibonacci sayıları, kaos teorisi ve tasarımda fraktal kurgu gibi konu başlıklarına ait içerikler araştırılarak yazılmıştır. Ayrıca fraktaller tanımlanmadan önce eserlerini fraktal yaklaşımlarla üreten sanatçılar ve son dönem fraktal sanatçıları ve eserlerinden örneklere yer verilmiştir.

Tezin uygulama alanında; sanat, tasarım, bilim ve teknoloji alanlarını kapsayan, kavramsal ve teknik olarak disiplinler arası çalışmalar üretilmiştir.

Karmaşık kaos yapısını temsil eden imgenin, organik fraktal yapıya sahip parmak izinin ve geometrik desenlerle oluşturulan fraktal yapının bir arada kullanılmasıyla oluşturulmuştur.

Uygulamada kullanılan tekniklerde; düzensiz görünmesine rağmen başlangıca bağlılık ve dış etkenlerden dolayı oluşturulabilmesinde değişiklik gösteren kaosu ifade eden imge fotoğraf olarak elde edilerek işlenmiştir. Zemin olarak kullanılarak iki aşamada farklı yüksek baskı teknikleri uygulanmıştır.

Sanat ve tasarım alanında yeni ufuklar açabilecek üretimler için, doğadaki modellerden alınabilecek fraktal örneklerden, oluşturulan matematiksel denklemlerle bilgisayarlarda doğanın modellenmesinden, hazır bilgisayar programlarından, fraktalin sahip olduğu özelliklere dair kavramları metafor olarak kullanarak, tekrar ve benzerlik özelliklerinden yararlanılabilmektedir.

Sonlu alanlarda sonsuzluğun varlığını keşfeden fraktal geometri sayesinde, var oluşundan bu yana sürdürdüğü sanatta sonsuzluk arayışını tasarımda da teknoloji desteğiyle yakalamıştır.

KAYNAKÇA

KİTAPLAR

AKDENİZ, Fikri (2007). Doğada, Sanatta, Mimaride Altın Oran ve Fibonacci Sayıları, Adana: Nobel Kitabevi.

ARIK M.- SANCAK M.(2012). Pentapleks Kaplamalar, Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

BARRET Terry (2015). Neden Bu Sanat, İstanbul: Hayalperest Yayınları.

BERGİL, Mehmet Suat (2009). Doğada /Bilimde /Sanatta Altın Oran, İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

BERKİN, Genco (2011). Fasad Tasarımı, İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

BRADEN, Gregg (2009). Fractal Time, Canada: Hay House.

CANAN, Sinan , (2009). Fraktal Düşünceler, Ankara: Ajanda Yayınları.

ÇAKMAK, M. Suat (2011). Evrenin Geometrik Şifresi Altın Oran Kaos Fraktal Simetri, İstanbul: Karadeniz Kitap Ltd. Şti.

DEMİRİZ, Yıldız (2004) İslam Sanatında Geometrik Süsleme, İstanbul: Yorum Sanat.

DUNLAP, A. Richard (2010).Altın Oran ve Fibonacci Sayıları, çev. Prof. Dr. Bekir Aktaş, Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

EDGAR, A. Gerald (2006).Ölçü, Topoloji ve Fraktal Geometri, çev. Prof. Dr. H. Hilmi Hacısalihoğlu, Ankara: Nobel Yayınları.

FİLİDİS, Niko (2017). Victor Vasarely, çev . Saadet Özen, İstanbul: Arkas Holding, Mas matbaacılık.

GOMBRICH, E.H.(2009). .Sanatın Öyküsü, İstanbul: Remzi Kitabevi.

HUDSON Richard - L. MANDELBROT, Benoit B.(2005). Finans Piyasalarında (saklı) Düzen, çev. Metin Hüner, İstanbul: Güncel Yayıncılık.

LESMOIR GORDON, Nigel – ROOD, Will (2009), Fractals, A graphic Guide, U.K: Icon Books.

MANDELBROT, Benoit B.(1983), The Fractal Geometry of Nature, United States of America, : W. H. Freeman And Company

ÖZSOY, Vedat (2016).Görsel Tasarım Öge ve İlkeleri, Ankara: Salmat Basım Yayıncılık,

SMITH Leonard (2014), Kaos ,Ankara, Dost Kitabevi.

ÖZTUNA, H. Yakup (2008). Görsel İletişimde Temel Tasarım, İstanbul: Tibyan Yayıncılık.

TUĞAL, Sibel Avcı(2018).Oluşum Süreci İçinde Dijital Sanat, İstanbul: Hayalperest Yayınevi.

TURANİ, Adnan (2007) . Sanat Terimleri Sözlüğü, İstanbul: Remzi Kitabevi.

MAKALELER

ALTUN A, Sadegül (2001). “ Kaos Ve Yönetim,” Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, Bolu,Yıl: 2001, Sayı 28, ss. 451.

ALBAYRAK, Ahmet (2017). “Batı Dışında Sanatsal Form ve İmgeleri Kodlamak: Cgı Video ve Cgı Ortamı Bağlamında Deneysel Sanat”, International Journal of Social Science, Sayı:56, Şubat-Mayıs 2017, ss.229-234.

AKAN, A.- ARSLAN S.- SORGUÇ,A.(2009). “Altın Oranla Tasarlamak: Doğada, Mimarlıkta ve Yapısal Tasarımda φ Dizini”, Araştırma Makalesi, Trakya Üniversitesi,Yıl 2009, Sayı10 (2), ss.149-157.

BEYOĞLU, Aylin (2015). “Sanat Eğitiminde Algı, Görsel Algı Ve Yanılsama: Victor Vasarely’ nin Çalışmaları Üzerine Bir İnceleme” Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi ,Haziran , Cilt 17 Sayı 1 (333-348).

ÇELİKOĞLU, Öncü (2015). “Psychedelic Sanat” Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Eskişehir. {<http://doczz.biz.tr/doc/126734/ar%C5%9F.-g%C3%B6r.-%C3%B6nc%C3%BC-%C3%A7eliko%C4%9Flu-anadolu-%C3%BCniversitesi--g%C3%BCzel-sana...>} [20.06.2019 13:10]

ERNST, B.-SCHATTSCHEIDER, D.(2015). “M.C. Escher’in Biyografisi- Escher’in Matematiksel Yönü”, Çev. Nazan Mahsereci-Çev. Osman Altun, İstanbul:Bilim ve Gelecek Aylık bilim, kültür, politika dergisi,Sayı136, Haziran 2015, ss.10-28.

KÖKSAL, Ahu (2007). “Minimalist Sanatta Bir Ressam Ve Bir Besteci: Stella Ve Glass” Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi ,47,131-42.

MÜLAYİM, Selçuk (1989). “Sanata Giriş”, Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi Yayını:2, İstanbul, Stad Yayınları, S.174,19 s.

OCAK, Mahir E.(2018) “Kar Kristallerinin Matematiği”, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi,Yıl: 51, S. 603.

SAĞLAMTİMUR, Ö. Zühal (2010). “ Dijital Sanat,”Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt / Vol:10, Sayı / No: 3: 213-238.

TURGUT, Sadi, (2017). “Brown Hareketi ve Atomların Büyüklüğü”, Bilim ve Ütopya dergisi,18-21.(<https://www.bilimveutopya.com.tr/brown-hareketi-ve-atomlarin-buyuklugu>).

YAZICI, E. Yasemin (2011). “Matematikten Sanata Yansımalar: M.C.Escher” Dergi Park, Yıl: 2011, Cilt 1, Sayı8, ss.74

YAZICI, E. Yasemin (2016), “Gaudi Dokunmamızı mı istedi?”, Mimarlık ve Yaşam Dergisi, Araştırma Makalesi, 1 (1), 53-60

BASILMAMIŞ KAYNAKLAR (Tezler, Bildiriler)

AKTAŞ, Metin (2011). Kaos Ve Enformasyon Teorilerinin Yüksek Enerjili Parçacıkların Anlaşılmasındaki Rolü Nedir, Ankara-Yef (Yüksek Enerji Fiziği) Günleri 2011 Çalıştayı Ankara Üniversitesi Fen ve Mühendislik Fakültesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çankırı.

ALİK, Belma (2015), Mimarlıkta Tasarlama Yöntemleri Ve Fraktal Tasarımlar Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, dan. Sonay Ayyıldız, Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Kocaeli.

AYDEMİR, M. Aydın (2008). Fraktal Heykeller, Yüksek Lisans Tezi, dan. Yrd. Doç. Yıldız Güner Turhan, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Heykel Ana sanat Dalı, Heykel Programı, İstanbul.

BATMAZ, KILIÇ Sura (2013), Tasarımda Çeşitlenme Sağlayan Yöntemlerin Günümüz Mekan Uygulamaları Üzerinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, dan. Didem Baş, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, İç Mimarlık Bölümü, İstanbul.

CINBARCI, Alev (2015). Fraktal Geometri Ve Tekrar Olgusu, Yüksek Lisans Tezi, dan. Ferhat Özgür, Yeditepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Plastik Sanatlar Anabilim Dalı, İstanbul.

DEĞİRMENCİ, F. Betül (2009). Fraktal Geometri Ve Üretken Sistemlerle Mimari Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Orhan Hacıhasanoğlu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

GÖZÜBÜYÜK, Gaye (2007). Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Gülen Çağdaş, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

GÜLDEREN, Deniz(2017). Fraktal geometri’ nin plastik sanatlarda kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, dan. Yrd. Doç. Devabil Kara, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Resim Ana sanat Dalı, İstanbul.

GÜZEL, B. Esra (2004). “Örüntü ve Dizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı İzmir.

KAYA, H. Serdar (2003). Kentsel Mekan Zenginliğinin Kaos Teorisi Ve Fraktal Geometri Kullanılarak Değerlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Fulin Bölen, İstanbul.

ÖZTÜRK D.-UYAR A.,(2017). “Fraktal Analizin Yeryüzü Araştırmalarında Kullanılması” Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139 Atakum-Samsun.

TEPE, Evren (2014). Plastik Sanatlarda Fraktal, Yüksek Lisans Tezi, dan. Sevgi Avcı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Heykel Ana sanat Dalı, İzmir.

TURHAN, Kartal (2018). Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma, dan. Dr. Öğr. Üy. Duygu Koca, Yüksek Lisans Tezi Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, Ankara.

YILMAZ, Aylin (2018). Fraktal Seramik Yorumlamalar, Yüksek Lisans Tezi, dan. Hüseyin Özçelik, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Ana sanat Dalı, Ankara.

YILMAZ, Dilek (2013). Doğanın Fraktal Geometrisi, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Emine Soytürk Seyrantepe, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Afyon.

İNTERNET KAYNAKLARI

AKÇAY Gürkan,(2018). “Sinirbilim ve Sanat Buluşunca: Bilincin Karmaşıklığı ve Güzelliği”, Boğaziçi Üniversitesi, Bilimfili, {<https://bilimfili.com/sinirbilim-ve-sanat-bulusunca-bilincin-karmasikligi-ve-guzelligi/>} [13.04.2019 08:55]

CANAN, Sinan (2013). “ Zihnimizin gizli hazinelerinden bir numune: Örüntü algısı”

<http://www.sinancanan.net/zihnimizin-gizli-hazinelerinden-bir-numune-oruntu-algisi>
[24.06.2019 15:36]

<http://www.sinancanan.net> [19.05.2019 16:52]

GÜVEN,TufanAltınOran:Fraktalite’ninDorukFormu.

<https://fraktalalan.com/2017/03/19/altin-oran-fraktalitenin-doruk-formu/>

HACISALİHOĞLU, H. Hilmi(2004). “Fraktal Ve Fraktal Geometri Nedir?” Kasım-2004.(<http://www.matder.org.tr/fraktal-ve-fraktal-geometri-nedir/> 23.06.2019 16:02)

HAPPERSETT, Susan (2017), “Matematiksel Sanat Galerileri/Köprü konferansı, <http://gallery.bridgesmathart.org/exhibitions/2017-bridges-conference>, [12.04.2019 22:28].

KUTLU Merih, (2016). Yönetim Biliminde Kaos, Fraktal Geometrive Kompleksite Eğilimleri, Kompleksiteveri Analizi. <https://www.slideshare.net/KutluMERH/kaos-fraktal>).

O'DONOVAN, Nuala

<http://www.nualaodonovan.com/nuala-o'donovan> [12.04.2019 14:20]

SARISAMAN, Mustafa (2013). “Elhamra Sarayı & Endülüste Bilim”, Hendese Bilim Teknoloji, Düşünce Dergisi.

TÜRKKAN OZAN

.(<http://www.turkishculture.org/whoiswho/ozan-turkkan-3745.htm>)

[26.06.2019 00.11].

TÜRKKAN, Ozan- ÖNOL, Işın (2018).“Sanat Konuşmaları (Bilsart)”,(Haziran-) <http://www.bilsart.com/sergiler#/ozan-turkkan/> [14.04.2019].

ROTKA, “Charkes Jenks’ den Kosmos’un Merdivenleri”, (Ocak-2017). <http://www.rotka.org/charkes-jencksde-kosmosun-merdivenleri>, [12.04.2019 19:28].

SANAT GEZGİNİ, “Ali Öner”

<http://www.sanatgezgini.com/marketplace/seller/profile/ali-oner> , [13.04.2019/19:28].

<http://www.hendesedergisi.com/yazardetay/18-44-elhamra-sarayi-ve-endulusde-bilim.aspx>

[19.06.2019 11:21]

SÖNMEZ, Caner (2017). Bir Matematik Sanatçısı: Phil Webster, <https://www.matematiksel.org/matematik-sanatciligini-phil-websterden-ogrenin/> [8.10.2017]

YAZICI, Rabia Gökçe(2018) “ABD’nin Sanat Dahisi: Paul Jackson Pollock” <https://kutudasanatvar.com/blogs/kutublog/paul-jackson-pollock> [9.04.2019]

YOO, Alice (2012). <https://mymodernmet.com/silvia-cordedda-fractal-flowers> [11.04.2019 23:50].

RESİM KAYNAKLARI

Resim 1 - Benoit B. Mandelbrot

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZisSSpc_16jAcruegG5ZaF1MOU19LETl7pbfIu0C9F5VLkdwt0LdMbzpILlQE8tP3lx3UBmxTPPzK4RfdzTPd9kP0eNp6ryaF-TGYsBvKkKpFfigtpXHKW9Z6fsBb489_1uB0JZZFkAg2qmoW53Y0LP-0ojAaO8sxfazJlm1jp2887sSfsJU14ZgPmEUeDY8TH6YBQQ9rvxiWfyaGizUvOsOjTPQo-Ur1Xvd7lrSj1ZLsA9C6ZBDfchGo4OcNXS_1RSi9WH757MMA19SPhlXlbcOTwyDsGsDh3HGirbGhPVMPhirs4O5U1-t3kXDPTl8hDah02w5Hv3&hl=tr

[6.05.2019 16:24]

Resim 2 - Akarsu

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=river+delta&tbm=isch&tbs=simg:CAQSKwEJIYBGOFVymMahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKK8DhQyhHq4D4AuXC_1IV4guRBPkWlCngKN8onyniN54pqzfwIeAh-TcaMBaHzwmH9Jj5U1DNTUcwWQo9xL0Wcr-0TU8hJAse_1Q-jZRApllZdohqTOikKwBnNcCAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEu8G8fAw&sa=X&ved=0ahUKEwiSravYtITiAhVjx4sKHePMCmsQwg4IKSgA&biw=686&bih=613

[5.05.2019 15:38]

Resim 3 - Dağlar

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZisLIC-nbu7XhbbwuE06LmX2_1ABZaTGAtAM02qaGIVRVafiJ9UXMlahbHY18N9nQJI975B-Hwens3Q3M9GUIG2H9LxWD9ABSOv6ky3RQhtHjhC4TCXRRwrBQVsMBBZrhFGijio3KwnxyG3UU48x8YpL1q0A1KI9Qv7u2R6ISJ9HfVe9Yv3zBU1mohiKNmxpKMTtmcsMZqCZTXzaP7jz3hwSwzLAO-

jv6Au_1BefxTOqoayKTZxE4PG4pj91LOXNA2t-
cmi8zR7rD0bqyMtVsFEfzmrpDDB1F6yT6uOopmxEZp961DsOjbH8r1ekVWYBlCZp
6-z40q9X4KgAA7waAF2-BmX9AvUw&hl=tr

[5.05.2019 16:07]

Resim 4 - Kayalıklar

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=%C5%9Felale&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJ7x6iwUZEu3MahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKIUM-RbpFZkLkAT7FfgW_1BaXC48W1SilKss45yikKqgqySjUKOko0igaMCn_16myE0C_131whk42A1bWV3POi

[5.05.2019 16:03]

Resim 5 - Şelale

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=%C5%9Felale&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJVEHCE86MkjUahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKOkVmQv5FoUM-xWQBPgWjxbdFZcLpSrVKMs45yioKqQqySjUKMw46SgaMH-vgm-E0C_131whk4wA3LWgvPOikzdpV4P5ZIJzvKAS2wybSi3SXF33sKvCpIBLq_1yAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEcqGRnQw&sa=X&ved=0ahUKEwii1N-r7oTiAhWLxMQBHfpGBecQwg4IKSgA&biw=699&bih=613#imgsrc=maWYipf4HZaKQM:

[5.05.2019 19:59]

Resim 6 - Yaprak Dokusu

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=do%C4%9Fal+doku+%C3%B6rneklere&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkAEJRQi46KO8HsahAELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaXwpdCAMSJWnaA9UW1hbcA90D_1QLOFmgD2iGcN5s3yyjZN8oo1yiNIsko4jcaMIm4-p57d565piw_1Ij0879Iqbsso6-Z1jBhmIj2m2WK5pdO81UgdbjyqDU37UA9reiAEDAsQjq7-

CBoKCggIARIEqefQ2gw&sa=X&ved=0ahUKEwiKjZSiwITiAhW4w8QBHaqMDAAQwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 16:25]

Resim 7 - Yaprakta damarların dağılımı

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=%E0%B9%81%E0%B8%84+%E0%B8%9B+%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B9%88+%E0%B8%99+%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87+%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkgeJ35gmW7cOYHMahgELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYQpfCAMSJ-IL1hbaA2nZFtUW1xbYFs0W4AvZN-I3mzeNIpw31yHaId43oD7aNxowDYV6FofW0ODuH_1xhbcdZhROcyKJc_1mS9e0J3AVS0tmE4CzVfvnScGxsV9TPDh9nIAQMCxCORv4IGgoKCAgBEgRXEeWgDA&sa=X&ved=0ahUKEwjyxfHKv4TiAhXAwcQBHYFwDsAQwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 16:30]

Resim 8 - Yaprak dizilimi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZityGg6V6AGxctCiuwHornVdYUr850CdYiC02qNabig7N1J-zCiCNI2l31u_1DBHPsxF4pvGNzzwHYf86jVl-2lpj8BhVH7PXdOgqs74PKyj6dp5n9umeflETn2CMd9ktfSpIIE0KTXtTnRwg5JUWCWfKyzh8Lpn5aUlw6UenLFHvIuSn4fKWck40kke63MdsT1nl4NYk7d4VxwDo4j79eSm27DCUXn3fJ1icui99K7lhF-SFI7ZNh3L3BRjlz-gyGjKXL-HILMIO8zYVTEN_1KOZdbId1kVPahhXtvBMwZKcYE0sfi108Mhg_1lB1Hx0fMgLDbF3DntGAKx9HcbX49qkfgAViHQ&hl=tr

[5.05.2019 22:14]

Resim 9 - Ağaç

<https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuAOwSicIYmplbnsMhndUhtm88e2y0eZ9NrOhb->

G6wTvZ0ZZYWXVKAlCiDheK9OqXyoWrEE0opzXJRbdaThYxDXmD060V4g28L
 DZ35BYsWph4Cz9v528ddjgkKvyviWrjHgjH2yR1W7HRilVSTIKHO-
 5Ox47pue1WQeFZRPFa21_1rnQhHzhpbRsarTgBeT3aBeeQEzN-
 WgREc4rxFTtN2OBggmrMGthWU9YW59WhA7c4p0SCH1M_13gXf64QdU1kRkv4
 tFT_1IWgKGE7Zj8pdAuS6dCl3e4lxjbEc0LjgCO4tTy8IUTTPAb9IU13Ot9OiaAhSR
 nFHDL2SYDI2gOX0ZEHB7-SA&hl=tr

[5.05.2019 22:18]

Resim 10 - Ağaç kökleri

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=r%E1%BB%85+c%C3%A2y+c%E1%BB%95+th%E1%BB%A5&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJzTUnUfR-cHQahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKNkL0wvMFoYe5BXNFuIV8hScHp0e1jfkN9U3ljjWKd03mTj1KdM-nDgaMIXOeo6kkvIgCt-fRpN-O6x7JTEN_1U5LwFwQq9Qke-3qD8Qg_1dc-qvVplVIJkGpfGSAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEtgWM0ww&sa=X&ved=0ahUKEwislaj8jYXiAhVKJZoKHeI4Cj8Qwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 22:22]

Resim 11 - Kıyı şeridi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiueIuVcgaukIgDv7QscYTNf9uJ_1r4n-mMtcZLEJxTkuU3S0XWXYhsCo-z0heKw9beX6GstPD0eLjbmV8HG2hGFw90T6hvjiKCQ2-csGEf9Yt1-mkhaN-qrfao0eJQ1pAtXf2VdvCtc1wB8BdhMMqLTJStNcERh6Bk_10P7Sh6uyXb8

[5.05.2019 22:30]

Resim 12 - Dalga

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=deniz+suyu+deniz&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJiYDsApGx3-0ahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKK8DrgPyFZgLhQybC_1kVrQOX

C48WrzewN6036yiiN7Y3njfpKLU35igaMCEZasl207fg1tbUdv051lefG7VP4XXbLuA
c8tEo-rkrLYUo1Uw9n0bI1GooRbFa0iAEDAsQjq7-
CBoKCggIARIEYUco9gw&sa=X&ved=0ahUKEwiw7Zq-
loXiAhVQlIsKHcF5AFMQwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 22:35]

Resim 13 - Işık haneleri

[https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=cesme+ilica+deniz&tbm=isch&tbs=simg:C
AQSkwEJFcWGQC6IX5gahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKK8DrgP
yFZcLmAvzFYUMlguiA5sLrziN7A3rTe2N543tTfpKOso4CgaME0ZcvR225cPU9BG
8jhz3Qc_1dJRYol3YAFw1onuInu-X3uhS3IzVu0aIHmmAjLHq0yAEDAsQjq7-
CBoKCggIARIEjLFNcQw&sa=X&ved=0ahUKEwjx97r2loXiAhWtpIsKHQrdBP0Qw
g4IKSgA&biw=699&bih=613](https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=cesme+ilica+deniz&tbm=isch&tbs=simg:C
AQSkwEJFcWGQC6IX5gahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKK8DrgP
yFZcLmAvzFYUMlguiA5sLrziN7A3rTe2N543tTfpKOso4CgaME0ZcvR225cPU9BG
8jhz3Qc_1dJRYol3YAFw1onuInu-X3uhS3IzVu0aIHmmAjLHq0yAEDAsQjq7-
CBoKCggIARIEjLFNcQw&sa=X&ved=0ahUKEwjx97r2loXiAhWtpIsKHQrdBP0Qw
g4IKSgA&biw=699&bih=613)

[5.05.2019 22:40]

Resim 14 - Şimşek

[https://www.google.com/search?q=%C5%9Fim%C5%9Fek&tbm=isch&tbs=rimg:CYj
DC1r7S-KAIjj1pXVaD0FrtHK0EvrFrzTq9ihEyq4R7iyUHKGKDRHR5I93dwebW-
IyOesUF-YWiTwBnPn8Cp2BikyoSCfWldVoPQWu0EahCeb_15IBrbKhIJcrQS-
sWvNOoRMf0HjwIzBlsqEgn2KETKrhHuLBGpVjIjObkI7yoSCZQcYoNEdHmXEb15
zBZ7O0N1KhIJ3d3B5tb4jI4RiWQ9BHgw7GUqEgl6xQX5haJPABEz4eqTeO5SRCoS
CWc-
fwKnYGKTEUPpWoD8c6lo&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjPmojJqIfiAhXiMewKHS
IsD-8Q9C96BAgBEBg&biw=908&bih=853&dpr=0.75#imgrc=_](https://www.google.com/search?q=%C5%9Fim%C5%9Fek&tbm=isch&tbs=rimg:CYj
DC1r7S-KAIjj1pXVaD0FrtHK0EvrFrzTq9ihEyq4R7iyUHKGKDRHR5I93dwebW-
IyOesUF-YWiTwBnPn8Cp2BikyoSCfWldVoPQWu0EahCeb_15IBrbKhIJcrQS-
sWvNOoRMf0HjwIzBlsqEgn2KETKrhHuLBGpVjIjObkI7yoSCZQcYoNEdHmXEb15
zBZ7O0N1KhIJ3d3B5tb4jI4RiWQ9BHgw7GUqEgl6xQX5haJPABEz4eqTeO5SRCoS
CWc-
fwKnYGKTEUPpWoD8c6lo&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjPmojJqIfiAhXiMewKHS
IsD-8Q9C96BAgBEBg&biw=908&bih=853&dpr=0.75#imgrc=_)

[6.05.2019 19:27]

Resim 15 - Tavus kuşu

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=peafowl&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJlS21Ow4SHTMahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKNoL2Qv5CtsL3AvTFrgWhx7KC9IV4CiTKZQp2zfZIdY33TfkN8co1TcaMG_1Mr56iUHztgqnkz9Tm9e7F8N9ri7MVPUA8oNHiqEBN5A43sTxagbft15m0bFbeiAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEeswqXQw&sa=X&ved=0ahUKEwipIJ-jpYXiAhUQiIsKHUCJD0sQwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 23:05]

Resim 16 - Salyangoz

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZisDiNcxsfLYx0Y7kPtVy4a0sMg0lu5MdEaikKbKbGOVyer6cCA_1XGue3EPf1Xjc8uLiJlr6NPzo09RKqmotCenvirA9xY2HcaxXsZ7z-dyR3YTRifx0VbiSJbPOuq8JdeJThLSMiH-YK8617gxJtMdUyncmmtkLjMrf_1k1i1GevkWhFqPtk0wvpR_1LIamLiWg0xsuwxWrNVNAPuJ_1eUUgp6iKKEAo6tEEpEi0Sv3Sikrk6qgVP_135khXYL_1szPfFenStSMP7BfkhBWEVqD6ikwZpKKW1HOyLd0Smt5Zsl2bTsECQc1963pb_1nJh8HKSUQ69DH-wiPAAjgmAa0kSvCB4EHaoQ&hl=tr

[5.05.2019 23:20]

Resim 17 - Deniz Kabukluları

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=salyangoz+hd&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJRONWfcJT7dIahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKM8LjQTXFvIK0AvaC9kLwhaPBMYYWmTiaONs-wimYONw-pzjBJO03ojgaMGsxgPXRajzDvoNANQeYLHp1FRImIQUUSdbtxgvzI5UsNJiTOXteXRoBOAOoAVQMusyAEDAsQjq7-CBoKCggIARIE_1mBp0Qw&sa=X&ved=0ahUKEwiqhsbppYXiAhVSiYsKHZqGC70Qwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[5.05.2019 23:30]

Resim 18 - Örümcek ağı

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZitgbZNRmYsh77tq_1cGXX7KBepIKOgNlmKP83v94iL4t_17vPzAhf8YtGwqYTbGh1o7j1dT7xnaZtsejvejajzLXApN5b5hGII2j3JYDZlVfw33YxqG9rcjngR5fqusJ0mEPjPoKI0NtSxUpaCQQM3KY74b8c7nDEThF1qse44YmJbNbe3j_1sUaeMH3m1MLmdiIkWh0-mIa7RvEqMZ4v-VKzEwbBoJneeiAjpHJmL_1awb8PBfGmrL3qGuVw4iY8ctpfuDhQRYs2qCXngvn7MPGpAVICIUqJhCRACkGp_1K6AiADu3vcDgI8FNO2-H2C8_1oRwJtiluPGONsEEppifcUSdfmeOoqA&hl=tr

[5.05.2019 23:35]

Resim 19 - Kırmızı lahana

<https://www.google.com.tr/search?sa=G&hl=tr&q=piramit+brokoli&tbs=simg:CAQSkwEJqX11BAIxY30ahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKN0DzQnbA7EC1xbUCNwD1RbPFoIGjSKgPtk31zeOIchmyDeN8M-3DcaMAcpendO6cHOH1fs0ZwBgoMvdl2lc2ADGEK5uF9UXaWXD0X9q2djEnW0dVxYWW7IGCAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEvU1GNQw&ved=0ahUKEwiMyoTBqIXiAhUxzqYKHTn3D68Qwg4IKSgA&biw=699&bih=613im>

[5.05.2019 23:55]

Resim 20 - Brokoli

https://www.google.com/search?sa=G&hl=tr&q=popcorn&tbs=simg:CAQSkwEJ38WJSa9Laa4ahgELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYQpfCAMSJ7YW7gOzFqwWxgmBHRwWyQtZshbDKZYimyK-KZwixSnEKZcilSKelBowWM51ZCRo-vAsMtasfo2JP9ZJw_19BH0UdwoOcfzq26JGX4z-WkqJMGqVFS7-D-MM1IAQMCxCORv4IGgoKCAgBEgQ2qDiPDA&ved=0ahUKEwihsOHLqoXiAhUm06YKHUCjB6cQwg4IKSgA&biw=932&bih=817m

[6.05.2019 00:45]

Resim 21 - Karnabahar

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=popcorn&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkEJ38WJSa9Laa4ahgELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYQpfCAMSJ7YW7gOzFqwWxgmBHrwWyQtZshbDKZYimyK-KZwixSnEKZcilSKelBowWM51ZCRo-vAsMtasfo2JP9ZJw_19BH0UdwoOcfzq26JGX4z-WkqJMGqVFS7-D-MM1IAQMCxCORv4IGgoKCAgBEgQ2qDiPDA&sa=X&ved=0ahUKEwiMrNGQsIXiAhW08aYKHVnhBWMQwg4IKSgA&biw=699&bih=613

[6.05.2019 00:53]

Resim 22 - Mantar

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuM-9ejMaivpEBvsa5YjUAnO424iQ6tBmnflGaQeCLFyiIbC54S5Ft8gAXNAIc77Jqn7EC7078MLM-qtVLVOwWcCEGM6VvusYvAAWI9saqf3G-t0s4SupeFgie6rM9uA1AfJPCwL52O-XFFcIL6FslGrWaqfB0tD9H5V4POG4WFIIfol4r_1B9e-R3lBNfu-E4FRCH4W_1r-NG5HPM1uUbMbRxube9BrV7R_10vBnwLc21OF9L4gykYiuFEkLx_1z5KCtPcy0AfFzdVQ1MbxKmoCj83FF6tJYW3QGoiNMcfyQ4PAznw_10h7rflureGyDRINtig5ZppYY1zBKHjRKyO_13ST_1u-J1A&btnG=G%C3%B6rselle%20ara&hl=tr

[6.05.2019 01:05]

Resim 23 - Kaktüs Bitkileri

https://www.google.com.tr/search?sa=G&hl=tr&q=prickly+pear&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJA0Np2cYm7K4ahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKNilyxbKFtQL_1APMCc0W6QvYC80J3DfXN9Uh2zfUIIdch2DfNKJw3mzcaMAx1myIxE0DsJsLF9oX4RmM3hPqPx9GAtOKFiSAI8C0p39T2uR7ZGL6nxPUTx7hXUCAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEZsclCww&ved=0ahUKEwiAgpzGsIXiAhUowsQBHfw5COgQwg4IKSgA&biw=699&bih=613 [6.05.2019 00:58]

Resim 24 - Kar kristali

<https://www.entereasan.com/hic-bir-kar-tanesi-ayni-degildir>

[7.05.2019 15:36]

Resim 25 - Bulut

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuV6b_1OiWrhsult4WJrpBlbZVcKtANs3K0UIzrkHnePQtrXpyM6F54YPf7i1mUOG1X3C_1WMYMXkGnm0NABQg2REk8MbY5BOUJczCCYEaJSeyflg4ALinCZ0HLTF6z6E8yz1FzSFUPW5WVnI4n4H4yAvvr27niB-bmmEsVnAelDEprypc-IgPQi6TB3hSWwYe5F_1ItvXS0bygM0DhbD-9mn76rwLyX6LMwr5QIJsXqoJbYtNAAGknRpnoOWzEWKRgjCdRmvkJwBqQpkMcs46HDTd2xyQwj9SxZ9OzcL3RUGZDP53VwQlO8fv1FIVKsdeRByonpxn0LmRrwr8ElxHpYiR2Q6ybA&hl=tr

[6.05.2019 01:10]

Resim 26 - Kar tanesi (Dönme Simetrisine örnek)

<https://www.bilgiustam.com/resimler/2012/07/1925-RESIM2.jpg>

[22.06.2019 23.05]

Resim 27 - Eğrelti Otu(Öteleme Simetrisine örnek)

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuPE4mBfWWncFQOKUnE9ar_1s7Lw3I4-ZHMs6dqBA_1O12FtrGKhX1P8ytHXJguWnzFTFbHBLqa3dsOV6M4C3N3bMV2FSwOQb0GNEKUf_13MCVoMyQ4YQwmTCQ5mAg_1H6TSRAbaI83W7-xLg6LqYA1GpIyUF782Zuy4KdbtliVBOJ4l5f-0FdoctCAM-rPN-50YGrS1ma4zH-5JguwYytq0_1zwMP_1OusTomSMxon-UAKG1ilxT3l9l6dif_1XQabGzYnolvnfT8flu6lYJ3_13DUHQrGhobGA1b-m5JW3nOc6U0lidjceXmhJIVL_1p90zKYU0zUk-9rhelliBqJWpR4DKXZSLxAZQ&hl=tr

[22.06.2019 22.56]

Resim 28 - Eiffel Kulesi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuPJpFAAc8fHPBmtg_17DPMP5htfWfe3Moq8sOuQF30zcX5VNSGPWyE12x3YMLTNTP0THpeqaBX9GAhV_1ClhZmM0sR784kMTfVibfQU2eTXqn4Nm4kKCSTnfTI_19CDDLUX4L6bms1Fe9jR4SAH2RmRLZZwziqyrnIrh1GxYqrFFsAocpsSHE5px4Tq-DKxSQvqsWdwjUH5h58vsaSnIXkpCpKnq0gvc37LZoXGR32ET60iFdjlilmCgemN-8NcO_1cCq6jG1s18ojMhQWplOezGuPwSpMp3mkAEjfQ7bEZnk2kvHNeZX2_1ktC14sZtfXB6hjGW46UVMIESzFW2Ft8_1PGNkqFXHw&hl=tr

[13.05.2019 22:30]

Resim 29 - Tapınaklar

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZit0AcvAgl9TBZJoXaeclowmX5x738wO4OG-9F-rmgMKBtcYFMHgS24gTm_1bSLAoHzGwmhGPaaxqlhNXqOxOFtSQB9IUhuwxAw-R-Oa8qLe75c5QDrHFTu2DurTX6rjedVtQHGGJnE46SX3LZbcU5H9C_14n3W-pWTTs9zmJt4b0qq5Isg4misrZP6xs1cX0MOxoJi3XxnPDhulUM2ACzC0DIHgktpLPr8n_1tA1YLImpflujUTi1twoHlGzahKHbB7rhQnAiTGMvMvsrIN1LST7JDRq2dcaSTWOvX2CUyghsWSoq3dzbJI0-79jv5uwF5MGLGOpAQak8Vta_18HKsO3SkJbPBDTw&hl=tr [13.05.2019 22:40]

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZisvThUB8GHtaiEl8xJgXDBWlQgHB04jksKKJ3tlNFj1tHDB7eYta0CfS204ln54jStJAEXm--ySfUQvVRwr_1OMZ9qKDBkjOWY1XvO7NyJTYakBiiLJh_1qms-RT78oAP-jWa4kFXuETACuNXWsMleoUkVgTUbWSSJmppsShqu7gUSTOfv-0DoG5hmouPAx2kzzmRaaqPBxkqHeAyU4Dfba0f-gnSbogyMuokGPSTWi-tTypJEiFvII6Df-WOUj4c4COQCJ0TZxtwNtx2spa-hJ-pmhqkt3n3rxcNzOWzitHunDKKXYD2tiwN54MZxeseQ2IQBalfJtJq2mEAUUhFp7FGeyHPSeW&hl=tr

[13.05.2019 22:45]

Resim 30 - Circle Limit I

<https://www.researchgate.net/figure/Circle-Limit-1-by-M-C-Escher-Let-us-look-at-another-of-the-Escher->

[phttps://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-](https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-)

[kuOgUfLMsk3GD_1oiirTY4n9OrsMThUiLjlgGB7Py479UuwIEKSoSCUUnR449PuqNEQGnx73DlvwAKhIJVDxj7lEzb1YR68c8vGMEWYYqEgnOBL6S46BR8hHrwY7kyjjU_1ioSCcyyTcYP-](https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-kuOgUfLMsk3GD_1oiirTY4n9OrsMThUiLjlgGB7Py479UuwIEKSoSCUUnR449PuqNEQGnx73DlvwAKhIJVDxj7lEzb1YR68c8vGMEWYYqEgnOBL6S46BR8hHrwY7kyjjU_1ioSCcyyTcYP-)

[iKKEa0gkqITVZD4KhIJtNjif06uwxMRVi_1cn9dQt18qEgmFSluOUYYHsxEBjLNt_1lrXYSoSCfLjv1S7AgQpEcF1TkqQ1sk&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjg67Dy1sLhAhUGMuwKHX_bC5cQ9C96BAgBEBg&biw=894&bih=788&dpr=0.75#imgsrc=NVG3VF5u-o8n5M:rints-](https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-ikKEa0gkqITVZD4KhIJtNjif06uwxMRVi_1cn9dQt18qEgmFSluOUYYHsxEBjLNt_1lrXYSoSCfLjv1S7AgQpEcF1TkqQ1sk&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjg67Dy1sLhAhUGMuwKHX_bC5cQ9C96BAgBEBg&biw=894&bih=788&dpr=0.75#imgsrc=NVG3VF5u-o8n5M:rints-)

[9.04.2019 12:40]

Resim 31 - Circle Limit III

<https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS->

[kuOgUfLMsk3GD_1oiirTY4n9OrsMThUiLjlgGB7Py479UuwIEKSoSCUUnR449PuqNEQGnx73DlvwAKhIJVDxj7lEzb1YR68c8vGMEWYYqEgnOBL6S46BR8hHrwY7kyjjU_1ioSCcyyTcYP-](https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-kuOgUfLMsk3GD_1oiirTY4n9OrsMThUiLjlgGB7Py479UuwIEKSoSCUUnR449PuqNEQGnx73DlvwAKhIJVDxj7lEzb1YR68c8vGMEWYYqEgnOBL6S46BR8hHrwY7kyjjU_1ioSCcyyTcYP-)

[iKKEa0gkqITVZD4KhIJtNjif06uwxMRVi_1cn9dQt18qEgmFSluOUYYHsxEBjLNt_1lrXYSoSCfLjv1S7AgQpEcF1TkqQ1sk&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjg67Dy1sLhAhUGMuwKHX_bC5cQ9C96BAgBEBg&biw=894&bih=788&dpr=0.75#imgsrc=6uCIRm6oIAEtDM:](https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS-ikKEa0gkqITVZD4KhIJtNjif06uwxMRVi_1cn9dQt18qEgmFSluOUYYHsxEBjLNt_1lrXYSoSCfLjv1S7AgQpEcF1TkqQ1sk&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjg67Dy1sLhAhUGMuwKHX_bC5cQ9C96BAgBEBg&biw=894&bih=788&dpr=0.75#imgsrc=6uCIRm6oIAEtDM:)

[9.04.2019 13:30]

Resim 32 - Circle Limit 4

<https://www.google.com/search?q=escher+eserleri&tbm=isch&tbs=ring:CfEAnPqEABIfIjhFJ0eOPT7qjVQ8Y-5RM29WzgS->

kuOgUfLMsk3GD_1oiirTY4n9OrsMThUiLjLGGB7Py479UuwIEKSoSCUUnR449Puq
NEQGnx73DlVwAKhIJVDxj7lEzb1YR68c8vGMEWYYqEgnOBL6S46BR8hHrwY7k
yjjU_1ioSCcyyTcYP-

iKKEa0gkqITVZD4KhIJtNjif06uwxMRVi_1cn9dQt18qEgmFSluOUYYHsxEBjLNt_1
lrXYSoSCfLjv1S7AgQpEcF1TkqQ1sk&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjg67Dy1sLhA
hUGMuwKHX_bC5cQ9C96BAgBEBg&biw=894&bih=788&dpr=0.75#imgsrc=INUbT
bMgBmCP2M:

[9.04.2019 13:34]

Resim 33 - Yıldızlı Gece (The Starry Night), 1889

<http://www.leblebitozu.com/5-tablo-unlu-ressam-van-gogh/>

[9.04.2019 16:11]

Resim 34 - Van Gogh Otoportresi(1889)

https://www.google.com/search?q=vangogh+tablolar%C4%B1&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=L6KKnHShH_rPZM%253A%252CtAIVcZ98BzM4PM%252C_&vet=1&u sg=AI4_-

kQbQLpx2nL8YfLr13R1d2vYaUlhNg&sa=X&ved=2ahUKEwikwf2TjsPhAhWsw8Q
BHSIhAagQ9QEwCnoECACQGA#imgdii=D-
33rZuPZyUF6M:&imgsrc=L6KKnHShH_rPZM:&vet=1

[9.04.2019 16:40]

Resim 35 - Number 1(1949)

<http://www.leblebitozu.com/jackson-pollock-eserleri-ve-hayati/>

[9.04.2019 19:32]

Resim 36 - Blue Poles

<https://www.jackson-pollock.org/blue-poles.jsp>

[9.04.2019 19:34]

Resim 37- Hokusai Otoportre, The Great Wave of Kanagawa

<https://www.katsushikahokusai.org/Mount-Fuji-Seen-Below-A-Wave-At-Kanagawa.html>

[20.04.2019 20:53]

Resim38 - Hokusai, Kurokami Dağı'ndaki Kirifuri Şelalesi

<https://creativepark.canon/tr/contents/CNT-0023424/index.html>

[22.06.2019 15:17].

Resim 39- Modernist Kırılmalar

<http://arkaarkaya.blogspot.com/2009/10/modernist-kirilmalar-frank-stella.html>

[9.04.2019 22:53]

Resim 40 - Fibonaccisuan

<http://arkaarkaya.blogspot.com/2009/10/modernist-kirilmalar-frank-stella.html>

[9.04.2019 22:55]

Resim 41 - Vasarely

https://www.formidablemag.com/wp-content/uploads/2013/03/02_vasarely-formidablemag-vasarely-505x1024.jpg

[11.04.2019 00:19]

Resim 42 - Vega

https://www.google.com/search?q=vega+200+vasarely&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=hjSqWtv2AC_2tM%253A%252C2DyjmZUTU5u8LM%252C%252Fg%252F11c3t

gsmvk&vet=1&usg=AI4_-

kRA4wYB_FdTBjHznKCXdRvjOXXILw&sa=X&ved=2ahUKEwjS7-

q9u8bhAhUK2aYKHbTcA6EQ_B0wCnoECAoQEQ#imgsrc=hjSqWtv2AC_2tM:

[11.04.2019 00:25]

Resim 43 - Vonal

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&biw=1366&bih=657&tbn=isch&sa=1&ei=IZIOXZ6_HKWGhbIPyfyqkAU&q=vasarely+vonall&oq=vasarely+vonall&gs_l=img.3..0i5i30.6798.10203..10799...0.0..0.123.672.0j6.....0....1..gws-wiz-

img.....0i19j0i5i30i19j0i8i30i19.lkQjdguudQ#imgsrc=ucXXKP4Rff7sAM:

[22.06.2019 23:41]

Resim 44 - Munich Olympics, 1972

<https://www.artsper.com/en/contemporary-artworks/print/501908/munich-olympics>

[22.06.2019 16:54]

Resim 45 - La Sagrada Familia Katedrali (Kutsal Aile) - Gaudi

[https://www.google.com/search?q=sagrada+familia&tbn=isch&tbs=rimg:CQXdHoGxLQ9zIjitVYvscCcpI8JwQ59_1LXEVPByRe2t-UrM_1QJ38Z6PUW99_1ydyU0GnnumIXtQna4q871NSzPLP1SoSCa1Vi-xwJykjEX5xKtq6vpizKhIJwnC1Dn38tcQRpEcCClxqXBYqEglU8HJF7a35ShEmjG74UJQ7-](https://www.google.com/search?q=sagrada+familia&tbn=isch&tbs=rimg:CQXdHoGxLQ9zIjitVYvscCcpI8JwQ59_1LXEVPByRe2t-UrM_1QJ38Z6PUW99_1ydyU0GnnumIXtQna4q871NSzPLP1SoSCa1Vi-xwJykjEX5xKtq6vpizKhIJwnC1Dn38tcQRpEcCClxqXBYqEglU8HJF7a35ShEmjG74UJQ7-ioSCcz9Anfxno9REWcAQq8CtjtbKhIJb33_1J3JTQacRtbrDbSaE02MqEgme6Yhe1CdrhGkLzIeTw_173SoSCbzuU1LM8s_1VERbcBVRyvCyi&tbo=u&sa=X&ved=2ahUK)

ioSCcz9Anfxno9REWcAQq8CtjtbKhIJb33_1J3JTQacRtbrDbSaE02MqEgme6Yhe1Cd

rihGkLzIeTw_173SoSCbzuU1LM8s_1VERbcBVRyvCyi&tbo=u&sa=X&ved=2ahUK

EwiUtJzK-
v3iAhWSZlAKHboFCeEQ9C96BAgBEBg&biw=908&bih=862&dpr=0.75#imgsrc=Bd0egbEtD3OkAM: [22.06.2019 18:54]

Resim 46 - Infinity Flower III

<http://www.philwebsterdesign.com/portfolio-items/infinity-flower-iii/>

[11.04.2019 22:23].

Resim 47- Pulsation (Titreşim)

<http://www.philwebsterdesign.com/portfolio-items/pulsation/>

[11.04.2019 22:31]

Resim 48 - Screened Icosahedron

<http://www.philwebsterdesign.com/portfolio-items/screened-icosahedron/>

[11.04.2019 22:38]

Resim 49 - Fraktal flowers

<http://blog.istanbul1881.com/fraktal-sanat-cicekleri/>

[12.04.2019 10:33]

Resim 50 - Fractal Flowers

<https://mymodernmet.com/silvia-cordedda-fractal-flowers>

[12.04.2019 10:25]

Resim 51 - Fractal flowers

<http://blog.istanbul1881.com/fraktal-sanat-cicekleri/>

[12.04.2019 10:36]

Resim 52 - Fractal flowers

<https://mymodernmet.com/silvia-cordedda-fractal-flowers>

[12.04.2019 10:45]

Resim 53 - Teasel Standing

<http://www.nualaodonovan.com/artist-statement>

[12.04.2019 13:55]

Resim 54 - Teasel Grey Fault Line

<http://www.nualaodonovan.com/artist-statement>

[12.04.2019 14:55]

Resim55 - Pinecone, Cluster

<http://www.nualaodonovan.com/artist-statement>

[12.04.2019 14:03]

Resim 56 - Sa 'Radiolaria, RD porcelain 2009

<http://www.nualaodonovan.com/artist-statement>

[12.04.2019 14:53]

Resim 57 - Garden of Cosmic Speculation

<http://www.crawickmultiverse.co.uk/about-crawick/sir-walter-scott/>

12.04.2019 37:17]

Resim 58 - Northumberlandia

<http://www.crawickmultiverse.co.uk/about-crawick/sir-walter-scott/>

[12.04.2019 17:17]

Resim 59 - The Universe Cascade

Resim 60 - Aleph

<https://mymodernmet.com/charles-jencks-mind-bending-landscape-architecture/>

[12.04.2019 17:30]

Resim 61 - Aldatıcı Kartezyen Dantel

<https://happersett.net/gallery/>

[13.04.2019 00:15]

Resim 62 - EPSON MFP görüntüsü

<https://happersett.net/gallery/>

[13.04.2019 00:24]

Resim 63 - Fibonacci Spirals – 2013

[https://happersett.net/gallery/#jp-carousel-9,](https://happersett.net/gallery/#jp-carousel-9)

[13.04.2019 00:15]

Resim 64 - Self Reflected (2014-2016), Greg Dunn and Brian Edwards

<https://bilimfili.com/sinirbilim-ve-sanat-bulusunca-bilincin-karmasikligi-ve-guzelligi/>

[13.04.2019 09:20]

Resim 65 - “Cortical-Circuitboard”, Greg Dunn

[13.04.2019 09:25].

Resim66 - Brainbow Hippocampus

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&tbm=isch&source=hp&biw=667&bih=501&ei=RdvhXIuJN8vmrgTgroWgCA&q=+Brainbow+Hippocampus+++++++&oq=+Brainbow+Hippocampus+++++++&gs_l=img.3..0i30.29981.32790..33686...0.0..0.124.245.0j2.....0....2j1..gws-wiz-img.....0.NNWiyHx6beM#imgsrc=g7As-2nsWz6cmM:

[25.06.2019 23:25]

Resim 67 - Self Reflected under a single light

https://www.google.com/search?q=greg+dunn&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiMlaaAtMzhAhVMzqYKHcdvA5kQ_AUI3DigB&cshid=1555135927986580&biw=936&bih=828#imgrc=4nfIo9NXv1tH2M:

[13.04.2019 09:45].

Resim 68 - “Neural Migration” Greg Dunn

<https://www.interliamag.org/interviews/greg-dunn-on-self-reflected/>

[13.04.2019 10:10].

Resim 69 - Gnarl Ali Öner (2010)

<https://www.sanatgezgini.com/gnarl,>

[13.04.2019 12:10].

Resim 70 - Formula Art XXI Ali Öner 2015

<https://www.sanatgezgini.com/formula-art-xxi,>

[13.04.2019 12:20].

Resim 71 - Formula XXVII

<https://www.sanatgezgini.com/formula-art-xxvii>

[13.04.2019 12:32].

Resim 72 - Formula Formula XIII

<https://www.sanatgezgini.com/formula-art-xxviii,>

[13.04.2019 12:51]

Resim 73 - Ozan Türkkan

[http://www.turkishpaintings.com/index.php?p=34&l=1&modPainters_artistDetailID=4435,](http://www.turkishpaintings.com/index.php?p=34&l=1&modPainters_artistDetailID=4435)

[14.04.2019 22:51].

Resim 74 - Ozan Türkkan

<http://www.artfulliving.com.tr/gundem/fraktal-sanatin-huzur-verici-tarafi-i-15652>

[24.06.2019 20:50]

Resim 75 - Ozan Türkkan

[http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet,](http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet)

[13.04.2019 23:10]

Resim 76 - Ozan Türkkan

[http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet,](http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet)

[13.04.2019 23:38].

Resim 77

[http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet,](http://www.sanatatak.com/view/ozan-turkkanla-sohbet)

[24.06.2019 21:01]

Resim 78 – Fraktal 1

Resim 79 – Fraktal 2

Resim 80 – Fraktal 3

Resim 81 – Fraktal 4

Resim 82 – Fraktal 5

Resim 83 – Fraktal 6

Resim 84 – Fraktal 7

Resim 85 – Fraktal 8

Resim 86 – Fraktal 9

Resim 87 – Fraktal 10

ŞEKİL KAYNAKLARI

Şekil 1 - Koch Kar Tanesi

<https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=von+koch+snowflake+curve&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJ->

XfqnlQMmvUahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKNgT-
gLaE9kTgAPXE8MTgROAE6II2SnYKaI-wz2kPsU32ymMOJg-
lz4aMNG1p377rQJ9ccQus7zHN6TbeITqo-

7l4wqSHLdKb6pX4o438KI0argPNodneQuI7CAEDAsQjq7-

CBoKCggIARIEluRj2gw&sa=X&ved=0ahUKEwje3_b7q6XiAhXC5KYKHx0ZC3EQ
wg4IKSgA&biw=667&bih=596#imgsrc=_

[18.05.2019 18.05]

Şekil 2 - Kan dolaşım Sistemi

<https://insananatomisi.wordpress.com/2017/01/17/dolasim-sistemi/>

[24.06.2019 22:45]

Şekil 3 - Sinir Sistemi

<https://www.ge.com/reports/5-coolest-things-earth-week-62/>

[24.06.2019 22:50]

Şekil 4 - Akciğerler

<https://haber.kursistem.com/solunum-sistemi-ve-hastaliklari.html>

[24.06.2019 23:55]

Şekil 5 - Koch Eğrisi

https://web.itu.edu.tr/~kkocak/fraktal_yazi.htm

[6.05.2019 01:15]

Şekil 6 - Cantor Seti

https://www.researchgate.net/figure/The-finite-iteration-for-constructing-the-triadic-Cantor-set_fig1_292152569r

[6.05.2019 01:20]

Şekil 7 - Sierpinski Üçgeni

<https://www.physicsforums.com/threads/sierpinski-triangle-area.970756/#lg=attachment242379&slide=0>

[7.05.2019 16:30]

Şekil 8 - Sierpinski Halısı

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=dibujos+de+fractales+faciles&tbm=isch&bs=simg:CAQSkwEJ-NWmCAP-K_1oahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKOQB8gPIAbAI4wGXA5sS6QHtAe4Bvja1NKgogzfCNoI3rCiWPr9iDcaMGWswkygCKXjtLmOI0OVCCjKJOYtFbgxXpmrqh-ws97CDWK3kAI9cc5qM0fXs452dyAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEtXsWQAaw&sa=X&ved=0ahUKEwje-8ijvIniAhXSeZoKHb_BC8Qwg4IKSgA&biw=665&bih=632#imgsrc=Y19cL6KL4_1-AM:

[7.05.2019 16:35]

Şekil 9 - Minkowski Eğrisi

<https://spatialexperiments.wordpress.com/2016/09/18/fractal-geometry-in-nature-and-architecture/>

[24.06.2019 22:41]

Şekil 10 - Sierpinski Pentagon

<http://csharpHelper.com/blog/2018/04/draw-a-sierpinski-pentagon-in-c/>

[7.05.2019 16:45]

Şekil 11 - Pythagoras Tree

<http://larryriddle.agnesscott.org/ifs/pythagorean/pythTree.htm>

[24.06.2019 23:41]

Şekil 12 - Symmetric Binary Tree

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/pythagorean/pythTree.htm>

[7.05.2019 16:55]

Şekil 13 - Sierpinski Gasket

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/siertri/siertri.htm>

[7.05.2019 16:55]

Şekil 14 - Sirpinski Pentagon

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/pentagon/pentagon.htm>

[7.05.2019 17:10]

Şekil 15 - Highway Dragon

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/heighway/heighway.htm>

[7.05.2019 17:15]

Şekil16 - Levy Dragon

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/levy/levy.htm>

[7.05.2019 17:15]

Şekil 17 - Mc Worter Pentigree

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/pentigre/pentigre2.htm> [7.05.2019 18:15]

Şekil 18 - Koch Snowflake

<http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/ksnow/ksnow.htm>

[7.05.2019 19:25]

Şekil 19 - Yapay olarak üretilen bitki formları

<https://allenpike.com/modeling-plants-with-l-systems/>

[23.28 23:28]

Şekil 20 - Yapay bitki formları

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiub25HSe8_1kCi5kLvO-wXgtu38a2JsAEpnDqKSGtvE4caXyTGvfa_1HZSTHaKHiDQqC7HaKx7ngDfHJdmHMMoIE-GpRYROT0Gl3wruRDc6KDqQVia3xqHN3NiZtEPpZJ-4IC0PsHo6YFT5d8Xvn-47jV8zCFd1hfEbwhrXAb-2AhCQxdEkZqqAO2DJETXSS1Qn4SVOU6ASP4VEidfKmYxTywYYtGOrtHaWaMke3y-9gLWzztpLsVPQfqL_1B5AtnMskx2yuSZYWqgtWTHOVnr-2vY9Cw2OXnouKmYmQTcojSI2S_1yE-qPBRbVNHAZBX74cJXE1UrsrdaWGWeVOmgDt1zhpYaW2w&hl=tr

[23.05.2019 00:51]

Şekil 21 - 01.Fern fractal

[https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=fractal+fern&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJf1SPcpSqV0kahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKLEC_1APNCbAClgqvAqkH-wPyBvoD3DeXKY0i1yHLKN432TfgN9op4jcaMAuOEA0daW4gjuQ2mX9Qao2vJR2LD2IkjXtFYu_1r1qJmoqCbI0XQF761sE6PCc28oiAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEN1pE0Qw&sa=X&ved=0ahUKEwj2oaj3-oLjAhVKs4sKHSqwCukQwg4IKygA&biw=681&bih=647#imgsrc=xTVOGPM51RHsBM: \[23.05.2019 00:51\]](https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=fractal+fern&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJf1SPcpSqV0kahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKLEC_1APNCbAClgqvAqkH-wPyBvoD3DeXKY0i1yHLKN432TfgN9op4jcaMAuOEA0daW4gjuQ2mX9Qao2vJR2LD2IkjXtFYu_1r1qJmoqCbI0XQF761sE6PCc28oiAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEN1pE0Qw&sa=X&ved=0ahUKEwj2oaj3-oLjAhVKs4sKHSqwCukQwg4IKygA&biw=681&bih=647#imgsrc=xTVOGPM51RHsBM: [23.05.2019 00:51])

Şekil 22 - Julia Set

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZitDp9wHJ9g17tNWpRytMNCpiuAXzPLyFeHZtPkRoPlaybIBMI7TSZLjTJKe1UGVxvkDe6ALQsDIhGcG1BrCqccI1EwPAv-k-oato_1aP1y80AqDmJc4Zc1p-Vw1TRyUmjqxhQ-53mHhd-Va2ldgkeTk1yX0jn_1YLMS0ZXyIUvd4KBeFb7r_1eeAOLA94qo4_1i-TQ6LLNk2s_1c5FRRYghpfPxrToqI0x_1mrnDu3II_1e8Q5ctFlZ2GutDzm2dw1Kn6krRH0oDT2XchASLRPPX7v_1oVz1FTBpXGuPQdP5U66pWrKH_1PihuH-G1Wm1TSDwJa7ilni6luUn1Yl_1dgKbqvjz3clx1Ug&hl=tr

[23.05.2019 22:43]

Şekil 23 - Mandelbrot Kümesi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZivqX3e075jB53ANnLE9lXfBNKjMG2sT365KZrZ-3atSaqDXdJgnzrqF9zfi_1rJtk6l6upp9G1d7h5fe70yL2GtG0mPsjRH3cg2DKOf0FqAvjLT7SmMTZqKD6XJi_1IzRAn9qsgLeeerAxZ-fjF0q8ZVnO2d4AMivj4IVf7p3EWxxP-8qF0ZztR8TtmCOJV8Bxv2P0PBCJg6PNOhVXFIYGJ6yBEneUdleAYJWX-11nyCGYKTrtOrSpEU-EI4hHZwQRDPgDQ79Fr30nIjA8i4BKy3fh7kOekgHhcXrNwaTSUi8WQuwPqEm4y--fR_1gN8U2Byx9mlbqgQ3GdLf8LLx0Zqd8rQbvZQ&btnG=G%C3%B6rselle%20ara&hl=tr

[7.05.2019 21:12]

Şekil 24 - Lorenz Çekicisi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiu2qEuTsyomgh8g6yEs5a15FoGfoWa1V3pyKJ11Em9L7i-pt9Knap1JurZ99i_1wmHQLa7_1CuE2VwmMUvXQD7mfEH1Mni9Xt4smZJVzJ5PY32NrvPIia7hrnb-OKxNbvTTw5O8lXxwhdI29M7hFoe5kpd66d_1NYfrthNSBOPoYAzXk9HE7J2kpClgoXJfEJdpHYiwsOpZa8qXuD6bqmPRjDQAaE3VsKrefODNcftA5au6O--OZA9Q23QDCGYMwYI1w0_1dP1YAmgYvgkaqIKMG1cBHvopsT7AY-r9ohhKPEgq84_1zM3mdsQMS3M0nEPrBZPVY4ooB3gvtLUZns_1ft7Yhjj1s4GQ&hl=tr

[7.05.2019 21:12]

Şekil 25 - Brownian Hareketi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZivnsgDLJCuWMIaAq3MRdTBB2d6xCd4xpoRtGzWEaD1LzK9jhE1ClyxPYr0j3wpBIIImViNQwzYXaZW_1XBnZfQ_1p

AqNiDD35tDqHzD8iW4OK6y0ksJOWOlFwWQ-
 cnffzUBXo41B_1Waeq3JFrrfSFy1tESGtjFue1ORsEhQy7Xf25d8RXUZ3gF85_1LpOb
 Gmgz4RPOoIIHX8HaOgPybQLHKR2fdGvKikZyMEVJZBV3EErtza2tRC13vBEzrG2
 0_17YN2yeI6Xoko9SJuo8VEVR9x3yfGL6tmISCWKRlppvkdCjqbjDvLE6U64HCstli
 8Hr9vi2asplsC&hl=tr

[7.05.2019 22:12]

Şekil 26 - Yayılma ile Sınırlı Küme

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZivAhXEHZvW9LRfmEWzz2B1VxVpvpbLcK_19buZo3vNTYvQkF3MfWN3fx3PdhkO4LNM3GQIpxphkpim1JhKHNDXDMiYGrme9j9gIit4K-6I3S4BqZjbMewpxFBUZ-08c_1BrYwKQ3xJuivnY6HMDNvJrrM0-KIcFuk3zgX9wRPWhgn9l1dq-4OcGg3SC1qjpI7Md6f1ItVEjL8BMMoislvqr-nHuqGUtPNEMIBNtStwJaK9FNTq_1kc1L8EAe4fFwh2pLreXWKid_1c5Gs_18XNv6x84UVEv0lBoZYLp0V3MZMOpA5vghWgxSPw8ktGYCqnG08ctCZU4pbsflS1m8Svb9qqHn-lz9IQMQ&hl=tr

[7.05.2019 23:00]

Şekil 27 - Yüzey şekillerinin oluşturulması

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZis7UcG5A3w11qJhKGRP83XPijV0_1BXnvamBstNYCmxjErG11KvPVna-SBXMBOGLzGJpU1GFc_1dUHcIA9LIV277AXYjufDo_1_1ZhO7wiaVn7-hNB9inA6uPx2EPqr32ycJTEQpz8soNPmvgvYBIjGefjanCYn3lJkPDJcJArrC2giNFM82mM0-J4WRJK-EHgx4V2sJjFko-QLaJmc6zbGVGgAwWyZZ8CvomPUP-IYXkDsgh5AlDv3_1oDrB5u5tSox2K7UJ-9COdBWhTEdZnbUy6w62DOxwTil8STThltzGjE7-0XinnQ3E9kjTgHLBbgBnugmJ2SGt8cT3uStS6DW6wzZCtdpFTg&hl=tr

[7.05.2019 23:05]

Şekil 28 - Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlar

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZitfqUQ6nmMDz11axLIVXft91gRda_1vgz_1kYdhvt3L6qIsQHoLVSt4psdlFzTbcYWJPUL3s7TXOz0IIJir643OGH78HVOO86PCG_1rmtFxxJptIb4OgjZXmXqQFuGs-eRIy9beK0vBqXOt0E8FaIrkFOGKJ7Fk_1M6Ngv-6YbX6Kw4Eoe8LJ0bX2ioA8FGEVSHXfQlvZaMNjXQjxn7VQMXXGg2f1bDSquayuPjRTOrcZy-PQnBA87RkOfwoEOmh2nVh6uuUmiEYwA8qdGbhbsSKoarFqINXzgaQL3kGcUpAwjMc4gYJz8QIvHnYkYvXyTrJk-Dz_1u_1TJBVY0f8_1qErNZt-WZZ_1HA&hl=tr
[8.05.2019 3:05]

Şekil 29 - Farklı girdilerden oluşan farklı sonuçlardan örnekler

https://www.google.com/search?q=Koch+E%C4%9Frisi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj0_GwvIriAhWKfZoKHeDWAQcQ_AUIDigB&biw=865&bih=832#imgrc=_g7skvBrwHljhM:
[8.05.2019 3:25]

Şekil 30 - Örüntünün oluşumu

https://www.google.com/search?q=%C3%B6r%C3%9CNT%C3%9C&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwia1_2F9I3iAhXLxaYKH2_AOwQ_AUIDigB&biw=865&bih=862#imgrc=srIMDNmzAO9m4M:
[9.05.2019 10:19]

Şekil 31 - Örüntü

https://www.google.com/search?q=%C3%96R%C3%9CNT%C3%9C&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjbkofi8o3iAhWcwsQBHRqwAf0Q_AUIDigB&biw=865&bih=862&dpr=0.75#imgrc=4htI4E8wx3QjvM:
[9.05.2019 10:15]

Şekil 32 - Fraktal Örüntü Oluşumu

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=pisagor+a%C4%9Fac%C4%B1&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJQKFDGKfgQ0kahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKIEKogqUCr8DowqXFJsUmhSvFLEIIDTAPrwo-TOePZ89kTe_1Ppw9mT0aMM1RhFCMLwQ-qwMfkeB4WDzQCsh8PsAKKc4U_14KD_1x0rUfzD9Znt3myq6bWZnDUJJSaEDAsQjq7-CBoKCggIARIEEbzzHAW&sa=X&ved=0ahUKEwjpmvbH9I3iAhUL4KYKHfDxBxwQwg4IKSgA&biw=649&bih=647#imgsrc=d6SurDg2abWJiM:

[9.05.2019 10:25]

Şekil 33 - (1) İnsan Yüzü; (2) Kelebek; (3) Yaprak Yapısı

(1) İnsan Yüzü

<https://saglik-tv.blogspot.com/2012/04/yuzunuz-simetrik-mi.html> [9.05.2019 13:21]

(2) Kelebek

https://www.google.com/search?q=kelebek+simetri&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiwx42vkfXiAhX6xMQBHX5xDTQQ_AUIECgB&cshid=1560933326599259&biw=908&bih=862#imgdii=_sDwOoozSlvPkM:&imgsrc=hgRmyabm1TeSHM:
[19.06.2019 11:38]

(3) Yaprak Yapısı

https://www.google.com/search?q=yaprak,+simetri&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj17Yq7mo7iAhXs0eAKHcy8Ae4Q_AUIDigB&biw=865&bih=862#imgdii=kELkfx5A_gCVfM:&imgsrc=RV8yyd0bUgj5hM [9.05.2019 13:31]

Şekil 34 - Boyutlar

<https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=fraktal+%C3%96rneklere&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJvsIqK5Hdg8UahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKN4>

TqAjgE98T2BPiE90TjwjaE-wHlj6sKN09ySeVPtQ0xjbePZc-
uTQaMNHaqOzhOCm02KRCgxwSyKVdSrUIXUmTqm7FIhcxWyzWrz69swZqK_19
J3vz85nupWyAEDAsQjq7-
CBoKCggIARIEO5V4_1Aw&sa=X&ved=0ahUKEwj2IySuafiAhXNy6YKHaRQC6k
Qwg4IKSgA&biw=667&bih=501#imgsrc=5r_uzgbnAn8N6M:

[19.05.2019 14:06]

Şekil 35 - Hausdorff-Besicovitch Boyutu hesaplama

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=map&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJ9JO7zbr8DBQahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKIMHkwrDApQKhAehB4UH7QGOFIEHkSnIN9sp5imaNbYs8CGwI4w4vicaMFCauhw2K1O2MFhHBspaLqRyAlzYoy3041-RBLrqbyK8TxQZ_1n4AZxRwDB6b1T9mOiAEDAsQjq7-CBoKCggIARIEU1J8Eww&sa=X&ved=0ahUKEwibgt2LyKfiAhUKWZoKHUaRDTsQwg4IKSgA&biw=667&bih=501#imgsrc=FXTyBHhygdsf2M:

19.05.2019 15.12

Şekil 36 - Kutu Sayma Yöntemi ile fraktal boyut hesaplama

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiueTEUZtLFeKYCmHtHLryG5mYdWXiwquQM02kT6lXGVfHRpz7Rab0H3i3AG9OnQq_18QDKOihnDkdIvsRYOd5EeeulwyrOaCWwav-yphIQeqnRO7Wq0cNJupMPwnKubGaFb80wZ47oZxxqL0GF1eX2psrlF-LkiBSp82SAWNePjChcMflgXGEPROUShRPBoc6ElxsVpsHiLxwa-2TBsUhWVFGlclalgj-EvSMZofZLBKjrn08et5VWvbaUla_1vNgIHQ5dGS-b_1Ke5WtKCfl1Fr0P5ANvQaHEPQkVH5ioUP4AtmrmOdUGO47ilkiAiPpU8NKubYpi7nVqrh0oa_1QfDWp1elXSlw&hl=tr

[11.05.2019 18:14]

Şekil 37 - Benzerlik Boyutu

https://www.google.com/search?q=fraktal+boyut+benzerlik+boyutu&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1uNy0yqfiAhVKw8QBHTXrBBgQ_AUIDigB&biw=1821&bih=876&dpr=0.75#imgsrc=_XeX-BeeOeFF8M

[19.05.2019 15:15]

Şekil 38 - Kütle Boyutu

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiulHH-po2b5x7yLkMkt7HL6_1pJaA6fZHEwbHWeNIitZQ6XVFYgzigJ7n4bMOnMxDEi3cH4CudCGzU4G2sRNaDVKSAA1o-M3VwYwwdeZz81cB3baGyJU0vNFkyUEBLTKTef-TdgTnj1dS5qf-hXf3P1zCte-CX9m5XwRDvmdT2D_1claDgdAep-tTByfHD2LfWtBgNXOIYFgJJxhWWnAdC1J60xzUUUzc9j7efr1OqnGUpt525kFAf6N9deEZeqiW8hyLKrtA8SLkrCt7-eFAFzmdGLJ4EH75uWauko5NKULFf484gLu7RuH4H4PjoIGhR_1cFi2Kj&hl=tr

[19.05.2019 15:22]

Şekil 39 - Vitruvian adamı

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=leonardo+da+vinci&tbm=isch&source=iu&ictx=1&tbs=simg:CAESngIJq2OZB15Toz4akgILELCMpwgaYQpFCAMSJ9oH3AfbB9kHjgmPCQK4FrkW5ALVPvw39jfXKO8i-C3eKfg31ijJxown52BT1DhOtce6yKQUKzXxNWJyZOqDXpNw4MJGxCW9WZh8XkAKtqzBmk6CVDLjGt4IAQMCxCOrv4IGgoKCAgBEgQ_106yaDAsQne3BCRqLAQoWCgR3b29k2qWI9gMKCggvbS8wODN2dAoYCGZ2ZWxsdW3apYj2AwoKCC9tLzA3ejJfChsKCGRvY3VtZW502qWI9gMLCgkvbS8wMTVidjMKHwoLaGFuZHdyaXRpbmfapYj2AwwKCi9tLzBna3h5MTMKGQoHd3JpdGluZ9qliPYDCgoIL20vMDgxcm

IM&fir=yGzHlv9ISra7BM%253A%252CIZwkDRJDJ7MxYM%252C_&vet=1&usg=AI4_-
kR_X_xhnDuWMbCkKCR73qXco8O6sA&sa=X&ved=2ahUKEwj4tqb2xLbiAhWb7KYKHddJCtUQ9QEwAnoECAUQBA#imgsrc=yGzHlv9ISra7BM:&vet=1

[25.05.2019 14:16]

Şekil 40 - Altın oran

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=%E6%95%B8%E5%AD%B8+%E5%9C%96%E5%BD%A2&tbn=isch&tbs=simg:CAQSkgeJPH9g931KticahgELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYQpfCAMSJ9QTggO9B7kHoQbqE-kTV9gdgwOnKL42lj6YPpc-vTaVPq81xD3SPxowU8n2nFcsIa3T0xFtKp52-OAzapwcd2hALIHRCtmqyHssWlQkKW8T9jL_19xCAaSkIAQMCxCORv4IGgoKCAgBEgRHTWSZDA&sa=X&ved=0ahUKEwjm0Nyix7biAhWKO4sKHUgLBR8Qwg4IKSgA&biw=752&bih=647

[25.05.2019 14:20]

Şekil 41 - Pascal üçgeni / Fibonacci sayıları

http://bp0.blogger.com/_dDQG1nXOdok/R0SmjrTUR0I/AAAAAAAAAQI/pw1DcFLVOA0/s1600-h/pascaltriangle1.gif

[25.05.2019 14:30]

Şekil 42 - Altın oran / fibonacci sayıları

https://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=Fibonacci+dizisi&tbn=isch&tbs=simg:CAQSkgeJiLGApzykKwahgELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYQpfCAMSJ0_1SAuch9AK4E_1wH3wnDB64T3wi9Nrkgzeapqkooz6-NqoonT2kPhowER6rlMO5AQ1dqfB2M-y5VzuEI5cwXB-u5CjIKoF0qNXyuvlU8XwAvN6A6xfxyQBYIAQMCxCORv4IGgoKCAgBEgRqu5A0DA&sa=X&ved=0ahUKEwih9MX6zLbiAhVL2aYKHQpkCLsQwg4IKSgA&biw=752&bih=647

[25.05.2019 14:45]

Şekil 43 - Fibonacci sayı dizilimi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZitbjs3KkbnnL6Jz9FH-hJpiISZA36Sgto2xA5mYWIUW4Y291U5ApsRVnky0bYN8qwi7f7HYDkVT-J8f83i7E_1BHM1Q0Wrw2llJM9pE3kjKz-K7PEplxS0T5_18LDrOwfh0bq62tWO-CSfDk_1Xfs4B_1pqWxOyIvvT1RDNi20F6yPDb7-S_1XGEQCTZ32DuX96knxglEz_1o-uq-aUiT6wG35iaCQvI_1eaPhy1YeNUMd4a0IW54CqFnGJn4DO-qKacB83UFWOaXjAKi1zfVMVGpKMsyLZu9vARunHXckQOJaSYVQ0qItqeIVdH4ulCvAHS1oVhrjohN3Ox9Yk11n9Ka4MJ2Lje8RXQ&hl=tr

[25.05.2019 14:55]

Şekil 44 - Lorenz Çekeri

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZisNAXhNWgj4Cy97mZfm8jWKodgQouaO0-QPa3MqR283WOvkjo7AmFoJGzYSOi5_1BR7rNwIn4fjQFR39gprOg3JcP7eutz-qzXHZPa6QxZyGgb5jtRJ16wQP6xVrhAdjpdzt5vGMBNbT-WkewYxq-7_1eauIMeHjYDIgjirHIo3Fo3dkSGdKCGAXwmF6PkkpT1qNRLWCSRv25_1nKL1Y3LDeyuar1gPPa80tvEvJUsBhNcwFW_1rx0YPHxYOnnBpRuOavSkKKVs3tYQs3pk yfEGX5K16_1u6ZrBEhlPHJQeZu1DsLYi4iAPfAbXcknXmjC2fCWnbBG0F&hl=tr

[13.05.2019 22:00]

Şekil 45 - Afrika'da Güney Zambia' daki Ba-ila yerleşkesi

(1)https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZis18u_1yVFgcLLQJy9J4B57nIUsl2HcJSGZN9CddPNFC1fi47T6e420ZKRvq563szV9-mgDUWSuJADeJnbF6GJWRcBJxwNlqkeurcdCmTdj6jKwRJcYDXuZvldd-s0mHd0WYJNhKkhRigHILFRBel03jKzgl5y3zwwOB134AZrgt- [13.05.2019 22:10]

(2)https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZivPIo99ZYTDEBomzCJJsymLwCBQdLuvxmsddsWe_1CQH9duJkExA0KDoFZ29I4EaB7w9qBk0Pe7tKMmAd4owym10XIb0y8Pbfj2mEbRQbGE2EKjS5IoqlxXP-nKzkXBlgIliQw5PmmkpJpVIVgGg8ow1zEJFNqbtjutxyfiUW9T3ak5dMIBhHcQZkHiV77bwkyN-Q9SuUnofcVvtlouGHovBOt1xcGw0bhYg3Oiu7EAU80A-xGbhwBMEkZwVtLmDKEaR7hF8mMrh-g3WtzxOCsEfay2UOLrud-LOo2sDksI_1tdnjySZ26Ay9LjZx-S0Xj5GwGUhuxt7rB-loZCFsaOB9wSkAVw&hl=tr
[22.05.2019 13:32]

Şekil 46 - Kotoko Yerleşmesi

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZivH6AfZQOW1sy-tIwfUX8-QqYJ505ZpfnJgY6Di0mhY5g51lm0fbipbafdjZa7U7FiZBJU1XuNeUR7sRMRBT2ZozWk8oo2nzbnXc24yVSRryQSayhTfZOiUiQwrT_1PqLtZvg5QhmAW1GMh4l4X5EDR8Hf9jfcTHxbLybCjUzXdLCvXDa8LME8NC42rk2bKS4t-gtC42vtodC_16fQm08LnN9RJkE8U6fQR49um0GMUwEukOkxwEy42UUvEdavR0WSeR4R6diWaTG8Egc9bPrwRx9ZGlGF8mjyDnBXNDQ04_1RDqIHsqklVwA83ByKRJK57MRDL8wd4&hl=tr

[22.05.2019 13:32]

Şekil 47 - Selçuklu Geometrik Desenleri

https://www.google.com.tr/search?tbs=sbi:AMhZZiuPII2Ne01TYiyydhSDNoWBpE2ZvSrIJQ8ctjzGX9eVi9z7mEoseZC2t7e0yWhJ_1ZHYYKvDvGLXvTINqDZTKYLoEKz-b8Rx4wYxraEYLXDkG6_1vDInvuaKliZ6FewGBSbdd8oaC04bccEJ0ebnagzknhqMdmmlI0HLWLGJwMNI8fMa3CGCRorRShRtSRLALY9umlmfpClp3V9dFi8X9ByM3tjS2DGOsBxpGIjIK_1XNamQP9in2Fn3wUEMspi27RBfvgEQLnLG6KD8055jRL3wt3VciZHyhdXlgMaQWszjV4YSIsTz4t3ImXD2iPjkqNuIFBc_1h&hl=tr [13.05.2019 22:45]

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Süreyya Uyan

Doğum yeri ve yılı: İzmir 1958

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitimi:

Yüksek Lisans: 2016, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Sanat ve Tasarım Ana sanat dalı

Lisans: 2012, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tezhip Ana sanat Dalı

Lisans: 1980, İzmir Buca Eğitim Enstitüsü, İngilizce Bölümü

Lise : 1976, İzmir Özel Türk Lisesi

İş tecrübesi:2009, İzmir Narlıdere Halk Eğitim Merkezi