

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
GRAFİK ANASANAT DALI
Yüksek Lisans Tezi

**YENİ GERÇEĞİN ÜRETİMİ SÜRECİNDE
FRAKTAL FORMLARIN KULLANIMI**

Hazırlayan
Beyza Cennet BATIR

Danışman
Doç. Mehmet Korkut ÖZTEKİN

İzmir / 2023

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Yeni Gerçeğin Üretimi Sürecinde Fraktal Formların Kullanımı*” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

.../ ... / 2023

Beyza Cennet BATIR

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün .../.../.... / tarih ve.....sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin.....maddesine göre Grafik Anasanat Dalı, Yüksek Lisans öğrencisi Beyza Cennet BATIR'ın “**Yeni Gerçeğin Üretimi Sürecinde Fraktal Formların Kullanımı**” konulu tezini 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 anasanat dallarından jüri üyeleri tarafından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Fraktal yapılar, insanın evreni anlamlandırma sürecinde sıklıkla başvurduğu önemli kaynaklardan biridir. Benoit Mandelbrot tarafından ortaya konan fraktal teorisi yalnızca matematik ve geometriye hizmet etmemekte, aynı zamanda sanat ve tasarıma da katkı sunmakta, estetik deneyimi zenginleştiren Gestalt Kuramı ve diğer tasarım ilkeleriyle uyum içinde çalışmaktadır. Özellikle hareketli grafikler ve üretimsel sanat anlayışının benimsenmesi ile birlikte örüntüsel yaklaşım, çağdaş sanat pratiklerini besleyerek yeni bir gerçek algısının da estetik yapısını şekillendirmektedir. Sanat, tasarım ve teknolojinin kesişiminde, özellikle işlemsel sanat üretiminde, sürekli evrim geçiren görsel araçlar, yapay zeka gibi günümüz gelişmeleri aracılığıyla da git gide çeşitlenmektedir. Bu araştırma, dünyanın algılanış biçimini örüntüler içinde aramayı ve bu arayışın fraktaller ve bilgisayar destekli grafikler ile gerçeğin yeniden üretimi gibi alanlarla nasıl ilişkilendirildiğini anlamayı amaçlamakta, literatür tarama yoluyla, örüntülerin estetik ve sanatsal ifadedeki rolünü ve beraberindeki görsel dilin dönüşümüne ışık tutmayı hedeflemektedir. Estetik ve örüntüler arasındaki bağlam incelenirken, farklı çağ ve coğrafyalara ait öğretiler üzerinden başlayarak, örüntülerin hem geçmişteki hem de günümüzdeki sanat ve tasarım yorumlamaları ele alınmaktadır. Sanatın başta doğal gerçeği temsil etme biçimi, ardından bu estetik yapı içindeki stilizasyonu ve yeni bir gerçeğin inşası süreci araştırılmaktadır.

Uygulama projesi üzerinden ise bilimsel illüstrasyonların yapay zeka aracılığıyla yeniden üretim süreci deneyimlenmekte, referans görüntüler verilerek, yapay zekanın bunlar üzerinden tanımlar geliştirilmesi istenmekte ve bu tanımlar aracılığıyla yeni görüntüler oluşturulması talep edilmektedir. Yazar tarafından dijital teknikle üretilmiş bilimsel illüstrasyonlar ile yapay zeka tarafından üretilmiş bilimsel illüstrasyonlar karşılaştırılmakta, bu bulgular üzerinden orantılı büyüme modellerinin yapay zeka tarafından nasıl ele alındığı, bir üslup geliştirilip geliştirilmediği ve bilimsel yaklaşımdan uzaklaşarak görüntülerin ne ölçüde stilize edildiği incelenmektedir.

ABSTRACT

Fractal structures are crucial resources frequently invoked by humanity in comprehending the universe. The fractal theory put forth by Benoit Mandelbrot not only serves mathematics and geometry but also contributes to art and design, operating in harmony with Gestalt Theory and other design principles, enriching the aesthetic experience. Especially with the adoption of motion graphics and the embrace of generative art, the patterned approach nourishes contemporary art practices, shaping the aesthetic structure of a new perception of reality. At the intersection of art, design, and technology, particularly in producing procedural art, constantly evolving visual tools are diversifying through contemporary developments such as artificial intelligence. This research aims to explore how the world is perceived in patterns and understand how this pursuit relates to areas like fractals and computer-aided graphics, including the reproduction of reality. Through a literature review, it seeks to shed light on the role of patterns in aesthetic and artistic expression and the accompanying transformation of visual language. While examining the context between aesthetics and patterns, starting from teachings of different eras and geographies, both past and present interpretations of patterns in art and design are discussed. The research investigates how art represents natural reality, its stylization within this aesthetic structure, and the process of constructing a new reality.

Through the application project, the process of reproducing scientific illustrations through artificial intelligence is experienced. Reference images are provided, and artificial intelligence is tasked with developing definitions based on them. Subsequently, new images are requested to be created through these definitions. The author compares scientific illustrations produced by digital techniques with those produced by artificial intelligence. Through these findings, the study examines how proportional growth models are handled by artificial intelligence, whether a distinctive style is developed, and to what extent the images are stylized by moving away from the scientific approach.

ÖNSÖZ

Tezimin ilk adımlarını 2012 yılında başladığım Porto Üniversitesi Görüntü Tasarımı yüksek lisans programında ve 2013 yılında başladığım Yıldız Teknik Üniversitesi İnteraktif Medya Tasarımı yüksek lisans programında atmış ancak çeşitli sebeplerle buralardaki eğitimimi tamamlayamamıştım. İlgili okullardaki fraktalite ve jeneratif tasarım araştırmalarımın güncel gelişmeler ışığında aydınlığa kavuşmasındaki eşsiz katkıları, tüm emekleri ve birlikte yürüttüğümüz bu araştırmaya dair tüm inancı için tez danışmanım Doç. Mehmet Korkut Öztekin'e çok teşekkür ederim. Ayrıca sevgili aileme beni bakmaya değil görmeye yönlendirerek, dünyayı keşfetmeye teşvik edecek şekilde yetiştirdikleri için minnettar olduğumu belirtmek isterim.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
RESİM LİSTESİ	x
KISALTMALAR.....	xvi
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

ESTETİĞİ ÖRÜNTÜLERDE ARAMAK

1.1. Ritim, Geometri, Algoritmik Arayışlar ve Gestalt Kuramı	7
1.2. Fraktalizm ve Kaos Teorisi.....	25
1.3. Sanat ve Tasarımda Fraktal Formlar.....	38

2. BÖLÜM

TAKLİT GERÇEĞİN YENİ GERÇEĞE DÖNÜŞÜMÜ

2.1. Sanatta Doğal Gerçeğin Temsili, Estetik Yapı ve Stilizasyon.....	45
2.2. Sanal ve Alternatif Gerçeklik Arayışı.....	64
2.3. Yapay Zeka Evreninde Fraktal Dilin Çözümlemesi	71

3. BÖLÜM

FRAKTAL YAPILARIN GRAFİK KULLANIMI

3.1. Tasarım Dilinde Fraktal Elementlerin Kullanımı	78
3.2. Bilgisayar Grafikleri ve Jeneratif Sanat.....	82
3.3. Oyun Grafikleri ve Çokluyüzey Kullanımı	95
3.4. Fraktallerin Yeni Gerçekteki Kullanım Alanları.....	99
3.5. İşlemsel Grafiklerin Yeni Gerçeklikteki Geleceği.....	102

4. BÖLÜM

KİŞİSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Solifugae	111
4.2. Velvet worm	112
4.3. Telopea speciosissima.....	113

4.4. Macrodonia cervicornis	114
4.5. Macrocheira kaempferi	115
4.6. Prynidae	116
4.7. Ring necked pheasant	117

SONUÇ.....	118
-------------------	------------

KAYNAKÇA.....	121
----------------------	------------

ÖZGEÇMİŞ	
-----------------	--

RESİM LİSTESİ

Resim 1: Yin-yang sembolünü tutan Pan Gu, British Müzesi, 19.yy.....	8
Resim 2: Yin-yang sembolü ve Ekinoks Koordinatları, tarihsiz	9
Resim 3: Sihirli Kare (a) ve Lo Shu Diyagramı (b), 1960	10
Resim 4: Albrecht Dürer, Melencolia I, 1514 (a) ve Eserden detay (b), 1514.....	11
Resim 5: Voynich el yazması, Yale Üniversitesi, 15.yy	13
Resim 6: Ripley Parşömeni, Yale Üniversitesi, 15.yy	14
Resim 7: Picatrix, Latince versiyon, Jagiellonian Üniversitesi Kütüphanesi, 1458-1459.....	14
Resim 8: Kells Kitabı, Dublin Üniversitesi, M.S. 800	15
Resim 9: Firdevsî-i Tavîl Davetname, 15.yy.....	16
Resim 10: Ahmed b. Ali el-Bûnî, Şems-ül Maarif, 1928.....	16
Resim 11: Hassan Esfahani, Kitab al-Bulhan, 1380-1400	17
Resim 12: Abdurrahman es-Sufî, Kitab-i Suvar, Kolombiya Üniversitesi, 1380-1400	18
Resim 13: Leonardo Fibonacci, Liber Abaci, 1202	19
Resim 14: Fibonacci Sarmalı, tarihsiz.....	20
Resim 15: Ouroboros, Cyprianus – Kara Kitap, 18.yy sonları.....	22
Resim 16: William Sharp, Victoria regia, or The great waterlily of America, 1854	23
Resim 17: Laitr Keiows, Victoria amazonica-bir yaprağın arka yüzü, 2009	24

Resim 18: Leonardo da Vinci, Vitruvius Adamı, 1509.....	24
Resim 19: Why You Can't Measure the Coastline of Britain, 2023	27
Resim 20: Leonardo da Vinci, Tufan (The Deluge), 1518.....	29
Resim 21: Bible moralisée, Codex Vindobonensis, 1225	30
Resim 22: Katsushika Hokusai, Ryakuga hayaoshie: 18-19, 1812-1814.....	31
Resim 23: Katsushika Hokusai, Kanagawa Dalgası, 1832	32
Resim 24: Beyza Batır, XaoS yazılımıyla oluşturulmuş Mandelbrot Kümesi.....	33
Resim 25: Beyza Batır, P5js ile Kodlanmış Recursive Sierpinski Triangle, 2023	34
Resim 26: Barnsley Eğrelti Otu Fraktalleri – 4 Aşama: Vurgulanan üçgenler, bir yaprakçığın yarısının nasıl bir bütün yaprağın veya yaprağın yarısına dönüştüğünü göstermektedir.....	35
Resim 27: Pisagor Ağacı Fraktali, dörder aşamada iki farklı oluşturma yöntemi.....	37
Resim 28: Hermann Rorschach, Rorschach Mürekkep Lekesi Testi, Kart No:1, 1921 .	38
Resim 29: Alan Moore, Watchmen, Bölüm 6, 1987	39
Resim 30: Miami Üniversitesi Matematik Bölümü lisans salonundaki Penrose karolar, 1979.....	40
Resim 31: Ashton Raggatt McDougall, Storey Hall Cephe kaplamaları, 1996	40
Resim 32: Borobudur Tapınağı, M.S. 750 (a) ve Sondaj Deliklerinin Dağılımı (b).....	41
Resim 33: Candaş Şişman, Noisefloor, 2012	42
Resim 34: William Morris, Acanthus, 1883.....	45
Resim 35: William Blake, Kaplan, 1794.....	46

Resim 36: William Blake, Oberon, Titania and Puck with Fairies Dancing, 1786.....	48
Resim 37: Ferdinand Hodler, Eurhythmy, 1895	49
Resim 38: Henri Matisse, Dance (I), 1909	49
Resim 39: Henri Matisse, La Dance, 1933.....	50
Resim 40: Kazimir Malevich, Arkhitekton Gota, 1923	51
Resim 41: Frantisek Kupka, Amorpha: Fugue in Two Colors, 1912.....	52
Resim 42: Ernst Haeckel, Plate:21, Kunstformen der Natur, 1899.....	52
Resim 43: Pei Ying Lin, Fractal Microorganisms, 2009.....	53
Resim 44: Claude Monet, İzlenim: Gün Doğumu,1889.....	53
Resim 45: Vincent Van Gogh, Yıldızlı Gece, 1889	54
Resim 46: William Parsons, Whirlpool Galaxy, 1845	54
Resim 47: Salvador Dali, Elephants,1948.....	55
Resim 48: Piet Mondrian, Apple Tree in Flower, 1912	55
Resim 49: Piet Mondrian, Kırmızı Ağaç, 1910 (a) ve Kutu sayım algoritması ile eserin incelemesi, Bountis vd, 2017 (b)	56
Resim 50: Wassily Kandinsky, Composition VIII, 1923	57
Resim 51: Jackson Pollock, No.1, 1949	58
Resim 52: Max Ernst, Euclid, 1945.....	59
Resim 53: Max Ernst, Young Man Intrigued by the Flight of a Non-Euclidean Fly, 1947.....	60

Resim 54: Marcel Duchamp, Merdivenlerden İnen Çıplak No.2, 1912.....	60
Resim 55: Max Bill, Endless Ribbon, 1935	61
Resim 56: M. C. Escher, Mobius Şeridi II, 1964	61
Resim 57: M. C. Escher, Yıldızlar, 1948	62
Resim 58: İlhan Koman, Deniz Kabuğu, 1975-80	63
Resim 59: İlhan Koman, To Infinity, 1986	63
Resim 60: Junji Uto, Uzumaki, 1998-1999	64
Resim 61: Mike Smith, Impossible Machines, 2018.....	66
Resim 62: Steven Spielberg, Ready Player One, 2018	68
Resim 63: Will Burtin, Chromosome: Genes in Action, 1960.....	69
Resim 64: Rafael Lozano Hemmer, Pulse Topology, 2021	70
Resim 65: Nicolas Schöffer, CYSP-1, 1956	71
Resim 66: Anton Stankowski, Visual Presentation of Invisible Process, 1967	79
Resim 67: Erik Nitsche, General Dynamics - Yıllık Rapor Kapakları, 1960'lar.....	80
Resim 68: Karel Martens, Not for Resale, 2020	80
Resim 69: Karel Martens, Not for Resale, 2020	81
Resim 70: Ladislav Sutnar, Fortune dergisi kapağı, 1946	81
Resim 71: Ladislav Sutnar, Çeşitli Tasarımlar.....	82
Resim 72: Manfred Mohr, Sphereless, 1972	84
Resim 73: Vera Molnar, Quadrilateres, 1974.....	84

Resim 74: Vera Molnar, Dörtgenler, 1974.....	85
Resim 75: Cybernetic Serendipity Sergi Afişi, 2 Ağustos – 20 Ekim, 1968.....	86
Resim 76: Jean Tinguely, Méta-Matic No. 10, 1959	87
Resim 77: Rod Seeley, Creative Mix 3, 2018	88
Resim 78: Saul Bass, Vertigo Açılış Sekansı, 1958.....	89
Resim 79: Loren Carpenter, Vol Libre, 1980.....	90
Resim 80: Star Trek II - Genesis Device, 1982.....	90
Resim 81: Star Trek 2: The Wrath of Khan - CGI making of, 1982.....	91
Resim 82: Tin Toy - CGI making of, Ultimate History of CGI, 1988	92
Resim 83: Ken Musgrave, Benoit Mandelbrot, Craig E. Kolb, Zabrisky Point, 1990...	93
Resim 84: Toy Story - CGI making of, Ultimate History of CGI, 1995.....	94
Resim 85: Hal Tenny, Magma Tubes, 2019.....	95
Resim 86: Hal Tenny, Experimental Borg Starship, 2019	96
Resim 87: Johan Gielis, Superformula, 2003	97
Resim 88: Johan Gielis, Natural Supershapes, 2003	97
Resim 89: No Man's Sky, Hello Games, 2016	98
Resim 90: Gastrointestinal sistemdeki bazı kendine benzer dokular ve bunlara karşılık gelen idealize edilmiş matematiksel fraktaller (a) Bağırsak villusları (b) Karaciğer (c) Pankreas Langerhans adacığı (d) Mandelbrot kümesi (e) Difüzyonla sınırlı toplanma modeli (f) Julia fraktal adacığı.	100
Resim 91: Hilbert Eğrisi ilk altı iterasyonu.....	100

Resim 92: Refik Anadol, Eriyen Hatıralar, 2018	102
Resim 93: Refik Anadol, Sanal Tasvirler: San Francisco, 2015	103
Resim 94: Jason Allen, Uzay Operası Tiyatrosu, 2022.....	104
Resim 95: Solifugae, Beyza Batır, 2020	111
Resim 96: Midjourney ile oluşturulan Solifugae illüstrasyonları.....	111
Resim 97: Velvet Worm, Beyza Batır, 2020	112
Resim 98: Midjourney ile oluşturulan Velvet worm illüstrasyonları, 2023	112
Resim 99: Teloepa speciosissima, Beyza Batır, 2020	113
Resim 100: Midjourney ile oluşturulan Teloepa speciosissima illüstrasyonları, 2023.....	113
Resim 101: Macrodonia cervicornis, Beyza Batır, 2020.....	114
Resim 102: Midjourney ile oluşturulan Macrodonia cervicornis illüstrasyonları, 2023.....	114
Resim 103: Macrocheira kaempferi, Beyza Batır, 2020	115
Resim 104: Midjourney ile oluşturulan Macrocheira kaempferi illüstrasyonları, 2023	115
Resim 105: Prynidae, Beyza Batır, 2020	116
Resim 106: Midjourney ile oluşturulan Prynidae illüstrasyonları, 2023.....	116
Resim 107: Ring necked pheasant, Beyza Batır, 2020.....	117
Resim 108: Midjourney ile oluşturulan Ring necked pheasant illüstrasyonları, 2023.....	117

KISALTMALAR

AI (Artificial Intelligence): Yapay Zeka

AR (Augmented Reality): Artırılmış Gerçeklik

ARG (Alternate Reality Game): Alternatif Gerçeklik Oyunu

CGI (Computer Generated Imagery): Bilgisayar Üretimli İmgeleme

CPNAS (Cultural Programs of the National Academy of Sciences): Ulusal Bilimler Akademisi – Kültür Programları

DL (Deep Learning): Derin Öğrenme

EAT (Experiments in Art and Technology): Amerikan Sanat ve Teknoloji Deneyleri

EKG (Electrocardiography) : Elektrokardiyografi

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer): Elektronik Sayısal Birleştirici ve Bilgisayar

IBM (International Business Machines): Uluslararası İş Makineleri

ICA (Institute of Contemporary Art): Modern Sanatlar Enstitüsü

IFS (Iterated Function Systems): Yinelenen Fonksiyon Sistemleri

ITT (Image to Text): Görüntü Metinleştirici

ML (Machine Learning): Makine Öğrenmesi

MOMA (Museum of Modern Arts): Modern Sanat Müzesi (New York)

NASA (National Aeronautics and Space Administration): Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi

NLP (Natural Language Processing): Doğal Dil İşleme

OCR (Optical Character Recognition): Optik Karakter Tanıma

PPG (Photoplethysmography): Fotopletismografi

SF (Super Formula): Süperformül

SL (Supervised Learning): Gözetimli Öğrenme

SR (Speech Recognition): Konuşma Tanıma

STT (Speech to Text): Konuşma Metinleştirici

UL (Unsupervised Learning): Gözetimsiz Öğrenme

VR (Virtual Reality): Sanal Gerçeklik



GİRİŞ

Eskiden daha keskin hatlarla birbirinden ayrılmalara karşın günümüzde bilim ve sanat daha önce hiç olmadığı kadar birbiriyle iç içe ilerlemekte, birbirini beslemektedir. Yine de her iki disiplinin birbirinden farkları yadsınamayacak kadar çoktur. Sanatın hayatı taklit ettiği savına bakıldığında ise insanlığın tüm güzelliğiyle, trajedileriyle ve karmaşıklığıyla bir ifadesidir denilebilir. Bu taklit ihtiyacının temelinde insanın dünyada kendi konumunu belirleme ve keşfetme arzusu yatmaktadır. Bugün, bilim yalnızca, bilim insanlarına hizmet eden bir yapı olmaktan çıkıp, sanatsal ifadede de sanatçıların faydalandığı, toplumun büyük bir kesiminin erişebildiği ve ilgisini uyandırabilen, dolayısıyla bu alandaki gelişmelere katılım sağlayabildiği türden bilgiyi içermektedir (Tyson, 2002: 6).

Bilimde karşılaştığımız bir yayın telaşı da sanatta söz konusu değildir. Önemli teorilerin ve keşiflerin bir başkası tarafından kaleme alınacağı korkusuyla günümüze dek belki de birçok bilimsel yayın, araştırma ve yazım süreci uzun bir vakte yayılamadan aceleyle yayınlanmak zorunda kalmaktadır. Sanatta ise aksi ispat edilene kadar doğruluğundan şaşılmaz gerçeklerle ilerlemekten ziyade, ifadenin özgünlüğü ve bir üslup söz konusu olduğundan, hiçbir sanatçının bu endişeyi taşımadığı görülür. Dolayısıyla da ne Van Gogh yıldızlı gökyüzünü resmederken bir başkasının bu eseri kendisinden önce yapabileceği korkusuna kapılmış, ne de Bach'ın dünyaya gelmediği bir gerçeklikte *Für Elise*'nin bir başkası tarafından yaratılması söz konusu olabilecektir (Tyson, 2002: 6).

Sanatın, matematiğin, tasarımın, teknolojinin, doğanın, bilimin tümüyle iş birliği içerisine girmesiyle sanatı üreten ve tüketen rolleri gittikçe bulanıklaşmakta; hatta insan sanatçı ve makine sanatçı ayrımıyla, bilgi işlem teknolojileri artık yalnız sanatın görüntülenmesinde bir araç değil, sanat üretiminde de aktif rol oynamaktadır. Bu araştırmada sanatta taklit gerçeğin terkedilerek yeni gerçeğin inşası aşamasında fraktal düşüncenin algoritmik yapısı ve hareketli grafiklerle ilişkisi incelenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, dünyayı algılayış biçimimizi örüntüler içerisinde aramak ve bu arayış neticesinde fraktalizmin yeni gerçek algısı ve grafik temsillerle nasıl

ilişkilendirildiğini anlamaktır. Bu araştırma literatür tarama yöntemi ile oluşturulmuş, uygulama projesi üzerinden ise fraktal özellik gösteren bilimsel illüstrasyonların yapay zeka üzerinden tekrar üretimi incelenmiştir.

Sanatın, matematiğin, tasarımın, teknolojinin, doğanın, bilimin tümüyle iş birliği içerisine girmesiyle sanatı üreten ve tüketen rolleri gittikçe bulanıklaşmakta; hatta insan sanatçı ve makine sanatçı ayrımıyla, bilgi işlem teknolojileri artık yalnız sanatın görüntülenmesinde bir araç değil, sanat üretiminde de aktif rol oynamaktadır. Bu araştırmada sanatta taklit gerçeğin terkedilerek yeni gerçeğin inşası aşamasında fraktal düşüncenin algoritmik yapısı ve hareketli grafiklerle ilişkisi incelenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, dünyayı algılayış biçimimizi örüntüler içerisinde aramak ve bu arayış neticesinde fraktalizmin yeni gerçek algısı ve grafik temsillerle nasıl ilişkilendirildiğini anlamaktır. Bu araştırma literatür tarama yöntemi ile oluşturulmuş, uygulama projesi üzerinden ise fraktal özellik gösteren bilimsel illüstrasyonların yapay zeka üzerinden tekrar üretimi incelenmiştir.

Araştırma estetik ve örüntüler arasındaki ilişkiyi anlamak için eski el yazması metinlere uzanan geniş bir çerçeve sunmakta, doğaya yönelişi temsil eden biyomimetik yaklaşım da dahil farklı öğretiler üzerinden bu formların temsillerini sanat ve tasarımda yorumlamaya çalışmaktadır. Yeni gerçeklik kavramının ve fraktalizmin önemine vurgu yaparak, estetik yapıların evrimine ve tasarım evrenindeki görsel dilin dönüşümüne ışık tutmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel sorularına cevaplar sunarak, örüntülerin estetik ve sanatsal ifadedeki karşılığı ve yeni gerçekliğin inşasındaki rolü incelenmektedir.

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ritim, geometri ve algoritmik yapılardan bahsedilmekte, fraktalite ve kaos teorisinden hareketle, sanat ve tasarımdaki örüntü formlar ele alınmaktadır. Bu formların doğal gerçeğin temsili sürecinden stilizasyona giden öyküsü anlatılmakta, en nihayetinde de doğayı taklit etme sürecinin terkedilerek, yeni bir form yaratma arayışına geçiş aşamaları araştırılmaktadır.

İkinci bölümde sanatta doğal gerçeğin nasıl temsili ve estetik yapı içindeki stilizasyonun etkileri ele alınmaktadır. Yeni gerçek kavramının yanı sıra sanal, alternatif gerçeklik ve metaverse gibi kavramlar irdelenerek, gerçeğin görsel ifadede nasıl dönüştüğü incelenmektedir. Bu dönüşümde yapay zeka bir araç olarak ele alınarak ve bu yolla örüntüsel dil irdelenerek, bu yapının yeni bir gerçek algısının inşasına nasıl katkı sağladığı tartışılmaktadır.

Üçüncü bölümde teknoloji ve fraktal düşüncenin iş birliğinden doğan sanat ve tasarım disiplinleri, grafik tasarım ve hareketli tasarım disiplinleri üzerinden bilgisayar sanatı ve jeneratif sanatın gelişim sürecine değinilmektedir. Ardından fraktal bir yaklaşımla video oyun grafikleri ve grafik üretimlerde çoklu yüzey kullanımı ele alınarak, bu sürecin animasyon tarihindeki önemine değinilmektedir. Sonrasında fraktallerin gelecekteki muhtemel kullanım alanları, yapay zeka ekseninde tasarım etiği, yapay zekada üslup arayışı, insan-sanatçı ve makine-sanatçı gibi güncel kavramlar incelenmektedir. Ayrıca fraktallerin çeşitli kullanım alanları araştırılmakta ve işlemsel grafiklerin yeni gerçeklikteki potansiyel etkileri değerlendirilmektedir.

Kişisel çalışmalardan oluşan uygulama projesini içeren dördüncü bölüm ise, dijital olarak hazırlanmış bilimsel illüstrasyonlar ve bu illüstrasyonların yapay zeka programları ile yeniden üretim sürecini ele almaktadır. Yapılan projede, bilimsel illüstrasyon kategorisinin tercih edilmesinin sebebi, yapay zeka programlarına verilen tarifler aracılığıyla daha spesifik ve odaklı veriler elde etmektir. Bu veriler, biyolojik, zoolojik ve botanik nesnelerin seçilmesiyle belirlenmiş, özellikle de algoritmik olarak çoğaltılabilir ve tekrarlanabilir parçalara sahip olan canlılar tercih edilmiştir. Bu seçimler, yapay zekanın orantılı büyüme modellerini nasıl ele aldığını ve ne ölçüde stilize ettiğini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Bu tez, örüntüsel yaklaşımın grafik sanata etkilerini ele almakta, başta evreni anlamlandırma çabasında insanoğlunun ilk başvurduğu kaynak olan örüntülerin günümüzde estetik yaklaşımı çözümlmek ve gerçeklik algısının değişimindeki rolünü anlamak için geniş bir çerçeve sunmaktadır. Yeni gerçeklik kavramının ve fraktalizmin önemine vurgu yaparak, bu estetik yapıların evrimine ve kullanıldıkları görsel dilin

dönüşümüne ışık tutmaktadır. Yapay zeka gibi güncel görsel araçlar üzerinden üretim süreçleri sorgulanarak, örüntülerin görsel algılama biçimindeki rolü incelenmektedir.



1. BÖLÜM
ESTETİĞİ ÖRÜNTÜLERDE ARAMAK

1. BÖLÜM

ESTETİĞİ ÖRÜNTÜLERDE ARAMAK

Manzara, bitki veya bir insan; günlük hayatta karşılaştığımız tüm görüntüleri farkında olarak veya olmadan, belirli bir estetik süzgeçten geçirerek, izlemeye değer olup olmadıkları sonucuna varırız. Hızlıca işleyen bu eliminasyon sistemi, çoğu zaman üzerinde detaylıca düşünmediğimiz bir dizi karar mekanizmasını içermektedir. İnsan gözü ve beyni arasındaki iletişim süreci, kişinin ilgisini çeken nesnelere yönelmesini ve bu nesnelere bakarken ne kadar süre geçireceğini belirlemektedir. Bu seçimlerde kişisel beğeniler ve ilgi alanları etkili olsa da büyük bir kısmı, üzerinde aslında çok düşünülmemiş otomatik kararlardır.

Yönelim kararlarında rolü olduğu düşünülen konulardan biri de estetik algıdır. Estetik algı, estetik haz uyandıran ve güzeli keşfetmeyi çabalayan dürtüsel bir görü biçimidir. Bu dünyayı nasıl algılayıp değerlendirdiğimizle ilgilidir ve estetik duyarlılık ya da deneyimler gibi oldukça öznel verileri içerir. Güzeli olanın estetik haz uyandırmasının temelinde psikolojik, nörolojik ve felsefi yönden birçok bilimsel sebep yatmaktadır. Bazı teorilerde, örneğin kadın vücuduna atfedilen simetrik arayış, sağlıklı ve doğurgan olmaya dair varsayımlarla ilişkilendirilmektedir. İnsanın genetik yönden sağlıklı bir eş bulma çabası üreme güdüsünden tetiklenmekte ve bu çabanın bir getirisi olarak insan beyninin simetrik olanı daha çekici bulduğu sonucuna varılmaktadır (Rhodes, vd, 1998). Güzellik algısı sosyokültürel faktörlerin etkisiyle şekillenerek her dönemde farklılıklar gösterse de (Tinio, vd, 2019) genel geçer, toplumun çoğunluğunca kabul görmüş ortak bir güzellik algısı vardır.

Kişinin estetik algısı, yaşadığı kültüre, eğitim düzeyine, kişiliğine, yaşına veya cinsiyetine göre farklılık gösterebilir. Yine de öznel yargılara oldukça uygun bir zemin oluşturabilmesi ile sanat, moda, mimari gibi birçok alanda kullanılarak, kişiyi hoşlanma veya hoşlanmama gibi sonuçlara yönlendirir. Özellikle de bu alanlardan sanatın kendisi doğrudan estetik algıdan beslenen ve sanatçının estetik anlayışını izleyiciye sunan yapısıyla buna örnektir. Bir sanat eseri farklı insanlarca farklı şekillerde yorumlanabilmekte ve her dönemde etkileri dönüşebilmektedir. Çünkü sanat, güzel olanı

yansıtma biçimi ve onu zaman zaman idealize edişiiyle bu estetik hazzın uyanışından payını almaktadır. Hem görsel hem de işitsel sanat dallarında, sanatı tüketen kitle üzerinde bu hazza hizmet eden elementler bulunmaktadır. Kişi güzel olan bir şey gördüğünde bu genellikle beyindeki ödöl merkezlerini harekete geçirerek motivasyon ve zevkle bağlantılı çalışan dopamin salınımını tetiklemektedir. Bu şema görsel sanatlarda görme duyusu üzerinden gerçekleşirken aynı mekanizma müzik gibi duyuşsal algıya hitap eden sesli sanatlarda ise işitme duyusu üzerinden gerçekleşir.

Estetik bir hazza ve güzel olana yönlendiren içgüdüşel dürtünün özünde, göze hoş gelen, yani estetik algıyı besleyen bazı kuralların etkili olduğu bilinmektedir. Sanat da bu kuralları izleyen prensiplerle iş birliğı içinde çalışır. Zira sanatta güzel olanın yaratılması öyküsünde bu kuralların keşfi insanlık tarihi kadar eskidir.

1.1. Ritim, Geometri, Algoritmik Arayışlar ve Gestalt Kuramı

İnsanlık var olduğundan beri kendisini dünyada konumlandırma ve etrafında olan bitenleri anlamlandırma çabası daim olmuştur. Bu çaba çoğu zaman doğanın gücüne yenik düşmüş, insan hayatta kalma içgüdüşünden gelen korkular sebebiyle, öngörülemeyen olaylardan korunmak için tahmin edilebilir sonuçlar aramaya yönelmiştir. Bu yolla evrende birbirini tekrarlayan olguları takip ederek kendisine güvenli bir harita oluşturmaya amaçlamıştır.

Günümüzde birçok problem öngörülebilir hale gelmiş, teknolojik gelişmeler sayesinde, hayatta kalma güdüsünü tehdit eden bazı problemler önlenmiş, kontrol altına alınmış veya tedavi edilebilir hale gelmiştir.

Zamanı ölçmekte kullanılan en eski yöntemlerden biri olan güneş saati, güneşin yeryüzündeki hareketlerini temel alarak, gölge uzunluğu üzerinden günün farklı saatlerindeki gölgenin farklı pozisyonlarını kullanarak içerisinde bulunan zamana dair bilgi vermektedir. Günümüzde lokasyon bilgisi, hava durumu, iletişim gibi pek çok ihtiyacı karşılayan kişiselleştirilebilir akıllı saatler insanın asırlardır taşıdığı “öngörülebilir” olaylara karşı hazırlıklı olma ve hızlı aksiyon alma gibi çabalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Bu çabaların ortak noktası öngörülemeyen olaylara karşı çözüm üretebilmektir ve bu konuda ilk başvurulacak kaynak yine doğanın kendisi olmaktadır. Gök cisimlerinin hareketlerinden yola çıkarak astronominin geliştirilip takvimlerin oluşturulması veya güneşin doğup batışındaki düzene göre ekip biçme kurallarının düzenlenmesi gibi, doğada tekrarlanan her olayın incelenmesi neticesinde günümüz bilgi havuzuna erişilmektedir.

İnsanlık tarihine bakıldığında belki de en eski tutkusu olan geleceği kontrol altına alma çabalarının bilimsel karşılık bulamadığı noktalarda ise dini öğretileri içeren teolojik yaklaşımlar ya da mitolojik masal ve efsaneleri içeren epik okumalara başvurulmaktadır. Bunun yanı sıra numeroloji, fal, kehanet, rüya yorumlamaları, astroloji, büyü, tılsım gibi ezoterik uğraşlar da devreye girmektedir. Başvurulan bu yöntemler ise temelinde ölüm korkusu, hayatta kalma çabası, doğaya üstün gelme ve olabilecekleri öngörme isteğiyle ilişkilendirilmektedir. Bu uğraşlar aynı zamanda dünyada kendini konumlandırma ve yaşam amacını bulma niyeti de taşıyabilmektedir.

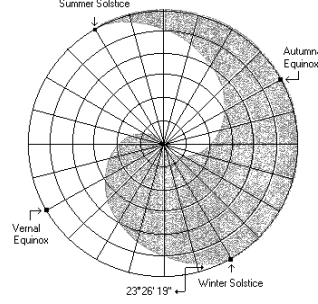


Resim 1: Yin-yang sembolünü tutan Pan Gu, British Müzesi, 19.yy

Kaynak: <https://www.britannica.com/topic/Pan-Gu#/media/1/440645/6834>

M.Ö. 1500'lü yıllara tarihlenen Hinduizm'in ve tarihin en eski ezoterik kaynaklardan biri kabul edilen Rigveda; ilahiler, tanrılar ve tanrıçaların övgüsü, doğaüstü güçlere olan inançlar, doğa, evren, insanlık ve insanın yeri gibi temaları konu alır. Rigveda, doğaüstü güçlere ve tanrılara olan inançları yansıtan mitolojik hikayeler, dualar ve ritüeller içerir. İlahiler, insanların tanrılarla iletişim kurmalarını, onlardan yardım dilemelerini ve evrensel düzene uygun olarak yaşamalarını teşvik eder. Örneği kitapta yer

alan ilahilerden Varuna İlahisi, gökyüzü ve düzenin tanrısı Varuna'nın kutsallığına, adaletine ve evrensel düzene olan gücüne odaklanır.



Resim 2: Yin-yang sembolü ve Ekinoks Koordinatları, tarihsiz

Kaynak: <https://happyhaiku.blogspot.com/2004/10/yin-and-yang-cats.html>

Bir diğer örnek olan ve Çin'in ilk kadim yöneticilerinden olduğu varsayılan Fu Xi tarafından yazıldığı öngörülen "*I-Ching*" olarak da bilinen "*Yi Jing*" metinleri doğanın bir döngü içerisinde olduğu ve bu döngüde karşısına çıkabileceklere hazırlıklı olunması gerektiği öğütlenmektedir. Taoizm'le de ilişkilendirilen bu öğreti doğadaki örüntülerin incelenmesi ve bunlardan ders çıkarılması gerektiğini belirtir.

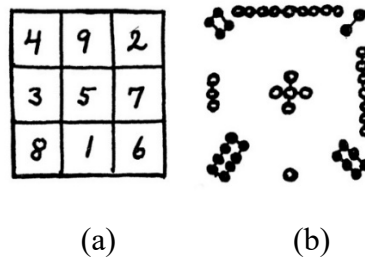
Yine Çin kültürüne ait kadim öğretilerden olan ve Taoizm ile ilişkilendirilen bir diğer kuram olan "*Yin ve Yang*" da bu metinlerde ele alınarak, evrende her şeyin mutlak bir karşıtlık ilkesiyle var olduğunun altı çizilmektedir (Resim 1). Yin-yang birçok felsefeye uyarlanabilir, ayrıca fiziki dünyanın kurallarıyla da uyumlu çalışabilir. Aynı doğanın kurallarından gece-gündüz, uzak-yakın, sıcak-soğuk gibi, evrende de, ancak zıt kutupların uyumu üzerine kurulan bir denge birliğine tabi olduğunda uyum içinde yaşanabileceği aktarılmaktadır (Resim 2). Örneğin, her coğrafi enlem için gün ışığının geleceği noktalar üzerinden belirlenen koordinatlar aracılığıyla Yin ve Yang'ın hesaplanmasını sağlayan bir gün ışığı modeli planlamak mümkündür (Jaeger, 2012).

Numeroloji ve Ebced hesabı gibi uygulamalar da bu öngörü çabalarına örnektir. Numeroloji, sayıların sembolik anlamlarına ve sayıların hayatımızdaki etkilerine odaklanan bir inanç sistemidir. Bu sisteme göre, sayılar enerji ve titreşim taşımakta,

kişinin doğum tarihi, adı gibi bilgiler üzerinden yorumlamalar yapılarak geleceğe dair çıkarım yapılabilmekte, kişilik özellikleri, kader veya gelecek gibi konular, sayıların sembolik yorumlarıyla incelenebilmektedir.

Bir düzen ve tasarım prensibi olan Feng Shui de numerolojik hesaplamalara dayanan mekansal düzenlemeleri içermektedir. Çin kültürüne özgü bu geleneksel pratikte de her sayının bir enerjisi ve titreşimi olduğuna inanılmaktadır. Bir tür enerji düzenlenme pratiği olarak da görülebilen bu yöntem nesnelerin tanımlı bir mekanın en uygun noktalarında konumlandırılmasında kullanılmaktadır.

Çin kültürüne ait bir başka öğreti de Orta Çağ dönemine dek uzanan, üç kare etrafında gelişen, rakamlarla bezenmiş bir büyülu inançlar sistemidir. Sihirli Kare (*Magic Square*) adıyla da bilinen bu diyagram *I-Ching* ve *Feng Shui* gibi Çin kültürüne ait önemli öğretilerden biridir. Zaman zaman kehanet pratiklerinde kullanılsa da, bu yöntemin aynı zamanda matematiksel analiz ve konumlandırma ihtiyaçlarını da karşıladığı görülmektedir. Bir efsaneye göre Lo Nehri'nin sularından ortaya çıkan ve Kral Yü'ye görünen kutsal bir kaplumbağanın kabuğunda yer alan bu diyagram (Resim 3), Sihirli Kare ile ilişkilendirmiş ve *Lo Shu* yani “Lo Nehri'nin Belgesi” olarak adlandırılmıştır (Cammann, 1960).



Resim 3: Sihirli Kare (a) ve Lo Shu Diyagramı (b), 1960

Kaynak: Cammann, S.V. (1960). The Evolution of Magic Squares in China. Journal of the American Oriental Society, 80, 117.

Sihirli Kare'ye Albrecht Dürer'in *Melencolia I* adlı eserinde de rastlamak mümkündür. Eser, gravürün sağ üst köşesine gizlenmiş bir sihirli kare içermektedir. Eserin üretildiği tarihi de veren bu detay, her 2x2 köşenin aynı toplama sahip olması

sembolik bir analiz yapılarak herhangi bir olaya veya duruma dair yorumlama yapılabilmesi amaçlanmaktadır. Özellikle İslam kültüründe yaygın olarak kullanılan bu yöntem, genellikle yazı ve hat sanatıyla da ilişkilendirilir. Numeroloji de, ebced hesabı da matematiksel temellere dayanan sembolik görselleştirmeler içermekte, ancak Ebced hesabı daha çok yazı ve hat sanatıyla, numeroloji ise kişisel yorumlama ve kehanetle ilişkilendirilmektedir.

Erken dönem simya ve büyü kitaplarında da matematiksel hesaplamalara ve geometrik formlara sıklıkla yer verilmekte; kimisinde doğa hareketleri, kimisinde matematiksel formüller, kimisinde ise toplumsal kurallar düzenlenmeye çalışılmaktadır. Ancak her birinin ortak noktası güdülen estetik kaygı ve kullanılan grafik öğelerdir. Her birinde şemalar diyagramlar ve formüller özenle resmedilmekte, bilgi aktarımı estetik görüntünün önemiyle birleşmektedir. Mizanpaj olarak bu eserlerin her biri farklı coğrafyaya ait olsa da ortak bir niyet taşımaktadır ki bu da matematiksel bir içeriğin, estetik bir şekilde aktarılması çabasıdır.

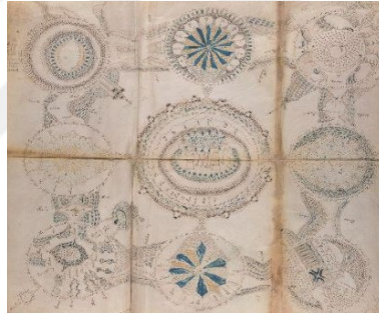
Ritim ve tekrar gibi temel tasarım ilkelerini izleyen bu eserler gestalt kuramıyla da uyumludur. Her sayfanın tasarım elementleri, metinler ve illüstrasyonların kompozisyon kullanımı ve sayfa düzenlemeleri ile bütün olarak ele alındıklarında, hazırlandıkları çağın oldukça ilerisinde bir estetik mizanpaja sahip oldukları söylenebilmektedir.

Gestalt kuramı, Max Wertheimer, Wolfgang Köhler ve Kurt Koffka'nın çalışmalarıyla ilişkilendirilen bir psikoloji terimidir, nesneleri veya kalıpları tek tek parçalardan ziyade bütüncül olarak algılayan bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu kavram bileşenlerinden farklı olabilen genel görünüm ve organizasyonel yapının önemini vurgulamaktadır. Gestalt kuramı sanat ve tasarımda nokta, şekil, doku, renk, biçim, espas yani boşluk dengesi gibi görsel tasarım ilkeleri ile bunların psikolojik etkilerini incelemektedir. Bir tasarımın başarısı bu öğelerin nasıl kullanıldığı ve yarattığı etki üzerinden değerlendirilmektedir.

Büyü kitapları, diğer adıyla *Grimoire*, genellikle ritüeller, büyüsel pratik ve formülleri içeren eserlerdir. Yazıldıkları dönemlere dair alternatif kültürel yaklaşımlar

içermelerinin yanı sıra, matematiksel bazı hesaplamalara ve ilginç diyagramlara sahiptirler. Bu yönleriyle de estetik bir form yakalarlar. Ayrıca bilgiye ulaşmak ve hayatta kalmak niyetiyle kaleme alındıklarından her ne kadar günümüz şartlarında mantık dışı veya geçerliliği olmayan bir iddia veya argüman taşıyan bir içerik sergileseler de, kendi dönemleri içerisinde değerlendirildiğinde, erken örnekler ve keşifler anlamında, örneğin geometrik veya astronomik araştırmalara katkıda bulunanlarına da rastlanabilmekte, gerçeğin aranış öyküsünde önemli bir rol üstlenmektedirler.

Orta çağa dair önemli eserlerden Voynich El Yazması (*Voynich Manuscript*) içerisinde anlaşılamayan bir dilde yazılmış metinler, ilginç bitki çizimleri ve karmaşık diyagramlar bulunur. Bu diyagramlar, matematiksel ve sembolik öğeleri içerirken gizemli bir estetik değer taşımaktadırlar (Resim 5).



Resim 5: Voynich el yazması, Yale Üniversitesi, 15.yy

Kaynak: <https://collections.library.yale.edu/catalog/2002046>

İçerisindeki felsefe taşına dair notlar nedeniyle simyacı George Ripley tarafından hazırlandığı düşünüldüğünden, adını kendisinden alan Ripley Parşömeni (*Ripley Scroll*), Orta Çağ dönemine ait bir el yazmasıdır. Bu eserde kimyasal dönüşümleri, alkimik sembolleri ve mitolojik motifleri gösteren karmaşık diyagramlar yer almaktadır (Resim 6). Bu diyagramlar, matematiksel oranları ve sembolleri kullanan sanatsal bir ifadeye sahiptir ve alkimik bilgileri sembolik bir şekilde aktarmayı amaçlamaktadır. Orijinali 15. yüzyılda kaybolan eserin yaklaşık 23 adet birbirinden farklılık gösteren kopyası bulunmaktadır. Eser yaklaşık 6 metre uzunluğunda bir parşömenden oluşmaktadır.



Resim 6: Ripley Parşömeni, Yale Üniversitesi, 15.yy

Kaynak: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ripley_Scroll.JPG

Benzer yapıdaki bir başka örnek Orta çağ dönemine ait bir büyü ve astroloji kitabı olan Bilgelerin Amacı oijinal adıyla *Ghāyat al-Hakīm* verilebilmektedir. Latince versiyonunun adı olan *Picatrix* ile de bilinen ve orijinal dili Arapça olan eserin 11. yüzyılda yazıldığı tahmin edilmektedir. Matematiksel oranlar, geometrik şekiller ve sembollerin bir araya geldiği bir yapıya sahip olan bu eser (Resim 7), matematiksel düzenlemelerin ve sembollerin büyüsel ve ritüel amaçlarla nasıl kullanıldığını gösterirken, aynı zamanda sanatta matematiksel ilhamın semiyolojik yaklaşım ve ritüel uygulamalarla nasıl birleştiğine dair fikir veren önemli bir örnektir.



Resim 7: Picatrix, Latince versiyon, Jagiellonian Üniversitesi Kütüphanesi, 1458-1459

Kaynak: <https://jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/1156/edition/868/content>

Kitap ayrıca içerik olarak H. P. Lovecraft tarafından, kendisinin yarattığı bir karakter olan Abdul Alhazred'in ağzından kaleme alınan, okült kurmaca kitap "Ölümler

Kitabı (*Kitab al-Azif* diğer adıyla *Necronomicon*)” ile oldukça benzerlik göstermektedir. Bazı kaynaklarda Nostradamus’un kehanetlerinin bu kitapta yer alan, geleceği görebilmeyi vadeden öğretilere dayandığı belirtilmektedir.

Bir diğer matematiksel içeriklerin estetik form olarak incelenebildiği erken örneklerden biri de diğer emsallerinden farklı bir coğrafyaya ait *The Book of Kells* yani Kells Kitabı’dır. Karmaşık ve süslü illüstrasyonlarıyla tanınan bu kitap, matematiksel prensipler ve hesaplamaların kullanımında önemli bir rol oynamaktadır (Resim 8). 2011 yılında *Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü* UNESCO’nun dünya mirası listesine de alınan kitap İrlanda kültürü için büyük önem arz etmektedir (UNESCO, 2011).



Resim 8: Kells Kitabı, Dublin Üniversitesi, M.S. 800

Kaynak: <https://digitalcollections.tcd.ie/concern/works/hm50tr726?locale=en>

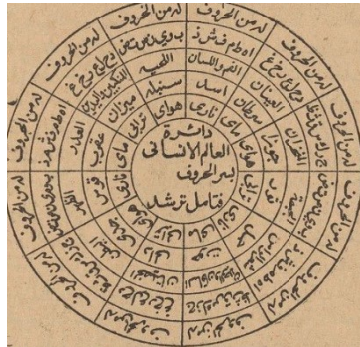
Kells Kitabı’nın sayfaları karmaşık geometrik desenlere ve tasarımlara sahiptir. Simetri, orantısal ilişkiler ve kesin ölçümler gibi matematiksel hesaplamalar kullanılarak oluşturulan bu desenler; geometrik bir yaklaşımla esere yapısal bir düzen ve estetik uyum katmaktadır. Ayrıca metin ve illüstrasyonların yerleşim düzeni de matematiksel hesaplamalar içeren bir titizliğe sahiptir. Her sayfa, dengeli oranlar, uyumlu aralıklar ve özenle planlanmış kompozisyonlardan oluşmaktadır. Bu matematiksel prensipler eserin görsel açıdan hoş ve dengeli bir forma ulaşmasında en büyük etkidir.



Resim 9: Firdevsî-i Tavîl, Davetname, 15.yy

Kaynak: <https://archive.org/details/DavetnameFirdevsiTavildrisCelebi>

15. yüzyılın ikinci yarısında yaşamış, Firdevsî-i Rûmî veya Firdevsî-i Tavîl adlarıyla da tanınan Uzun Firdevsi'nin kaleme aldığı Davetname, çeşitli Farsça ve Arapça kaynak üzerinden derlenerek oluşturulmuş bir yıldız ilmi kitabıdır. Farklı boyutlardan varlıkları çeşitli niyetlerle davet etmekte kullanılan bazı ritüelleri içermektedir. Kitapta ayrıca burçların illüstrasyonları ve detaylı açıklamalarının yanı sıra kitapta sözü geçen bazı varlıkların tasvirleri ve tılsım çizimlerine de yer verilmektedir (Resim 9). Eser devrin Osmanlı Sultanı II. Bayezid'e takdim edilmek üzere kaleme alınmıştır (Büyükkarcı, 1995).



Resim 10: Ahmed b. Ali el-Bûnî, Şems-ül Maarif, 1928

Kaynak: <https://collections.library.yale.edu/catalog/32304220>

Bir diğer eser olan *Büyük Bilgiler Güneşi*, *Şems-ül Maarif* - *Shams al-Ma'arif*, Ahmed b. Ali el-Bûnî tarafından 1200'lü yıllarda Kahire'de kaleme alınan, Orta Doğu

coğrafyasına ait, havas ilimlere dair önde gelen eserlerden biridir. Tılsım ve kehanet olarak kabul edilen bazı geometrik semboller, ritüeller ve matematiksel hesaplamalar içermektedir (Resim 10). Matematiksel ilhamın okült metinlerde nasıl kullanıldığına da örnek teşkil edebilen eser, aynı zamanda matematiksel düzenlemelerin sembolik ve ritüel amaçlarla nasıl birleştirildiğini ve sanatta nasıl bir etki yarattığını anlamak açısından önemli bir örnektir.

Orta Doğu coğrafyasına ait bir diğer tılsım kitabı olan Şaşılacak Şeyler Kitabı, orijinal adıyla *Kitab al-Bulhan*'ın Hassan Ali Nokhodaki Isfahani tarafından Sultan Ahmed Celayiri döneminde Bağdat'ta ciltlendiği düşünülmektedir. Matematiksel semboller, geometrik şekiller ve astrolojik bilgileri içeren bir el yazmasıdır (Resim 11). Bu eserde, matematiksel hesaplamalar ile sembollerin büyü uygulamalarındaki kullanımı görsel olarak tasvir edilmektedir.



Resim 11: Hassan Esfahani, Kitab al-Bulhan, 1380-1400

Kaynak: <https://archive.org/details/KitabAlBulhan>

Abdurrahman es-Sufi tarafından 964 yılında yazıldığı düşünülen Arapça astronomi kitabı olan *Kitab-i Suwar* yani Sabit Yıldızlar Kitabı'nda yıldızlar detaylı bir şekilde resmedilmektedir. İçerisinde numerolojik semboller ve simgeler yer alan kitap, illüstrasyonları ile de altın oran kurallarını takip ederek, detaylı geometrik desenlerle bezelidir (Resim 12). Her sayfanın düzeni matematiksel hesaplamalara dayanmakta ve eser orantılı bir estetik sunmaktadır.



Resim 12: Abdurrahman es-Sufi, Kitab-i Suwar, Kolombiya Üniversitesi, 1380-1400

Kaynak: https://openn.library.upenn.edu/Data/0032/html/ms_or_442.html

Bu erken dönem el yazmaları, ortak niyetleri olan zamanın ötesine dair öngörü çabaları bir yana, içerdikleri semboller, diyagramlar ve illüstrasyonlarla da ilgi çekicidir. Bilimsel olarak günümüzde geçerliliği tartışılabilen içeriklerine rağmen, estetiği matematikle birleştiren geometri kullanımlarıyla, bu eserlerin mizanpaj düzenlemeleri gestalt kuramı üzerinden de incelenebilmektedir. Ayrıca bu eserler, örüntülerin keşfi ve bu tekrarların anlamlandırılma çabasında buluşan ve her kültüre göre farklılıklar gösterebilen erken yazı örneklerindendir. İnsanlığın hayatta kalma çabasıyla deneye yanıla ulaştığı bu ortak kültürel mirası, gerçek bilgiye ulaşmaya çalışırken gösterdiği çabayı ve bu keşifleri bir şekilde elimine edip günümüz bilgi havuzuna dönüştüren bu yolculuğu anlamak için bu erken örnekler oldukça önemlidir.

Avrupa’da kullanımda olan romen rakamlarının hesaplamalarda zorluk yarattığı bir dönemden, günümüz rakamlarının kullanılmaya başlandığı sürece geçiş de bu dönüşümlere örnek gösterilebilmektedir. Pisa’lı Leonardo olarak da bilinen İtalyan matematikçi Leonardo Fibonacci’nin tüccar olan ve sık sık seyahat eden babası ile Cezayir’e gitmesi ve orada Arap bir eğitmeninden matematik eğitimi alarak Hint Arap matematiğiyle karşılaşması, Arap rakamlarının Avrupa’yla tanışmasına büyük katkıda bulunmaktadır.

Fibonacci’nin 1202’de kaleme aldığı *Liber abbaci* yani Abaküs Kitabı (Resim 13) adlı eserin yayınlandığı dönemde Hindu-Arap sayı sistemi Avrupa’da çok küçük bir

kesimce bilinmektedir. Fibonacci tarafından bu sayı sisteminin Abaküs Kitabı'yla Avrupa coğrafyasına tanıtılması ile her ne kadar başta kullanımı yasaklansa da, kitap bugün tüm dünyada kullanılan sayı sistemine geçilmesine öncü olmuştur. Fibonacci'nin sunduğu sistemin faiz hesaplama, para dönüştürme gibi hesaplamalarda sağladığı kolaylık sebebiyle, sistem dönemin günlük hayatında hızlıca kendisine yer bulmuştur. Ayrıca dönemin ticaret yapısına da kolayca uyum sağlayan bu sistem sayesinde bugün günümüzde hala global olarak bu rakamlar kullanılmaktadır.



Resim 13: Leonardo Fibonacci, Liber Abaci, 1202

Kaynak: <https://bibdig.museogalileo.it/tecanew/opera?bid=1072400>

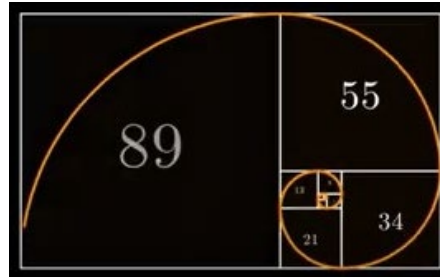
Kitapta Fibonacci önemli bir soru da ortaya koymaktadır. Bir araya konan bir dişi ve bir erkek tavşanın, her bir ayda; biri erkek, biri dişi olmak üzere yeni bir çift tavşan dünyaya getirdiği belirtilmekte ve bu tavşanların da ergenlik sürecine girmesi için bir ay süre gerektiği bilgisi eklenmektedir. Soru, hiçbir tavşanın ölmediği bir olasılıkta, bir yılın sonunda, toplam kaç çift tavşan olacağını sorgulamaktadır (Sigler, 2002).

Bu soru ile her bir çiftin doğumuna bir aylık süre eklendiğinde elde edilen sayıların, bir önceki toplam eklenerek ilerleyeceği sonucuna varılmakta ve “1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ...” şeklinde giden bir hesaplama ortaya çıkmaktadır. Bu sıralama *Fibonacci Dizisi*'dir. Bu dizideki ardışık her iki sayının da birbirine bölündüğü durumda da “1,61803...” sonucuna yani pi (π) sayısına, diğer adıyla *altın orana* ulaşılmaktadır. *Kutsal Oran* olarak da bilinen Altın Oran, adını Yunan alfabesindeki *phi* (Φ) harfinden

alan, doğanın kendi dili olarak kullandığı ve yüzyıllardır mimari formda sıklıkla kullanılan matematiksel kurallar bütünüdür. Pi sayısı, bir dairenin çevresinin çapına oranı olarak tanımlanır. Bu sabit sayı, matematikte yaygın olarak kullanılmakta ve dairelerin, eğrilerin ve dairesel hareketin matematiksel analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu oran, bir uzunluğun toplam uzunluğa olan oranının, oranın büyüklüğüne bağlı olarak, aynı oranda alt parçaya eşit olduğu bir özelliğe sahiptir.

İnsanlığın doğadaki estetik ve uyumlu yapıları keşfetme çabalarının bir ürünü olarak sıklıkla kullanılan altın oran, matematiksel bir veri olmasına karşın, sanat ve tasarım alanında da oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu orana sahip herhangi bir form, insan gözüne estetik açıdan güzel gelen bir görüntü izlendiği algısı yaratmaktadır. Bu etkisinden dolayı, binlerce yıldır sanatçılar, mimarlar ve tasarımcılar, eserlerinde bu matematiksel kurallardan faydalanarak etkili bir üretim yöntemi izlemişlerdir. Zira altın oran, matematik, sanat ve doğada görülen simetri ve estetik değerlerle ilişkilendirilir. Sanatta altın oran günümüzde daha çok ritim, biçim, denge gibi kavramlarla incelenebilmektedir (Turgut, 1990).

Spiral formlardan en bilineni Fibonacci sayılarına dayanan ve altın oranı içeren bir sarmal model olan *Fibonacci Spirali*'dir (Resim 14). Fibonacci sayılarındaki ardışık sayılar birbirine bölündüğünde yaklaşık olarak altın oran elde edilir. Bu sarmal model, doğada yaygın olarak gözlemlenen birçok örnekte görülür.



Resim 14: Fibonacci Sarmalı, tarihsiz

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=KKM0dzgJgf8>

Logaritmik bir fonksiyona dayanan sarmal model ise *Logaritmik Spiral* olarak adlandırılmaktadır. Her dönüşte belirli bir oranda büyüyen veya küçülen bir spiral yapısını ifade eder. Logaritmik spiral, özellikle deniz salyangozlarının kabuklarında ve bitki yapraklarında sıkça görülür.

Arşimet Spirali veya diğer adıyla *Aritmetik Spiral* her dönüşte aynı açısall hızla genişleyen veya daralan bir yapıya sahiptir. Bu sarmal model, bazı çiçeklerin yaprak düzenlemelerinde ve bazı deniz kabuklarında bulunabilir. Bu sarmal örneklerin bazıları fraktal teorisiyle uyumludur. Fraktal teorisi, kendine benzer desenlerin farklı ölçeklerde tekrarlandığı geometrik yapıları tanımladığından, özellikle Fibonacci Spirali ve Logaritmik Spiral, fraktal özelliklere sahip olduğu için fraktal teorisiyle benzeşim gösteren bir yapıya sahiptir.

Bu sarmal örnekler, sanatsal değer taşıyan ve görsel olarak estetik olarak kabul edilen modellerdir. Temel tasarım ilkeleriyle uyumlu olarak oran orantı, denge, ritim, tekrar, kompozisyon denge gibi kuralları takip eder. Oran ve denge unsurları, sarmalların, temel tasarım ilkeleriyle uyumlu çalışan kurallarındandır. Sarmalın oranları, özellikle altın oran gibi matematiksel oranlara uygun olarak tasarlanabilir. Bu oranlar görsel dengeyi ve estetik algıyı güçlendirebilir. Sarmallar, tekrar eden ritmik yapılarıyla görsel bir ritim oluşturabilir. Bu ritmik tekrarlar, tasarıma hareket ve ilgi katarak estetik bir etki yaratabilir ki bu da temel tasarım ilkelerinden ritim ve tekrar ile uyumlu çalışmaktadır.

Ayrıca sarmallar dikkatlice düzenlenmiş ve uyumlu bir biçim ve kompozisyonla sunulabilir. Yaratıcı ve estetik bir biçim ve kompozisyon seçimi, tasarımın etkileyciliğini artırabilir. Bu da kompozisyon gibi tasarımın temel elementlerinden biriyle uyumlu kullanılabildiklerini göstermektedir. Bu temel tasarım ilkeleri, sarmalların estetik değerini ve görsel cazibesini güçlendirmeye yardımcı olurken, matematiksel altyapıları da tasarıma derinlik ve anlam katmaktadır.

En bilinen ezoterik sarmal formlardan biri olan *Ouroboros*, yılanın kendi kuyruğunu ısırarak oluşturduğu bir semboldür (Resim 15). Ouroboros'un devingen formu altın oran gibi geometrik oranları yansıtarak, spirallerin büyüme modelleri ile geometrik oranlarla olan ilişkisi gibi konuları da kapsayarak matematiksel sanatta kullanılan sarmal

formlara bir örnek olarak görülebilmektedir. Bu sembol fraktal teoriyle de ilişkilendirilebilir. Zira ouroboros sembolü, kendini sürekli olarak tekrar eden bir şekli yansıttığından, bu bağlamda fraktal özelliklere sahiptir denilebilir. Ayrıca bu sembol kutsal geometriyle de ilişkilendirilebilir. Resimlerde, heykellerde, takılarda veya el yazmalarında ouroboros sembolüne rastlanabilir. En iyi örneklerinden bazıları antik Mısır'daki eserlerde, Orta Çağ simya metinlerinde veya çağdaş sanat eserlerinde bulunabilir. Yılanın sarmalı, görsel olarak bir denge ve uyum hissi yaratır. Sembolün yuvarlak hatları ve döngüsel formu, estetik bir çekicilik ve akıcılık sağlar.

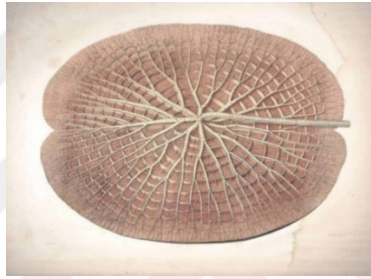


Resim 15: Ouroboros, Cyprianus – Kara Kitap, 18.yy sonları

Kaynak: <https://www.britannica.com/topic/Ouroboros#/media/1/435492/211779>

Bunun yanı sıra Ouroboros mitolojik ve simgesel anlamda değer taşımaktadır. Bu bağlamda, sembolün kökenleri, farklı kültürlerdeki kullanımı ve sembolün temsil ettiği anlamlar farklıdır. Bunlardan bazıları, sonsuzluk, döngü, yeniden doğuş, birlik ve bütünlüktür. Çünkü yılanın kendi kuyruğunu ısırması, başlangıç ve sonun birbiriyle bağlantılı olduğunu ve yaşamın sürekli bir döngü içinde olduğunu sembolize etmektedir. Form olarak sürekli bir döngü içinde olan yaşam döngüsünü ve sürekli değişimi ifade etmektedir. Yılanın kendi bedenini tamamlaması ise, her şeyin birbiriyle bağlantılı olduğunu ve her şeyin bir bütünün parçası olduğunu temsil etmektedir.

Aynı ouroboros formunda vücut bulan spiralin oranları gibi; doğada, ağaçların dallarına olan oranları, damarların (Resim 16) ya da yaprakların birbirine olan oranları ile çiçeklerin, meyvelerin veya bitkilerin büyümede izlediği yollar gibi birçok form, yine benzer yapıdadır (Resim 17). Hayvanlarda da bu oran görülebilmektedir; örneğin bazı deniz kabuklarının formları altın oranla ilişkilendirilen en iyi örneklerden biridir. Bunun yanı sıra bazı kuşların kanatları ve bacakları arasındaki oran, altın orana oldukça yakın bir değerdedir. Aynı şekilde, kurbağalar ve bazı balıklarda da örneğin köpek balıkları ve yunusların iskelet yapısında da yine altın oran gözlenebilmektedir.



Resim 16: William Sharp, Victoria regia, or The great waterlily of America, 1854

Kaynak: <https://archive.org/details/mobot31753000796083>

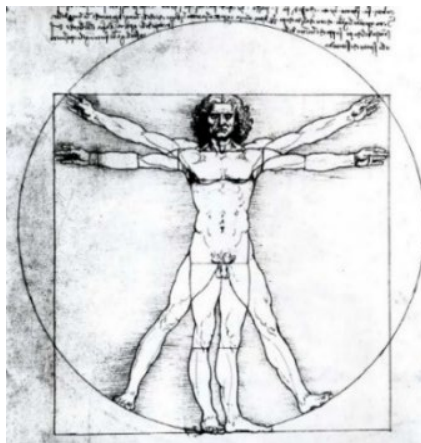
Bu prensipler tasarımda biyomimetik kavramı üzerinden incelenebilir. Biyomimetik kavramı ilk kez 1950'lerde Alman Biyolog Otto Schmitt tarafından ortaya konmuştur. Biyomimetik tasarım anlayışı doğadan ilham alarak insan yapımı ürün ve sistemlerin tasarımında kullanılmaktadır. Schmitt'in teorisine ek olarak yine birçok bilim insanı tarafından izlenen bu yöntem biyomimikri adıyla da ilk kez 1997 yılında Janine Benyus tarafından doğanın kendi tasarım dilini analiz ederek bunun dünyaya faydalı modeller geliştirmede kullanılabileceği fikriyle ele alınmıştır (Benyus, 1997). Kuşların kanatlarından esinlenerek geliştirilen uçak kanatları, suyun yüzey gerilimini azaltmada lotus yaprağından etkilenecek geliştirilen su itici kaplamalar; doğadaki formlar, malzemeler ve süreçlerden ilham alarak geliştirilen tasarım çözümlerine örnektir. Bunun yanı sıra sanatta da benzer bir yaklaşımla karşılaşmak mümkündür.



Resim 17: Laitr Keiows, Victoria amazonica - bir yaprağın arka yüzü, 2009

Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/Victoria_amazonica

Antropometri, insan vücudundaki her bir parçanın diğerine oranını inceleyen bir bilim dalıdır. Leonardo da Vinci de sanatçıların doğayı incelediği takdirde bu orantıların varlığını keşfedeceğine dair inancını birçok kez belirtmektedir. Zira kendisinin çalışmalarına da bakıldığında sıklıkla doğal formları etüt ettiği ve bunlardan hareketle sanat ve tasarım ilkelerini belirlediği görülmektedir (da Vinci, Richter, 1998). En bilinen eserlerinden biri olan *Vitruvius Adamı* (Resim 18) incelendiğinde bu çalışmanın antropometrik olarak insan vücudundaki ideal orantıları yansıttığı görülmektedir. *Mona Lisa* adlı eserinde de altın oranı görmek mümkündür. Altın oran birçok sanatçının eserinde görülebilir. Bu sebeple sanat ve matematiğin iş birliği oldukça önemlidir (Daubechies, vd, 2011).



Resim 18: Leonardo da Vinci, Vitruvius Adamı, 1509

Kaynak: <https://www.britannica.com/topic/Vitruvian-man>

1.2. Fraktalizm ve Kaos Teorisi

Fraktalizm, oran ve orantıyla sıkı bir ilişkiye sahip olan ve matematiksel olarak geometrik perspektiften ele alınması gereken bir kavramdır. Geometri terimi Antik Yunanca yeryüzü anlamına gelen *geo* ve ölçme anlamına gelen *metron* kelimelerinin bir araya gelmesi ile oluşturulmuştur. Geometri genel olarak şekil, uzay, boyut ve bunların birbiri ile ilişkisini ele alan matematiksel bir bilim dalıdır. Yapı inşası ve arazi ölçümü gibi amaçlarla insanlık tarihinde oldukça eski bir geçmişe sahip bu disiplinin bir bilim dalı haline gelmesi ancak Antik Yunan uygarlığıyla olmuştur.

Tales, Pisagor, Arşimet gibi önde gelen Antik Yunan matematikçileri geometriye büyük katkılarda bulundularsa da aralarından Öklit'in derlediği *Elementler* adlı eser, günümüz geometrisinin temel prensiplerini ve teoremlerini ortaya koymaktadır. Bu dönemde geometri, düzlem ve üç boyutlu şekillerin incelenmesiyle ilgilenmektedir. Ancak öklit geometrisinin yetersiz olduğu durumlar da bulunmaktadır. Bunlardan ilki *doğal olarak karmaşık* şekillerin analizidir. Bu şekillere birbirini farklı ölçeklerde tekrar eden bitki dalları örnek olarak verilebilir. Öklit geometrisi düzensel geometrik şekillerin hesaplanmasında etkili olduğundan bu şekillerin ölçülenmesinde yetersiz kalmaktadır. Bir diğeri ise kıyı ölçümleridir. Kıyı şeritleri düz bir doğrudaki gibi görünse de aslında çoğunlukla oldukça girinti çıkıntıya sahip formlardan oluşmaktadır ki bu yapısıyla öklit geometrisi üzerinden hesaplamaya çok da elverişli değildir.

Dağların yüzey yapısı da düzensiz ve karmaşık doğasıyla öklit geometrisi üzerinden ölçülemeye uyum göstermemektedir. Dalgalanmalar gösteren karakteristiğiyle yapısı ile dağ gibi değişken formlar, düzlemler gibi basit geometrik şekillerin analizine yarayan öklit geometrisi üzerinden açıklanamamaktadır. Bu tür formların geometrik olarak ele alınabilmesi ancak Benoit Mandelbrot sayesinde fraktal geometrinin keşfi ile mümkün olmuştur (Esi, 2017).

Belki bir dağa baktığımızda düz bir çizgide ilerleyen bir kontüre sahip olduğu hissine kapılırız. Ancak Mandelbrot'a göre, doğada her form kendi detaylarını içermekte, tekrar etmekte ve bu yolla kendi pürüzlü yapısını korumaktadır. Örneğin bulutlar bir küre, dağlar koni, kıyı şeritleri ise daire formundan ibaret değildir. Ağaç kabukları

pürüzsüz bir yapıya sahip değildir, bununla birlikte yıldırımlar da düz bir çizgiyi takip etmemektedir. Tüm bunlar fraktalite ile açıklanabilmektedir (Mandelbrot, 1982). Ayrıca fraktal yaklaşım doğanın görünümü kadar kurallarını da temsil etmektedir. Zira yapılan bir araştırmaya göre fraktal orantılama yöntemiyle alan tarayan albatrosların yiyeceğe ulaşma ve avlanma şanslarının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Viswanathan, vd, 1996).

Fraktal geometri kendine benzerlik özelliği gösteren, kaos teorisi ve rastgelelikle ilişkilendirilebilecek karmaşık yapıları incelemektedir. Fraktaller üzerine ilk çalışmalar 20. yüzyılın başlarında Fransız matematikçiler Pierre Fatou ve Gaston Julia tarafından iterasyon yöntemi üzerinden geliştirilmiştir. İterasyon yani tekrarlama, bir işlemi ya da süreci genellikle formül veya algoritmalar yoluyla ardarda tekrarlayarak sonuç elde etmeye yarayan matematiksel bir yöntemdir. *Fatou Kümesi* ve *Julia Kümesi* olarak anlandırdıkları fraktal yapıları, genellikle kompleks analize yönelik *iteratif* süreçleri kapsarken, özellikle kompleks analiz alanında hem iterasyon hem de fraktal yapılara dair önemli katkılar sağlamaktadır.

Fatou ve Julia'nın 1920'lerde ortaya koyduğu bu teoremler, bu araştırmaları yakından inceleyen Polonya doğumlu Fransız-Amerikan matematikçi Benoit Mandelbrot tarafından, aynı yüzyılın ancak ikinci yarısında, daha geniş bir perspektifte ele alınarak "*Fraktal*" terimi icat edilmekte ve *Mandelbrot Kümesi* üzerinden fraktal teori yaygın hale gelebilmektedir (Sala, 2021).

Fraktal teoriye göre üç çeşit kendine benzerlik vardır. Bunlardan ilki tam kendine benzerlik ilkesidir. Bu benzerlik türünde fraktal farklı ölçeklerde aynıdır. Bu en güçlü kendine benzerlik türüdür. Bir diğeri, yarı-öz-benzerliktir. Bu tür benzerliklerde fraktal farklı ölçeklerde, birebir kopya olmayan biçimde, yaklaşık olarak aynıdır. Bu, kendine benzerliğin daha az kesin bir şeklidir. Yarı kendine benzer fraktaller ise, tüm fraktalin dejenere ve çarpıtılmış şekillerde küçük kopyalarını içerir. Bu, yinleme ilişkileri ile tanımlanan fraktal türüdür ve bu türün fraktal oluşumunda tekrar esastır.

İstatistiksel kendine benzerlik ise bunlardan farklı olarak fraktalin, ölçekler arasında korunan istatistiksel veya sayısal ölçülere sahip olmasını ifade eder ve bu

yöntemde kesin ölçekler belirlemek yerine, her yinelemede her parçanın ölçeği belirli bir aralıktan rastgele seçilir. Bu, kendine benzerliğin en zayıf türüdür. Fraktalin en yaygın tanımları bu tür bir kendine benzerlik anlamına gelir. Rastgele fraktaller, istatistiksel olarak kendine benzeyen fraktallerin örnekleridir (Sala, 2021).

Coğrafi yapılar, dağlar ve denizler birbirini farklı biçimde tekrar eden doğal oluşumlardır. Öklit geometrisinin bu oluşumları anlamakta yetersiz kalması sebebiyle doğanın bu kurallarını ölçümlemek için doğa gibi hareket etmek gerekmektedir (Resim 19). Tam da bu sebeple Mandelbrot 1967 tarihli makalesinde, *Kıyı Şeridi Paradoksu* teoremini ortaya koyarak, kıyı şeridi ölçümünün kırıklar yani fraktaller hesaba katılmadan ölçülemeyeceğinin altını çizmektedir. Mandelbrot bu ölçümlerin ancak geleneksel yöntemlerden farklı bir biçimde ele alındığı takdirde doğru verilere ulaşılabileceğini aktarmaktadır (Mandelbrot, 1967).



Resim 19: Why You Can't Measure the Coastline of Britain, 2023

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=AD4vPNBSrKY>

İngiliz meteorolog Lewis Richardson tarafından başlatılan kıyı şeridi araştırmalarını bir üst seviyeye taşıyan Mandelbrot, Richardson'a atıfta bulunarak teoreminin kabulünde rol üstlenmektedir. İlgili araştırmasında türbülansın da büyüklü küçüklü ölçeklerde birbirini tekrar eden hava akımlarından oluştuğuna değinen Richardson, büyük girdapların her birinin o girdabın hızından beslenen küçük girdaplara sahip olduğuna ve bu küçük girdapların da kendilerinden küçük boyuttaki bir başka

girdabı içerdiğine değinmekte; bu döngünün ise viskoziteye dek devam ettiğine işaret etmektedir (Richardson, 1922: 66).

Fraktalite, genellikle bir nesnenin veya örüntünün kendini benzer parçalara bölünebilme özelliği ile ilişkilidir. Fraktal geometri, doğada ve sanatta gözlemlenen bu tür örüntüleri ve yapıları inceleyen matematik dalıdır. Ancak bir şeyin fraktal olabilmesi için sadece iterasyonlardan yani matematiksel işlem tekrarlarından oluşması gerekmez; aslında, kendini benzer parçalara bölme özelliği daha genel bir kriterdir.

Fraktal örüntüler, matematiksel olarak belirli bir özelliği tanımlayan tekrarlanabilir bir yapıya sahiptir. Bu tekrarlanabilir yapı, bir önceki durumun bir tür dönüşümü ile oluşturulan bir sonraki durumu içerir. Bu süreç tekrarlandıkça, örüntü giderek karmaşıklaşır ve daha küçük ölçekte benzerlikler gösterir. Doğadaki birçok örnek, fraktal geometriyi yansıtan ancak tam olarak matematiksel iterasyonlara uymayan örüntülere sahiptir. Bir şeyin fraktal olup olmadığı, fraktal desenlerden oluşup oluşmadığı veya fraktal geometriyi yansıtıp yansıtmadığı da dahil olmak üzere dikkate alınması gereken farklı yönler vardır.

Fraktal geometri; farklı ölçeklerde kendine benzer desenlere sahip düzensiz, parçalanmış şekiller veya süreçlerle ilgilenen bir matematik dalıdır. Bir fraktal kendine benzerliğiyle tanımlanır; bu, aynı modellerin nesne veya sistem içinde çeşitli ölçeklerde tekrarlandığı anlamına gelir.

Bir şeyin fraktal olması genellikle farklı ölçeklerde kendine benzerlik göstermesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu kendi kendine benzerlik, aynı modelin daha küçük kopyalarının farklı büyütme seviyelerinde tekrarlandığı yineleme yoluyla meydana gelebilir. Ancak tüm fraktallar yalnızca yineleme yoluyla oluşturulmaz; bazıları öz-benzerliğe yol açan özyinelemeli algoritmalar veya diğer matematiksel süreçler kullanılarak yaratılmaktadır.

Bir şeyin fraktal desenlerden oluşması ise nesneler veya sistemlerin genellikle farklı seviyelerde kendine benzerlik veya benzer geometrik özellikler göstermesiyle

ilgilidir. Bu, nesnelere yakınlaştıkça veya uzaklaştıkça şekillerin veya yapıların tam olarak veya varyasyonlarla tekrarlanmasını içerebilir.

Fraktal geometrinin sanata yansıtılması ile ilgili ise "fraktal" teriminin matematiğin ötesinde sanat, bilim ve doğa gibi çeşitli alanlarda daha geniş bir şekilde uygulandığını belirtmek önemlidir. Katı matematiksel tanımlar kesin bir öz-benzerlik gerektirebilirken, sanatsal ve estetik bağlamlarda bu terim genellikle karmaşıklık ve yinelenen kalıplar duygusunu iletmek için daha esnek bir şekilde kullanılır. Sanatçılar genellikle fraktal geometriden ilham alan fraktal desenleri veya ilkeleri eserlerine dahil ederler. Ancak bu, bir sanat eserinin her detayının matematiksel olarak kesin bir fraktal olduğu anlamına gelmez; sanatçılar, görsel olarak ilginç ve karmaşık kompozisyonlar oluşturmak için fraktal benzeri yapılar, kendine benzeyen desenler veya yinelenen öğeler kullanabilirler. Dolayısıyla sanat bağlamında "fraktal yaklaşım", fraktal geometriden ilham alan matematiksel ilkelerin, algoritmaların veya görsel tekniklerin kullanılarak görsel örüntülerin tasarlanması ve ifade edilmesi anlamına gelebilir. Bu yolla oluşturulan eserler, karmaşık ve kendine benzer parçalardan oluşan yapılar içerebilir. Ayrıca bilgisayar tabanlı grafikler ve dijital sanat yoluyla, fraktal geometriyi kullanan çeşitli görsel efektler ve karmaşık desenler oluşturabilir. Dolayısıyla sanatın incelenip kurallarının yorumlanabilmesinde matematik ve geometrik yaklaşımdan faydalanılabilir. Bu anlamda fraktaller oldukça işlevseldir. Sanat eserlerinin bazılarında altın orana rastlanırken, bazılarında da açıkça fraktalleri görmek mümkündür.



Resim 20: Leonardo da Vinci, Tufan (The Deluge), 1518

Kaynak: <https://www.rct.uk/collection/912380/a-deluge>

Benoit Mandelbrot ünlü kitabı *Doğanın Fraktal Geometrisi*'nde özellikle birkaç eser üzerinde durmaktadır. Bunlardan ilki de, Richardson tarafından keşfedilen bu kuralı, ondan dört yüzyıl önce kadar resmettiği görülen Leonardo da Vinci'dir. Zira o da benzer biçimde, öncü bir yaklaşımla ürettiği başka birçok eseri gibi, *Tufan* adlı eserinde bu girdap yapısını yansıtmaktadır (Resim 20). Mandelbrot'a göre hemen hemen tüm klasik kompozisyonla planlanmış resimlerdeki gibi, tablonun geneline bakıldığında, büyük boyutlarda kullanılan en az bir parçanın detaylarda gizlenen küçük boyutta tekrarı görülmektedir (Mandelbrot, 1982: 277). Bu sebeptendir ki fraktal yapıda ölçeklendirilmiş tekrar eden formlara yalnızca doğada değil, aynı zamanda sanat eserlerinde de rastlamak mümkün olmaktadır (Williams, 2011).

Mandelbrot'un kitapta değindiği bir diğer eser ise *Bible moralisée* (Codex Vindobonensis 2554) dir. Fibonacci 1202'de Liber Abaci'yi kaleme aldıktan çok sonra hazırlanan bu tezhipli el yazması (illuminated manuscript) İncil'in Fransızca versiyonudur. Eserin ilk sayfalarında karşılaşılan bir resimleme tanrıyı evreni ölçümleyen tasvir etmekte ve bunu yaparken de dünyayı çevreleyen fraktal benzeri formlar kullanılmaktadır (Resim 21).

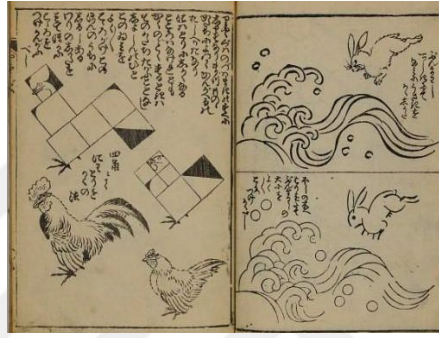


Resim 21: Bible moralisée, Codex Vindobonensis, 1225

Kaynak: https://digital.onb.ac.at/RepViewer/viewer.faces?doc=DTL_2246547

Fraktallerden bahsederken Tanrı'nın imzası olarak nitelendirilebilecek dünya üzerindeki parmak izi olduğu savına sıklıkla rastlanmaktadır. Fraktal teoriyi ortaya

koyması sebebiyle çoğunlukla Mandelbrot’a atfedilen bu yaklaşıma göre, doğanın hemen her yerinde fraktallerin izine rastlanabilmekte ve evrenin güzelliği, özellikle de altında yatan düşünsel yapıyı anlayabilmek ancak fraktal formların yapısını çözmekle mümkün olabilecektir. Eser de bu görüşle paralel bir biçimde, üst çerçevesinde yer alan metinde “*Burada tanrı gökyüzü ve yeryüzünü, güneşi ve ayı ve tüm elementleri yaratmaktadır.*” yazmaktadır. Alt çerçevede ise dışarı taşan ayak figürü ile görülebilenin ötesine işaret edilmektedir (Mandelbrot, 1982).



Resim 22: Katsushika Hokusai, Ryakuga hayaoshie:18-19, 1812-1814

Kaynak: <https://pulverer.si.edu/node/314/title/1/107>

Fraktal teriminin literatüre girişi ilk kez Mandelbrot ile olduğundan, bu eserler genellikle bu tarihe değin temel tasarım öğelerinden tekrar, ritim gibi kavramlarla ele alınmış, taşıdıkları fraktal özellikler üzerinden yorumlanmamıştır. Japon *ukiyo-e* sanatının önde gelen isimlerinden Katsushika Hokusai 1804 yılında yayınlanan kitabı *Basit ve Hızlı Çizim Kılavuzu* (Ryakuga hayaoshie)’nda (Resim 22) dalgalar örneği üzerinden birbirini tekrar eden formların doğada nasıl bulunabileceğini ve bunların nasıl stilize edilerek sanatta kullanılabileceğini aktarmaktadır (Cartwright & Nakamura, 2009).

Hokusai’nin ünlü eseri “Kanagawa Dalgası”nı (Resim 23) ortaya koyduğu dönemde henüz “fraktal” teriminden bahsetmek mümkün değildir. Yine de Mandelbrot, Hokusai tarafından *Fuji Dağı’nın 36 Görünümü* (Fugaku Sanjūrokkei) serisinin bir parçası olarak 1832 yılında üretilen bu eserde kullanılan dalgaların ve bulutların açıkça bir fraktal olduğunu belirtmektedir (Jersey, Schwarz, 2010).



Resim 23: Katsushika Hokusai, Kanagawa Dalgası, 1832

Kaynak: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/45434>

Öte yandan Hokusai de her ne kadar “fraktal” terimini kullanmadan da olsa kitabında örüntülere işaret etmekte, doğal formlar ve bunların stilizasyonuna dair okuyucularına yol göstermektedir. Bir diğer *ukiyo-e* sanatçısı Mori Yusen’in 1903’te yayınlanan kitabı *Hamonshu* de sarmal formlar üzerinden dalgaların nasıl çizileceğine dair anlatılar içermektedir. Kitap ahşap baskı resimlerden oluşmakta, birbirini tekrar eden dalga desenlerini içermektedir.

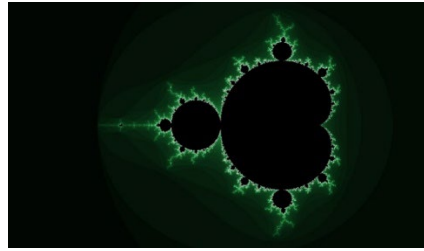
Benoit Mandelbrot'un fraktallerle ilgili çalışmaları, neredeyse bir asırlık bir zaman dilimini kapsayan iki farklı hikayenin odak noktasında yer almaktadır ve bu hikayeler arasında belirgin bir rol değişimine uğramıştır. Başlangıçta, 1875 ile 1925 yılları arasında bazı fraktaller, mevcut matematik paradigmasının temellerini sarsmak üzere kasıtlı olarak tasarlanmış ve bu kümeler o dönemde genellikle *canavarlar* olarak adlandırılmıştır. Matematiğin diğer alanları, yeni araçlara ihtiyaç duyan fizikçiler için umut verici bir beslenme alanı olarak görülürken, bu canavarların doğayla tamamen ilgisiz olduğu düşünülmüştür. Ancak, yarım yüzyıl boyunca bu canavarların neredeyse hiçbiri oluşturulmamıştır. Mandelbrot’a göre bu keşfin kırılma noktası, bu canavarlardan birinin diğerine, insan dünyasının şekli hakkındaki eski bir soruya cevap verebilecek, merkezi kavramsal bir araç olarak hizmet edebileceğini fark etmeye başlamasıyla başlamıştır. Bu keşif, birçok yeni örnek ve deneme üzerinden fraktal geometrinin formülasyonuna yol açmıştır (Mandelbrot, 1982).

Mandelbrot'un fraktal geometri üzerine yaptığı çalışmalar, sanat, bilgisayar bilimi, fizik ve daha birçok farklı alanda önemli bir etki yaratmıştır. Matematiksel analizin

kalkülüsün en gelişmiş hali olarak kabul edilen klasik biçimi, birçok kişi için ilginç bir konu olmuştur. Mandelbrot'a göre, analizin uzun süre sade bir yapıya sahip olduğuna inanılmış; ancak artık öyle olmadığı anlaşılmıştır. Ona göre, analizin bilinen yüzü yüzyıllardır süregelen basit bir yapıyı temsil ederken, gizli yüzü genellikle çekici ve eğlenceli olarak nitelendirilmekte, sade analizin büyük ustalarına duyulan saygının, Pierre Fatou ve Gaston Julia'nın eski çalışmalarından haberdar olan bir grup matematikçi için durumun şaşırtıcı olmadığını ifade etmektedir. Mandelbrot'a göre , bu şekillerin karmaşıklığı, analizin keskinliğine katkıda bulunmuştur. Ayrıca bu karmaşıklığın estetik yönünün keşfinin bu alandaki birçok tanığın deneyimlerini aştığını düşünmektedir (Mandelbrot, 1982).

Birbirinden farklı yaklaşımlara sahip ancak temelde tekrar ve kendine benzerlik gibi kuralları kapsayan, çok çeşitli, sayıları sürekli olarak artan fraktal modeller vardır. Ancak temel fraktal modelleri arasında *Mandelbrot Kümesi*, *Julia Kümesi*, *Koch Kar Tanesi*, *Sierpinski Üçgeni* sayılabilir.

Mandelbrot Kümesi (*Mandelbrot Set*), belirli bir karmaşık düzlemde bir noktanın serisinin sınırlı mı yoksa sınırsız mı olduğunu belirleyen bir fraktal modelidir (Resim 24). Karmaşık sayı düzlemindeki noktaların bir kümesini gösteren bir fraktaldır. Karmaşık sayıların iterasyon üzerinden hesaplanan değerlerinin sınırlarını gösteren, görsel olarak karmaşık ve ayrıntılı bir yapıya sahiptir.



Resim 24: XaoS yazılımıyla oluşturulmuş Mandelbrot Kümesi

Kaynak: Yazar Arşivi

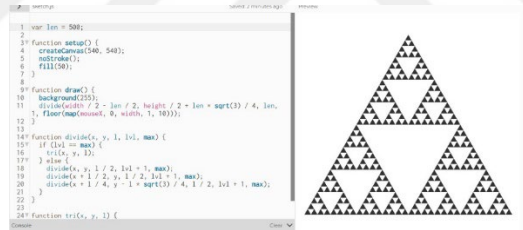
Julia Kümesi (*Julia Set*), Mandelbrot Seti'ne benzemekle birlikte bir karmaşık sayının, bir serisinin, sınırlı mı yoksa sınırsız mı olduğunu belirleyen fraktal yapıdır.

Karmaşık sayı düzlemindeki noktaların bir kümesini gösteren bir fraktaldır. Her bir noktanın tekrarlanan işlemlerle hesaplanan değerlerinin sınırlarını gösterir ve farklı parametrelerle farklı şekillere sahip olabilir.

Julia-Mandelbrot Kümesi (*Julia-Mandelbrot Set*) Julia Set'in Mandelbrot Set ile birleştiği bir fraktaldır. Julia Set'in her noktasında Mandelbrot Set'in bir kısmı görülür.

Koch Kar Tanesi (*Koch Snowflake*) üçgenin kenarlarına tekrar eden şekillerin eklenmesiyle oluşturulan hiyerarşik bir şekilde yapılandırılmış bir fraktaldır. Her adımda, üçgenin kenarları üç eşit parçaya bölünerek yeni parçalar eklenir.

Sierpinski Üçgeni (*Sierpinski Triangle*) bir üçgenin içerisindeki alt üçgenlerin tekrarlanan şekilde çıkarılmasıyla oluşturulan bir fraktal modelidir. Sierpinski Eğrisi (*Sierpinski Curve*) ise kendini benzer şekilde tekrar eden bir fraktal eğridir. Her adımda, eğriye yeni bir parça eklenerek oluşturulur (Resim 25).



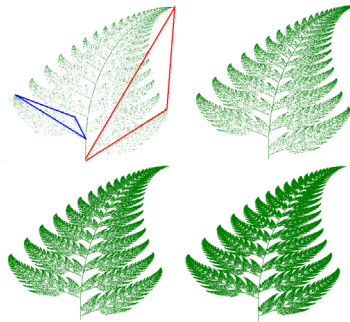
Resim 25: P5.js ile Kodlanmış Recursive Sierpinski Triangle

Kaynak: Yazarın Arşivi

Sierpinski Üçgeni ve Sierpinski Eğrisi temelde aynı matematiksel prensiplere dayanır, ancak şekilleri ve oluşturulma yöntemleri sebebiyle farklılardır. Sierpinski Üçgeni, bir üçgenin içindeki daha küçük üçgenlerin tekrarlanan şekilde çıkarılmasıyla oluşturulan bir fraktal modelidir. Başlangıçta, büyük bir üçgenin içinde üç küçük üçgen bulunur. Ardından, bu küçük üçgenlerin her birinin içinde de aynı yapı uygulanır, bu süreç tekrar edilir. Her adımda, üçgenin boyutu küçülür ve yapı, üçgenin içindeki küçük üçgenlerin çıkarılmasıyla devam eder. Sierpinski Eğrisi ise başlangıçta belirli bir düz çizgi parçasının içinden belirli bir desenin çıkarılmasıyla oluşturulan bir fraktal modelidir. Başlangıçta, bir doğru parçası belirli bir desenle bölünür. Daha sonra, her

parçanın içinden aynı desen çıkarılır ve bu süreç tekrarlanır. Her adımda, orijinal çizgi parçası üzerinde küçük bölümler çıkarılarak eğri oluşturulur. Temel fark, başlangıçtaki geometrik şekil ve bu şekil içinde yapılan çıkarımlardır. Sierpinski Üçgeni, başlangıçta bir üçgen içerir ve içindeki üçgenlerin çıkarılmasıyla devam eder. Sierpinski Eğrisi ise başlangıçta bir doğru parçası içerir ve bu doğru parçasının içinden yapılan çıkarımlarla oluşturulur.

Sierpinski Ok Başlığı Eğrisi (*Sierpinski Arrowhead Curve*) ise Sierpinski fraktal ailesine ait bir tür fraktal eğridir. Bu eğri, her adımda bir ok başının içinden belirli bir desenin çıkarılmasıyla oluşturulur. Başlangıçta, bir çizgi parçası bir ok başının içinde belirli bir desenle bölünür. Daha sonra, her parçanın içinden aynı desen çıkarılır ve bu süreç tekrarlanır. Her adımda, orijinal çizgi parçası üzerindeki ok başlarının içinden belirli desenler çıkarılarak eğri oluşturulur. Sierpinski Eğrisi'ne benzer bir prensibe dayanır, ancak şekli ve deseni bir ok başının içinden çıkarılmasıyla belirlenir.



Resim 26: Barnsley Eğrelti Otu Fraktalleri – 4 Aşama: Vurgulanan üçgenler, bir yaprakçığın yarısının nasıl bir bütün yaprağın veya yaprağın yarısına dönüştüğünü göstermektedir.

Kaynak: <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:DSP-user>

Barnsley Eğrelti Otu (*Barnsley Fern*) adını geliştiricisi İngiliz matematikçi Michael Barnsley'den alan fraktal modeldir, bitki yapraklarının geometrik bir temsiliyi sağlayan yapısı eğrelti otunu andırmaktadır. İteratif işlemlerle oluşturulan bu fraktal, rastgele bir başlangıç noktasından hareket ederek dallanma ve büyüme desenlerini simüle etmektedir (Resim 26).

Ayrıca, dijital görüntüleri sıkıştırmak için kullanılan bir teknik olan *fraktal sıkıştırma* üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan Barnsley, aynı zamanda kendi geliştirdiği *Yinelenen Fonksiyon Sistemleri* (IFS- Iterated Function Systems) ile bilinmektedir. Bu sistemler, bir veya birden fazla kontraktif dönüşüm (*contractive transformation*) kullanarak bir setin nasıl oluşturulacağını tanımlamaktadır. Bir IFS, bir başlangıç noktasını belirlemekte ve ardından belirli matematiksel dönüşümleri kullanarak bu noktayı tekrar tekrar dönüştürerek bir küme oluşturmaktadır. Her dönüşüm, bir öncekine göre daha küçük bir bölgeye odaklanmakta ve bu süreç tekrar edilmekte, sonuç olarak, fraktal benzeri yapılar elde edilmektedir. Fraktal tabanlı çalışan IFS teknolojisi, bilgisayar grafikleri ve görselleştirme, bilgisayar oyunları, animasyonlar ve sanatsal üretim yöntemlerinde kullanılmaktadır (Barnsley, 2000).

Cantor Kümesi (*Cantor Set*) bir doğru parçasının belirli alt bölümlerinin çıkarılmasıyla elde edilen bir fraktal küme modelidir. Bir doğru üzerindeki noktaların bir kümesini gösteren bir fraktaldır. Başlangıçta tam bir doğruyu temsil eder, ancak ardışık adımlarda kümenin bazı parçaları çıkarılarak daha düzenli bir desen oluşturulur.

Ejderha Eğrisi (*Dragon Curve*) kendini benzer şekilde tekrar eden bir fraktal eğridir. Her adımda, eğriye yeni bir parça eklenerek oluşturulur.

Peano Eğrisi (*Exterior Snowflake*) dışarıda başlayarak içe doğru genişleyen bir kar tanesi fraktalidir. Her adımda, kenarlara yeni parçalar eklenerek oluşturulur.

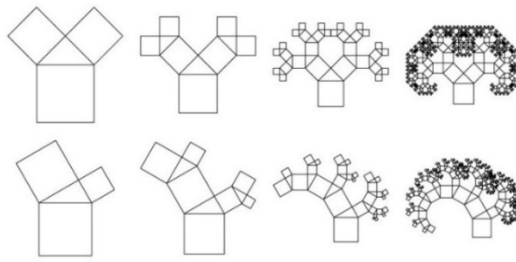
Hilbert Eğrisi (*Hilbert Curve*) kendini benzer şekilde tekrar eden bir fraktal eğridir. Her adımda, eğriye yeni bir parça eklenerek oluşturulur ve bu iterasyon finalde tam bir kare oluşturur.

Gosper Adası (*Gosper Island*) fraktal bir ada şeklinde olan bir modeldir, çevresi boyunca tekrar eden desenlerden oluşur. İsmi bilim insanı Bill Gosper'dan almıştır.

Peano Eğrisi (*Peano Curve*) Kendini benzer şekilde tekrar eden bir fraktal eğridir. Her adımda, eğriye yeni bir parça eklenerek oluşturulur.

Peano-Gosper Eğrisi (*Peano-Gosper Curve*), Peano Eğrisi ve Gosper Adası'nın birleşiminden oluşan bir fraktal eğridir. Kendini benzer şekilde tekrar eden parçaları içerir.

Menger Süngeri (*Menger Sponge*) üç boyutlu bir fraktaldır ve bir küpün içindeki küp parçalarının iterasyonlarından oluşur. Her adımda, küpün kenarları bölünerek daha küçük küp parçaları eklenir.



Resim 27: Pisagor Ağacı Fraktali, dörder aşamada iki farklı oluşturma yöntemi

Kaynak: <https://mathworld.wolfram.com/PythagorasTree.html>

Pisagor Ağacı (*Pythagoras Tree*) ikizkenar üçgenlerin tekrar eden şekilleriyle oluşturulan bir fraktal ağaçtır. Her adımda, her üçgenin kenarına yeni üçgenler eklenir ve dallanan bir ağaç yapısı oluşturulur. Sonraki yinelemeler, bir önceki yinelemedeki karelerin dışa bakan kenarlarına dikilmiş kareler içeren benzer dik üçgenler ekler. İkizkenar dik üçgen kullanmak ağaca benzeyen çekici bir simetrik form oluştururken, genel bir dik üçgen kullanmak söğüt ağacını andıran bükülmüş bir ağaç formu sonucunu verir (Resim 27).

Newton Fraktalleri (*Newton Fractals*) karmaşık analizde kullanılan Newton-Raphson yöntemine dayanan bir fraktal setidir. Karmaşık sayı düzleminde, bir denklem sistemini çözmek için tekrarlanan işlemler uygulanır ve sonuç olarak farklı desenler elde edilir.

Bu fraktal modelleri arasındaki temel farklılıklar, kullanılan matematiksel denklemler, tekrarlanan süreçlerin özellikleri ve oluşturulan görsel desenlerin

karakteristik özellikleridir. Her fraktal modelin kendine özgü bir matematiksel temeli ve estetik yapısı vardır, bu da onları birbirinden ayıran temel unsurlardan biridir.

1.3. Sanat ve Tasarımda Fraktal Formlar

Fraktal genellikle pürüzlerden oluşmaktadır ancak bu pürüzler bir araya geldiğinde aynı doğadaki gibi eşsiz güzellikleri ortaya çıkarmaktadır. Kusurlardan doğan bu kusursuz yapı, adeta altın oranla benzer bir şekilde kendisine doğada yer bulduğu gibi bunun yansımalarının gözlenebildiği insan yaratımı eserlerde de bulunmaktadır. (Redies, Hasenstein ve Denzler, 2007).

Ritmik yapısı, orantısal tekrarı ve tüm bu elementlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan fraktal formlar; mimari, seramik, müzik, performans sanatları ve şiir gibi sanat biçimlerinde görülebilmektedir. Bunun yanı sıra psikoloji gibi alanlarda da yansımalarına rastlanmaktadır. Zira hem görsel hem de işitsel formda kullanılabilen bu yapılar, eserlerde genellikle, estetik ve psikolojik yönden de olumlu etkiye sahip olmaktadır (Williams, 2011).



Resim 28: Hermann Rorschach, Rorschach Mürekkep Lekesi Testi, Kart No:1, 1921

Kaynak: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co134259/rorschach-inkblot-test-bern-switzerland-1942-psychometric-test>

Fraktal formların kullanıldığı sanat eserleri ve mimari yapılar, insanlarda doğaya dair çağrışım yaptığından, bir öze dönüş ve rahatlama hissi vermektedir. Orman gibi karışık doğal formlar kişiyi rahatlatmaktadır (Salingaros, 2012). Psikometrik değerlendirmelerde kullanılmak üzere 1921 yılında Hermann Rorschach tarafından geliştirilen *Rorschach test kartı seti* (Resim 28) de fraktal özellik taşımaktadır. 10 karttan

oluşan set, mürekkep lekelerinden rastgele oluşturulan ve her kartta kendisini tekrar eden bir dizi şekilden oluşmaktadır (Taylor, Martin, Montgomery, 2017).

Rorschach ayrıca Alan Moore tarafından yazılıp Dave Gibbons tarafından resimlenip, John Higgins tarafından renklendirilerek 1986-1987 yılları arasında Dc Comics tarafından yayınlanan Watchmen çizgi romanının da başkarakteridir. Karakterin adını aldığı mürekkep testi aynı zamanda sürekli taktığı maskesine de ilham olmuştur (Resim 29). Öyle ki her duygu durumuna göre karakterin maskesindeki lekeler şekil değiştirmekte, sürekli akışkan formda hareket etmektedir (White, 2009).



Resim 29: Alan Moore, Watchmen, Bölüm 6, 1987

Kaynak: <https://archive.org/details/watchmen08de12hqonline.com.br>

Mimari yaklaşımda da sıklıkla fraktal formların kullanımına rastlanabilmektedir. Bu fraktal boyut bazen plan çiziminde, bazen cephe giydirmelerinde bazen de karo desenlerle iç mimari uygulamalarında görülebilmektedir. Örneğin Miami Üniversitesi Matematik bölümünün zemininde kullanılan desenler (Resim 30) 1973'te ünlü İngiliz Fizikçi Sir Roger Penrose tarafından bulunan ve adını ondan alan penrose karolarıdır. Bu karoların kullanımı, karoların taşıdığı, birbirine geçmeli eşsiz büyüme modeli sebebiyle ayrıca *pentapleks kaplamalar* olarak adlandırılacaktır.



Resim 30: Miami Üniversitesi Matematik Bölümü lisans salonundaki Penrose karolar, 1979

Kaynak: <https://www.cantorsparadise.com/penrose-tiles-and-the-golden-ratio-100255c01d9a>

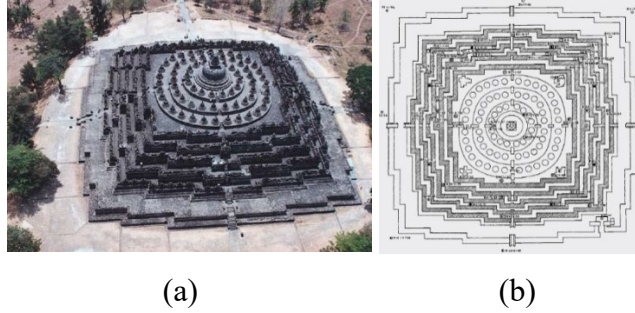
Fraktal formların dış cephe uygulamalarına örnek olarak 1887 yılında inşa edilen Avustralya'nın ünlü Storey Hall binası (Resim 31) verilebilmektedir. Bina 1996'da Melbourne Kraliyet Teknoloji Enstitüsü'nce kullanılmak üzere Mimar Ashton Raggatt McDougall tarafından yenilenmiştir. Binanın hem iç mekan uygulamalarında, hem de dış cephe giydirmelerinde Roger Penrose'dan ilham alan kaplamalar kullanılmaktadır.



Resim 31: Ashton Raggatt McDougall, Storey Hall Cephe kaplamaları, 1996

Kaynak: <https://www.cantorsparadise.com/penrose-tiles-and-the-golden-ratio-100255c01d9a>

Fraktal özellik taşıyan yapılara bir diğer örnek olan Endonezya'daki *Borobudur Tapınağı*'nın M.S. 750'lerde inşa edildiği düşünülmektedir. Tapınak 1991 yılında *UNESCO Dünya Mirası Listesi*'ne kabul edilmiştir (UNESCO, 2005). Bu yapının eşsiz mimarisi ve açıkça fraktal özellik gösteren kendine benzerlik öğeleriyle (Resim 32) stilize olduğu görülmektedir (Situngkir, 2010).



Resim 32: Borobudur Tapınağı, M.S. 750 (a) ve Sondaj Deliklerinin Dağılımı (b)

Kaynak: UNESCO, Borobudur Restorasyon Projesi, 2005, S:42-93

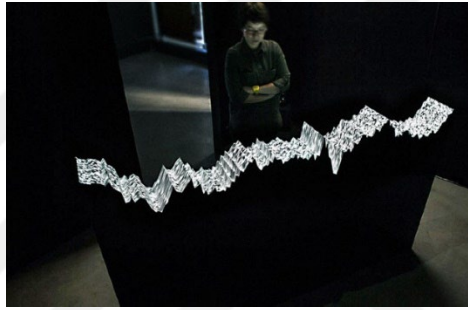
Bir sanat dalı olarak müzik de matematikle derin bir bağa sahiptir ve onunla ortak bir biçimde bazı hesaplamalar ve kurallar içermektedir. Sesin dağılımı ve dalga yapısı da müzik ve fiziğin ortak alanlarından (McDonough, Herczynski, 2023). Fraktal öğelerin kullanımına işitsel sanatlarda da rastlamak mümkündür. İnsan sinir sisteminin fraktal yapıda çalıştığı düşünülmekte; beyin frekanslarının genellikle pembe gürültü yani *pink noise* olarak adlandırılan bir frekans türünde olduğuna dair kanıtlar bulunmaktadır (Joye, 2007).

Beyaz gürültü olarak adlandırılan *white noise* da aynı zamanda fraktal özellikler taşır. Bebeklere sakinleşmesi için anne karnındaki gürültüye benzer sesler dinletilmesinin temelinde, doğanın bu tür fraktal özellik gösteren gürültüler üretmesi ve insan doğası gereği bunları doğal ve rahatlatıcı olarak nitelendirmesidir. Ayrıca müzikte fraktal yapılara prolasyon kanonlarında da rastlanabilmektedir (McDonough, Herczynski, 2023).

Richard Voss pembe gürültü, beyaz gürültü ve benzer akustik gürültü tiplerini incelemiş, gerçekleştirdiği deney sonucunda aşırı rastgelelik ve aşırı tahmin edilebilirlik arasında tatmin edici bir dengeyi bulması nedeniyle kullanıcıların pembe gürültünün en çekici örneklem olduğu sonucuna vardıklarını tespit etmiştir. Benzer sonuçlar Stephanie Mason ve Michael Saffle tarafından yürütülen çalışmalarda da tespit edilmiştir. İnceledikleri ilgi çeken melodilerin klasik ve popüler bestecilerin mevcut yüzlerce melodisine neredeyse tıpatıp benzediğini keşfetmişlerdir. Araştırmacılara göre, melodilerin oluşumu ve temel kalıplarına ilişkin çeşitli teorilerin öne sürdüğü gibi, "güzel

müziklerin hepsi olmasa da çoğu, melodik malzemesi ve içsel öz-benzerliği bakımından temelde fraktaldır." (Lindstedt, 2009).

Fraktallere yönelik artan ilgi nedeniyle günümüzde fraktal üreten denklemlere dayalı algoritmik kompozisyonlardan oluşan oldukça geniş bir repertuar bulunmaktadır. Perde, dinamikler, süre ve diğer faktörler, besteleme sürecini belirlemek için fraktal algoritmalarla tabi tutulmaktadır. Kullanılan yazılımın türü ve kullanılan teknikler -ki bunlar genellikle ölçekleme ve yineleme süreçlerinin birleştirilmesini içerir; bu şekilde üretilen müzik türlerini belirlemektedir (Lindstedt, 2009).



Resim 33: Candaş Şişman, Noisefloor, 2012

Kaynak: <https://csismn.com/Noisefloor>

Bir diğer örnek olarak ise Candaş Şişman'ın *Noisefloor* (2012) adlı enstalasyonu sayılabilmektedir (Resim 33). Şişman, bir fraktal türü olan *gürültü* (*noise*) kullanımıyla öne çıkan eserini, aynı Mandelbrot'un kıyı şeridi paradoksunda dikkat çektiği girinti çıkıntılarla benzer biçimde görselleştirmektedir. Evrenin kendi dili olan bu gürültüleri eseriyle yorumlayan sanatçı, kapasitörlü bir mikrofonla sessiz bir ortamda on milisaniyede alınan bir kaydın izdüşümünü bu girintili çıkıntılı evreni temsil eden fraktal formlara yansıtmaktadır (Şişman, 2012).

2. BÖLÜM

TAKLİT GERÇEĞİN YENİ GERÇEĞE DÖNÜŞÜMÜ

2. BÖLÜM

TAKLİT GERÇEĞİN YENİ GERÇEĞE DÖNÜŞÜMÜ

Sanat ve bilim birbirinden farklı pratikler olarak görülse de birbirine olan katkıları ile sanatçılara ve tasarımcılara yeni bir vizyon sunmakta oldukça besleyici bir ortam sağlamakta, her iki disiplin de üretim sürecine farklı bakış açılarından bakarak çıktılarını bir adım öteye taşıyabilmektedir. Bilim ve teknolojiye ileri adımlar atarak araç ve gereçlerin oldukça çeşitleniyor olması sanatçı ve tasarımcıların ifade gücüne gün geçtikçe daha fazla katkı sağlar hale gelmektedir. Sanat ve tasarım pratiklerinin günümüze dek bu denli çeşitlenerek ulaşması ve bu disiplinlerin birbirini besler biçimde çalışması, aynı zamanda diğer bilim dallarından da faydalanarak sanat ve tasarımın kapsamını genişletmektedir.

Bilimin araştırmaya ve somut bir neden sonuç ilişkisine dayanan determinist düşünme pratiği, sanatçıların hem eserleri yoluyla bir iletişim halinde oldukları topluma dair dinamikleri çözümlemesine, hem de üretimlerinde kullandıkları kavramsal zemin oluşturma pratiklerine realist bir katkı sağlamaktadır. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler ise kullanılan medyuma dair yeni yolların keşfine imkan tanımakta, dolayısıyla da hem sanatçıların hem de tasarımcıların yaşadıkları toplumda söz hakkı elde edebilmelerine giden yolda yeni ifade biçimleri ve platformlar keşfetmelerine olanak tanımaktadır. Tüm bu gelişmeler ışığında çoksesli bir üretim ortamının oluşması ve sanatsal ifadenin zenginleşmesi söz konusu olmaktadır. Sanatın ise bir disiplin olarak hem görünenin farklı bir yolla ifade edebilme becerisi hem de görünenin ardındaki keşfetmeye olan tutkusu, dünyaya farklı bir pencereden bakabilmek ve ifadenin zenginleştirilmesi yönünden bilime katkı sağlamaktadır.

Bilim ve sanatın iş birliği uzun bir tarihe dayansa da bu iletişimden doğan gelişmeler her çağın kültürel ve teknolojik altyapısı ölçüsünde şekillenmiştir. Mağara duvarlarına çizilen hayvan figürleri hem zoolojiye hem de bilimsel illüstrasyon tarihine ışık tutarken, yaşanan çağ çerçevesinde o döneme dair büyük gelişmeler olarak değerlendirilebilmektedir.

2.1. Sanatta Doğal Gerçeğin Temsili, Estetik Yapı ve Stilizasyon

Doğanın sanatta temsilinde ilk olarak tıbbi ihtiyaçlarla oluşturulan botanik resimlemeler ardından bu bilimsel yaklaşımın terkedilip bu formların stilize edilerek yalnızca güzel olanın yaratılması öyküsünde William Morris ve üretimleri bu dönüşüme örnek teşkil etmektedir. Endüstri Devrimi gibi 19. yüzyıl sanatı ve üretim anlayışına doğrudan etki eden olayların bir sonucu olarak Arts and Crafts hareketi, sanatın doğaya yönelik öyküsünde kayda değer kilometre taşlarındandır. Hareketin öncüsü William Morris ve onun desenlerindeki doğa esinli formlar üzerinden (Resim 34), bu formların günümüze uzanan kullanım alanları ve grafik sanata etkileri, dönemin *florilegium* adı verilen ve bitkilerin kayda alınmasını amaçlayan desen kitaplarında görülebilir.



Resim 34: William Morris, Acanthus, 1883

Kaynak: <https://collections.vam.ac.uk/item/O74613/acanthus-wallpaper-morris-william>

Bir desen kitabının kompozisyonu bitki türlerinin kendisinden ziyade estetiğe odaklanmaktadır ki bu, botanik illüstrasyonun gerçekten bilimden uzaklaşmaya başladığının çok güçlü bir göstergesidir (Ben-Ari, 1999). Başta bilim için bir araç olarak kullanılmasına rağmen, botanik illüstrasyondaki bu yeni yaratıcı yaklaşım, ilerleyen süreçte, bu gelişmelerden yüzyıl sonra gerçekleşen Endüstri Devrimi'nin etkileriyle, söylemini güçlü bir şekilde ortaya koyan William Morris'in çalışmalarıyla daha yaygın olarak tanınacaktır.

Makineleşmenin insan emeğini değersizleştirdiği ve insanı kendi özünden yani doğadan uzaklaştırdığı endişesinden ortaya çıkan *Arts and Crafts* hareketinin bir kolunda bu hareketin düşünsel zeminini hazırlayan 19. yüzyılın sanat eleştirmeni ve sanat eğitimi

teorisyonu John Ruskin, diğerkolunda ise Ruskin öğretilerinden dersini almışçasına tüm bu görüşler sanat pratiğinde vücut bulan William Morris bulunmaktadır. Birlikte güzelliğindoğadan geldiğine inanarak dünya görüşlerinin temeline bunu yerleştirip bu doğrultuda üretimler gerçekleştirerek belki de *Arts and Crafts* yoluyla ve bir sanatçı gözüyle kendi toplum ve devlet idealini yaratmışlardır. Sosyalist ütopya olarak da adlandırılan bu yaklaşım ve eser üretim prensipleri dolayısıyla Morris üretimlerinde görülen doğa formları bir tesadüf değil, aksine sanatçının doğaya yönelmek gerektiğini belirten bir üretim üslubu ve sanatçı duruşunun bir sonucudur ve en az diğersanatlar kadar grafik sanat tarihinde de geçmişten günümüze William Morris'in dünyaya kazandırdığı doğa formlarının yansımalarından izler görmek mümkündür.



Resim 35: William Blake, *Kaplan*, 1794

Kaynak: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/347983>

19. yüzyıl sanatı içinde diğerek çok sanat hareketinden izler de barındırmaktadır. 12. yüzyıl Japon tarzı resimleme *Yamato-e*'den beslenen ve etkileri doğrudan Ekspresyonizm, Art Nouveau ve Modernizm'de görülebilen “süzülen dünyanın resimleri” anlamına gelen *Ukiyo-e* 1880'lere değinsüren hakimiyetinde dönemin üretimleri üzerinde oldukça etkili olmuştur. Özellikle grafik baskı geleneğinde bu hareketten esinlenen formları görmek mümkündür. Örneğindönemin üretimlerinden, 1974 yılında resimlenen William Blake'in *Kaplan* eserinde yer alan kaplan figürü simetrisinden korkulacak bir figür olarak ifade edilmektedir (Resim 35). Aynı güvelerin kendisini korumak için avcılara dikilmiş bir çift göz taşıyan desenleri gibi. Öte yandan kendisinin oldukça stilize edilmiş bir hayvan figürü olduğu görülmektedir.

1700'lerde Aristokrasi'nin sözcüsü Rokoko sanatı ve ardından 1830'larda onu takip eden, resim sanatını Rafael öncesi sürece taşımak isteyen bir grup sanatçının bir araya gelerek 1848'de oluşturduğu *Ön Rafaelist Kardeşlik*, dönemin önemli düşünsel sanat birliklerindendir. Bunlardan özellikle de Ön Rafaelist sanatçılar, üslubunda bozulma olduğunu düşündükleri resim sanatına iade-i itibarın doğanın kendisi aracılığıyla kazandırılabilceğini savunmuşlardır. Dante Gabriel Rossetti, Christina Rossetti, George Meredith, Algernon Charles Swinburne hareketin önde gelen isimlerindendir.

John Ruskin'in öğretileri de dönemin sanat çevresinde ilgiyle karşılanmış, 1851'de aynı adla yayınladığı kitabındaki görüşler ise hareketin kendisinde karşılığını bulmuştur. Ruskin sanat teorisini toplum dinamikleri üzerinden geliştirmekte, Marx teorilerini araştırmakta ve sanatın konumunu Sanayi Devrimi'nin oluşturduğu makinanın yüceltilmesi; fabrikalaşma ve işçi sınıfı olgusu gibi temalar üzerinden ele almaktadır. 1900'lere kadar süren ve Art Nouveau'ya ortam hazırlayan Ön Rafaelist hareket ile amaçlanan yaklaşım, dönemin bir diğer sanat eleştirmeni William Michael Rossetti tarafından da ele alınmaktadır. Rossetti manifestolaştırdığı yaklaşımını eserin gerçek, öykünme olmayan bir şeyi anlatması, bu düşünsel altyapının keşfi için doğanın gözlenmesi, sanatta samimi bir yaklaşım geliştirilmesi ve ezberci bir yaklaşımın terkedilerek gelenekselciliğin bırakılması olarak sıralamaktadır (Dağbatıran K, 1998).

Viktoryen dönem sanatı 1900'lere kadar sürmüş, son dönemlerinde ise Art Nouveau'ya da ortam hazırlamıştır. Bu dönemde ise Gustav Klimt ve arkadaşları dönemin sanat ekolüne ve kurallarına karşı gelen Sezasyon hareketini oluşturmuşlardır. Mimarisiyle Viyana'daki sezasyon binası da bitki formları ve formuyla döneminin çalışmalarından ayrılan önemli örneklerindendir.

Ritim ve dengeyi gözetken, kompozisyon kararlarında adeta ilahi bir arayışa yönelen William Blake 1794'te *Kaplan* eserini (Resim 35) üretmeden bir süre önce ünlü *Oberon, Titania and Puck with Fairies Dancing* tablosunu (Resim 36) resmetmiştir. Eser William Shakespeare'in kaleme aldığı *Bir Yaz Gecesi Rüyası* adlı oyuna ithafen yapılmıştır. İngiliz *Romantizm* hareketine uygun temada ve stilde yapılmış eserlerden olan çalışmada, tekrarlamalar büyümlü bir hareketi temsilen, bir birlik duygusu yaratmak

niyetiyle kullanılmaktadır. Eserde yer alan figürler doğayla bir bütün halinde resmedilmektedir (Brown, Kovalosky ve Locke, tarihsiz).



Resim 36: William Blake, Oberon, Titania and Puck with Fairies Dancing, 1786

Kaynak: <https://www.musings-on-art.org/blogs/art-movements/romanticism>

Orantılanmış tekrarın yarattığı uyum, sanatta sıklıkla araştırılan bir olgu olduğundan, fraktal kavramı kullanılmadan; aktarmak istediği yapı, ritim ve tekrar gibi terimler üzerinden çokça ifade edilmiştir. Sanatta ritim arayışı *Eurhythmics* teorisinin öncüsü, sembolizmi eserlerinin vazgeçilmez bir parçası haline getiren Ferdinand Hodler'in yaklaşımında ise dairesel hareketler üzerinden aktarılan döngüsel hikaye anlatımıyla hayat bulunmaktadır. *Eurhythmy* adlı eserinde sanatçı ölüm ve yaşam, aşk ve ilişkilerdeki karmaşık dönüşüm gibi temalarla ilerlerken, simetri ve denge öğelerini eserlerinde büyük bir özenle kullanmakta, sembolizmi varoluşsal sorunları ele alma biçimi olarak görmektedir (Resim 37). Ferdinand Hodler, figürlerin ve kompozisyonun düzenlenmesinde tekrar eden motifleri kullanarak belirli bir ritmi ve örüntüyü vurgulamaktadır. (Akavia, 2013: 158).

Sanatçının eserlerindeki tekrar olgusu örüntüsel bir etki yaratmaktadır. Hodler'in eserlerindeki bu düzenlemeler, tekrar eden formların ve figürlerin gözle görülür bir ritmik yapı oluşturduğunu göstermektedir. Bununla ilgili Hodler, insan bedenini duygular tarafından hareket ettirildiğinde resimlediğini aktarmakta, bu sayede benzersiz bir ifadeyi yakaladığına değinmektedir. *Paralelizm* olarak aktardığı yaklaşımı, figürler arasında *tekrarlanan jestler* aracılığıyla, ortak ruh hallerini ifade etmektedir.



Resim 37: Ferdinand Hodler, Eurhythm, 1895

Kaynak: <https://arthive.com/ferdinandhodler/works/555679~Eurythmy>

Sanatçı, sevinç ve acı gibi evrensel duyguların, benzer jestlerle ifade edilerek başkalarının deneyimlerinin tekrarı olduğuna vurgu yapmakta, insanların aynı etten ve kemikten olmalarından kaynaklanan bir duyum paralelliğini yansıtmaya çabasında olduğunu belirtmektedir. Bu yolla Hodler, bu duygu paralelliğini dışsal bir biçimsel paralelliğe dönüştürerek, insan deneyimini kolektif bir ifadeyle resmetmektedir. (Akavia, 2013: 158).



Resim 38: Henri Matisse, Dance (I), 1909

Kaynak: <https://www.moma.org/collection/works/79124>

Matisse'in *Dans I* adlı eskiz tablosunda (Resim 38), figürlerin dairesel bir düzende dans etmeleriyle bir ritmik örüntü oluşturduğu görülebilir. Sanatçı bu tabloyu, William Blake tarafından yapılan *Oberon, Titania and Puck with Fairies Dancing* adlı eserden ilham alarak yapmıştır. Dansa olan ilgisinin de bunda payı bulunmaktadır, zira Matisse eserde, Rus bestekar Stravinsky'nin ritmini yakalamaya çalışmaktadır. Eserde kullanılan

figürlerin bir akışkanlık ve dinamizm içeren ritmik bir hareket içinde bulunmaları ise, bu çabanın eseri olmakla birlikte; dansın iletişim ve uyumla bezenen doğasını vurgulamaktadır. Tuvalde Matisse eserde sadece dört natüralist renk kullanmıştır: gökyüzü için mavi, zemin için yeşil ve beş figürü resmederken siyah ve soluk pembe (Moma, 2019).

Eser Rus iş insanı ve koleksiyoner Sergei Shchukin tarafından verilen sipariş üzerine eskiz olarak hazırlanmıştır. Ancak eserin final versiyonunda da figürlerin çok detaylandırılmadan ele alındığı, ancak eserin algılanış biçimini tamamen farklı kılacak biçimde, yalnızca renklerde dramatik bir değişiklik yapıldığı görülecektir. Zira Matisse fotoğraf sanatının yükselişe geçtiği bu dönemde, eserindeki figürleri özellikle anatomik kuralların biraz dışına çıkarak, çocuksu bir biçimde resmetmektedir. Matisse'e göre:

"Ressam artık ayrıntılarla meşgul olmak zorunda değil. Fotoğraf, çok sayıda ayrıntıyı yüz kat daha iyi ve daha hızlı bir şekilde işlemek için var. Plastik sanatlar duyguyu olabildiğince doğrudan ve en basit araçlarla sunacaktır." (Moma, 2019)

Bu görüş, bir yandan hızlı üretilen ve tüketilen bir sanat endişesi yaratırken; diğer yandan Matisse'in artık özgür biçimde primitif sanat üretimlerine dönebileceğinin sinyalleri gibi görülmekte, aynı zamanda döneme hakim olan, sanatta izlenimciliğin terkedilerek, stilizasyona geçiş sürecini de önemli bir biçimde aktarmaktadır.



Resim 39: Henri Matisse, La Dance, 1933

Kaynak: <https://collection.barnesfoundation.org/objects/6967/The-Dance>

Albert Barnes'ın talebi üzerine Barnes Vakfı için yaptığı eser *La Dance* ise (Resim 39) yine ritim öğeleriyle bezenmekte, ancak figürlerin bu kez daha da stilize biçimde ele

alındığı görülmektedir. Matisse'in eserlerindeki örüntüler ve tekrar eden motifler genellikle dekoratif bir estetik ve zenginlik katma amacını taşımaktadır. Yani eserlerde her ne kadar tekrarlanan öğeler görünür olsa da, bu eserler fraktal yaklaşımdan henüz uzaktır.

Doğada var olanı taklit etme aşamasından sanatta yeni bir gerçeklik inşa edildiği aşamaya değin, önemli kilometre taşlarından biri soyut sanatın yükselişidir. Soyut sanat, doğayı taklit etme geleneğinden ayrılarak, sanatta yeni bir ifade biçimi olarak ortaya çıkmıştır. Bu, sanat tarihinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Öncüler arasında Piet Mondrian, Salvador Dali, Pablo Picasso, Wassily Kandinsky ve Kazimir Malevich gibi sanatçılar yer almaktadır. Bu sanatçıların çalışmaları, geleneksel temsile bağlı olmayan yeni ifade biçimlerini keşfetmeleri için diğer sanatçılara ilham kaynağı olmuştur.

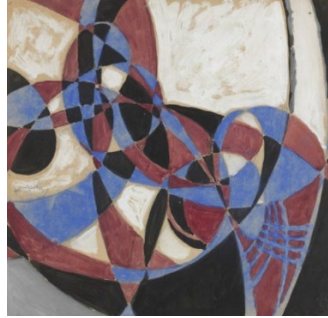


Resim 40: Kazimir Malevich, Arkhitekton Gota, 1923

Kaynak:

<https://www.moma.org/interactives/exhibitions/2012/inventingabstraction/?work=212>

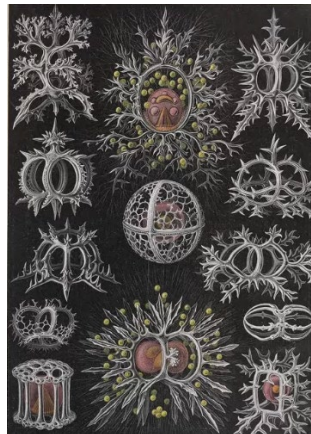
Örneğin Kazimir Malevich'in *Arckhitekton Gota* adlı eseri, kendini tekrar içeren soyutlama eserlere örnektir (Resim 40). Çek ressam Frantisek Kupka'nın "*Amorpha*" serisi de (Resim 41) İsveçli matematikçi Helge von Koch'un kendi adını taşıyan ve en erken fraktal eğrilerden biri olan "*Koch kar tanesi*" adı verilen yapıları içermektedir (Shlyk, 2007). Eser Kupka'nın saf renklerin kozmosun gücünü yansıtacağına olan inancını yansıtmaktadır (MoMA, 2008). Mandelbrot da Kupka'nın eserleriyle oldukça ilgilidir zira bu eserler ona göre açıkça fraktallerden oluşmaktadır (Mandelbrot, 2008).



Resim 41: Frantisek Kupka, Amorpha: Fugue in Two Colors, 1912

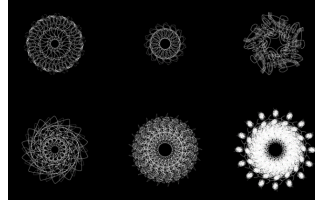
Kaynak: <https://www.moma.org/collection/works/85261>

Alman doğa bilimci, doktor ve biyolog Ernst Haeckel'in 100 ayrı tablo halinde mikroskobik çizimleriyle denizaltı dünyasına ışık tuttuğu eseri, *Doğadaki Sanat Biçimleri* (*Kunstformen der Natur*), aynı zamanda Jugendstil ve Art Nouveau hareketinin de güçlü bir temsilidir (Haeckel, 1899). Eser yeni canlı türlerini keşfederken aynı zamanda onları stilize etmekte, simetrik, göze hoş gelen bir estetikle okuyucuya sunmaktadır (Resim 42). Bu girişimiyle Haeckel, sanatta stilizasyon sürecine de önemli katkılarda bulunmaktadır. Kitabın hazırlandığı dönemde henüz fraktal kavramı ortaya atılmamış olsa da, Ernst Haeckel'in bu karmaşık, simetrik şekillere sahip tek hücreli organizma olan radyolaryalar da dahil olmak üzere, çeşitli deniz canlılarına ilişkin ayrıntılı çizimleri fraktal benzeri özellikler sergilemektedir (Wulf, 2015).



Resim 42: Ernst Haeckel, Plate:21, Kunstformen der Natur, 1899

Kaynak: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/102214>



Resim 43: Pei Ying Lin, Fractal Microorganisms, 2009

Kaynak: <https://peiylinglin.net/fractalmicrobes.html>

Bazı araştırmacılar radyolaryan iskeletlerinin geometrisini ve yapısını incelemek için fraktal analizi kullanmışlardır (Orford, Whalley, 1983). Ayrıca Pei Ying Lin gibi, bilim ve sanat iş birliğinden beslenen bazı güncel sanatçılar da, bu formları ele alarak eser üretmişlerdir (Resim 43). Bu anlamda Haeckel'in radyolaryanlar üzerine çalışması ve fraktal yapılarını resimlemeleriyle etüt etmesi öncü bir hareketi de temsil etmektedir.



Resim 44: Claude Monet, İzlenim: Gün Doğumu, 1889

Kaynak: <https://www.marmottan.fr/notice/4014/>

Ernst Haeckel ile aynı dönemde eserler üreten Vincent Van Gogh da görünenin ötesine erişmeye çabalayanlardandır. Objelerin etrafında hareketlenen, spiral fırça hareketleriyle bilinen Van Gogh, her ne kadar tablolarındaki ışık hareketleri ile bir diğer dönemdaşı Monet'nin örneğin *İzlenim: Gün Doğumu* eserindeki (Resim 44) tekrar eden fırça hareketlerinde görülebilen üslubuyla benzeştirilse de, Monet empresyonist bir yaklaşımla eser üretirken; Van Gogh'un yaklaşımı post-empresyonist olarak görülebilmektedir. Bu açıdan Van Gogh eserlerindeki yoğun fırça hareketleri ve bunların izi sürülebilen örüntü yapısı ile Rönesans'ın dokuları birbirine yumuşak bir şekilde kaynaştıran ve belirgin fırça izlerinin aksine yumuşak geçişleriyle bilinen *sfumato*

teknikinden tamamen ayrılmaktadır. İfadeyi güçlendiren bu cesur fırça hareketleri belki *impasto* tekniği ile ifade edilebilir. Bu teknik, fırça darbeleriyle yüzeye doku katarken, görülebilir fırça izleri ışık ve gölgeden beslenerek esere boyut ve derinlik de katmaktadır.



Resim 45: Vincent Van Gogh, Yıldızlı Gece, 1889

Kaynak: <https://artsandculture.google.com/asset/the-starry-night/bgEuwDxel93-Pg>

Van Gogh, teknik anlamda eserlerindeki canlı renk seçimleri, yoğun ifade gücü içeren özgün fırça kullanımıyla ayrıca değerlendirilmelidir. Teknik yaklaşımı ve fırça kullanımı ile Rembrandt, Pollock, Kooning, Bacon ve Auerbach'ın eserlerinde de benzer yaklaşımlar görülebilmektedir. Her biri diğerinden farklı sanatsal üretimlerde bulunan ancak bir ölçüde *impasto* tekniğini kullanarak eserler veren sanatçılara örnek olarak verilebilir.



Resim 46: William Parsons, Whirlpool Galaxy, 1845

Kaynak: <https://artsandculture.google.com/asset/the-starry-night/bgEuwDxel93-Pg>

19. yüzyılın en büyük keşiflerinden biri William Parsons tarafından spiral nebula gezegenlerin etrafında dönen hava kümelerinin keşfidir (Resim 46). Ancak bundan çok uzun zaman önce Van Gogh bu bilimsel bilgiye sahip olmadan, bu hava kümelerini tablolarında resmetmiştir. Özellikle *Yıldızlı Gece* tablosunda bu spiralleri görmek

mümkündür (Resim 45). Aynı da Vinci'nin *Tufan* adlı tablosunda (Resim 20) olduğu gibi, doğayı sıklıkla gözlemleyen sanatçıların, buralardaki örüntüleri keşfettikleri ve eserlerine yansıttıkları görülmektedir.



Resim 47: Salvador Dalí, Elephants, 1948

Kaynak: <https://www.dalipaintings.com/elephants.jsp>

Salvador Dalí tarafından resmedilen bazı eserler de, örneğin *Belleğin Azmi* ve *Filler* (Resim 47) gibi eserler fraktal özellikler içermektedir (Frame, 2002). Bir diğer fraktal özellik taşıyan eserler yaratan sanatçı da Mondrian'dır. Sanatçı doğaya yönelerek buradaki formları incelemiş ve eserlerinde sıklıkla yer vermiştir. Özellikle 1899 sonrasında teozofist bir yaklaşımı benimsemesiyle birlikte soyutlamaya yöneldiği ve anlam arayışına girdiği bu yolda, sanatsal yaklaşımının da biçim değiştirdiği görülmektedir (Resim 48).



Resim 48: Piet Mondrian, Apple Tree in Flower, 1912

Kaynak: <https://www.willemboshoff.com/product-page/remembering-mondrian>

Teozofizm evreni anlayabilmenin yolunun onun kendi dilini çözümlemekten geçtiğini savunan bir düşünce sistemini ifade etmektedir. Buna göre bilim, felsefe, inanç

sistemleri ortak bir gerçek arayışında iş birliği içinde çalışmalıdır. Teozofi bu gerçeğe mistik öğretileri dahil ederek ulaşmayı hedeflerken, evreni anlamak için onun içsel yapılarını ve gizli kanunlarını keşfetmek gerektiğini savunur. Bu düşünsel zemin Mondrian'ı üslubunda soyutlama, basitleştirme ve evrensel bir düzene atıfta bulunma gibi yöntemleri izlemeye yönlendirerek, sanatı yoluyla ortak bir dil oluşturabileceği düşüncesine ulaştırmıştır. Mondrian aynı zamanda eserlerinde sıklıkla soyutlamaya işaret ederek, bu sayede farklı formların oluşturulabileceğine dair görüşlerini belirtmiştir (Mondrian, 1986).

Teozofizm evreni anlayabilmenin yolunun, onu çözümlemekten geçtiğini savunan bir düşünce sistemini ifade etmektedir. Buna göre bilim, felsefe ve inanç sistemleri ortak bir gerçek inşasında iş birliği içinde çalışmalıdır. Teozofi bu gerçeğe, mistik öğretileri de dahil ederek ulaşmayı hedeflerken, evreni anlamak için onu içsel yapısını ve gizli kurallarını keşfetmek gerektiğini savunur. Mondrian'ın Paris yıllarında bu düşünce sistemine olan yakınlığı, onu üslubunda soyutlama, basitleştirme ve evrensel bir düzene atıfta bulunma gibi yöntemleri takip etmeye yönlendirerek; sanat yoluyla ortak bir dil oluşturulabileceği düşüncesine ulaştırmıştır.



(a)

(b)

Resim 49: Piet Mondrian, Kırmızı Ağaç, 1910 (a) Kutu sayım algoritması ile eserin incelemesi, Bountis vd, 2017 (b)

Kaynak: <https://doi.org/10.1504/IJART.2017.083902>

Örneğin, Mondrian'ın *Kırmızı Ağaç* adlı eseri incelendiğinde, ağaç dallarının oranları üzerinden elde edilen veriler, sanatçının belirli bir oranı takip ederek dalları resmettiğini gösterir. Bu durum, eserlerin fraktal örüntülerle oluştuğu sonucunu doğurur

(Resim 49). Sanatçının bir diğer eseri *Yakınlarındaki Çiftlik* de benzer bir araştırmaya konu olmuş ve eserde yer alan ağaç formlarının fraktal örüntülerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu eserler, Mondrian'ın doğanın yaratıcılığından faydalandığını ve doğanın kurallarına önem verdiğini kanıtlar niteliktedir (Bountis, Psarakis ve Fokas, 2017).

Rus ressam Wassily Kandinsky de maneviyat ve teozofi etkisindeki soyut ve geometrik sanat eserleriyle bilinmektedir. Kandinsky çalışmalarında fraktal geometriyi açıkça kullanmamış olsa da, kompozisyonları ile fraktal desenler arasındaki benzerlikler dikkat çekmektedir (Resim 50).



Resim 50: Wassily Kandinsky, Composition VIII, 1923

Kaynak: <https://www.guggenheim.org/artwork/1924>

Mondrian'ın nesneleri soyutlayan ve esas gerçeği keşfetmeyi çabalayan sanat öğretisi soyut dışavurumculuğun da doğuşuna katkıda bulunmuştur. Örüntü kullanımıyla belki de eserleri sıkça tartışılan Jackson Pollock'un sanatsal ifadesinde bu yaklaşım farklı bir biçimde vücut bulmaktadır. Öyle ki Pollock, Mondrian'ın sanatta evrensel bir dil oluşturma düşüncesinin aksine, eserlerinde soyutlamaya içsel bir duruş sergilemek amacıyla başvurmakta, geometrik kompozisyonlar yerine organik ve düzensiz hareketleri tercih etmektedir.



Resim 51: Jackson Pollock, No.1, 1949

Kaynak: <https://www.moca.org/collection/work/number-1>

Jackson Pollock'un (1912-1956) bazı resimlerinin aslında niceliksel olarak ölçülebilen bir fraktal dokuya sahip olduğu söylenebilir (Resim 51). Dolayısıyla, Pollock'un çağdaşı olan Mondrian gibi, diğer sanatçılarda da benzer bir yaklaşım aramak, fraktalite gibi tamamen geometrik bir özelliğin, sadece doğanın işlevlerini yerine getirmek için yararlı olmadığını, aynı zamanda daha derin bir estetik değere de sahip olabileceğini ortaya koyma çabası boşuna görünmemektedir (Bountis, Psarakis ve Fokas, 2017).

Jackson Pollock tarafından ilk kez kullanılan *all over painting* diğer adıyla akıtma tekniği plastik sanatlarda kaos ve rastlantısallık arayışına örnek verilebilir. Çünkü bu yöntemle oluşturduğu resimler her ne kadar kaotik görünse de nedeni anlaşılamayan bir biçimde simetrik (Adıgüzel Toprak, 2007). Sautoy (2011) ise Pollock resimlerinin matematiksel yapının tuale aktarımını gerçekleştiren ilk sanatçı olduğuna değinerek, aynı ağaç dallarının ölçeklendiğinde birbirini içererek çoğaldığı sonucunun görüleceği gibi, Pollock eserlerindeki oluşum stiline de, doğanın kendi yapısını yansıttığını aktarmaktadır. Maksimum güneş ışığı alabilmek için her birinin büyüüp diğerine eklendiği bu yapı adeta Mandelbrot setini yansıtmaktadır.

Bazen bir eserin kendisinden ziyade oluşturulma yöntemi de fraktal özellik gösterebilmektedir. Örneğin *dekalkomani*, bir yüzeyin, üzerine boya uyguladıktan sonra simetrik bir desen oluşturmak için başka bir yüzeye bastırılmasını ifade eden sanat

teknîğidir. Ortaya çıkan desenler fraktal benzeri niteliklere sahip olabilir, çünkü farklı büyütme seviyelerinde kendi kendine benzerlik gösterirler.

Fraktaller, farklı büyütme seviyelerinde kendine benzerlik gösteren, yani farklı ölçeklerde benzer desenlere sahip olan karmaşık desenlerdir. Bu kendine benzerlik niteliği, aynı tasarım içinde farklı ölçeklerde tekrarlanan desenler veya motifler sergileyen birçok dekalkomani deseninin de bir özelliğidir. Dekalkomaninin fraktal arka planı, bu teknik üzerine yapılan araştırma ve incelemelerin ana odağı olmasa da, bu boyama yöntemiyle yaratılabilen karmaşık, tekrar eden desenleri tanımlamanın bir yoludur.



Resim 52: Max Ernst, Euclid, 1945

Kaynak: <https://www.menil.org/collection/objects/1789-euclid>

Dekalkomani tekniğinin çok sayıda sanatçı tarafından tercih edildiği görülmektedir. Bunlardan biri de sürrealist tablolarında bu tekniğe öncü bir biçimde yer veren Max Ernst'dir. Ernst'in hem *Euclid* adlı eserinde (Resim 52), hem de *Young Man Intrigued by the Flight of a Non-Euclidean Fly* adlı eserinde dekalkomani tekniğini kullandığı görülmektedir (Resim 53). Bu sayede rastgele ve organik bir şekilde birbiriyle bir araya gelen formlar oluşmakta gibi bir etki yakalanmakta, hayali bir evrene bakılıyormuş hissi uyandırılmaktadır. Sanatçı bu yöntemleri eserlerinde rüya hayal gibi temalara sıklıkla gönderme yapmak için kullanmaktadır.



Resim 53: Max Ernst, Young Man Intrigued by the Flight of a Non-Euclidean Fly, 1947

Kaynak: <https://www.centrepompidou.fr/fr/ressources/oeuvre/5PthMeP>

Marcel Duchamp da surrealist alanda verdiği eserlerinde sıklıkla geometrik formlara başvurmakta, bu yaklaşımına örnek olarak *Merdivenlerden İnen Çıplak No.2* adlı eseri verilebilmektedir (Resim 54). Bu eser ile Duchamp birbirini farklı ölçeklerde tekrar eden geometrik formlara yer vermekte, bu yolla da örüntüsel bir yaklaşımda bulunmaktadır. Kırıklardan oluşan bu formlar, ritmik, ardışık, soyut yapısı itibariyle alışlagelmiş sanat üretim pratiklerinden ayrıışan yaklaşımıyla sanatta modernizme ve yeni bir stilizasyon sürecine de işaret etmektedir.



Resim 54: Marcel Duchamp, Merdivenlerden İnen Çıplak No.2, 1912

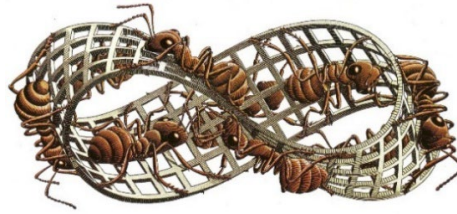
Kaynak: <https://philamuseum.org/collection/object/51449>



Resim 55: Max Bill, Endless Ribbon, 1935

Kaynak: <https://collection.artbma.org/objects/38352/endless-ribbon>

Bu dönemde Max Bill de matematik ve sanat arasındaki ilişkiyle ilgilenen sanatçılardandır. Bill, karmaşık desenler yaratmak için basit formları ve tekrarı kullanan bir dizi somut sanat eseri yaratarak, matematik ve sanat ilişkisine yoğunlaştığı bu alandaki araştırmalarını sanat pratiğine taşımaktadır.



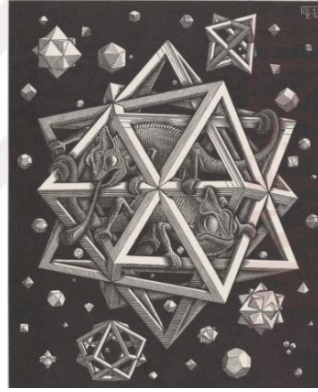
Resim 56: M. C. Escher, Mobius Şeridi II, 1964

Kaynak: <https://mcescher.com/gallery/mathematical>

Resim ve heykel alanında verdiği eserlerle de Konstüktivizm'i takip eden sanatçı, matematiksel düşünce üzerine inşa edilmiş hibrit bir sanat fikrinin mümkünlüğüne inandığını aktarmaktadır (Maor, 1987: 139,140). İlk kez 1861'de Johann Benedict Listing tarafından ortaya konan yüzey yapısı *mobius şeridini* yorumlayan 1935 tarihli eseri *Endless Ribbon* ile sanatçı mobius şeridinin amacıyla paralel bir şekilde, bir şeridin tüm yüzeyini tek bir sürekli kenar halinde birleştirmektedir (Resim 55). Bu kenar, orijinal

iki kenardan herhangi birinin iki katı uzunluğundadır. Şekillerin ve yüzeylerin özelliklerini inceleyen bir matematik dalı olan topolojide de kullanılan mobius şeritleri, sanatta da kendisine yer bulmuş, Virgil Finlay, İlhan Koman gibi sanatçılarca sıklıkla yorumlanmıştır.

Hollandalı grafik sanatçısı Maurits Cornelis Escher de yine aynı şekilde, matematiksel oranların ve geometrik formların kullanımında ilk akla gelen sanatçılardandır. Escher, doğadan aldığı ilhamdan beslenerek ve onun kurallarını etüd ederek, doğadan öğrendiklerini çalışmalarının detaylandırma sürecinde kullanmaktadır. Eserlerinde sıklıkla rastlanan simetri ve perspektif kullanımının yanı sıra çokyüzeyliler ve geometrik form kullanımları da görülebilmektedir.



Resim 57: M. C. Escher, Yıldızlar, 1948

Kaynak: <https://mcescher.com/gallery/mathematical>

Örneğin 1964 tarihli *Mobius Şeridi II* adlı eserinde ise mobius şeridine yer vererek, karıncaların sonsuz döngüsü temasını işlemekte, eserde sonsuzluk simgesine de yer vererek boyut algısını da başarıyla ele almaktadır (Resim 56). 1948 tarihli *Yıldızlar* adlı eserinde ise, yıldız formunu diğer matematiksel ve geometrik formlarla birleştirerek yorumlamaktadır (Resim 57).

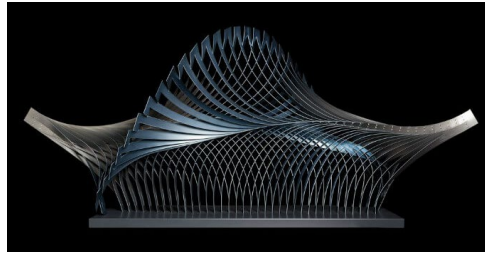


Resim 58: İlhan Koman, Deniz Kabuğu, 1975-80

Kaynak: <https://ilhankoman.blogspot.com>

Eserleriyle sanatta stilizasyon sürecini yorumlayan bir diğer isim ise İlhan Koman'dır. Koman, sıklıkla pi sayısı, iterasyon, mobius sarmalı, geometri, spiraller, öztekrar gibi konuları işleyen, gerçeklik kavramını sorgulayan eserleriyle bilinmektedir (Resim 58).

Koman'ın çalışmalarında fraktal özellik gösteren tekrarlı formlar eserlere dinamizm katmaktadır. Ayrıca heykellerinde alüminyum, titanyum ve ahşap gibi farklı malzemeleri bir araya getirerek fraktal tasarımın tekrarlama prensiplerini matematiksel olarak kurallaştırılabilir biçimde ustalıkla bütünleştirmektedir (Resim 59).



Resim 59: İlhan Koman, To Infinity, 1986

Kaynak: <https://vimeo.com/33626181>

Bir diğer stilizasyon kullanımının sarmal formda kullanımına dair örnek ise Junji Ito'nun "*Uzumaki*" adlı eseridir. Bu manga serisi korku ve gerilim unsurlarıyla birlikte

sarmal motifini ele almaktadır. Sıklıkla kullanılan ve fraktal teoriyle uyumlu çalışan bu sarmal motiflerinde, fibonacci spiriline benzer bir şekilde, farklı ölçeklerde tekrar eden büyüme veya daralmalar görülmektedir (Resim 60). Eserde sarmalın kompozisyonu, ritmi ve biçimi dikkatlice düzenlenerek korku ve gerilim etkisi artırılmakta ve eser kendine özgü bir estetik dil oluşturmaktadır.



Resim 60: Junji Uto, Uzumaki, 1998-1999

Kaynak: <https://hobbylark.com/comic-books/The-Genius-of-Junji-Ito>

Stilizasyona giden bu yolda Katsushika Hokusai, Mondrian, Dali ve Jackson Pollock gibi birçok sanatçı fraktallerin varlığının açık olduğu birçok eser vermiştir. Fraktal formlar, geometrik yaklaşımın sanatla buluşması, formların sanatsal kullanımının yaygınlaşması, matematiksel algoritmaların sanat pratiklerinde yer almaya başlaması ve özellikle de bilgisayarlı sanat üretiminin artmasıyla eserlerde kendisine sıklıkla yer bulabilir hale gelmiştir.

2.2. Sanal ve Alternatif Gerçeklik Arayışı

20. yüzyıla geldiğimizde sanatın ve bilimin dolayısıyla da teknoloji, matematik, tasarım, geometri gibi dalların tümüyle iş birliği içinde olmasının sanatsal ifadede karşılığı taklit gerçeğin terkedilerek yeni gerçeğin üretimi aşamasında ortaya konulmaktadır. Bu iş birliği, çağın getirdiği imkanların da katkısıyla geleneksel üretim biçimlerinin fiziksel kısıtlamalarından sıyrılarak her geçen gün yeni sanat formları yaratmak için farklı yöntemlerin keşfine zemin hazırlamaktadır.

Günümüzde bilgisayarlar aracılığıyla yaratıcı sürecin tümüne müdahale edilebilmekte ve daha önce hiç olmadığı kadar karmaşık, detaylı ve ifadesi güç fikirler hayata geçirilebilmektedir. Hatta insan sanatçı ve makine sanatçı ayrımı doğmakta, artık bilgi işlem teknolojileri yalnızca sanatın görüntülenmesinde bir araç değil sanat üretiminde de aktif rol oynamaktadır. Bilgisayar grafikleri ve yapay zeka gibi teknolojik araçların geliştirilmesinin yanı sıra fraktaller ve simetri gibi, matematiksel algoritmalarından doğan ancak sanat ve tasarımı da doğrudan besleyen bir yapı ortaya çıkmıştır.

Günümüz sinema tekniklerine baktığımızda bu ilk adımların çoktan geride bırakıldığı, artırılmış gerçeklik (*Augmented Reality*) ve Sanal Gerçeklik (*Virtual Reality*) gibi teknolojik imkanlarla daha geniş kapsamda bir Yeni Gerçek (*New Reality*) olgusunun inşa edildiği görülmektedir.

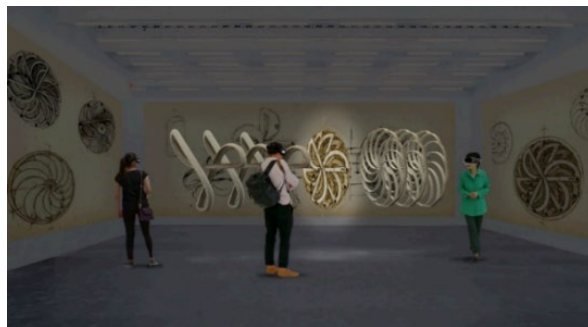
"New reality" terimi, genellikle mevcut durumun veya paradigmaların değişmesi, evrim geçirmesi veya radikal bir şekilde dönüşmesi anlamına gelir. Bu terim, genellikle teknolojik, sosyal, kültürel veya ekonomik değişimlere atıfta bulunur. "New reality" kavramı, mevcut durumun eski normlarından saparak yeni bir düzenin veya gerçekliğin oluştuğunu ifade eder.

Özellikle teknolojik ilerlemeler, toplumsal değişimler veya kültürel dönüşümlerle birlikte, insanların yaşam tarzlarını, ilişkilerini, çalışma şekillerini ve genel yaşam deneyimlerini etkileyen önemli değişiklikleri ifade edebilir. Örneğin, dijitalleşme, yapay zeka, uzaktan çalışma gibi faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan yeni bir yaşam tarzı veya iş dünyası, "new reality" olarak adlandırılabilir. Bu terim, genellikle belirli bir döneme veya zamana atıfta bulunarak kullanılır. "New reality"nin anlamı, geçmişten farklı bir gerçeklik veya dünya düzeni oluşturan çağa özgü faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Bu dönemde kullanılan kavramlardan bir diğeri de alternatif gerçek olgusudur. *Alternate Reality* ve *Alternative Reality* kavramları Türkçe'ye alternatif gerçeklik olarak yerleşse ve aslında her ikisi de benzer bir gerçekliği ifade etse de; temelde iki gerçeklik kavramı birbirinden farklıdır. Genellikle "*alternate*" kavramı bir sıralamaya ve bir dönüşe işaret ederken "*alternative*" başka bir seçeneği veya tercihi tanımlamakta

kullanılır. Biraz netleştirmek gerekirse *alternate reality*, kendi gerçekliğimize paralel olarak var olan kurgusal veya varsayımsal bir dünyayı ifade etmektedir ve gerçekte meydana gelenlerden farklı bir dizi olay, koşul veya sonuç içermektedir. Bu anlamda alternatif gerçeklikler genellikle bilim kurgu, fantezi ve spekülasyon kurgu türlerinde araştırılarak alternatif geçmişler, farklı boyutlar veya farklı zaman çizgilerini ifade etmek için kullanılmaktadır. Öte yandan *alternative reality*, ayrı bir kurgusal dünyaya değil, mevcut gerçekliğimiz içinde farklı bir bakış açısına veya seçeneğe atıfta bulunmaktadır. Belirli bir durumda alınabilecek alternatif seçeneklerin, olasılıkların veya yolların varlığını ifade etmektedir. Alternatif gerçeklikler genellikle karar verme, sorun çözme veya farklı seçimlere dayalı farklı sonuçları göz önünde bulundurma süreçlerinde dikkate alınmaktadır. Özetle, *alternate reality* kavramı bizim gerçekliğimizden farklı olan kurgusal veya varsayımsal dünyalarla ilgilenirken, *alternative reality* bizim gerçekliğimiz içinde farklı perspektifleri veya seçenekleri keşfetmeye odaklanmaktadır.

Artırılmış Gerçeklik (*Augmented Reality - AR*), gerçek dünyayı bilgisayar tarafından üretilen veya eklenen bilgilerle zenginleştiren bir teknoloji türüdür. Bu, gerçek dünyadaki fiziksel çevreyi, bilgisayar tarafından oluşturulan grafikler, ses, video veya diğer duyuşal girdilerle birleştirerek kullanıcılara daha zengin bir deneyim sunmayı amaçlar. Artırılmış gerçeklik, genellikle cep telefonları, tablet bilgisayarlar, gözlükler ve diğer özel cihazlar gibi taşınabilir teknoloji araçları üzerinden erişilebilir.



Resim 61: Mike Smith, Impossible Machines, 2018

Kaynak: https://www.youtube.com/watch?v=6W_HL3nULMM

Örneğin Leonardo da Vinci'nin hayal gücü ve mucit zekasıyla birleşen, ancak zamanının teknolojik olanaklarıyla gerçekleştirilemeyen çeşitli tasarımlara hayat veren bu teknoloji sayesinde 2019 yılında AR destekli "Impossible Machines" sergisi gerçekleştirilmiştir (Resim 61). Leonardo da Vinci'nin eskiz defterlerinden artırılmış gerçeklik teknolojisiyle canlanan projeler arasında kanat takmış makineler, denizaltı araçları, helikopter benzeri cihazlar ve benzeri fantastik veya karmaşık makineler bulunmaktadır. Bu tasarımlar, Leonardo'nun bilimsel ve teknik merakını, doğa gözlemlerini ve sanatçı bakış açısını birleştiren benzersiz bir perspektifi yansıtır. Günümüzde, bu tasarımlar genellikle Leonardo'nun dahi zekasını ve geleceğe dair vizyonunu vurgulayan ilginç tarihi anekdotlar olarak değerlendirilmektedir (Lambert, Smith ve Rasol, 2020).

Sanal Gerçeklik (*Virtual Reality - VR*) ise gerçek dünyanın tamamen farklı bir ortamda simüle edildiği bir teknoloji türüdür. Bu teknoloji, genellikle bir başlık ve bazen de özel el cihazları gibi donanımlarla birlikte kullanılır. Kullanıcı, sanal gerçeklik dünyasına girdiğinde, gerçek dünyayı hissedemeyebilir ve tamamen farklı bir ortamda hissedebilir. Bir sanal gerçeklik deneyimi sırasında, kullanıcı genellikle kendisini başka bir dünyada veya simüle edilmiş bir ortamda bulur. Kullanıcı, başını çevirdiğinde veya hareket ettiğinde, sanal dünyada çevresi değişir, bu da gerçek bir deneyim hissi yaratır. Kullanıcılar genellikle bu ortamlarda etkileşimde bulunabilir, nesnelerle etkileşim kurabilir ve sanal dünyadaki aktiviteleri gerçekmiş gibi deneyimleyebilirler.

Metaverse ise tüm bu gerçeklik temalarını kapsayan geniş bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Metaverse terimi, sanal ve artırılmış gerçeklikle birleşen geniş, dijital bir ortamı ifade etmektedir. İnsanlar, sanal dünyalarda etkileşimde bulunabilir, içerik üretebilir ve diğer kullanıcılarla iletişim kurabilirler. Metaverse, genellikle 3D grafikler, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, blockchain teknolojisi gibi bir dizi teknolojiyi içerir.

Metaverse terimi, ilk olarak Neal Stephenson'ın 1992 tarihli *Snow Crash* adlı bilim kurgu romanında ortaya çıkmıştır. Roman, bir sanal gerçeklik dünyasını konu alır ve bu dünya "Metaverse" olarak adlandırılır. Ancak, günümüzdeki anlamıyla metaverse terimi,

daha çok günümüzdeki teknolojik gelişmelere ve sanal dünya platformlarına atıfta bulunmaktadır.

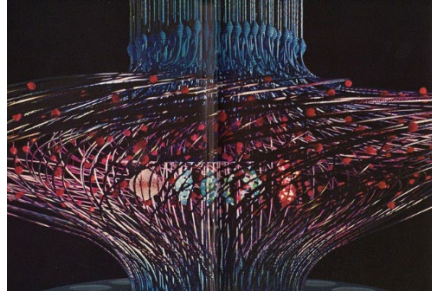


Resim 62: Steven Spielberg, Ready Player One, 2018

Kaynak: https://www.youtube.com/watch?v=6W_HL3nULMM

Bilim kurgu yazarı Ernest Cline'in 2011'de yayımlanan kitabı *Başlat*'tan 2018'de uyarlanarak çekilen bilim kurgu filmi *Ready Player One* kitapla paralel şekilde 2045 yılında başlamaktadır (Resim 62). Sanal gerçeklik evrenine güncel bir örnek sayılabilen filmin yaratıcı ekibi *Industrial Light & Magic and Digital Domain*'den uzmanlar 2018'de New York'ta düzenlenen *SIGGRAPH Prodüksiyon Oturumu*'nda distopik yaşam vizyonunu ekrana getirirken kullanılan görsel efektleri sergilemiş, *OASIS* olarak bilinen geniş sanal evrenin her yönüyle tasarlanması, inşa edilmesi ve canlandırılmasındaki sanatsal ve teknik zorlukları aktarmıştır (Cofer, vd, 2018).

Sinemadan farklı olarak, interaktif sanat, gerçeğin ifadesinde bir diğer üretim biçimi olarak çeşitli medyumları kullanarak hikaye anlatımını gerçekleştirmekte ve gerçeklik algısını iletişim ve etkileşim yoluyla geliştirmektedir. Jeneratif sanat gibi yapay zeka algoritmaları, matematiksel kurallar ve algoritmalar aracılığıyla gelişen bir sanat biçimi olarak, sanat eserinin davranışı kullanıcı girdilerinden veya çevreden gelen verilerden beslenebilir, aynı yapı etkileşimli sanat yaratmak için de kullanılabilir. Bugün yapay zeka algoritmaları, fiziksel ve dijital dünyaları birleştiren sürükleyici AR, VR ve interaktif deneyimleri oluşturmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

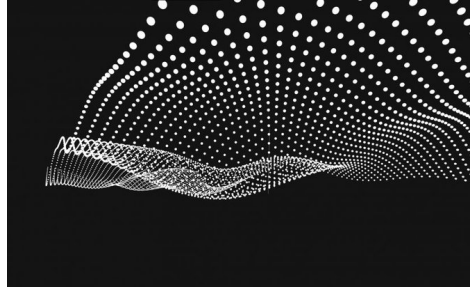


Resim 63: Will Burtin, Chromosome: Genes in Action, 1960

Kaynak: <https://designobserver.com/feature/will-burtin/39476>

Will Burtin başarılı bir tasarımcı olmasının yanı sıra interaktif projeleriyle bilinen bir sanatçıdır. *The Cell* (1958), *The Brain* (1960) ve *Chromosome: Genes in Action* (1960) adlı çalışmalarında Burtin bilgi tasarımına odaklanmakta ve izleyiciye bilginin görselleştirilmesine dair unutulmaz bir deneyim sunmaktadır (Resim 63). Bu bilgiler hücre yapısı gibi en karmaşık içeriklerden de oluşsa Burtin, bu çok katmanlı veri havuzunu üçüncü boyutun da desteğini ardına alarak başarıyla kotarmaktadır. Örneğin *The Cell* (1958) adlı enstalasyonu izleyiciyi bir hücrenin içine davet ederek, onu her bir parçayı keşfe çağırmaktadır (Adams, 2017). Akciğer broşlarının fraktal yapısı bilindiği gibi, Burtin'in eserlerinde de biyolojik yapının, karışık teknik kullanılan organik temsillerinde fraktal bir bütünlük görülmektedir.

Rafael Lozano-Hemmer ise, interaktif ve sürükleyici enstalasyonlarında, izleyiciyi sanat eserine katılmaya ve onunla etkileşime geçmeye davet eden karmaşık ve son derece ayrıntılı görsel deneyimler yaratmak için fraktal algoritmalar kullanmaktadır. Bu alanın öncülerinden biri olarak kabul edilen Lozano-Hemmer'in çalışmaları, sanatçı ve tasarımcıların; teknoloji, sanat ve toplum arasındaki ilişkiye dair düşünme biçimlerini şekillendirmeye yardımcı olmaktadır (Hirshhorn, 2018).



Resim 64: Rafael Lozano Hemmer, Pulse Topology, 2021

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=gNNTN0vpFAM>

Lozano-Hemmer, Pulse serisinde ilk kez, kalp atışlarını optik olarak tespit etmek için bilgisayar destekli görme algoritmalarını kullanarak, büyük yankı uyandıran temassız *Fotopletismografi (PPG)* teknolojisini entegre etmiştir (Resim 64). PPG, periferik dolaşımdaki kanın hacimsel değişikliklerini tespit etmek için kullanılan bir optik tekniktir. Deri yüzeyinde ölçüm yapan düşük maliyetli ve cerrahi müdahale gerektirmeyen bir yöntemdir. Teknik, kardiyovasküler sisteme dair de bilgiler sağlamaktadır. Lozano-Hemmer özellikle çalışmalarında teknoloji ve algoritma kullanmasıyla tanınmakta ve yaygın olarak interaktif ve yeni medya sanat hareketlerinin gelişiminde önde gelen isimlerden biri olarak kabul edilmektedir. Çalışmalarını uluslararası alanda sergileyen Lozano-Hemmer, bu alana yaptığı katkılardan dolayı çok sayıda ödül ve onurlandırmaya layık görülmüştür (Kemper, 2021).

İnteraktif projeler bazen kinetik altyapıyla sağlanmaktadır. Bilgisayar destekli sanat üretimi tarihinde öncü projelerden, 1968 yılında düzenlenen Cybernetic Serendipity sergisinde yer alan eserlerden, Nicolas Schöffer tarafından geliştirilen *CYSP-1* adlı kinetik proje (Resim 65) adını sibernetik dinamik mekaniklerin (*Cybernetic Spatiodynamic*) ilk iki harfinden almaktadır.

1956 yılında insan vücudunu simüle etmek için geliştirilen eser, bugün kullanılan *kinect* gibi teknolojilerin temeli sayılabilecek düzencek; ışıklar, aynalar ve sensörlerden oluşmakta ve hareketlere adeta bir “*elektronik beyin*”e sahip gibi hareket ederek cevap verebilmektedir. İzleyicilerin de dahil olabildiği katılımcı sanat ve etkileşimli sanata dair

öncü eserlerden olan *CYSP-1* ile Schöffer aynı zamanda teknolojinin sanat üretiminde kullanımına dair öncüdür de denilebilmektedir.



Resim 65: Nicolas Schöffer, CYSP-1, 1956

Kaynak: <https://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1956-cysp-1-nicolas-schoffer-hungarianfrench/>

2.3. Yapay Zeka Evreninde Fraktal Dilin Çözülmesi

Bilgisayar bilimci, matematikçi ve kriptolog Alan Turing, doğanın örüntü yapısına büyük ilgi duyduğunu bu konu üzerine yaptığı araştırmalarla ortaya koymaktadır. Çocukluğundan beri keskin bir doğal gözlemci olan Turing, birçok bitkinin matematiğin için içinde olabileceğine dair ipuçları içerdiğini fark etmiştir. Bu keşiflerinden biri, bazı bitkilerin Fibonacci diziliminin özelliklerini taşımasıdır. Örneğin papatyalar üzerine yaptığı araştırmalarda yaprak sayılarına işaret eden Turing, bu yapılarda her sayının, kendisinden önceki iki sayının toplamına eşit olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin papatyaların 34, 55 veya 89 yaprağı vardır. Bilgisayar kodları gibi canlı yapıların da bu örüntüsel oluşumlar üzerinden yorumlanabileceğine duyduğu inançla ortaya koyduğu ünlü “Morfogenezin kimyasal temeli” makalesi canlıların morfolojik yapısı ve desen oluşumlarının matematiksel analizini içermektedir. (Turing, 1952).

Turing tarafından 1950’de yayınlanan ünlü “Bilgi İşlem Makineleri ve Zeka (*Computing Machinery and Intelligence*)” makalesi ile “*Makine gerçekten düşünebilir mi?*” sorusu herkesin aklına gelmiştir. Makalede yer alan *taklit oyunu teorisi*, yapay

gerçeğin terimsel ilk kullanımlarındandır. Turing teorisinin adını doğrudan bu şekilde yazmıştır ki bu günümüz bilgisayarlarının atası algoritmik ilkeleri ve çalışma prensiplerini içermektedir. *Turing Testi* de adını, modern bilgisayarın icadıyla anılan İngiliz matematikçi ve bilgisayar bilimcisi Alan Turing'den almaktadır. Program, doğal dil işleme (*Natural Language Processing*) gibi yöntemler aracılığıyla bir insanla yapılan konuşmayı simüle etmek için tasarlanmıştır. “Turing Testi” bugün kullanılan bilgisayarların temelindeki sistemi anlamak için önemlidir (Turing, 1950).

Taklit oyunu kavramının, yapay zeka alanı üzerinde çeşitli açılardan önemli etkileri olmuştur. Bunlardan ilki, bu araştırmanın, bir makinenin zekasının, insan davranışını taklit etme becerisi ile ölçülebileceği fikrini ortaya koymasıdır. Diğeri, doğal dil işleme ve üretmenin yanı sıra makine öğrenimi ve karar verme algoritmalarının geliştirilmesine yönelik oldukça geniş çeşitlilikte araştırma yapılmasına ilham vermesidir. Ayrıca bu test, yapay zeka araştırmalarının ilerlemesini değerlendirmek için bir ölçüt haline gelerek, çok sayıda benzer değerlendirmeye öncü özellik taşımaktadır (Turing, 1950).

Yani özetle Turing’in geliştirdiği taklit oyunu yapay zekanın gelişiminde temel bir kavram olmuş, yapay zeka araştırmalarının yönünü şekillendirmiş ve makine zekası anlayışını ilerletmiştir. Turing’den sonra yayınladığı makalesiyle Cahit Arf’in de bahsettiği gibi, henüz makineler, her ne kadar insanlardan daha hızlı bir şekilde işlem yapabiliyor olsa da, özgün düşünceden yoksun olmaları, estetik kararlar verebilmeleri, hatta komut verilen bir görevi yapmak isteyip istemediklerine dair bilinçli tercihlerde bulunabilmeleri mümkün görünmemektedir (Arf, 1959).

Yapay zeka teorisi temelinde evrenin algoritmalarını çözümleyerek onun bir kopyasını oluşturmayı, ardından da bu kusurlu kopyayı hata giderilmiş kusursuzuyla değiş tokuş edebilmeyi hedeflemektedir. Bunun için de aynı makine öğrenmede olduğu gibi öncelikle evrenin halihazırda işleyen algoritmalarını çözümlemesi gerekir. Sanat da en başta evreni özümseyip onu betimleyerek ve taklit ederek yola çıkmıştır. Fraktal yapılar temel tasarım ilkelerinden oran, ritim, geometrik form gibi kuralları izlemekte, algoritmik olarak incelenebilmektedir. Bu algoritmalar bazen Jackson Pollock eserlerinde

aynı Mandelbrot setindeki gibi orantılı kopyaların her birinin bütünün birebir kopyası denilebilecek yapılar olarak bazen Leonardo da Vinci'nin veya Tim Knowles'ın ağaç gövdesini resimlemesinde görülebilmektedir. Doğanın incelenmesi fraktallerin yapısını anlamak için oldukça önemlidir. Zira doğanın kendisi tekrarların, ritmin ve orantısal kurallardan oluşan bir örüntüler bütünüdür. Geçmişte kıyı şeridi hesaplama ve bitki büyüme yapısı gibi doğal olayları modellemek amacıyla kullanılan ve bu karmaşık sistemlerin altında yatan matematiksel modellere ilişkin içgörüler sağlayan fraktaller günümüzde yapay zeka alanında da önemli bir araştırma konusudur (McCormack, vd, 2014: 8)

Mekanik bilgi-işlem ilişkisinde, özellikle de bilgisayar programlamanın öncüsü Ada Lovelace üretimleri sürecinden başlayarak, uzun bir müddet bilgisayarlar tamamen pasif bir rol üstlenmiş, yalnızca sanatçı yaratıcı sürecin tamamında aktif olarak rol almıştır. Ancak bu bağlam öngördüğü üzere bilgisayarların programlananın dışında bir davranışta bulunmadığı ve hataya ihtimal vermeyen yapısı gereği zaman içerisinde yetersiz kalarak, önce sanatçı ve bilgisayara eserin üretim payına ortak etmiş, ardından ise geçerliliğini makine öğrenme ile tamamen kaybetmiştir zira yapay zekanın bir diğer kullanım alanı da makine öğrenmedir. Sınıflandırma ve tahmin, doğal dil işleme, görüntü ve ses işleme, hızlı öneri sistemleri ve otomatik karar verme gibi konularda makine öğrenmede yapay zekadan faydalanılabilmektedir.

Sanat ve yapay zeka arasındaki iş birliğinin en bilinen çalışmaları, 1970'lerde üretken sanat yaratmak için erken dönem bilgisayar sistemleriyle çalışan sanatçı Harold Cohen'in eserleridir. Cohen çalışmalarında, tamamen sanatçı tarafından belirlenmeyen, ancak algoritmalarla ve bilgisayarın kendi karar verme süreçlerinden etkilenen çizimler ve resimler oluşturmak için AARON gibi sistemler geliştirmiş, çeşitli bilgisayar yazılımlarını kullanmıştır.

Yapay zeka algoritmaları gerçek zamanlı olarak üretilen veya dinleyicinin tercihlerine göre uyarlanabilen ritim gibi yeni müzik ve ses tasarımlarının üretiminde kullanılabilir. Londra'daki Çağdaş Sanatlar Enstitüsü'nde (ICA) 1968 yılında düzenlenen *Cybernetic Serendipity* adlı sergi, bir yazılım üzerinden üretilen şiir, müzik ve çizim

örnekleriyle tanıştması yönünden bilgisayarlı sanat üretim pratikleri tarihinde öneme sahiptir (Monoskop, 2023).

“Sokakta güneşi hissediyorum,

Sokaktaki tüm boşluklar.

Bang! Güneş kaydı.” (McKinnon Wood, Masterman, 1969)

Örneğin Margaret Masterman tarafından kodlanan bir yazılım üzerinden üretilen bu şiir, bir şiirin alışlagelmiş yapısı ve ortaya konuş biçimi hakkındaki fikirlerle örtüşmese de; bu eser, bilgisayarı bir dil işleme makinesi olarak kullanmaya yaptığı erken vurgu açısından kayda değerdir.

Kriptografik sistemlerde sıklıkla kullanılan Alice ve Bob ikilisi genellikle şifreleme ve güvenlik alanlarında kullanılan klasik isimlerdir. Bu isimler, kriptografi ve bilgisayar güvenliği ile ilgili problemleri açıklamak veya senaryoları anlatmak için kullanılır. Bir rota ifade edilirken kullanılan A noktası ve B noktası şifrelemesine benzer biçimde işlevlendirilen bu isimler, bir tür matematiksel problemin veya senaryonun taraflarını temsil etmek için tercih edilir. Örneğin, Alice ve Bob, genellikle bir iletişim güvenliği senaryosunu temsil eder. Alice, mesajı gönderen taraftır (*sender*), Bob ise mesajı alan taraftır (*receiver*). Kriptografi ve güvenlik protokollerinde, bu tür tarafların etkileşimleri ve sorunları çözmek için kullanılan algoritmalar modellenir. Bu isimler, Martin Gardner tarafından popülerleştirilmiştir ve kriptografi topluluğunda bir gelenek haline gelmiştir. Bu şekilde isimlendirme, karmaşık kriptografik konseptleri daha anlaşılır hale getirmeye ve senaryoları daha kolay takip edilebilir kılmaya yardımcı olur.

2017 yılında Facebook sohbet yazılımı (chatbot) *Alice ve Bob* ikilisini duyurduğunda, bu araştırmanın amacı, birbiriyle alışveriş yapan iki insanın sohbetini modelleme çabasıdır. Facebook’a ait FAIR laboratuvarlarında geliştirilen bu iki yapay zeka robotu kısa süre sonra kendi aralarında şifreli bir dil oluşturarak talep edilen akışın dışına çıkmışlar, süreç kamuoyunda endişe yaratmış ve bu da araştırmanın sona erdirilmesine neden olmuştur (Lammin, 2022).

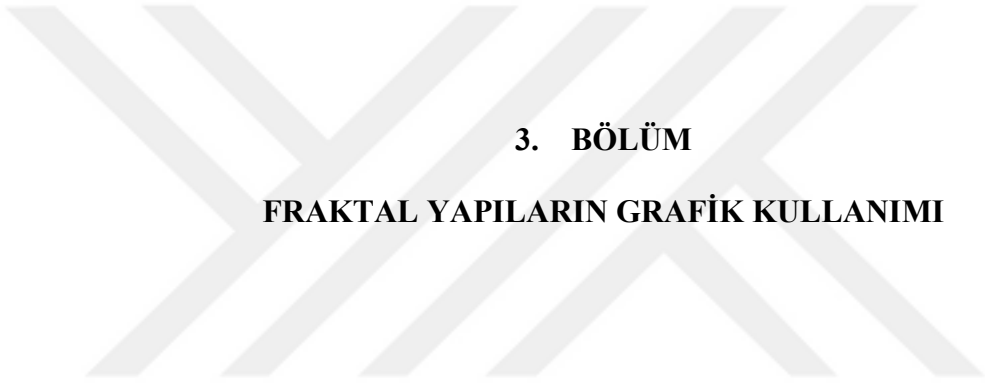
Programlama ve teknoloji arasında güçlü bir bağ olduğundan, bilgisayar programlama sadece teknik alanlara uygulanabilen bir alan gibi görülse de, bilgisayarların ilginç bir iş birliği oluşturabileceği tek alan bu değildir. Programlamaya dile vurgu yapılarak yaklaşıldığı takdirde bilgisayarlar potansiyel olarak çok daha geniş bir kitleye ulaşabilen eserler üretebilmektedir. Bilgisayarın bilimsel araştırmalar dışındaki ilk keşiflerinden bazıları, bir dil motoru olarak yazılıma odaklanmaktadır. Yapay zeka tarihinde güçlü bir dil işleme bileşeni vardır. Örneğin John McCarthy'nin LISP programlama dili, metin işlemeyi kolaylaştırmış ve onu yapay zeka üzerine yapılan ilk deneyler için popüler hale getirmiştir. Ayrıca Joseph Weizenbaum tarafından 1966 yılında yazılan tartışmalı ELIZA yazılımı, hastanın ifadelerini soru olarak ve yeniden ifade ederek, bir terapist ile hasta arasındaki diyalogun parodisini yapmaktadır. Kullanıcının bir klavye aracılığıyla girdiği ifadelere karşılık olarak yazılım bir cevap oluşturmaktadır. Hastanın depresyonda olduğunu hissettiği ile ilgili bir metin yazdığı durumda ELIZA yazılımı bu bilgiye karşılık, hastanın neden depresyonda olduğu düşüncesine kapıldığına dair sorularla yanıt verebilmektedir. 70'li yıllarda geliştirilen Terry Winograd'ın SHRDLU projesi de klavye girişi ve metin yanıtı arasında benzer bir etkileşimi kullanmakta ve bilgisayarın doğal dili anlama potansiyelini ciddi bir şekilde araştırmaktadır. Otomatik çeviri ve konuşmayı metne dönüştürme gibi gelişmekte olan yazılım hizmetleri her zaman güvenilir değildir, ancak geliştirilme öyküleri bugün hala heyecan verici bir şekilde devam etmekte ve güncellenmektedir (Reas & Fry, 2007).

Bugün yapay zeka algoritmaları da, fiziksel ve dijital dünyaları birleştiren etkileyici deneyimleri oluşturmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Örneğin yazılı içerik oluşturabilen OpenAI tarafından geliştirilen sohbet robotu ChatGPT hemen her konuda kullanılabilmekte, farklı alanlarda uzmanlığa sahipmişçesine yüklenilen bilgi havuzundan herhangi bir veriye çok kısa sürede erişebilmekte ve kullanıcıya sunabilmektedir.

Günümüzde *Stable Diffusion*, *Dall-E*, *deepdreamgenerator*, *Midjourney* gibi yapay zeka tabanlı yazılımlar, kullanıcıların bir *prompt* yani giri oluşturması ile bu dataya karşılık gelen tasarımları oluşturmakta, kullanıcının yönlendirmesine göre sunduğu alternatifler üzerinden çeşitlendirmeler geliştirebilmektedir. Üstelik bu süreç, yeni

alternatiflerin hazırlanması da dahil olmak üzere, dakikalar içerisinde tamamlanabilmektedir. Foucault'un yazarın ölümü ile kastettiği (Foucault, 1977) veya Michael Rock'ın otörün kim olduğunu sorguladığı yıllar (Rock, 1996), teknolojik gelişmelerin hızıyla karşılaştırıldığında oldukça eski bir tarihe işaret etse de; hem makalelerin içeriği, hem de o sorular güncelliğini korumaktadır. İnsan-sanatçı ve makine sanatçı dönüşümüne şahit olduğumuz bugünlerde, sanata dair üreten ve tüketen rollerinin değişmesi sonucunda, yapay zekanın yaratıcı alandaki dominasyonunun getirilerinin neler olabileceğine dair sorgulamalar uzun süre devam edecek gibi görünmektedir. Ayrıca sürecin etik boyutuna dair tartışmalar da hala sürmektedir.





3. BÖLÜM

FRAKTAL YAPILARIN GRAFİK KULLANIMI

3. BÖLÜM

FRAKTAL YAPILARIN GRAFİK KULLANIMI

Fraktal teorisi, doğadaki pek çok form ve desenin, kendine benzer şekilde, öz yinelenmeli olarak, tekrarlamasıyla oluştuğunu göstermektedir. Bu teori, grafik tasarımda kullanılan pek çok desen, şekil ve örüntünün tasarlanmasında da kullanılmaktadır. Fraktal yapılara hareket fonksiyonu sağlamak için grafiklerle aynı şekilde öncelikle yapısal algoritmalarının çözümlenmesi gerekmektedir. Fraktal teori ile uyum içerisinde çalışan grafik tasarım elementlerine örnek olarak kendine benzer şekilde öz yinelenmeli motifler, karmaşık geometrik şekiller, düzleştirilmiş örüntüler ile yüzeyler, kırık hatlar ve renk geçişleri verilebilir.

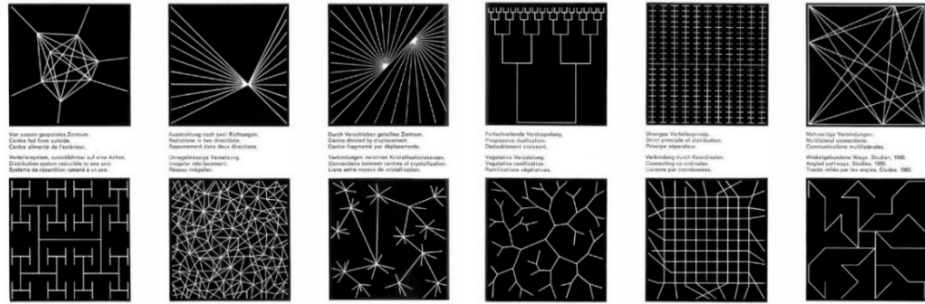
3.1. Tasarım Dilinde Fraktal Elementlerin Kullanımı

Fraktal teorisinin grafik tasarımdaki kullanımı, karmaşık geometrik şekillerin ve desenlerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bu teori, aynı zamanda tasarımcılara benzersiz ve orijinal tasarımlar yaratmaları için bir araç sağlamaktadır. Örneğin, fraktal teorisi ile üretilen bir tasarımda, belirli bir şeklin, belli bir ölçekte yinelenmesiyle oluşan kendi kendine benzer bir örüntü oluşturulabilir. Bu örüntünün daha sonra başka bir ölçekte tekrar yinelenmesiyle, özdeş ama farklı boyutlarda birçok örüntü elde edilebilir.

En önemli fraktal grafik tasarımcıları arasında Mark J. Stock, Jared Tarbell, Marius Watz ve Joshua Davis yer almaktadır. Bu tasarımcıların çalışmaları, fraktal teoriyle uyumlu örnekler arasında yer alır. Örneğin, Joshua Davis'in "*Praystation*" çalışması, fraktal teorisiyle uyumlu ve etkileyici bir tasarım örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Jared Tarbell'in "*Subblue*" projesi de fraktal teorisiyle uyumlu tasarlanmış bir sanal gerçeklik ortamıdır.

Fraktal özellikler taşıyan çalışmalarıyla önde gelen isimlerden bir diğeri ise Anton Stankowski'dir. Stankowski, 20. yüzyılın en önemli grafik tasarımcılarından biridir. Stankowski'nin basit şekiller ve geometrik formlara yer veren, Konstrüktivizm, Bauhaus ve De Stijl'den etkilenen çalışmaları, cesur ve soyut kompozisyonlardan oluşmaktadır (Resim 66). Stankowski'nin 1939 tarihli "*Growing*" adlı çalışmasıyla Mandelbrot setinin

bir parçası karşılaştırıldığında, sanatçının bu kuramı kendi formülüyle görselleştirme çabası görülmektedir. Hatta kendisi de bu eserini “tüm şekillerin başlangıcı” olarak tanımlamakta ve eklemektedir: “Fizikçi, evrim ve çürümenin temelinde ana formu görür.” Aslında kendisi Mandelbrot’tan çok daha önce kendi özel tasarım teorisinde bu konuyu ele almıştır ki bunların ilki 1929-1937 yılları arasında oluşturulmuştur (Shlyk, 2007).



Resim 66: Anton Stankowski, Visual Presentation of Invisible Process, 1967

Kaynak: <https://dvia.samizdat.co/2018/r3-anton-stankowski>

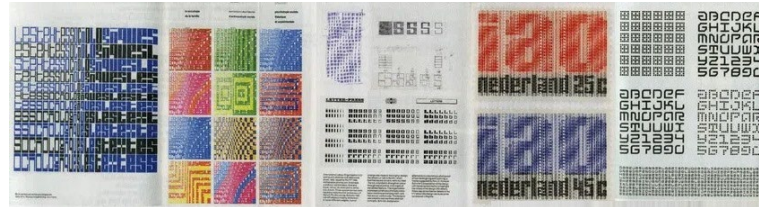
Bir diğer fraktal tasarımcı Erik Nitsche, 1955-1960 yılları arasında bir mühendislik şirketi olan General Dynamics için sanat yönetmeni olarak çalıştığı dönemde, tasarladığı yıllık rapor kapakları serisinde özellikle geometrik formlar kullanmıştır (Resim 67). Atom enerjisi üzerine yoğunlaşan bu şirket için hazırladığı görsel içeriklerde, proje detaylarını ve ürünlerin temel çalışma prensiplerini gösterme izni bulunmadığından Nitsche, olabildiğince soyut formlara yönelmiş ve kendisiyle özdeşleşen geometrik formlara ulaşmıştır. Nitsche’nin bu tasarımlarında enerji ve dinamizm gibi temaların yanı sıra, spiral gibi pek çok geometrik ve matematiksel soyut kavramdan faydalandığı görülmektedir. Bu formlar altın oran gibi kuralları gözetirken, zaman zaman da öz-tekrar ve ölçeklendirme gibi fraktal özellik gösteren elementlerden oluşmaktadır.



Resim 67: Erik Nitsche, General Dynamics - Yıllık Rapor Kapakları, 1960'lar

Kaynak: <http://www.designishistory.com/images/nitsche/nitsche01.jpg>

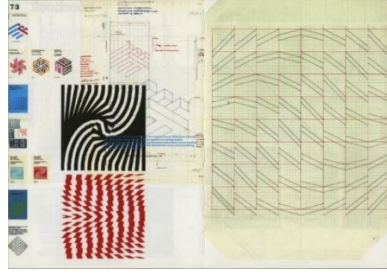
Hollandalı grafik tasarımcı Karel Martens'in de fraktal geometriden etkilendiği tasarımlarında görülebilmektedir. Martens'in çalışmaları, fraktal esinli tasarımın ayırt edici özellikleri olan basit geometrik şekiller ve tekrarlayan desenler içermesiyle bilinmektedir. Tasarımları genellikle derinlik ve karmaşıklık hissi yaratan, birbirine geçmiş şekiller ve kendine benzer formlardan oluşmaktadır (Resim 68).



Resim 68: Karel Martens, Not for Resale, 2020

Kaynak: <https://www.itsnicethat.com/features/karel-martens-re-printed-matter-graphic-design-020920>

Martens grafik tasarım alanında önemli bir etkiye sahiptir ve bilinen geometriden çok daha zengin, daha esnek ve oldukça modernist bir yaklaşıma sahip çalışmaları, birçok tasarımcıya kendi tasarımlarında fraktal geometri kullanımını keşfetme yolunda ilham vermiştir. Fraktal tasarımın güzelliğini ve çok yönlülüğünü ortaya koyan çalışmalarıyla (Resim 69) fraktal geometrinin grafik tasarımda kullanımının yaygınlaşmasına yardımcı olmuştur (Kinross, 1993).



Resim 69: Karel Martens, Not for Resale, 2020

Kaynak: <https://www.itsnicethat.com/features/karel-martens-re-printed-matter-graphic-design-020920>

Bir başka yaklaşım tasarım ikililerinden Ladislav Sutnar ve Knud Lönberg-Holm sayılabilir. Grafik tasarım tarihinde önemli çalışmalara imza atan ikili birlikte kitap tasarımları, tipografik çalışmalar ve ticari kataloglar gibi projeler yürütmüş, özellikle de bilgilendirme tasarımı alanında uzmanlaşmışlardır (Öztuna, 2008).



Resim 70: Ladislav Sutnar, Fortune dergisi kapağı, 1946

Kaynak: https://blog.mam.org/cover_fortune_1946_07/

İkilinin birlikte hazırladığı “Katalog Tasarımı” adlı çalışma (Resim 71) modern grafik tasarımın öncü yaklaşımlarından biri sayılmakta ve geometrik formlar ve grid kullanımı açısından önem arz etmektedir (Pivo, 2019). Özellikle de Ladislav Sutnar internetin olmadığı dönemde bilgi mimarisine dair önemli katkılarda bulunmuştur. Sutnar'ın yaklaşımı genellikle geometrik şekillerin, net çizgilerin ve tekrarın entegrasyonunu içermektedir (Resim 70). Bu geometri ve tekrar kullanımı, tasarımlarına

sadece süsleme amaçlı değil, bilgiyi etkili bir biçimde iletme için bir araç olarak hizmet etmiştir. Onun yaklaşımı, özellikle bilgi tasarımı ve grafik tasarım bağlamında gerekli olan açık ve özgün görsel iletişimi vurgulamaktadır. Yani Sutnar'ın tasarımları, işlev ve estetik arasında önemli bir denge kurarak, geometrik formları ve tekrarı sadece süsleme değil, aynı zamanda enformasyon aktarımında güçlü bir medyum rolü üstlenmektedir (Heller, 2004).



Resim 71: Ladislav Sutnar, Çeşitli Tasarımlar

Kaynak: <https://fishinkblog.com/2019/03/18/ladislav-sutnar-graphic-input/>

3.2.Bilgisayar Grafikleri ve Jeneratif Sanat

70'lerin ortalarında “fraktal” kavramı ilk kez Benoit Mandelbrot tarafından ortaya konmuştur. Bilgisayar grafiklerinin, fraktal geometriye dair uygulamalarında öne çıkan araştırmalar, Yoichiro Kawaguchi, Peter Oppenheimer, Alain Fournier, Alvy Ray Smith, Gavin Miller, Phil Amburn ve yine Benoit Mandelbrot tarafından yürütülmüştür. Büyük bir kısmı, 1970'lerden bu yana düzenlenen New York merkezli SIGGRAPH (*Bilgisayar Grafikleri ve Etkileşimli Teknikler üzerine Uluslararası Bilgisayar Makineleri Özel İlgi Grubu Derneği*) konferansları bünyesinde yayımlanan bu araştırmalar, çoğunlukla doğal nesnelerin modellenmesi konusuna yoğunlaşmakta; hem deterministik, hem de rastgele geometri kuralları kullanılmaktadır. Bu yöntem, sınırsız bir görüntü yelpazesine ulaşmayı mümkün kılan tek bir çerçeve oluşturulabilmesini

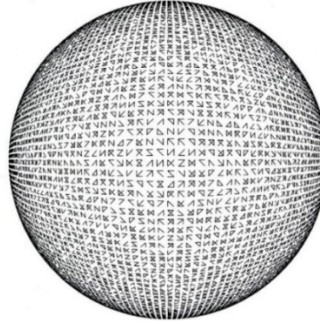
sağlamıştır. Dolayısıyla da bu yaklaşım, diğer fraktal yaklaşımlardan ayrılmaktadır. Çünkü ölçü teorisini kullanan tek yaklaşımdır (Barnsley, 2000).

Aynı zamanda SIGGRAPH konferansları aracılığıyla, bilgisayarlı sanat üretimine dair, hem bilim, hem de sanat alanında geniş bir literatüre veri sağlanmaktadır. Çünkü ortak yürütülen bu sürece dair araştırma yürüten bilgisayar bilimciler, aynı zamanda erken dönem dijital sanatçı kimlikleriyle de ilk eserlerini ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla bu süreçte bilim ve sanatın eşsiz bir ortaklığı söz konusudur (Zarina, 2011).

Bilgisayarlı sanat üretim disiplinlerinden biri olan *generative art* yani jeneratif sanat *generate* kelimesi ile üreme ve çoğalma sürecini ifade ettiğinden “üretken sanat” anlamına gelmektedir. Jeneratif Sanat, sanatçı tarafından belirlenmiş herhangi bir yolun izlenmesi aracılığıyla sanatsal bir çıktı elde edilmesini öngören üretim yöntemidir. Üretimin koşulu sanatçı tarafından belirlenen bu kuralın takip ediliyor olmasıdır, sürecin bir bilgisayar yoluyla sağlanması ise şart değildir. Yine de algoritmik bilgisayar dilinin, işlemsel sanatın süreç yani *processing* odaklı üretim mantığına olan uyumu yadsınamayacak düzeydedir.

Jeneratif sanat, 1950'lerin ortalarında ortaya çıkan ve 1960'larda bilgisayarın sanatsal potansiyelinin keşfedilmesiyle hızla gelişen bir sanat dalıdır. Bu dönemde, bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte sanatçılar ve matematikçiler, matematiksel formüller ve algoritmalar yoluyla sanatsal içerikler oluşturmaya başlamıştır. Öncü sanatçılar arasında Vera Molnar, John Whitney, Stan VanDerBeek, Ed Zajec, Roman Verostko, A. Michael Noll, Gary Webb, Joshua Davis, Hans Lauwerier, Golan Levin, Joshua Noble ve geleneksel Japon kağıt katlama tekniklerini kullanarak soyut, geometrik sanat eserleri yaratan Hiroshi Kawano bulunmaktadır. Eserleri genellikle fraktal benzeri desenler içermekte ve bu yaklaşımın temelinde sanatçının matematiksel kavramlara olan ilgisi bulunmaktadır.

Bu dönemde sanatçılar, ilkel ihtiyaçları güncel pratiklerle bir araya getirerek öncü bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Günümüzde ise işlemsel, üretken veya jeneratif sanat; sanat ve teknolojinin birleştiği ve sanatın yeni formlarını keşfetmeyi amaçlayan bir sanat akımı olarak tanımlanabilmektedir.



Resim 72: Manfred Mohr, Sphereless, 1972

Kaynak: http://www.emohr.com/sc69-73/vfile_128.html

Alman sanatçı Manfred Mohr, bilgisayar algoritmalarının sanat yaratma potansiyelini keşfeden ilk sanatçılardan biridir ve eserleri genellikle soyut, karmaşık, fraktal benzeri desenlere sahiptir (Resim 72). Karl Sims ise yapay yaşam alanındaki çalışmalarıyla tanınan Amerikalı bilgisayar bilimci ve sanatçıdır. Basit organizmaların davranışlarını simüle eden bir dizi bilgisayar destekli animasyon üretmiş ve çalışmaları dünyanın dört bir yanındaki müze ve galerilerde sergilenmiştir.

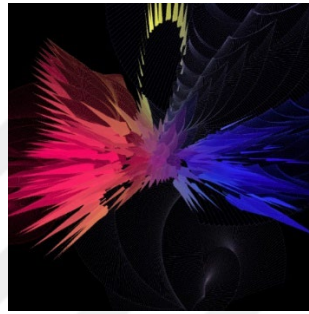
Jeneratif sanatın önde gelen temsilcilerinden Macar asıllı Fransız sanatçı Vera Molnar bilgisayarın sanat üretiminde kullanımına örnek teşkil edecek çalışmalarına 1960'ların sonlarında bilgisayar laboratuvarlarında imza atmıştır. Bu çalışmaların temelinde Molnar'ın aldığı resim eğitimi ile bilgisayarın sunduğu imkanları birleştirerek oluşturduğu kreatif yaklaşım vardır.



Resim 73: Vera Molnar, Quadrilateres, 1974

Kaynak: <https://damprojects.org/vera-molnar-machine-imaginaire>

Vera Molnar'ın 1969 yılında ürettiği ve soyut imgeler oluşturmak için bir bilgisayar programı kullandığı *Quadrilateres* adlı eseri öncü çalışmalardan sayılabilmektedir. Eseri oluşturmada plotter teknolojisini kullanan Molnar, hem kendi estetik tercihlerinden, hem de bilgisayar programında kullanılan algoritmalarından etkilenen imgeler yaratmak için erken dönem bilgisayar sistemleriyle çalışmıştır (Resim 73). Bir diğer eserine *Dörtgenler* adlı çalışması örnek verilebilir (Resim 74).



Resim 74: Vera Molnar, Dörtgenler, 1974

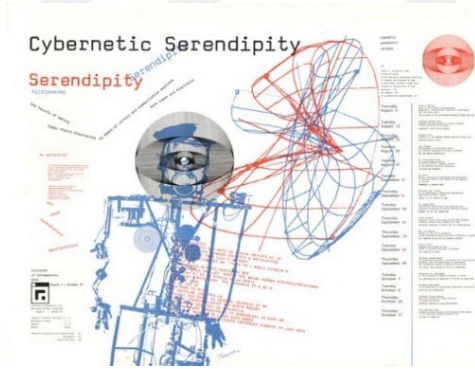
Kaynak: <https://joshuadavis.com/The-Bees-in-the-Trap>

Amerikan sanatçı ve tasarımcı Joshua Davis fraktal ve algoritmik yaklaşımı benimsediği *The Fractal Nature* gibi eserlerinde veri görselleştirmeyi öne çıkararak bu yaklaşımıyla jeneratif sanat tarihinde öncü olmuştur. Bir diğer Amerikan sanatçı, tasarımcı ve aynı zamanda mühendis olan Golan Levin ise kodlama ve algoritma yapısını eserlerinde sıkça kullanan jeneratif sanat temsilcilerindendir. Eserlerinden bazıları uluslararası ödüle layık görülen Levin'in bilinen eserlerinden bazıları Casey Reas ile birlikte geliştirdiği *The Fractal Forest* ve Joshua Davis ile birlikte gerçekleştirdiği *The Fractal Music*'tir.

Sanatta algoritma ve matematiksel süreç kullanımına dair eser veren sanatçılar aynı zamanda kendilerinden sonra gelen nesiller için de teknolojinin bir medyum olarak sanattaki yerine yön vermişlerdir. Ayrıca jeneratif sanatın bir sanat dalı olarak tanınırlığına ve gelişimine büyük katkı sağlamışlardır.

Diğer sanatçılara örnek olarak; Nanni Balestrini, Vera Bugatti, Don Ritter, John Lasseter, David Em, Richard Wright, Barbara Nessim, Leon Harmon, Michael Moshen, Frieder Weiß, Michael Hansmeyer, Casey Reas, Marius Watz, Jared Tarbell verilebilir.

Bu dönemde önemli gelişmelerden biri, bilgisayarlı sanatın bir sanat dalı olduğuna ve sergilenebileceğine yaptığı vurguyla Londra'daki *Çağdaş Sanatlar Enstitüsü'nde (ICA)* 1968 yılında düzenlenen *Cybernetic Serendipity* adlı sergidir (Resim 75). Sergi, jeneratif sanat üretimlerine hem önemli bir örnek, hem de öncü girişimlerden biridir. Ayrıca sanat çevrelerini bir yazılım üzerinden üretilen şiir, müzik ve çizim örnekleriyle tanıştırmaları yönünden de bilgisayarlı sanat üretim pratikleri tarihinde önemli bir yere sahiptir (Monoskop, 2023). *Cybernetic Serendipity* ilk sibernetik sanat sergisi olmasının yanı sıra, sibernetik sanatın olanaklarını keşfetmek üzere de sanatçıları ve bilim insanlarını bir araya getiren türünün ilk örneği sergilerden biri kabul edilmektedir. Küratörlüğünü Jasia Reichardt'ın yaptığı sergide insanlar, makineler ve bilgi arasındaki ilişkiyi inceleyen öncü nitelikte sanat eserlerine yer verilmiştir (Monoskop, 2023).



Resim 75: Cybernetic Serendipity Sergi Afişi, 2 Ağustos – 20 Ekim, 1968

Kaynak: https://monoskop.org/Cybernetic_Serendipity

"*Cybernetic Serendipity*" terimi, Reichardt tarafından, yaratıcı süreçte şans ve rastlantısallığın rolünü vurgulamak amacıyla serginin temasını tanımlamak için ortaya atılmıştır. *Serendipity* tesadüfen keşfedilen veya beklenmedik bir şekilde ortaya çıkan olayları ifade ederken, *Cybernetic* bilgisayar ve kontrol sistemlerine atıfta bulunan bir kavramdır. Dolayısıyla sergi için tercih edilen *Cybernetic Serendipity* bağlamı, bilgisayar teknolojisinin sanatsal ve yaratıcı keşiflerle birleştiği bir kesişimi ifade etmektedir.

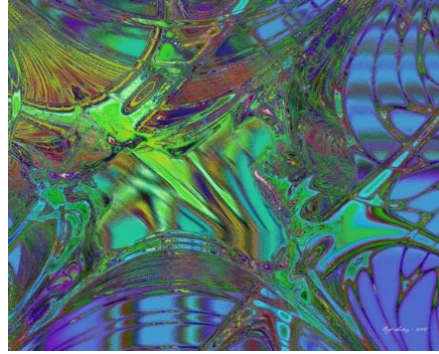


Resim 76: Jean Tinguely, *Méta-Matic* No. 10, 1959

Kaynak: <https://www.tinguely.ch/en/tinguely-collection-coservation/collection.html?period=1959-1959>

Sergi seçkisinde bilgisayarla üretilen müzik, kinetik heykeller ve interaktif enstalasyonlar gibi eserler bulunmaktadır. Jean Tinguely de *Méta-matic* serisinden iki eseri ile sergiye katılmıştır. Bu kinetik düzenekler, üzerine yerleştirdikleri bir kağıda rastgelelik ilkesi üzerinden fırça hareketleri bırakarak resim yapmaktadır (Resim 76). Tinguely aynı zamanda bu yolla, robotik yapıların hayata entegrasyonu ve Sanayi Devrimi sonrası otomatikleşen üretim yapısı üzerinden sanatçının rolünü sorgulamakta, adeta günümüzde popülerlik kazanan yapay zeka ile sanat üretim süreci üzerine düşündürmektedir.

Sergi, algoritmik tasarımlar, multimedya, enstalasyon, bilgisayar grafikleri, interaktif medya gibi sanat üretim pratiklerine katkı sağlamış, ayrıca diğer dijital sanat türlerinin gelişimine de ilham verecek olan sibernetik sanatın gelişiminde oldukça etkili olmuştur. Serginin dijitalleşen sanat anlayışı üzerindeki etkisi, günümüze dek ulaşan büyük bir uyanışta da önemli bir rol üstlenmiştir. Sanat ve teknoloji tarihinde ufuk açıcı bir olay olarak kabul edilen serginin bu etkisi bugün hala çağdaş kültürün birçok alanında görülebilmektedir.

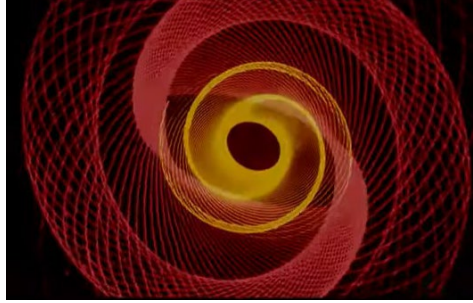


Resim 77: Rod Seeley, Creative Mix 3, 2018

Kaynak: <https://www.artavita.com/artists/4928-rod-seeley>

1988’de ilk kez *FRACT386* adıyla IBM bünyesinde bilgisayar tabanlı fraktal oluşturma programı sonraki adıyla ise *Fractint* geliştirilmiştir (Singh, 2016). *Fractal Explorer*, *ChaosPro*, *Fractal Studio*, *Apophysis*, *XaoS* ve *Sterling2* gibi uygulamalar üzerinden dijital fraktal sanatı üretimleri yapmak mümkündür. Örneğin Rod Seeley üretimlerindeki abstract tarzda denilebilecek tasarımlar (Resim 77) aslında takip ettikleri süreç bazlı (*processing*) üretim yöntemiyle, ardından da Seeley’in bu görüntüler üzerinde farklı programlarla yaptığı düzenlemelerin bir ürünü olarak görülebilmektedir (Singh, 2014).

Sanatın amacı yalnızca estetik hazzı beslemek olarak ele alındığında, bunun için tanımlanmış algoritmalar üzerinden estetik eserler üretmek için işlemsel sanat kullanılabilir. Ancak bu aşamada da bütün bir toplumun veya büyük bir kitlenin estetik değer yargıları genellenemeyeceğinden, öğrenilmiş ve kalıtsal normlar ile yerel, toplumsal ve kişisel bakış açıları devreye girecektir (McCormack, vd, 2014). Yani sanatın formüle edilebilirliği onun estetik değerini tanımlayamamakta, en azından bunu öngörememektedir. Sanatı üreten ve tüketen arasındaki deneyim, öğrenme ve evrimsel süreçler ne kadar örtüşürse, eserin bu alışveriş dinamiği de o kadar geçirgenleşmektedir. Örneğin işlemsel döngüdeki hatalarla oluşturulan *Glitch Art* yaratım aşaması tamamen bu bozulmalara dayanmaktadır. Bu gibi sanatsal yaratıcılığın sınırlarını esneten gelişmeler aracılığıyla sanatın salt insan deneyimine dayalı olarak üretilebileceği kanısı zamanla sorgulanabilir bir hal almaktadır.



Resim 78: Saul Bass, *Vertigo* Açılış Sekansı, 1958

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=SkLn8mamU78>

Dönemin öncü üretimlerinden olan ve soyutlama, stilizasyon ve geometrik formlara yönelişin önemli temsillerinden, *Vertigo* filmi için Alfred Hitchcock'un Saul Bass ile birlikte hazırladığı açılış sekansı (Resim 78), bilgisayar aracılığıyla oluşturulan ilk hareketli grafiklerden biridir. Bir diğer öncü örnek de John Whitney tarafından 1961'de *Catalog* kısa filmi için hazırlanan açılış sekansıdır. *2001: Space Odyssey* filminden etkilenecek hazırlanan bu kısa film ilk deneysel kategoride bilgisayar destekli animasyonlardan biri sayılmaktadır. Filmde günümüzün dijital atyapıdaki *bilgisayar üretilmiş imgeleme* (CGI – Computer Generated Image) teknolojisi olmaksızın, tamamen manuel bir yöntem olan *slit scan* görsel efekt tekniği kullanılmış, sekanslar arası geçişler ses tasarımı ile de desteklenmiştir.

CGI animasyonun en bilinen şirketlerinden Kaliforniya merkezli Pixar'ın kurucu ortağı Loren Carpenter'ın yüzey görüntülerinin nasıl daha gerçekçi oluşturulabileceği üzerine yaptığı çalışmalar ve fraktallerle ilgili devrim niteliğindeki çalışmaları, onu günümüz hareketli grafikler tarihinde önemli bir konuma taşımaktadır. 1974'te aldığı matematik eğitimi, ardından da 1976'da bilgisayar mühendisliği üzerine aldığı yüksek lisans eğitimi süresince yürüttüğü tüm projelerin yanı sıra, bilgisayarla görüntü sentezleme ve görüntüleme algoritmalarına dair öncü sayılan çok sayıda makalenin de yazarıdır. Hem kişisel üretimleri, hem de Pixar üzerinden birçok patente sahip olan Carpenter'ın, 1985 yılında üçüncü *SIGGRAPH Teknik Başarı Ödülü* ve 1992 yılında *RenderMan* yazılımının film endüstrisine katkılarından dolayı *Bilimsel ve Teknik Başarı*

Akademi Ödülü bulunmaktadır (Raghavachary, 2006). Renderman bugün hala kullanılan CGI animasyon teknolojisinin temelini oluşturmakta ve bugüne dek üretilen önemli animasyon filmlerinin yaratılmasında önemli pay sahibidir (Rubin, 2018).



Resim 79: Loren Carpenter, *Vol Libre*, 1980

Kaynak: https://archive.org/details/vollibre1980_202002

1966-1980 yılları arasında Boeing şirketi için çalıştığı dönemde fraktal geometrinin bilgisayarla nasıl sentezlenebileceğine dair bir SIGGRAPH makalesine eşlik etmesi için Carpenter, *Vol Libre* (Serbest Düşüş – Free Falling) adlı animasyonu hazırlayarak, gökyüzünde süzülen izleyicinin perspektifinden, adeta dağların arasındaki bir manzarada gezintisini canlandırmaktadır (Resim 79). 1980’de fraktal teorisinin desteğiyle çok yüzeyli grafikler kullanılarak hazırlanan bu görüntüler, adeta günümüzde bir drone ile çekilen bir videoyu izliyormuşçasına doğala yakın geçişlere sahip hareketli imajlardan oluşmakta, film ise ilk fraktal film olma özelliği taşımaktadır (Carpenter, 1980).



Resim 80: Star Trek II - Genesis Device, 1982

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=52XlyMbxxh8>

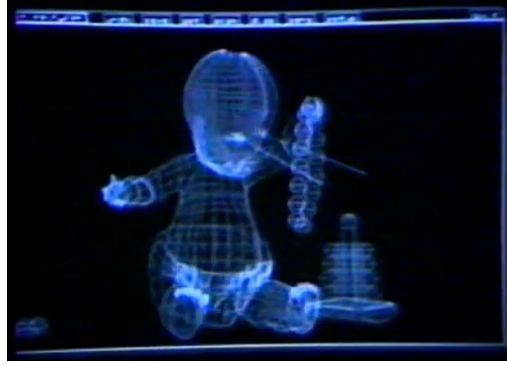
Carpenter'ın bu alandaki teknik uzmanlığı *Vol Libre* için oluşturduğu bu görüntüleri 1981'de Lucasfilm'in Bilgisayar Bölümü'nde çalışırken *Star Trek II: The Wrath of Khan* filmi için tekrar hazırlamasıyla tanınırlık kazanmıştır. Özellikle filmin “*Genesis Device*” sahnesinde kullanılan bu görüntüler (Resim 80) o kadar çok ilgi toplamıştır ki, Carpenter tarafından hazırlanan bu sekanslara sonraki üç *Star Trek* filminde de yer verilmiştir (Resim 81). Ayrıca bu görüntüler uzun metrajlı bir filmde kullanılan ve tamamen bilgisayar animasyonu ile üretilmiş ilk sekans olma özelliği de taşımaktadır.



Resim 81: *Star Trek 2: The Wrath of Khan* - CGI making of, 1982

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=9GKo1dSTkU4>

Başta Lucasfilm'in bilgisayar bölümüne bağlı Grafik Grubu'nda, ardından bu grubun bir uzantısı olarak; 1979 yılında Pixar'ın kurulmasıyla çalışmalarına Pixar bünyesinde devam eden Carpenter, *A-buffer gizli yüzey algoritmasını* da geliştirmiştir. Bu yöntem, sinema filmi animasyonlarında yüksek detay içeren figür geçişlerinde hareketlerin yumuşatıldığı ilk görüntülerin oluşturulmasında kullanılmıştır.



Resim 82: Tin Toy - CGI making of, Ultimate History of CGI, 1988

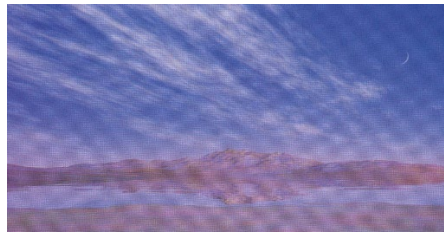
Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=bS2TXeXcx1I>

Dönemin bilgisayar algoritmalarıyla fraktal sanat üreten bilgisayar grafiği araştırmacılarından Kenton Musgrave'in uzmanlık alanı ise gerçekçi görüntü sentezi, bilgisayar grafikleri için doğal fenomen modelleri ve güzel sanatta algoritma kullanımıdır. Akademik kariyerinin yanı sıra *Titanic*, *Dante's Peak* gibi filmlerin görsel efektlerinin tasarlandığı ekiplerde görev almıştır. Musgrave'in çalışmalarının ana hedefi her yerde ve her ölçekte iyi tanımlanmış, Dünya ile karşılaştırılabilir gerçeklikte ve görsel karmaşıklıkta çalışan ve bir o kadar kusursuz bir dünya yaratma ideasıdır (SIGGRAPH, 1991-1999). Fraktal görselleştirme alanındaki öncü çalışmaları, Yale Üniversitesi'nde kendisinden ders aldığı Mandelbrot'un onu "*ilk fraktal tabanlı sanatçı*" olarak nitelendirmesini sağlamıştır (Taylor G. D., 2004).

Fraktaller doğada halihazırda bulunabilecek öztekarr ile bir desenin sürekli olarak farklı ölçeklerde kendini tekrar eden formlarına işaret etmektedir. Her fraktal desen (*patern*) olabilmekle birlikte, fraktalleri paternlerden ayıran en önemli fark desenin özünde matematiksel bir örüntü; bir algoritma bulundurmasıdır. Bu algoritmik uyumdan doğan fraktal formlar ve hareketli grafik iş birliği taklit gerçeğin sanat ve tasarımdaki temsiline güçlü bir katkı sağlarken aynı zamanda yeni gerçeğin inşasında da yadsınamaz bir rol üstlenmektedir. Yeni gerçekliği oluşturan "model dünyaların" inşasını mümkün kılan bu gelişmeler sinemada da kendisine kolaylıkla yer bulabilmekte, bu da bilgisayarlar yardımıyla simüle bir evren oluşturma fikrine yardımcı olmaktadır (McCormack, vd, 2014). Mandelbrot'un kendisi de bilgisayar grafiklerinin fraktal geometrinin kabul

sürecine sıradışı bir katkı yaptığına sıklıkla değinmekte, fraktal geometrinin oluşumuna ise dolaylı yoldan fayda sağladığını eklemektedir. Ona göre fraktellerin doğuş sürecini yalnızca bilgisayar grafiklerine bağlamak yetersiz olacaktır, zira kendisi fraktal teoriyi henüz bu teknolojiler yolun başındayken formülize ettiğini aktarmaktadır (Mandelbrot, 1982, s. 277).

Ayrıca Mandelbrot, her ne kadar sanatsal alanda fraktallerin oldukça kullanışlı olduğu görüşünde olsa da, başta, renk kullanımının başlangıçta fraktal geometri ile doğrudan ilişkili olmadığını, renk paletinin evrimine ve estetik kaygılara odaklandığını ifade etmekte, ilk fraktal resimlerin siyah-beyaz olduğunu ve renk kullanımının sonradan eklenmiş olduğunu belirtmektedir. Renk kullanımının geometriye olan asıl ilgilerini azaltabileceği endişesiyle, Richard Voss ile birlikte yürüttükleri üretim sürecinde, başlangıçta renklendirme konusunda basit bir yaklaşım benimsemeye karar verdiklerini ancak bu yaklaşımın bazı durumlarda görsel olarak kabul edilemez olduğunu keşfettiklerini belirtmektedir. Zira Voss bu dönemde fraktal geometriyi temel alan bir dizi bilgisayarla oluşturulmuş görüntü yaratmış, bu yolla fraktal bir desenin karmaşıklığını ölçen ve fraktal boyut kavramını geliştiren bir araştırma yürütmüştür. Mandelbrot, Voss ile birlikte, aşırı sanatsal müdahalelerden kaçınarak ve estetik dürtüleri sıkı bir şekilde kontrol altında tutarak, fraktal geometrinin amaçlanan hedeflere ulaşmasına yardımcı olmaya çalıştıklarını vurgulamaktadır (Mandelbrot, 1989).



Resim 83: Ken Musgrave, Benoit Mandelbrot, Craig E. Kolb, Zabrisky Point, 1990

Kaynak: <https://history.siggraph.org/artwork/f-kenton-musgrave-benoit-b-mandelbrot-craig-e-kolb-zabrisky-point/>

Musgrave'in son alışmaları (Resim 83) ile ilgili olarak, Mandelbrot, belirli kısıtlamalara vurgu yaparak, tasvir edilen her yüzeyin fraktal olması ve render işlemini iyileştirmek için kullanılan tüm komutların global komutlar olması gerektiğini belirtmektedir. Mandelbrot, bu kısıtlamaların, fraktal sanatın bütünlüğünü koruma amacına hizmet ettiğini savunmakta ve doğanın taklidi çabalarının zamanla başarısız olduğu durumlarda bile güzelliklerin korunduğunu ifade etmektedir. Mandelbrot, doğanın fraktal geometrisinin asıl amaçlarını unutan sanatçıların zaman zaman sadece nereye gtrebileceklerini keşfetmek amacıyla fraktal algoritmalarla oynadıklarını belirtmektedir. Bu süreçte, fraktal modellerin deforme edilmesiyle gerçeküstü ve manzaradan uzaklaşan eserlerin ortaya çıkabileceğini ifade etmektedir (Mandelbrot, 1989). Bu süreç fraktal sanatta zamanla gelişen renk ve form eşitlendirmelerinin yanı sıra, stilizasyon, deformasyon gibi süreçleri ve görsel düzenlemeleri anlamlandırmak açısından önemlidir. Zira her fraktal özellik gösteren eseri, bütünüyle fraktal olarak görmek mümkün değildir.



Resim 84: Toy Story - CGI making of, Ultimate History of CGI, 1995

Kaynak: https://www.youtube.com/watch?v=6W_HL3nULMM

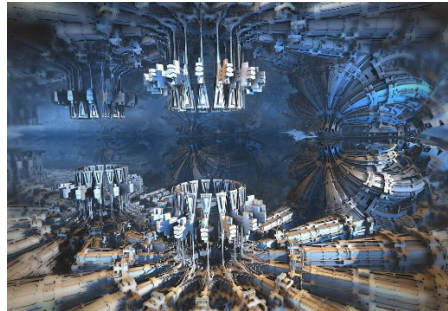
1986'da Steve Jobs himayesine geçen Pixar, yine ilk kez bu dönemde CGI teknolojisiyle üretilen *Tin Toy* (1988) adlı animasyon filmiyle en iyi kısa animasyon filmi akademi ödülüne layık görülmüştür. Pixar 2006 yılında da Disney tarafından satın alınmış, birçok uzun metrajlı animasyon filmine imza atmıştır. Bunlardan biri de *Tin Toy* (1988) adlı kendi üretimleri olan kısa metraj animasyon filmi (Resim 82) ve bu filmde ilk

kez kullanılan yüz ifadelerinin CGI teknolojisiyle işlenmesinden ilhamla John Lasseter yönetmenliğinde hazırlanan *Oyuncak Hikayesi* (1995) filmi olmuştur (Resim 84). Gişe rekorları kıran bu filmle Pixar, Oscar ödülüne layık görülmüştür. *Tin Toy* (1988)'un ana karakteri “*Tinny*” serinin devamı olan ve yine John Lasseter tarafından yönetilen *Oyuncak Hikayesi 2* (2009) ve Josh Cooley tarafından yönetilen *Oyuncak Hikayesi 4* (2019) filmlerinde de yer verilmiştir.

3.3.Oyun Grafikleri ve Çokluyüzey Kullanımı

Fraktaller, bilgisayar grafikleri ve dijital sanat tarihinde, önemli bir rol oynamıştır. Fraktallerin kendine benzerlik ve tekrarlama gibi benzersiz matematiksel özelliklere sahip olması, bu formları bilgisayar grafikleri ve animasyonlarda kullanıma çok uygun hale getirmektedir. Sanatçı ve tasarımcıların geleneksel yöntemlerle elde etmesi zor, zaman alabilecek veya imkansız olan karmaşık ve ayrıntılı görsel efektlerin yaratabilmesine olanak tanıyan bu formlar, fraktal tabanlı algoritmalar, bilgisayar animasyonu, video oyunu tasarımı ve bilimsel görselleştirme dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Lev Manovich, teknolojistler ve bilgisayar bilimcilerin çağımızın sanatçıları, yeni medya teknolojilerinin de günümüzün sanat eseri olduğunu belirtmekte, 20. yüzyılın son çeyreğine gelindiğinde gerçek kültürel yaratıcıların ressamlar, film yapımcıları ya da kurgu yazarları değil, ara yüz tasarımcıları, bilgisayar oyunu tasarımcıları, video yönetmenleri olduğunu belirtmektedir (Manovich, 2003: 21).



Resim 85: Hal Tenny, Magma Tubes, 2019

Kaynak: <https://www.deviantart.com/haltenny/art/Leaning-Towers-776285324>

Mandelbulb 3D ve Apophysis gibi yazılımlar aracılığıyla fraktal formları kullanarak (Resim 85) yeni bir gerçeklik yaratmaya çalışan dijital sanatçılardan Hal Tenny 2008'den bu yana fraktal sanatla ilgilenmiş, 2011'de *Benoit Mandelbrot Fraktal Sanat Yarışması*'nda 25 finalistten biri olmuştur. Eserleri fantastik evren temasına sıklıkla değinmekte (Resim 86), alternatif bir gerçekliği araştırmaktadır (Blackston, 2016).



Resim 86: Hal Tenny, Experimental Borg Starship, 2019

Kaynak: <https://www.deviantart.com/haltenny/art/Experimental-Borg-Starship-812317659>

Fraktallerin hareketli grafiklerde kullanımı da bu alanın şekillenmesine yardımcı olmuş ve yeni teknik ve stillerin geliştirilmesinde etkili olmuştur. Sanatta tekrarlama ile matematiksel algoritmalar arasındaki ilişki, sanatçı ve tasarımcıların matematiksel ilkelere dayanan karmaşık ve soyut görsel efektler üretebilmeleri için algoritmaları kullanmalarına olanak tanıdığından özellikle önem arz etmektedir.

Coğrafi yapılar, dağlar, denizler birbirini farklı biçimde tekrar eden doğal oluşumlardır. Doğanın bu kurallarını ölçümlemek için doğa gibi hareket etmek gerekmektedir. Tam da bu sebeple Benoit Mandelbrot 1967 tarihli makalesinde *Coastline Paradox* teoremini ortaya koyarak, kıyı şeridi ölçümünün kırıklar yani fraktaller düşünülmeden hesaplamının mümkün olmadığını belirtmektedir. Mandelbrot bu ölçümlerin, ancak geleneksel yöntemlerden farklı bir biçimde ele alındığı takdirde doğru verilere ulaşılabileceğini aktarmaktadır (Mandelbrot, 1967).

Belki bir dağa baktığımızda düz bir çizgide ilerleyen bir kontüre sahip olduğu hissine kapılırız. Mandelbrot'a göre, doğada her form kendi detaylarını içermekte, tekrar etmekte ve bu yolla kendi pürüzlü yapısını korumaktadır. Örneğin bulutlar bir küre,

dağlar koni, kıyı şeritleri ise daire formundan ibaret değildir. Ağaç kabukları pürüzsüz bir yapıya sahip değildir, bununla birlikte yıldırımlar da düz bir çizgiyi takip etmemektedir (Mandelbrot, 1982).

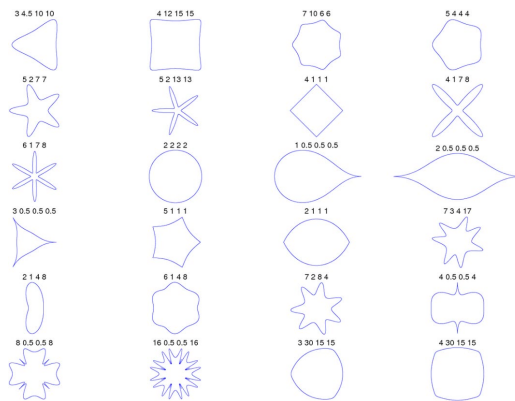
$$r = f(\phi) \frac{1}{\sqrt[n_1]{\left(\left|\frac{1}{a} \cos\left(\frac{m}{4}\phi\right)\right|\right)^{n_2} + \left(\left|\frac{1}{b} \sin\left(\frac{m}{4}\phi\right)\right|\right)^{n_3}}}$$

Resim 87: Johan Gielis, Superformula, 2003

Kaynak: <https://pulverer.si.edu/node/314/title/1/10>

Belçikalı biyolog Johan Gielis 2003 tarihli raporunda çeşitli doğal şekillerin modellenmesi ve anlaşılması için geometrik bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Daire kavramından yola çıkarak, çok çeşitli şekillerin *Superformula* adını verdiği (Resim 87) bu keşfi üzerinden; tek ve basit bir geometrik denklemle tanımlanabileceğini göstermektedir (Gielis, 2002).

Süperformülden yola çıkarak doğadaki formları bazı şekiller üzerinden kategorize eden Gielis, doğadaki bu baskın yapıları *Natural Supershapes* olarak adlandırmakta, çevremizde göreceğimiz birçok doğal formun bu listeye indirgenebileceğini aktarmaktadır (Gielis, 2003: 334).



Resim 88: Johan Gielis, Natural Supershapes, 2003

Kaynak: <https://www-users.york.ac.uk/~ss44/cyc/s/superformula.htm>

Hello Games tarafından 2016'da piyasaya sürülen *No Man's Sky* oyununun (Resim 89) görüntü kodlamalarında, izin alınmaksızın patent hakları Gielis'te olan *Superformül*'ün kullanıldığına dair ciddi spekülasyonlar oluşmuş (Blakespot, 2020) nihayetinde oyunu geliştiren şirket adına Sean Murray açıklama yapmak durumunda kalmış, aynı Gielis'in bir başkasının keşfi olan benzer bir formülü tekrar formülize ettiği gibi, kendi geliştirdikleri işlemsel üretim algoritmalarını kullandıklarını belirtmişlerdir. (Chamary, 2016).



Resim 89: No Man's Sky, Hello Games, 2016

Kaynak: <https://www.nomanssky.com>

Fraktal yapılar birbirini farklı ölçeklendirmelerde tekrar eden doğası nedeniyle çoklu yüzey kullanımına oldukça imkan tanımaktadır. Bilgisayar grafikleri aracılığıyla üç boyutlu görüntü oluştururken sıklıkla başvurulmuş bu yöntem aracılığıyla bulutlar, dağlar gibi bir boyut ve derinliğe işaret eden üç boyutlu arkaplan grafikler oluşturulabildiği gibi, yine aynı şekilde doku yaratmak için desen gibi iki boyutlu grafikler de yaratılabilmektedir.

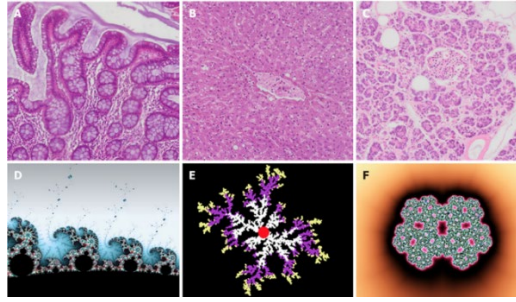
Loren Carpenter'ın *Vol Libre* ile dönemin teknolojik altyapısının sunduğu imkan dışına çıkarak, girinti ve çıkıntıları olan gerçeğe yakın bir dağ imajı oluşturma çabası çoklu yüzeylerde grafik oluşturma'nın ilk örneklerinden birini sağlamıştır (Carpenter, 1980). Pixar kurucularından da olan Carpenter o güne dek kullanılmamış bir yöntem olarak fraktal yapılardan hareketli çoklu yüzeylerde grafik oluşturmada faydalanmıştır (Sautoy, 2011). Bunda Mandelbrot'un katkısı büyüktür (Jersey, Schwarz, 2010). Hello Games'in oyunu benzer bir zorluktan yola çıkarak; Mandelbrot, Gielis ve Carpenter'ın yaklaşımına uygun olarak kodladığı görülmektedir (Hello Games, 2022).

3.4. Fraktallerin Yeni Gerçekte Uygulama Alanları

Fraktaller, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Sanal ve artırılmış gerçeklikte kullanılarak sürükleyici deneyimler sağlayabilirler. Yapay zeka ve makine öğrenimi alanlarında, kendine benzerlik özellikleriyle daha etkili algoritmaların geliştirilmesine katkıda bulunabilirler. Grafik tasarımıda estetik açıdan çarpıcı grafikler ve illüstrasyonlar oluşturmak için kullanılabilirler. Görüntü ve video sıkıştırma, yüksek kaliteli medyanın daha etkili bir şekilde depolanması ve iletilmesine yardımcı olabilirler. Tıbbi görüntüleme, iklim bilimi, finansal analiz, iletişim sistemleri, mimari, tasarım ve siber güvenlik gibi birçok alanda da fraktallerin kullanım potansiyeli bulunmaktadır.

Örneğin yenilenebilir enerjide, bilim insanları fraktal tabanlı malzemelerin fotovoltaiik hücreler ve rüzgar türbinleri gibi yeni enerji teknolojilerinin tasarımında kullanımını araştırmaktadır. Fraktal tabanlı malzemelerin yaygınlaşması, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir teknolojilere olan ilginin artmasıyla birlikte, yeni enerji teknolojilerinin tasarımı ve geliştirilmesinde giderek artan bir rol oynamaya devam edecektir. İklim biliminde de, fraktaller iklim değişikliği ve etkileri konusundaki anlayışımızı geliştirmek amacıyla iklim verilerindeki kalıpları incelemek için kullanılmaktadır.

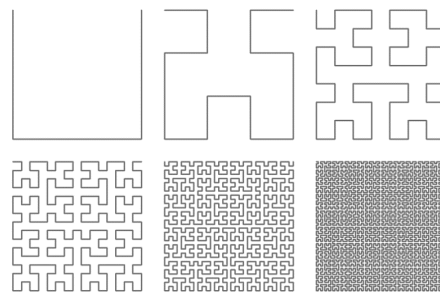
Ayrıca fraktaller finansal piyasalarda, araştırmacılar tarafından yatırım stratejilerini geliştirmek ve piyasa eğilimlerini tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Fraktallerin finans alanında kullanımının artması, araştırmacılar tarafından piyasa verilerini analiz etmek ve daha bilinçli yatırım kararları almak için yeni yollar bulundukça muhtemeldir. New York'taki Thomas Watson Araştırma Enstitüsü'nde, IBM için çalıştığı dönemde, görevi telekomünikasyon sisteminde neden beyaz gürültü paraziti olduğunu bulmak olan Mandelbrot, bu süreçte matematiksel düzensizlikleri anlamak ve modellemek için fraktal geometriyi geliştirmiş ve kendisinin formüle ettiği ve adını koyduğu "Mandelbrot kümesi" ile fraktallerin dünyasına kapı aralamıştır.



Resim 90: Gastrointestinal sistemdeki bazı kendine benzer dokular ve bunlara karşılık gelen idealize edilmiş matematiksel fraktaller (a) Bağırsak villusları (b) Karaciğer (c) Pankreas Langerhans adacığı (d) Mandelbrot kümesi (e) Difüzyonla sınırlı toplanma modeli (f) Julia fraktal adacığı.

Kaynak: <http://dx.doi.org/10.3748/wjg.v29.i25.4036>

Mandelbrot'un beyaz gürültünün belirli periyotlarda kendisini tekrar ettiğini keşfetmesi sayesinde finans piyasalarındaki dalgalanmaların analizinde kullanılması gibi, fraktaller anomali tespitinde de kullanılmaktadır (Resim 90). Tıbbi alanda fraktal yaklaşım sıklıkla araştırmalara konu olmakta, kanser gibi hastalıkların tespitinde fayda sağlayacağı düşünülmektedir (Sedivy, Mader, 1997). Ayrıca bu yaklaşım, biyolojik yapıların daha ayrıntılı ve hassas bir şekilde görüntülenmesini sağlayan yeni teknoloji yöntemlerin geliştirilmesine yönelik de potansiyel taşımakta, bu sayede hastalıkların daha ayrıntılı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesine olanak sağlaması beklenmektedir. Fraktal geometrinin örüntü tanıma (*pattern recognition*) temelli doğası, ideal doku formları ile problemlili ve deforme olmuş dokuların kıyaslanmasını mümkün kılan bir yöntem sunmaktadır (Dokukin, vd, 2015).



Resim 91: Hilbert Eğrisi ilk altı iterasyonu

Kaynak: <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v8.i4.2021.925>

Ayrıca fraktaller kriptografi konusunda benzersiz özellikleri nedeniyle daha güvenli şifreleme algoritmalarının tasarlanmasına olanak sağlayabilir. Örneğin Hilbert eğrisi, kriptografi ve bilgisayar biliminde önemli bir rol oynamaktadır. Uzaysal dolanım özelliği sayesinde, şifreleme işlemlerinde veri difüzyonu ve karışıklık sağlama kapasitesine sahiptir. Hilbert eğrisinin (Resim 91) kriptolojideki kullanımı, şifreli metnin anahtarsız metinle bağlantılı olması ve anahtarın ve şifreli metnin karmaşıklığını artırma yeteneği ile ilgilidir. Bu eğri, verinin şifrelenmiş halinde istatistiksel özellikleri etkin bir şekilde geliştirmek için kullanılır. Uygulama alanlarında Hilbert eğrisi, güvenli iletişim, veri güvenliği ve kriptografik algoritmaların geliştirilmesi gibi konularda önemli bir araç olarak karşımıza çıkar.

Kaynakların verimli kullanımı açısından, fraktaller görüntüleri ve diğer dijital medyayı depolamak için gereken veri miktarını azaltmak amacıyla da kullanılabilir. Bu durum, yüksek kaliteli medyanın daha verimli bir şekilde depolanmasına olanak tanır ve kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunabilir. Görüntü ve video sıkıştırma, araştırmacılar, kaliteyi korurken dijital medyanın boyutunu küçültmek amacıyla yeni sıkıştırma teknikleri geliştirmek için fraktal yaklaşımı kullanmaktadır. Ayrıca görüntü ve video sıkıştırma fraktaller, algoritmaların etkinliğini artırarak, yüksek kaliteli medyanın daha etkili bir şekilde depolanması ve iletilmesine de katkıda bulunabilir.

Üretim kolaylığı açısından, matematiksel algoritmalarla oluşturulan fraktaller, karmaşık desen ve tasarımların nispeten kolay bir şekilde üretilmesine imkan tanıyabilir ve bu durum, manuel tasarım yöntemlerine kıyasla yine zaman ve kaynak tasarrufu sağlayabilir. Sonsuz detay ve kendine benzerlik özellikleri, fraktallerle karmaşık tasarımların üretilmesine ve farklı ölçeklerde benzer desenlerin oluşturulmasına olanak tanıyabilir.

Fraktallerin bu çok yönlülüğü, geniş bir uygulama yelpazesinde, örneğin grafik tasarım, bilimsel görselleştirme ve oyun tasarımı gibi alanlarda da değerli bir araç olmalarına olanak sağlamaktadır. Estetik çekicilik bağlamında, fraktaller genellikle estetik açıdan hoş grafikler ve illüstrasyonlar oluşturmak için kullanılabilecek görsel

olarak çarpıcı tasarımlar sunmaktadır. Yapay zeka ve makine öğrenimi bağlamında fraktaller, benzersiz özelliklerini kullanarak daha etkili algoritmaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Sanal ve artırılmış gerçeklik alanında fraktaller, karmaşık ve ayrıntılı ortamların oluşturulmasında kullanılarak kullanıcılara sürükleyici deneyimler sunabilir. Geliştirilmiş görüntü ve video sıkıştırma, bilgisayar simülasyonları ve görselleştirmeler, iletişim sistemleri, mimari, tasarım, iklim modellemesi ve siber güvenlik gibi birçok alanda fraktallerin etkisi ve kullanımı gelecekte artış gösterecektir.

3.5. İşlemsel Grafiklerin Yeni Gerçekteki Geleceği

Fraktal tabanlı sanat ve tasarımın yaratılmasında yapay zeka ve makine öğreniminin kullanımı da sanatçı ve tasarımcıların yeni ifade yollarını keşfetmelerine ve geçmişte mümkün olmayan yeni sanat ve tasarım biçimleri yaratmalarına olanak tanımaktadır. Bu şekilde fraktaller ve en yeni yapay zeka araçları, bilgisayar grafikleri ve dijital sanat alanında her geçen gün mümkün olanın sınırlarını zorlamaya yardımcı olmaktadır. Algoritmik sanat, yapay zeka uygulamaları, kodlama veya hesaplama tabanlı yaratıcılık uygulamaları, sibernetik sanat, üretken sanat, sentetik medya gibi birçok üretim alanı bugün herkes için erişilebilir hale gelmiştir denilebilir.



Resim 92: Refik Anadol, Eriyen Hatıralar, 2018

Kaynak: <https://refikanadol.com/works/melting-memories/>

Son dönemde adından sıklıkla söz edilen, Londra'daki Modern Sanatlar Müzesi'nde çalışmaları sergilenmeye değer görülen Refik Anadol da sanatta veri ve algoritma kullanımıyla öne çıkmaktadır. Yapay zeka teknolojileriyle iş birliğinde ürettiği çalışmalarında, yeni gerçeğin inşasına da katkıda bulunan Anadol, aynı zamanda eserlerindeki yoğun fraktal form kullanımıyla da dikkat çekmektedir (Resim 92).



Resim 93: Refik Anadol, Sanal Tasvirler: San Francisco, 2015

Kaynak: <https://refikanadol.com/works/virtual-depictions-san-francisco/>

Ayrıca şehir trafiğinin yoğun olduğu bir noktada konumlanan *Sanal Tasvirler: San Francisco* adlı ederinde *çokyüzeyli (polysurfaces)* kullanımı da kayda değerdir. Eserde Anadol'un parametrik veri heykellerinden biri olan bu çok boyutlu strüktürlere yer verdiği görülmektedir (Resim 93).

Fraktallerin makine öğrenmeye katkıları arasında; hızlı ve efektif görüntü tanıma teknolojilerine algoritmik olarak verdiği destek, veri sıkıştırma sayesinde daha pratik ve taşınabilir modellere uygulanabilirlik sağlaması, örneğin gürültü engelleme gibi; belirli özellikleri taşıyan bileşenleri aktifleştirme veya pasifleştirmede kullanılabilecek örüntü yapısı ile özellikle anomalileri tespit etmekte kullanılabilir oluşu sebebiyle verilerde bir soruna veya soruna işaret edebilecek olağandışı kalıpların belirlenmesinde sunduğu işlevsellik sayılabilir.

Fraktal yaklaşımın tüm faydaları bir yana, özellikle yaratıcı alanda; yapay zeka tabanlı kreatif üretim ve eser sahipliği gibi konular da tüm dünyada tartışma gündemi haline gelmektedir. Başta geleneksel yöntemlerle üretilmemiş sanatın, yani dijitalleşen sanatın sanat sayılmadığı bir gerçeklik söz konusu olmuş, ardından sanatta dijital medyumların kullanımı kabul görmüştür. Grafik gibi, günümüzde daha çok dijital üretime kayan birçok sanat dalı, geleneksel yöntemlerle üretilmiş bir eser sunmadığında da, bir sanat dalı olduğunu ispat etmişken; bugünün gerçeğinde dijital medyumlar birer araç olmaktan çıkıp, kendisi sanat üreten bir yapıya ulaşmıştır.



Resim 94: Jason Allen, Uzay Operası Tiyatrosu, 2022

Kaynak: <https://www.nytimes.com/2022/09/02/technology/ai-artificial-intelligence-artists.html>

Örneğin Ağustos 2022’de gerçekleşen Colorado Eyalet Fuarı’na, yapay zeka tabanlı, metinden görüntüye (*text-to-image*) dönüştürme yazılımı *midjourney* platformunu kullanarak oluşturduğu *Uzay Operası Tiyatrosu* (Resim 94) eseriyle katılan Jason Allen’ın birincilik ile ödüllendirilmesi tüm dünyada yankı uyandırmış, eser sahipliğinin kimde olduğu uzun uzun tartışılmış, hatta ödülün verilip verilmemesi gerektiğine dair farklı görüşler ortaya atılmıştır.

Bir kişinin sanatçı olarak kabul edilip edilmeyeceği, yaratıcı becerileri ve çalışmalarının arkasındaki entelektüel yapı da dahil olmak üzere birçok faktörün bir araya gelmesine bağlıdır. Sanatçı tanımı, özgün ve yaratıcı sanat eserleri üreten biri olarak ifade edilebilmektedir. Bir eser resim, heykel, fotoğraf ve performans sanatı da dahil olmak üzere pek çok farklı sanat dalı üzerinden üretilebilmektedir. Sanatçının yaratıcı vizyonunun fiziksel tezahürü olan sanat eserinin üretim sürecinin kendisi, sanatçı olmanın temel bileşenidir.

Bununla birlikte, sanat eserinin arkasındaki entelektüel yapıyı da göz önünde bulundurmak önemlidir, çünkü ona anlam ve önem kazandıran, söylemini besleyen şey budur. Sanatçının düşünce süreci, aktarmaya çalıştığı kavram ve fikirler, vizyonunu hayata geçirmek için kullandığı teknikler, sanat eserinin arkasındaki entelektüel yapı gibi etkenler bir eserin şekillenmesinde elzem bir rol oynamaktadır.

Cahit Arf'in de bahsettiği gibi, makinelerin her ne kadar insanlardan daha hızlı bir şekilde işlem yapabilmesine karşın özgün düşünmeden yoksun olması, estetik kararlar verebilmesi hatta komut verilen bir görevi yapmak isteyip istemediği konusu bile mümkün görünmemektedir (Arf, 1959).

Sonuç olarak, bir kişinin sanatçı olarak kabul edilip edilmeyeceğini belirlemede hem sanat eserinin fiziksel üretimi, hem de arkasındaki düşünsel yapı önemlidir. Zira sanatçı, kendi yaratıcı becerileri ve vizyonu aracılığıyla özgün ve anlamlı sanat eserleri yaratan kişidir.

Öte yandan, yapay zeka tarafından üretilen sanatın niteliği de yine eserin veya tasarımın üretim süreciyle ilintilidir. Bazıları, yapay zekanın yalnızca bir dizi kural ve algoritmayı takip etmesi nedeniyle yapay zeka tarafından üretilen sanatın gerçekten orijinal veya yaratıcı olmadığını savunurken, diğerleri yapay tarafından kullanılan benzersiz veri ve algoritma kombinasyonunun gerçekten orijinal ve yaratıcı sanat eserleriyle sonuçlanabileceğine inanmaktadır.

Tüm bunlar bir yana, *makine öğrenme* teknolojilerinin gelişmesiyle de birlikte, özellikle 19. yüzyılın başlarından bu yana diğer görüntü manipülasyonu türlerinde olduğu gibi, 21.yüzyılda da insanlar yapay zekanın *deepfake* olarak bilinen yanıltıcı içerik oluşturmak için kullanılabileceğinden endişe duymaktadırlar. Deepfake yani derin sahtecilik kavramı, gerçekliği deforme ettiğinden yazılı, görsel ve işitsel medya okuryazarlığı çağımız toplumunda gittikçe önem kazanmaktadır.

Yapay zeka algoritmaları benzersiz bir stile veya estetiğe sahip sanat ve tasarım eserleri üretebilmektedir. Ancak bu sanat ve tasarım üslubunun, insanlar tarafından yapay zeka sistemine programlanan matematiksel algoritmaların ve kuralların bir sonucu olduğu hesaba katılmalıdır. Yapay zeka sistemleri, bir insan-sanatçı yaklaşımıyla duyguları, kişisel deneyimleri ya da sanatsal üslubuna yön verebilecek bireysel bir dünya görüşüne sahip değildir. Bunun yerine, yapay zeka tarafından üretilen sanat ve tasarımın tarzı, sistemde yerleşik olan kalıplara, tekrarlara ve kurallara dayanmaktadır. Bu anlamda, yapay zeka tarafından üretilen sanat ve tasarım, doğrudan insan üretimi olan sanatın çeşitliliğinden ve öngörülemezliğinden yoksun, daha tekdüze ve öngörülebilir olarak

görülebilmektedir. Bununla birlikte, yapay zeka kullanımı yine de yaratıcı ve görsel olarak ilginç tasarımlarla sonuçlanabilir ve tasarımcıların birlikte çalışması ve keşfetmesi için yeni bir dizi araç sağlayabilir. Ancak, bir sanatçının işine kattığı duygusal zeka, empati ve öznel bakış açısı, sanatı anlamlı kılan unsurların önemli bir parçası olduğundan, yapay zeka ile üretilen sanatın, insan sanatçıların yaratıcı potansiyelinin yerini alması, en azından günümüz koşullarında, pek olası görülmemektedir.

Yine de, bir sanat eserinin nihai çıktısının yapay zeka tarafından yaratılmış olması, eseri ortaya koyan kişinin bir sanatçı olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu durumda, yapay zeka tabanlı eser üreten kişi, teknik becerilerini, yaratıcılığını ve bilgisayar bilimi ve matematik bilgisini sanat eserleri yaratabilecek bir araç geliştirmek için kullandığından, yine bir sanatçı olarak kabul edilmektedir.

Günümüzde yapay zeka destekli sanat üretiminde, sanatçının rolü yalnızca sanat eserini yaratmaktan, yaratım sürecini yönlendiren ve şekillendiren bir role dönüşmektedir. Bu, parametrelerin seçilmesi ve ayarlanması, girdi verilerinin sağlanması ve yapay zekanın belirli estetik hedeflere doğru yönlendirilmesini içerebilmektedir.

Aynı zamanda, yapay zeka algoritmaları birçok görevi insanlardan daha verimli ve hata oranı düşük bir şekilde yerine getirebilirken, tasarım için gerekli olan yaratıcılık, empati ve duygusal zekadan yoksundurlar. Tasarım sadece teknik sorunları çözmek değil, aynı zamanda insanların ihtiyaçlarını ve isteklerini anlamak ve onlara hem duygusal, hem de estetik olarak hitap eden bir şey yaratmakla ilgilidir. İnsan-tasarımcılar, tasarım sürecine kendi benzersiz bakış açılarını ve deneyimlerini aktarmaktadırlar. Ayrıca empati veya duygudaşlık gibi insani duygular sanatta da tasarımda da eseri besleyen kaynaklar olarak görülebilmektedir. Dolayısıyla sanatçının dünyayı algılayış biçimi, sorgulama süreci, olayların duygusal ve kültürel bağlamını anlama ve bunlara yanıt verme becerileri, bir tasarımı anlamlı kılan parçalardır.

Sonuç olarak, yapay zeka tarafından yaratılan bir sanat eserinin nihai çıktısının gerçekten sanat olarak kabul edilip edilmeyeceği, bireysel bakış açılarına ve yorumlara bağlıdır. Yapay zeka ile eser yaratan kişi bir sanatçı olarak kabul edilebilir, ancak yapay zeka aracılığıyla üretilen sanatın gerçekten orijinal ve yaratıcı olarak kabul edilip

edilemeyeceği sorusu devam eden bir tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Yine de, yapay zekanın mevcut tasarım pratiklerine uyumlanma sũreci heyecan verici bir şekilde devam etmektedir. Dolayısıyla bu sũrecin ne biçimde devam edeceği ȳngȳrũlemezdir. Bu alandaki gelişmeler yeni araçlar ve içgȳrũler sağlayarak insan yaratıcılığını artırma potansiyeline sahip olduğundan, insan-tasarımcı rolũnũn tasarım sũrecinin merkezinde kalması ve yapay zeka kullanımının insan yaratıcılığının yerini almaktan ziyade onu tamamlayacak ve geliştirecek şekilde entegrasyonu ȳnemlidir.





4. BÖLÜM

KİŞİSEL ÇALIŞMALAR

Günümüzde yapay zeka destekli sanat üretiminde, sanatçının rolü yalnızca sanat eserini yaratmaktan, yaratım sürecini yönlendiren ve şekillendiren bir role dönüşmektedir. Bu, parametrelerin seçilmesi ve ayarlanması, girdi verilerinin sağlanması ve yapay zekanın belirli estetik hedeflere doğru yönlendirilmesini kapsamaktadır.

Bu çalışma, öncesinde yazar tarafından Adobe Photoshop, Adobe Illustrator ve Wacom Intuos tablet aracılığıyla, canlılara ait gerçek fotoğraflar referans alınarak, dijital teknikle hazırlanmış bilimsel illüstrasyonların, yapay zeka programları ile bir “*prompt*” (girdi) üzerinden tekrar üretilmesi sürecini içermektedir. Bilimsel illüstrasyon kategorisi, yapay zekanın eriştiği verileri daha sınırlı ve doğruluğu ölçülebilir hale getirme amacıyla tercih edilmiştir. Seçilen biyolojik, zoolojik veya botanik canlılar, öz tekrar ve çoğaltma içeren algoritmik olarak çoklanabilir parçalara sahip olanlar arasından seçilmiştir. Bazı örneklerde ise tamamen stilize illüstrasyonlar veri olarak kullanılmış, bunlara yapay zekanın nasıl görüntüler üreteceği incelenmiştir. Ancak genel bağlamda, yapay zekanın bu orantılı büyüme modellerine olan üslupsal yaklaşımı ve stilizasyon tercihlerinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir.

Sanatçı tarafından, bilimsel doğruluk ön planda tutularak, esere konu olan biyolojik, botanik veya zoolojik nesneyi gerçek hayattaki karşılığına uygun resmetmesi gereken bu illüstrasyon türünde, yapay zekanın nasıl bir “*üslup*” geliştireceği üzerine bir analiz yapılmaktadır. Hiçbir çalışmada yapay zekaya doğrudan bilgi verilmemiş, orijinal illüstrasyonlar, yapay zeka platformlarına yüklenerek algoritmaya referans değerleri kendisinin oluşturması beklenmiştir. Bu bağlamda kullanılan tüm görsel tabanlı yapay zeka platformları çevrimiçi altyapıda ve tarayıcı üzerinden erişime açıktır. Başta ilgili platformlarda hiçbir ücretli üyelik sistemine dahil olmadan, yazar tarafından Midjourney, Stable Diffusion, Dream Generator ve DALL-E 2 yazılımları kullanılarak içerikler üretilmiştir. Tüm seçenekler arasında en benzer sonuçları üretebilen Midjourney yazılımı olduğundan, ücretli üyelik kullanılarak, bu araç üzerinden görsellerin üretilmesine karar verilmiştir. Projenin oluşturulduğu dönemde yazılım discord arayüz altyapısı ile çalışmakta, 2023’te kullanıma sunulan versiyon 5 üzerinden üretimler geliştirilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan tüm “*prompt*” (girdi) verileri, sanatçı tarafından oluşturulan dijital illüstrasyonların sisteme yüklenmesini içermekte; ardından Midjourney platformu üzerinden gerçekleştirilen “*describe*” komutuyla eserler, kendi datası üzerinden tanımlanması sürecini kapsamaktadır. Ancak, bu tanımlamalar yetersiz olduğundan her bir eser için yaklaşık otuz farklı versiyon oluşturularak en uygun sonuçlara araştırmada yer verilmiştir. Bu aşama, yapay zekanın estetik anlayışını ve illüstrasyonların şekillenme sürecini daha ayrıntılı bir şekilde anlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, sanatçının kişisel tarzından ziyade, bilimsel doğruluğa önem verilmesi gereken bu illüstrasyon türünde, yapay zekanın nasıl bir “*üslup*” geliştirebileceği araştırılmaktadır. Orijinal illüstrasyonların yapay zeka platformlarına görsel referans bilgi olmaksızın işlendiği, yapay zekanın hangi canlıya ait illüstrasyonun yüklendiğini tanımlayamadığı noktada yalnızca bu canlının sınıflandırmasına özel tanımlanan latince adın bilgi olarak eklendiği ve elde edilen sonuçların analiz edildiği bu çalışmada, sonuçlar yapay zekanın bilimsel doğruluk veya üslubu birebir yeniden üretebilmekten çok, çalışmanın estetik ve örüntü konseptlerine odaklandığını göstermektedir denilebilir. Dolayısıyla bilimsel illüstrasyon gibi sınırlı bir alanda bile yapay zekanın birebir adı verilen bu canlıları istenilen stilde üretemediği ve gerçeğe bir deformasyon uyguladığı görülmekte, henüz gelişmekte olan bir alan olduğundan sürece dair gelişmelerin takip edilmesinde fayda olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1. Solifugae

Eser hem çokbacaklıların tekrar eden eklem yapısı, hem de Solifuge'nin yüzey dokusundaki tekrar olgusunu ele almaktadır. Eseri Midjourney programı üzerinden tekrar oluşturmayı denediğimde üstteki sonuçlara ulaştım. Programa yönlendirme olarak ise illüstrasyonu programa yükledikten sonra tanımlamasını istediğim haliyle: *“hajime sorayama, robert bissell, sofonisba anguissola tarzında, lacivert art nouveau tarzı karo zemin üzerinde yürüyen büyük kahverengi solifugae örümceği, akıldan çıkmayan figüratizm, köpek anatomisinin indirgenmesi, desertpunk, plasticien”*



Resim 95: Solifugae, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 96: Midjourney ile oluşturulan Solifugae illüstrasyonları

Kaynak: Yazarın Arşivi

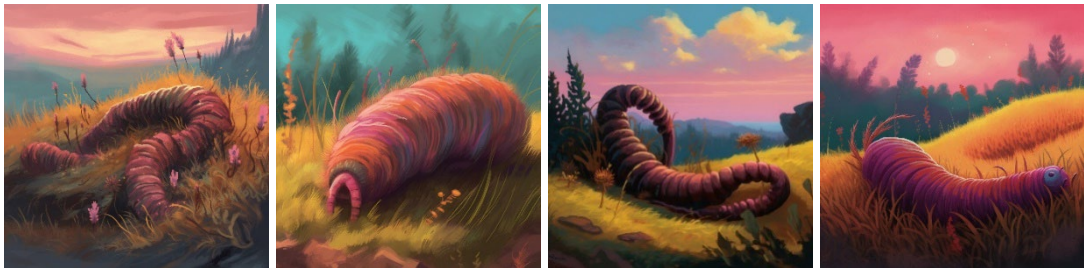
4.2. Velvet Worm

Eser hem tekrar eden arkaplandaki doğa dokusunu hem de kadife tırtılın kendi formunda yer alan tekrar olgusunu ele almaktadır. Eseri Midjourney programı üzerinden tekrar oluşturmayı denediğimde üstteki sonuçlara ulaştım. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: *“Bu, koyu turuncu ve açık eflatun, dikenli tepecikler, natüralist plein air resimleri, koyu akuamarin ve sarı, hudson nehri okulu, ultra ince detay, solucana odaklanan hikaye kitabı illüstrasyonu, ayrıntılı arka plan yok tarzında, peri çimenli bir zemin üzerinde hareketsiz duran tek bir tüylü solucanın illüstrasyonudur.”*



Resim 97: Velvet worm, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 98: Midjourney ile oluşturulan Velvet worm illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

4.3. Telopea Speciosissima

Eser *Telopea speciosissima*'nın hem tekrarlardan oluşan çanak yapısı, hem de yapraklarındaki ve iç kısımdaki elementlerin tekrar olgusunu ele almaktadır. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: “*melbourne mürekkep çizim proteae, açık kırmızı ve zümrüt tarzında, detaylı mükemmellik, bloomcore, folklorik gerçekçilik, kakma, gerçekçi hiper-detay, whistlerian*”



Resim 99: *Telopea speciosissima*, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi

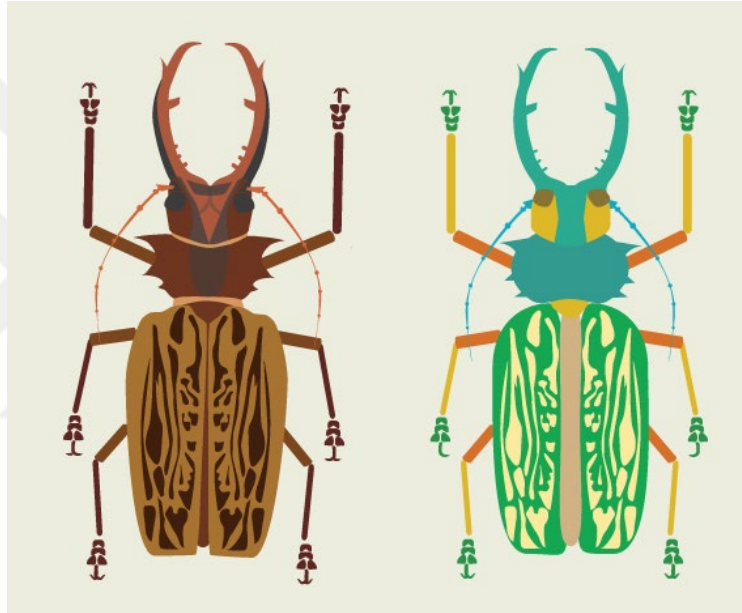


Resim 100: Midjourney ile oluşturulan *Telopea speciosissima* illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

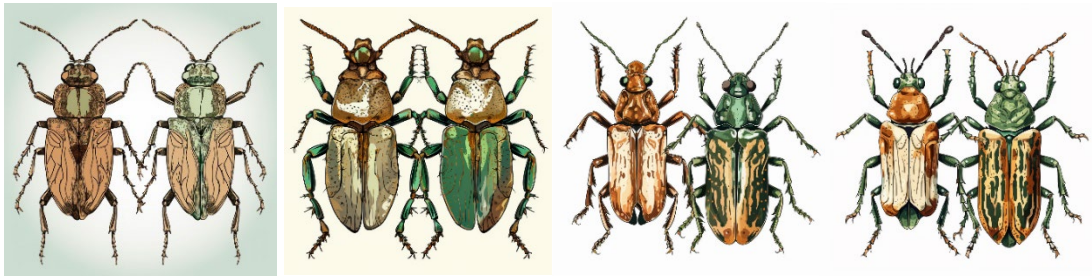
4.4. Macrodonia cervicornis

Eser Macrodonia cervicornis'in kanat yapısındaki birbirini kopyalayan desen yapısını ve simetrik olarak gövde yapısındaki tekrar olgusunu ele almaktadır. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: “iki böcek tasarımı veya böcek tasarımı 2d vektör illüstrasyonu, soldakinde turuncu ve sağdakinde yeşil renkler yoğun, boş beyaz arka plan, flickr, fawncore, bechers tipolojileri, Macrodonia cervicornis'in simetrik tasarımları”



Resim 101: Macrodonia cervicornis, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 102: Midjourney ile oluşturulan Macrodonia cervicornis illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

4.5. Macrocheira kaempferi

Eser Macrocheira kaempferi'nin çokbacaklılara özgü eklem yapısındaki orantılı tekrarları ele alırken arkaplan elementlerin de tekrar olgusunu ele almaktadır. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: *“okyanusun derinliklerinde, koyu turuncu, çok uzun bacaklı dev Japon yengeci, çakıl taşları üzerinde duruyor, aşağıdan görülüyor, guaj, david ligare, iskelet, howardena pindell, charles addams, ince ama etkileyici fırça çalışması, açık çivit rengi deniz, norman cornish, iskelet, büyük ölçekli heykel, catherine hyde, detaylı, yüksek çözünürlük”*



Resim 103: Macrocheira kaempferi, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 104: Midjourney ile oluşturulan Macrocheira kaempferi illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

4.6. Prynidae

Eser Prynidae'nin hem tekrar eden çokbacaklı yapısını hem de desenlerindeki tekrar olgusunu ele almaktadır. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: *“tek bir Amblypygi, asılı, arkasında kayalar, kısıkaçları kapalı, yüksek detaylı, kuru baskı illüstrasyon tarzında, guaj ile”*



Resim 105: Prynidae, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 106: Midjourney ile oluşturulan Prynidae illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

4.7. Ring necked pheasant

Eser Ring necked pheasant'ın kendisine özgü desen yapısını stilize bir biçimde ele almaktadır. Burada tekrar eden desenler üzerinden tekrar olgusunu ele almaktadır. Eser diğerlerinden farklı bir niyetle stilize bir illüstrasyon olarak seçilmiştir. Stilize bir örnek eser tanımlandığında Midjourney yazılımının daha orjinale yakın örnekler üretebildiği görülmektedir. Programa yönlendirme olarak ise şu referansları aktardım: *“patchwork tarzı halka boyunlu sülün, temiz beyaz arka plana sahip bir kartpostalın içinde oturuyor”*



Resim 107: Ring necked pheasant, Beyza Batır, 2020

Kaynak: Yazarın Arşivi



Resim 108: Midjourney ile oluşturulan Ring necked pheasant illüstrasyonları, 2023

Kaynak: Yazarın Arşivi

SONUÇ

Bu araştırma, fraktallerin doğadan esinlenen matematiksel formlar aracılığıyla sanat, tasarım ve yeni gerçeklik inşasındaki merkezi rolünü incelemektedir. Fraktaller, farklı ölçeklerde öztekrar eden desenleri temsil eder ve matematiksel algoritmalarla üretilirler. Bu matematiksel örüntü, sanat ve tasarım dünyasında, özellikle de yeni bir gerçeğin temsilinde, güçlü bir estetik etki yaratmaktadır. Zira fraktalite tamamen geometrik bir özellik olsa da, sadece doğanın işlevlerini yerine getirmek için yararlı değil, aynı zamanda daha derin bir estetik değere de sahiptir. (Bountis, Psarakis ve Fokas, 2017).

Bu araştırmanın bulguları, bilim ve sanat arasındaki geleneksel ayrımların giderek bulanıklaştığı, hatta bu disiplinlerin birbirini beslediği bir döneme tanık olduğunu göstermektedir. Özellikle, sanatın hayatı taklit ettiği düşüncesi, insanlığın zenginlikleri, trajedileri ve karmaşıklıklarıyla bir ifade biçimi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu taklit ihtiyacının temelinde, insanın dünyadaki konumunu belirleme ve keşfetme arzusu yattığı görülmektedir. (Tyson, 2002: 6).

Günümüzde bilimin, artık sadece bilim insanlarına hizmet eden bir yapı olmaktan çıkarak, toplumun geniş bir kesiminin ilgisini çeken, sanatsal ifadede de kullanılan bilgiyi içeren bir alan haline geldiği anlaşılmaktadır. Fraktal düşünce ve algoritmik yapılarla ilişkilendirilen sanat, bilim ve tasarım disiplinlerinde önemli bir evrim sürecine tanıklık edildiği görülmektedir. Fraktal desenlerin, doğadaki örüntülerden sanat eserlerine kadar geniş bir yelpazede kendini göstermesi, bu matematiksel prensiplerin sanatsal ifadeyi şekillendirmedeki etkisini vurgulamaktadır.

Bilim ve sanat arasındaki geleneksel ayrımların giderek bulanıklaştığı bir dönemde, bu araştırma, fraktal düşüncenin sanat, tasarım ve bilim alanlarındaki evrimini anlamak adına önemli bir katkı sağlamaktadır. Fraktal formların doğadaki özgün örüntülerden bilgisayar grafiklerine, sanat eserlerinden yeni gerçekliklerin inşasına kadar geniş bir uygulama alanı bulması, bu matematiksel prensiplerin yaratıcı düşünceyi nasıl zenginleştirdiğini ve disiplinler arası etkileşimin nasıl bir güç kaynağı olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, yeni gerçeğin inşası sürecinde fraktal düşüncenin algoritmik yapısı, teknolojik gelişmelerle birleşerek sanat ve tasarım alanında yeni ufuklar açmaktadır. Sanat eserlerinde fraktal yaklaşım, sanatçıların doğadan ilham alarak veya matematiksel yöntemler kullanarak yaratıcı ve karmaşık kompozisyonlar oluşturmaya olanak tanırken, aynı zamanda teknolojiyle iç içe geçmiş bu fraktal desenlerin, bilgisayar sanatının ve jeneratif sanatın gelişimine önemli bir katkı sağladığı söylenebilir. Özellikle Mandelbrot'un bilgisayar grafiklerine sıradışı katkısı ve fraktal geometrinin oluşumundaki etkisi, fraktallerin sadece bilgisayar grafiklerine indirgenemeyecek kadar geniş bir bağlamda değerlendirilmesini sağlamaktadır. Mandelbrot'un fraktal teorisini henüz bilgisayar grafik teknolojileri gelişim aşamasındayken formülize etmiş olması, fraktallerin evrim sürecini sadece bilgisayar grafiklerine indirgemekten öte bir anlam taşımakta ve bu süreç, yapay zekanın gelişimiyle birlikte heyecan verici bir şekilde devam etmektedir.

"New reality" kavramı üzerinden yapılan bu inceleme, teknolojik ilerlemelerin, toplumsal değişimlerin ve kültürel dönüşümlerin beraberinde getirdiği yeni gerçekliklerin sanat ve tasarım üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir. Fraktaller, sanatın ve tasarımın sınırlarını genişletirken, bilgisayarlar aracılığıyla yaratılan sanal dünyaların ve simüle edilen evrenlerin daha karmaşık, etkileyici ve gerçekçi olmasını mümkün kılan bir sürecin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu bağlamda, yapay zeka ve makine öğrenme gibi gelişmelerin, yeni gerçeğin üretimindeki rolüne odaklanmak, sanat ve tasarım disiplinlerinde geleceğe dair heyecan verici bir perspektif sunmaktadır.

Fraktallerin grafik tasarımdaki kullanımı, sanatçılara ve tasarımcılara oldukça geniş bir yaratıcılık alanı açmıştır. Fraktaller, soyut tasarımlardan manzaralara, bulutlara ve ağaçlara kadar çeşitli desen ve şekilleri oluşturmak için kullanılabilir. Bu, tasarımcıların fraktal şekilleri ve desenleri daha kolay bir şekilde oluşturmalarına olanak tanıyan özel yazılım ve araçların geliştirilmesiyle daha da güçlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu araştırma, fraktal düşüncenin sanat, tasarım ve bilim alanlarındaki evrimini anlamak adına önemli bir katkı sağlamaktadır. Fraktal formların doğadaki özgün örüntülerden bilgisayar grafiklerine, sanat eserlerinden yeni

gerçekliklerin inşasına kadar geniş bir uygulama alanı bulması, bu matematiksel prensiplerin yaratıcı düşünceyi nasıl zenginleştirdiğini ve disiplinler arası etkileşimin nasıl bir güç kaynağı olduğunu göstermektedir. Gelecekte, bu evrim sürecinin, sanat, tasarım ve bilimin daha da iç içe geçtiği, birbirini besleyen bir ekosistemde ilerleyerek yeni keşiflere ve inovasyonlara zemin hazırlayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, fraktallerin, özellikle sanatsal ifade ve bilgisayar grafikleri alanında önemli bir keşif olduğu ve gelecekteki sanatsal inovasyonlara rehberlik edebileceği söylenebilmektedir.



KAYNAKÇA

Kitaplar

Barnsley, M. (2000). *Fractals Everywhere*. Morgan Kaufmann.

Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*

Boden, M. A. (2006). *Mind as Machine: History of Cognitive Science*. Oxford: Clarendon Press.

Bovill, C. (1996). *Fractal Geometry in Architecture and Design*. Boston: Springer Science+Business Media New York. doi:10.1007/978-1-4612-0843-3

Bektaş, D. (1992). *Çağdaş Grafik Tasarımın Gelişimi*. Yapı Kredi.

Çellek, T., Sağocak, A. M. (2014). *Temel Tasarım Sürecinde Yaratıcılık*. İstanbul: Grafik Tasarım Yayıncılık.

da Vinci, L., & Richter, I. A. (1998). *The notebooks of Leonardo da Vinci*. Oxford University Press.

De la Sizeranne, R. (2020). *The Pre-Raphaelites*. (A. Byrd, Çev.) New York: Parkstone Press International. 2020 tarihinde alındı.

Emmer, M., Harris, C., Harris, R., Grant-Ryan, P., & Prior, R. (Eds.). (1993). *The Visual Mind : Art and Mathematics* (Leonardo Books ed.). Berkeley, USA: MIT Press. Retrieved 01 22, 2023, from <https://archive.org/details/visualmindartmat0000unse>

Escher, M. C. (2009). *M.C. Escher: The Graphic Work*. Köln: Taschen.

Gamwell, L. (2002). *Exploring the invisible: Art, Science and the Spiritual*. Oxfordshire: Princeton University Press. Retrieved 01 22, 2023, from <https://archive.org/details/exploringinvisib00gamw>

Gamwell, L. (2016). *Mathematics + Art: A Cultural History*. Oxfordshire: Princeton University Press. Retrieved 01 22, 2023, from <https://archive.org/details/mathematicsartcu00unse>

Gökaydın, N. (1990). *Eğitimde Tasarım ve Görsel Algı*. Ankara: Sedir Yayınları.

Haeckel, E. (1899). *Kunstformen der Natur*. Leipzig, Wien: Bibliographisches Institut.

İnan Akçadoğan, I. (2006). *Temel Sanat Eğitimi ve Dijital Ortam*. İstanbul: Epsilon.

Kapraff, J. (1991). *Connections: The Geometric Bridge Between Art and Science*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Lammin, H. (2022). *What Are Bob and Alice Saying? [Mis]Communication and Intermediation Between Language and Code*. L. Aceti, S. Calvert, & H. Lammin içinde, *Language Games*. Cambridge: LEA / MIT Press.

Mandelbrot, B. (1982). *Fractal Geometry of Nature*. (W. H. Company, Dü.) Henry Holt and Company.

Mondrian, P. (1986). *The New Art, the New Life: The Collected Writings of Piet Mondrian*. (H. Holtzman, & M. S. James, Dü) Boston: Twayne Pub.

Turgut, İ. (1990). *Sanat Felsefesi*.

Makaleler

Adıgüzel Toprak, F. (2007). Jackson Pollock: Esin, Öngörü, Sezgisel Karar. *Artist Modern*, 62-66.

Akay, A. (2015). Hareket-İmajlardan Zaman-İmajlara Video. A. Akay içinde, *Açık Ekran 2011-2014* (s. 16-27). İstanbul: Mas Matbaacılık.

- Akay, A., Çalıkoğlu, L., Zeytinoğlu, E. (2007). Video Art Üzerine Bir Tartışma. *Sanat Dünyamız*(104), 138-169.
- Arcas, B. A. y. (2017). Art in the Age of Machine Intelligence. *Arts* 2017, Vol. 6, Page 18, 6(4), 18. <https://doi.org/10.3390/ARTS6040018>
- Arf, C. (1959). Makine Düşünebilir Mi ve Nasıl Düşünebilir? Atatürk Üniversitesi – Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi No: 1, (s. 91-103). Erzurum.
- Audry, S., & Ippolito, J. (2019). Can Artificial Intelligence Make Art without Artists? Ask the Viewer. *Arts* 2019, Vol. 8, Page 35, 8(1), 35. <https://doi.org/10.3390/ARTS8010035>
- Bakırer, Ö. (1983, Şubat). Mimari Süslemede Geometrik Düzenlemelerin Tasarımı. *Boyut Plastik Sanatlar Dergisi*, 8-9.
- Ben-Ari, E. T. (1999). Better than a thousand words: Botanical artists blend science and aesthetics. *BioScience*, 49(8), s. 602-608. 05 06, 2023 tarihinde <https://www.jstor.org/stable/10.1525/bisi.1999.49.8.602> adresinden alındı
- Biçer, Y. (2007, Aralık). Plastik Bir Algı Olarak Çoğaltma. *Artist Modern*, 36-43.
- Bozkurt, M. (2007). Sanat Üretim Ortamı Olarak Video. *Sanat Dünyamız* (104), 114-127.
- Bountis, T., Psarakis, E., & Fokas, A. S. (2017). Fractal analysis of tree paintings by Piet Mondrian (1872-1944). *International Journal of Arts and Technology*, 10(1), s. 27-42. doi:10.1504/IJART.2017.083902
- Brazil, K. (2013). Beckett, painting and the question of “the human”. *Journal of Modern Literature*, 36(3), 81-99. <https://doi.org/10.2979/JMODELITE.36.3.81>
- Cammann, S. (1960). The Evolution of Magic Squares in China. *Journal of the American Oriental Society*, 80(2), s. 116-124. doi:<https://doi.org/10.2307/595587>

Cartwright, J., & Nakamura, H. (2009). What kind of a wave is Hokusai's Great wave off Kanagawa? *The Royal Society*, 63(2), s. 119-135.

<https://doi.org/10.1098/rsnr.2007.0039>

Chen, Z., Ye, Z., Wang, S., & Peng, G. (2009). Image magnification based on similarity analogy. *Chaos, Solitons & Fractals*, 40(5), 2370 - 2375.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chaos.2007.10.031>

Craig, C. J., & Kerr, I. R. (2019). The Death of the AI Author. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3374951>

Çiftçi, K. (2009, Temmuz). Taklit İçgüdüğü ve İnsanın Görsel Serüvenindeki Yeri. *Grafik Tasarım*, 36-41.

Cofer, G., Shirk, D., Dally, D., Meadows, S., & Magid, R. (2018). Three Keys to Creating the World of “Ready Player One” Visual Effects & Virtual Production. *ACM SIGGRAPH 2018 Production Sessions* (s. 1). New York: Association for Computing Machinery. doi:<https://doi.org/10.1145/3233159.3233168>

Daubechies, I., Hughes, S., Moody, R., Rockmore, D., & Wang, Y. (2011). "Mathematics: Muse, Maker, and Measure of the Arts". *Banff International Research Station*. Vancouver: Banff International Research Station for Mathematical Innovation and Discovery.

Denegri, J. (2009, Şubat - Mart). Mira Brtka'yla "Beyaz"ın Serüveni. *Artist Actual*, 22-25.

Dokukin, M. E., Guz, N. V., Woodworth, C. D., & Sokolov, I. (2015). Emergence of fractal geometry on the surface of human cervical epithelial cells during progression towards cancer. *New Journal of Physics*, 17(3), s. 033019. doi:10.1088/1367-2630/17/3/033019

Eigenfeldt, A., & Ricketts, K. (2019). Unauthorised: Collaborating with a Performer Collaborating with Creative Systems. C. Soddu, & E. Colabella (Dü.), *XXII Generative Art Conference - GA2019* içinde (s. 61-71). Roma: Domus Argenia Publisher. 02 28, 2023 tarihinde <https://generativeart.com> adresinden alındı

Edmonds, E. (2018). Algorithmic Art Machines. *Arts* 2018, Vol. 7, Page 3, 7(1), 3. <https://doi.org/10.3390/ARTS7010003>

Erdoğan, G., & Çubukçu, K. M. (2015). Kentsel Morfolojide Yeni Bir Yöntem: Fraktal Boyut Metodu, Bodrum Örneği. Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı, (*I. Kentsel Morfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 92-103). Mersin.

Esi, A. (2017). Mathematics and Art. *Journal of Awareness*, 2(3S), s. 515-522. <https://dergipark.org.tr/en/pub/joa/issue/31802/348712> adresinden alındı

Freitas, P., Palmeirim, S. (2019). Mathematics + Art: A Cultural History by Lynn Gamwell. *The Mathematical Intelligencer* 41: 66-68. doi: 10.1007/s00283-019-09911-w.

Gamwell, L. (2015). Mathematics: Geometries of beauty. *Nature* 528: 476-477. doi: 10.1038/528476a. <https://doi.org/10.1038/528476a>

Gamwell, L. (2003). Beyond the Visible-Microscopy, Nature, and Art. *Science* 299: 49-50. doi: doi:10.1126/science.1077971. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1077971>

Gezgin, Ü. (2007, Kasım). Geometrik Yapının Estetik Yeniden Dizaynı Üzerine. *Artist Modern*, 58-59.

Gielis, J. (2003). A Generic Geometric Transformation That Unifies a Wide Range of Natural and Abstract Shapes. *American Journal of Botany*, 90(3), s. 333-338. 03 07, 2023 tarihinde <https://www.jstor.org/stable/4124150> adresinden alındı

Goldberger, Ary L. (1996). Fractals and the birth of Gothic: reflections on the biologic basis of creativity. *Molecular Psychiatry* 1: 99-104.

Güney, E., & Uysal, S. (2019). Kültürel Dönüşümler ve Teknolojik Gelişmeler İlişkisinde Jeneratif Sanat. *Art-e Sanat Dergisi*, 12(24), 289-314.
<https://doi.org/10.21602/SDUARTE.628568>

Harvey, C., Press, J. (1995). John Ruskin and the Ethical Foundations of Morris & Company, 1861-96. *Journal of Business Ethics*, 14(3), 181-194.
<http://www.jstor.org/stable/25072636>

Heller, S. (2004). Erik Nitsche: The Reluctant Modernist. *Typotheque*:
https://www.typotheque.com/articles/erik_nitsche_the_reluctant_modernist adresinden alındı

Heller, S. (2004). Ladislav Sutnar and Knud Lönberg-Holm. *Typotheque*:
https://www.typotheque.com/articles/ladislav_sutnar_and_knud_lonberg-holm adresinden alındı

Hertzmann, A. (2018). Can Computers Create Art? *Arts* 2018, Vol. 7, Page 18, 7(2), 18.
<https://doi.org/10.3390/ARTS7020018>

Joye, Y. (2007). Fractal architecture could be good for you. *Nexus network journal* 9: 311-320.

Karayev, S., Trentacoste, M., Han, H., Agarwala, A., Darrell, T., Hertzmann, A., & Winnemoeller, H. (2014). Recognizing image style. *BMVC 2014 - Proceedings of the British Machine Vision Conference 2014*. <https://doi.org/10.5244/c.28.122>

Kaya, Ç. (2007, Nisan). Zanaatten Kavramsalcılığa. *Genç Sanat*, 54-57.

Kemper. (2021). *Kemper Museum*. Kemper Museum:
<https://www.youtube.com/watch?v=gNNTN0vpFAM> adresinden alındı

Kinross, R. (1993). Let The Object Speak. *Eye Magazine*:
<https://www.eyemagazine.com/feature/article/let-the-object-speak> adresinden alındı

Kleiger, J. H. (2015). An open letter to Hermann Rorschach: What has become of your experiment? *Rorschachiana*, 36(2). <https://doi.org/10.1027/1192-5604/a000071>

Klopfer, B. (1943). Instruction in the Rorschach method. *Journal of Consulting Psychology*, 7(2). <https://doi.org/10.1037/h0056772>

Lambert, N., Latham, W., & Leymarie, F. F. (2013). The emergence and growth of evolutionary art - 1980-1993. *Leonardo*, 46(4), 367-375.
https://doi.org/10.1162/LEON_A_00608

Lambert, N., Smith, M., & Rasol, J. (2020). Designing an Augmented Reality Exhibition: Leonardo's Impossible Machines. *Proceedings of EVA London 2020 (EVA 2020)* (s. 271-277). London: BCS Learning & Development Ltd.
[doi:10.14236/ewic/EVA2020.49](https://doi.org/10.14236/ewic/EVA2020.49)

Latham, W. (2015). Paint with numbers. *New Scientist*, 228(3051), 46-47.
[https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(15\)31768-1](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(15)31768-1)

Lee, E., Ida, Y., Woo, S., & Sasada, T. (1999). Environmental Design using Fractals in Computer Graphics. *Architectural Computing from Turing to 2000* (s. 533-538). Liverpool: *eCAADe Conference Proceedings*.
[doi:https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.1999.533](https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.1999.533)

Levy, E. K. (1996). Repetition and the Scientific Model in Art. *Art Journal*, 55(1), s. 79-84. [doi:https://doi.org/10.2307/777813](https://doi.org/10.2307/777813)

Lindstedt, I. (2018). Fractals and music. A reconnaissance. *Interdisciplinary Studies in Musicology*(8), s. 151–172. 05 06, 2023 tarihinde
<https://pressto.amu.edu.pl/index.php/ism/article/view/14881> adresinden alındı

Lousa, T., & Mikosz, J. (2020). Fantasy, creativity and proportions: Spiral representations in culture and art. İçinde *Intelligence, Creativity and Fantasy*.
<https://doi.org/10.1201/9780429297755-42>

Mandelbrot, B. (1967). How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science*, 156(3775), s. 636-638.

doi:10.1126/SCIENCE.156.3775.636

Mandelbrot, B. (1989). Fractals and an Art for the Sake of Science. Leonardo, Supplemental Issue, *Computer Art in Context: SIGGRAPH '89 Art Show Catalog*(2), s. 21-24. doi:<https://doi.org/10.2307/1557938>

Mandelbrot, B. (2008). *The Father of Long Tails*. (H. U. Obrist, Röportaj Yapan, & A. Popuri, Çevirmen) 10 6, 2020 tarihinde

http://www.edge.org/3rd_culture/obrist10/obrist10_index.html adresinden alındı

McCormack, J., Bown, O., Dorin, A., McCabe, J., Monro, G., & Whitelaw, M. (2014). Ten Questions Concerning Generative Computer Art. *Leonardo*, 47(2), s. 135-141. doi: https://doi.org/10.1162/LEON_a_00533

McDonough, J., & Herczynski, A. (2023). Fractal patterns in music. *Chaos, Solitons and Fractals*, 170. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2023.113315>

McKinnon Wood, R., Masterman, M. (1969). *Cybernetic Serendipidity*. *Computer Poetry from CLRU*, 2, 55. (J. Reichardt, Dü.) New York: Studio International - Special Issue.

Mezei, P. (2021). “You AIn’t Seen Nothing yet” – Arguments against the Protectability of AI-generated Outputs by Copyright Law. *SSRN Electronic Journal*.

<https://doi.org/10.2139/SSRN.3890051>

Mirmoradi, S. S. (2017). Recognition of the role of nature in the formation of fractal architecture. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 9(1), 1574-1583. <https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0020>

Mülayim, S. (1983). Ortaçağ Anadolu Süslemeciliğinde Geometrik Kompozisyonlar. *Boyut Plastik Sanatlar Dergisi*, 4-5.

- Naimark, M. (2005). İnteraktif Sanat - Belki de Kötü Bir Fikirdir. *Sanat Dünyamız* (96), 142-145.
- Nicholas, C., & Bever, T. (2016). The Aesthetics of Visual Form. *Language and Cognitive Science*, 2, 1-26. <https://doi.org/10.17923/LCS201601001>
- Nørretranders, T. (2003). Science and Art in Collaboration - The Mindship Method. (J. Casti, & A. Karlqvist, Dü) *Art and Complexity*.
- Orford, J. D., & Whalley, W. B. (1983). The use of the fractal dimension to quantify the morphology of irregular-shaped particles. *Sedimentology*, 30(5), s. 655-668. doi:10.1111/j.1365-3091.1983.tb00700.x
- Öztaşkıran, O. (2006). Etkileşim Tasarımında Prensipler ve Uygulama Yöntemleri. *Grafik Tasarım*, 60-61.
- Öztuna, H. Y. (2008). Bilgilendirme Tasarımının Öncüsü: Ladislav Sutnar. *Grafik Tasarım*, 34-38.
- Pivo, H. (2019). The Role of Vision in Ladislav Sutnar and Knud Lönberg-Holm's Designing Information. *Design Issues*, 35(3), s. 3–19. doi:https://doi.org/10.1162/desi_a_00546
- Raghavachary, S. (2006). A brief introduction to RenderMan. *SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Courses*, (s. 2). doi:<https://doi.org/10.1145/1185657.1185817>
- Redies, C., Hasenstein, J., & Denzler, J. (2007). Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21(1-2), s. 137-148. doi:10.1163/156856807782753921
- Reichardt, J. (Dü.). (1968). *Cybernetic Serendipity*. London: Studio International (special issue).

Rhodes, G., Proffitt, F., Sumich, A., & Grady, J. M. (1998). Facial symmetry and the perception of beauty. *Psychonomic Bulletin & Review*, s. 659–669.

doi:<https://doi.org/10.3758/BF03208842>

Rock, M. (1996). The Designer as Author. *Eye Magazine*:

<https://www.eyemagazine.com/feature/article/the-designer-as-author> adresinden alındı

Rubinowicz, P. (2000) Chaos and geometric order in architecture and design. *Journal for geometry and graphics* 4: 197-207.

Ruuhinen, E. (1987). Finlandiya'dan Bir Konuk, Erkki Ruuhinen. (A. Akdamar, Dü.) *Grafik Sanatı Plastik Sanatlar Dergisi*(8), 40-47.

Sala, N. (2013). Fractal Geometry and Superformula to Model Natural Shapes, *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 16 (4), 78-92. 07 03, 2023 tarihinde <https://www.arpapress.com/ijrras/Volume16issue4.aspx> adresinden alındı

Sala, N. (2021). Fractal geometry in computer graphics and in virtual reality. *Chaos and Complexity Letters*, 15(2-3), s. 251-265.

Salingaros, N. (2012). Fractal Art and Architecture Reduce Physiological Stress. *Journal of Biourbanism*, 2(11), s. 11-28.

Saybaşı, N. (2005). Deneyim ve Katılım. *Sanat Dünyamız* (96), 214-215.

Sedivy, R., & Mader, R. M. (1997). Fractals, Chaos, and Cancer: Do They Coincide? *Cancer Investigation*, 15(6), s. 601-607.

doi:<https://doi.org/10.3109/07357909709047603>

Shlyk, V. A. (2007). Fractal Graphic Designer Anton Stankowski. *Leonardo*, 40(4), 382-387. 12 09, 2018 tarihinde <https://www.jstor.org/stable/20206453> adresinden alındı

Situngkir, H. (2015). Borobudur was Built Algorithmically. *arXiv preprint*, arXiv:1508.03649

Sławomirski, M. R. (2013). Fractal structures and self-similar forms in the artwork of Salvador Dalí. *Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN*, Vol. 15, no. 3-4 s. 131-146

Smith, G. W., & Leymarie, F. F. (2017). The Machine as Artist: An Introduction. *Arts* 2017, Vol. 6, Page 5, 6(2), 5. <https://doi.org/10.3390/ARTS6020005>

Stark, L., & Crawford, K. (2019). The Work of Art in the Age of Artificial Intelligence: What Artists Can Teach Us About the Ethics of Data Practice. *Surveillance & Society*, 17(3/4), 442-455. <https://doi.org/10.24908/ss.v17i3/4.10821>

Still, A., & d'Inverno, M. (2019). Can Machines Be Artists? A Deweyan Response in Theory and Practice. *Arts* 2019, Vol. 8, Page 36, 8(1), 36. <https://doi.org/10.3390/ARTS8010036>

Taylor, R.P. (2006). Reduction of Physiological Stress Using Fractal Art and Architecture. *Leonardo* 39: 245-251. doi: 10.1162/leon.2006.39.3.245. <https://doi.org/10.1162/leon.2006.39.3.245>

Taylor, R. P., Martin, T. P., Montgomery, R. D., Smith, J. H., Micolich, A. P., Boydston, C., Scannell, B. C., Fairbanks, M. S., & Spehar, B. (2017). Seeing shapes in seemingly random spatial patterns: Fractal analysis of Rorschach inkblots. *Plos One*, 12(2), e0171289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171289>

Tinio, P. P., Leder, H., Brieber, D., Kroner, T., Jacobsen, T., & Rosenberg, R. (2019). Symmetry Is Not a Universal Law of Beauty. *Empirical Studies of the Art*, 37(1), s. 104–114. doi:10.1177/0276237418777941

Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *MIND*, 59(236), s. 433-460.

UNESCO. (2005). The Restoration of Borobudur, *UNESCO (World Heritage Series)*.

Uzunkala, D. (2008, Nisan). Cellar Door: Hayal Kuran Makina ya da İnsan-Makina Godot'yu Bekler Mi? *Genç Sanat*, 50-53.

White, M. D. (2009). Introduction: A Rorschach test. M. D. White, & M. White (Dü.) içinde, *Watchmen and Philosophy: A Rorschach test* (s. 1-2). New Jersey: Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons.

Wigley, M. (1998). Whatever Happened to Total Design?. *Harvard Design Magazine* 5: 18-25.

Xingrui, L., & Liu, W. (2019). The Application of Fractal Art in Ceramic Product Design. *7th International Forum on Industrial Design - Materials Science and Engineering*. China: IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/573/1/012003

Viswanathan, G. M., Afanasyev, V., Buldyrev, S. V., Murphy, E. J., Prince, P. A., & Stanley, H. E. (1996, 05 30). Lévy flight search patterns of wandering albatrosses. *Nature*, 381, s. 413-415. doi:https://doi.org/10.1038/381413a0

Yosinski, J., Clune, J., Nguyen, A., Fuchs, T., & Lipson, H. (2015). Understanding Neural Networks Through Deep Visualization, Deep Learning Workshop, *31st International Conference on Machine Learning*, France <http://arxiv.org/abs/1506.06579>

Zarina, S. (2011). Computer Scientists as Early Digital Artists. *University of Latvia - Computer Science and Information Technologies*, 770, s. 112-123.

Yıldırım, M. (2019). Dijital Sanat ve Kolaj. *Ekev Akademi Dergisi*, 23(80).

Kitap İçi Bölüm

Akavia, N. (1987). Subjectivity in Motion: Life, art, and movement in the work of Hermann Rorschach. İçinde, *To Infinity and Beyond: A Cultural History of the Infinite*. <https://doi.org/10.4324/9780203110195>

Frame, M. (2002). Web Based Fractal Design for Non-Science Students. M. F. Barnsley, D. Saupe, & E. R. Vrscay içinde, *Fractals in Multimedia* (s. 233-257). Springer-Verlag New York, Inc. doi:10.1007/978-1-4684-9244-6

Foley J. D. , van Dam A., Feiner S. K., & Hughes J. F. (1990). Fractal Models. İçinde *Computer Graphics: Principles and Practice* (2. bs, ss. 1020-1026). Addison-Wesley Publishing Company.

Foucault, M. (1977). What is an Author? (s. 113-138) in *Language, Counter-Memory, Practice*, Donald F. Bouchard ed. Ithaca, New York: Cornell University Press.

Funkhouser, C. (2014). Early Digital Art and Writing (Pre-1990). M.-L. Ryan, L. Emerson, & B. Robertson içinde, *The Johns Hopkins Guide to Digital Media* (s. 162-165). Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Jaeger, S. (2012). A Geomedical Approach to Chinese Medicine: The Origin of the Yin-Yang Symbol. H. Kuang (Dü.) içinde, In book: *Recent Advances in Theories and Practice of Chinese Medicine* (s. 29-44). IntechOpen. doi:10.5772/27241

Maor, E. (1987). The Möbius Strip içinde *To Infinity and Beyond* (s. 139-148). Birkhäuser Boston. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5394-5_18

Reas, C., & Fry, B. (2007). Data 2: Text. C. Reas, & B. Fry içinde, *Processing: a programming handbook for visual designers and artists* (s. 101). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Sigler, L. (2002). Fibonacci's Liber Abaci: A Translation into Modern English of Leonardo Pisano's Book of Calculation. J. Buchwald, J. Lützen, G. Toomer, J. Buchwald, J. Lützen, & G. Toomer (Dü) içinde, *Sources and Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences* (s. 3-12). New York: Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-1-4613-0079-3

Turing, A. (1952). The chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 237(641), s. 37-72.

Tyson, N. (2002). Foreword: Science as the Artist's Muse. L. Gamwell içinde, *Exploring the Invisible: Art, Science and the Spiritual* (s. 6-7). Oxfordshire: Princeton University

Press. 22 01, 2023 tarihinde <https://archive.org/details/exploringinvisib00gamw> adresinden alındı

Wulf, A. (2015). *New Worlds: Evolving Ideas - Art, Ecology and Nature: Ernst Haeckel and Humboldt. A. Wulf içinde, The Invention of Nature* (s. 298-314). New York: Alfred A. Knopf

Basılmamış Kaynaklar

Büyükkarcı, F. (1995). *Firdevs-i Tavil and His Davetname - Interpretation, Transcription, Index, Facsimile and Microfiche*. İstanbul: Harvard Üniversitesi Yakınoğu Dilleri ve Medeniyetleri Bölümü.

Dağbatıran K. (1998). *Tarihsel Açıdan 19. yy. Avrupa Baskı Grafiği*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. <https://hdl.handle.net/20.500.14124/4639>

Taylor, G. D. (2004). *The Machine that Made Science Art* (s. 161). içinde The Faculty of Architecture, Landscape and Visual Arts, University of Western Australia.

İnternet Kaynakları

Adams, S. (2017). *Will Burtin*. Design Observer: <https://designobserver.com/feature/will-burtin/39476> adresinden alındı

Blackston, P. (2016). *Meet Hal Tenny*. 10 20, 2023 tarihinde Digital Artists Share Their Secrets. <https://featuredartist.wordpress.com/2016/01/20/hal-tenny/> adresinden alındı

Blakespot (2020). *Does Expired Patent of the "Superformula" Tie to Rumors of More Alien Worlds in "No Man's Sky"?: NMSspot* <https://nmsspot.com/2020/06/08/does-expired-patent-of-the-superformula-tie-to-rumors-of-more-alien-worlds-in-no-mans-sky/> Accessed: 2023-03-07

Brown J., Kovalosky S., Locke C. (tarihsiz). *The Art of French and British Romanticism*. 03 08, 2023 tarihinde <https://www.musings-on-art.org/blogs/art-movements/romanticism> adresinden alındı

Brown, N. M. (1988). *The Fractal Dances of Nature*. Penn State University. 05 06, 2023 tarihinde <https://www.psu.edu/news/research/story/fractal-dances-nature/> adresinden alındı

Carpenter, L. (Yöneten). (1980). *Vol Libre* [Sinema Filmi]. <https://vimeo.com/5810737> adresinden alındı

Chamary, J. (2016). *Did 'No Man's Sky' Steal A Scientist's Superformula?*, Forbes <https://www.forbes.com/sites/jvchamary/2016/07/27/no-mans-sky-superformula/?sh=7a2047d12247> Accessed: 2023-03-07

Gamwell, L. (2015). Why the history of maths is also the history of art, The Guardian. <https://www.theguardian.com/science/alexs-adventures-in-numberland/2015/dec/02/why-the-history-of-maths-is-also-the-history-of-art#img-1>

Gielis, J. (2002). EP1177529A1 - Method and Apparatus for Synthesizing Patterns. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/022457834/publication/EP1177529A1?q=pn%3DEP1177529>

Hello Games (2022). No Man's Sky Frontiers Trailer <https://www.youtube.com/watch?v=udDXRQMPyKQ>

Hirshhorn. (2018). Meet the Artist: Rafael Lozano-Hemmer - Hirshhorn Museum. https://www.youtube.com/watch?v=ZYH5BU4v4A8&ab_channel=Hirshhorn adresinden alındı

ICA. (2014). Cybernetic Serendipity: A Walkthrough With Jasia Reichardt. London. 03 09, 2023 tarihinde <https://www.youtube.com/watch?v=oSwovB28B34> adresinden alındı

Jersey B, & Schwarz M. (2010). NOVA - Fractals: Hunting the Hidden Dimensions. https://www.imdb.com/title/tt1287217/?ref_=fn_al_tt_1

Jones, J. (2011). Call of nature: when artimitates life. The Guardian. 04 05, 2019 tarihinde

<https://www.theguardian.com/artanddesign/jonathanjonesblog/2011/aug/24/nature-art-john-ruskin> adresinden alındı

Jewish Encyclopedia (Tarihsiz). Sefirot - The Ten. 12 11, 2022 tarihinde

<https://www.jewishencyclopedia.com/articles/13387-sefirot-the-ten> adresinden alındı

Khatchadourian, R. (2015). World Without End – Creating a full-scale digital cosmos, The New Yorker <https://www.newyorker.com/magazine/2015/05/18/world-without-end-raffi-khatchadourian>

Lesmoir-Gordon N. (1995). Fractals: The Colors of Infinity.

<https://www.imdb.com/title/tt0241317/>

Mandelbrot, B. (2008). The Father of Long Tails. (H. U. Obrist, Röportaj Yapan, & A. Popuri, Çevirmen) 10 6, 2020 tarihinde

http://www.edge.org/3rd_culture/obrist10/obrist10_index.html

MoMA. (2008). MoMA. Geo/Metric: Prints and Drawings from the Collection:

<https://www.moma.org/collection/works/85261> adresinden alındı

MoMA. (2019). Henri Matisse: Dance (I) ,1909, MoMA Highlights: 375 Works from The Museum of Modern Art. <https://www.moma.org/collection/works/79124> adresinden alındı

Monoskop. (2023). Cybernetic Serendipity:

https://monoskop.org/Cybernetic_Serendipity adresinden alındı

Reallifelore. (2022). Why You Can't Measure the Coastline of Britain – YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=AD4vPNBSrKY> Accessed: 2023-03-07

Reichardt, J. (2013). Cybernetic Serendipity (ICA) - Late Night Lineup (1968).

<https://www.youtube.com/@johnwilliamturneriii>.

doi:<https://www.youtube.com/watch?v=n8TJx8n9UsA>

Richardson, L. F. (1922). *Weather Prediction by Numerical Processes*. Boston: Cambridge University Press.
<https://archive.org/details/weatherpredictio00richrich/page/66/mode/2up?q=viscosity>
 adresinden alındı

Rubin, P. (2018, 12 17). Happy 30th Birthday to the Engine That Powered the CGI Revolution. *Wired*: <https://www.wired.com/story/renderman-30th-anniversary/>
 adresinden alındı

Sautoy, M. d. (Yazar). (2011). *The Code* [Sinema Filmi]. 2020 tarihinde <https://www.bbc.co.uk/programmes/b00zs6sl> adresinden alındı

SIGGRAPH. (1991-1999). F. Kenton Musgrave. (SIGGRAPH, Editör) 12 3, 2023 tarihinde ACM SIGGRAPH History: Information and Artifacts: <https://history.siggraph.org/person/f-kenton-musgrave/> adresinden alındı

Singh, G. (2014). *Transforming Fractals*. IEEE Computer Society: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6756773> adresinden alındı

Singh, G. (2016). A Genealogy of Fractal Code. 03 27, 2020 tarihinde IEEE Computer Graphics and Applications: <https://www.computer.org/publications/tech-news/research/about-the-cover-a-genealogy-of-fractal-code> adresinden alındı

Spielberg, S. (Yöneten). (2018). *Ready Player One* [Sinema Filmi]. <https://www.netflix.com/title/80211726> adresinden alındı

Stacey N. (2010). *The Secret Life of Chaos*. <https://www.imdb.com/title/tt1674741/>

Şişman, C. (2012). Candaş Şişman. Candaş Şişman: <https://csismn.com/Noisefloor>
 adresinden alındı

UNESCO (2011). *Book of Kells*. Unesco: <https://en.unesco.org/memoryoftheworld/registry/361> adresinden alındı

Williams, T. (2011, 12 11). Looking back: the psychology of mess: Tamsin Williams looks at Benoît Mandelbrot and the creation of fractal geometry. 2023 tarihinde The British Psychological Society: <https://www.bps.org.uk/psychologist/looking-back-psychology-mess> adresinden alındı

Winsor, P. (2004). Complexity in the experimental audio/visual arts. *Chaos, Solitons & Fractals*, 20(1), 45-53. [https://doi.org/10.1016/S0960-0779\(03\)00426-0](https://doi.org/10.1016/S0960-0779(03)00426-0)

van Noord, N., Hendriks, E., & Postma, E. (2015). Toward Discovery of the Artist's Style: Learning to recognize artists by their artworks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 32(4), 46-54. <https://doi.org/10.1109/MSP.2015.2406955>

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Beyza Cennet BATIR

Yabancı Dili: İngilizce (İleri), Portekizce (Başlangıç), Fransızca (Başlangıç)

Eğitim:

Yüksek Lisans:

2018 - 2023, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Grafik

Anasanat Dalı

2019 - 2020, Macerata Güzel Sanatlar Akademisi, Grafik (Erasmus, 1 Dönem)

Lisans:

2007 - 2012, Kocaeli Üniversitesi İletişim Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı

2010 - 2011, Porto Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, İletişim Tasarımı

(Erasmus, 2 Dönem)

İş Tecrübesi:

2023 - ...: İzmir Ekonomi Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Departmanı, İzmir (Araştırma Görevlisi)

2022 - 2023: Anatolia Tile & Stone, İzmir (Grafik Tasarım Uzmanı)

2020 - 2022: Ege Seramik, İzmir (Görsel İletişim Yetkilisi)

2015 - 2017: Coffeemia Genel M¼d¼rl¼k, İzmİr (G¼rsel İletişim Uzmanı)

2012 - 2014: Mandal Ajans – İzmİr Gourmet Guide, İzmİr (Grafik Tasarımcı)

Sergiler:

2020: BASE 2020, MSGSÜ Tophane-i Amire, İstanbul

2020: World Passing By, Macerata G¼zel Sanatlar Akademisi, Macerata

2019: Merkez ve Kenarın Değişkenliği, İyi Tasarım İzmİr, İzmİr T¼rk-Amerikan Derneği, İzmİr

2012: Self-Timer, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Katıldığı Etkinlikler:

2018: Avrupa G¼n¼ll¼ Hizmeti, Porto - Portekiz

2017: Movie Makers in Movement, Erasmus+ Projesi, Sicilya - İtalya