



**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**

**GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**

**RESİM ANASANAT DALI**

**FRAKTAL GEOMETRİ VE ALGORİTMA İLİŞKİSİNDE**

**JENERATİF SANAT**

**Serpil UYSAL**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Engin GÜNEY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Samsun, 2019**



**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**  
**RESİM ANASANAT DALI**

**FRAKTAL GEOMETRİ VE ALGORİTMA İLİŞKİSİNDE**  
**JENERATİF SANAT**

**Serpil UYSAL**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Engin GÜNEY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Samsun, 2019**

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda enstitü yazım kılavuzuna uygun davranıldığımı taahhüt ederim.

10 /07 / 2019

  
Serpil UYSAL

## TEZ KABUL VE ONAYI

Serpil UYSAL tarafından hazırlanan "Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Jeneratif Sanat" başlıklı bu çalışma, 26.06.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla~~ başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi/Sanatta Yeterlik/~~Doktora Tezi~~ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Metin EKER



İmza

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Engin GÜNEY



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hasan BALTACI



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

.....  
Prof. Dr. Bozkurt KOÇ  
(İmza ve Mühür)

## ÖZET

### FRAKTAL GEOMETRİ VE ALGORİTMA İLİŞKİSİNDE JENERATİF SANAT

Serpil UYSAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü

Resim Anasanat Dalı, Yüksek Lisans, 06/2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Engin GÜNEY

Sanat, insanın kendini ifade yöntemi olarak her dönemin kültürel dinamikleri içerisinde yeniden yorumlanmakta ve yeni dengeler oluşturmaktadır. Geçmişten günümüze bir sanat ifade yöntemi olarak varlık gösteren jeneratif sanatın da bulunduğu çağa ait bilimsel bilgiden ve teknolojiden yararlandığı görülmektedir. Günümüzde yeni medya teknolojileriyle doğanın evrimsel süreçleri ve öngörülemeyen davranışları modellenenmektedir. Jeneratif sanatla, dijital dönüşümün oluşturduğu yeni ortamda fraktal üretim yöntemleri ve algoritmalarla kurgulanan sistemler tasarlanmaktadır.

Çalışmada jeneratif sanatın geçmişten günümüze gelişim süreci incelenerek dijital devrimle yaşanan dönüşümün sanata, sanatçıya ve izleyicisine etkileri, yarattığı yeni kültürel eşikler değerlendirilmektedir. Araştırma literatür incelemesiyle başlanmış ve dönüşüme paralel çözümler gerçekleştirilerek sürdürülmüştür. Son bölümde jeneratif sanatın yenilikçi teknolojiler kullanırken aynı zamanda doğaya ve doğanın üretken diline öykünen bir üretim biçimi olduğuna dair tespitlerde bulunulmuştur. Fraktal geometri ve algoritma ilişkisinde yeni medya bağlamında jeneratif sanat eserleri incelenmiş ve gelecekçi teknolojilerin yaratacağı olası dönüşümlere vurgu yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Fraktal Geometri, Algoritma, Jeneratif Sanat, Jeneratif Tasarım, Yeni Medya Sanatı

## ABSTRACT

### GENERATIVE ART IN RELATION TO FRACTAL GEOMETRY AND ALGORITHM

Serpil UYSAL

Ondokuz Mayıs University, Institute of Fine Arts

Painting Department, M. A., 06/2019

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Engin GÜNEY

Art is reinterpreted and balanced within cultural dynamics of every period as a method of self expression. It is seen that generative art, which has existed as an art expression method from the past to the present, has benefited from scientific knowledge and technology. Today, evolutionary processes and unpredictable behaviors of nature can be modeled with new media technologies. Generative art is designed with systems constructed with fractal production methods and algorithms in a new environment created by digital transformation.

In this study, the development process of generative art from the past to the present is examined and the effects of the transformation of the digital revolution on art, the artist and its audience and the new cultural thresholds it creates are evaluated. The study was started with literature review and continued with parallel analysis. In the last chapter, it is determined that generative art is a form of production that uses innovative technologies and also emulates nature and productive language of nature. In the relationship between fractal geometry and algorithms, generative art works are examined in the context of new media and possible transformations of future technologies are emphasized.

**Key words:** Fractal Geometry, Algorithm, Generative Art, Generative Design, New Media Art

## TEŞEKKÜRLER

Tez çalışma konumun belirlendiği günden itibaren fikirleri ve değerli bilgileriyle beni aydınlatan, çalışma sürecime farklı perspektifler sunarak tez konuma ilginin ve heyecanımın devamlılığını sağlayan Prof. Dr. Memduh Erkin'e,

Yönlendirici fikirleri, sabrı ve her zaman daha iyisini yapabileceğime olan inancıyla çalışma sürecim boyunca desteğini ve emeğini esirgemeyen danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Engin Güney'e,

Çalışma konumla ilgili olarak yönlendirmeleri ve cesaret verici yaklaşımıyla tezime katkı sağlayan yeni medya sanatçısı Ozan Türkkan'a,

Olmak istediğim şeye dönüşmem konusunda beni daima yüreklendirdiği için Ahmet Şerif İzgören'e,

Varlığını, desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim aileme, manevi desteğiyle yanımda olan kardeşim Ahmet Çakır'a teşekkür ederim.

Serpil UYSAL

2019/ Samsun



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜRLER .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
LİSTELER DİZİNİ .....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii

## GİRİŞ

1. Problem .....	1
2. Alt Problem .....	5
3. Araştırmanın Amacı .....	6
4. Araştırmanın Önemi .....	6
5. Tanımlar .....	7
6. Araştırmanın Yöntemi .....	8
7. Sayıtlar .....	11
8. Sınırlılıklar .....	12

## 1. BÖLÜM

### FRAKTAL GEOMETRİ

1. FRAKTAL GEOMETRİ .....	13
1.1. Fraktal Yapıların Özellikleri .....	15
1.1.1. Özbenzeşim (Self Similarity) ve Tekrar .....	15
1.1.2. Fraktal Boyut .....	17
1.1.3. Örüntü, Fraktal ve Altın Oran Arasındaki İlişki .....	19
1.2. Fraktal Geometri Türleri .....	20
1.2.1. Geometrik Fraktaller .....	22
1.2.1.1. Cantor Kümesi .....	22

1.2.1.2. Koch'un Kar Tanesi .....	23
1.2.1.3. Sierpinski Üçgeni ve Sierpinski Halısı .....	25
1.2.2. Cebirsel Fraktaller: Julia ve Mandelbrot Kümeleri .....	26
1.2.3. Doğanın Oluşturduğu Fraktaller .....	29
1.2.4. Diferansiyel Geometri İlişkisinde Fraktal Geometri .....	31
1.3. Fraktallerin Üretim Yöntemleri .....	32
1.3.1. Gerçek Matematiksel (Klasik) Fraktaller .....	33
1.3.2. Yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS) ile Oluşturulan Fraktaller .....	33
1.3.3. Hücresel Otomatlar .....	33
1.3.4. Kendi Kendini Organize Eden Sistemler .....	34
1.3.5. Lindenmayer Sistemleri (L-Sistemleri) ile Oluşturulan Fraktaller .....	36
1.3.6. Kaotik Fraktaller .....	39
1.3.7. Brownian Hareketini Temel Alan DLA Modeli .....	40
1.4. Fraktal Geometri İlişkisinde Sanat .....	40

## BÖLÜM 2

### ALGORİTMA

2.ALGORİTMA .....	47
2.1. Bilgisayarın Tarihsel Gelişim Süreci .....	48
2.2. Bilgisayar Sisteminin Bileşenleri ve İşletim Sistemi .....	50
2.3. Kodlama ve Programlama Dilleri .....	52
2.4. Algoritma ile Problem Oluşturma ve Çözme .....	55
2.5. Algoritma Üretim Yöntemleri .....	58
2.5.1. Özyinelemeli Algoritma Türleri .....	58
2.5.2. Genetik Algoritma Üretimi .....	59
2.5.3. Yapay Sinir Ağ Algoritmalarının Üretimi .....	62
2.6. Algoritmaların Sanatta Kullanımı .....	65

## BÖLÜM 3

### JENERATİF SANAT

3.JENERATİF SANAT .....	67
3.1. Jeneratif Sanatın Geçmişten Günümüze Kullanımı .....	71
3.2. Yeni Medya Teknolojileri ve Jeneratif Sanat .....	83
3.2.1. Yeni Medya İlişkisinde Jeneratif Sanat ve Üretim .....	87
3.2.2. Yeni Medya İlişkisinde Sanat Üretim Yöntemi Olarak Jeneratif Sanat ..	93
3.2.3. Yeni Medya İlişkisinde Sanat Üretim Süreci Olarak Jeneratif Sanat .....	95
3.2.4. Sanat Üretim Sistemi Olarak Jeneratif Sanat .....	100
3.3. Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Yeni Medya Ekseninde Jeneratif Sanat .....	109
3.4. Gelecekçi Teknolojiler ve Jeneratif Sanat .....	117

### SONUÇ

VARGILAR .....	120
SONUÇ.....	124
KAYNAKÇA .....	125
EK.1: Prof. Dr. Memduh Erkin ile gerçekleştirilen görüşme .....	133
EK.2 :Yeni medya sanatçısı Ozan Türkkkan ile yapılan görüşme .....	135
ÖZGEÇMİŞ .....	135

## LİSTELER DİZİNİ

Şekil 1: Alt yapısal peteklerden oluşan bal peteği hücre modelleri .....	15
Şekil 2: Beyin hücresi, evren ve internet ağı görüntüleri .....	16
Şekil 3: Doğada karşılaşılan fraktal yapılar .....	16
Şekil 4: Öklid ve fraktal formlarda boyut .....	18
Şekil 5: Akciğer bronşlarında fraktal boyut .....	18
Şekil 6: Dan Winter'a ait "Faz Uyumları Analizi" .....	20
Şekil 7: Fraktal geometri türleri .....	21
Şekil 8: Cantor Seti Oluşumu .....	23
Şekil 9: Koch'un kar tanesi oluşum aşamaları .....	23
Şekil 10: Birim ölçünün değişmesiyle elde edilen uzunluk değerleri.....	25
Şekil 11: Menger süngerinin oluşumu .....	25
Şekil 12: Karmaşık sayı koordinat düzlemi .....	27
Şekil 13: Julia kümesi .....	28
Şekil 14: Mandelbrot kümesi ve farklı noktalardaki görüntüleri .....	28
Şekil 15: Garip çekerlere ait görüntüler .....	31
Şekil 16: Çin uluslar arası yüzme merkezi tasarım yarışması ödüllü "Water Cube" projesi .....	35
Şekil 17: L-sistemlerin kullanılmasıyla oluşturulan iki boyutlu model tasarımı .....	38
Şekil 18: L-sistemlerin kullanılmasıyla oluşturulan iki boyutlu model tasarımı .....	38
Şekil 19: L-Sketch programı ile görselleştirilen deniz kabuğu geometrisi .....	39
Şekil 20: Açık değişkeninin parametrik değişimleri ile oluşan alternatifler.....	39
Şekil 21: Farklı dönem mimarilerinde kullanılan altın oran .....	41
Şekil 22: Kanagawa'nın Büyük Dalgası, Hokusai .....	42
Şekil 23: 3 Standart Stopaj, Marcel Duchamp, 1913 .....	43
Şekil 24: Rythme No 1 ve Ritimler Tablosu, Robert Delaunay .....	43
Şekil 25: Siyah Beyaz Kompozisyon ve Gri Çizgili Elmas, Piet Mondrian .....	44
Şekil 26: Circles in a circle, Kandinsky,1923 ve Optik diskler, Duchamp,1935 .....	45
Şekil 27: "Complex forms" ve "Wall drawing #51", Sol LeWitt .....	45
Şekil 28: Incomplete Open Cubes, Sol LeWitt,1974 .....	46
Şekil 29: Leonardo Da Vinci'ye ait hesap makinesi eskizleri .....	48
Şekil 30: Algoritma giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişki .....	55
Şekil 31: Problem çözme sürecinde insan ve bilgisayar arası benzerlik .....	57

Şekil 32: DNA kromatitlerinde ve genetik algoritma kod diziliminde çaprazlama ..	61
Şekil 33: DNA ve genetik algoritma kod diziliminde mutasyon oluşumu .....	61
Şekil 34: Genetik algoritmada evrimleşme döngüleri .....	62
Şekil 35: Üretken ters ağların çalışma sistemi .....	65
Şekil 36: 77.000 yıl öncesi döneme ait tarihi eser .....	72
Şekil 37: 13. yüzyıl El Hamra Sarayı bal peteği formundaki tavan işlemesi .....	73
Şekil 38: İki karenin kullanılmasıyla elde edilen 8 noktalı yıldız .....	74
Şekil 39: Periyodik motife ait 17 farklı kristalografik grup .....	75
Şekil 40: El Hamra Sarayı bezemelerindeki periyodik ve radyal motifler .....	76
Şekil 41: Escher'e ait bir grafiğe ait kristalografik inceleme .....	76
Şekil 42: Escher'e ait "Development I, 1937" ve "Gündüz ve Gece, 1938" .....	77
Şekil 43: Circle Limit III, Escher, 1959 .....	78
Şekil 44: Escher'e ait "Görelilik, 1953" ve 1960 "Artan ve Azalan, 1960" .....	78
Şekil 45: Sol LeWitt'e ait boyama talimatı ve "Wall Drawing #33, 1970" .....	81
Şekil 46: Condensation Cube, Hans Haacke, 1963-1965 .....	82
Şekil 47: 2005'ten 2018'e her ay processing yazılımının açılma sayısı .....	85
Şekil 48: Gaussian Quadratic, Michael Noll, 1965 .....	89
Şekil 49: Schotter, Georg Nees, 1968 ve Hommage á Paul Klee, Frieder Nake, 1965 ..	90
Şekil 50: Vera Molnár'a ait Interruptions, 1968-1969 ve (Dés) Ordres, 1974 .....	90
Şekil 51: Scot Draves'e ait dijital fraktal çalışmalar .....	91
Şekil 52: William Latham'a ait fraktal yapıli organik form çalışmaları .....	92
Şekil 53: Harold Cohen'in tasarladığı AARON'un 1982 ve 1995 yıllarında ürettiği eserler .....	93
Şekil 54: Otonom çalışan çizim robotları "Paul" ve "Turtle" .....	99
Şekil 55: Jeneratif sanat sistemleri .....	101
Şekil 56: ps3-praystation ile üretilen Joshua Davis çalışmaları, 2001 .....	102
Şekil 57: Sağda Franzen'a ait "Each Line One Breath" adlı çalışmasından bir örnek ve solda Hoff'a ait basit kurallarla oluşturulan çalışma .....	103
Şekil 58: Processing ile üretilen Substract adlı çalışma, Jared Tarbell, 2003 .....	104
Şekil 59: Anders Hoff'a ait Fractures, 2015 .....	104
Şekil 60: Bubble Chamber, 2003 ve Intersection Aggregate, 2004, Jared Tarbell ..	105
Şekil 61: Sand Dollar, Sand Traveler ve Limb Sand Stroke, Jared Tarbell, 2004 ...	105
Şekil 62: Sand Spline, Anders Hoff, 2015 .....	106
Şekil 63: Çoklu başlangıç tohumlarından elde edilen desenler .....	107

Şekil 64: Robbie Barrat'a ait GAN ile oluşturulan jeneratif çalışmalar .....	109
Şekil 65: Sağda kenar bazlı büyüme, solda floraform heykel tasarımı, 2015 .....	110
Şekil 66: Floraform Chandelier, 2017 .....	111
Şekil 67: "Bipolar Fraktal" adlı dijital video çalışmasından anlık görüntü .....	112
Şekil 68: "Bipolar Fraktal" adlı dijital video çalışmasından anlık görüntü .....	113
Şekil 69: Network A, Process 4, Enstalasyon, 2009 .....	114
Şekil 70: Immuring, Casey Reas, 2011 .....	115
Şekil 71: EEG sinyalleriyle kaydedilen sinyallerin dönüştürüldüğü sistem .....	117
Şekil 72: "Eriyen Hatıralar" video enstalasyon çalışması, 2018, Refik Anadol ...	117



## **KISALTMALAR DİZİNİ**

**TDK:** Türk Dil Kurumu

**DNA :** Deoksiribo Nükleik asit

**IBM :** International Business Machines

**IFS :** Iterated Function System

**L-Sistemler :** Lindenmayer Sistemleri

**ENIAC :** Electronic Numerical Integrator And Computer

**HTML :** Hyper Text Markup Language

**CSS :** Cascading Style Sheets

**SQL :** Structured Query Language

**CNN :** Convolutional Neural Network

**LSTM :** Long Short-Term Memory

**GAN :** Generative Adversarial Networks

**CAD :** Computer Aided Design

**GA :** Genetik Algoritma

**GP :** Genetik Programlama

**fMRI :** Functional Magnetic Resonance Imaging

## GİRİŞ

21. yüzyılın bilimsel bilgisinin ve yeni medya teknolojilerinin entegrasyonu ile sanat kavramı, sanatçı ve sanat eseri dönüşüm geçirmiştir. Disiplinler arası bir yaklaşımla biçimlenen jeneratif sanatta da benzer dönüşüm süreçleri gözlemlenmektedir.

Jeneratif sanat, yeni medya teknolojilerinin oluşturduğu yeni yöntem ve farklı süreçlerle geçmişte olduğundan başka bir form kazanmıştır. Fraktal geometri doğanın estetiğinin ve üretkenliğinin matematiksel bir ifadesi olarak sanat üretiminde kullanılmaktadır. Algoritmalar yeni medya teknolojileri ile sanat üretim sürecini tanımlayan araçlara dönüşmüştür. Sanatçı bu ifade yöntemini tasarladığı sistemler aracılığıyla kendine özgü sanatsal bir forma dönüştürmektedir. Doğanın sanatçı tarafından oluşturulan bu yeni yorumu, yeni medya teknolojilerinin sunduğu yazılımlar, algoritmalar ve otonom sistemlerle üretilmekte; içinde bulunduğu dönemin kültürel dengelerini değiştirmektedir. Çalışmada jeneratif sanatın kendisiyle birlikte dönüşüm yaşattığı bu süreç değerlendirilecektir.

Jeneratif sanatta, geçmişten günümüze kullanılan yöntem ve tekniklerle sanatçının her yeni dönemde sınırlarını aşma süreci ve dönüştürdüğü kültürel yapı araştırılacaktır. Fraktal geometri ve algoritmaların yeni medya teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte sanat üretim araçlarına dönüşümleri incelenecek ve sürecin etkisiyle biçimlenen yeni kültürel dengeler sanat, sanatçı ve izleyicisi açısından değerlendirilecektir.

### 1. Problem

20. yüzyıl sonlarında doğanın matematiksel dili olarak ortaya çıkan “Fraktal Geometri”; biyoloji, matematik, fizik, kimya, akışkanlar mekaniği, genetik, bilgisayar bilimleri, müzik, resim, tasarım ve mimari gibi çok farklı disiplinlerin ilgisini çekmektedir. Geçmişten günümüze algoritmaların kullanımı bilgisayar teknolojilerinin gelişimiyle birlikte ivme kazanmıştır. Jeneratif sanat, yeni medya teknolojilerini kullanarak belirli oranda otonom sistemlerle tasarlanan sanat üretim yöntemidir. Bu yönelimlerle gündeme gelen yeni tartışma alanları, irdelenmesi gereken güncel konulardır.

Alev Cınbarcı'nın “**Fraktal Geometri ve Tekrar Olgusu**” konulu yüksek lisans tezinde, fraktallar örüntülerin sahip olduğu tekrar olgusu felsefe, bilim ve sanat üçgeninde tartışılmaktadır. Araştırma dört eksen üzerinde oluşturulmaktadır. Birinci



bölümde, fraktal geometrinin kendine öz benzeşim gösteren, kendini tekrarlayan örüntü biçimi, dinamik sistemlerin davranışları ve garip çekerler araştırılmıştır. İkinci bölümde “Avangard Sanat Akımları” içerisinde fraktal yapılar, tekrar eden olgular ve dinamik sistem davranışlarına benzerlikleri tartışılmıştır. Üçüncü bölümde ise “Çağdaş Sanat” içerisinde fraktal boyutlar incelenmiştir. Dördüncü bölüm, kendi fraktal yapılı örüntülerinden oluşan farklı sanat ifade yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarından oluşmaktadır. Sanatçının, tüm sanat akımlarında sezgisel güçleri ile dönemlerinin garip çekicileri olduklarını vurguladığı çalışmada, “Çağdaş Sanat” bölümünde “Fraktal Yapı Elektronik Medya ve Sanat” ekseninde fraktal sanat tanıtılmış ve örneklendirilmiştir. Tezin son bölümünde Alev Cınbarcı’ya ait farklı konularda tekrar olgusunun incelendiği fraktal yapılı eserlere yer verilmiştir.

Belma Alik’in “**Mimarlıkta Tasarlama Yöntemleri ve Fraktal Tasarımlar Üzerine Bir İnceleme**” adlı tezinde, mimaride kullanılan tasarım yaklaşımları, geometrik kurgular ve mimari biçimler arasında ilişkiler irdelenmektedir. Birinci bölümde tasarım yaklaşımları incelenirken ikinci bölümde altın oran ve Öklid geometrisi hakkında bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde fraktal yapılar araştırılarak dördüncü bölümde mimarlık alanında fraktal tasarımlar tartışılmaktadır.

Emre Cestel’in “**Yüksek Yapıların Kavramsal Tasarım Sürecinde Üretken Yaklaşımlar**” adlı yüksek lisans tezinde, doğa ile tasarım kavramlarının kesişimleri sorgulanmış, mimari tasarımlardaki süreç ve biçim benzetimleri tartışılmıştır. Süreç ekseninde doğanın evrimsel tasarımı ve mimari tasarım arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Hesaplamalı bilimlerin katkısıyla üretken tasarım yaklaşımlarında kullanılan Lindenmayer Sistemleri’nin tasarım sürecinde kullanımı araştırılmıştır. Son bölümde parametrik olarak üretilen modellerde değişkenlerin ve kuralların etkisi araştırılmıştır.

Deniz Gülderen’in “**Fraktal Geometri’nin Plastik Sanatlarda Kullanımı**” adlı yüksek lisans tezi dört konu altında oluşturulmuştur. İlk bölümde 21. yüzyıl başında gerçekleşen bilimsel paradigma dönüşümleri ve ikinci bölümde fraktal yapıların özellikleri tartışılmıştır. Üçüncü bölüm “Fraktal Öncesi Fraktallar” ve “Fraktal Sonrası Fraktallar” olarak “Fraktal Sanat” başlığı altında oluşturulmuştur. Fraktal sanat üreten sanatçılar ve çalışmaları burada tanıtılmıştır. Son bölümde fraktal oluşumlardan etkilenerek tasarladığı çalışmalarına yer verilmiştir.

Hatice Karadoğan'ın “**Matematiksel G6rsellerin Resimlerle İlişkisi**” adlı y6ksek lisans tezinde matematik g6rselleri ve bilgisinin resim sanatındaki varlığı, tarihsel s6reçler içerisinde araştırılmış ve incelenmiştir. Matematik ve geometrinin, T6rk ve d6nya resim sanatı tarihinde yeri sorgulanmış ve Hatice Karadoğan'a ait resim çalışmalarındaki matematiksel g6rseller ve benzer çalışmaların varlığı sorgulanmıştır.

Turhan Kartal'ın “**Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Y6nelik Bir Araştırma**” adlı y6ksek lisans tezinde fraktal geometrinin tarihsel gelişimi, kavram, metodlar araştırılmıştır. “H6crenel otomasyon”, “iterasyon ve 6zyineleme” ve “Parametrik ve 6retken tasarımlar” incelenerek fraktal geometrinin pratikte kullanımı araştırılmıştır. Son b6l6mde i mimaride fraktala yaklaşım y6ntemleri, 6rnek ve gruplamalar tanıtılarak uygulanmış 6rnekler ve kavramsal 6rnekler 6zerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

Gaye G6z6b6y6k'6n “**Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form 6retimi**” adlı y6ksek lisans tezinde fraktal geometri tanıtılarak fraktal geometri 6retim y6ntemleri, geçmişten ağdaş d6neme fraktal kurguların mimariye yansımaları ve kent modelleri araştırılmıştır. Son b6l6mde farklı y6resel mimarilerin fraktallere dayalı 6retim çalışmaları analizleri ve hesaplamaları değerlendirilmiştir.

Emre Yazıcı'nın “**Sıfırdan Başlayarak Algoritma ve Programlama 6đrenme**” adlı kitabında teorik olarak kavramların anlaşılması 6zerine yoğunlaşılmıştır. Algoritmaların nasıl ve ne amaçla kullanıldığını; programlama ilkeleri birinci ve ikinci b6l6mlerde incelemektedir. 66nc6 b6l6mde beyin ve programlama ilişkisi 6zerinde durulmuş ve beyin çalışma yapısının programlamada nasıl kullanılabilineceği 6zerine tartışılmıştır. Bilgisayar sistemi, programlamaya giriş ve programlama için gerekli bilgiler, veritabanı, test ve hata ayıklama ve mimari gibi başlıklar altında programlama incelenmiştir.

Vasif Vagifoğlu Nabiyev'in “**Teoriden Uygulamalara Algoritma**” adlı kitabı 18 b6l6mden oluşmakta ve problem çözme teknikleri konusunda teknik 6đrenimi ve uygulamaları bulunmaktadır. Algoritmaların programlama ve matematik ilişkisi incelendikten sonra temel veri yapıları araştırılmaktadır. Kitap, algoritma t6rlerini tanıtan, uygulamalarla anlatımını pekiştiren bir yaklaşımla ilerlemektedir.

Vasif Vagifoğlu Nabiyev'in "**Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi**" adlı kitabında doğa zeka kavramı bütünüyle ele alınmış ve insana has özelliklerinden yapay zeka kavramına nasıl geçildiği araştırılmıştır. Algoritma türleri, bilgisayarın örüntü tanıma, öğrenme, gibi süreçleri nasıl gerçekleştirildiği araştırılmıştır.

Engin Güney'in "**Dijital Görsel Kültür ve Yeni Medya Ekseninde Sanatın Değişen Rolü**" adlı doktora tezinde "Kültür" başlığı ile kültürün temel dinamiklerinden bilim, sanat ve teknolojinin bütüncül gelişim süreci ve ideolojilerin biçimlendirdiği kültürel dönüşümler tartışılmıştır. "Yeni Medya" adındaki ikinci bölümde araç, ortam, tekno-kültürel bir karakter, ekonomik ve ideolojik güç ve geleceği biçimlendirme rolü olan yeni medya farklı bağlamlarda irdelenmiştir. Üçüncü bölümde dijital görsel kültür ve dönüşen teknolojilerin oluşturduğu değişimler incelenmiştir. Dördüncü bölümde geçmişten günümüze sosyo-kültürel dönüşümlerin sanata yansımaları araştırılmış ve günümüz yeni medya sanat türleri tanıtılarak yeni medya teknolojilerinin ortam ve araç olarak kullanıldığı sanat eserlerine yer verilmiştir.

Gordon Monro'nun "**The Concept of Emergence in Generative Art (Jeneratif Sanatta Zuhur Etme/Belirme Kavramı)**" adlı yüksek lisans tezinde ilk iki bölümünde "Jeneratif" üzerine tanımlamalar yapılmaktadır. 3. bölümde bilimde zuhur eden olaylar incelenmekte ve yapay yaşam ile ilişkileri değerlendirilmektedir. Tezin 4. bölümünde zuhur etmenin bilim felsefesindeki tanımı, oluşum türleri tanıtılarak 5. Bölümde zuhur etmenin Jeneratif sanatta gerçekleşme durumlarına dair yorumlar ve tanımlamalar yer almaktadır. 6. bölümde Jeneratif sanat ve yapay yaşam formları arasındaki ilişkiler araştırılmaktadır ve son bölüm konunun sanat tartışmalarına nasıl yansiyabileceği üzerine oluşturulmuştur.

Bu çalışmalarda özetle:

- Doğanın dili ve üretkenliğinin fraktal geometri ile açıklanması
- Fraktal geometrinin bilim, sanat, tasarım, mimari gibi farklı disiplinlerde kullanılması
- Fraktal geometri üretim tekniklerinin kullanılarak canlılığa dair materyallerin modellenenilmesi
- Bilgisayar hesaplama tekniklerinin gelişimiyle fraktallerin sanat ifade yöntemi olarak kullanılabilmesi

- Algoritmaların sanat üretiminde araç olarak kullanılması
- Gelişen bilgisayar teknolojileriyle sanatın üretme biçimlerinin zenginleşmesi
- Yeni medya sanatının sanat kavramını, sanatçıyı ve izleyici rollerinin değişmesi
- Jeneratif sanatın tarihsel sürecinde kullanılan yöntem ve teknikler
- Jeneratif sanatın kod, algoritma, yazılım, fraktal üretim teknikleri gibi tekniklerden yararlanarak otonom sistemlerle üretilmesi gibi konuların araştırıldığı belirtilebilir.

Sanatın tarih boyunca kavramsal yapısı, konusu, nesneyi algılama biçimi, sanatçı ve izleyicisinin rolü, ifade yöntemleri, üretim teknikleri her dönemde dönüşüm geçirmektedir. Günümüzde değişimini dijital teknolojiler ekseninde gerçekleştiren jeneratif sanatın net bir tanımının yapılması, sınıflandırılması veya bir akım olarak düşünülmesi oldukça zordur. Geçmişten günümüze varlık gösteren bu sanat yaklaşımı her dönemin teknolojisini kullanarak geçmiş sanat ifade yöntemlerinin gününün koşullarında yeniden yorumlanmasıyla üretilmektedir. Yapılan literatür taramasında ve incelenen tezlerde jeneratif sanatın fraktal üretim yöntemleri ve algoritmalar bağlamında değerlendirildiği bir kaynağa ulaşılmamıştır. Araştırmada jeneratif sanatın kapsamı, süreci ve felsefi yaklaşımı incelenmektedir. Araştırmanın problemi: **“jeneratif sanat kavramının tarihsel süreç boyunca, fraktal geometri ve algoritma ilişkisinde nasıl bir dönüşüm sürecine sahip olduğu, eski sanat ifade yöntemlerinin yeni medya teknolojileri ile bütünleştiği ve yeni yorumların oluştuğu günümüzdeki dönüşümü ve gelecekçi yaklaşımların pratikte doğaya öykünen bir yanının olup olmadığının saptanması”** olarak belirlenmiştir.

## 2. Alt Problem

Araştırmada aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır:

1. Doğanın üretkenliğini ve tasarım dilini açıklamakta fraktal geometrinin sağladığı imkanlar nelerdir?
2. Doğanın karmaşık olarak nitelendirilen davranışları sanatsal bir biçim oluşturabilir mi?
3. Fraktal geometrinin keşfinden çok önce sanatçıların bu yapının özelliklerini sanatlarında kullanmış olmaları nasıl açıklanabilir?

4. Fraktal yapıların modellenmesine imkan veren bilgisayar teknolojilerinin sanat üretme yöntemine dönüşme süreci nasıl gerçekleşmiştir?
5. Algoritmalar ve yazılımlar, insanlara ait becerileri taklit edebilir mi?
6. Algoritmalar bir problemin belirlenmesi, çözümlerin tasarlanması ve çözülmesi gibi aşamalarda neden önemlidir?
7. Yeni medya teknolojileri ile günümüz sanatı ve sanatçısı arasında nasıl bir dönüşüm gerçekleşmektedir?
8. Yeni medya teknolojileri nasıl bir sanat anlayışı biçimlendirmektedir?
9. Yeni medya sanatının eski sanat ifade yöntemlerinden farklılıkları nelerdir?
10. Jeneratif sanatta neden disiplinler arası bir yaklaşım sergilenmektedir?
11. Jeneratif sanat niçin sanat üretim yöntemi olarak ele alınmaktadır?
12. Otonom tasarlanmış bir sistem estetik değeri olan bir sanat eseri üretebilir mi, bu durumda sanatçının işlevi nedir?
13. Fraktal geometri ve algoritma ilişkisinde yeni medya ekseninde jeneratif sanat nasıl biçimlenmektedir?
14. Gelecekçi teknolojilerin jeneratif sanat üzerinde oluşturacağı etkiler ile ilgili öngörülerde bulunulabilir mi?

### **3. Araştırmanın Amacı**

“Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Jeneratif Sanat” konu başlıklı araştırmada, geçmişten günümüze kolektif bilincin aynası olan teknolojinin jeneratif sanatta gerçekleştirdiği örüntüler incelenmektedir. Her dönem yeniden biçimlenen kültürel oluşumlar ve teknolojik dönüşümler, yeni kavramların, tekniklerin, sanat ifade yöntemlerinin dahil olduğu katmanlı örüntüler oluşturmaktadır. Dijital devrimle birlikte gelinen son noktada, yeni medya teknolojilerinin dönüştürdüğü jeneratif sanat yeni teknik donanımlar kazanmış, farklı sanat üretim yöntemleriyle iç içe geçmiş ve bambaşka dünyalar yaratma imkanı bulmuştur. Araştırmanın amacı, jeneratif sanatta yeni medya bağlamında yaşanan dönüşümü ve kültürel etkilerini değerlendirmektir.

### **4. Araştırmanın Önemi**

İnsan, kendisinin de bir parçası olduğu evrende; mikro kosmosdan makro kosmosa sorgulama, arayış, yaratıcılığının sınırlarını zorlama ve anlam çıkarma gayretindedir. Mantıksal ve sezgisel buluşlarını bütünleştiren yaklaşımlarla bilimi kullanarak anlam

ararken sanat aracılığıyla anlamı ifade etme biçimleri geliştirmektedir. Günümüzde yeni medya teknolojilerinin dönüştürdüğü eksen; bilim, sanat ve teknolojinin birlikteliğiyle şekillenmektedir. Bu sürecin gelişim aşamalarını çözümleyebilmek, dönüşüme dair mevcut verileri anlamlı bilgilere dönüştürebilmek, dijitalleşmenin oluşturduğu örüntüleri analiz edebilmek, günümüz sanatını daha bilinçli yorumlamak ve gelecekte yaşayacağı dönüşümlere dair doğru öngörülerde bulunmak açısından önemlidir.

Dijital devrimle bambaşka bir kimlik kazanan jeneratif sanat, geçmişten beri süregelen yöntemlerine, süreçlerine ve tekniklerine yeni yorumların eklenmesiyle sınırlarını zorlamaya devam etmektedir. Günümüzde evrimsel süreçleri, kendini organize eden sistemleri, yapay yaşam formlarını deneyimlendiği yeni ortamda, verinin nasıl kullanıldığı, neye dönüştürüldüğü, ortak bilincin varlığında yahut yokluğunda nasıl bir kültürel ortam filizlendireceği ile ilgili araştırmalar yapmanın ve tespitinde bulunmanın önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada, bu noktadan hareketle jeneratif sanatın geçmişten günümüze değişen paradigmlar içerisinde varlığı ve dönüşümü irdelenmiş, yeni medya bağlamında oluşturduğu/geliştirdiği davranış biçimleri araştırılmıştır. Geleceği pek çok bakış açısıyla sorgulaması sayesinde değişimin mutlak olduğu bu kültürel dönüşümde bilinçli bir gelecek inşası oluşturabilir.

## 5. Tanımlar

**Fraktal:** Latince “fract” sözcüğü, kırmak anlamına gelen ‘fragere’ filini türetmektedir (Nişanyan, 2019). “Fractal” Latince “fractus” sözcüğünden türeyen “parçalanmış, kırılmış” anlamlarında kullanılan sözcüktür. 1975’te Fransızca “Sonu olmayan desen” şeklinde Benoit Mandelbrot tarafından tanımlanmıştır. Fraktal özellikteki yapılar karmaşık gibi görünmesine karşın kendine benzerlik gösteren kesirli boyutlara sahip yapılardır.

**Fraktal geometri:** Polonyalı matematikçi Benoit Mandelbrot 1967’de “İngiltere'nin Kıyı Uzunluğu Ne Kadardır? İstatistiksel Benzerlik ve Kesirli Boyut” adlı çalışmasında fraktal kavramı ilk defa matematik terimi olarak kullanılmıştır. 1975’de Mandelbrot tarafından “Les Objets Fractals (Fraktal Nesnelere)” adıyla yayınlanmıştır (Online Etymology Dictionary, 2019). 1977’de İngilizce’ye “The Fractal Geometry of Nature” adıyla çevrilen kitapta, klasik geometrinin doğada gözlemlenen formları

açıklamakta yetersiz kaldığını ve bu yetersizliğin fraktal geometri kavramı ile giderildiği ifade edilmektedir.

**Algoritma:** Türk matematikçisi Musaoğlu Harezmi Muhammed'e Arapların san olarak verdikleri "Alharezmi" sözcüğü, Batı'da algoritma olarak terimleşmiştir. Türkçe'de "Harezmi yolu" olarak da ifade edilen algoritma, "Ortaçağ'da, ondalık sayı sistemine göre yapılan ve son zamanlarda belirli herhangi bir kurala bağlı bulunan, her türlü hesap işlemine verilen ad" olarak da tanımlanmaktadır (Dil Derneği, 1987).

**İterasyon:** Matematikte bir kavram olan iterasyon, Latince "*iterare*" kelimesinden türemiştir. Tekrarlama, tekrerrüt etme anlamlarında kullanılmaktadır (Nişanyan, 2019). Fonksiyonların sistemde oluşturduğu sonuçların sisteme tekrar girdi olarak verildiği tekrarlanan süreci ifade etmektedir.

**Yeni Medya Sanatı:** Latince "medium" kökeninin çoğulu olan "media" "ortamlar" olarak ifade edilmektedir. Mesajın iletildiği ortamı ifade etmektedir (Güney, 2014: 16). "1"lerin ve "0"ların sanatçının plastik eşyası haline dönüştüğü dijital ortamda yeni medya sanatı, yeni medya teknolojilerinin araç ya da sanatın üretildiği ortam olarak kullanıldığı günümüz sanat ifade yöntemlerini tanımlamaktadır. Günümüz sanatı, "kim için" sorusuyla değil "nerede" sorusuyla ilgilenmektedir (Karabacak, 2016).

**Algoritmik Sanat:** Algoritmaların elle ya da bilgisayar kullanımıyla oluşturulduğu sanat ifade yöntemidir (Monro, 2007: 4).

**Fraktal Sanat:** Hazır bilgisayar programları ya da fraktal formüllerin kullanılmasıyla dijital görsellerin üretildiği bir sanat türüdür (İnci Kuzu vd., 2017: 216)

**Jeneratif Sanat:** Sanatçının bir dizi doğal dil kuralı, bir bilgisayar programı, bir makine veya bir dereceye kadar otonom harekete geçen bir sistem kullanmasıyla, eserin tamamlanmasına ya da sonuçlanmasına katkıda bulunduğu her hangi bir sanat pratiği olarak tanımlanmaktadır (Galanter, 2003). Algoritmik sanatla jeneratif sanat tanımları benzemektedir. Tarihsel farklılıklarının olduğunu belirten Monro, çoğunlukla algoritmik sanatı jeneratif sanat içinde değerlendirildiğini belirtir (Monro, 2007: 5).

## 6. Araştırmanın Yöntemi

Veriler toplanırken:

- Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezinde yer alan tezlerden,
- Yerli-yabancı literatürden,
- Konu ile ilgili çalışan öğretim üyelerinin kişisel kütüphanelerinde yer alan kaynaklardan,
- Ondokuz Mayıs Üniversitesi Merkez Kütüphanesi ve Hitit Üniversitesi Kütüphanesinin anlaşmalı olduğu elektronik (online) kaynaklardan,
- İnternet üzerinden aramalar sonucunda araştırmaya katkı sağlayacak online dergiler, kitaplar ve gazetelerden,
- Sözlükler ve ansiklopedilerden,
- Prof. Dr. Memduh Erkin'in fraktal geometri ve algoritmalar üzerine üzerine yapılan görüşmelerden,
- Yeni medya sanatçı Ozan Türkkın ile jeneratif sanat üzerine yapılan görüşmelerden yararlanılmıştır.

Araştırma, kaynaklara konu ile ilgili (jeneratif, fraktal, algoritma, yeni medya sanatı, dijital sanat, fraktal sanat, algoritmik sanat, derin öğrenme, genetik algoritma, Lindenmayer sistemleri, kuantum teorisi, bilim tarihi, sanat tarihi, teknoloji tarihi, veri görselleştirme, kodlama vb.) anahtar kavramlardan yola çıkarak geliştirilmiştir. Terminolojinin etimolojik ve epistemolojik olarak çözümlenmesinde bilim ve sanat alan sözlüklerinden yararlanılmıştır. Kaynaklar incelenip, çeviriler tamamlandıktan sonra bilgiler arasında karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmıştır. Farklı disiplinlerden elde edilen veriler tezin içeriğini destekleyecek biçimde bağlamlar oluşturularak tezin ilgi bölümlerine yerleştirilmiş ve düzenlemeler yapılmıştır.

**“Fraktal Geometri”** bölümünde doğanın üretkenliğini ve tasarım dilini açıklamakta Öklid geometrisinin neden yetersiz kaldığı; fraktal geometrinin neden doğanın modellenmesinde başarılı olduğu sorusuna cevap aranmaktadır.

Doğadaki formların ve dinamik sistemlerin fraktal özellikler gösterdiklerini, bu yapıların kendilerine öz benzeşim gösteren parça bütün ilişkilerini, kesirli boyutlarla tanımlandıklarını ifade edebilmek için “Fraktal Yapıların Özellikleri” başlığı oluşturulmuştur. Basit şekillerden, matematik formüllerinden, doğadaki düzenli yapıların basit üretim kurallarından, dinamik sistemlerin diferansiyel denklemlerle modellenmesinden farklı türde fraktal desenler oluşmaktadır. Bu fraktal yapılar



“Fraktal Geometri Türleri” başlığıyla irdelenmiştir. “Fraktalların Üretim Yöntemleri” adlı başlıkta evrimsel süreçlerle gelişim gösteren canlılığın ve rastlantısal etkilere açık olarak gelişen dinamik sistemlerin davranışlarının modellenmelerinde fraktal geometrinin başarısı araştırılmıştır. Bu bölümde, “**Jeneratif Sanat**” bölümünde incelenen jeneratif sanat eserlerinin üretim tekniklerinin anlaşılabilmesi için detaylı açıklamalara gereksinim duyulmuştur. “Fraktal Geometri İlişkisinde Sanat” başlığıyla geçmişten bilgisayarların henüz icat edilmediği döneme kadar olan süreçte sanatçılar tarafından fraktal örüntülerin sezgisel olarak kullanıldığı sanat eserleri incelenmektedir. Bilgisayarların gelişimiyle matematiksel formüllerin, basit şekillerin milyonlarca sayıda iterasyonları ve renk parametrelerinin ayarlandığı fraktal sanatı çalışmalarına ve fraktalların sanat üretim tekniği olarak kullanıldığı çalışmalara yer verilmektedir. Bu bölümde, avangard sanattan çağdaş sanata fraktal örüntüler ve bilgisayarın gelişmesiyle fraktal üretim tekniklerinin kullanıldığı sanat eserleri sanatçılarıyla birlikte tanıtılmaktadır. Sanat akımlarının gelişim ve dönüşüm süreçlerine değinilmemiştir.

“Algoritma” bölümünde algoritmaların bir problemin belirlenmesi, çözüm aşamalarının tasarlanması ve tasarımın uygulanmasındaki önemine, yazılımların kullandığı dillerin özelliklerine, algoritmaların farklı üretim yöntemlerinin “makine öğrenmesi” etkisi ve insana ait hangi becerilerin nasıl kazandırılıp kazandırılmayacağına, algoritmaların sanat eseri üretip üretemeyeceğine cevap aranmaktadır.

Da Vinci’den günümüze bilgisayarın tarihsel süreci “Bilgisayarın Tarihsel Gelişim Süreci” adlı başlıkta incelenmiştir. Bilgisayara ait yazılım ve donanım bilgileri “Bilgisayar Sisteminin Bileşenleri ve İşletim Sistemi” adlı başlıkta tanıtılmıştır. Geliştirilen yazılım türleri ve işlevlerine dair bilgiler, algoritmaların sorun çözme becerileri araştırılmıştır. Makine öğreniminin nasıl gerçekleştiği, yapay zeka makinelerin çalışma mantığı ve fraktal yapılar oluşturan algoritma türleri “Algoritma Üretim Yöntemleri” adlı başlıkta incelenmektedir. Burada makinelerin insanlara ait görme, duyma gibi işlevlerin bilgisayarlar tarafından taklit edilebilmesinde algoritmaların önemine değinilmiştir. Canlılığın evrimsel süreçlerini taklit eden genetik algoritmaların çalışma mantığı incelenmiştir. Algoritmaların üretim yöntemlerine ait yapılan açıklamalar “**Jeneratif Sanat**” bölümünde incelenen

jeneratif sanat eserlerinin üretim tekniklerinin anlaşılabilmesi için detaylı açıklamalara gereksinim duyulmuştur.

**“Jeneratif Sanat”** bölümünde yeni medya sanat anlayışına ve jeneratif sanatın eski sanat ifade yöntemlerini nasıl yorumladığına, geçmişten günümüze disiplinler arası işbirliklerle üretilme biçimlerine ve sağladığı avantajlara, tasarlanan otonom sistemlerin nasıl bir işlev gerçekleştirdiğine dair yanıtlar aranmıştır.

Jeneratif sanata ait tek ve net bir tanım bulunmamakla birlikte “Jeneratif Sanatın Geçmişten Günümüze Kullanımı” başlığında tanımların yaşanılan çağın sanat akımları ve teknolojinin sağladığı imkanlarla nasıl dönüşüm geçirdiği araştırılmıştır. “Yeni Medya Teknolojileri ve Jeneratif Sanat” başlığında jeneratif sanatın üretimi, üretim yöntemleri, süreçleri ve jeneratif sistemi oluşturan teknikler irdelenmiştir. “Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Jeneratif Sanat” başlığıyla yeni medya teknolojilerinin fraktal üretim teknikleri, çeşitli algoritmalarla tasarlanmış olan sistemlerle üretilen çalışmalar ve eserleri üreten sanatçılar tanıtılmaktadır. Tanıtılan sanat eserlerin jeneratif sistemlerinde; “Fraktal Geometri” bölümünde belirtilen “Fraktal Üretim Yöntemleri” ve “Algoritma” bölümünde incelenen “Algoritma Üretim Yöntemleri” içerisinde açıklanmış olan yöntemler bulunmaktadır. “Gelecekçi Teknolojiler ve Jeneratif Sanat” adlı son bölümde ise gelecekçi teknolojilerin dönüştüreceği jeneratif sanat oluşumlarına dair öngörülerde bulunmaktadır.

## **7. Sayıtlar**

Yeni medya teknolojileri, günümüz bilim, sanat ve teknoloji dinamiklerinin sınırları zorlamakta, hiç olmadığı kadar hızlı ve entegre biçimde dönüşmektedir. Daha on yıl öncesinde akıllı cihazlarda kullanılan yapay zekalar, makine öğrenimi, sanal gerçeklik gibi konular toplumu dönüştüren bir güce sahip değilken günümüz sanatına kolayca entegre olmuş ve algılarımızın sınırlarını zorlayıcı, özgün ve öngörülemez çalışmalar ortaya çıkmıştır. Kodların, algoritmaların, verilerin, yazılımların kullanıldığı jeneratif sanat, teknolojinin ve yaratıcılığın sınırlarını zorlamaya devam ederken; kullandığı araçlar, yöntemler ve tasarlanan sistemler yine bilimin keşfettiği yeni sınırlar içerisinde doğadan, canlılıktan, evrimsel süreçlerden, doğanın dinamik sistemlerinden ve evrenden ilham almaktadır.

## 8. Sınırlılıklar

Yeni medya teknolojilerinin kullanımıyla üretilen jeneratif sanat, fraktal üretim teknikleri ve algoritma türlerini tasarlanan sistemlere entegre edilmesiyle geliştirilmektedir. Çalışmada fraktal geometri ve algoritmalara dayalı jeneratif sanat çalışmalarının içerik ve felsefesi çalışmanın sınırlarını belirlemektedir. Bununla birlikte tasnife terkinin tercih edildiği yeni medya çalışmalarında (jeneratif sanat, dijital yerleştirme, veri sanatı, yazılım sanatı) sınırların çizilemediği durumlar söz konusudur. Yani içinde oluşum ve üretim süreçleri barındıran dijital yerleştirme aynı zamanda jeneratif sanat olarak nitelendirilebilir. Bu hususta bir sınırlandırmayı dijital sanat kapsamında değerlendirilen jeneratif sanatta yapmak doğru olmayacaktır. “Fraktal Geometri” bölümünde belirtilen üretim teknikleri ve “Algoritma” bölümünde incelenen üretim yöntemleri; “Jeneratif Sanat” bölümünde verilen örnekler, yeni medya tekniklerinin kullanılarak üretildiği çalışmalarda kullanılan tekniklerle sınırlı tutulmuştur. Çalışma, fraktal geometri, algoritma ve jeneratif sanat ilişkisinde tasarlandığı için geçmişten günümüze sanat ifade yöntemleri, çalışmanın konusunu destekleyen sanat eserleri ekseninde sınırlı tutulmuştur.

# 1. BÖLÜM

## FRAKTAL GEOMETRİ

Latince “fract” sözcüğü, kırmak anlamına gelen ‘fragere’ fiilini türetmektedir (Nişanyan, 2019). “Fractal” Latince “fractus” sözcüğünden türeyen “parçalanmış, kırılmış” anlamlarında kullanılan sözcüktür. Bir matematik terimi olarak “Kesir boyutlu küme” anlamında kullanılmakta olan “fraktal”; İngilizce ve Fransızca’da “fractal”; Almanca’da “fraktal” şeklinde kullanılmaktadır (TDK, 1983).

1975’te Fransızca “Sonu olmayan desen” olarak tanımlanan “fraktal”, Polonyalı matematikçi Benoit Mandelbrot sayesinde 1967’de “İngiltere'nin Kıyısı Ne Kadar Uzunluktur? İstatistiksel Benzerlik ve Kesirli Boyut” adlı çalışmasında ilk defa terim olarak kullanılmıştır (Online Etymology Dictionary, 2019). 1975’de Mandelbrot tarafından “Les Objets Fractals (Fraktal Nesnelere)” adıyla yayınlanmış ve 1977’de “The Fractal Geometry of Nature” adıyla İngilizce’ye çevrilmiştir. Latince “kırıntı” anlamına gelen “fraktal” terimini, Mandelbrot, “karmaşık gibi görünmesine karşın kendine benzerlik gösteren düzenli yapılar”ı tanımlamak için kullanmaktadır (Nabiyev, 2013: 522). Mandelbrot’a göre, “doğada karşılaşılan çoğu örüntüler pürüzlü bir yapıya sahip ya da uç bir dereceye kadar parçalanmış” olarak bulunmaktadır. Klasik geometri, doğada gözlemlenen bu formları açıklamakta yetersiz kalmaktadır ve bu yetersizlik “fraktal geometri” kavramı ile giderilmektedir (Nabiyev, 2013: 522).

Mandelbrot, doğada bulutların birer küreden ya da dağların koniden oluşmadığını ifade ederek “fraktal” kavramını açıklamaktadır (Uzel, 2016: web):

*Kırık bir taş düşünün; herkes onun karmaşık olduğunu söyler. Ben fraktal sözcüğünü, Latince’de taş kırıldıktan sonraki durumu ifade eden “fractus”tan (parçalı) türettim. Bu taş pürüzlü, düzensiz ve parçalanmış durumdadır...Çok şaşırtıcı ama pürüzlülüğü tanımlamak için kullanılan prosedürler,son derece yetersiz ve münferit duruma göre olup olayın özünü kavramaktan bütünüyle uzaktı. Oysaki fraktal geometride sonuç harikulade ve saf bir basitliğe sahip. Öyle şekillerin doğasını tanımlamak için uygun dil bu... Pürüzlülük doğanın ve kültürün her yanında var. Kıyı şeritlerinin, dağların, bulutların ağaçların biçiminde; gökadalardan dağılımında ve akciğer kanallarında olduğu kadar tablolarında, müzikte ya da kimi matematiksel yapılarda karşınıza çıkabilir.*

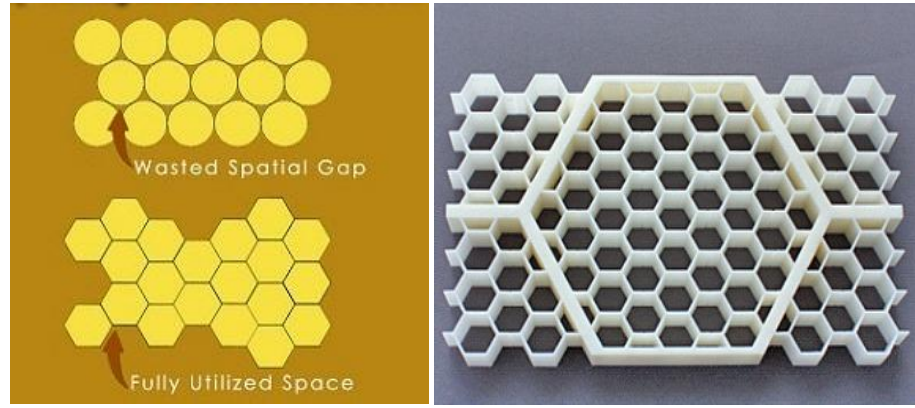
Doğada var olan dallanmış yapılar, akarsu kıyılarının şekilleri, canlılardaki dolaşım sistemi, DNA yapısı, su yüzeylerinde oluşan girdaplar, bulutların oluşumları, dumanın havada oluşturduğu görüntüler klasik geometrik formların aksine pürüzlü,

bükülmüş, dolaşık, girintili çıkıntılı, bir anda oluşup dönüşüm geçiren ve öngörülemez şekilde gelişebilen farklı özellikler göstermektedir.

Geleneksel geometri, evreni “küçük ve kolay anlaşılabilir parçalara ayırıp sadeleştirerek” taklit etmektedir. Doğanın dili ve üretim yönteminde böyle bir “disiplin anlayışı” bulunmamaktadır (Kurtuluş, 1995: 22). Fraktal, matematik bir tanımın ötesinde doğanın özündeki pürüzlü olguları ve biçimleri tanımlamak, açıklamak ve modellemek için kullanılmaktadır. Fraktal geometri, “fizik, kimya, biyoloji, akışkanlar mekaniği, felsefe, ekonomi, mimari, tıp ve sanat” gibi birçok disiplin için önemli keşifler sağlamıştır (Gülderen, 2017: 9).

Doğanın üretim yöntemi “verimli, işlevsel ve estetik”tir. Doğanın bu yapısı, klasik geometri ve fiziğin neden-sonuç ilişkisine bağlı kurallarla sınırladığı alanda, “saat gibi işleyen” sistemlerin analiziyle izah edilememektedir (Kurtuluş, 1995: 21). 1917 yılında D’Arcy Wentworth Thompson, “bitki ve hayvan formlarının matematiksel olarak anlaşılabilirliği” yönünde çalışmalar yapmıştır. Doğadaki formların, statik ve dinamik yapıların örüntülerini incelediğinde; “formun çevresiyle fiziksel ve kültürel ilişkileri bulunduğu, oluşumlarını ve gelişim biçimlerini yöneten yasaların varlığına” dikkat çekmektedir (Hamarat, 2017: 94). Hüresel bir dokunun tanımlanması ya da bir köpüğün yapısının incelenmesi her ne kadar matematiğin çalışma alanına girse de; oluşumları, büyüme ve biçimlerini yöneten yasalar, matematik ve disiplinler arası geliştirilen yaklaşımlar yardımıyla açıklanabilmektedir. Thomson’un yaklaşımı, doğal büyüme ve fiziksel süreçlerin incelenmesi ve bilgisayar destekli modellemeler için temel oluşturmuştur. 1990 öncesinde, yapı ve figür arasında analogik bağlar kurularak bitki ve hayvan motifleri taklit edilirken sonrasında biyoloji ve bilgisayar teknolojileri ile birlikte geliştirilen yaklaşımlarla “yaşam formları” modellenmiştir (Terzi, 2009: 35-36).

Thomson’un formun incelenmesinde gerekli olduğunu düşündüğü disiplinler arası yaklaşım, fraktal geometrinin doğayı anlama, sorgulama ve kavrama biçiminde de mevcuttur. Bitki yapraklarında görülen dallanmalar, organik formlar, evrimsel süreçlerle ilgili teoriler, DNA’da kimyasal süreçlerin mekaniğinden oluşan geometrik yapı, girdaplar, yıldırımların oluşması gibi doğaya ve insana ait yapıların incelenmesi ve modellenmesinde fraktal geometri geleneksel geometriden daha başarılı sonuçlar elde etmektedir.



**Şekil 1:** Alt yapısal peteklerden oluşan bal peteği hücre modelleri

Memduh Erkin, disiplinler arası bir kavram olan fraktal geometrinin, doğanın uyumunu, ritmini, matematiğini, estetiğini ve işlevselliğini barındıran yapısını açıklarken bal peteğinin altıgen formundan yola çıkmaktadır:

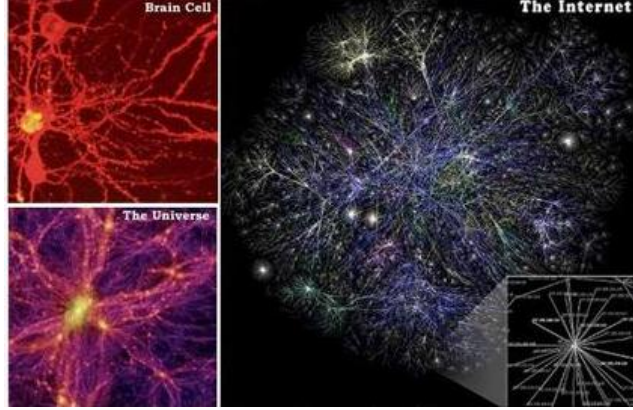
*Bal peteğinin altıgen modüler yapısı, uzayı hiç boşluk kalmayacak biçimde doldurmaktadır. Aynı alana sahip çokgenler arasında, kapladığı alana oranla çevre uzunluğu en kısa olan yapılar altıgen formlardır. Bu durumda arı peteği oluştururken en az iş gücüyle en kısa sürede en az bal mumunu kullanmaktadır. Doğanın kendine has bu dili ve üretim yöntemi “yüksek bir tasarım” örneğidir. Doğanın verimli, işlevsel ve estetik geometrisi fraktal geometri yardımıyla tanımlanabilir, açıklanabilir ve modellenenir hale gelmektedir.*

## 1.1. Fraktal Yapıların Özellikleri

### 1.1.1. Özbenzeşim (Self Similarity) ve Tekrar

Birbirine zıt gibi görünen olgular bütünü düzenini oluşturan ve dengeleyen birer parçası olarak varlık göstermektedir. Bütünü tek bir parçası, bütünü öz bilgisini taşımaktadır ve bütün diğer tüm parçalarla uyumlu bir etkileşim içerisindedir. M. Ö. 500’lü yıllarda Anaksagoras, “Her şeyde her şeyden bir parça vardır. Bütün şeyler belli ölçüde her şeyde bulunurlar” ifadesiyle bütünü öz bilgisini içerisinde taşıyan ve en son küçüklük derecesinin bilinemediği parçayı “tohum” düşüncesiyle açıklamaktadır (Aydın, 2019: web). Sinir bilimci Sinan Canan, mikro ve makro evrende gözlemlenen fraktal yapıların kendine benzerlikleriyle ilgili “Zerre küll’ün; küll de zerre’nin aynasıdır” ifadesiyle; bir beyin hücresinden gezegenlerin

güneş sistemi içerisindeki izlediği yola kadar evrende küçük ile büyük arasındaki öz benzeşimin varlığına dikkat çekmektedir (Canan, 2014a: web).



Şekil 2: Beyin hücresi, evren ve internet ağı görüntüleri

Canlılardaki dolaşım sistemi, yıldırım oluşumu, ekonomide dalgalanmalar, deniz canlıları, kalp atış ritmi, salyangoz ve deniz kabuğunun oluşturduğu giderek büyüyen eğriler, nehirlerin bir noktadan başlayıp kollara doğru çatallanan yapısı, ağaç köklerinin ve dallarının oluşturduğu görüntü, yaprakların damarlanma kurgusu farklı ölçeklerde “kendine benzerlik gösteren ve kendini tekrar eden” yapılardır (Alik, 2015: 75-80).



Şekil 3: Doğada karşılaşılan fraktal yapılar

Bir kalp grafisinde gözlemlenen sinüs dalgalarının “kendini tekrarlayan” bir düzeni bulunmaktadır. Düzensiz gelişen bir tekrar “patolojik” bir duruma işaret olabilmektedir. Beyinde “gürültü” olarak kaydedilen verilerde bile kendini

tekrarlayan sinyallerden oluşan bir sistem bulunmaktadır (Canan, 2008: web). Dumanın havada oluşturduğu sarmal yapılı görüntüsü “düşük frekanslı ya da geniş dalga boylu enerji” nedeniyle gelişmekte ve giderek küçülüp sönümlenmektedir. Bir bölgede “gelişen, ritim oluşturan ve daha sonra kendine benzer daha küçük girdaplara dönüşerek sönümlenen” bu yapılarda da ritim ve kendine benzerlik görülmektedir (Cınbarcı, 2015: 15). Doku yüzeyinde, biçimsel oluşumlarda ya da akışkanlarda gözlemlenen fraktal yapıların en küçük birim ile bütün arasındaki benzerlik ve tekrar olgusu yapının “geometrik ve fiziksel uyumunu” oluştururken aynı zamanda “sürekliliğini” de sağlamaktadır (Alik, 2015: 45).

### **1.1.2. Fraktal Boyut**

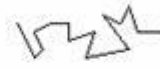


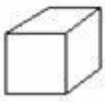

Bulutun küre, dağın koni olarak algılanmadığı fraktal geometri formlarında nesneye etkiyen küçük değişkenler ya da nesnenin pürüzlülüğü göz ardı edilmemektedir. İstatistiksel olarak ölçeklendirilen bu yapılar fraktal boyutları oluşturmakta ve bu boyut, nesnenin pürüzlülük derecesini belirten “kesirli bir katsayıyla” ifade edilmektedir. Turhan, fraktal boyut kavramının, “Mandelbrot’un keşfinden daha eski bir sürece sahip olduğunu” belirtmektedir. Bilim insanları tarafından doğa olaylarında ve olgularda “öz-benzerliklerin ve ölçeklendirilmiş boyutların” bulunduğu gözlemlenmiş ancak “teori ve pratiğin birleştiği sistematik bir çalışma” oluşturulamamıştır (Turhan, 2018: 19).

Görecelik kuramı, zamanı “dördüncü boyut” olarak dahil etse de Öklid geometrisiyle “nokta, tek boyut, iki boyut ve üç boyutlu” yapılardan bahsedilebilmektedir. “Nokta” sıfır boyut ya da boyutsuz olarak adlandırılırken, uzunluğa sahip eğri ve çizgiler “tek boyutu”; yüzey alanına sahip olan kare, daire, üçgen gibi yüzeyler “iki boyutu”; en, boy ve yüksekliğe sahip küre, küp, prizma gibi hacimli yapılar “üçüncü boyutu” ifade etmektedir (Cınbarcı, 2015: 19).

Karmaşık, pütürlü, delikli, iç içe dolanmış, kıvrımlı, pürüzlü kendini tekrar eden yapıları tanımlamakta öklidyen geometrinin daireleri, kareleri, üçgenleri yetersiz kalmaktadır. “Aynanın sırlanmış ve düzeltilmiş pürüzsüz iki boyutlu yüzey algısına karşın aynaya mikroskobik boyutlarda bakıldığında, dağ ve vadilere benzer girinti çıkıntılı, pürüzlü bir yüzeyler görülmektedir” (Cınbarcı, 2015: 19). Ayna yüzeyi bu durumda iki boyutlu olarak değerlendirilememektedir. Benzer şekilde iki boyutlu bir sayfa yüzeyine yazılan tek boyutlu olarak algıladığımız yazılar, eğriler

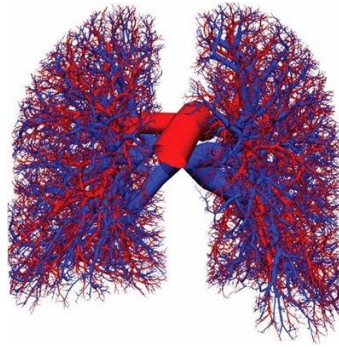


veya çizgiler, mikro düzeyde incelendiğinde kâğıdın inişli çıkış pütür pütür yüzeyi üzerinde, kalemin bıraktığı kömür kalıntılarında oluşan hacimli bir yapı gözlenmektedir. Elde edilen bu yapı da klasik üç boyutlu yapılara benzememektedir. Kesirli boyutlarla ifade edilen bu yapılar, sonsuz kenar uzunlukları olmasına rağmen sınırlı alanlarda tanımlanan şekiller ve görüntüler oluşturmaktadır.

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

Şekil 4: Öklid ve fraktal formlarda boyut

“Pürüzlülüğün kaplanılan alan içerisindeki artışıyla yapı Öklid boyutlarına yakınsamaktadır. Bir küp şeker 2 ve 3 arasında, atar damarlar 2,7 ve bir insan beyni 2,73 ile 2.79 arasında fraktal boyutlara sahiptir” (Gülderen, 2017: 21).



Şekil 5: Akciğer bronşlarında fraktal boyut

### 1.1.3. Örüntü, Fraktal ve Altın Oran Arasındaki İlişki

Fraktalların özbenzeşim gösteren tekrarlı yapılar ve kesirli boyutlar oluşturmasının bazı karakteristik özellikleri mevcuttur. Fraktal geometri özelliği gösteren yapılardaki küçük parça ile büyük parça arasındaki ilişkinin farklı oranlara sahip oluşları dikkat çekmektedir. Oran, “birimin diğer birim tarafından ifadesi”dir. Erkin, “birimlerin aynı türden iki çokluğu ifade etmesi” gerektiğini belirtmektedir.

D boyut, N benzer kısımlar ve r, ölçekleme oranını olarak ifade edilirse;

$$N.r^D = 1$$

D boyutlu bir nesne, N sayıda oluşturulan küçük kopyaları denklem sonucunda elde edilen orana göre değerlendirilmektedir (Nabiyev, 2013: 522). Kendini belli bir oranda tekrar eden fraktallar örüntüler oluşturmaktadır. Ancak her gelişigüzel tekrarların ve özbenzeşimin görüldüğü örüntüler fraktal olarak değerlendirilmemektedir. Bir örüntünün fraktal özellik gösterebilmesi için; “bir kurala göre ilerlemesi, büyüüp küçülebilmesi ve bir önceki şekli içinde barındırması” gerekmektedir (Gülderen, 2017: 29).

Bazı fraktalların sahip olduğu oransal değerler onu diğer yapılardan daha benzersiz, dikkat çekici ve estetik olarak tanımlanmasına neden olmaktadır. Doğadaki bitki formlarında, deniz canlılarında ve diğer oluşumlarda bu orana sahip spiral formlarla karşılaşmaktadır. Bu yapı, “parçaların bir nokta etrafında en verimli şekilde sarmalanmasını” sağlamaktadır. “0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610...” gibi hem aritmetik hem de geometrik orana sahip bu sayı dizisi, İtalyan matematikçi Leonardo Fibonacci tarafından ortaya konmuştur. Fibonacci sayılarının büyüğün bir küçüğüne oranı “1.61804” değerindeki “altın oran”ı oluşturmaktadır. Doğanın geometrisinde karşılaşılan “altın oran”; eski medeniyetlerin mabetlerinden modern mimari tasarımlara, teknolojiden sanata “estetik, dengeli ve uyumlu” yakalamanın bir formülü olmakla birlikte “form ve işlevsellik” gibi amaçlar içinde kullanılmaktadır (Yıldız, 2012: 43-45).

Biyontolojist Tufan Güven, altın oranın; evrenin, mikrodan makro boyutlara maddenin ve kendi kendini düzenleyebilen kuvvetlerin kullandığı “mükemmelleştirilmiş fraktal faz uyumu”, “fraktalin doruk formu” olduğunu ifade etmektedir. Amerikalı fizikçi Dan Winter, çalışmasında farklı dalga birleşimlerinin bazıları (yataydaki beyaz çizginin üzerinde) enerjiyi paylaşarak “yapıcı enerji alanı”

oluştururken bazı dalga türleri ise (yataydaki beyaz çizginin altında) oluşan enerji birikimini göstererek “yıkıcı enerji alanı” oluşturduğunu belirtmektedir. Farklı türlerdeki dalga birleşim analizleri test edildiğinde maksimum enerji paylaşım alanın “1.618..” değerindeki altın oranda olduğu gözlemlenmektedir. Yıkıcı dalga etkileşiminin oluşturduğu tam tersi durumun “2’nin katlarında maksimum değere” ulaştığı vurgulanmaktadır (Güven, 2017: web).



Şekil 6: Dan Winter’a ait “Faz Uyumları Analizi”

Winter çalışmasıyla doğadaki formların taklit edildiği fraktal boyutlu tasarımların daha “biyoaktif, estetik ve çevresiyle uyumlu yapılar” olduğunu ortaya koymaktadır. Dodekahedron, ikozahedron gibi platonik cisimlerin bazılarında, hidrojen atom yapısında, canlı proteinlerde, DNA’da, insan vücudunda ve bitki örtüsünde, güneş sistemindeki gezegenlerin yörüngesel ilişkilerinde “fraktal boyutların doruk noktası olarak ifade edilen altın oran” mevcuttur (Güven, 2017: web).

## 1.2. Fraktal Geometri Türleri

Matematik dışında sanat, tasarım, mimari, akışkanlar mekaniği, fizyoloji, kimya, biyoloji gibi farklı alan uzmanları da fraktal geometriye ilgi duymaktadır. Kar tanesinin yapısı, dağların engebeli yapısı, ağacın dallanma biçimi, DNA’nın sarmal formu, arıların oluşturduğu hegzagonal (altıgen) petek yapısı gibi doğada karşılaşılan lineer (doğrusal) davranış gösteren fraktal formlardır. Bulutların oluşumu, mürekkebin su içerisinde dağılımı, okyanusta oluşan girdaplar, dumanın havada dalgalanarak yükselişi gibi doğrusal davranış göstermeyen (nonlinear) dinamik sistemler de fraktal özelliktedir. Kurtuluş, okyanus dalgaları ve girdap gibi “nonlinear davranışlar gösteren dinamik sistemlerin” ve canlıların genetik yapısında

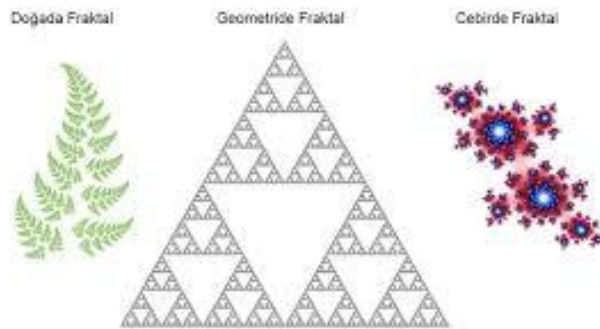
karşılaştığı gibi “lineer davranış gösteren” yapıların temelinde matematik olduğunu belirtmektedir (Kurtuluş, 1995: 25).

Doğanın kullandığı estetik dil ve üretim yöntemi farklı disiplinlerden birçok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Fraktal geometri, doğayı modelleyebilmek için farklı disiplinlerin araştırmalarından yararlanmaktadır.

Nabiyev, 2000 yıllık Öklid geometrisini ve neredeyse 45 yıllık bir hikayesi olan fraktal geometriyi kıyasladığında; fraktal yapıların formüllerden farklı olarak “iteratif ve özyinelemeli algoritmalara dayandığını, özel boyut ve ölçeklenmelerinin olduğunu” belirtmektedir (Nabiyev, 2013: 522). D boyut, N benzer kısımlar ve r, ölçekleme oranını olarak ifade edilirse;

$$N.r^D = 1$$

şeklinde oluşturulan bu denklem; benzerlik ve ölçek oranının boyutla ilişkisini ortaya koymaktadır. D boyutlu bir nesne ve N sayıda oluşturulan küçük kopyaları denklem sonucu çıkan ölçekleme oranında değerlendirilmektedir (Nabiyev, 2013: 522). Bilgisayarda işlem sonucu oluşan değerlerin yeniden girdi olarak işleme koyulması ve bu sürecin çok sayıda tekrarlanmasıyla ilginç görüntüler ortaya çıkmaktadır. Basit matematik formüllerinden, denklemlerden ya da kurallardan üretilen bu karmaşık görüntüler detaylı incelendiğinde, yapının farklı ölçeklerde kendini tekrar eden düzenli yapısı ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 7:** Fraktal geometri türleri

Kendi içinde tekrar eden örüntülerden oluşan ve parçalarının, bütünü öz bilgisini taşıdığı fraktallar, elle ya da bilgisayarla üretilebilmektedir. “Doğada rastlanan fraktal yapılar en fazla arka arkaya üç çevrimden oluşmakta ve küçük

parçalara doğru inildikçe detaylar kaybolmaktadır” (Terzi, 2009: 40). Yapay olarak oluşturulan fraktal desenlerse daha derinlemesine inildiğinde “kendini küçük ölçeklerde sürekli tekrar eden soyut nesnelere” dönüşürken; büyültüldüğünde giderek bütüne benzer bir yapıya dönüşmektedir (Kavurmacıoğlu ve Arıdağ, 2013: 63; Nabiyev, 2013: 523). Doğada karşılaşılan fraktal yapılar ve oluşum süreçleri, bilgisayar teknolojilerinin insan gücünü aşan fraktal hesaplamalara imkan vermesiyle sanat, tasarım, teknoloji, mimari, tıp gibi farklı disiplinlerde kullanılmıştır. Fraktallar, basit bir biçim üzerinde “belirlenen bir kuralın her aşamada tekrarlanmasıyla oluşturulduğu gibi, tekrarlanan denklemlerle ya da çevrimsel algoritmalarla” oluşturulabilmektedir (Güner, 2016: 24). Çevrimsel algoritmalara ek olarak Terzi (2009: 36), 1990’lardan sonra “genetik ve evrimsel algoritmaların” da doğadaki yaşamın bilgisayar destekli modellenebileceğini belirtmektedir.

Fraktallar; geometrik fraktallar, cebirsel fraktaller ve doğadaki stokastik-kaotik durumların modellendiği yapılar olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir (Nabiyev, 2013: 524).

### **1.2.1. Geometrik Fraktaller**

“Cantor, Sierpinsky, Von Koch ve Peano” gibi 19. yüzyıl matematikçileri tarafından oluşturulan çalışmalar “matematikselsel canavarları” olarak adlandırılmaktadır. Geometrik yapılar bilgisayar teknolojilerinin gelişimi sonrası daha önce ulaşılamamış ilginç görüntüler ortaya çıkarmıştır. Bilgisayar yardımıyla oluşturulan sonuçlar doğada kendi iki ya da üç kez tekrar eden yapıların aksine işlemlerin milyonlarca tekrarıyla oluşmaktadır. Dairesel alan içine çizilen bir kare ile bu durum açıklanmak istenirse; kareye ait kenar sayıları devamlı artırıldığında; kenar uzunlukları belirli oranda kısaltılmakta yapı gittikçe dairesele bir görüntüye dönüşmektedir. Çokgen kaç kenarlı olursa olsun çevre, dairesele alanın çevresine yaklaşacak ama asla eşit olmayacaktır. Bilgisayarda gerçekleştirilen “iterasyon işlemleri de benzer mantıkla; kenar uzunluğu sonsuza doğru giderken alanı hep sınırlı kalan, düzenli, birbirini tekrar ederek büyüyen geometrik ardışıklık gösteren şekiller” oluşturmaktadır (Cınbarcı, 2015: 20).

#### **1.2.1.1. Cantor Kümesi**

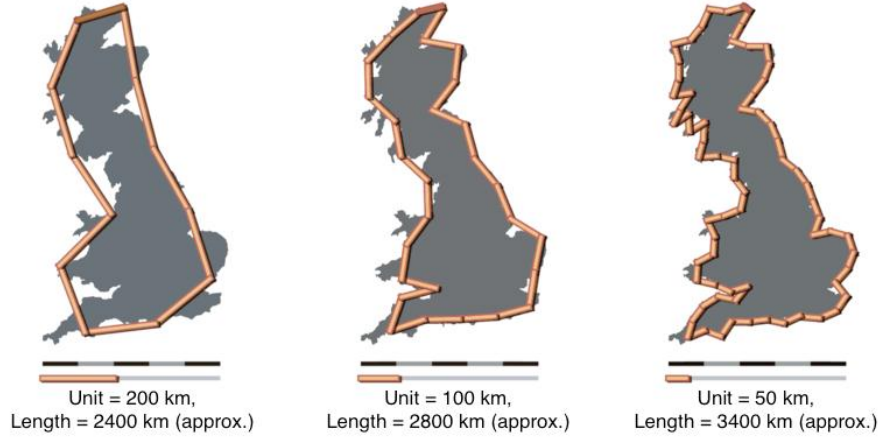
Fraktala dair matematikselsel olarak ortaya koyulan ilk çalışma Georg Cantor’un “Cantor kümesi”dir ve 1875 yılında geometri profesörü Henry Smith tarafından tanıtılmıştır (Şahin, 2016: 4). Doğrunun üç eşit bölgeye parçalanarak ortadaki



Koch'un "patolojik bir şekil" olarak adlandırdığı, aynı işlemin tekrarlanmasıyla oluşan kırıklı yapıda "teğetlik ve pürüzsüzlük" bulunmamaktadır. Koch'un kar tanesi, "sonlu bir yolu tanımlayan ancak sonsuz uzunluktaki bir eğri" olarak da tanımlanmaktadır. "Eğrinin belirli açılarda kesilmesiyle içindeki Cantor kümelerinin oluşturduğu sonsuzluğun ortaya çıkışı; sonsuz uzunluktaki kıyı şeritlerinin hesaplanabileceği ve modellenebileceği" fikrini desteklemektedir (Hamarat, 2017: 87; Turhan, 2018: 18). Bu haliyle Koch'un keşfi, fraktal üretimlerinin ilk adımlarındandır.

Koch'un kar tanesi fraktalı, üretici elemanın bir eşkenar üçgende uygulanmasıyla elde edilmektedir. İlk aşamada verilen üçgenin 3 kez küçültülmüş boyutunun her bir kenara eklendiği üretici işlemler "özyinelemeli bir yapı" oluşturmaktadır. Bilgisayar hesap kapasitesi sınırı sebebiyle belirli bir iterasyonda duran yapı, "sonsuz iterasyon uygulandığı durumda fraktalın çevresi de sonsuz uzunluğa sahip olmakta ve alan; her aşamada geometrik bir seri oluşturarak" bir önceki alanın yaklaşık 1.6 katı büyümektedir (Nabiyev, 2013: 526-527).

Koch eğrisi, kıyı şeritlerinin ölçümünde kesin sonuçlar sağlamaktadır. 1940 yılında bilim insanı Lewis Richardson, kıyı şeritlerinin ölçümünde "ölçü biriminin küçüldükçe, kıyı uzunluğunun sonsuza uzadığını" belirtmektedir. Mandelbrot, "Britanya'nın kıyı şeridi ne kadar uzunluktadır?" adlı çalışmasında "kıyıların girintili çıkıntılı, engebeli ve pürüzlü yapılarından dolayı ölçüm birimlerinin uzunluğunun azaltılması durumunda kıyı uzunluğunun sonsuza yaklaştığını" belirtmekte ve doğadaki yapıların fraktal boyuta sahip olduğunu açıklamaktadır (Gülderen, 2017: 12). Kıyının gerçek uzunluğunun ne olduğu gibi problemler, fraktal boyutların açıkladığı soyut matematik teoremleri ve bilgisayar teknolojileri desteğiyle yanıtlanabilmektedir. Hesaplamalar sonucu oluşan "pürüzlülük değeri", hesaplanan nesneyi tanımlayabilmemiz ve hakkında yaklaşım geliştirebilmemiz için kullanılacak parametrelerdendir (Turhan, 2018: 8-9).

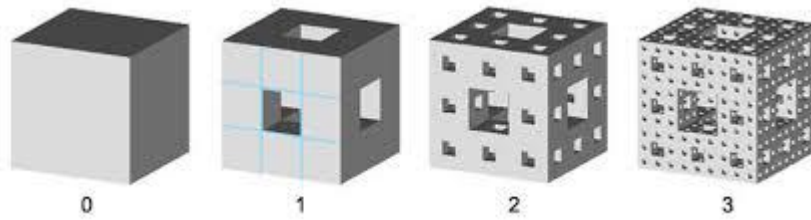


Şekil 10: Birim ölçünün değişmesiyle elde edilen uzunluk değerleri

### 1.2.1.3. Sierpinski Üçgeni ve Sierpinski Halısı

1916 yılında Polonyalı matematikçi Waclaw Sierpinski, üçgen fraktal bir yapı üzerine çalışmıştır. İçi dolu bir üçgenin kenarlarının orta noktaları birleştirilerek ortada oluşan üçgenin çıkarılması işlemi, her aşamada kalan dolu üçgen parçaları için uygulanmaktadır. Yeni üçgen bir öncekinin yarısı boyutlarında olup kendinden öncekine benzer özellik göstermektedir (Alik, 2015: 42; Gülderen, 2017: 17; Hamarat, 2017: 88).

Nabiyev (2013: 31), başlangıç şeklinin kare olması durumunda yapının her seferinde karenin orta kısmından 3 kere küçültülmüş benzer yapıdaki karenin çıkarılmasıyla oluşacağını ifade etmektedir. Oluşan yapı “Sierpinski halısı”dır. Düzlemsel olan bu yapının üçboyutlu görüntüsü ise “Menger süngeri”ni oluşturmaktadır.



Şekil 11: Menger süngeri oluşumu

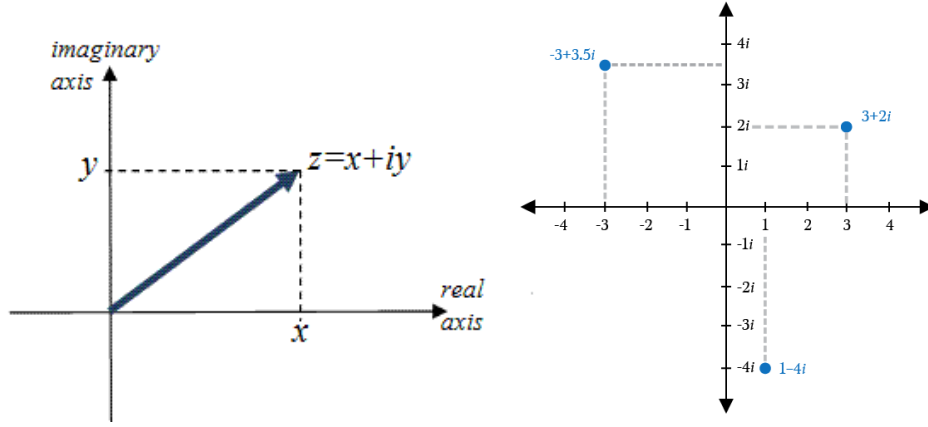


### 1.2.2. Cebirsel Fraktaller: Julia ve Mandelbrot Kümeleri

N- boyutlu uzayda iteratif süreçler yardımıyla elde edilen cebirsel fraktaller, türlerinin en büyük sınıfını oluşturmaktadır. Başlangıç koşullarına hassasiyet gösteren doğrusal olmayan sistemlerin oluşturduğu sonuçlar tekrarlanan iterasyonlarla kararlılık gösterdiği bölgenin sınırladığı alan, sistemin “faz uzayını” oluşturmaktadır (Nabiyev, 2013: 532). Faz uzayının renklendirilmesi ve renk algoritmalarının değiştirilmesiyle oluşan iteratif süreçler, benzersiz ve muhteşem fraktallerin oluşmasını sağlamaktadır.

Karmaşık sayıların koordinat sisteminde; X eksen, kompleks sayının “gerçek kısmını” ve Y eksen ise “sanal kısmını” ifade etmektedir. Fonksiyonlar (f), bir çeşit matematiksel kurallardır ve koordinat sisteminden her hangi bir sayıyı alarak düzlemde başka bir noktaya taşırlar. Bir fonksiyon, karmaşık düzlemdeki her bir sayıyı sahip olduğu kurallar doğrultusunda başka bir sayıya dönüştürmektedir (Canan, 2014b: web). Yazıcı,  $y=f(x)$  gibi bir fonksiyonu “müzik çalan bir teybe” benzetmektedir. Kaset başlangıç değerini ve dinlenen müzikse oluşan sonucu ifade etmektedir. Dinlenen müzikler farklı farklı olsa da teyp aynı işlemi (kaset çalma) gerçekleştirmektedir. Fonksiyonu,  $y=f^{-1}(x)$  şeklinde ifade edersek; bu durumda işlev “ses kaydetme” işlemine dönüşmüş olacak ve ortamdaki sesler bu fonksiyon işlevi sonucu kasete kaydedilecektir (Yazıcı, 2014: 16).

İterasyon; “tekerrür, tekrarlama, yineleme ve ardışık” anlamlarına gelmekte olup matematikte fonsiyonun dönüştürülmesinde tekrar eden işlemler için kullanılmaktadır (Şahin, 2016: 6). Dönüştürülen sayıların fonksiyona başlangıç değeri olarak tekrar tanıtıldığı iterasyon sonuçlarının oluşturduğu görüntü, “fonksiyonun düzlemdeki davranışı” hakkında bilgi vermektedir (Canan, 2014b: web)



Şekil 12: Karmaşık Sayı Koordinat Düzlemi

Karmaşık sayı düzleminde seçilmiş bir sayıya uygulanan fonksiyonlar oldukça farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Bazıları “doğrusal olarak ya da sarmallar oluşturarak” sonsuza doğru ilerlerken bazıları “merkeze doğru sarmallar oluşturarak” “0” a yaklaşabilmektedir. Bazı değerler kısır bir döngüde takılıp olduğu yerde dönerken bazıları ise uzun ve rastgele bir yol izleyerek belirli bir yerde takılabilmektedir. Bazıları da uzunca bir yol izleyip tamamen durabilir ya da kendine benzeyen tekrarlar oluşturabilmektedir (Canan, 2014b: web).

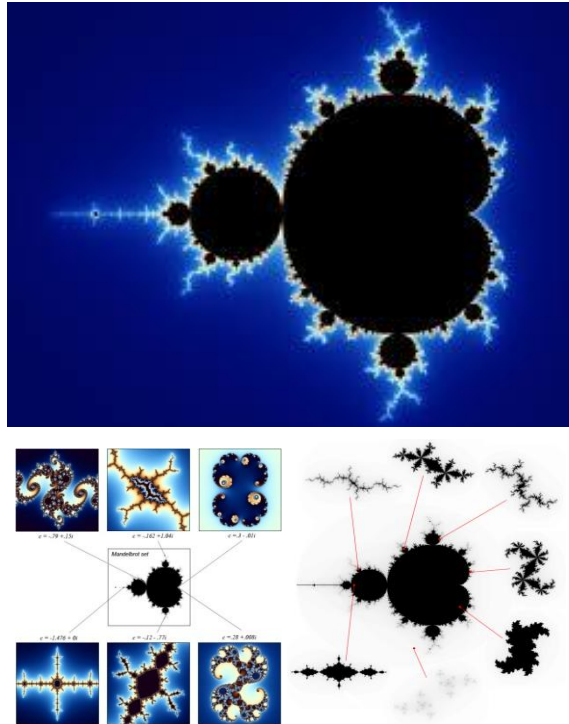
1930 yılında Fransız matematikçi Gaston Julia, “polinom denklemlerinin tekrar edilmesiyle oluşan matematiksel cisimleri” tanımlamıştır (Gülderen, 2017: 10). Julia’nın çalışmaları, fraktal biçimlere dair ilk çalışmalardandır ve bilgisayarın henüz keşfedilmediği bu süreçte, çalışmasının “geometrik olarak neye benzediğini” bilmemektedir (Turhan, 2018: 19).

“ $Z_k = x_k + i*y_k$ ” ve “C” karmaşık sayılarda tanımlı olmak üzere;  $Z_{k+1} = Z_k^2 + C$  denklemi Julia’nın üzerinde çalışmış olduğu bir fonksiyondur ve oluşturduğu değerler “Julia kümesini” vermektedir. 1979’da İngiliz matematikçi Micheal Barnsley, Feigenbaum dizilerinin oluşturduğu döngüleri araştırırken Julia kümeleri oluştuğunu tespit etmiştir. Barnsley’in tespitleri ve aynı dönemlerde Mandelbrot’un, “atomların kendinden daha küçük sonsuz sayıda atomları ürettiği ve aralarında hiyerarşik bir düzen bulunduğu” düşüncesi, Julia denkleminin bilgisayarda incelenmesini sağlamıştır (Cınbarcı, 2015: 20; Nabyev, 2013: 532). Bilgisayarda denklemin milyonlarca kere tekrar edildiği iterasyon uygulamaları ve renk algoritmaları, Julia kümelerinin görüntüsünü oluşturmaktadır.



Şekil 13: Julia kümesi

Mandelbrot kümesi ve Julia kümesi aynı formülle türetilmesine rağmen birbirlerine benzememektedir (Nabiyev, 2013: 533). Julia kümelerini bulan Mandelbrot, ölçeklerin birine ya da bir kaçına değil bütününe bakıldığında nasıl bir davranış geliştirdiğini araştırmaktadır. Çalışması sonucu, birbiri içinde küçülen simetrilere sahip, kendini tekrar eden ilginç bir örüntü keşfetmiştir (Gülderen, 2017: 14). Oluşan görüntü, farklı “C” değerleriyle oluşturulabilecek tüm Julia kümelerini kapsamaktadır.



Şekil 14: Mandelbrot kümesi ve farklı noktalardaki görüntüleri

### 1.2.3. Doğanın Oluşturduğu Fraktaller

Doğada bir ağacın dallanma yapısı, bir bitkinin damarlanma kurgusu ya da bir dağın girinti çıkıntılarının formu kendini farklı oranda tekrar eden fraktal boyutlara sahiptir. Canlıda, doğada ve evrende mükemmel simetri özellikleriyle evrimsel süreçler içerisinde gelişim gösteren sistemler bulunmaktadır. Ancak doğada rastlantısal süreçler ve iç koşullarının başlangıç durumuna hassas bağılıklarından dolayı doğrusal gelişmeyen sistem davranışlarıyla da karşılaşmaktadır. Söz konusu sistemler aynı zamanda öngörülemeyen sonuçlar oluşturabilmektedir.

Akışkan mekaniği içerisinde davranış eğilimlerinin incelendiği mürekkebin suda dağılışı, girdapların oluşumu, bulutların oluşması ya da dumanın havada gelişigüzel sarmal görüntüler oluşturarak yükselişi gibi süreçler klasik Newton fiziğinin açıklayamadığı oluşumlardır. Newton mekaniği, sistem koşulları ve başlangıç parametreleri bilinen cisimlerin, geçmiş veya gelecekteki davranışlarının ve birbirleriyle ilişkilerinin hesaplanabilir olduğunu öngörmektedir. Saat gibi işleyen bu mekanizmada küçük olduğu düşünülen kuvvetler ihmal edilmektedir. Matematikçi Poincaré, “üç cisim sorununu” ortaya koyarak cisimlerin birbirine uyguladığı etkilerin ve birbirinden etkilenecek oluşturdukları karmaşık davranışların açıklanamadığını belirtmektedir. 1887 yılında İsveç ve Norveç kralının güneşin kararlılığının matematiksel ispatının yapılması için düzenlediği yarışmada ortaya koyduğu bu ispatıyla; “cismin başlangıç durumları bilinse bile geçmiş ve gelecekteki davranışlarının formüle edilemeyeceğini”; güneş sisteminin de benzer şekilde “kararlılığının hesaplanamayacağını” ifade etmektedir (Canan, 2008:web; Karaçay, 2004: web).

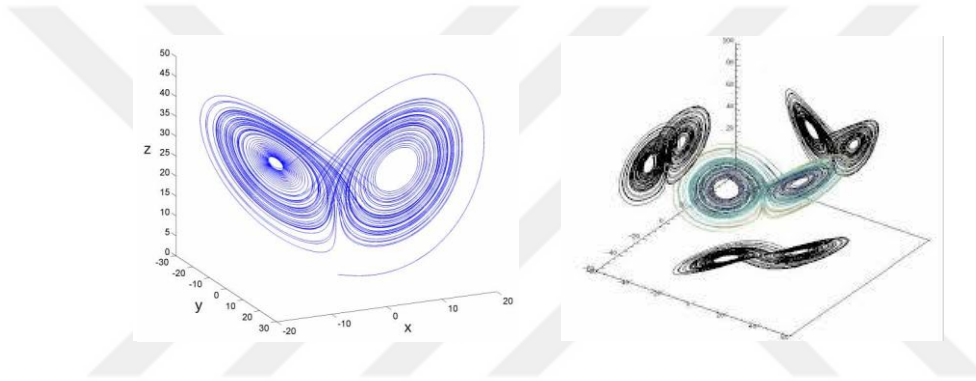
Öklid geometri “beş postulat” üzerine temellendirilmiş ve asırlarca geçerliliğini korumuştur. Öklid’in beşinci postulatına 9. ve 10. yüzyıllar arasında Sabit İbn Kurra, Cevheri, İbn Heysem, El Biruni, Ömer Hayyam ve Nasireddin Tûsi gibi bilginler ve 18. ve 19. yüzyıllar arasında Giovanni Girolamo Saccheri, Carl Gauss, J. Bolyai, Nikolay Ivanoviç Lobachevsky, G.F.B. Riemann ve Henry Poincaré gibi bilim insanları tarafından “alternatif bir postulat geliştirilmeye çalışılmış ve Öklid dışı geometriler” üretilmiştir (Aslan, 2013: 74; Kökcü, 2017: 298). Benzer şekilde Öklid geometrisine dayanan Newton fiziğinin evreni açıklama sistemi, mutlak zaman algısı ve maddeye olan bakış açısı; Poincaré’nin ispatladığı “üç cisim sorunu”, Öklid dışı geometrilerin keşfi, izafiyet teorisi ve kuantum teorisi

ile eksikleri ortaya konulmuş ve bilimsel eksen yeniden biçimlenmiştir. Kuantum teorisinin ilkeleri doğrusal gelişim göstermeyen dinamik sistemleri açıklamakta Öklid geometrisinin biçimlendirdiği Newton fiziğinden daha başarılıdır. Bununla birlikte kuantum teorisi ilkeleri ve fraktal geometrinin evreni keşfetme yöntemiyle benzerlikler göstermektedir.

Doğadaki dinamik sistemler, oluşturduğu karmaşa ve beklenmedik davranışlarından dolayı “kaos teorisi” ile açıklanmaktadır. Ancak kausun, “öngörülemeyen, düzensiz davranışlar sergileyen” şeklinde sınırlandırılmış anlamı, bu açıklamakta eksik ve yetersiz kalmaktadır. Davranışların sadece ortaya çıkmış olan bir kısmı üzerinden düzensiz, rastgele geliştiği yönündeki yaklaşım, sistemin bütününde mevcut olan düzeni ifade edememektedir. Kuantum teorisi ve fraktal geometri söz konusu sistemlerin davranışlarını anlamaya ve modellemeye çalışmaktadır. Maddenin atom altı evrende “hem parçacık hem de dalga özelliği” gösteren kuarklardan oluşması ve birbirine dönüşebilen yapısı “Tamamlayıcılık İlkesi” ile açıklanmaktadır (Değirmenci ve Utku, 2000: 79; Taslaman, 2006: 168). Kuarklar, hem dalga hem de parçacık özelliği gösterebilmeleri itibariyle kendi içlerinde ve birbirleri arasında bütünlük içindedir. Atom altı evrende, maddenin hangi zamanda hangi formda gözlemlenebileceğinin bilinmemesi durumu ve çevresiyle birlikte oluşturduğu örüntü sistemleri bir “olasılıklar denizi”ni andırmaktadır. Olasılıklar içeren bir evren modeli “Belirme İlkesi (zuhur etme)” ile açıklanabilmektedir. Nonlineer sistemlerde karmaşa gibi algılanan yapılar aslında sistemin düzenine ait tüm olasılıklardan yalnızca belirmiş, ortaya çıkmış olanın görüldüğü yapılardır ve görünen davranışlarının ardında düzen barındırmaktadır. Nonlineer sistemlerde küçük ve büyük parçalar, düzenli ya da dağınık olarak bir arada bulunabilmekte, sürecin nasıl ilerlediği değişkenlik gösterebilmekte, tamamen düzgün ya da tamamen öngörülemez süreçlerden oluşabilmektedir. Doğada ya da yapay yolla oluşturulan bazı fraktal yapılar da doğrusal olmayan sistem özelliklerine sahiptir. Uçar, “musluktan akan suyun bazen lineer bazense nonlineer olarak akışında, hem türbülans hem de durağan davranışın etkisi olduğunu” belirtmektedir. Kalp ritmi düzenliken bazen çarpıntı yapabilmekte, duman havaya yükselirken düzenli gibi dursa da “dalgalanmalar ve sönümlenmeler” görülebilmektedir (Uçar, 2010: 42-43). Trafik akışı, nüfus değişimi ve doğada gözlemlenen hava durumu

değişimleri, okyanuslarda oluşan girdaplar, evrimsel süreçler doğrusal olmayan sistemlere verilen örnekler, “kendi içerisinde düzene” sahiptir (Turhan, 2018: 22).

Poincaré'nin ispatladığı dinamik sistemlere ait öngörülemeyen davranışlar, “1960’larda bilgisayarın keşfiyle” yeniden incelenmiştir. Matematikçi ve meteorolog Edward Lorenz, akışkanlar mekaniği üzerine yaptığı araştırmalar doğrultusunda; “havanın ısı değişiminin 3 diferansiyel denklemle modellediği basit bir sistemde” hava durumunu gözlemlemektedir (Canan, 2008; Karaçay, 2004; Turhan, 2018: 20). Hava akımlarının oluşum algoritmaları ve sisteme etkilerinin incelendiği simülasyonlar ilginç görseller oluşturmaktadır.



Şekil 15: Garip çekerlere ait görüntüler

Sistem başlangıç parametresi ne olursa olsun bir “döngü” oluşturmakta ve “sınırlandığı alanın dışında çıkmadan hareketin bir merkeze doğru çekildiği” öngörülemez bir grafik oluşturmaktadır (Canan, 2008: web; Karaçay, 2004: web).

#### 1.2.4. Diferansiyel Geometri İlişkisinde Fraktal Geometri

Fransızca *Différence* “fark, farklılaşma” sözcüğünden türetilmiştir (Nişanyan, 2019). Matematiksel ifadesiyle “değişken miktarın iki değeri arasındaki sonsuz fark” olarak tanımlanmaktadır (Online Etymology Dictionary, 2019). Memduh Erkin, fraktal geometrinin anlaşılabilir olması için diferansiyel geometriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Fraktalın, parça anlamına gelen “fraction” kelimesinden türediğini ve tanımlanan bu parçanın “daha altına inilemeyen en temel parça” olarak bütünüün öz bilgisini taşıdığını belirtmektedir. Fraktal boyutlara sahip yüzeylerin pürüz oluşturan her bir parçası birbirleriyle ve bütünlü ilişkisi içerisinde. Diferansiyel geometri ise bütünü oluşturan bu parçalar

arasındaki ilişkiyle ilgilenmektedir. Erkin, diferansiyel geometri fonksiyonlarının “bağımlı değişkenler” ve “bağımsız değişkenler” olarak iki durumda incelendiğini belirtmektedir. “Ana arguman, bağımlı olsun bağımsız olsun değişkenlerde oluşan maksimal fark fonksiyonlarda minimal bir değişim yaratmaktadır.” Son derece köşeli yapıya sahip bir üçgen örnek verilirse; üçgende oluşturulan “maksimal bir değişim”, fonksiyonda “minimal bir değişime” sebep olmaktadır. Erkin, diferansiyel geometrinin bu özelliği nedeniyle küre, prizma, koni gibi amorf yapıların, tanımlanamamış serbest yapıların ve dağlar gibi organik yapıların yapılandırılmasında son derece elverişli olduğunu vurgulamaktadır.

Diferansiyel geometri; “uzay bilimleri, uzaklık ölçümleri, kara delik çalışmalarının açıklanması, ekonomi ve mühendislik gibi alanların dışında geometrik modelleme ve bilgisayar destekli tasarımlarda” da kullanılabilir (Güner, 2016: 26). Fraktal geometri; doğadaki yapıları, evrimsel süreçleri, yarı açık ve açık sistemleri modellerken kuralları, kodları, algoritmaları ve dinamik sistemlerin davranışlarındaki değişimler için diferansiyel denklemleri ve formülleri kullanmaktadır. Poincaré’ye göre, “sistemde en doğru değil en elverişli yanıtlar” aranmaktadır. “Bilgisayar teknolojilerinin varlığında cebirsel denklem çözümleri yerine iterasyonlar geliştirilerek sistemlerin “bütüncül davranışları” incelenmiştir. Bu şekilde diferansiyel denklemler, sistemlerin “ayrı ayrı noktalarda geliştirdiği davranışlar yerine zamanla oluşabilecek tüm olasılıkları” inceleme imkanı sunmaktadır (Cınbarcı, 2015: 18). Fraktal özellikler gösteren doğrusal olmayan sistemlerin olasılıklar alanı düşünüldüğünde kendini düzenleyen sistem davranışları gözlemlenebilmektedir. Bu sistemlere ait döngülerin katlanarak büyüdüğü yapıda örüntü bütünü yapısına dair bilgiyi taşımaktadır.

### **1.3. Fraktallerin Üretim Yöntemleri**

Doğada kendini tekrar eden ve parçaların bütününe öz benzeşim gösterdiği fraktallar yapılar, evrimsel süreçlerin oluşumunu, canlılığın sürekliliği ve sistemlerin düzenliliğini açıklamakta ve doğanın biçim dilini desteklemektedir. Doğal fraktaller; bir sıradağın yapısı, nehirlerin çatallanmış yapıları, ağaçların dallanma yapıları, yaprakların damarlanma yapıları, canlılardaki dolaşım sistemi, yıldırım oluşumu, gezegenlerin güneş sistemi içerisinde yörüngesel davranışları, salyangoz ya da deniz kabuklarının formu gibi fraktal boyutlu pek çok yapı ya da sistemler bütünü

kapsamaktadır. Fraktaller elle ya da bilgisayar teknolojileri desteğiyle çeşitli yöntemlerle modellenebilmektedir.

Doğadaki dinamik ve kaotik sistemlerin modellenmesi; “belirlenemez olanın araştırıldığı, rastlantısallığın nedenlerinin incelendiği ve doğrusal olmayan davranışların ardındaki düzenin arandığı” çalışmalardır (Kavurmacıoğlu ve Arıdağ, 2013: 63). Bu çalışmalar sonucu doğadakinine benzer yapıda fraktal yapılar ve yapay yaşam formları oluşturulabilmektedir.

### **1.3.1. Gerçek Matematiksel (Klasik) Fraktaller**

“Matematik canavarları” olarak adlandırılan 19. yüzyıl denklemleri bilgisayar desteğiyle yeniden uğraşılmış ve denklemler birer fraktal desenlere dönüştürülmüştür. “Koch’un Kartanesi, Cantor kümesi, Sierpinski üçgeni, Sierpinski halısı, Peano eğrisi” gibi fraktal desenler gerçek matematiksel fraktalleri oluşturmaktadır. Başlangıç biçimi, üreteç ve basit bir kural yardımıyla gerçekleştirilen iterasyonlar sonucu; kendini belli oranlarda küçülerek tekrar eden çizgisel fraktaller oluşmaktadır.

### **1.3.2. Yinelenen Fonksiyon Sistemi (IFS) ile Oluşturulan Fraktaller**

Fraktal yapıların oluşturulabilmesi için 1980’lerde “Tekrarlanır Fonksiyonlar Sistemi” (Iterated Function System-IFS) ortaya atılmıştır (Nabiyev, 2013: 528). Bu sistemde, seçilen bir başlangıç biçimine; “yansıma, ölçeklenme, yer değiştirme, döndürme gibi basit geometrik dönüşüm kuralları ve basit algoritmalar uygulanarak” farklı bir forma sahip fraktal nesnelere üretilmektedir. Herhangi bir “eğrisel form ya da bir çokgen” başlangıç biçimi olarak seçilebilmektedir. Başlangıç formu bu süreçte “iç içe geçmiş, dönüşmüş, katlanmış” yapılara dönüşebilmektedir. Oluşan formlar, doğada görülen formlarda olduğu gibi yüksek derecede kendine benzerlik göstermektedir. “Oluşan fraktal formlar, matematiksel fraktallerle doğal fraktaller arasında bulunmaktadır” (Alik, 2015: 43). “Koch’un kartanesi, Cantor kümesi, Barnsley’in eğreltiotu ve ejderha eğrisi mandelbrot ve Julia setleri ve faz uyumuna sahip çekiciler” IFS ile oluşturulmaktadır (Değirmenci, 2009: 19).

### **1.3.3. Hücresel Otomatlar**

Hücresel otomatlar, 1940’lı yılların sonunda John von Neumann ve Stanislaw Ulam tarafından kuramsal olarak tanıtılmış ve 1960’larda John H. Conway’in “Yaşam Oyunu” ile geliştirilmiştir (Bora, 2003: 139). Hücresel otomatlar,



modelleme ve benzetim araçları olarak kullanılmaktadır. “Fiziksel, kimyasal ve sosyal etkileşimler” hücrel otomatlar tarafından modellenmektedir (Gözübüyük, 2007: 27).

Hücrel otomatların, “Bir makine kendisini kopyalayabilir mi?” sorusundan yola çıkılarak oluşturulan soyut matematiksel makineler olduğunu belirtilmektedir. Bir başlangıç koşulu ve kurallar grubundan oluşmaktadır. Gerçekleştirdiği davranışlar fraktal özellikler göstermektedir (Gözübüyük, 2007: 28-31).

#### **1.3.4. Kendi Kendini Organize Eden Sistemler**

Örgütlenme davranışı olarak da ifade edilen oluşumlar doğada termitlerin yuva yapılarında, bal arılarının oluşturduğu kolonilerde, kuş sürülerinde rastlanılmaktadır. Açık ve etkileşimli bu sistemler, dışarıdan müdahalelere gerek duyulmaksızın kendini organize edebilen, topluluk içerisinde düzeni ve uyumu barındıran yapılar oluşturabilmektedir. Tüm karmaşık gibi görünen yapılarına karşın popülasyonu oluşturan bireylerin basit birkaç kurala göre hareket ettiği görülmektedir. Kendileri ve bütüne ait etkileşim içerisinde olduğu diğer bireylerle organize davranışları örgütlenme sistemini oluşturmaktadır. Doğanın geliştirdiği bu süreçler, problemlere karşı çözüm üretme davranışı olarak modellenmektedir.

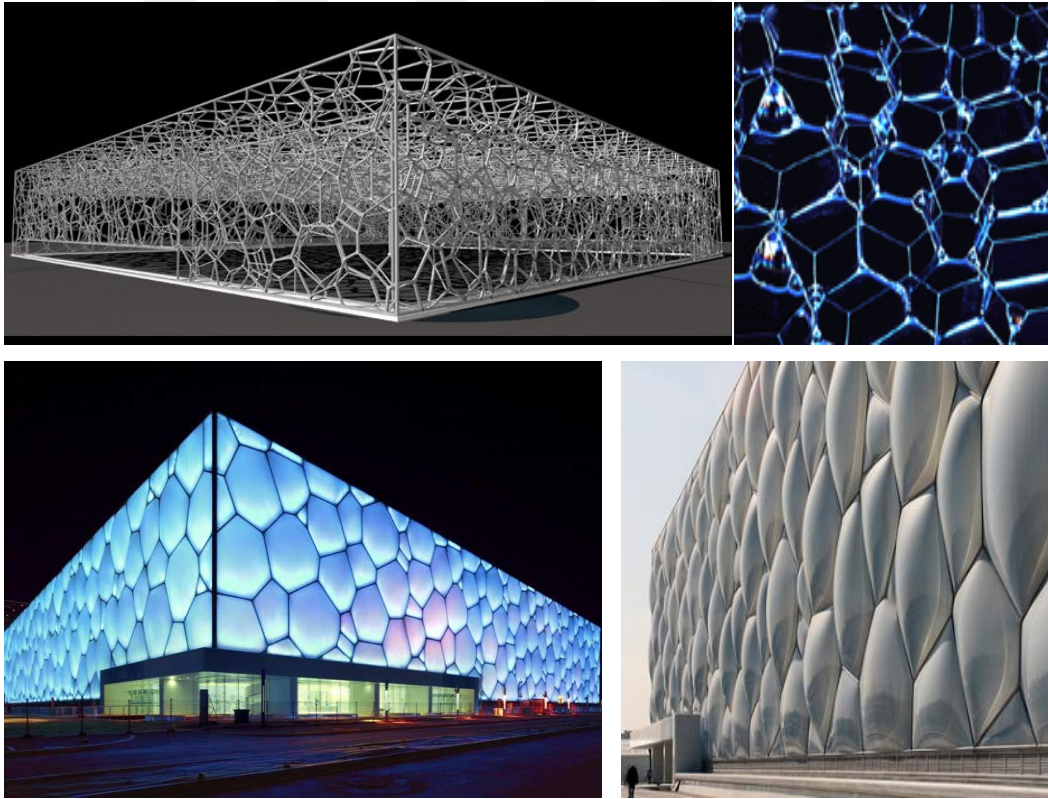
Fizik ve kimyada kendi kendine toplanma davranışı olarak adlandırılan örgütlenme sistemi “nano-teknolojinin temeli”ni oluşturmakta ve parça-bütün arasındaki ilişkiyi önemsemektedir. Parçaların kendi arasında ve bütüne ilişkisinde oluşan “çekme ve itme kuvvetleri” sayesinde parçacık seviyesinde örgütlenen yapı beyin sinir hücrelerinin holistik çalışma mekanizmasına benzemektedir. Cestel, bilgisayar ağlarında da kendini örgütlenme davranışı gösterdiğini belirtmekte ve “sürü zekasına” dikkat çekmektedir. Toplumu oluşturan bireylerin kolektif zekasını ifade eden sürü zekasının, farklı algoritma türlerinde kullanılan bir yöntem olduğunu belirtmektedir (Cestel, 2008: 27).

Sinan Canan basit bir solucan örneğinde “uyaran-yanıt-geri bildirim-sonuç döngüleri” şeklinde kompleks sistemlerle “öğrenmenin gerçekleştiğini” belirtmektedir. Söz konusu insan yaşamı ve hayat döngüsü olduğunda doğrusal davranışlara rastlanmadığını “çok fazla değişkeni olan çalkantılı bir süreç” olduğunu ifade etmektedir (Canan ve Acungil, 2018: 25). Doğanın sürü davranışlarının modellendiği sistemlerde “basit kuralların bir sentezi” oluşturulmaktadır. Evrimsel

süreçler sonucu basit kurallar, kendini organize eden karmaşık görünümlü davranışlara dönüşmektedir.

Örgütlenme, öğrenme sürecine paralel ilerleyen bir durumdur ve örgütlenme düzeyi sürünün bilgi birikimi ve aralarındaki etkileşim becerisiyle ilgilidir (Cestel, 2008: 27). Günümüzde kendini örgütleyebilen ve bu yolla bilgi aktarımı ve etkileşimlerle öğrenmeyi gerçekleştiren sistemler sanat üretiminde sınırları zorlayıcı nitelikte teknik araçlara dönüşmektedir.

Arıların bal peteği üretimi, termitlerin yuva oluşturması, kuş sürülerinin senkronize gerçekleştirdiği uçuşlar gibi doğanın kendini örgütlenme davranışları, tasarım alanında araştırılan ve tasarımlara ilham olan olaylardır. Benzer şekilde sabun köpüklerinin kendi aralarında oluşturduğu birleşimler, ayrışmalar ve yok olmaları parçaların etkileşimleriyle gerçekleşmektedir. Sabun köpüğünün minimum yüzey alanı ile maksimum hacmi oluşturabilme durumu “Water Cube” projesinin cephe bölümlerinin yapısını oluşturmaktadır (Cestel, 2008: 28).



Şekil 16: Çin uluslararası yüzme merkezi tasarım yarışması ödüllü “Water Cube” projesi

Cephede görülen bölünmelerin, minimum kütleyle sahip olacak şekilde oluşturulmasını sağlayan program, “Bentley Microstationda yazılmış ve jeneratif sistemlerle cephe modülleri ve taşıyıcıları tasarlanarak” sistem simüle edilmiş ve uygun durum araştırılmıştır. “22.000 kiriş ve 12.000 bağlantı noktasıyla bu çelik tasarım, kullanılan yöntem sayesinde %40 oranında hafifletilmiştir” (Cestel, 2008: 29).

### **1.3.5. Lindenmayer Sistemleri (L-Sistemleri) ile Oluşturulan Fraktaller**

Macar Biyolog Aristid Lindenmayer tarafından 1968’de geliştirilen Lindenmayer sistemleri, doğal formların modellenmesi ve üretilmesinde bir sistem olarak kullanılmaktadır. Lindenmayer’in, bilgisayar bilimcileriyle birlikte geliştirdiği bu sistemle, “alg ve bakteri gibi basit çok hücreli organizmaların büyüme örüntüleri” net olarak açıklanmıştır. Ardından benzer mantıkla bitkilerin büyüme süreçlerinin ve morfolojik yapılarının fraktal analizleri yapılarak modellenmiştir. Doğadaki fraktal bir yapı, kendini genellikle “3 veya 4 kez özyineleme” sonrası sonlanmaktadır. Yapının fraktal bilgisi analiz edilerek Lindenmayer sistemleriyle tekrar sayıları artırılarak doğal görünümlü fraktal yapılar oluşturulabilmektedir (Terzi, 2009: 58; Turhan, 2018: 36).

L-sistemlerin, diğer üretken sistemlerde olduğu gibi kendine özgü bir “gramer yapısı” vardır. Cestel (2016: web), L-sistemlerin kuralları tanımlı, sonlu kümeden oluşmuş üretken sistemler olduğunu belirtmektedir. Sistemin dili “harflerden ve sembollerden” oluşmaktadır. Harflerden oluşan bir başlangıç biçimi ve tanımlanan kurallarla doğal fraktallere benzer özelliklerde çizgisel fraktaller üretilebilmektedir (Alik, 2015: 74). Basit bir başlangıç objesiyle, karmaşık formlar üretebildiği gibi fraktal boyutu yüksek yapıları basit kurallara indirgeyerek modelleyebilmektedir. Modellenen yapının “analitik prensibi” sistemin üyelerini belirtirken “üretken prensip” ise yeni algoritmalar yardımıyla sisteme yeni üyeler oluşturmaktadır. Sistem prensiplerini yeni oluşturulan sisteme göre yeniden yazmaktadır. Bu şekilde sistem kendini tekrar ederken aynı zamanda kendini yeniden organize etmektedir (Alik, 2015: 73; Terzi, 2009: 58).

L-sistemleri “yeniden yazma” ve “görselleme” şeklinde iki farklı alt yapıya sahiptir. Cestel, geometrinin oluşmasında dizi yeniden yazma tekniğiyle kodların oluşturulduğunu ve kaplumbağa grafiği (turtle graphic) ile görsellendiğini

belirtmektedir (Cestel, 2016: web). Sürekli fonksiyonların oluşturduğu yapılar “Turtle Geomerty (Kaplumbağa Geometrisi)” olarak bilinmektedir. Konum, yön ve kurallar kümesini içeren nesnelere kaplumbağa olarak düşünülmektedir. Bu yapılar, L-sistemlerle “kaplumbağa grafiği” olarak oluşturulmaktadır (Nabiyev, 2013: 535–536).

Yeniden yazma tekniğiyle verilen girdi, “takım halindeki tekrar kurallarına veya yeniden yazma üretimlerine dönüştürülmesi” işlemidir. Diğer yeniden yazma tekniklerinden farklı olarak eş zamanlı işlenmektedir. Bu durum çalışılan organizmalarda “eş zamanlı bölünme ya da büyüme süreçleri” ile ilgili olarak açıklanabilmektedir (Cestel, 2016: web).

Yeniden yazma tekniğinin sürekliliği ve kurallar-değişkenler arası kontroller yapının hem büyüme süreçlerinin gözlenebilmesini hem de süreç içinde değişimlerin oluşumunu mümkün kılmaktadır. Olasılıklı dizi yenileme tekniğiyle birlikte kurallar içinde varyasyonlar artırılabilir, farklı geometrilere sahip yapılar oluşturulabilir (Cestel, 2008: 39).

Kullanılan disipline göre L-sistemler farklı kavramları temsil edebilmektedir. Genetik biliminde DNA yapısını temsil ederken, bilgisayar biliminde ilişkiler ağını, dil biliminde kelime ve cümle yapılarını, mimaride formun 2 ve 3 boyutlu yapıları temsil edebilmektedir (Cestel, 2008: 42).

“Turtle graphics” adlı grafiksel biçimlerin görüntülenen L-sistemlerde kodlara ait “vektörler ve komutlar” bulunmaktadır. Başlangıç durumu belirlenmiş ve daha önce belirlemiş kuralları ve komutları uygulayan programın hareketleri ekrana yansıtılarak dizilerin karakter gelişimi gözlenebilmektedir. 2 boyutlu bir kurguda;

F(a): ilerleme ve a birim iz bırakma;

{ : poligon çizimi için vektörlerin koordinatlarını kaydetme;

F(a): a birim ilerleme;

+(a): kendi eksenini etrafından a açısı kadar dönme;

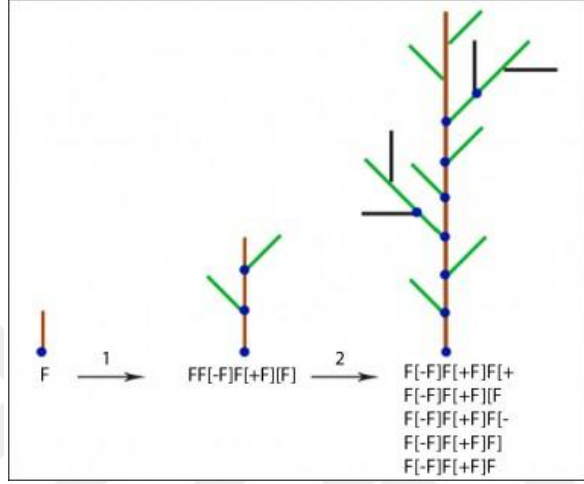
-(a) : kendi eksenini etrafından -a açısı kadar dönme;

[ : dallanma noktası kaydetme;

] : kaydedilen dallanma noktasına dönme

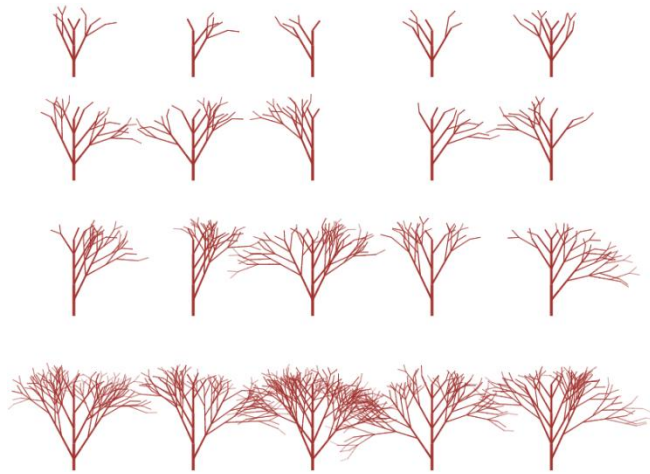
şeklinde kurallar ve komutlar bulunabilmektedir. Oluşacak görüntülere ait renk, kalınlık, biçim tanımlama parametreleri, döngü sayıları ve değişkenlerin tanımı gibi farklı değerlerde oluşturulmaktadır (Cestel, 2008: 42).

W:F ; P:F-> F[-F]F[+F][F] ve n=5 gibi basit kurallara oluşturulan 2 boyutlu bir modeller ait görüntü şu şekilde oluşmaktadır (Cestel, 2008: 43).



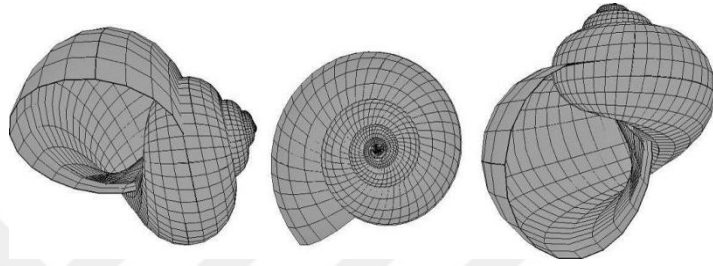
Şekil 17: L-sistemlerin kullanılmasıyla oluşturulan iki boyutlu model tasarımı

F karakteri bir birim ilerleme gerçekleştirmekte [+F] ve [-F] ifadeleri farklı yönlerde oluşturulacak dallanmaları belirtmektedir. Başlanılan noktanın koordinatları kaydedilmekte ve bir sonraki geri dönme komutuna kadar vektörel tanımları hafızaya almaktadır (Cestel, 2008: 43).

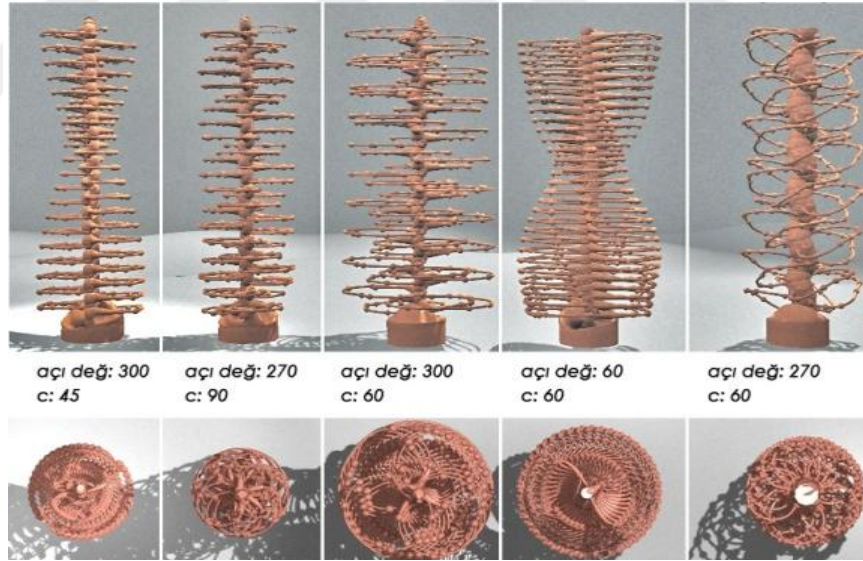


Şekil 18: L-sistemlerin kullanılmasıyla oluşturulan iki boyutlu model tasarımları

İki boyutlu X ve Y eksenlerinde oluşan yapı 3 boyutlu formda oluşturulmak istendiğinde Z ekseni de eklenmekte ve eksen sayısının artmasıyla daha karmaşık yapılar oluşturulabilmektedir. Parametrelerin değiştirilmesiyle stokastik (rastgele) dallanma gösteren yapıların farklı biçimleri üretilebilmektedir (Cestel, 2008: 43). Bu yöntemlerle fraktal yapıların üretilebilmesinin yanı sıra açı ve dallanma değişkenleri, döngü sayıları, yapı biriminin değiştirilmesi, yapı ünitesinin boyutsal değişimi gibi alternatiflerle karmaşık formlar ve geometrilerde tasarımlar üretilebilmektedir.



Şekil 19: L-Sketch programı ile görselleştirilen deniz kabuğu geometrisi



Şekil 20: Açı değişkeninin parametrik değişimleri ile oluşan alternatifler

### 1.3.6. Kaotik Fraktaller

Basit matematiksel denklemlerin kullanıldığı karmaşık sayılar sisteminde tasarlanan fraktallerdir. Grafik ifadelerinde bilgisayar ekranı, karmaşık sayılar kümesi olarak düşünülmektedir. Mandelbrot ve Julia kümeleri bu fraktal gruba dahil edilmektedir. Başlangıç değeri verilen basit bir denkleme iterasyonlar uygulanarak

biri sonsuza giden diğeri ise periyodik tekrarlarla ya da bir sayı değerine ulaşarak sabit bir nokta oluşturan iki durum elde edilir. İki değer oluşturduğu sonuca göre başlangıç noktası renklendirilir.

$Z_{(n+1)} = Z_{(n)} + c$  denklemi kullanılarak oluşturulan Mandelbrot ve Julia kümelerinde sabit bir nokta oluşturan başlangıç noktaları siyahla işaretlenmektedir. Başlangıç değeri sonsuza yaklaşıyorsa tekrar yoğunluğuna göre farklı renklerle işaretlenmektedir. Mandelbrot kümelerinde başlangıç değeri “ $Z_0$  sabit ve  $c$  değeri değişkenlik gösterirken” Julia kümelerinde “ $Z_0$  değeri değişken  $c$  değeri ise sabittir” (Gözübüyük, 2007: 44-45).

### **1.3.7. Brownian Hareketini Temel Alan DLA Modeli**

Botanist Robert Brown’ın sudaki polenlerin davranışları üzerine yaptığı araştırmalar üzerine bir parçacığın sıvı içerisinde oluşturduğu gelişigüzel hareketlerine Brownian Hareketi denilmektedir. “Mikroskopik düzeyde gözlemlenen bir parçacığın çevresindeki diğer parçacıklara çarpması ve etkileşimi sonucu gelişen davranışlar” incelenmektedir. Dağınık ve biçimsiz gibi görünen izler küçük parçaların bütünü hareketine benzediği fraktal yapıdaki bu sistem kendine istatistiksel benzerlik gösteren grafikler oluşturmaktadır (Gözübüyük, 2007: 46).

### **1.4. Fraktal Geometri İlişkisinde Sanat**

Her dönem, kendi döneminin bilim, sanat ve teknolojisinin sınırları içerisinde biçimlenmekte ve mevcut sınırları aşma çabasıyla gelişim sürecine devam etmektedir. Bu anlamda gelişim, sayı doğrusu üzerinde tek bir yönde ilerleyen doğrusal süreçlerle değil; doğrusal olmayan bağlantılarla her alanda birbirini etkileyen ve birbirinden etkilenen bütüncül yaklaşımlarla gerçekleşmektedir.

21 yüzyıla girerken izafiyet teorisi ve kuantum teorisi gibi bilimsel buluşlar dünya ve evrene dair genel kabullerin sorgulanmasına neden olmuştur. Sanat, bilimsel süreçlerin oluşturduğu dönüşümlerden etkilendiği gibi bilimsel süreci de etkileyebilmektedir. Sanatçılar her dönemde sanat kavramını yeniden sorgulamış, konusunu, amacını ve nesnesini tartışmıştır. Her dönemde yeni kavramları, sanat ifade yöntemleri ve teknikleriyle dönüşüm geçiren sanat, tanımlanması zor bir olgudur. Bilimin mantıksal yaklaşımlarla, bilimsel yöntem ve tekniklerle sorguladığı evreni; sanatçı sezgisel yöntemlerle eserlerine yansıtabilmektedir.



Doğanın geometrisi olarak ifade edilen fraktal geometri, maddenin pürüzlü, engebeli, girintili çıkıntılı yapısını açıklamaktadır. Kuş bakışı uzunluklar, idealleştirilen formlar ya da nesneyi algılayış biçimimiz nesnenin doğasını ortaya koymamaktadır. En ufak parçanın küçük ölçeklerde sahip olduğu yapı, bütüne ait her bir parçada kendini daha büyük ölçeklerde tekrar edebilir. Fraktal özellikteki yapılar kendine has simetri özelliğiyle bu tekrarı farklı boyutlarda öz benzeşim göstererek gerçekleştirmektedir. Ağaçlardaki dallanma, yıldırım oluşumu, nehirlerin kollara ayrılarak akışı, kalp atışları gibi pek çok yapıda bu tekrara ve öz benzeşime rastlamak mümkündür. Fraktalların oluşturduğu bu örüntülerin en yüksek simetri özelliği gösterdiği yapı “altın oran”dır. Altın oran eski medeniyetlerden bu yana sanatçılar tarafından estetik değer oluşturabilmek için sezgisel olarak kullanılan matematiksel bir ifadedir. Eski tapınlardan, kilise ve saraylara, Rönesans tablolarından heykellere ideal oranların kullanıldığı eserler üretilmiştir (Yardımcı, 2009: 1).



**Şekil 21:** Farklı dönem mimarilerinde kullanılan altın oran

Fraktal yapıların sahip olduğu özbenzeşim oranları farklılıklar gösterebilmektedir. Sanatçılar binlerce kez yaptıkları çizimleriyle kendilerine has teknikler geliştirerek sanat eserlerinde örüntüler oluşturabilmektedir. Mandelbrot, fraktal keşfinden neredeyse bir asır önce Japon ressam Katsushika Hokusai tarafından yapılmış eserlerin fraktal geometriyi keşfetmesine ilham olduğunu belirtmektedir (Jersey and Schwarz, 2008; Mandelbrot, 2010). Ressamın Fuji Dağı'nı farklı açılardan resmettiği çalışma serisi, düşen gölgenin biçiminden, yosunlara ve



dalgaların yapısına kadar kendini küçük boyutlarda tekrar eden fraktal yapılı çizimlerdir.



Şekil 22: Kanagawa'nın Büyük Dalgası, Hokusai

Mandelbrot, Britanya'nın sahil şeridinin uzunluğunun ölçümü ile ilgili çalışmasında; “ölçü birimin detaylandırıldıkça ölçülen uzunluğun sonsuza yaklaştığını” belirtmektedir. Kare ya da üçgen gibi basit bir formun oluşturacağı daire içerisinde kendini küçük ölçeklerde tekrarlayacak biçimde bölündüğünde yüzey alanını sonsuza yakınlıştırmaktadır. Mandelbrot'un sonlu bir sahil şeridinin sonsuz uzunlukta olabileceğini ifade etmesi, nesnelere idealleştirilmiş üç boyutlu ölçülerinin ötesinde yapılara sahip olması Newton'dan beri geliştirilen doğruluğunda şüphe duyulmayan bilgilere aykırıdır. Bilim insanlarının bilimsel yaklaşımlarla sorguladıkları kavramlar, 20. yüzyıl başında sanatçı Duchamp tarafından da sorgulanmıştır. Duchamp,“3'lü Standart Stopaj” adlı çalışmasında mutlak doğru bilinen kavramların sorgulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. 1 metre uzunluğa sahip üç ipin gelişi güzel olarak tuvale bırakıldığı ve sabitlendiği çalışmasında tuvale düşen bir metre uzunluğundaki 3 ipin düştüğü andaki uzunluklarını yeni birer metreler olarak tanıtmıştır (KhanAcademy, 2015:web).



Şekil 23: 3 Standart Stopaj, Marcel Duchamp, 1913

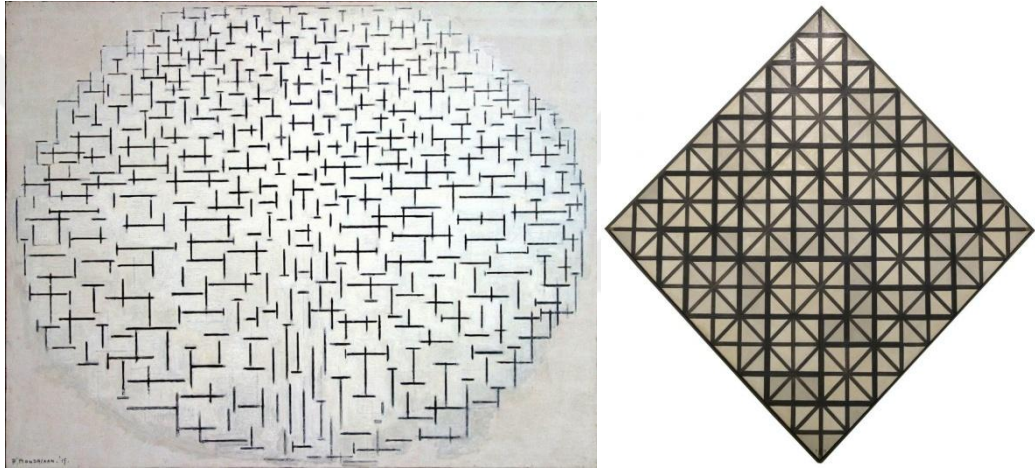
20. yüzyıl sanatında uzay-zaman ilişkisinin sorgulandığı, nesnenin birden farklı açıdan görünüşünün yansıtıldığı, parçalanmış yapıları geometrik formlardan düzen içeren kompozisyonlar oluşturulduğu, analitik çözümlerin yapıldığı fraktal özellikler gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır. Robert Delaunay'ın 1911-1913 tarihli resimlerinde kullandığı “orfik kübizm”, Malevich, nesneyi tanımlamak için sınırlarını çizdiği ya da sınırların kaldırıp bütünü bir parçası haline dönüştürdüğü çalışmalarında tekrar olgusu görülebilmektedir. Modrian'ın “gri çizgili elmas” çalışması kafesin tek bir parçasının görüntüsünü ifade etmektedir ve fraktal özellik içermektedir (Cınbarcı, 2015: 27-31).



Şekil 24: Rythme No 1 ve Ritimler Tablosu, Robert Delaunay

20. yüzyıl başında Fovizm, Kübizm, Fütürizm ve Konstrüktivizm gibi oldukça farklı sanat akımlarında soyut formlar uygulanarak biçimsel çözümlere gidilmiştir. Parça ile bütünü uyumlu olduğu soyut çalışmalarda formlar nesneyi

algılayış biçimine göre biçimlenmektedir. Eserlerde tekrar olgusu dikkat çekmektedir. 1910 ve 1920 yılları arasında soyutlama daha belirgin bir biçimde sanatçılar tarafından kullanılmaktadır. Bu dönemde soyut sanatın zihinsel, yapısal ve geometrik eğilimler ve içgüdüsel, duygusal eğilimlerin baskın olduğu iki farklı yönelimin varlığı belirtilmektedir. Belli ilkelere bağlı ve rasyonel çalışmalar “Klasikçi” eğilimlerin görüldüğü Cezanne-Picasso-Malevich ve Mondrian ile; mistik yönelişlerin, duygusal, doğaçlamacı ve irrayonel yönelimler gösterdiği belirtilen dışavurumcu çalışmalarsa Gauguin-Matisse-Kandinsky arasında ilişki kurulabileceği ifade edilmektedir (Cınbarcı, 2015: 31).



Şekil 25: Siyah Beyaz Kompozisyon ve Gri Çizgili Elmas, Piet Mondrian

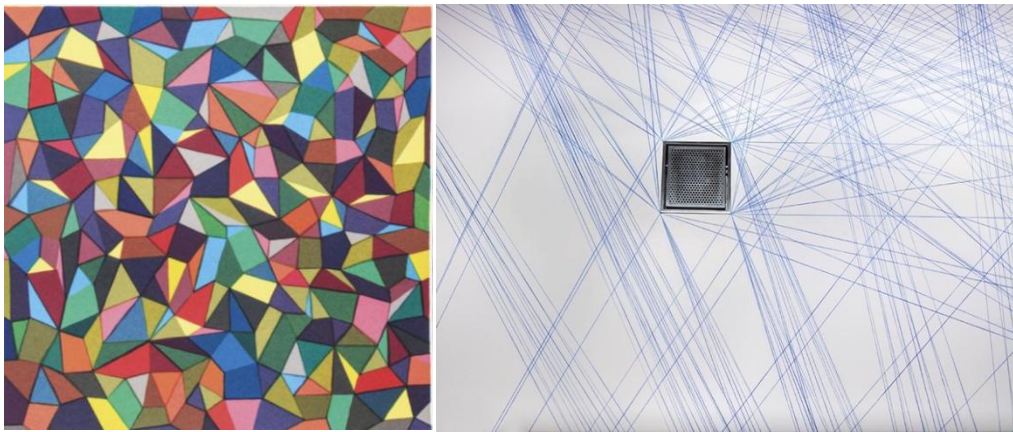
Evren açık bir sistemdir. Rastlantısal süreçler, doğrusal olmayan davranışlar doğada gözlemlenebilmektedir. Kendine benzerlikler gösteren bu süreçler içlerinde bir düzen ihtiva etmektedir ve karmaşıklık olarak tanımlanmamalıdır. Evren, yüksek simetri özelliği gösteren fraktal yapıların yanı sıra rastlantısal süreçler barından evrimsel sistemlerden oluşmaktadır. Sanatçılar evrimselliğin bir parçası olan rastlantısallık, durağanlık, akış gibi süreçleri sanat üretim fikri olarak kullanmışlardır.



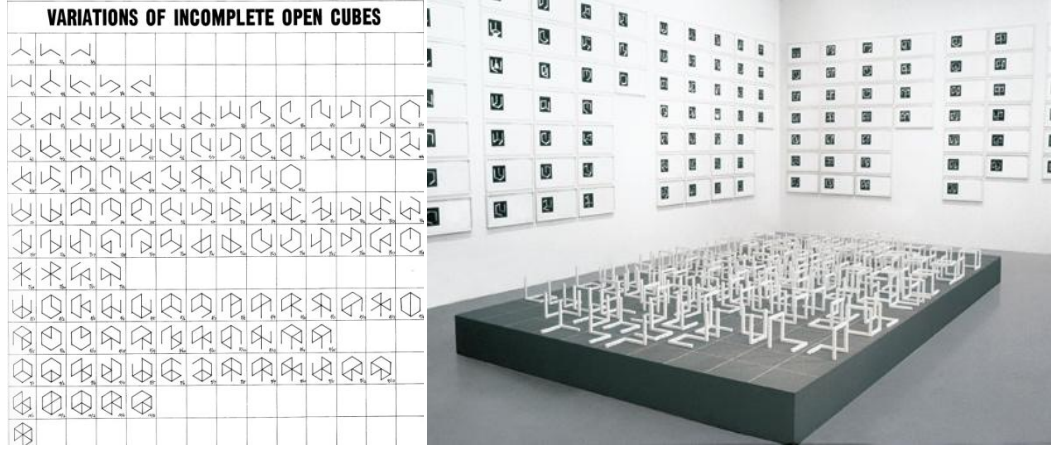


Şekil 26: Circles in a circle, Kandinsky,1923 ve Optik diskler, Duchamp,1935

John Cage, “prepared piano (hazırlanmış piyano)” icadıyla piyanonun telleri arasına yerleştirdiği cisimler sayesinde notanın vuruş seslerini manipüle etmiştir (Kaya Elivar, 2015: 384). Kavramsal sanatçı Sol LeWitt, tasarladığı algoritma kurallarıyla resim üretimi, varyasyonlar, durağanlık gibi sistemler ve kavramlar üzerinde durmakta ve çalışmalarında geometrik formlardan yararlanarak tekrarlı desenlerde rastlantısal gelişen varyasyonları deneyimlemektedir. Geometrik çalışmaları mandelbrot’ın kırıklı dağ örneğini andırmaktadır (Gülderen, 2017: 50).



Şekil 27: “Complex forms” ve “Wall drawing #51”, Sol LeWitt



Şekil 28: Incomplete Open Cubes, Sol LeWitt,1974

Sanatçılar her dönemde sezgisel yaklaşımlarla sanat yaratma sınırlarını zorlamıştır. Bilimsel bilgiyi ve teknolojik gelişmeleri sanat üretmek için araç olarak kullanabilmektedir.

## 2. BÖLÜM

### ALGORİTMA

İşlemler zinciri olarak ifade edilen “algoritma” adını, IX. Yüzyılın başında Orta Asya’da Özbekistan’ın Harezmi bölgesinde, bugünkü Türkmenistan’ın Hiva kentinde doğmuş olan matematikçi Ebu Abdullah Muhammed İbn Musa Al-Harezmi’den almaktadır (TDK, 2006). El Harezmi’nin 825 yılında tamamladığı 3 kitabı, 12. Yüzyılda Latinceye “Cebir ve Mukayese” adıyla çevrilmiştir. Nahiye (2013: 44), “El Harezmi’ye göre...” şeklindeki ifadenin zamanla değişime uğradığını ve “algoritma” kelimesine dönüştüğünü belirtmektedir. Türk matematikçisi Musaoğlu Harezmi Muhammed’e Arapların san olarak verdikleri “Alharezmi” sözcüğü, Batı’da algoritma olarak terimleşmiştir. Türkçe’de “Harezmi yolu” olarak da ifade edilen algoritma, “Ortaçağ’da, ondalık sayı sistemine göre yapılan ve son zamanlarda belirli herhangi bir kurala bağlı bulunan, her türlü hesap işlemine verilen ad” olarak da tanımlanmaktadır (Dil Derneği, 1987: web).

Eski Fransızca’da “algorisme” sözcüğü, Arap sayılarıyla aritmetik işlem yapma yöntemi olarak tanımlanırken; “algorithme” sözcüğü, “matematikte bir problemi çözmek için uygulanan prosedürler dizisi” olarak tanımlanmaktadır (Nişanyan, 2019). Günümüzde farklı disiplinler içerisinde farklı tanımlara sahip olan algoritma, bilgisayar terimi olarak “çözüm yolu”; matematikte “işlemler zinciri”; bilişim alanında “bir sorunun çözümü için, sonlu sayıda iyice tanımlanmış kuralların ve işlemlerin adım adım uygulanmasıyla bir sorunun giderilmesi veya sonuca en hızlı biçimde ulaşılması işlemi” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2006).

Memduh Erkin, algoritmanın; “iyi tanımlanmış bir dönüşüm bilgileri sistemine dayanarak giriş büyüklükleri denen niceliklerin, çıkış büyüklükleri denilen niceliklere dönüştürülmesi işlemi” olarak tanımlamaktadır. Algoritma, “giriş büyüklükleri ve çıkış büyüklükleri arasında bir ritim” oluşturmaktadır. Matematik, geometri, cebir gibi disiplinler için “arayüz” olarak kullanılmaktadır.

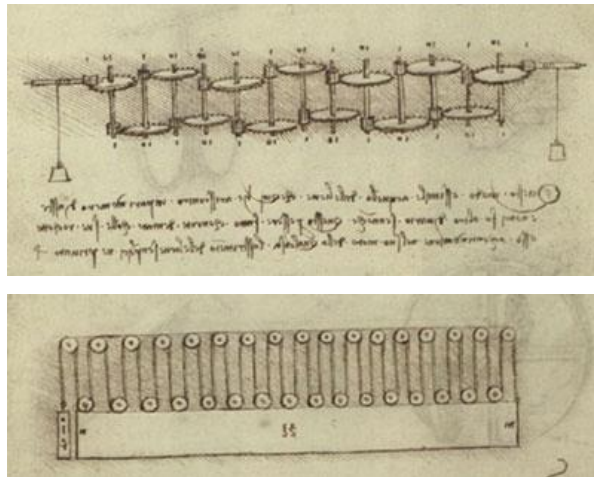
Nahiye (2013: 44), algoritma kavramının El Harezmi’den daha öncesine dayandığını belirtmektedir. M.Ö. 1800 yıllarında Babil tabletlerinde bazı denklem türlerinin ardışık şekilde çözüldüğü metinlerle karşılaştığını; Öklid ve Arşimet’in eserlerinde de ardışık çözüm yollarının gösterildiği algoritmalar olduğunu belirtmektedir.

20. yüzyılda gelişen bilgisayar teknolojileriyle algoritmalar, hesaplama yöntemi olarak kullanılmasının yanı sıra “en etkili çözümlerin” oluşturulmasını da mümkün kılmaktadır. “Sonlu ve düzenli eylemler dizisi olarak eksiksiz” tanımlanan algoritma veriye uygulandığında kesin bir sonuca ulaştırmaktadır. Bu özelliğiyle algoritma sonucun bulunmasını kolaylaştırdığı gibi deneme-yanıma ve sezgisel yöntemlere karşıt bir yöntem kullanmaktadır (Nabiyev, 2013: 44).

Algoritma, belirlenmiş bir problemin, mekanik davranan bir kişiye veya bir makineye, başlangıç verileri verilip tam olarak tanımlanan sonlu sayıda aşamanın oluşturduğu talimat dizisinin kullanılmasıyla üretilen çözümdür. Algoritmalar “belirsizlik içermez” ve her bir dizinin sonucu bir sonraki dizinin başlangıcını oluşturmaktadır. Algoritmalar “genel olması, kesin sıralılık özelliği göstermeleri, sırayı belirleyen kumanda yapısı, sonluluk ve neticelilik” gibi özelliklere sahiptir (Nabiyev, 2013, s. 44).

## 2.1. Bilgisayarın Tarihsel Gelişim Süreci

Bilgisayarın varoluş sürecini başlatan ilk veriler, 16. yüzyılda Leonardo Da Vinci'nin eskizlerinde kendini göstermektedir. Da Vinci'ye ait günlüklerde dişlilerden oluşturulmuş toplama makinesi çizimleri bulunmaktadır. Onlu sayma sisteminde 13 haneli sayıların toplanabildiği bu makine tasarımı, kullanımını gerektirecek bir problem ve teknoloji mevcut olmadığından uygulama alanı bulamamıştır (Nabiyev, 2013: 29).



Şekil 29: Leonardo Da Vinci'ye ait hesap makinesi eskizleri

Blaise Pascal'ın muhasebe hesaplamaları için 1645'te tasarladığı “Pascalina”; altı ve sekiz haneli ondalık sayılarla toplama ve çıkarma işlemlerini

gerçekleştirebilmektedir. Alman matematikçi Gottfried V. Von Leibnitz, 12 haneli ondalık sayılarla toplama, çıkarma, çarpma ve bölme hesapları yapabilen makine geliştirmiştir. İkili sayı sistemi üzerine de araştırmalar yapan Leibniz, 1697’de çizimini yaptığı bir madalyada, sayı sistemleri arasındaki ilişkiyi açıklanmaktadır (Nabiyev, 2013: 30).

1801 yılında Fransız J.M. Jacquard tarafından nakış işlemleri için delikli kartların kullanıldığı dokuma makinesi geliştirilmiştir. Bilginin saklanması ve programlı girişinin temelini oluşturan delikli kartlar, 1836 ve 1848 yılları arasında İngiliz matematikçi Charles Babbage tarafından “Analitik Makine” projesinde de kullanılmıştır. Bu çalışma bilgisayarın “mekanik bir prototipi” niteliğindedir. Onlu sayı sisteminde tasarlanan makineye, Babbage’in tasarımına işlem kolaylığı sağlaması için Ada Augusta Lovelace tarafından program oluşturulmuştur. Lovelace, tasarladığı programla dünyanın “ilk programcısı” olarak anılmaktadır. 1890 yılına gelindiğinde delikli kartların elektriksel bir sistemle elle çalıştırıldığı makineler tasarlanmıştır. Amerikalı H. Hollerith tarafından tasarlanan makine, 80 “kolonlu delikli kartlardan” oluşturulmuş ve Kanada, Norveç ve diğer ülkelerde “nüfus sayımı” için kullanılmıştır. Makinenin yaygınlığının artmasıyla Hollerith tarafından 1896’da, IBM (International Business Machine)’nin ilk oluşumu olarak bilinen “Computer Tabulating Recording” şirketi kurulmuştur (Galanter, 2003: 13; Nabiyev, 2013: 31-32).

Mekanik ve elektromekanik hesaplama yapan cihazların geliştirilmeye çalışıldığı dönem birinci nesil bilgisayarlar olarak tanımlanmaktadır (Kumtepe, 2019: 7). İkinci nesil bilgisayarlar dönemi 20. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. 1943’de elektronik sayısal hesaplayıcı makine ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), John W. Moucley’in önerisiyle tasarımına başlanmış ve 1945’te tamamlanmıştır. 26 metre uzunluğunda 6 m yüksekliğinde 35.000 kg ağırlığındaki ENIAC, askeri problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Atom bombası projesinde de yer alan matematikçi Joan Von Neumann ve ekibi tarafından 1946 yılında elektron bilgisayarına yönelik temel ilkelerinin belirtildiği rapora göre; elektron makineleri ve programları ikili sayı sisteminde hazırlanması gerekmektedir. Programlar, makinenin belleğine yerleştirilmelidir. Raporun belirttiği ilkeler, “bilgisayarların temelini” oluşturmaktadır (Nabiyev, 2013: 34-36).

1955-1964 yılları arası dönemde geliştirilen 3. Nesil işletim sistemlerinde işlemci olarak “transistörlerden” yararlanılmıştır. Transistörler sayesinde az ısı



üreten, sessiz çalışan ve küçük boyutlara sahip hızlı ve güvenli bilgisayarlar üretilmeye başlanmıştır. Tamamen transistörlü bir bilgisayarda ortalama 10.000 transistör mevcuttur ve programlama dili olarak makine dili yerine her bilgisayara özgü olan “ASSEMBLY” tercih edilmektedir. Binlerce transistörün entegre devreler oluşturduğu 1964-1979 dönemi 4. Nesil bilgisayarlarda boyutlar oldukça küçülmüş çalışma hızı artırılmıştır. Bilgisayarlar bu dönemde çoklu programlama ile aynı anda birden çok işlemi gerçekleştirebilen cihazlara dönüşmüştür (Nabiyev, 2013: 38-39).

1980 ve 1990 dönemi 5. İşletim sistemlerinde geliştirilen “mikroçipler” sayesinde hızlı ve daha çok program çalıştıran, bilgiyi disk ve CD’de depolayabilen cihazlar geliştirilmiştir. Bilgisayarlar bu dönemde popülerlik kazanmış ve “yapay zeka” kavramından bahsedilmiştir. İçinde olduğumuz süreç 6. Nesil işletim sistemleri, 1990’dan günümüze kadar gelişimine devam etmektedir. “yapay zeka” dönemi olarak da adlandırılan bu dönem insan makine uyumuyla çalışılan süreci tanımlamaktadır (Kumtepe, 2019: 9). Yapay zeka sistemler, üretkenliğin en üst düzeye çıkarılması, insanın sorunlarına pratik çözümler sunması gibi işlevlerinin yanında sanatla da entegre edilmiş ve sanat üretimi için otonom sistemler tasarlanmıştır.

## **2.2. Bilgisayar Sisteminin Bileşenleri ve İşletim Sistemi**

Bilgisayar, dış dünyadan aldığı veriler üzerinde “aritmetik ve mantıksal işlemler gerçekleştirerek anlamsız gibi görünen veri yığınlarını” anlamlı bilgilere dönüştürmekte ve dış dünyaya sunmaktadır. Bilgisayarlar, kullanılan verileri, ürün olarak elde edilen bilgileri saklamakta ve başka bilgisayarlarla teknik imkanlar varlığında aktarabilmektedir. Bilgisayar tüm bu işlevleri, programcılarının oluşturduğu yazılımlar aracılığıyla gerçekleştirebilmektedir (Eker, 2007: 3).

Veri, bilgisayara girdi olarak tanımlanan bir ham madde; bilgi ise bilgisayarın üzerinde çalıştığı ham maddenin ürüne dönüşümü olarak tanımlanmaktadır. Bilgi, “verinin işlenmiş hali”dir. Sınıfa gelmeyen öğrencilerin numaralarının yazıldığı yoklama fişleri, her gün okul yönetimi tarafından bilgisayar sistemine işlenmekte ve güncellenmektedir. Anlamsız numaralar, sistem tarafından dönüştürülerek öğrencinin devam durumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu örnekte; öğrenci numaraları “anlamsız veri yığınlarını” oluştururken; öğrencinin devam durumu “bilgi”yi oluşturmaktadır. Sınıf rehber öğretmenleri, bu bilgileri yorumlamakta ve değerlendirmektedir. Bilgisayar “toplama, çıkarma, çarpma, bölme ve karekök alma

gibi aritmetik işlemler gerçekleştirebilirken verileri birbirleriyle karşılaştırdığı, istenilen özellikteki değeri bulduğu mantıksal işlemleri” de yapmaktadır. Bir hesaba kimin hangi tarihte para transfer ettiği, aynı odanın bir aylık sıcaklık değerlerin minimum ve maksimum olduğu günlerin belirlenmesi gibi mantıksal işlemler bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmektedir (Eker, 2007: 4-5).

Bilgisayarlar en genel tanımıyla, “var olan veriyi önceden yüklenmiş belirli programlara göre matematiksel işlemler kullanarak işleyen, sonuç üreten, ürettiği bilgiyi saklayan, gerektiğinde geri getiren” elektronik cihazlardır. Donanım, sistem yazılımları, uygulama programları ve kullanıcılar bilgisayar sistemlerinin dört temel birimidir (Kumtepe, 2019: 3).

Donanım, bilgisayar sistemini oluşturan tüm fiziksel parçalarını ifade etmektedir. Klavye, fare, tarayıcı, barkod okuyucu gibi giriş birimleri veri girişinin gerçekleştirildiği “donanım sistemleri”dir. Ekran, yazıcı, hoparlör, çizici gibi dış dünyaya sonuç veren birimler “çıkış birimleri”dir. Donanım sistemleri bilgisayarın elle tutulur, gözle görülür her türlü elektronik ve elektromanyetik nitelikli öğelerini oluşturmaktadır. Yazılımlar, sistem ve uygulama yazılımları olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Uygulama yazılımları, bilgisayarın çalışması ve istenilen işlemi gerçekleştirebilmesi için geliştirilmiştir. Word gibi metin işleme yazılımları; “Windows media player” gibi medya oynatma programları; Chrome gibi internet tarayıcıları, “Paint ve Photoshop” gibi çizim programları, “Skype” gibi iletişim programları ve herhangi bir görevi gerçekleştirebilmek için özel olarak geliştirilmiş veri tabanı sistemleri uygulama yazılımlarını oluşturmaktadır. Bu tür yazılımlar, kullanıcılar tarafından üretilip yararlanılmaktadır. Bir diğer yazılım türü ise sistem yazılımlarıdır. Uygulama yazılımlarının çalışması için gerekli altyapıyı oluşturan sistem yazılımları bilgisayar sisteminin genel işlerini gerçekleştirmektedir. Bilgisayarın çalışmasından direkt sorumlu olan programlar sistem yazılımlarıdır. Sistem yazılımları da kendi içerisinde işletim sistemi ve yardımcı yazılımlar olarak ikiye ayrılmaktadır. İşletim sistemi, bilgisayarın genel işlerini “kontrol eden ve düzenleyen” programdır. İşletim sistemi, kullanıcı ve bilgisayarın yazılım ve donanım birimleri arasındaki iletişimini yönetmektedir. İnternette arama yaparken, bulunduğu içeriği hazırladığı metne ekleyebilir ya da medya oynatıcı programla film izlerken, yazıcıdan bir belge çıkarttırabilmektedir. Aynı anda birden çok işin gerçekleştirilmesi işletim sistemlerinin sorumluluğundadır. İşletim sistemi işlemleri

gerçekleştirirken bilgisayar kaynaklarını en etkin ve verimli biçimde kullanmaktadır (Eker, 2007: 13; Kumtepe, 2019: 4,5).

### **2.3. Kodlama ve Programlama Dilleri**

Programlarda algoritmalar gibi “talimatlar listesi”dir. Algoritmalar her türlü ortam için geliştirilebilirken programlama ise bilgisayar ortamındaki “sorunların çözümünde izlenen yolları” ifade etmektedir. Programlama ile sistemin özellikleri, işlemleri, davranışları ve olanakları tanımlanacak şekilde bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu sayede aktarılacak sistemle diğer bilgisayarlarda aktarılmış olan sistemler arasında ilişkilerin kurulması da programlama içerisinde değerlendirilmektedir. Yazılım ise; bilgisayar ortamında oluşturulan programlar ve onları açıklayan dokümanları, kurulumu, lisansı ve kullanım şartları gibi ayrıntıları kapsayan genel yapıyı ifade etmektedir (Yazıcı, 2014: 23-25).

İnsan geliştirdiği algoritmalar arasından en mantıklısını uygulamak için karar vermektedir. Karar verme akla ait bir yetenektir ve insana özgüdür. Bilgisayarlarda farklı durumlar arasından “karar” işleminin gerçekleştirilebilmesi için “bilgisayarlar programlanmaktadır”. Tanımlanan farklı durumların gelişmesiyle farklı işlemlerin gerçekleştirilmesine dair komutlar önceden belirlenmektedir (Yazıcı, 2014: 26).

Kod, teknolojik cihazlarda yazılımcılar ve tasarımcılar tarafından “programlama dilleri” kullanarak oluşturulan kurallar ve talimatlardır. Kodlama, yazılım programlarının ilk basamağını oluşturmaktadır. Aytekin ve arkadaşları tarafından “çağın alfabesi” olarak anılan kodlama, “yazılım üretme, uygulama oluşturma ya da web sitesi tasarlama” gibi işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Aytekin vd.,2018: 27). Tasarımcı, programı tasarlamak için kullandığı komutları ve görevleri programlama diline dönüştürmektedir. Program diline dönüşen yapı “algoritma dizilerini” oluşturmaktadır (Google Dijital Atölye, 2018a).

Bir bardak çayın demlenmesi, her gün iş yerine ya da okula giderken kullanılan yol gibi gündelik hayatın her alanında algoritmalar kullanılmaktadır. Bir problemin çözümü için geliştirdiğimiz düşünce eylemleri için algoritmalar kurulmakta ya da kurulan algoritmalar kullanılmaktadır. Yazıcı, algoritma kurmaktan öte “hızlı, kapsamlı, ucuz ve yüksek performanslı” algoritmalar üretmenin önemli olduğunu belirtmektedir (Yazıcı, 2014: 13). Bilgisayar sistemlerinde algoritma

oluşturmak için satırlarca kod kullanılmaktadır. Bilgisayarlar arasında internet aracılığıyla e-posta gönderme, görüntülü görüşme, “Chrome, Firefox” gibi internet tarayıcılarını çalıştırma gibi işlemler için kullanılan “World Wide Web”, binlerce sayfa koddan oluşturulmaktadır. Her hangi bir uçağın sadece bir motorunun binlerce parçadan oluşmasına karşın uçağın çalışması ve işlevi “milyonlarca satır kod” dizisiyle sağlanmaktadır. Bir android işletim sistemi 12-15 milyon satır; “Windows10 programı” için 50 milyon satır ve bütün google hizmetlerinin toplamında “2 milyar satır kod” bulunmaktadır. Kod dizileri aslında daha önce “binlerce kişinin kolektif çalışması sonucu inşa edilmiş milyonlarca kodla uyumlu, sorunsuz çalışabilen kod dizileri ekleyerek” geliştirilmektedir (Şeker, 2018. web).

Kodlamada hangi amaç hedefleniyorsa o duruma göre program özelleştirilmektedir. Kodlama dillerine dair bazı özellikler belirtilmektedir. Kodlama dillerinde ifadeler gerçek anlamlarıyla kullanılmaktadır. Hangi alanda kullanıldığına bağlı olarak terimler kullanılmaktadır. Veri türleri ve yapıları kodlama dilinin ihtiyaçlarını karşılayacak özelliktedir. Yazılmış kod, bir diğer sistemde de sorunsuzca çalışabilmektedir. Kodlama, alt birimlerinde küçük kodlamalardan oluşmaktadır. Kodlar sıkıştırılarak daha kısa hale getirilebilmektedir. Kodun kısalmasıyla algılama daralabilmekte, test imkanı artmakta ve kodun tekrar kullanılması basitleşebilmektedir. Tasarımcı tarafından hazırlanmış olan kod açık bir ifadeyle yazılmaktadır. “Dilin kolaylığı ve açıklığı” dilin öğrenilebilirliğinde önemli bir etkidir. Kod, “çabuk ve sıkıntısız” çalışmalıdır. Tasarımcıyı sınırlandırmayan kod istenilen tüm alanlarda kullanılabilir (Mutlu, 2015: 28)

Bilgisayar ve internetin oluşturduğu yapı, herkesin ve her şeyin birine bağlandığı “sanal şehirler” olarak düşünülebilir. Bu sanal şehri oluşturan yollar ve yapılar tuğlalardan değil kodlardan oluşmakta ve kodlama dilleriyle inşa edilmektedir. “HTML (Hyper Text Markup Language) ve CSS (Cascading Style Sheets)”, günümüzde en yaygın kullanılan programlama dilleridir. Erişilmek istenen bir web adresine tıkladığında farklı bir bilgisayardan HTML dosyası gönderilmesi istenmektedir. Tarayıcının bilgiye ulaşırken aslında video, resim ve metinlerin nerede olacağı yazılımcısı tarafından tasarlanmış yüzlerce satırlık HTML kodu alınmaktadır. Bir web sayfasında “neyin” gösterileceği HTML ile oluşturulurken CSS; yazı tipi ve rengi gibi görsel tasarımlarla “nasıl” oluşturulacağını belirlediği bir kodlama dilidir (Google Dijital Atölye, 2018a: web).

Günümüzde farklı alanlarda karşılaşılabilecek problemlerin çözümlerinde belirli görevler için tasarlanmış yüzlerce programlama dili mevcuttur. Programlama dili hangi görev için tasarlanmışsa o problemin çözümünde daha kolay iletişim kurabilmekte, etkin ve hızlı bir çözüm gerçekleştirebilmektedir. Bilgisayarın en kolay çalıştırıldığı dil, "ikili koddan" oluşmaktadır. Ancak bu dilin kullanımı bilgisayar için anlaşılır olsa da insanlar tarafından oluşturulması oldukça zordur. Bu nedenle tasarımcılar, tercih ettikleri programlama dillerini kullanarak, kodları makinenin gerçekleştirebilecekleri komutlara dönüşmektedir. Programlama dilleri "soyutlama düzeyleri"ne göre gruplandırılmaktadır. İkili kod yapısına yakın olan programlama dillerinin soyutlama düzeyleri düşükken, ikili kod yapısından uzaklaştıkça soyutlama düzeyi artmakta ve insanların daha kolay anlayabildiği bir dil yapısı oluşmaktadır. "C" ve "Assembly" gibi alt düzey soyutlamanın kullanıldığı diller, bilgisayarın ikili kod diline hızla çevrilebilmekte ve programın çalıştırılabilmesi için "yüksek bellek gücü"ne gerek duyulmamaktadır. Bu programlama dilleri araba, dijital saat, termostat ve trafik lambası gibi küçük bilgisayarların tasarımına uygundur (Google Dijital Atölye, 2018b: web).

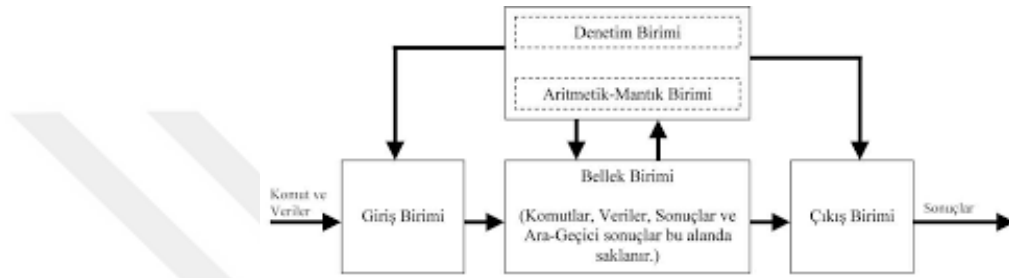
"C++" ve "Swift" gibi diller insanların daha kolay anladığı "üst düzey soyutlama grubu"na girmektedir. Cep telefonu, tablet ve masaüstü bilgisayarlarda kullanılan bu programlama dili birçok işlevi gerçekleştirebilecek şekilde çok yönlü tasarlanmıştır ve makine diline dönüştürülebilmesi için daha fazla kaynak kullanılmaktadır. Dünya üzerinde üretilen verinin giderek artması, veri yönetimi için kullanılan "SQL" gibi üst düzey dillerin geliştirilmesini sağlamaktadır. "SQL" gibi programlama dilleri verileri yakalayarak depolamakta, analiz etmekte ve sıralamaktadır. Bir sosyal ağ platformunun kodlarında fotoğraf, paylaşım, video ve güncellemeler gibi kullanıcı verileri güvenle depolanmaktadır. "SQL" gibi programlama dilleri kullanıcı tercihlerine göre reklam içeriklerini ve önerilerini manipüle ederek kullanıcı ilgisine göre web sayfasını özelleştirmektedir (Google Dijital Atölye, 2018b: web).

"JavaScript" en popüler 10 milyon web sayfasının %95'inde kullanılan "komut dosyası yazan" bir programlama dilidir. Web sayfalarında, oyunlarda, etkileşimli grafiklerde kullanılmaktadır. Yazılımcılar; üst, orta ve alt düzeydeki programlama dillerini ortak amaç doğrultusunda birlikte de kullanabilmektedir. Bu programlama dilinde bir özelliğin kullanılması ve kod satırı haline getirilmesi diğer

dillere göre daha kullanışlıdır. Tanımlanmış olan görevin daha hızlı, verimli ve etkin şekilde yerine getirilmesi için geliştirilen bir programlama dili ya da birlikte geliştirilen diller kullanılmaktadır (Google Dijital Atölye, 2018b: web).

#### 2.4. Algoritma ile Problem Oluşturma ve Çözme

Algoritma giriş değerlerini çıkış değerlerine dönüştüren işlemler bütünü olarak ifade edilmektedir. Bir problemin giriş ve çıkış değerleri arası ilişki matematiksel olarak belli ise bu hesaplama problemi algoritma ile çözülebilmektedir.



Şekil 30: Algoritma giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişki

İki şehir arasındaki ölçütlere dayanarak en kısa mesafeyi hesaplayan algoritmaların kullanıldığı “navigasyon cihazları”, “en iyi yol” tariflerini oluşturmaktadır. İnternette kullanılan arama motorlarına ulaşılacak istenen bilgi yazıldığında metin arama algoritmaları konuyla ilgili birçok belge ve dokümana kısa zamanda erişim sağlamaktadır. Günümüzde akıllı telefonlarda kullanılan uygulama ve oyunlarda da benzer şekilde çeşitli algoritma türleri kullanılmaktadır. Algoritma tasarımı; “nerede ve ne şekilde kullanılacağına; bilgisayar hızına ve kapasitesine” bağlı olarak belirlenmektedir (Yılmaz vd., 2016: 67-68).

Problem, en genel biçimiyle belirli bir zaman diliminde kişinin veya toplumun istemediği bir durumdur. Problemin üstesinden gelmek için bir düşünme eylemi gerçekleştirilir. Düşünme eylemi sonucu bir algoritma tasarlanır ve probleme uygulanır. Algoritma eğer problemi doğru bir yöntemle kurulup doğru adımlarla tasarlanmışsa sorun çözüme kavuşacaktır. Hayatın her alanında yaşadığımız problemleri düşünürüz ve çözümünü için algoritmalar tasarlarız. Daha önce gitmediğimiz bir adresi bulmak, her hangi bir proje hazırlamak, gün içinde yapılacak işleri planlamak gibi örneklerle problem çözümünde algoritmaların uygulandığı

örnekler verilebilmektedir. Algoritma, bu tanımlamalarla problem çözme becerisi olarak da düşünülebilmektedir. Programlama konusunda da algoritmalar temel unsurdur. Problem çözme becerisi gelişmeden ezbere yazılan kodlar ve oluşturulan komutlar programlama dili oluşturmak ya da çözüm geliştirmek gibi kazanımlar hedeflememektedir. Algoritma basamaklarında çok fazla komut oluşturma ve işlemler gerçekleştirmek problemin daha iyi bir çözümü olduğunu göstermemektedir. Daha az komutla, daha hızlı ve verimli olarak çözüm üreten algoritmalar problem çözmekte tercih edilmektedir.

Bir problemin çözümü için geliştirilen algoritmalar, “istenmeyen durumdan istenilen duruma mantıklı geçişi sağlayan yöntemler” olarak da ifade edilmektedir. Bir problemin birden çok çözüm yöntemi geliştirme de “zeka” kavramı ön plandayken en mantıklı olanı seçebilmek “akılın” gerçekleştirdiği bir karardır. Yazıcı, zeka, akıl ve mantık kavramlarının algoritma oluşturma ve uygulama sürecine etkisini basit örneklerle ifade etmektedir. Zeka, bir insanın elde ettiği bilgi ve yaşadığı deneyimler neticesinde gelişmektedir. Öğrendikçe problem çözme becerisi gelişmektedir. “Zekanın bulunduğu çözümlerden en iyilerini seçerek karar mekanizmasına gönderen sistem, mantıktır” (Yazıcı, 2014: 17). Seçim, insanın birden fazla çözümden duygularına en yakın olana, uygun gelene karar vermesi durumudur. En iyi çözümün oluşturulması için mantık devreye girmektedir.

Akılsa kişinin karar verme yeteneği olarak kişiye özgü bir kavramdır. Algoritmanın oluşturulması için gelişmiş bir zeka sistemine ve en iyi algoritmanın seçilebilmesi için mantıksal bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Seçilen mantıksal çözümün uygulanıp uygulanılmayacağına karar veren akıldır (Yazıcı, 2014: 18). İnsanın problemi belirleme, çözüm yöntemleri düşünme, aralarından mantık olanı belirleme, uygulamaya karar verme ve uygulama gibi zihinsel aşamaları, insanın bu süreci yönetirken oluşturduğu adımlar ve işlevler takip edilerek bilgisayarlarında benzer bir süreç geliştirmesi hedeflenilmektedir.



**Şekil 31:** Problem çözme sürecinde insan ve bilgisayar arası benzerlik

İnsan beynindeki yaklaşık “100 milyar nöron hücresi  $2^{100.000.000.000}$  adet bağlantı” oluşturabilmektedir (Aydın, 2019: web). Birkaç nöronun hızı pek anlamlı sonuçlar oluşturmazken 100 milyar nöronun “bütüncül çalışması” çok karmaşık işlemlerin hızla gerçekleştirilmesine imkan vermektedir. Bu haliyle “beyin binlerce bilgisayardan oluşan bir ağ sistemine” sahip olduğu düşünülebilmektedir (Yazıcı, 2014: 22).

Düşünce ve fikir üretilirken senkronize hareket eden bu sistem, bilgisayar kapasitesinin çok üstünde bütüncül bir çalışma yapısına sahiptir. Beynin holistik çalışan yapısı ve işlevi tam olarak keşfedilememiştir. İnsanın sadece dış dünyadan aldığı sinyallere tepki oluşturma süreci bile oldukça karmaşık süreçlerden oluşmaktadır. Bu nedenle nöronun “200 Hertz” hızla gerçekleştirebildiği bir işlemi bilgisayarlar saniyede “4 milyar elektriksel ve matematiksel işlemle gerçekleştirebiliyor” olsa da “insan gibi düşünebilmesi, karar verebilme yetisi” bulunmamaktadır. Ancak “insanın duyma, görme, düşünme, karar verme gibi süreçlerin modellenmesi” durumunda insana ait süreçler, iyi tanımlanmış sistemlerde, donanımlar, yazılımlar ve algoritmalarla tasarlanabilmektedir (Yazıcı, 2014: 22).

Düzenli ve probleme yönelik tasarlanan sistemlerde tüm detaylar ve özellikler belirlenmeli, çözümü sağlayacak olan algoritma zeka, mantık ve akıl süreçlerinin etkisiyle seçilmeli ve uygulanmalıdır (Yazıcı, 2014: 19).



Bilgisayarlarda işlem yapılırken, bir problemin çözümünde belirli adımları gerçekleştirmek gerekmektedir. Program yazmak bu adımların gerçekleştirilme şeklidir. Problemin anlaşılması, ne amaçla, nasıl çalışacağını belirlemek gerekmektedir. Sınırları ve işlevi tam olarak belirlenmiş bir problem için en uygun yöntem, programlama diline karar vermektir. Yazılan programda; sisteme veri girişi ve ürün çıkışının nasıl ve ne şekilde olacağı belirlenmektedir. Oluşturulan algoritmalar “akış şeması” haline getirilerek program çalıştırılmakta ve hataların düzeltildiği tekrarlarla gelişim kaydedilmektedir (Eker, 2007: 24).

Problemin nasıl çözüleceği ya da hangi algoritmik yaklaşımın en uygun olabileceğinin değerlendirilmesi öncesi problemin kendisi tam olarak tanımlanmalıdır. Problemin başlangıç koşulları, sınırları ve bu sınırlar içerisinde mümkün olan işlemler, hareket ve davranışların tespit edilmesi gerekmektedir. Bu tespit, problemin sonlu sayıda bir dizi talimatla hangi istenen çözüme ulaşılabilirliğinin bir öngörüsüdür. Algoritmik yaklaşımların “hesaplanabilir ve karar verilebilir” olması probleme ait öngörülerin geliştirilmesiyle şekillenmektedir. En genel haliyle bir problemin sınırları dahilinde her hangi bir durum ele alınır ve önceden belirlenmiş bir dizi talimat uygulanır. Oluşan yeni durum değerlendirilir ve işe yaramayan durum sistemden atılır. Problem içerisindeki her durum için bu süreç tekrarlanarak çözümün elde edildiği duruma ulaşıldığında işlem sonlandırılır (Nabiyev, 2013: 45).

## **2.5. Algoritma Üretim Yöntemleri**

### **2.5.1. Özyinelemeli Algoritma Türleri**

Özyineleme, bir algoritma türü gibi düşünülse de birçok algoritma tasarımında kullanılabilen bir “programlama tekniği”dir. Özyinelemeli (recursive) fonksiyonlar 1931 yılında Alman Matematikçi K. Gödel tarafından tanımlanmış; 1935’te S.C. Kleene ve 1936’da A. Church tarafından geliştirilmiştir. Problem, daha küçük alt problemlere parçalandığı “Böl-yönet” yaklaşımıyla çözümlenmektedir. Özyineleme, Latince “geri gelme” anlamında kullanılan “recursio” kelimesinden dilimize geçmiştir (Nabiyev, 2013: 90-91).

Algoritmanın “bitiş koşulları”, kendi kendini çağıran fonksiyonun oluşturduğu işlem yükünün “sınırlı bellekte oluşturduğu alan” ve bu işlemler için “harcanan zaman” özyinelemenin sonsuza kadar devam edemeyeceğini ortaya

koymaktadır (Nabiyev, 2013: 91). Özyinelemeli bir çözümün gerçekleşebilmesi için ana problem, kendisine benzerlik gösteren daha küçük parçalara ayırabilmesidir. Parçalanmış alt problemler çözüldükten sonra basit bir şekilde birleştirilmeli ve daha küçük parçalara bölünmeye gerek kalmadan basit çözümler oluşturulabilmelidir. “Labirent, yonga ilişkilendirme problemi, doğal dili çözümlene, alttan-üste ve yukarıdan-aşağıya geri dönüşümlü yaklaşımlar ve stratejili oyunlar özyinelemeli programlarla” çözülebilen problemlerdendir. “Lips, Prolog, Haskell” gibi programlama dilleri de özyinelemelik mantığıyla çalışan programlardandır (Nabiyev, 2013: 97-98).

Algoritmaların, karmaşık hesaplamaları daha basit dizilerle gerçekleştirdiği düşünülürse iterasyon sürecine nazaran özyineleme algoritmalarının daha hızlı sonuç vermesi dolayısıyla matematikçiler ve yazılımcılar için tercih sebebidir. “Koch Eğrisi, Ejderha Eğrisi gibi fraktallar bir iterasyon örneğiysen, Sierpinski Fraktalı iyi bir geometrik özyineleme örneğidir” (Turhan, 2018: 27-28).

Tekrarlanan fonksiyon sistemleri ile oluşturulmak istenen yapı detaylandırılabilen ve çoğaltılabilmektedir. Bir başlangıç biçimine “ölçekleme, yönelim, yer değiştirme gibi geometrik dönüşüm kuralları” uygulandığında fraktal yapılar elde edilebilmektedir. Sistem, devamlı bir önceki sonuçla beslendiği için buna bağlı lineer olmayan yapılar oluşmakta ve yapı kendine benzerlik göstermektedir. Başlangıç bir çizgi, eğri ya da bir çokgen olabilmektedir. “Koch Kartanesi, Cantor Kümesi, Sierpinski üçgeni, Peano Eğrisi” gibi birçok fraktal yapı bu şekilde bir başlangıç biçimi ve üretici eleman ile oluşturulmaktadır (Turhan, 2018: 32-33).

### **2.5.2. Genetik Algoritma Üretimi**

Özyinelemeli algoritmalar matematiksel fraktallar oluşturma da etkili sonuçlar oluşturmaktadır. Ancak genetik algoritmalar evrimsel programlamanın bir parçası olarak evrimsel süreçlerin tasarlandığı üretimlerin oluşturulmasında başarılı sonuçlar üretmektedir. 1960’lı yıllarda gündeme gelen genetik algoritma, “evrimleşme stratejisi” ve “genetik programlama” gibi konuları içermektedir. “Evrimsel programları sadece mutasyon işlemi gerçekleştirmesine karşın genetik algoritmalar farklı olarak çaprazlama ve mutasyon operatörlerini” kullanmaktadır. Genetik

programlama ise genetik algoritmaların kullanıldığı ve çözümün “ağaç kodlama” ile oluşturulduğu bir programlama türüdür (Nabiyev, 2012: 602).

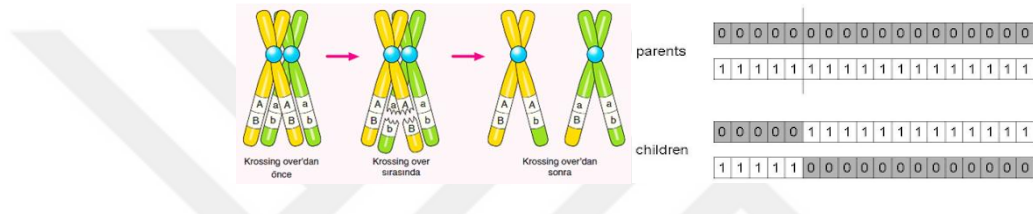
Genetik algoritmalar, problemin birçok çözümünden en iyi olanın korunduğu “doğal seçim” ilkesine benzeyen bir mantıkla çalışan “arama algoritması”dır. Gerçek hayattaki bir problem, genetik algoritma yardımıyla bir arama problemi haline dönüştürülerek çözüm üretilmektedir. “Rastlantsallık” ilkesi, doğrusal gelişim göstermeyen sistemlerde çözüm kümesinin bir olasılıklar bulutu olduğu ve hangi olasılığın zuhur edeceğinin bilinmediği, gelişigüzel beliren durumları ifade etmektedir. Bir arama algoritması olan genetik algoritma da benzer mantıkla her seferinde farklı bir yol izleyebilmekte ve farklı adımlarda sonuca varabilmektedir. Deterministik olarak hangi adımda nereye gidileceği önceden öngörülemez (Şeker, 2017c: web). Siyah (2014: web), genetik algoritmaların rastgele araştırmalarla ürettiği çözümlerden “en iyi olanına yavaş yavaş ulaşan bir yaklaşım” geliştirdiğini belirtmektedir. Genetik algoritmaların temel avantajının, “geniş bir çözüm kümesi arasından en uygun çözümün oluşturulduğu bu problemler hakkında herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymaması” olduğu ifade edilmektedir.

Genetik algoritmalar parametre değerleriyle uğraşmak yerine “parametrelerin kodlanmış hali” ile ilgilenmektedir. Tek bir noktada arama yapmamakta, “olasılıklar kümesi içindeki noktalar ailesiyle” aramaya başlamaktadır. Olasılıklar bütünüyle ilgilenen bu algoritma türleri bölgesel optimizasyonlar yerine topluluğun uygunluğu ile ilgilenmektedir (Cestel, 2008: 16).

Günümüzde çözülmesi zor ve karmaşık problemlere hızlı ve etkili çözümler aranmaktadır. Genetik algoritmalar kısa sürelerde kabul edilebilir sonuçlar ürettikleri için birçok alanda kullanılmaktadır (Yüksel vd., 2016: 21). Genetik algoritma programının kullanılmasındaki amaç, gerçek hayata dair problemi modelleyebilmektir.

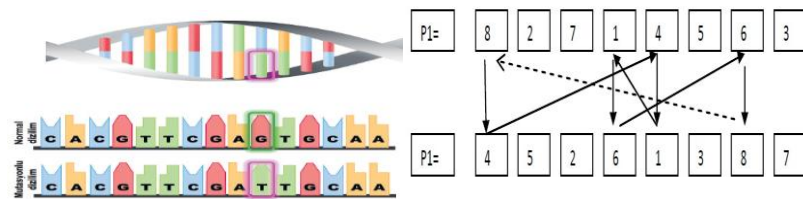
Canlının temel yapısı olan hücrenin nesilden nesile aktardığı genetik kodları “hücre çekirdeğindeki DNA” yapısıdır. Evrim çalışmalarıyla ilgilenen bilgisayar programcısı J.H. Holland, kalıtım materyali olan DNA'nın oluşum ve üretim süreçlerini bilgisayar ortamında tasarlamayı ve bu sayede mekanik öğrenmenin geliştirilebilmesini hedeflemiştir. Yeni bir genetik kodun oluşumu sırasında “seçilim, crossing-over, mutasyon” gibi süreçler genetik algoritmanın operatörlerini

oluşturmaktadır. Yeni bir birey oluşumu için anne ve babanın n kromozomlu hücreleri seçilmekte ve DNA yapısında gerçekleşen “krossing-over (çaprazlama)” ile yeni bir genetik kod oluşmaktadır. Genetik algoritmalarda benzer problem genetik dile dönüştürülmektedir. Popülasyondan, genetik uygunlukları yüksek bireylerden rastlantısal olarak seçilen kod dizilimlerinden çaprazlama operatörleri aracılığıyla yeni bir genetik koda sahip popülasyon oluşturulmaktadır. Çaprazlama yöntemleri “genlerin taşıdığı potansiyeli” ortaya koymaktadır. İstenen çözümü içerecek kod bilgisi oluşturulan popülasyonda yoksa çaprazlama operatörü tek başına çözümü gerçekleştirememektedir (Yüksel vd., 2016: 22)



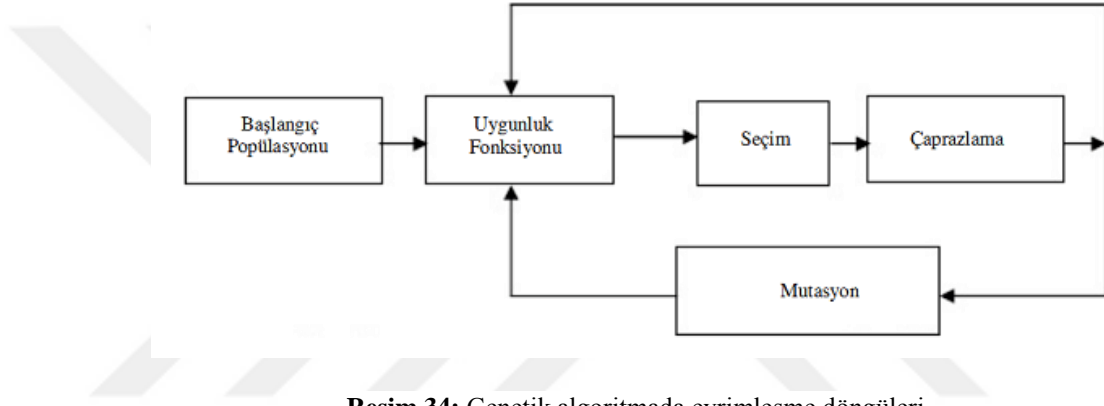
**Resim 32:** DNA kromatitlerinde ve genetik algoritma kod diziliminde çaprazlama

Mutasyon, kalıtsal maddenin kod diziliminde değişime neden olmaktadır. Mutasyon operatör fonksiyonları sayesinde hedeflenen değere giderek yaklaşan jenerasyonlar üretilmektedir. Mutasyon işlemi için başlangıç koşullarında “seçilen ata kromozomlara” ihtiyaç duyulmamaktadır. Herhangi bir kromozom dizilimi kendi başına mutasyon geçirebilmektedir. Çaprazlama ve mutasyona uğratılan yeni kromozomlar tekrar popülasyon havuzuna alınır. Bazı durumlarda eski popülasyonu oluşturan kromozomlar tamamen yok edilerek yeni bir popülasyon tasarlanır. Sezgisel fonksiyonlar sonucu elde edilen kötü sonuçlar, gerçek hayatta zayıf olanın yok olduğu doğal seçimde olduğu gibi yok edilebilmektedir (Nabiyev, 2012: 602-603; Şeker, 2017c: web).



**Resim 33:** DNA ve genetik algoritma kod diziliminde mutasyon oluşumu

İstenen büyüklüğe yani birey sayısına karar verildikten sonra problem genetik dile dönüştürülmektedir. İlk neslin oluşturulduğu kromozomların ne kadar iyi olduğu sezgisel bir fonksiyon olan “uygunluk fonksiyonu”yla belirlenmektedir. Goldberg’e göre (Yüksel vd., 2016: 22), neyin en iyi olduğu, genetik algoritmaya belirlenen bir uygunluk fonksiyonuyla bildirilerek problem değişkenleri kodlanır ve bu şekilde karmaşık problemlere çözümler üretilebilmektedir. Kromozomlarda uygunluk fonksiyonu yardımıyla mutasyona uğratılan kromozomların nesiller boyu evrim geçirerek hedeflenen kromozoma yakın sonuçların aranması “evrimleşme” olarak tanımlanmaktadır (Nabiyev, 2012: 603; Şeker, 2017c).



Popülasyonda kromozomlar “0101111010..01” şeklinde ikili kodlamalara dayalı oluşturulmuş bit dizileriyle; gerçel sayılarla; gezgin satıcı problemleri gibi sıralamaların önemli olduğu problemlerde permütasyon kodlarıyla; nesne ve nesnelere arası işlemleri içeren ağaç kodlamalarla ya da bilgisayara tanımlı bir kural zinciriyle tanımlanabilmektedir.

### 2.5.3. Yapay Sinir Ağ Algoritmalarının Üretimi

Nöronların iletişim hızı bilgisayarın hızından düşük olsa da “100 milyar nöronun holistik bir sistemle çalışması” çok karmaşık işlemlerin hızla gerçekleştirilmesine imkan vermektedir. Beyin işlevinin bu noktada, binlerce bilgisayardan oluşan bir ağ sistemine sahip olduğu düşünülür (Yazıcı, 2014: 22). Sinir ağlarını oluşturan her bir hücrenin birbiriyle iletişimi sayesinde öğrenme, düşünme ve yorumlama süreçleri gerçekleşmektedir. Bir sinir hücresi, “soma” adı verilen gövde, akson ve dentrit şeklinde uzantılardan oluşmaktadır. Soma, hücre

denetimi, hücre için gerekli bileşenleri sentezleme ve hücre etkinliklerini gerçekleştirme gibi görevleri vardır. Nöronlarda bilgi akışı “aksonlardan dentritlere” doğru gerçekleşmektedir. Aksonlara ait sinaptik terminaller ve dentritler arasında sinaptik boşluklar bulunmaktadır. İleti bu boşluğa ulaştığı anda salgılanan “nörotransmitter” adındaki kimyasal maddeler sayesinde taşınan bilgi, diğer sinir hücrelerin dentritlerine iletilmekte ve hücreler arası iletişim gerçekleşmektedir (Nabiyev, 2012: 566-570).

Yapay sinir ağ modelleri canlı organizmaların beyin sinir hücresinden esinlenerek oluşturulmuştur. Sanat eseri üretebilecek bir yapay zeka, “insan yaratıcılığını ve yüksek bilişsel yapısını değil insan benzeri öğrenmeyi, davranışı, karar vermeyi ve otonomluğunu” taklit etmektedir (Daniele ve Song, 2019: 2; Nabiyev, 2012: 566-570). Zihnin nasıl oluştuğunun bilinemez olduğu düşünüldüğünde, zihnin ancak bilimsel olarak ulaşılan ve modellenen süreci yapay zeka çalışmalarında deneyimlenmektedir. Yapay sinir ağlarıyla biyolojik öğrenme temel alınarak sinir sistemine benzer matematiksel modellemeler yapılmaktadır. İnsanın sinir hücrelerine ait işlevler kısmen de olsa makineye kazandırılması için nöronlar modellenmektedir.

Bir sinir hücresi çevreden duyuvar aracılığıyla aldığı verileri toplamakta ve belli bir eşik değerini geçen uyarı için karar alıp bir aksiyon oluşturmaktadır. Yapay sinir ağlarıyla modellenen yapay bir sinir hücresinde ise; “veriler toplamının oluşturduğu sonuç”, aktivasyon fonksiyonun özelliğine göre işlem gerçekleştirilmekte ve gerekli ileti oluşturularak “karar” dağıtılmaktadır. Yapay bir nöron kendine bağlı olan komşu nöronlardan gelen sinyalleri “taşıyıcılar üzerindeki ağırlıklarla çarpıp toplayarak aktivasyon fonksiyonuna göre bir sinyal ateşlemektir” (Şeker, 2017a). Bu sinyal, diğer bağlı olan nöronlara giderek bilgi vermektedir

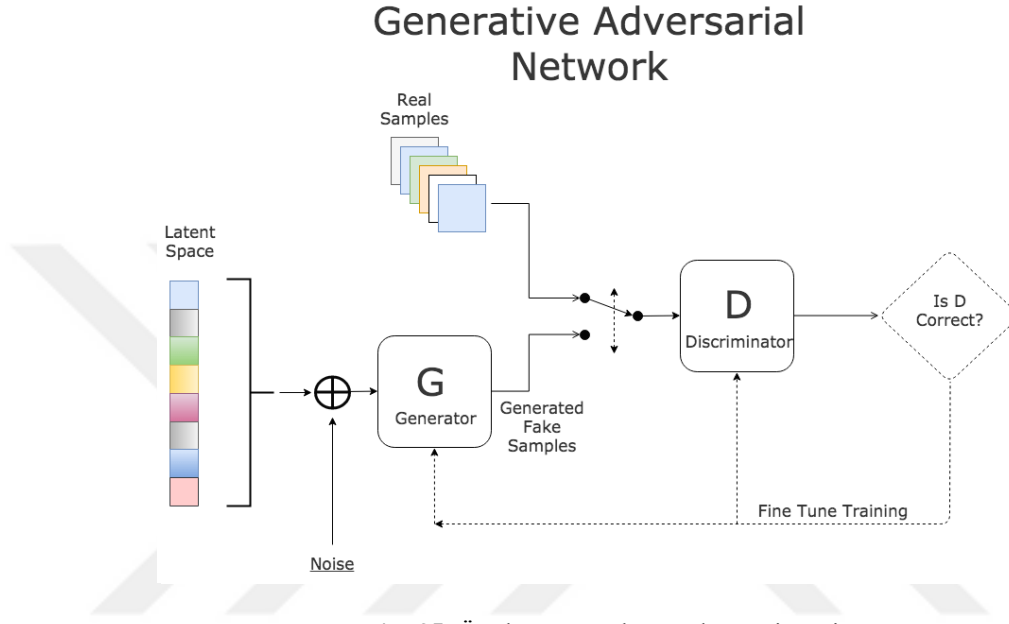
Dijital sistemler ve yapay zeka uygulamalarında, insanın zihinsel yönünün taklit edilebilmesi için yapay sinir ağları kullanılmaktadır. İnsan için yapılması oldukça karmaşık işlemleri insandan daha hızlı ve etkin yapabilen, gereksiz olabilecek faaliyetleri ve denetimleri gerçekleştirebilen yapay zeka tasarımları, insanlar tarafından üretilen algoritmalarla programlanmakta, “insan zekasının katkılarıyla öğrenmeyi gerçekleştirmekte ve davranış değişimi” gösterebilmektedir. (Canan ve Acungil, 2018: 30). Giriş katmanlarındaki veriler, çıkış katmanlarında üretilen bilgi ve hedeflenen sonuçlardan oluşan sistemde istenilen değerlerin

üretilmesi için çıktılar eğitilmektedir (Şeker, 2017b: web). Yapay zekanın sonuç ürettiği bilim ve sanat gibi alanların temelinde algoritmik süreçlerden öte “sezgisel insan zihni ve yaratıcılığı” bulunmaktadır. İnsan, bağlantısız birçok konuyu işleyip bir anlam çıkarabilmektedir. Ancak yapay zeka, “tasarımcısının belirlediği sınırlar içerisinde istenen örüntüleri” oluşturabilir (Canan ve Acungil, 2018: 172-173).

Günümüzde yapay sinir ağlarının bir uzantısı olarak tanımlanan “deep learning (derin öğrenme)”, bilimden sanata her alanda önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Şeker ve Dicle, 2017: web). Veri üretiminin artması ve veriyi işleyecek donanımların geliştirilmesiyle derin öğrenmenin sunduğu avantajlardan ve yeniliklerden her alanda yararlanan bir ortam oluşturulmaktadır

Yapay bir zeka, basit hücreli otomatların yanı sıra derin öğrenme, evrimsel algoritma ya da farklı hesaplama türleriyle de yanıt oluşturabilmektedir. Bu karmaşık tekniklerin kullanılmasının yanı sıra üretilen çalışma bilim ve sanat çevresiyle etkileşim içerisindedir. Bu noktada derin öğrenme algoritmaları son yıllarda sanat üretiminde de “araç ve yardımcı ajan” olarak kullanımı oldukça dikkat çekmektedir. “Nöral sanat” ya da “yapay zeka sanatı” olarak adlandırılan türde sanat üretimi için makine öğrenimi gerçekleştiren algoritmalar ve programlar tasarlanmaktadır (Daniele & Song, 2019: 1). “Deepdream ve Style Transfer”, Konvansiyonel sinir ağları (Convolutional Neural Networks CNN)’na dayanarak oluşturulmuş açık kaynaklı derin nöral ağ üretim teknikleridir. Bu yapılar hayvanların görsel algılarının oluşumundaki biyolojik özelliklerden ilham alınarak tasarlanmıştır. İnsan beyninin bilişsel özelliklerine benzeyen “Özyinelemeli Sinir Ağı (Recursive Neural Network-RNN)” ve “Uzun Kısa Süreli Bellek (Long Short-Term Memory-LSTM)” gibi modeller el yazısı ve dil gibi sıralı gerçekleştirilen öğrenmeler için kullanılmaktadır. “Üretken ters ağ(Generative Adversarial Network-GAN)” modelleri çok az insan desteğiyle yaratıcı sonuçlar üretebilmektedir (Daniele and Song, 2019: 4). 2014’te Ian Goodfellow tarafından üretilen GAN, “üretici ağ” ve “ayırt edici ağ” olarak iki farklı ağ yapısından oluşan “denetimsiz öğrenme” gerçekleştiren bir modeldir. Algoritmaya daha önce tanımlanmamış bir veri setinin girdi olarak verildiği sistemler denetimsiz öğrenme olarak açıklanmakta ve böyle bir sistemde algoritma modelleri sonuç üretiminde beklenmedik yanıtlar oluşturabilmektedir. GAN algoritmalarında üretici örnek veri setinden yeni veriler oluşturmaktadır. Ayırt edici ağ ise, üretici veri setinin ürettiği tüm verileri inceleyerek gerçek ve yeni üretilmiş (uydurulmuş) olan

verileri birbirinden ayırt etmeye çalışmaktadır. Sürecin bu şekilde tekrarlandığı sistemde “üretici ağ gerçeğe yakın nitelikte veriler oluşturmayı öğrenirken, ayırt edici ağ ise gerçek olanla sahte olan veriyi ayırt etmeyi” öğrenmektedir. Başlangıçta ne üreteceğini bilmeyen sistem süreç içerisinde “gerçeğe yakın veri üretebilmeyi” keşfetmektedir (Atay, 2018: web)



**Resim 35:** Üretken ters ağların çalışma sistemi

## 2.6. Algoritmaların Sanatta Kullanımı

Bilgisayarın icadıyla birlikte sanat yapma pratikleri farklı bir biçimde deneyimlenmiştir. İlk dönemlerde bilgisayarı sanat üretmek için kullanmak fikri sanatın işlevinin yitirildiği düşüncesini oluştursa da sanatçılar bu yeni ortamda keşfedeceklerinin sınırlarını merak etmişlerdir.

Ernest Edmonds, sanat üretmek için algoritmaları tercih etmesini “seçimleri azaltabilmenin bir yolu” olarak ifade etmektedir. Algoritma kullanarak sanat yapmayı “beyaz bir kağıda ya da tuvale” benzetmektedir. Algoritma sınırsız sayıda olasılıktan istenilen hedeflerde bir üretimin gerçekleştirilmesi için deneyimlenmiştir. Edmond’a göre “sanat üretimi için nasıl bir algoritmanın kullanılacağına karar vermek ya da tasarlamak” başlı başına estetik bir karardır. İlk dönem algoritma çalışmalarını elle ve bilgisayar kullanarak oluşturan sanatçılar estetiğin makineyle üretilip üretilmeyeceği sorusuyla karşı karşıya kalmaktadır. Ancak hemfikir



oldukları nokta “sanat üretimini gerçekleştiren programın tasarımcısının bir sanatçı olduğu”dur (Edmonds, 2018: 4-5). Algoritma ve programların kullanılmasıyla üretilen bu sanat “algoritmik sanat” olarak da tanımlanmaktadır. “Fraktal sanat” kapsamında, bilgisayar yazılımlarıyla ve matematiksel formüllerin iterasyonlarıyla girdaplı, sarmal, kusursuz simetri özelliklerinin görülebildiği daha küçük parçacıklarına odaklandıkça bütüne benzeyen yapılar üretilmiştir.

Galanter’in tanımladığı jeneratif sanat, günümüzde yazılım, kodlama, algoritma ve fraktal üretim yöntemlerini kapsamaktadır. Jeneratif sistemlerin ürettiği benzersiz varyasyonlardan tasarımcı hedeflediği üretime en yakın çalışmayı seçmektedir. Sistem hedeflenen nitelikte tasarım gerçekleştirene kadar süreç devam ettirilebilmektedir. Sistem kontrolü, kullanılan programlama diliyle ve sürece ait baştan tasarlanmış parametrelerle gerçekleştirilmektedir. Michael Noll, Ernest Edmonds, Vera Molnar, Harold Cohen, William Latham gibi pek çok bilgisayarla sanat üretimine ilgi duyan tasarımcılar/sanatçılar, sanat üretimi için jeneratif sistemler tasarlamıştır.

### 3.BÖLÜM

#### JENERATİF SANAT

Sanat, bilim ve teknoloji entegrasyonu ile biçimlenen yeni medya sanatı, sanat kavramına, sanat eserine ve sanatçı-izleyici etkileşimine yeni bir boyut kazandırmıştır. Jeneratif sanatın geçmişten günümüze değişimi de benzer biçimde gerçekleşmektedir. Bilimsel bilginin ve yeni medya araçlarının etkisi, jeneratif bir çalışmanın tasarımına, üretim aşamalarına ve kullanılan tekniklere yansımaktadır.

“Generative” sözcüğü, Proto-Hint-Avrupa kök ailesinden gelen “doğurma, yaratma” anlamlarında kullanılan “gene-” kelimesinden türemektedir. “Üreme, yayılmaya veya çoğalmaya dair” anlamlarına gelen “generate” ve sonuna geldiği kelimeye “eğilimli olma, yapma, hizmet etme” gibi anlamlar katan “-ive” son ekinin eklenmesiyle oluşmaktadır. “Üretken” anlamına gelen “generative”, 1959’da dilbilimde bir kelime olarak kullanılmıştır. (Online Etymology Dictionary, 2019: web).

Philip Galanter, jeneratif sanatın ne olduğu sorusunun, kendisine “kör adamlar ve fil” hikayesini hatırlattığını ifade etmektedir. Kör adamların her birinin filin farklı bir parçasına dokunarak fili tanımladığını fakat tanımların hiçbirinin bir diğerine benzemediğini sadece tümevarımsal bir bakış açısıyla bütününe dair bir yaklaşım geliştirilebileceğini vurgulamaktadır (Galanter, 2003: 2).

Sanatçı, sadece dijital ortamın sunduğu imkanı kullanan bir üretici olmaktan öte insana ve evrene dair soruları, arayışları olan ve keşif merakını canlı tutan bir varlıktır. Jeneratif sanatın bu anlamda sanatçıya sağladığı teknik imkanlar ve otonom ilerleyen bu teknik sistemlerin oluşturduğu şaşırtıcı sonuçlar, sanatçının dünya algısını yeniden sorguladığı, tanımladığı ve yorumladığı bir süreci beslemektedir.

Alan Dorin ve Jon McCormack jeneratif sanatı tarif ederken, biyoloji terimi olan “genotip” ve “fenotip” kelimelerini metafor olarak kullanmaktadır. “Genotip” terimiyle, organizmanın taşıdığı genetik yapıyı sanatçının oluşturduğu koda benzetmektedir. “Fenotip” ise genetik kodun dış faktörler etkisiyle ortaya çıkan görünüştür ve sanatçının yazdığı bir dizi talimatın harekete geçirildiği otonom sistemde, yapının dönüştüğü şaşırtıcı formları ifade etmektedir. Aynı “tür”ün birbirine benzemeyen görüntülere sahip oluşu gibi jeneratif süreçlerin de her seferinde birbirinden farklı ve benzersiz sonuçları oluşmaktadır (Dorin and

McCormack, 2001). Ancak Monro (2007: 3), bu benzetimin jeneratif sanatın tanımlanması noktasında hatalı olduğunu belirtmektedir. “Genotip” terimi, bir organizmanın çevre faktörleri ile birlikte fenotipini tayin eden genetik yapıyı ifade etmektedir (TDK, 1998). Monro, “genotip”in yapay yaşam terminolojisinde de genotip ve fenotip kavramlarını beraber içerdiğini belirtmekte ve bu nedenle Dorin ve McCormack’ın “genotip” kullanımının problemlili olduğuna dikkat çekmektedir.

Jeneratif Sanat Konferansı başkanı Celestino Soddu, jeneratif sanatı; “genetik algoritma, yazılım gibi araçların kullanılmasıyla sanat üretilen bir fikir” olarak tanımlamaktadır (Soddu, 2005: web). Soddu’ya göre jeneratif proje bir kavram yazılımıdır. Bu yazılımlar olası bir dünyanın benzersiz üç boyutlu, mümkün olduğunca tekrarlamayan çeşitli üretici fikirlerden oluşan öznel bir tasarımıdır (Soban, 2019: web). Marius Watz, jeneratif sanat eserinin, sanatçının kendisi dışında kurallara dayalı sistemlerle üretildiğini ve bu sistemin “üretkenlik yönü”nün baskın olduğunu belirtmektedir (Monro, 2007: 3; Petersen, 2005: web).

Roman asıllı heykeltıraş ve “Jeneratif Sanat Grubu” kurucusu Neagu jeneratif sanatın, “temel bir elementin döndürülerek diğer formları üretmek için yapılan geometrik soyutlama formu” olduğunu belirtmektedir (Galanter, 2003: 16; Soban, 2006). Neagu, jeneratif sanatın üretim sürecinin yeni formların birbirine temas etmesiyle başladığını ve “üst üste binme, geri çekilme ya da ilerleme gibi karmaşık varyasyonlarla başlangıç formundan yeni bir tasarıma dönüştüğünü” ifade etmektedir.

Watz, jeneratif sanat kavramını, “1960’da bilgisayar temelli sanat üretimleriyle başlayıp gelişimini sürdüren çalışmalar” için kullanırken; Adrean Ward, jeneratif oluşum süreçlerini, makine ya da bilgisayar tarafından matematik ya da çeşitli talimatlar kullanılarak “otomatikleştirilmesi” olarak tanımlamaktadır (Soban, 2006: web).

Galanter, jeneratif sanatın oldukça eski bir tarihe sahip olduğunu belirtirken Watz, bu sürecin 1960’lardan günümüze bilgisayar tabanlı üretilen çalışmalarla tanımlanabileceğini ifade etmektedir. Watz’a göre, LeWitt, Riley, Vasarely gibi sanatçıların 1960 yıllarındaki soyut resim ve heykel çalışmaları, kavramsal üretimleri, minimalist ve fluxus yaklaşımları, evreni, insanı ve sanatı algılamaya

yönelik düşünöleri, jeneratif sanat anlayışının oluşumunda önemli referanslardandır (Petersen, 2005: web).

Watz, “üretkenlik yönü baskın olan tüm eserlerin jeneratif sanat uygulaması olarak değerlendirilmemesi gerektiğini” ifade etmektedir. Bilgisayar tabanlı üretimlerin çoğu üretici unsurlar barındırır da üretken sistemler tarafından tasarlanmamaktadır. Sanatçılarının ya da tasarımcıların işlerinde “materyal olarak kodlamayı tercih etmeleri” sonucu gelişen yazılım tabanlı çalışmalarla jeneratif sanat kavramının popülerliğinin geçmiş dönemlere göre arttığı belirtilmektedir (Petersen, 2005: web).

Greg Jalbert jeneratif sanatı, “esas yöntemin gelişiminin bir parça ya da parçalar dizisinin, fiziksel ve biyolojik evrim ya da fikirlerin evriminde olduğu gibi evrimsel süreçlerle oluştuğunu” belirtmektedir. Jalbert, sürecin taşıdığı evrimsel gelişime dikkat çekmekte ve evrimin birçok olası etkiye sahip karmaşık bir gelişim süreci içerdiğini belirtmektedir. Birçok sanatın jeneratif gelişim süreçleri içermesi “duygusal etki, estetik, kişiselleştirme, ticari çekicilik ve propaganda” gibi çeşitli sebeplere bağlı olabilmektedir (Jalbert, 1998: web).

Galanter, jeneratif sanata dair yapılan birçok tanıma ve yaklaşıma dikkat çekmekte ve yıllar boyunca farklı sanat akımlarına bağlı sanatçılar tarafından jeneratif sanat yöntemlerinin farklı amaçlar doğrultusunda kullanıldığını ifade etmektedir (Galanter, 2003: 16; Soban, 2006: web).

Galanter, jeneratif sanatın en kabul görülen tanımını yapmaktadır. “Jeneratif sanat, sanatçının bir dizi doğal dil kuralı, bir bilgisayar programı, bir makine veya bir dereceye kadar otonom harekete geçen bir sistem kullanmasıyla, eserin tamamlanmasına ya da sonuçlanmasına katkıda bulunduğu her hangi bir sanat pratiğidir” (Artut, 2018: 340; Galanter, 2003: 4, 2016; Gülderen, 2017: 43; Güney, 2014: 146; Monro, 2007: 3; Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012: 45; Tempel, 2017:1).

Jeneratif sanat, insan tarafından oluşturulan sistemi, “kendi kendine işleyen bir sistem tarafından tamamen ya da kısmen kullanılmasıyla yaratılmış olan bir sanatı” ifade etmektedir. Doğrudan sanatçı ya da programcı tarafından geliştirilmiş olan sistem, sanatçının ya da programcının aldığı kararlar doğrultusunda sanat eserini, sanatçıdan tamamen bağımsız olarak sonuçlandırabilmektedir. Bazı

durumlarda “sistemi oluşturan tasarımcı ya da sanatçı, jeneratif sistemin kendilerinin sanatsal fikirlerini temsil ettiğini” iddia ederken diğer bir düşünce ise “sistemin yaratıcı rolü üstlendiği” şeklindedir (Wikipedia, 2018).

Jeneratif sanat çoğu zaman algoritmik sanat olarak ifade edilse de sanatçı aynı zamanda “kimya, biyoloji, matematik, akıllı malzemeler, mekanik ve robotik, veri haritalama, simetri” gibi farklı sistemleri de jeneratif sanat yöntemi olarak kullanabilmektedir (Wikipedia, 2018).

Neagu tarafından oluşturulan “Jeneratif Sanat Grubu” ve Arjantin’de Eduardo McEntyre ve Miguel Ángel Vidal gibi sanatçılar tarafından gerçekleştirilen jeneratif sanat uygulamaları, “jeneratif sanatın bir akım olabileceği” yönünde yaklaşımları da gündeme getirmiştir. Jeneratif sanatın “soyut sanatın alt kümesi” olup olmadığı şeklindeki bir soruya Galanter, yazılım yaratıcısı olan Harold Cohen’in “insanları yemyeşil ortamlarda betimleyerek stilize ettiği otonom tasarım çalışmalarını” örnek göstermektedir. Jeneratif sanat, bir sanat ifade biçimi değil bir sanat yaratma tekniğidir. Soyut sanat çalışmalarının üretiminde kullanıldığı gibi “yapay ortamların üretildiği tasarım uygulamaları ve dekoratif objelerde de genetik ve diğer jeneratif sistemlerin kullanımının giderek arttığı” ifade edilmektedir. Jeneratif sanatın bir sanat akımı olduğu yönündeki ifadelerin kapsamını daralttığını belirtmekte ve jeneratif sanatın, “modernizm, post-modernizm ya da diğer “izm”lerin çok öncesinden beri var olduğunu” vurgulamaktadır (Galanter, 2003: 15-19).

Sanatla ilgili güncel kavramlar ve yaklaşımlar, değişen sosyal ve tarihsel süreçte dönüşüme uğramaktadır. “Jeneratif” kelimesi en basit haliyle “sanatın alt kümesi”dir. Bu alt küme birçok üretken sistemi kullanarak çok fazla sonucu üretilebilme potansiyeline sahiptir. Bu yaklaşımla, jeneratif sanatın, bir sanat akımının iddia edemeyeceği kadar büyük bir kavram olduğu ve üretim yöntemlerinin kısıtlanılamayacak şekilde geniş olduğu sonucuna varılmaktadır. “Jeneratif” ifadesi bu potansiyeli gerçekleştirebildiği ölçüde tüm sanatı kapsamaktadır ancak bu amacından uzaklaştığında kullanışlılığını da yitirmektedir (Galanter, 2003: 4).

Galanter tarafından jeneratif sanatın nasıl yapıldığına dair aktarılan basit tanımlamalar, neden bu şekilde yapıldığına ya da içeriğine yönelik bir iddia taşımamaktadır. Çünkü jeneratif sanatın, yüksek teknoloji içerdiği çalışmaları olduğu gibi basit talimatlarla gerçekleştirilebilmesinin mümkün olduğu örnekler de

mevcuttur. Bir sanat eserinin jeneratif sanat dünyasında yer alması için sistemin çok iyi tasarlanmış olması ve otonom çalışabilecek yeterliliğe sahip olması beklenmektedir. İnsan tarafından biyolojik, kimyasal ya da fiziksel koşullar, basit mekanizmalar, kodlama, algoritma veya yazılım gibi araçların sistemin oluşturulmasında kullanıldığı otonom gerçekleşen üretim sürecinde, sanatçının ya da programcının belirlediği parametreler doğrultusunda üreticisinden bağımsız olarak oluşan sonuç jeneratif sanat özelliği göstermektedir.

Yaratıcılık ve tasarım dünyasında en gelişmiş yaklaşımlardan biri olarak tanımlanan jeneratif sanat, “yapay dünyanın doğadan ilham aldığı yeni keşfini” gerçekleştirmektedir (Soban, 2019: web). Sanatçı Greg Jalbert, fizikte, biyolojide, fikirlerde gerçekleşen evrimsel sürecin jeneratif sanatta da var olduğuna değinmektedir. “DNA, geçmiş genetik özelliklerin ve davranışların kod şeklinde taşındığı gibi kültürel sistemleri ve aynı kültürel sistemleri taşıyan topluluklardaki başka organizmalarla da şimdiye kadar fark edilmemiş bağlantıları taşıyabileceğine” vurgu yapmaktadır (Jalbert, 1998: web).

Erkin, metamorfoz gerçekleşmiş bir kelebeğe nasıl tırtıl denilemiyorsa kuruyan yaprağın ya da solan bir gülün de “geri dönüşümsüzlüğü” ifade ettiğini belirtmektedir. Jeneratif sanatta da süreç dönüşümsüz gerçekleşmektedir. Başlangıç değerlerinin transformasyona uğradığı jeneratif süreçlerle yeni formlar oluşmaktadır.

Yeni medya sanatçısı Ozan Türkkın, doğanın evrimsel süreci ve yüksek düzenlilikteki fraktal yapıları; zihnin mani ve depresyon gibi süreçlerde deneyimlediği değişimleri, kuvantum fiziği, ışık, ses ve frekans gibi konuların eserlerinin felsefi alt yapısını oluşturduğunu; üzerine çalıştığı konuya dair bir bilim insanı titizliğinde araştırma yaptığını belirtmektedir. Okuduğu, araştırdığı ve deneyimlediği süreçlerin oluşturduğu düşünceleri, tasarladığı jeneratif yöntemler ve teknolojik araçlarla sanatsal formlara dönüştürmektedir.

### **3.1. Jeneratif Sanatın Geçmişten Günümüze Kullanımı**

Sanat, insanın var olduğu günden bugüne insanla bütünleşmiş bir kavramdır. Tarih boyunca değişen sosyal, ekonomik, teknolojik gelişmeler doğrultusunda sanat kavramı ve yaklaşımlar da dönüşüme uğramaktadır. Bunu, “35.000 yıllık geçmişe sahip bazı hayvanların ve erken dönem gündelik yaşamlarının temsil edildiği mağara çizimleri” ortaya koymaktadır (Galanter, 2003: 13).

Galanter, tarihin erken dönemlerinde sanat üretmek için kullanılan basit araçların jeneratif sanat üretim teknikleriyle benzerlik gösterdiğini ve jeneratif sanatın şaşırtıcı bir şekilde “sanat kadar eski olabileceğini” savunmaktadır. 1999 ve 2000 yılları arasında, arkeolog Christopher Henshilwood, Cape Town’da, 70.000 yıldan daha eski bir döneme ait bir eser bulmuştur. Taş üzerinde okre kırmızısıyla çizilmiş kusursuz üçgen ızgaralardan oluşan bir tasarım bulunmaktadır (Galanter, 2003: 13).



Şekil 36: 77.000 yıl öncesi döneme ait tarihi eser

Galanter, taş üzerine kazılmış bu tasarımın “Escher’in çalışmalarını ya da İslam sanat eserlerini” çağrıştırdığını belirtmektedir. Tartışmalı bir görüş olsa da; bu gibi oymaların insanoğlunun sanatsal tepkiyle oluşturduğu “soyut geometrik düşünce örneklerinden” olduğunu düşünmektedir. Bilim antropologlarından Stanley H. Ambrose da benzer şekilde “taşa açıkça kasıtlı olarak kazılarak oluşturulmuş yapının, soyut geometri kullanılarak tasarlanmış bir sanat eseri” olduğunu belirtmektedir. Galanter, bulguların jeneratif sanatın sanat kadar eski olduğuna kesin kanıt oluşturmadığını ifade etmekle birlikte “geçmişten günümüze dünyanın her yerinde, form üretmek için sanatçıların yinelemeli simetri ve geometri sistemleri çevresinde döndüklerine” dair birçok delil olduğunu da vurgulamaktadır (Galanter, 2003: 13). István Hargittai, Magdolna Hargittai ve Peter S. Stevens gibi yazarlar, “ilkel insanların bile tekstilde geometrik desenler, noktayı merkez alarak büyüyen simetrik tasarımlar, tekrarlanan sınır tasarımları gibi yüksek düzenlilik özelliği gösteren jeneratif örnekler” kullandıklarını belgelemişlerdir (Galanter, 2003: 12).

Geçmişten günümüze paradigmanın gelişimi ve dönüşümü sanat üretim teknolojileri ve araçlarını dönüştürse de basit kurallarla oluşturulmuş, çeşitli yöntem ve tekniklerle tekrarlanan yüksek derecede düzenli yapılara, erken dönem sanat eserlerinden günümüz jeneratif sanat çalışmalarına kadar rastlamak mümkündür.

Matematiksel bir keşif olan “algoritma”nın köklerinin dayandığı İslam dünyasında yoğun geometrik desenlere, iç içe geçmeli simetrik motiflere mimariden, kıyafetlere, gündelik eşyalara kadar her türlü alanda karşılaşılmaktadır. Galanter’in de çalışmasında bahsettiği yüksek simetri içeren fayans süslemeleri, Anadolu Selçukluları ve Osmanlılara ait geleneksel çini sanatıdır. Çiniler; yoğun geometrik desenlerin, kusursuz tekrarların ve iç içe geçmiş benzersiz simetrik yapıların oluşturduğu “soyut bitkisel motiflerin” kullanıldığı eserlerdir (Yetkin, 1993: web). Benzer şekilde duvar ve kapılara işlenen bezemelerde de yüksek simetri özelliği gösteren soyut geometrik desenler görülmektedir. Galanter, “soyut geometrinin İslam soyut sanatında ustalıkla gerçekleştirildiğini” ifade etmektedir (Galanter, 2003: 13). İki farklı parça arasında ve bütünü her bir parçası arasında kurulan orantılar, estetik değeri yüksek eserler ortaya çıkarmaktadır. Algoritmanın ve geometrinin uygulandığı İslam soyut sanatı ve mimarisinin en önemli eseri İspanya’daki El Hamra Sarayı’dır.

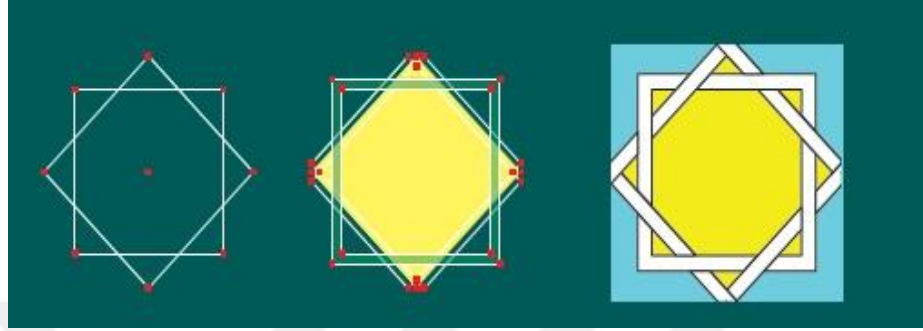


Şekil 37: 13. yüzyıl El Hamra Sarayı bal peteği formundaki tavan işleme

Odalarda ve avlu planlarında 2 ve 3 gibi sayıların karekökleri gibi karmaşık sayılara dayanan oranlar ve matematiksel formüllere dayanan üretken süreçler kullanılmıştır. El Hamra ve Generalife anıtsal kompleksi araştırmacısı ve yönetici Jesus Bermudez Lopez, çinilerin seramik parçaların farklı şekillerde kesilmesiyle geometrik desenlerin elde edildiğini belirtmektedir. Lopez, karenin kendi ekseninde dönerek oluşturduğu dairesel form içerisinde bir dizi yıldız



yarattığını ve desenlerin bu mantıkla üretildiğini ifade etmektedir. “Bu şekilde 8 noktalı yıldız, iki kareden elde edilmektedir. Benzer şekilde farklı dairesel yıldızlar da oluşturulabilmektedir. 8 noktalı yıldızdan 12 noktalı yıldız geçiş sistemi dekorasyonu neredeyse sonsuza tamamlamaktadır” (Karlığa, 2013: web).



Şekil 38: İki karenin kullanılmasıyla elde edilen 8 noktalı yıldız

“Kristalografi; kristal yani billurlaşmış maddenin uygulanabilir simetri işlemlerine bağlı olarak, şekil ve iç yapısını, 3D’de dizilme şeklinin incelendiği, türlerine göre sınıflandırılması çalışmalarının yapıldığı; mineralojinin bir alt dalıdır (Kızıltepe, 2011: 5). Kristal yapı, katı cisimlerin atom yapılarının düzenli dizilimini ifade etmektedir. Kar tanesinin, tuz kristalinin, elmas veya amatis taşları gibi atom diziliminde kristal yapıya sahip cisimlerin, bezemelerin oluşturulmasına benzer bir simetri düzeni taşıdığı görülmektedir. 19. yüzyılda Arthur Moritz Schoenflies ve Evgraf Stepanovich Fyodorov adlı matematikçilerin bezemelerin iki boyutlu kristal yapılarını inceledikleri çalışmalarında 17 farklı simetri grubu keşfetmişlerdir. 1924 yılında George Pólya tarafından kristal yapılar ve düzlem bezemelerinin uyumlu olduğu kanıtlanmıştır. Matematikçi Edith A. Müller, bezemelerin konu alan doktora tezinde, Granada kentindeki El Hamra Sarayına ait bezemelerde 17 farklı simetri grubundan 13’nün bulunduğunu belirtmektedir. “ $p1$ ,  $p2$ ,  $pm$ ,  $pg$ ,  $cm$ ,  $pmm$ ,  $pmg$ ,  $pgg$ ,  $cm$ ,  $p4$ ,  $p4m$ ,  $p4g$ ,  $p3$ ,  $p3m1$ ,  $p31m$ ,  $p6$  ve  $p6m$ ” şeklinde oluşturulan simetri gruplarında ilk harf hücrenin ilkel ya da merkezli oluşunu; ikinci harf, üçüncü ve dördüncü harfler de dönüş, ayna veya süzülme gibi farklı simetri işlemlerini temsil etmektedir (Erbudak, 2018: web). Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle modern geometri ve soyut cebirin kullanıldığı programlarla mimari ve sanat eserlerindeki motifler ve bezemeler

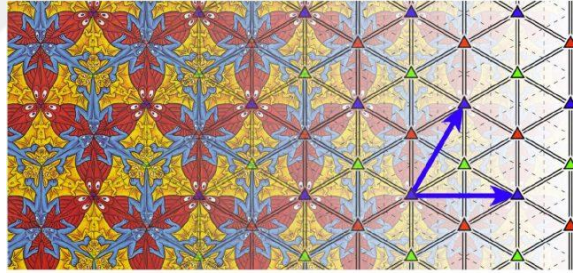


kurallarıyla sonsuza kadar devam edebilecek hissi veren desenler üretilmiştir (Sarısaman, 2013: web).



Şekil 40: El Hamra Sarayı bezemelerindeki periyodik ve radyal motifler

Erbudak ve Erineği, San Marco Bazilikasına ait 48 farklı resim üzerinde “Kristografik sınıflandırma” yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmalarında “17 simetri grubundan 9 tanesinin bulunduğu” tespit edilmiştir (Erbudak & Erineği, 2018: web).



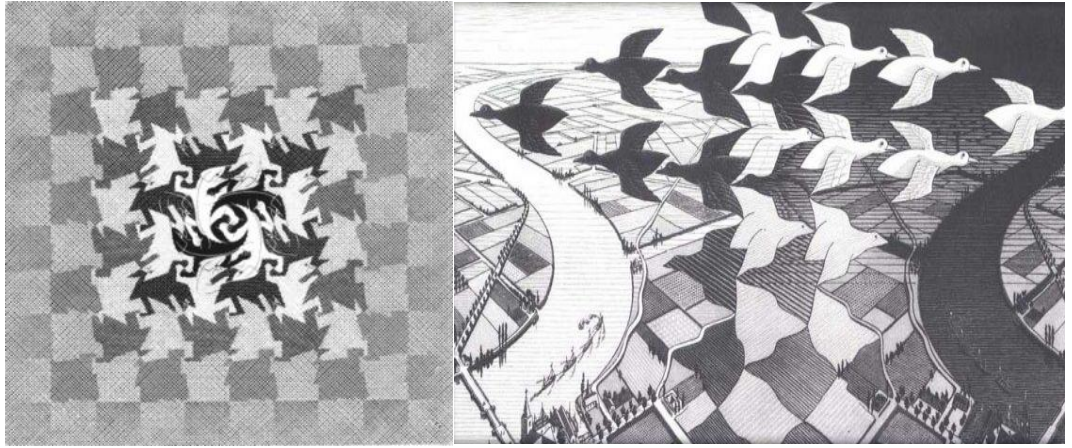
Şekil 41: Esher'e ait bir grafiğe ait kristalografik inceleme

“Kristalografik sınıflandırma” tekniği, Hollandalı ressam ve grafik sanatçısı Maurits Cornelis Escher'e ait bir grafiğe uygulanmıştır. Sanatçının grafiğindeki simetri yapısı, grup adı “ $p3m1$ ” olan simetri işlemleriyle benzeştiği ortaya çıkmıştır (Erbudak, 2018: web).

Simetri yapılarının oluşturduğu fraktal özellikteki çalışmalar, 20. Yüzyılın erken dönemlerinde farklı yorumlarla oluşturulmuştur. Hollandalı ressam ve grafik sanatçısı Maurits Cornelis Escher, El-Hamra Sarayı gibi karmaşık soyut geometrik kalıpların kullanıldığı eserlerden etkilenmiştir. Escher, geometrik formların oluşum yöntem ve teknikleri, doğanın altında yatan matematiksel prensipler ve yüksek

düzenliliğe sahip simetri gruplarındaki sonsuzluk hissi veren parça-bütün ilişkileri gibi doğanın üretken yapıları üzerine araştırmalar yapmış ve çalışmalar gerçekleştirmiştir (İstanbulsanatevi, 2016: web). “Escher, bilgisayarın henüz icat edilmediği bu dönemdeki sanatsal işlerinde ve çalışmalarında, matematik eğitimi konusunda eksiklikleri olmasına karşın algoritmalarla yararlanmaktadır (Galanter, 2003: 13). El Hamra ve Kurtuba’daki La Mezquita camilerine dair hazırladığı ayrıntılı taslaklar, çinilerdeki geometrik ilişkileri yorumladığı simetri çizimleri bulunmaktadır (İstanbulsanatevi, 2016: web). Escher, düzlemi düzenli bölebilecek işaretlemeler ve talimatlarla oluşturup sınıflandırdığı ve numaralandırdığı döşemeleri; hiperbolik geometriyle açıklanabilecek şekilde oluşturulduğu eğrisel yapılarla sonsuzluk hissi veren çizimleri; üçgen ve dörtgen formlarda tek başına tutarlı ama birleştirildiğinde sonsuza devam eden yapıları ve yer çekimsiz ortamları ifade eden resimleri sezgisel olarak tasarlamıştır.

Matematikçi F. Haag’ın “düzlemi düzenli bölünebilmesi” hakkındaki makaleleri ve matematikçi G. Pólya’nın düzlemsel döşemeleri simetri gruplarıyla ilişkilendirdiği çalışmaları, Escher’in sezgisel olarak oluşturduğu çalışmaları daha da geliştirmesine imkan sağlamıştır. “Öteleme, döndürme, yansıma, kayma-yansıma gibi basit dönüşümleri kullandığı düzlem doldurma” çalışmalarıyla döşemeler oluşturmuştur (Schattschneider, 2015: web).



Şekil 42: Escher’e ait “Development I, 1937 ” ve “Gündüz ve Gece, 1938 ”

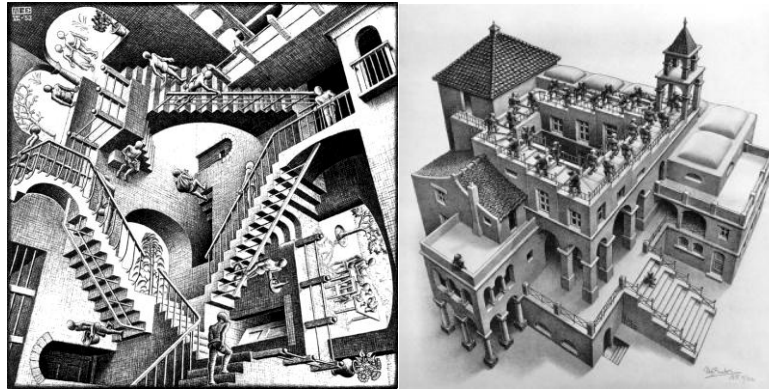


“Gök ve Su”, “Melekler ve Şeytanlar”, “Gündüz ve Gece” gibi eserlerinde dörtkenarlı sistemler üzerine çalışmaları, uyumlu paralel kenarlardan oluşan ağ yapısı, karşıt renkler ve figürlerin dualitesi oluşturulmuş; figür ve zemin ilişkisini, karşıtların bitişikliğini sorgulamıştır. Hiperbolik düzlem ve küre yüzeylerinde görülebilecek yapıyı düzlem üzerinde oluşturduğu çalışmaları H. S. M. Coxeter’in ilgisini çekmiş ve makalesini resimlemek için kullanmak istemiştir.



Şekil 43: Circle Limit III, Escher, 1959

Matematikçi Roger Penrose, Escher’in “üçgen ve dörtgen formlarda tek başına tutarlı ama birleştirildiğinde imkansız nitelikte” sonsuza kadar ilerliyor görünen “Görelilik” çalışmasından etkilenerek “Penrose Üçgeni”ni tasarlamıştır. Ardından Penrose, babasının keşfi olan “sonsuz merdiven” adlı nesnenin taslaklarını Escher’e göndermesiyle Escher, “Waterfall(Şelale)” ve “Ascending and Descending(Artan ve Azalan)” isimli çalışmalarını oluşturmuştur (Schattschneider, 2015: web).



Şekil 44: Escher’e ait “Görelilik, 1953” ve 1960 “Artan ve Azalan, 1960”

Geçmişte; yüksek derecede düzen içeren fraktal yapılar, manuel tekstil makineleri tarafından desenli kumaşların üretiminde kullanılmıştır. Endüstri devrimi sonrası, 1805'te Fransız dokumacı Jacquard'ın delikli kartlarla desen oluşturan tasarımı, Charles Babbage'nin "Analitik Makine" icadı, Charles Hollerith'in arka arkaya delen delikli kartları makineye aktararak programlama çalışmalarıyla; bu teknolojinin dokumacılık sektöründen enformasyona aktarıldığı süreç gelişmiştir (Öztürk, 2012: web). Galanter (2003: 13), gelişen bu süreçten hareketle "jeneratif sanatın oluşumu için bilgisayara ihtiyaç duyulmadığını aksine jeneratif yöntemler sayesinde bilgisayarın icat edildiğini" vurgulamaktadır.

Jeneratif Sanatın 20. Yüzyıl başlarından günümüze gelişimi bilim, teknoloji ve sanat ekseninde dönüşerek devam etmiştir. Dadaizm, fütürizm, minimalist sanat ve kavramsal sanat gibi farklı akımların felsefesinden ve dijital teknolojilerin ortaya çıkardığı tekniklerden beslenen jeneratif sanat, geçmişten günümüze evrimsel bir süreç geçirmektedir. Robert Spahr, 20. Yüzyıl başlarından günümüze Marcel Duchamp, John Cage, George Brecht, Steve Reich, Sol Lewitt gibi alanlarında "yeni, yapılmamış olanı tasarlayan isimlerin günümüz jeneratif sanatına biçim verdiklerini" belirtmektedir (Spahr, 2018: web). Durağanlık, sessizlik, akışkanlık, hareket, evrimsel süreçler gibi arayışları olan bu sanatçılar, deneyselciliği, rastlantısallığı, sanat üretiminde talimatların kullanılmasını, eserin tamamlanmasından ziyade sürecinin değerli olduğu üretim süreçlerini yaptıkları çalışmalarla deneyimlemişlerdir.

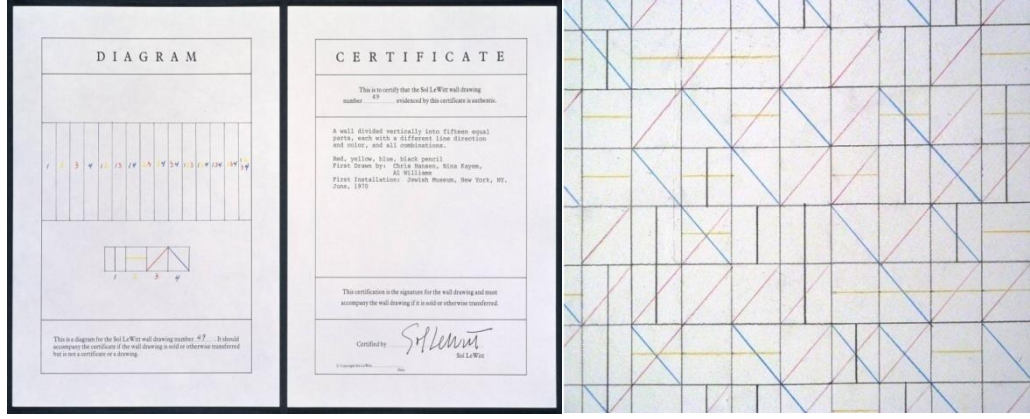
Jeneratif sanat uzunca zamandır devam eden bir sanat pratiğidir ve sanatçıların jeneratif teknikleri kullanma amaçları birbirlerinden tamamen farklı olabilmektedir. Sanatçıların, jeneratif teknikleri kendi amaçları doğrultusunda farklı alanlarda kullanmaları, jeneratif sanat uygulamalarının kapsamını genişletmektedir. Zen Budizm'inden ve Hint felsefesinden etkilenen besteci John Cage, eserlerinde "eş zamanlılığı ve rastlantısallığı" keşfetmiştir. Cage, 1946 yılında "prepared piano (hazırlanmış piyano)" icadıyla piyanonun telleri arasına yerleştirdiği cisimler sayesinde notanın vuruş seslerini manipüle etmiştir (Kaya Elivar, 2015:384). Kavramsal sanatçı ve avangard besteci George Brecht, "katılımcı" sanatın yaratıcılarından olup 1959'da "Drip Music (Damlama Müziği)" adlı çalışmasıyla doğada ve insan yaşamında var olan sürekliliği ve değişimini ifade etmektedir (Gümüş, 2019: web). Sanatçının bu yaklaşımı, evrenin ve sanat eserinin

tamamlanmış bir süreçten öte devamlı değişen ve gelişen bir sistem olduğunu vurgulayan jeneratif sanatı desteklemektedir.

“Jeneratif sanatın metodolojisi” adlı çalışmada Tjark Ihmel ve Julia Riedel, Wolfgang Amadeus Mozart’ın keşfettiği “Musical Game of Dice (Müzikal Zar Oyunu)”na dikkat çekmekte ve Mozart’ın keşfinin günümüz jeneratif sanatla ilişkilendirilebilecek öğeler barındırdığını belirtmektedir (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012: 45; Soban, 2006. web). Müzikologlar bu yöntemi tanımlamak için “The Dice Player (Zar Oyuncusu)” anlamına gelen Latince “aleator” kelimesinden türettikleri “aleatoric music” kavramını ortaya koymuşlardır. Rastlantısal süreçlerin biçimlendirdiği aleatorik müzikte, kompozitör tarafından önceden belirlenmiş öğeler “icracının takdirine” bırakılmaktadır. Jeneratif sanat kavramı, aleatorik müziğin kullandığı sanatsal çalışma yöntemiyle ilişkilendirilmiştir. Rastlantısal süreçlerin müzik, edebiyat, görsel sanatlar gibi hemen hemen her sanatsal uygulama alanında yer aldığı ve kendisini kanıtladığı ifade edilmektedir (Soban, 2006: web).

Carl Andre, Mel Bochner ve Paul Morgenson gibi minimalist sanatçılar kompozisyon üretimi için basit matematiksel ilkeleri kullanmışlardır (Galanter, 2003: 13). Jeneratif sanat, yöntemleri, amaçları ve uygulama çeşitliliği açısından oldukça zengindir. Galanter, “bilgisayar tarafından üretilen sanat çağında jeneratif sanatın, dijital üretim teknikleriyle benzersiz dönüşümler geçireceğini” belirtmektedir (Galanter, 2003: 14).

Kavramsal sanatçı Sol LeWitt, 1960’lı yılların başında “hacim, sıralama, varyasyonlar, durağanlık gibi sistemler ve kavramlar üzerinde durmakta ve çalışmalarında geometrik formlardan yararlanarak tekrarlı desenlerde rastlantısal gelişen varyasyonları deneyimlemektedir. “Fikrin sanat yapan bir makine” haline geldiğini belirten LeWitt, çalışmalarında kullandığı sistemlerle “içsel değerlerini” keşfetmeye odaklanmaktadır (Galanter, 2003: 18). LeWitt, duvar çizimleri için oluşturduğu talimatların asistanları tarafından gerçekleştirilmesinden hareketle “taslakların ve kararların önceden belirlendiğini ve mekanik olarak gerçekleştirildiği sanat düşünce biçimi” oluşturmuştur (LeWitt, 1980: web).

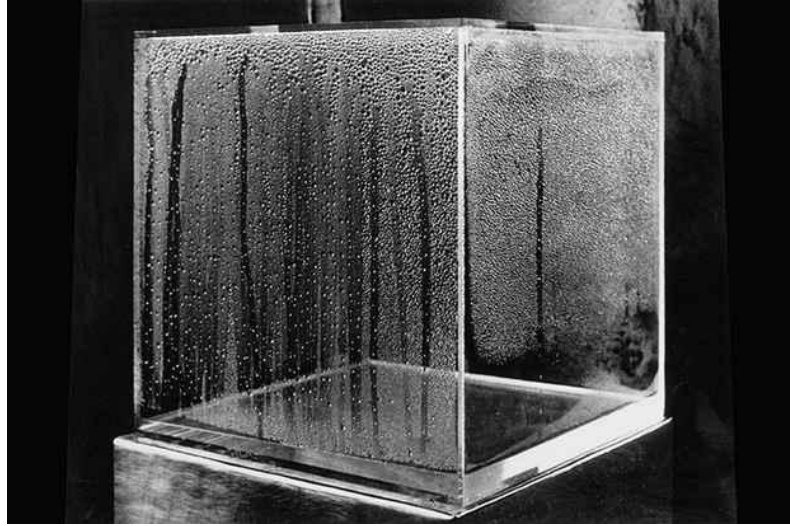


Şekil 45: Sol LeWitt'e ait boyama talimatı ve “Wall Drawing #33, 1970”

Lewitt, nesnelerin geçiciliğinden ve fikirlerin kalıcılık sağlayabilmesinden hareketle gelecek bir nesil için benzersiz bir sanat eseri üretmek yerine “eserin kavramsal varlığını ve kendine özgülüğünü” vurgulamaktadır (SALT, 2012: web). Lewitt’in açıklamalar biçiminde oluşturduğu talimatlar bütünü, bir başkası tarafından uygulandığında eser dönüşüm geçirmektedir.

Sol LeWitt'in bir dizi talimatla üretilen eserleri, sonraki dönem sanat uygulamalarında kodlama, algoritma gibi talimatların kullanıldığı jeneratif sanat çalışmalarına öncülük etmektedir. Hans Haacke 1963 yılında “Condensation Cube (Yoğuşma Küpü)” adlı çalışmasıyla, kapalı bir sistemde bir miktar suyun yoğunlaşmasıyla minyatür bir hava sistemi oluşturmaktadır. Haacke'in 1965'te sistemlerin özelliklerine dair yazdığı bildiri jeneratif sanatçılar için “manifesto” niteliği taşımaktadır. Bildirisinde sanatçılara; çevresiyle etkileşebilen, değişim geçiren ve stabil olmayan; daima farklı görünüme ve tahmin edilemeyen şekle sahip; ışık, sıcaklık değişimleri, hava akımları veya yerçekimi gibi fiziksel kuvvetlerden yararlanılabilecek sistemler geliştirmelerini ve izleyiciyle etkileşime geçebilen, izleyicinin de sanat sürecinin bir parçası olduğu doğal bir şeyler üretmelerini tavsiye etmektedir (Galanter, 2003: 18).





Şekil 46: Condensation Cube, Hans Haacke, 1963-1965

John Clavin'e resim ve müzik üreten bir makine yaptığında sanatçısının makine mi yoksa kendisinin mi olduğu sorusuna benzer bir şekilde; Galanter makalesinde neyin jeneratif sanat olarak kabul edilip edilmediği sorusunu gündeme getirmektedir. Galanter, sibernetik ve sistem teorilerinden etkilenecek oluşturulan "sistemlik sanat" uygulamalarını kullanan Kenneth Noland gibi sanatçıların jeneratif sanatçı olup olmadığı ya da Jackson Pollock'un damlama ve sıçratma teknikleri kullanarak oluşturduğu çalışmalarının jeneratif sanat eseri olarak nitelendirilip nitelendirilemeyeceğinin merak ve tartışma konusu olduğunu belirtmektedir. Büyük çeşitlilik sunan jeneratif sanatın artan ivmeyle gelişim göstermesi sonucu benzer soruların oluşabileceğini ifade eden Galanter, Noland ve Pollock'un jeneratif sanatçı olmadıklarını düşünmektedir (Galanter, 2003: 3).

Jackson Pollock'un kullandığı rastlantısal tekniklerle yaptığı çalışmalarda "bilinçli sanatsal kontrolün olmaması" nedeniyle Pollock'un jeneratif sanatçı olduğu yönünde düşünceler bulunmaktadır. Fizikçi Richard Taylor tarafından Pollock'un tekniğinin doğadaki fraktalları temsil ettiğini, "kaotik sıvı akışını oluşturabilmek için boyayı bileği ve koluyla nasıl kullanabildiğini öğrenmiş olduğunu ve bu sayede daha yüksek derecelerde fraktal boyutlar üretebildiğini" belirtmektedir. Galanter, Taylor'un değerlendirmeleri ve rastlantısal tekniğinden dolayı Pollock çalışmalarının fraktal boyut içeren ve fiziksel disiplin gerektiren kazanılması zor sezgisel yaratımlar olduğunu fakat eserlerinde "otonom ilerleyen bir sistem bulunmadığını, herhangi bir harici sistem olmaksızın elle uyguladığını" belirtmektedir (Galanter, 2003: 17).

Watz, LeWitt, Riley, Vasarely gibi sanatçıların 1960 yıllarındaki soyut resim ve heykel çalışmaları, kavramsal üretimleri, minimalist ve fluxus yaklaşımları, evreni, insanı ve sanatı algılamaya yönelik düşünceleri, “jeneratif sanat anlayışının oluşumunda önemli referanslardan” olduğunu belirtmektedir (Petersen, 2005: web).

Yöntemleri, amaçları ve uygulama çeşitliliği açısından oldukça zengin olan jeneratif sanat, bilgi çağında rastlantısal teknikleri ve şaşırtıcı sonuçları bilgisayar kullanarak gerçekleştirilmektedir. Üretimin otonom sistemlerle gerçekleştirildiği jeneratif sanat artık dijital üretim teknikleriyle gelişimine devam etmiştir.

### **3.2. Yeni Medya Teknolojileri ve Jeneratif Sanat**

21. yüzyıl sanatçısı, insana ve evrene dair soruları, arayışlarını ve keşif merakını canlı tutan bir varlık olarak bilimsel bilgiyi kullanmakta ve yeni medya teknolojilerinin sunduğu imkanlardan yararlanmaktadır. Yaşadığımız çağ, bilim, teknoloji ve sanat arasındaki entegrasyonla biçimlenmektedir.

Yeni yaratıcılık alanlarının keşfinde bilimsel bilginin kullanıldığı ve dijital teknolojilerden araç ve ortam olarak yararlandığı günümüz sanatında geçmişten bugüne bir dönüşüm söz konusudur. Yeni medya teknolojileriyle, gelenekçi ve gelecekçi teknolojilerin entegre hale getirildiği bu dönemde sınırlar belirsizleşmekte, gerçek ve sanal arasındaki fark flulaşmaktadır. Sanatta da etkileşimli iletişimin belirsizleştirdiği sınırları ifade edebilmek, sanat eserini sınıflandırmak, sanatçı ve izleyici rollerini tanımlamak zorlaşmaktadır. Günümüz sanatı için; “fotoğraf, resim, film, robot sanatı, yazılım sanatı, internet sanatı” gibi ayrımlar ya da işlevsel özellikleri açısından “etkileşimli, süreç bazlı, kuşatıcı ya da katılımcı” gibi kategorizasyonların mümkün olmadığı belirten sanatçı Candaş Şişman, “hiçbir grubun tek başına, yeni medya sanatı adı altında yapılan üretimi karşılamadığını” ifade etmektedir (Yeğinsu, Şişman ve Saraç, 2018: web). Eski sanat ifade yöntemlerinin yeniden yorumlandığı bu ortamda sanatın tanımı, sanatçının ve izleyicinin rolü, sanat eserinin türüne dair yaklaşımlar yeni anlamlar kazanmaktadır.

Günümüz yeni medya teknolojileriyle yeni yorumlar kazanan jeneratif sanat, geçmiş sanat ifade yöntemlerinin birbiri içinde tanımlandığı, farklı tekniklerinin sanat üretimine entegre edildiği ve terkinin tasnife tercih edildiği bir alanı kapsamaktadır. Jeneratif sanatın tarihsel sürecine dair açıklamalarda, sanat kadar eski bir geçmişe sahip olduğu ifade edilirken diğer taraftan da bilgisayar teknolojileriyle

birlikte geliştiği belirtilmektedir. Tanımlarda karşılaşılan bu karmaşıklık aslında jeneratif sanatın var olduğu her dönemde, o döneme ait yenilikçi teknolojilerle entegrasyonu sonucu yeni ifade biçimlerine dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Jeneratif sanat, yaşadığımız enformasyon çağında bilim, teknoloji ve sanat arasında gelişen etkileşimli iletişimden yararlanmaktadır. Resim, müzik, edebiyat gibi farklı alanlarda jeneratif eserler üretebilmek için “matematiksel denklemler, evrimsel hesaplamalar, küme zekası algoritmaları, dil bilgisi, yapay zeka, kural tabanlı teknikler” gibi farklı araçlar kullanılmaktadır (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012: 51). Soyut geometrik desenler, animasyon karakterleri, dijital enstalasyonlar, izleyiciyle etkileşime giren dijital çalışmalar, resim yapan, beste üreten ya da şiir yazan robotik tasarımlar günümüzde jeneratif sanat kapsamında üretilebilmektedir.

Jeneratif sanatçı, bu yeni ifade biçimlerini basit talimatlar, programlama dilleri, farklı yazılımlar, algoritmalar, matematik formülleri, hücrel otomatlar gibi bilgisayar teknolojilerinin sunduğu imkanlarla tasarlamaktadır. Yeni yaratıcılık alanları, yeni medya teknolojilerinin sunduğu imkanlarla ve bilimsel bilgilerin katkılarıyla keşfedilmektedir.

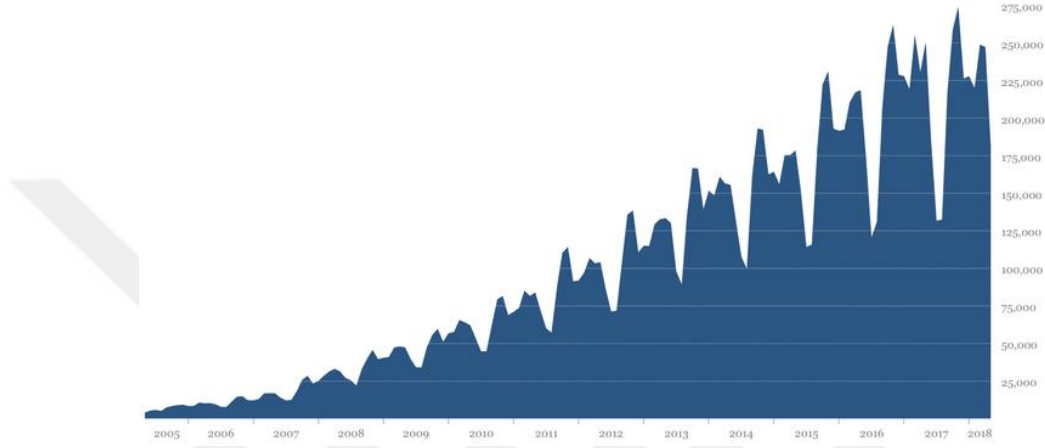
Bilgisayar teknolojilerinin insan “yaratıcılığını sönmlediği”, “bilgisayar olmaksızın insanlığın yaratıcılık sınırlarının aşılamayacağı” gibi oldukça farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Soban'a göre, bilgisayarlar “bilim ve sanat arasında çözümsüz bir sentez olarak düşünölen yaratıcılık anlayışını geliştiren uyumlu araçlar"dır (Soban, 2019: web.). Yeni medya ekseninde biçimlenen jeneratif sanat, sanatçıya yeni bağlamlar oluşturma ve farklı fikirler geliştirme imkanı sunar. Farklı disiplinlerden uzmanlarla kolektif çalışılabilen, yaratıcılık sınırlarının zorlanıldığı projeler üretilmektedir.

Bilgisayarın sanat üretiminde bir araç olarak kullanılması sanat dünyası tarafından büyük tepkilere neden olsa da bu yaklaşımların aşılması için çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

*"Lillian Schwartz ve Ken Knowlton'a ait dijital çalışmalar, MoMA'daki ilk jeneratif sanat eserleridir. 1970'te Chicago Sanat Enstitüsü'nde ilk jeneratif sistemler bölümü kurulmuştur. Computers and Automation Magazine adlı dergide 1974'te ilk defa yıllık jeneratif sanat yarışması düzenlenmiştir. 1975'te MIT'de Görsel Dil Atölyesi(Visual Language Workshop) ve 1985'te MIT Medya Laboratuvarı kurulmuştur. MIT Media Lab, günümüzde jeneratif sanatının evrimsel sürecinin gelişimi için önemli bir kurumdur. John Maeda tarafından MIT'de Aesthetics and Computation Group (ACG-Estetik ve Hesaplama Grubu) kurulmuş ve jeneratif sanatçılar/ tasarımcılar için "Design By Numbers" adında bir platform oluşturulmuştur. 1990'lı yılların sonunda sayılarla oluşturulan tasarım çalışmaları*

*Ben Fry ve Casey Reas gibi sanatçılar tarafından üniversite bünyesinden çıkarılarak herkesin kod yazmayı öğrenebileceği ve ücretsiz kullanılan "Processing" adında bir platforma dönüştürülmüştür. Sanatın artık kodlarla üretildiği; yeni bir dilin, çevrenin ve kültürün oluşturulduğu bu kolektif platformla jeneratif sanat herkesin tasarlayabileceği, pahalı donanımlara ihtiyaç duyulmayan, özgür yazılımların ve kaynak kodların paylaşıldığı bir yapı kazanmaktadır" (Bailey, 2018b: web).*

Aşağıdaki grafik Casey Reas ve Ben Fry'in geliştirdiği "Processing" adlı platformun kullanım sıklığını ve jeneratif sanata olan ilginin zamanla artışı ortaya koymaktadır (Bailey, 2018b: web).



Şekil 47: 2005'ten 2018'e her ay processing yazılımının açılma sayısı

Bilgi ve iletişim tabanlı geliştirilen bilgisayarlar topluma, kültüre, düşünce biçimlerine etkilediği gibi zamanla sanat üretim algısını da dönüştürmüştür. Sanatın artık kodlarla, algoritmalarla ve yazılımlarla üretildiği, dijital ortamın hem araç hem de ortam olarak kullanıldığı, üretim sürecinde otonom sistemlerin tasarlandığı ve kaynak kod paylaşım özgürlüğünün kolektif yapı oluşturduğu bir süreç gelişmiştir. Açık kaynaklı kodların paylaşıldığı Processing platformuna ek olarak, günümüzde "Github, VVVV, openFrameworks, Cinder ve Max.4" gibi yazılım ortamları da jeneratif sanatın desteklediği platformlardır. Sanatçı, tasarımcı, programcı ya da meraklısı bir "kod denizi" içerisinde, hedefleri doğrultusunda araç ve tekniklere rahatlıkla erişebilmektedir (Galanter, 2016: 163; Reas, vd., 2018: web). Ciddi matematik bilgisine sahip olmadan kodlamalarla jeneratif sanat çalışmalarının deneyimlenebildiği platformlar bu alana ilgiyi artırmaktadır. "JavaScript" kullanılan "p5.js" gibi platformlar kodlayarak sanat yapmayı sanatçı, tasarımcı ya da yeni öğrenenler için ulaşılabilir hale getirmektedir. "CodePen ve Glitch" gibi platformlarda sanatçılara ait projelere ve paylaştıkları eğitici çalışmalara

ulaşmaktadır. "Canvas API, JavaScript ve HTML"; grafik, animasyon, veri görselleştirme, fotoğraf manipülasyonu ve video işleme gibi farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Reichard and Spittel, 2018: web).

Casey Reas, kodlarla sanat üretmenin kodları kişiselleştirmekle mümkün olacağını belirtmektedir (Reas, 2011: web). Reas, eskizlerini tasarladığı çalışmaları kodlara dönüştürmekte ve aşama aşama oluşturduğu algoritmalarla benzersiz görseller oluşturmaktadır. 2004 ve 2010 yılları arasındaki Processing ile geliştirdiği süreçler, basit çizgi ve dairelerden oluşurken tasarladığı algoritmalarla çalışmalar dönüşüm geçirmekte sanatsal formlar kazanmaktadır. Süreç devamlı geliştirilerek dijital baskı, video sanatı ve enstalasyon gibi farklı sanat ifade yöntemlerine dönüştürülmüştür. Reas, "eskizlerin, denemelerin veya fikirlerin kodlara dönüştürmesiyle başlayan süreçte sanatçıyı şaşırtan sonuçların oluşabileceğini" ifade etmektedir (Reas vd., 2018).

Jeneratif sanat, bir sanat yaratma yöntemi olarak "ideoloji" taşımayabilir. Yine benzer şekilde içeriğiyle süreci arasında bir "bütünlük" göstermeyebilir. Jeneratif yöntemleri kimi sanatçılar "görüntü sentezi gerçekleştirmek için tamamen ekonomik sebeplerle" tercih edebilirken kimi sanatçıların yarattığı eserin "anlamı ve kullanılan jeneratif yöntem" arasında mesafe bulunmamaktadır (Galanter, 2003: 16). Jeneratif sanatçı, hangi amaçla hangi yöntemi kullanabileceğini araştırmakta ve bu doğrultuda çalışmasında farklı jeneratif yöntemleri tercih edebilmektedir.

Jeneratif sanat tasarımları, otonom sistemler dolayısıyla insan yaratıcılığının bir ürünü olduğu gerçeği göz ardı edilebilmektedir. Oysa yeni çözümler ve fikirler oluşturmak için insan tarafından tasarlanmıştır. Düşünceler, eskizler ya da nesnelere bilgisayara "program kodları, pragmatik veya matematiksel yönergeler" olarak açıklanabilmektedir. Pragmatik tasarımlı programlar, "tanımlanmış nesnenin farklı tasarımlarını yaratmak" konusunda; matematiksel yönergelerse "özgür ve beklenmedik biçimlerde renkli şekiller üretme" noktasında daha kullanışlıdır (Soban, 2019: web.). Ozan Türkkkan, jeneratif sanatın temelinde net olarak tanımlanmış talimatlar bütününden, kod ya da algoritmalarından oluşturduğuna ancak diğer taraftan da kurallarla oluşturulmuş bu sistemin bağımsız bir organizma gibi çalıştığına dikkat çekmektedir: "Doğadaki gibi bir elma tohumunu toprağa koyduğunuzda her seferinde elma ağacı çıkar ama her bir ağaç birbirinden farklıdır. Bu süreç jeneratif sanatın da temelini oluşturur."

Jeneratif sanatta algoritmaların rastgele girdilerden yaratıcı sonuçlar oluşturduğu düşünülse de algoritmik tasarımı gerçekleştiren sanatçı, "bu sistemin üreteceği olası tüm sonuçların da yaratıcısı"dır (Soban, 2006: web). Jeneratif süreçler, "mikrodan makroya" her türlü seviye de yapılmaktadır. Jeneratif sistemlerle gerçekleştirilecek bir beste için; "hücrel otomatlar, fraktaller, L-sistemleri, rastlantısallık" gibi çok çeşitli teknikler kullanılabilir (Galanter, 2003: 2).

### **3.2.1. Yeni Medya İlişkisinde Jeneratif Sanat ve Üretim**

Yeni medya teknolojilerle birlikte dönüşüm geçiren jeneratif sanat, sanatçıya sağladığı teknik imkanlar ve otonom ilerleyen sistemlerin oluşturduğu şaşırtıcı sonuçlarla, sanatçının dünya algısını yeniden sorguladığı, tanımladığı ve yorumladığı bir süreç oluşturmaktadır.

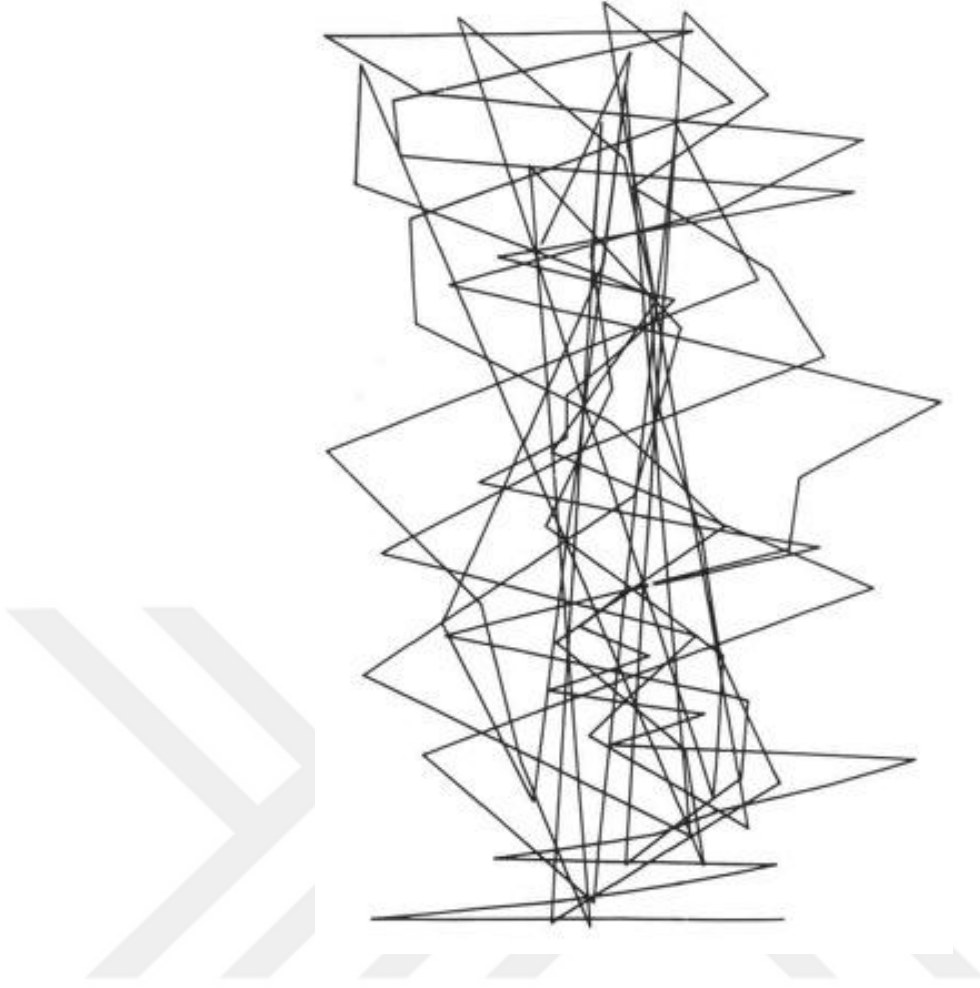
Marius Watz, jeneratif sanatının bir üretim tekniği olarak kullanımının, Galanter'in tanımlaması kadar eski olmasa da "1960'larda bilgisayarın gelişmesiyle başladığını" belirtir. Watz, 1960'larda üretilen soyut resim ve heykel çalışmalarının günümüz jeneratif sanat üretim tekniklerinin oluşumuna büyük katkısı olduğunu ifade etmektedir. "Üretkenlik" yönünün baskın olduğu bu sanat türünde yeni medya teknolojileri kullanılmaktadır. Ancak "her bilgisayar tabanlı sanat projesi jeneratif sanat olarak değerlendirilmemektedir" (Petersen, 2005: web). Gerek bilgisayar teknolojilerinin gerekse farklı otonom sistemlerin tasarlandığı çalışmalar olsun, jeneratif üretim teknikleri içermiyorsa jeneratif sanat çalışması olarak benimsenmemektedir. Bilgisayarın "firça ya da kalem gibi araç olarak kullanıldığı, tamamen sanatçının kontrolünde gelişen uygulamalar" jeneratif sanat niteliği taşımamaktadır (Tempel, 2017: 1). Dolayısıyla bilgisayar yazılımlarıyla gerçekleştirilen her sanat çalışması jeneratif sanat özelliği göstermez. Benzer şekilde sadece jeneratif sanat çalışmaları bilgisayar yazılımlarıyla gerçekleştirildiği gibi farklı otonom süreçlerle de oluşturulabilmektedir. Hans Haacke'nin fiziksel ve sosyal sistemlerden oluşturduğu çalışmaları otonom süreçlere örnek verilebilmektedir. "1960'ların süreç sanatı, kavramsal sanat, minimal sanat olarak sınıflandırılan, izleyicinin sanat üretim sürecinin bir parçası haline dönüştüğü" sanat ifade yöntemleri yeni medya teknolojileriyle dönüşüm geçirmiştir (Galanter, 2003: 18). Bu sanat ifade yöntemleri disiplinler arası bilim ve sanatın birlikteliğini savunan yaklaşımları ve üretim yöntemlerinde oluşturulan otonom süreçleri nedeniyle jeneratif nitelik göstermektedir. Kavramsal sanatçı Sol Lewitt'in kurallarını ve

talimatlarını önceden belirlediği ve asistanları tarafından yapılan çalışmaları da benzer biçimde üretiminde otonom süreçler barındırmaktadır. Çünkü Lewitt, tasarladığı duvar boyama çalışmalarına kendisi dahil olmamaktadır. Süreci deneyimleyen kişi farklı varyasyonlarda ve renklerde geometrik biçimler üretmektedir. Sanat çalışmasının otonom sistemlerle oluşturulması jeneratif sanat için önemlidir. Türkkan, jeneratif sanatın doğanın sistemini kullandığını ifade eder:

*“Sanatçı çekirdeği ve bu çekirdeğin içinde barınan genetik yapıyı kurar ve süreci başlatır. Süreç içinde algoritma bazı noktalarda kendi kararlarını verir ve sonuç hiç öngörülemeyen bir noktaya gidebilir. Bu süreçte olasılıklar ve değişkenlerin kombinasyonları o kadar çoktur ki her bir sonuç bir öncekinden farklı ve biricik olur. Doğa bunu var oluş sürecinin her anında her aşamasında yapıyor.”*

Bilgisayarlar, ilk defa Frieder Nake, Michael Noll gibi sanatsal eğilimleri olan bilgisayar bilimcileri ve Vera Molnár, Harold Cohen gibi sanatçılar tarafından sanat üretiminde "araç ve ortam" olarak kullanılmak istenmiştir. Bu sanatçıların ya da bilgisayar bilimcilerin sanat üretmek için kullandıkları araçlar yazılımlardır. Yazılımlar, "hesaplama araçları olarak adlandırılrsa da sanatçının elinde bir sanat üretim aracına" dönüşmektedir (Daniele and Song, 2019: 3). Sanatçının tasarladığı yazılımlar sayesinde sadece üretilmiş olan sonuç değil sanat üretim süreci de değer kazanmaktadır. Sanatçının kontrolünde gerçekleşen tasarım, sanatçısından bağımsız, otonom olarak sonuçlar üretebilmektedir.

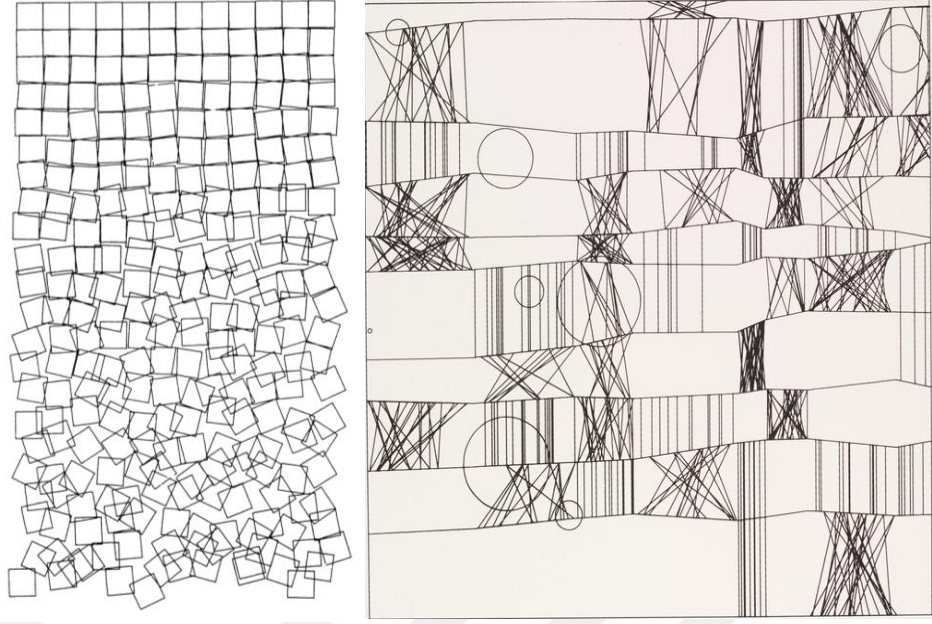
Frieder Nake ve A. Michael Noll rastgele sayı algoritmaları kullanan ilk dijital sanatçılardandır. Noll, Modrian'ın “Composition with Lines (Çizgilerle Kompozisyon)” adlı çalışmasını, düzenli bir çizgiyi başlayıp boyutlarını ve konumlarını rastgele sayılarla bozarak taklit etmiştir. Noll, “Gaussian Quadratic” adlı çalışmasını rastgele sayıların "Gauss dağılımını" kullanarak tasarlamıştır (Galanter, 2016: 161). Rastgele sayıların kullanımı sanatçı, tasarımcı ve programcılar için anlamlı bir temel oluşturmuştur.



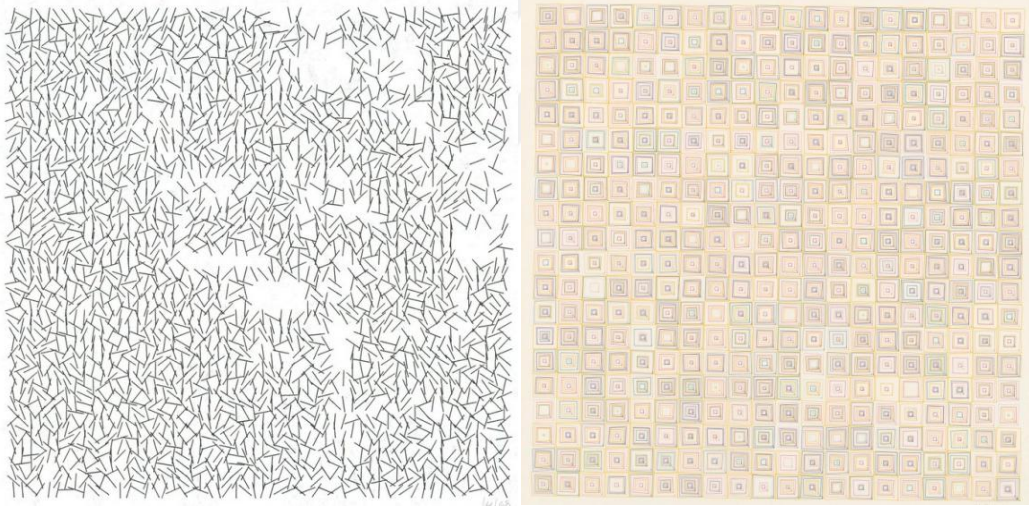
**Resim 48:** Gaussian Quadratic, Michael Noll,1965

Bilgisayar tarafından üretilen ilk jeneratif sanat çalışmalarından "Schotter", Georg Nees tarafından 1968'de tasarlanmıştır. 12 kare ile başlanılan çalışma, dönüş hareketlerinin kademeli olarak artırılmasıyla elde edilmektedir. Bailey, "12 kareden oluşan bu çalışmaya elle 10 kare daha eklemek, on saate yakın zaman gerektirirken çalışmaya ait kodda yapılacak küçük değişikliklerle binlerce karenin tasarlanabileceğini" ifade eder. Tüm odayı kaplayan ilkel bilgisayarların ardından geliştirilen bilgisayarlarla jeneratif eserler üreten Vera Molnár "yazılımın, bir sanatçının zihnindeki görüntüyü tam anlamıyla yansıtabilme" imkanı sağladığını belirtir. Ona göre, "soğuk olarak nitelendirilen bir makine, insana dair yaratıcılığın ve derinliğin ifade edilebilmesine yardımcı araçlardandır" (Bailey, 2018b: web).





Şekil 49: Schotter, Georg Nees,1968 ve Hommage á Paul Klee, Frieder Nake,1965



Şekil 50: Vera Molnár'a ait Interruptions,1968-1969 ve (Dés) Ordres, 1974

Sanatçılar, benzersiz nitelikteki jeneratif eserlerini algoritma ve denklemlerle oluşturabilmektedir (Jezouit, 2017: web). Farklı algoritma türleri sistem tasarımlarında farklı amaçlar için tercih edilebilmektedir. Genetik algoritmaların kullanıldığı bir sistemde "genetik çeşitlilik ve doğal seçilime" benzer süreçlerin oluşması için iterasyonlar artırılmakta, "hibrit yeni nesillerin çalışma alanına dahil edilmesiyle" varyasyonlar çoğaltılmakta ve hedeflenen nitelikte üretimler gerçekleştirilmektedir (Galanter, 2003: 3). Matematik formüllerinin, hazır bilgisayar

programlarının, basit geometrik şekillerin belli kurallar içerisinde çok sayıda iterasyonu ve renklendirme parametreleriyle benzersiz çalışmalar üretilmektedir. Mandelbrot'un Julia denklemlerini görselleştirmesiyle başlayan süreç, sanatsal arayışlara dönüşmüştür. Devam eden süreçte yeni medya teknolojilerinin imkanlarıyla doğadaki dinamik sistemler modellenenmiş, evrimsel süreçler, fraktal üretim teknikleri sanat üretim sürecine entegre olmuştur. Sanatçılar, mükemmel simetriye sahip iki boyutlu tasarımlar üretebildikleri gibi geliştirilen yazılımlarla üç boyutlu yapay yaşam formlarını da tasarlamaktadır.



Şekil 51: Scot Draves'e ait dijital fraktal çalışmalar

"Fraktal sanat", yeni medya teknolojilerinin ve yazılımların geliştirilmesiyle sanat ifade yöntemleriyle entegre olmuştur. Scot Draves'in yazılım kullanarak ürettiği algoritmik çalışmalar "fraktal sanat" olarak değerlendirilmektedir (Gülderen, 2017: 77). Çalışmalar benzer şekilde "yazılım sanatı" ya da "algoritmik sanat" olarak da isimlendirilebilmektedir. Draves, 2001'de fraktal animasyon çalışmaları olarak tasarladığı "Electric Sheep", bilgisayar uykuya alındığında ekran koruyucusu olarak kullanılmıştır. (Cınbarcı, 2015: 39) William Latham da benzer biçimde yazılımlarla fraktal formlara sahip organik görüntüler oluşturmaktadır. Latham'ın çalışmaları, Escher'in tasarladığı yüksek simetri özelliği gösteren çalışmalarını andırmaktadır. Bilgisayar yardımıyla biyoloji, matematik, fizik ve sosyal bilimler gibi farklı disiplinlerin bilgisinden yararlanarak "organik formlar" üreten Latham, algoritmaları kullandığı çalışmalarıyla "yapay yaşam formlarını, evrimsel süreçleri, doğanın dinamik süreçlerini" çalışmalarında deneyimlemektedir (Güney, 2014: 146).



Şekil 52: William Latham'a ait fraktal yapılu organik form çalışmaları

Celestino Soddu, 35 yıllık jeneratif sanat tecrübesi ve 21 yıldır yürüttüğü jeneratif sanat konferanslarının ardından, jeneratif sanatın tek ve son tanımının yapılmasının oldukça zor olduğunu belirtmektedir (Soddu, 2018: 69). DNA'nın kodlanması, bitkinin büyümesi gibi süreçlerin otonom geliştirildiği bilgisayar modellemeleri de birer jeneratif sanat çalışmalarıdır. Günümüzde ise yapay zekalarla üretilen çalışmalar da jeneratif sanat projeleri kapsamında yer almaktadır. Yapay zekanın sanat üretimi için kullanılması aslında yeni bir düşünce değildir. Jeneratif sanatın görsel alandaki ilk uygulamalarından olan "AARON" 1970'lerde İngiliz ressam Harold Cohen tarafından tasarlanmıştır. Kendisine, resim yapan bir asistan olarak tasarladığı Aaron'un yazılımı John McCarthy'nin ürettiği "LISP programlama sistemiyle" gerçekleştirilmiştir (Robotlar Sanat Yapabilir mi?, 2015: web). Cohen'in resim yapma yöntemleri "kodlara dönüştürülerek" çizim oluşturulmaktadır. Sanatsal becerilerin tasarımcı tarafından devamlı güncellenmesiyle AARON zamanla Cohen'in sanatsal tavrından oldukça farklı eserler üretmiştir (Çokokumuş, 2012: 18; Galanter, 2016: 164; Özel-Sağlamtimur, 2010: 219). AARON ilk zamanlarda basit şekiller ve semboller oluştururken devamında Cohen'in çalışmalarına benzer çalışmalar ve ardından daha bağımsız çalışmalar üretmesi sistemin devamlı güncellenmesi ve eğitilmesiyle ilgilidir. Cohen, "özellikle renklendirme konusunda bağımsız olarak hareket ettiğini ancak hiçbir zaman kendi kendine çalışmadığını" belirtmektedir. (Soban, 2006. web; Wired Staff, 1998: web).





Şekil 53: Harold Cohen'in tasarladığı AARON'un 1982 ve 1995 yıllarında ürettiği eserler

Jeneratif sanatçılar, farklı üretim tekniklerini kullanarak sürekli gelişim sağlamak ve disiplinler arası ilişkilerle çalışmaların etki alanını artırmaktadır. Son yıllarda "DeepDream ve GAN" gibi derin öğrenme algoritmaları jeneratif sanat üretiminde kullanılmaktadır (Bailey, 2019). Derin öğrenmenin keşfi jeneratif sanat eserlerinde farklı formların üretilmesi, jeneratif moda tasarımları, video oyunları, parametrik mimari gibi birbirinden farklı alanlara katkı sağlamıştır. Yapay sinir ağlarının kullanıldığı jeneratif çalışmalar "neural sanat" ya da "yapay zeka sanatı" olarak da ifade edilmektedir. "2016'da Memo Akten'in "DeepDream" kullandığı çalışması açık artırmada 8.000 USD'ye satılmasıyla jeneratif sanat, sanat yapan algoritmalar, yapay zeka sanatı gibi kavramlar dikkat çekmiş ve etki alanı giderek artmıştır (Daniele & Song, 2019: 1).

### 3.2.2. Yeni Medya İlişkisinde Sanat Üretim Yöntemi Olarak Jeneratif Sanat

Estetik kavramının tanımı, her dönemde farklı deneyimlerle, öne çıkarılan özelliklerle, benimsenen fikirlerle, kullanılan araçlarla, ifade tarzlarıyla değişebilmektedir. Estetik değer üretimi gelişen teknolojilerle birlikte geçmişte görülmemiş daha farklı biçimlerde de üretilebilmektedir. Yeni medya teknolojileri geçmişteki sanat üretim yöntemlerinin yeniden yorumlandığı ortamlar ve araçlar oluşturmaktadır. Jeneratif sanat üretim yöntemi olarak geçmiş dönemlerin sanat ifade yöntemlerini yeniden yorumlanmakta ve teknolojinin sunduğu imkanlarla farklı yöntemler üretilmektedir.

Soban, “jeneratif sanatın yeni bir yaratma felsefesi oluşturduğunu, jeneratif teknik ve fikirlerle sonsuz sayıda çözüm üretilebildiği ve seçilen çözümlerin geliştirilebildiğini” belirtmektedir (Soban, 2019: web.). Watz, jeneratif sanatta; “sanatçının kendi tasarladığı sistemin kendi dışında ürettiği yaratıcı sonuçlara” dikkat çekmektedir (Petersen, 2005: web).

İster kavramsal sanat, minimalist sanat, süreç sanatı ya da enstalasyon sanatı gibi 20. yüzyılı biçimlendiren sanat ifade yöntemleri olsun isterse yazılım sanatı, dijital sanat, dijital heykel, fraktal sanat, algoritmik sanat gibi dijital sanat ifade yöntemleri olsun her sanat ifade yönteminde “yenilikçi fikirler” üretilmiştir. Galanter, karmaşık sistemlerin kullanıldığı farklı sanat türlerinde “bir ürün ya da bir kayıt oluşturmak için yine jeneratif yöntemlerin kullanıldığını” belirtmektedir. Bu sebeple jeneratif sanatın “devamlı değişmesi ve öngörülemez sonuçlar üretmesi” bu sistemlerin doğasından kaynaklanmaktadır (Galanter, 2003: 19).

Estetik kavramı, farklı disiplinlerde farklı yöntemlerle oluşturulabildiği için tanımlamalarında değişiklikler söz konusu olabilmektedir. Bu durum, estetik kavramının; güzelliğin ve çirkinliğin bir standardının olmadığını ve özneliğini ortaya koymaktadır. Dijital teknolojilerin hızla gelişimi; insana dair estetik algının hesaplanması, estetik algısının oluşumu, yorumlanması gibi özelliklerin bilgisayarlar tarafından taklit edilmesine imkan vermektedir. Jeneratif sanatın yöntem ve araçlarının tartışıldığı makalede, “estetik kavramının kültüre ve yaşanılan döneme göre değişen bir algı olduğu ve estetiğin formalleşemeyeceği” belirtilmektedir. Ancak jeneratif sanatla “nörolojik ve evrimsel süreçlere ait temel mekanizmaların çözümlenmeleriyle güzelliğin ilke ve açıklamalarının yapılabileceği ve estetiğin formüle edilebileceği” vurgulanmaktadır (McCormack vd., 2014: 137). Bu sayede sanatçılar tarafından yapılan sanat eserlerinin estetiği ölçülebilirken, estetik değeri yüksek çalışmalarda jeneratif yöntemlerle üretilebilmektedir. “Hesaplamalı estetik ve estetik hesaplama” güzel sanatlar, tasarım, bilgisayar bilimi, bilişsel bilim ve felsefe gibi disiplinler arasında köprü oluşturmaktadır. Estetik hesaplama; “geleneksel görsel sanatların modern teknolojilerle güzelleştirilmesi ve kullanımının artırılması” gibi konularla ilgilenirken hesaplamalı estetikse “bilgisayar tarafından estetik değeri olan eserler oluşturmayı hedeflemekte ve jeneratif sanat üretim yöntemleri” olarak kullanılmaktadır (Bo, Yu and Zhang, 2018: 1).

Hesaplamalı estetik; “estetik ölçüm” ve “jeneratif sanat” olarak iki unsur içermektedir. Araştırmacılar tarafından bir görüntüye ait farklı özelliklerin kullanılmasıyla estetik değerlendirmesinin “otomatik belirlenebileceği” araştırmalar yapılmaktadır. Resimler, fotoğraflar, Çince el yazıları, web sayfaları ve logo tasarımlarında sayısız ölçüm yaklaşımı kullanılmakta; film görüntüleri, reklamlar ve kostüm tasarımları için de aynı prensipler uygulanabilmektedir. Jeneratif sanatta, “eser üretmek için farklı yöntemler kullansa da üretilen sonuçlar kendine özgü” dür. (Bo vd., 2018: 17).

### **3.2.3. Yeni Medya İlişkisinde Sanat Üretim Süreci Olarak Jeneratif Sanat**

Sanatçının tasarladığı jeneratif sistem “tamamen otonom ya da kısmi derece otonomluk” içermektedir. “Sanatçı ya da tasarımcı sistemi kurmakta ve sonucu etkileyecek parametreleri” oluşturmaktadır. Bu nedenle sistemin ürettiği sonuçlar tamamen sanatçının elinden çıkmamaktadır. Tasarımcının oluşturduğu "sistem, başlangıç durumu ve parametre değerleri" sanat eserini biçimlendirmektedir (Tempel, 2017: 1). "Burada sanatçının rolü, sistemi oluşturmak, başlatmak veya sadece olası ifadeleri üretebilmek için prosedür çerçevesini seçmektir" (Soban, 2006:web).

Adrean Ward'a göre, jeneratif sanat eserlerinin süreç odaklı sistemlerinde uygulama kurallarını tanımlamak için, genellikle “bir makine ya da bilgisayar tarafından matematik ya da pragmatik talimatlar” kullanılmakta ve sistem otomatikleştirilmektedir (Soban, 2006). Marius Watz’ın, jeneratif sanatın oluşumunu 1960’larda bilgisayar birlikte başladığı yönündeki ifadesiyle Ward’ın açıklamaları uyumludur. Ancak Galanter’in geçmiş dönemlerde üretilen jeneratif çalışmalarına verdiği örnekler dikkate alınırsa Ward’ın jeneratif sanat oluşum sürecine dair tanımları ve açıklamaları eksik kalmaktadır. Günümüz yeni medya teknolojileriyle bu durum değerlendirildiğinde; çalışmanın “oluşum sürecine odaklanması ve otonom süreçlerle gerçekleştirilmesi” ifadesi daha doğru bir yaklaşımdır.

El yapımı sanatın jeneratif olup olmadığı soruna Galanter, "prensipite her bilgisayar tabanlı jeneratif sanatın elle gerçekleştirdiğini fakat jeneratif sanatta otonom gerçekleşen sistemlerin jeneratif üretimin temelini oluşturduğunu" belirtmektedir (Galanter, 2003: 16). Jeneratif sanat için asıl önemli olanın elle oluşmak ya da oluşturmamak değil, bir dereceye kadar otonom bir süreçle üretimin

gerçekleştirilmiş olmasıdır. Galanter, "sanatçının sistemini oluşturduktan sonra fayansları yerleştirmek için bir ustaya vermesi ya da bunu bir jeneratif sanat robotu kullanarak gerçekleştirmesi" şeklindeki iki farklı durumla sistemin otonomluğunu örneklemektedir (Galanter, 2003: 16). Geçmiş dönem sezgisel yöntemlerle üretilen ve Galanter'in jeneratif sanat olduğunu belirttiği çalışmalar kendi dönemleri içerisinde değerlendirildiğinde üretken sonuçlar oluşturan sistemler olarak geliştirilmiştir. Günümüzde bilgisayarla, elle ya da farklı araçlarla oluşturulmuş olan jeneratif projelerde otonom sistemlerin kullanılması beklenmektedir.

Soddu jeneratif sanatının dört evresi olduğunu belirtmektedir. Bunlar; "fikir, kod oluşturma, süreç ve sonuçların seçimi" evreleridir. Fikir, kod oluşturma ve sonuçların seçimi insanın öngörebileceği ve düzenleyebileceği alanları oluşturmaktayken üçüncü aşama olan süreç aşaması sistem kodu-zaman-makine işbirliğiyle gelişen bir özelliğe sahip olup insandan bağımsız gerçekleşmektedir (Soban, 2019: web). Bilgisayar programının harekete geçirilmesiyle başlayan süreçte, herhangi bir programcı ya da insan etkisi olmadan sonuç üretilmektedir. Bilgisayar aracılığıyla sürecinin davranışlarını etkileyen kontrol örneklerini "programlama dilinin kontrol yapısı ve sürece ilişkin değiştirilebilen parametreler" oluşturmaktadır. Bu iki kontrol kategorisi sayesinde "fikirlere ve kararlar" sürece dahil edilmektedir (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012: 44).

Soddu, jeneratif sanatın otonom süreçlerini, "doğal ve yapay birlikteliğinde dünyaların inşası" olarak yorumlamakta ve süreci "DNA zincirindeki kodların oluşum sürecine" benzetmektedir (Soban, 2019: web). Her canlı gelişimi sırasında aynı DNA kodunu taşımaktadır ancak iki canlı hücreden yeni bir hücre oluşurken genetik kombinasyonlar söz konusudur. Bu sayede mevcut iki DNA kodundan daha farklı ve benzersiz yeni bir kod oluşturulmuştur. Kodun oluşturacağı sonuç öngörülemez. Süreç içerisinde gelişmektedir. Jeneratif sanatta da benzer şekilde süreç içerisinde gerçekleşen üretim öngörülemez, tersine döndürülemez. "Ortaya çıkan çalışma, bir dosya olarak kaydedilmezse, baskısı alınmazsa ya da materyal nesnesi olarak üretilmezse sonsuza dek kaybolma tehlikesi" ortaya çıkmaktadır (Soban, 2019: web). Çünkü bir sonraki algoritma döngüsü daha önce seçilmiş olan daha iyi bir çözümden oldukça farklı yeni bir çözüm oluşturabilmektedir.

Otonom sistemlerde "giriş parametrelerinin değiştirildiği durumlarda kendini yeni duruma göre düzenleyen çözümler" üretilmektedir. Süreç içerisinde farklı

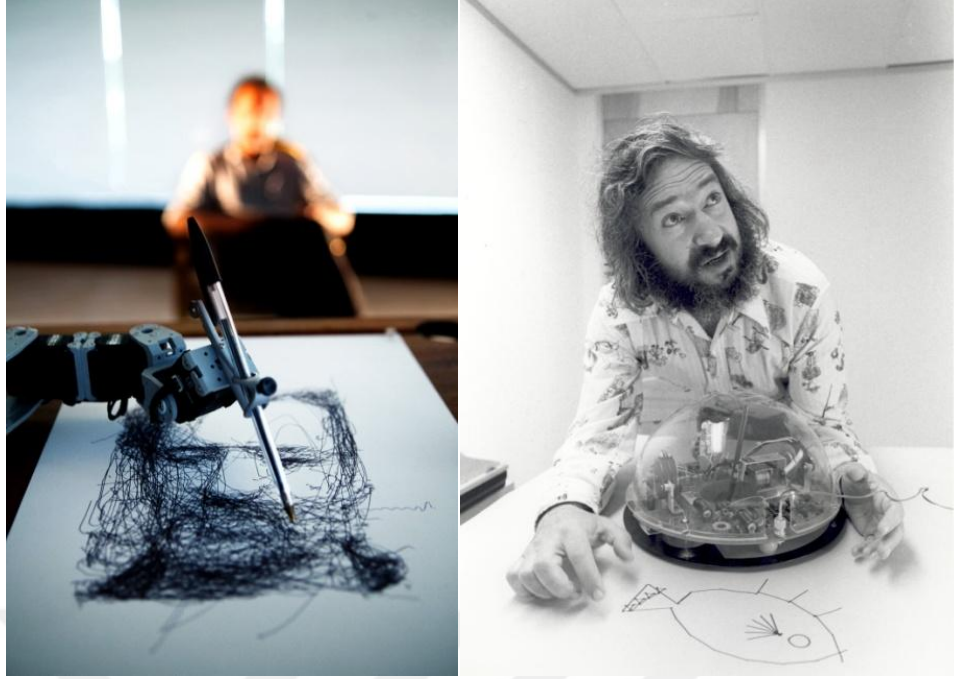
alternatif çözümler üreten otonom sistem "bilgi birikimini ve deneyimi saklayabilmekte, geniş çözüm kümeleri oluşturabilmekte ve geliştirilebilmektedir" (Cestel, 2008: 35-37). Sonuçların anlık ve benzersiz oluşu otonom süreçlerin "aşamalı olarak öznel yorumlar geliştirmesine" olanak sağlamaktadır. Soddu, sanatçının özgünlüğünün artmasında yapay zeka algoritmalarının önemini vurgulamaktadır (Soddu, 2018: 71-72). Aslında yapay zeka, "şemsiye bir kavram" olarak farklı algoritma türleri ve otonom üretim sağlayan diğer hesaplama biçimleri için kullanılmaktadır. Yapay zeka kavramıyla, sanat üretiminde insan yaratıcılığının ve bilişsel zekasının aşılması durumu vurgulanmamaktadır. Buradaki asıl önemsenen şey, insan benzeri öğrenme, davranış ve karar verme adımlarının taklit edilebilmesidir. Lake ve arkadaşlarının "zihnin nasıl oluştuğu ve yapısı üzerine yeterli bilginin sağlanamayacağı" yönündeki düşünceleri; yapay zekanın, "zihin" denen büyük bir bilinmezin sadece bilimsel olarak keşfedilen ve modellenen kadarını taklit ettiğini ortaya koymaktadır. Basit hücresel algoritma, derin öğrenme, evrimsel algoritma gibi hesaplama türleri yapay zeka kavramı içerisinde ifade edilebilmektedir (Daniele and Song, 2019: 3).

"İnsan ve makine işbirliğinin oranı" olarak da ifade edilebileceğimiz otonomluk geniş bir "spektrumuna" sahiptir. Spektrumun bir tarafında yazılımların tamamen sanatçı kontrolünde oluşturulduğu çalışmalar bulunmaktadır. Casey Reas ve Ben Fry'ın üretimi "Processing" ve Lieberman'ın geliştirdiği openFrameworks gibi platformlar kodların tamamen tasarımcı tarafından yazıldığı ve sanatın üretildiği ortamlardır. Hareket boyunca, biyo-sinyaller veya jestler kullanılarak sanatçının açıklayıcılığını artıracak etkileşimli araçlar, hesaplama öğeleri ve yazılım parametreleri "insan ve makine arasındaki geri dönüşümü" sağlayarak sanatçının kısmi müdahalesiyle söz konusu olabilmektedir. Diğer yandan bu çalışmalarda oluşturulan her türlü durum "insan girdisi" olarak sisteme tanımlanmaktadır. Sistemin ayrıca geliştirdiği "yaratıcı öğrenme yeteneği" bulunmamaktadır (Daniele and Song, 2019: 3). Jeneratif sanatın deneyimlenmesi için yeni öğrenenler ve çocuklar için tasarlanmış olan "TurtleArt, Scratch" gibi programlar da bulunmaktadır. TurtleArt, Logo programlama dilinin çağdaş bir ürünü olarak oluşturulmuştur ve günümüzde geniş uygulama alanı olan program "kaplumbağa geometrisi" içermektedir. Tamamen algoritmik bir tasarım olan TurtleArt, programlama ve kaplumbağa geometrisini araç olarak kullanmaktadır. "TurtleArt



programıyla ekranda görüntü üretebilmenin tek yolu program yazmak ve uygulamaktır" (Tempel, 2017: 3-6). Kodların oluşturulmasıyla üretilen görüntüler beklenmedik davranışlar oluşturmaktadır. Kodlar "determinist bir biçimde oluşturulsa da doğrusal gelişmeyen süreçler sayesinde farklı sonuçların üretilmesi" mümkün olmaktadır (Tempel, 2017: 3-6).

Otonomluğun nüanslarının oluşturduğu spektrumda bazı sistemler tasarımcısının aktif yönlendirmesiyle kullanıldığı an "makine öğrenme yöntemlerini" kullanmaktadır. Sistem hareket halindeyken öğrenme otonom biçimde gerçekleşir. Sistem çalıştırılmazsa "yaratıcılık üretimi veya öğrenme yeteneği" göstermemektedir. "Wekinator" ve "Paul" bu sistemlere örnek projelerdir. "Wekinator", makine öğrenme yöntemlerini sistem tasarımcısının başlattığı süreçte gerçekleştirmektedir. Patrick Tresset'in bir uzantısı haline dönüşen tasarımı olan "Paul" otonom seviyesi yüksek bir çizim robot olsa da "Paul"un çizim stiline ve davranışına izin veren algoritmalar otonom çalışan sistemin yaratıcılık alanını sınırlamaktadır (Daniele and Song, 2019: 3). Daha erken dönemde 1970'li yıllarda Seymour Papert tarafından oluşturulan "kaplumbağa" da bilgisayarda oluşturulan ileri, geri, sağa ve sola dönme komutlarını zemin üzerinde dolaşarak gerçekleştiren robotik bir tasarımıdır. Merkezinde dikey olarak konumlandırılmış bir kalem bulunmaktadır (Tempel, 2017: 4). Kodların ve sistemin tasarımcı tarafından oluşturulduğu bu çalışmada cihaz otonom hareket edebilmektedir. Sistemde kodun tasarımcısından bağımsız ürettiği görüntü kağıda aktarılmaktadır ancak makine öğrenmesi gerçekleşmemektedir.



Şekil 54: Otonom çalışan çizim robotları “Paul” ve “Turtle”

Spektrumun sonunda insan müdahalesinin olmadığı ya da çok az olduğu otonom sistemler bulunmaktadır. Spektrumun bu kısmında oluşturulan tasarımlar "derin öğrenme, genetik algoritma, GAN gibi otonom seviyesi yüksek yapay zeka algoritmalarının" kullanıldığı jeneratif sanat örnekleridir (Daniele & Song, 2019: 3). Soddu, robotun derin öğrenme ile edindiği deneyimi belleğine kaydetmesi sonucu üretimin benzersiz ve tekrarlanamaz biçimde gerçekleştiğini belirtmektedir. Üretilen her eserle "jeneratif sürecin tekliği yani özneliği" ortaya çıkmakta ve tasarlanan eserlerin "tanınabilirliği" gittikçe artmaktadır. Mevcut algoritmalar sistemin iyileştirilmesinde yeterli olmayabilir. Sistem bir dizi "varyasyon algoritması" ile beslendiğinde sistemin özneliği artırılmaktadır (Soddu, 2018: 72). Aaron veya "Painting Fool" gibi yapay zeka çalışmaları, Mario Klingemann, Anna Riddler veya Robbie Barrat gibi sanatçıların "Generative Adversarial Networks" (GAN) kullandıkları çalışmaları spektrumun son kısmına örnek verilmektedir (Daniele and Song, 2019: 3).

Soddu, "yalnızca algoritmaların öznel yorumlar oluşturmakta yetersiz kaldığını belirtmekte ve yapay zekanın kullanıldığı jeneratif yaklaşımlarının öznel anlatım için büyük bir avantaj olduğunu" ifade etmektedir. Geçmiş yüzyıllarda sanat ve sanatçı arasındaki ilişkiyi tahrip eden formların "yapıcı-yapıcı olmayan analizi"

terk edilmiş ve "transformasyon mantığıyla üretilen soyut yaklaşımlar" geliştirilmiştir (Soddu, 2018: 71). Jeneratif sanatta sistem giriş değişkenlerinin transformasyonu ile benzersiz varyasyonlar üretilmektedir. Jeneratif sanat üretme sürecine tasarlanan hangi sistemle başlanmışsa süreç boyunca otonomluğu aynı kalmaktadır. Süreç içerisinde otonomluğunun seviyesi değişmemektedir. Çünkü otonomluk, kurulan sistemin bir özelliğidir. Sistem oluşturulduktan sonra süreç boyunca insan müdahalesi gerçekleştirilmemektedir. Sisteme ait parametre değişimleri yapılarak daha fazla varyasyonun oluşumu sağlanabilmektedir. Otonom seviyelerinin farklılığı tasarlanan süreçlerde kullanılan tekniklerle ilgilidir.

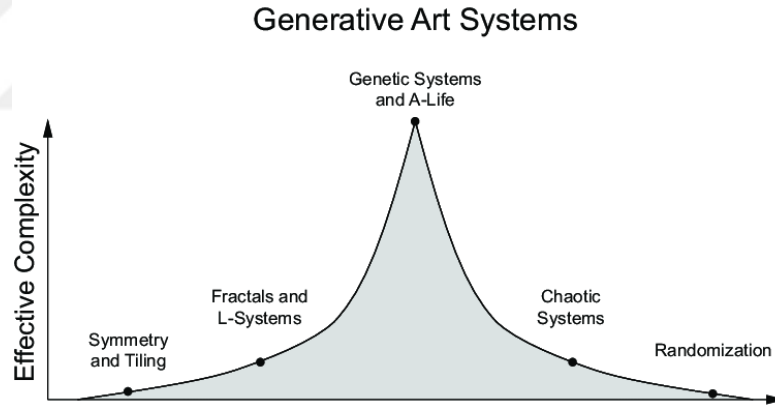
Soddu, "yaratıcı bir tür olarak insanın asla aynı kalmadığını" belirtmektedir (Soddu, 2018: 72). Düünden bugüne değişen her şey, yarın da farklılaşmaya devam edecektir. Jeneratif sanatın gelişim sürecine göre, günümüzde varyasyon üretmek için kullandığımız birçok yöntem gelecekte yeniden yorumlanacaktır. Bu yaklaşımlar, birçok olası etkiye açık evrimsel süreçlerin, yüksek düzene sahip yapıların, birlikte ve iç içe devamlı geliştiği bir süreci tanımlamaktadır. Süreç ise her yeni bilimsel ve teknolojik gelişimle yeniden yapılanacak ve günümüzden daha farklı yöntemlere dönüşecek, öngörülemez biçimde şaşırtıcı sonuçlar oluşturacaktır.

#### **3.2.4. Sanat Üretim Sistemi Olarak Jeneratif Sanat**

Jeneratif sanat çalışmaları; "elektronik müzik, şiir, resim, aleatorik yöntemle beste yaratımı, bilgisayar grafik ve animasyonları, tasarım endüstrisi ve mimarlık" gibi birçok farklı uygulama alanına sahiptir (Galanter, 2003). Çağdaş jeneratif sanat sistemleri, estetik eserler üretebilmek için "hesaplama teknikleri ve hesaplama araçları" (programlama dili) kullanmaktadır (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012). Farklı alanlarda gerçekleştirilen jeneratif sanat sistemleri, benzer üretim tekniklerini kullanabilmektedir. Genetik algoritmalar, matematiksel denklemler, yapay sinir ağları, hücreli otomatlar, Lindenmayer sistemleri, fraktallar ve derin öğrenme algoritmaları gibi pek çok teknik, jeneratif sanat üretiminde kullanılabilir.

Jeneratif sanatta, İslam soyut sanatında ve Escher'in eserlerindeki yüksek simetri özelliği gösteren fraktal yapılar, fraktal üretim tekniklerinden yararlanılarak oluşturulmaktadır. Doğada doğrusal davranışlar göstermeyen fraktal yapılar bilgisayarlar yardımıyla modellenmekte ve sanat üretimine entegre edilmektedir. 20.

yüzyıl sanat ifade yöntemlerinde deneyimlenen rastlantısal gelişen, durağanlık, akışkanlık gibi süreçler 21. yüzyılda yeni medya teknolojileriyle birlikte yeniden yorumlanmıştır. Jeneratif sanat üretim sistemini yüksek simetri özelliğine sahip sistemler ve rastlantısal süreçler arasında bir "spektrum" oluşturmaktadır (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012: 44). Spektrum aralığında en etkin biçimde kullanılanlar evrimsel hesaplamalara dayalı genetik sistemler ve yapay yaşam yaklaşımlarıdır. Jeneratif sanatın programlama dili ve davranış süreçlerini değiştirilebilme yeteneği olan kontrol sistemleri, söz konusu spektrumun hangi seviyesinde bir üretim tekniği kullanılacaksa o ölçüde basitlik ya da karmaşıklık göstermektedir. Galanter, grafikte ilgili "her sistemin kendine özgü olduğunu ve sınıflandırmanın genelliğini" belirtmektedir. "Evrimsel sistemlerden ilham alan her genetik oluşum eşit derece karmaşıklık içermemektedir. Bazı L-sistemler diğerlerinden daha düzensizken bazılarının karmaşıklığı fraktallara eşdeğerdir" (Galanter, 2003: 12).



**Şekil 55:** Jeneratif sanat sistemleri

Stokastik süreçlere dayalı sistemlerle çoğunlukla soyut resimler üretilmektedir. 20. yüzyıl soyut eserlerin anlatı oluşturma fikrinin yerine opaklık, genişlik, yükseklik ve yarıçap gibi parametre bileşenlerinin oluşturduğu olasılıkların deneyimlendiği çalışmalar üretilmektedir (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012).



**Şekil 56:** ps3-praystation ile üretilen Joshua Davis çalışmaları, 2001

Stokastik süreçlerin kullanıldığı üretimlerde görüntü bileşenleri arasındaki ilişkilerin düzenlenmesi ve parametre kontrolleri yeterli gelmemektedir. Daha fazla etki alanı ve kontrolün istendiği projelerde kontrol bilgilerinin "program" olarak belirtilmesi gerekmektedir. Kurallara dayalı üretilen jeneratif sistemlerde nesneye ait bilgiler kodlanmakta ve nesnelerin kontrolleri bu sayede sağlanabilmektedir. “IF-THEN veya IF-THEN-ELSE” gibi üretim kurallarının kullanıldığı programlarla her türlü nesnenin bilgisi kodlara dönüştürülebilmektedir (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012).

Anders Hoff basit kurallardan oluşan ve sanatçıların açık kaynak kodlarından etkilenerek ürettiği çalışmalarını tasarladığı üretim teknikleriyle birlikte tanıtmaktadır. Ağ yapısı, yapraklar, dallanmalar, liken oluşumları, reaksiyon difüzyonları, hücresel otomatlar, fraktallar, küfler, biyolojik büyüme modelleri gibi pek çok farklı tekniklerle jeneratif süreçleri deneyimlediği çalışmaları bulunmaktadır. John Franzen’den elle oluşturduğu çizimlerinden ilham alan Hoff, “her çizginin önceden çizilmiş olan çizgiyi izleyerek oluşturulan çalışmanın bilgisayarda daha yalın bir biçimde oluşturulabileceğini” belirtmektedir (Hoff, 2015: web).



**Şekil 57:** Sağda Franzen’a ait “Each Line One Breath” adlı çalışmasından bir örnek ve solda Hoff’a ait basit kurallarla oluşturulan çalışma

L-sistemleri gibi dilbilgisi sistemleri “bilgi paketlemenin kompakt bir yolu”dur (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012). Çok hücreli organizmaların büyümesini simüle etmek üzere geliştirilen Lindenmayer sistemleri, yeniden yazma ve görselleştirme yöntemi olarak karmaşık yapıların basite indirgenmesinde etkilidir (Cestel, 2016: web). Bu sayede tasarımcı büyümenin her aşamasını gözlemleyebilmekte ve süreç içerisinde meydana gelen farklı formlar yeni alternatiflere ve yaratıcı fikirlere dönüşebilmektedir. Tasarımda L-sistemler “CAD programına aktarılmasıyla doğrusal çizgilerden eğrisel yüzeyler” oluşturulabilmektedir (Cestel, 2008: 46-47). L-sistemleri algoritması bitkilerin morfolojik gelişimleri için kullanılmasının yanı sıra vadi ve orman animasyonlarında sanal bitki örtüsü geliştirmek için kullanılmaktadır (Galanter, 2003: 2). Doğadaki fraktaller gibi kendini tekrar eden ve öz benzeşim gösteren yapılar ve yapay formlar üretilebilir. Formlar karakter dizilerinden oluştuğu için farklı disiplinlerle ve programlarla uygulanabilmekte ve veri alışverişi sağlanabilmektedir (Cestel, 2008: 46).

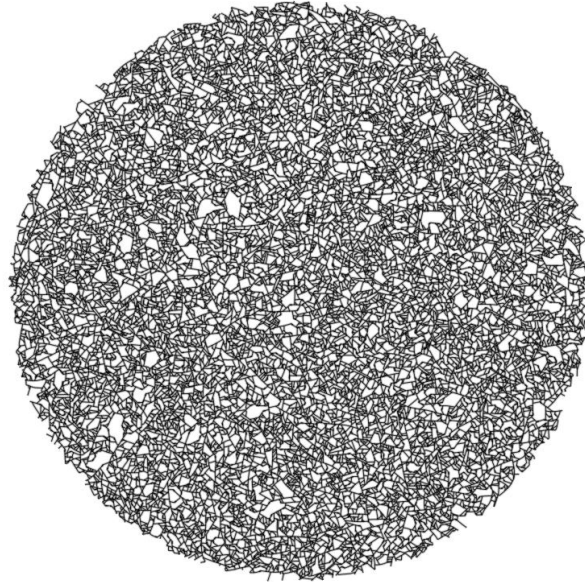
Jared Tarbell’e ait Substrat adlı eserinden etkilenen Hoff, “çizgilerin alanın sınırlarına ulaşana kadar ya da başka bir çizgiyle çarpışana kadar büyüdüğünü” ifade etmektedir. “Bir çizginin durması durumunda var olan çizgilerden birine dikey olarak yerleştirilmiş bir algoritmaya sahiptir”. Hoff, bir kent benzeri yapının oluşumuna benzeyen Tarbell’e ait çalışmayı yaprak damar düzeni algoritmasıyla birleştirerek cam ya da porselen gibi kırılabilir malzemelerdeki kırılma desenlerini taklit



etmektedir. Kırıkların büyüme aşamaları; “görüş alanı, kaynakların merkezleri, yeni kırıkların oluşumu, kırılmaların yoğunluğu ve kırılma hızı” gibi durumların kontrolüyle gerçekleşmektedir (Hoff, 2015: web).



Şekil 58: Processing ile üretilen Substract adlı çalışma, Jared Tarbell, 2003



Şekil 59: Anders Hoff'a ait Fractures, 2015

Bailey, Tarbell'in yoğun görsel karmaşıklık barındıran çalışmalarının “algoritmaldan değil topraktan oluştuğu hissi” verdiğini belirtmektedir. Kodlarla

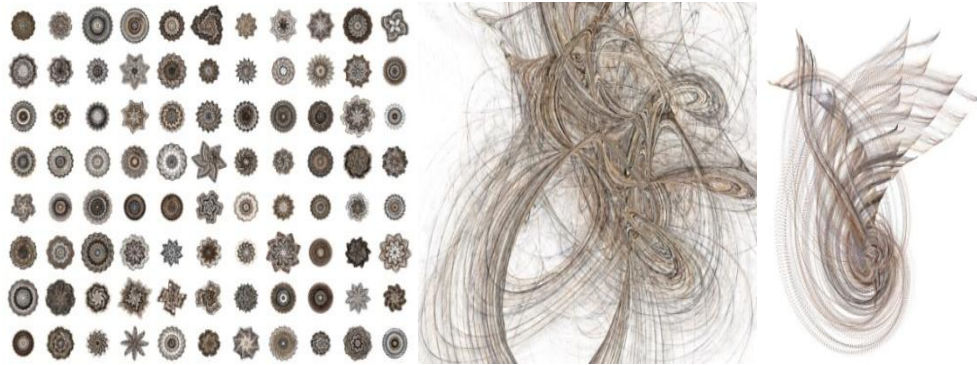
yarattığı ve piksellerden oluşan çalışmaları organik görünümleriyle “analog çalışmalara” benzemektedir (Bailey, 2018b: web).



**Şekil 60:** Bubble Chamber, 2003 ve Intersection Aggregate, 2004, Jared Tarbell

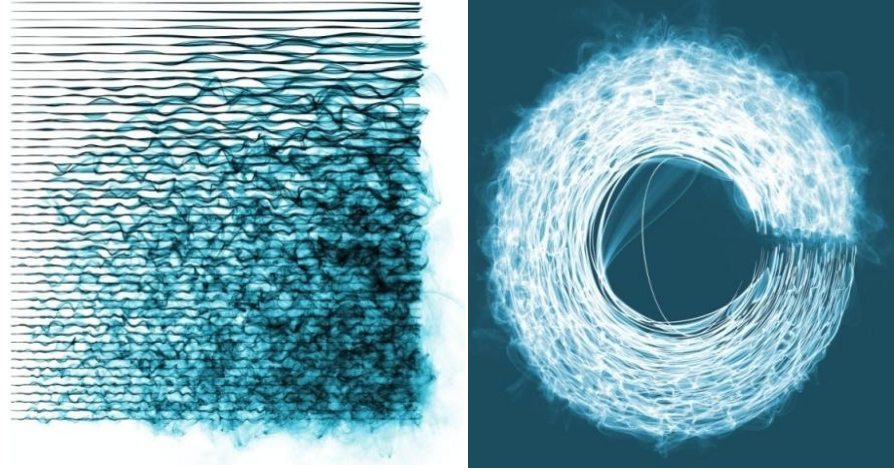
*Matematikte kullanılan B-Spline eğrileri, daire üzerinde oluşturulan kontrol noktalarının farklı seviyelerde hareket ettirilerek kararsızlaştırıldığı eğrilerdir. Yavaş hareketlerde yüksek yoğunluk, hızlı hareketlerde düşük yoğunluklar oluşmaktadır(Hoff, 2015: web).*

Tasarladığı algoritmayı Tarbell'in “Limb Sand Stroke”, “Sand Dollar”, “Sand Traveler” adlı eserlerinden esinlenerek oluşturulan Hoff, ürettiği çalışmalara “Sand Spline” adını vermektedir (Hoff, 2015: web).



**Şekil 61:** Sand Dollar, Sand Traveler ve Limb Sand Stroke, Jared Tarbell, 2004

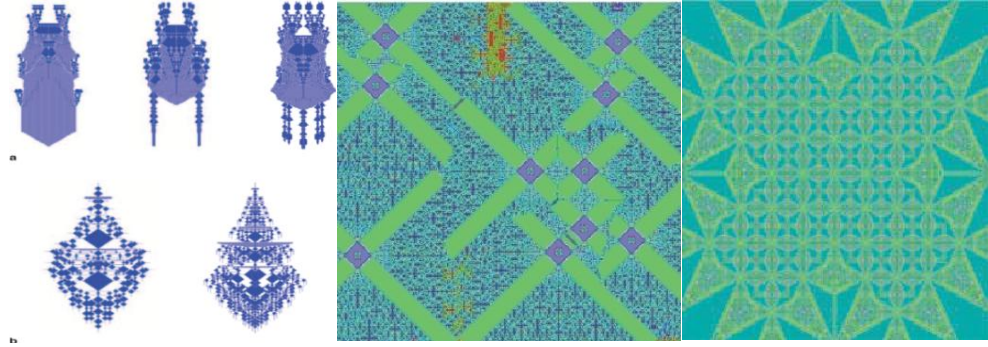




Şekil 62: Sand Spline, Anders Hoff, 2015

Genetik algoritmaların ve genetik programların kullanıldığı jeneratif sistemlerde teknik olarak “evrimsel bilgi işlem” kullanılmaktadır. Sezgisel yöntemlerin ve rastlantısallıkların kullanıldığı sistemlerde giriş değerlerini kromozomlar oluşturmaktadır. Jeneratif sistem içerisinde kromozomların seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerin kullanılmasıyla hedeflenen değere yakın kromozomlar yani transformasyona uğramış başlangıç formlarından istenilen niteliğe yakın benzersiz varyasyonlar oluşmaktadır. İstenen süreç elde edilinceye kadar süreç devam ettirilebilmektedir. Evrimsel temanın bir diğer etkili yönü, “Evrimsel Yapay Yaşam”a dayanan üretken sanat sistemleridir (Phon-Amnuaisuk and Panjapornpon, 2012).

Jeneratif sanat sistemlerinde hücreli otomatlar, karmaşık desenler üretmek için kullanılmaktadır. Oluşturulan desenler etkileşimli kurallar zinciri içermektedir. Kar taneleri ve yumuşakçalardaki oluşumlar “kural tabanlı hücreli otomatlarla” üretilmektedir. Geleneksel hücreli otomat türlerine ek olarak “karınca tip sistemler, reaksiyon difüzyon sistemleri ve özyinelemeli hücreli otomat sistemleri” de estetik desen tasarımları için kullanılmaktadır (Shin, 2016: 431). Farklı kuralların ve karıştırma yöntemlerinin kullanıldığı hücreli otomatlarda desen bileşenlerinin, bileşen kalıplarının ve karışım dizilerinin farklılaştırılmasıyla benzersiz kombinasyonlar oluşturulmaktadır (Shin, 2016: 433-434).



Şekil 63: Çoklu başlangıç tohumlarından elde edilen desenler

Sanatçı ya da programcı tarafından tasarlanan yapay zekalar “insanın zihinsel yönünü taklit ederek öğrenme gerçekleştirmekte ve davranış değişikliği” geliştirebilmektedir (Canan ve Acungil, 2018: 30). Yeni medya teknolojilerinin kullanılmasıyla dönüşen sanat ifade yöntemleri günümüzde kural tabanlı, genetik algoritmalar, yapay sinir ağlarını, derin makine öğrenimi gibi yeniliklerle net bir ayrımın gerçekleştirilemeyeceği biçimde iç içe geçmiştir. Casey Reas gibi yeni medya sanatçıları “nöral ağlar, doğal zeka ve oluşumu, yapay yaşam” gibi çok fazla bağımsız değişkeni olan sistemler ve sistem kuramları üzerinde çalışmaktadır. Oluşturdukları kod, parametreler, farklı bilgisayar yazılımları, donanım üniteleri, simülasyonlar gibi farklı medya araçlarıyla sürecin her aşamasında jeneratif sonuçlar elde edilmektedir. Watz, jeneratif sistemlerde “başlangıç formlarının ya da üretilmesi istenen nesnenin önemli olmadığını” belirtmektedir. “Üretilecek bir mimari yapı, portre, gemi, sandalye ya da bir şehir” olsa da jeneratif yöntemlerin kullanıldığı algoritmalar “anlamli matematiksel yorumlar çıkarılmakta, uyumlu ve estetik değeri olan” üretimler hedeflenmektedir (Soddu, 2018: 74). Derin öğrenmenin gerçekleştirildiği derin sinir ağları (Deep Neural Network- DNN) türleri yapay zeka ile sanat üretmek için kullanılmaktadır. “DeepDream ve Style Transfer”, “konvansiyonel sinir ağlarına” dayanan (Convolutional Neural Networks-CNN) algoritmalarıdır. CNN, hayvanların görsel algılarının taklit edildiği tasarım çalışmalarını oluşturmaktadır. “Özyinelemeli sinir ağı (Recursive Neural Network-RNN)” ve “Uzun kısa süreli bellek (Long Short-Term Memory- LSTM)” algoritmaları insan beyninin hafıza yapısından ilhamla oluşturulmuştur ve el yazısı veya dil gibi sıralı görevler için kullanılmaktadır. Sanatta müzik ve çizimle ilgili çalışmalarda “Değişken Otomatik Kodlayıcı (Variational Auto Encoder-VAE)”

uygulanmaktadır. İçinde üretici ve ayrımcı olmak üzere iki farklı model bulunduran ve denetimsiz öğrenmenin gerçekleştirildiği “Üretken Ters Ağlar (Generative Adversarial Network-GAN)” ile görsel ve sesle ilgili çıktılar üretilmektedir (Daniele and Song, 2019: 4).

Son dönemde jeneratif sanat içerisinde en çok kullanılan derin öğrenme algoritmaları GAN'lardır. Bailey, üretken ters ağlarda var olan “üretici ve ayrımcı modelleri”, “sahte bir Picasso ve Picasso'ya ait resmi sahte resimler arasından seçebileceğ bir sanat eleştirmeni” örneğiyle ifade etmektedir (Bailey, 2018b). Sahte ressama, Picasso'ya ait 1.000 resmin bulunduğu bir kitap verdiği hayal edilmektedir. Sadece bir kaç resme bakan sahte ressam Picasso'ya ait olduğu düşünölen bir resim üretmekte yetersiz kalabilir ve eleştirmen sahte olan çalışmayı kolayca fark edebilir. Ancak çok miktarda görselle yeterince eğitölen sahte Picasso'nun oluşturduğu çalışmalar eleştirmen için seçilmesi zor bir durum yaşatmaktadır. Eleştirmenin orijinale yakın olarak seçtiği her çalışmayı referans alan sahte ressam, eleştirmeni kandırabilmek için daha iyisini üretmektedir.

GAN algoritmalarını eğiterek jeneratif eserler üreten Robbie Barrat, üretmek istediği temaya dair binlerce görüntüyle sistemi beslemektedir. Barrat sistemin çalışma mantığının Sol LeWitt'in oluşturduğu kuralların başkaları tarafından “yorumlanarak üretilmesine” benzer olduğunu belirtmektedir. Barrat'a göre, “geleneksel jeneratif sanatta yazılan kodlar bilgisayar tarafından uygulanmakta, çok sayıda sonuç oluşmakta ancak yorumlanmamaktadır.” (Bailey, 2018a: web). Kuralların yanlış olarak düzenlendiği sistem, çalışmaları gerçek anlamda yorumlamıyor olsa da oluşturduğu üretimler beslenenlerden oldukça farklıdır. 400 soyut resim ve 14.000 manzara resmi kullanarak eğittiği çalışmaları için beslediği çok az soyut sanat çalışmasının manzara üretiminde şaşırtıcı sonuçlar verdiğini belirtmektedir.



**Şekil 64:** Robbie Barrat'a ait GAN ile oluşturulan jeneratif çalışmalar

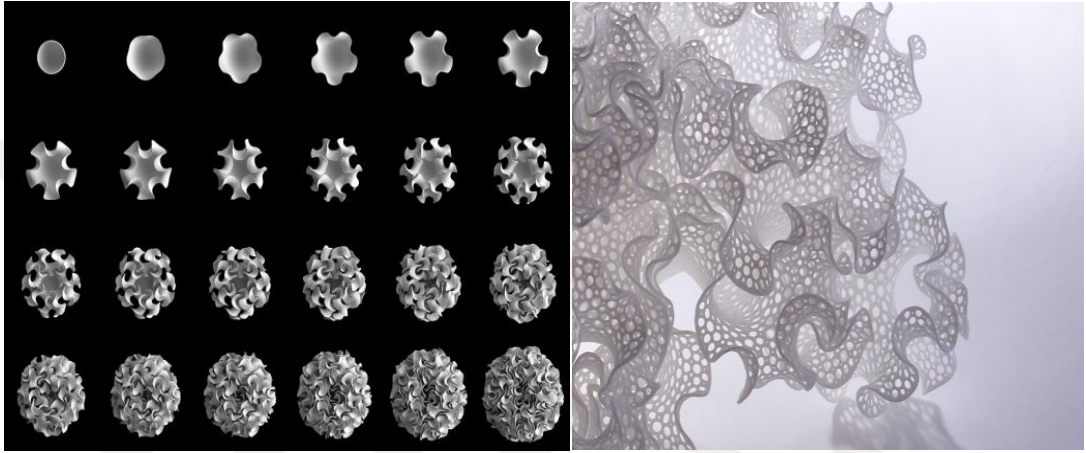
Yapay zekayı jeneratif eserlerinde kullanan Barrat ve Klingemann gibi sanatçıların yanı sıra Cristóbal Valenzuela, Memo Akten, Helena Sarin ve Gene Kogan gibi sanatçılar mevcut sınırları aşan üretimler geliştirmektedir (Bailey, 2018b: web).

### **3.3. Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Yeni Medya Ekseninde Jeneratif Sanat**

Yeni medya teknolojilerinin entegrasyonu ile daha önce erişilememiş sınırlara erişilmiştir. Hızlı veri artışı, yazılım ve donanımların sürekli geliştirilmesi yaratıcılık alanında pek çok avantaj sağlamaktadır. Sanatçı yeni medya teknolojilerini araç olarak kullandığı gibi kendisinin tasarladığı sanal ortama izleyiciyi taşıyabilmektedir. İzleyicinin ya da kurumun veri arşivini kendi ürettiği algoritmalarla görselleştirebilmektedir. Tasarladığı çizim robotunu eğiterek estetik değeri yüksek eserler üretmesini sağlayabilmektedir. Artırılmış gerçeklik kullanarak sanal ve gerçek dünya arasındaki farkın flulaştığı alanda merak uyandıran şaşırtıcı çalışmalar üretebilmektedir. Sanatçı gelişen bu süreçte bilimsel bilgiyi kullanmakta, bilim insanları, tasarımcı, programcı gibi farklı disiplinlere birlikte çalışmakta ve farklı disiplinlerin kenarlarının birleştiği bir alanda benzersiz işler üretmektedir. Kenar etkisinin sağladığı bu gelişmeler sanatçının özgünlüğünü ve yaratıcılık sınırlarını zorlamaktadır.

Sanatçı Jessica Rosenkrantz ve sanatçı Jesse Louis-Rosenberg doğanın kendine has formlarından ilham alarak ürettikleri tasarımlarında doğanın fraktal

yapılarını anlamak için bilimsel teorilerden yararlanmıştır. Lindenmayer sistemlerini kullanarak üretmek istedikleri fikirler, basit kurallar kümesine dönüştürülmüş ve tasarımlar modellenmiştir. Soyut heykel, avize, takı, yapboz, kinematik kıyafet gibi nesnelere sabit bir sonuç oluşturmanın ötesinde jeneratif süreçlerin sunduğu sayısız formda tasarımlar elde edilmektedir. Ekip, çalışmaların kaynak kodlarını ortak kullanım lisansı altında açarak tasarımların kişiselleştirilmesine imkan sunmaktadır (Rosenkrantz and Louis Rosenberg, 2019: web).



Şekil 65: Sağda kenar bazlı büyüme, solda floraform heykel tasarımı, 2015

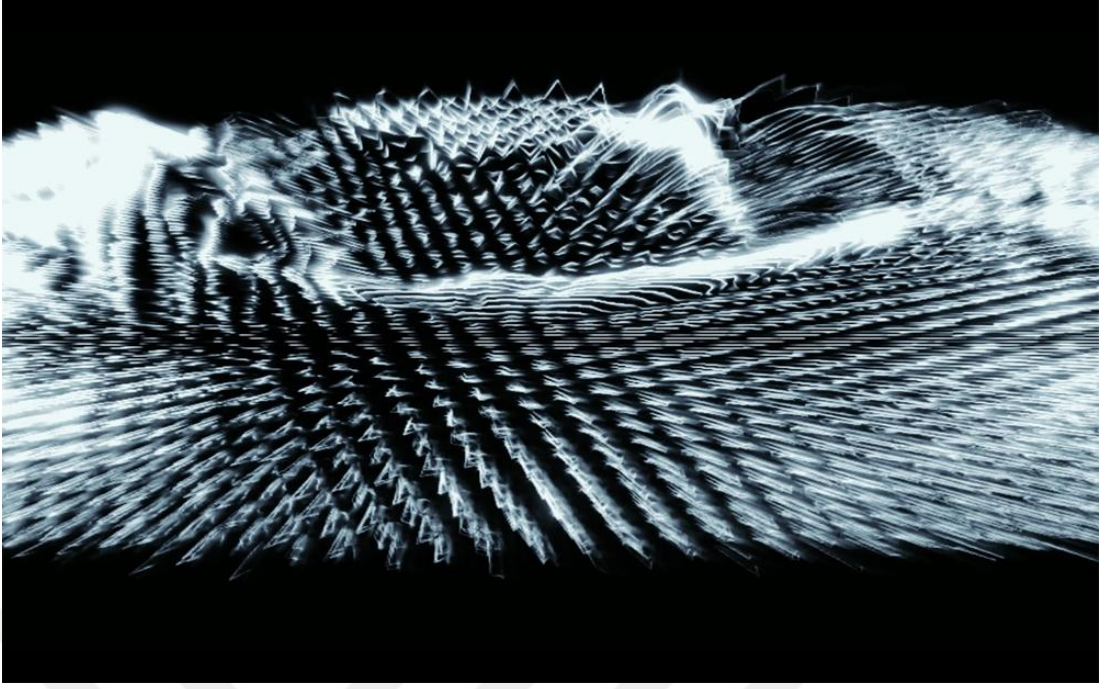
Doğada yaprakların büyümesi ve çiçeklerin açması hadisesi yüzeyde zuhur eden diferansiyel büyüme yoluyla gerçekleşmektedir. Doğanın biyomekaniğinden esinlendikleri tasarımlarında diferansiyel büyümenin hesaplamalı simülasyonları oluşturulmaktadır. Floraform ve hyphe adında iki üretici algoritma kullandıkları sistemlerinde elde ettikleri birçok sonuç arasından seçtiklerini baskı heykel, aydınlatma, giyilebilir süslemeler şeklinde üç boyutlu yazıcılar ve kesim cihazlarıyla üretilmektedir (Rosenkrantz and Louis Rosenberg, 2019: web).





Şekil 66: Floraform Chandelier, 2017

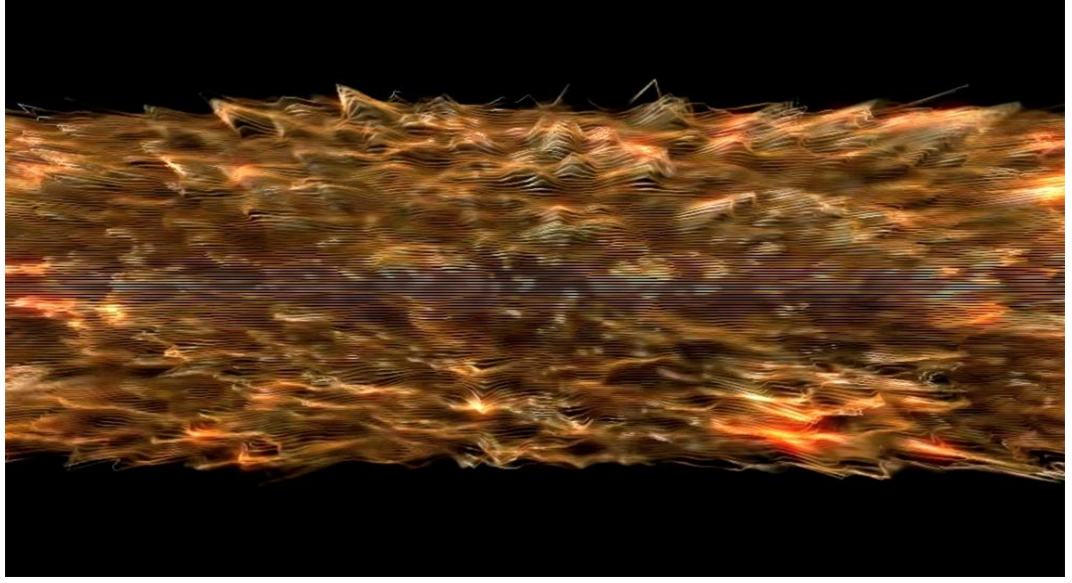
Çalışmalarında doğum, ölüm ve yeniden doğuş gibi evrimsel süreçleri, kuantum fiziğini, ışık ve ses gibi fiziksel terimleri, mikrodan makroya evreni bir bilim insanı gibi inceleyen ve işleyen yeni medya sanatçısı Ozan Türkkan, farklı algoritmalarla geliştirilen polinom fonksiyonları, fraktal yöntemleri, seslerin birleştirilmesi gibi çeşitli jeneratif teknikleri kullanmaktadır. 2013 yılında gerçekleştirdiği “Bipolar Fractal” adlı dijital video çalışması mani ve depresyon anlarındaki geçişleri yansıtmaktadır. Çalışmasında mani ve depresyon arasında değişen bölümler, artan ve azalan deneyim durumları “geometrik mutasyonlar, RuttEtra benzeri sentezlenmiş fraktal formların dinamik hareketleri ve seslerin frekanslarıyla” işlenmektedir. Bipolar Fraktal, hatalı ifadeleri yakalayan ve engelleyen aynı sistem içerisinde kararsız durumlardaki yanlış bilgi ve anormal sinyalleri işaretleyerek çalışmaktadır (Türkkan, 2013: web).



Şekil 67: “Bipolar Fraktal” adlı dijital video çalışmasından anlık görüntü

Sanatçı, tasarladığı sistemi ve sisteme ait parametrelerini nasıl oluşturduğunu ifade ederken jeneratif sanatın aslında doğanın kullandığı sistemleri kullandığını belirtmektedir.

*Nasıl bir formu tasarlayacağımı; bağırdığımda ya da sakinleştiğimde nasıl bir yapıya bürüneceğimi ve tüm bu sürecin nasıl bir denge oluşturacağını düşündüm. Sanskritçe’de bir söz vardır: “Nada Brahma”. Önce sesin, titreşimin yaratıldığını ifade eder. Bu çalışmada ses çok önemli bir parametreydi ve form onu takip ediyordu. Ama süreç içerisinde ses ve form iletişim kurmaya başladıklarında birbirlerini var ediyor: bazen öne çıkarken bazen geride kalıyor ama dengede ilerliyorlar. Aralarındaki iletişim önemliydi. Çıgıllıkları, boşlukları ve dinginlik hallerini dengeli bir zemine oturtmaya çalıştım. Dalgalanma boyutu oldukça yüksek olsa da her zaman bir denge vardır. Çıgılık, nefes alma, boşluk, dinlenme, devinim gibi modların ses ile vurgulanması daha etkileyici olmaktaydı. O yüzden dijital seslerin yanı sıra su, rüzgar, ateş, orman gibi doğal sesler de kullanarak iç içe harmanladım. Karakter ne kadar dijital bir formda olsa da canlı ve organik bir etki yaratmaya çalıştım.*



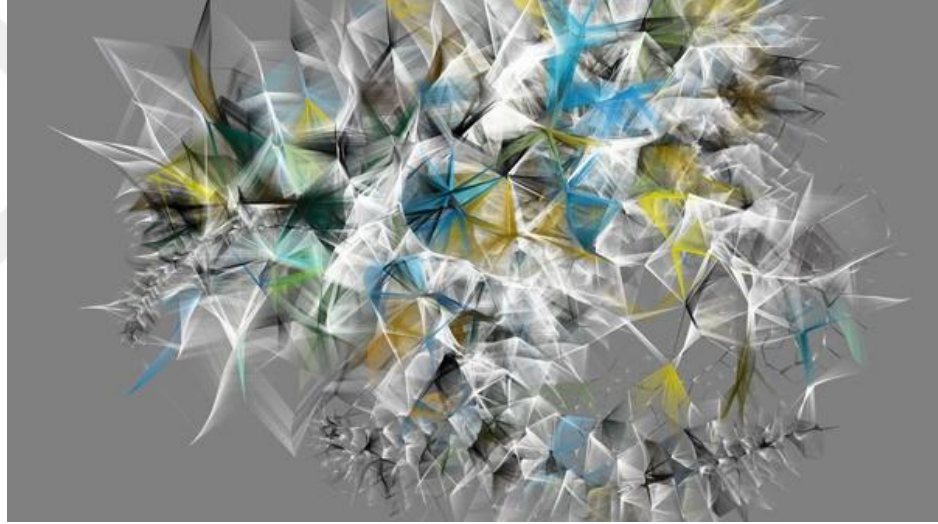
Şekil 68: “Bipolar Fraktal” adlı dijital video çalışmasından anlık görüntü

Casey Reas ve Ben Fry tarafından tasarlanan *Processing*, işlem dili basitleştirilmiş bir Java dili kullanmaktadır. Sanatçı tarafından komutların yazıldığı anda oluşan görsel, süreç içerisindeki geribildirimlerle tasarımcısıyla devamlı etkileşim halindedir (Tunalı, 2016: 15). Casey, sistem ve kod oluşturulurken en temel düşünce biçimlerine inilmesinin önemine değinmekte; çizim ve eskizler oluşturulduktan sonra taslağın koda dönüştürüldüğünü belirtmektedir. Fikirlerin algoritmalarla tasarlandığı bu süreç, sistemde yinelemeler, seçimler, yönelimler ve yeniden düzenlemelerin otonom gelişiminden oluşmaktadır. Bu nedenle eserin neye benzeyeceği, nasıl sonuçlanacağı öngörülememektedir (Creators, 2012: web).

2018 Digilogue “Koşullu Boyama Atölyesi” kapsamında Reas, katılımcılardan yönelttiği basit komutları tekrarlayarak eskizler oluşturmalarını istemiştir. Sadece verilen komutların uygulanmasıyla ortaya çıkan çalışmalar, birbirinden oldukça farklıdır. Süreç, Sol LeWitt’in belirlediği talimatlar doğrultusunda asistanları tarafından yapılan duvar çizimlerini hatırlatmaktadır. Düşüncenin sanatın gerçekleştirilmesini mümkün kılan bir makineye dönüşebileceği düşüncesi Reas’ı “kavramsal sanatın tarihi, sanat olarak yazılım fikriyle ilişkili midir?” sorusuna yönlendirmiş ve sanatçı, LeWitt’in 3 ayrı çalışmasına ait oluşturduğu kodları yazılım diline dönüştürerek 26 adet çalışma üretmiştir (Bayraktar, 2011:13). LeWitt’in algı, düşünü, talimat ve temsil gibi kavramları yeniden yorumlaması ve 20. yüzyılın teknolojisinden ilham alan fütürist sanatçıların



eserlerinde hız ve yinleme kavramları üzerinde durmasına benzer şekilde Reas da jeneratif sistemler kullanarak kavramları, dinamik ve statik süreçleri yeniden yorumlamaktadır. Jeneratif süreçlerin hızlı tekrarlanan, rotasyon, renk, konum ve ölçek gibi parametre değerleri etkisinde soyut ortamlarda ışıklı formların sürekli tekrarlanan ve hızla değişen yapıları “organik bir uyum” oluşturmaktadır (Artut, 2018: 340). Watz, jeneratif tekniklerin kullanıldığı mimariler, sanat eserleri, tasarımlar ve müzik çalışmalarının doğadaki “organik” kelimesine atfedilebilecek anlamda organik olduğunu savunmaktadır. Algoritma tabanlı üretilen organik karakterlerin yapısında barındırdığı ritim olgusu kendine özgü niteliği, uyumu oluşturmaktadır. Jeneratif sürecin bel kemiğini oluşturan ileri düzey uyum, parçaların birbiri arasında ve bütünle ilişkisinde görülmektedir (Soddu, 2018: 74).



**Şekil 69:** Network A, Process 4, Enstalasyon, 2009

Çalışmada “network” adıyla yer verilen talimat görseli, Casey Reas’ın 2005 yılında ürettiği “process 4” adlı çalışmasının kaynak kodunu oluşturan talimatlardandır. Çalışmaların tamamlanmasından öte sürecin önemli olduğu jeneratif çalışmalar, birbirine eklenerek devam ettirilmektedir. Casey’in 2009 yılındaki “süreç 4” adlı çalışmasının yeniden biçimlenmesi, düzenlenmesi ve aydınlatma, aşındırma gibi çeşitli manipülasyonların uygulanmasıyla 2011 yılında “Immuring” adlı bir enstalasyona dönüştürülmüştür.



Şekil 70: Immuring, Casey Reas, 2011

Bazı jeneratif sanat eserleri tamamen otonom sistemlerle tasarlanırken aynı zamanda bazı jeneratif sistemlerde otonom gelişen sürecin yanı sıra kullanıcı ya da çevreden girdilerde sanat eserine dahil olabilmektedir (Soban, 2006: web).

Günümüzde yüz tanıma sistemlerinde başarı sağlayan yapay zekalar sanat üretiminde de şaşırtıcı sonuçlar oluşturmaktadır. İlk yapay zeka çizim robotu AARON'un ardından otonom ya da kısmi otonom çalışan jeneratif sistemler tasarlanmıştır. Resim yapan, tasarım gerçekleştiren, beste yapan ya da şiir yazan yapay zekalar derin öğrenme ve istatistiğe dayalı yapılarıyla daha önce hiç oluşturulmamış çalışmalar üretmektedir (Edmonds, 2018: 5). Bager Akbay'ın 2015 yılında tasarladığı şair robot Deniz Yılmaz otonom çalışan bir sistemdir. Akbay, sisteme ilk olarak sözlük kelimelerini öğretmiş, vezin ve uyak yapılarını sistemde tasarlamıştır. Ardından külliyat, edebi eserler ve 12.000 adet şiir makine öğrenmesiyle sisteme aktarılmıştır (Akbay, 2017: web). Çalışmada, yapay zekaya

derin öğrenme ağları kullanılarak şiir bilgisi ve şiir istatistiği ile örüntüler oluşturulması sağlanmaktadır. 2016'da Ebru Yetişkin tarafından derlenen ilk şiir kitabı yayınlanmıştır (Akbar, Yetişkin, ve Kaplangı, 2017: web). Akbay, eserlerin insanlara ne anlattığından ziyade insanı zihinsel anlam arayışına yöneltmesinin ve insanın sorgulamaları sonucu anlam üretmesinin önemine değinmektedir. Sanat eserinin, yapay zekayı tasarlayan sanatçının ürünü olduğu düşüncesinin aksine Akbay, üretilen işleri robotun eseri olarak değerlendirmektedir. Oluşturduğu yazılımla yapay zekanın şiirleri okuduğunu ve kendisinin ürettiğini ifade eder (Güldalı, 2019: web).

Yapay zeka ve derin öğrenme algoritmalarıyla tasarlanan otonom sistemlerde büyük veriler işlenerek görselleştirilmektedir. Refik Anadol ve ekibi büyük verileri kullanarak tasarladıkları sistemlerle verileri görselleştirmektedir. Veri heykeli olarak adlandırılan bu sanat türünde kullanılan sistem ve tekniklerle jeneratif sanat tekniklerine ve otonom süreçlerine benzerlik göstermektedir. Refik Anadol, oluşan görselleri “algoritmaların şiirsel çıktısı” olarak ifade etmektedir. Yapay zeka, mimari, kod ve jeneratif sistemler gibi farklı alanlar üzerine düşünce geliştiren ekip, 2017 yılında SALT Araştırma arşivinden 1 milyon 700 binden fazla belgeyi görselleştirilerek “Arşiv Rüyası” adlı medya enstalasyonunu oluşturmuştur. 2018'de Los Angeles Walt Disney Concert Hall projesiyle Los Angeles Flarmoni'ye ait tüm kayıtların yapay zeka öğrenmesi ve algoritmalar aracılığıyla üretilen görüntüler, binanın tüm dış cephesi yansıtılan projeksiyonla enstalasyona dönüştürülmüştür. Nasa'nın Kaliforniya'daki kontrol üssünde Mars'taki bir araca ait verilerin toplandığı oda için tasarlanacak olan çalışma “Evrenin Merkezi”, uzaydaki tüm aktif makinalardan eş zamanlı elde edilen 500 bin fotoğrafın GAN algoritmaları kullanılarak görselleştirilmesi hedeflenmektedir (Mestan, 2019: web).

Elektroensefalografi, beyin okuma tekniği olarak bilinen işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) cihazıdır (Mutlu, 2015: 191). Refik Anadol, Kaliforniya Üniversitesi nöroloji laboratuvarında insanların hatırladığı duygulara karşı beyinde oluşan sinyallerin elektroensefalografi cihazıyla kaydedildiği verileri algoritmalara dönüştürülerek duyguların görselleştirilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 71: EEG sinyalleriyle kaydedilen sinyallerin dönüştürüldüğü sistem



Şekil 72: “Eriyen Hatıralar” video enstalasyon çalışması, 2018, Refik Anadol

### 3.4. Gelecekçi Teknolojiler ve Jeneratif Sanat

21. yüzyılla yeniden biçimlenen jeneratif sanatı bilim ve teknoloji çağının imkanlarıyla bütünleştiren sanatçı, onları deneyimsel süreçlerle öğrenmekte, farklı disiplinlerden beslenmekte ve sanat üretim sistemine dahil etmektedir. Bu anlamda

teknolojiden araç ve ortam olarak yararlanabilmekte, sanatın sınırlarını aşma gayretiyle sanatı, sanatçıyı ve sanata dair tüm kavramları dönüştürebilmektedir. Geleceğin teknolojisi ile eski sanat ifade yöntemlerini yeniden yorumlayıp farklı kimlikler ve özgün biçimler yaratabilmektedir.

Kına Demirel, günümüzde hikaye anlatıcılığının popülerliği gibi gelecekte de benzer şekilde “veri anlatıcılığının” oluşacağını belirtmektedir. Günümüzde veriler, çeşitli algoritmalarla enformasyona dönüştürülerek farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bilginin egemen güç olduğu çağımızda veri yığına sorulacak sorular ve doğru bağlantıların, tekniklerin, yöntemlerin kullanılması yaratıcı fikirlerin üretilmesini mümkün kılabilir. Refik Anadol bir makinenin rüya görebilmesinin ya da duyguları ifade edebilmesinin mümkün olup olmadığı sorusu üzerine mevcut teknolojileri kullanarak benzersiz üretimler gerçekleştirmektedir. Demirel, geleceğin dünyasında insanların öngörülü değil “veri görülü” olabilmemesinin önemine değinmektedir (Erden ve Demirel, 2018: web).

Çevre ve toplumun yüzleşmesi için veriden enformasyona, enformasyondan bilgiye, bilgiden bilgiye ve bilmediğini bilmeye dönüşümler gerçekleştirilmelidir. Veriden enformasyona giden bu yolda yapay zeka mekanizmalarını etkin şekilde kullanabilmenin, algoritma geliştirebilmenin önemini vurgulayan Ultav, “estetik ve endüstriyel tasarımın ötesine geçerek tasarımın kişiselleştirilebilmesinin hedeflenmesi gerektiğini” ifade etmektedir (Ultav, 2018: web).

Günümüzde geline nokta beyin haritalama ve benzetimi, sanal gerçeklik, beyinden alından verilerin enformasyona dönüşmesi ve makine-insan arayüzü gibi pek çok teknoloji gelecekte zihin yükleme süreçlerini oluşturacağı öngörülmektedir. İnsana ait uzun süreli bellek ve “öz” le birlikte beyinden okunarak bir bilgisayara kaydedilebilmesiyle bilgisayarın bireye benzer davranışlarının modellenmesi beklenmektedir. Sanal yapay gerçeklik ortamında bir avatarla, insansı bir robot ya da biyolojik gövde içinde bir bilgisayarla aktarılan zihin çalıştırılabilineceği düşünülmektedir (Mutlu, 2015: 193). Bilim kurgu filmlerinde kurgulanan benzeri gelecek teknolojilerin ilerleyen dönemlerdeki çalışmalarla desteklenmesi öngörülmektedir.

Sanal gerçeklik daha ileri teknolojilerde içine dahnabilen sanal gerçekliğe dönüşeceği varsayılmaktadır. Doğrudan sinir sisteminde duyumsanan sanal

gerçeklik, gerçek ortamdan gelebilecek uyarıların engellendiği durumda bireyin bilincinin sanal dünyada yaşayacağını öngörmektedir (Mutlu, 2015: 193).

Exocortex, beynin yüksek bilişsel süreçlerini artıracak bilinçli beyni dışında kurgulanan dışsal bellekle beyin bilgisayar arayüzü sağlanarak insanın siborg ya da insan ötesi bir varlığa dönüşmesi varsayılmaktadır. Exocortex ile beyin işlemcisi, çıkış ve giriş birimleri ve yazılım sistemleriyle enformasyon işleyebilen bir sisteme dönüşmesi düşünülmektedir (Mutlu, 2015: 194).



## VARGILAR

- İnsan dünyada var olduğu günden beri her dönemde ihtiyaç duyduğu teknolojileri üretme eğilimindedir. İnsan, geçmişten günümüze doğada gözlemlediklerini, tanık olduğu hadiseleri sorgulamakta ve açıklamaya çalışmaktadır. Bilim, sanat ve teknoloji bu sorgulamaların ve keşiflerin temelindeki önemli dinamiklerdendir. Bilim, insanlığın ortak mirası olarak farklı coğrafyalarda, farklı medeniyetler tarafından birikimli bir biçimde geliştirilmiştir. Her yeni dönemde keşfedilen bilimsel gerçekler önceki bilgiye eklenerek geleceği biçimlendiren paradigmalara dönüşmüştür.
- Bilim; insanı, doğayı ve evreni anlamlandırma çabasının bir sonucuyken sanat keşfedilen anlamın evrene sunulduğu bir ifade biçimidir. Sanatçı, yaşanan döneme dair sorgulamalarını ve geleceğe dair öngörülerini sezgisel olarak eserlerine yansıtmaktadır.
- Fraktal geometri, keşfedildiği dönemde birçok alana yansması ve birçok disiplini etkilemesi nedeniyle bilim, sanat ve teknoloji gibi dinamiklerin ortak keşfi olarak kabul edilebilir. Bilimde, fraktal geometri doğanın üretkenliğinin ve estetik görüntüsünün bir dili olarak keşfedilmiştir. Sanatçılar tarafından asırlardır fraktal yapı özellikleri sanat eserlerine sezgisel olarak yansıtılmıştır.
- Doğada karşılaşılan türbülanslar, girdap oluşumları, dumanın oluşturduğu görüntüler, hava durumu gibi olaylar rastlantısal süreçlerin şekillendirdiği düzensiz, kaotik olaylar olarak tanımlanmaktadır. Fraktal geometri bu olayların ardındaki parça bütün ilişkisini açıklamakta ve zuhur eden (beliren) olayın bütüne ait olasılıklardan sadece biri olduğunu, bütünün düzen ihtiva ettiğini ortaya koymaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojileri aracılığıyla doğadaki dinamik sistemlerin davranışları simüle edilebilmekte ve rastlantısal ve karmaşık gibi görülen davranışların ardındaki düzen açıklanabilmektedir.
- Kuş sürülerinin uçuşu ya da arıların bal petekleri gibi doğanın kendi kendini organize eden davranışları, parça-bütün ve parçalar arası ilişkiler bilgisayarlar aracılığıyla adım adım modellenmektedir. Evrimsel süreçlere sahip yapılar, kaotik gibi görünen ancak içerisinde düzen barındıran olaylar, canlılara ait formlar fraktal geometri üretim teknikleriyle oluşturulmakta ve oluşum süreçleri gözlemlenmektedir. Doğadaki formlar üç ya da dört kez kendini tekrar ederken bilgisayar yazılımları sayesinde sınırsız tekrarlarla fraktal desenler oluşturulmaktadır.

Bu sayede, basit geometrik şekillerin, matematik formüllerinin ya da fonksiyonların iterasyonlarıyla fraktal görüntüler oluşturulabilir.

- Sanatçılar fraktal geometrinin keşfinin çok öncesinde fraktal yapılara ait özellikleri sezgisel olarak sanat eserlerine yansıtmıştır. Fraktal geometrinin keşfi sonrası bilgisayar teknolojilerinin yardımıyla fraktal özellikte sanat çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sanatçı ve tasarımcılar tarafından iki boyutlu muazzam simetri özelliğine sahip yapılar, üç boyutlu organik tasarımlar ve yapay yaşam formları oluşturulmaktadır.

- Sanatçılar yeni medya teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte fraktal üretim tekniklerinin yanı sıra algoritmaları da sanat üretim sürecine dahil etmiştir. "İyi tanımlanmış bir dönüşüm bilgileri sistemine dayanarak giriş büyüklükleri denen niceliklerin, çıkış büyüklükleri denilen niceliklere dönüştürülmesi" olarak tanımlanan algoritmalar, problemlerin çözümü için tasarlanan genel, sonlu sayıda ve tanımlı işlemlerin adım adım uygulandığı işlemlerdir. Algoritmalar her türlü problemler için üretilmiş çözüm yollarını ifade ederken yazılımlar, bilgisayar ortamındaki programlar ve bu programlara ait her türlü ayrıntıyı kapsamakta ve bilgisayar ortamına aktarılan sorunların çözümünde kullanılmaktadır.

- Kodlama, yazılım programlarının ilk basamağı olarak yazılımcı, tasarımcı ya da sanatçılar tarafından üretilen kurallar ve talimatlardır. Algoritma dizileri, kodlanarak programlama diline dönüştürülmüş komutlardan ve görevlerden oluşur. Sistemde kullanılan algoritmanın işleyiş yöntemine göre sistem girdileri ve kodlama dili farklılık gösterebilmektedir. Giriş değişkenleri kodlar aracılığıyla sistem diline dönüştürülmektedir. Genetik algoritmaların kullanıldığı bir sistemde giriş değişkenleri kromozom olarak tanımlanırken, yapay sinir ağlarında sinir hücreleri, farklı algoritma türlerinde birimler, hücreler ya da bireyler şeklinde tanımlanabilmektedir. Giriş değişkeni nesne, geometrik şekil, fonksiyon, formül, görsel, belge ya da farklı türden veriler olsa da programlama diline dönüştürülerek çözüm gerçekleştirilmektedir. Hedeflenen amaca göre değişik türlerde ve seviyelerde kodlama dilleri bulunmaktadır. Sanatçı eserinde neyi amaçlıyorsa ona uygun algoritma türlerini, programlama dillerini ve farklı fraktal üretim tekniklerini kullanabilmektedir.



- Dijital devrimle birlikte yeni medya teknolojilerini ve farklı disiplinlerin bilgilerini kullanan jeneratif sanatçı, sanat kavramını, sanat ifade yöntemlerini, sanat eserini ve sanatçı-izleyici rollerini yeniden biçimlendirmiştir.
- Her hangi bir döneme ait "-izm" yaklaşımını benimsemeyen, akım ya da gruba dahil edilmeyen jeneratif sanat kuramcılar tarafından bir "sanat üretim yöntemi" olarak tanımlanmaktadır. Geçmişten günümüze geçirdiği dönüşümler nedeniyle jeneratif sanat kavramının sınırları net olarak tanımlanamamaktadır. Sistemin otonom tasarımı bilgisayarlarla, kimyasal, biyolojik ya da farklı evrimsel süreçlerle gerçekleştirmek mümkündür. Yeni medya teknolojilerinin entegre edildiği jeneratif sanat, otonom sistemlerle tasarlanan, "üretkenlik" yönü ağır basan bir sanat üretim yöntemidir.
- Jeneratif üretim süreci fikir, kod oluşturma, süreç ve sonuçların değerlendirildiği dört aşamadan oluşmaktadır. Yeni medya teknolojilerinin sağladığı imkanlarla pek çok yaratıcı düşünce sanat üretimine dönüştürülebilir. Jeneratif üretimler için sistemin tasarlandığı dil ve oluşturulmak istenen fikrin bu dile dönüştürülmesi önemlidir. Fikir, kod oluşturma ve süreç seçimleri insanın öngörebileceği ve düzenleyebileceği alanlardır.
- Jeneratif sistemlerin en önemli kısmı kod-zaman-makine işbirliğiyle insandan bağımsız olarak gelişen "süreç" aşamasıdır. Jeneratif sistemlerin otonomluk seviyesi bazı sanat üretim sistemlerinde yaratıcılığı sınırlayabildiği gibi bazı sistemlerde yaratıcılık sınırlarını zorlayan eserlerin oluşumuna imkan verebilmektedir.
- Makine, insan gibi düşünen bir sisteme sahip değildir. Karar verme, öğrenme, bağlam oluşturma gibi zihinsel süreçler insana has kabiliyetlerdir ve nasıl gerçekleştiğine dair ulaşılan bilimsel bilgiler sınırlıdır. Bu süreçlere dair keşfedilen bilimsel bilgiler ışığında simülasyonlar, algoritmalar, yazılımlar, programlama dilleri ve çeşitli teknolojik araçlar tasarlanmaktadır. Genetik algoritmalar, yapay zeka algoritmaları, derin öğrenme ve istatistiksel çalışma sistemlerinin entegre edildiği jeneratif sanat sistemleri sanatçının beklentisinin oldukça ötesinde şaşırtıcı, anlık üretilen ve benzersiz varyasyonlar oluşturmaktadır. Kodlar tam olarak tanımlanmış talimatlardan oluşsa da süreç sonucunda sınırsız çeşitlilikte ürün elde edilmektedir.
- Sanatçı üretilen sonuçlar arasından en uygun olanı seçebilir ya da hedeflediği değere yakın bir sonuç elde edebilmek için algoritmaların operatör fonksiyon değerlerini değiştirebilir, sistemi farklı kombinasyonlara sahip kodlarla besleyebilir

ya da renk, ışık, opak değeri, yükseklik gibi farklı parametreleri kontrol ederek süreci yeniden tasarlayabilir.

- Jeneratif sanatçı tasarladığı sistemleri geliştirerek özgün üretimler gerçekleştirebilmektedir. Özellikle derin öğrenme algoritmalarının kullanıldığı tasarımlarda yeni, nasıl tasarlayacağını belirleyen sanatçı kodların kişiselleştirildiği daha özgün çalışmalar ortaya koymaktadır.
- Jeneratif sistemlerde son aşama sonuçların değerlendirildiği aşamadır. Sanatçı, tasarladığı jeneratif sistemlerin ürettiği sınırsız sayıda varyasyon içerisinden istediği nitelikte olana karar vererek sonucu bir bardak tasarımına, heykele, takıya, kıyafete, binaya, kente ya da bir tabloya dönüştürebilmektedir.
- Sanatçılar tasarladığı sistemlere ait bilgileri, eğitici içerikleri ve açık kaynak kodları "Processing, CodePen, Glitch, VVVV, Github, openFrameworks" gibi platformlarda paylaşarak kolektif bir sanat üretim alanı oluşturmaktadır. Kodlamaya yeni başlayanların, programcı, tasarımcı ya da sanatçıların erişebildiği bu kütüphaneler aracılığıyla "yaratıcı kodlama"ya ve jeneratif sanat çalışmalarına ilgi artmaktadır. Kullanıcı farklı sanatçılara ait kaynak kodlarından ilham alarak özgün sistemler tasarlayabilmekte ve kendi jeneratif çalışmalarını üretebilmektedir. Benzer şekilde üretimlerini daha özgün hale dönüştürebilmekte ve geri bildirimlerle gelişim sürecini görebilmektedir. Üretim sürecinde kullanılmak istenen bir çok yazılımın ya da programın maliyetli olması, fonların ya da devlet desteğinin olmayışı sanatın belli bir tekelle veya belli bir kesimin elinde bulunmasına neden olmaktadır. Açık kaynak hareketi olarak tepkisel bir duruş ortaya koyan, eğitici içeriklerin, açık kaynak kodlarının paylaşıldığı bu platformlar sayesinde kolektif bir bilinç oluşturulmaktadır. Bağımsız sanat üretiminin gerçekleştirilmesine imkan sağlanmaktadır.

## SONUÇ

Her dönemde insanlığın bilgiyi kullanma biçimi ve bilgiyi ifade etme yöntemi dönüşüm geçirmektedir. Jeneratif sanat bu dönüşümü yansıtan bir sanat üretim yöntemidir. Jeneratif sanat, geçmişten günümüze yaşanan dönüşümlerle varlığını sürdürebilmesinin temelinde yenilikçi üretim felsefesi bulunmaktadır. Jeneratif sanatın, sınırları net bir biçimde oluşturulmuş tanımları bulunmamaktadır. Çünkü jeneratif sanatta, her dönemde farklı teknikler, araçlar ve üretim yöntemleri kullanılmıştır. Günümüzde en genel haliyle "bir dizi doğal dil kurallarıyla, bilgisayar programıyla, makineyle veya bir dereceye kadar otonom harekete geçen sistem tasarımıyla oluşturulan sanat üretim yöntemidir. Sisteme giren formlar sistem içerisinde transformasyona uğrayarak tasarımcısını bile şaşırtan sayısız varyasyona sahip sanat eserlerine dönüşmektedir. Sistem tam olarak tanımlanmış kural ve talimatlarla tasarlanırsa da elde edilen varyasyonlar girilen verilerden tamamen farklı, anlık ve biriciktir. Giriş parametrelerinin değiştirildiği durumlarda kendini yeni duruma göre düzenleyen çözümler otonom gelişmektedir. Otonom süreçler tasarımcısına öznel yorumlar kazandırmaktadır.

Jeneratif sanat sistemlerinde, fraktal geometri üretim tekniklerinden yararlanılmaktadır. Fraktal geometri, doğanın estetiğinin ardındaki matematiksel bir dildir. Parçaların kendi aralarında ve bütünlükle olan ilişkilerinde görülen tekrarlar, parçaların bütüne ait öz bilgiyi ihtiva etmesi, belli oranlarda küçülen kesili sayılarla tanımlanan boyutlar fraktal yapıların özelliklerindedir. Yaprakların dallanma yapısından okyanuslarda oluşan girdaplara kadar doğada bulunan fraktal yapılar yeni medya teknolojilerinin olanaklarıyla modellenilebilmektedir.

Jeneratif sanat sistemlerinde hedeflenen sonuçların üretilebilmesi için farklı tekniklerden yararlanılmaktadır. Bilgisayarlarda problemlere en etkin çözümlerin oluşturulmasında kullanılan algoritmalar, jeneratif sistemlerde sanat üretim araçları olarak kullanılır. Basit talimatlar dizisinden, makine öğrenimi algoritmalarına kadar birçok algoritma türü tasarımcının geliştirdiği sistemde amaçları doğrultusunda kullanılmakta; şaşırtıcı ve benzersiz sonuçlar üretme imkanı sağlamaktadır.

Jeneratif sanatın yaygınlaşması ve gelişmesi için oluşturulan platformlar, yeni öğrenmeye başlayanlardan, tasarımcılara, bilgisayar programcılara, sanatçılara

kadar pek çok farklı uzmanlığa sahip bireylerin kolektif üretim gerçekleştirdikleri ortamlardır.

Günümüz jeneratif sanatı, eski sanat ifade yöntemlerinin bir dönüşümü, yeni bir yorumudur. Benzer şekilde geleceğin sanatı da bugünün sanat üretim yöntemlerinden besleneceği öngörülebilmektedir. Günümüz sanatı kodu, basit talimatları, yazılımları, programlama dillerini, algoritma türlerini, fraktal üretim tekniklerini ve farklı yeni medya teknolojilerini sanat üretim aracı ve ortamı olarak kullanmaktadır. Günümüzde gelinen noktada; beyin haritalama ve benzetimi, sanal gerçeklik, beyinden alınan sinyallerin enformasyona dönüşmesi, makine-insan ara yüzü gibi pek çok teknolojinin gelecekte zihin yükleme süreçleri oluşturması beklenmektedir. Dünden bugüne değişen her şey, yarın da farklılaşmaya devam edecektir. Jeneratif sanatında gelişim sürecine baktığımızda günümüzde varyasyon üretmek için kullandığımız birçok yöntem gelecekte yeniden yorumlanacaktır.

Sanatçı, içinde bulunduğu çağın donanımlarını kullanan, yaratıcılık sınırlarını zorlayan, disiplinler arası araştırmalardan öğrendiklerini sanat üretim sürecinde deneyimleyen, kolektif bilince katkı sağlayan bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle sanatçı, sanat eğitimi veren kurum ve kuruluşlar günümüz ve geleceğin sanatını, sanatın genişlemekte olduğu alanı ve bu alanın teknoloji ile bağını kurarak yönelim göstermelidir.

## KAYNAKÇA

- Alik, B. (2015). *Mimarlıkta tasarlama yöntemleri ve fraktal tasarımlar üzerine bir inceleme* (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi. Kocaeli
- Artut, S. (2018). "Futurism art and its significance to computational generative art". *XXI. Generative Art Conference*, 334–342.
- Aslan, İ. (2013). "Öklit dışı geometriye giden yolda İslam dünyası matematikçileri". *Dört öge Dergisi*, 1(3), 63–87.
- Aytekin, A., Çakır Sönmez, F., Yücel, Y. B. ve Kulaöz, İ. (2018). "Geleceğe yön veren kodlama bilimi ve kodlama öğrenmede kullanılabilir bazı yöntemler". *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(5), 24–41.
- Bayraktar, K. O. (2011). *Dijital İmge ve Temsili* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi. İstanbul
- Bo, Y., Yu, J. and Zhang, K. (2018). Computational aesthetics and applications. *Visual Computing for Industry, Biomedicine and Art*, 1(6), 1–19.
- Bora, U. (2003). "Bilgisayar destekli kompozisyon yöntemlerinde yeni yönelimler". *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi*, (4), 133–145
- Canan, S. ve Acungil, M. (2018). *Dijital gelecekte insan kalmak*. Mızrak, G. (Ed.). (1. baskı). İstanbul: Nefes Yayıncılık.
- Cestel, E. (2008). "Yüksek yapıların kavramsal tasarım sürecinde üretken yaklaşımlar". (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Cınbarcı, A. (2015). *Fraktal geometri ve tekrar olgusu* (Yüksek lisans tezi). Yeditepe Üniversitesi. İstanbul
- Çokokumuş, B. (2012). "Dijital ortamda kültür ve sanat". *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education*, 1(3), 51–66.
- Daniele, A. and Song, Y. (2019). AI + Art = Human. *Artificial Intelligence, Ethics and Society içinde* (s. 7). Association for the Advancement of Artificial Intelligence düzenlediği konferansta sunulan makale. Hawaii.
- Değirmenci, B. F. (2009). *Fraktal geometri ve üretken sistemlerle mimari tasarım* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Değirmenci, M. ve Utku, Ş. (2000). Yönetim ve örgüt yapısına kuantum mekaniği açısından bir bakış. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 1(2), 76–83.
- Dorin, A. and McCormack, J. (2001). Introduction: First iteration - A Conference on generative systems in the electronic arts. *Leonardo*, 34(3), 239–242.
- Edmonds, E. (2018). Algorithmic art machines. *Arts*, 7(3), 7.
- Eker, M. (2007). *Algoritmayı anlamak*. Gürkan, O. (Ed.) (3. baskı). Ankara: Nirvana Yayınları.
- Galanter, P. (2003). What is generative art? Complexity theory as a context for art theory. *6th Generative Art Conference içinde*, 21.
- Galanter, P. (2016). "Generative art theory". Paul, C. (Ed.). *A Companion to Digital Art* (1. baskı, s. 631). Chichester: John Wiley & Sons, Inc.
- Gözübüyük, G. (2007). *Farklı mimari dillerde fraktallere dayalı form üretimi*

- (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Gülderen, D. (2017). *Fraktal geometri'nin plastik sanatlarda kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi. İstanbul
- Güner, Y. R. (2016). *Üç yönlü periyodik minimal yüzeyler ile oluşturulan bir tasarım önerisi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Güney, E. (2014). *Dijital görsel kültür ve yeni medya ekseninde sanatın değişen rolü* (Doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Samsun
- Hamarat, M. (2017). *“Form geometrisi-Türetimi ve dönüşümü* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul
- İnci Kuzu, Ç., Dağtekin, E. ve Bozan, S. (2017). “Geometrinin resim sanatına yansımaları”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(49), 212–217.
- Kavurmacıoğlu, Ö. ve Arıdağ, L. (2013). “Strüktür tasarımında geometri ve matematiksel model ilişkisi”. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 59–76.
- Kaya Elivar, D. (2015). John Cage ve Music of Changes adlı eserin yorum analizi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(39), 6.
- Kızıltepe, F. (2011). *Matematikte simetri kavramının bir yöntem olarak görsel ve plastik sanatlar alanındaki yansımaları* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Kökcü, A. (2017). “Euclid dışı geometrilerin matematik tarihi ve felsefesindeki yeri”. *Özne 27. Kitap Felsefe Dergisi*, 295–309.
- Kumtepe, E. G. (2019). *İşletim sistemleri*. Kurubacak, G. ve Okur M. R. (Ed.), *Temel Bilgi Teknolojileri II* (s. 2–37) içinde. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Kurtuluş, Ö. (1995). “Doğadaki geometri”. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 329, 20–25.
- McCormack, J., Bown, O., Dorin, A., McCabe, J., Monro, G., and Whitelaw, M. (2014). Ten question concerning generative computer art. *Leonardo*, 47(2), 135–141.
- Monro, G. (2007). *The Concept of emergence in generative art*. (Yüksek lisans tezi). University of Sydney.
- Mutlu, M. E. (2015). *Geleceğin teknolojileri*. Kurubacak, G. ve Okur M. R. (Ed.), *Temel Bilgi Teknolojileri II*, 168–195. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay zeka: İnsan-bilgisayar etkileşimi*. (Candan, Ö., Ed.) (4. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Nabiyev, V. V. (2013). *Algoritmalar: Teoriden uygulamalara*. (Candan, Ö., Ed.) (4. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Özel Sağlamtimur, Z. (2010). Dijital sanat. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(3), 213–238.
- Phon-Amnuaisuk, S. and Panjapornpon, J. (2012). Controlling generative processes of generative art. *Procedia Computer Science*, 13, 43–52.
- Shin, J. K. (2016). Application of cellular automata for a generative art system. *Leonardo*, 49(5), 431–435.
- Soddu, C. (2005). Digicult: Digital art, design and culture. *Generative Art*

Conference 2005.

- Soddu, C. (2018). "AI organic complexity in generative art". *XXI. Generative Art Conference*, 68–79. Verona.
- Şahin, E. N. (2016). *R<sup>2</sup> ve R<sup>3</sup>' de çember ve küre tabanlı dizisel fraktalların alan ve hacim hesapları* (Yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Taslaman, C. (2006). "Tanrı-Evren ilişkisi ve mûcize sorunu açısından determinizm, indeterminizm ve Kuantum teorisi". *Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 31, 163–186
- Tempel, M. (2017). Generative art for all. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 6(12), 14.
- Terzi, N. (2009). "Mimarlıkta hesaplamalı teknolojiler ve geometri (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Tunalı, E. (2016). *Resonant field: A critical analysis of user interface design in digital media* (Yüksek lisans tezi). İhsan Doğramacı Bilkent University. Ankara
- Turhan, K. (2018). *Fraktal geometrinin iç mimari kurguda kullanımına yönelik bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi. Ankara
- Uçar, S. (2010). *Kaos teorisinin felsefi özellikleri* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi.
- Yardımcı, E. H. (2009). *Altın diferansiyel geometri* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- Yıldız, H. (2012). *Endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyomimetik tasarımın yeri ve metodolojisi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yılmazel, B., Yılmaz Gündüz, S., ve Uysal, A. K. (2016). *Algoritmalar ve programlama*. (Günel, S. Ed.). (1. Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Yüksel, H., Çalışkan, F. ve Dayık, M. (2016). "Genetik algoritmaların tasarım sürecinde kullanılması". *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 6(2).

### İnternet Kaynakları:

- Akbar, B., Yetişkin, E., ve Kaplangı, M. (Panelistler). (2017). *Günümüz sanatı, bir başka kürasyon: Yapay zeka ve sanat*. [Video]. Erişim: 26 Eylül 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=oJFm18VxGic&t=3s>
- Akbay, B. (Konuşmacı). (2017). *Deniz Yılmaz: Robot şair / TEDxKoçUniversity*. [Video]. Erişim: 01 Haziran 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=Za6dpKRJoq0>
- Atay, M. (2018). Çekişmeli üretici ağlar(Generative Adversarial Networks) üzerine. Erişim: 31 Mayıs 2019, <https://medium.com/@meltematay/çekişmeli-üretici-ağlar-çüa-generative-adversarial-networks-gans-üzerine-4c1ae40e2b75>
- Aydın, İ. H. (Konuşmacı). (2019). Beyin Tanrısal bir parçacık! [Video]. Erişim adresi: [https://www.youtube.com/watch?v=rU\\_4dLu-D38&t=5620s](https://www.youtube.com/watch?v=rU_4dLu-D38&t=5620s)
- Bailey, J. (2018a). AI art just got awesome. Erişim adresi:

- <https://www.artnome.com/news/2018/3/29/ai-art-just-got-awesome>
- Bailey, J. (2018b). Why love generative art? Erişim adresi: <https://www.artnome.com/news/2018/8/8/why-love-generative-art>.
- Bailey, J. (2019). Giving generative art its due. Erişim adresi: <https://www.artnome.com/news/2019/4/17/giving-generative-art-its-due>
- Canan, S. (2008). Kaos anlayışına giriş. [Konferans Video Kaydı]. Erişim: 29 Aralık 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=3wUwoWy70V0>
- Canan, S. (2014a). Kaos kuramı ile tabiatın bilgeliğine iade-i itibar. [Blog Yazısı]. Erişim: 24 Nisan 2019, <http://www.sinancanan.net/kasokurami/>
- Canan, S. (2014b). Karmaşık düzlemler ve fraktal geometri - 1. [Eğitim Videosu]. Erişim: 17 Nisan 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=wfOD3qdCIIw>
- Cestel, E. (2016). Kavramsal tasarım sürecinde Lindenmayer sistemlerin kullanımı. Erişim: 08 Ocak 2019, <http://www.ecarch.com/makale-kavramsal-tasarim-surecinde-lindenmayer-sistemlerin-kullanimi-emre-cestel/>
- Creators. (2012). How to draw with code/ Casey Reas. [Video]. Erişim: 15 Şubat 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=\\_8DMEHxOLQE](https://www.youtube.com/watch?v=_8DMEHxOLQE)
- Dil Derneği. (1987). Türkçe Sözlük. Erişim: 05 Aralık 2018, <http://www.dildernegi.org.tr/TR,274/turkce-sozluk-ara-bul.html>
- Erbudak, M. (2018). Bezemelerin gizemli simetrisi. *Sarkaç*. Erişim: 16 Mayıs 2019, <https://sarkac.org/2018/08/bezemelerin-gizemli-simetrisi/>
- Erbudak, M. ve Erinekçi, D. (2018). Bilim ve sanat el ele yeni boyutlar yaratıyor. *Sarkaç*. Erişim: 16 Mayıs 2019, <https://sarkac.org/2018/10/bilim-ve-sanatla-yeni-boyutlar/>
- Erden, L. ve Demirel, K. (Moderatör: Erden, L.). (2018). Veri şehveti. Digilogue Summit-Future Tellers'18 içinde. [Panel Videosu]. Erişim: 19 Ekim 2018, [https://www.youtube.com/watch?v=\\_SgVpWmnI2M&index=7&t=0s&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy\\_R3QuvMq3](https://www.youtube.com/watch?v=_SgVpWmnI2M&index=7&t=0s&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy_R3QuvMq3)
- Google Dijital Atölye. (2018a). Kodlamaya giriş- Kod nedir, nasıl çalışır?. [Video]. Erişim: 26 Ocak 2019, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=2&v=uChKUeDovOY](https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=uChKUeDovOY)
- Google Dijital Atölye. (2018b). Kodlamaya giriş- Programlama dillerine giriş. [Video]. Erişim: 26 Ocak 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=cipawsqdh74>
- Güldalı, İ. (Yönetmen). (2019). *Yeryüzleri/ 7. Bölüm/ Bager Akbay*. [Mini Belgesel]. Erişim: 01 Haziran 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=v9bXJzXd\\_uo](https://www.youtube.com/watch?v=v9bXJzXd_uo)
- Gümüş, Y. E. (2019). Fluxus yönelişi-George Brecht yaşamı ve işleri üzerine bilgi. Çağdaş Tiyatroda Arayışlar ders notu. Erişim adresi: [https://www.academia.edu/10733889/Fluxus-\\_George\\_Brecht](https://www.academia.edu/10733889/Fluxus-_George_Brecht)
- Güven, T. (2017). Altın oran: Fraktalitenin doruk formu. [Blog Yazısı]. Erişim: 24 Nisan 2019, <https://tufanguven.wordpress.com/tag/fraktal-alan-bilimi/>
- Hoff, A.(2015).On generative algorithms. Erişim: 10 Şubat 2019, <https://inconvergent.net/generative/>



- İstanbulsanatevi. (2016). Maurits Cornelis Escher hayatı ve eserleri. Erişim: 10 Ocak 2019, <https://www.istanbulsanatevi.com/sanatcilar/soyadi-e/escher-mc/maurits-cornelis-escher-1898-1972/>
- Jalbert, G. (1998). Generative art: An exploration of meaning. [Blog Yazısı]. Erişim: 08 Ocak 2019, <http://www.imaja.com/as/tonecolor/GenerativeArtExploration.html>
- Jersey, B. and Schwarz, M. (Yönetmen). (2008). Benoit Mandelbrot - Hunting the Hidden Dimension Nova. [Belgesel]. The Catticus Corporation. Erişim: <https://www.youtube.com/watch?v=ZbK92bRW2IQ>
- Jezouit, B. (2017). What is generative art? Erişim: 06 Ocak 2019, <https://envato.com/blog/what-is-generative-art/>
- Karabacak, S. (Yönetmen). Eriş, U. (Sunucu). Baranseli, E. (Konuk). (2016). *Yeni Medya 13.Bölüm/ Yeni Sanat*. [Video]. Erişim: 26 Kasım 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=kdj2es3Wxso>
- Karaçay, T. (2004). Kaos ve matematik. Erişim: 04 Nisan 2019, [http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/etudio/agora/mmf/mmf2\\_caos.htm](http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/etudio/agora/mmf/mmf2_caos.htm)
- Karlığa, B. (Editör) (2013). Batıya doğru akan nehir- 8. Bölüm: Bilimin Altın çağı. [Belgesel]. TRT. Erişim: <http://www.eba.gov.tr/video/izle/15185e9104bd8ff944131a8077611d615a1492d09c001>
- KhanAcademy. (2015). Marcel Duchamp; 3 Standart Stopaj. [Video]. Erişim: 14 Şubat 2019, <https://tr.khanacademy.org/humanities/art-1010/wwi-dada/dada1/v/duchamp-3-standard-stoppages>
- LeWitt, S. (1980). Kavramsal sanat üzerine paragraflar. Nazlı Damlacı (çev.). Erişim: 15 Şubat 2019, [http://www.sanattanimitoplulugu.org/Kavramsal\\_Sanat\\_Uzerine\\_Paragraflar.htm](http://www.sanattanimitoplulugu.org/Kavramsal_Sanat_Uzerine_Paragraflar.htm)
- Mandelbrot, B. (Konuşmacı). (2010). Fractals and the art of roughness. [Video]. Erişim: 24 Mayıs 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=ay8OMOs6AQ&t=49s>
- Mashable. (2016). This artist built a robot to draw with her. [Video]. Erişim: 01 Haziran 2019, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=31&v=jngkUu-aBz8](https://www.youtube.com/watch?time_continue=31&v=jngkUu-aBz8)
- Mestan, S. (2019). Refik Anadol ve duygulardan heykel yapmak. [Röportaj Yazısı]. Erişim: 01 Haziran 2019, <https://t24.com.tr/yazarlar/seden-mestan/refik-anadol-ve-duygulardan-heykel-yapmak,22092>
- Nişanyan, S. (2019). Türkçe Etimoloji Sözlüğü. Erişim: 05 Aralık 2018, <https://www.nisanyansozluk.com>
- Online Etymology Dictionary. (2019). Erişim: <https://www.etymonline.com/>
- Öztürk, K. (2012). Dokuma tezgâhlarından ana bilgisayara delikli kartlara 250 yılı. Erişim: 10 Ocak 2019, <http://www.acikbilim.com/2012/11/dosyalar/dokuma-tezgahlarindan-ana-bilgisayarlara-delikli-kartlarin-250-yili.html>
- Petersen, T. (2005). Generative art now. An interview with Marius Watz. [Röportaj Yazısı]. Erişim: 15 Şubat 2019, <http://www.artificial.dk/articles/watz.htm>

- Reas, C. (2011). Process Compendium (Introduction). [Video]. Erişim adresi: <https://vimeo.com/22955812>
- Reas, C., Lieberman, Z., McDonald, K., McCarthy, L., ve Anadol, R. (Panelistler) (2018). Digilogue Summit-Future Tellers'18/ Açıl Susam Açıl. Anadol,R. (Moderatör). [Panel Videosu]. Erişim: 19 Ekim 2018, [https://www.youtube.com/watch?v=MI7RdEDS4fI&index=8&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy\\_R3QuvMq3](https://www.youtube.com/watch?v=MI7RdEDS4fI&index=8&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy_R3QuvMq3)
- Reichard, J. and Spittel, A. (2018). An introduction to generative art: what it is, and how you make it? Erişim Adresi: <https://www.freecodecamp.org/news/an-introduction-to-generative-art-what-it-is-and-how-you-make-it-b0b363b50a70/>
- Robotlar Sanat Yapabilir mi? (2015). Erişim: 14 Ocak 2019, [https://www.bbc.com/turkce/haberler/2015/09/150923\\_robotlar\\_sanat](https://www.bbc.com/turkce/haberler/2015/09/150923_robotlar_sanat)
- Rosenkrantz, J. and Louis Rosenberg, J. (2019). Nervous system. Erişim: 16 Şubat 2019, <https://n-e-r-v-o-u-s.com/index.php>
- SALT. (2012). Sol LeWitt. Erişim: 15 Şubat 2019, <https://saltonline.org/tr/335/sol-lewitt>
- Sarısamın, M. (2013). El Hamra Sarayı ve Endülüs'de bilim. *Hendese Dergisi*. Erişim adresi: <http://www.hendesedergisi.com/yazardetay/18-44-elhamra-sarayı-ve-endulusde-bilim.aspx>
- Schattschneider, D. (2015). M. C. Escher'in matematiksel yönü. Osman Altun (çev.). Erişim: 27 Mayıs 2019, <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2015/06/01/m-c-escherin-matematiksel-yonu/>
- Siyah, B. (2014). Genetik algoritma ile çift taraflı montaj hattı dengeleme. [Blog Yazısı]. Erişim: 03 Mayıs 2019, <https://www.bulentsiyah.com/genetik-algoritma-ile-cift-tarafli-montaj-hatti-dengeleme-csharp/>
- Soban, B. (2006). Generative art definition, thoughts and views. Erişim: 07 Ocak 2019, <http://www.soban-art.com/definitions.asp>
- Soban, B. (2019). Generative art description by Bogdan Soban. Erişim: 06 Ocak 2019, <http://www.soban-art.com/ga.asp>
- Spahr, R. (2018). *Generative art*. Robert Spahr'a ait ders notları. Erişim adresi: <http://www.robertspahr.com/teaching/gen/>
- Şeker, S. E. (2017a). Neural network 1 : Eğitime ve kavramlara giriş. [Eğitim Videosu]. Erişim: 04 Mart 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=B5MmXmMMuvI&list=PLh9ECzBB8tJN16m-K0XjIvqth3GSYLy\\_5](https://www.youtube.com/watch?v=B5MmXmMMuvI&list=PLh9ECzBB8tJN16m-K0XjIvqth3GSYLy_5)
- Şeker, S. E. (2017b). Neural network 2: Perceptron kavramı ve öğrenme. [Eğitim Videosu]. Erişim: 04 Mart 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=5Lo\\_HUDtxtw&list=PLh9ECzBB8tJN16m-K0XjIvqth3GSYLy\\_5&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=5Lo_HUDtxtw&list=PLh9ECzBB8tJN16m-K0XjIvqth3GSYLy_5&index=2)
- Şeker, S. E. (2017c). Yapay zeka 11: Genetik algoritmalar. [Eğitim Videosu]. Erişim: 05 Mart 2019, adresinden erişildi <https://www.youtube.com/watch?v=gL5iw5cvy0M&t=53s>
- Şeker, S. E. (Konuşmacı). (2018). Yapay zeka ve keşif /TEDxOdunpazarı. [Video].

- Erişim: 06 Mart 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=\\_rZXVmXmMeM](https://www.youtube.com/watch?v=_rZXVmXmMeM)
- Şeker, S. E. ve Dicle, Ç. (2017). Derin öğrenme (Deep Learning) nedir ve insanlık için tehdit midir? [Röportaj Videosu]. Erişim: 31 Mayıs 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=nPt\\_90EoryA&list=PLh9ECzBB8tJOtaD6DFxqRdP7QHlaBFcbW&index=39](https://www.youtube.com/watch?v=nPt_90EoryA&list=PLh9ECzBB8tJOtaD6DFxqRdP7QHlaBFcbW&index=39).
- TDK. (1998). Türk Dil Kurumu Sözlüğü. Erişim: 18 Şubat 2019, <http://sozluk.gov.tr/>
- TDK. (2006). Türk Dil Kurumu Sözlüğü. Erişim: 31 Ekim 2018, <http://sozluk.gov.tr/>
- Türkkan, O. (2013). Bipolar Fractal. Erişim: 16 Şubat 2019, <http://www.ozanturkkan.com/works/cacophony/>
- Ultav, C. (Konuşmacı).(2018). Digilogue Summit-Future Tellers'18/ Ne olacak bu insanın hali?. [Video]. Erişim: 19 Ekim 2018, [https://www.youtube.com/watch?v=e9QWYwin\\_eE&index=3&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy\\_R3QuvMq3](https://www.youtube.com/watch?v=e9QWYwin_eE&index=3&list=PL401z4g3OAAxdgT2UdoqQMPy_R3QuvMq3)
- Uzel, S. (2016). Mandelbrot'un cümleleri ile yaşam ve fraktallar. Erişim: 11 Nisan 2019, <https://bilimfili.com/mandelbrotun-cumleleri-ile-yasam-fraktallar/>
- Wikipedia. (2018). Generative art. Erişim: 07 Ocak 2019, [https://en.wikipedia.org/wiki/Generative\\_art](https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_art)
- Wired Staff. (1998). Idées fortes-Ecological design. Erişim: 08 Ocak 2019, <https://www.wired.com/1998/03/ideacutees-fortes-2/>
- Yazıcı, E. (2014). *Sıfırdan başlayarak algoritma ve programlama öğrenme*. Erişim: <https://play.google.com/books/reader?id=HTVyAwAAQBAJ&hl=tr&pg=GBS.PA145>
- Yeğinsu, İ., Şişman, C., ve Saraç, Ö. (Panelistler) (2018). Yeni medya ve ötesi: Bağlamlar ve bağlaçlar. İpek Yeğinsu (Moderatör). [Panel Videosu]. Erişim: 10 Kasım 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=EW8fVu-SkkQ>
- Yetkin, Ş. (1993). Çini. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. Erişim: 18 Şubat 2019, <https://islamansiklopedisi.org.tr/cini>

## EKLER

### **EK 1: Prof. Dr. Memduh Erkin ile gerçekleştirilen görüşme**

(Tez süreci öncesi gerçekleştirilen seminer ve tez konusu belirlendikten sonra yapılan görüşmelerden derleme)

#### **Algoritma, Fraktal Geometri ve Jeneratif Sanat Üzerine...**

Algoritma, ilk defa Harezmi'nin ortaya koyduğu bir tanımlamadır. Matematik, geometri, cebir gibi disiplinler için arayüz olarak kullanılır. Algoritma ritmik bir ilişki gösterir. İyi tanımlanmış bir dönüşüm bilgileri sistemi tepkisine göre giriş niceliklerinin çıkış büyüklüklerine dönüştürülmesi işleminin adıdır. Algoritmik gelişmeleri doğada da gözlemleriz. Dijital teknolojiler doğadan gözlemlediğimiz gelişimleri biyotaklit ve biyomimetik olarak kullanır.

Oran, birimin diğer birim tarafından ifadesidir. Birimler aynı türden iki çokluğu ifade etmelidir. Bunun dışında kalan birbirini cinsinden belirtilmeyen eşitlikler sinestetik yaklaşımlardır. Poincare'nin mavi dairedir, üçgen sarıdır gibi zihinsel kodlamaları sinestezinin konusudur. Orantı ise denklik ifadesi kurulan kalıplardır. Fraktal geometri bunu kullanır. Fractal; "fraction", parçadan türer ve daha altına inilemeyen en temel parça, oluşturduğu bütünün öz bilgisini taşır. Fraktal yapıları açıklamakta tek bir yaklaşım yeterli olmamaktadır. Fraktal geometrinin paralelinde diferansiyel geometrinin de izah edilmesi fraktal yapıları daha anlaşılır hale getirecektir. Diferansiyel geometri, 20. yüzyılın fraktal geometrisinin hem fikir oluşumunu hem de örneklendirmelerini ortaya koymaktadır. Diferansiyel; "difference", farktan türer. Diferansiyel geometri, fonksiyonlar ve değişkenler olarak iki durumda incelenir. Ana argüman bağımlı olsun bağımsız olsun değişkenlerdeki maksimal fark fonksiyonlarda minimal bir değişime neden olmaktadır. Üçgen son derece köşeli bir yapı gösterir. Üçgende oluşturulan maksimal bir değişim, fonksiyonda minimal bir değişime sebeptir. Bu da küre, prizma ve koni gibi amorf yani biçimli yapılar, tanımlamadığımız serbest yapı ve organik yapıların (dağlar gibi) yapılandırılmasında son derece elverişlidir. Poincare'nin de dediği gibi: "En doğru yanıt yoktur. En elverişli yanıt vardır."

Fraktaller düzensiz, belirsiz yapılar değildir. Bal peteği altıgen modüllerden oluşur. Altıgen yapı, uzay boşluğunu hiç boşluk bırakmadan doldurur. Altıgen yapı analiz edildiğinde ilahi mimari özelliği karşımıza çıkar: Bütün çokgenler arasında kapladığı alana oranla çevre uzunluğu en kısa olan çokgen. Eğer altıgen modül aynı alana

sahip çokgenlerle arasında en kısa çevre uzunluğuna sahipse arı bu peteği yaparken; en az iş gücüyle, en kısa sürede en az bal mumunu kullanır.

Descriptive ve projective geometriyi rafa kaldıran fraktal geometri yaklaşımıdır. 20. yüzyıl başında bütün-parça arasındaki ilişkinin araştırıldığı dönemde algılar değişmektedir. Öklid dışı geometrinin varlığını ortaya koyan bu yaklaşım, kendini idrakte, felsefe ve estetikle özdeşlenir. Fizikte particular fizik/ tanecik fiziği ortaya çıkmışken postmodern kültür çok daha ötededir. Gestalt teorisi de aynı dönemde doğdu. Bütün ve bütünün parçalarını meydana getiren ilişkiler düzenlidir. Bütüncül olarak bakınca; fiziksel, estetik ve felsefi açıdan her disipline yansımaktadır. Bu yaklaşım iki teori paradigması doğurdu. Functionalism (işlevselcilik) ve constructionism (yapısalcılık) 20. yüzyıl parçadan bütüne bu yaklaşımla bilimsel, sanatsal ve felsefi anlamda gelişim gösteriyor.

Kuruyan yaprakta veya solan bir gülda görülen süreç geri dönüşümsüzdür. Metaformoz gerçekleşmiş bir kelebeğe tırtıl diyemeyiz. Tüm bunlar geri dönüşümsüzlüğü ifade eder. Dönüşüm için gereç olup kimliklerine geri dönüşemez.

Toparlarsak tüm bilim alanları matematiksel bir potada incelenmektedir. Bu işin sanatını yapacak olan sanatçı, temel bilimler başta olmak üzere bilimsel bilgi alanlarına açlık duyması gerekir.

Geçmiş yüzyılların bilgi birikimiyle sanat yapılmaz. 2040'larda 20. yüzyılın ilk yarısındaki gelişmelerle sanat yapılmaz. Yeni medyanın çalışma konusu bu presentasyonu sadece içeriği, metodolojisi değil anlam bilimi ve gösterge bilimini de değiştirir. Çağdaş teknoloji 1990'ların paylaşım algısını değiştirdi. Şimdiki gençliğin elindeki avantaj nereye kadar avantaj, yoksa batışını mı hazırlıyor kaygısını taşımaktayım. Sosyal medya sadece paylaşımı takip eden, bilinçli ya da bilinçsiz olduğu ayrımını yapamayan bir seçicilik içinde yetişen gençlerimiz debisi yüksek bir akıntıya kapılmış kuru yaprak gibidir. Bu durum, kültürel savaşlarla da ilişkilidir. Biz burada sanat boyutuyla ele aldık ancak hiç bir şey birbirinden bağımsız ele alınmamalı.

## **EK 2: Yeni medya sanatçısı Ozan Türkkan ile yapılan görüşme**

“Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Jeneratif Sanat” adlı tez çalışmasının “Jeneratif Sanat” konusuyla ilgili 12.02.2019 tarihinde gerçekleştirilen soru cevap

### **1. Jeneratif sanatın, geçmişte doğanın özünde bulunan değişmezleri temel aldığı ifade edebilir miyiz?**

Tam anlamıyla öyle! Jeneratif sanat doğanın kullandığı sistemi kullanır. Benzer bir kaos ve düzen ilişkisiyle çalışır. Sanatçı çekirdeği ve bu çekirdeğin içinde barınan genetik yapıyı kurar ve süreci başlatır. Süreç içinde algoritma bazı noktalarda kendi kararlarını verir ve sonuç hiç öngörülemeyen bir noktaya gidebilir. Bu süreçte olasılıklar ve değişkenlerin kombinasyonları o kadar çoktur ki her bir sonuç bir öncekinden farklı ve biricik olur. Doğa bunu var oluş sürecinin her anında her aşamasında yapıyor. Sonuç: hayranlık verici bir çeşitlilik ve estetik...

### **2. Çalışmaların jeneratif sanat olarak değerlendirilmesi için hangi kavramları mutlaka karşılaması gerekir? Jeneratif diyebilmemiz için temelinde mutlaka olmalı diyeceğimiz diğer dijital sanat çalışmalarından ayıran özellikler nelerdir?**

En önemli özelliği düzen ve kaos ilişkisidir bana göre. Bir kodun veya algoritmaların temeli kurallar üzerine kuruludur ama diğer yandan bağımsız bir organizma gibi çalışır. Yani doğadaki gibi bir elma tohumunu toprağa koyduğunuzda her seferinde elma ağacı çıkar ama her bir ağaç birbirinden farklıdır. Bu süreç jeneratif sanatında temelini oluşturur.

### **3. Farklı sanatsal projelere yöneliminizde etkili olan unsurlar nelerdir?**

En önemlisi merak diyebiliriz. Sürekli canlı tuttuğum çocuksu bir merak ve heyecan. Günümüz sanatçısı aynı zamanda bir araştırmacı olmak zorunda. Bu süreçte farklı farklı deneyimlere dokunmamak farklı projelere yönelmemek mümkün değil. Bu da sürecin en keyifli tarafı zaten...

### **4. Neden jeneratif sanatla üretimi tercih ediyorsunuz?**

Her adımında beni şaşırtma potansiyelinden dolayı. Bazen vardığı noktaya inanamıyorum ve daha nerelere gidebileceğini düşünmek inanılmaz bir heyecan veriyor. Buda enerjimi ve çalışma isteğimi canlı tutuyor. Sürekli merak halini...

**5. Konu, çalıştığınız sürece ne kadar etkiliyor? “Bipolar Fraktal” çalışmanızın geri planında ne gibi çalışmalar yaptınız? Bilimsel, teknik ,programlama ve maddiyat anlamında ne gibi süreçler deneyimlediniz?**

Bir konu üzerine çalışmak ya da küratorial bir çalışmanın içinde olmak benim için önemli. Bu ayaklarımı yere basmamı ya da başka bir deyişle toprağa bir ip ile bağlı olmamı sağlıyor. Ne kadar uçsam da belli bir eksende kalmak ayaklarımın yere basması çıkan sanat eserinin dengesi için çok önemli. “Bipolar Fractal” da öncelikle uzun bir okuma süreci oldu. Bipolar Mania hakkında. Daha sonrasında dijital bir dille nasıl bir karakter yaratacağım üzerine çalıştım. Nasıl bir form olacağı, bağırduğunda nasıl olacağı, sakin olduğunda nasıl olacağı... Sonuç olarak bütün bu süreçte nasıl bir dengenin olacağı... O yüzden çılgınlık, boşluklar ve dinginlik hallerini dengeli bir zemine oturtmaya çalıştım. Dalgalanma boyutu yüksek olsa da her zaman bir denge vardır. Bu süreçte özellikle bu çalışmada ses çok önemliydi benim için. Çılgılık, nefes alma, boşluk, dinlenme, devinim gibi modların ses ile vurgulaması daha güçlü oldu benim için. O yüzden dijital seslerin yanında doğal sesler de kullandım. Su, rüzgâr, ateş, orman vs. Bunları iç içe harmanladım. Karakter ne kadar dijital bir formda olsa da canlı organik bir etki yaratmaya çalıştım.

**6. “Bipolar Fraktal” çalışmanızda ilk aklımdan geçen bipolar bozukluk teşhis edilmiş bir beyne ait grafiklerin görselleştirilmesi yönündeydi. Ses düzenlemelerinin size ait olduğu bir röportajınızda belirtilmişti. Sesi bağımsız değişken olarak kullanıp sesle etkileşime geçen bir çalışma da yapılabilirdi. Tüm bu varyasyonları düşündüğünüzde tercihlerinizi şekillendiren neler oluyor?**

Sanskritcede bir söz var; “Nada Brahma”. Önce ses vardı. Ya da önce titreşim vardı. Ses bazen benim içinde öncelikli olabiliyor. Form onu takip ediyor ama süreç içinde iletişim kurmaya başladıklarında birlikte ilerliyorlar birbirlerini var ediyor bazen öne çıkıyor bazen geride kalıyor ama dengede oluyorlar. Aralarındaki bu iletişim çok önemli.

**7. Farklı fraktal boyutlar için farklı algoritma çeşitleri üzerinde çalıştığınızı ifade ettiğiniz bir yazı okumuştum. Bilgisayar bilimleriyle ilgili araştırdığım literatürde çevrimli, sıralama, özyinelemeli ve genetik algoritmalar, yapay sinir ağları, hücresel otomatlar şeklinde tanımlamalara rastladım. Çalıştığınız alana**

**dair kullandığınız algoritma sistemleri bu kavramlarla ifade edilebilir mi, Jeneratif Sanat kapsamında bunları kullanıyor musunuz? Ya da farklı kavramlarla ilerleyen bir program dilimi kullanıyorsunuz?**

Tabii ki, çalıştığım alana dair algoritmalar aynı kavramlarla ifade edilebilir. Farklı farklı algoritmaları, dilleri her zaman kullanıyorum. Her zaman yenilerini öğrenmeye deneyimlemeye ve farklı farklı sonuçları gözlemlemeye çalışıyorum. Bu çok önemli benim için. Sonsuz bir öğrenme uygulama ve deneyimleme süreci bu. Bu oldukça üretim devam edecektir ve yeni sonuçlar aldıkça bahsettiğim heyecan ve merak canlı kalacaktır.

**8. “Digilogue 2018 Future Tellers” adlı etkinlikteki bir panelde Refik Anadol moderatörlüğünde Casey Reas, Zach Lieberman, Kyle McDonald, Lauren McCarthy gibi sanatçılar kodlama ile sanat üretimi, açık kaynak akımı üzerine konuştular. Refik Anadol “farklı zihinlerin bir araya gelmesiyle bireysel kaybolmalık, bilginin yoksunluğunu çekme durumunun yaşanmadığı bir ortam” oluştuğunu belirterek ekip çalışmasının kişiye ve işe katkısına değindi. Yazılım öğrenmek için yetkinlikten öte merak, ilgi ve çabanın olması gerektiği vurgulandı. Açık kaynak kodlu yazılımlar; üretken, bilgisini paylaşan, açık fikirli ve paylaştıkça gelişen alanlar olarak tanımlandı. İfade ettikleri ortam kültürü “bilmiyorum ama öğrenebilirim” dedirten ilgiyi, merakı, disiplinler arası çalışmayı ve işbirliğini destekler türden. Sizin bu konudaki düşüncelerinizi öğrenebilir miyim? Nereden başlanır, nasıl bir yöntemle ilerlemek mümkün olur?**

Aynı şekilde düşünüyorum. Ben de aynı şekilde ilerledim ve aynı süreçten geçtim. İlk kullandığım programlama dillerinden biri MIT de Casey Reas ile Ben Fry’in başlattığı projenin ürünü olan “Processing” oldu. Hala da en sevdiğilerimden ve sık kullandıklarımından biridir. Merak etmek ve başlamanın çok önemli olduğunu düşünüyorum. İçine girdikçe bu merak ve heyecan artıyor ve bir bakmışsınız yapıyorsunuz. Open Source un da bu süreçler için çok önemli olduğu bir gerçek. Ortak bir bellek ile ilerliyor ve kolektif bir çalışma çıkıyor ortaya. Birçok doküman ve çalışma materyali internette açık olarak rahatlıkla bulunabiliyor. Kişisel merak ve çaba en önemlisi.



**9. Casey Reas; software, freeware, libre, open source, kar ve erişim konularına değinerek bağımsız sanatçı, eğitimci ve öğrenciler için ciddi maliyeti olduğundan bahsetmişti. Şirketlerin sahip olduğu ve geliştirdiği freeware yazılımlara karşın free software yazılım üreten, katkı yapan, gelişen bir ortam sunmaya çalıştıklarını ifade ettiler. Bu sanatın piyasalaştırılmasına tepkisel bir duruş olarak algıladım. Bu konuda sizin düşünceleriniz nedir?**

Bu tepkisel duruş ve bunun üzerine yapılması gereken kolektif çalışma çok çok önemli bence. Üretim sürecinde kullanmanız gereken bir çok yazılım ya da program çok maliyetli olabiliyor. Bu da sanatın belli bir tekelerde ve belli bir kesimin elinde kalması tehlikesini doğuruyor. Bunu kırmanın tek yolu da birlikte yapılacak bu çaba. Yoksa birçok genç sanatçı tıkanma yılma noktasına gelip terk edebiliyor. Özellikle devlet desteğinin ya da kurumsal fonların olmadığı ülkelerde. Open source ve kolektif çalışmalar bu mücadalenin kilit noktalarını oluşturuyor.

**10. Gerekli ekibin oluşturulması, donanımların sağlanması, maliyetlerin karşılanması gibi problemler, çalışmanın bütünü etkileyen süreçler olmalı. Bu problemler nasıl aşıyor?**

Bu problemler ve bunların aşılma süreci çalışmanın bel kemiğini oluşturuyor. Önce heyecan duyduğunuz bir fikir ortaya çıkıyor. Bu kâğıda dökülüyor derken maketi çıkıyor derken planı ortaya çıkıyor. Ama uygulamaya geldiğinizde ihtiyacınız olan donanımları, ekibi ve uygulamanın diğer tüm maliyetlerini bulmanız gerekiyor. Bu kurum ya da devlet fonu ile olabilir, özel yardım ve fonlar ile olabilir ya da kişisel çabalar ile oluşturulabilir. Tüm bunlar işin bir parçası. İlk aşamalarda kişisel çabalar ile yürütülmesi kaçınılmaz. Sonrasında görünürlüğü arttıkça destek almanızın biraz daha kolaylaştığı bir döneme girilir. Görünürlük çok önemli. Sonrasında ise daha da kolaylaşabilir ya da tıkana da bilir. Bu tamamen sanatçının çabalarına ve çalışmasına bağlı. İstek, ısrar ve en önemlisi sürekli çalışmasıyla aşılabilecek süreçlerdir. Ben böyle olduğuna inanıyorum.

## ÖZGEÇMİŞ

Serpil UYSAL, 30.04.1988 tarihinde Çorum'da doğdu. Çorum Mimar Sinan Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'ni bitirdikten sonra İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2012 yılında mezun oldu. Erasmus öğrenci değişim programı kapsamında İtalya'da Università Di Bari Aldo Moro'da eğitim aldı. 2019 yılında OMÜ GSE Resim Ana Sanat Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi. Mezuniyetinden bu yana farklı eğitim kurumlarında öğretmen olarak görev yapan Serpil iyi derecede İngilizce bilmektedir.

### İletişim Bilgileri

**E mail :** [serpil.uysal11@gmail.com](mailto:serpil.uysal11@gmail.com)

**Telefon :** 05417799961

### Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

2017-Çorum, Bilgisayar Destekli 3 Boyutlu Tasarım-Solidworks Geliştirme ve Uyum Eğitimi

2017-İzmir, 14. Yaratıcı ve Yenilikçi Öğretmen Semineri

2016-2017- İzgören Akademi Eğitimleri Başarı Sertifikaları

2016-Amasya, Pedagojik Formasyon Eğitimi

2012-Malatya, Logimex- UniVersita Kalite Yönetim Sistemleri Başarı Sertifikaları

2011-Bari, İtalya, Temel Seviye İtalyanca Kursu

2007-2008, Malatya, İnönü Üniversitesi, Yabancı Diller Bölümü, İngilizce Dil Eğitimi Programı Başarı Sertifikası