

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106215

BİR OLUKLU MUKAVVA TESİSİNDE KALİTE  
YÖNETİMİ

Kimya Müh. Ziya ETİĞ

F.B.E Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanan

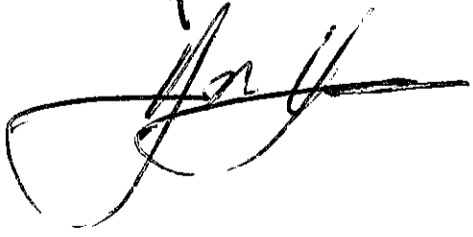
YÜKSEK LİSANS TEZİ

106215

ZB

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Z. Sema BAYKARA

Prof. Dr. Hasan HEPERKAN



Prof. Dr. Neset KADIRGAN



İSTANBUL, 2001

TE. YÜKSEK LİSANS TEZİ  
DOKÜMANI

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPAY ZEKANIN TARİHİ.....	5
2.1 Turing Testi.....	6
3. BİLİNCİN DOĞASINA DAİR GÖRÜŞLER.....	8
3.1 Bilincin Klasik Yorumu.....	9
3.1.1 Güçlü Yapay Zeka Görüşü.....	9
3.1.2 Eyleycilik Prensibi ve Bilincin Evrimi.....	10
3.2 Bilincin Kuantum Mekanik Modeli.....	11
3.2.1 Tamamlayıcılık ve Belirsizlik İlkelerinde Bilincin Etkisi.....	13
3.2.2 Schrödinger'in Kedisi Deneyi ve Bilincin Deneydeki Rolü.....	14
3.3 Kaos Teorisi ve Bilinç.....	16
4. YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİ ve BİLİNÇ.....	18
4.1 Sinirsel Ağ Sistemler (Neural Networks).....	18
4.2 Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithms).....	20
4.3 Kuantum Bilgisayarlar.....	21
5. YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİNİN İNCELENMESİ.....	23
5.1 Artificial ACAD.....	23
5.2 KISMET.....	26
5.3 AARON.....	29
5.4 Artificial Painter.....	35
6. SONUÇLAR.....	40
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	43

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Turing Makinesi'nin şematik gösterimi .....	5
Şekil 3.1 Schrödinger'in Kedisi Deneyinin İlistürasyonu.....	14
Şekil 5.1 Artificial Acad programının oluşturmuş olduğu üç boyutlu mimari modeller.....	24
Şekil 5.2 Artificial ACAD programı tarafından oluşturulmuş üç boyutlu modeller.....	25
Şekil 5.3 Kismet'in çevresini algılayarak verdiği tepkiler.....	26
Şekil 5.4 Kismet'in algılama sistemi.....	27
Şekil 5.5 Kismet'in işlem birimleri ve birbirleriyle olan ilişkiler.....	27
Şekil 5.6 Cog, yapımı henüz tamamlanmamış durumdayken çekilmiş bir fotoğrafı.....	28
Şekil 5.7 AARON'un bir çalışması. Gaughin'in sahilinde buluşmak .....	29
Şekil 5.8 AARON'un bir çalışması. Dekoratif pano önünde Aaron.....	30
Şekil 5.9 AARON'un bir çalışması. Özgürlük ve arkadaşlar.....	31
Şekil 5.10 Theo. Tuval üzerine yağlı boya .....	32
Şekil 5.11 San Francisco Modern Sanat Müzesi'nde AARON'un resim sergisi (1979).....	32
Şekil 5.12 Süslenmiş fon önünde ayakta duran figure.....	33
Şekil 5.14 AARON'un bir çalışması. Saksıdaki bitki önünde iki arkadaş.....	34
Şekil 5.15 Artificial Painter programının arayüzünün şeması.....	35
Şekil 5.16 Artificial Painter ile oluşturulmuş resimler.....	36
Şekil 5.17 Kullanıcının seçimlerine göre sonuçların belli bir tarza yaklaşması.....	37
Şekil 5.18 İki farklı kullanıcının seçimlerinin oluşturduğu iki farklı resim.....	38
Şekil 5.19 Artificial Painter'dan iki benzer nitelikli resim.....	39

## ÖNSÖZ

Günümüzde, bilgisayar teknolojisinin gelmiş olduğu seviyeye rağmen, bilgisayarların sanata dair uygulamaları, henüz ne bilim ne de sanat çevrelerince kesin bir yargıyla eleştirilebilmektedir. Sanatın yada yaratıcılığın (bunlara tasarım da dahil), insana özgü olduğu görüşü hala çok yaygın bulunmaktadır. Bilgisayarların henüz fethedemediği bir kale konumundadır. Belki bu yüzden, bilgisayarların yaptıkları eserlere ‘ruh’suz yakıştırması yapılması sıklıkla karşılaşılan bir tavidir. O zaman, bizi özel kılan tarafımız nedir? Gerçekten de algoritmaların ortaya çıkaramayacağı bir özelliğe mi sahibiz? Bu tez, insanın henüz fethedilememiş son kalesinin doğasını, ona dair ileri sürülen görüşleri ve onu ortaya çıkarmaya çalışan bilimadamlarının kuramlarını incelemektedir. Bilgisayarlar ise pusuda hazır beklemektedirler. Öğrenme yetisine sahip sistemler, evrim geçiren algoritmalar, insanın bu özelliğini kazanabilmek için hızla geliştirilmektedirler.

Bu tez konusunu yazmamdaki heyecanı ortaya çıkaran Yıldız Teknik Üniversitesi –Mimarlık Fakültesi- Bilgisayar Ortamında Mimarlık Bölümü hocalarına, özellikle Prof.Dr.Necati İnceoğlu’na teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Ayrıca her zaman arkamda olan aileme ve tüm yardımlarından dolayı arkadaşlarımın teşekkür ederim.

## ÖZET

Bu tezin amacı, yapay zekaya sahip bir sistemin tasarım yapabilme yetisinin incelenmesidir. Bunun için öncelikle tasarım süreci ve bu süreçteki adımların nitelikleri ele alınmıştır. Tasarım sürecinde iki önemli adım tespit edilmiştir. Bunlar; rasyonel ve objektif adımlar ile subjektif ve yoruma dayalı adımlardır. Yapay zekaya sahip sistemler, hatta klasik bilgisayarlar, rasyonel adımlarda insanlardan daha başarılı olabilmektedirler. Algoritmalarının işleyiş mantığı, tasarım sürecinin bu kısmında gerçekten başarılı olmaktadır. Ancak, yoruma dayalı ve estetik değer yargıları taşıyan adımlara gelindiğinde ise ortaya başka olgular çıkmaktadır. Ne yaptığının farkında olmayan bir sistemin, yaptığı tasarıma yorum katabilmesi mümkün müdür? Farkındalık ya da bilinç, bu adımlarda çok önemli bir rol oynamaktadır.

Yapay zekanın bir bilinç ortaya koyabileceğini, yaptıklarının farkına varabileceğini söyleyebilmek için, hem yapay zekanın hem de bilincin doğasını anlamak gerekmektedir. Öncelikle yapay zekanın ortaya çıkışı ve ardındaki kuramlar ele alınmıştır. Daha sonraki bölümde ise bilincin doğasına ilişkin bilimsel kuramlar incelenmiştir. Bu iki kavramın irdelenmesinden sonra, yapay zeka teknolojileri incelenmiş ve bu teknolojilerin, bilinçli bir eylem gerçekleştirme olasılıkları ele alınmıştır.

Son bölümde ise, günümüzdeki yapay zeka uygulamaları ve bunların ortaya koydukları ürünler, önceki bölümlerde ortaya konmuş olan kuramlar açısından incelenmektedir. Bilince dair henüz bir kuramın doğrulanamaması yapay bir zekanın bilinçli bir eylem gerçekleştirme sorunlarını hala gündemde tutmaktadır.

## ABSTRACT

The purpose of this research work is, to analyze the design ability of an artificially intelligent system. As the first step, the design process is analyzed. The analysis give two important parts of the design process. The first part is the objective and the rational part. The other is the part that has the designer's point of view. An artificially intelligent system or even an ordinary computer can be very successfull at the first part of the design process. Because of their algorithms' working principles and speed, they can be more efficient than human being. But at the second part of the design process, some other factors show up. Can any artificial system that doesn't have any idea of what it's doing, effect design with it's point of view? At this moment the key word is appear to be "the consciouness".

The consciouness and the artificial intelligece has to be understood to determine if an artificial system can act with consciouness. Therefore, artificial intelligence and it's theory are analyzed in the second chapter. The next chapter is about the origin of the conscious and the theories about it's nature. After these analyzes, the artificial intelligence technologies are overviewed by the possibility of an achievement of consciouness on these systems.

At last chapter, the products of the artificial intelligence systems experimentally produced today are analyzed by the viewpoint of these theories of mind and consciouness.

## 1. GİRİŞ

Yapay zeka kavramının ilk ortaya çıkış tarihi sayılan 1940'lı yıllardan bu yana geçen sürede, yapay zeka uygulamaları mikrobiyolojiden finans sektörüne kadar çok geniş bir alanda kullanılmaya başlanmıştır. Yapay zekanın bu kadar çeşitli dallarda kullanım alanı bulabilmesi karar verme sürecinin dış şartlardan etkilenmeden daha verimli bir seviyede ve çok kısa bir sürede gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Dikkat edildiğinde yapay zekanın kullanıldığı alanlar çok çeşitli gibi görünse de aslında hepsinin ortak bir paydaya sahip olduğu görülebilir. Uygulama alanları hesap gerektiren rasyonel süreçlere sahip alanlardır. Problem çözmeye dayanan ve mantık yoluyla çözüme ulaşılabilecek türden bir altyapıya sahiptirler. Bu alanlarda yapay bir zeka çok başarılı sonuçlar vermektedir. Sürecin formüle edilebildiği bir problem algoritmik işlemlerle tanımlandığında yapay zeka problemin çözümüne ya da çözümlerine çok kolay ulaşabilmektedir. Yapay bir zeka problem çözme sürecinde, çok kısa bir zamanda çok fazla çözüm yolu deneyerek ve dış etkenlerden etkilenmeksizin çalışabilmektedir. Bu özellikleri sayesinde kullanım alanı olarak kendine çok geniş bir yelpazede uygulama olanağı bulabilmektedir.

Yapay zekanın bir tasarım gerçekleştirmesi ya da tasarım sürecinde kullanılması için öncelikle tasarım sürecini analiz etmek gerekmektedir. Günümüzde kullanılan bilgisayar algoritmalarından yararlanarak tasarım sürecinin bir bölümünün yahut tamamının simüle edilmesi istenildiğinde, tasarım sürecinin adımlarını matematiksel bir dile çevirmek gerekecektir. Tasarım süreci öyle formüle edilmelidir ki bilgisayar hangi koşullarda ne gibi adımlar atması gerektiğini önceden bilebilmelidir. Bu koşullar şu an kullanılmakta olan dijital bilgisayarların çalışma prensipleri açısından geçerlidir. Son bölümde değinilecek olan diğer yapay zeka teknolojilerinde ise böyle bir gereksinme yoktur. Sistem daha önceden ne yapacağı belirlenmeden de karşılaştığı problemi çözebilmektedir. Bu özelliğini ise öğrenme ya da mutasyon yoluyla gerçekleştirmektedir.

Tasarım sürecine bakıldığında ise statikten felsefeye kadar uzanan geniş bir alan ortaya çıkmaktadır. Tasarımı oluşturan bileşenlerin saptanması ve tasarımı tanımlama için öne sürülen formüller çok eski çağlardan günümüze kadar geçen süreçte temelde üç bileşenden oluşmuştur. Antik Çağ'da Vitruvius bu üç bileşeni sırasıyla sağlamlık, işe yararlılık, çekicilik olarak belirlemiştir (Özer, 1993).Rönesans'a gelindiğinde ise gerek Alberti'nin gerekse Palladio'nun bu üç asal özelliği benimsedikleri görülmektedir. Rönesans düşünürleri için bu

üç bileşen kullanışlılık, uygunluk, güzellik olarak belirmiştir. Rus mimarlardan Felix Novikov (1976) The Courier dergisinin özel sayısında; bilim ve teknoloji bileşenlerinin değeri ne olursa olsun, sanat faktörü ortada bulunmadıkça olumlu bir tasarım sürecinden söz edilemeyeceğini ileri sürmektedir (Özer, 1993). Kısaca Novikov tasarımı bilim-teknoloji ve sanatın çarpımı olarak formüle etmiştir. Bu formülde dikkat edilmesi gereken nokta bileşenler arasında bir çarpım işlemi olmasıdır. Bileşenlerden birini kaldırdığımızda çarpım sıfır sonucunu vereceğinden sonucun bir tasarım olamayacağını ön görmektedir.

Tasarım sürecinin tanımlarına geçmişten günümüze bakıldığında hem rasyonel ve objektif adımlar olduğu gibi hem de subjektif ve yoruma dayalı adımlarla da karşılaşmaktadır. Yapay bir zeka tasarım süreci içerisinde rasyonel adımlarda (fonksiyon ya da strüktür çözümü vb.) herhangi bir sorun yaşamayacaktır. Hatta bu adımları sahip olduğu avantajlar sayesinde (hız ve çok fazla alternatif üretebilme vb.) insana oranla daha başarılı olabilecektir. Kilit nokta ise tasarım sürecinde tasarımcının kendi yorumunu kattığı ,kendi estetik değerleriyle hareket ettiği aşamadır. Bu aşama tasarım ürününe sahip olduğu tarzı kazandıran aşamadır. Aynı tür tasarım ürünleri arasındaki estetik farklar, onları tasarlayan kişilerin bakış açılarını ,tavırlarını, ve felsefelerini yansıtmaktadır. Tek bir tasarımcının ürünlerine bakıldığında birbirlerinden farklı türde de olsalar aralarındaki ortak tavrı görebilmek mümkündür. Bu, o tasarımcının tarzını tanımlar (Gün, 1998).

Yapay zekaya sahip bir sistemin tasarım sürecine kendi tavrını ya da yorumunu katabilmesi için öncelikle yaptığı işin farkında olabilmelidir. Günümüzde kullanılan yapay zeka teknolojileri ve bu teknolojilerden yararlanarak yapılmış olan robotlar gerçekleştirdikleri işi çok akıllıca yapsalar da ne yaptıkları hakkında en ufak bir bilgileri bile bulunmamaktadır. Yaptıkları iş için de zaten böyle bir farkındalık gereksinimine gerek duyulmamaktadır. Sadece yapay bir zekaya sahip olmaları yapılacak iş için yeterlidir. Örneğin dünya satranç şampiyonu Kasparov'u yenen Deep Blue adlı bilgisayar için satranç, sadece belli algoritmik kurallar ve bu kurallara tabi onaltı birimin karşı taraftaki onaltı birimle olan ilişkisinden ibarettir. Satranç tahtası ise bu birimlerin bulunduğu koordinat sisteminden başka birşey değildir. Ne karşısındakinin bir dünya satranç şampiyonu olduğunun farkındadır, ne de bir şampiyonada olduğunun farkındadır. Hatta oynadığı oyunun satranç olduğunu bile bilemeyecektir. Yaptığı iş, belli kurallara uyarak en uygun çözümü bulabilmekten ibarettir. Bu da dünya şampiyonunu yenmesi için yeterli olmuştur. Tasarımda ise farkındalık yani bilinç çok önemli bir yer tutmaktadır. Bilinç, insanların farklılığını, tavırlarını, beğenilerini meydana getiren özelliktir.

Bilinç dışındaki diğer beynsel özellikler (görme, duyma, koku alma, hissetme vb.) her insanda aynı beyin bölgesinde ve aynı biyolojik ve kimyasal kurallara göre işlemektedir (Crick, 1997). Herhangi bir dış etki her insanda aynı kurallar dahilinde aynı etkiye sebep olacaktır. Ancak bu etkiyi her insan farklı yorumlayabilecektir. Bilinç, bir anlamda insanoğlunu diğer her şeyden ayırır özelliğiymiş gibi görünmektedir. İnsanın seçimleri, beğenileri, olaylar karşısındaki tutumları ve bunun yanında yaptığı tasarımlar da dahil onun dış dünyanın farkında olduğunun göstergesidir. Robot bir kolun eline bir kalem alıp kağıda birşeyler karalamasıyla, bir tasarımcının eskize karaladıkları arasında çok büyük bir fark vardır. Şekil itibarıyla bu iki çizim birbirleriyle aynı karışıklıktaymış gibi görünebilirler. Robot kolun çizimi hiçbir anlam taşımamaktadır. Bu, çizilenlerin herhangi bir çağrışım yapmamasından kaynaklanmaz. Tasarımcının yaptıkları da bakan biri için hiçbir anlam ifade etmeyebilir. Ancak çizim sürecine bakıldığında tasarımcının her çizgisi onun için bir anlam ifade eder. Yaptığı çizim ne kadar karmaşık da olsa tasarımcı çiziminin kendisinde uyandırdığı ifadenin farkındadır. Robot kolun yaptığı çizim ise sadece bir karalamadır. Çizim süreci tamamen bilinçsizce ve rastgeledir. Bu iki benzer çizimin birini eskiz, diğerini ise karalama olarak tanımlamaya yol açan etken bilinçtir. Bugünkü noktada yapay zeka ve teknolojilerinin tasarım alanında yaptıkları çalışmalar otistik çocuğun yaptıklarından farklı olamayacaktır. Yapay zeka tarafından yapılmış tasarım çalışmalarına bakıldığında, gerek üç boyutlu olsun gerekse iki boyutlu; sonuç ürünler gerçekte bir insanın yaptığı tasarımlara çok benzemektedir. Sürece bakıldığında ise tamamen rastgele ve bilinçsizce bir araya getirilmiş şekillerden ibaret olduğu görülmektedir. Diğer pek çok alanda çok zeki başarılarla imza atan yapay zeka teknolojileri tasarım ya da sanat alanında ise yapay bir zekadan çok yapay bir bilinç sergilemek durumundadır. Burada devreye bilincin doğası ve bilincin doğasına ilişkin kuramlar girmektedir.

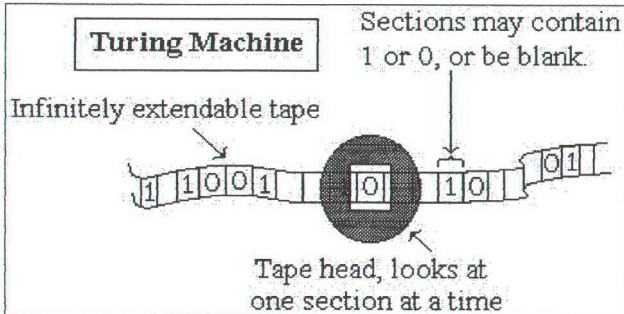
Bilincin yalnız insana özgü bir nitelikmiş gibi görünmesi ya da dünya üzerindeki tek bilinçli varlık olarak algılanması çok eski çağlardan beri bilince fizikötesi bir anlam verilmesine yol açmıştır. İnsanın madde ve ruh olarak iki bileşenden oluştuğunu savunan dualist görüş, bilinci bu iki bileşenden biri olan ruhun bir yansıması olarak görmüştür (Zohar, 1998). Bu görüş doğrultusunda yapay zekanın bir bilinç sergilemesini beklemek imkansızlaşmaktadır. Bunun yanında bilincin doğasının fiziksel ve matematiksel temellere dayandığı ve beyin çok karmaşık algoritmalarının derinliklerinden kaynaklandığını savunan görüşler de mevcuttur. O zaman yapay zekaya sahip bir sistemin de yeterli bir düzeye ulaştığında bir bilinç sergilemesi beklenebilir. Sorun teknik bir soruna indirgenmektedir. Bilincin fiziksel tabanlı bir olgu

olduğunu ancak bunun beyin dışındaki herhangi bir sistemde simüle edilemeyeceğini savunan bir başka görüş de yapay zekanın bir bilince sahip olabileceğini olanaklı görmemektedir. Bütün bu görüşlerin yanında herşeyin ( kalem, otomobil, ütü, solucan vb.) bir bilince sahip olduğunu ancak hepsinin aynı seviyelerde olmadıklarını savunan bir başka görüş de bulunmaktadır (Penrose, 1998). Bilincin doğasını ve bunlara ait görüşlerin dayandığı bilimsel kuramları ve yapay zekanın bir bilince sahip olup olamayacağını araştırmadan önce yapay zekanın ortaya çıkışı sürecini ele almak gerekmektedir. Yapay zeka kuramının dayandığı temel bilimsel ve felsefik noktalar incelemeyen daha ileriki bir aşamada yapay bir bilince sahip olup olmayacağını sorgulamak pek doğru olmayacaktır.



## 2. YAPAY ZEKANIN TARİHİ

Yapay zeka kuramının ortaya çıkışı 1940'ların başlarına kadar uzanmaktadır. Bugünün bilgisayarlarının da kuramsal temellerinin atıldığı yıllar da aynı yıllardır. Bilgisayarın ve yapay zekanın kuramsal olarak babası kabul edilen Alan Turing çok zeki bir matematikçi ve şifre uzmanıdır. İkinci Dünya Savaşı'nda İngiliz Gizli Servisi MI5 adna çalışmıştır. Alman'ların geliştirmiş olduğu Enigma adlı şifreleme aygıtı tarafından şifrelenen yazışmaları, kendi geliştirmiş olduğu makine ile deşifre etmeyi başarmıştır. Müttefik Kuvvetler Turing sayesinde Nazi'lerin birçok gizli bilgisini ele geçirmiş ve bütün planlardan çok önceden haberdar olmuştur. Turing İkinci Dünya Savaşı'nda adeta yıldızlaşmış ve ulusal kahraman ilan edilmiştir. Turing'in kuramsal olarak geliştirmiş olduğu ve daha sonra İkinci Dünya Savaşında gizli bilgileri deşifre etmek için kullandığı makine bugün Turing Makinesi olarak adlandırılmaktadır. Bugünkü bilgisayarların atası sayılmaktadır. Turing bu makinenin çalışma prensiplerini de açıkladığı bir makalesinde; insan zekasının işleyişi, programlama ve çeşitli bilgisayar tasarımlarıyla ilgili çok önemli fikirler ortaya koymuştur. Turing (1936), makalesinde bir evrensel makineden (universal machine) bahsetmektedir. Turing, daha sonra Turing Makinesi olarak adlandırılacak olan bu evrensel makineyle her türlü matematiksel fonksiyonun gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Hatta doğadaki fonksiyonların da bu makineyle simüle edilebileceğini öne sürmüştür. Turing'in kuramsal olarak geliştirmiş olduğu bu makine günümüz bilgisayarlarının çalışma prensiplerinin altyapısını oluşturmuştur. Turing Makinesi'nin (Şekil 1.1) çalışma mantığı çok basittir. İki ana birimi bulunmaktadır. Bunlardan ilki bir banttır. Bu bantın üzerinde 0, 1 ve boşluklardan oluşmuş bir bilgi bulunmaktadır. Diğer birim ise bu bantın üzerindeki bilgiyi okuyabilen, silebilen ve tekrar ya-



Şekil 2.1 Turing Makinesi'nin şematik gösterimi.

zabilen bir kafadan oluşmaktadır. Bantın en önemli özelliği ise uzunluğunun sınırsız olabilmesidir. Bu da makinenin çok büyük basamaklı işlemleri gerçekleştirmesini sağlamaktadır. Makinede ayrıca iç durum (inner state) olarak adlandırılan, önceden tanımlanmış işlemler grubu bulunmaktadır. Makine herhangi bir anda bu iç durumlardan birindedir. Bu ve gerçekleştireceği işlemin ne olduğunu bu iç durum belirler. Banttan okuduğu bilgiyi bulunduğu iç duruma göre değiştirir. Örneğin bir iç durum makineye banttan 1 okuduğunda bu bilgiyi silip yerine 0 yazmasını ve bantın üzerinde bir sıra sola kayıp başka bir iç duruma geçmesini söyler. Okuyucu kafa 1'i silip yerine 0 yazar ve bir sola geçtikten sonra yeni iç durumunun banttan okuduğu yeni bilgiye göre ne yapması gerektiğine bakar. Böylece bant gittikçe işlenmeye ve üzerindeki girdi bilgisi bir çıktı bilgisine doğru gelişmeye başlar. Bu işleme süreci makinenin iç durumunun dur komutu vermesine kadar devam eder. Dur komutu alan makine işlem yapmayı bırakır ve elde edilen bant istenen çözümün bulunduğu bant olmuştur. Dikkat edildiğinde bantın üzerindeki bilgi sadece 0 ve 1'dir. Bu, ikilik sistem bugün kullanılan dijital bilgisayarların kullandıkları dille aynıdır. İç durumların sayısı ve çeşitliliği gerçekleştirilmek istenen işleme göre değişmektedir.

## 2.1 Turing Testi

Alan Turing evrensel makinesinin tüm matematik fonksiyonlarının yanında doğadaki fonksiyonları da taklit edebileceğini ileri sürmüştür. Bunun anlamı, Turing Makinesi doğadaki herhangi bir canlı gibi kendini geliştirebilir, çoğaltılır ya da insanlar gibi mantıklı davranabilir demektir. Dahî bir matematikçi olan ve bilgisayarın kuramcıları arasında Turing'le beraber anılan Jon Von Neumann (1952), Turing makinesini bir adım ileri götürerek bir makinenin kendi kendini kopyalayabileceğini matematiksel olarak kanıtlamıştır. Neumann'ın tasarladığı makine temelde bir Turing Makinesi'yle beraber dört ayrı birimden oluşan bir yapı içermektedir. İlk birim fabrika (factory) adındaki birimdir. Görevi ise malzeme havuzundan uygun parçaları toplamaktır. İkinci birim kopyalayıcı (duplicator) birimdir. Görevi ise okuduğu girdi bantının kopyasını çıkarmaktır. Böylece oluşturulacak yeni makine için gerekli olan bilgi kopyalanmış olmaktadır. Üçüncü birim ise bilgisayarın kendisidir. Makinenin beynini oluşturmaktadır ve kopyalama işini yönetmektedir. Yani kendi kopyasını çıkarma işini yürütür. Bu birimler dışında bir de Turing Makinesi'ndeki girdi bantı mevcuttur. Girdi bantı ise 0 ve 1'lerden oluşan bir bilgi şeritidir. Kopyalama sonunda makine kendinin aynı başka bir makine üretmektedir. Bu üretilen makinede de kendini kopyalayabilecek her türlü bilgi mevcuttur. Kendi kendini kopyalayabilen bu makinenin tasarımı henüz DNA'nın yapısı-

nun ve kendisini kopyalama mekanizmasının henüz bulunmadığı bir dönemde yapılmıştır. DNA'nın yapısı ve işleyişi 1962'de James Watson ve Francis Crick tarafından bulunduğu, Neumann'ın makinesiyle aradaki benzerlik dikkat çekiciydi. Aynı birimler DNA'da da bulunmaktaydı ve kendi üzerindeki kodları okuyan bir birim bunları hücre içinden bir araya getirerek okuduğu kodların aynısını oluşturmaktaydı. Bütün bunlar, canlıların da birer biyolojik otomat sistem oldukları görüşünü savunan yapay zeka görüşünü güçlendirmekteydi. Turing kendi tasarladığı makinenin öncüsü olduğu bu tür sistemlerin yapay bir zekaya sahip olup olmadığını anlayabilmek için bir deney öngörmekteydi. Bu deneyi geçen bir makinenin ya da bilgisayarın yapay bir zekaya sahip olduğunun kabul edilebileceğini öngörmekteydi. Tasarladığı deney ise, kapalı iki bölme içinde bulunan birinde insan diğerinde ise bilgisayar olan iki denekten oluşmaktaydı. Dışardaki herhangi bir kişi ise bu iki deneye soru sorarak bunlardan hangisinin bilgisayar ya da insan olduğunu aldığı yanıtlara göre belirlemeye çalışmaktadır. Eğer soruyu soran kişi bilgisayar ve insanın verdiği cevapları birbirlerinden ayıramaz ise bilgisayarın yapay bir zekaya sahip olduğu kabul edilmektedir. Ancak sorulan sorular çok basamaklı çarpım işlemleri gibi bilgisayarın çok kesin ve hızlı cevaplayabileceği türden sorular değildir. Daha çok mantık yürütmeye dayalı sorulardır. Cevaplar ise aynı tipteki yazıcılardan çıktı alınarak yazılı bir biçimde verilir. Böylece aradaki fiziksel farklar yok edilmiş olmaktadır. Kişi sadece aldığı yanıtın içeriğine göre ayırım yapabilecektir. Turing Testi gerçekten akıllıca düzenlenmiş bir deneydir. Testi geçen bir bilgisayar yapay bir zekaya sahip olsa da hala bir bilince sahip olduğu söylenemez. Gerçekte bir bilince sahip olabilmesi için, bilincin doğasında neler olduğunun açığa çıkması gerekir. Bilinç anlaşılmeden yapay bir sistemde bilincin olup olmadığını test edebilmek de olanaklı görülmemektedir. Herşeyden önce bilince dair kuramları araştırmak gerekmektedir.

### 3. BİLİNCİN DOĞASINA DAİR GÖRÜŞLER

Bilinç ve bilincin doğasına ilişkin birçok görüş bulunmaktadır. Bunlar arasında bilimsel temellere dayanan kuramlar olduğu kadar ispatlanması ya da çürütülmesi imkansız olan görüşler de mevcuttur. Çağımızın en önemli matematikçilerinden olan Roger Penrose (1998) bilince ilişkin dört ana yaklaşım sıralamaktadır.

Penrose'un belirttiği ilk görüş, güçlü yapay zeka (strong artificial intelligence) veya işlevsellik (hesaba dayalı) adlarıyla anılmaktadır. Bu görüş, bilincin bütünüyle belli bir hesaplama işleminin gerçekleştirilmesinden ibaret olduğunu, bu sebeple, uygun hesaplamaların yapılması sonunda farkındalığın (bilincin) ortaya çıkacağını öne sürmektedir.

İkinci görüşe göre ise, beynin işleyişi, belli bir şeyin farkındalığı halindeyken taklit edilebilir. Bu görüşün birinci görüşten farkı şudur: Beynin bu işleyişi taklit edilebilse de, bu taklit kendi başına bırakım duygulara veya herhangi bir farkındalığa sahip olamaz. Biraz daha açmak gerekirse, nöronlardan ve bunun gibi diğer birtakım bileşenlerden yapılmış olan bir beynin farkındalık haline ulaşması sağlanabilse de, bu beynin işleyişinin bir taklidi böyle bir farkındalığa ulaşamayacaktır. Üçüncü görüş, bilincin beynin fiziksel işleyişinden kaynaklandığını kabul etmektedir. Ancak bu farkındalığın hesaplanabilir bir olgu olmadığını savunmaktadır. Üçüncü görüş beynin fiziksel işleyişinde hesaplama yöntemiyle erişilemeyen bir şeylerin olduğunu ileri sürmektedir. Onun için bilincin herhangi bir bilgisayarda simüle edilmesi söz konusu değildir. Penrose'un sıraladığı bu üç görüşün ortak özelliği bilincin fiziksel bir olgu olduğunu kabul etmeleridir. Ayrıldıkları nokta ise bu fiziksel özelliğin beyin dışındaki bir sistemde de gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğidir. İlk görüş bunun mümkün olduğunu öne sürerken diğer iki görüş farklı açılardan bunun mümkün olmadığını savunmaktadır. Bunların dışındaki dördüncü görüş ise dualizm olarak bilinen görüştür. Bu görüşe göre bilinç, bilim kapsamının dışında ruha ait bir özelliktir. Bu özelliğin tamamen maddeden oluşmuş bir sistemde var olması düşünülemez. Son görüşle aynı kategoride sayılabilecek olan bir başka görüş ise herşeyin bir bilince olduğunu ileri sürmektedir. Bunun gibi görüşlerin bilimsel bir dayanakları bulunmadığından nesnel olarak kabul edilebilir ya da yadsınabilir özellikleri bulunmamaktadır. Onun için inceleme konusu olarak ele alınan görüşler bilimsel bir altyapıya sahip görüşlerdir. Bu görüşlerin altyapısını oluşturan kuramlar bu görüşlerle beraber ele alınmışlardır. Eğer yapay zekanın bir bilinç sergileyip

sergileyemeyeceği araştırılacaksa öncelikle bilincin fiziksel tanımlarının gerçekten de bilinci tanımlayabilmesi gerklidir. Çünkü yapay zekanın kendisi fiziksel bir sistemden oluşmaktadır.

### 3.1 Bilincin Klasik Yorumu

Bilincin klasik yorumu, klasik fiziğin Newton'cu determinist kurallarının temel alındığı görüştür. Klasik fizik, Ortaçağ ve Yunanlılar'ın yaşayan kozmosunu alıp, belirli denklemler dahilinde işleyen bir makineye dönüştürmüştür. Kopernik dünyayı yerinden oynatmış, dolayısıyla dünyayı ve insanı evrenin merkezinde buldukları konumlarından alıp, evrendeki yüzmiyarlarca yıldız arasından sıradan bir yıldızın sıradan bir gezegenine yerleştirmiştir. Newton'un dinamik kuralları ve oluşturduğu mekanik güneş sistemi modeli ise tamamen cansız bir yaşam taslağı ortaya koymaktadır. Artık her devinimin sebebi başka bir devinin; her oluşumun sebebi ise başka bir oluşum olarak tanımlanmaktadır. İnsanın, yaşamın ve bilincin bu kocaman evrensel makinenin işleyişinde hiçbir katkısı yoktur. Modern dünyada nesnelerin hareket etmeleri, birbirleriyle olan etkileşimleri belirli ve sabit kurallara tabidir. Bu kurallar doğrultusunda konumu ve hızı verilen bir sistemin bir sonraki zamanda hangi konumda ve ne hızda olacağını bilebilmek çok kesin bir doğrulukla saptanabilmektedir. Bu esnada insan sadece bir gözlemcidir. Olayların işleyişlerinde ya da oluşlarında hiçbir katkısı yoktur. Newton'cu determinizm, Darwin'in doğal seleksiyonundan Freud'un insan ruhuna dair düşüncelerine kadar hatta Le Corbusier'in mimarisi de dahil olmak üzere bütün bu düşüncelerin temelinde kendini göstermektedir (Zohar, 1998).

Klasik fiziğin bu mekanik modelleri, bazı yapay zeka kuramcıları için de çıkış noktası kabul edilmiştir. Darwin'in doğal seleksiyon kuramını ve Newton'un determinist ilkelerini baz alarak, yapay bir zekanın da bilinç sergileyebileceği görüşündedirler. Bu görüşlerden en önemlisi 'güçlü yapay zeka' (strong artificial intelligence) olarak adlandırılan görüştür.

#### 3.1.1 Güçlü Yapay Zeka Görüşü

Güçlü yapay zeka görüşünün en ileri gelen savunucularından olan Daniel C. Dennett (1999) insan aklının doğasına dair yazdığı kitabının bir bölümünde şöyle demektedir; "... büyük-büyük-büyük... büyükanneniz bir robottu!"

Dennett ve onun gibi aynı görüşü savunan bilimadamları, insanoğlunu, biyolojik ve kimyasal birer robot olarak kabul etmektedirler. Bu biyolojik robot ise, şimdiki haline ve yeteneklerine evrimsel süreç içerisinde kavuşmuşlardır. Doğal seleksiyon, bir bilinç gelişimi göstererek karşılaştığı sorunları aşabilmiş insan türüne şans vermiştir. Bir başka deyişle, insanoğlunda bilincin gelişmesi, onun doğal seleksiyon tarafından ayklanmaktan kurtarmıştır (Dawkins, 1999).

Güçlü yapay zeka görüşünün ortaya çıkış tarihi, yapay zeka kavramının çıkış tarihiyle aynı sayılmaktadır. Turing'in ileri sürdüğü ilkeler, bugün bu görüşün ilk tohumlarını atmıştır. Turing de, geliştirdiği makinenin doğadaki fonksiyonları taklit edebileceğini ileri sürmesiyle, aslında canlıların da birer makineden farksız olduğu düşüncesindeydi. Ayrıca Turing, Darwin'in ilkelerini savunan bir bilimadamıydı. Dennett, insan aklının kökenini ve gelişimini şöyle açıklamaktadır; “Bazı moleküller, uygun biçimde donatılmış bir ortam içinde yüzer durumda bırakılırlarsa, akılsızca kendilerinin tıpatıp aynı - ya da neredeyse aynı - kopyalarını oluşturup dağıtma yetisine sahiptirler. DNA ve onun atası RNA, bu tür moleküllerdir. Yaşadığımız gezegendeki tüm yaşamların temelini oluşturduklarından, bütün akıllıların; en azından bu gezegendeki; tarihsel bir önkoşuludurlar. Yeryüzünde basit tek hücreli organizmaların ortaya çıkmasından önceki yaklaşık bir milyar yıl boyunca, sürekli mutasyon geçiren, büyüyen, hatta kendisini onaran ve bu konularda gittikçe ustalaşarak kendini tekrar tekrar kopyalayan makromoleküller vardı”.

### 3.1.2 Eyleycilik Prensibi ve Bilincin Evrimi

Dennett, insanın ve tüm canlıların ortak atasının, dolayısıyla da DNA'nın da atasının, makromoleküller olduğunu söylemektedir. Bu büyük molekül yapılarının, daha henüz aklın hatta canlı bir varlığın söz edilemeyeceği çok eski dönemlerde, şu andaki robotlardan çok daha kompleks davranışlarda bulduklarını belirtmektedir. Dennett, makromoleküllerin, bilinçsiz fakat belli bir yönelimi olan bu davranışlarını 'eyleycilik\* prensibi' (principle of agency) olarak tanımlamaktadır. İnsanın bilincinin de köklerinin, makromoleküllerde bulunan eyleycilik prensibi olduğunu ileri sürmektedir. Bu savını kitabında şöyle açıklamaktadır; “Eyleycilik ilk olarak, sadece oldukları yerde durup etkide bulunmak yerine, eylemlerde bulunabilecek kadar karmaşık olan makromoleküllerde ortaya çıkmıştır. Ancak onların eyleyciliği bizimki gibi tam anlamıyla gelişmiş bir eyleycilik değildir.

\*Eyleycilik (Agency): Faillik; bir kimsenin, organizmanın ya da insan yapımının eylemde bulunma özelliği.

Onlar ne yaptıklarını bilmezler. Oysa biz, çoğunlukla ne yaptığımızın farkındayızdır. İnsan eyleyiciler, lehine aleyhine olan gerçekçeleri bilinçli olarak ölçüp biçtikten sonra, yönelmiş eylemler gerçekleştirirler. Makromoleküler eyleycilik ise farklıdır; makromoleküllerin yaptığı işlerin de gerçekçeleri vardır, ama makromoleküller bu gerçeklerin farkında değildirler. Ancak onların eyleycilik türü insan eyleyciliğinin tohumlarının yetiştirilebileceği tek olası zemin olarak ortaya çıkmaktadır.”

Genel olarak bakıldığında, bilincin klasik yorumu, Newton’un ve Darwin’in kuramlarını temel alan bir bakış açısına sahiptir. Bu görüşü savunan bilimadamları, her canlının tek bir ortak atası olduğuna ve dolayısıyla ortak ataların arasında makromoleküllerin de bulunduğu ilişkin görüşleri savunmaktadırlar. Ortak ata olarak kabul edilen bu makromoleküllerdeki eyleycilik prensibini de, insanın bugünkü bilincinin atası olarak görmektedirler. Bilimadamları, insan metabolizmasının (hemoglobin moleküllerinin, antikorların, sinirlerin, beynin, vb.) kompleks bir işi bilinçsizce gerçekleştiren mekanizmalardan oluştuğunu ve buradan hareketle insanın, birbiriyle çok iyi entegre haldeki biyolojik birimlerden oluşmuş bir kompleks robot olduğunu ileri sürmektedirler (Hoagland, 1993). Yapay zekaya dair görüşleri ise şöyledir; eğer böyle bir kompleks mekanizmalar organizasyonu, bir bilinç sergileyebiliyorsa; aynı şekilde yapay bir organize sistem de bu yetiye erişebilir. Güçlü yapay zeka görüşünü savunan bilimadamları, doğal süreçte milyonlarca yıl almış olan insan bilincinin ortaya çıkış sürecinin, bilgisayar ortamında çok daha kısa süreceği görüşündedirler.

### **3.2 Bilincin Kuantum Mekanik Modeli**

Geride bırakılan yüzyılın başlarında fizikte büyük bir devrim yaşanmıştır. Üçyüz yıldan fazla süredir tüm evrene hakimmiş gibi görünen Newton’un dinamik kuramları bir anda yerini bambaşka kuramlara ve kavramlara bırakmak zorunda kalmıştır. Newtoncu fiziğin, uzay, zaman, madde ve nedensellik kavramları insanların gerçekliği algılayışını öyle derinden etkilemiştir ki, bu kavramlara ters bir dünyayı hayal etmeleri çok zor olmuştur. Yeni fizikle beraber ortaya çıkan kavramlar öyle şaşırtıcıdır ki, kuantum kuramını geliştiren fizikçilerden bazıları (Einstein da dahil olmak üzere) bu kavramları kabul etmekte tereddüt etmişlerdir. Einstein, kuantum kuramının, düşüncenin aşırı derecede zeki, paronayak ve en uyumsuz elemanlarının karışımından oluşan bir kuruntular sistemini çağrıştırdığını söylemiştir. Ancak kuramın tüm bu şaşırtıcı ilkelerine rağmen deneylerle olan uyumluluğu, kuramın bugüne kadar geliştirilmiş en hassas kuram olduğunu göstermektedir (Penrose, 1997a).

Yeni fizik, atomaltı dünyanın düşlediğimizin aksine çok farklı kurallarla işlediğini göstermiştir. Ancak insan ölçeğindeki dünya ise sanki hala Newton'un yasalarına göre işlemektedir. Bu bir yanılsama mıdır yoksa aynı kuram insan ölçeğinde de geçerli midir? Kuramın öngördüğü olayların hiçbiri insanın yaşadığı ölçekteki dünyada görülmezken, insanın dünyasını oluşturan tüm atomlar, insanın sağduyusuyla anlaması çok zor olan kurallara göre hareket etmektedir. Atomaltı dünya, neden-sonuç ilişkisi olmayan, belirsizliklerle hareket eden ve tüm hesapların olasılıklarla hesaplandığı bir yer iken, insanın yaşadığı dünya ise herşeyin neden-sonuç ilişkisi bağlamında oluştuğu, determinist ilkelerle hareket eden bir dünyaymış gibi algılanmaktadır. Bu iki farklı ölçekteki dünya için sanki iki farklı kurallar grubu tanımlanmış gibi görünmektedir. Gerçekte de bu iki farklı ölçek birbirinden bu kadar ayrı mıdır yoksa bu bir yanılsama mıdır? Fizikçilerin bir kısmı (Stephen Hawking de dahil) iki ölçek arasında bir tür geçişin olduğuna inanmaktadır. Kilit nokta ise bu geçişi meydana getiren etkenin bilinç olmasıdır. Bunun anlamı ise; atomaltı dünya belirsizlikler ve birçok olasılıklar içinde yüzmekteyken, bilinçli bir gözlem işe karıştığında tüm bu olasılıklar çöküp tek bir olası (gerçek) duruma indirgenmektedir (Zohar, 1998). Örneğin, bir fotonun parçacık ya da dalga gibi davranması, gözlemcinin fotona nasıl ve hangi amaçla baktığına bağlı olarak değişmektedir. Bu olay ilerideki bölümde daha detaylı açıklanacaktır. Kuramın en can alıcı kısmı özetlendiğinde, şu sonuç çıkmaktadır; dünyanın hatta evrenin şu anki halini belirleyen etken insandır. Burada insanın bilinen bilinçli tek varlık olması kabulünden yola çıkılmaktadır.

Kuantum kuramı insanlığın bakış açısını temelden sarsmış bir kuramdır. İlkeleri ve kavramlarıyla yoğun tartışmalara yol açmıştır. Daha önce Newton'un evreninde, insan, bir makine gibi işleyen evrene hiçbir etkide bulunamamaktaydı. Kuantum kuramıyla beraber insan, evrenin ve dünyanın varolduğu şu andaki durumunu belirlemiş tek etken olarak ortaya çıkmaktadır. İnsana bu özelliğini kazandıran ise bilincidir. Bazı bilimadamları bilincin, beynin kuantum ilkeleriyle çalışmasından kaynaklanan özel bir durumu olduğu görüşündedirler. Roger Penrose (1997b) beynin kuantum ölçeğindeki ilkelerle çalışabileceği bazı yapılara sahip olduğunu ileri sürmektedir. Buradan hareketle, bilimadamları, bilincin temelini beynin fiziksel kuralları (kuantum kuralları) çerçevesinde matematiksel bir tabana dayandığını ancak bu fiziksel kuralların özelliklerinden doğan bazı sebeplerden dolayı bilincin beyin dışındaki herhangi bir sistemde taklit edilmesinin olanaksız olduğunu öne sürmektedirler. Bu görüşün öne sürdüklerini daha iyi anlayabilmek için beynin sahip olduğu ileri sürülen kuantum ilkelerini incelemek gerekmektedir.

### 3.2.1 Tamamlayıcılık ve Belirsizlik İlkelerinde Bilincin Etkisi

Kuantum fiziğinin maddenin doğasıyla ve kendi varoluşuyla ilgili önermesi, en devrimci ve en önemli olandır. Önermenin temeli dalga-parçacık ikiliğine dayanmaktadır. Dalga-parçacık ikiliği, bütün varlıkların atomaltı seviyede ya çok küçük parçacıklardan ya da dalgalardan oluşma durumudur. Kuantum fiziği, daha da ileri giderek, bize aslında bu iki tanımlamanın ikisinin de kendi başına doğru olmadığını söyler. Temelde bu kuantum denen 'şey' aynı anda hem dalga hem parçacıktır. Buna tamamlayıcılık prensibi denmektedir. Tamamlayıcılık prensibine göre varlığın iki türlü tanımı da birbirini tamamlar ve ortaya çıkan tablo 'tek paketten' çıkmış olur (Zohar, 1998). Bir elektronu tanımlarken, onun hem bir parçacık hem de aynı anda bir dalga olduğunu, bu iki özelliğin elektronun bütününi oluşturan bileşenleri meydana getirdiği belirtilir.

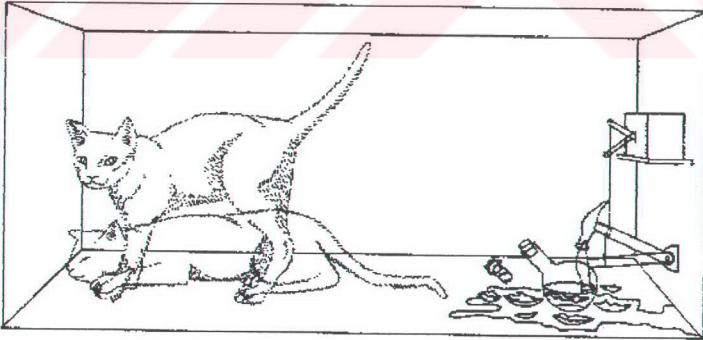
Kuantum fiziği için hem dalga hem de parçacık aynı derecede temel unsurlardır. Her biri maddenin belirş yollarından biridir ve maddeyi ikisi birlikte oluşturmaktadır. Hiçbiri kendi içinde tanımlanmış değildir. İkisi birden aynı anda gerçekliği oluşturur. Ancak aynı kuram gerçeği oluşturan bu iki bileşenin ikisine birden aynı anda net bir şekilde bakılamayacağını söyler. Ünlü fizikçi W. Heisenberg'in formüle ettiği bu ilkeye, belirsizlik ilkesi denmektedir. Tamamlayıcılık ilkesine göre, dalga ve parçacık bileşenleri aynı anda varlığı olutururken, belirsizlik ilkesine göre bu iki bileşene aynı anda erişmek mümkün değildir. Bir bileşene ne kadar hassasiyette ulaşırsa diğer bileşen o oranda belirsizleşecektir. İki bileşen arasında en az Planck sabiti kadar bir belirsizlik çarpanı bulunmaktadır (Akyüz, 2000). Bunun anlamı şudur; Bir elektron ya da herhangi bir atomaltı parçacık aynı anda hem parçacık hem de dalga bileşenlerinde oluşurlar ancak insan bu bileşenlerin ikisine aynı anda ulaşamaz. Onun içindir ki, insan ölçeğindeki dünyada hiçbir zaman bir elektronu hem parçacık hem de dalga olarak algılayamak mümkün değildir. Elektron bu iki bileşenden biri olarak algılanacaktır.

Kuantum kuramının kurucuları arasında bulunan bazı bilimadamları (Niels Bohr, W. Heisenberg vd.), gerçeğin temelde belirsiz olduğunu, bilinen günlük yaşamımıza taban oluşturacak sabit ve net hiçbir şeyin olmadığını ileri sürmüşlerdir. Gerçeklikle ilgili her şey bir olasılıktır ve öyle kalmaya devam edecektir. Bir elektron bir parçacık olabilir, bir dalga olabilir ya da herhangi bir yörüngede bulunabilir; yani herşey olasılık dahilindedir. Esas soru işareti beliren nokta ise; tamamen olasılıklar ve belirsizliklerle dolu bu atomaltı dünyanın

nasıl olup da determinist ve sebep sonuç ilişkisine dayalı bir makro dünyayı oluşturabildiğidir. Birçok olası bileşenden oluşan atomaltı dünyayı gözlemleyen bir bilimadamı, sadece tek bir olası gerçekle karşılaşacaktır. Örneğin; aynı anda hem bir parçacık hem de dalga bileşenlerini içeren bir elektron, konumunu belirlemek için deney yapan bir bilimadamınca parçacık olarak algılanacak fakat momentumunu ölçmek istediğinde ise bu kez elektron dalga olarak davranacaktır (Zohar, 1998). Elektronun dalga ya da parçacık olması tamamen gözlemcinin amacına göre belirlenmektedir. Burada gözlemden kastedilen bilinçli bir gözlemdir. Olasılıkların gerçek tek bir duruma indirgenmesini ancak bilinç gerçekleştirebilir (Penrose, 1997c). Bilincin gerçekliğe ilişkin bu etkisi, bir sonraki bölümde Schrödinger'in Kedisi olarak bilinen kuramsal deneyle daha ayrıntılı açıklanacaktır.

### 3.2.2 Schrödinger'in Kedisi Deneyi ve Bilincin Deneydeki Rolü

Mikro ölçekteki birçok olasılığın makro ölçekte (insan ölçeğindeki dünyada) tek bir gerçeğe dönüşmesi fizikte 'dalga fonksiyonunun indirgenmesi' olarak tanımlanmaktadır. Kuantum kuramının formülasyonunda çok büyük rol oynamış olan ünlü fizikçi Schrödinger'in denklemlerine göre hiçbir 'fiziksel' etki, bu olasılıkları tek bir olasılığa indirgeyemez (Penrose, 1998). Ancak bir gözlem (bilinçli bir gözlem) bu etkiyi yaratmaktadır.



Şekil 3.1 Schrödinger'in Kedisi Deneyinin İllüstrasyonu

Schrödinger, kuantum kuramının belirsizlik ilkesiyle ilgili olarak düşünsel bir deney kurgulamıştır. Bu deney daha sonra adeta kuramın sembolü haline gelmiştir ve Schrödinger'in Kedisi adıyla anılmaktadır. Bu kurgusal deneyde, dış dünyadan tamamen yalıtılmış (her türlü gözlemden ve iletişimden uzak olması için) kapalı bir kutunun içinde bir kedi bulunmaktadır (Şekil 2). Kutunun içinde ise içinde zehir bulunan bir şişe durmaktadır. Şişenin üzerinde ise bir çekiç ve çekici harekete geçiren bir mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizma kutunun dışındaki ışık dedektörüne bağlı bulunmaktadır. Eğer ışık, dedektöre parçacık olarak çarparsa mekanizma çalışarak çekici hareket ettirecek ve camın kırılmasıyla içindeki zehir kediyi öldürecektir. Eğer ışık, dedektöre dalga olarak çarparsa o zaman mekanizma hareket etmeyecek ve böylece kedi hayatta kalacaktır. Işığın, dedektöre dalga ya da parçacık olarak çarpma olasılığı eşit yani %50'dir. Dolayısıyla kedinin ölü ya da diri olma olasılığı da %50'dir. Kutu açılmadığı sürece kedi hem canlı hem de ölü olduğu süperpoze bir durumda bulunur. Bu elektronun aynı anda dalga ve parçacık olmasına benzemektedir. Kutu açıldığında ise kedinin aynı anda bulunduğu bu iki olasılıktan biri yok olur. Kedi canlıdır ya da ölmüştür. Ancak bu sonuç kutu kapalıyken değil, kedi üzerinde gözlem yapılmasından ötürü meydana gelmektedir. Elektron üzerinde ölçüm yapıldığında dalga ya da parçacık olarak algılanması gibidir (Turgut, 2000). Danah Zohar (1998) deneyle ilgili olarak şöyle demektedir; "Schrödinger'in kedisini, ona baktığımızda ölü bulmadık, kimsenin anlamadığı garip bir şekilde, kedi biz ona baktığımız için öldü. Gözlem kediyi öldürdü".

Roger Penrose ve onun gibi düşünen bilimadamları, kuantum kuramının bu ilkelerinden yola çıkarak, bilincin yapay bir ortamda ortaya çıkamayacağı görüşündedirler. Penrose, beynin özel yapılarının kuantum durumuna elverişli olduklarını, örnek olarak gözün ağ tabakasının sadece tek fotondan etkilenebildiğini, bu ölçekteki birimlerin de kuantum ilkelerine göre davranabileceklerini öne sürmektedir. Danah Zohar da genel olarak aynı görüşe katılmakta ancak beyindeki nöronların transistörler gibi davranmadıklarını düşünmektedir. Zohar'a göre nöronların hepsi birden özel bir durumda bulunmaktadır ve tek bir 'şey' gibi davranmaktadırlar. Bir orkestranın birçok farklı enstrümandan oluşması ama tek bir senfoniye birlikte çalmaları gibi bir benzetme yapmaktadır. Zohar, nöronların bu özel durumlarının bilinci oluşturduğu görüşündedir.

Zohar'ın bahsettiği bu 'özel' durum, bugün laboratuvarlarda mutlak sifıra yakın sıcaklıklarda gözlenen maddenin özel bir halidir. Bu olaya Bose-Einstein Yoğunlaşması denilmektedir. Bu, bir bakıma maddenin dördüncü hali gibidir (Turgut, 2000). Süper akışkanlar ve süper

iletkenler bu özel durumda ortaya çıkan özelliklerdir. Maddeyi oluşturan atomlar kendi kimliklerini, bütünü oluşturmak için kaybetmişlerdir ve artık tek başlarına bir anlamları yoktur. Artık tek bir 'şey' gibi davranırlar (Zohar, 1998). Zohar, nöronların da bu tür bir yoğunlaşma geçirdiklerini ve tek bir bütün gibi hareket ettiklerini, buradandan da kendi 'ben'imizin ortaya çıktığını ileri sürmektedir. Zohar, ortaya çıkan bu 'ben'i kendi kitabının da adı olan 'kuantum benlik' olarak adlandırmaktadır.

### 3.3 Kaos Teorisi ve Bilinç

James Gleick (1987) kaos teorisini şöyle tanımlamaktadır; "Kaos, adeta her yerde ortaya çıkmaktadır. Sigara dumanı birtakım düzensiz helezonlar şeklinde dönerek yükselir. Musluktan damlayan su önce düzenli aralıklarla düşerken sonra düzeni bozulur. Havanın davranışında, otoyolda birbiri peşisıra giden arabaların davranışında, kaos ortaya çıkar. İçinde bulunulan ortam ne olursa olsun, davranış biçimi yeni keşfedilmiş bulunan bu yasalara uyar. Bu anlamda kimi fizikçilere göre, kaos bir durumun bilimi değil bir sürecin bilimi, bir varoluşun bilimi değil, bir oluşumun bilimidir."

Kaos teoris, ilk olarak 1961'de atmosfer olaylarıyla uğraşan bir matematikçi olan Edward Lorenz tarafından ortaya konmuştur. Lorenz, M.I.T.'deki odasında kendi geliştirmiş olduğu meteoroloji modelini bilgisayarda denemektedir. Amacı ise çok karmaşık olan atmosfer hareketlerinin Newton'un determinist yasalarına uyup uymadığını ortaya koymaktır. Denemeler sırasında Lorenz çok şaşırtıcı bir olayla karşılaştı. Daha önce girdilerde bulunan binde birlik bir farkı gözardı ederek deneyi gerçekleştirdiğinde, bu binde birlik farkın atmosferde neredeyse fırtınalara yol açan etkilere yol açtığını gördü (Gleick, 1995).

Lorenz bulduğu bu etkiyi şöyle açıklamıştı; "Evet, havayı değiştirebilirsiniz. Havanın kendi haline bırakılacağında yapacağı şeyden daha farklı bir şey yapmasını sağlayabilirsiniz. Ama bunu gerçekleştirdiğiniz takdirde, havanın kendi haline bırakıldığında ne yapacağını hiçbir zaman bilemeyeceksiniz". Lorenz'in keşfettiği olgu, 'başlangıç koşullarına aşırı bağımlılık' olarak adlandırılmaktadır. Başlangıç koşullarındaki gözardı edilebilecek derecedeki küçük bir etki, sürecin ileriki aşamalarında öngörülemeyecek etkilere yol açmaktadır. Bu olaya daha

bilinen adıyla 'kelebek etkisi' demektir. Kelebek etkisi, Pekin'deki bir kelebeğin kanat çırpışının Newyork'ta fırtınaya yol açmasını sembolize etmektedir.

Kaos teoremi, düzensizliklerin içinde bir düzenin bulunduğunu öngörür. Çok basit ve detrminist denklemlerin, çok karmaşık ve öngörülemeyen sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. Bu sonuç tersine çevrildiğinde; her düzensizliğin temelinde bir düzene sahip olduğu sonucu çıkmaktadır (Gleick, 1995). Lorentz, meteorolojiyi bırakıp yeni keşfettiği düzeni heryerde aramaya başlamıştı. Lorentz, yeni düzeni şöyle açıklar; "Isıtılan bir akışkanın bir süre sonra gösterdiği düzensizliği grafiğe döktüğümüzde kaosu içindeki düzen gözler önüne serilmektedir. Grafiğe bakılacak olunursa katıksız bir düzensizliğin işaretleri görülür, çünkü hiçbir nokta ya da noktalardan oluşan şeklin tekrar ettiği görülmemiştir. Oysa bu, yeni bir tür düzenin habercisidir. Kaos her yerdedir. Nehirde oluşan girdapta, yağın kar tanelerinin geometrisinde, kalbin ritimlerinde, mali piyasaların iniş çıkışlı grafiklerinde, gökyüzündeki bulutlarda. Düzensizlik gibi görünen herşeyin içinde bir düzen bulunmaktadır. İşte bu kaostur. Şekilsizliğin şekli. Hayat, bir düzensizlik ummanından düzen emmektedir."

Birçok bilim adamı kaosu formalizmini yapay zeka araştırmalarında kullanmaya çalışmaktadırlar. Bilimadamları, beynin de geçişleriyle dolu dinamik bir sistem olduğunu, bunun sonucunda da her dinamik sistemde kendini gösteren kaosu burada da mevcut olduğunu görüşündedirler. O zaman beynin son derece kompleks ve bir o derece karmaşık yapısının temelinde de basit determinist denklemler bulunabilir. Bilinç, bu basit denklemlerden kaynaklanan bir kaos durumu ise aynı denklemlere sahip bir yapay zekada da bilincin oluşma durumu kabul edilebilir bir düşüncedir (Gleick, 1995).

#### 4. YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİ ve BİLİNÇ

Günümüzde kullanılan birçok farklı yapay zeka teknolojileri bulunmaktadır. Bu teknolojiler, yazılım ve donanım olarak iki gruba ayrılabilir. Yazılımlar, internet üzerinde de uygulamalarına sıkça rastlanan Java diliyle yazılmış basit programlardan, çok gelişmiş algoritmalar kullanan şekil tanımlama yazılımlarına kadar çeşitlilik göstermektedir (www.artificialbrains.com,2001). Donanımlar ise, futbol oynayan robotlar yada koloni kurabilen karınca robotlardan, insanlarla iletişim kurabilen çok gelişmiş bir teknoloji kullanan IBM'in KISMET adlı robot insanına kadar çok geniş bir alanda uygulamaları olan sistemlerdir.

Bu bölümde incelenecek olan yapay zeka teknolojileri ise bilince dair görüşlerin savundukları teorilere dayanan sistemlerdir. Bu sistemlerin çıkış noktaları, insan beyninin çalışma prensipleri, canlıların öğrenme yetileri, doğal seleksiyon ve mutasyon gibi özelliklerdir. Bu teknolojiler özellikle insan beyninin işleyişini, bilincin doğasını gerçekleştirmeye yönelik çalışmalardır. Farklı uygulama şekilleri olsa da temelde iki tür sisteme dayanmaktadırlar.

##### 4.1 Sinirsel Ağ Sistemler (Neural Networks)

Sinirsel ağ sistemler, isminden de anlaşılabilceği gibi beyin nöronlardan oluşmuş yapısından yola çıkılarak tasarlanmış sistemlerdir. Sistemin en önemli özelliği, öğrenme yetisinin bulunmasıdır (Crick, 1997). Sinirsel ağ sistemler, yapılacak iş için önceden bir bilgiye sahip değildirler. Yapacağı işi doğru yapmasını süreç içerisinde öğrenirler. Sisteme girdiler verilir ve alınan sonuçların doğruluk payına göre sistem kendini tekrar düzenler. Düzenleme süreci sistemin en doğru çözümleri bulmasına kadar devam eder.

Sinirsel ağ sistemler, normal bilgisayarların yapılarından daha farklı bir yapıya sahiptirler. Normal bir bilgisayarın işlemcisindeki transistörlerde sadece bir giriş ve bir çıkış bulunurken, sinirsel ağ sistemlerde ise giriş ve çıkışlar birden fazladır. Normal bir bilgisayar işlemcisi, 0 ve 1'lerden oluşan ikilik sistemde çalışırken, sinirsel ağ sistemlerde sinyalin değeri 0,1 ve bu iki sayının arasındaki herhangi bir sayı da olabilir. Sinirsel ağ sistemlerinin diğer bir özelliği ise bilginin ağa yayılmış olmasıdır. Eğer sistemin bir kısmı zarar görürse bilgi kaybolmaz. Bu özelliği de beyin bir kısmının zarar görmesi durumunda, zararın beyin tümünü etkilememesi özelliğiyle benzerlik göstermektedir (Crick, 1997).

Sinirsel ağ sistemlerin çıkış noktası beynin nöron yapısıdır. Teorik olarak ilk ortaya çıkışı ise 1943'te Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından, çok basit birimlerin bağlanmasıyla oluşmuş 'ağ'ların, herhangi bir mantık ya da aritmetik işlevini gerçekleştirebileceğini ilkesel olarak göstermelerine kadar uzanmaktadır. Bundan sonraki bir ileri adımı ise 'Perseptron' adı verilen, çok basit tek katmanlı aygıtı geliştiren Frank Rosenblatt atmıştır. Perseptron başlangıçtaki bağlantıları rastgele olduğu halde bunları değiştirebilerek basit görevleri öğrenebilmekteydi.

En çarpıcı deney ise 1987'de Terry Sejnowski ve Charles Rosenberg tarafından NETtalk adını verdikleri sinirsel ağ sistemin, verdikleri İngilizce yazılı bir metni okumasını öğrenmesidir. Kuralsız yazımı ve zor okunuşu nedeniyle dil olarak İngilizce seçilmiştir. Fakat sisteme İngilizce okunuş kurallarıyla ilgili hiçbir bilgi verilmemiş. Ağ, bu kuralları, alıştırma sırasında öğrenme durumundaydı.

Deneyde, okunulacak metin ağa veriliyor ve ağın metni ne kadar doğru okuduğu tekrar ağa iletiliyordu. Ağ yaptığı hatalara ve doğrulara göre kendi içindeki ağ bağlantılarını düzeltiyor ve tekrar okumaya başlıyordu. İlk denemelerde ağın bağlantılarının rastgele olmasından dolayı konuşmadan hiçbir şey anlayamamaktaydı. Daha sonra ağ, alıştırma süresince kuralları öğrenmeye başlayıp, onuncu denemeden sonra ünlü ve ünsüzleri ayırabilmeyi başarmıştı. İleriki aşamalarda ise ağın konuşması, konuşmaya yeni başlamış küçük bir çocuğun konuşmasını andırmaktaydı (Crick, 1997).

NETtalk'un böyle bir başarı düzeyine erişebilmesi çok önemlidir. İnsan bilincinin öğrenmeyle ilişkisi açısından önemli bir adım teşkil etmektedir. İnsan beyninin çok basit de olsa belli bir işlevini belirli bir seviyede gerçekleştirmeyi başarmıştır (Crick, 1997). Bilimadamları, daha gelişmiş sistemlerde sistemin öğrenme yetisiyle çevresindeki ortamın farkına varması ve bunlarla etkileşime girmesini amaçlamışlardır. Bununla ilgili en önemli örnek M.I.T.'in geliştirmiş olduğu KISMET isimli robottur. Robot, sinirsel ağ teknolojisiyle tasarlanmıştır. Bu örnek ileriki bölümde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

## 4.2 Genetik Algoritmalar

Sinirsel ağ sistemlerin çıkış noktası, beynin nöronlardan oluşmuş yapısını, elektronik ağ sistemleriyle simüle edebilmektir. Bu sistem çok önemli başarılar kazanmış bulunmaktaydı. Ancak beynin diğer fonksiyonları olan düşünme, tasarlama ya da hissetme gibi özellikleri modelliyebilecek kadar komplike bir sistem değildi (Crick, 1997).

Bilimadamları bu eksikliğin, makinelerin ‘tasarlanmış’ olmasından kaynaklandığını ileri sürdüler. Bilimadamları doğadaki yapıların, kendilerini değişen koşullara adapte edebilen ve bunlara karşı özelliklerini geliştiren yapılar olduklarını belirtmektedirler. Kazandıkları bu deneyimleri, bir sonraki kuşaklara aktarıyorlar ve süreç ilerledikçe çevrelere çok iyi adapte olmuş yapılara dönüşüyorlardı. Mühendislerin tasarımları ise, spesifik bir problemin çözümü için geliştirilmekte, bir sonraki problem için tekrar mühendisler tarafından müdahale edilmek zorunda kalınmaktadır (Lemley, 2001).

Genetik algoritmalar, doğadaki bu süreci simüle etme fikrinden doğmuştur. İlk genetik algoritma, 1960’da Michigan Üniversitesi’nden John Holland ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. John Holland ve ekibinin tasarladığı algoritmalar, genlerin ve kromozomların davranışlarıyla benzer özellikler taşımaktaydılar. Mutasyona uğruyorlar, çoğalıyorlar ve yetersiz olanlar elenip, geriye kalan başarılılar ise tekrar birleşip başka bir nesil oluşturuyorlardı. Bu özelliklerinden dolayı bu algoritmalara, genetik algoritma adı verilmiştir (Lemley, 2001).

Genetik algoritmalar, ilk aşamada ‘ebeveyn’ (parent) olarak adlandırılan tek bir algoritma olarak bulunmaktadırlar. Bir adım sonra ebeveyn (parent) algoritma, kendisinden birçok kopya(child) oluşturur. Bu kopyaların herbiri, problemi bağımsız olarak çözmeye çalışırlar. Problemi çözmeye başarılı olanlar seçilip, geriye kalan başarısızlar silinir. Seçilen algoritmalar tekrar birleştirilerek, ikinci nesil ebeveyni oluştururlar. Oluşturulan ikinci kuşak ebeveyn, ilkinin göre problemi çözmeye daha başarılıdır. Çünkü problemi bir şekilde daha iyi çözmüş olan algoritmaların birleşmesinden oluşmuştur. Birinci kuşak ebeveyn algoritma silinir. İkinci kuşak da aynı süreci yineleyerek kendi kopyalarını oluşturmaya başlar. Bu süreç problemin çözümünün en iyi sonucuna ulaşana dek devam edecektir. Kuşaklar arttıkça algoritma, problemin çözümünde daha yetenekli bir hale gelmektedir. Her yeni kuşak, bir

önceki kuşakların çözüm yollarını miras alırken hem de kendi yeni çözümünü eskileriyle birleştirmektedir (Discover, 2001). Genetik algoritmaların en büyük özelliği, problemin değişen koşullarına algoritmanın kendini adapte edebilmesidir. Bir sonraki versiyon dijital mutasyon sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bazı bilimadamları, genetik algoritmaların işleyişine benzer bir sistemin belirli bir süre ve aşama kaydettikten sonra belli bir seviyede bilinç sergileyebileceği görüşündedirler. Savundukları görüş ise, insan bilincinin kökünün de benzer bir süreç içerisinde evrildiğidir (Dennett, 1999). İnsan DNA'sının da aynı genetik algoritmalar gibi kendi özelliklerini bir sonraki nesile aktarması ve her oluşan yeni neslin problemlere daha dayanıklı bir yetiye sahip olması, bu görüşü savunanlarca öne sürülen görüşlerden en önemlisidir.

### 4.3 Kuantum Bilgisayarlar

Kuantum fiziğinin en ilginç uygulaması, yapılması öngörülen kuantum bilgisayarlardır. Henüz teori aşamasında olduğu bildirilmekte ise de çalışmaların daha çok askeri alanda yürütülmesi nedeniyle şu an gelinmiş olan nokta konusunda çok fazla bir bilgi bulunmamaktadır.

Kuantum bilgisayarlar teorik olarak kuantum kuramının ilkeleriyle işleyen bir bilgisayar sistemidir. Klasik bilgisayarlar bilgileri, 0 ve 1 değerlerini alabilen bit'ler halinde saklamaktadırlar. Kuantum bilgisayarlarda ise bilgiyi saklayan birimlere 'kubit' (kuantum bit) adı verilmektedir. Kubit olarak adlandırılan bir kuantum bit'iye sadece 0 ve 1 değerlerini değil, belirsizlik ilkesince bunların üst üste binmiş(süperpoze) halleriyle ortaya çıkan yeni değerleri de taşımaktadır. Böylece aynı anda değişik değerler alabilen kubit'lerle ayrılan işlemler, klasik bilgisayarlarla karşılaştırılmayacak kadar hızlı olmaktadır (Bilim Teknik, 2000).

Kuantum bilgisayarların teorik olarak ilk çıkış zamanlarında, böyle bir bilgisayarın yapımının en erken 2050 yılına kadar mümkün olmayacağı öngörülmüştü. Ancak 1995 yılında kuantum bilgisayarların en önemli bileşeni olan kubit'lerin gerçekleştirildiği ve 3 kubit'lik bir değere ulaşıldığı ilan edildi (Bilim Teknik, 1995).

Bilincin kuantum mekanik modelini savunan bilimadamları, bilincin beyin dışındaki bir sistemde oluşmasının mümkün olmadığını ileri sürmüşlerdi (Penrose, 1998). Kuantum bilgisayarların gerçekleştirilmesi halinde, bu bilimadamlarının beyin sahip olduğuna inandıkları kuantum ilkeleri, beyin dışındaki bir sistemde gerçekleşmiş olacaktır. Eğer bu bilimadamlarının öne sürdükleri kuramlar doğru ise, o zaman beyin dışındaki bir kuantum sisteminde de bir bilinç oluşabilecektir.



## 5. YAPAY ZEKA TEKNOLOJİ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

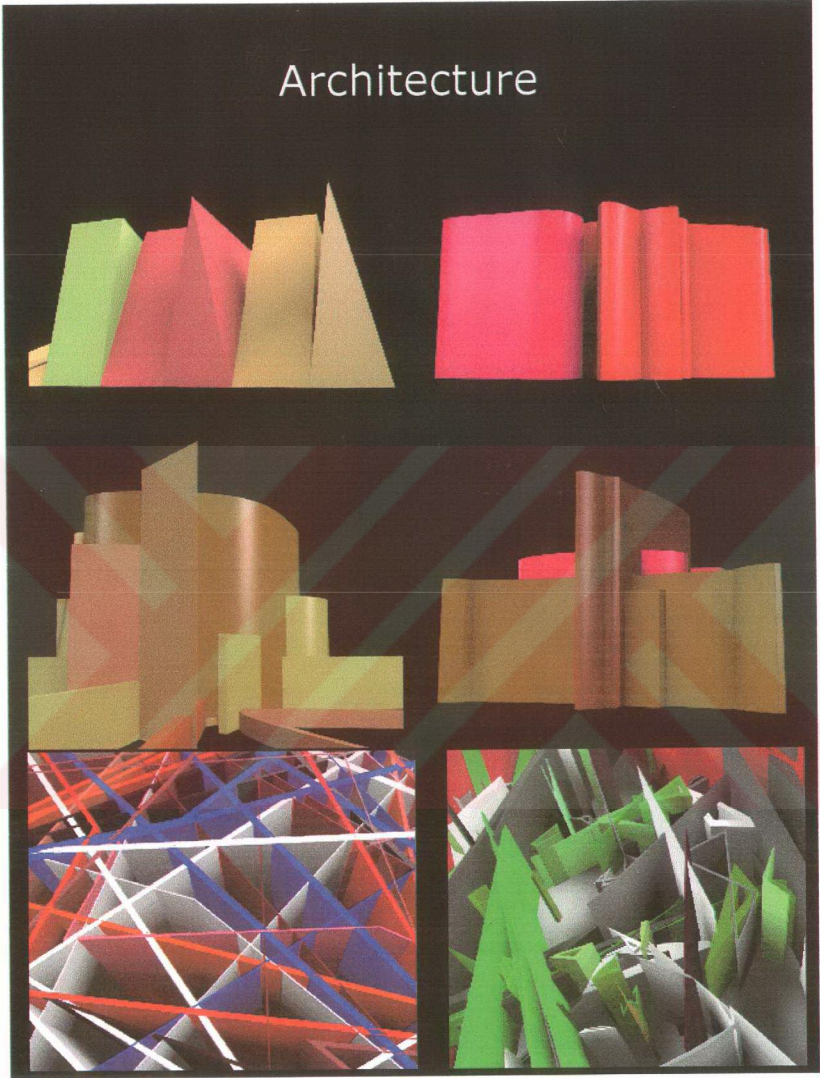
Bir önceki bölümde anlatılan yapay zeka teknolojileri, bilincin doğasına ilişkin farklı kuramları desteklemeleri açısından diğer teknolojilerden ayrılmaktadırlar. Son bölümde ise bu teknolojilerin uygulanmış örnekleri incelenecektir. Uygulanmış olan bu teknolojilerin, bilinçli bir eyleme yaklaşma oranları ya da şansları, bilincin doğasına ilişkin kuramlar açısından değerlendirilecektir.

### 5.1 Artificial ACAD

Artificial ACAD programı, kendi kendine üç boyutlu mimari kütleler yaratabilen bir programdır. Program Autolisp olarak Autocad içinde çalışmakta ve Autocad'in komutlarını kullanarak, herhangi bir müdahalede bulunulmadan üç boyutlu modeller yapmaktadır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).

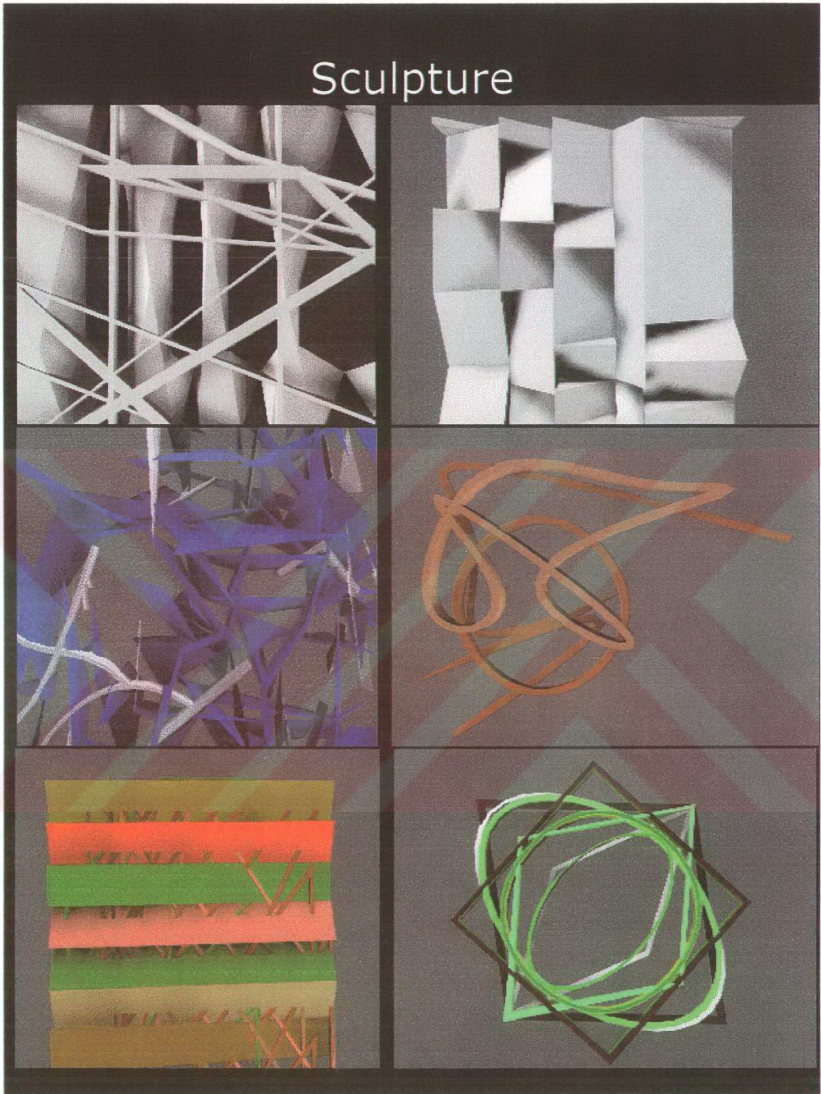
Artificial ACAD programının oluşturmuş olduğu modeller, mimari formlara benzerliğiyle dikkat çekse de, bu modelleri tamamen rastgele oluşturmaktadır. Bu yönden bakıldığında ise programın, rastgele oluşturduğu şekilleri Autocad komutlarını kullanarak, rastgele modifiye etmesi, sonuç ürünleri mimari bir tasarım olarak nitelendirmekten uzak tutmaktadır. İlk bölümde verilen otistik çocuk örneğiyle benzerlik gösteren bir uygulamaya benzemektedir. Programın yaptığı iş de bir nevi karalamadır ve bunu üç boyutlu olarak yapması niteliğini değiştirmemektedir. Program, ne yaptığı işin ne de oluşturduğu modellerin ne oldukları hakkında bir fikre sahiptir. Yaptığı sadece rastgele birkaç komutun uygulanmasıdır.

Artificial ACAD programı oluşturduğu modeller bakımından ilgi çekici ve gerçeğe yakın görüntüler ortaya koymuşsa da, teorik açıdan tasarıma ya da bilinçli bir eyleme yaklaşma bakımından zayıf kalmaktadır.



Şekil 5.1 Artificial Acad programının oluşturmuş olduğu üç boyutlu mimari modeller.

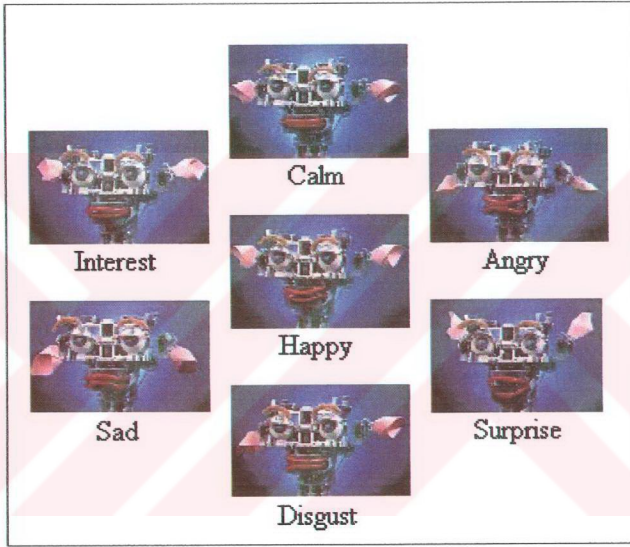
([www2.netcetera.nl/~iaaa/artificial/acadpict.html](http://www2.netcetera.nl/~iaaa/artificial/acadpict.html))



Şekil 5.2 Artificial ACAD programı tarafından oluşturulmuş üç boyutlu modeller  
([www2.netcetera.nl/~iaaa/artificial/acadpict.html](http://www2.netcetera.nl/~iaaa/artificial/acadpict.html))

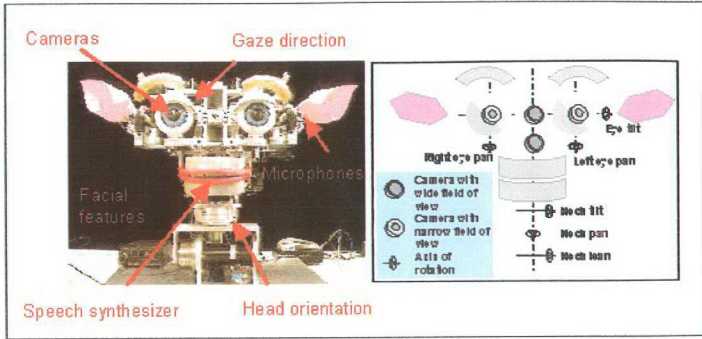
## 5.2 KISMET

Kismet, M.I.T.'in yapay zeka laboratuvarında geliştirmiş ve bugünkü yapay zekaya sahip robotlar arasında en gelişmiş yapıya sahip olan bir robottur. Robot tasarlanırken amaç, insanlarla ilişkiye girebilen ve çevresini algılayarak tepki verebilen bir robot yaratmak olmuştur (Şekil 5.3). Projenin yürütücülüğünü ise, M.I.T.'nin yapay zeka laboratuvarında çalışmakta Cynthia Breazeal yapmıştır (New Scientist. 1999).



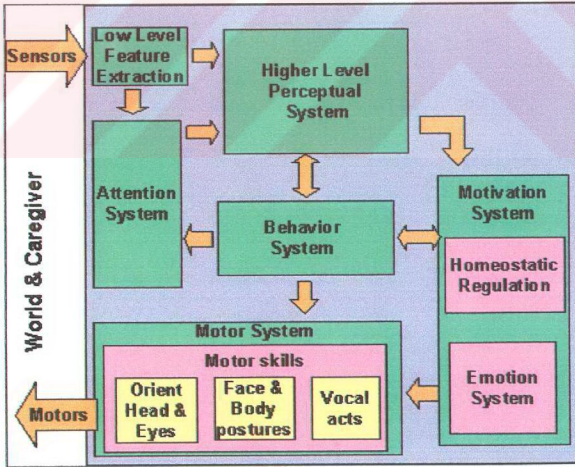
Şekil 5.3 Kismet'in çevresini algılayarak verdiği tepkiler  
([www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html](http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html))

Kismet'in en önemli özelliği, sinirsel ağ teknolojisine sahip olmasıdır. Böylece aldığı duyuumlara nasıl bir tepki vermesi gerektiğini zaman geçtikçe öğrenmektedir. İnsanlarla yaptığı diyaloglarda verdiği tepkilere göre insandan gelen tepkileri alıp, verdiği tepkinin doğru olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer verdiği tepkiye karşılık olumlu bir tepki almışsa, verdiği tepkinin olumlu olduğunu tespit edip, aynı durumda yine benzer bir tepkiyi vermeyi öğrenmektedir. Böylece bir insanla konuşurken alınan tepkilerin aynıysa Kismet'te de oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir (Breazeal, 2001).



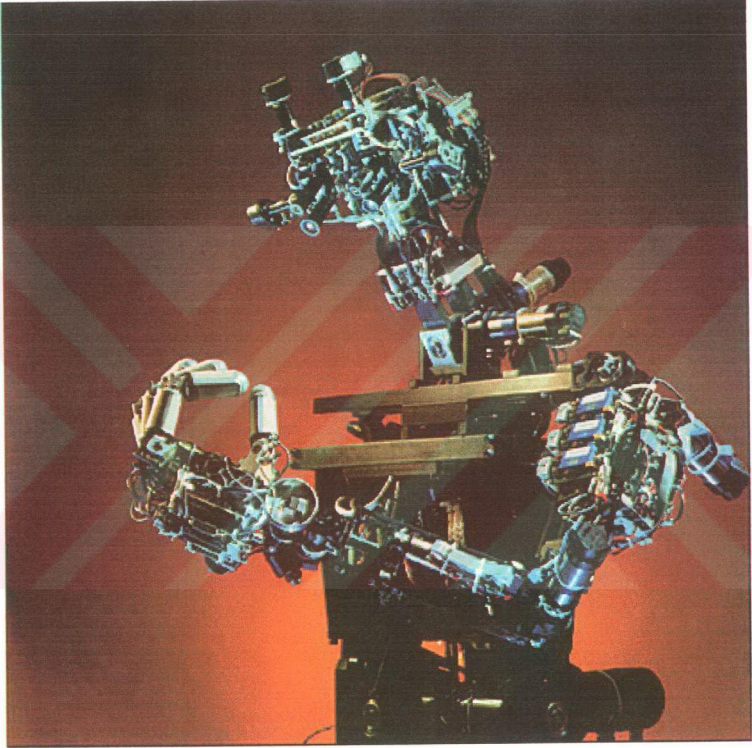
Şekil 5.4 Kismet'in algılama sistemi. ([www.ai.mit.edu/projects/sociable/baby-bits.html](http://www.ai.mit.edu/projects/sociable/baby-bits.html))

Kismet, dış dünyadan gelen bilgileri algılayıcıları (Şekil 5.4) sayesinde bağlı bulunduğu bilgisayar sistemine iletmektedir. Bu bilgiler, sinirsel ağ sisteme sahip olan, altı farklı işleme biriminden oluşan ve bir nevi beyin vazifesi gören bilgisayarlar tarafından işlenmektedir. Bu altı işlem birimi, robotun algılarını tanımlayan, işleyen, karar veren ve uygulayan birimlerden oluşmaktadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Kismet'in işlem birimleri ve birbirleriyle olan ilişkileri ([www.ai.mit.edu/projects/sociable/kismet.html](http://www.ai.mit.edu/projects/sociable/kismet.html))

Kismet'in kardeşi sayılabilecek bir başka robot da yine M.I.T.'de Robert A.Brooks (1999) tarafından geliştirilen Cog'dur (Şekil 5.6). Cog'un yapım amacı, insan farkındalığını(bilincini) bir ölçüde gerçekleştirebilmektir. Görsel tanımlama, duyumlama, hissetme gibi canlılara ait özelliklerin, yapay bir 'canlı'da da oluşması amaçlanmıştır (Ogden, 2001).



Şekil 5.6 Cog, yapımı henüz tamamlanmamış durumdayken çekilmiş bir fotoğrafı.  
( [www.artificialbrains.com/brainbuilding/cog.html](http://www.artificialbrains.com/brainbuilding/cog.html) )

### 5.3 AARON

AARON, yapay bir zekanın tasarım yapip yapamayacağı konusunda çok önemli tartışmalara yol açmış bir 'robot ressam'dır. Gelişme süresi yirmi seneden fazla sürmüştür. 1970'lerin ortalarında Harold Cohen tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. 1985'lere gelinceye kadar AARON sadece fon-şekil, açık-kapalı form tanımları gibi yetilere sahiptir. Daha sonraki aşamalarda, bilgi tabanı oluşturulmaya başlanmıştır. AARON bu bilgi atabanındaki tanımları kullanarak istenilen bir çizimi gerçekleştirebiliyordu. 1986'da ise AARON'a renklerle ilgili bir algoritma daha eklenmiştir (Cohen, 1998). AARON'un yaptığı yağlı boya tabloların (Şekil 5.7), sanat eseri olup olmadığı iki açıdan tartışılmaktadır.



Şekil 5.7 AARON'un bir çalışması. Gauguin'in sahilinde buluşmak. Tuval üzerine yağlıboya. (<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

“ Aslında AARON’dan çıkan tüm vurguları, tekrar AARON’a geri yüklenmesinin gereğini bulguluyorum, temiz bir zekanın çalışabilmesi için. Yapay Zeka’ya, beni anlatması için gene beni yüklememin gerektiğini de düşünüyorum. Cohen bundan başka hiçbir şey yapmıyor...

Kendi yaratıcılığını kopyalıyor...

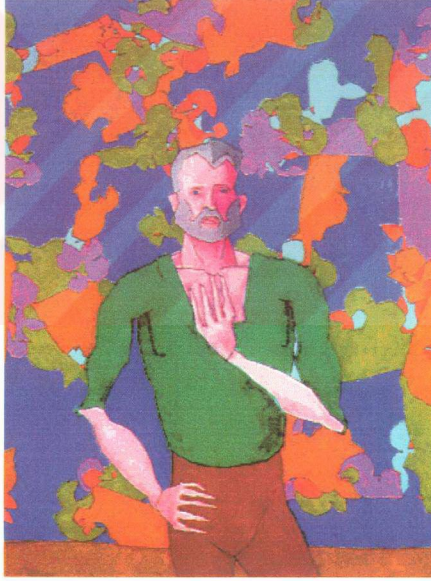
Kültürel bilgiyi kopyalıyor...

Cohen yaptırdıktan sonra: Açıklıyor, denetliyor ve değerlendiriyor.

Sanatçı yaptıktan sonra: İzliyor, görüyor, buluyor ve yıkıyor.

Yapay Zeka programlandıktan sonra: Tarıyor, buluyor, sonuçlandırıyor.

Yapay Zeka’nın vurguları, tüketilen bir zekanın vurgularından söz etmektedir bugün. Teknolojik olarak tüketilen her ‘vurgu’, sanat kavramına dahil olmaktadır. Yapay Zeka, bu teknolojik ‘öz’ içinde sanat tarihinin oluşum sürecini de kendine dahil etmektedir. Yapay Zeka: İnsanın ‘bilinç’le kendisine yaptığı bir eylemdir.” (Gün, 1998)



Şekil 5.8 AARON’un bir çalışması. Dekoratif pano önünde Aaron. Tuval üzerine yağlıboya.  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

AARON'un yaratıcısı Harold Cohen ise Aaron'un bir sanat eseri ya da Aaaroon'un bir ressam olup olmaması ile ilgili düşünceleri şöyledir;

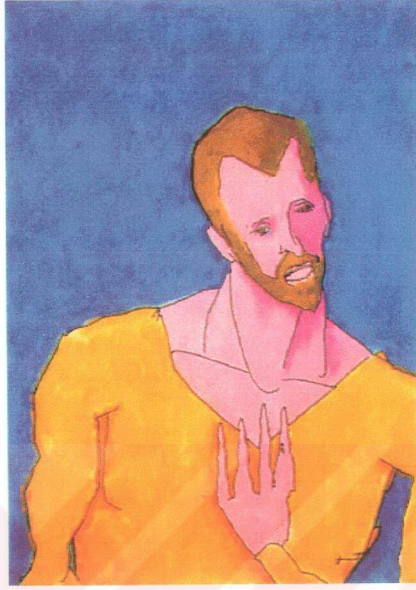
"Kısaca, bu makinelerin düşündüğünü iddia etmek, düşünmediğini iddia etmek kadar kolaydır. Makinenin gerçekten ne yaptığını bilmiyorsanız, her ikisi de –kişisel bilgilerimiz de dahil- bilgilerimizi ileriye taşımada verimsiz kalırlar. Eğer Dreyfus, Searle ya da Penrose sanatı sadece insanların yapabileceğine inanıyorlarsa, bariz bir şekilde, AARON'un yaptığı sanat olamaz.

AARON mevcuttur: Benzer ama insan yapımı cisimlerden oluşan bir kümedekilerden daha tutarlı cisimler üretir ve bunu bir insan ressam denli açık bir kimliğe sahip kendine özgü bir kararlılıkta yapar. Dahası, bütün bunları benim müdahalem olmaksızın gerçekleştirir. AARON'un, makinelerin düşünme, yaratma ve kendilerinin farkında olma gücünün varlığına dair bir ispat oluşturduğuna ve bizim hakkımızda bazı şeyleri açıklamak için özellikle uydurulmuş nitelikler taşıdığına inanmıyorum. Bana göre, AARON, düşüncenin gerekli olduğunu farzettiğimiz ve hala insanoğlunun düşüncesini, yaratıcılığını ve kendinin farkında oluşunu gerektireceğini varsaydığımız bazı şeyleri makinelerin yapma gücüne malik olduğunu kanıtlamaktadır.

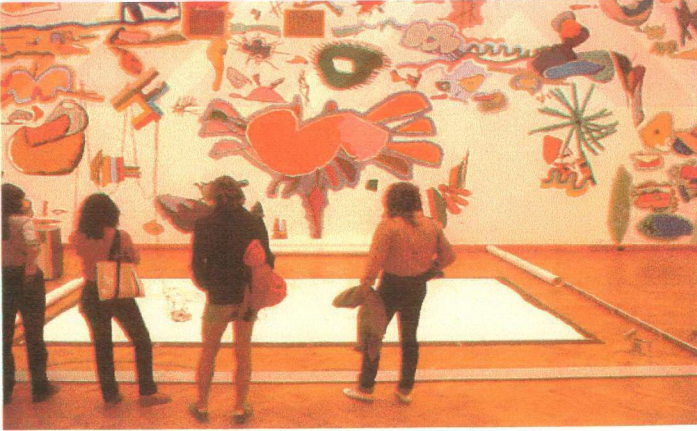
Eğer AARON'un yaptığı sanat değilse gerçekte nedir ve kökeninden başka hangi yönlerden 'gerçek olan'dan farklılık gösterir? AARON eğer düşünmüyorsa, tam olarak ne yapıyor?" (Cohen, 1998)



Şekil 5.9 AARON'un bir çalışması. Özgürlük ve arkadaşlar. Kağıt üzerine mürekkep ve boya. (<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

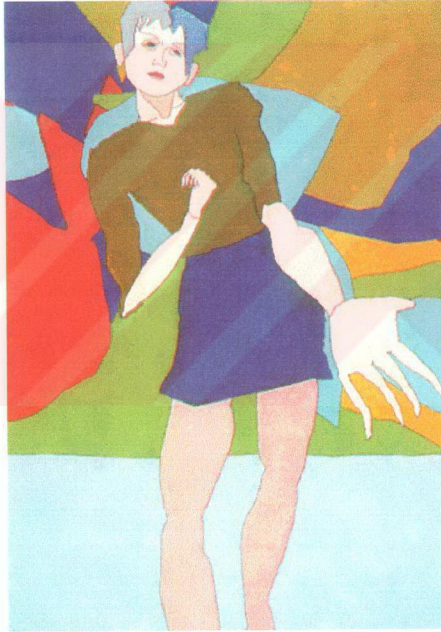


Şekil 5.10 Theo. Tuval üzerine yağlı boya.  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/42/text/cohen.html>)

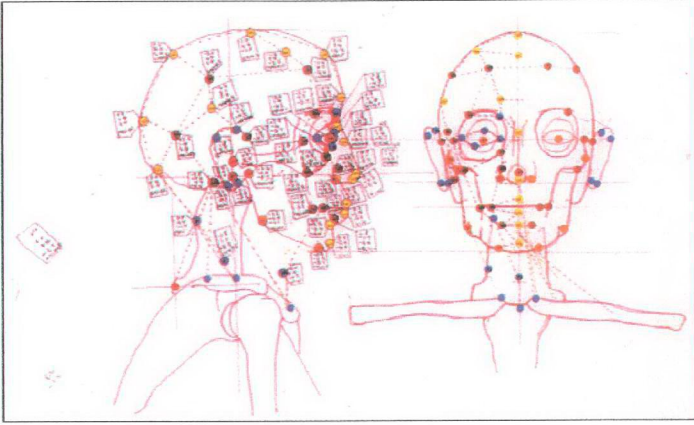


Şekil 5.11 San Francisco Modern Sanat Müzesi'nde AARON'un resim sergisi (1979).  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

AARON gerçekten de bir ressamın elinden çıkmış niteliklerde resimler yapabilmektedir (Şekil 5.9, 5.10). İlk örnekte incelenen Artificial ACAD programının yarattığı modellerden çok farklı ürünler koymuştur. Artificial ACAD tamamen rastgele bir yol izlerken AARON, bilgi tabanında tanımlanmış formları kendi yoluyla çizgiye dönüştürmekteydi. Bir kadın çizerken (Şekil 5.12) bilgi tabanında bulunan insan tanımlarını (Şekil 5.13) kullanmaktaydı. İnsanın soyutlamayla yaptığı işlemi, AARON, bilgi bankasından yararlanarak gerçekleştiriyordu. Ancak bu bilgi bankası AARON tarafından değil, dışarıdan yüklenerek oluşmaktaydı. Eğer bu yönden bakılacak olunursa, AARON'un insana dair yorumu dışarıdan verilmişti. Cohen' eleştiren düşünce adamlarının şu fikri haklı görünmektedir; AARON'un resmine yansıttığı yorum kendisinin değil bilgi tabanını oluşturan kişidir.

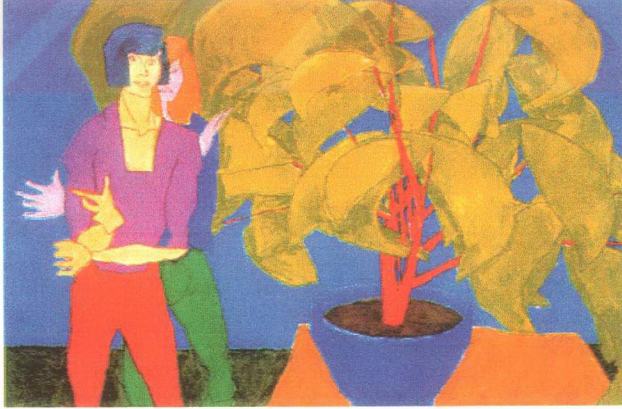


Şekil 5.12 Süslenmiş fon önünde ayakta duran figür. Tuval üzerine yağlıboya.  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)



Şekil 5.13 AARON'un bilgi bankasını oluşturan tanımlardan bir örnek. Kafanın anatomisi.  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

AARON, yapay zekanın sanata yönelik uygulamalarına verilebilecek en iyi örneklerinden birini oluşturmaktadır. Oluşturduğu resimlere bakıldığında bir tarzdan bahsetmek mümkün görünmektedir. Ancak bu tutarlılık AARON'un kendi yorumu mudur yoksa bilgi tabanının ortaya çıkardığı bir durum mudur?

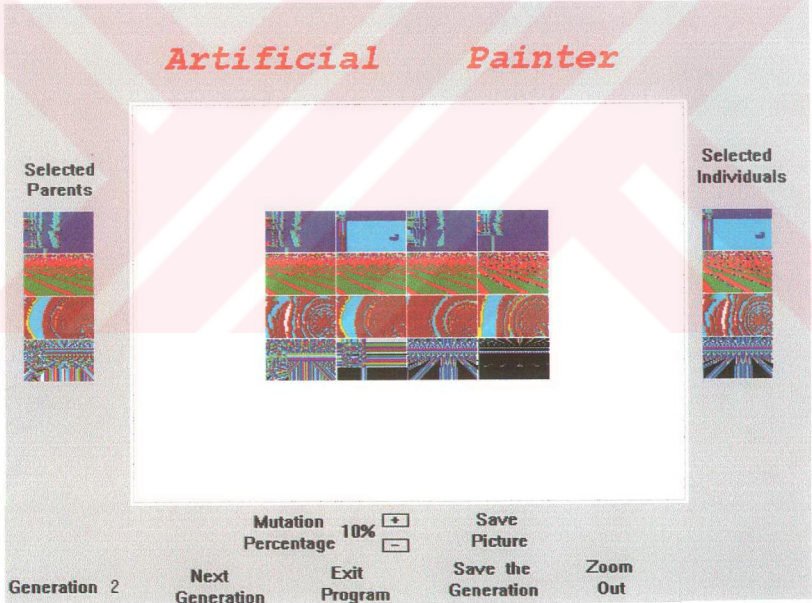


Şekil 5.14 AARON'un bir çalışması. Saksıdaki bitki önünde iki arkadaş.  
(<http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html>)

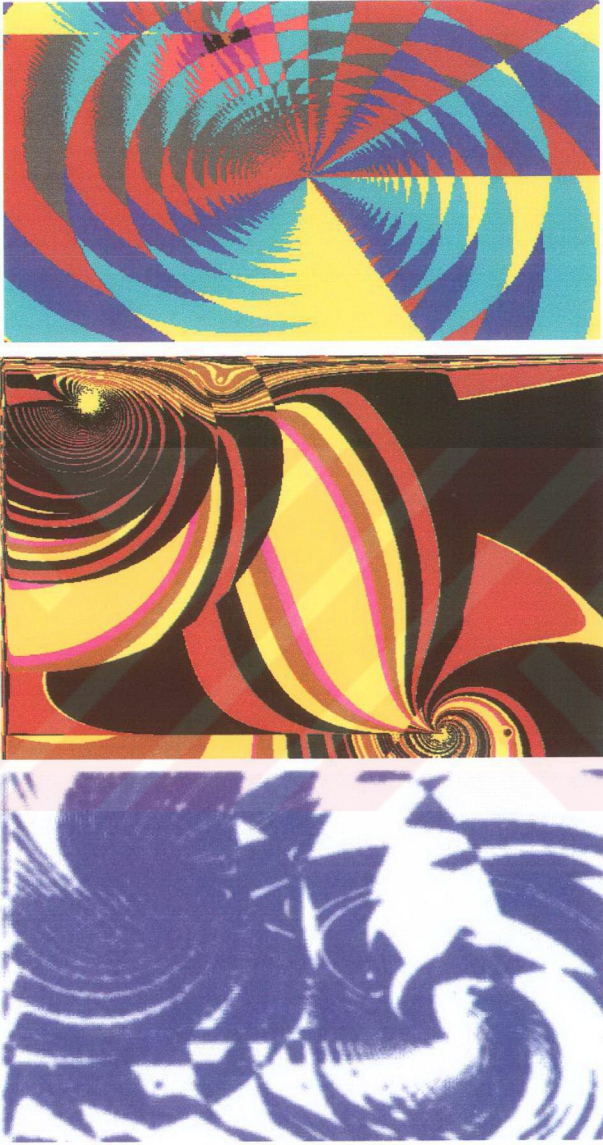
## 5.4 Artificial Painter

Artificial Painter projesi, İtalyan Ulusal Araştırma Konseyi Piskoloji Enstitüsü ile Danimarka'nın Arhus Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Departmanı tarafından ortaklaşa gerçekleştirilmiştir. Artificial Painter'ın en önemli özelliğini, iki önemli teknolojiyi aynı sistemde birlikte kullanması oluşturmaktadır. Sistem, bir sinirsel ağ sistem üzerinde çalışan genetik algoritma tabanlı bir programdan oluşmaktadır.

Artificial Painter artistik resimler oluşturabilmek için, genetik algoritmaları kullanarak seçenekler yaratmaktadır. Burada önemli olan nokta ise programın tek başına ilerlememesidir. Oluşturulan seçenekler arasından kullanıcı birkaçını kendi "beğeni" sine göre seçer ve program bu seçilenleri (parent) kullanarak yeni nesil şekiller yaratır (Şekil 5.15).

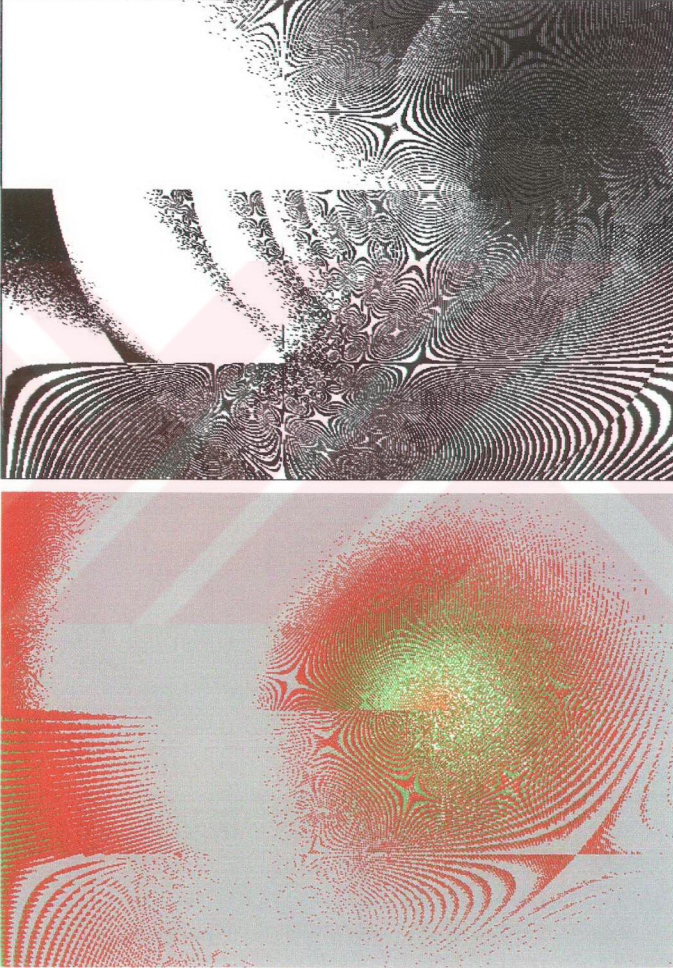


Şekil 5.15 Artificial Painter programının arayüzünün şeması.  
Yanlardaki şekiller kullanıcının seçtiği resimlerdir.  
([http://www.daimi.aau.dk/~hhl/ap\\_screens.html](http://www.daimi.aau.dk/~hhl/ap_screens.html))



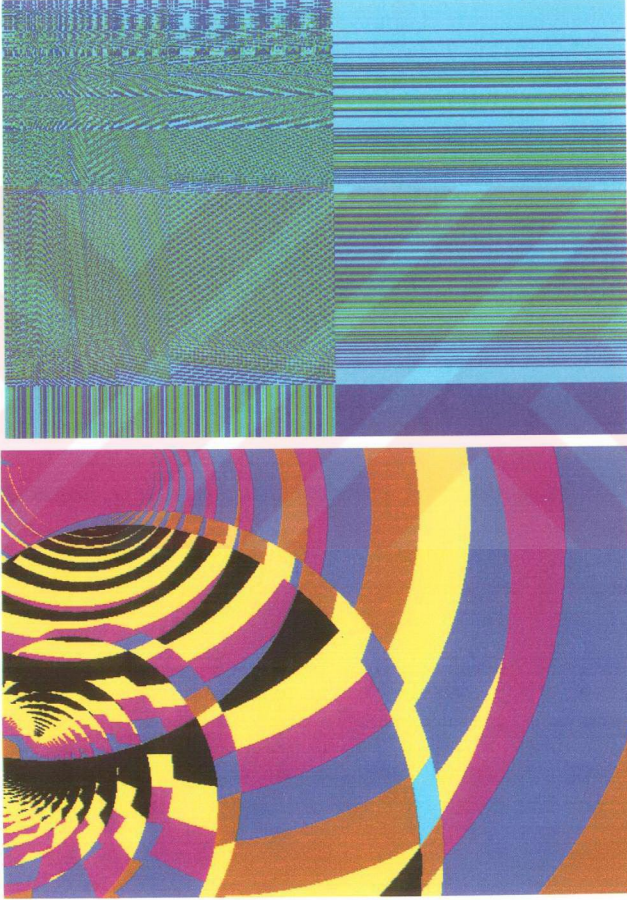
Şekil 5.16 Artificial Painter ile oluşturulmuş resimler.  
(<http://www.daimi.aau.dk/~hhl/gallery.html>)

Artificial Painter kullanıcının seçimleri doğrultusunda bir sonraki mutasyonları gerçekleştirmektedir. Kullanıcının seçimlerini öğrendikçe (sinirsel ağ sistemin bir özelliği olarak) gerçekleştirmiş olduğu mutasyonlar (Şekil 5.17) da kullanıcının seçimlerine uyumlu bir şekilde gerçekleşmeye başlamaktadır (Lund, 1995).



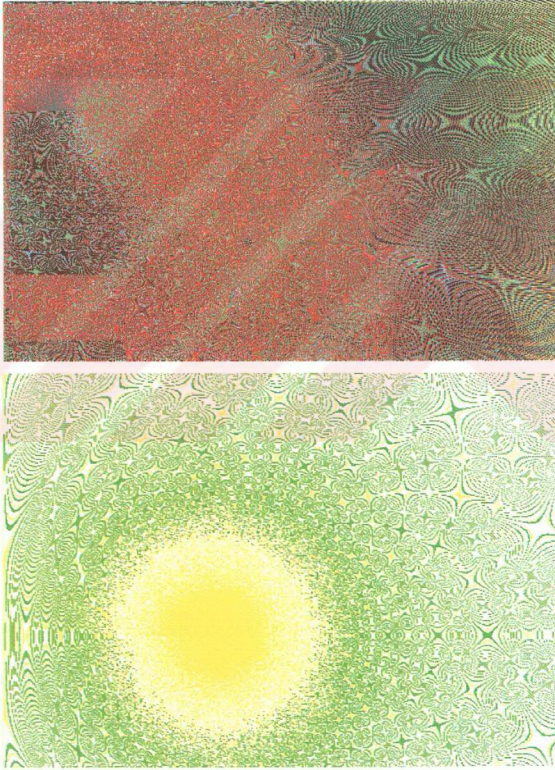
Şekil 5.17 Kullanıcının seçimlerine göre sonuçların belli bir tarza yaklaşması.  
(<http://www.daimi.aau.dk/~hhl/gallery.html>)

Artificial Painter'ın ürünleri incelendiğinde, belli bir tarzın ortaya çıktığı görülmektedir. Bunun nedeni resimlerin oluşum süreçlerine yapılan müdahaleler olmaktadır. Geliştirilen farklı mutasyonlar arasından bir seçim yapmak kullanıcıya bağlıdır. Kullanıcının yaptığı seçim, kendi beğenisini ve estetik değerlerini yansıtmaktadır. Bu da sürece bir yorum katmaya yaramaktadır. Her kullanıcıya göre ürünlerin farklı çıkacağı gibi, aynı kullanıcıların ürünleri arasında da benzerlikler olacaktır (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 İki farklı kullanıcının seçimlerinin oluşturduğu iki farklı resim.  
(<http://www.daimi.aau.dk/~hhl/gallery.html>)

Artificial Painter süreçte tek başına olsaydı o zaman oluşturacağı şekiller Artificial ACAD programının şekilleriyle aynı nitelikte olacaktı. İki de farklı algoritmalar kullansa da temelde rastgele davranan otonom sistemler olarak birbirleriyle benzer olacaktı. Ancak Artificial Painter’da insan ögesinin çok kritik bir aşamada (estetik değer ya da yorum aşaması) devreye girmesi, bu iki programın ürünleri arasında bir fark oluşturmuştur. Artificial ACAD’ın şekilleri hiçbir yorum taşımazken Artificial Painter’ın resimlerinde bir beğeni ögesinden söz edilebilir. Ancak Artificial Painter burada sadece bir araç rolü oynamaktan da ileri gidememektedir. Kullanıcıların fırça ve boya yerine Artificial Painter’ı kullanmaları arasında nitelik farkları dışında temelde çok büyük bir fark olmayacaktır.



Şekil 5.19 Artificial Painter’den iki benzer nitelikli resim.  
(<http://www.daimi.aau.dk/~hhl/gallery.html>)

## 6.SONUÇLAR

Yapay zekaya sahip bir sistemin tasarım ile olan ilişkisi, tasarımın bilinçle olan ilişkisine, dolayısıyla da bilincin doğasına ve kökenine ilişkin kuramlara bağlı kalmaktadır. Son bölümde incelenen yapay zeka ürünlerinin birer sanat eseri sayılıp sayılmayacağı da aynı ilişkiler ağına bağlı görünmektedir. İncelenen ürünler şaşırtıcı biçimde, bir insanın (mimar ya da ressam) tasarımlarına oldukça benzemektedir. Ancak bu çalışmalarını yüzeysel olarak ele almak pek sağlıklı değildir. Daha sağlıklı ve bilimsel olan yaklaşım ise ürünü ortaya çıkaran süreci, birikimi, bakış açısını irdelemektir. Bu açıdan bakılınca yapay zekaya sahip sistemler, her ne kadar zeki olsalar da, ürünlerinde eksik olan bazı nitelikler bulunmaktadır.

Bu koşullar günümüz teknolojisi ve bilgisi dahilinde mevcuttur. Bilincin ve farkındalığın doğası ile ilgili kuramlar hala tartışılmaktadır ve henüz hiçbiri birbirlerine büyük bir üstünlük sağlayamamışlardır. Bilincin kökenine ya da yapısına dair teorilere bakıldığında, her yeni fiziksel devrimden etkilendiği görülebilmektedir. Her yeni fiziksel teorinin ortaya çıkışı, bilincin bu teorilerle ilişkilendirmeye götürmüştür. Ancak unutulmaması gereken şu ki; fiziksel devrimler henüz sona ermiş değildir. Fizikçiler 'herşeyin kuramı' olarak adlandırdıkları son büyük kurama ulaşabilmek için çalışmaktadırlar. Bu kuramın, Einstein'ın Genel Görelilik Teorisi ile Kuantum Kuramının bir birleşimini içermesi öngörülmektedir. Gelecekte ortaya çıkabilecek yeni bir kuram bilince olan bakış açısını değiştirebilecektir. O zaman, insan doğasının tüm sırları ve dolayısıyla onu başka bir sistemde tekrar oluşturma problemi için gerekli veriler elde edilebilecektir.

Günümüz teknolojisi ve bilimsel bilgiler ışığında, önümüzde henüz katedilmesi gerekli yollar bulunduğu görülmektedir. Yapay zeka teknolojileri, tasarım süreci içinde çok yararlı bir şekilde kullanılabilirler ve kullanılmaktadırlar. Ancak bu sistemlerin tek başlarına bir sanat eseri ortaya koyabileceklerini söyleyebilmek için bilincin ve aklın doğasının aydınlığa kavuşması beklenecektir.

**KAYNAKLAR**

Akyüz, R.Ö. (2000), "Kuantum Kuramı ve Belirlenimcilik", Bilim ve Teknik, 395:36-38.

Breazeal, C. (2001), "KISMET the Robot", <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>

Crick, F. (1997), Şaşırtan Varsayım (Çev., S. Say), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Cohen, H. (1998), "Ressam AARON'un Yeni Başarıları" (Çev., U. Bayraktar ve B. Yılmaz), Cogito, 13:95-112.

Dawkins, R. (1999), Cennetten Akan Irmak (Çev., S. Gül), Varlık Yayınları, İstanbul.

Dennett, D.C. (1999), Aklın Türleri (Çev., H. Balkara), Varlık Yayınları, İstanbul.

Gleick, J. (1995), Kaos (Çev., F. Üçcan), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Gün (1998), "Yapay Zeka ve Yaratıcılık", Cogito, 13:113-116

Hoagland, M.B. (1993), Hayatın Kökleri (Çev., Ş. Güven), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Lemley, B. (2001), "Machines That Think", Discover, 22:74-79.

Lund, H.H. (1995), "Artistic Design with Genetic Algorithms and Neural Networks", [www.daimi.aau.dk/~hhl/ap\\_intro.html](http://www.daimi.aau.dk/~hhl/ap_intro.html).

Ogden, S. (2001), "COG-Humanoid Robot", <http://www.artificialbrains.com/brainbuilding/cog.html>.

Penrose, R. (1997a), Bilgisayar ve Zeka (Çev., T. Dereli), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Penrose, R. (1997b), Fiziğin Gizemi (Çev., T. Dereli), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Penrose, R. (1997c), Us Nerede? (Çev., T. Dereli), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, Ankara.

Penrose, R. (1998), Büyük, Küçük ve İnsan Zihni (Çev., C. Türkman), Sarmal Yayınevi, İstanbul.

Turgut, S. (2000), "Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri", Bilim ve Teknik, 395:46-50.

Özer, B. (1993), Yorumlar, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Vitruvius, (1998), Mimarlık Üzerine On Kitap (Çev., S. Güven), Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

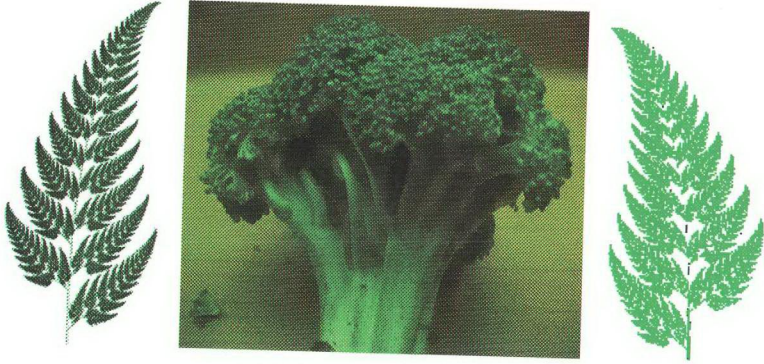
**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	26.09.1977	
Doğum yeri	İzmir	
Lise	1992-1995	İzmir Atatürk Lisesi
Lisans	1995-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1999-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

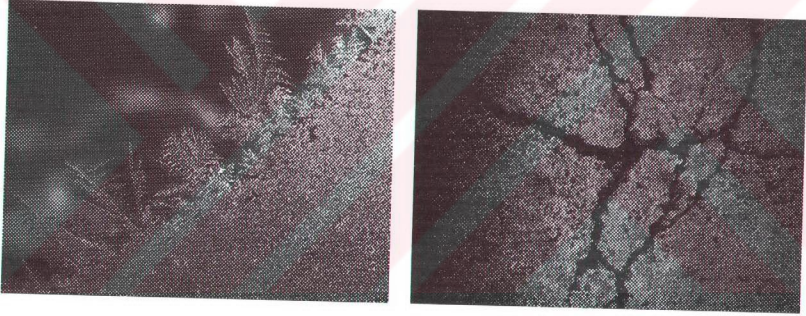
**Çalıştığı kurumlar**

1999-2000	Selcen Mimarlık
2000-Devam ediyor	Teğet Mimarlık





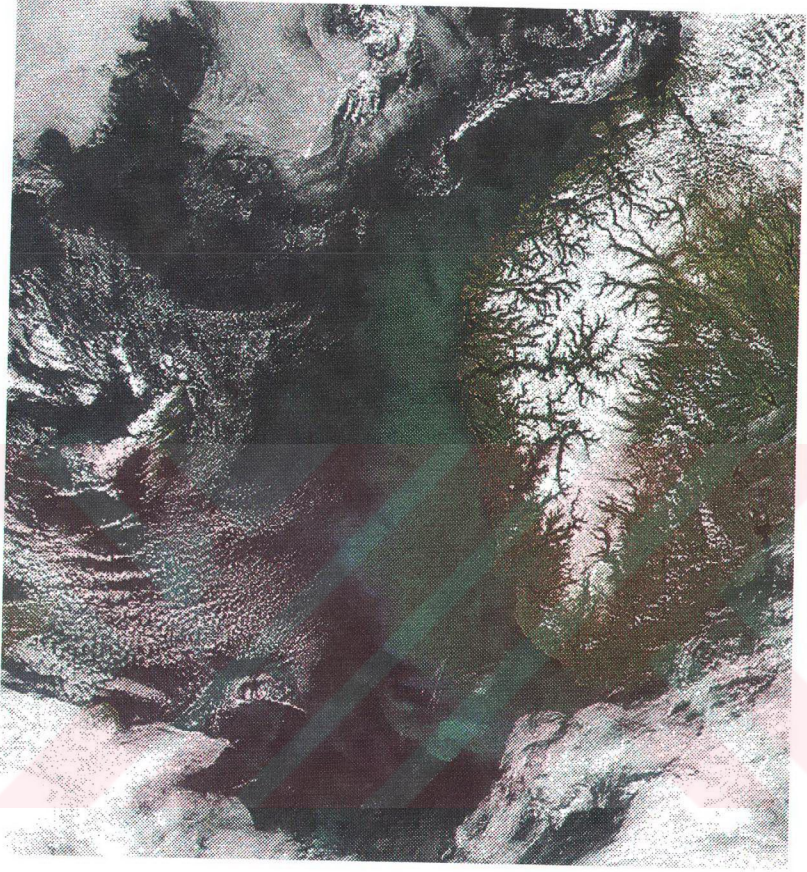
Şekil 3.22:Doğada Fraktallar Eğreti Otu ve Bronkoli  
(<http://sprott.physics.wisc.edu/fractals.htm>)



Şekil 3.23:Buz Kristali ve Çatlak (<http://sprott.physics.wisc.edu/fractals.htm>)

Benzer şekilde, bir kağıt parçası alınır, top halinde buruşturulursa, boyutu iki iken üçe yaklaşmış olur. Buna rağmen kağıt parçası topolojik olarak hala iki boyutlu yüzeydir. Yine fraktal eğriler de topolojik olarak hala iki boyutlu yüzeylerdir., ancak topolojik olarak bir eğri oldukları için de bir boyutludur (Özgüç, 1993).

Fraktallar Mandelbrot tarafından kısaca “fraktal boyutu, topolojik boyuttan büyük olan kümeler” olarak tanımlanmıştır (Özgüç, 1993).



Şekil 3.24:Norveçte ırmak yataklarının uzaydan çekilmiş fotoğrafı  
(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/Norway.gif>)

Fraktal geometri matematiğin karmaşık yönünün şekillendirilmiş bir biçimidir. Son zamanlarda bu amaç için bilgisayarların kullanılması ilgi uyandıran sayısal geometrik şekillerin ortaya çıkması bu alanı popüler hale getirmiştir. En basit ifadeyle fraktal geometride, üretilen basit bir biçim tekrar eden algoritmik bir yapıyla sonuçta karmaşık bir

yapıya dönüşmektedir. Bu algoritma, bir başlangıç durumu ve bu başlangıç durumuna uygulanan bir üreteç (üretim kuralı) ile kendi kendine benzeyen biçimler üretmektedir. Ne kadar küçük ölçekte olursa olsun ana şeklin tamamını oluşturacak şekilde büyütülebilir veya küçültülebilir. Kendine benzerlik doğadaki cisimleri modellemede de önemli bir özelliktir. Bir kıyı şeridi ve üzerinde uçan bir uçak düşünülürse, yüksekte ne kadar girintili çıkıntılı görünürse yaklaştıkça da aynı ölçüde girintili çıkıntılı görünür. Fakat bu tam bir kendini tekrar değildir. Doğal yapılar istatistiksel olarak kendine benzerdir fakat detayda farklıdır ki buna istatistiksel kendine benzerlik denir. Bu özellikteki fraktallara “gelişigüzel fraktallar”, kesin ve tekrar edilebilir yapıda olanlara da “gerekirci fraktallar” denir.

Koch eğrisi fraktal geometride kendine benzerlik kuramını en basit şekilde anlatır.  $1/3$  oranını kendine prensip edinmiş olan canlı bir eğri olan Koch eğrisi, canlılığını detaylı bir yapıdan alır. Kenar uzunluğu  $a$  olan bir eşkenar üçgenin her kenarı  $a/3$  oranında minik üçgenlere bölünür, oluşan yeni üçgenlerde bu işlem sonsuza kadar devam eder. Sonuçta Şekil 3.25’de görülen ve kar tanesine benzeyen karmaşık desen elde edilir.

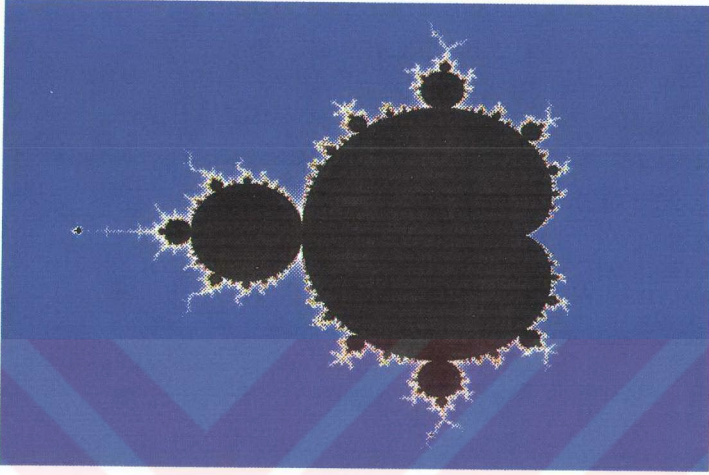


Şekil 3.25:Koch Kar tanesi adlı basit fraktal grafik.

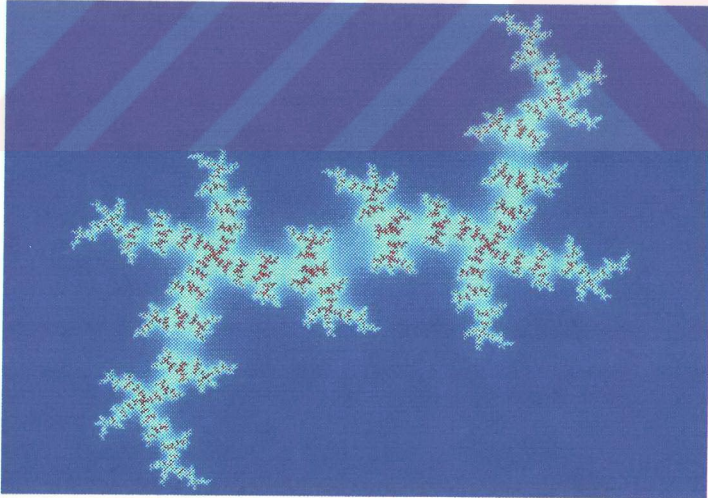
Çeşitli doğal ve yapma çevre objelerini fraktal geometriden yararlanılarak görsel temsilinin yanında, bilgisayar ortamında sayısal yöntemler kullanılarak iki ve üç boyutlu yontusal örüntüler de üretilebilir.

Fraktal geometrinin temel öğeleri Euclid geometrisinin çizgileri, daireleri gibi kolayca görünemezler, onları tanımlayan basit cebirsel formüller yoktur. Genellikle bilgisayarca uygulanması çok kolay olan tekrarlı işlemler veya algoritmalarla tanımlanırlar. Sistem aynı işlemi tekrar yaparken, bir işlemin çıktısını bir sonrakine girdi olarak kullanan basit bir geri besleme halkasıdır. Burada gereken tek şey girdi ve çıktı arasında doğrusal olmayan bir bağlantıdır. Mandelbrot’un tekrarlı işlem süreci bir doğru yerine düzlemde izlenebilmiş, ilgi farklı bölgeler arasındaki sınırlara kaymıştır. En çok bilinen fraktallar Mandelbrot Kümesi (Şekil 3.26) ve Julia Kümesidir (Şekil 3.27). Şekil-3.28-33’de bilgisayarda yapılmış ve bir

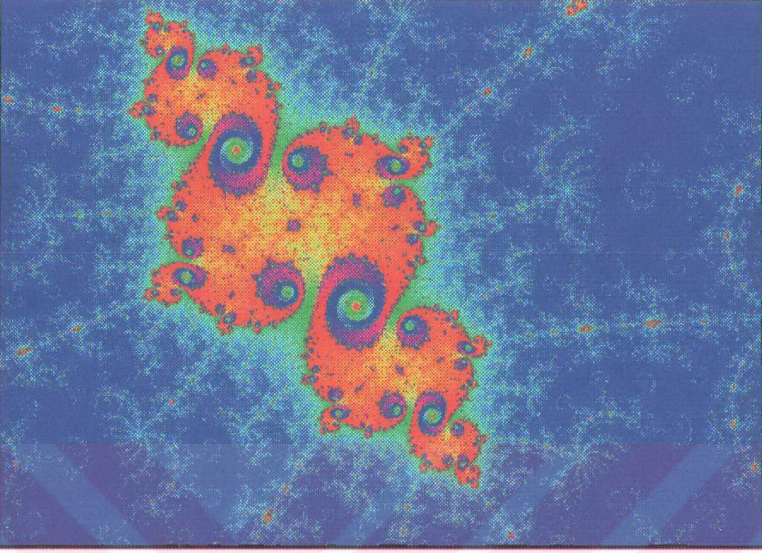
çoğu bu Mandelbrot ve Julia kümelerinin fraktal ressamlar tarafından yorumlanmış halleri olan fraktal resim örnekleri verilmiştir (<http://www.fraktalus.com>).



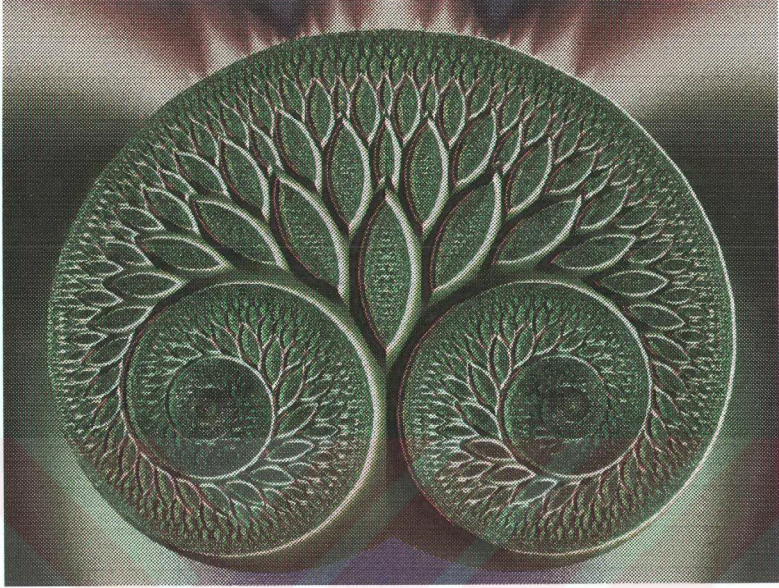
Şekil 3.26: Mandelbrot Kümesi (Ultra Fraktal Yazılımı ile hazırlanmıştır.)



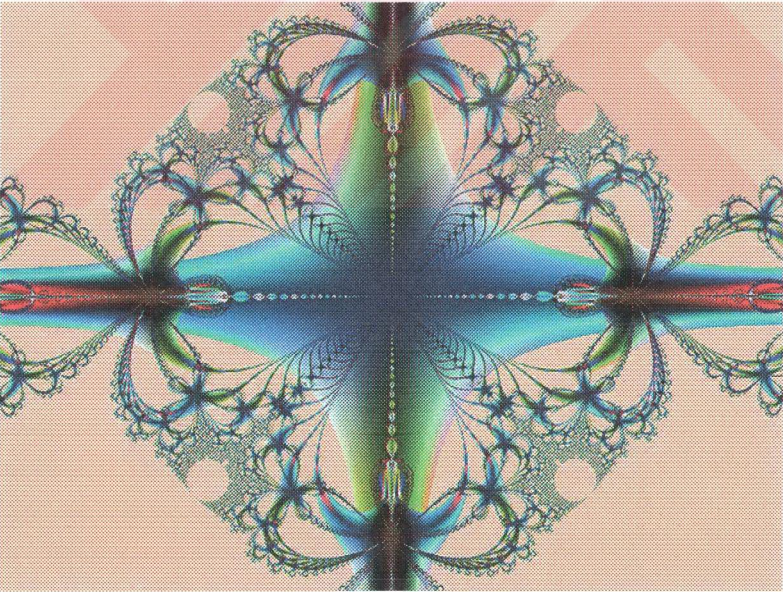
Şekil 3.27: Julia Kümesi (Ultra Fraktal Yazılımı ile hazırlanmıştır.)



Şekil 3.28: Fraktal resim örnekleri ([www.fraktalus.com](http://www.fraktalus.com))



Şekil 3.29: Fraktal resim örnekleri ([www.fraktalus.com](http://www.fraktalus.com))



Şekil 3.30: Fraktal resim örnekleri ([www.fraktalus.com](http://www.fraktalus.com))

### 3.4.2. Fibonacci Dizisi

Her şey Pisali Leonardo yada diğer adıyla Fibonacci'nin (Bonacci'nin oğlu anlamına gelir.) 1202 yılında yayınladığı Liber Abaci adlı eserinde yer verdiği bir problemle başlar (Özsöylev, 1997):

“Elimizde bir çift tavşan olduğunu varsayar ve her ay bir tavşan çiftinin 2. Aydan itibaren doğurgan hale gelen yeni bir tavşan çiftini dünyaya getireceğini kabul ederek, bir yıl içinde kaç tavşan çiftiniz olur?” (Özsöylev, 1997)

Çözüm ise ilk ve ikinci ayda 1, 2 ve takip eden aylarda da sırasıyla 3,5,8,13,21,34,55,89,144 tavşan çiftinin olacağını gösterir. Dikkat edilirse, 2 ardışık ay için eldeki tavşan çiftlerinin sayıları toplamı bir sonraki ayda edilecek sayıyı vermektedir. Bu dizinin altın oranla birlikte anlaşılmasına yol açan bir yanı vardır: 5. Teriminden sonra ardışık terimlerin oranlarının altın oran olan  $x=1,6180339887..$  rakamına çok yakın olması ve terim sırası sonsuza giderken bu oranın  $x'$  e yaklaşmasıdır. (Özsöylev, 1997)

### 3.4.3 Penrose Karoları



Şekil 3.31:Penrose Karoları

Altgen gibi sonsuz çokluktaki şekil, düzlemi yalnızca periyodik olarak kaplamaktadır. Tabii ki aklı “Periyodik olmadan kaplayan şekil var mı?” Sorusu gelmektedir. Bulunan ilk örnekler 20000 den fazla parça içermekteydi. 1974 yılında Oxford Üniversitesi’nden Roger Penrose parça sayısını ikiye indirmeyi başardı. Bu şekillerin çok çeşitli formlarına rastlayabiliriz. Örneğin bir eşkenar dörtgenin altın oranla özel bir şekilde bölünerek elde edilen “ok uca ve

uçurtma “ şeklindeki parçalarla aperiodyk bir kaplama elde edilir. Penrose desenleri aperiodyktir ama aynı zamanda kendine benzerlik özelliği gösterirler. Belli bir kuralla birbirinin tekrarı oluşmaktadır. (Özsöylev, 1997) Bu desenlerle fraktal geometrinin mimariye uygulması mutfak duvarlarına, banyo zeminine veya şehir kaldırımlarına döşenen karoları örnek verebiliriz.



## 4. BİLGİSAYAR ORTAMINDA FRAKTAL GEOMETRİ ve MİMARLIK İLİŞKİSİ

### 4.1 Fraktal Geometri Esasları

- Fraktal geometride temelde basit bir geometrik form (doğru parçası, üçgen, küre vb.) vardır.

Bu form tek boyutlu, iki boyutlu yada üç boyutlu bir geometrik şekil olabilir.

- Basit form bir üretim kuralıyla belli bir başlangıç durumundan sonsuza tekrar ederek gider.

Üretim kuralları genellikle bilgisayarda karmaşık algoritmalarla oluşturulan bilgisayar programcıları şeklinde hayatıyet kazanır. Ama basit üretim kuralları ile de yapılmış sanatsal örnekler vardır.

- Sonuçta karmaşık bir şekil oluşur.

Şeklin karmaşıklığı temel alınan form ve ölçekle ilgilidir. Şeklin tekrar sayısı arttıkça yani ölçek büyüdükçe karmaşıklık ve detay artar.

- Bu karmaşık şekil aslında basit şeklin tekrarıdır.

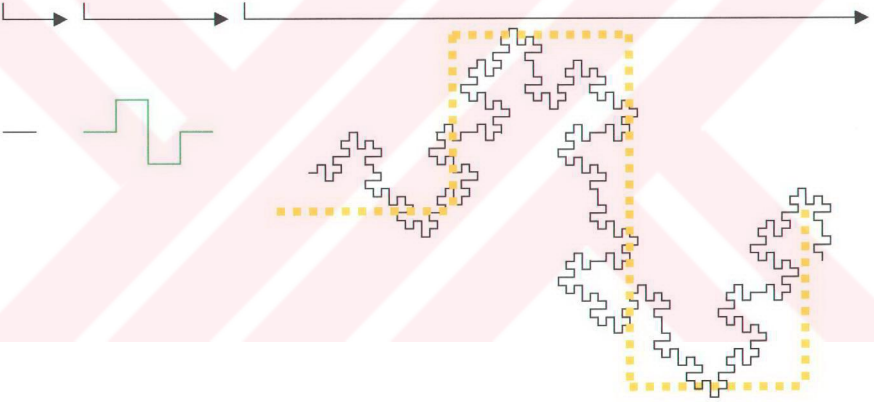
### 4.2 Mimari Tasarımla İlgili Tanımlar

- Form kararı, mimari tasarlamayı etkileyen çeşitli faktörlere, kriterlere ve kısıtlıklara bağlıdır.
- Yatırımın amaçları, işlevsel gerekler, kullanıcı eğilimleri, arsa ve çevre verileri, teknoloji, finansman, kaynaklar, standartlar, imar kuralları vb. pek çok belirleyicinin yanı sıra; mimarın bilgisi, kültürü, yeteneği, dünya görüşü, değer yargıları, amacı, psikolojisi gibi faktörler form kararında rol oynar. (E.Onat, 1991)
- Mimar form yaratırken, ölçek ve orantı, ritim, kütleler ve boşluklar, kontrast, doku, renk, gün ışığı, gece aydınlatması, ses vb. etkileri dikkate alır. (Rasmussen, 1962)
- Mimari tasarım sürecinde, tündengelelim ve tümevarım yöntemleri kullanılabilir. (Özer, 1993)
- Mimari tasarım iki boyutlu (yüzey kaplamaları, örüntüler vb.) ve üç boyutlu (ana kütle, hacim boşlukları, duvarlar, kolonlar v.b.) elemanlardan oluşur.

### 4.3 Fraktal Geometriyle Şekil (Desen) Yaratma

Desen yaratmada basitten karmaşık örneklere gidilecek olursa ilk önce doğru parçasından yapılan örneklerle başlamak gerekir.

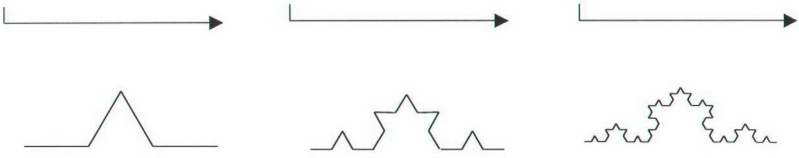
İlk Örnekte 1 birim uzunluktaki doğru parçası önce kendisine dik bir doğru parçası sonra tekrar yatay bir doğru parçası ve yine dik ve ayna tersi konumda tekrar aynı kuralın uygulanması ile devam eden bir üretim kuralıyla kendini tekrar eder ve çoğalır. Sonuçta karmaşık bir şekil halini alır. Doğada bu basit fraktal bir kıyı şeridine benzetebiliriz. (Şekil 4.1) Şekilde sarı ve kesik kalın çizgiyle gösterildiği gibi ana formun detaylanmış karmaşık şekilde gurup halinde devam ettiği görülüyor.



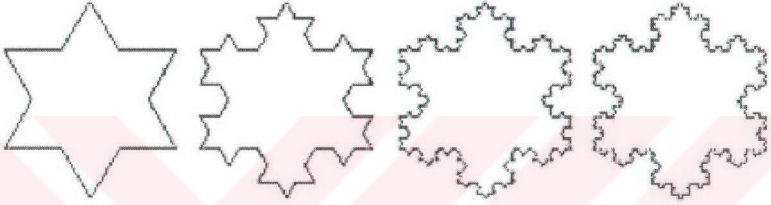
Şekil 4.1:Doğru Parçasıyla oluşturulan basit bir fraktal desen örneği.

(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)

İkinci Örnekte yine bir doğru parçası  $60^\circ$  açıyla eklenip yine  $60^\circ$  açıyla ayna tersi ve sonrada yine yatay hale gelen 1. aşama üretim kuralından sonra tekrar eden kısım yine bir birimlik doğruyu  $1/3$  oranında bölen ve 1. aşama üretim kuralının uygulandığı 2. aşama üretim kuralı izler. Bölünme artıkça detay artar ve desen daha da karmaşıklaşır. (Şekil 4.2) Bu örnek matematikte Koch Eğrisi olarak adlandırılır.

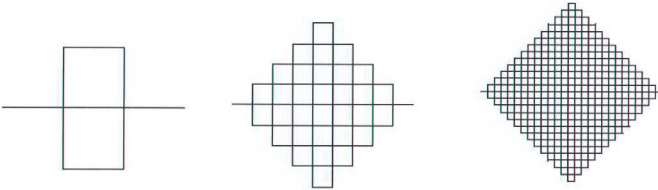


Şekil 4.2:Doğru Parçasıyla oluşturulan basit bir fraktal desen örneği.  
(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)

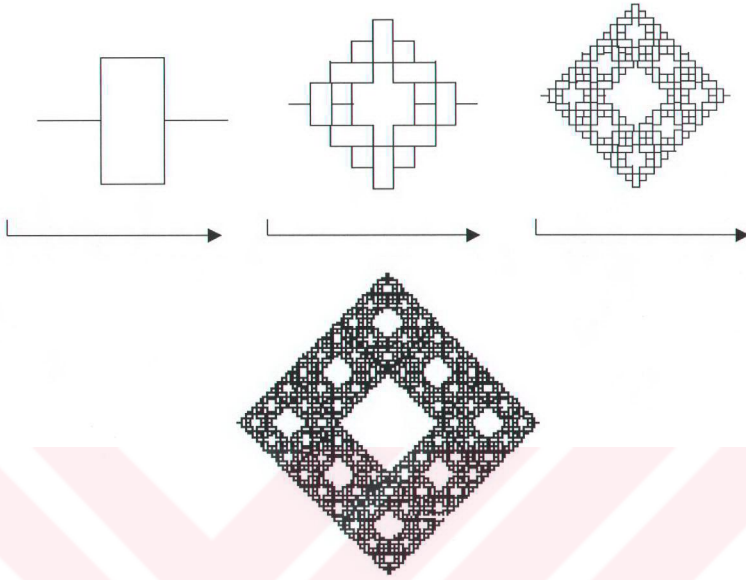


Şekil 4.3:Koch'un Kar Tanesi (<http://www.mathjmindl.org/chaos/index.html>)

Çizgisel örneklerden yarı alansal (2 boyutlu) örneklere geçilecek olunursa Şekil-4.5'deki basit bir dikdörtgen ve iki tarafında bulunan birer birim doğru parçasından oluşan temel form  $90^\circ$  döndürülüp şekle belli röpar noktalarından eklenerek çok sayıda başlangıç formunun tekrarından oluşan karmaşık bir desene dönüşmektedir. Bu şekil bir halı deseni yada cephe süslemesi olarak kullanılabilir.



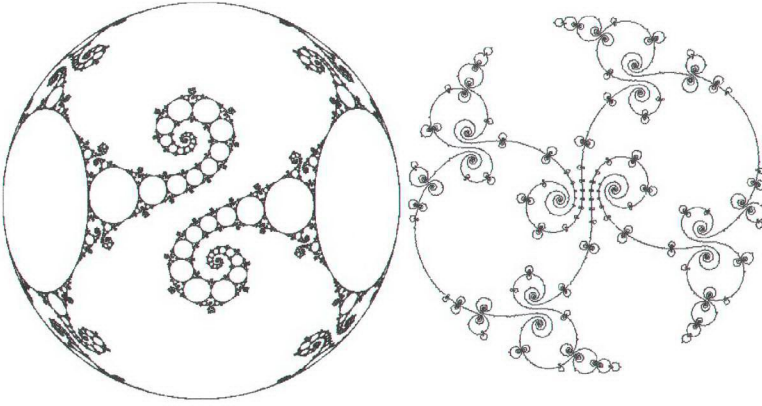
Şekil 4.4:Peano'nun Boşluk dolduran eğrisi ile yüzey oluşur.  
(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/generate/peano.html>)



Şekil 4.5:Doğru Parçasıyla oluşturulan “Sierpinski Halısı” adlı desen  
 (<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/generate/Sierpinski's/Carpet.html>)

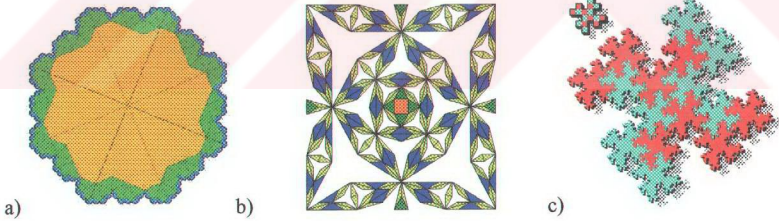
Basit algoritmalarla üretilen yukarıdaki desenlerin haricinde Mandelbrot kümesi veya Julia kümesiyle oluşturulmuş örneklerde yapılabilir. Eğrisel formdaki bu desenler mimari amaçla kullanımı ancak boyama veya oymacılık tekniğiyle olabilir.

Fraktal desenlerin çeşitliliği sadece bu metin içinde verilen örneklerle sınırlı değildir. Tek bir formülle yaratılan formun içine zoom yapılarak daha farklı desen ve şekillere ulaşmak mümkündür. Metin içinde seçilen örnekler ilk bakışta mimariye uyarlanılabilecek örneklerden seçilmiştir. Form zenginliğini biraz olsun hissettirmek için ekler bölümünde fraktal desen, kaplama v.b. örnekleri ayrıca verilmiştir. Bu örneklerden bir çoğu dekoratif amaçla olduğu kadar plan formu yaratmada da kullanılabilir. Benzer desenler tasarımın fonksiyonuna uyarlamak için bilgisayar ortamında tasarlanabilir. Bu örneklerin hemen hepsi özel yazılımlar kullanılarak hazırlanmış matematik modellerdir.



Şekil 4.6: Mandelbrot kümesiyle yapılmış iki eğrisel desen örneği  
(<http://math.sunysb.edu/~yair/limset/pictures.html>)

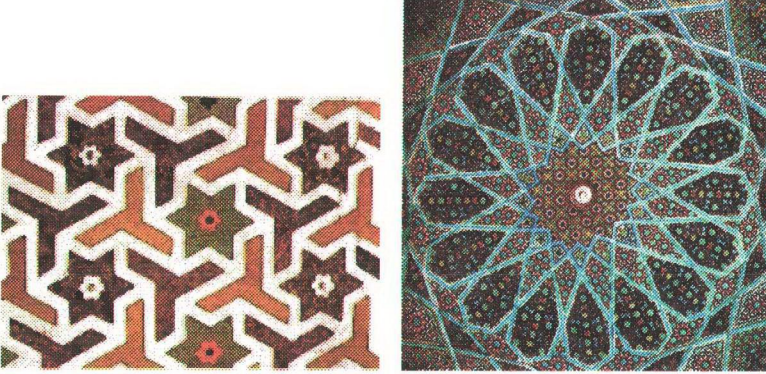
Fraktal desenler iç ve dış mekanlarda yer, duvar ve tavan kaplamalarında dekoratif amaçla kullanılabilir. Şekil-4.7 de bu amaçla kullanılabilecek 3 örnek verilmiştir. Bu örneklerden de anlaşıldığı üzere karmaşık olmayan bu basit fraktal geometri örnekleri CAD yazılımlarında şekillendirilebilir.



Şekil 4.7: Fraktal Kaplama Örnekleri

a-b) (<http://www.tessellations.com/encyclopedia.html>) (Dr. Fathauer's Encyclopedia of Fractal Tilings. )

c) (<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>)



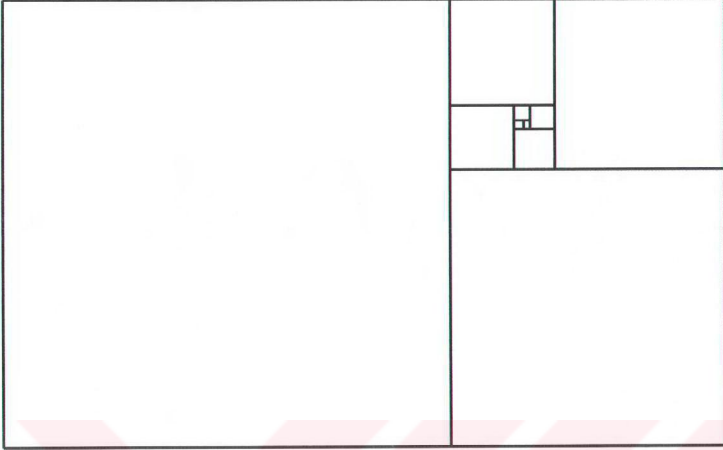
Şekil 4.8: İslam Eserlerinde aperiyojik ve fraktal kaplama. (<http://www.islamicart.com/>)

İslam sanatında bu tür kaplama örneklerine benzer geometrik dekorasyonlara sıklıkla rastlanır. İslam mimarisinde fraktal denebilecek kaplama örneklerine rastlanmıştır. Bununla birlikte penrose karoları benzeri aperiyojik kaplamaların en güzel örnekleri sıklıkla kullanılmıştır.(Şekil 4.8)

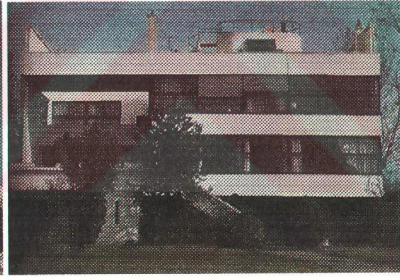
#### 4.4 Fraktal Geometriyle Cephe Formu (Kaplama)Yaratma

Mimaride cephe oluşturulurken başlangıçta mimari karaktere uygun olarak dolu boş oranları ele alınır. Fraktallar cephe kurgusunda aşağıdaki örneklerde görüldüğü gibi bu oranların oluşmasından, çeşitli cephe elemanlarına yada cephe süslemelerine veya cephe silüetinin formunun oluşmasına kadar değişik amaçlarla kullanılabilir.

Bu konudaki ilk örneklerin eski yunan mimarisinde uygulandığını görüyoruz. Eski yunanlılar yaptıkları binalarda cephe oranlarında ve süslemelerinde oranlarındaki güzellikten dolayı altın dikdörtgeni kullanmışlardır. Bir dikdörtgen uzun kenarının altın orana göre yani  $(x = (1+\sqrt{5})/2 = 1.618033989\dots)$  eşitliğine uyacak şekilde bölünüp daha küçük dikdörtgenler elde edilir. Bu desene “altın dikdörtgen” denir. Altın dikdörtgen aynı şekilde modern mimaride de kullanılmıştır. Kuzey Amerika’da Harvard kentindeki “Carpenter Center“ binasının cephesini Le Corbusier altın dikdörtgene uyacak şekilde bölümlere yorumlamıştır. (McMullen, 2000)



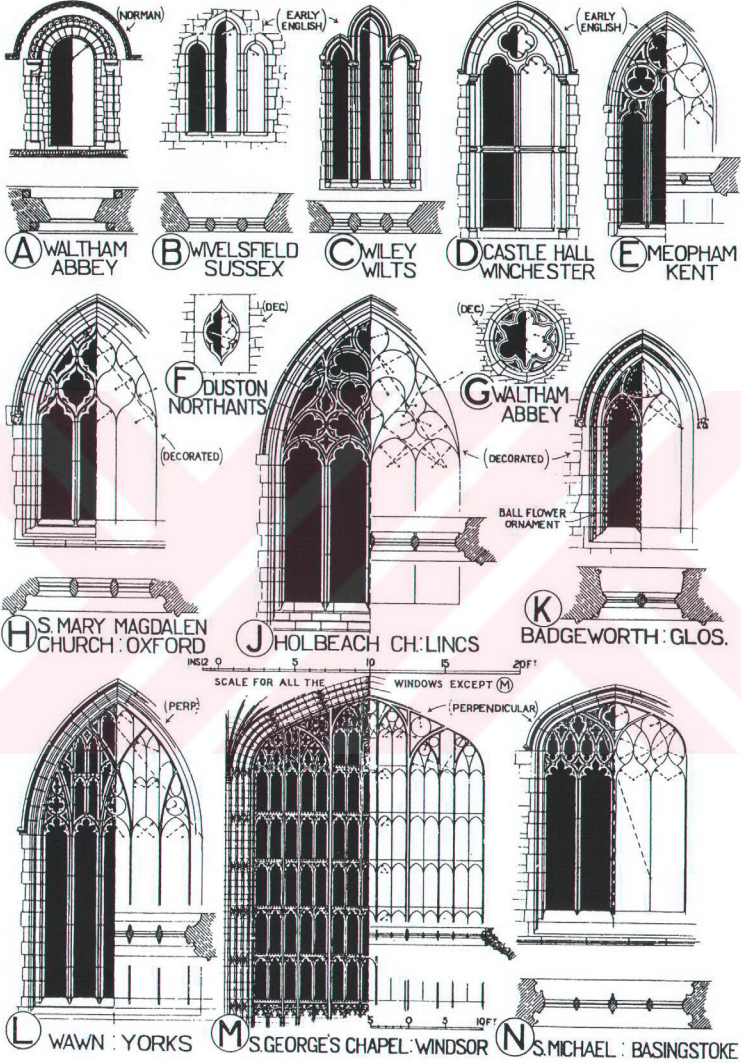
Şekil 4.9: Altın Dikdörtgen (<http://abel.math.harvard.edu/~ctm/gallery/gold.html>)



Şekil 4.10: Altın Dikdörtgen kurgusuna göre yapılmış bir yunan tapınağı ve Carpenter Center Binası(<http://abel.math.harvard.edu/~ctm/gallery/gold.html>)

Fraktalların kendini benzerlik (self-similation) özelliğinin Roman stili mimaride özellikle pencere ve cephe boşluklarının oluşturulmasında kullanıldığı görülmektedir. (Şekil 4.11) Örnekte görülen pencere kurgularında temel pencere boşluğu, kendi formuna benzer boşluklara bölünmüştür. Bu özellik Barok ve Rönesans dönemi mimarisinde yine katedral ve kiliselerin üç boyutlu cephe süsleme elemanlarında da kullanılmıştır.

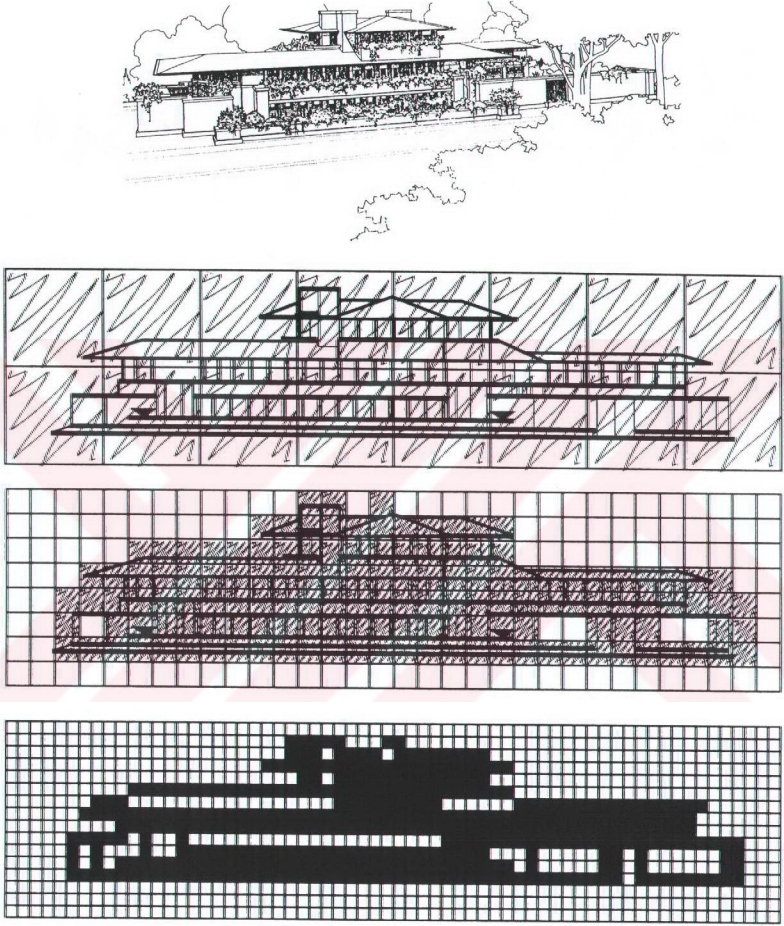
## COMPARATIVE WINDOWS



Şekil 4.11: Karşılaştırmalı Roman pencere örnekleri. (Bovill,1996,sf:155)

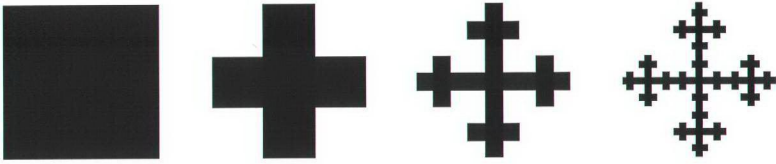
Fraktalların cephe kurgusundaki katkısı, cepheyi farklı ölçülerde karolajlayarak analiz eden Carl Bovill tarafından araştırılmıştır. Bovill, Frank Lloyd Wright'ın organik mimari

örneklerinden Robie House, Unity Temple binalarının cephesinde ve Le Corbusier'in Villa Savoye binasının cephesinde kutu-sayma metoduna göre yaptığı analiz sonucu fraktal oran tespit etmiştir. (Şekil 4.12)

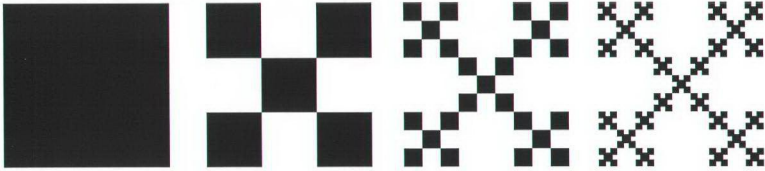


Şekil 4.12: Robie House binasında fraktal oran analizi. (Bovill,1996,sf:122)

Fraktallar cephe mimarisinin dolu boş dengelemesinde kullanılabilirler. Şekil-4.13 ve Şekil-4-14'de görülen basit fraktal örnekleri başlangıçta elimizde bulunan bir alandan 4/9 oranında boşluk yaratma üretim kuralıyla oluşan ve gittikçe ölçeği küçülen desenler yaratılmaktadır.



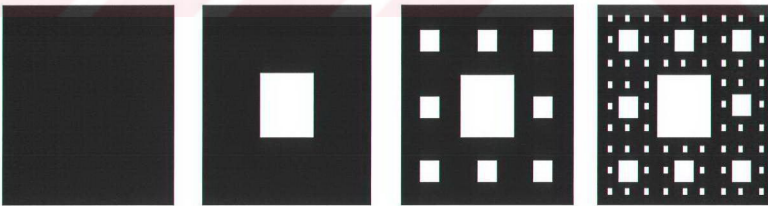
Şekil 4.13:Cephede dolu boş formları denemesi



Şekil 4.14:Cephede dolu boş formları denemesi

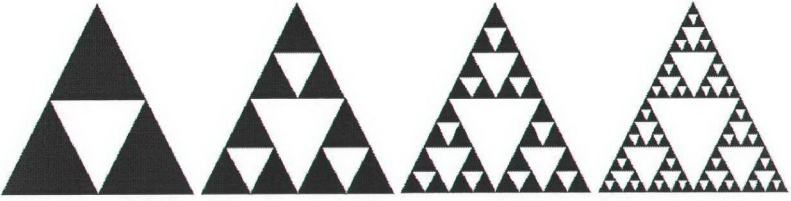
(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)

Cephede dolu boş dengesinde fraktal geometri denemesinde Sierpinski's halısı adlı çalışma boşluk yaratma metodu kullanılarak yaratılmıştır. Bu örnekte ise 1/9 oranında yaratılan boşluk, yine fraktal mantığa uygun olarak her 1/9'luk dilimde kendini tekrar ederek detay artmaktadır. (Şekil 4.15)



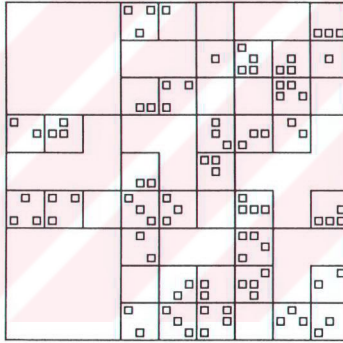
Şekil 4.15:Cephede dolu boş formları denemesi (Sierpinski's halısı)

(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)



Şekil 4.16: Piramidal Cephe Formunda Fraktal dolu-boş dengesi (Sierpinski's halısı)  
(<http://www.mathjmenl.org/chaos/index.html>)

Cephede fraktal dolu-boş geometrisinin yukarıdaki gibi basit geometrilere daha karmaşık örneklerle farklı algoritmalarla ulaşılabilir. Gelişigüzel fraktal ile farklı cephe temaları yapılabilir. (Şekil 4.17) Maryland Üniversitesi'nden Marilyn Appleby'in ev tasarımında kullandığı cephe kurgusunu buna örnek olarak gösterebiliriz. (Şekil 4.18)

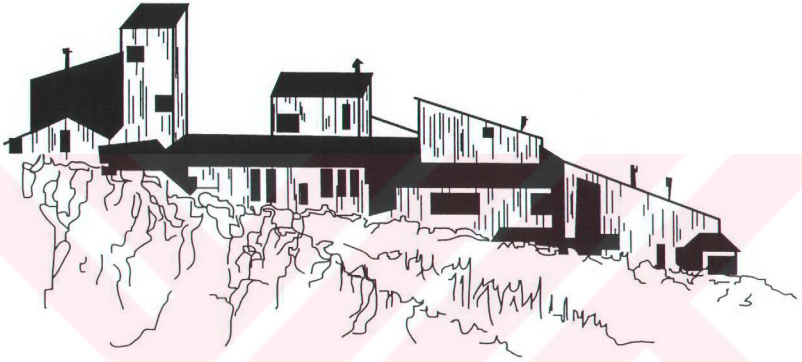


Şekil 4.17: Gelişigüzel Fraktal dolu-boş dengesi (Bovill, 1996, sf:176)



Şekil 4.18: Marilyn Appleby'in ev tasarımında kullandığı cephe kurgusu (Bovill, 1996, sf:179)

Amasya evlerinde olduğu gibi tasarımda doğanın bir kopyasını çıkartmak direk olarak fraktal geometriyle hareket etmek demektir. Bir dağ oluşumu yada kıyı oluşumu temel alınabilir. Bu iki doğal şeklin grafiği fraktal bir ritim sergiler. Cephe silüetlerinin oluşumunda fraktal ritim kullanılabilir. Fraktal ritimde Bu amaçla bir sokak silueti veya bina gruplarına ait cephe silüetleri bu fraktal ritimle tasarlanabilir. Tarihi Amasya evlerinde, California'daki Sea Ranch binaları çizimlerinde ve Massachusetts'de cadde üzerindeki üç evin silüetinde fraktal ritim kurgusu görülmüştür. Lucien Kroll'un konut projesinde ise hem fraktal dolu-boş kurgusunun bulunduğu hem de silüet tasarımında fraktal geometriye yakınlık olduğu görülmektedir.

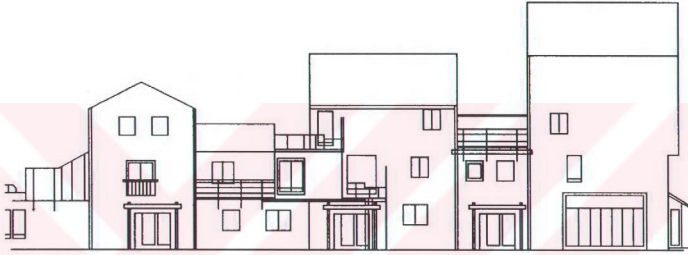
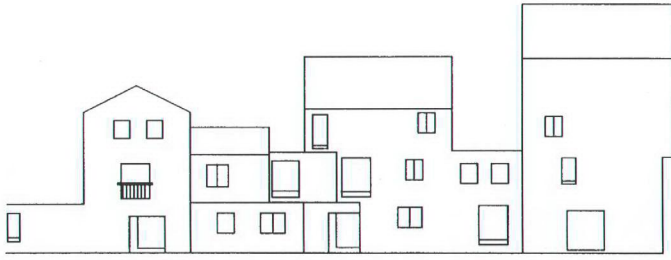


Şekil 4.19: Sea Ranch binaları çizimi, California. (Bovill, 1996, sf:180)



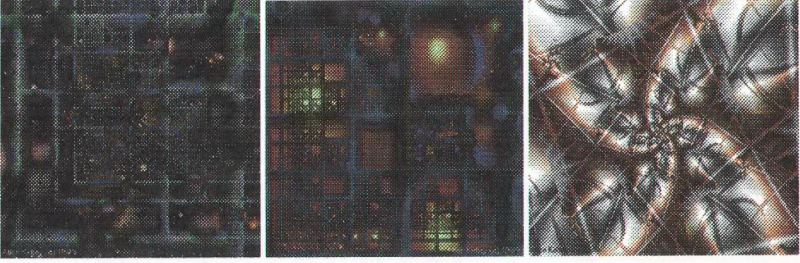
Şekil 4.20: Cadde silueti, Massachusetts. (Bovill, 1996, sf:181)

Fraktalların cephede desen (süsleme) olarak kullanılması mimariye değişik bir estetik anlayış getirmektedir. Cephe ne kadar büyük yada küçük olursa olsun birbirinin tekrardan oluşan süslemeler ile tüm cephe kaplanabilir. Ayrıca organik olarak zaman içinde genişleyebilecek binalarda bu genişlemeye her hangi bir mimari kopukluk (aykırılık) olmaksızın fraktal süslemeler cevap verebilir.



Şekil 4.21:Lucien Kroll'un Konut Projesi. (Bovill, 1996, sf:186)

Cephe süslemesinde inançlar sebebiyle herhangi bir anlamı olan resmin kullanılmayıp desenlerin kullanıldığı İslam Mimarisinde fraktal benzeri süslemelere özellikle periyodik ve aperiodyik kaplamalara (penrose kareleri gibi) çok rastlanmaktadır. (Şekil 4.8)



Şekil 4.22:Fraktal Cephe süslemesi örneği (Alice Kelley)

(<http://www.fractalus.com/cheshirecat/gallery.htm>)

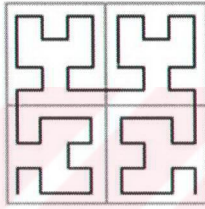


Şekil 4.23:Fraktal Cephe süslemesi örneği "Hilbert's Rainbow"

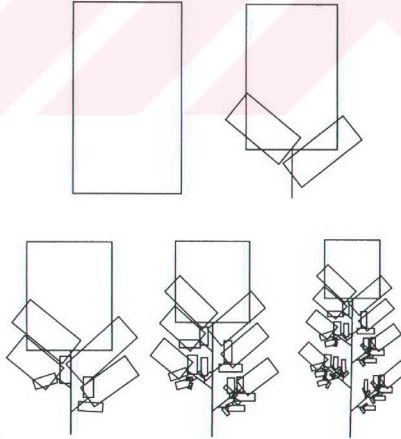
(Kerry Mitchell <http://www.fractalus.com/contest98/entries/01-004.htm>)

#### 4.5. Fraktal Geometriyle Plan Formu (Mekan)Yaratma

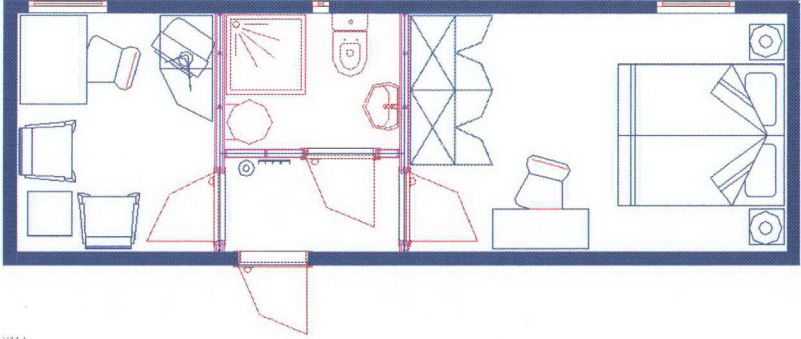
Fraktal geometri ile plan yaratmanın başlıca zorluğu fonksiyonel bir plan tipine uygulanmasıdır. Sonsuz döngülü eğrilerle yani tek boyutlu fraktallarla mimari planlarda fonksiyonel sayılabilecek örneklerin çıkması zordur. Buna rağmen yaratıcılığa bağlı olarak bu formlara şekil-4.24'deki gibi fonksiyon kazandırılabilir. Bunların dışında plan yaratım sürecinde mevcut fraktal kalıplar da kullanılabilir. Örneğin bir eğreti otunun ana geometrik formuna bir fonksiyon kazandırılabilir.(Şekil 4.25)



Şekil 4.24:Mimari planda çizgisel fraktal geometri örneği. Bir sergi salonunda sergi panoları, labirenti andıran düzeni ile bu fraktal formda yapılabilir.

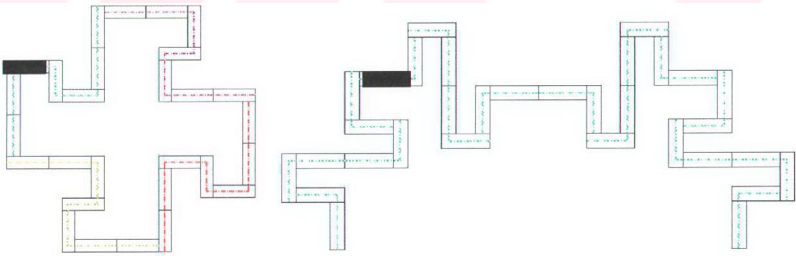


Şekil 4.25:Eğreti otunun Fraktal yapısında bir plan kurgusu. (Bovill,1996,sf:50)

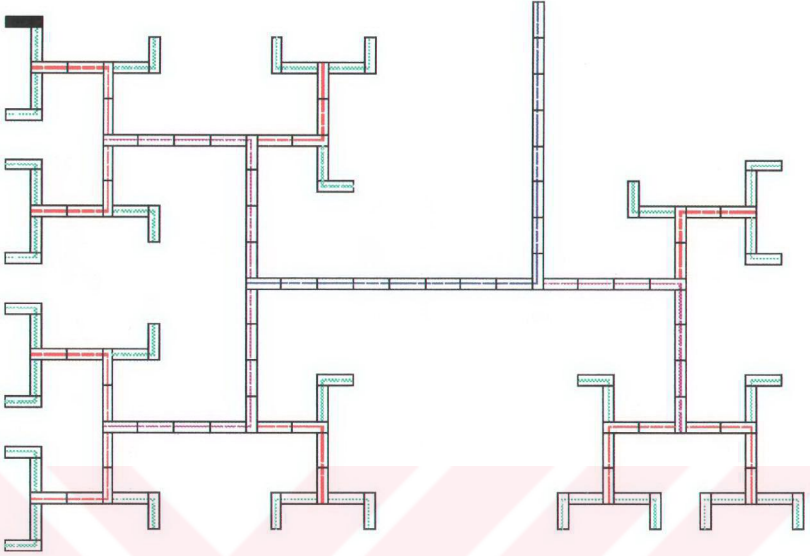


Şekil 4.26:Çift yataklı, bir tatil köyü birimi

Temel olarak fraktallar küçülerek kendini tekrar eder. Bir fraktal formun mimariye uygulanmasında en küçük ölçek ise insani boyutlardır. Bir konutun ihtiyaç programına göre planlaması bu nedenden dolayı zordur. Fakat en küçük başlangıç birimi bir konut gibi tek bir mimari öge kabul edildiğinde, bu birimlerin tümünün bilinen fraktal formlara göre büyük ölçekte tasarımı mümkün olabilmektedir. Bu sebepten dolayı fraktalların mimaride kullanıldığı alan küçük ve büyük ölçekli kentsel dokular olarak görülmektedir. Örnek olarak tatil köyleri, öğrenci kampları, üniversite kampüsleri, toplu konutlar, şehircilik projeleri vb. verilebilir. Bu amaçla yapılan etüt çalışmalarında Şekil 4.26'daki çift yataklı bir birimden yola çıkılarak, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de görüldüğü gibi fraktal kurgulu tatil köyü yerleşimleri elde edilmiştir.



Şekil 4.27: Bir tatil köyü yerleşimin çeşitli fraktal tasarımları

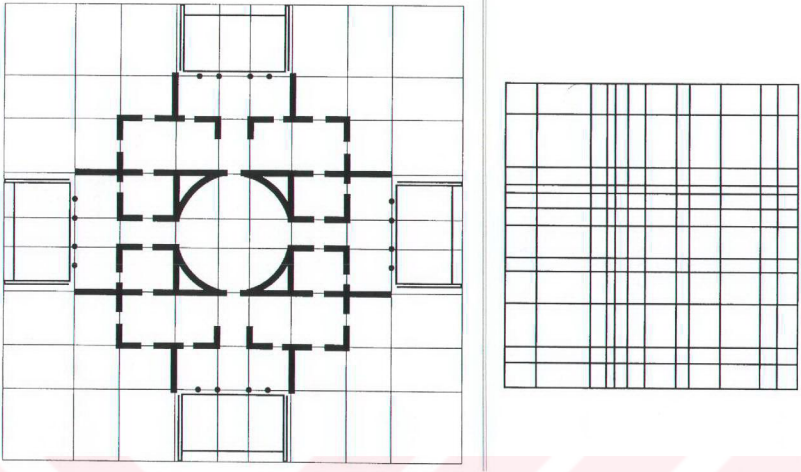


Şekil 4.28: Bir tatil köyü yerleşiminde fraktal denemesi

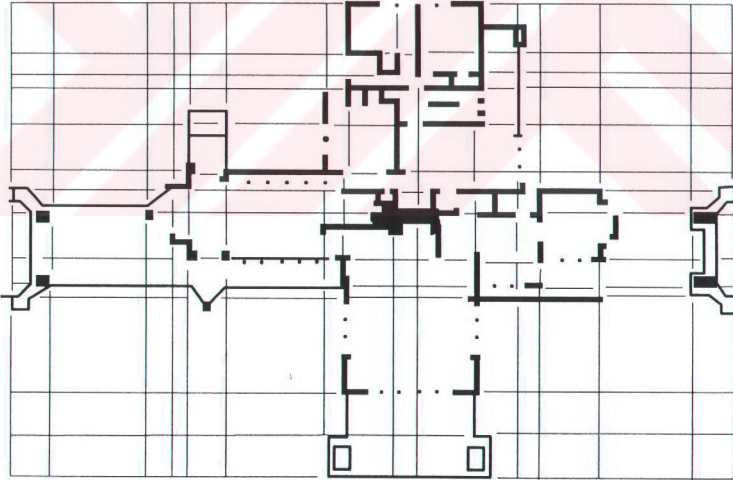
Örneklerde görüldüğü gibi dikdörtgen planlı bir konaklama birimi arsa içinde fraktal bir yapıda çoğaltılarak yerleştirilmiştir. Bilgisayar ortamının verdiği kolaylıkla bu birimler çeşitli fraktal kalıplara göre tasarlanabilir. Arsanın sınırlarına bağlı olarak mimari ritim bozulmadan birim ekleme imkanı, tasarımdaki organik yapıyı oluşturur.

Cephelerde kullanılan karolajlama tekniği ile yaptığı analizlerde Bovill, Villa Rotunda ve organik mimarinin öncülerinden Frank Lloyd Wright'ın Willit Evinde, Amasya evlerinin Yeşil İrmakla uyumunda fraktal oranların ortaya çıktığını görmüştür. (Şekil 4.29,4.30)

Tamamıyla fraktal geometrik bir plan tasarımı yapmayı sınırlayan işlevsellik, ölçek ve teknolojidir. Yapılmış örnekler yorumlandığında aslında tam bir fraktal geometrik plan olmadıkları görülür. Plan kurgusuyla, cephesiyle ve kütlesiyle fraktal uyum sergileyen ve tamamen fonksiyonel olan mekan tasarımı için kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Kuşkusuz yapılmış örneklerdeki fraktal geometrinin tasarımda kullanımı, bu çalışmalarda da benzer yöntemlerle ama daha sistematik ve bilinçli olarak örnek alınabilir.



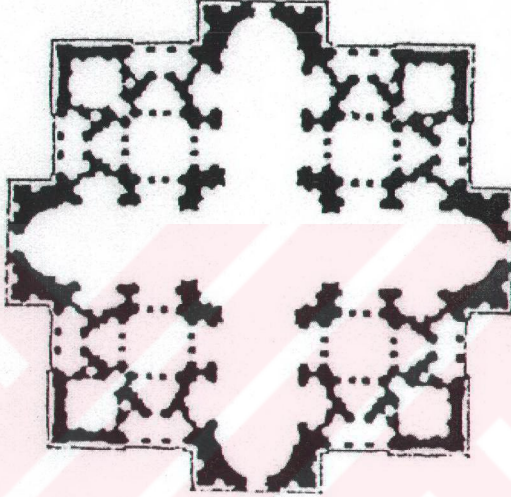
Şekil 4.29: Villa Rotunda'da Fraktal Karolaj(Fraktal Ritim). (Bovill,1996,sf:167)



Şekil 4.30: Willits House'da Fraktal Karolaj (Fraktal Ritim).

(Bovill, 1996, sf:169)

Yale üniversitesinden Sanat tarihçisi George Hersey, Bramante'nin 1506'daki yeni St. Peter's katedralinin fraktal karakteristiğinde olduğunu vurgular. Planında da görüldüğü gibi tasarım yunan haçı şeklindeki ana kubbe yerleşimi arasında dört adet daha küçük yunan haçı şeklinde tali kubbe formlarından oluşur. Yunan haçlarının kollarındaki nişler yine haç formuna yakın ve tasarımın bütününde köşelerdeki nişlerde bu ana nişlerin oransal olarak küçülmüş şeklidir. Bu da fraktal geometrinin tekrar eden ve farklı ölçekteki yapılarını çağırıştır. (Hersey (1993)

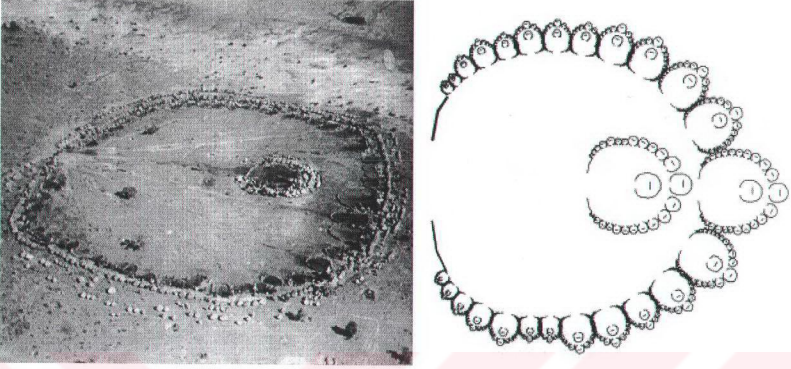


Şekil 4.31: Bramante'nin 1506'daki yeni St. Peter's katedrali planı  
(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/EuropeanArch.html>)

Tasarımında (bilinçli olmasa da) fraktal izler taşıyan mimari örneklerle Afrika mimarisinde de rastlanmıştır. Aslında Afrika sanatı fraktal geometriyi sıklıkla kullanmıştır. Afrika'da sosyal ve dinsel yapının yansımalarını taşıyan küçük yerleşim birimlerinde sosyal ve dinsel hiyerarşi vardı. Bu yerleşim yapılarında fraktal düzen görülmektedir. Bunlardan Zambiya'nın güneyindeki Ba-ila eski küçük yerleşim birimi çok çarpıcı bir örnektir. (Şekil 4.32) Her bir genişleyen ailenin çan formunda bir kümesi ve giriş kapısına yakın küçük depolama hacimleri vardı. Benzer formdaki yapıların gelişimi statünün durumuna göre çember boyunca devam eder ve en büyük yapı baba evidir ve girişin tam karşısındadır.

Ba-ila'da bütün yerleşim birimi, bu çan formunu ve statü kuralını kopya etmiştir. Yerleşim biriminin girişi öndedir. Girişe yakın küçük çan evler büyüyerek yerleşim biriminin geneline ait çan formunun etrafında tekrar eder. Tamamen gizli ve arka tarafta köyün şefinin evi

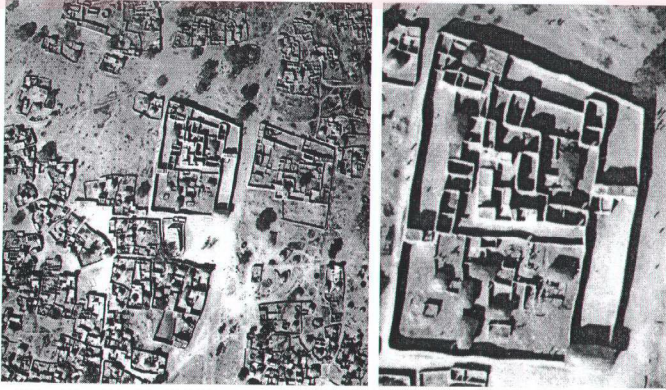
bulunur. Genel yerleşimin, birim yerleşimle aynı kural ve form yapısını taşıması ile Ba-ila küçük yerleşim yeri, fraktal bir yapı sergiler. (Eglash,1999)



Şekil 4.32:Ba-ila' nın hava fotoğrafı ve gerçeğe uygun sistematığı.

(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/AfricanArch.html>)

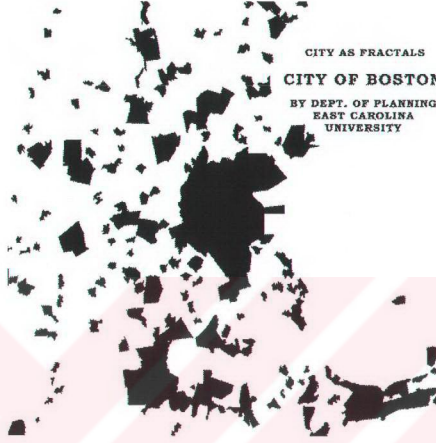
Kamerun'da Kotoko yerlileri tarafından inşa edilen Logone-Birni Şehri Afrika mimarisindeki bir başka fraktal örnektir. Binalar kilden yapılmıştır. Yeni çit eskisinin etrafına inşa edilir ve sıklıkla yeni odaların duvarları bu eski dış duvarlardır. Ataerkil kültürün etkilerini yansıtan yapılarda, oğulların evleri babaya yakın olması için baba evinden bölücü duvarlarla ayrılmıştır. Şefin sarayının tasarımında içe doğru dikkörtgen bir spiral vardır. (Şekil 4.33) (<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/AfricanArch.html>) (Eglash,1999)



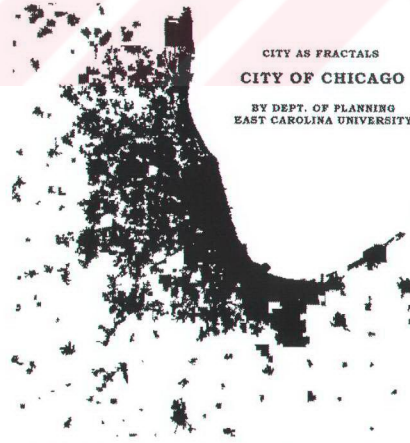
Şekil 4.33:Logone-Birni' nın hava fotoğrafı ve şefin sarayı.

(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/AfricanArch.html>)

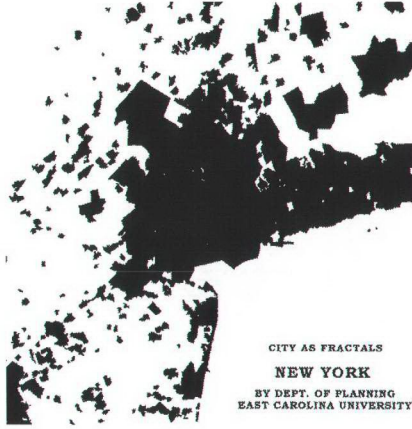
Şehircilik alanında fraktalların varlığı tasarımcılara bağlı kalmamıştır. Büyük ölçekli kentlerin doğal oluşumları incelendiğinde fraktal bir gelişim sergiledikleri görülmüştür. Boston, Newyork ve Chicogo şehirlerinde fraktal gelişim tespit edilmiştir. (Şekil 4.34-36)



Şekil 4.34:Boston Şehrinin fraktal gelişimi.



Şekil 4.35:Chicago Şehrinin fraktal gelişimi.

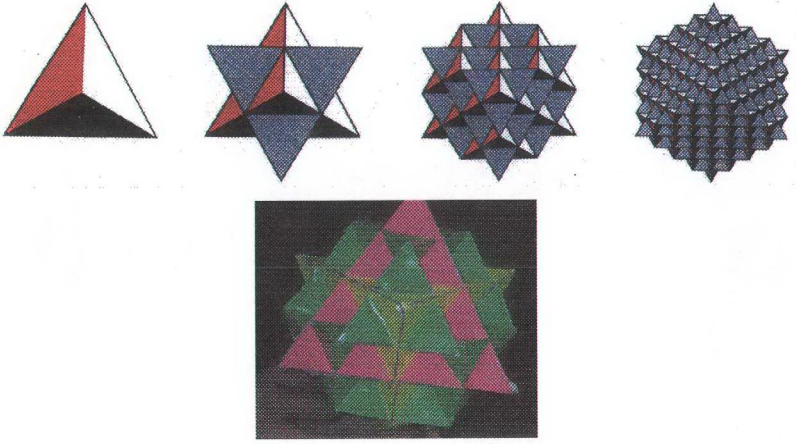


Şekil 4.36:New York Şehrinin fraktal gelişimi.

#### 4.6. Fraktal Geometriyle Kütle Yaratma

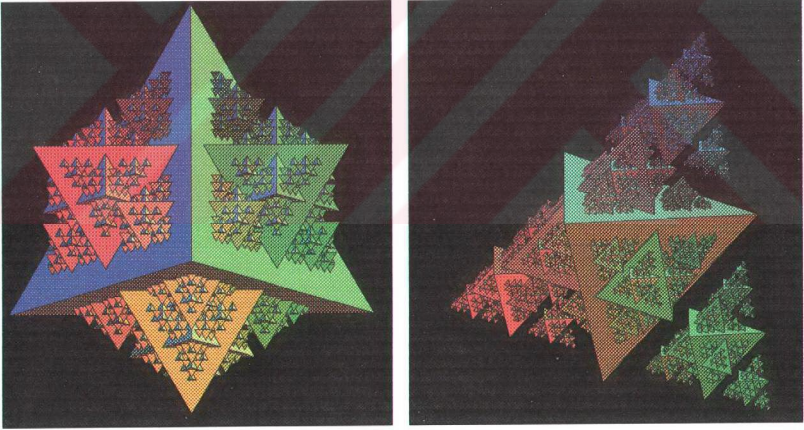
Desen yaratmada kullanılan fraktal kurallar kütle tasarımlarında da rahatlıkla kullanılabilir. Tek fark üreteçle çoğaltılan birim şeklin üç boyutlu olmasıdır. Bilgisayar ortamında bu formların yaratılması iki boyutlu olanlar kadar kolaydır. Koch eğrisi adı verilen ve en çok bilinen fraktal örnek tek boyutlu örnekte kullanılan kuralların bir dört yüzlü piramide uygulanmasıyla Şekil-4.37'de ve Şekil 4.38'de verilen örnekler elde edilmiştir. Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi fraktal geometride üç boyutlu cisimler yaratılırken bütün boyutlarda aynı algoritma uygulanabilir. Sonuçta uzayda her yöne genişleyen yada detaya inen cisimler dizisi oluşur. Fakat fraktal algoritmanın isteğe bağlı olarak sadece iki boyutta uygulandığı “gelişigüzel üç boyutlu fraktallar” olarak tanımlanabilecek örneklere rastlanabilir. (Şekil 4.44, Şekil 4,45)

Diğer bir üç boyutlu fraktal cisim yada kütleler elde etme yöntemi de bir iki boyutlu fraktal desendeki birim şekillerin sonradan üçüncü boyuta kaldırılmasıdır. Fraktal desendeki kare, dikdörtgen yada daire, üçüncü boyuta kaldırılıp küp, prizma yada küre olarak yorumlanırsa sonuçta iki boyutlu bir fraktal desenden üç boyutlu bir fraktal kütle edilmiş olur. (Şekil 4.42 , Şekil 4.43, Şekil 4.46, Şekil 4.47 )



Şekil 4.37:Fraktal Kütle örneği (3d Koch)

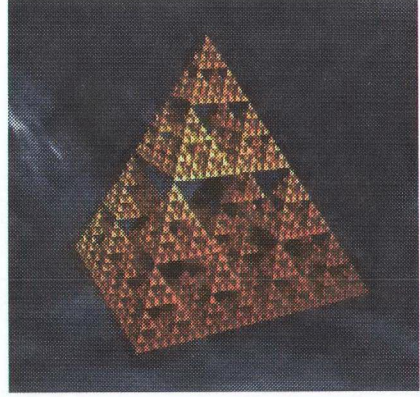
(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv4/inv4.html>)



Şekil 4.38:Fraktal Kütle örneği (3d Koch Alternatifi)

(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv4/inv4.html>)

İki temel fraktal kuralın ( kendine benzerlik ve küçük ölçekte tekrar kurallarının ) temel üç boyutlu objelerden sırasıyla piramit, küre ve küpe uygulanmasından Şekil 4.39-4.41'deki örnekler elde edilmiştir.



Şekil 4.39: Kendini tekrar ile yapılan Fraktal Piramit  
(<http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/sierpinski.html>)



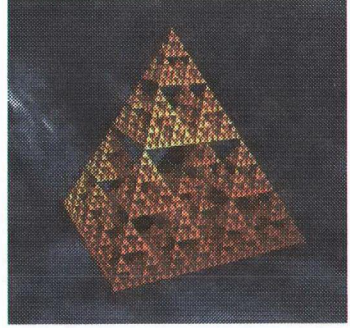
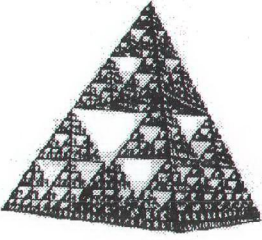
Şekil 4.40: Kendini tekrar ile yapılan Fraktal Küre



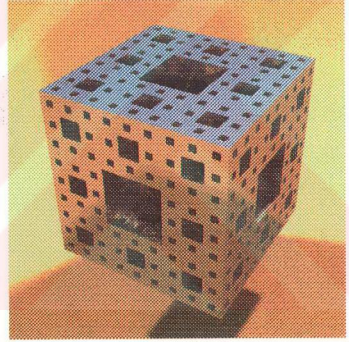
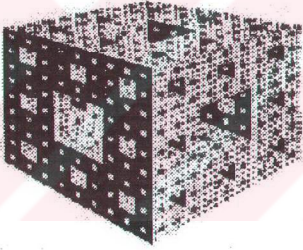
Şekil 4.41: Kendini tekrar ile yapılan Fraktal Küp (3d-Taj Mahal Bahçesi Planı) ([http://ccrma-www.stanford.edu/~stilti/images/chaotic\\_attractors/](http://ccrma-www.stanford.edu/~stilti/images/chaotic_attractors/))

Cephede dolu boş formları denemelerindeki (Şekil 4.15) bir temel şekilden fraktal kurallara göre boşluk yaratma tekniği Şekil 4.42-4.43’de piramit ve küpe uygulanmıştır.

Mimari kütleler yaratılırken fraktal kurallar tam olarak uygulanamayabilir. Bunun sebebi üç boyutlu olmaktan gelir. Yeryüzünde uygulanan bir mimari kütle mecburi olarak yeryüzüne oturması gerekmektedir. Dolayısıyla  $x,y,z$  koordinat ekseninde yatay doğrultularda  $(x,y,-x,-y)$  ve fraktal tasarım tam olarak uygulanırken düşey doğrultulardan  $(z,-z)$  sadece  $+z$  doğrultusunda yani gökyüzüne bakan doğrultuda fonksiyonel bir şekilde uygulandığı görülmektedir. Ters yönde yani yeryüzünün sınırladığı bölgede tasarım bir bodrum kat tasarımına dönüşmektedir. Bu da fonksiyon bakımından projesine göre tartışma yaratabilir. Üç boyutlu fraktal tasarımın belki de en iyi uygulanabileceği alan uzay boşluğudur.

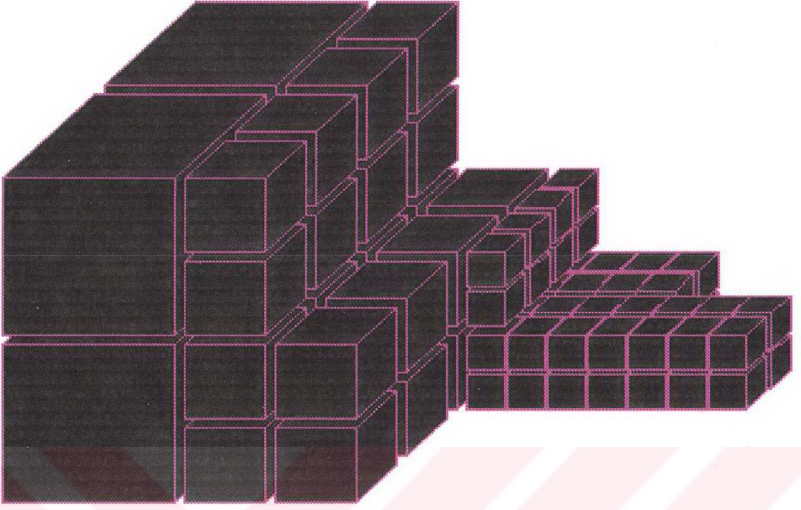


Şekil 4.42:Piramitte Boşluk yaratarak oluşturulan Fraktal Kütle örneği  
 (<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)

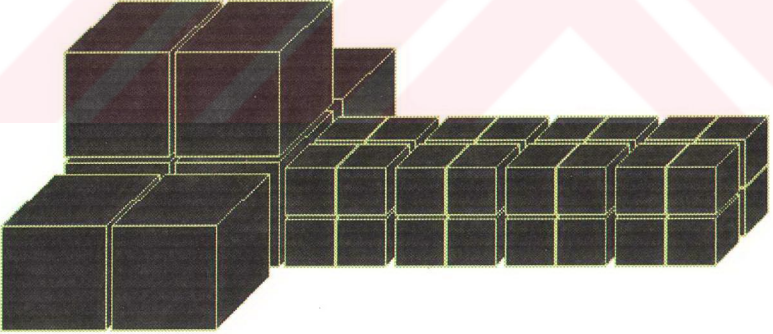


Şekil 4.43:Küpte Boşluk yaratarak oluşturulan Fraktal Kütle örneği  
 (<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/inv1/inv1.html>)  
 ([http://vangogh.cs.tcd.ie/ugrad/projects/PROJ\\_fractals2.gif](http://vangogh.cs.tcd.ie/ugrad/projects/PROJ_fractals2.gif))

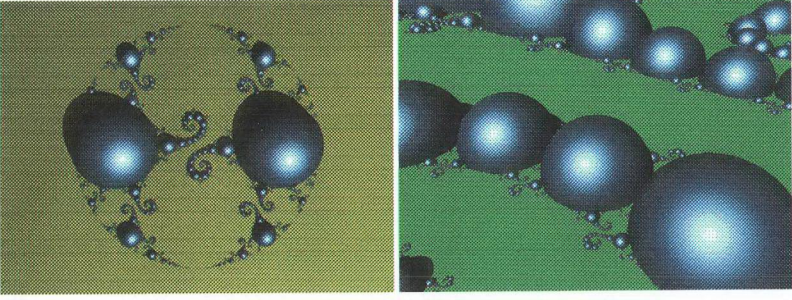
Fraktal kütle örneklerinde, tasarımda kütleler arasında ortaya çıkan boşluklar yapı uygulamasında en iyi cephe nişleri şeklinde ifade edilirse fraktal tasarımı ortaya çıkarabilir. Kütleler arası boşluğun cephede fugayla çözülmesi derinlik vermediği için fraktal etkiyi göstermeyecektir.



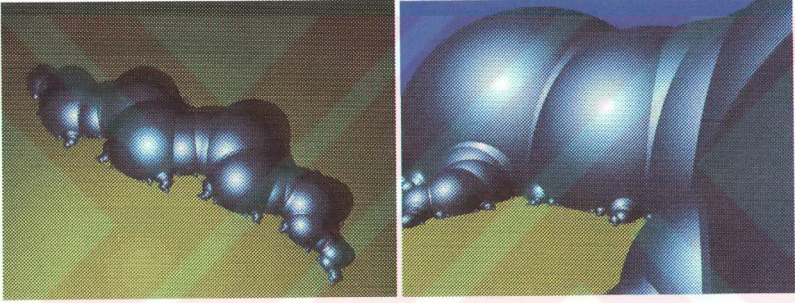
Şekil 4.44:Küçük Fraktal Bina Kütlesi Çalışması



Şekil 4.45:Küçük Fraktal Bina Kütlesi Çalışması



Şekil 4.46: İrrasyonel Fraktal Kütle Yerleşimi Örneği  
(<http://abel.math.harvard.edu/~ctm/gallery/jewels.gif>)



Şekil 4.47: İrrasyonel Fraktal Bina Kütleleri Örneği  
(<http://math.sunysb.edu/~yair/limset/pictures.html>)

Rasyonel formların yanında eğrisel formların kullanıldığı örneklerden bilgisayarda modellenmiş yukarıdaki iki örnekte olduğu gibi eğrisel formlar, fraktal geometrinin organik yapısını ve zarafetini daha iyi ifade etmektedirler. Bu örneklerde ana kütle bir yarı küre ve bu kürenin Mandelbrot ve Julia kümesiyle çoğaltılarak detaylanışı görülmektedir. Tümdengelim yöntemiyle üretilen bu kabuk modeller çeşitli fonksiyonlar için kullanılabilir. Fraktal Kütle yerleşimi örneğinde bir kompleks tasarımı öngörülmüştür. Küçük ölçekteki parçalar üç boyutlu cephe süslemeleri olarak düşünülebilir. (Şekil 4.47)

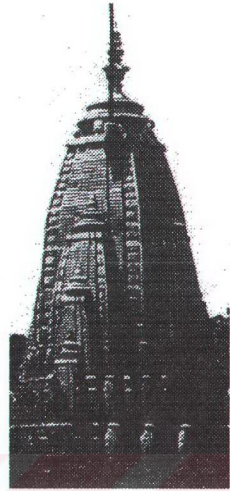
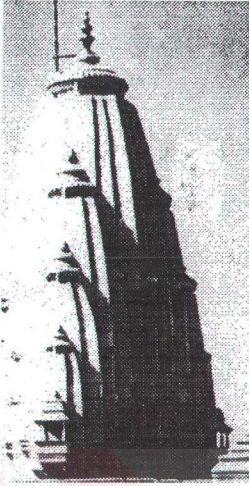
Fraktal geometriyle ana kütle formu yaratmak ve detaylandırmak, tasarımda fraktal sürecin tam olarak uygulanmasıdır. Kütle oluştuktan sonra ana kütlede fraktal kurallara göre çeşitli ekleme ve boşaltmalarla iki boyutlu cephe süsleri yanında üç boyutlu cephe süslemeleri de yapılabilir. Bunun örneklerini Rönesans ve Barok Avrupa mimarisi ile eski Hindistan mimarisinde görebiliriz. Rönesans ve Barok katedrallerde ölçek değiştirerek kendini tekrar pencere, kemer, kule ve kuleciklere ile süslemelere uygulanmıştır. (Şekil 4.48)



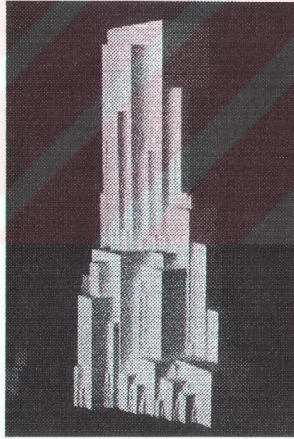
Şekil 4.48:Rönesans ve Barok katedrallerinde 3 boyutlu fraktal cephe elemanları  
(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/EuropeanArch.html>)

Hindu tapınaklarındaki kulelerde, detaylı taş süslemelerinin fraktal düzeni hem Hindistan doğasının (dağlar ve ağaçlar) hem de Hindu felsefesinin bir yansımasıdır. Aynı katedrallerdeki gibi farklı ölçekte kendini tekrar bu eserlerde de kullanılmıştır. (Şekil 4.49)

Hindu mimarisine benzer şekilde kendine benzerlik kuralını kullanarak bina kütleli yorumlanırken süslemelerin yerini işlevsel kütle bileşenleri alabilir. Yani bir bina kütlelerinin ölçeği büyüksün (Şekil 4.50'de görülen örnekte) süsleme için yapılmış eklentiler binaya ait mekanlar olabilir. Bunun gibi örneklere Rus Mimarinde rastlıyoruz. Kazimir Malevich 20.y.y.'in ilk yarısında Rus ve Sovyet sanatının ve mimarisinin önemli figürlerinden biridir. O, mimari projeleri 3 boyutlu heykellerle dile getirmiştir. Arkhitektonics gibi yaptığı bazı örnekler mimaride fraktal geometri uygulamalarının en güzellerindedir. Malevich binaları belirsiz ölçekte yaratmış ve insanla bina arasındaki ölçek farkını silmiştir. Bunu bir binanın en büyük bileşenlerini çağlayarak çevreleyen daha küçük kopyalarını, sayı ve ölçekteki belli bir oran katsayısı ile ilişkilendirerek başarmıştır. (Gray , 1962)



Şekil 4.49:Hindu mimarisi fraktal kütle örnekleri  
(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/IndianArch.html>)



Şekil 4.50:Arkitektonics (<http://classes.yale.edu/9900/math190a/EuropeanArch.html>)

## 5. SONUÇ

Mimari tasarım sürecinde, mimarın, ürüne ilişkin geometrik kurgu, oran ve ritim, düzen ve kaos gibi ilkeleri irdeleyerek görsel değerlendirme yapabilmesi ve hem kendi kendisiyle hem de ilgili diğer kişilerle iletişim kurabilmesi için imge ve düşüncelerini iki ve üç boyutlu grafik ortama aktarmasının önemi açıktır.

Mimari tasarımda yaratıcılık, zihindeki imgelerle görsel anlatım ortamı arasındaki karşılıklı etkileşime dayanır. Bu etkileşim sürecinde mimar, imge ve düşüncelerinin görsel anlatımlarını tekrar yorumlayarak yeni imge ve düşüncelere ulaşır. Görselleştirmede kullanılan soyutlamanın ve grafik anlatımın, sürecin başında, açık, değişken ve bulanık olmasının yaratıcılığı motive ettiği bilinmektedir. Bilgisayar destekli mimari tasarım ortamında, fraktal geometriye dayalı form üretme çalışmalarının, mimarın imge ve düşüncelerine yön verecek yaratıcılığına katkıda bulunabileceği görülmektedir. Fraktal geometrinin, mimarının alışık olduğu Euclid geometrisinin yanında karmaşıklığı ve zenginliği yaratıcılığı motive etmektedir. Ancak, Yessios' unda belirttiği gibi, fraktal geometrinin mimaride kullanılabilmesi, mimari tasarım ürününe özgü işlevselliğe de (fonksiyon) yanıt verebilmeyi gerekli kılar. Özellikle plan kurgusunda ortaya çıkan bu sınırlama uygun kurguların yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte kullanılan ölçek de önemli hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda, büyük bina kompleksleri ve şehircilik çalışmalarında fraktal geometrinin daha kolay uygulandığı görülmüştür. Özellikle doğal sürece yakınlığı bilinen fraktal geometrinin zamanla gelişime uygun organik yapıdaki bina kompleksleri ve şehircilik tasarım çalışmalarında kullanımı ağırlıklı olduğu görülmektedir.

Mimaride kullanılan fraktal tasarımların oluşmasında Bilgisayar destekli tasarım ortamının rolünün büyük olduğu görülmüştür. Bilgisayar ortamında kullanılan CAD (Computer aided Drafting) ve CAAD ( Computer Aided Architectural Design) yazılımları tasarıma bir çok kolaylık getirmektedirler. Fraktala uygun olarak, çizim komutlarıyla doğrular, çokgenler ve temel üç boyutlu geometrik formlar kolaylıkla yaratılıp birim şekil olarak kullanılabilir. Daha komplike eğrisel formlar ya da kütleler de oluşturulabilir. Bunların dışında fraktalda kullanılan üretim tekniklerinde yararlanılabilecek kopyalama (copy), ölçek değiştirme (scale) ayna tersi alma (mirror), döndürme (rotate) vb. değiştirme (modify) komutları vardır. Bu yazılımların haricinde fraktal yazılımlar sayesinde temel bazı geometrik formlar özel yazılımlarla şekillenebilir. Fakat tasarımcıların yaygın olarak kullandığı CAD yazılımları ile yapılan fraktal tasarımlar daha kontrollü olacağından işlevsellik ilişkisi kurulabilir. Bu yüzden fraktal plan tasarımı ya ek bir yazılım tasarımcı kontrolünde CAD

ortamında yada projeye özgü bir uzman sistem hazırlanıp, plan tasarımı fraktal geometriye uygun olarak yorumlanabilir. Mimaride sıklıkla yararlanılan fraktal Kaplama örneklerini CAD tasarımı içinde bir yüzeye uygulanmasında ilave bilgisayar yazılımlarından faydalanılması tasarımcı açısından pratik olacaktır. Ek-1 ve Ek-2’de verilen fraktal desen ve kaplama örneklerinin CAD yazılımı içinde tanınabilmesi sayesinde desen ve kaplama motifleri mimari projeye aktarılabilir. Yapılan araştırmada bu özelliğin kullanıldığı bir yazılım veya örnek görülmemiştir. Üçüncü boyut gibi komplike konularda yine yardımcı fraktal amaçlı yazılımlarla tündengelimci bir yaklaşımla bina kütlelerinin matematik modeli oluşturulabilir. Özellikle organik yapıların projeleri hazırlanırken, tasarımının ileriye dönük gelişimi bilgisayar ortamında iki ve üç boyutlu olarak görülebilir.

Sonuç olarak, mimari ürünlerin üretiminde fraktal geometrinin kullanılması mümkündür. Ancak, mimari elemanlar (cephe kaplamaları vb.) gibi kısmi tasarımların haricinde mimaride tamamında fraktal sürecin kullanılması için gereksinmelerin ortaya koyduğu sınırlama ve değişikliklerle uyumlu çözümlerin üretilebilmesi gerekli olmaktadır.

**KAYNAKLAR**

Bovill, C., (1996), Fractal Geometry in Architecture and Design, sf:115-157, Birkhauser Boston Press, Cambridge, U.S.A.

Börü, M. (1994) " Fraktal Geometri'de Kendine Benzerlik", Cad+, Kasım'94, İnterpro, İstanbul, sf:46

Brambilla, F., (1990), Complex Variables, L'arca, no:39, sf:4-7.

Burbanks, A. (1997), "A selection of work by Simon Thomas" Mathematics and Art project, (Site kurulum:Nisan.1997, ziyaret:Kasım.2000),  
www:(<http://www-uk.hpl.hp.com/brims/art/gallery/sthomas/index.html>)

Connors, Dr. M. A., (1994, 1995, 1996, 1997, 1998) Department of Mathematics & Statistics Lederle Graduate Research Tower University of Massachusetts, (Site kurulum:Temmuz.1994, ziyaret:Kasım.2000), www:(<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/fractal.html>)

Conroy, R. (1997) Geodesic House Structure, (Site kurulum:16.Ocak.96, ziyaret:Eylül.2000), ([http://ourworld.compuserve.com/homepages/robert\\_conroy/geodesic.htm](http://ourworld.compuserve.com/homepages/robert_conroy/geodesic.htm))

Çağdaş, G., (1994), "Fraktal Geometri ve Mimari Tasarımdaki Rolü", Cad+, Ekim 1994, İnterpro İstanbul, sf:28-31.

Çağdaş, G., (1994), Eğitimde BDT: Uzamsal Yapılar Üzerinde Deneyler, Kuram, no:5, sf:31-32 ( C.Terzides, E.G. Vakalo, 'Cad in Education: Experiments on Spatial Structures', ACADIA Quarterly, 1993/1 den çeviri ).

Fathauer, R., (2000), Dr. Fathauer's Encyclopedia of Fractal Tilings, (Site Kurulum:Haziran.2000, ziyaret:Aralık.2000),  
www:(<http://www.tessellations.com/encyclopedia.html>)

Edmondson, A. C., (1995), "Bucky Fuller Geodesic Dome by J. Baldwin", (Site kurulum:1995, ziyaret:Eylül.2000), www:(<http://www.pbs.org/wnet/bucky/dome.html>)

Eglash, R., (1999) African Fractals, Rutgers University Press, 1999, USA

Eppstein, D., (2001) "Fractals" The Geometry Junkyard Theory Group, ICS, UC Irvine, (Site kurulum:15.Ocak.2001, ziyaret:15.Ocak.2001),  
www:(<http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/fractal.html>)

Fractiles, (1997) "Fractiles-7 Exciting Magnetic Tiling toy" ,  
(Site kurulum:1997, ziyaret:Ocak.2001), www:(<http://www.fractiles.com>)

Frame M. ve Mandelbrot B., (2000), Introduction to Fractal Geometry, Fractals in architecture, Yale University, (Site Kurulum:Ağustos.2000, ziyaret:Aralık:2000)  
www:(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/Architecture.html>)  
www:(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/AfricanArch.html>)  
www:(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/EuropeanArch.html>)  
www:(<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/IndianArch.html>)

<ftp://sunsite.doc.ic.ac.uk/Mirrors/fractal.mta.ca/pub/cnam/mandel3D/backligh.gif>

- Gray, C..(1962), The Russian Experiment in Art 1863-1922, Thames and Hudson,
- Hersey, G., The Monumental Impulse, MIT Press.
- Martin, E.A.L., (1995), (kurulum: 1995, ziyaret: Kasım 2000),  
www:(<http://www.ealnet.com/ealsoft/recursio.htm>)
- Verhoeff Tom, 2000,Mathematical Art, Fractal Tree, (Site kurulum : 2000, ziyaret : Kasım.2000), www:(<http://wwwpa.win.tue.nl/wstomv/math-art/tree-seg4.gif>)
- Roussel, F.,(1994),Fractal pictures and animations, (Site kurulum : 1994, ziyaret:Ağustos:2000),  
www:(<http://graffiti.u-bordeaux.fr/MAPBX/roussel/fractals/mandel3D.html>)
- Internet Productions, (2000), (Site Kurulum: 2000, ziyaret: Aralık.2000),  
www:(<http://www.ippi.com/rwg/index.htm>), www:(<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>)
- Islamicart, (2000),(Site kurulum: Temmuz.2000, ziyaret: Aralık.2000),  
www:(<http://www.islamicart.com>)
- Jones, D.M. (1996) www.fractalus.com, (Site kurulum: 1996, ziyaret: Eylül.2000),  
www:(<http://www.fractalus.com/contest98/entries/01-004.htm>)
- Koç, S. (1997), "Kaos ve Bilim", Bilim ve Teknik Dergisi Kasım 1995 Sayı:336, sf.:45-46
- Lanius, C., (1996), "The Koch Snowflake", (Site kurulum:1996, ziyaret:Eylül.2000),  
www:(<http://math.rice.edu/~lanius/frac/koch.html>)
- Lee, X., (1995), Inversion Graphics Gallery, (Site kurulum:1998, ziyaret:Kasım.2000),  
www:([http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves\\_dir/InversionGallery\\_dir/inversionGallery.html](http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/InversionGallery_dir/inversionGallery.html))
- Mandelbrot, B., (1983), The Fractal Geometry of Nature, W.H.Freeman, 1983, Newyork.
- McMullen, C.T., (2000) "Gallery", Advanced Complex Analysis, Harvard University, (Site Kurulum:2000, ziyaret: Aralık.2000), www:(<http://abel.math.harvard.edu/~ctm/gallery.html>),  
www:(<http://abel.math.harvard.edu/~ctm/gallery/gold.html>)
- Mendelson J. ve Blumenthal E.,(2000), Chaos Theory and Fractals, Mendelson Production,  
<http://www.mathjmiendl.org/chaos/index.html>
- Matthews, K., (1997), "L'Institut du Monde Arabe", Great Buildings Online, Artifice, Inc.,  
(Site kurulum: 1997, ziyaret: Aralık.2000),  
www:([http://www.greatbuildings.com/gbc/arab\\_institute/arab\\_inst\\_gate.jpg](http://www.greatbuildings.com/gbc/arab_institute/arab_inst_gate.jpg))
- Mitchell, W., Liggett, R., Kvan, T., (1987). The Art of Computer Graphics Programming, Van Nostrand Reinhold Comp., NewYork.
- Millar, J., (1998), Fractal Designs using Pattern Blocks, (Site kurulum:1998, ziyaret:Ekim.2000), www:(<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>)
- Onat, E. (1991), Mimarlık, Form ve Geometri, Yem Yayinevi, İstanbul, sf.:2

O'Brien, R., (1997), "Fractals Gallery", Erd Ogivae, (Site kurulum:1998, ziyaret:Ekim.2000), [www:\(http://web.access.net.au/~robrien/erd1.htm\)](http://web.access.net.au/~robrien/erd1.htm)

Özer, B. (1993), Yorumlar, Yem Yayınevi, İstanbul 1993 sf.:175-176

Özgüç, B., (1993), "Bilgisayar grafiğinde ileri teknik uygulamalar", Mimarlıkta Bilgisayar Semineri Bildirileri, YTÜ, Mimarlık Fakültesi, Yayın no:287, İstanbul.

Özşarııldız, S., (1993), Conceptual Design by means of Islamic-Geometric-Patterns within a CAAD-Environment, Ph.D. Thesis, TU Delft.

Özsöylev, H. N. (1997), Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Eylül 1997 sayı 358 sf.:100-101

Özsöylev, H. N. (1997), Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 1997 sayı 359 sf.:102-103

Papadakis, G., (1988), Cooke, C., Benjamin, A. (ed.), (1989), Deconstruction, Rizzoli Int. Pub Inc., NewYork

Schmitt, G. (1988), Microcomputer Aided Design for Architects and Designers, John Wiley & Sons, NewYork.

Schmitt G., Chen, C., (1991), Classes of Design-Methods- Classes of Tools, Design Studies, vol:12, no:4, sf:246-251.

Stevens, G. (1990), The Reasoning Architect, Mathematics and Science in Design, Mc Graw Hill, Singapur.

Stilson, T., (1995), 3D Strange Attractors and Similar Objects, CCRMA Department of Music Stanford University, Stanford, CA,USA, (Site kurulum:21.Nisan.1995, ziyaret: Ekim.2000), [www:\(http://ccrma-www.stanford.edu/~stilti/images/chaotic\\_attractors/nav.html\)](http://ccrma-www.stanford.edu/~stilti/images/chaotic_attractors/nav.html)

Stokes, J. S. (2001), Geometric design services still available, San Diego, CA USA, (Site kurulum:2.Ocak.2001, ziyaret: Ocak.2001), [www:\(http://members.home.net/jstokes/gallery.html\)](http://members.home.net/jstokes/gallery.html)

Şener, S.M. (1994), Mimari tasarımda Düzlemsel Geometrik Örüntü Kullanımının İhtiyaç Programının Alansal Değeri ile ilişkisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Werbeck, S., (2000), Fractal iterations of a dodecahedron connecting through edges, (Site kurulum: 2000, ziyaret:Ağustos.2000), [www:\(http://3dom.webjump.com/ite\\_dode.html\)](http://3dom.webjump.com/ite_dode.html)

Wright, D. J. (1996), "Dynamical Systems and Fractals Lecture Notes" Oklahoma State University, Department of Mathematics (Site kurulum:19.Ağustos.1996, ziyaret: Ekim.2000), [www:\(http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/lecnotes.html\)](http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/lecnotes.html) [www:\(http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/node17.html\)](http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/node17.html)

Yessios, C. (1987), A Fractal Studio, ACADIA '87 Workshop Proceeding, Ed: B.J. Novitski, sf:169-181.

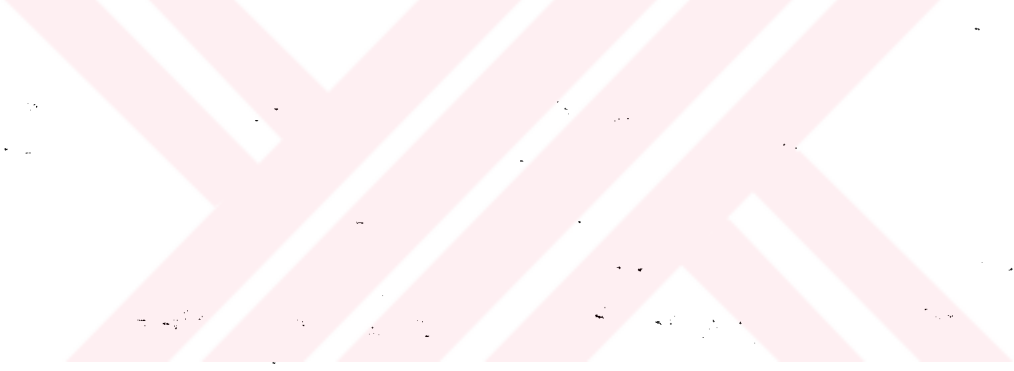
Zucca, L. (1999),Reproduction By an idea of Piet Ruhe, (Site kurulum: Aralık.1999, ziyaret:Kasım.2000), www:(<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>)



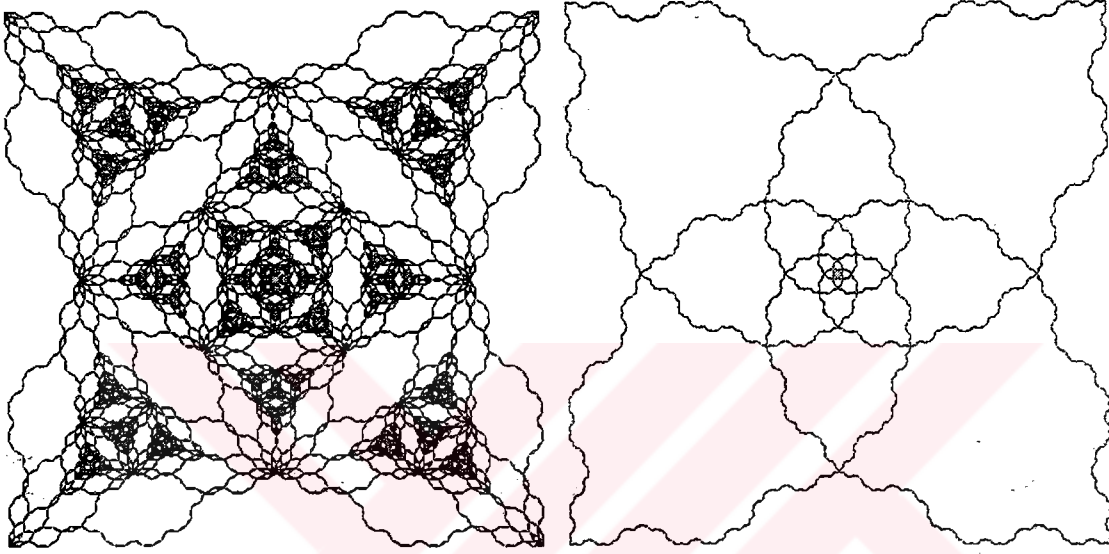
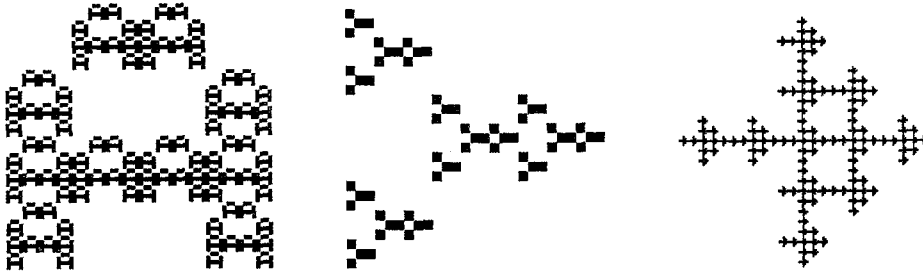
**EKLER**

Ek 1 : Fraktal Desen Örnekleri

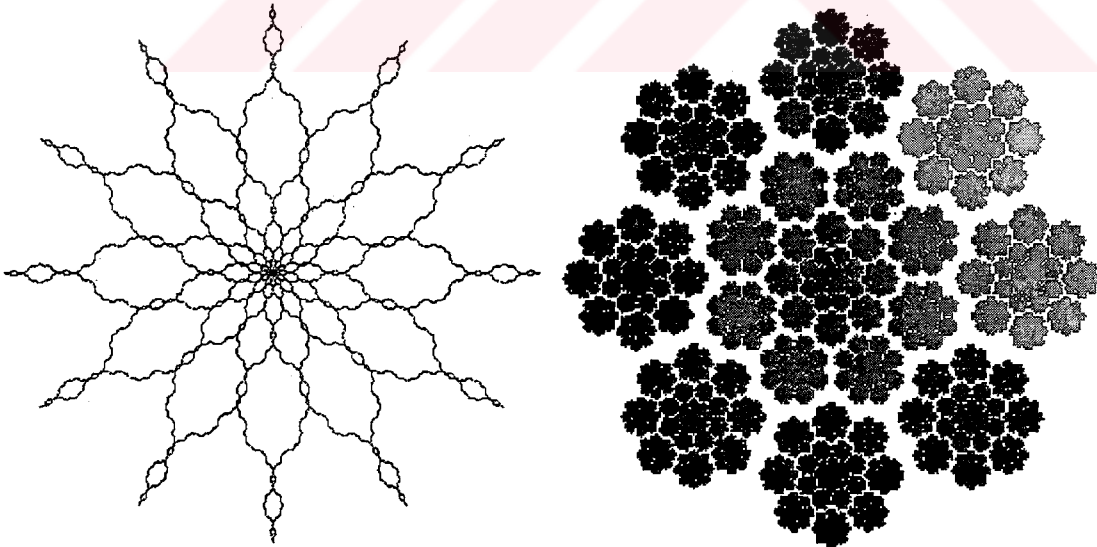
Ek 2 : Fraktal Kaplama (Tiling) Örnekleri



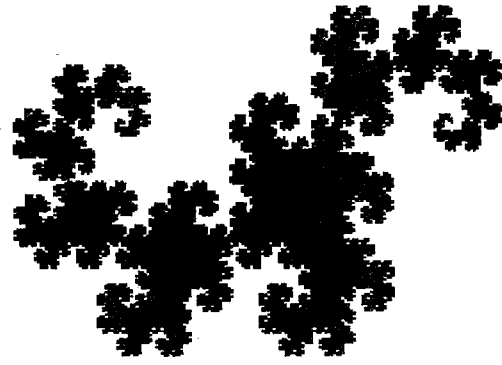
## Ek 1 : FRAKTAL DESEN ÖRNEKLERİ



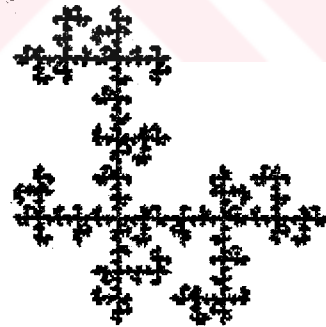
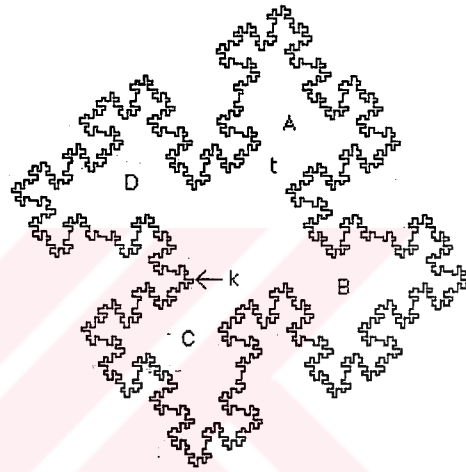
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



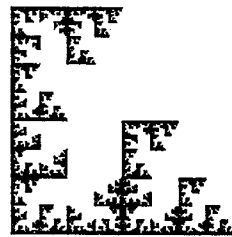
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



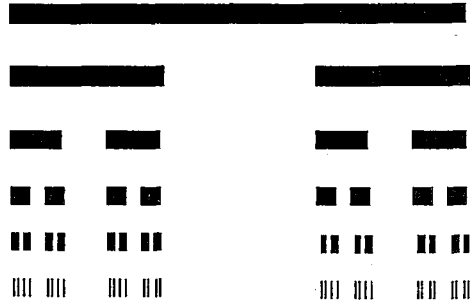
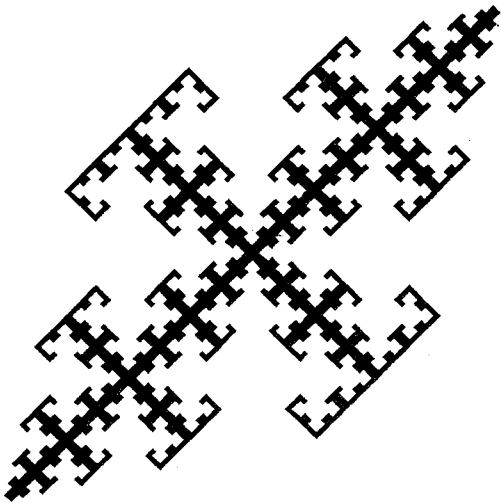
<http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/node17.html>



<http://www.math.umass.edu/~mconnors/fractal/generate/dragon.htm>

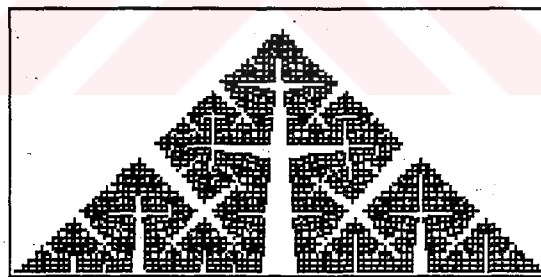
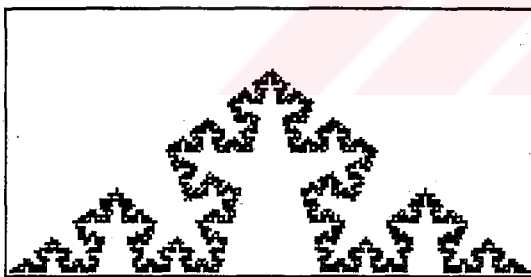
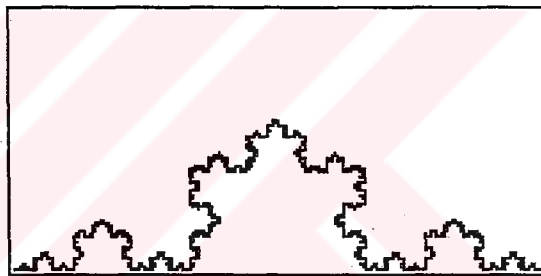
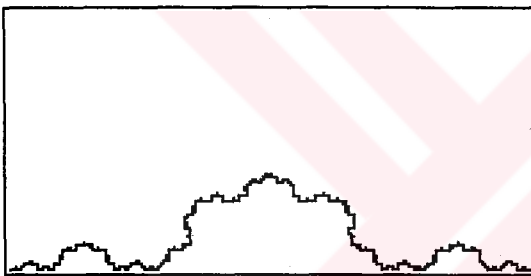


[http://www.xs4all.nl/~wolter/dim\\_1\\_2.html](http://www.xs4all.nl/~wolter/dim_1_2.html)

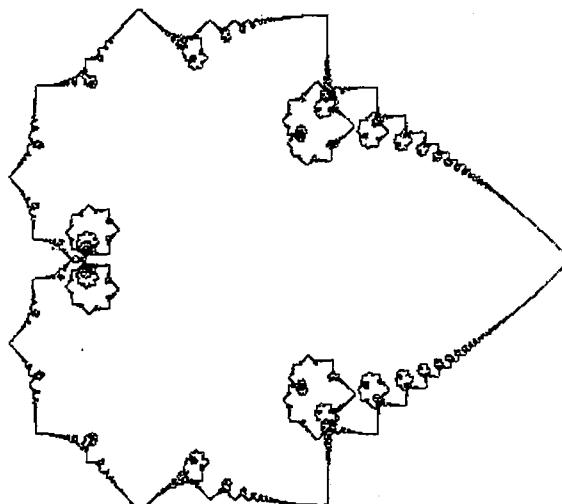
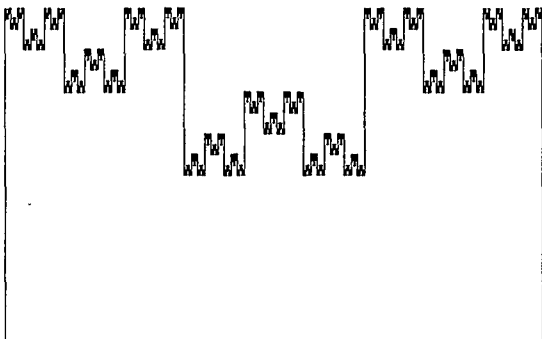


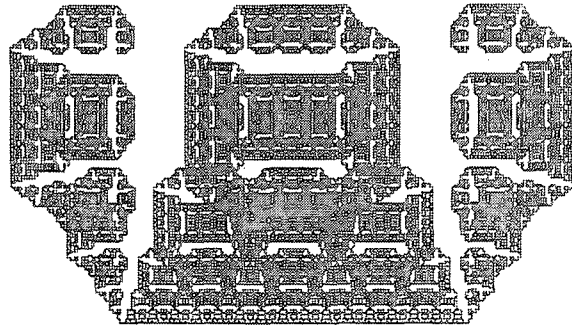
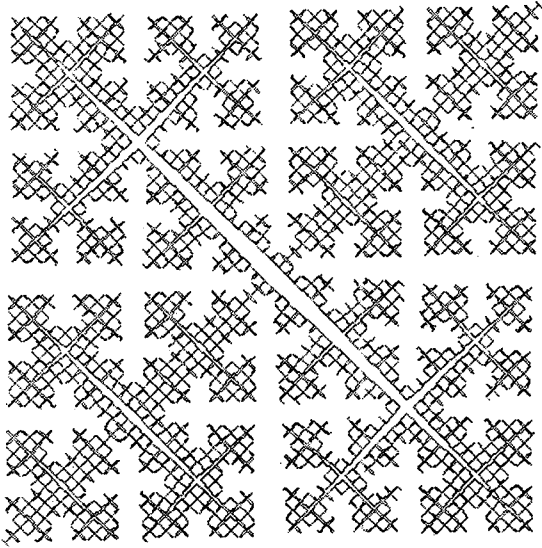
[http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal\\_fundamental.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal_fundamental.html)

<http://www.duke.edu/~mjd/chaos/chaos.html>

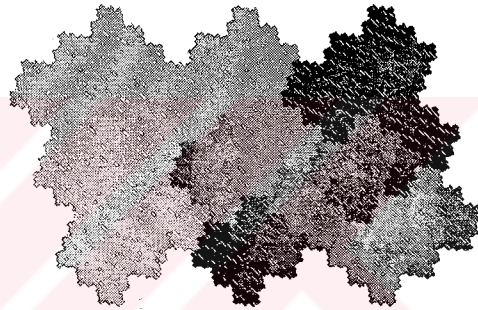
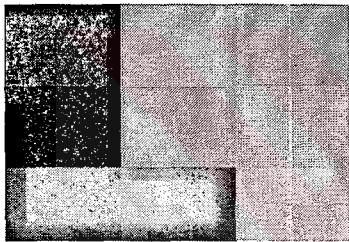


<http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/node21.html>

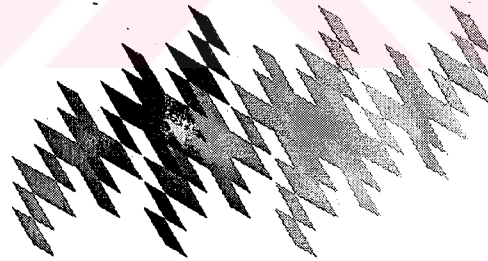
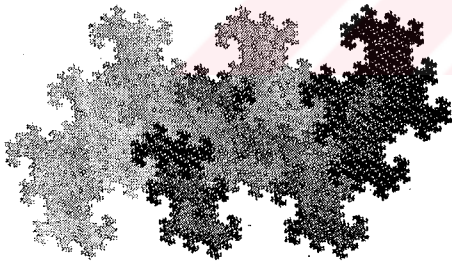




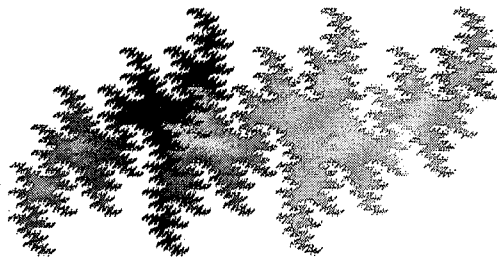
<http://www.ealnet.com/ealsoft/ig03.gif>



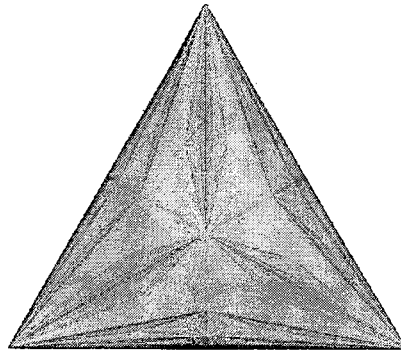
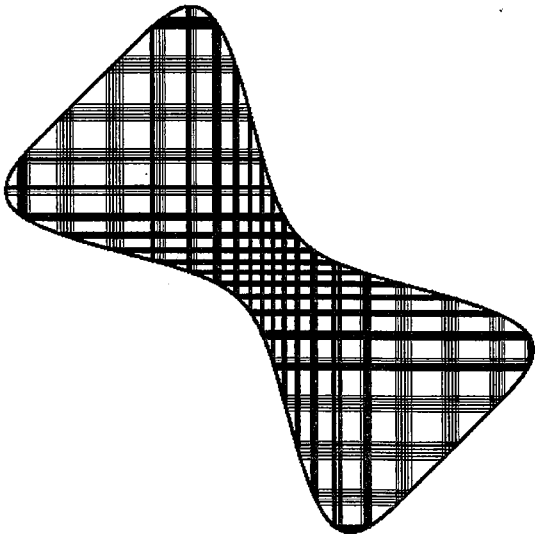
<http://www.ippi.com/rwg/balanced.htm>



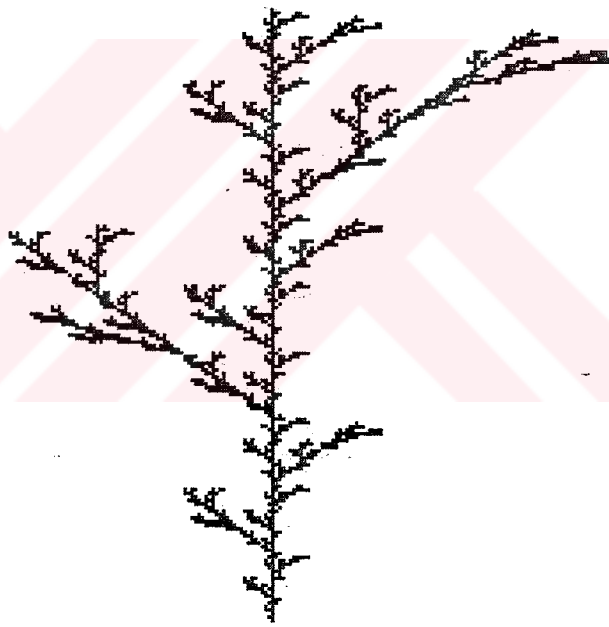
<http://www.ippi.com/rwg/balanced.htm>



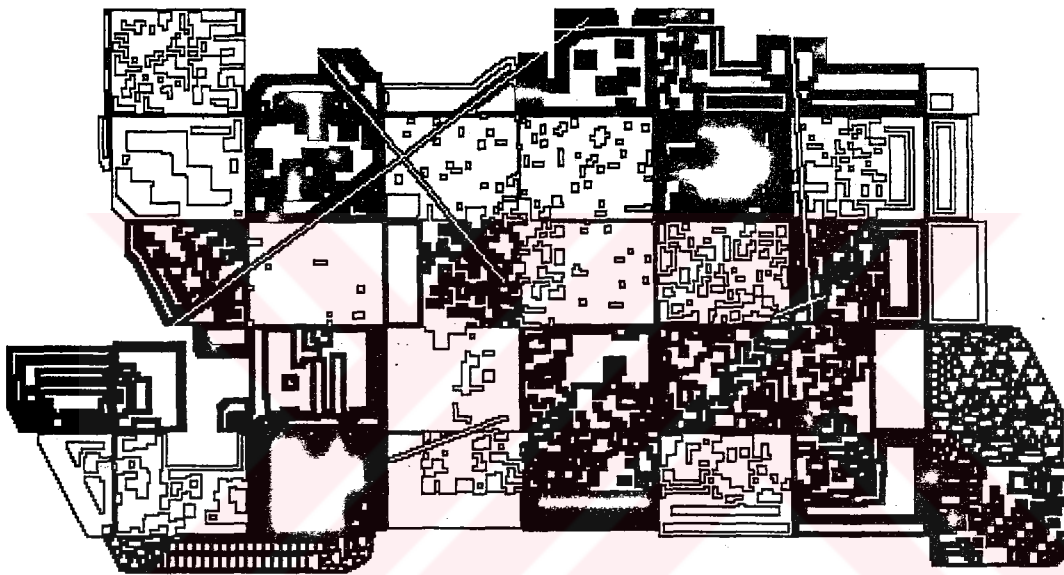
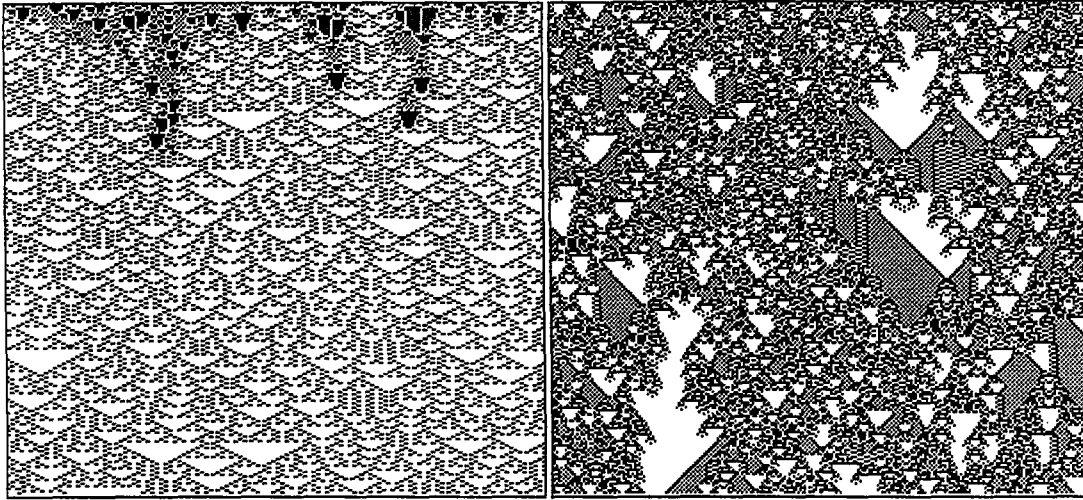
<http://www.ippi.com/rwg/balanced.htm>  
[http://www.xs4all.nl/~wolter/ws\\_page4.html](http://www.xs4all.nl/~wolter/ws_page4.html)



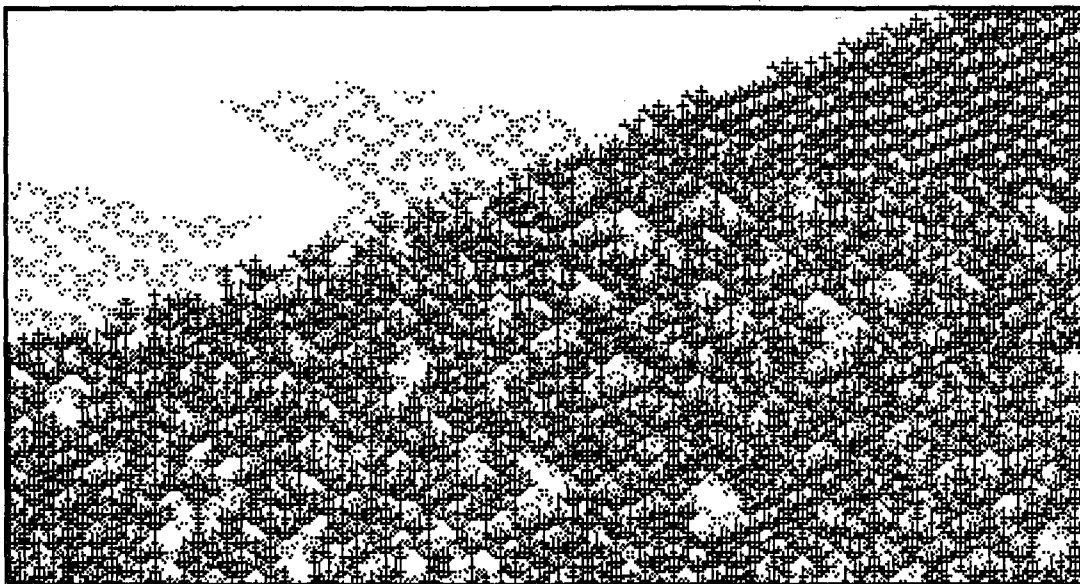
[http://www.xs4all.nl/~wolter/ws\\_page11.html](http://www.xs4all.nl/~wolter/ws_page11.html)



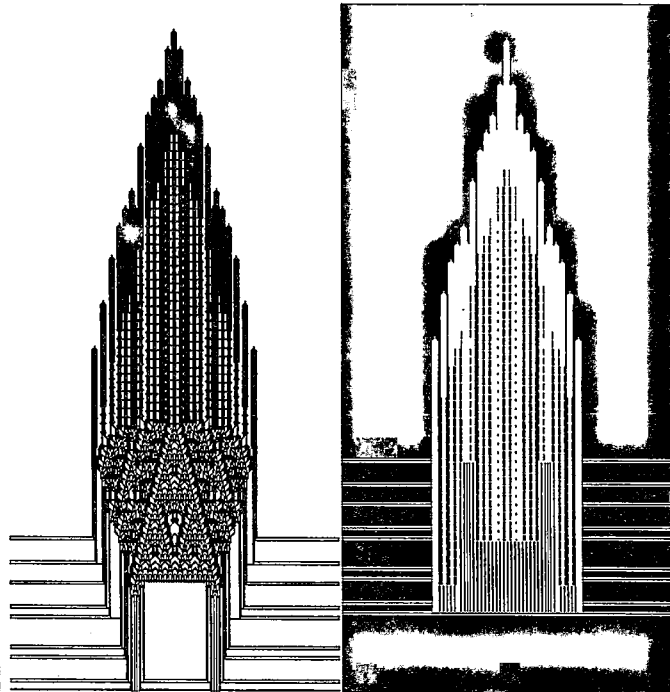
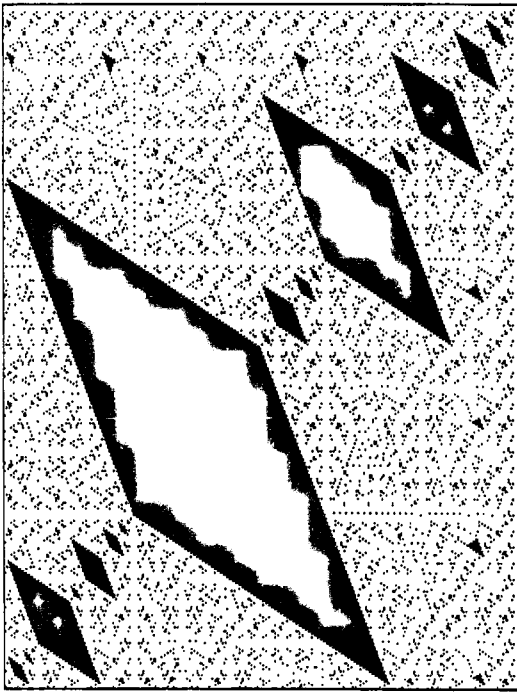
<http://www.math.okstate.edu/mathdept/dynamics/lecnotes/node20.html>



[http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated\\_moving\\_th.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated_moving_th.html)

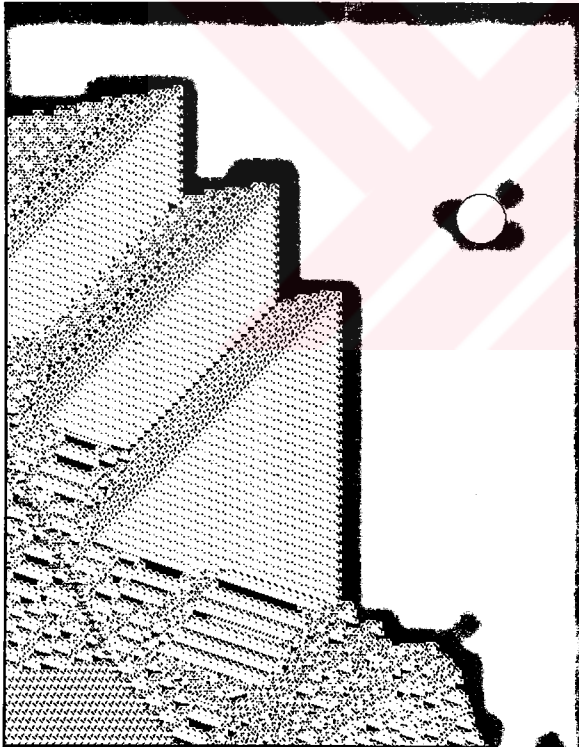


[http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy\\_hill\\_forest.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy_hill_forest.html)

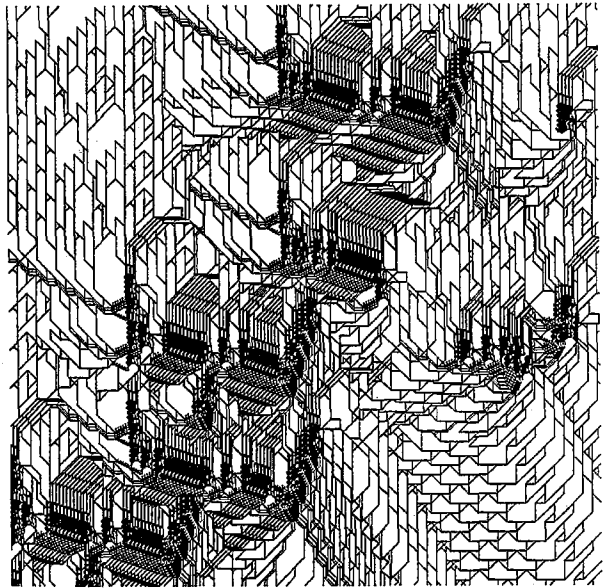
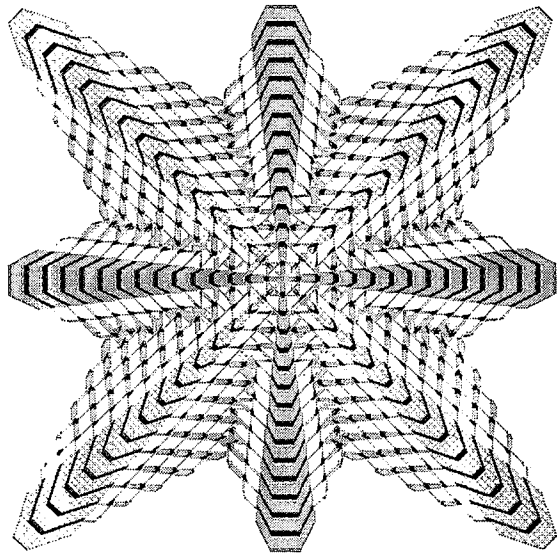


[http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal\\_diamonds.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal_diamonds.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy\\_skyscraper.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy_skyscraper.html)

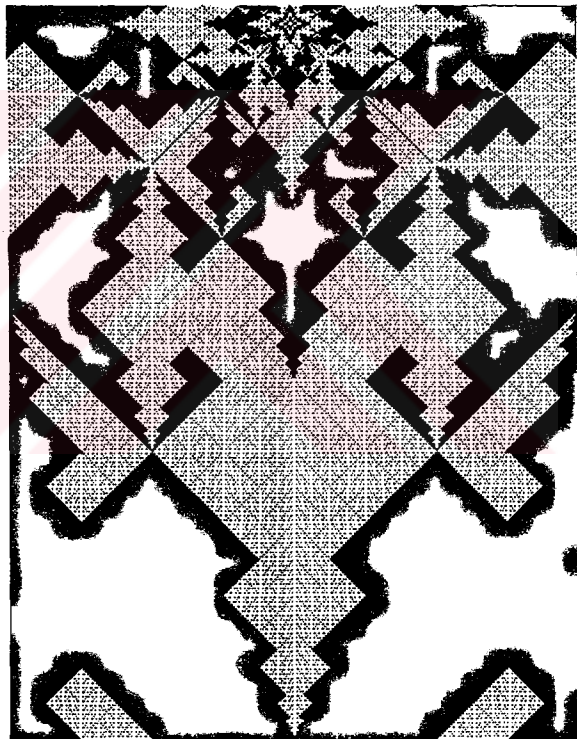
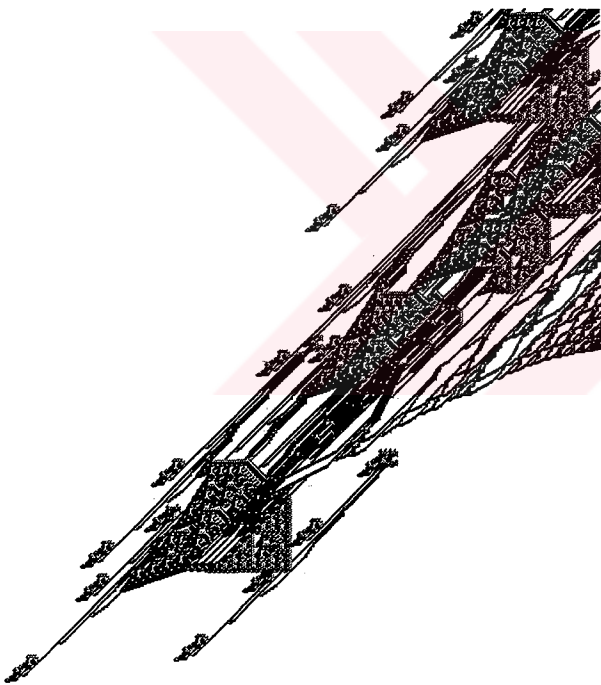


[http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy\\_moonlit\\_scape.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy_moonlit_scape.html)



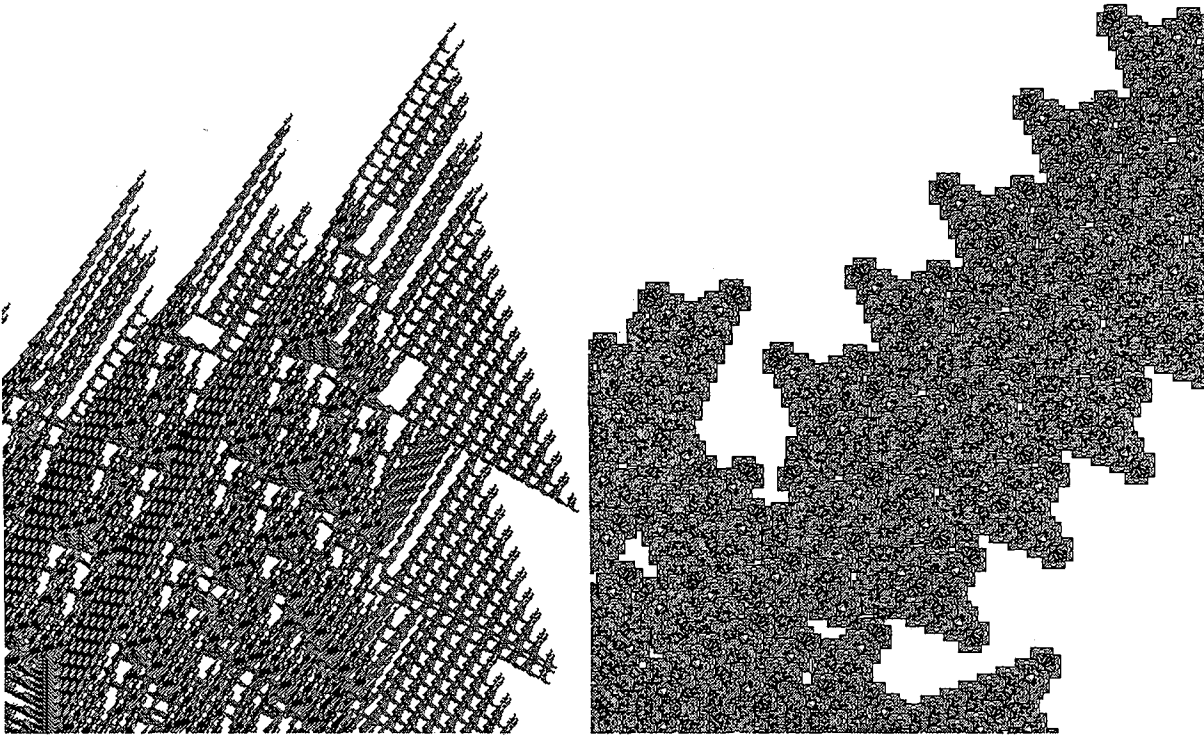
[http://members.home.net/jstokes/gallery/misc\\_four\\_ties.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/misc_four_ties.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/misc\\_offshoot\\_variation.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/misc_offshoot_variation.html)



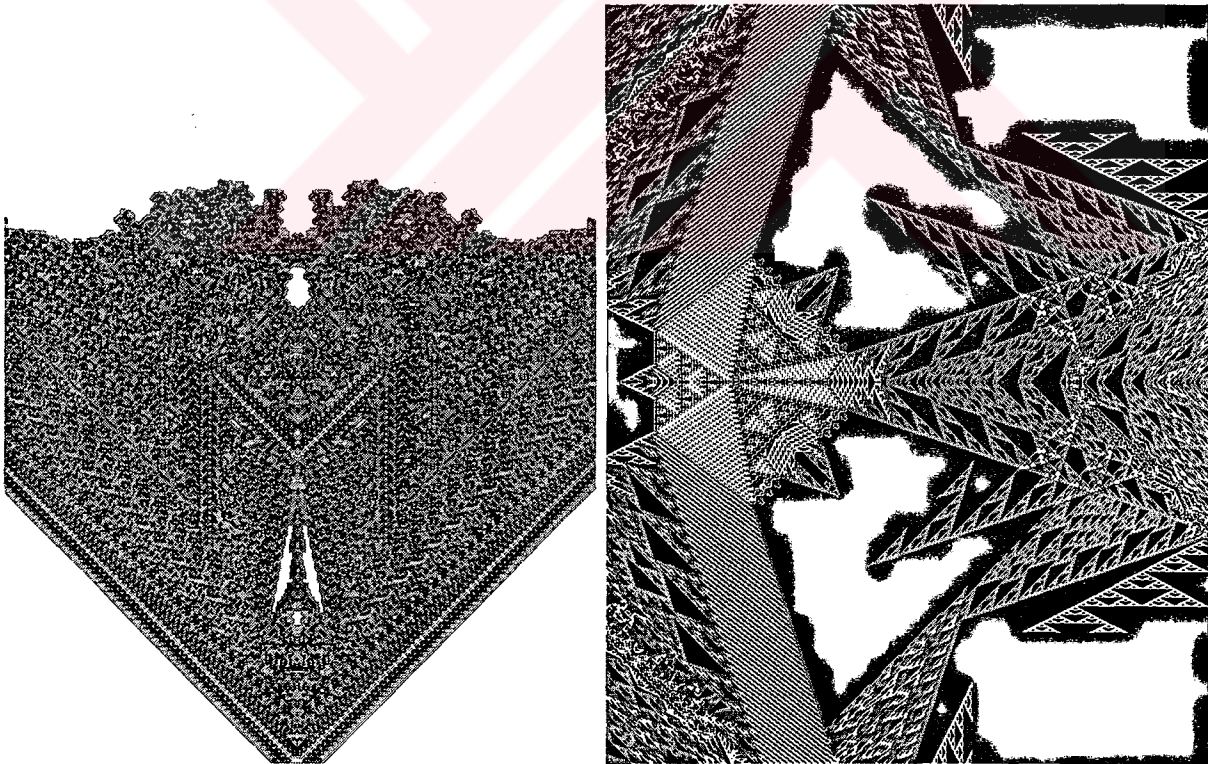
[http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged\\_q\\_pattern.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged_q_pattern.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated\\_elizabeth.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated_elizabeth.html)



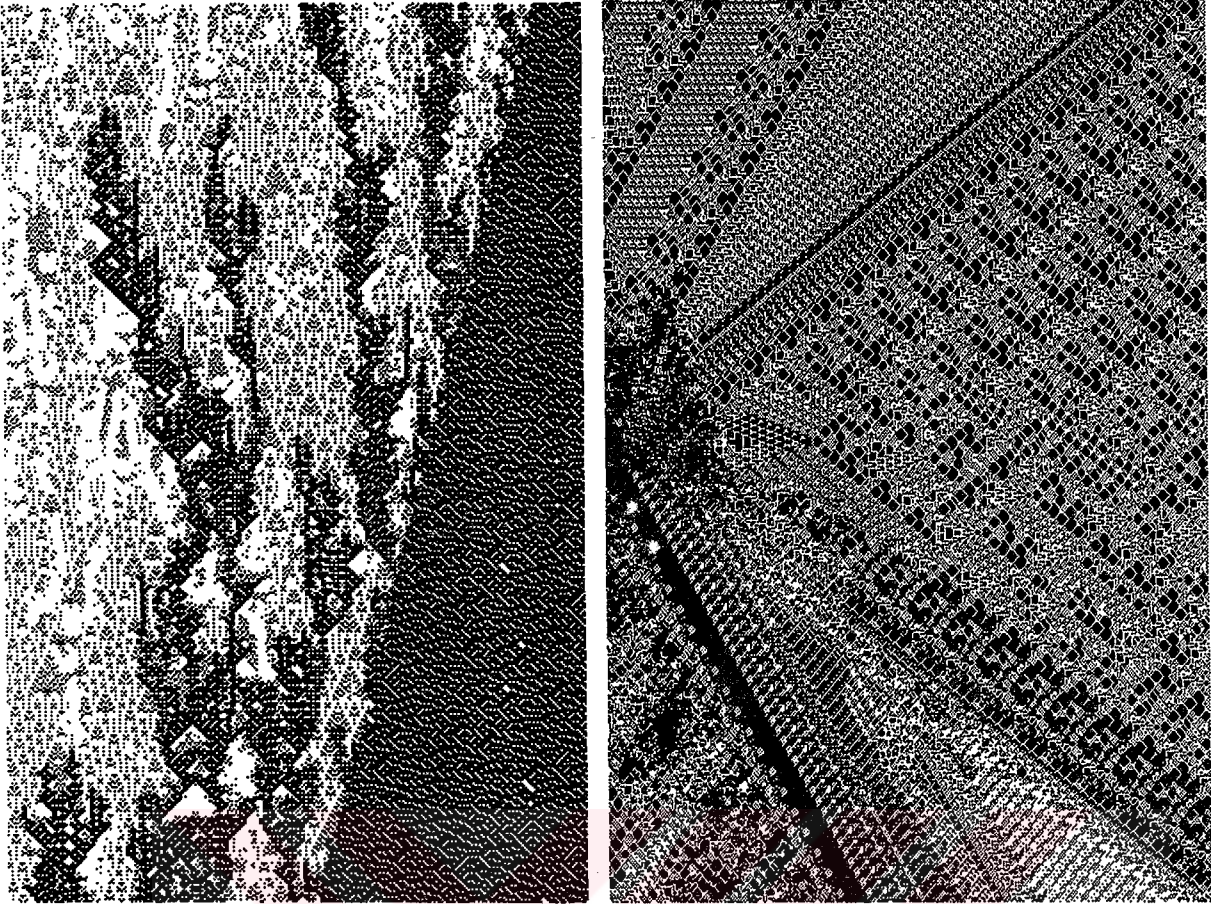
[http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged\\_venus\\_variation.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged_venus_variation.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/organic\\_protoplasm.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/organic_protoplasm.html)



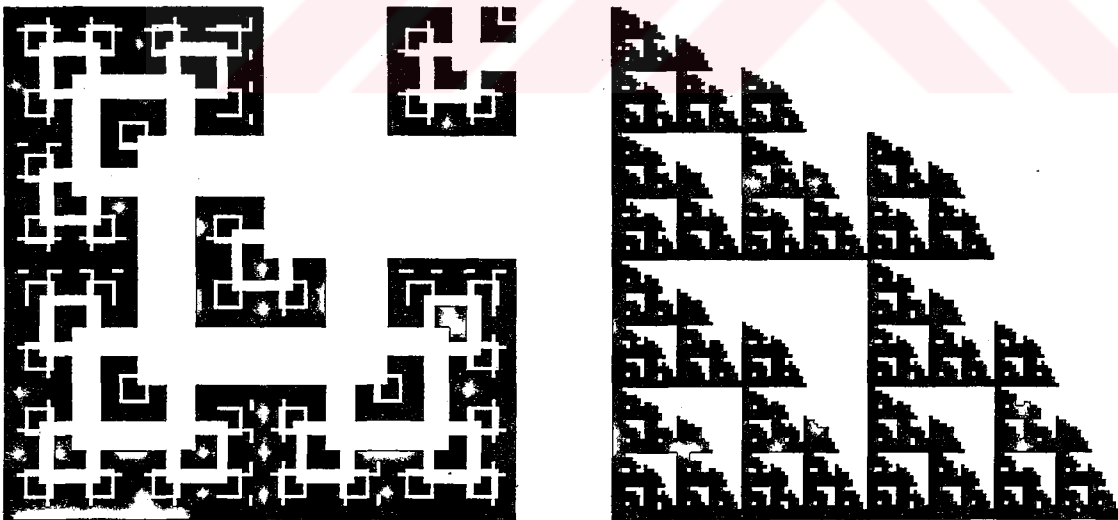
[http://members.home.net/jstokes/gallery/organic\\_alien\\_spires.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/organic_alien_spires.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged\\_castles.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/nudged_castles.html)

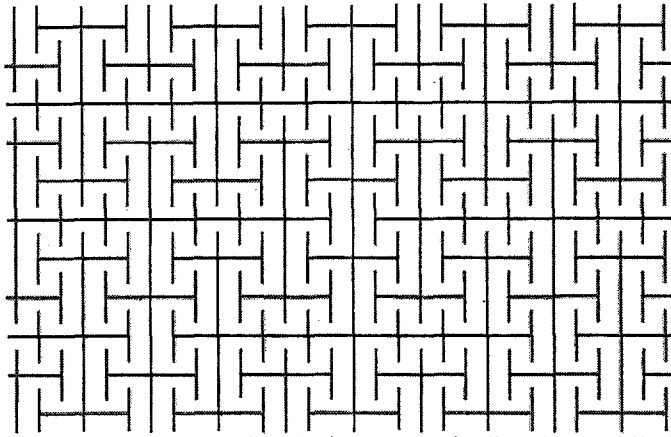


[http://members.home.net/jstokes/gallery/organic\\_invasion.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/organic_invasion.html)

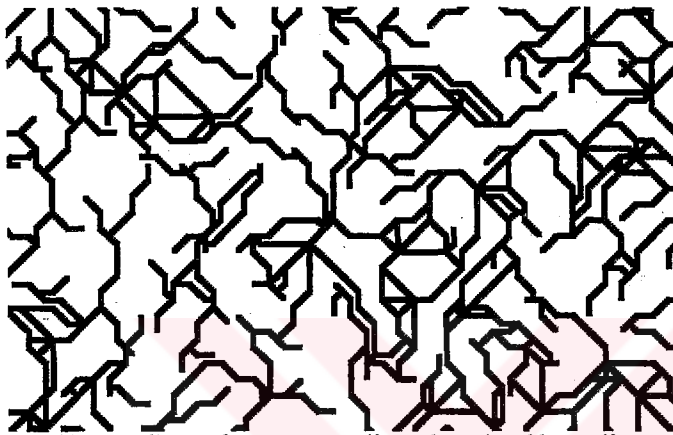
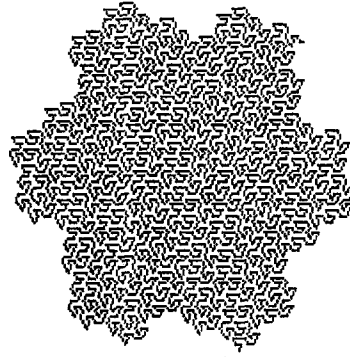
[http://members.home.net/jstokes/gallery/organic\\_asymetries.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/organic_asymetries.html)



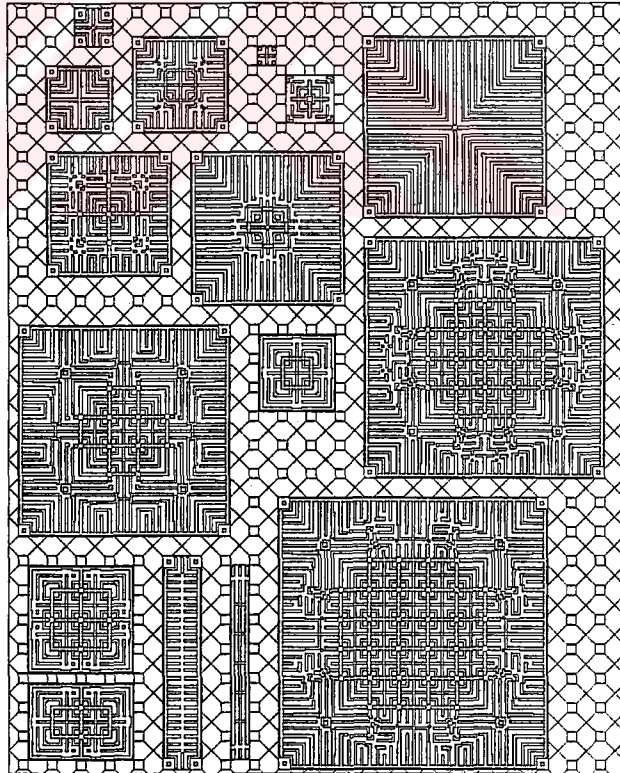
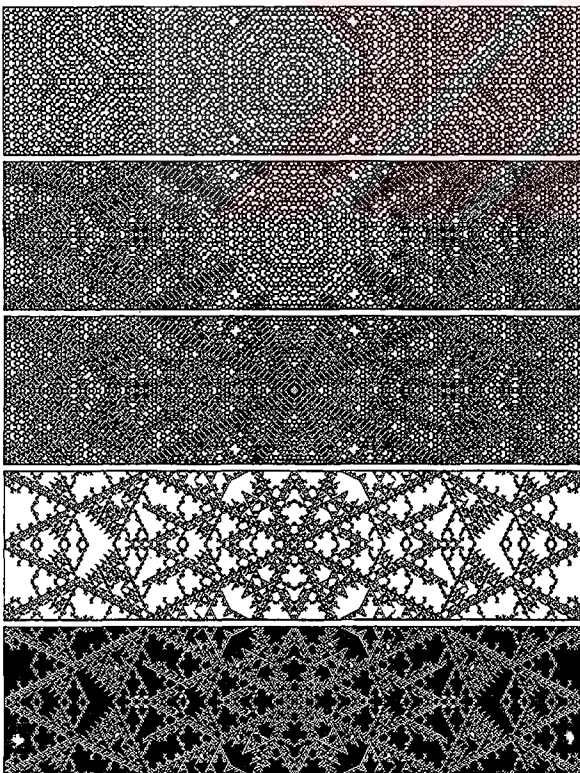
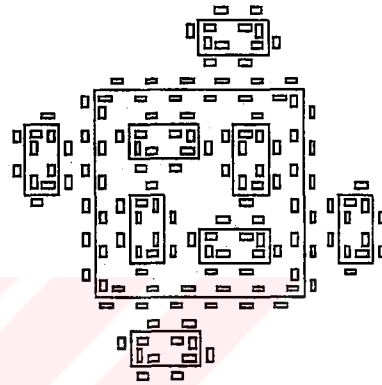
<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/Moran.html>



<http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/labtile/>

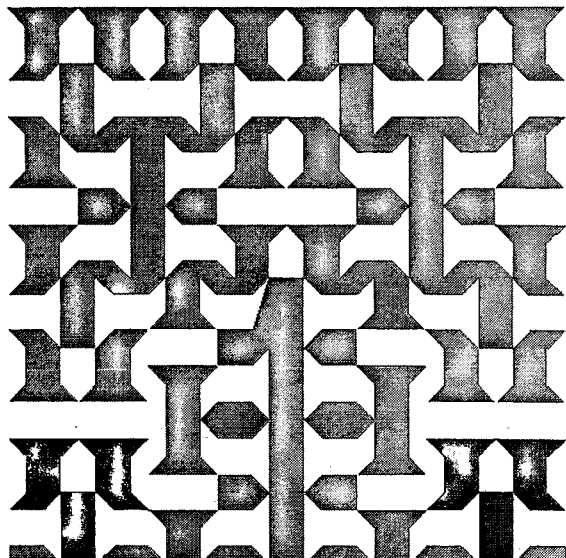
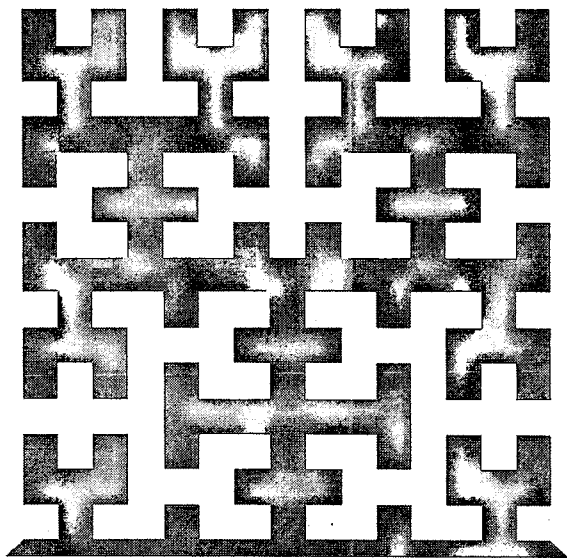


[http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated\\_amorphous.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated_amorphous.html)

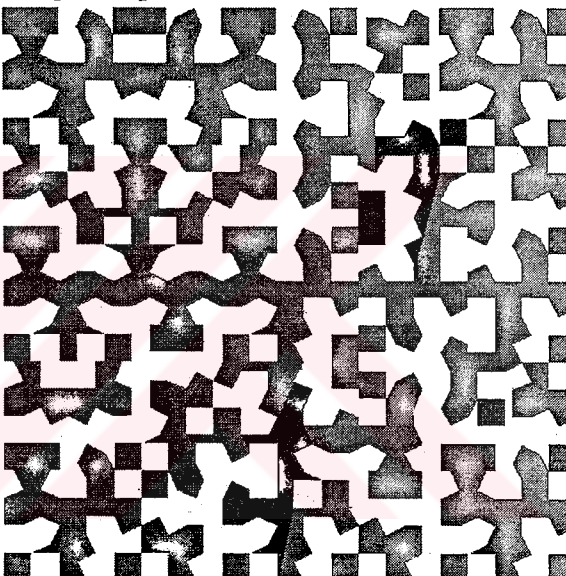
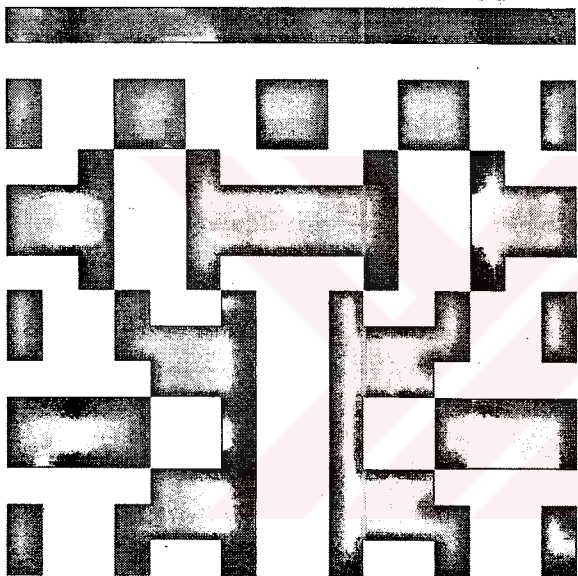


[http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated\\_v.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated_v.html)

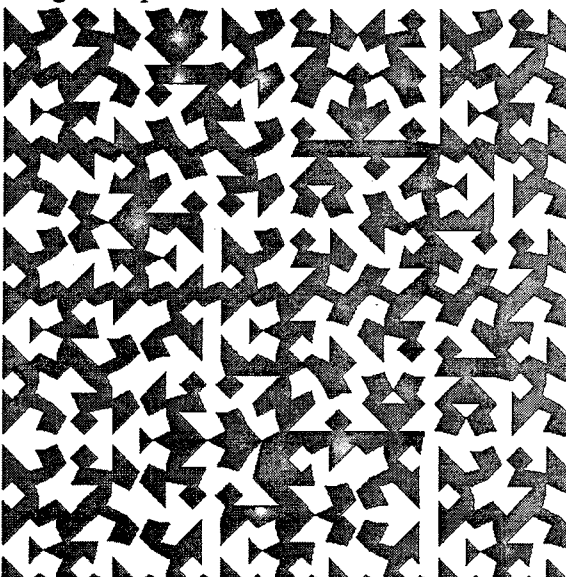
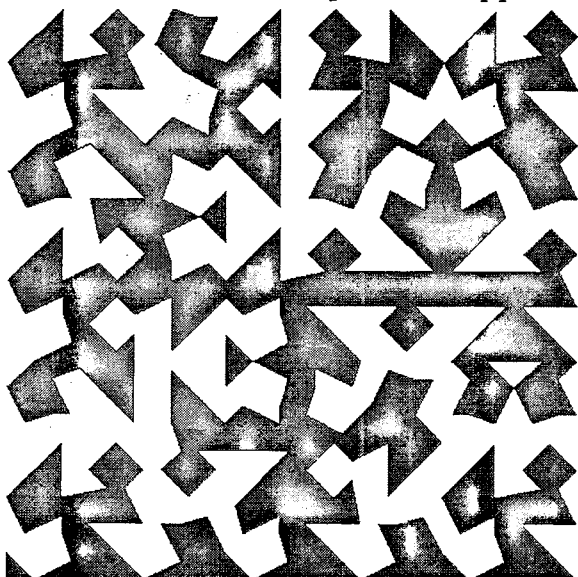
[http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated\\_stabile\\_th.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/iterated_stabile_th.html)



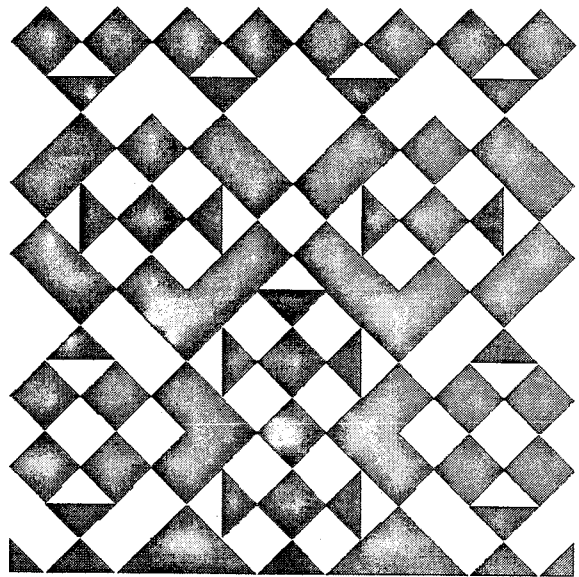
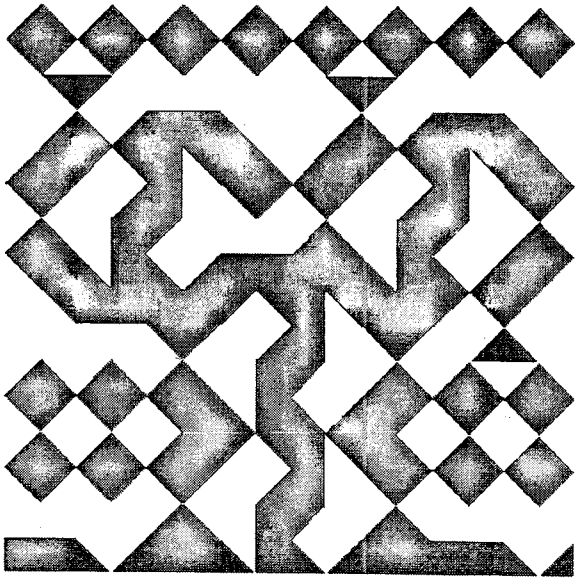
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



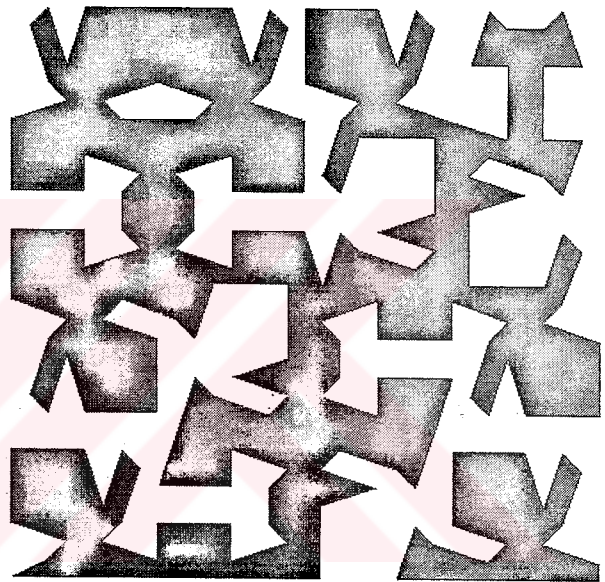
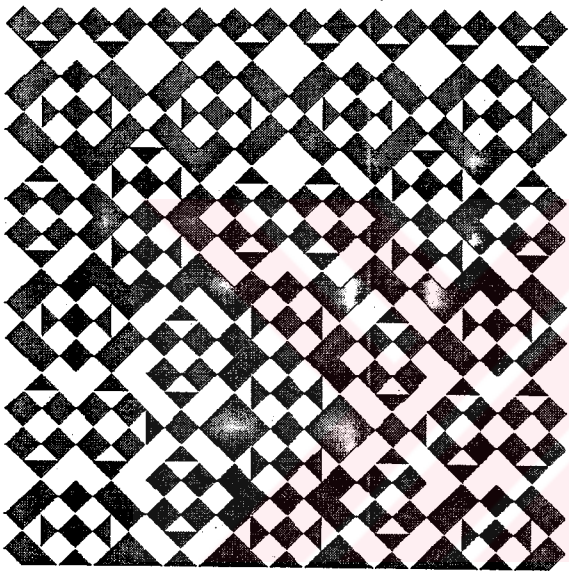
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



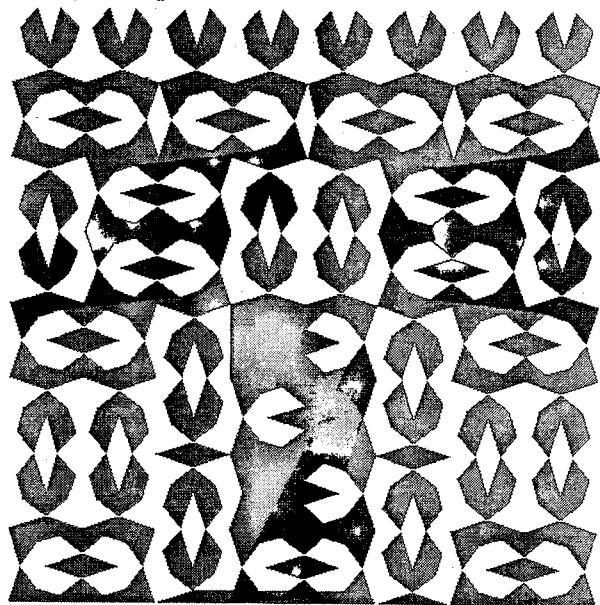
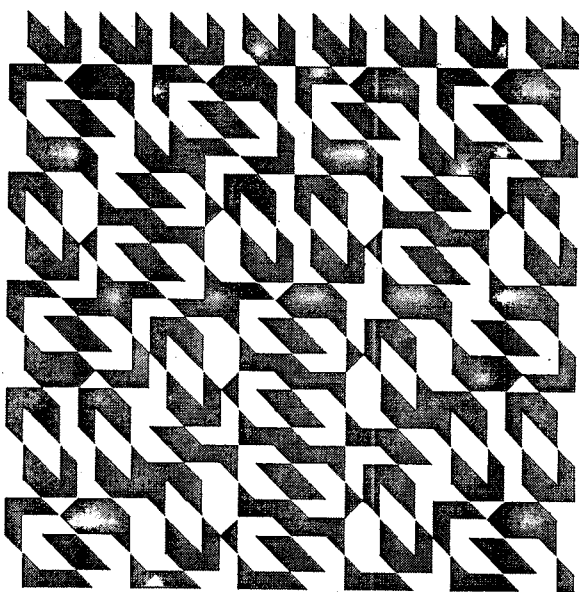
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



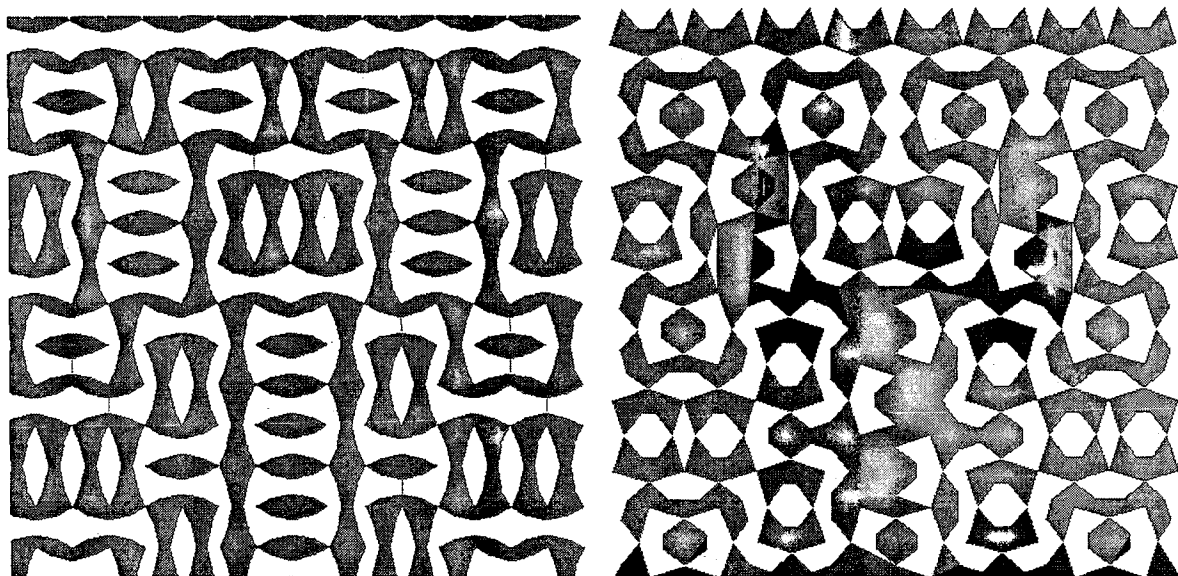
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



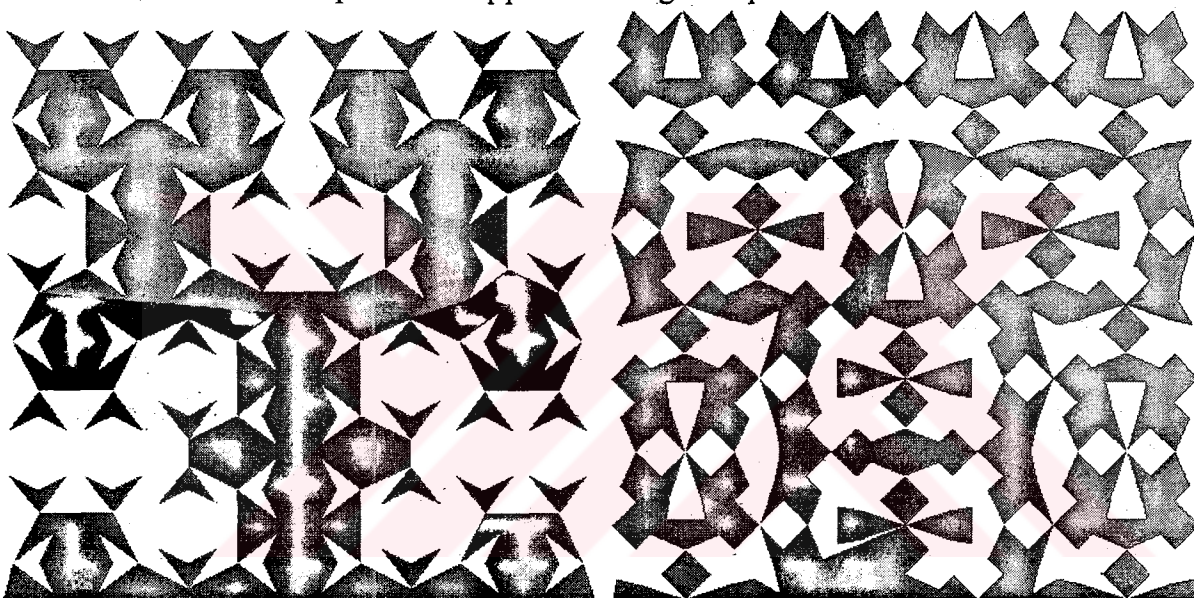
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



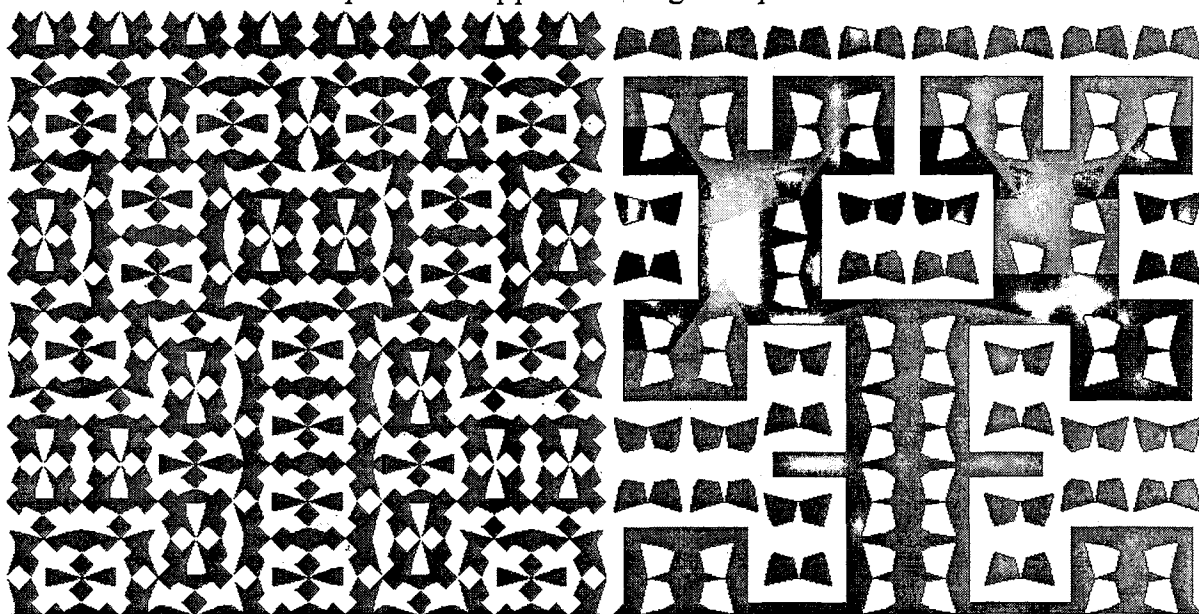
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



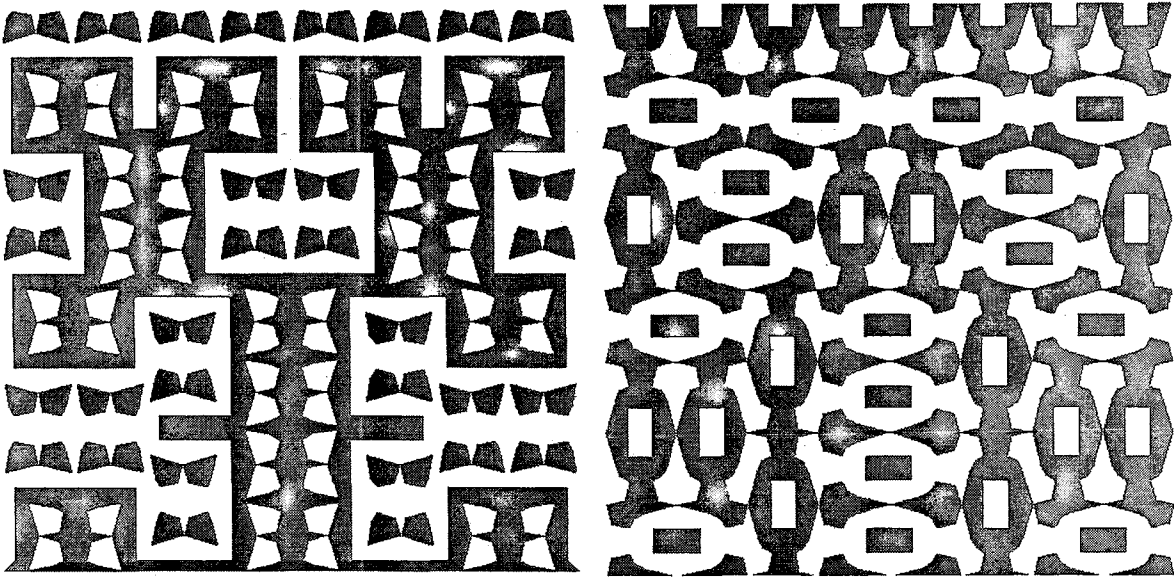
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



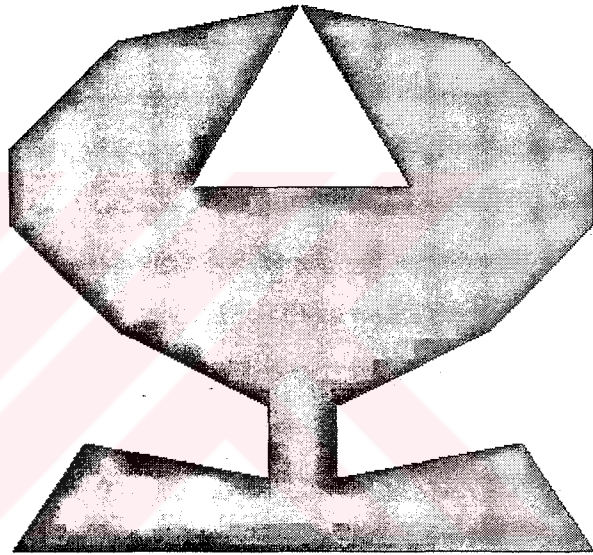
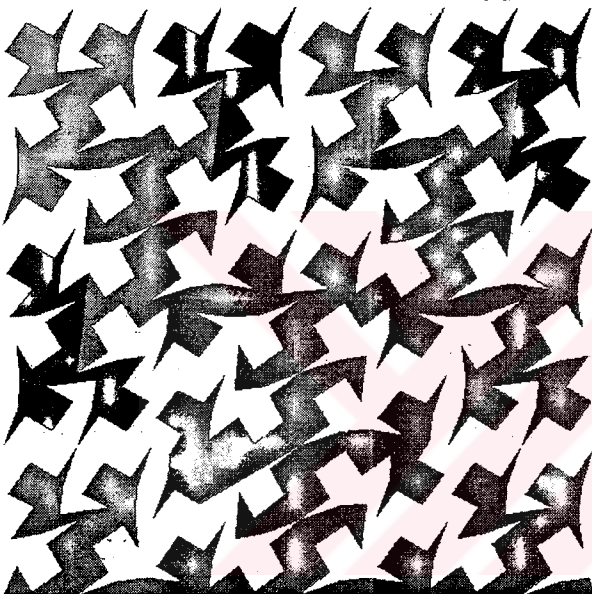
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



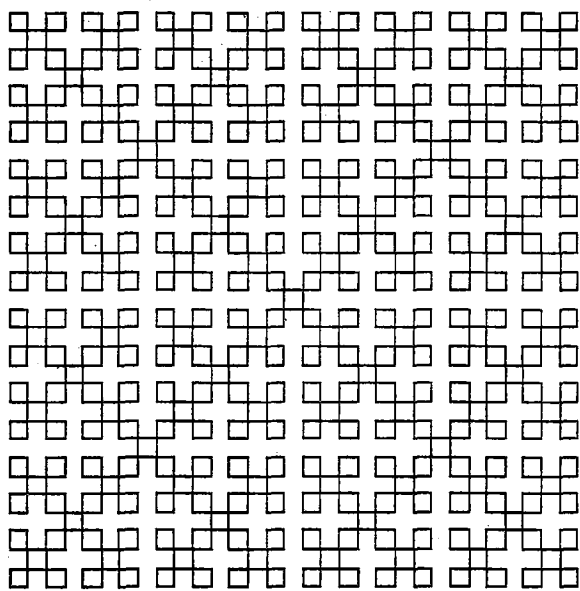
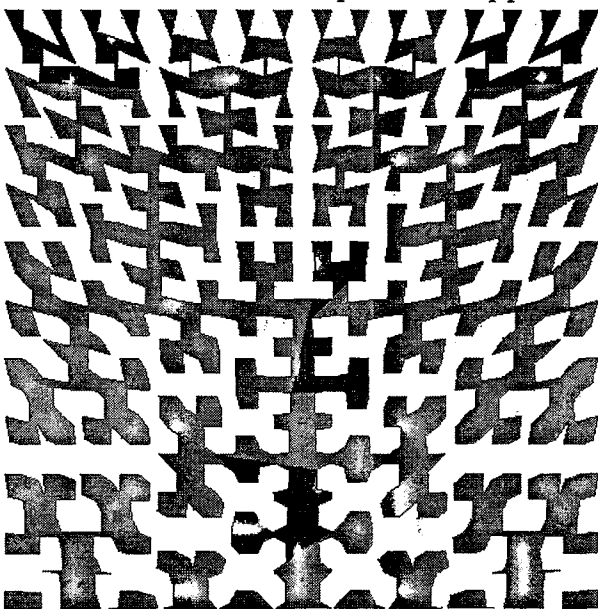
<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>



<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>

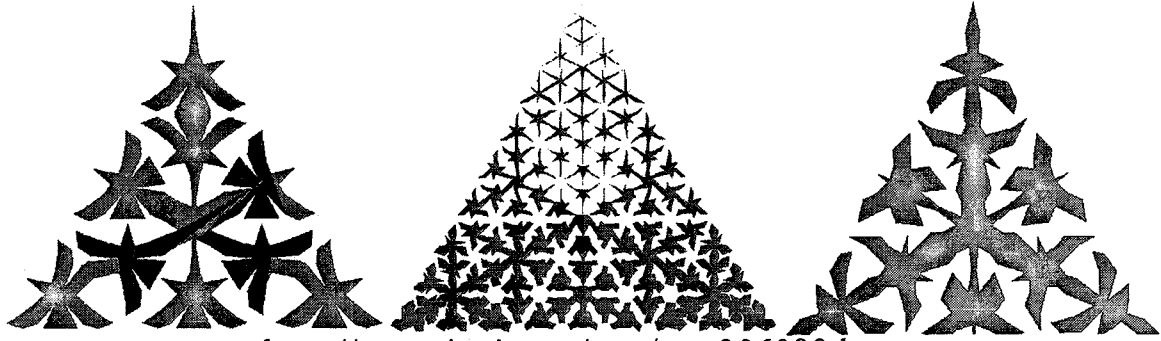


<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm>

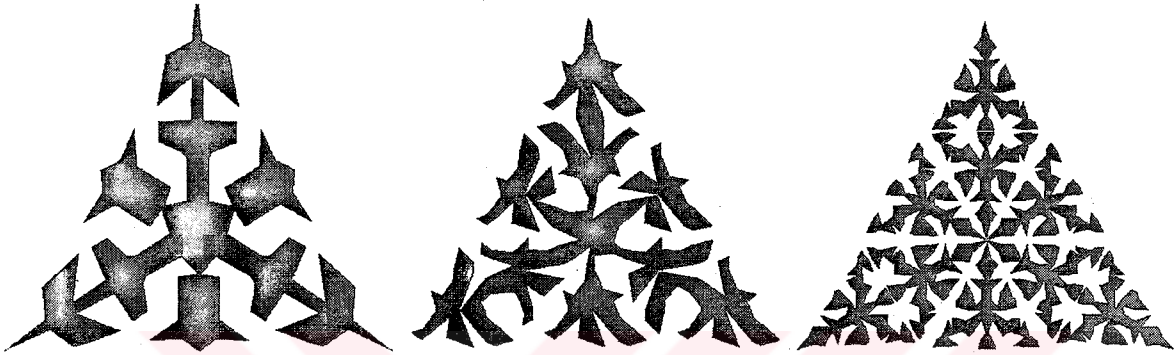


<http://www.ippi.com/rwg/sampeano.htm> /

<http://classes.yale.edu/99-00/math190a/ArtFracRep3.html>



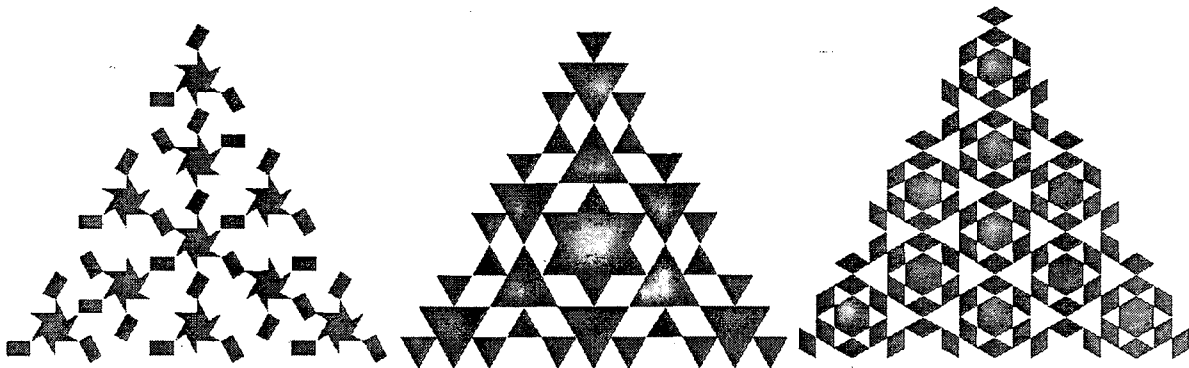
<http://www.ippi.com/rwg/sam306090.htm>



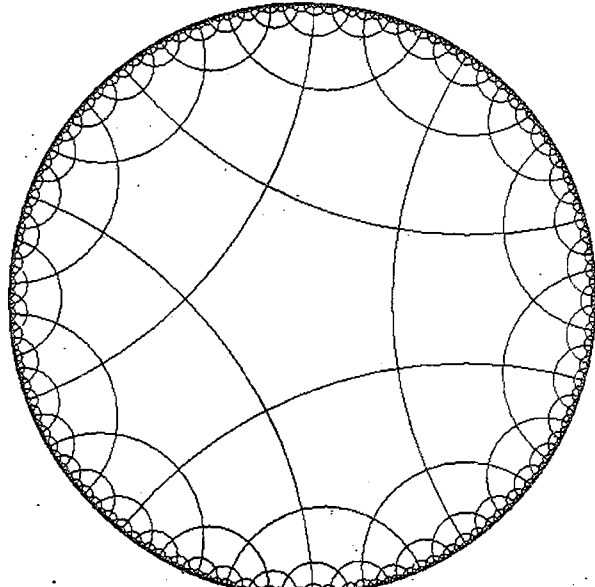
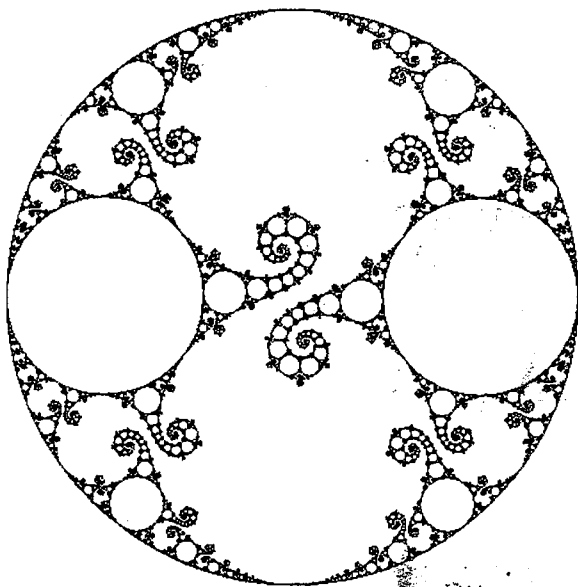
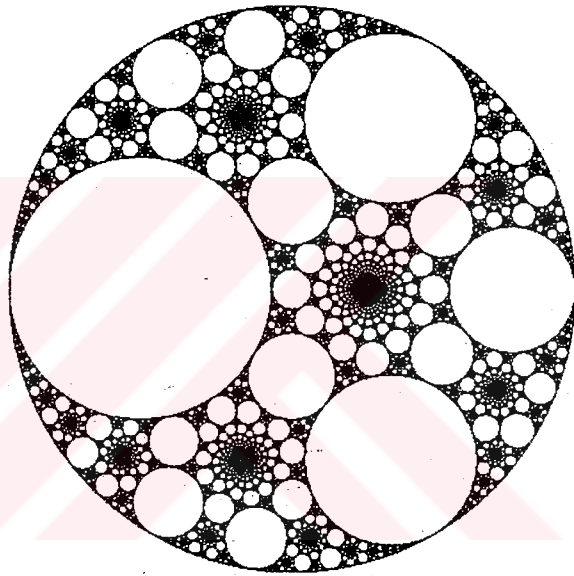
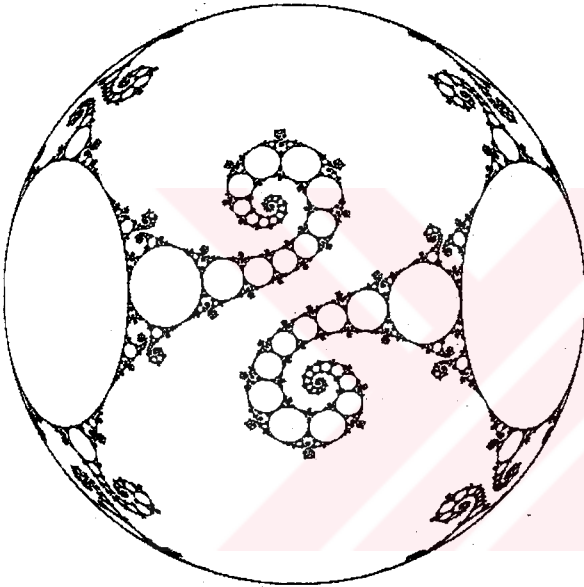
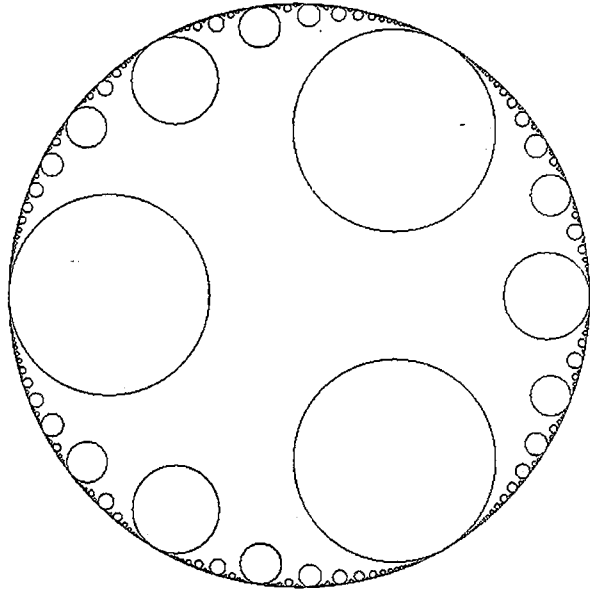
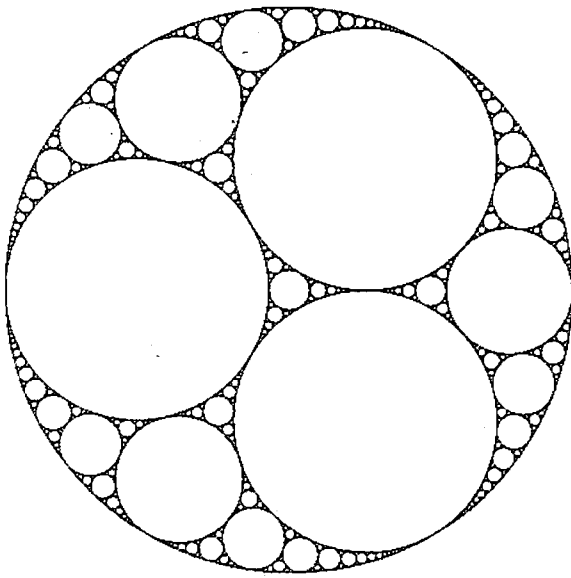
<http://www.ippi.com/rwg/sam306090.htm>

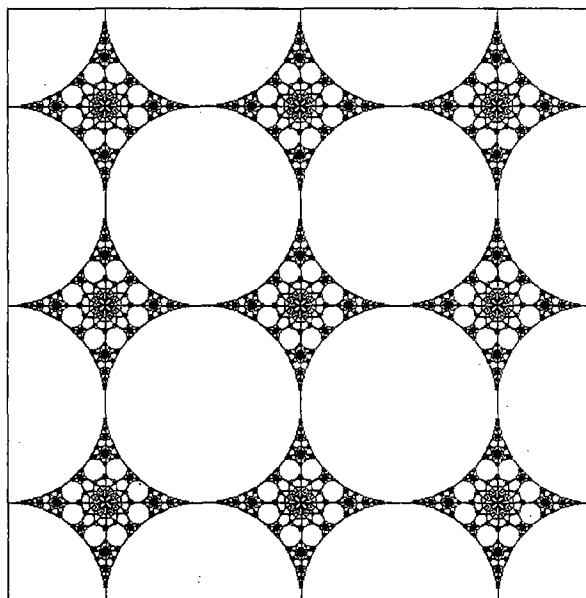
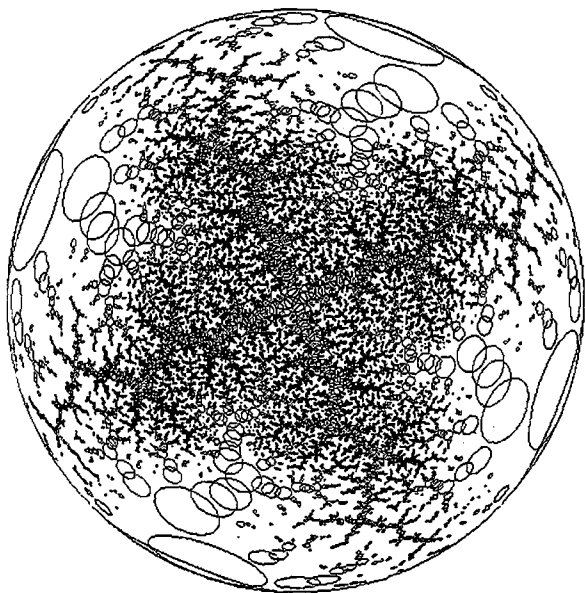
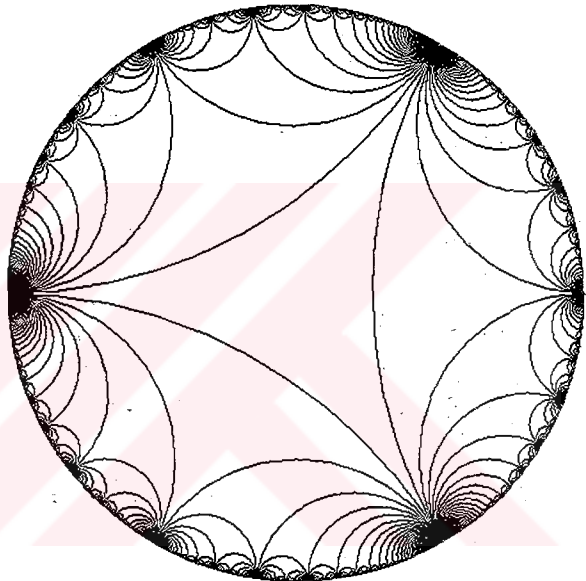
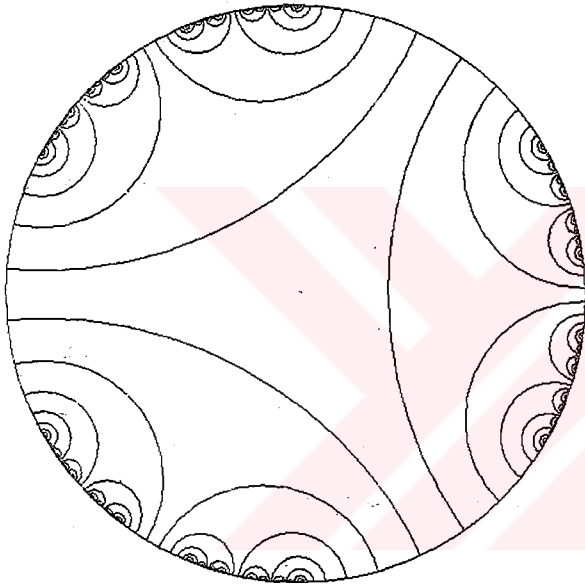
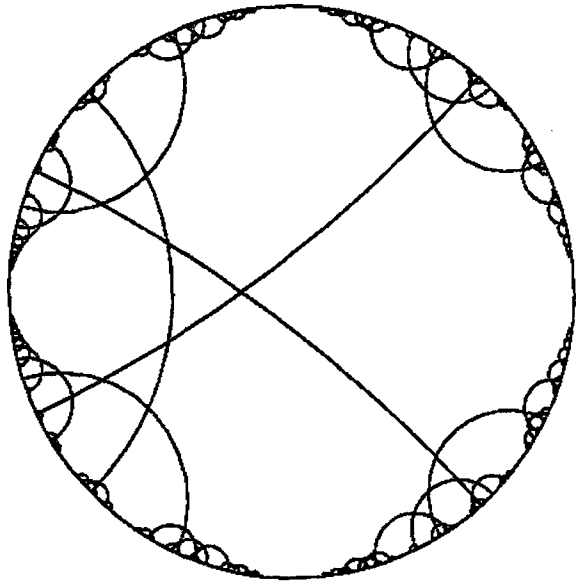
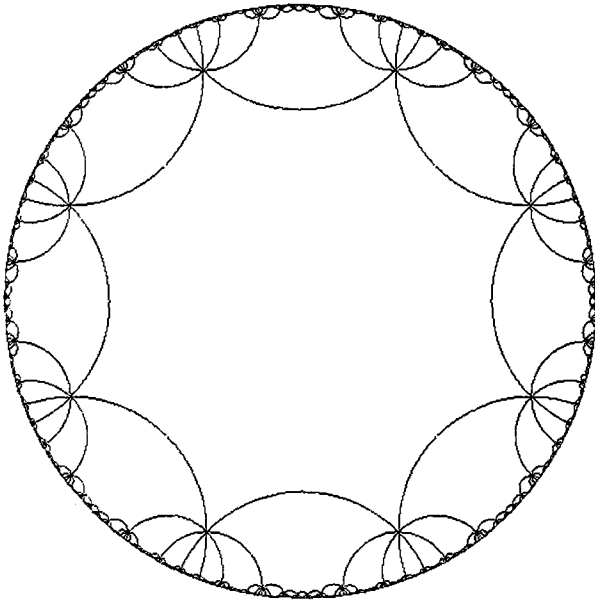


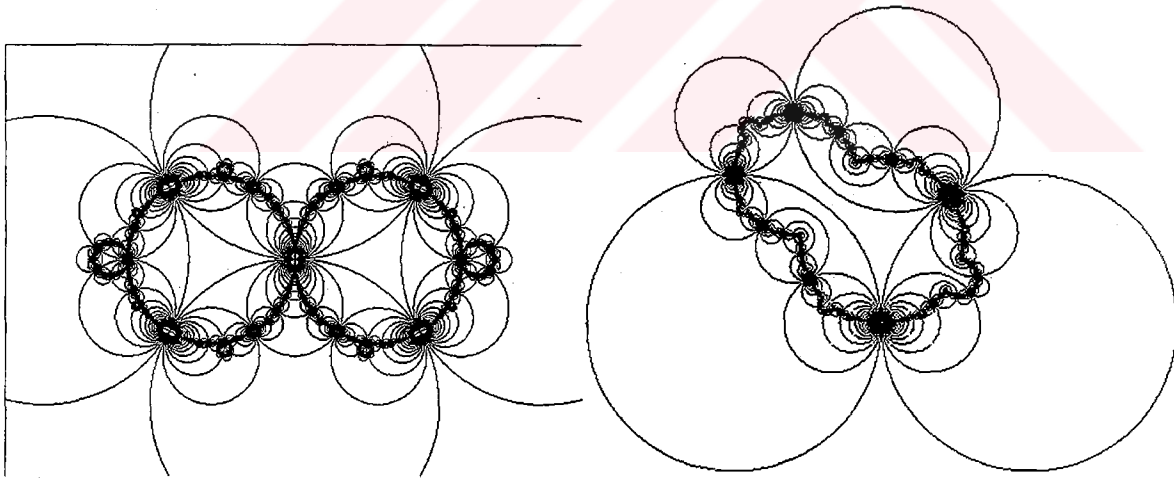
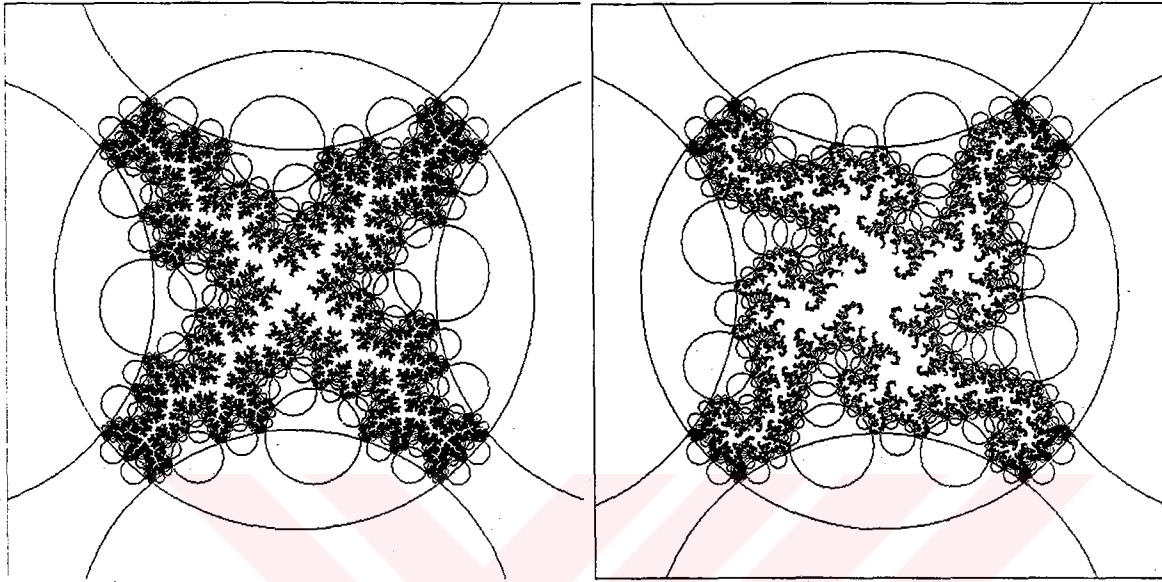
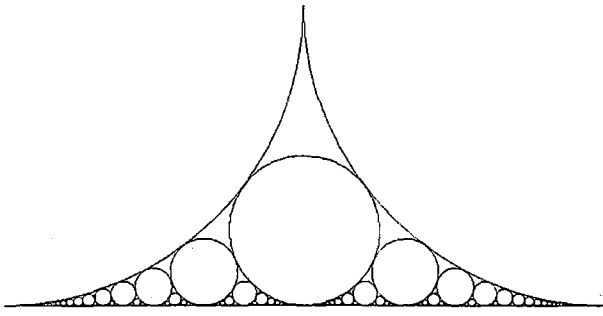
<http://www.ippi.com/rwg/sam306090.htm>



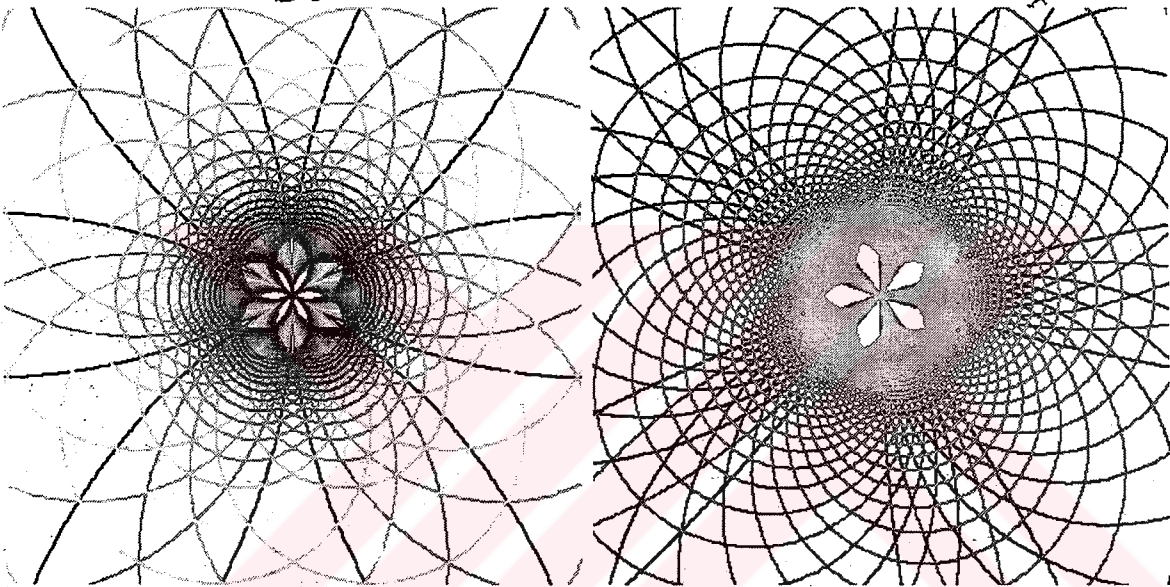
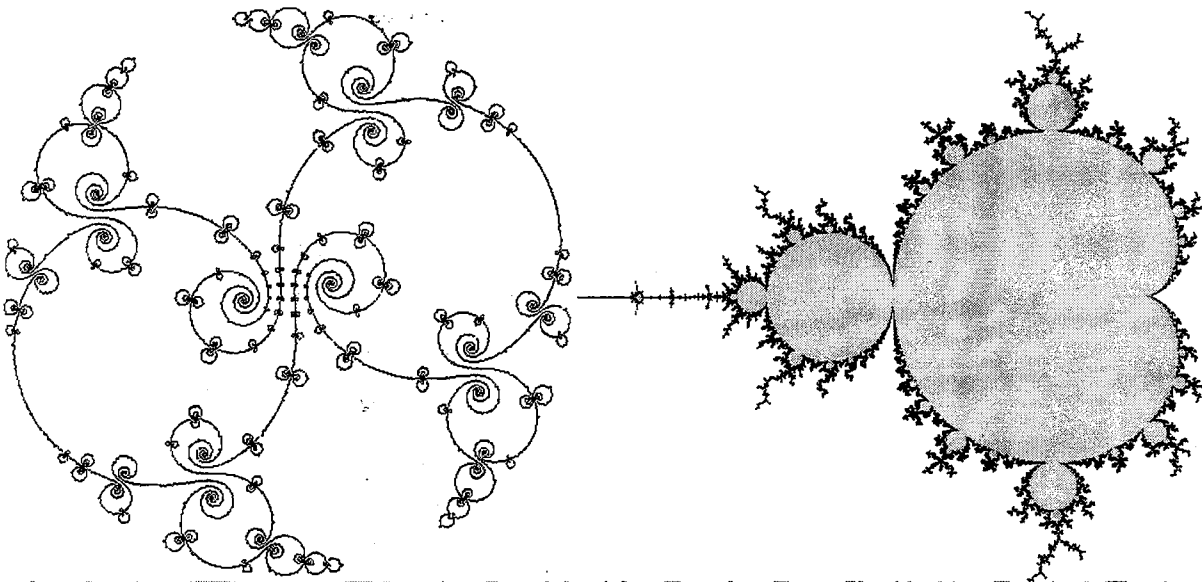
<http://www.ippi.com/rwg/sam306090.htm>



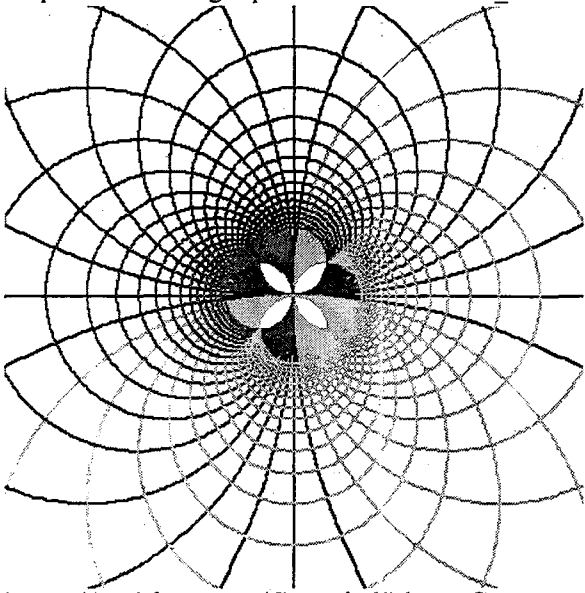




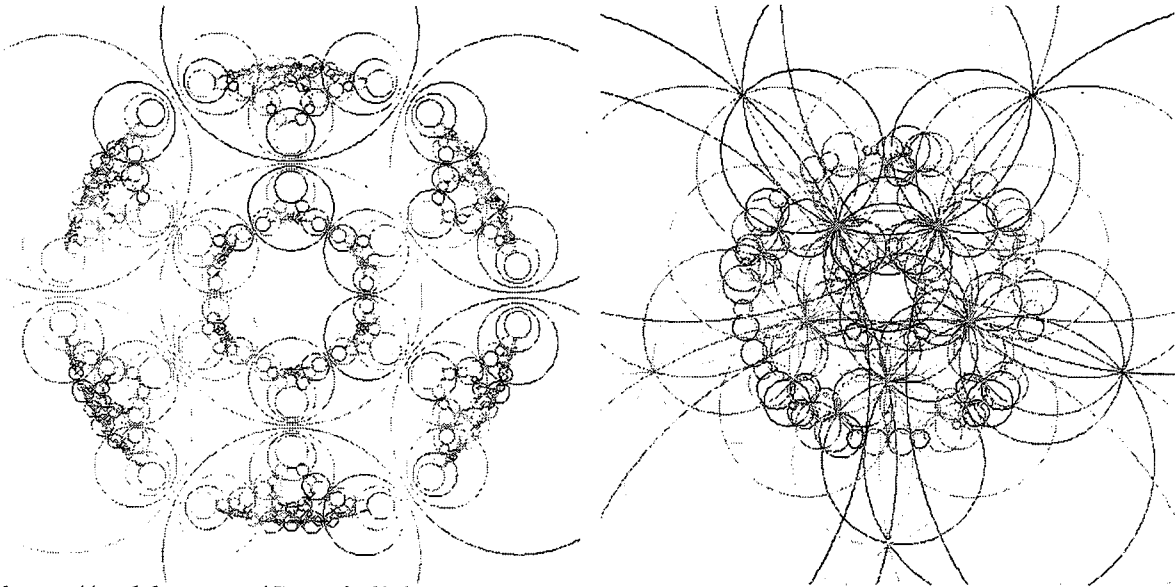
<http://math.sunysb.edu/~yair/limset/pictures.html>



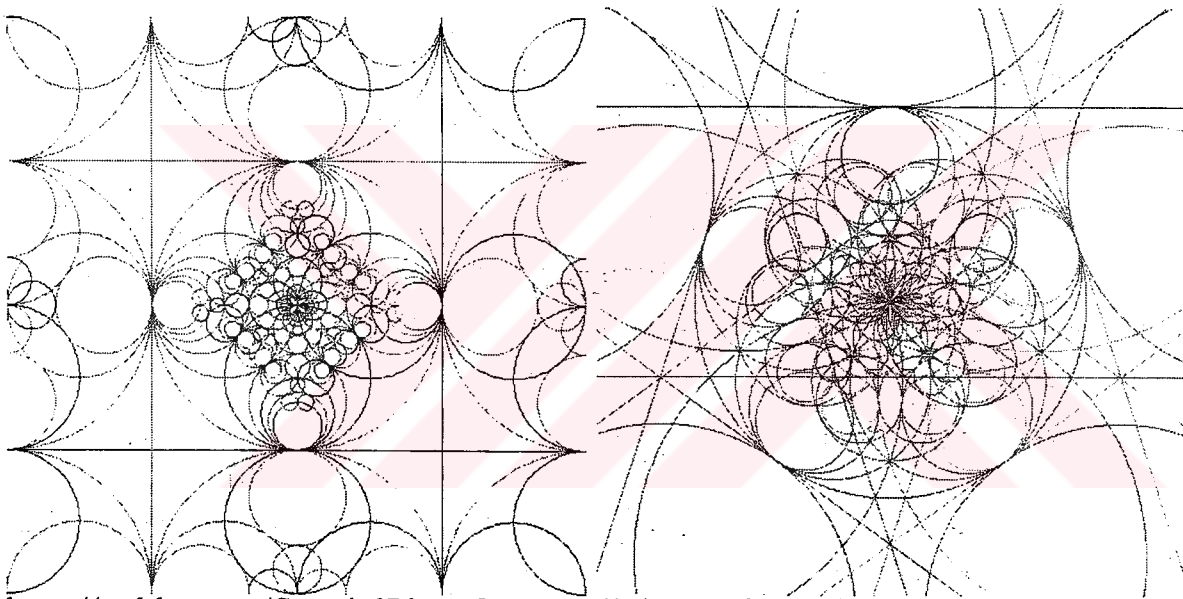
[http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves\\_dir/InversionGallery\\_dir/inversionGallery.htm](http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/InversionGallery_dir/inversionGallery.htm)



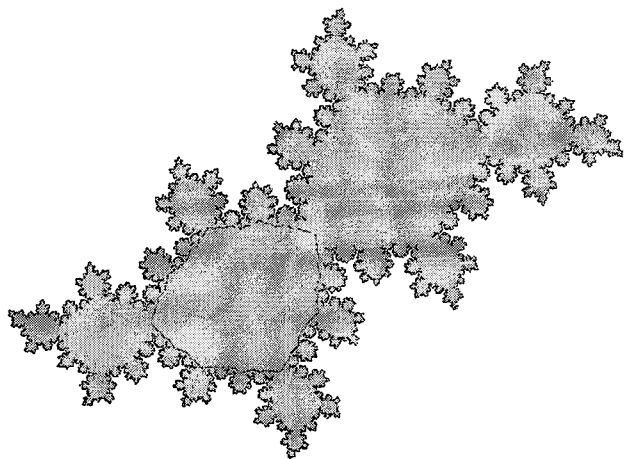
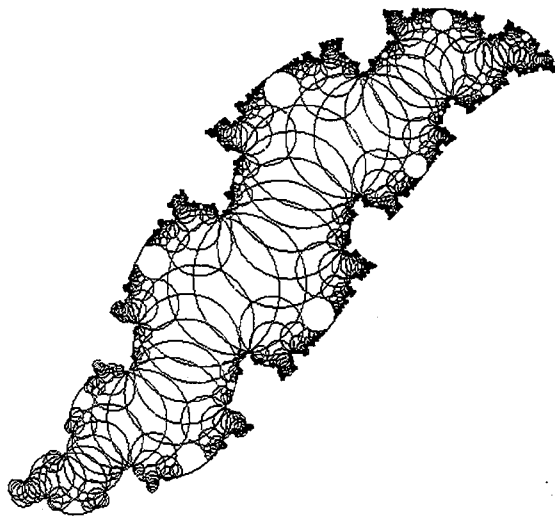
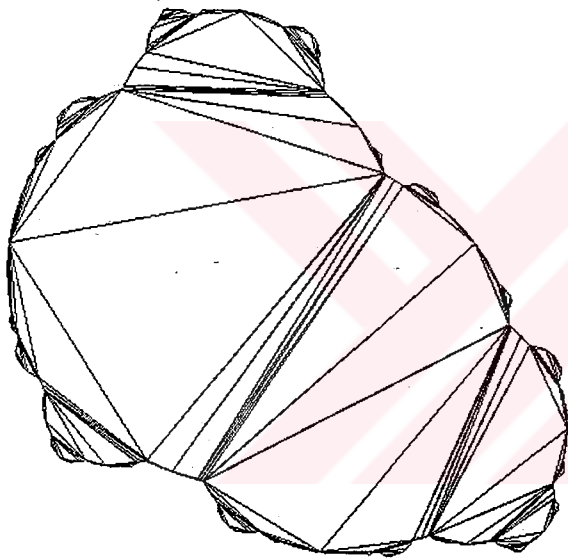
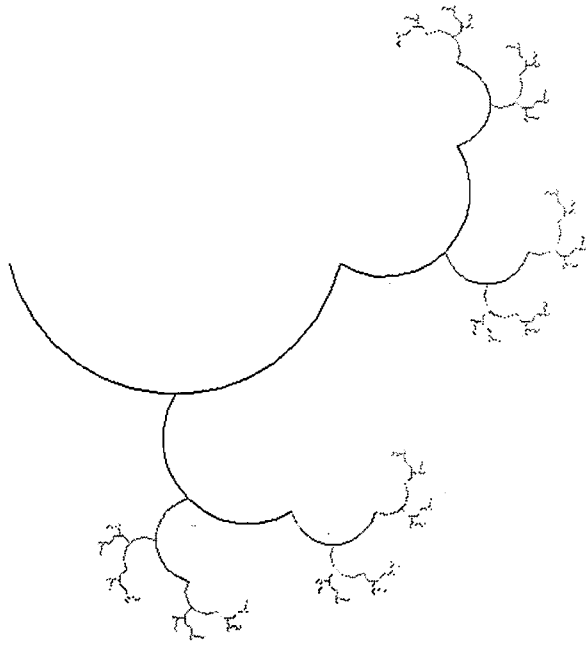
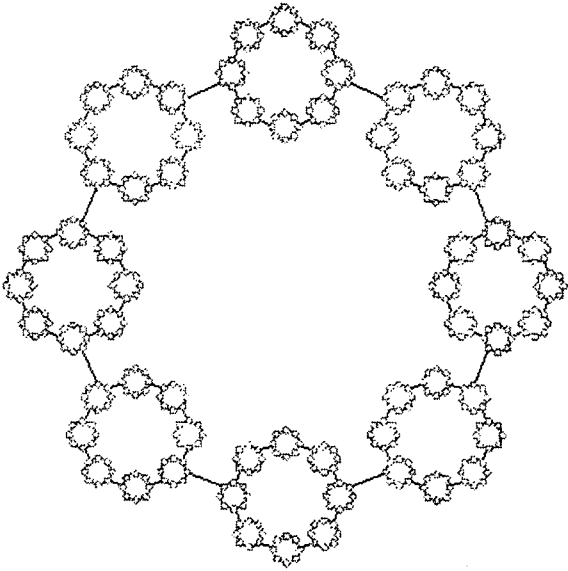
[http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves\\_dir/InversionGallery\\_dir/inversionGallery.htm](http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/InversionGallery_dir/inversionGallery.htm)



[http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves\\_dir/InversionGallery\\_dir/inversionGallery.htm](http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/InversionGallery_dir/inversionGallery.htm)

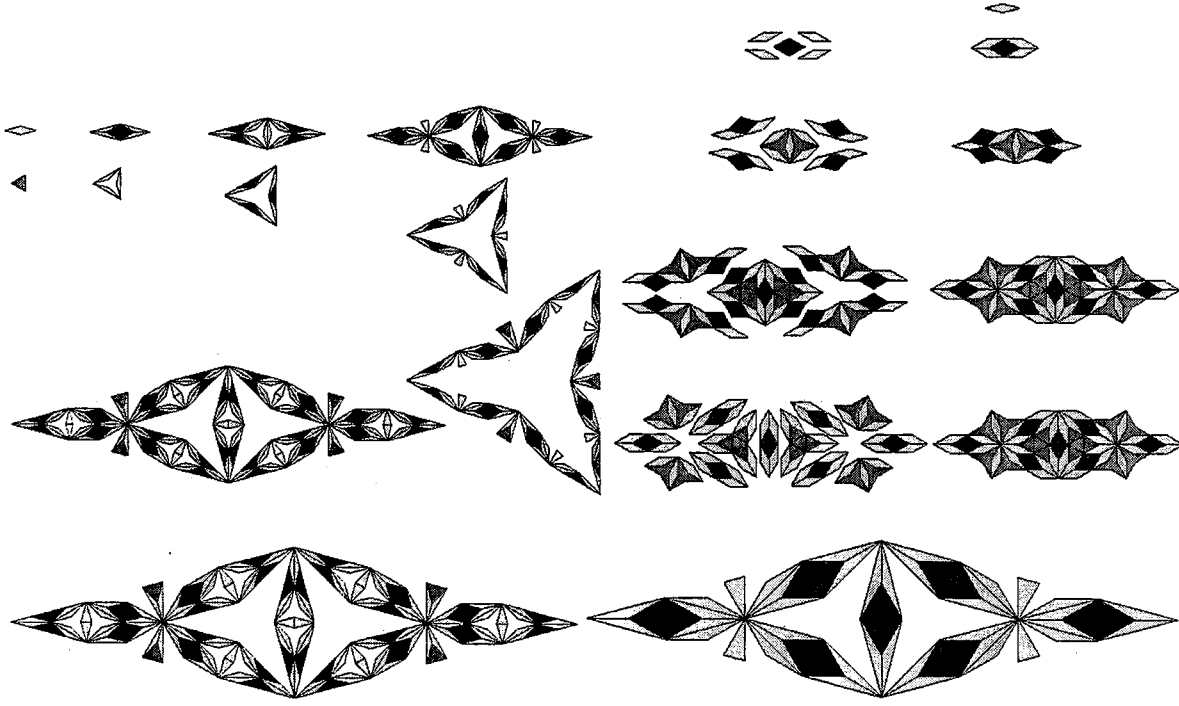


[http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves\\_dir/InversionGallery\\_dir/inversionGallery.htm](http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/InversionGallery_dir/inversionGallery.htm)

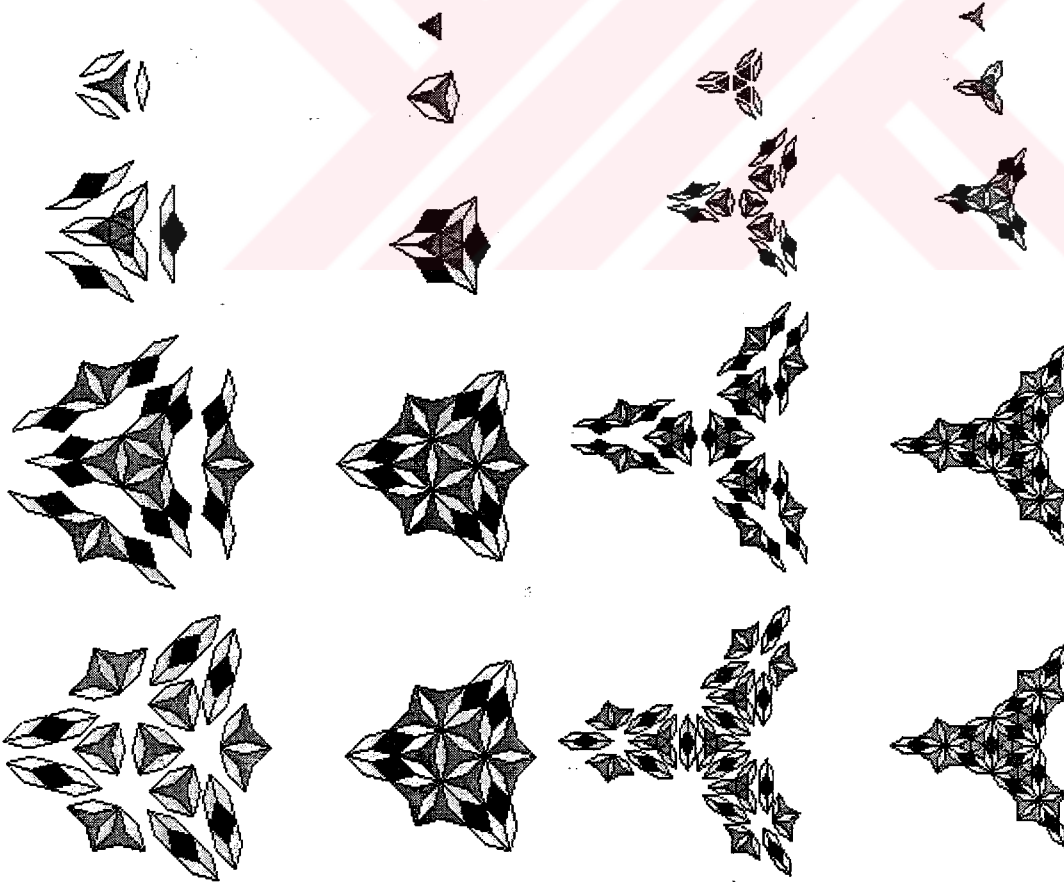


<http://math.sunysb.edu/~yair/limset/pictures.html>

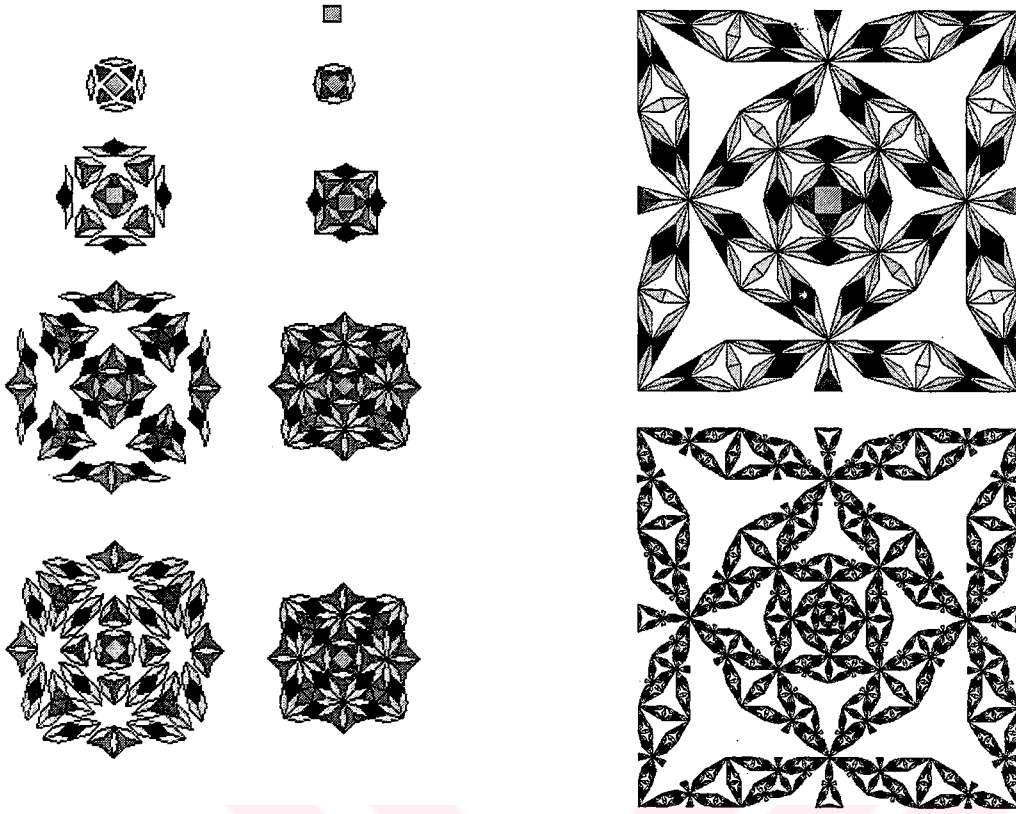
## Ek-2 : FRAKTAL KAPLAMA ÖRNEKLERİ (FRAKTAL TİLİNG )



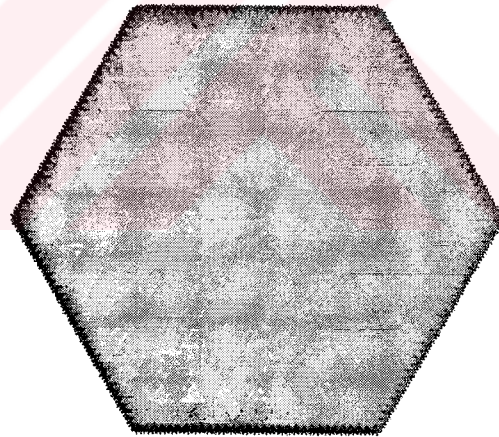
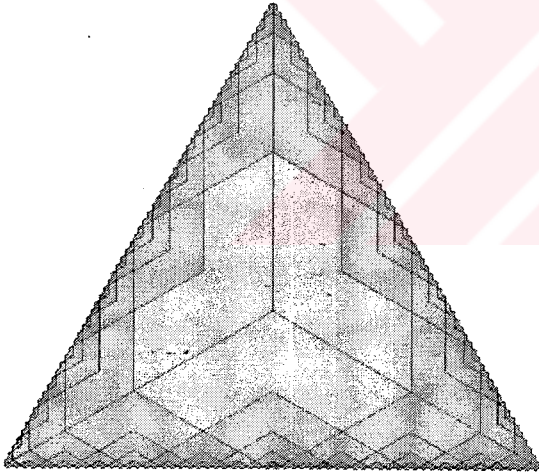
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



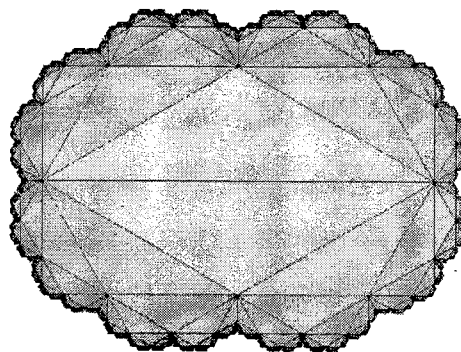
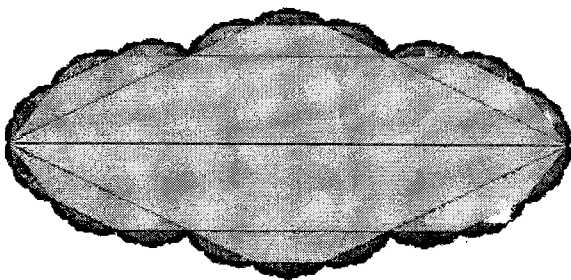
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



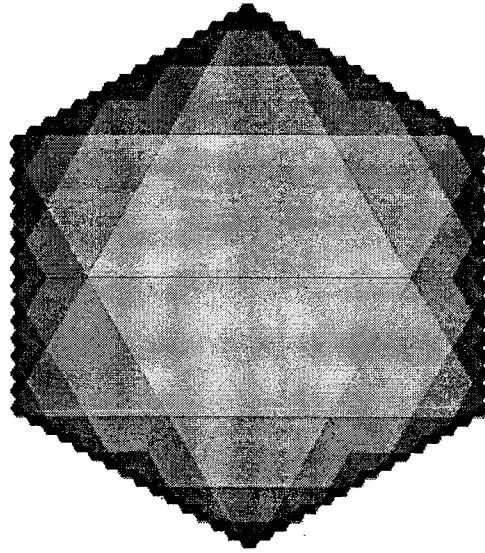
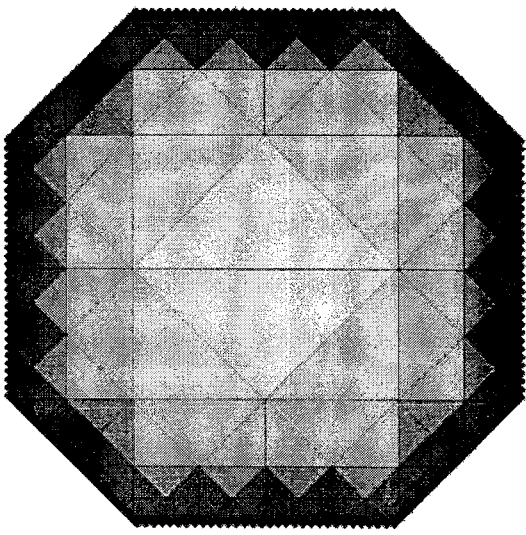
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



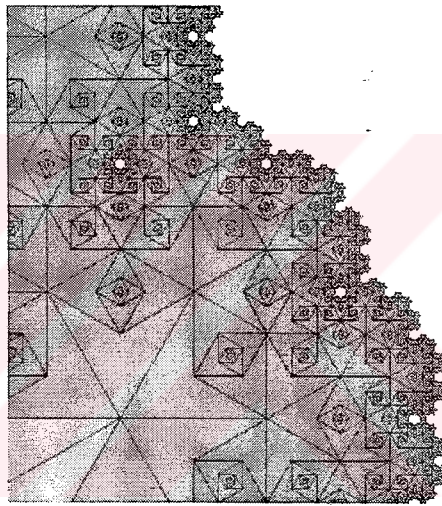
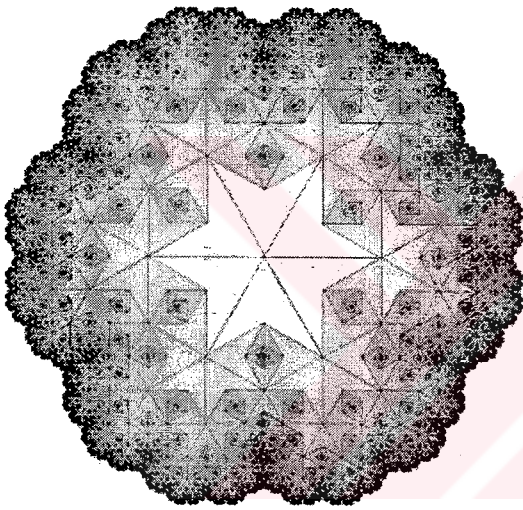
<http://www.tessellations.com>



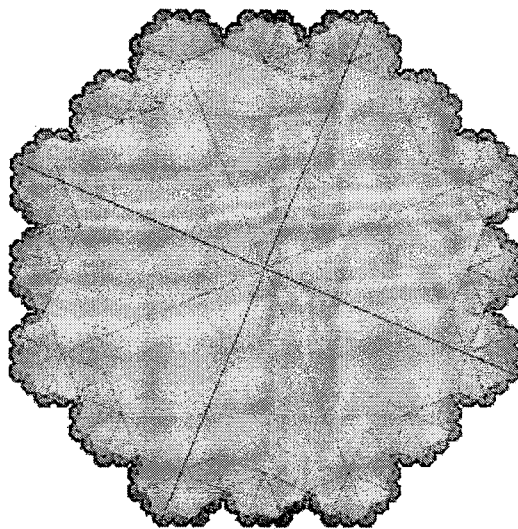
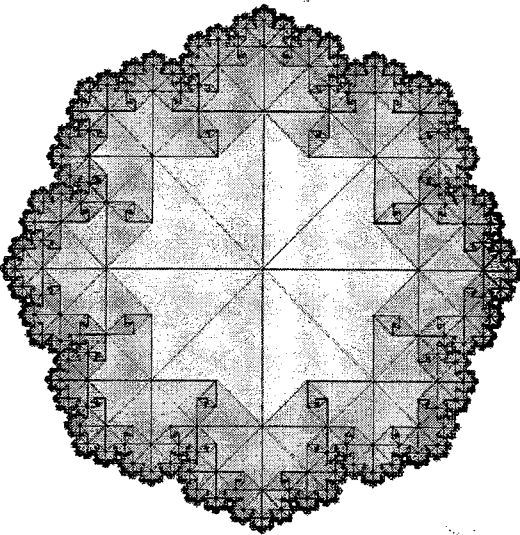
<http://www.tessellations.com>



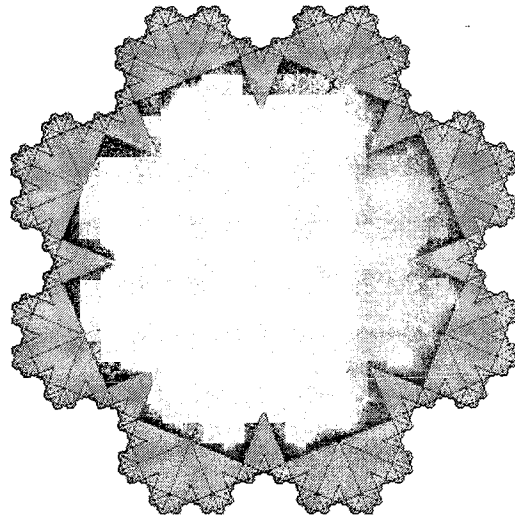
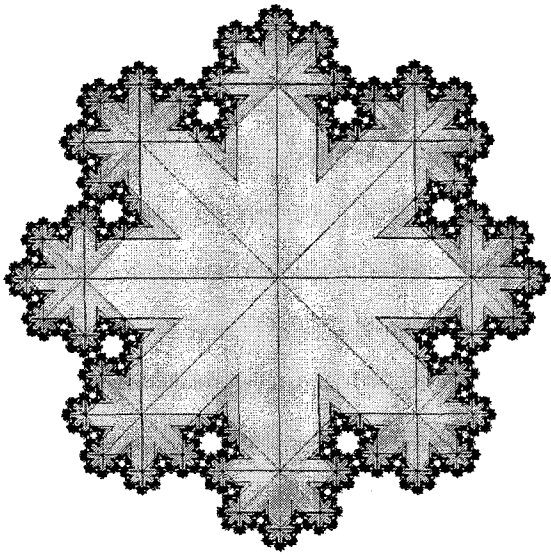
<http://www.tessellations.com>



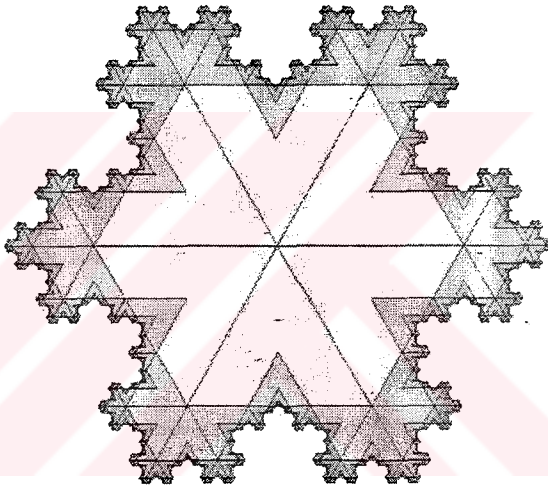
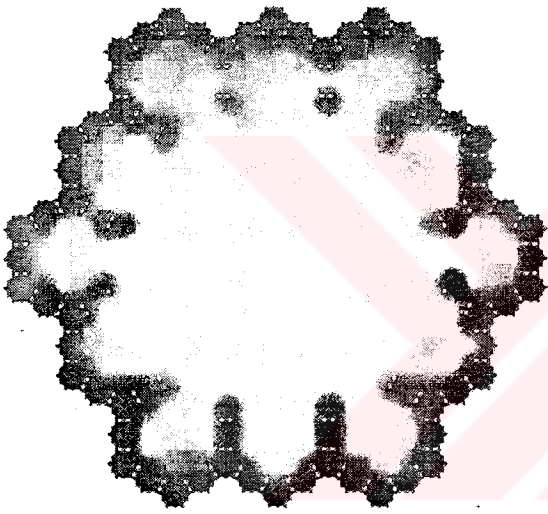
<http://www.tessellations.com>



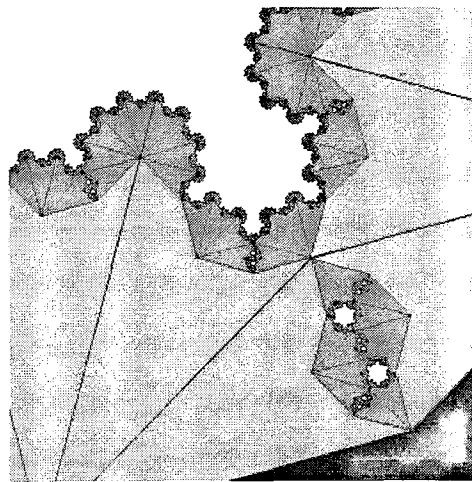
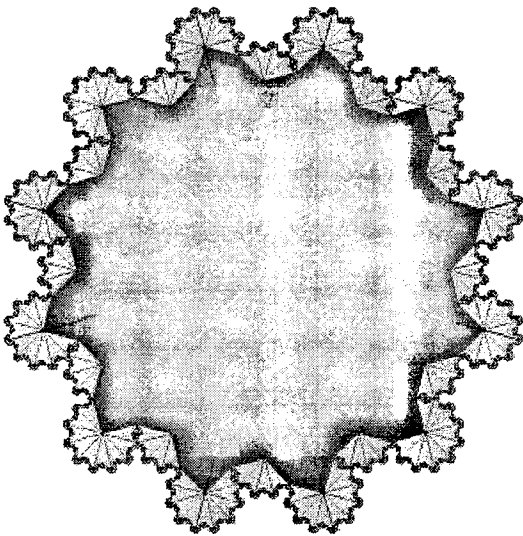
<http://www.tessellations.com>



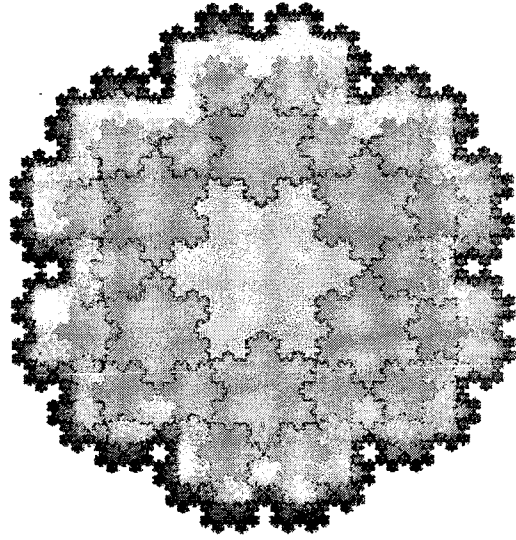
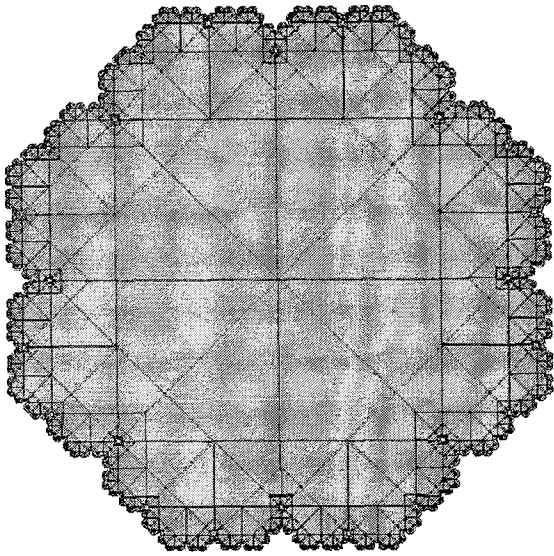
<http://www.tessellations.com>



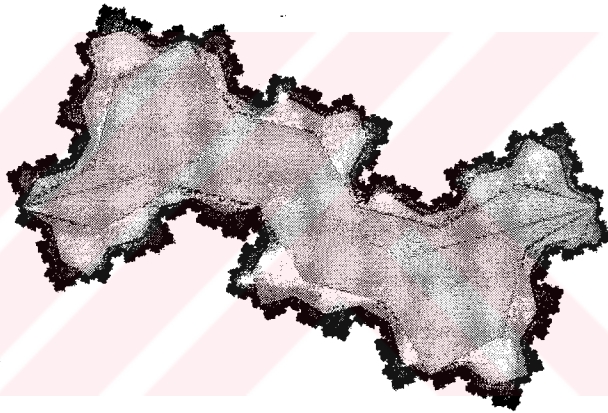
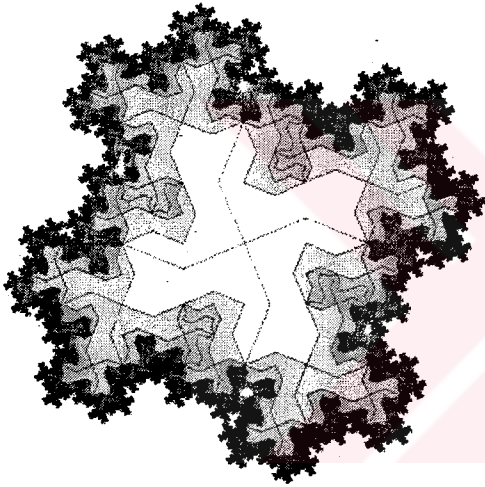
<http://www.tessellations.com>



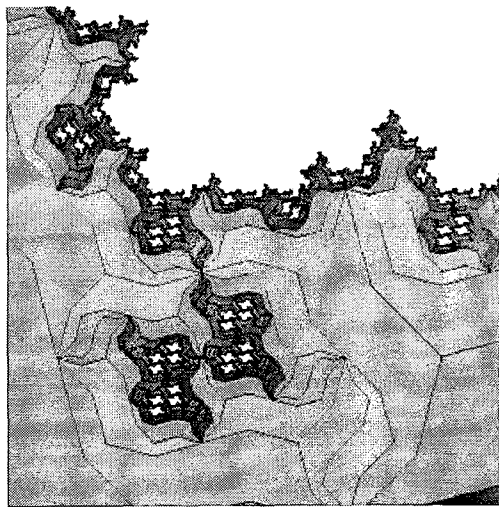
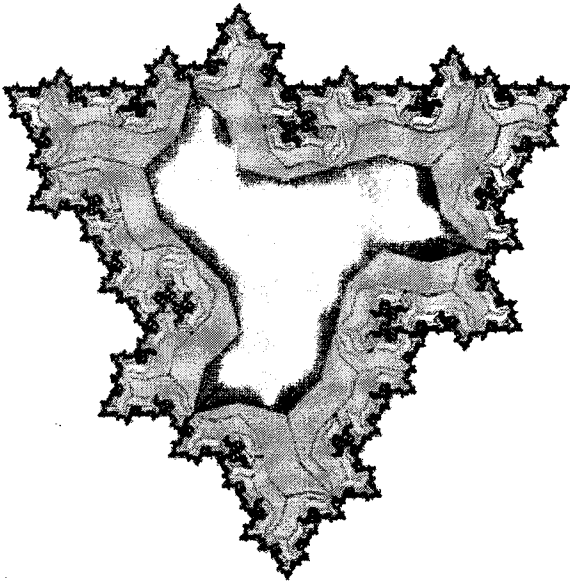
<http://www.tessellations.com>



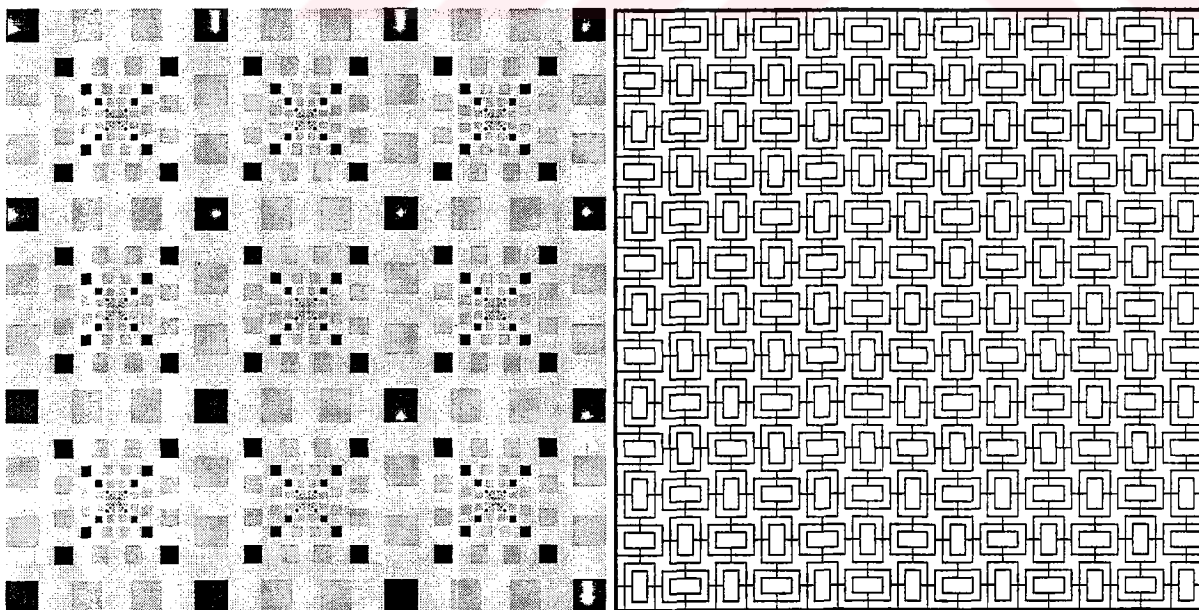
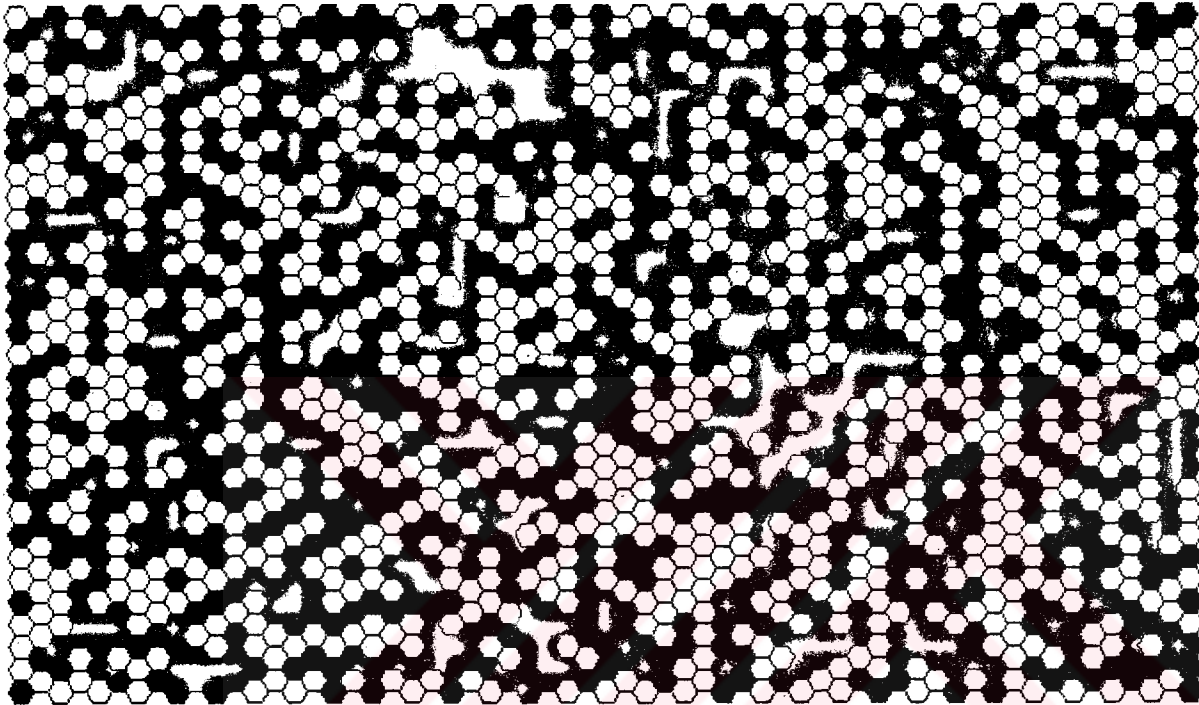
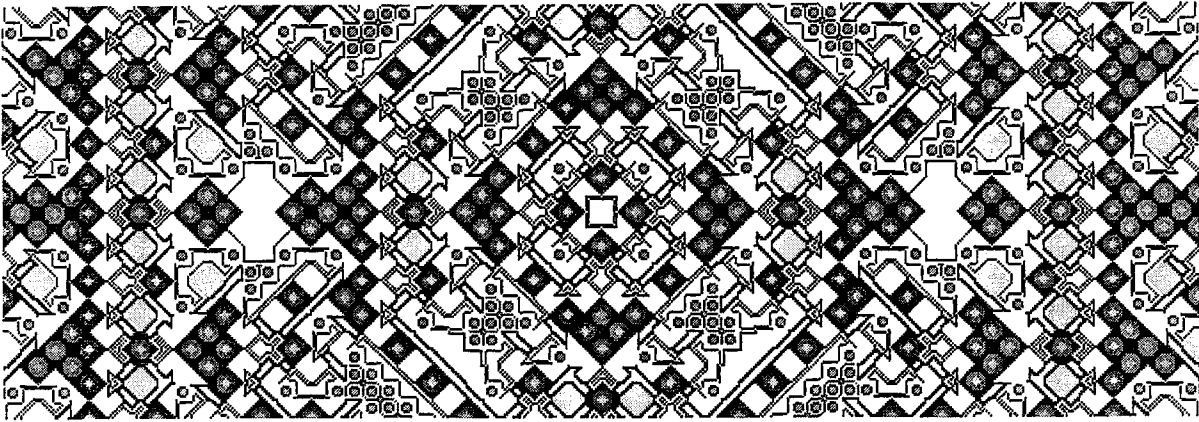
<http://www.tessellations.com>



<http://www.tessellations.com>

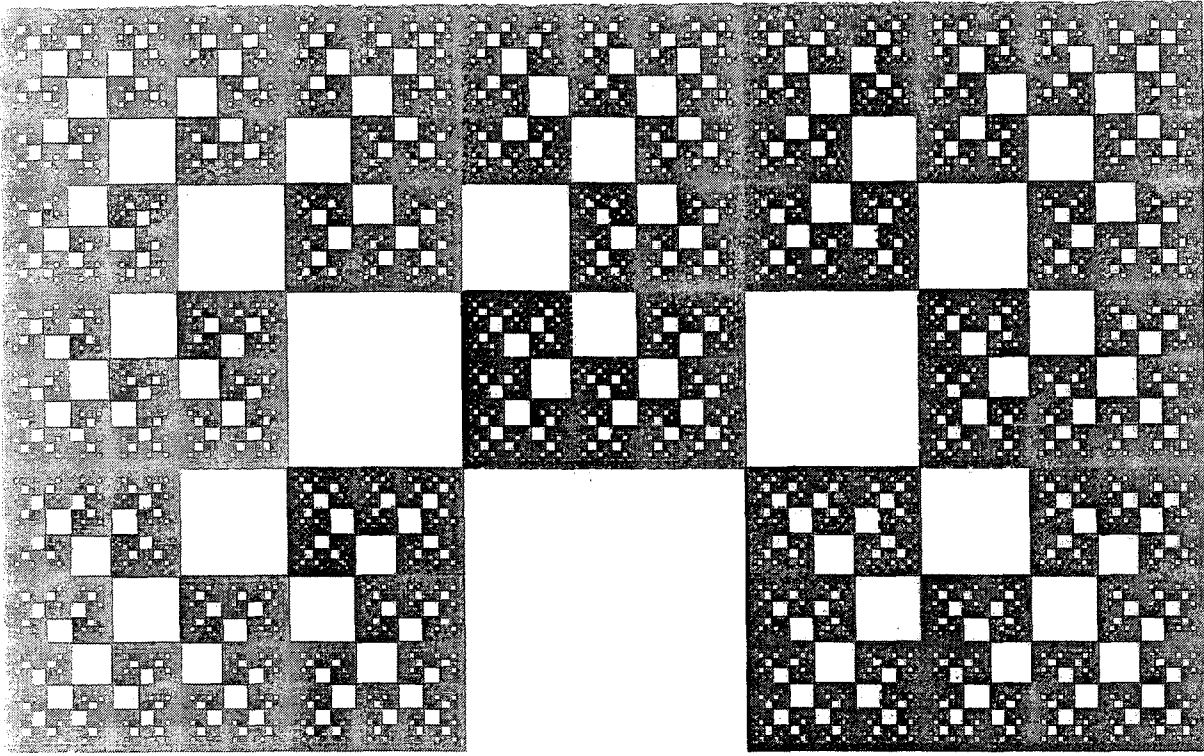


<http://www.tessellations.com>

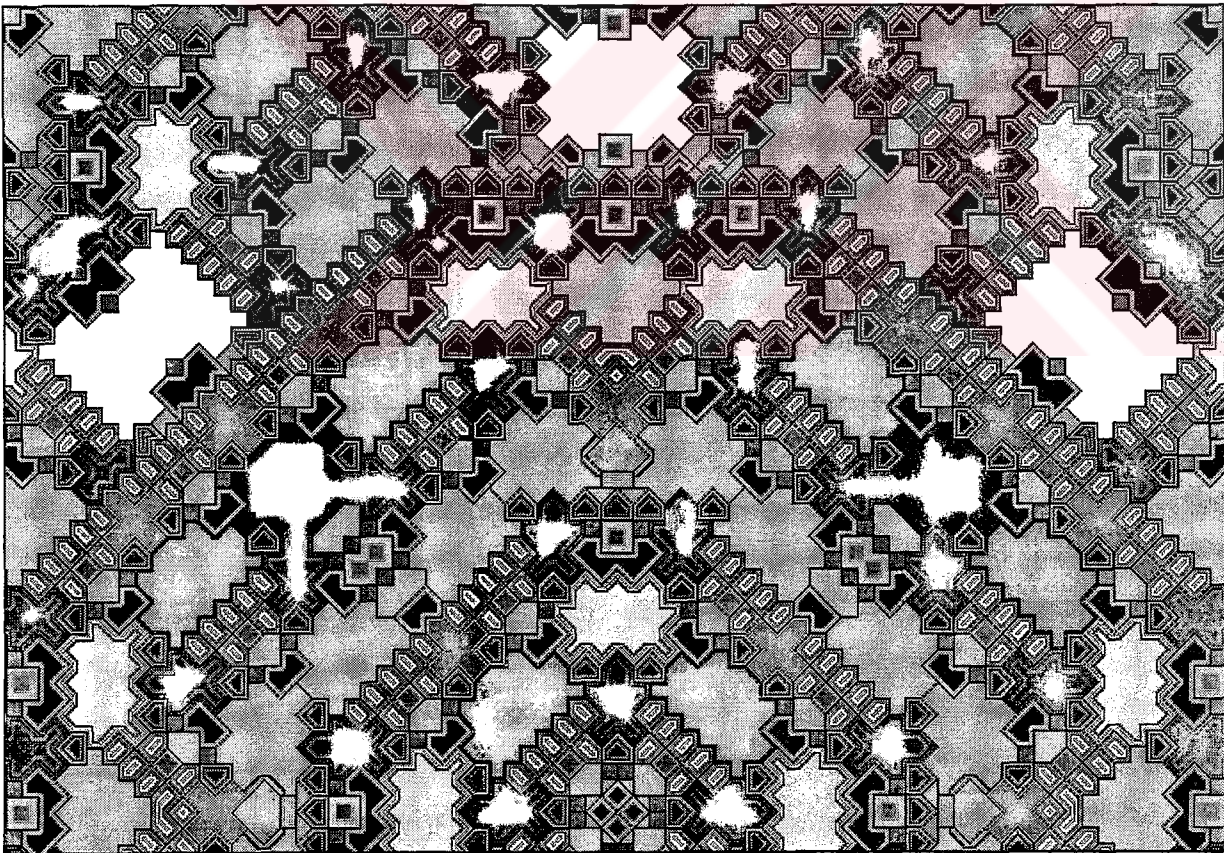


[http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles\\_zoom\\_squares.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles_zoom_squares.html)

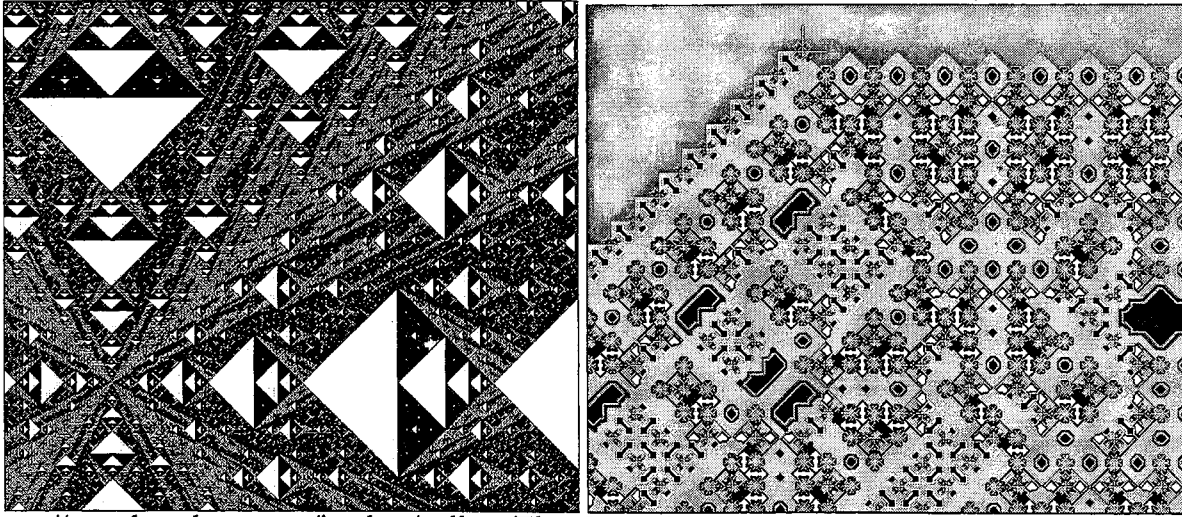
[http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles\\_14.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles_14.html)



<http://www.xs4all.nl/~wolter/frgs.html>

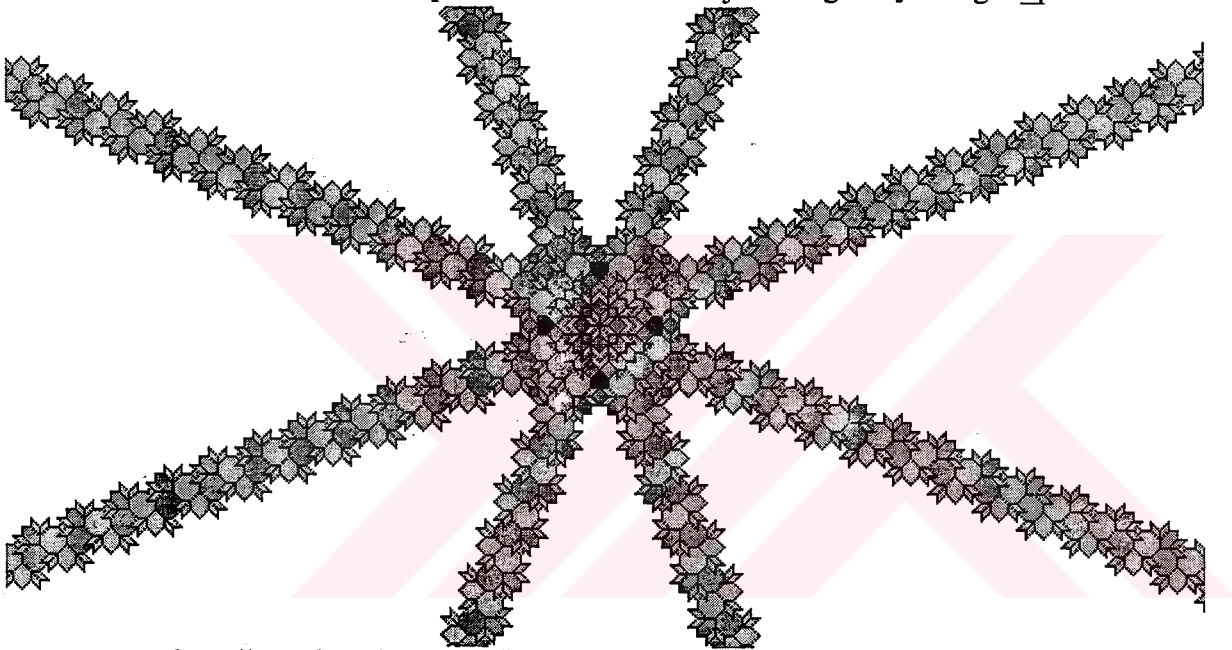


[http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon\\_detailed.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon_detailed.html)

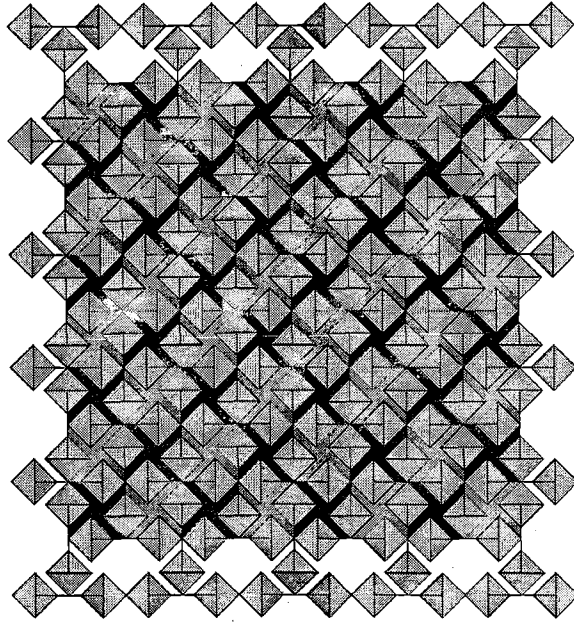
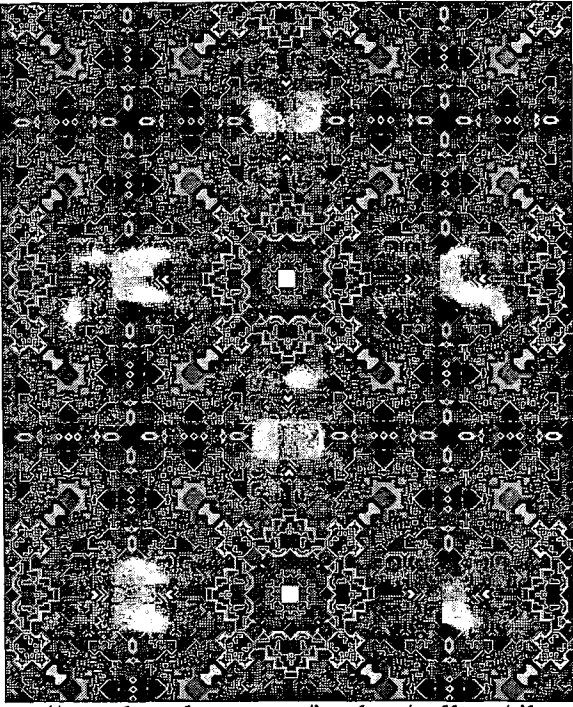


<http://members.home.net/jstokes/gallery/FlowScape.html>

[http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon\\_perfect2.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon_perfect2.html)

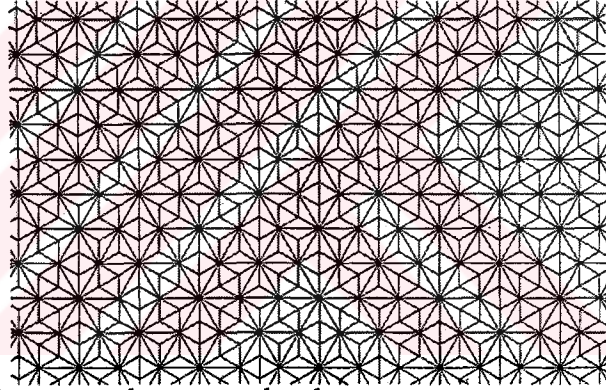
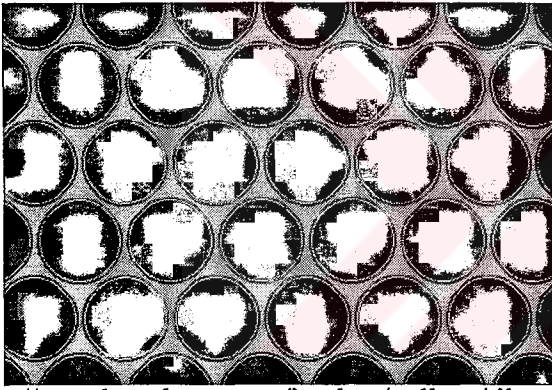


[http://members.home.net/jstokes/gallery/misc\\_flowering\\_rays.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/misc_flowering_rays.html)



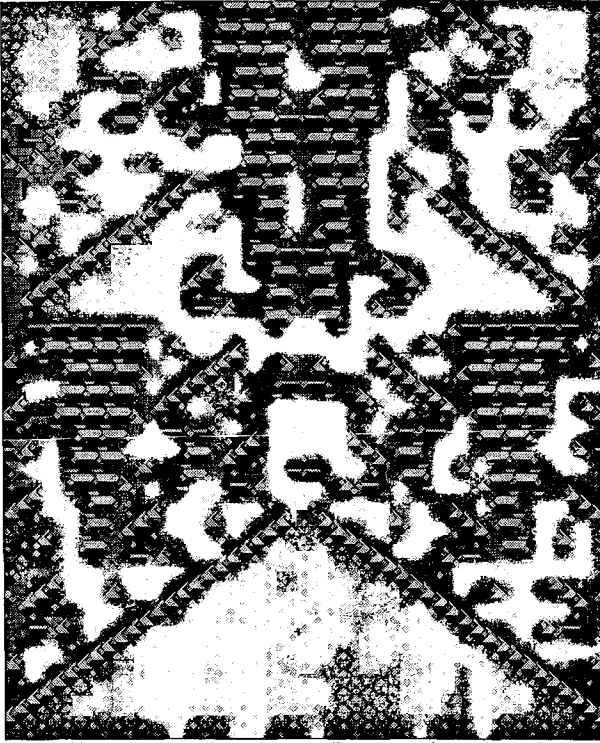
[http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles\\_octagon\\_basic.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles_octagon_basic.html)

[http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles\\_11.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles_11.html)

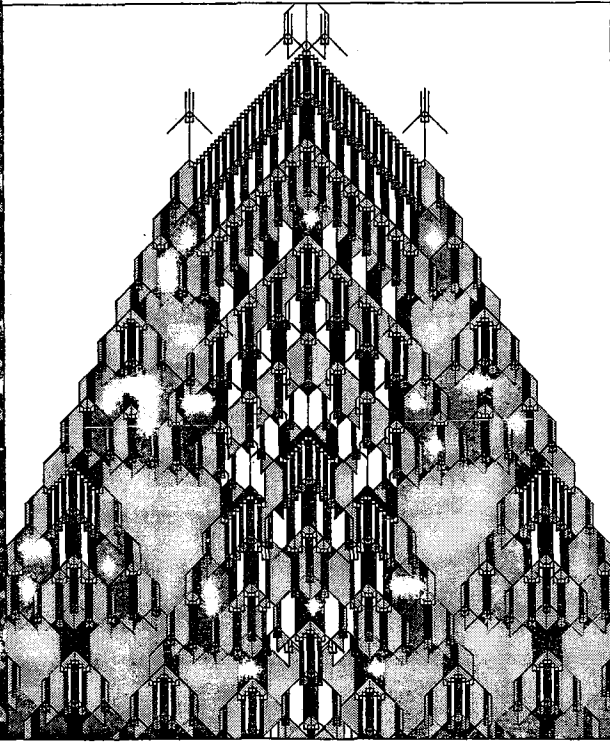


[http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles\\_honeycomb\\_squares.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/tiles_honeycomb_squares.html)

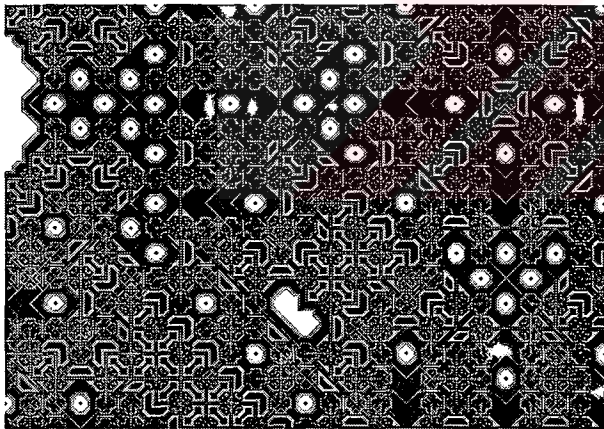
<http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/labtile/>



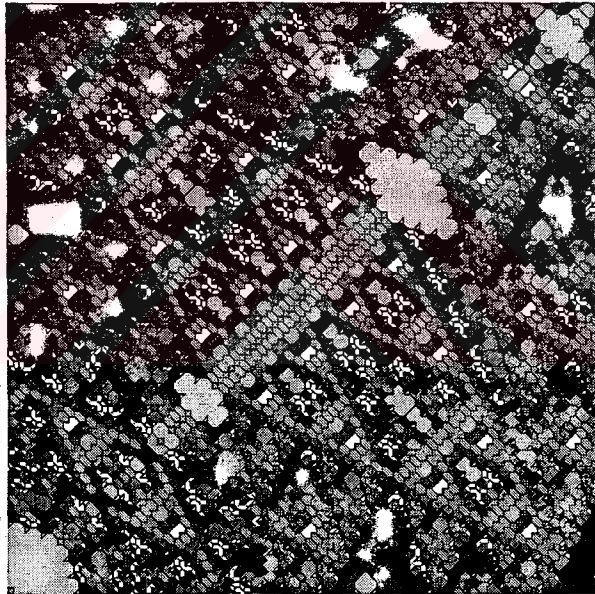
[http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy\\_maggot.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fantasy_maggot.html)



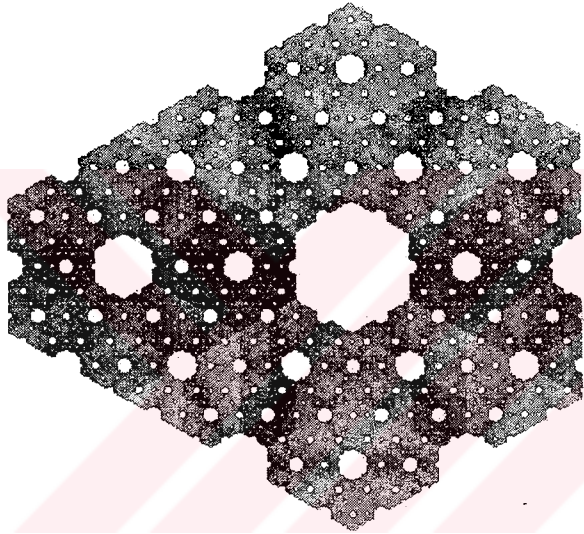
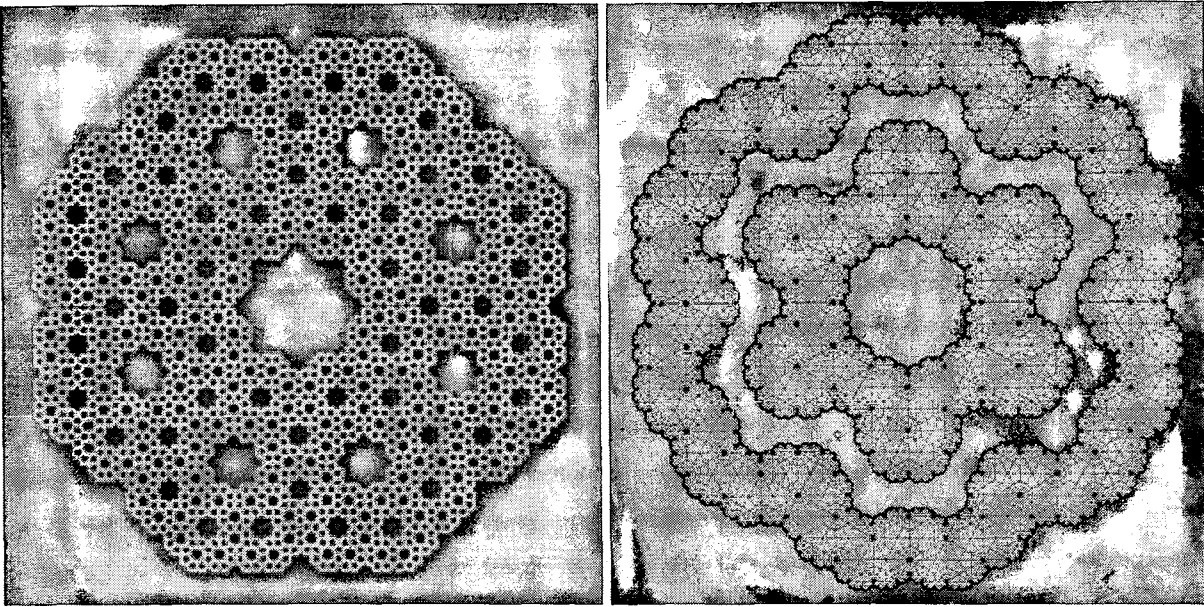
[http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal\\_spear.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/fractal_spear.html)



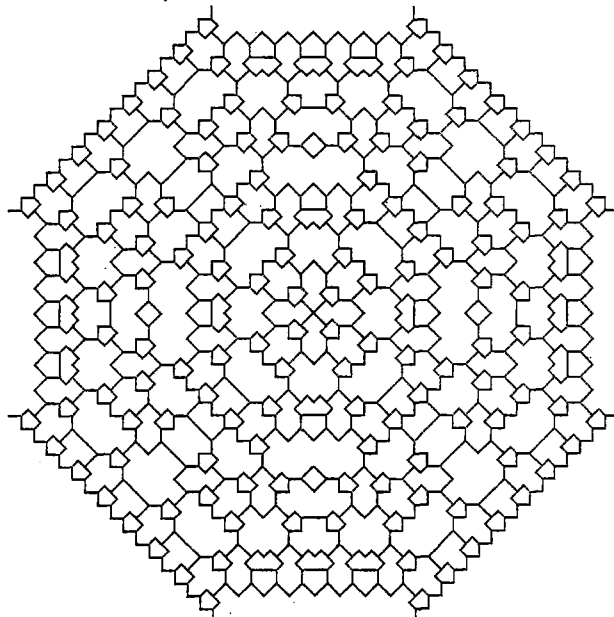
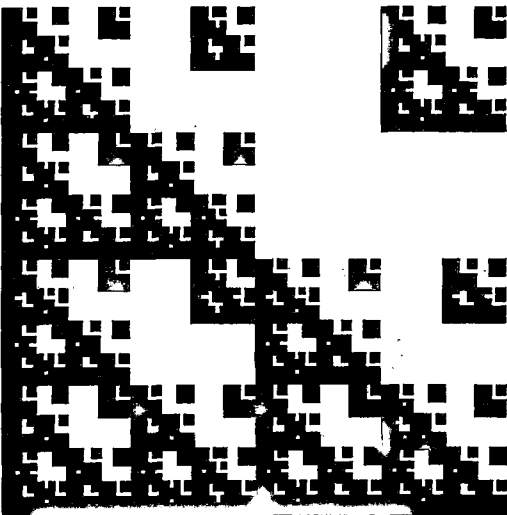
[http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon\\_perfect1.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon_perfect1.html)



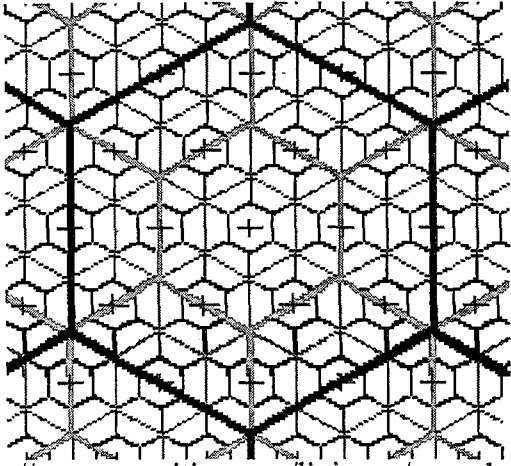
[http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon\\_diamonds.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon_diamonds.html)



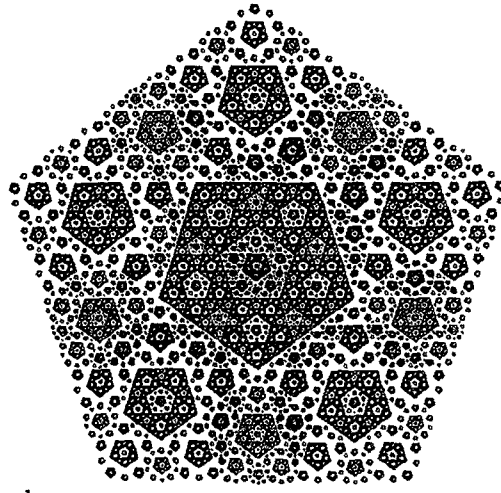
<http://www.xs4all.nl/~wolter/frvg.html>



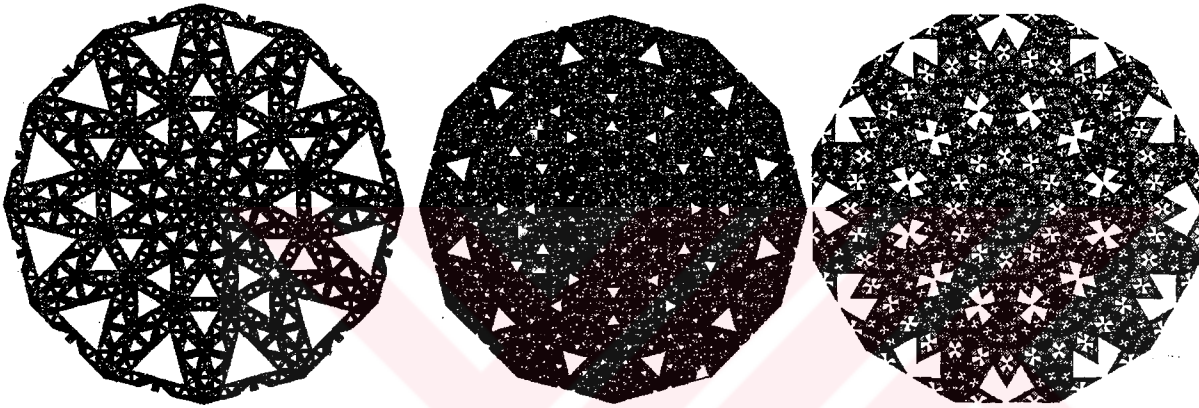
[http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon\\_basic.html](http://members.home.net/jstokes/gallery/octagon_basic.html)



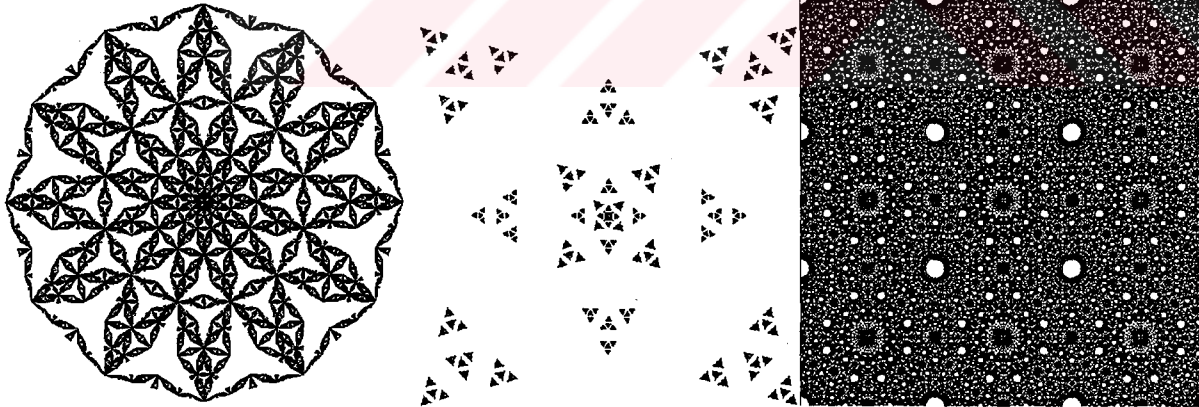
<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>



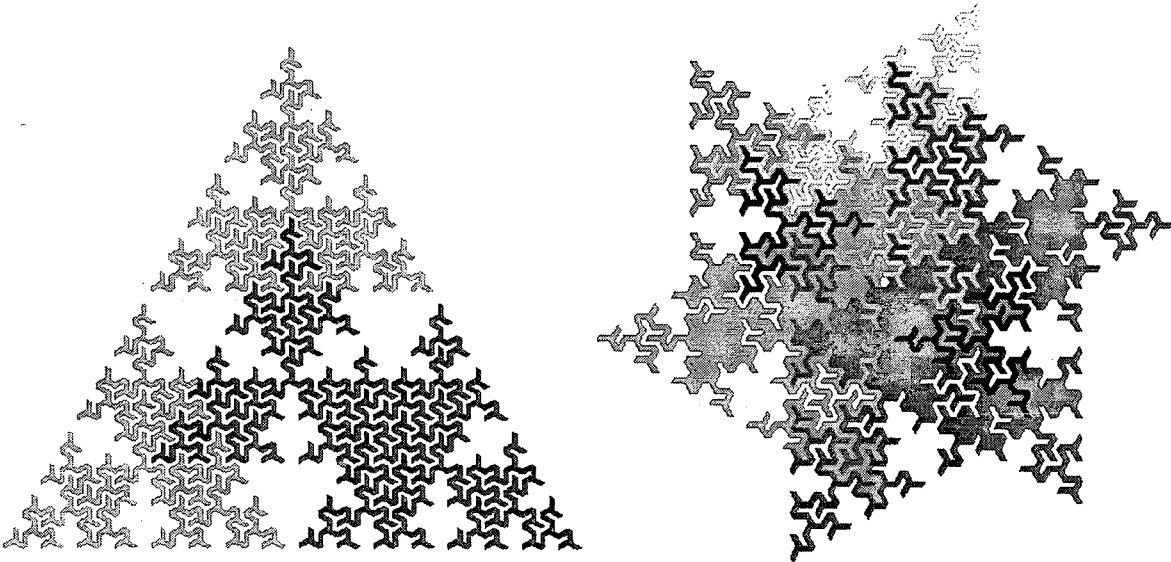
<http://comp.uark.edu/~cgstraus/foama/pentafoam.gif>



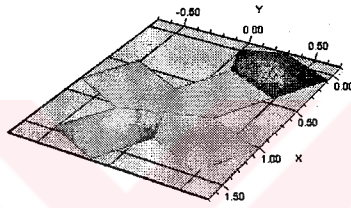
<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>



<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>

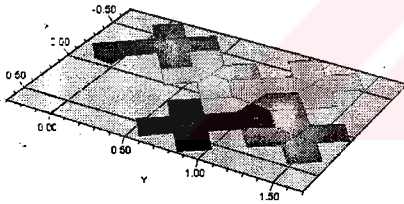


<http://www.ippi.com/rwg/rad2fill.htm>

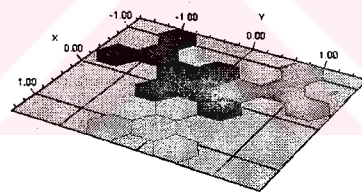


$-0.10 < X < 1.7$   
 $-0.70 < Y < 0.70$   
 $0.00 < Z < 4.00e-3$

<http://www.ippi.com/rwg/frac5.htm>

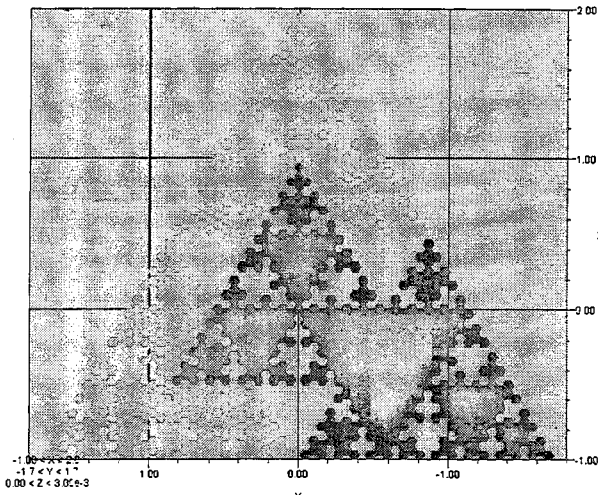


$-0.70 < X < 3.70$   
 $-0.25 < Y < 1.7$   
 $0.00 < Z < 4.00e-3$

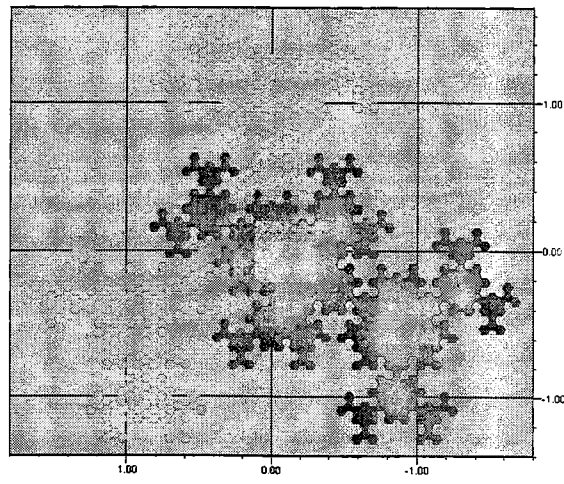


$-1.2 < X < 1.5$   
 $-1.5 < Y < 1.5$   
 $0.00 < Z < 3.00e-3$

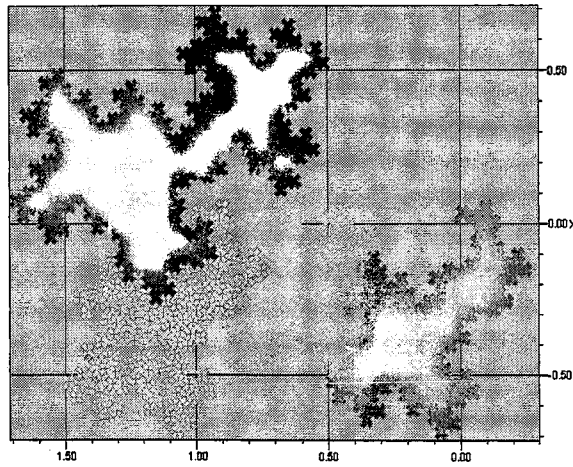
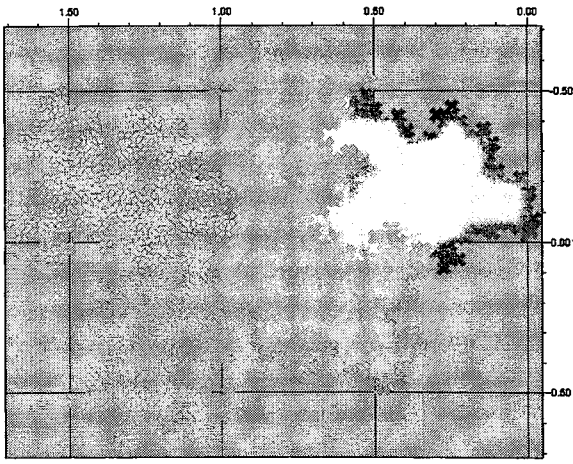
<http://www.ippi.com/rwg/frac5.htm>



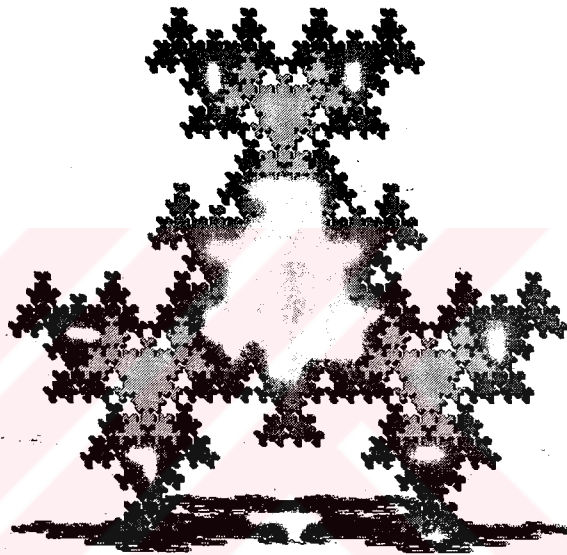
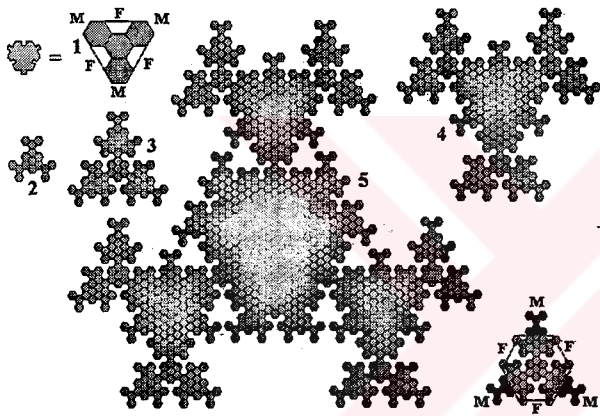
$-1.00 < X < 2.5$   
 $-1.7 < Y < 1.7$   
 $0.00 < Z < 3.00e-3$



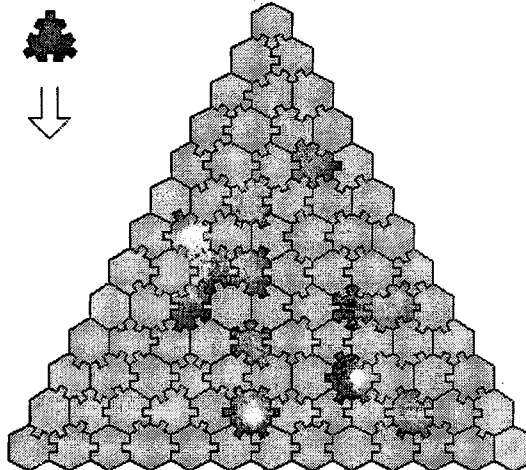
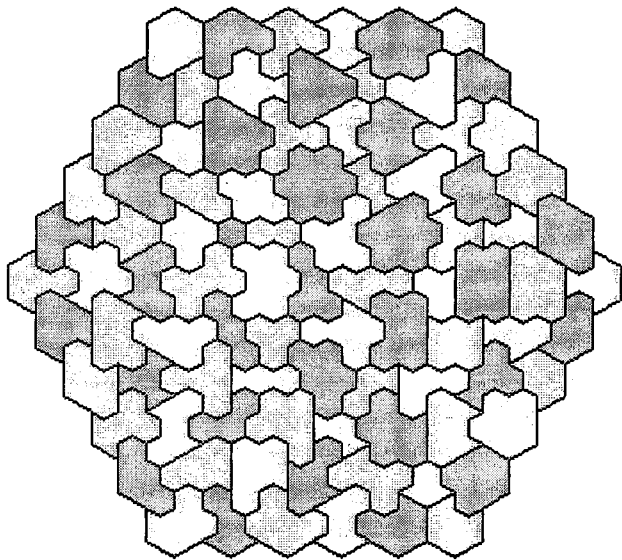
<http://www.ippi.com/rwg/rad2.htm>



<http://www.ippi.com/rwg/frac5.htm>

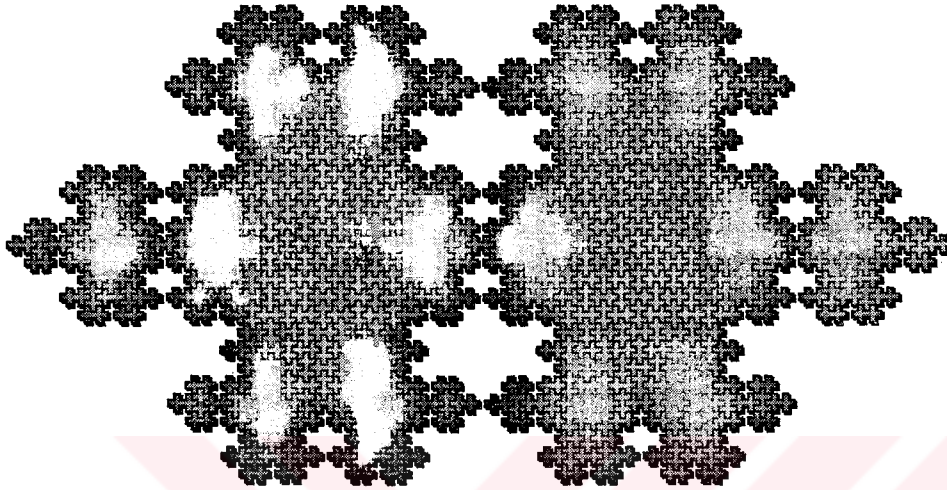
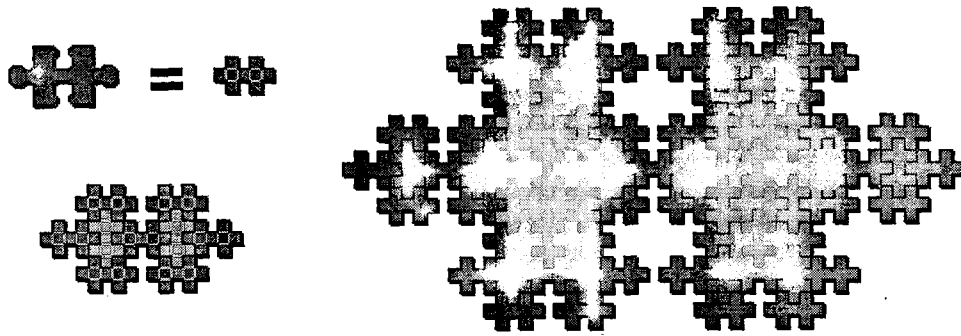


<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>

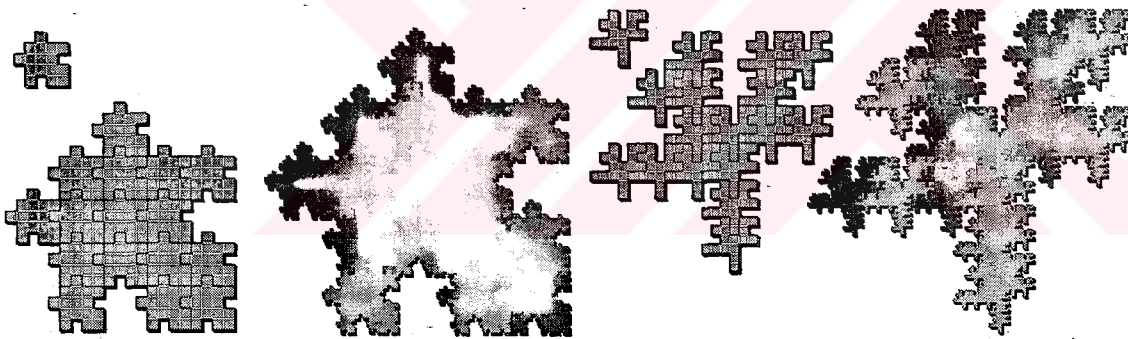


<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>

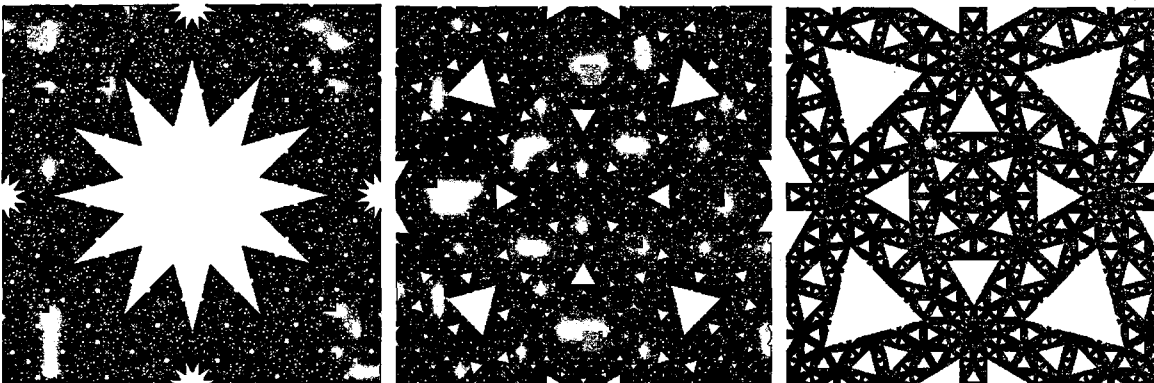




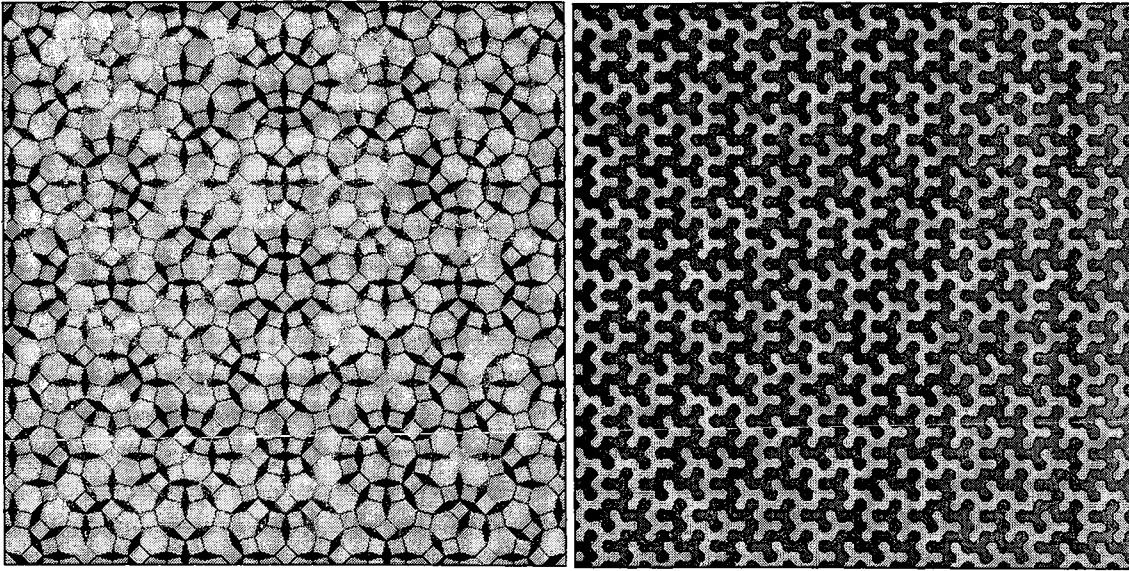
<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>



<http://www.geocities.com/liviozuc/reproduction.html>

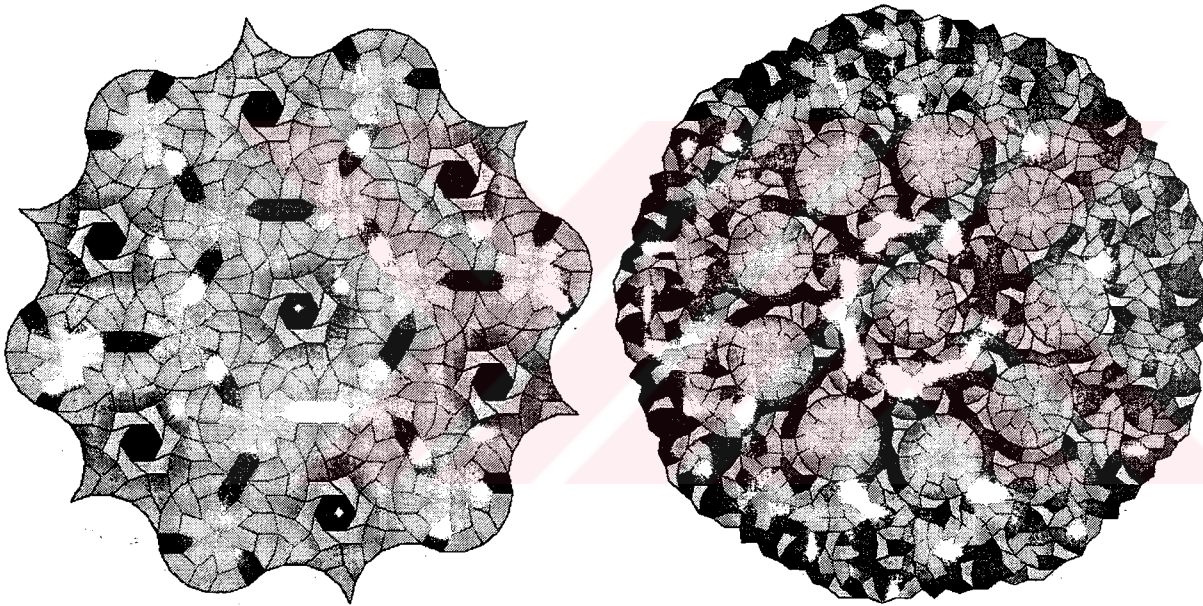


<http://ng.netgate.net/~millar/pblock/gallery.htm>

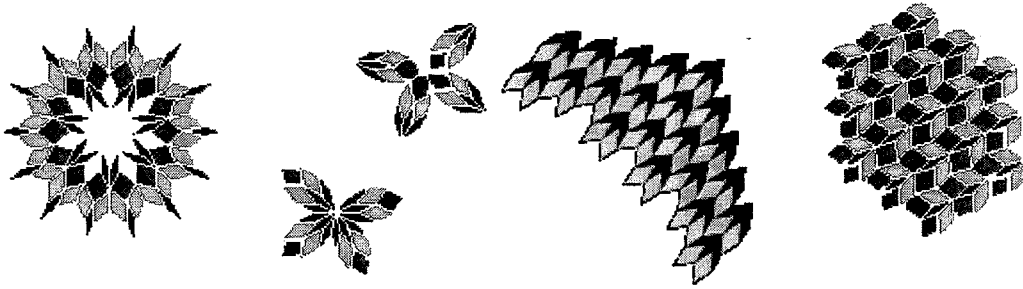


<http://www.itap.physik.uni-stuttgart.de/~gaehler/tilings/soc.html>

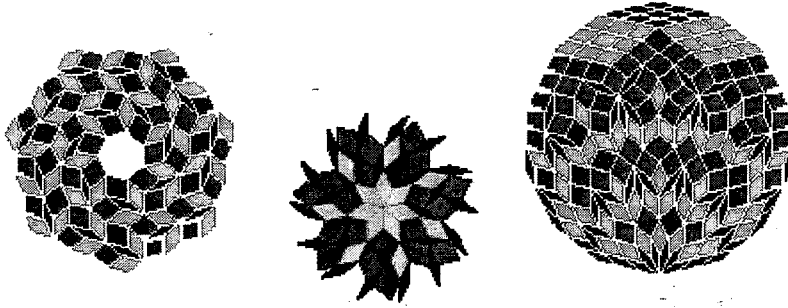
<http://www.itap.physik.uni-stuttgart.de/~gaehler/tilings/ostro.html>



<http://www.mathpuzzle.com/chaotile.html>



<http://www.fractiles.com/gallery.html>



<http://www.fractiles.com/gallery.html>



**TC YÜNEKÖÇMENLER KURULU**  
**DOĞU YÜNEKÖÇMENLER MERKEZİ**

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	28.07.1972	
Doğum yeri	Burdur	
Lise	1987-1990	G.h.k. Lisesi / Amasya
Lisans	1990-1996	Mimar Sinan Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
Yüksek Lisans	1996-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Tasarım Programı

**Çalıştığı Kurum(lar)**

1994-1996	IdeaNuova
1996-1996	Çinici Mimarlık
1996-1998	Yapı Bilgi İletişim Ltd. Şti
1999-D.E.	Üçgen İnşaat ve Ticaret A.Ş.