

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik Anabilim Dalı**

PARMAK İZİNİN FRAKTAL TEORİSİ

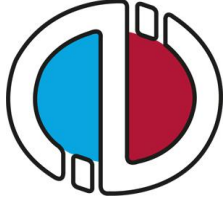
**Fatma AKPOLAT
Yüksek Lisans**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Figen UYSAL**

**Tez İkinci Danışmanı
Prof. Dr. H. Hilmi HACISALİHOĞLU**

BİLECİK, 2014

Ref. No: 10042797



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik Anabilim Dalı**

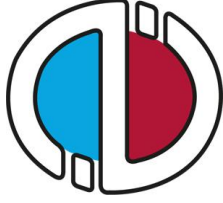
PARMAK İZİNİN FRAKTAL TEORİSİ

**Fatma AKPOLAT
Yüksek Lisans**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Figen UYSAL**

**Tez İkinci Danışmanı
Prof. Dr. H. Hilmi HACISALİHOĞLU**

BİLECİK, 2014



ANADOLU UNIVERSITY



**BILECIK SEYH EDEBALI
UNIVERSITY**

**Graduate School Of Sciences
Department of Mathematics**

THE FRACTAL THEORY OF FINGERPRINT

**Fatma AKPOLAT
Master's Thesis**

**Advisor
Asistant Prof. Dr. Figen UYSAL**

**Co-Advisor
Prof. Dr. H. Hilmi HACISALİHOĞLU**

BILECIK, 2014



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05/06/2014 tarih ve 25/2 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 27/06/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Fatma AKPOLAT'ın "Parmak İzinin Fraktal Teorisi" başlıklı tez çalışması Matematik Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Figen UYSAL

(TEZ DANIŞMANI)

ÜYE : Doç Dr. Sıddıka ÖZKALDI KARAKUŞ

ÜYE : Doç. Dr. Taner BÜYÜKKÖROĞLU

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada insan biyometrik yapısının en güvenilir özelliklerinden biri olan parmak izi ve parmak izi tanımada fraktal teorinin kullanılması incelenmektedir.

Öncelikle parmak izi tanımının tarihsel gelişimi üzerinde durulur ve bu süreç sonucunda elde edilen iki ana yöntemle parmak izi özellikleri çıkarılır. Bunlar küçük ayrıntı temelli ve desen temelli algoritmalarıdır. Bu algoritmalarından elde edilen özelliklerin fraktal olabilmesi için fraktal boyutunun hesaplanabilmesi gerekir. Yani uzayı kaplamada tamamen nasıl göründükleri istatistiksel olarak hesaplanır. Bu işlem için gerekli olan fraktal boyut hesaplama yöntemleri tanıtılır ve bazı minutiae (küçük ayrıntılar)'lerin boyut hesaplamaları yapılır. Ancak fraktal boyut çok küçük ayrıntıları belirtmediği için, tanımdan çok sınıflandırma için kullanılabilir.

Bunun ardından fraktal üretmek için, tekrarlayan fonksiyon sistemlerinin bir örneği olan kaos oyunu teorisi kullanılır ve parmak izine dayalı yeni fraktallar üretilir. Bu üretim için parmak yüzeyinde rastgele bir nokta ve dört tanımlı nokta seçilir. Bu noktaların parmak yüzeyinde 1 ve 0 olarak belirtilen siyah veya beyaz piksellere gelmesine bakılarak 5 farklı grup ve 16 durum oluşturulur. Kaos oyunu devreye sokularak yeni parametreler elde edilir.

Son olarak (0 , 1) aralığında, (0,02) hassasiyetle 50 çeşit oluşur ve 10 parametre hesaba katıldığında elde edilen sonuç parmak izinin uyumunu garanti eder. Bilgisayar üzerinde yapılan parmak izi eşleştirme sonuçları yöntemin %100 başarılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

Parmak izi, Fraktal Boyut, Minutiae (Küçük Ayrıntılar), Kaos Oyunu Teorisi.

ABSTRACT

In this study, fingerprint which is the most reliable property of the person's biometric structure and the using of fractal theory at identifying the fingerprint is examined.

First of all, it is pointed at the progress of history of identifying fingerprint and with the two main methods which are achieved from this process; the properties of fingerprint are extracted. These are minutiae based algorithm and pattern based algorithm. To make the properties acquired from the algorithms, fractal, it is necessary to calculate the fractal dimension. In other words, it is calculated statistically how they are seen completely, at the covering of space. For this operation, the necessary fractal dimension calculation methods are introduced and some minutiae dimension calculations are made. But fractal dimension don't make clear the smallest details, it is also used for classification not for identification.

After this point, to produce fractal, the chaos game theory which is example of iterated function systems is used and new fractals depended on the fingerprints are produced. For this production, one random point and four defined points are chosen at the finger surface. With looking at the black and white picseles coming at the finger surface; one and zero points; five different groups and sixteen positions are come into existence. New parametres are achieved with chaos game theory.

At the last, in the span of zero to one with the accuracy (0,02), fifty varieties occured and by having ten parameters, calculations is guaranteed unity of fingerprints. The results of the fingerprint matchings at the computer show that this method is % 100 succesfull.

Key Words:

Fingerprint, Fractal dimension, Minutiae, Chaos game theory.

TEŐEKKÖR

Bu alıőmanın gerekleőmesinde emeği geen değerli hocam Prof. Dr. H.Hilmi HACISALİHOĞLU'na, Yrd. Do. Dr. Figen UYSAL'a ve eğitim hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme teőekkÖrlerimi sunuyorum.

FATMA AKPOLAT

Mayıs, 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
GİRİŞ	1
1 . TEMEL KAVRAMLAR	2
2 . PARMAK İZİ	5
2.1.Parmak İzi ve Tarihçesi.....	5
2.2. Parmak İzi Tanıma Metotları.....	6
3 . FRAKTAL BOYUT	7
3.1. Fraktal Boyut Hesaplama Metotları.....	7
3.2. Parmak İzinde Yer Alan 7 Genel Minutiae Fraktal Boyutları.....	10
3.2.1 Sınırlama (Termination) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	11
3.2.2 Çatallama (Bifurcation) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	13
3.2.3 Göl (Lake) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	15
3.2.4 Bağımsız Sırt (Independent Ridge) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	17
3.2.5 Çıkıntı (Spur) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	19
3.2.6 Geçit (Crossover) İçin Kutu-Sayma Yöntemi.....	21
3.3. Fraktal Boyutla Parmak İzi Tanıma.....	23
3.4. Kaos Oyunu Teorisi.....	23

4	PARMAK İZİNE DAYALI YENİ FRAKTAL YAPMA.....	26
5	PARAMETRE ÇIKARMA.....	29
6	UYGULAMA.....	31
7	SONUÇLAR.....	33
	KAYNAKLAR.....	34
	ÖZGEÇMİŞ.....	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 4.1	Farklı durumdaki noktaların kategorilenmesi.....27
Tablo 6.1	Arama ve özellikleri çıkarma süresi sonuçları.....32

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1	En genel minutiae çeşitleri.....2
Şekil 1.2	Henry'nin parmak izi sınıflandırması.....3
Şekil 1.3	Farid fraktalı.....4
Şekil 3.1	Boyutu 1.58 olan şapka.....7
Şekil 3.1.1	Kutu-sayma metodu ile fraktal boyut hesaplanması.....10
Şekil 3.2.1	Sınırlama için boyut hesaplamaları.....11
Şekil 3.2.2	Sınırlama için fraktal boyut.....12
Şekil 3.2.3	Çatallanma için boyut hesaplamaları.....13
Şekil 3.2.4	Çatallanma için fraktal boyut.....14
Şekil 3.2.5	Göl için boyut hesaplamaları.....15
Şekil 3.2.6	Göl için fraktal boyut.....16
Şekil 3.2.7	Bağımsız sırt için boyut hesaplamaları.....17
Şekil 3.2.8	Bağımsız sırt için fraktal boyut.....18
Şekil 3.2.9	Çıkıntı için boyut hesaplamaları.....19
Şekil 3.2.10	Çıkıntı için fraktal boyut.....20
Şekil 3.2.11	Geçit için boyut hesaplamaları.....21
Şekil 3.2.12	Geçit için fraktal boyut.....22
Şekil 3.4.1	Kaos oyununda ilk adım.....24
Şekil 3.4.2	Kaos oyunu.....24
Şekil 3.4.3	Sierpinski üçgenini de üreten kaos oyun mekanizması.....25
Şekil 4.1	Rastgele seçilen noktaya dayalı yardımcı dört noktanın pozisyonları.....26
Şekil 4.2	Tablo 1'de beş kategoride yer alan beş nokta.....28
Şekil 4.3	Dört parmak izinden üretilen dört fraktal.....28
Şekil 5.1	Bir parmak izi için farklı ölçeklerle hesaplanan beş parametrenin beş bağımsız spektrumu.....30
Şekil 6.1(a)	Ön işleme öncesi.....31
Şekil 6.1(b)	Ön işleme sonrası.....31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$N(r_i)$	Kutu-sayma yönteminde kullanılan kare sayısı
r_i	Karelerin kenar uzunluğu
$A, B, \dots, X_1, X_2 \dots$	Kaos oyunu için seçilen noktalar
PBA	Desen Temelli Algoritma
FEST	Özellik çıkarma ve kayıt süresi
ST	Arama süresi (600 örnekte)
log-log yaklaşımı	$\log N(r_i), \log 1/r_i$ kullanılarak elde edilen d eğimli doğru ile boyutun bulunması
$y = dx$	Eğimi d olan doğru denklemi

GİRİŞ

Bilimin son derece ilerlediği, binlerce byte bilginin bir pirinç tanesi büyüklüğünde yongalara depolanabildiği günümüzde, tıbbi, teknolojik, adli ve daha birçok alanda sorunların çözülmesinde, birçok kişiselleştirmenin gerçekleştirilmesinde insan biyometrik yapısında yer alan parmak izi, ses, iris gibi özellikler kullanılır. İnsanlar sesleriyle, parmak izleriyle gözlerindeki irisin tanımlanmasıyla uzak mesafelerden işlerini yönetir.

Bu çalışmada, doğumdan önce cenin halindeyken son şeklini alan, kalıcı bir rahatsızlık olması dışında hiçbir zaman değişmeyen, elde edilmesi oldukça kolay ve güvenilirliği kesin olan, parmak izinin yapısı ve tarihi gelişim süreci incelenir. Fraktal geometri anlamında nasıl ifade edildiği gösterilir. Bazı parmak izi yapılarının boyut hesapları yapılır ve parmak izi tanımada yeni ve hızlı bir teknik üretmek amacıyla kaos oyunu teorisi kullanılır (Jampour vd. , 2010).

Kaos oyunu teorisiyle, varsayılan parmak izi üzerinden yeni fraktallar üretilir ve tanımaya elverişli yeni parametreler çıkarılır. Kaos oyunu belli hassasiyetlerle çok kez tekrarlandığında parmak izi spektrumları oluşur. Bu spektrumlar verilen mekanizmayla parmak izini tanıır. Bu yapılan işlem tam başarı sağlar, hatta % 20 si silik parmak izinde bile tam başarı sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada, insan tanımada otomatik sistemlerin etkinliği ve sistemin hızındaki artış amaçlanır ve sağlanır. Sistem birçok alanda sınıflandırma, sıkıştırma, teknik analizlerde kullanılabilir.








1. TEMEL KAVRAMLAR

Günümüzde bir sorun olarak bilinen tanıma, insanlarda bu amaç için kullanılan imza, yüz, ses, iris, parmak izi gibi insanın biyometrik özellikleri ile oldukça ilgilidir (Jain vd. ,2008).

Kuşkusuz, insanın biyometrik yapısına dayalı en basit ve en güvenilir insan tanıma metodu, yüzyılı aşkın süredir kullanılan, değişmezliği ve etkinliğiyle parmak izidir. Parmak izine dayalı tanıma işi bireyleri tanımada popüler metotlardan biridir. Mekanizmasının kolaylığı bu popülerliğin sebebidir.

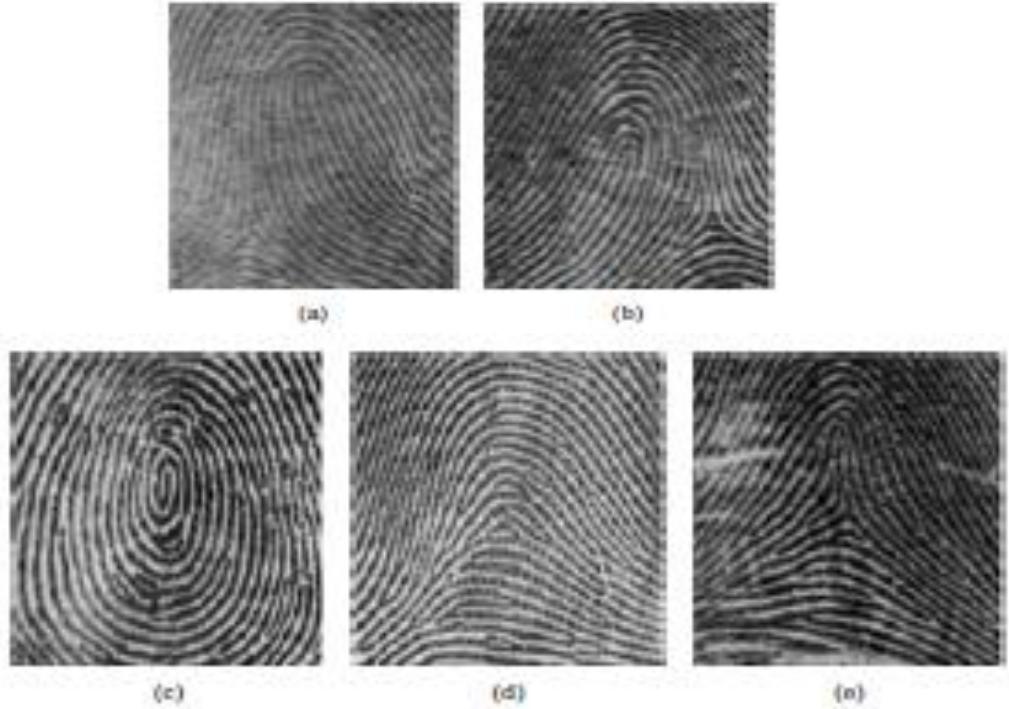
Francis Galton (Galton, 1982) ve Edward Henry (Henry,1900) parmak izine dayalı tanımayı çalışan ilk insanlardır. Galton çalışmalarını parmak izinin özellikleri üzerine yoğunlaştırmış ve parmak izinin bazı özelliklerinin tanımlanmasını sağlamıştır.

Bunlara **minutiae** (küçük ayrıntılar) demiştir. Bu özelliklerin bazıları Şekil1.1’de gösterilmiştir.

	Sınırlama (Termination)
	Çatallanma (Bifurcation)
	Göl (Lake)
	Bağımsız sırt (Independent ridge)
	Nokta veya Ada (Point or island)
	Çıkıntı (Spur)
	Geçit (Crossover)

Şekil 1.1. En genel minutiae çeşitleri (Jampour vd. , 2010).

Galton’dan farklı olarak Henry parmak izinin genel yapısını incelemiş ve parmak izini beş kategoride sınıflandırmıştır. Bu iki çalışma yüzyıl sonra bile araştırmalarda kullanılacak kadar derin ve açıktır.



Şekil 1.2. Henry'nin parmak izi sınıflandırması: (a) Sağa döngü; (b) Sola döngü; (c) Sarmal; (d) Kemer; (e) Çadır (Jampour vd. , 2010).

Henry bu sınıfları sağa döngü (right loop), sola döngü (left loop), sarmal(whorl), kemer (arch), çadır (tented arch) olarak adlandırmıştır.

Geniş çalışmalardan sonra mekanik ve otomatik parmak izi belirleme konusunda 1969'da FBI yetkilendirilmiştir. FBI'a bugün çeşitli ajanslardan günlük 20000'den fazla parmak izi gelmektedir. Bunun ardından görev **National Institute of Standards and Technology (NIST)**'ye verilmiştir.

Konuyla ilgili yapılan diğer bazı çalışmalara Maltoni (Maltoni vd. ,2003) örnek gösterilebilir. Maltoni ve ekibi, Galton'un tanıttığı Minutiae (küçük ayrıntılar)'e dayalı tekniklere bağlı, parmak izinin temel özelliklerini çalışmıştır ve bu özelliklerin yardımı ile tanımayı gerçekleştirmiştir.

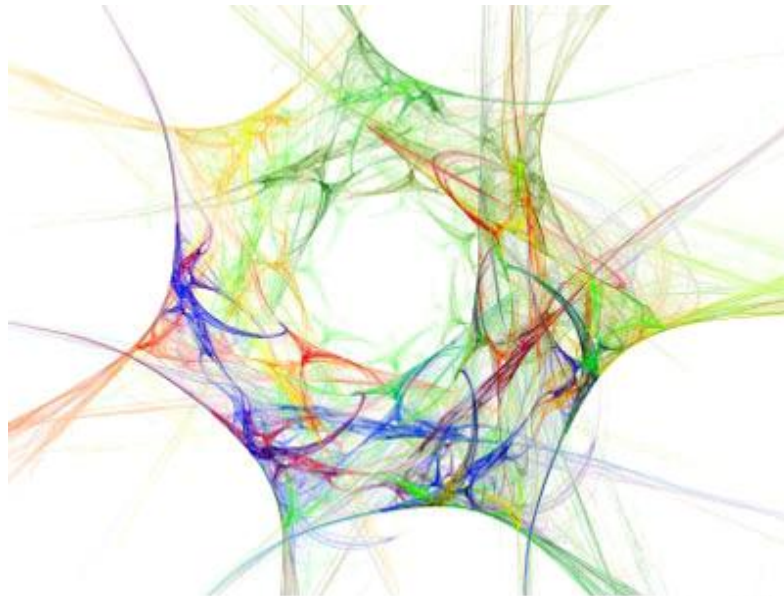
Polikarpova (Polikarpova, 1996) tarafından sunulan başka bir çalışmada parmak izi fraktal görünümü ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada fraktal metot kimlik tanıma için kullanılmaktadır.

2007'de Karki (Karki ve Sethu, 2007) meslektaşının yardımıyla yayımladığı makalede, Maltoni gibi minutiaeyi analiz ederek ve popüler metotların geliştirilmesiyle parmak izine dayalı tanımayı çalışmıştır.

Fraktal boyut, bir fraktalın uzayı tamamen kaplamada nasıl görüldüğünü belirten istatistiksel bir niceliktir. Aynı zamanda verilen bir nesnenin fraktal boyutunun hesaplanabilmesi demek, bu nesnenin fraktal olduğunun ispat edilmesi demektir. Fraktallar yaklaştıkça daha ince ayrıntılı olarak görünürler.

Bir matematiksel tanım olarak, boyutla ilgili birçok tanımın temelinde δ değeri ile ölçümlendirme fikrinin olduğu söylenmelidir.

Her δ için, δ 'a küçük düzensizlikleri göz ardı ederek, bir cins ölçeriz ve $\delta \rightarrow 0$ 'a bu cinsin nasıl davrandığını görürüz. Örneğin F eğer bir yüzey eğrisi ise, bizim ölçümümüz $M(\delta(F))$; ölçüm için gerekli adımların sayısı veya mesafe veya δ uzunluğundan yararlanarak F 'yi örten olmalıdır.



Şekil 1.3. Farid fraktalı (Jampour vd. , 2010).

2. PARMAK İZİ

Parmakların son eklemi ve uç kısmındaki kıvrımların meydana getirdiği girinti ve çıkıntılar **parmak izi** olarak isimlendirilir. Anne karnında son şeklini alır, kalıcı bir hasar olmadıkça hiçbir zaman değişmez. Bugün şahıs tespitinde çok fazla kullanılan bir yöntemdir. Şimdiye dek insanlardan yaklaşık 70 milyonunun parmak izlerinin alındığını düşünürsek, “**hiçbir parmak izi birbirine benzemez**” yargısını matematiksel olarak doğrulayacak sayıda örnek bulunduğu kesinlikle söylenebilir. Aynı yumurta ikizlerinin bile parmak izleri birbirine benzemez (Onur, 2002).

İlmi araştırmalar parmak izinin kimlik tespitinde kesin delil olduğunu göstermiştir. İnsanların parmak izleri kesinlikle birbirlerinin aynısı olmadığından, parmak izi suçlunun tespitinde çok önemli bir delil olmaktadır. Kişinin parmak kıvrımları yaşlanması ile değişmez ve kaybolmaz. Kolay ve ucuz bir metot olduğu için parmak izi bugün de hüviyet tespitinde oldukça sık kullanılmaktadır.

2.1 Parmak İzi ve Tarihçesi

Modern manada parmak izi tespiti ve parmak izinden faydalanma konusunda ilk adım 1880'de atılmıştır. Bu tarihte Henry Faulds ve Wiliam James Herschel (Faulds, 1880) adlı iki İngiliz bilgini, **Nature** adlı bir ilmi mecmuada parmak izi hakkında makale yazmışlardır. Bu bilginler önceleri pişmiş çömlleklerdeki parmak izleriyle ve matbaa mürekkebiyle parmak izi alma metoduyla uğraşmışlardır. Bugün kullanılan parmak izi alma metodu da aynı esasa dayanır.

Benzer bir parmak izi usulünü de Vucetich (Encyclopedia.com, 2005) geliştirmiştir. Bu bilginse dört temel parmak izi kabul etmiştir: **Yay**, **iç ilmik** (sola yatık ilmik), **dış ilmik** (sağa yatık ilmik) ve **demet**.

Henry ve Vucetich dışında da bazı bilginler parmak izi konusunda çalışmışlarsa da bunlar bir iki ülke tarafından kabul edilmiştir. Henry ve Vucetich'in sistemi ise, dünyanın birçok ülkesi tarafından kabul edilmiştir. Bu sisteme göre parmak izinde, beş genel biçim kabul edilmiştir.

Parmak izi için bu beş temel biçim: **Yay**, **fitilli yay**, **radyal ilmik**, **uhnar ilmik** ve **demettir**. Bu biçimler genel olarak A,T,R,U,W harfleriyle ifade edilir.

Parmak izi konusunda daha sonra çalışan Galton (Galton, 1892) da, kalıtım yolu ile geçen parmak izi olmadığını açıklamıştır. Her insanın parmak izinin birbirinden farklı olduğunu kaydetmiştir.

Galton'un çalışmalarına dayalı olarak; her parmak izinin bazı özellikleri vardır ki bu özellikler parmak izlerinin çeşitli örneklerinde farklıdır. Bu yapılar minutiae olarak isimlendirilir ve her parmak izinde ortalama 50-80 arasında özellik yer alır (Jampour, 2009; Jampour vd. , 2009; Chikkerur vd. ,2006).

Core (çekirdek) , **Delta** (çatalağız), **Bifurcation** (çatallanma), **Ridge** (sırt), **Crossover** (geçit), ve **Island** (ada) bu yapılardandır.

2.2 Parmak İzi Tanıma Metotları

Parmak izi kimlik tanıma metotları çoğunlukla iki ana gruba ayrılır (Guo, 2005; Zhou ve Jinwei, 2004; Nanni ve Lumini, 2008).

- 1) **Minutiae Based Algorithm;** (Minutiae Temelli Algoritma)
- 2) **Pattern Based Algorithm;** PBA(Desen Temelli Algoritma)

Birinci tip bir parmak izi, bir ön işleme evresi ile işleme için hazır hale gelir. Ardından bu parmak izinin özellikleri diğer parmak izlerinin özellikleri ile karşılaştırılır.

PBA (Pattern Based Method)'da ise parmak izi örneğinin modeli diğer örneklerle karşılaştırılır, uygunluk seviyesi hesaplanır ve bu temelle bir karar alınır.

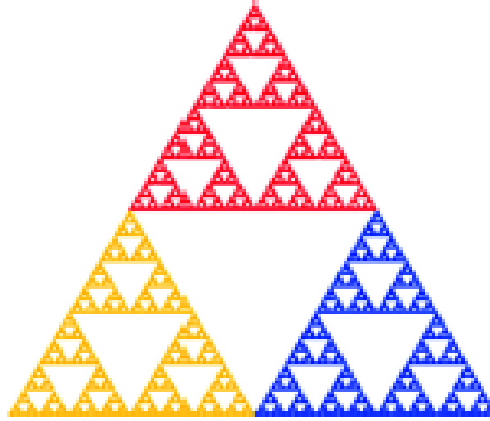
3. FRAKTAL BOYUT

1975'in ilk yarısında Mandelbrot fraktal terimini tanıtmıştır ve aşağıdaki özelliklere sahip nesnelerin bu özelliklerinden bahsetmiştir (Mandelbrot, 1977; Mandelbrot, 1999).

- 1) Self-Similarity (Kendine benzerlik)
- 2) Iterative formation (Tekrarlı oluşum)
- 3) Fractional dimension (Kesirli boyut)

Bu özellikler fraktal nesnenin bileşenlerinin, bu nesnenin bütünüyle aynı olduğu anlamına gelir ve asıl önemlisi tekrarlayan işlemlerle üretilmektedir. Fraktal nesnelerin boyutu hesaplandığında (1 boyutlu doğruyu veya 2 boyutlu tabakayı göz ardı ettiğimizde), boyutlarının ondalıklı sayılar olduğu görülür. Şekil 3.1, Sierpinski şapkası olarak bilinen 1,58 boyutuna sahip diğer bir fraktalı göstermektedir.

Fraktal boyut, bir fraktalın uzayı kaplamada tamamen nasıl görüldüğünü belirten istatistiksel bir niceliktir. Yaklaştıkça daha iyi ölçülerde görünür.



Şekil 3.1 Boyutu 1.58 olan şapka (Jampour vd. , 2010).

3.1 Fraktal Boyut Hesaplama Metotları

1977'de Mandelbrot fraktal boyutla ilgili bir tanım vermiştir (Kigami, 2001). Fraktallar, şekillerin düzensiz geometrik yapılarını ve tüm ölçülerde benzer görünen katı yapıları açıklar.

Etrafımızdaki karmaşık yapıları birçok nesnenin uzunluk, alan veya hacim ölçümlerinin yaygın yöntemlerle yapılması imkansızdır.

Ancak bunların geometrik özelliklerini ölçmek mümkündür. Dolayısıyla bu cins boyutun uzunluk (alan, hacim) artış tahmini ile değerlendirilmesi için bir yöntem elde edilir.

Bu yöntemin ana tezi iki temel niceliktir. Biri uzunluk, alan, hacim ölçüleri diğeri ölçümdeki doğruluk seviyesidir. Bunlar kendi taraflarından değiştirilemez. Daha doğrusu fraktal boyut ölçüm imkanını sağlayan bir yolla değiştirilebilirler. Bu görünüm aslında fraktal boyut hesaplanmasında gizlenmiş temel fikirle aynıdır.

Aşağıdakiler fraktal boyut hesaplamalarında kullanılan önemli bazı yöntemlerdir (Barsney, 1988).

- 1) Kutu-Sayma Yöntemi
- 2) Hausdorff Yöntemi
- 3) Kutulama Yöntemi
- 4) Renyi Yöntemi
- 5) Korelasyon (ortak bağ) Yöntemi

Kutu sayma yönteminde önerilen fraktal , benzer kutulara bölünür ve bu iş birkaç kez tekrarlanır örneğin nesne sabit kenar uzunluğu r olan karelerle örtülür ve kaç tane kare kullanıldığı $N(r)$ ile gösterilir. $N(r)$ nin r 'ye nasıl bağlı olduğuna bakmak yöntemi sağlar. Nesne bir doğru parçası gibi 1 boyutlu ise $N(r) = \frac{1}{r}$ olmasını beklenir.

Burada r yerine $\frac{1}{r}$ alınması gerekir çünkü kareler küçüldükçe objeyi örtmek için daha çok kareye ihtiyaç vardır. Eğer nesne içi dolu bir kare ise parça sayısının $N(r) = \left(\frac{1}{r}\right)^2$ olması beklenir.

Daha karmaşık şekiller için $N(r)$ ile $\frac{1}{r}$ arasındaki ilişki açık olmayabilir. Eğer $N(r)$ 'nin yaklaşık olarak $\left(\frac{1}{r}\right)^d$ olacağı tahmin edilirse, $N(r) = \left(\frac{1}{r}\right)^d$ 'nin logaritması alınarak $\log N(r) = \log \left(\frac{1}{r}\right)^d$ eşitliği elde edilir, bu eşitlik aynı zamanda $\log N(r) = d \log \frac{1}{r}$ 'ye eşittir.

Buradan,

$$d = \lim_{i \rightarrow 0} \frac{\log(N(r_i))}{\log\left(\frac{1}{r_i}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

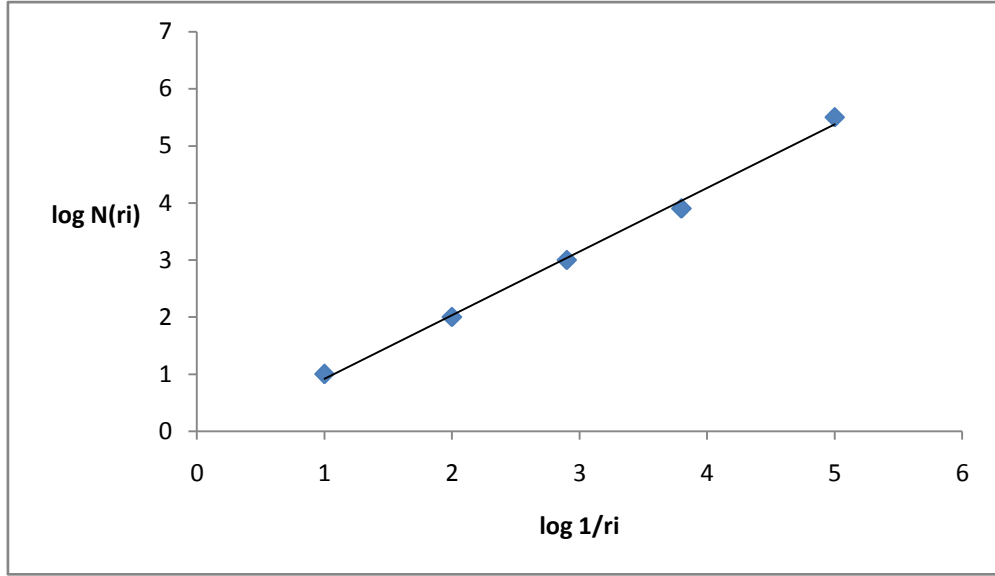
elde edilir.

Eğer bu limit varsa d ilgili nesnenin kutu-sayma boyutudur. Bu limit değerini görmek yavaş olabilir. Buna alternatif olarak $\underbrace{\log N(r)}_y = d \underbrace{\log\left(\frac{1}{r}\right)}_x$ ifadesi, eğimi d olan bir doğrunun denklemidir. Yani $\log N(r)$ karşısında $\log\left(\frac{1}{r}\right)$ işaretlendiğinde, elde edilen noktalar, eğimi d olan bir doğru üzerinde olur. Bu metot boyutu bulmada **log-log yaklaşımı** adını alır (Hacısalıhoğlu, 2005).

- $(\log(1/r_0), \log(N(r_0)))$
- $(\log(1/r_1), \log(N(r_1)))$
- $(\log(1/r_2), \log(N(r_2)))$
- $(\log(1/r_3), \log(N(r_3)))$
- .
- .
- .

Noktaları seçildiğinde, eğimi belli olan bir doğru üzerinde buldukları görülür. Bu doğrunun eğimi seçilen nesnenin fraktal boyutu olarak kabul edilir.

Şekil 3.1.1 , kutu-sayma metodu ile fraktal boyut hesaplanmasının prosedürünü göstermektedir.

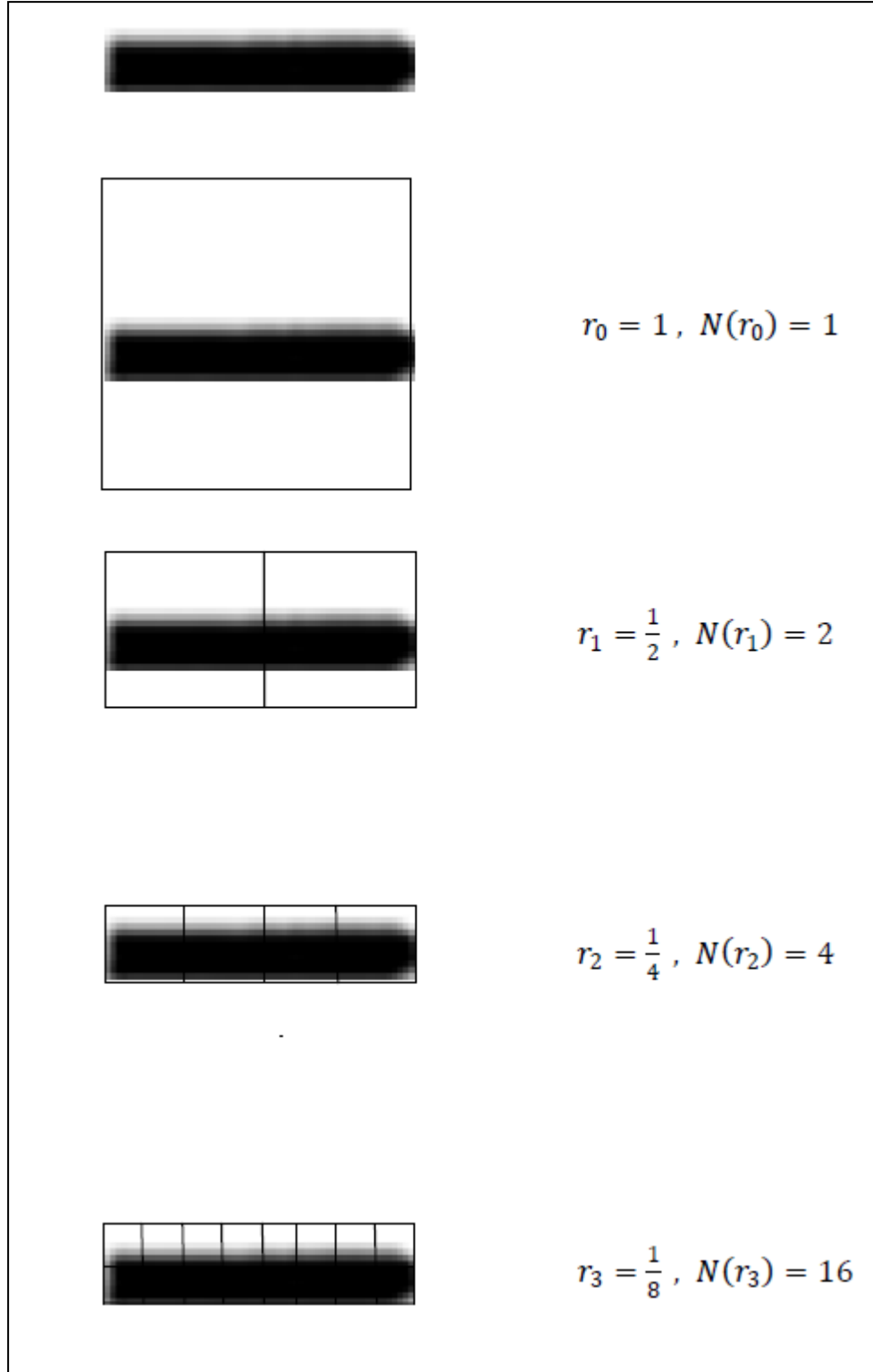


Şekil 3.1.1 Kutu-sayma metodu ile fraktal boyut hesaplanması.

3.2 Parmak İzinde Yer Alan 7 Genel Minutiae Fraktal Boyutları

Galton'nun parmak izi tanımlanmasında ortaya çıkardığı minutiae'lerden yedi tanesi makale içerisinde yer alır. Bunlardan altısı; sınırlama, çatallanma, göl, bağımsız sırt, çıkıntı ve geçittir. Bu yapıların fraktal olduklarını ispat etmek amacıyla, kutu-sayma yöntemi kullanılarak fraktal boyutları hesaplanır. Nokta veya ada olarak nitelendirdiğimiz yapıninsa fraktal boyutu incelenmez. Bir noktanın boyutu yoktur, uzunluğu, genişliği hatta yüksekliği de yoktur. Ne kadar büyük çizilirse çizilsin boyutu sıfırdır.

3.2.1 Sınırlama (Termination) için kutu-sayma yöntemi



Şekil 3.2.1 Sınırlama için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.1'den elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

$$r_1 = \frac{1}{2}, N\left(\frac{1}{2}\right) = 2$$

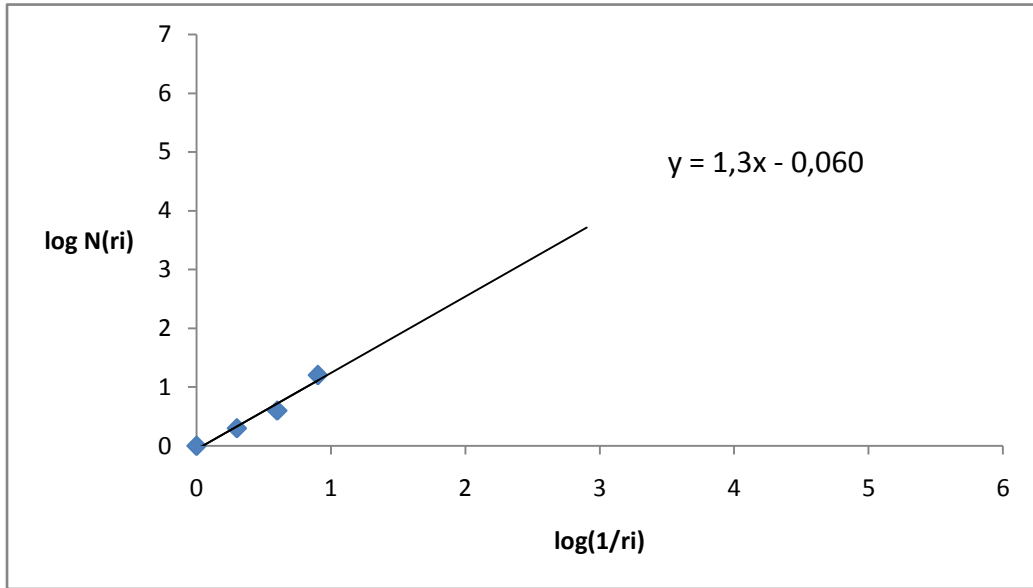
$$r_2 = \frac{1}{4}, N\left(\frac{1}{4}\right) = 4$$

$$r_3 = \frac{1}{8}, N\left(\frac{1}{8}\right) = 16$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve

$(\log 1, \log 1), (\log 2, \log 2), (\log 4, \log 4), (\log 8, \log 16), \dots$ noktaları elde edilir.

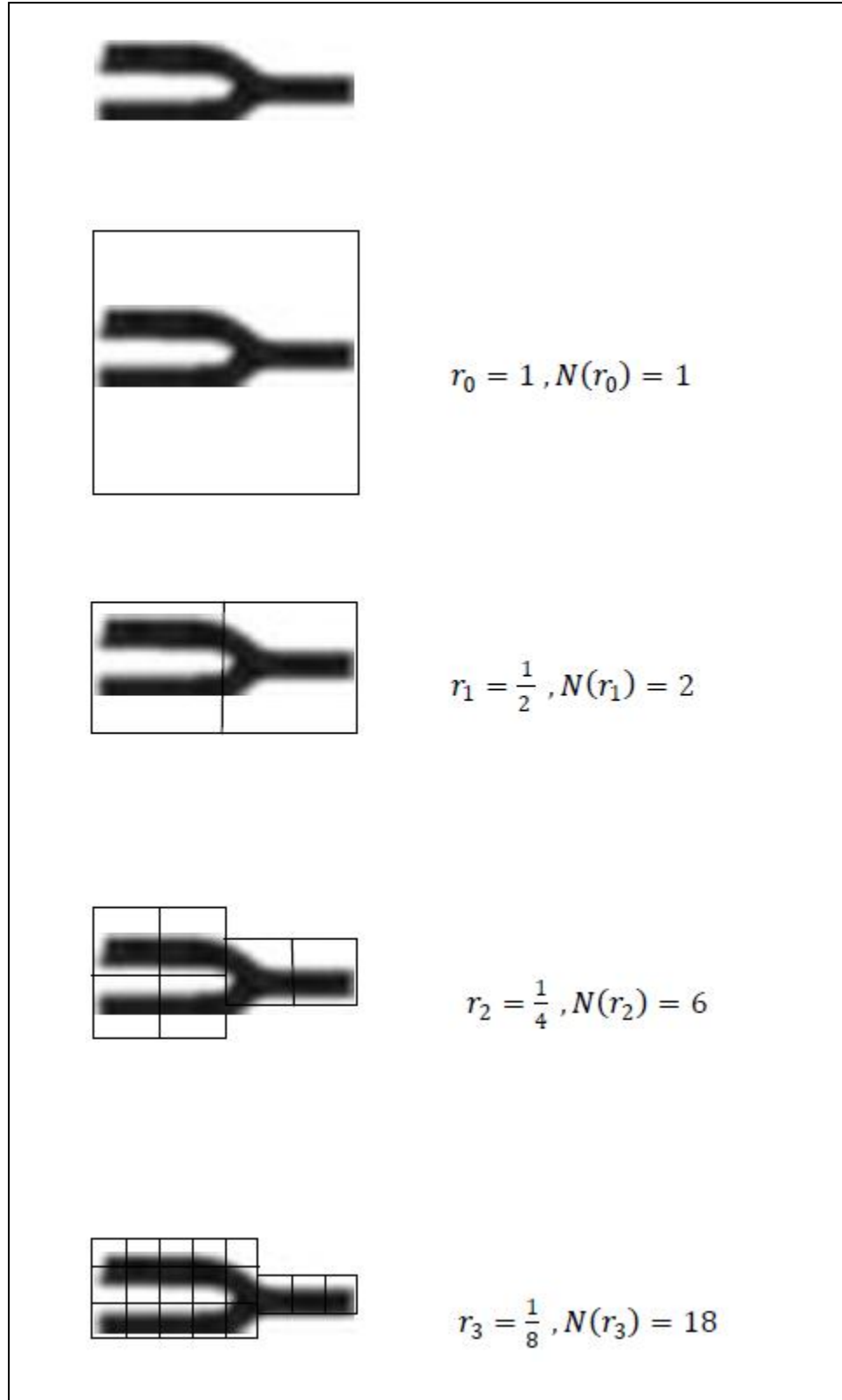
Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,3 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.2 Sınırlama için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden sınırlamanın fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.2.2.Çatallanma (Bifurcation) için kutu-sayma yöntemi



Şekil 3.2.3 Çatallanma için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.3'ten elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

$$r_1 = \frac{1}{2}, N\left(\frac{1}{2}\right) = 2$$

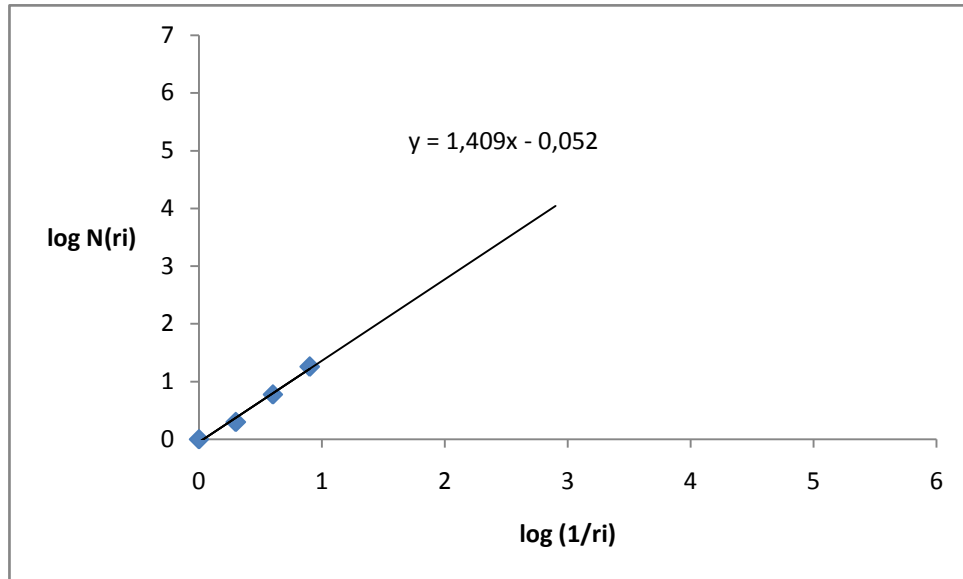
$$r_2 = \frac{1}{4}, N\left(\frac{1}{4}\right) = 6$$

$$r_3 = \frac{1}{8}, N\left(\frac{1}{8}\right) = 18$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve

$(\log 1, \log 1), (\log 2, \log 2), (\log 4, \log 6), (\log 8, \log 18), \dots$ noktaları elde edilir.

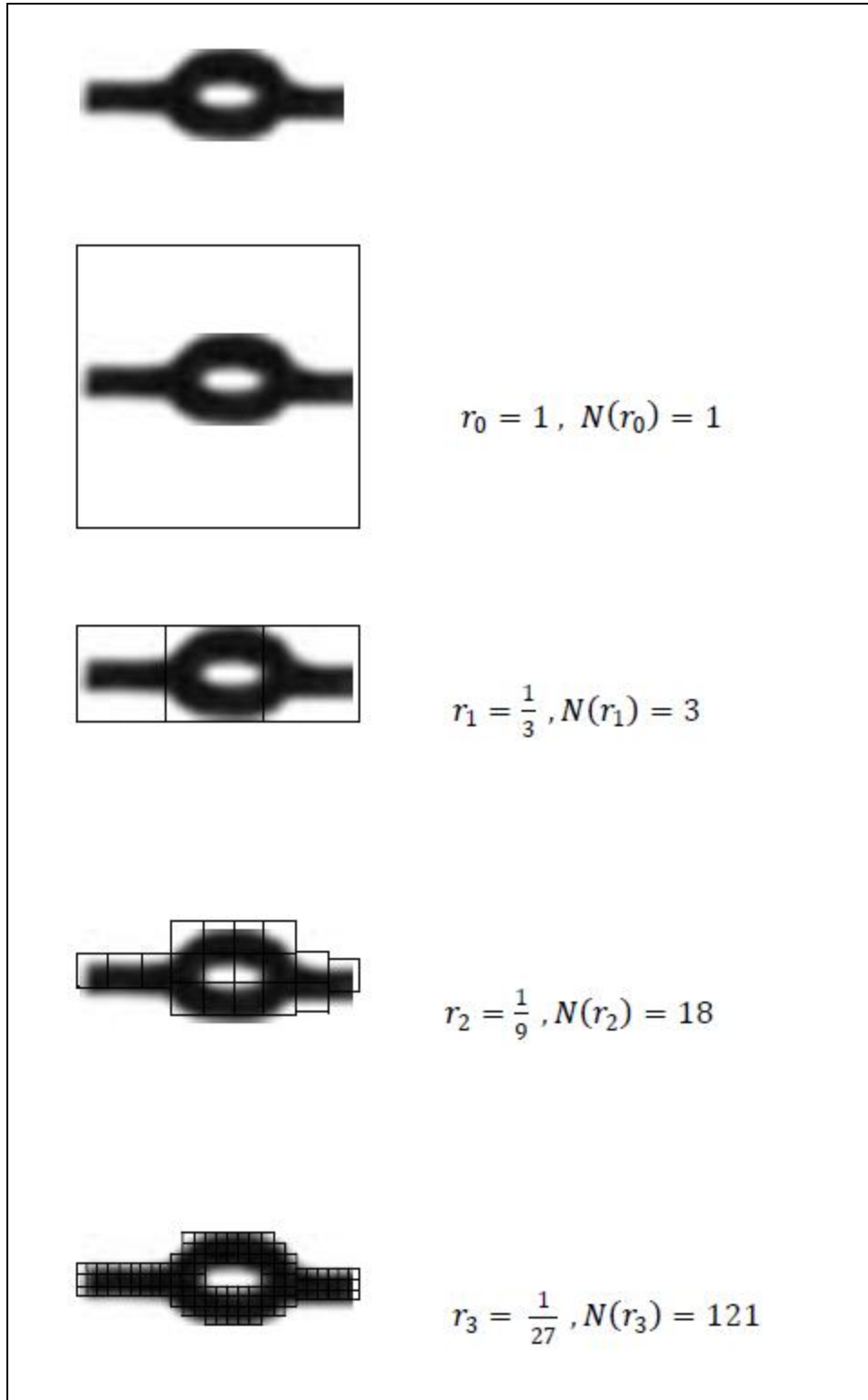
Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,409 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.4 Çatallanma için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden çatallanmanın fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.2.3 Göl (Lake) için kutu-sayma yöntemi



Şekil 3.2.5 Göl için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.5 'ten elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

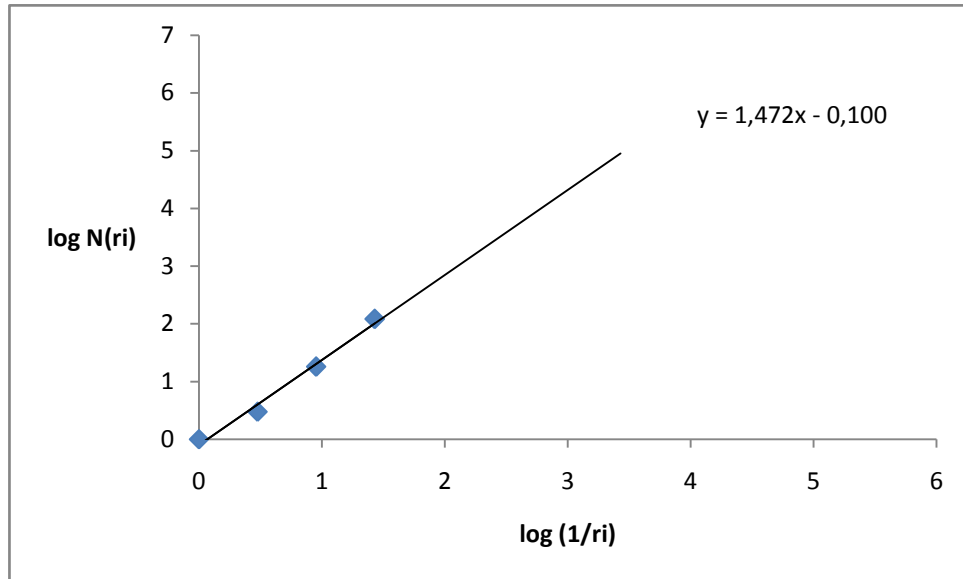
$$r_1 = \frac{1}{3}, N\left(\frac{1}{3}\right) = 3$$

$$r_2 = \frac{1}{9}, N\left(\frac{1}{9}\right) = 18$$

$$r_3 = \frac{1}{27}, N\left(\frac{1}{27}\right) = 121$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve $(\log 1, \log 1), (\log 3, \log 3), (\log 9, \log 18), (\log 27, \log 121), \dots$ noktaları elde edilir.

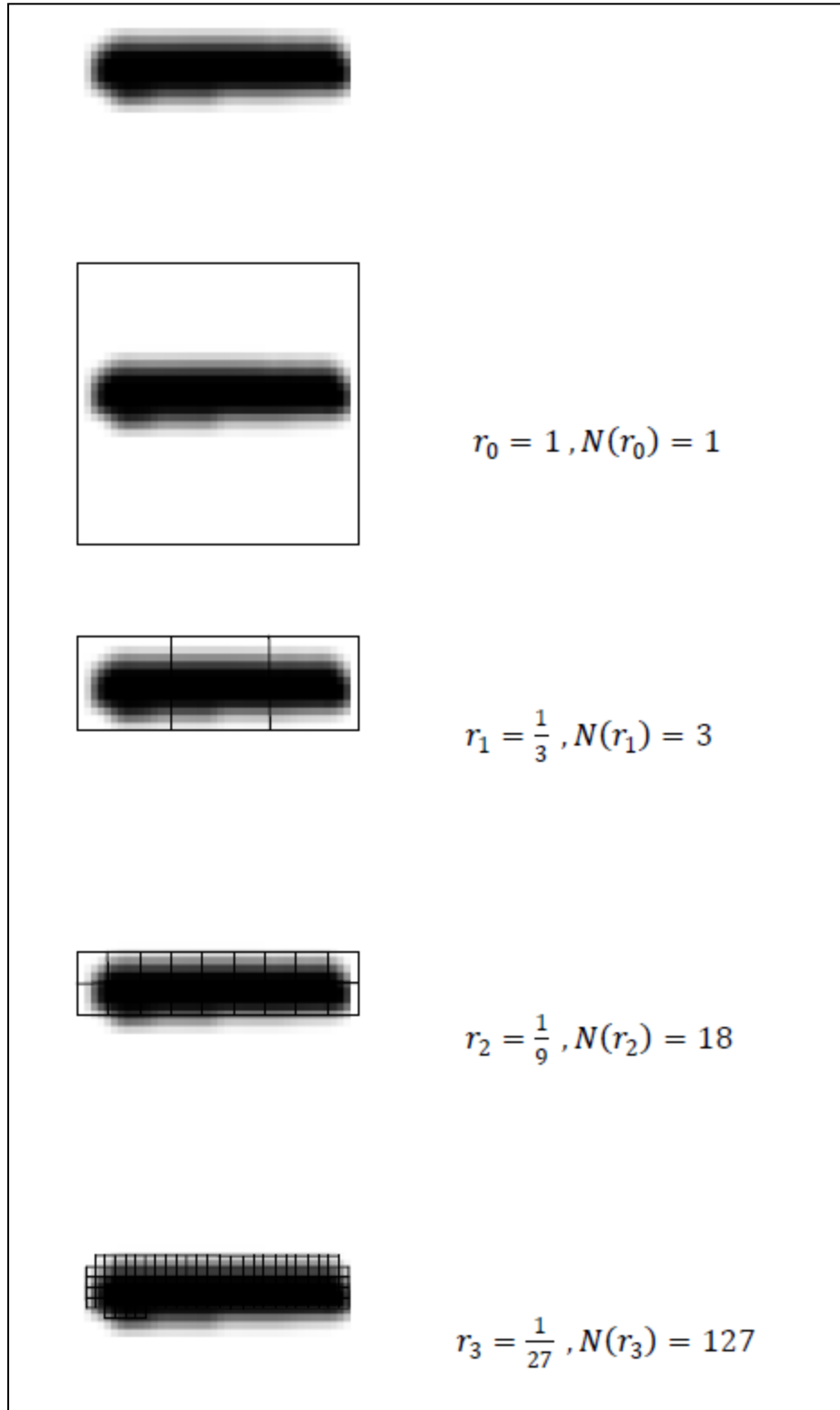
Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,472 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.6 Göl için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden gölün fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.2.4 Bağımsız Sırt (Independent Ridge) için kutu-sayma yöntemi



Şekil 3.2.7 Bağımsız sırt için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.7'den elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

$$r_1 = \frac{1}{3}, N\left(\frac{1}{3}\right) = 3$$

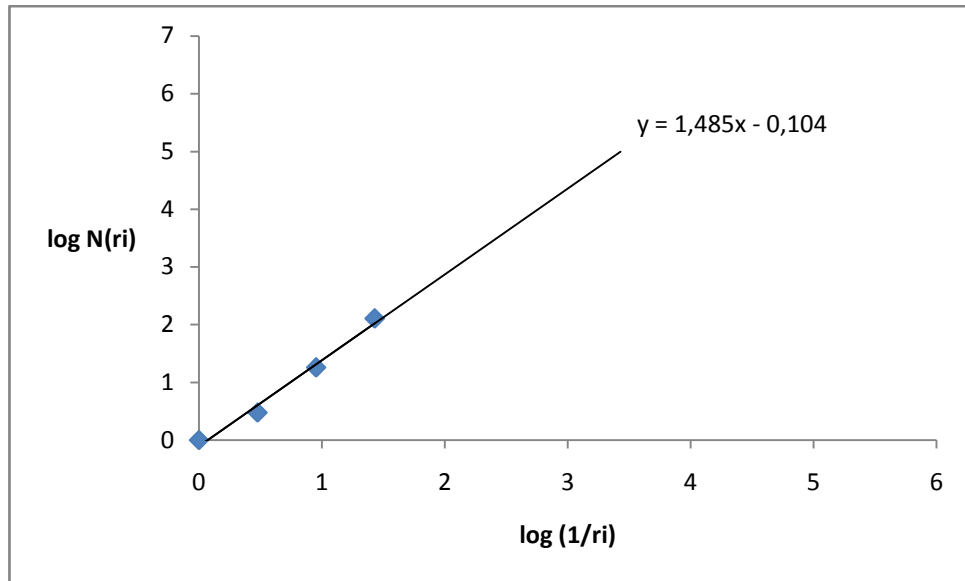
$$r_2 = \frac{1}{9}, N\left(\frac{1}{9}\right) = 18$$

$$r_3 = \frac{1}{27}, N\left(\frac{1}{27}\right) = 127$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve

$(\log 1, \log 1)$, $(\log 3, \log 3)$, $(\log 9, \log 18)$, $(\log 27, \log 127)$, ... noktaları elde edilir.

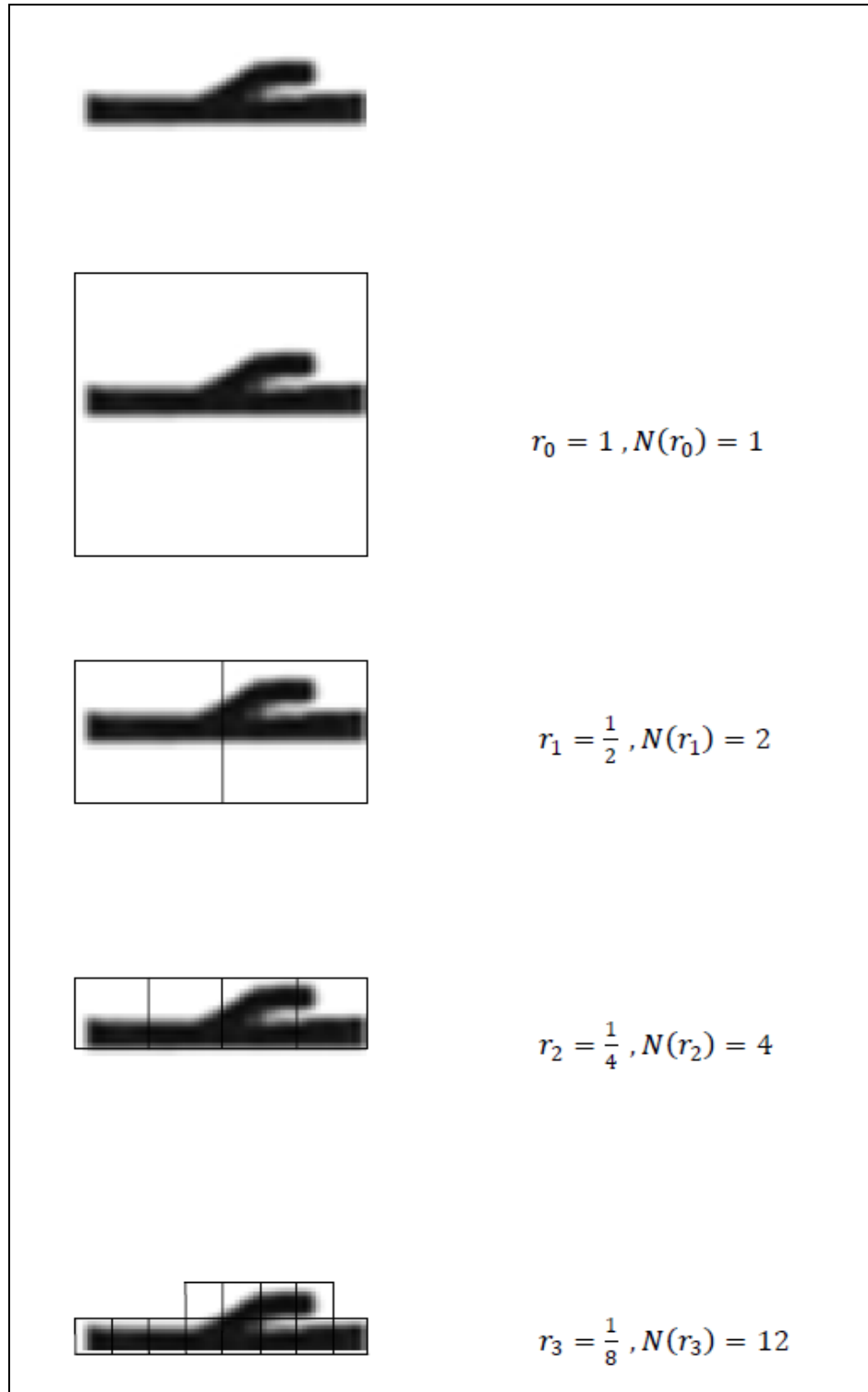
Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,485 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.8 Bağımsız sırt için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden bağımsız sırtın fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.2.5 Çıkıntı (Spur) için kutu-sayma yöntemi



Şekil 3.2.9 Çıkıntı için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.9'dan elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

$$r_1 = \frac{1}{2}, N\left(\frac{1}{2}\right) = 2$$

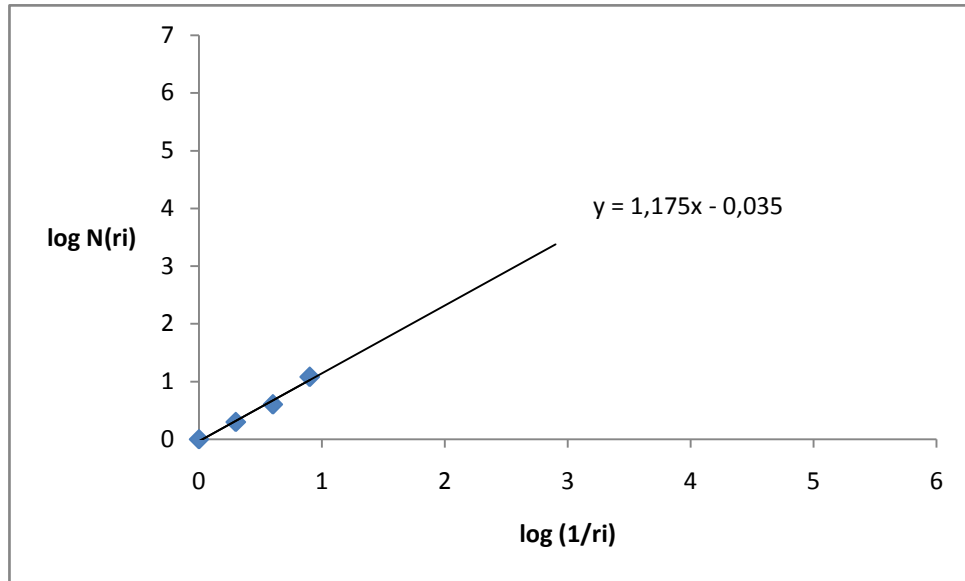
$$r_2 = \frac{1}{4}, N\left(\frac{1}{4}\right) = 4$$

$$r_3 = \frac{1}{8}, N\left(\frac{1}{8}\right) = 12$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve

$(\log 1, \log 1), (\log 2, \log 2), (\log 4, \log 4), (\log 8, \log 12), \dots$ noktaları elde edilir.

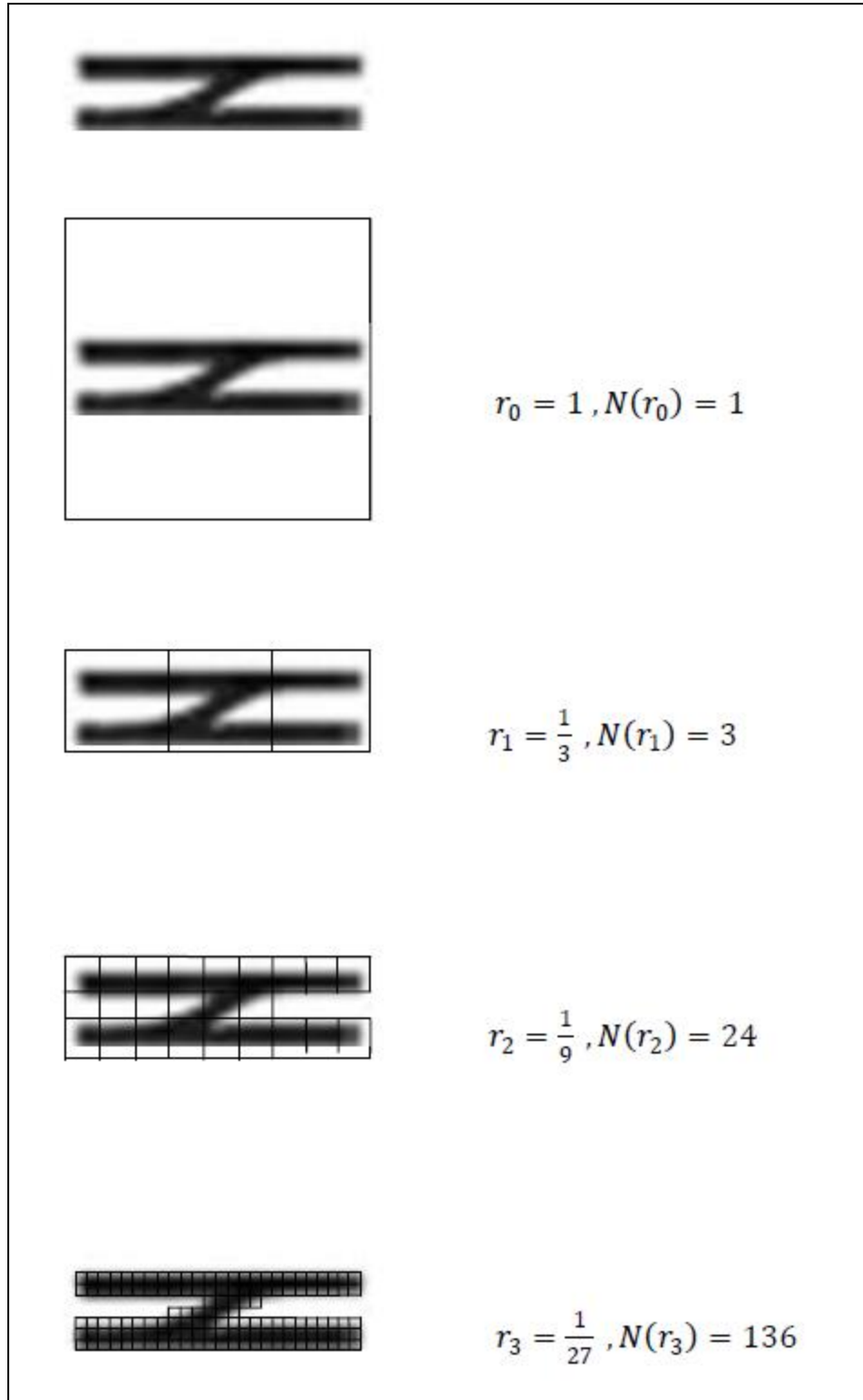
Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,175 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.10 Çıkıntı için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden çıkıntının fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.2.6 Geçit (Crossover) için kutu sayma yöntemi



Şekil 3.2.11 Geçit için boyut hesaplamaları

Şekil 3.2.11'den elde edilen

$$r_0 = 1, N(1) = 1$$

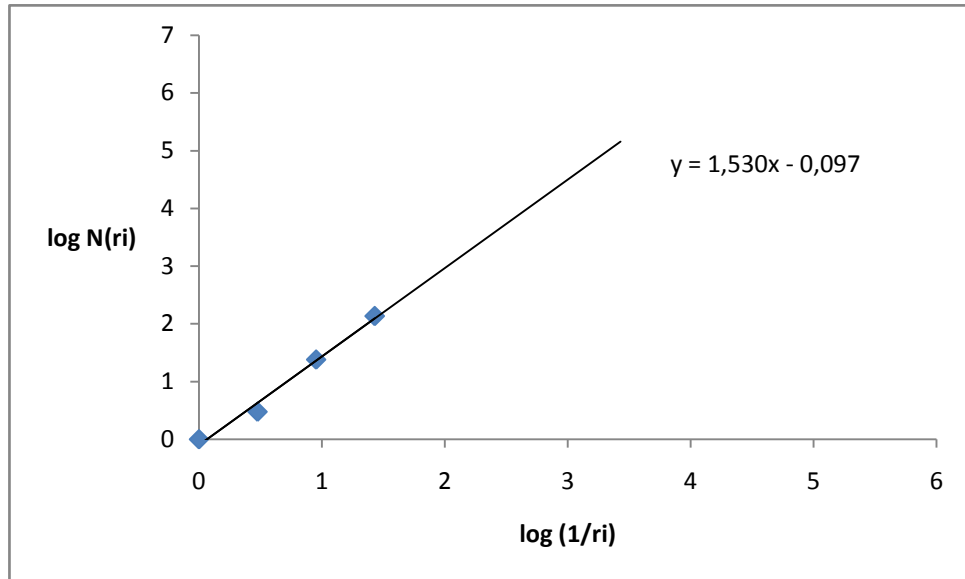
$$r_1 = \frac{1}{3}, N\left(\frac{1}{3}\right) = 3$$

$$r_2 = \frac{1}{9}, N\left(\frac{1}{9}\right) = 24$$

$$r_3 = \frac{1}{27}, N\left(\frac{1}{27}\right) = 136$$

değerleri $(\log(1/r_i), \log(N(r_i)))$ ikilileri şeklinde oluşturulur ve $(\log 1, \log 1), (\log 3, \log 3), (\log 9, \log 24), (\log 27, \log 136), \dots$ noktaları elde edilir.

Bu noktalar işaretlendiğinde, eğimi 1,530 olan doğru üzerinde yer aldıkları görülür.



Şekil 3.2.12 Geçit için fraktal boyut

Böylece parmak izinde yer alan minutiaelerden sınırlamanın fraktal boyutu hesaplanır ve fraktal olduğu ispatlanmış olur.

3.3 Fraktal Boyut İle Parmak İzi Tanıma

Fraktal boyut, fraktal özelliklerin bir parçası ve istatistiksel bir nicelik ve fraktalları karşılaştırmak için uygun bir parametre olarak kabul edilebilir.

Birçok parmak izi örneği için hesaplanmış boyutun analiz edilebilmesi bu örneklerin farklılıklarını gösterir. Ancak, dörtten fazla ondalıklı rakam için bu mümkün değildir. Bu yüzden en fazla on bin parmak izi tanıyabilir ve bu miktar parmak izlerinin tanınması için boyut yeterli değildir. Fraktal boyut parmak izi tanımda kullanılamaz ama bazı deneylerden sonra Henry'nin sınıflandırmasına dayalı olarak fraktal boyutu parmak izi sınıflandırması için kullanabileceğimiz sonucuna varılır.

3.4 Kaos Oyunu Teorisi

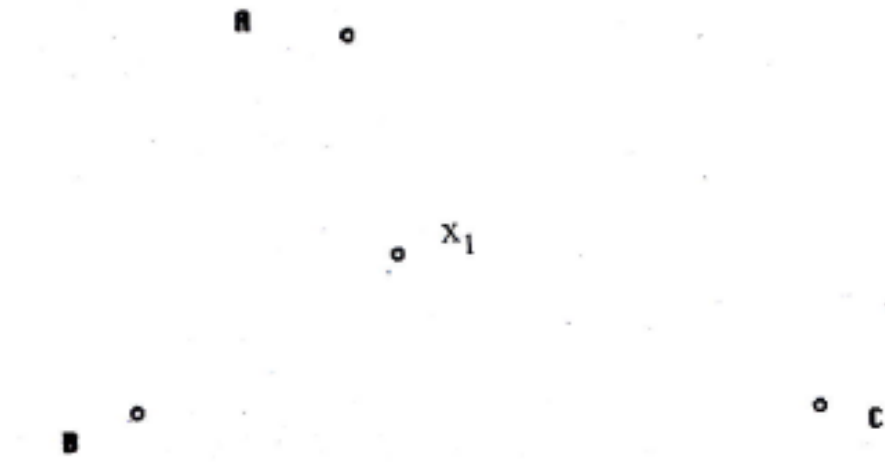
Kaos oyunu 1988'de Barnsley tarafından sunulmuştur (Barnsley, 1988; Barsney, 2006). Bu teoride, Shannon'un Rastgele Yürüyüş Mekanizmasını kullanmak suretiyle sunduğu teoreme dayalı olarak ve bir poligonal yardımıyla fraktal üretilebilir.

Bu teorinin iki önemli noktası vardır:

Birincisi, bir fraktal üzerinde Kaos oyunu mekanizmasını gerçekleştirmekle yeni bir fraktal üretilebilir.

İkinci ve önemlisi, yeni fraktalı üretmek için kaos oyunu mekanizmasını kullanırken, fraktalın özellikleri yanında, kimlik tanıma sürecine yararlı olabilecek bazı parametreler elde edilebilir.

Kaos oyunu mekanizmasına A, B, C gibi üç nokta seçilerek başlanır (Hacısalıhoğlu, 2005). Onlara ek olarak, Şekil 3.4.1'deki gibi, başlangıç noktası denilen keyfi bir X_1 noktası daha seçilir.

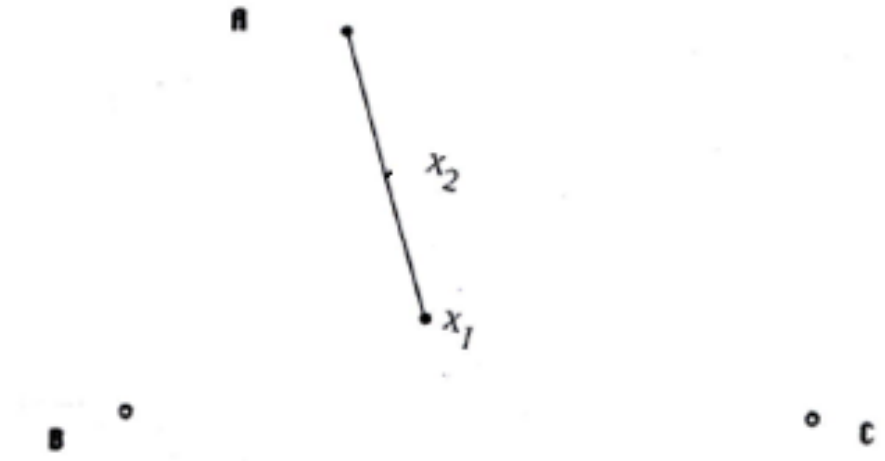


Şekil 3.4.1 Kaos oyununda ilk adım (Hacısalıhoğlu, 2005).

Oyunun kuralları aşağıdaki gibi verilebilir:

- Üç yüzünden her biri üzerine A,B,C yazılmış bir zar atılır,
- Eğer A gelirse, X_1 i A ya birleştiren doğrunun orta noktası işaretlenir.
- Eğer B gelirse, X_1 i B ye birleştiren doğrunun orta noktası işaretlenir.
- Eğer C gelirse, X_1 i C ye birleştiren doğrunun orta noktası işaretlenir.

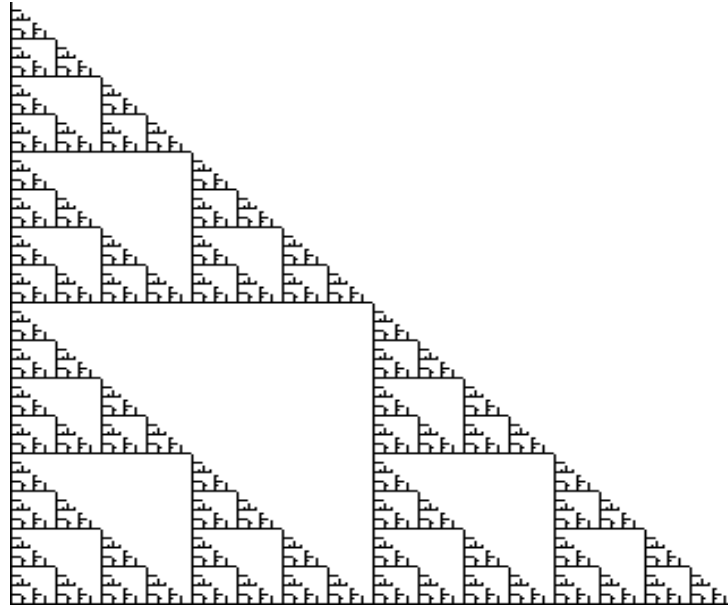
Yeni işaretlenen nokta Şekil 3.4.2’de X_2 ile gösterilir.



Şekil 3.4.2 Kaos oyunu (Hacısalıhoğlu, 2005).

- Zar tekrar atılır. Duruma göre X_2 ile A,B ya da C yi birleştiren doğrunun orta noktası işaretlenir. Bu yeni nokta X_3 ile gösterilir.
- Zar tekrar atılır. Duruma göre X_3 ile A,B ya da C yi birleştiren doğrunun orta noktası işaretlenir. Bu yeni nokta X_4 ile gösterilir.
- Bu işlem sonsuz defa tekrarlanır.

Kaos oyunu X_1 , X_2 , X_3 , X_4 ,... noktalarının sonsuz dizisini oluşturur. Bu noktaların sonsuz cümlesi işaretlendiğinde Şekil 3.4.3'te görülen Sierpinski çgeni ortaya çıkar.



Şekil 3.4.3 Sierpinski üçgenini de üreten kaos oyunu mekanizması
(Hacısalihoğlu, 2005).

4. PARMAK İZİNE DAYALI YENİ FRAKTAL YAPMA

Parmak izi bir fraktaldır ve fraktal görünümünden sahip olduğu fraktal boyut parametrelerini tanıma için yeterli olmadığı görülür. Önceki bölümde açıklanan Kaos Oyunu yardımı ile yeni bir fraktal yapılabilir ve yeni fraktal yapılırken daha fazla parametre elde edilir. Sonuç olarak daha sonra işaret edilecek parmak izine ve bir örneğe dayalı yeni bir fraktal yapılır.

Mekanizma şöyle gerçekleşir:

Parmak izinin bir pikseli rastgele seçilir. Seçilen nokta iki duruma sahiptir. İlk olarak piksel içeride veya (0) olabilir, ikinci olarak dışarıda veya (1) olabilir. Bu iki durum da kimlik tanıma için yeterli olmayabilir. Bu yüzden Scale olarak ifade edilen yeni bir parametreye dayalı olarak alınan bu noktanın etrafında dört nokta bulunur.

Eğer rastgele alınan nokta $A [i, j]$ ise bu dört nokta;

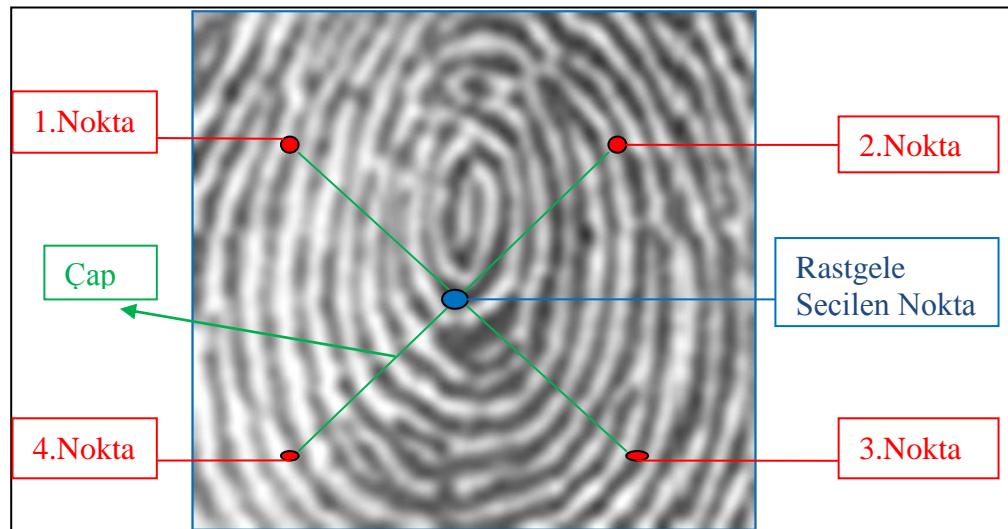
$$1.Nokta = A [i-\text{çap}, j-\text{çap}]$$

$$2.Nokta = A [i+\text{çap}, j-\text{çap}]$$

$$3.Nokta = A [i+\text{çap}, j+\text{çap}]$$

$$4.Nokta = A [i-\text{çap}, j+\text{çap}]$$

Bu dört nokta Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Rastgele seçilen noktaya dayalı yardımcı dört noktanın pozisyonları.

Bu dört noktaya sahip olmak beş farklı gruba ayrılan on altı durum oluşturur.

İlk grup bu dört noktanın tüm piksellerinin beyaz olduğu durumdur.

İkinci grup bahsedilen noktalardan sadece bir tanesinin siyah diğer hepsinin beyaz olduğu durumdur.

Üçüncü grup siyah piksel sayısının iki olduğu durumdur.

Dördüncü grup siyah pikseli noktaların üç olduğu durum ve son olarak

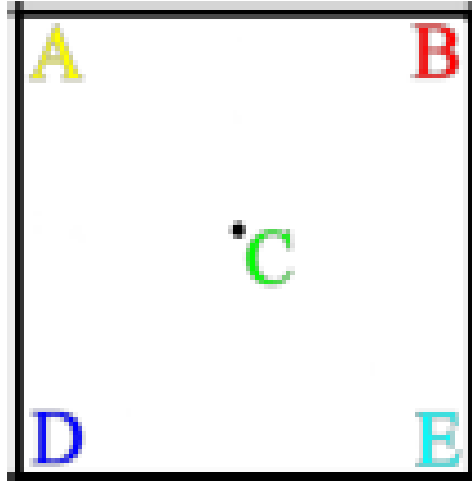
Beşinci grup her dört noktanın da siyah pikseli olduğu durumdur.

Çizelge 4.1. Farklı durumdaki noktaların kategorilenmesi (Jampour vd. , 2010).

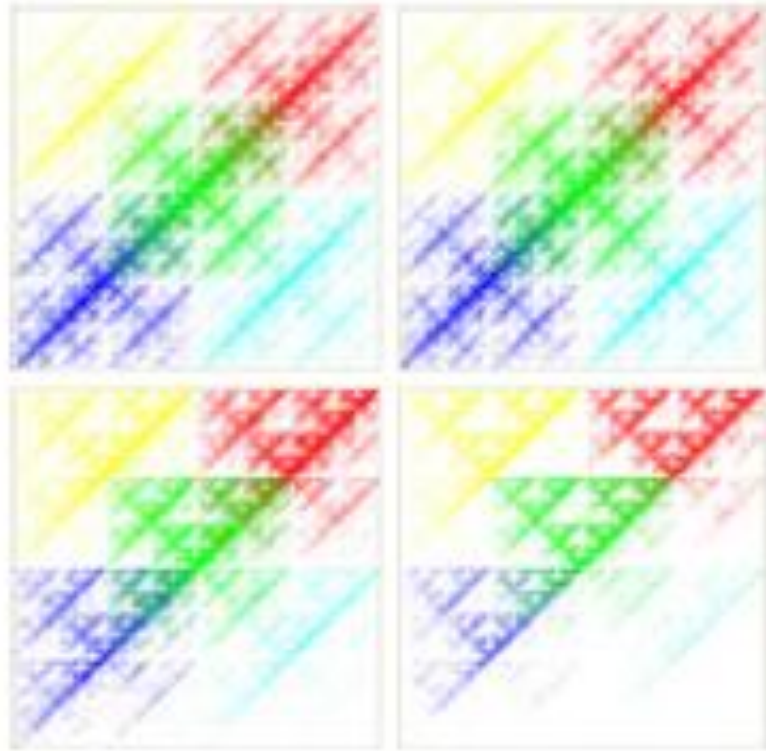
1-4 Noktaları	Kategori	1-4 Noktaları	Kategori
0 0 0 0	1	1 0 0 0	2
0 0 0 1	2	1 0 0 1	3
0 0 1 0	2	1 0 1 0	3
0 0 1 1	3	1 0 1 1	4
0 1 0 0	2	1 1 0 0	3
0 1 0 1	3	1 1 0 1	4
0 1 1 0	3	1 1 1 0	4
0 1 1 1	4	1 1 1 1	5

Bahsedilen sınıflandırmaya dayalı olarak çiftli yapıya göre bu dört nokta ve oluşan olası on altı durum Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1’de oluşan on altı durum beş grubu verir ve Kaos Oyunu süreciyle yeni bir fraktal yapmak için Şekil 4.2’de beş uçla gösterilen bir kare kullanılır. Yeni bir fraktal görüntü yapmak için parmak izinden elde edilen bu beş uç alfabeyle isimlendirilir. Birçok parmak izi örneği için yukarıdaki yöntem ile yapılan fraktal sonuçları Şekil 4.3’te gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Çizelge 4.1’de beş kategoride yer alan beş nokta (Jampour vd. , 2010).



Şekil 4.3. Dört parmak izinden üretilen dört fraktal (Jampour vd.,2010).

5. PARAMETRE ÇIKARIMI

Daha önce ifade edildiği üzere, Kaos Oyunu Mekanizmasıyla yeni fraktal yapılırken tanıma için kullanışlı olabilecek yeni parametreler elde edilmiştir. Önceki bölümde yer alan dört tanımlı noktaya ilişkin bu noktaların pikselleri için Kategori 1'den Kategori 5'e kadar beş durum oluşturulmuştur. Ardından Kaos Oyunu Mekanizması 100 000 kere tekrar edilmiştir. Noktaların dört pikselini belirleyerek yapılan her tekrarlama ile olası bir durum seçilmiş ve bir birim bu kategorideki sayaca eklenmiştir.

Bu şekilde Kaos Oyunu Mekanizmasının sonunda, her beş kategorideki toplam, tekrarlama sayısına eşit yani 100 000 olmuş olur.

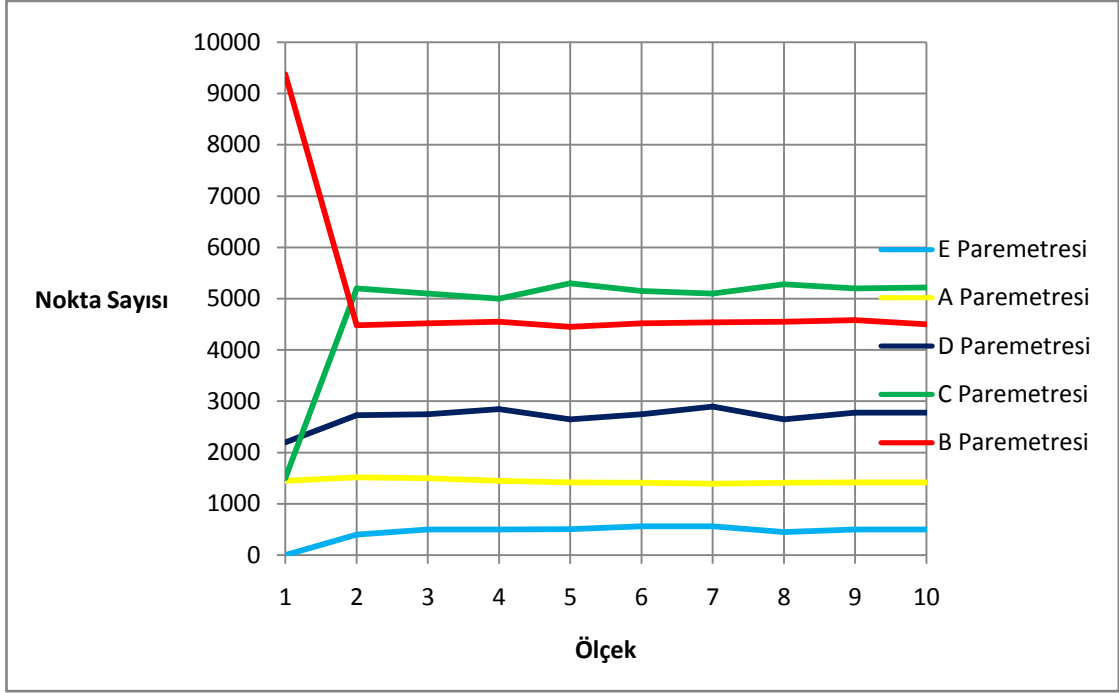
Her bir kategori, 100 000 ile bölünerek standardize olur ve araştırmacılar bunları 0'dan 1'e kadar olan mesafede yerleştirir. Bu yüzden rastgele alınan noktaya diğer noktaların mesafesi olan ölçek parametre (scale) için her sabit miktara beş parametre hesaplanmıştır.

Hesaplanan beş parametrenin hassasiyeti (0,02), tanıma için yeterli olmadığından bahsedilen yöntem, ölçek parametre için 10 ve 15 çokluklarıyla hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, 10 tane parametreleri olacaktır ve 0 ile 1 aralığında 0,02 hassasiyeti hesaba katıldığında 50 çeşit olacaktır.

10 parametreye sahip olmaları $50^{10} = 9,76 \times 10^{16}$ çeşitliliğine ulaştırır, bu da parmak izinin uyumunu garanti eder.

Diğer yandan, eğer biz bir parmak izi için farklı değerlerde ölçek hesaplırsak, beş bağımsız spektrumumuz olacaktır ve 0,02 duyarlılıkla bu spektrumlar verilen mekanizmaya dayalı olarak parmak izini tanıyacaktır. Şekil 5.1 bir parmak izinden elde edilen parametrelerin spektrumlarını göstermektedir.



Şekil 5.1. Bir parmak izi için hesaplanan beş parametrenin beş bağımsız spektrumu.

6. UYGULAMA

Bu çalışmada sunulan metot Matlab programı ile geliştirilmiş ve 600 parmak izi örneği ile çalıştırılmıştır (Brislawn, 2002).

Şekil 6.1.(a)'da, kullanılan bir örnek görüntü gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu yöntemin % 100 başarılı olduğunu göstermiştir.

Başka bir deneyde görüntülerin % 20'si rastgele silinerek kalan kısımların analiz edildiği 50 parmak izi örneğinde gene % 100 başarı elde edilmiş, görüntünün bazı parçalarının silinmesi ile karşılaşıldığında yöntemin stabilitesi (değişmezliği) ortaya konulmuştur.



Şekil 6.1. (a) Ön işleme öncesi, (b) Ön işleme sonrası.

6.1'deki tablo, 600 örnekli bir veritabanında, arama süresi ile ilgili bilgilerin tutulması bunun yanı sıra şifre çözme ve bazı parmak izi örnekleri için bu parmak izlerinin özelliklerini çıkarma (koruma) süresi ile ilgili bilgileri göstermektedir.

Deney sisteminde CPU Intel Celeron 2.60 işlemci, 512 MB Ram ve Windows XP işletim sistemi kullanılmasına dikkat edilmesi dille getirilmiştir.

Çizelge 6.1. Arama ve özellikleri çıkarma süresi sonuçları (Jampour vd. , 2010).

Parmak izi Kodu	FEST (ms)	ST (ms)
1001 B1	1839	32
1152 B1	1906	32
1263 B1	1870	31
1484 B1	1898	34
1545 B1	1901	31
1001 B2	1885	32
1001 B5	1863	33

FEST: Özellikleri çıkarma ve kayıt süresi (milisaniye)

ST: 600 örnekte arama süresi (milisaniye)

7. SONUÇLAR

Minutae Based Algoritm ve Pattern Based algoritm gibi popöler metotlara dayalı parmak iziyle kimlik tanıma projesi zaman alıcı bir süreçtir, bu; araştırmacıları daha verimli yeni metotlarla çalışmaya mecbur eder. Madem ki parmak izi bir fraktaldır, fraktalların özellikleri parmak izinin analizlerinde kullanılabilir. Bu özelliklerinden biri düşük seviyedeki doğruluğu sebebiyle kimlik tanıma için yeterli olmayan fraktal boyut hesaplamasıdır. Ama sınıflandırmada kullanılabilir. Fraktalların diğer özelliklerinden, Kaos oyunu mekanizması ile parmak izini çözmek güvenilir olabilir.

Bu mekanizmada parmak izinin istenilen birçok özeliği görülür. Çeşitli ölçüler (scale; çap) ve 0,02 hassasiyeti ile beş özellik elde edilir. Elde edilen bu özellikler büyük bir çeşitliliğe sebep olur ve bu yolla, sunulan teknikle parmak izi uyumunu koruma garanti edilebilir.

Çalışmada sunulan işlemler kullanılarak parmak iziyle insan tanımda otomatik sistemlerin etkinliği sağlanır ve sistemin hızı önerilen temel gelişmedir.

Araştırmanın devamı; Sunuda fraktalları analiz etmek için yeni bir görüş açısının sağlandığı ve Kaos oyunu mekanizması kullanılarak her fraktal için yeni özelliklerin elde edildiği görülür. Bu nedenle çalışma, tıpta histopatoloji slaytlarının sınıflandırılması, yeni nesil müzik, çeşitli sanat formları sinyal ve görüntülerinin sıkıştırılması, fraktal antenler, fiyat serilerinin teknik analizleri gibi durumlarda kullanışlı olabilir (Jampour vd. ,2010; Jampour, 2009).

KAYNAKLAR

- Barnsley, M. F. “Fractals Everywhere”, *Academic Press*, New York, (1988).
- Barnsley, M. F. “SuperFractals” *Cambridge University Press*, New York, (2006).
- Brislaw, C. “The FBI Fingerprint Image Compression Standard”,
<http://www.c3.lanl.gov/~brislawn/FBI/FBI.html>, last update:2002.
- Chikkerur, S. Pankanti, S. Jea, A. Ratha, N. and Bolle, R. “Fingerprint representation using localized texture features”, *In The 18th International Conference Pattern Recognition (ICPR'06)*, 4: 521 (2006).
- Faulds, H. , “On the Skin-furrows of the Hand”, *Nature* , 22: 605 (1880).
- Galton, F. , Finger Prints, *McMillan*, London, 1892.
- Guo, H. “A Hidden Markov Model fingerprint matching approach”, *In Proceedings of the 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 8: 5055–5059 (2005).
- Hacısalıhoğlu, H.H, Yaz, N. “Fraktal Geometri”, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü*, Ankara, 2005.
- Henry, E. ,”Classification and Uses of Finger Prints”, *Routledge*, London ,1900.
- Jain, A. K. , Flynn P. J. and Ross, A. A. , “ Handbook of Biometrics”, *Springer*, New York, 2008.
- Jampour, M. , “Fingerprint recognition with fractal theory”, MSc. Thesis, *Islam. Azad Univ. Mashhad*. Iran,(2009).
- Jampour, M. Shojaei, H. Ashourzadeha, M. and Yaghobi, M. “Compressing of fingerprint images by means of fractals feature”, *in The Second International Conference on Machine Vision (ICMV'09)* Dubai, 18–22: 300 (2009).

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Jampour M. Et al, “Compressing images using fractal characteristic by estimating the nearest neighbor”, in Proceedings of the 2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, *IEEE Computer Society*, Washington, DC, USA,1319-1322 (2009).
- Jampour, M. Yaghoobi, M. Ashourzadeh, M. Soleimani, “A New And Fast Technique For Fingerprint Identification With Fractal And Chaos Theory”, *International Journal of Pattern Regognanition and Artificial Intelligence*, 293-300 (2010).
- Jampour, M. Yaghoobi, M. And Ashourzadeh, M. “Fractal images compressing by Estimating the closest neighborhood with assistance of schema theory”, *J. Comput. Sci.* 6(5), 591-596 (2010).
- Karki M. V. and Sethu S. , “A novel fingerprint recognition system with direction angles difference”, in *The International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007)* Sivakasi, Tamilnadu, India, 501 (2007).
- Kigami, J. “Analysis on Fractals” *Cambridge University Press*, Cambridge, 2001.
- Maltoni, D. Maio, D. A. Jain and P. Prabhakar, “ Handbook of Fingerprint Recognition”, *Springer*, New York ,2003.
- Mandelbrot, B. “Fractals: Form, Chance, and Dimension” *W. H. Freeman and Co*, San Francisco, 1977.
- Mandelbrot, B. “A multifractal walk down Wall Street”,*Sci. Am.* 280(2) :70 (1999).
- Nanni L. and Lumini, A. “Local binary patterns for a hybrid fingerprint matcher”, *J. Pattern Recog.* 41(11): 3461(2008).
- Onur, Ç. ,(TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi), “Parmak İzi Eşsiz midir, ya ikizlerde?”, biltek.tubitak.gov.tr, 2002.
- Polikarpova, N. , “On the fractal features in fingerprint analysis”, in *The 13th International Conferenceon Pattern Recognition (ICPR'96)*, 3: 591 (1996).

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Vucetich, J. , Encyclopedia.com. “World of Forensic Science.”,
<http://www.encyclopedia.com> ,2005.

Zhou J. and Jinwei, G. “A model-based method for the computation of fingerprints’
orientation field”, *IEEE Trans. Image Process.* 13(6):821 (2004).

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Fatma AKPOLAT
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas / 1979

Eğitim Durumu

Lisans : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi
İşletme (2011)

Lisans : Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Deri Mühendisliği (2006)

Ön lisans : Anadolu Üniversitesi Dış Ticaret (2008)

Ön lisans : Fatih Üniversitesi O.M.Y.O. Bilgisayar Donanım
(Burslu, 2000)

Lise : Sivas Fen Lisesi (1997)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (iyi), Almanca (az), Arapça (az),
Osmanlıca (az)

İş Deneyimi : Tokullar A.Ş., İzmir
Mühendis (2004)

:Yateks Export, İzmir
Mühendis (2006-2007)

: Güneş S. K. , İzmir
Trafik Öğretmeni (2011)

: MEB, Bilecik, Matematik Öğretmeni (2013)

: MEB, Bilecik, Özel Eğitim Öğretmeni (2014)

İletişim

Adres : İstiklal Mah. Saraç Sok.
No: 4/1 Bilecik

Tel : 05358207551

E-Posta Adresi : fakpolat_35@hotmail.com

Tarih :

İmza