

# Doku ve Doku Analizi

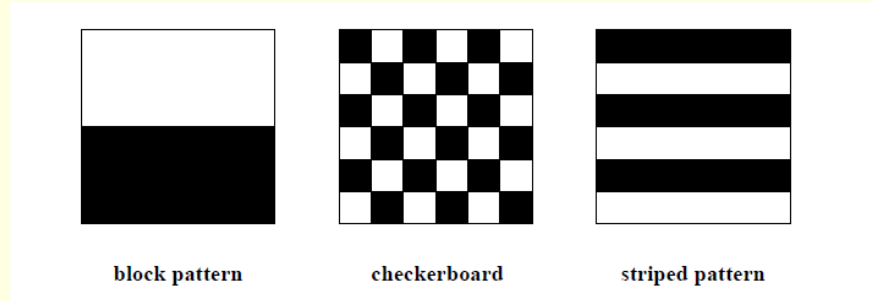
**Prof. Dr. Oğuz Güngör & Yrd. Doç. Dr. Esra Tunç Görmüş**

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Harita MühendisliĐi Bölümü  
61080 Trabzon

[ogungor@ktu.edu.tr](mailto:ogungor@ktu.edu.tr); [etunc@ktu.edu.tr](mailto:etunc@ktu.edu.tr)

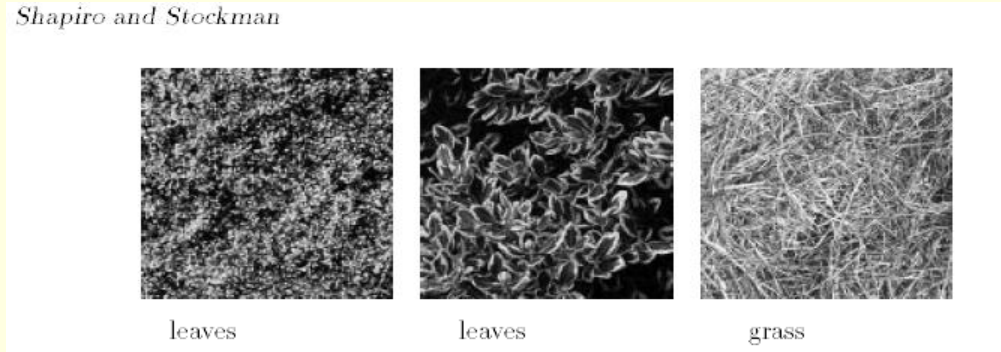
# 1.Giriş-Doku Nedir?

- Doku renklerin veya gri değerlerin görüntüdeki uzamsal dizilişleri hakkında bilgi verir.
- Örneğin, bir bölgeye ait histogram bize piksellerin %50 sinin siyah ve %50 sinin beyaz olduğunu söylesin.
- Aşağıdaki şekilde piksellerin %50 si siyah ve %50 si beyaz olan 3 farklı doku vardır. En soldakinde biri siyah, biri beyaz olan 2 büyük blok, ortadakinde satranç tahtasına benzeyen dokuyu oluşturan 18 küçük beyaz ve 18 küçük siyah bloklar ve en sağdakinde, çizgili dokuyu oluşturan 3 uzun beyaz ve 3 uzun siyah blok bulunmaktadır.



**Figür 1: Histogramları aynı olan üç farklı doku örneği**

- Şekil 1'deki şekiller siyah ve beyaz dikdörtgenleri kullanarak yapay olarak oluşturulmuş geometrik şekillerdir.
- Doku genellikle doğal ve insan yapımı nesnelere birlikte içeren resimlerde bulunmaktadır. Kum, taşlar, yapraklar, tuğlalar ve daha bir sürü nesne görüntüde doğal dokunun oluşmasını sağlar.



- Uzaktan algılamada doku, daha çok görüntüyü bölgelere ayırmak için ve bu bölgeleri sınıflandırmak için kullanılır.
- Bazı görüntülerde doku, doğru analiz yapmak için ve bölgelerin karakteristik özelliklerini belirlemekte kullanıcıya yardımcı olur.

■ Görüntüyü oluşturan *örüntülerin* özellikleri, dokunun yoğunluğu, doğrusallığı, frekansı, yumuşaklığı, fazı, yönü, rastgeleliği, tek düzeliği vs. hakkında bilgi vermektedir.

■ Bir görüntüdeki dokuların analizi 4 ayrı başlıkta incelenmektedir. Bunlar;

1) **Özellik çıkartımı:** Dokunun özelliklerini sayısal olarak tarif edebilmek için dijital görüntünün karakteristiği hesaplanmaktadır. Doku analizinin ilk adımıdır. Buradan elde edilen sonuçlar doku ayırt edilmesinde, sınıflandırılmasında ve nesnenin şeklinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

2) **Dokunun ayırt edilmesi:** Bölütleme de denmektedir. Bir görüntüyü her biri homojen dokudan oluşan farklı bölgelere ayırmaktadır.

3) **Dokunun sınıflandırılması:** fiziksel olarak tanımlanan sınıfların hangisinin hangi homojen doku bölgesini oluşturduğunu bulmaktadır.

4) **Dokudan şekil çıkartılması:** Doku bilgisinden 3D yüzey geometrisinin çıkartılmasıdır.

## 2. Doku Analizi

**Doku analizinde kullanılan yöntemler 4 ayrı başlıkta incelenmektedir. Bunlar;**

- **Yapısal,**
- **İstatistiksel,**
- **Model tabanlı ve**
- **Dönüşüm metodlarıdır.**

**Yapısal yaklaşımında doku çok iyi tanımlanmış birimlerle (mikro doku) ve bu birimlerin konumsal düzenlenmelerinin hiyerarşisi ile temsil edilmektedir. Dokuyu tarif edebilmek için önce bu birimlerin ve yerleşim yerlerinin tanımlanması gerekmektedir.**

**Yapısal yaklaşımın avantajı, görüntünün sembolik tanımlanmasını sağlar ancak bu özellik analizden çok birleştirme için daha kullanışlıdır.**

**Doğal dokularda mikro ve makro dokunun çeşitliliği ve birbirinden ayırt edilmesi zor olduğu için, yapısal yaklaşım yapısal dokularda daha çok kullanılmaktadır. Örneğin kemiğin yapısındaki mikro değişimlerin bulunması gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.**

- İstatistiksel yaklaşımda, yapısal yaklaşımın tam tersine, özellikle dokunun hiyerarşisine (düzenine) bakılmamaktadır. Bunun yerine, görüntünün gri seviyeleri arasındaki ilişkiyi ve dağılımlarını kullanan deterministik olmayan özellikler ile dokuyu dolaylı olarak temsil etmektedirler.
- İkinci dereceden istatistikler dönüşüm tabanlı ve yapısal metodlardan daha iyi ayırım oranını başarmışlardır. Örneğin, ikinci dereceden momentleri eğer birbirinden farklı ise o zaman gri seviyeli görüntüler üzerindeki dokuları birbirinden ayırabilirsiniz.
- Doku analizi için en ünlü ikinci dereceden istatistik özellikleri Yeniden Oluşum Matrisinden üretilmektedir (co-occurrence matrix),( Haralick ) .
- Biyomedikal görüntülerde yüksek doğrulukta dokunun ayırt edilmesine kullanılmışlardır.
- Çok boyutlu yeniden oluşum matrisi Dokuların sınıflandırılmasında Dönüşüm tabanlı metodlardan daha iyi sonuçlar vermiştir.

- Model tabanlı doku analizi, fraktal ve stokastik modelleri kullanarak bir görüntünün dokusunu tanımlamaktadır.
- Model parametreleri tahmin edilir ve görüntü analizi için kullanılır.
- Pratikte, stokastik modelin parametreleri çok zahmetli bulunur.
- Fraktal modelin parametreleri ise bazı doğal dokuların modellenmesinde yararlı bulunmuştur. Bu dokuların analizinde ve ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Ancak yön seçiciliği olmadığı için, görüntülerin lokal yapısını tarif etmeye uygun değildir.
- Fractal models describe objects that have high degree of irregularity.

- Transform tabanlı Doku Analiz Metodları: Fourier, Gabor ve Dalgacık (wavelet) gibi yöntemler kullanılır. Bu dönüşümler, bir görüntüyü farklı bir uzayda temsil etmektedirler. Öyle ki bu uzay, bir dokunun karakteristiği ile yakından ilgili (frekansi boyut gibi) olan bilgileri içermektedir.
- Fourier dönüşümüne dayalı metotlar, konumsal yerleştirmesi olmadığı için yetersizdir.
- Gabor filtresi daha iyi konumsal yerleştirme için ortalamaları sağlamaktadır ancak, pratikte kullanımları sınırlıdır. Nedeni ise, genelde doğal dokular üzerinde konumsal yapıyı bulabilecek tek bir filtre olmamasıdır.
- Dalgacık dönüşümünün gabor dönüşümüne göre daha avantajlıdır, bunlar;
- Konumsal çözünürlüğü değiştirerek dokuların en uygun ölçeklerde temsil edilmesi,
- Birçok dalgacık fonksiyonu seçeneğinin olması.



### 3. Özellik Çıkartım Teknikleri (Feature Extraction)

- Birkaç spektral batta ölçülen Tek bir piksel için Bir grup gri değerler örüntü olarak adlandırılır.
- Bu örüntüyü tanımlayan varyans, frekans, ortalama gibi piksel özellikleri, 'özellik-feature' olarak tanımlanır. Sınıflandırma işlemi arazi yükseklik modeli veya toprak cinsi gibi görüntüden üretilmemiş veriler de özellik olarak adlandırılmaktadır.
- Dolayısı ile örüntü, sınıflandırılacak görüntü için seçilmiş özelliklere ait ölçümler kümesidir. Bu yüzden sınıflandırma işlemi bir görüntü üzerinde bir çeşit örüntü tanıma işlemidir.
- Örüntü tanıma işlemi ise, yeryüzündeki nesnelere karakteristik özellikleri açısından, bir görüntüdeki her bir pikselin pozisyonu ile ilgili, örüntünün belirlenmesidir.

## 3.1 Birinci derece histogram tabanlı özellikler

- Histogramın şekli görüntünün karakteri ile ilgili bir çok ipucu vermektedir. Örneğin, dar alana dağılmış bir histogram düşük kontrastlı bir görüntüyü, İki modelli histogram genelde görüntüde farklı tonlardaki bir arka plana karşı dar yoğunluğa sahip bir nesnenin olduğunu belli eder.
- Dokuyu karakterize etmek için merkezi momentumlar olarak da adlandırılan ve görüntünün birinci dereceden istatistiksel özellikleri, histogramdan çıkartılan parametreler sayesinde bulunmaktadır.
- Bunlar ortalama, varyans, skewness (çarpıklık), kurtosis (basıklık), entropy, ve enerjidir.
- Görüntü fonksiyonu iki boyutlu  $f(x,y)$  olsun,  $x=0,1,\dots,N-1$  ve  $y=0,1,\dots,M-1$ .
- $f(x,y)$  fonksiyonu  $i = 0,1,\dots,G-1$ , 'ye kadar farklı gri değer alacaktır. G görüntünün yoğunluk seviyesinin toplam sayısı, (örn:8 bit ise 256).
- Yoğunluk seviyesini gösteren histogram fonksiyonunu  $h(i)$ , görüntüdeki toplam piksel sayısına bölersek, gri değerlerin oluşma olasılıklarının yoğunluğu elde edilir ( $p(i)$ ) (the approximate probability density of occurrence of the intensity levels)

$$p(i) = h(i) / NM, \quad i = 0,1,\dots,G-1$$

Mean: 
$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i)$$

Variance: 
$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^2 p(i)$$

Skewness: 
$$\mu_3 = \sigma^{-3} \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^3 p(i)$$

Kurtosis: 
$$\mu_4 = \sigma^{-4} \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^4 p(i) - 3$$

Energy: 
$$E = \sum_{i=0}^{G-1} [p(i)]^2$$

Entropy: 
$$H = - \sum_{i=0}^{G-1} p(i) \log_2[p(i)]$$

- Ortalama (mean) görüntüdeki gri değerlerin ortalamasını alır,
- Varyans ortalama etrafındaki yoğunluk değişimini tarif eder,
- Çarpıklık, simetrikliğin ölçümüdür. Eğer histogram ortalama civarında simetrik ise, 0 alınır eğer değilse, çarpıklığın ortalamanın altında mı üstünde mi o olduğuna bağlı olarak, pozitif veya negatif olur.
- Kurtosis histogramın basıklığını veya sivriliği ölçmektedir.
- Entropy histogramın tek düzeliğini, değişmezliğini ölçmektedir,
- Histogram kullanılarak üretilebilen diğer özellikler, minimum , maksimum, uzaklık ve median değerleridir.

- Görsel görüntülerde, ortalama ve varyans doku hakkında bilgi taşımamaktadır. Daha çok ortalama ışık şartları gibi görüntü elde edilirken ki şartlar hakkında bilgi verirler. Ancak ortalama ve varyansa göre normalleştirilmiş görüntülerin kullanılması, sadece ortalama ve varyansın doku özelliği olarak kullanılmasından daha hassas olarak dokuların ayırt edilmesinde kullanılmaktadır.
- Görüntüler aynı ortalamaya ve aynı standart sapmaya sahip olmak için genelde normalleştirilmektedir. e.g.  $\mu = 0$ ,  $\sigma = 1$
- Lokal görüntü histogramlarından çıkartılan bu bilgiler, dokuları sayısal olarak temsil edebildikleri için, doku bölütlemesinde özellik olarak kullanılmaktadır.

## 3.2 İkinci derece istatistiksel özellikler: Yeniden oluşum (Co-occurrence) matrisi

- Birinci derece histogram tabanlı özellikleri kullanmanın en büyük avantajı hesaplanmalarının basit olmasıdır. Ancak dokuyu tam olarak karakterize edememektedirler.
- Araştırmalara göre eğer bir doku çiftinin ikinci derece istatistiksel özellikleri aynı ise, bu dokuların birbirinden ayrılması çok zordur. Dolayısı ile bu araştırma İkinci derece istatistiksel özelliklerin ne kadar önemli olduklarını da göstermektedir.
- Bu yüzden doku analizinde kullanılan büyük istatistiksel metotlar piksel çiftlerinin ortak olasılık dağılımının tanımına dayanmaktadır.
- İkinci derece histogram Yeniden oluşum (Co-occurrence) matrisi  $h_{d\theta}(i,j)$  olarak tanımlanmaktadır.
- Görüntüdeki toplam komşu piksel sayısına  $R(d,\theta)$  bölüldüğünde, bu matris,  $i$  ve  $j$  yeniden oluşum değerlerine sahip,  $\theta$  yönünde,  $d$  kadar birbirinden uzakta olan, iki pikselin ortak olasılığının  $p_{d\theta}(i,j)$  tahminine dönüşmektedir.
- İki çeşit co-occurrence matrisi bulunmaktadır. Biri simetrik olanıdır. Burada piksel çiftleri verilen bir  $\theta$  yönünde  $d$  ve  $-d$  kadar ayrılırlar, diğer yöntem ise simetrik olmayandır. Burada ise piksel çiftleri birbirinden sadece  $d$  kadar ayrılırlar.

- G tane gri seviyeli,  $f(x,y)$  görüntüsünün, co-occurrence matrisinin ( $h_{d\theta}(i,j)$ ),  $i$  ve  $j$ 'inci elemanı görüntüde istenilen yönde ve mesafede kaç kere olduğunun sayılması ile bulunur.

$$f(x_1, y_1) = i \quad \text{ve} \quad f(x_2, y_2) = j$$

$$(x_2, y_2) = (x_1, y_1) + (d \cos\theta, d \sin\theta)$$

- Bir co-occurrence matrisi satır ve sütunları görüntüdeki yoğunluk değerlerini ( $V$ ) gösteren iki boyutlu  $C$  dizisidir.
- Örneğin gri seviyeli görüntüler için  $V$  değerleri olabilecek gri değerleri, renkli görüntüler için renk değerleri olacaktır.
- $C(i; j)$  değerleri,  $i$  gri değerinin  $j$  gri değeri ile birlikte istenen konumsal ilişki ile kaç kere görüntüde yer aldığıdır.
- Örneğin, konumsal ilişkisi «  $i$  değerinin hemen  $j$ 'nin sağ tarafında olması » olsun. Biz görüntü üzerinde, her bir ton çifti için, bu koşulun kaç kere gerçekleştiğini sayıp, co-occurrence matrisini oluşturacağız.

In  $C(0;1)$  note that position  $(1,0)$  has a value of 2, indicating that  $j = 0$  appears directly to the right of  $i = 1$  two times in the image. However, position  $(0,1)$  has a value of 0, indicating that  $j = 1$  never appears directly to the right of  $i = 0$  in the image. The largest co-occurrence value of 4 is in position  $(0,0)$ , indicating that a 0 appears directly to the right of another 0 four times in the image.

Figure 7.6 illustrates this concept with a  $4 \times 4$  image  $I$  and three different co-occurrence matrices for  $I$ :  $C_{(0,1)}$ ,  $C_{(1,0)}$ , and  $C_{(1,1)}$ .

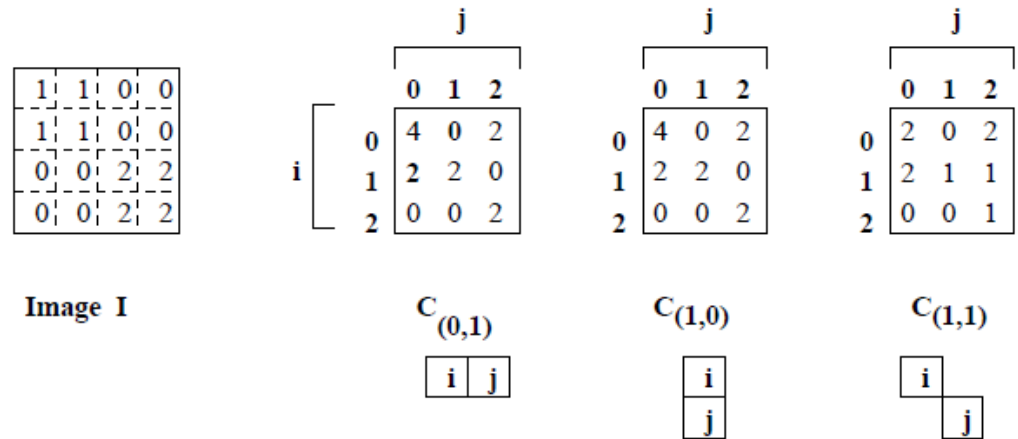
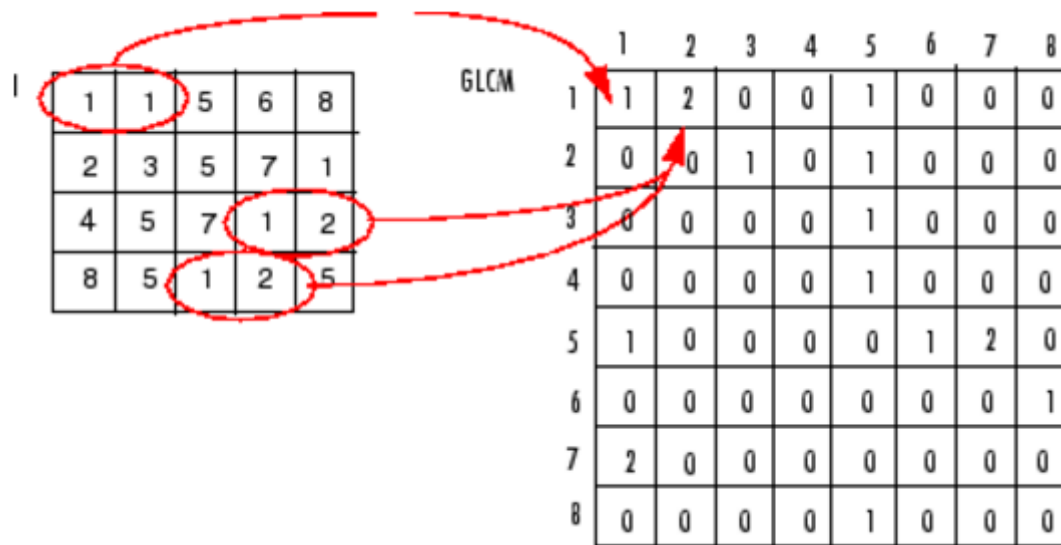
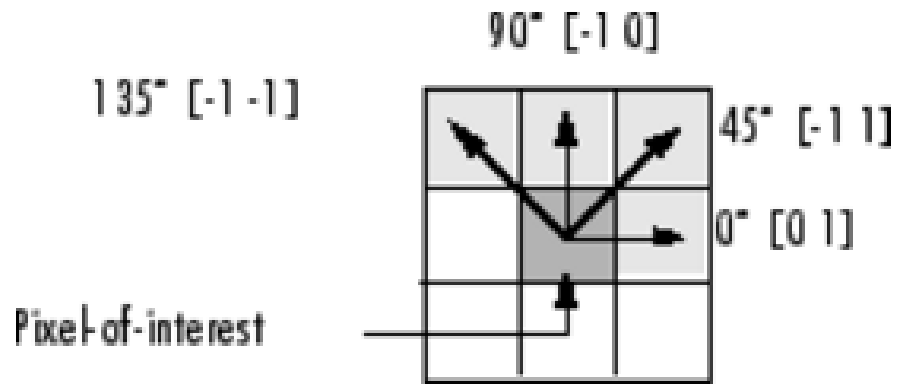


Figure 7.6: Three different co-occurrence matrices for a gray-tone image.

- C matrisi  $d$  mesafesi ve  $\theta$  yönü için, görüntüdeki yoğunluk seviyesi sayısına eşit boyutta kare bir matristir.
- Hesaplamaların yoğunluğunu azaltmak için genellikle  $\theta = 0^\circ$  ,  $45^\circ$  ,  $90^\circ$  ve  $135^\circ$  açıları için  $d = 1$  ve  $2$  pixel olarak seçilmektedir.
- Eğer görüntüdeki piksel değerleri yüksek oranda benzer ise,  $h_{c\theta}(i,j)$  elemanları matrisin diagonal elemanları etrafında birikecektir.
- Örnekte,  $d=1$  için co-occurrence matrisi hesaplanmıştır. İnce dokunun sınıflandırılması için küçük  $d$  değerleri, daha kaba dokunun sınıflandırılması için daha büyük  $d$  değerleri kullanılmaktadır.
- Görüntüdeki yoğunluk seviyelerinin (gri değer sayısı) sayısının azaltılması (quantizing) hesaplamaların kolay yapılmasını sağlarken biraz doku kaybına neden olacaktır.



The figure illustrates the array:  $\text{offset} = [0 \ 1; -1 \ 1; -1 \ 0; -1 \ -1]$



```
graycomatrix(I, 'offset', [0 1], 'Symmetric', true)
```

Inertia (contrast): 
$$\sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i-j)^2 p(i, j)$$

Absolute value: 
$$\sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} |i-j| p(i, j)$$

Inverse difference: 
$$\sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} \frac{p(i, j)}{1+(i-j)^2}$$

Entropy: 
$$-\sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} p(i, j) \log_2[p(i, j)]$$

Maximum probability: 
$$\max_{i, j} p(i, j)$$

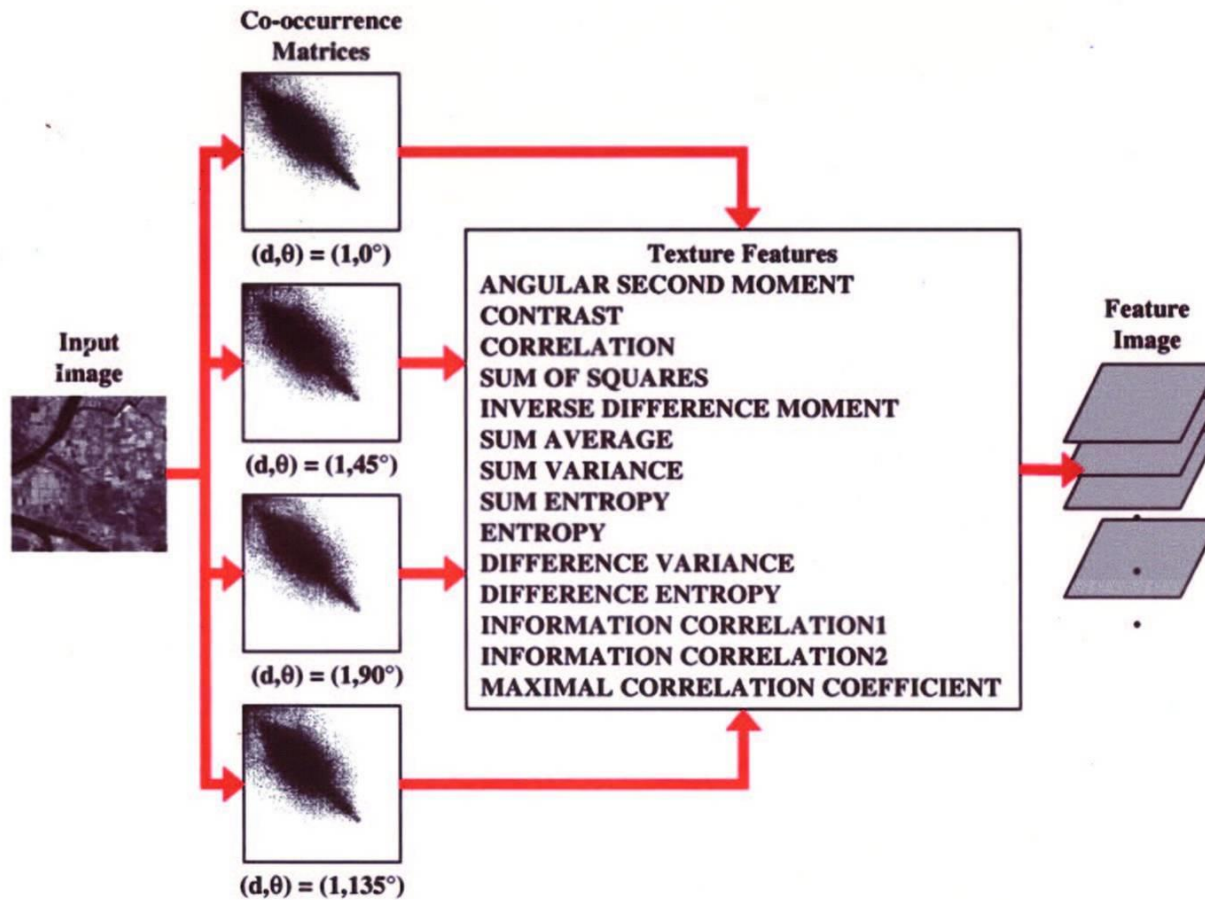
$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j P^2[i, j]$$

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i-j)^2 P[i, j]$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_i \sum_j \frac{P[i, j]}{1+|i-j|}$$

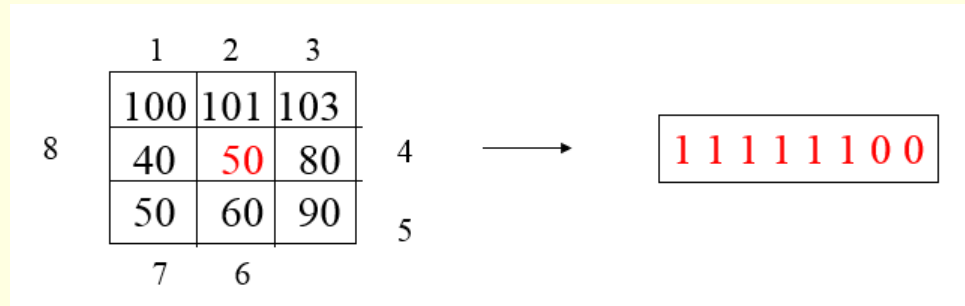
Contrast	Measures the local variations in the gray-level co-occurrence matrix.
Correlation	Measures the joint probability occurrence of the specified pixel pairs.
Energy	Provides the sum of squared elements in the GLCM. Also known as uniformity or the angular second moment.
Homogeneity	Measures the closeness of the distribution of elements in the GLCM to the GLCM diagonal.

# Örnek:



## 3.3 Lokal İkili Bölme (Local Binary Partition)

- Bir diğer çok basit ancak çok kullanışlı olan doku ölçümü lokal ikili bölmedir.
- Görüntüdeki her bir  $p$  pikseli için, etrafındaki 8 komşuluğun yoğunluk değeri  $p$ 'ninkinden büyük mü diye irdelenmektedir.
- $i$ . komşuluktaki pikselin değeri  $p$  deki değerden küçük veya eşit ise o komşuluktaki değer 0, değilse 1 olarak 8 adet ikili değer elde edilir.
- Bu değerlerin histogramı, görüntünün dokusunu temsil etmek için kullanılır.
- İki görüntü veya bölge histogramları arasında L1 mesafesi hesaplanarak karşılaştırılır.



- **Kaynaklar:**
- **Chapter 7, Computer Vision: March 2000**
- **A. Materka, M. Strzelecki, Texture Analysis Methods – A Review, Technical University of Lodz, Institute of Electronics, COST B11 report, Brussels 1998**