

Görüntü İşlemeye Giriş

Bölüm 3

Görüntü İşleme ile İlgili
Temel Kavramlar

İçerik

2. Sayısal Görüntü Temelleri

- ▶ Görsel Algının Unsurları
- ▶ Işık ve Elektromanyetik Spektrum
- ▶ Görüntü Algılama ve Edinme
- ▶ Görüntü Örnekleme ve Nicemleme
- ▶ Pikseller Arasındaki Bazı Temel İlişkiler
- ▶ Sayısal Görüntü İşlemede Kullanılan Matematiksel İşlemlere Giriş
- ▶ MATLAB Görüntü İşleme

Pikseller Arasındaki Bazı Temel İlişkiler

- ▶ (x,y) koordinatındaki bir p pikseli **komşuları**
- ▶ p 'nin 4-komşusu için $N_4(p)$ olarak:
 $(x-1, y), (x+1, y), (x, y-1)$ ve $(x, y+1)$.
- ▶ p 'nin 4 köşegen komşusu için $N_D(p)$ olarak:
 $(x-1, y-1), (x+1, y+1), (x+1, y-1)$ ve $(x-1, y+1)$.
- ▶ p 'nin 8-komşusu için $N_8(p)$ olarak
$$N_8(p) = N_4(p) \cup N_D(p)$$

Pikseller Arasındaki Bazı Temel İlişkiler

► Bitişiklik

V bitişikliği tanımlamak için kullanılan yeğinlik değerleri kümesi olsun.

İkili bir görüntüde, eğer 1 değerli piksellerin bitişikliğinden bahsederek $V=\{1\}$ 'dir.

► **4-bitişiklik:** Eğer $q \in N_4(p)$ kümesinde ise, değerleri V 'den olan p ve q pikselleri 4-bitişiktir.

► **8-bitişiklik:** Eğer $q \in N_8(p)$ kümesinde ise, değerleri V 'den olan p ve q pikselleri 8-bitişiktir.

Pikseller Arasındaki Bazı Temel İlişkiler

► Bitişiklik

V bitişikliği tanımlamak için kullanılan yeğinlik değerleri kümesi olsun.

Gri seviyesindeki piksellerin bitişikliğinde V kümesi bu 256 değer herhang bir alt kümesidir.

► **m-bitişiklik:** Değerleri V' 'den olan p ve q pikselleri m -bitişiktir, eğer

(i) $q \in N_4(p)$ kümesinde ise, veya

(ii) $q \in N_D(p)$ kümesinde ve $N_4(p) \cap N_4(q)$ kümesinin piksel değerleri V' 'de değilse.

Pikseller Arasındaki Bazı Temel İlişkiler

Yol

- ▶ (x,y) koordinatlı p pikselinden (s,t) koordinatlı q pikseline bir (sayısal) yol (veya eğri)

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

koordinatlarına sahip farklı piksellerin oluşturduğu bir dizidir.

Burada, (x_i, y_i) ve (x_{i-1}, y_{i-1}) pikselleri $1 \leq i \leq n$ için bitişiktir.

- ▶ Bu durumda n yolun uzunluğudur.
- ▶ Şayet $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ ise yol **kapalı** yoldur.
- ▶ Belirtilen bitişikliğin tipine bağlı olarak 4-, 8- veya m-yollar tanımlayabiliriz.

Örnekler: Bitişiklik ve Yol

$$V = \{1\}$$

0 1 1

0 1 0

0 0 1

0 1 1

0 1 0

0 0 1

0 1 1

0 1 0

0 0 1

Örnekler: Bitişiklik ve Yol

$$V = \{1\}$$

0 1 1

0 1 0

0 0 1

0 1 1

0 1 0

0 0 1

8-bitişik

0 1 1

0 1 0

0 0 1

Örnekler: Bitişiklik ve Yol

$$V = \{1\}$$

0 1 1

0 1 0

0 0 1

0 1 1
| ↗

0 1 0
| ↘

0 0 1

8-bitişik

0 1 1
| ↗

0 1 0
| ↘

0 0 1

m-bitişik

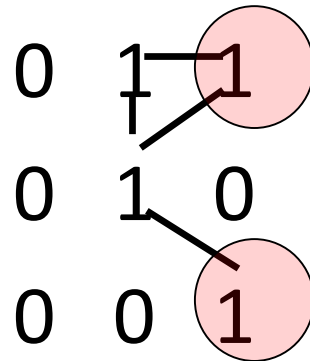
Örnekler: Bitişiklik ve Yol

$$V = \{1\}$$

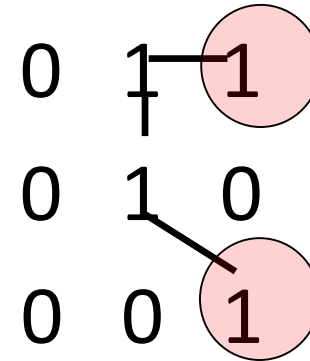
$0_{1,1}$ $1_{1,2}$ $1_{1,3}$

$0_{2,1}$ $1_{2,2}$ $0_{2,3}$

$0_{3,1}$ $0_{3,2}$ $1_{3,3}$



8-bitişik



m-bitişik

(1,3)'den (3,3)'e 8-yol:

(i) (1,3), (1,2), (2,2), (3,3)

(ii) (1,3), (2,2), (3,3)

(1,3)'den (3,3)'e m-yol:

(1,3), (1,2), (2,2), (3,3)

Uzaklık Ölçütleri

► Sırasıyla koordinatları (x, y) , (s, t) ve (v, w) olan p , q ve z pikselleri için D , bir uzaklık fonksiyonu veya bir metriktir eğer:

- $D(p, q) \geq 0$ [$D(p, q) = 0$, ancak ve ancak $p = q$]
- $D(p, q) = D(q, p)$ ve
- $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$ ise.

Uzaklık Ölçütleri

► Aşağıdakiler farklı uzaklık ölçütleridir.

a. Öklid Uzaklığı:

$$D_e(p, q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2}$$

b. Şehir-Blok Uzaklığı:

$$D_4(p, q) = |x-s| + |y-t|$$

		2		
	2	1	2	
2	1	0	1	2
	2	1	2	
		2		

c. Satranç Tahtası Uzaklığı:

$$D_8(p, q) = \max(|x-s|, |y-t|)$$

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

Soru 5

- Aşağıda verilen piksel düzenlemesindeki daire içerisindeki iki nokta arasındaki satranç tahtası uzaklığı değeri nedir?

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0
0	1	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Soru 6

- Aşağıda verilen piksel düzenlemesindeki daire içerisindeki iki nokta arasındaki şehir-blok uzaklığı değeri nedir?

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0
0	1	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Sayısal Görüntü İşlemede Kullanılan Matematiksel İşlemlere Giriş

► Dizi ve Matris İşlemleri

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

Dizi
çarpım
operatörü

$$A .* B = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

Dizi çarpımı

Matris
çarpım
operatörü

$$A * B = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

Matris çarpımı

Sayısal Görüntü İşlemede Kullanılan Matematiksel İşlemlere Giriş

► Doğrusal ve Doğrusal Olmayan İşlemler

$$H[f(x, y)] = g(x, y)$$

► Eğer

$$H[a_i f_i(x, y) + a_j f_j(x, y)]$$

$$= H[a_i f_i(x, y)] + H[a_j f_j(x, y)]$$

$$= a_i H[f_i(x, y)] + a_j H[f_j(x, y)]$$

$$= a_i g_i(x, y) + a_j g_j(x, y)$$

Toplanabilirlik

Homojenlik

ise H'a **doğrusal operatör** denir. Şayet H yukarıdaki niteliği sağlamıyorsa **doğrusal olmayan operatör** olarak ifade edilir.

Aritmetik İşlemler

- ▶ Görüntüler arasındaki aritmetik dizi işlemleridir.
Dört aritmetik işlem şu şekildedir:

$$s(x,y) = f(x,y) + g(x,y)$$

$$d(x,y) = f(x,y) - g(x,y)$$

$$p(x,y) = f(x,y) \times g(x,y)$$

$$v(x,y) = f(x,y) \div g(x,y)$$

Örnek: Gürültü Azaltma İçin Gürültülü Görüntülerin Toplanması

Gürültüsüz görüntü: $f(x,y)$

Gürültü: $n(x,y)$ (her (x,y) koordinat ikilisinde gürültünün ilintisiz ve sıfır ortalama değere sahip olduğu varsayılmaktadır)

Bozulmuş görüntü: $g(x,y)$

$$g(x,y) = f(x,y) + n(x,y)$$

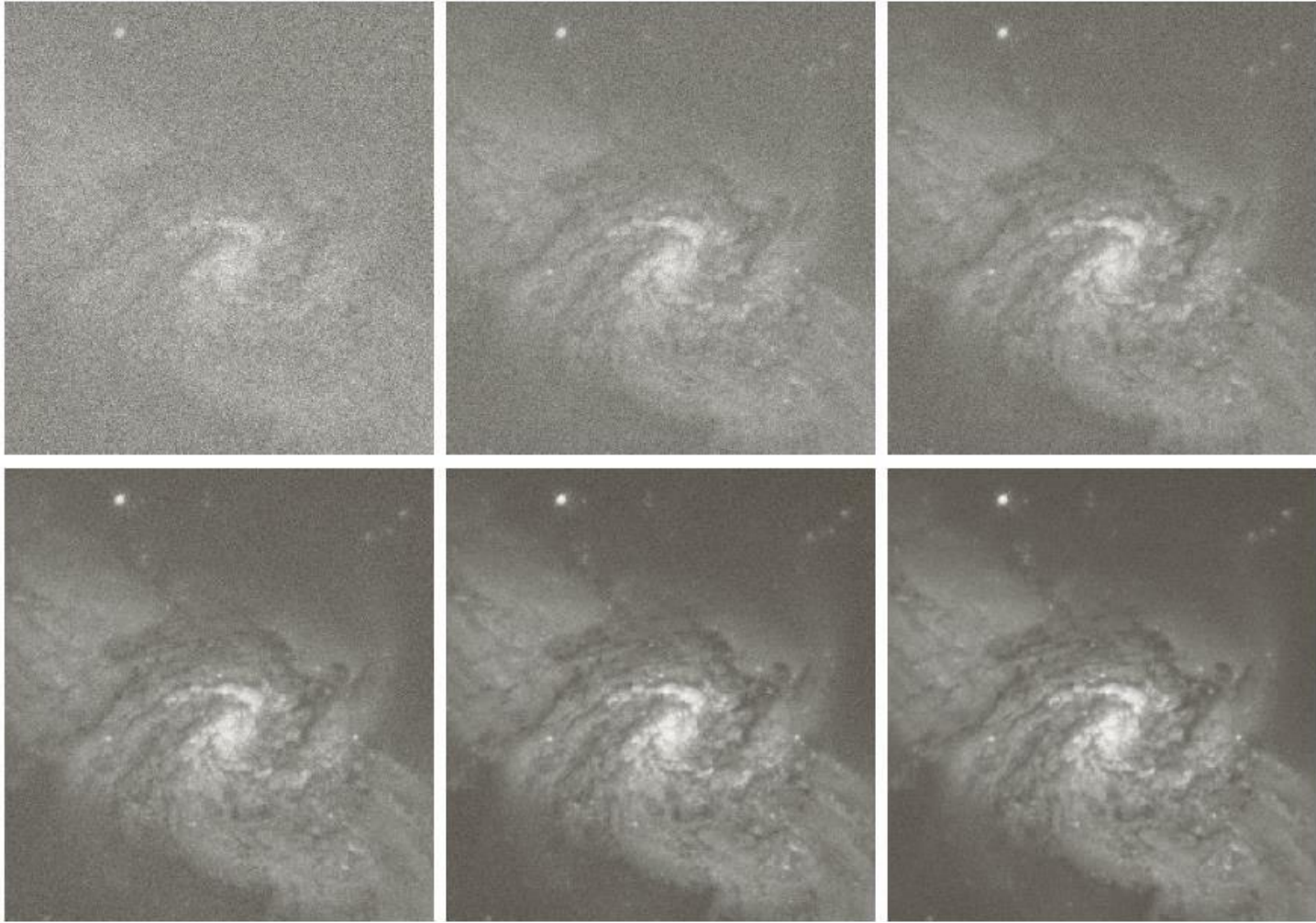
Gürültülü bir görüntü kümesini, $\{g_i(x,y)\}$ toplayarak gürültü içeriğini azaltmak:

$$\bar{g}(x,y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x,y)$$

Örnek: Gürültü Azaltma İçin Gürültülü Görüntülerin Toplanması

- ▶ Astronomide, çok düşük ışık seviyeleri altında yapılan görüntüleme çoğu kez algılayıcı gürültüsünün oluşmasına yol açar. Bu da görüntülerin analiz için işlenmesini neredeyse işe yaramaz hale getirir.
- ▶ Astronomik gözlemlerde, benzer algılayıcıların gürültüyü azaltma amacıyla yeteneklerini birleştirmeyi kullanmasıdır. Bu algılayıcılarda gürültü azaltma, uzun bir süre boyunca aynı yeri gözlemleyerek yapılmaktadır.

Örnek: Gürültü Azaltma İçin Gürültülü Görüntülerin Toplanması



a b c
d e f

ŞEKİL 2.26 (a) Toplanır Gauss gürültüsüyle bozulmuş Galaxy Pair NGC3314 görüntüsü. (b)-(f) Sırasıyla 5,10,20,50 ve 100 tane gürültülü görüntünün ortalamasının alınmasıyla elde edilen sonuçlar.

Bir Görüntü Çıkarma Örneği: Maske Modlu Radyografi

Mask $h(x,y)$: hasta vücudunun bir bölgesinin bir X-ışını görüntüsü

Canlı görüntüler $f(x,y)$: TV kamerası ile yakalanan bir X-ışını görüntüsü

Güçlendirilmiş detaylar $g(x,y)$

$$g(x,y) = f(x,y) - h(x,y)$$

Görüntüler TV hızında alındığı için bu yöntem esas itibariyle kontrast maddenin gözlemlenen alandaki çeşitli atardamarlarda nasıl yayıldığını gösteren bir film oluşturur.

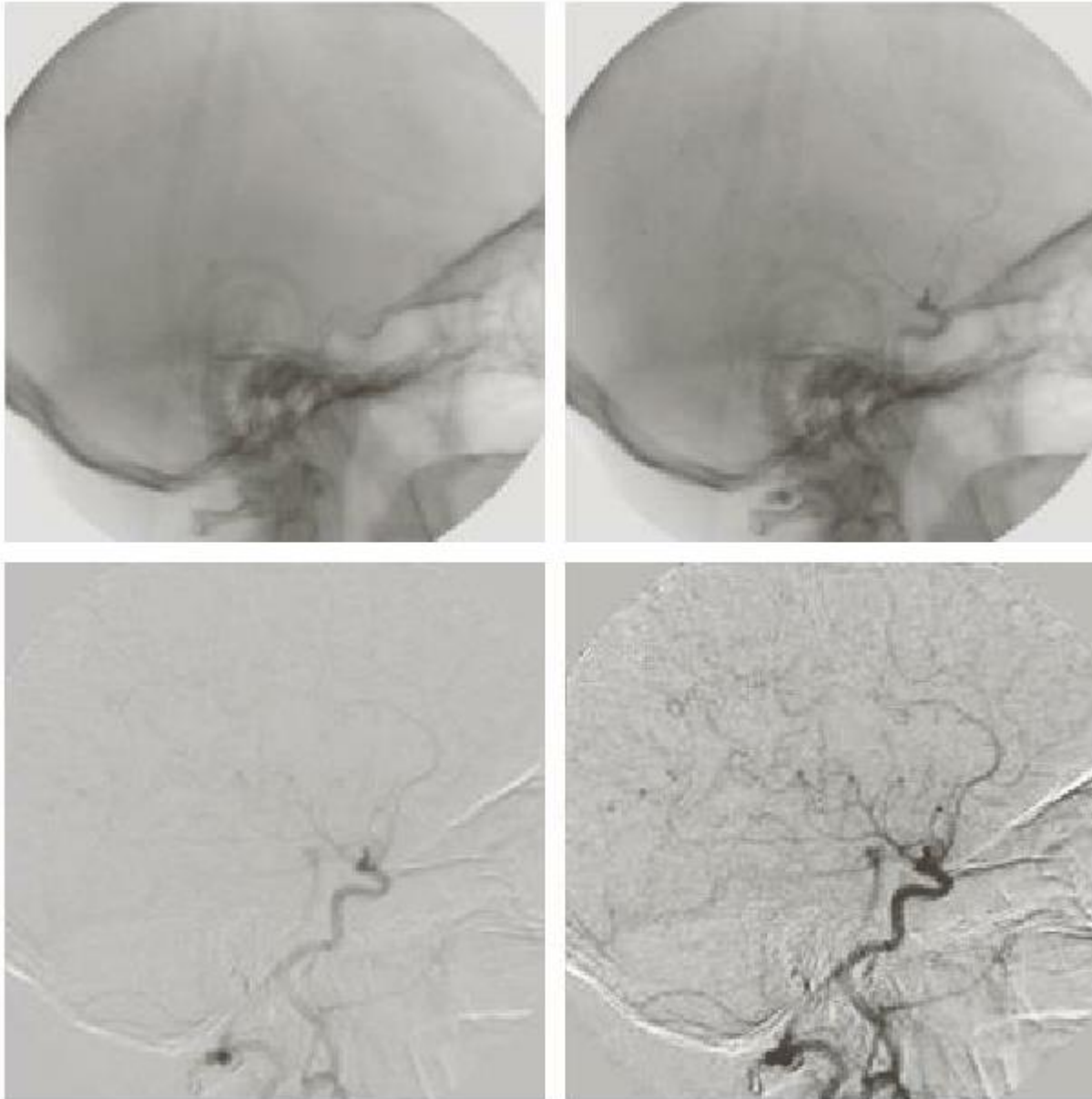
Bir Görüntü Çıkarma Örneği: Maske Modlu Radyografi



a b c

ŞEKİL 2.27 (a) Washington D.C. bölgesinin kızıl ötesi görüntüsü. (b) (a)'daki her bir pikselin en önemli bitini sıfır yaparak elde edilen görüntü. (c) İki görüntünün farkı. Netlik için $[0,255]$ aralığında ölçekleme yapılmıştır.

Bir Görüntü Çıkarma Örneği: Maske Modlu Radyografi



a	b
c	d

ŞEKİL 2.28

Sayısal çıkarma anjiyografi (a) Maske görüntü (b) Canlı görüntü (c) (a) ve (b) arasındaki fark (d) Zenginleştirilmiş fark görüntüsü (Şekil (a) ve (b), The Image Sciences Institute, University Medical Center, Utrecht, The Netherlands izniyle)

Bir Görüntü Çarpma Örneği



a b c

ŞEKİL 2.29 Gölge düzeltme (a) Tungsten telinin gölgelenmiş SEM görüntüsü. Yaklaşık 130 kat büyütülmüş hali. (b) Gölge görüntüsü (c) (a)'nın (b)'nin tersi ile çarpımı (Orjinal görüntü Michael Shaffer'in izniyle, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene)

Bir Görüntü Çarpma Örneği



a b c

ŞEKİL 2.30 (a) X ışını sayısal diş görüntüsü (b) Dolgulu dişleri ayırt etmek için kullanılan ROI maskesi (beyaz bölgeler 1'e siyah bölgeler 0'a karşılık gelmektedir) (c) (a) ve (b)'nin çarpımı.

MATLAB Görüntü İşleme

► Görüntü İşleme Araç Kutusu, MATLAB'ın sayısal bilgi işlem ortamının yeteneklerini genişleten işlevler topluluğudur. Araç kutusu, aşağıdakiler dahil olmak üzere çok çeşitli görüntü işleme operasyonlarını destekler:

- Geometrik işlemler
- Mahalle ve blok işlemleri
- Doğrusal filtreleme ve filtre tasarımı
- Dönüşümler
- Görüntü analizi ve geliştirme
- İkili görüntü işlemleri
- İlgili bölgesi operasyonları

MATLAB Görüntü İşleme

► MATLAB birçok görüntü formatını içe / dışa aktarabilir:

- BMP (Microsoft Windows Bitmap)
- GIF (Graphics Interchange Files)
- HDF (Hierarchical Data Format)
- JPEG (Joint Photographic Experts Group)
- PCX (Paintbrush)
- PNG (Portable Network Graphics)
- TIFF (Tagged Image File Format)
- XWD (X Window Dump)
- raw-data ve diğer görüntü verisi tipleri

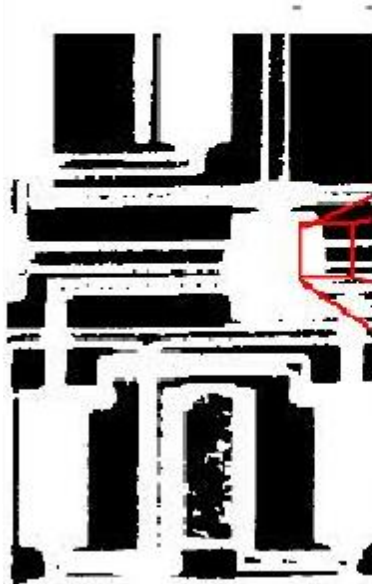
MATLAB Görüntü İşleme

► MATLAB veri tipleri:

- Double (64-bit double-precision floating point)
- Single (32-bit single-precision floating point)
- Int32 (32-bit signed integer)
- Int16 (16-bit signed integer)
- Int8 (8-bit signed integer)
- Uint32 (32-bit unsigned integer)
- Uint16 (16-bit unsigned integer)
- Uint8 (8-bit unsigned integer)

MATLAB Görüntü İşleme

- Binary images : {0,1}
- Intensity images : [0,1] or `uint8`, `double` etc.
- RGB images : $m \times n \times 3$
- Multidimensional images: $m \times n \times p$ (p is the number of layers)



0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624
0.5342	0.2051	0.2157	0.5342	0.1789	0.1307	0.4308	0.2483	0.2624



MATLAB Görüntü İşleme

- Read and write images in Matlab

```
img = imread('apple.jpg');  
dim = size(img);  
figure;  
imshow(img);  
imwrite(img, 'output.bmp', 'bmp');
```

- Alternatives to `imshow`

```
imagesc(I)  
imtool(I)  
image(I)
```

MATLAB Görüntü İşleme

**How to build a matrix
(or image)?**

Intensity Image:

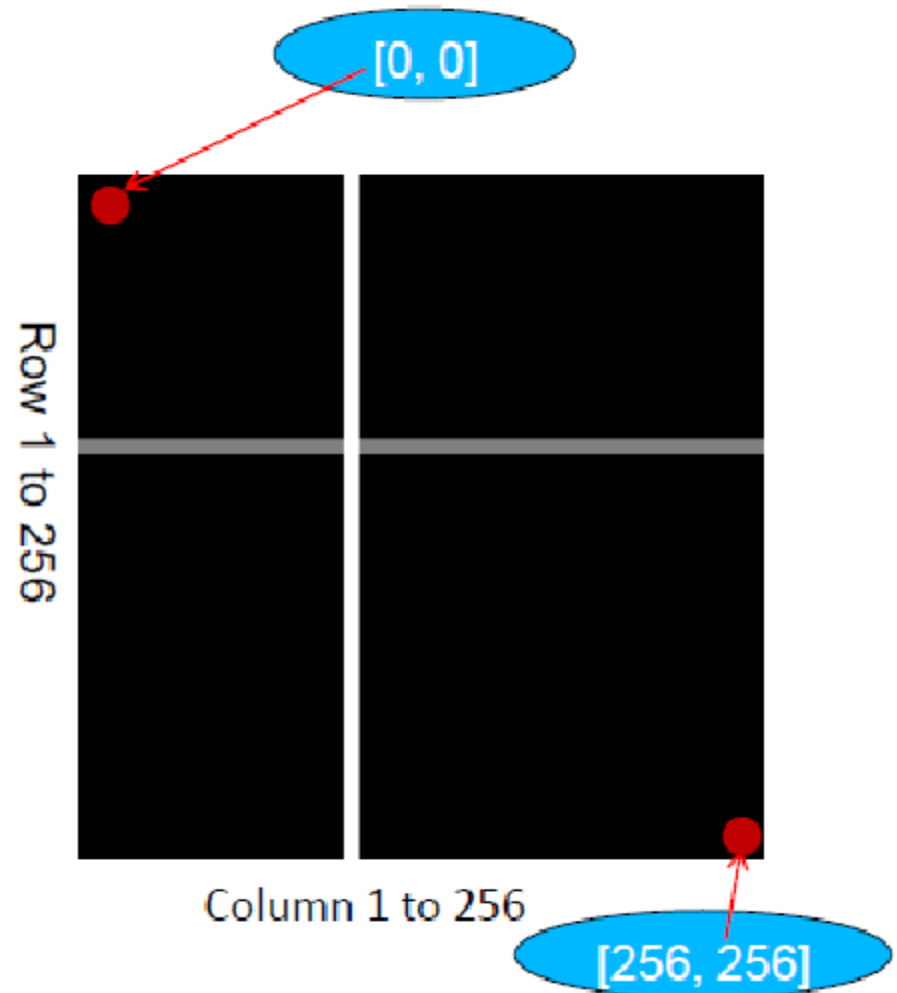
```
row = 256;  
col = 256;  
img = zeros(row, col);  
img(100:105, :) = 0.5;  
img(:, 100:105) = 1;  
figure;  
imshow(img);
```

MATLAB Görüntü İşleme

**How to build a matrix
(or image)?**

Intensity Image:

```
row = 256;  
col = 256;  
img = zeros(row, col);  
img(100:105, :) = 0.5;  
img(:, 100:105) = 1;  
figure;  
imshow(img);
```



MATLAB Görüntü İşleme

Binary Image:

```
row = 256;  
col = 256;  
img = rand(row,  
col);  
img = round(img);  
figure;  
imshow(img);
```

MATLAB Görüntü İşleme

Binary Image:

```
row = 256;  
col = 256;  
img = rand(row,  
col);  
img = round(img);  
figure;  
imshow(img);
```

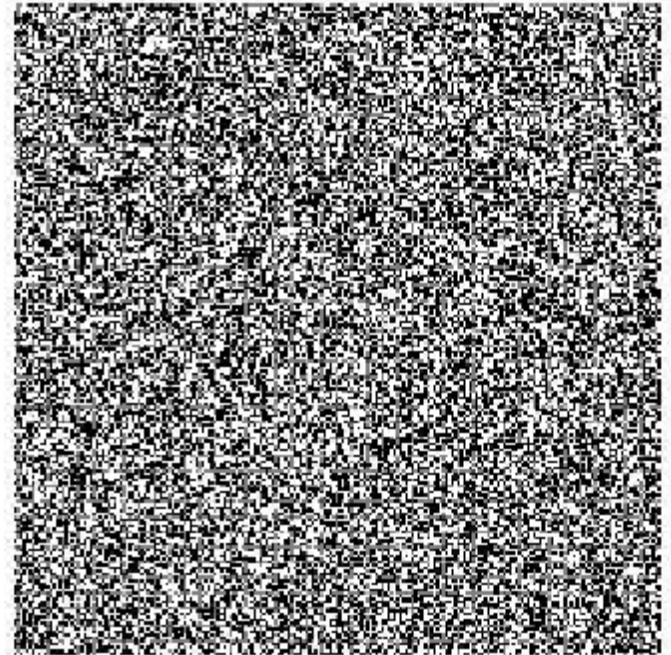


Image Display

- `image` - create and display image object
- `imagesc` - scale and display as image
- `imshow` - display image
- `colorbar` - display colorbar
- `getimage` - get image data from axes
- `truesize` - adjust display size of image
- `zoom` - zoom in and zoom out of 2D plot

MATLAB Görüntü İşleme

Image Conversion

- `gray2ind` - intensity image to index image
- `im2bw` - image to binary
- `im2double` - image to double precision
- `im2uint8` - image to 8-bit unsigned integers
- `im2uint16` - image to 16-bit unsigned integers
- `ind2gray` - indexed image to intensity image
- `mat2gray` - matrix to intensity image
- `rgb2gray` - RGB image to grayscale
- `rgb2ind` - RGB image to indexed image

MATLAB Görüntü İşleme

► Vektörlerde indeksleme

>> v = *1 3 5 7 9+ vektörü yazılıp enter'a vurulursa

v =

1 3 5 7 9

>> v(2) yazılıp enter'a vurulursa v vektörünün ikinci elemanı ans değişkenine atanır:

ans =

3

Bir satır vektör bir sütun vektöre transpoze işareti (') ile döndürülür:

>> w = v'

w =

1

3

5

7

9

MATLAB Görüntü İşleme

► Vektörlerde indeksleme

>> v(1:3) yazılıp enter'a vurulursa v vektörünün 1 ila 3 üncü elemanları alınır:

ans =

1 3 5

v vektörünün 2'nciden 4'üncü elemana kadar alınmak istenirse:

>> v(2:4) yazılmalıdır. Sonuç:

ans =

3 5 7

v vektörünün 3'üncü elemandan sonuna kadar olan elemanların tümü alınmak istenirse:

>> v(3:end) yazılmalıdır. Sonuç:

ans =

5 7 9

MATLAB Görüntü İşleme

► Vektörlerde indeksleme

Vektörün ilk elemanından başlayıp, birer atlayarak sona kadar tüm elemanları istendiğinde aşağıdaki komutla şu sonuç elde edilir:

```
>> v (1:2:end)
```

```
ans =
```

```
1    5    9
```

>> v (end:-2:1) komutu ise vektörün elemanlarını son elemandan 1. elemana birer atlayarak tersten atar. Sonuç:

```
ans =
```

```
9    5    1
```

olacaktır.

MATLAB Görüntü İşleme

► Vektörlerde indeksleme

```
>> x = linspace (a, b, n)
```

komutu ise a' dan başlayıp b'de biten ve eşit aralıklı n adet sayıdan oluşan bir vektör oluşturacaktır.

- v vektörünün birinci, dördüncü ve beşinci elemanlarını seçmek istiyorsak:

```
>> v([1 4 5])
```

ans =

1 7 9

yazmamız yeterli olacaktır.

MATLAB Görüntü İşleme

► Matrislerde indeksleme

- Matrisler, köşeli parantezler içerisinde satır vektörler ve bunları noktalı virgüllerle birbirinden ayırarak oluşturulurlar.
- `>> A = [1 2 3 ; 4 5 6 ; 7 8 9] ; % gösterimi 3x3 boyutunda matris oluşturur.`
- Bu A matrisi içindeki 2.satır, 3. sütundaki elemanı bulmak istersek
- `>> A(2,3) ; % 6 cevabını verecektir.`
- `>> C = A(: , 3) ; % (:) operatörü blok halinde elemanları seçer, burada tüm satırlar ama sadece 3. sütun anlamına gelmektedir. Bize sadece 3. sütun elemanlarını verecektir.`
Başka bir şekilde gösterimi ise `>> A(1:3,3) ;`
- `>> T2 = A(1:2 , 1:3) ; % ilk iki satırı ve 3 sütunu seçer.`
- `>> A (: , 2) = 1 ; % A matrisinin tüm satırlarındaki sadece ikinci sütununun elemanlarını 1 yapar.`

MATLAB Görüntü İşleme

► Matrislerde indeksleme

- Örnek soru: Üçüncü sütunu 0 olan, ama diğer sütunları A'ya eşit olan bir B matrisini nasıl yapabiliriz ??
- Cevap: `>> B = A ;`
- `>> B (: , 3) = 0 ;`
- `>> A (end , end) ;` % end ifadesi en son satır ve en son sütunda bulunan elemanı gösterir, burada üçüncü satır, üçüncü sütunda 9 bulunmaktadır.
- `V = T2 (:)` % T2 matrisinin tüm elemanlarını tek sütun şeklinde sıralar. Matrislerin tüm elemanlarını kullanarak işlem yapmak istediğimizde bize yardımcı olur.
- Örnek ; `>> s = sum (A (:)) ;` % Bu durumda A matrisinin tüm elemanlarının toplamını verir. Ancak sadece `>> sum (A) ;` olsaydı ayrı ayrı sütun toplamalarını verecekti.

MATLAB Görüntü İşleme

► Görüntü Operasyonları

- RGB resmi gri görüntüye
- Resim yeniden boyutlandır
- Görüntü kırpma
- Görüntü döndürmek
- Görüntü histogramı
- Görüntü histogramı eşitlemesi
- Konvolüsyon

► Örnekler ([Matlab For Image Processing](https://www.youtube.com/playlist?list=PL9ADE09052E08CC57)):

- <https://www.youtube.com/playlist?list=PL9ADE09052E08CC57>

MATLAB Görüntü İşleme

Performans sorunları

► MATLAB fikri:

- vektör ve matris işlemlerinde çok hızlı
- Buna bağlı olarak döngülerle yavaş

► Döngülerden kaçının

► Kodunuzu vektörize etmeye çalışın

► Araştır ([Techniques to Improve Performance](http://www.mathworks.com/support/tech-notes/1100/1109.html)):

<http://www.mathworks.com/support/tech-notes/1100/1109.html>

MATLAB Görüntü İşleme

Vectorize Loops

- Example

- Given image matrices, A and B, of the same size (540*380), blend these two images

```
apple = imread('apple.jpg');  
orange = imread('orange.jpg');
```

- Poor Style

```
% measure performance using stopwatch timer  
tic  
for i = 1 : size(apple, 1)  
    for j = 1 : size(apple, 2)  
        for k = 1 : size(apple, 3)  
            output(i, j, k) = (apple(i, j, k) + orange(i, j, k))/2;  
        end  
    end  
end  
toc
```

- Elapsed time is 0.138116 seconds

MATLAB Görüntü İşleme

Vectorize Loops (cont.)

- Example
 - Given image matrices, A and B, of the same size (600*400), blend these two images

```
apple = imread('apple.jpg');
orange = imread('orange.jpg');
```
- Better Style

```
tic % measure performance using stopwatch timer
Output = (apple + orange)/2;
toc
```

 - Elapsed time is 0.099802 seconds
- Computation is faster!