

Εργαστήριο Τεχνητή Όραση 5

Μορφολογία εικόνας

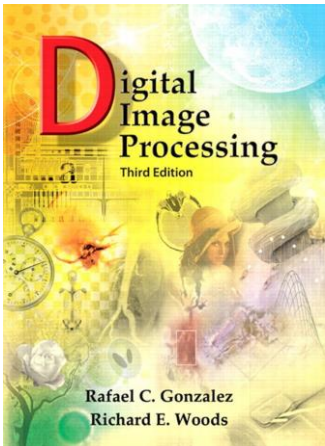
Κώστας Μαριάς
Αναπληρωτής Καθηγητής Επεξεργασίας Εικόνας

Αναφορές

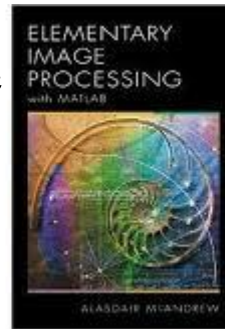
An Introduction to Digital Image Processing with Matlab, Alasdair McAndrew

N. Papamarkos, Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας
Έκδοση 3η+ 2015

An Introduction to Digital Image
Processing with MATLAB
by Alasdair McAndrew



“Digital Image Processing”, Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods, Addison-Wesley, 3rd edition



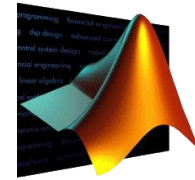
Περιεχόμενα Διάλεξης

- ⊕ Μορφολογία και Μορφολογική ανάλυση εικόνας
- ⊕ Βασικές έννοιες Μορφολογίας
- ⊕ Παραδείγματα Matlab

Για την καλύτερη παρακολούθηση έχουμε 3 ειδών διαφάνειες:
Βασική πληροφορία (για προπτυχιακούς), Παραδείγματα Matlab
για προπτυχιακούς και προχωρημένα ερευνητικά θέματα (research)



Basic



Matlab



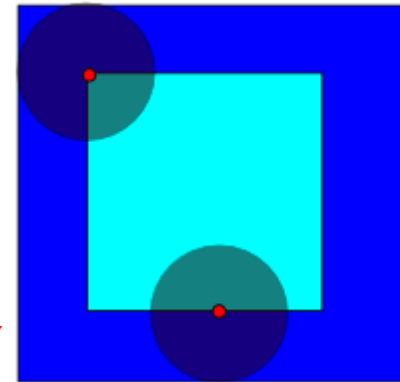
Research

Μορφολογία: Συστολή

- ◆ Για δύο σύνολα A, B του χώρου Z^2 η συστολή (erosion) ορίζεται ως:
- ◆ $A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\}$
- ◆ Με απλά λόγια είναι το σύνολο όλων των σημείων z για τα οποία όταν μετατοπίζουμε το σύνολο B κατά z , όλο το B περιέχεται στο A .
- ◆ Το B υποθέτουμε ότι είναι δομικό στοιχείο

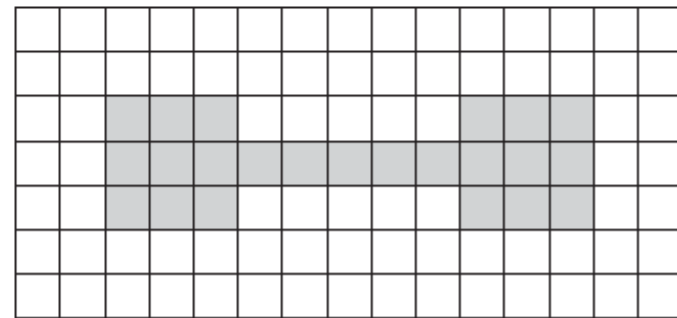
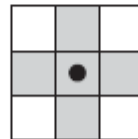
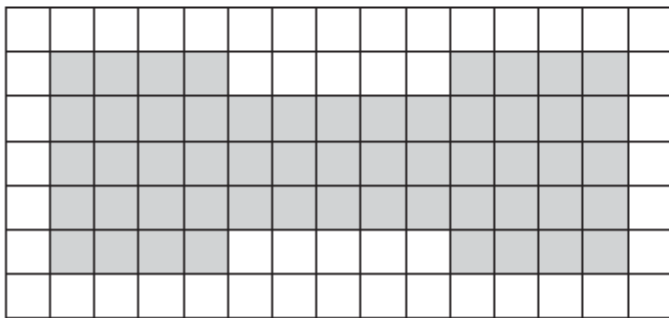
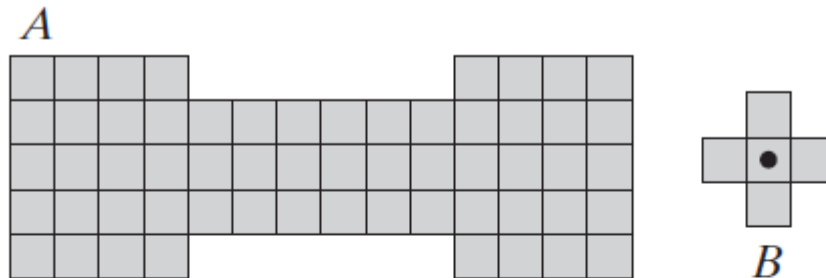
Η συστολή του σκούρου μπλε τετραγώνου με τον δίσκο, δίνει το ελαφρύ-μπλέ τετράγωνο.

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology



Συστολή A με B

a) A set (each shaded square is a member of the set). (b) A structuring element. (c) The set padded with background elements to form a rectangular array and provide a background border. (d) Structuring element as a rectangular array. (e) Set processed by the structuring element.

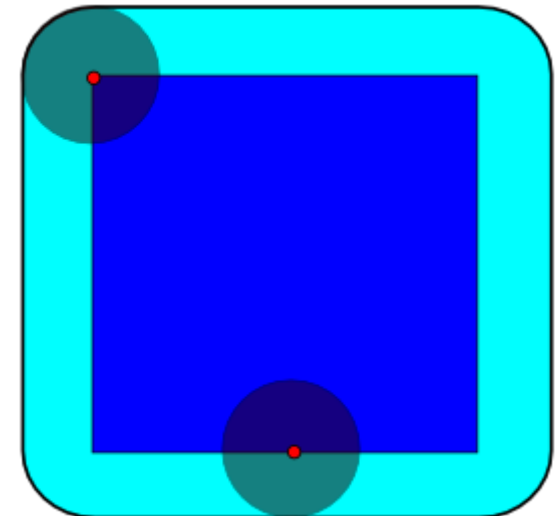


Μορφολογία: Διαστολή

- ◆ Για δύο σύνολα A, B του χώρου Z^2 η διαστολή (dilation) ορίζεται ως:
- ◆ $A \oplus B = \{ \cup (A)_z \text{ για καθε } z \in B \}$
- ◆ Με απλά λόγια είναι η ένωση όλων των σημείων που προκύπτουν από την μετατόπιση του A για κάθε στοιχείο z του B {το B υποθέτουμε ότι είναι δομικό στοιχείο}

Η διαστολή του σκούρο μπλε τετραγώνου από ένα δίσκο, έχει ως αποτέλεσμα το ανοιχτό μπλε τετράγωνο με στρογγυλεμένες γωνίες.

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology



Παράδειγμα Συστολής-Διαστολής σε Matlab #1

```
clear all
```

```
pkg load image
```

```
t=imread('text.png');
```

```
se=ones(2);
```

```
td=imdilate(t,se);
```

```
te=imerode(t,se);
```

```
figure,
```

```
subplot(1,3,1),imshow(t), title('original image');
```

```
subplot(1,3,2),imshow(td), title('dilated image');
```

```
subplot(1,3,3),imshow(te), title('eroded image');
```

Παράδειγμα Συστολής-Διαστολής σε Matlab#2

```
c=imread('circbw.tif');
```

```
se=ones(3);
```

```
cd=imdilate(c,se);
```

```
ce=imerode(c,se);
```

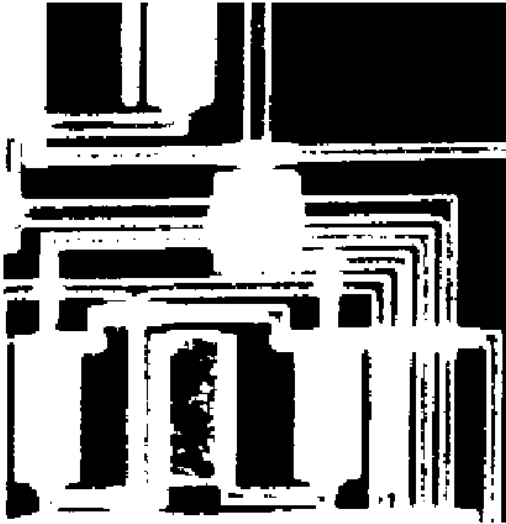
figure

```
subplot(1,3,1),imshow(c), title('original image');
```

```
subplot(1,3,2),imshow(cd), title('dilated image');
```

```
subplot(1,3,3),imshow(ce), title('eroded image');
```

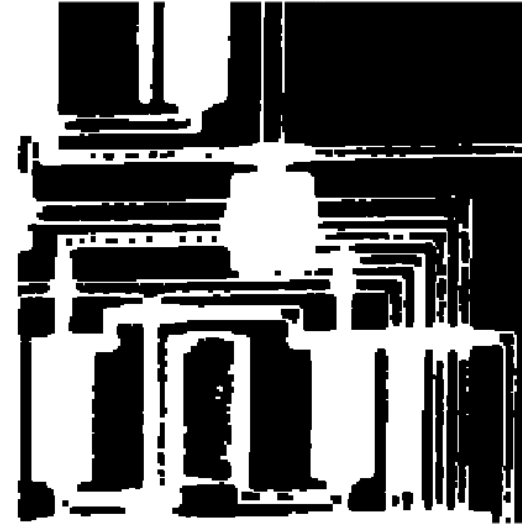
original image



dilated image



eroded image



Δοκιμάστε διάφορες παραλλαγές με διαφορετικά SE

-> Σταυρό

-> Κύκλο

```
A=zeros(100); A(30:50, 30:50)=1;
```

```
figure, imshow(A)
```

```
SE = strel('diamond',2)
```

```
Ad=imdilate(A,SE);
```

```
figure, imshow(Ad-A)
```

Μορφολογική ανάλυση με matlab

```
BW = zeros(9,10);
```

```
BW(4:6,4:7) = 1;
```

```
SE = strel('square',3);
```

```
BW2 = imdilate(BW,SE);
```

```
figure, imshow(BW)
```

```
figure, imshow(BW2)
```

```
'arbitrary', 'square', 'diamond',
```

```
'rectangle', 'octagon', 'line', 'pair',
```

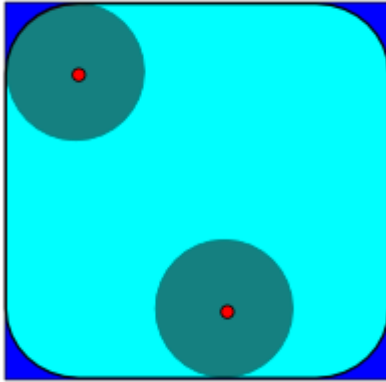
```
'periodicline', 'disk', 'ball'
```

```
%e.g. SE = strel('diamond',2)
```

Άνοιγμα και Κλείσιμο

- ◆ Το άνοιγμα ενός συνόλου A από το δομικό στοιχείο B ορίζεται ως:
- ◆ $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$
- ◆ Είναι δηλαδή η συστολή του A με το $SE B$ και στη συνέχεια η διαστολή του αποτελέσματος από το B .
- ◆ Με εντελώς ανάλογο τρόπο ορίζεται το κλείσιμο του συνόλου A από το δομικό στοιχείο B :
- ◆ $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$
- ◆ Το κλείσιμο είναι η Διαστολή του A από το B και στη συνέχεια συστολή του αποτελέσματος από το B .

Άνοιγμα και Κλείσιμο

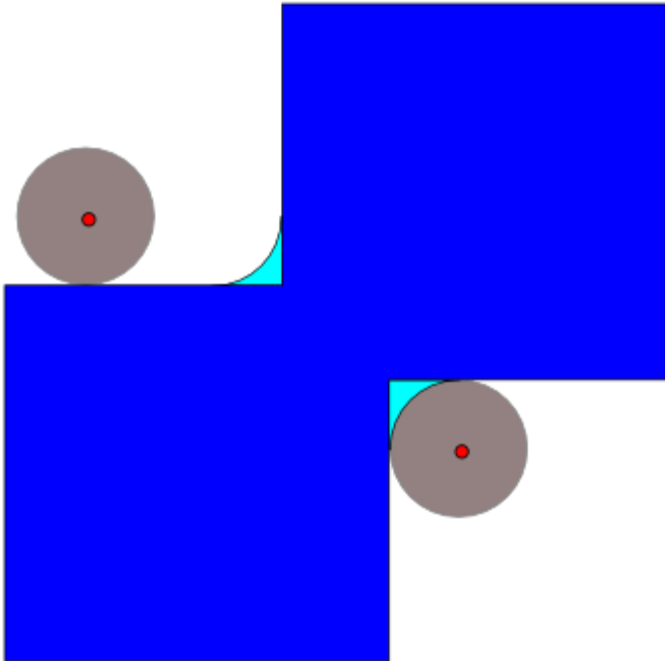


Το άνοιγμα του σκούρο μπλε τετραγώνου από ένα δίσκο, έχει ως αποτέλεσμα το ανοιχτό μπλε τετράγωνο με στρογγυλές γωνίες.

Με άλλα λόγια το άνοιγμα είναι το σύνολο των μετατοπίσεων του δομικού στοιχείου B μέσα στην εικόνα A . Στην περίπτωση του τετραγώνου της πλευράς 10 και ενός δίσκου ακτίνας 2 ως δομικού στοιχείου, το άνοιγμα είναι ένα τετράγωνο της πλευράς 10 με στρογγυλεμένες γωνίες, όπου η ακτίνα γωνίας είναι 2

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology

Άνοιγμα και Κλείσιμο



Το κλείσιμο του σκούρου μπλε σχήματος (ένωση δύο τετραγώνων) από ένα δίσκο, έχει ως αποτέλεσμα την ένωση του σκούρου μπλε σχήματος και των γαλαζοπράσινων περιοχών.

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology

Βασικοί αλγόριθμοι μορφολογίας

- ◆ Εξαγωγή περιγράμματος
- ◆ Το περίγραμμα $\beta(A)$ του A δίνεται από τη σχέση:
- ◆ $\beta(A) = A - (A \ominus B)$
- ◆ Δηλαδή από το A αφαιρούμε το αποτέλεσμα της συστολής του A με το $SE B$.
- ◆ Δημιουργείστε μια δυαδική εικόνα σε matlab (π.χ. ένα άσπρο τετράγωνο ή κύκλο σε μαύρο background) και στη συνέχεια βρείτε το περίγραμμα με μορφολογία εικόνας!

Βασικοί αλγόριθμοι μορφολογίας

◆ A είναι η εικόνα και B το SE τότε το περίγραμμα της A μπορεί να οριστεί ως:

(i) $A - (A \ominus B)$

“internal boundary”

(ii) $(A \oplus B) - A$

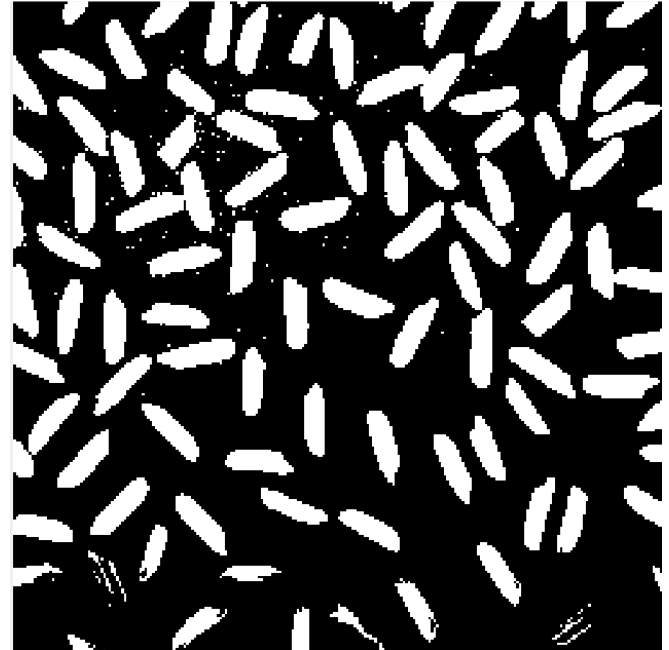
“external boundary”

(iii) $(A \oplus B) - (A \ominus B)$

“morphological gradient”

Εσωτερικό περίγραμμα

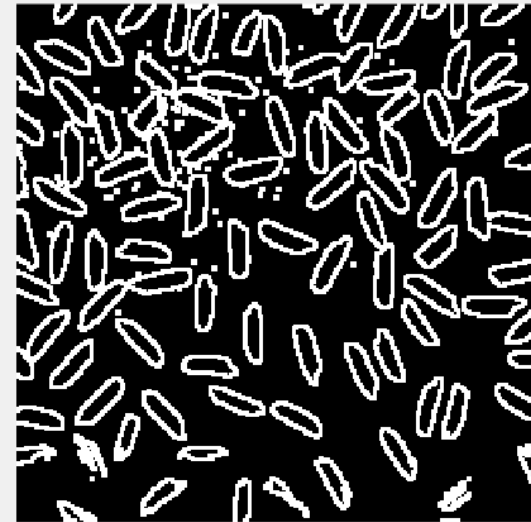
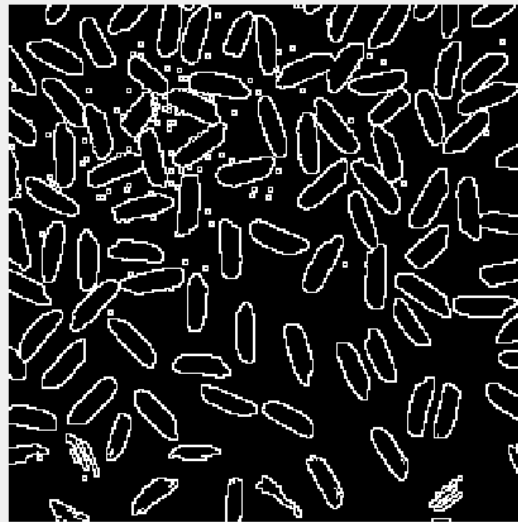
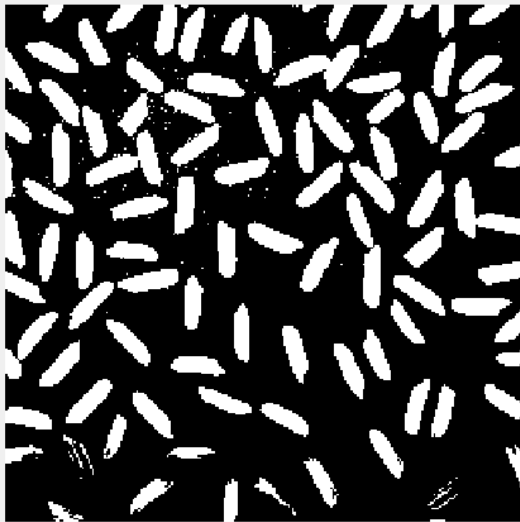
```
rice=imread('rice.png');  
r=im2bw(rice);  
sq=ones(3);  
re=imerode(r,sq);  
  
r_int=r-re;  
subplot(1,2,1),imshow(r)  
subplot(1,2,2),imshow(r_int)
```



Εξωτερικό και μορφολογικό περίγραμμα

```
rice=imread('rice.png');  
r=im2bw(rice);  
sq=ones(3);  
rd=imdilate(r,sq); re=imerode(r,sq);  
r_ext=rd-r; r_morph=rd-re;  
figure  
subplot(1,3,1),imshow(r)  
subplot(1,3,2),imshow(r_ext)  
subplot(1,3,3), imshow(r_morph)
```

Εξωτερικό και μορφολογικό περίγραμμα



Morphology Application in noise removal

- ◆ Έστω ότι η εικόνα A είναι μολυσμένη με θόρυβο (π.χ. η εικόνα....).
- ◆ Η απομάκρυνση θορύβου (μικρών περιοχών pixels) γίνεται με άνοιγμα και αμέσως μετακλείσιμο, όπως δίνεται από τη σχέση:

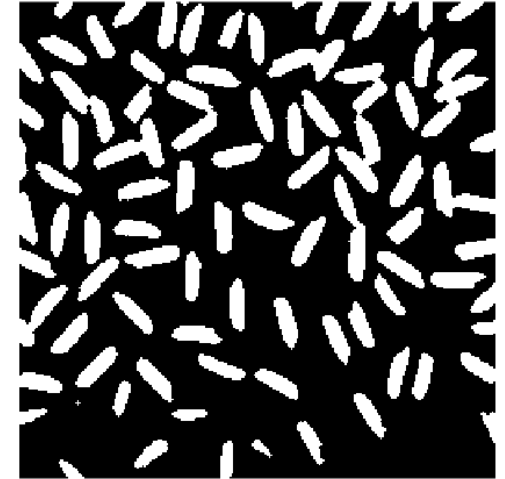
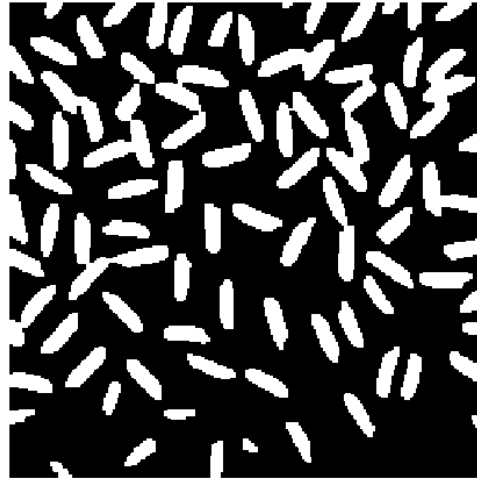
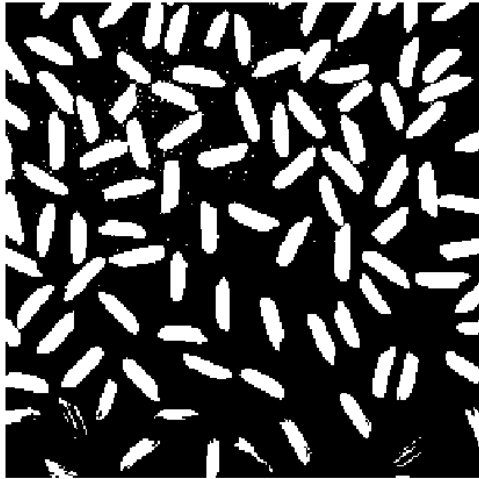
$$I_{NR} = (A \circ B) \bullet B$$

Morphology Application in noise removal

```
rice=imread('rice.png');  
r=im2bw(rice);  
sq=ones(3);  
cf1=imclose(imopen(r,sq),sq);  
cr=[0 1 0;1 1 1;0 1 0];  
cf2=imclose(imopen(r,cr),cr);  
figure  
subplot(1,3,1), imshow(r)  
subplot(1,3,2), imshow(cf1)  
subplot(1,3,3), imshow(cf2)
```

Δοκιμάστε το με
2 Δομικά
στοιχεία α)
τετράγωνο 3x3
και ένα σταυρό
3x3

Morphology Application in noise removal



Εύρεση Σκελετού σχήματος - skeletonization

- ◆ Ο σκελετός μιας περιοχής μπορεί να οριστεί μέσω του μετασχηματισμού μέσου άξονα (MAT) που προτείνεται από τον Blum*
- ◆ Το MAT μιας περιοχής R με περίγραμμα B έχει ως εξής.
 - ⊕ Για κάθε σημείο p του R βρίσκουμε τον πλησιέστερο γείτονά του στο B .
 - ⊕ Στην περίπτωση που το p έχει περισσότερους από έναν τέτοιο γείτονα, λέγεται ότι ανήκει στον μέσο άξονα (σκελετό) του R .

*Blum, H. [1967]. "A Transformation for Extracting New Descriptors of Shape," In Models for the Perception of Speech and Visual Form, Wathen-Dunn, W. (ed.), MIT Press, Cambridge, Mass.

Εύρεση Σκελετού σχήματος - skeletonization

- ◆ Το MAT μιας περιοχής έχει έναν διαισθητικό ορισμό βασισμένο στη λεγόμενη "έννοια της πυρκαγιάς-λιβάδι."
- ◆ Θεωρήστε μια περιοχή εικόνας ως λιβάδι ομοιόμορφου, ξηρού γρασιδιού και υποθέστε ότι μια φωτιά ανάβει κατά μήκος των συνόρων της.
- ◆ Όλα τα μέτωπα πυρκαγιάς θα προχωρήσουν μέσα στην περιοχή με την ίδια ταχύτητα.
- ◆ Το MAT της περιοχής είναι το σύνολο των σημείων όπου φτάνουν ταυτόχρονα περισσότερα από ένα 'μέτωπα' της φωτιάς.

Εύρεση Σκελετού σχήματος - skeletonization

- ◆ Η υλοποίηση που θα παρουσιάσουμε είναι σύμφωνα με το βιβλίο *An Introduction to Digital Image Processing with MATLAB* του Alasdair McAndrew.

Erosions	Openings	Set differences
A	$A \circ B$	$A - (A \circ B)$
$A \ominus B$	$(A \ominus B) \circ B$	$(A \ominus B) - ((A \ominus B) \circ B)$
$A \ominus 2B$	$(A \ominus 2B) \circ B$	$(A \ominus 2B) - ((A \ominus 2B) \circ B)$
$A \ominus 3B$	$(A \ominus 3B) \circ B$	$(A \ominus 3B) - ((A \ominus 3B) \circ B)$
\vdots	\vdots	\vdots
$A \ominus kB$	$(A \ominus kB) \circ B$	$(A \ominus kB) - ((A \ominus kB) \circ B)$

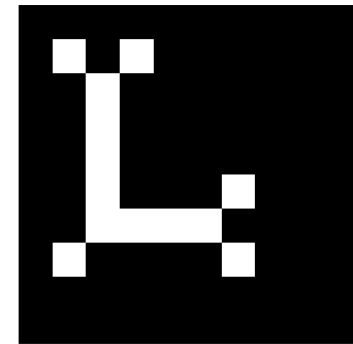
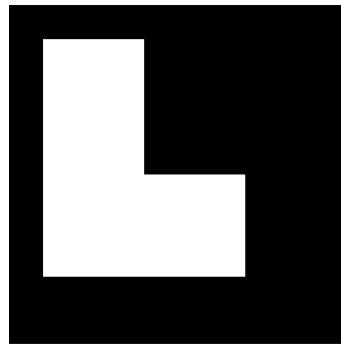
- ◆ Εδώ χρησιμοποιούμε τη σύμβαση ότι μια ακολουθία k συστολών με το ίδιο δομικό στοιχείο B συμβολίζεται ως $A \ominus kB$. Συνεχίζουμε όπως στον πίνακα μέχρι το άνοιγμα $(A \ominus kB) \circ B$ να είναι κενό. Ο σκελετός δίνεται από την ένωση όλων των συνόλων διαφορών.

Παράδειγμα

```
BW1 = imread('circbw.tif');  
%Skeletonize objects in the image using the bwskel function.  
BW2 = bwmorph(BW1,'skel',inf);  
  
%View the original image and the skeletonized image figure,  
imshow(BW1)  
figure,imshow(BW2)
```

<https://www.mathworks.com/help/images/skeletonization.html>

- `A=zeros(10);`
- `A(2:8,2:4)=1;A(6:8,2:7)=1;`
- `BW2=bwmorph(A,'skel',inf);`
- `figure, imshow(A)`
- `figure, imshow(BW2)`



End of today's lecture

Thank you for your attention!