

# Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο

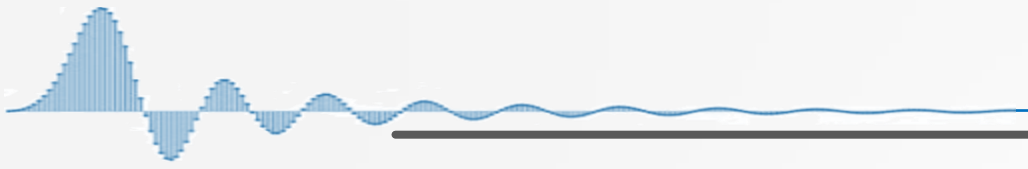


ο6. Μορφολογία

Εισηγητής: Νικόλαος Γιαννακέας

Επίκουρος Καθηγητής, Σημάτων & Συστημάτων

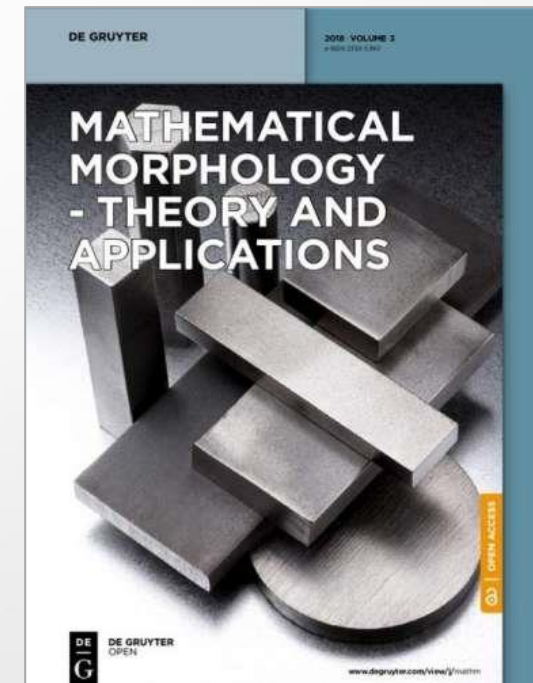




# Μορφολογία - Εισαγωγή

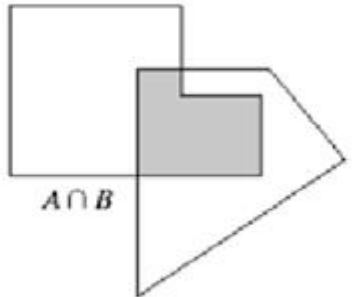
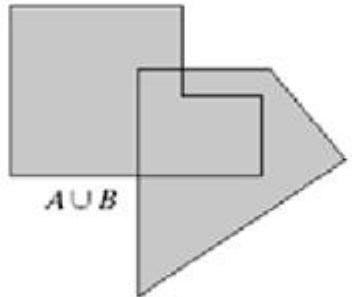
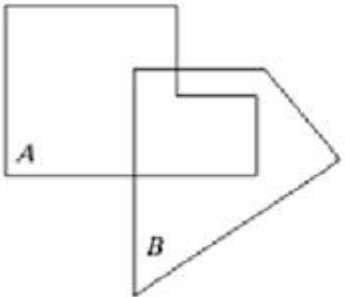
Μελετάμε την Μορφολογία με βάση την **μαθηματική της έννοια** για την εφαρμογή της σε Επεξεργασία Εικόνας

- **Μαθηματική Μορφολογία** παρέχει εργαλεία και την θεωρία για την ανάλυση και την επεξεργασία γεωμετρικών δομών
- Σε εικόνες για την **αναπαράσταση και περιγραφή περιοχών** της εικόνας (π.χ. όρια, περίγραμμα, σκελετός, κυρτό περίβλημα κ.α.)
- Παρέχει τεχνικές για πριν ή μετά την επεξεργασία της εικόνας ενώ έχει εφαρμογές τόσο σε δυαδικές όσο και σε εικόνες επιπέδων γκρι



# Βασικοί Ορισμοί και Έννοιες

Έστω Δύο περιοχές A και B



Ένωση (Union)

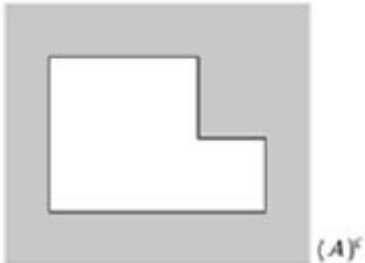
Τομή (Intersection)

$$A \cup B = \{w | w \in A \text{ OR } w \in B\}$$

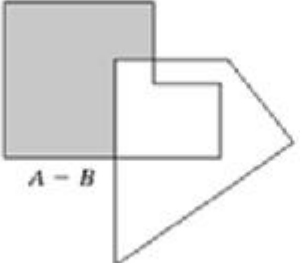
$$A \cap B = \{w | w \in A \text{ AND } w \in B\}$$

$$A^c = \{w | w \notin A\}$$

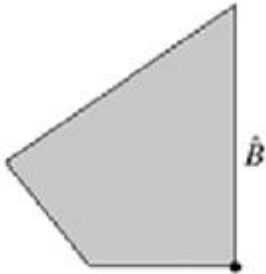
$$A \cap B = \{w | w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c$$



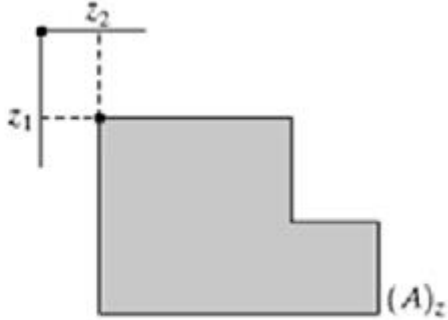
Συμπλήρωμα (Complement)



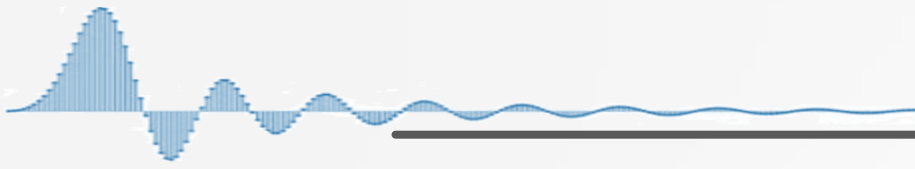
Διαφορά (Difference)



Ανάκλαση (Reflection)



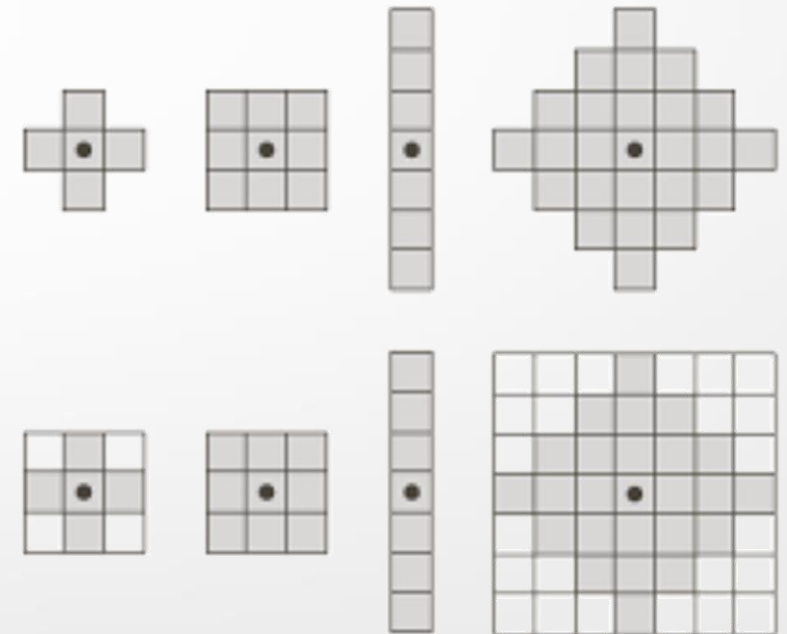
Μετατόπιση (Translation)



# Μορφολογικές Πράξεις

## Δομικά στοιχεία

- Οι **μορφολογικές πράξεις** εφαρμόζονται μεταξύ μιας περιοχής της εικόνας και ενός **Δομικού Στοιχείου** (Structural Element - SE)
- Τα Δομικά στοιχεία δημιουργούνται **σε διάφορα σχήματα** αναλόγως με τα σχήματα των δομών που επιθυμούμε να **«ευνοηθούν»** κατά την επεξεργασία
- Ένα σημείο του δομικού στοιχείου ονομάζεται **«αρχή» (Origin)** και με βάση αυτό γίνονται οι κινήσεις το δομικού στοιχείου στην εικόνα
- Η αρχή δεν είναι απαραίτητα στο κέντρο του δομικού στοιχείου



Όποτε απαιτείται οι περιοχές γεμίζουν με μηδενικά



# Μορφολογικές Πράξεις

## Δομικά στοιχεία

- Οι **μορφολογικές πράξεις** εφαρμόζονται μεταξύ μιας περιοχής της εικόνας και ενός **Δομικού Στοιχείου** (Structural Element)
- Τα Δομικά στοιχεία δημιουργούνται **σε διάφορα σχήματα** αναλόγως με τα σχήματα των δομών που επιθυμούμε να **«ευνοηθούν»** κατά την επεξεργασία
- Ένα σημείο του δομικού στοιχείου ονομάζεται **«αρχή» (Origin)** και με βάση αυτό γίνονται οι κινήσεις το δομικού στοιχείου στην εικόνα
- Η αρχή δεν είναι απαραίτητα στο κέντρο του δομικού στοιχείου

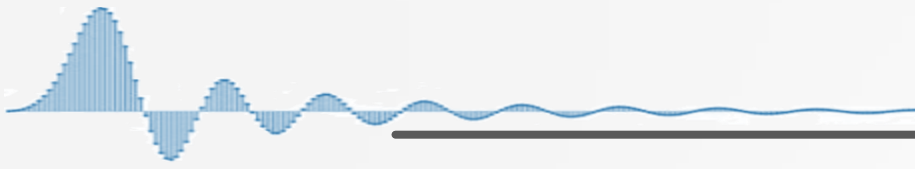
7x7 Περιοχή – Δομικό Στοιχείο ρόμβου

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | ● | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Αρχή (Origin)

Όποτε απαιτείται οι περιοχές γεμίζουν με μηδενικά

Θυμάμαι..... Περιοχή όπου οι άσσοι απέχουν απόσταση Μανχάταν = 3 από την αρχή



# Μορφολογικές Πράξεις

## Εφαρμογή των τελεστών/ πράξεων

### Διαδικασία – Αλγόριθμος

1. Η αρχή (origin) του δομικού στοιχείου B «επισκέπτεται» κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας A
2. Στην **κάθε θέση εκτελείται μια διαδικασία** (ανάλογα με τον τελεστή) μεταξύ των στοιχείων του δομικού στοιχείου και των εικονοστοιχείων της εικόνας
3. Η διαδικασία αποφασίζει αν το εικονοστοιχείο που συμπίπτει με την αρχή του δομικού στοιχείου θα ανήκει στην τελική περιοχή ή όχι.

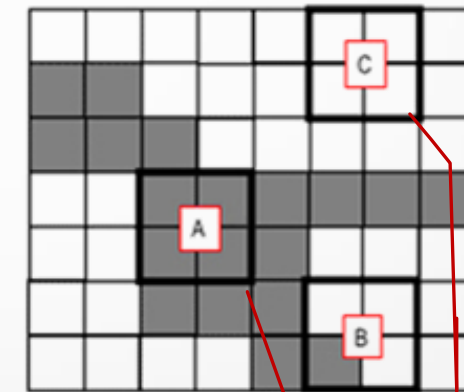




# Μορφολογικές Πράξεις

## Εφαρμογή των πράξεων

- Οι μορφολογικοί τελεστές **ανιχνεύουν** σε μια εικόνα το **πρότυπο σχήμα** του δομικού στοιχείου
- Το δομικό στοιχείο τοποθετείται σε όλες τις πιθανές θέσεις της εικόνας και συγκρίνεται με την αντίστοιχη γειτονιά των εικονοστοιχείων.
- Ελέγχει αν **ταιριάζει (fit)** μέσα στη γειτονιά, ή αν **χτυπά (hit)** - τέμνει τη γειτονιά.



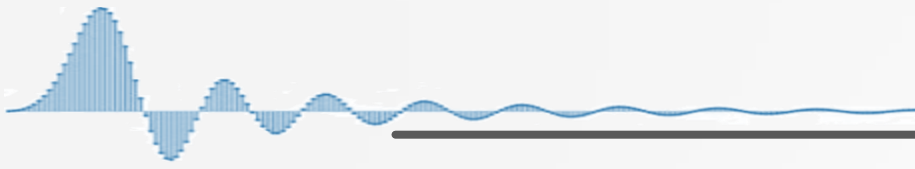
Δομικό στοιχείο



Το Δομικό στοιχείο ούτε «Χτυπά» ούτε «ταιριάζει» με την εικόνα

Το Δομικό στοιχείο «Ταιριάζει» (fit) με την εικόνα

Το Δομικό στοιχείο «Χτυπά» (hit) με την εικόνα



# Μορφολογικές Πράξεις

## Εφαρμογή των πράξεων

### Βασικοί Μορφολογικοί Τελεστές ή πράξεις (Morphological Operations)

- Μορφολογική Συστολή (Morphological Erosion):
- Μορφολογική Διαστολή (Morphological Dilation):
- Μορφολογικό Άνοιγμα (Morphological Opening):
- Μορφολογικό Κλείσιμο (Morphological Closing):

Morphology

**Morphology**

Morphology

Morphology

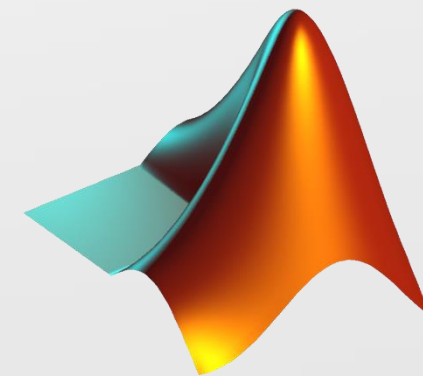
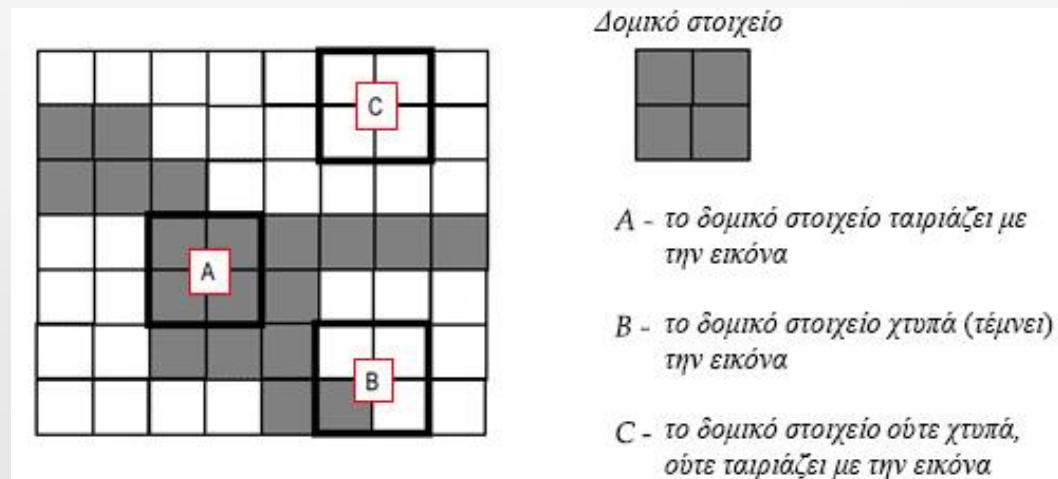
**Morphology**

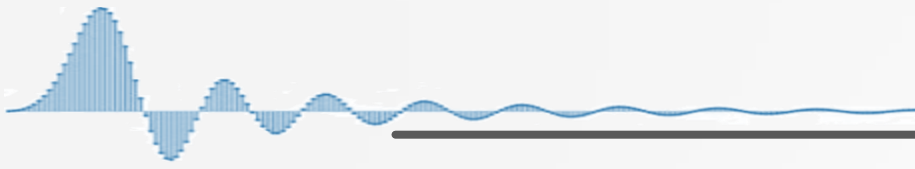




# Εισαγωγή

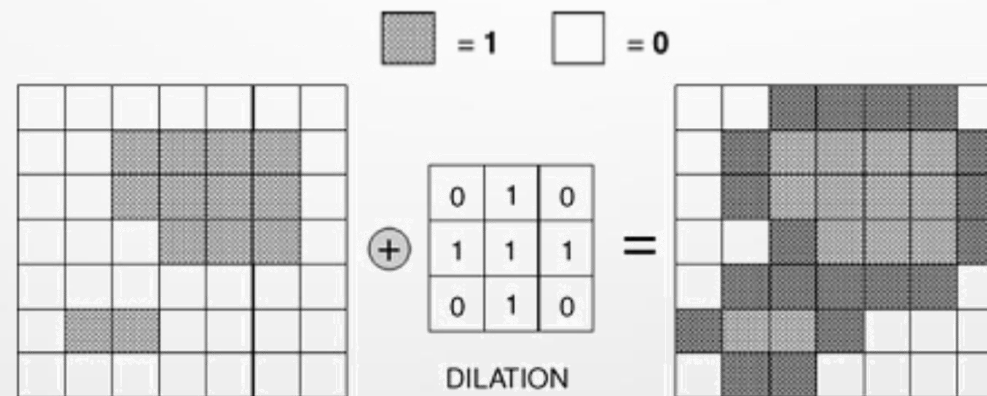
Το δομικό στοιχείο ρυθμίζει την **επίδραση** των **τελεστών**, όπου τοποθετείται σε όλες τις **πιθανές θέσεις της Εικόνας** και **συγκρίνεται** με την **αντίστοιχη γειτονιά** (neighborhood) των εικονοστοιχείων. Μερικοί από τους **τελεστές ελέγχουν** αν το στοιχείο **ταιριάζει** (fit) μέσα στη γειτονιά, ενώ άλλοι ελέγχουν αν **χτυπά** (hit) ή **τέμνει** τη γειτονιά. Ένας μορφολογικός τελεστής σε μια **δυναδική εικόνα** δημιουργεί με τη σειρά μια νέα δυναδική, στην οποία το **εικονοστοιχείο** λαμβάνει **μη μηδενική τιμή**, εάν και μόνο ο **έλεγχος** είναι **επιτυχής** σε μια θέση της εικόνας εισόδου.



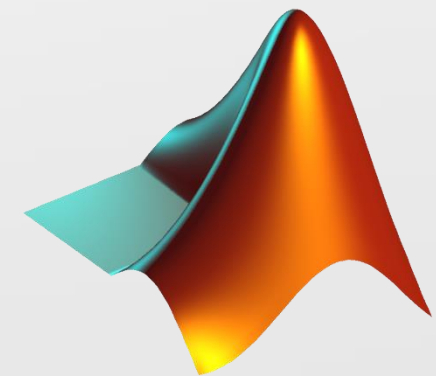


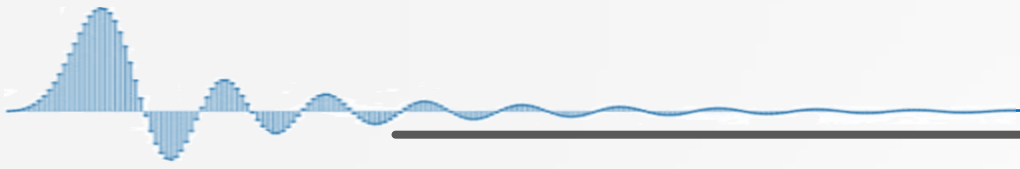
# Εισαγωγή

**Τελεστής διαστολής (Dilation operator  $\oplus$ ):** Εάν ένα ή περισσότερα εικονοστοιχεία του αντικειμένου με τιμή **1** βρίσκονται **μέσα στη μάσκα** (hit), το αποτέλεσμα της πράξης θα είναι **1**, διαφορετικά **0**. Επομένως το αντικείμενο θα χαρακτηριστεί ως **διασταλμένο**. Οι μικρές οπές ή οι ρωγμές θα καλυφθούν και η γραμμή του περιγράμματος θα γίνει ομαλότερη.



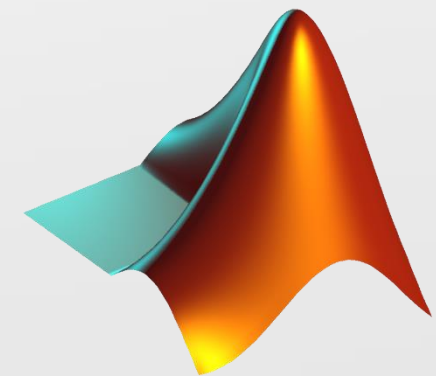
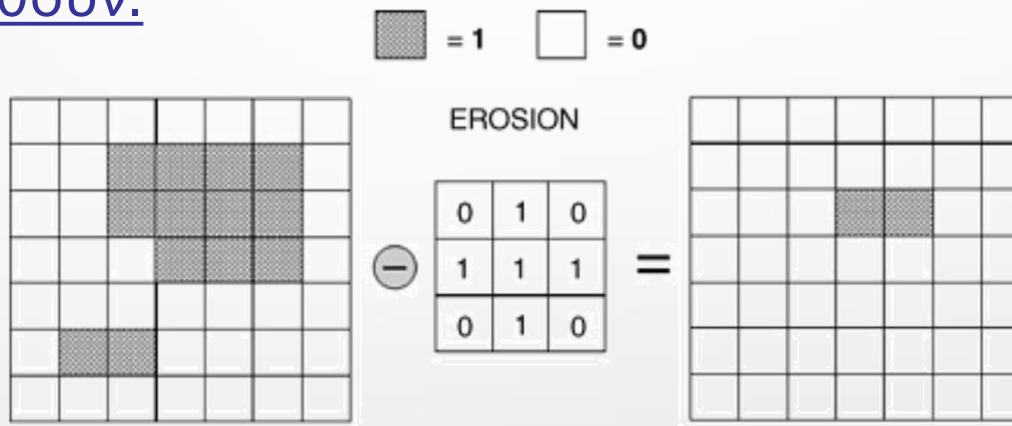
**Πρακτικά:** Στην τελική περιοχή παραμένουν μόνο τα σημεία για τα οποία το δομικό στοιχείο έκανε "hit" στην εικόνα



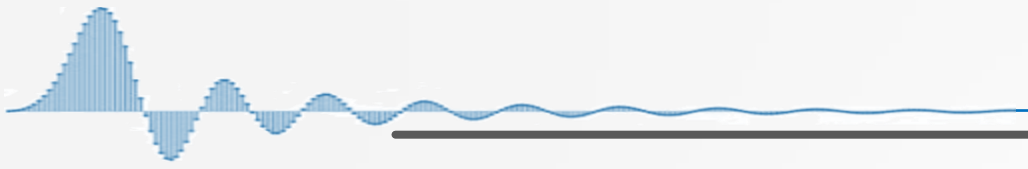


# Εισαγωγή

**Τελεστής συστολής (Erosion operator  $\ominus$ ):** Εάν **όλα** τα εικονοστοιχεία του αντικειμένου με τιμή **1** βρίσκονται **μέσα στη μάσκα** (fit), το αποτέλεσμα της πράξης θα είναι **1**, διαφορετικά **0**. Επομένως το αντικείμενο θα έχει υποστεί **συστολή**. Οι μικρές οπές ή οι ρωγμές θα μεγαλώσουν ενώ μικρά αντικείμενα θα εξαληφθούν.



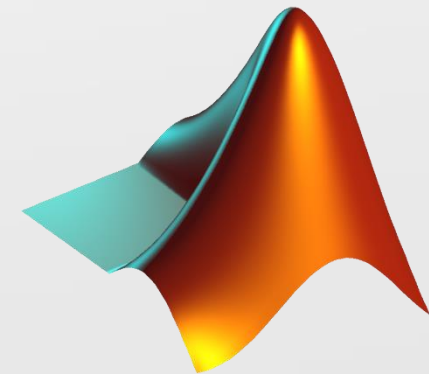
**Πρακτικά:** Στην τελική περιοχή παραμένουν μόνο τα σημεία τα για τα οποία το δομικό στοιχείο έκανε "fit" στην εικόνα

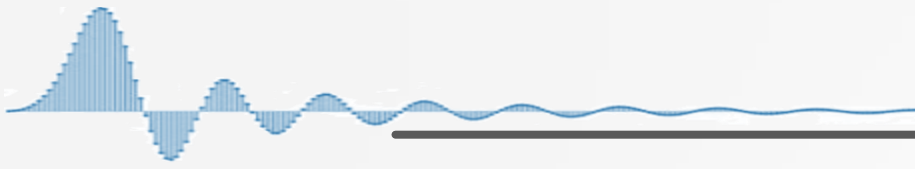


# Εισαγωγή

**Μορφολογικό Άνοιγμα (Morphological Opening):** Ενώ ο τελεστής συστολής είναι χρήσιμος για την αφαίρεση μικρών αντικειμένων, έχει το **μειονέκτημα** ότι **συρρικνώνει** το **μέγεθος** και **όλων** των **υπόλοιπων αντικείμενων**.

Τρόπο αποφυγής του φαινομένου, αποτελεί η εφαρμογή **συστολή** στην εικόνα και μετά **διαστολή** με το ίδιο δομικό στοιχείο. Αυτός ο συνδυασμός πράξεων ονομάζεται **μορφολογικό άνοιγμα** (opening):  $G \circ M = (G \ominus M) \oplus M$



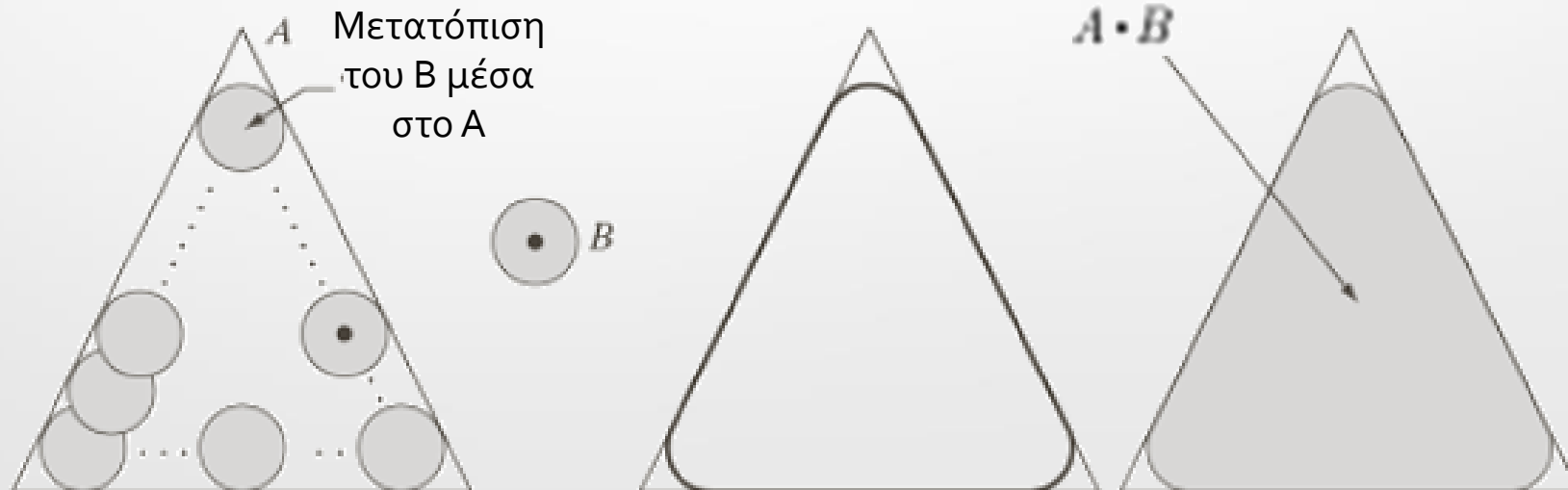


# Μορφολογικές Πράξεις

## Άνοιγμα και κλείσιμο

### Γεωμετρική Ερμηνεία - Άνοιγμα

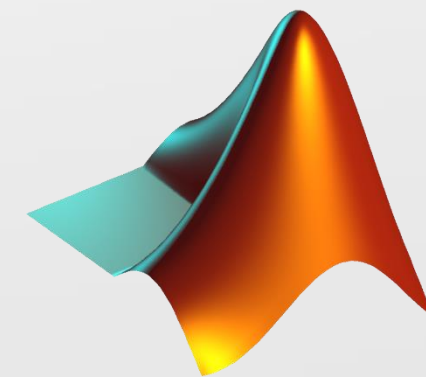
- Το περίγραμμα του ανοίγματος προκύπτει από τα σημεία του Δομικού Στοιχείου, τα οποία φτάνουν στην πλέον απομακρυσμένη θέση μέσα στο περίγραμμα του  $A$  καθώς το  $B$  κυλά κατά μήκος του εσωτερικού του περιγράμματος του  $A$ .



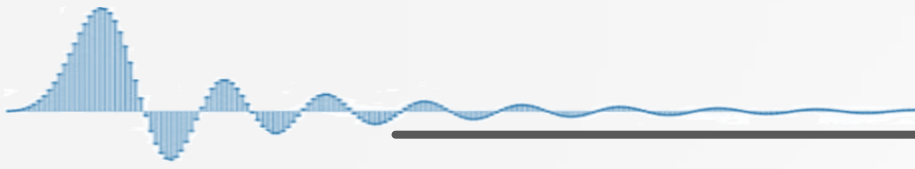


# Εισαγωγή

**Μορφολογικό Κλείσιμο (Morphological Closing):** Σε αντίθεση με το μορφολογικό Άνοιγμα, ο τελεστής **διαστολής μεγεθύνει** τα αντικείμενα **κλείνοντας μικρά κενά και ρωγμές**. Η γενική **μεγέθυνση** αντικειμένων βάσει του **μεγέθους** του δομικού στοιχείου, μπορεί να **αντιστραφεί** από μια ακόλουθη πράξη συστολής:  $G \cdot M = (G \oplus M) \ominus M$





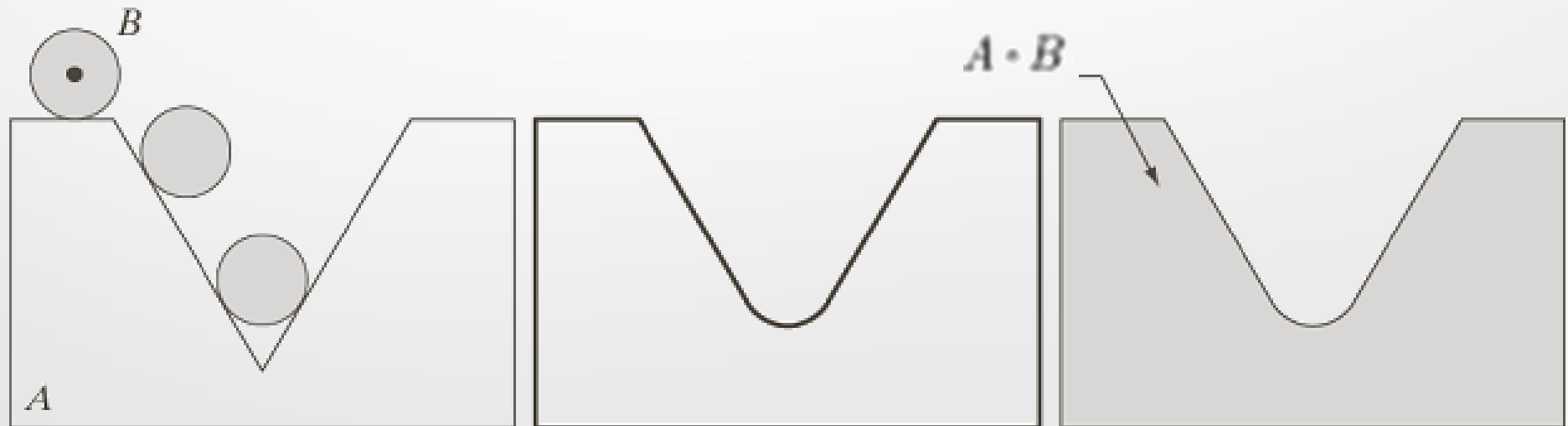


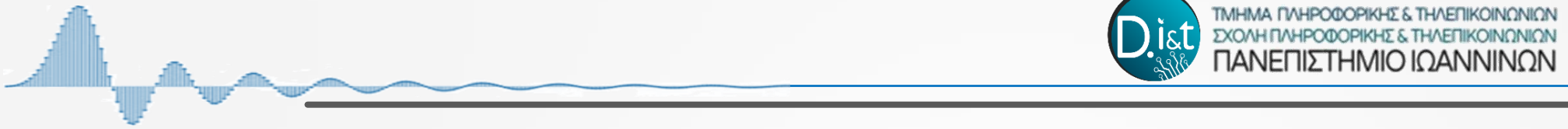
# Μορφολογικές Πράξεις

## Άνοιγμα και κλείσιμο

### Γεωμετρική Ερμηνεία - Κλείσιμο

- Το περίγραμμα του κλεισίματος προκύπτει από τα σημεία του Δομικού Στοιχείου, τα οποία φτάνουν στην πλέον απομακρυσμένη θέση έξω από περίγραμμα του  $A$  καθώς το  $B$  κυλά κατά μήκος του εξωτερικού του περιγράμματος του  $A$ .



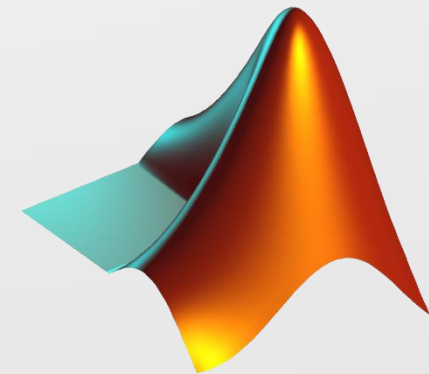


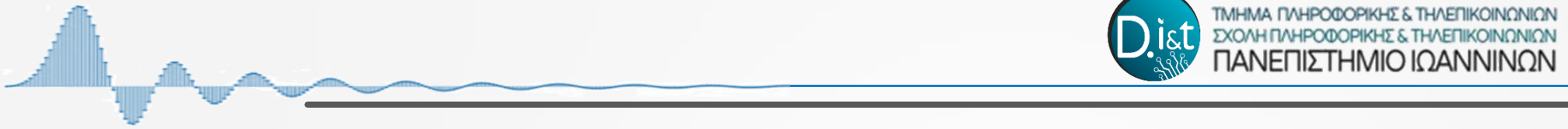
# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

## Άσκηση 1

Εισάγεται την εικόνα `'art3.gif'` από τον φάκελο `datasets` στο `workspace` του λογισμικού MATLAB και εμφανίστε την σε ένα **νέο παράθυρο**. Στην συνέχεια δημιουργήστε με την εντολή `strel` ένα δομικό μορφολογικό στοιχείο «**κύκλο**» και εκτελέστε τις παρακάτω μορφολογικές πράξεις.

- 1) Πράξη **διαστολής** μεταξύ της εικόνας και του δομικού μορφολογικού στοιχείο
- 2) Πράξη **συστολής** μεταξύ της εικόνας και του δομικού μορφολογικού στοιχείο
- 3) Μορφολογικό **άνοιγμα** της εικόνας με χρήση του δομικού στοιχείου
- 4) Μορφολογικό **κλείσιμο** της εικόνας με χρήση του δομικού στοιχείου
- 5) Τέλος εντοπίστε τις **ακμές** της αρχικής εικόνας αφαιρώντας από την αρχική εικόνα την εικόνα που έχει υποστεί συστολή.





# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

## Άσκηση 1

Για κάθε ένα από τα 5 ερωτήματα εμφανίστε το αποτέλεσμα της εικόνας σε νέο παράθυρο. Τι παρατηρείτε στις πρώτες 4 περιπτώσεις;

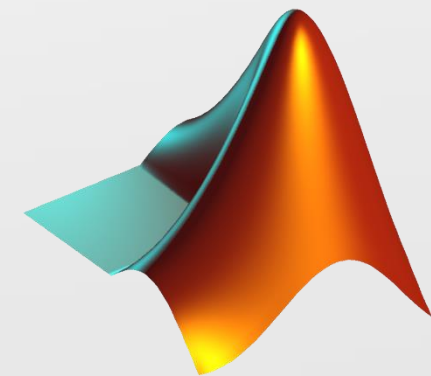
### Υπόδειξη:

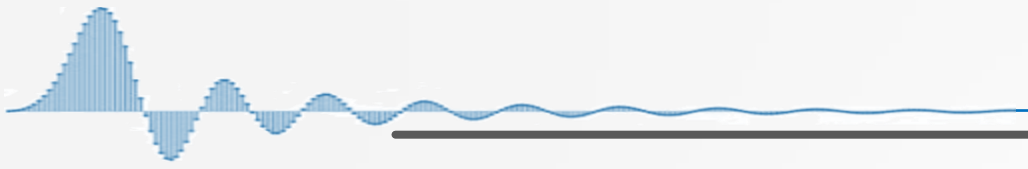
Για τα ερωτήματα **1-4** ορίστε την **ακτίνα** του δομικού μορφολογικού στοιχείο ίση με **5**.

Για το ερώτημα **5** θέστε την **ακτίνα** του δομικού στοιχείου ίση με **1**.

Οι **4** πράξεις υπάρχουν υλοποιημένες στις παρακάτω συναρτήσεις **imdilate**, **imerode**, **imopen**, **imclose** αντίστοιχα.

Επειδή οι εικόνες είναι **δυναδικές** (binary, δηλαδή έχουν φωτεινότητες εικονοστοιχείων μόνο 0 ή 1) στην εντολή **imshow** χρησιμοποιήστε και την εντολή **logical** για να δηλώσετε ότι η εικόνα περιέχει μόνο τις **λογικές** τιμές 0 και 1. Δηλαδή `logical(imshow(I))`





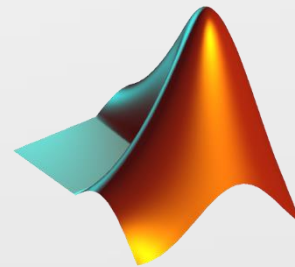
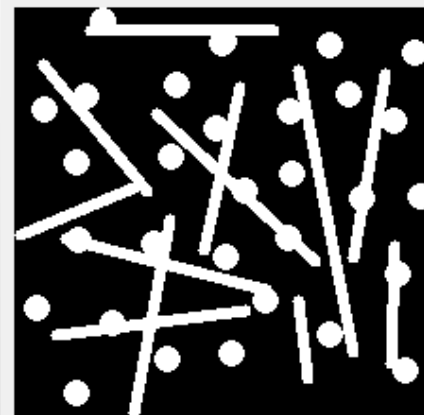
# ΛΥΣΗ

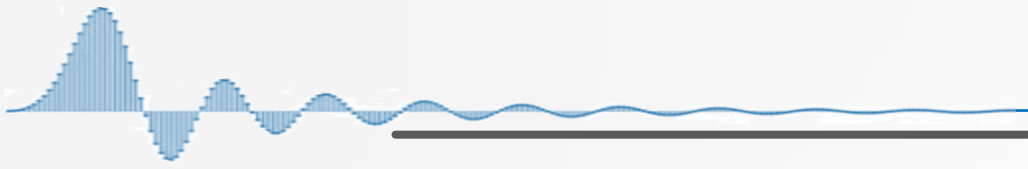
```
I = imread('art3.gif');  
figure, imshow(logical(I));
```

Διάβασμα εικόνας

Εμφάνιση εικόνας

Οποιοδήποτε μη μηδενικό στοιχείο του I μετατρέπεται σε λογικό 1 (true) και τα μηδενικά μετατρέπονται σε λογικό 0 (false).





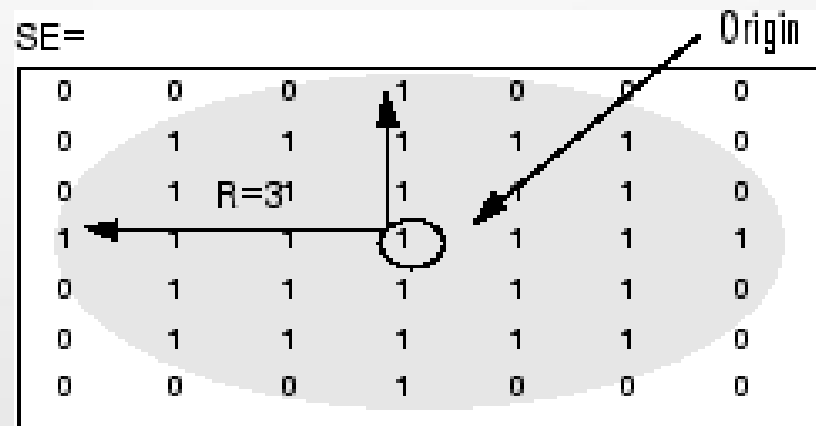
# ΛΥΣΗ

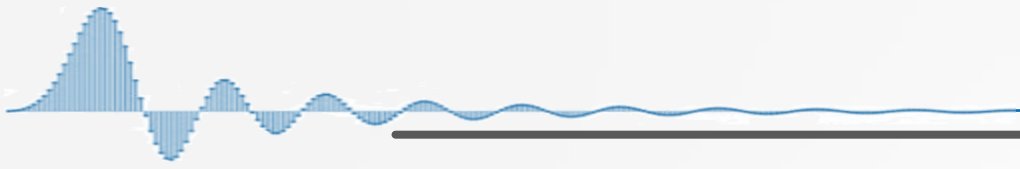
strel

Μορφολογικό δομικό στοιχείο

`SE = strel("disk",r)`

Δημιουργεί ένα δομικό στοιχείο σε σχήμα δίσκου, όπου `r` καθορίζει την ακτίνα.





# ΛΥΣΗ

`imerode`

Διάβρωση εικόνας (Συστολή)

$J = \text{imerode}(I, SE)$

Διαβρώνει την δυαδική εικόνα  $I$  χρησιμοποιώντας το δομικό στοιχείο  $SE$ .





# ΛΥΣΗ

```
disk_mask = strel('disk',1);
```

→ Δημιουργία Δομικού Μορφολογικού Στοιχείου (Κύκλο)

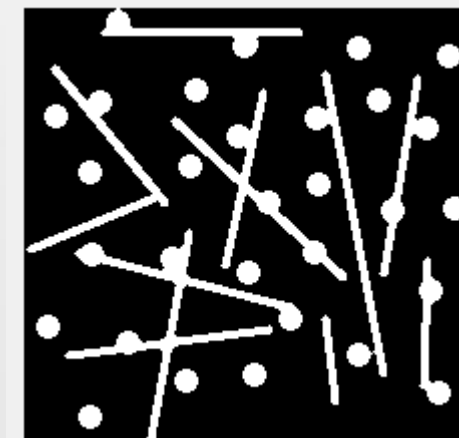
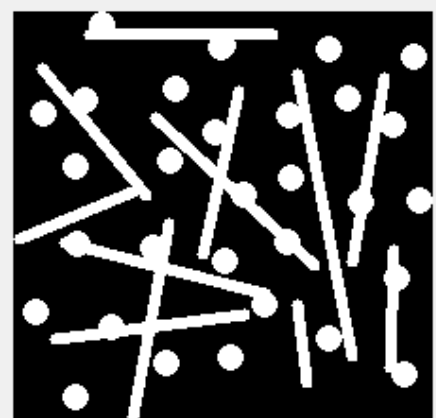
```
I_eroded = imerode(I, disk_mask);
```

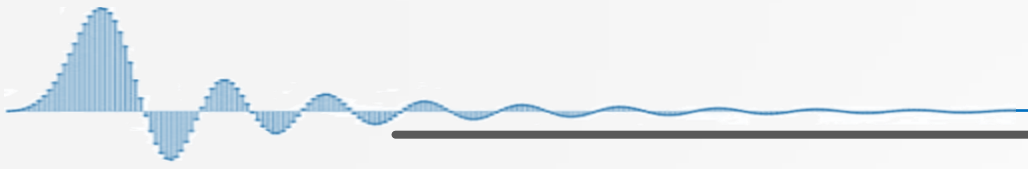
→ Διάβρωση εικόνας (= συστολή)

```
figure, imshow(logical(I_eroded))
```

→ Εμφάνιση δυαδικής εικόνας

Πράξη συστολής μεταξύ της εικόνας και του δομικού μορφολογικού στοιχείο





# ΛΥΣΗ

**imdilate**

**Διεύρυνση εικόνας (Διαστολή)**

**$J = \text{imdilate}(I, SE)$**

**Διαστέλλει την δυαδική εικόνα  $I$  χρησιμοποιώντας το δομικό στοιχείο  $SE$ .**



# ΛΥΣΗ

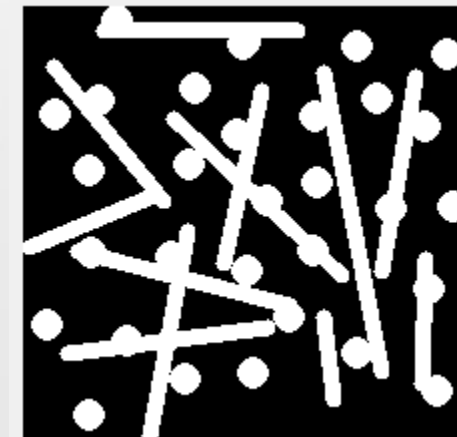
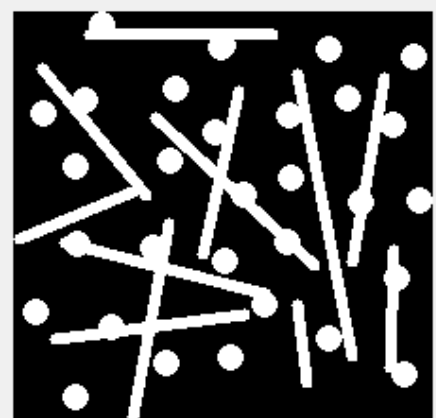
```
I_dilated = imdilate(I, disk_mask);
```

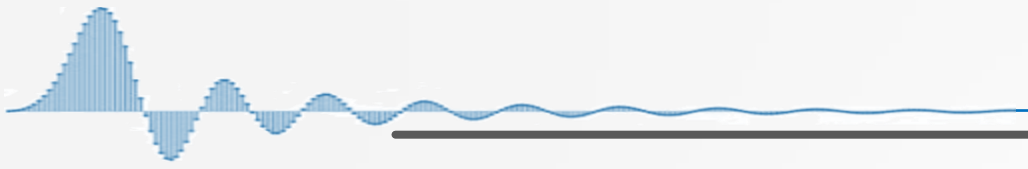
→ Διεύρυνση εικόνας (= διαστολή)

```
figure, imshow(logical(I_dilated));
```

→ Εμφάνιση δυαδικής εικόνας

Πράξη διαστολής μεταξύ της εικόνας και του δομικού μορφολογικού στοιχείο





# ΛΥΣΗ

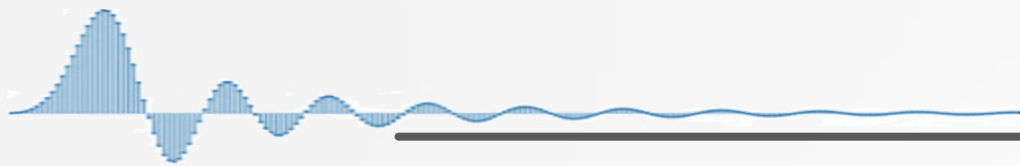
`imopen`

Μορφολογικά ανοιχτή εικόνα

$J = \text{imopen}(I, SE)$

Εκτελεί μορφολογικό άνοιγμα στην δυαδική εικόνα  $I$  χρησιμοποιώντας το δομικό στοιχείο  $SE$ .

Η μορφολογική λειτουργία ανοίγματος είναι μια διάβρωση που ακολουθείται από μια διαστολή, χρησιμοποιώντας το ίδιο δομικό στοιχείο και για τις δύο περιπτώσεις.



## ΛΥΣΗ

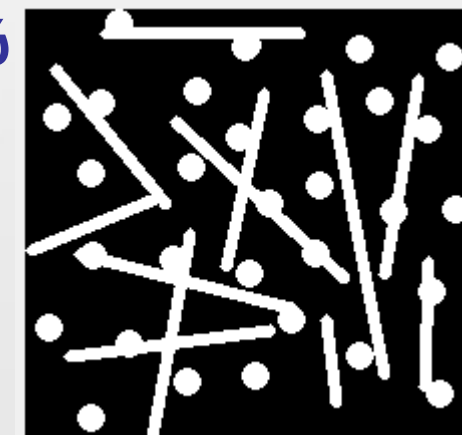
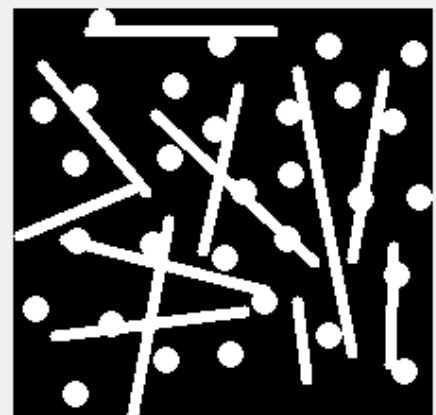
```
I_opened = imopen(I, disk_mask);
```

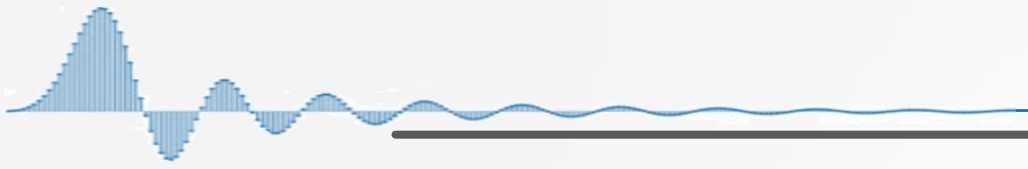
Μορφολογικά ανοιχτή εικόνα

```
figure, imshow(logical(I_opened))
```

Εμφάνιση δυαδικής εικόνας

Μορφολογικό άνοιγμα της εικόνας με χρήση του δομικού στοιχείου





# ΛΥΣΗ

`imclose`

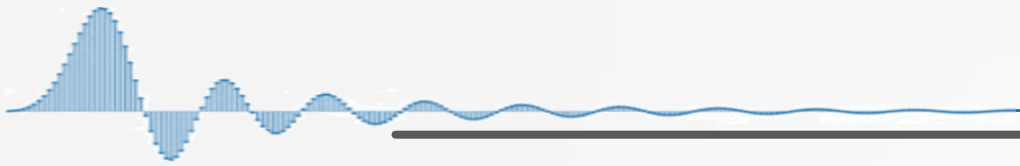
Μορφολογικά κλειστή εικόνα

$J = \text{imclose}(I, SE)$

Εκτελεί μορφολογικό κλείσιμο στην δυαδική εικόνα  $I$  χρησιμοποιώντας το δομικό στοιχείο  $SE$ .

Η μορφολογική λειτουργία κλεισίματος είναι μια διαστολή που ακολουθείται από μια διάβρωση, χρησιμοποιώντας το ίδιο δομικό στοιχείο και για τις δύο περιπτώσεις.





## ΛΥΣΗ

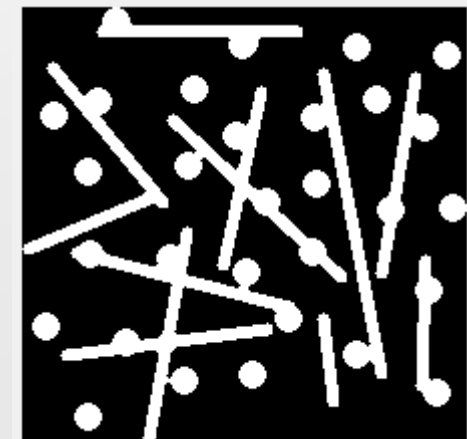
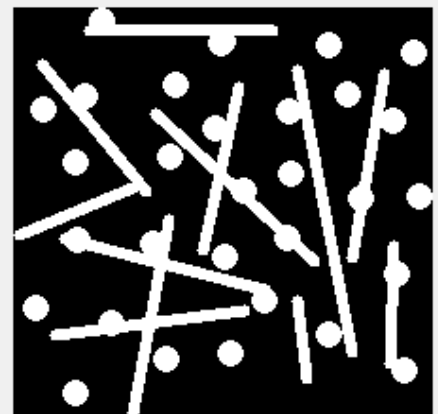
```
I_closed = imclose(I, disk_mask);
```

→ **Μορφολογικά στενή εικόνα**

```
figure, imshow(logical(I_closed))
```

→ **Εμφάνιση δυαδικής εικόνας**

**Μορφολογικό κλείσιμο της εικόνας με χρήση του δομικού στοιχείο**





## ΛΥΣΗ

```
I_edges = I - I_eroded;
```



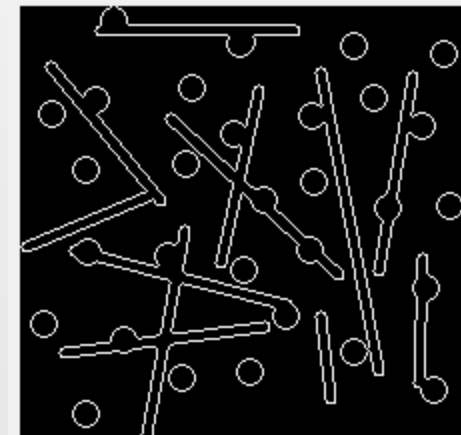
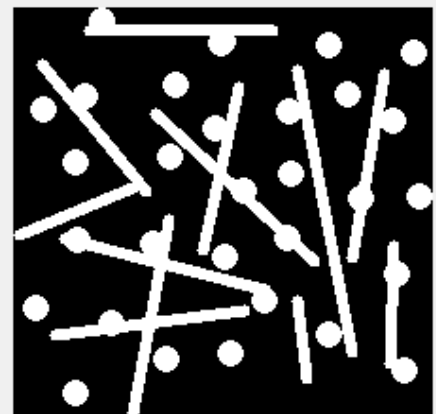
Εντοπισμός Ακμών

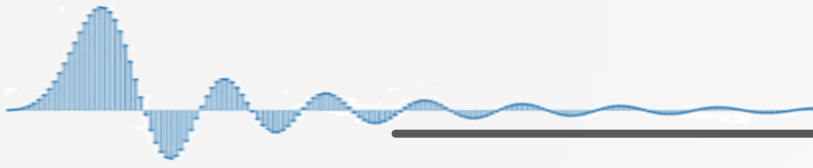
```
figure, imshow(logical(I_edges))
```



Εμφάνιση δυαδικής εικόνας

Τέλος εντοπίστε τις ακμές της αρχικής εικόνας αφαιρώντας από την αρχική εικόνα την εικόνα που έχει υποστεί συστολή.





```
I = imread('art3.gif');  
figure, imshow(logical(I))
```

```
disk_mask = strel('disk',1);
```

```
I_eroded = imerode(I, disk_mask);  
figure, imshow(logical(I_eroded))
```

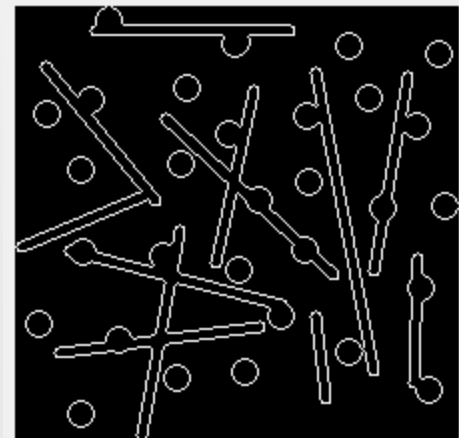
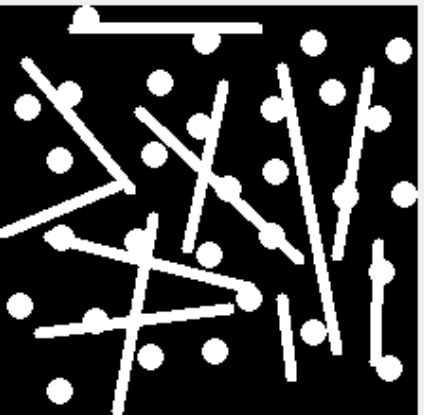
```
I_dilated = imdilate(I, disk_mask);  
figure, imshow(logical(I_dilated))
```

```
I_opened = imopen(I, disk_mask);  
figure, imshow(logical(I_opened))
```

```
I_closed = imclose(I, disk_mask);  
figure, imshow(logical(I_closed))
```

```
I_edges = I - I_eroded;  
figure, imshow(logical(I_edges))
```

# ΛΥΣΗ

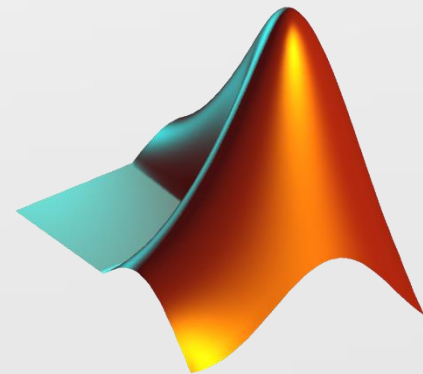


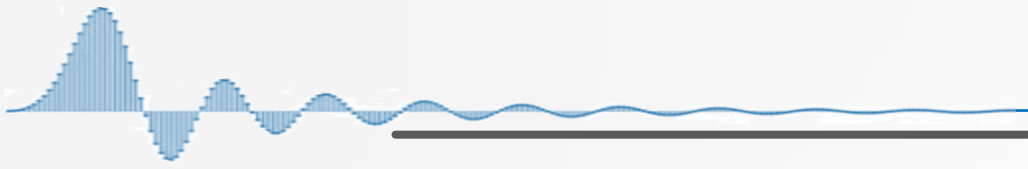


# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

## Άσκηση 2

Εισάγεται την εικόνα `'custom2.png'` από τον φάκελο datasets στο workspace του λογισμικού MATLAB και εμφανίστε την σε ένα νέο **παράθυρο**. Στην συνέχεια δημιουργήστε με την εντολή **strel** ένα δομικό μορφολογικό στοιχείο «**κύκλος**» ακτίνας **5**. Εφαρμόστε μορφολογικό **άνοιγμα** και μορφολογικό **κλείσιμο**. Τι παρατηρείτε;





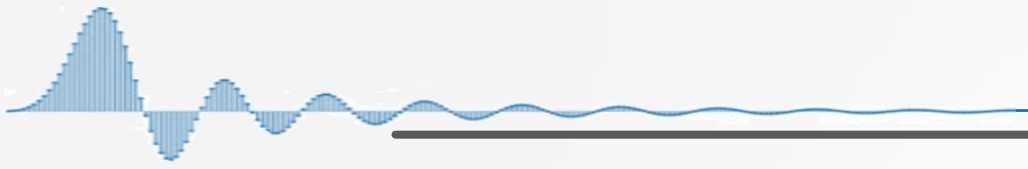
# ΛΥΣΗ

`strel`

Μορφολογικό δομικό στοιχείο

`SE = strel("disk",r)`

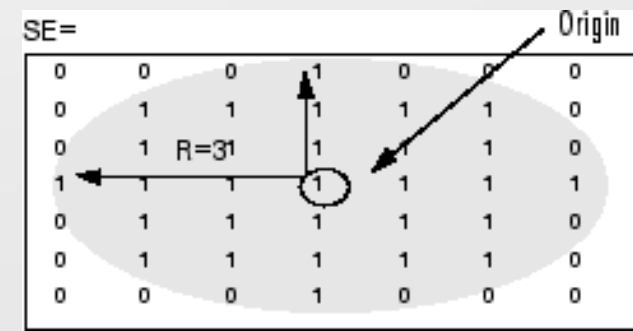
Δημιουργεί ένα δομικό στοιχείο σε σχήμα δίσκου, όπου `r` καθορίζει την ακτίνα.



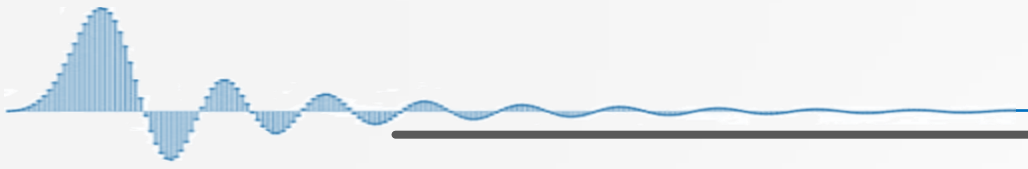
**SE = strel("disk",r,n)**

Δημιουργεί ένα δομικό στοιχείο σε σχήμα **δίσκου**, όπου **r** καθορίζει την **ακτίνα** και **n** καθορίζει τον **αριθμό** των **στοιχείων** δομής **γραμμής** που χρησιμοποιούνται για την προσέγγιση του σχήματος του δίσκου. Οι μορφολογικές λειτουργίες εκτελούνται πολύ πιο γρήγορα όταν το δομικό στοιχείο χρησιμοποιεί προσεγγίσεις.

**disk\_mask = strel('disk',5,0);**







# ΛΥΣΗ

```
I = imread('custom2.png');
```

Διάβασμα εικόνας

```
I = I(:,:,1);
```

Μετατροπή εικόνας σε grayscale

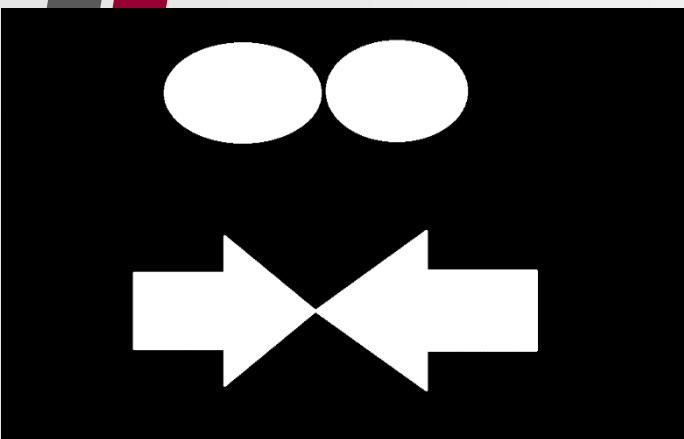
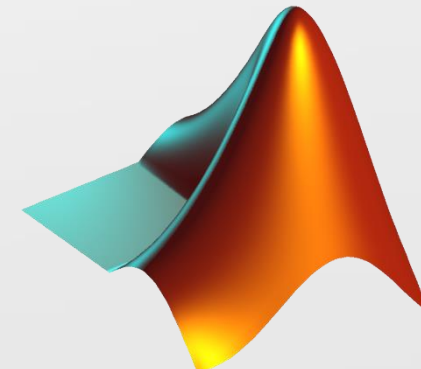
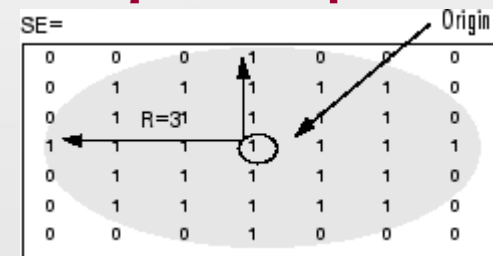
```
figure, imshow(logical(I))
```

Εμφάνιση εικόνας

```
disk_mask = strel('disk',5,0);
```

Οποιοδήποτε μη μηδενικό στοιχείο του I μετατρέπεται σε λογικό 1 (true) και τα μηδενικά μετατρέπονται σε λογικό 0 (false).

Μορφολογικό δομικό στοιχείο





## ΛΥΣΗ

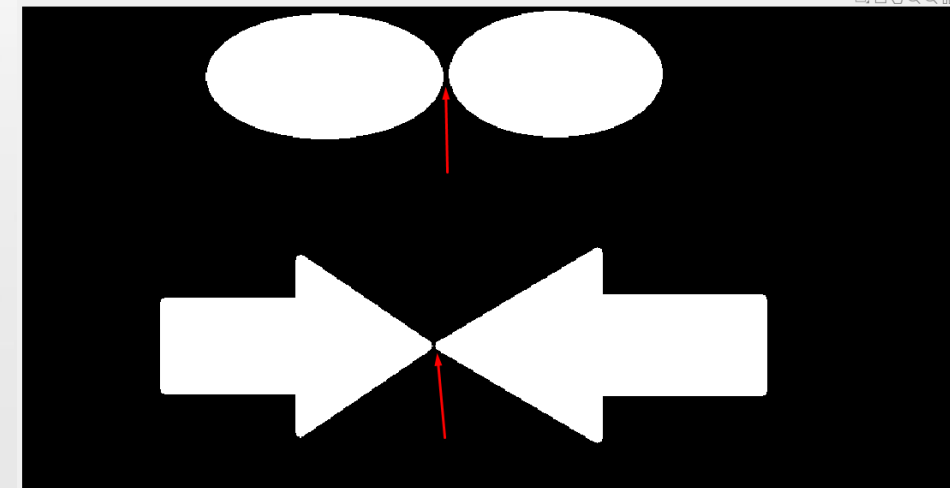
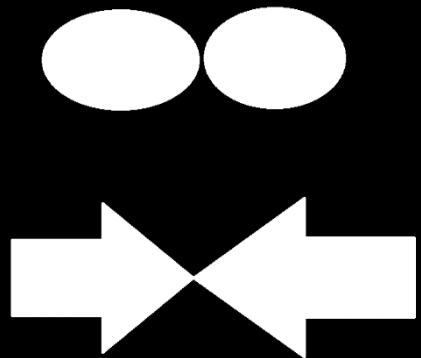
```
I = imread('custom2.png');  
figure, imshow(logical(I))  
disk_mask = strel('disk',5);
```

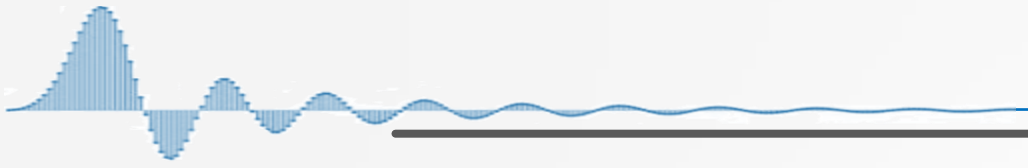
```
I_opened = imopen(I, disk_mask);
```

```
figure, imshow(logical(I_opened))
```

Μορφολογικά ανοιχτή εικόνα

Εμφάνιση δυαδικής εικόνας





## ΛΥΣΗ

```
I = imread('custom2.png');
```

```
figure, imshow(logical(I))
```

```
disk_mask = strel('disk',5);
```

```
I_closed = imclose(I, disk_mask);
```

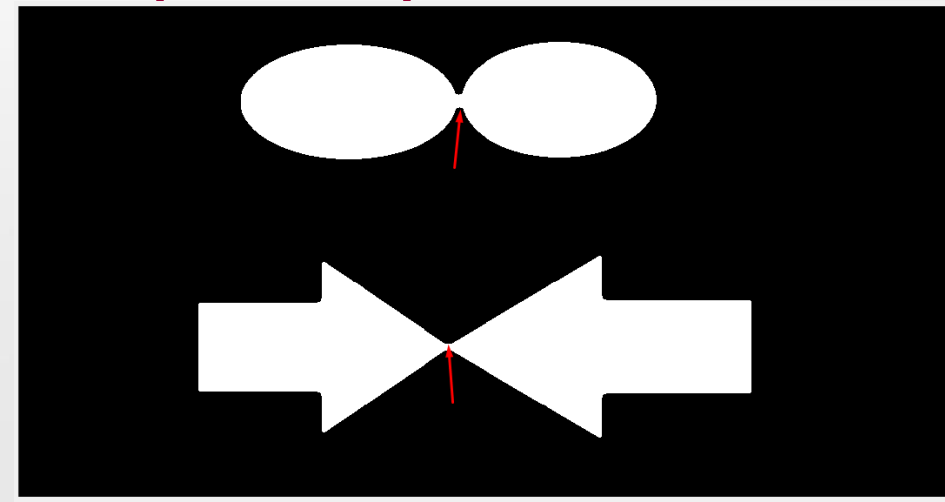
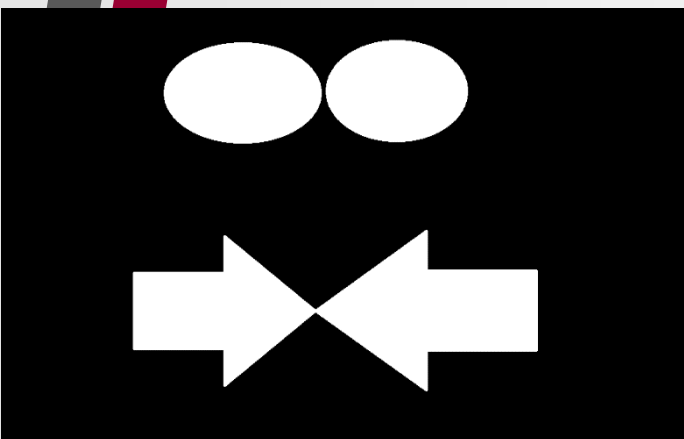
```
figure, imshow(logical(I_closed))
```

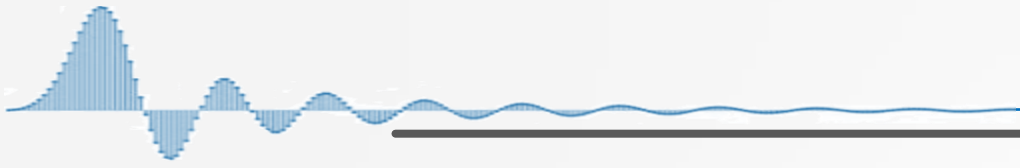


**Μορφολογικά κλειστή εικόνα**



**Εμφάνιση δυαδικής εικόνας**





# ΛΥΣΗ

```
I = imread('custom2.png');
```

```
%I = I(:,:,1);
```

```
figure, imshow(logical(I))
```

```
disk_mask = strel('disk',5,0);
```

```
I_opened = imopen(I, disk_mask);
```

```
figure, imshow(logical(I_opened))
```

```
I_closed = imclose(I, disk_mask);
```

```
figure, imshow(logical(I_closed))
```

