

# Τεχνητή Όραση

ΤΠ 7004

Μάθημα 3<sup>ο</sup>: Φίλτρα, Δυναμικές εικόνες

Δρ. Θάνος Δεμίρης

# Περιεχόμενα 3<sup>ου</sup> Μαθήματος

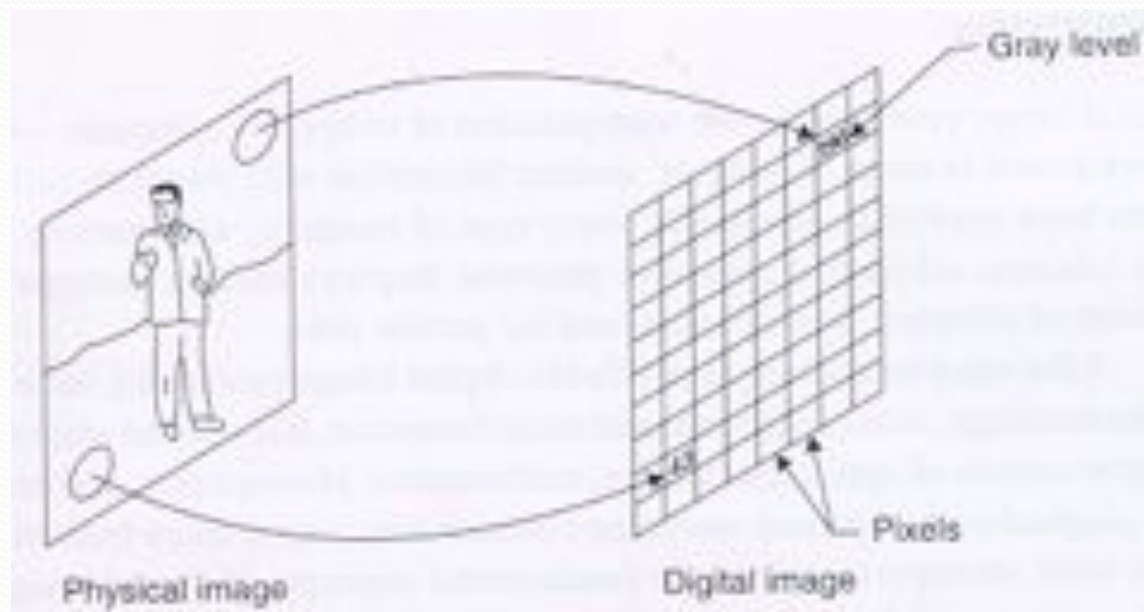
- Επανάληψη βασικών σημείων 2<sup>ου</sup> μαθήματος
- Δυαδικές εικόνες και κατώφλια
- Μορφολογία: λογικοί και μορφολογικοί τελεστές
- Βασικές αρχές φίλτρων: σύντομη εισαγωγή

# Οι 2 βασικές ιδιότητες στο σχηματισμό εικόνων

- Γεωμετρία
  - Σε ποιο σημείο της εικόνας θα προβληθεί ένα σημείο του χώρου
- Φωτισμός
  - Η φωτεινότητα ενός σημείου της εικόνας αποτελεί συνάρτηση των πηγών φωτός και των ιδιοτήτων επιφανειών

# Ψηφιοποίηση της εικόνας

- **Δειγματοληψία (Sampling)** Μέτρηση ενός σήματος σε διακριτά σημεία
- **Κβαντισμός (Quantization)** αναπαράσταση της μέτρησης με έναν ακέραιο αριθμό



# Κβαντισμός Εικόνας

- 256 gray levels (8bits/pixel)    32 gray levels (5 bits/pixel)    16 gray levels (4 bits/pixel)



- 8 gray levels (3 bits/pixel)    4 gray levels (2 bits/pixel)    2 gray levels (1 bit/pixel)



# Δειγματοληψία

original image



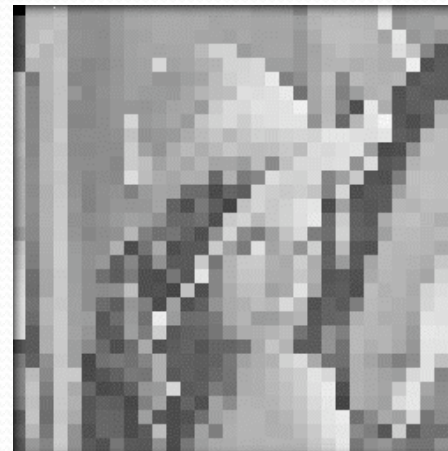
sampled by a factor of 2



sampled by a factor of 4



sampled by a factor of 8



# Είδη επεξεργασίας

## ΣΤΟ ΧΩΡΟ

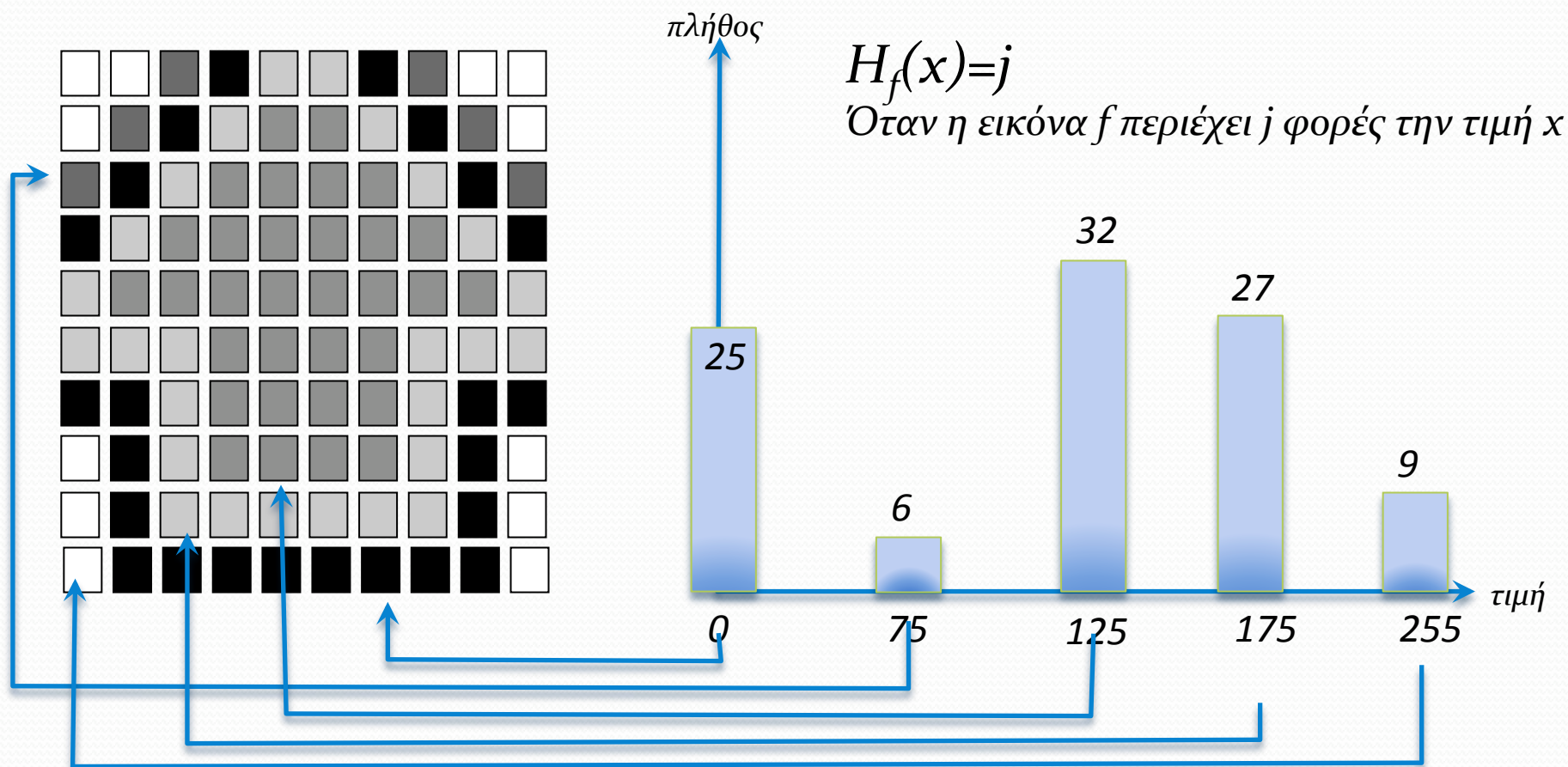
- Σημειακή επεξεργασία εικόνων
  - Η επεξεργασία αφορά μεμονωμένα pixel, χωρίς να λαμβάνει υπόψη της ομάδες ή άλλα χαρακτηριστικά
- Αριθμητική επεξεργασία
  - Ειδική κατηγορία σημειακών
  - Π.χ. Αλγεβρικές πράξεις ανάμεσα σε εικόνες
- Γεωμετρική επεξεργασία
  - Συμπληρωματικές στις σημειακές
  - Δεν σχετίζονται με τη φωτεινότητα, αλλά με τη θέση
  - Π.χ. περιστροφή

# Είδη επεξεργασίας (συνέχεια)

- Επεξεργασία περιοχών
  - Γνωστή και ως επεξεργασία με μάσκες
- **ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ**

# Το ιστόγραμμα

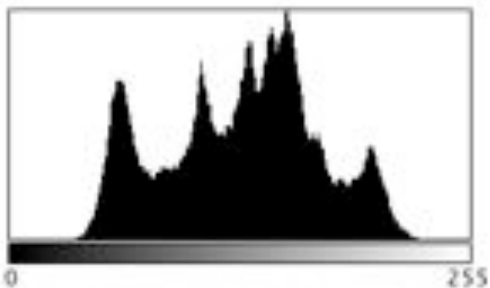
- Μία στατιστική έκφραση της εικόνας



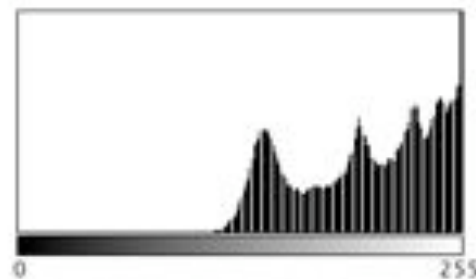
# Πρόσθεση σταθεράς



+ 100 =



Count: 262144  
Mean: 128.229  
StdDev: 42.925  
Min: 26  
Max: 237  
Mode: 154 (3211)

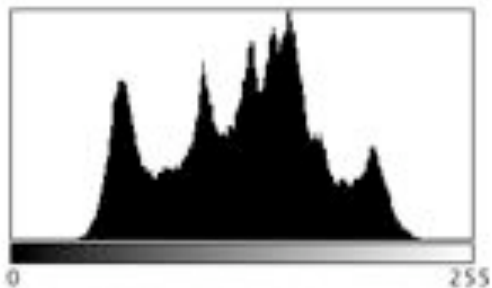


Count: 262144  
Mean: 214.904  
StdDev: 41.676  
Min: 100  
Max: 255  
Mode: 255 (74016)

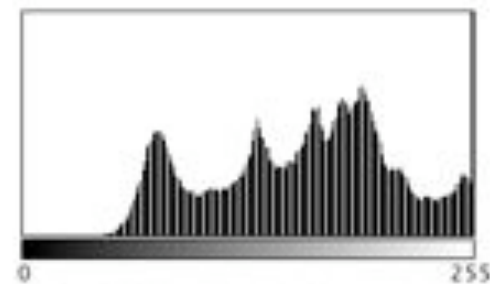
# Πολλαπλασιασμός



$\times 1.25 =$



Count: 262144	Min: 26
Mean: 128.229	Max: 237
StdDev: 42.925	Mode: 154 (3211)



Count: 262144	Min: 33
Mean: 160.173	Max: 255
StdDev: 53.204	Mode: 255 (8699)

# Κατηγορία 2: αριθμητική επεξεργασία

- Πράξεις μεταξύ εικόνων
- Τυπική εφαρμογή η μέση τιμή διαφορετικών λήψεων της ίδιας εικόνας για περιορισμό του θορύβου
  - Από τον αισθητήρα
  - Από τα ηλεκτρονικά
  - Από τη μετάδοση
  - Κ.ο.κ.



# Γεωμετρική επεξεργασία

- Μετασχηματισμός συντεταγμένων και όχι φωτεινότητας
  - $g(\mathbf{n}) = f(\alpha(\mathbf{n}))$
- Περιστροφή της εικόνας
- Μεγέθυνση, σμίκρυνση (ζουμ)
- Είναι προφανές ότι δεν επαρκεί ο γεωμετρικός μετασχηματισμός
  - Μερικά σημεία πέφτουν «ανάμεσα» σε pixel, άλλα εκτός εικόνας
  - Τεχνικές: Nearest neighbor, bilinear

# Διαδικές εικόνες

Σημασία, δημιουργία, επεξεργασία

# Τύποι εικόνων που συναντήσαμε μέχρι στιγμής

- **Μονοχρωματικές (Intensity image, gray scale image)**
  - double class (or data type): δεκαδικός μεταξύ 0 – μαύρο - και 1 – άσπρο.
  - uint8: ακέραιος μεταξύ 0 and 255 – περίπου το 1/8 των απαιτήσεων σε χώρο απ'ότι η double
- **Δεικτοδοτημένες εικόνες**
  - Έγχρωμες εικόνες με δύο πίνακες: κωδικοί ανά pixel και πίνακας χρωμάτων (*color map*). Ο πρώτος πίνακας έχει το μέγεθος της εικόνας, ο δεύτερος διαφέρει (έχει απλές αναφορές στα χρώματα)

# Τύποι εικόνων που συναντήσαμε μέχρι στιγμής (2)

- **Εικόνες τριών καναλιών (π.χ. RGB)**
  - τρεις πίνακες στο μέγεθος της εικόνας, με τον πρώτο να αντιπροσωπεύει το κόκκινο, το δεύτερο το πράσινο και τον τρίτο το μπλέ χρώμα
- **Ακολουθίες εικόνων (Multiframe image)**
  - Πολλές εικόνες σε μία

# Δυαδικές εικόνες

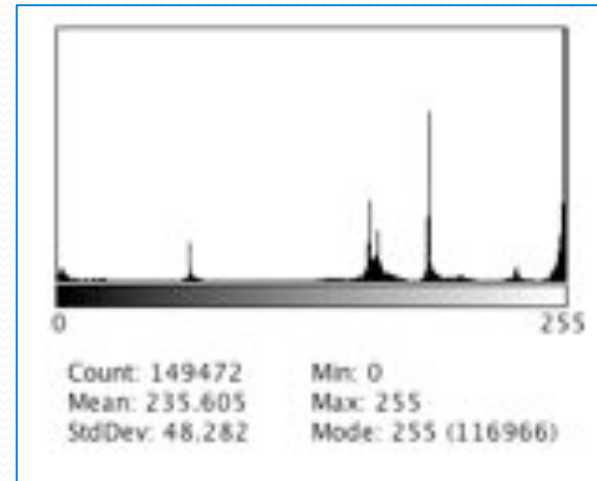
- Περιέχουν μόνο δύο τιμές: 0 και 1
- Ιδιαίτερη σημασία στην «κωδικοποίηση» χαρακτηριστικών
  - Θέση αντικειμένων
  - Όρια αντικειμένων
- Συχνή χρήση παράλληλα με κανονική εικόνα
- Αποτελεί την κωδικοποίηση της «κατανόησης» εικόνων από τον υπολογιστή

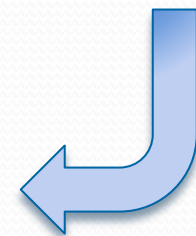
# Δημιουργία δυαδικών εικόνων

- Κατώφλι
  - Οριοθέτηση τιμής φωτεινότητας
  - Μία μορφή κβαντισμού!
  - Πολλαπλά κατώφλια δυνατά (δεικτοδοτημένες εικόνες περισσότερων επιπέδων)

$$g(\vec{n}) = \begin{cases} 0; \forall f(\vec{n}) \geq T \\ 1; \forall f(\vec{n}) < T \end{cases}$$

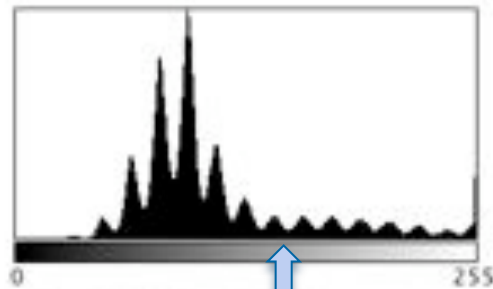
# Παράδειγμα δημιουργίας με κατώφλι



  $T = 128$

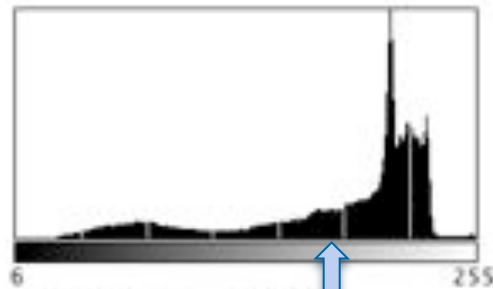
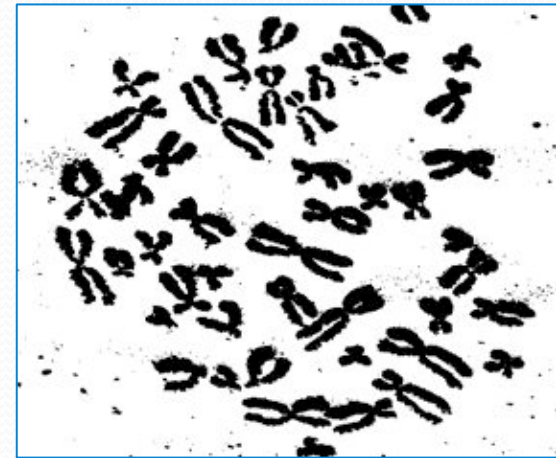
A blue arrow pointing to the left, indicating the threshold value used for the binary conversion.

# Άλλα παραδείγματα με κατώφλια



Count: 266680  
Mean: 110.287  
StdDev: 45.965  
Min: 24  
Max: 255  
Mode: 95 (8007)

135

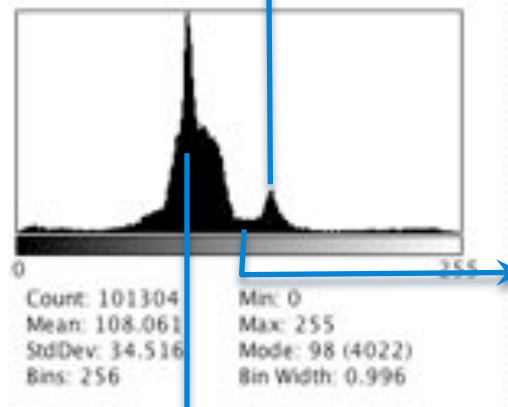


Count: 195200  
Mean: 179.707  
StdDev: 52.765  
Bins: 256  
Min: 6  
Max: 255  
Mode: 19 (7276)  
Bin Wid: 0.973

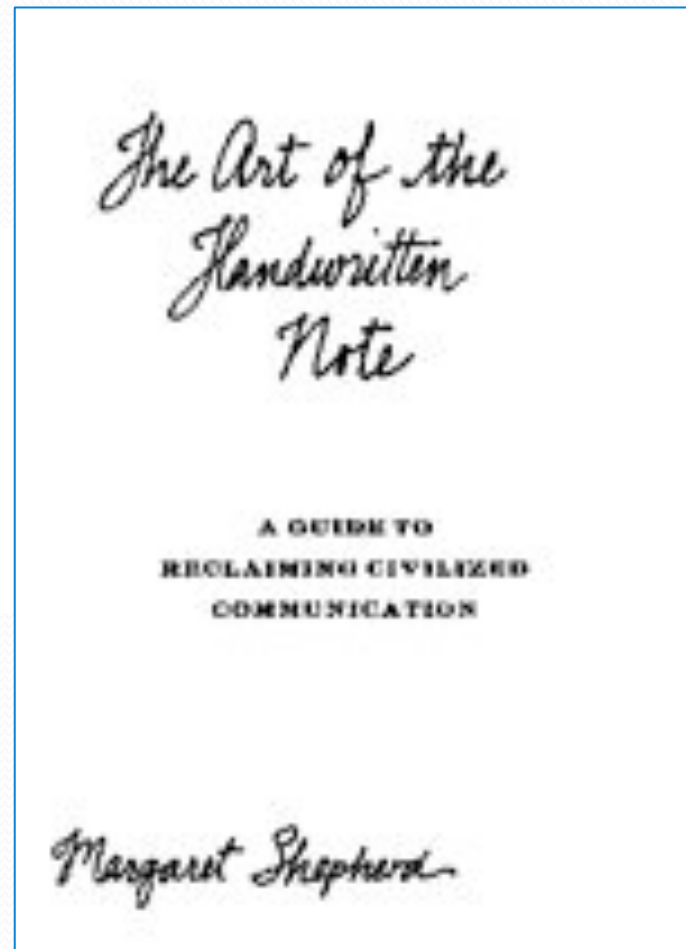
161



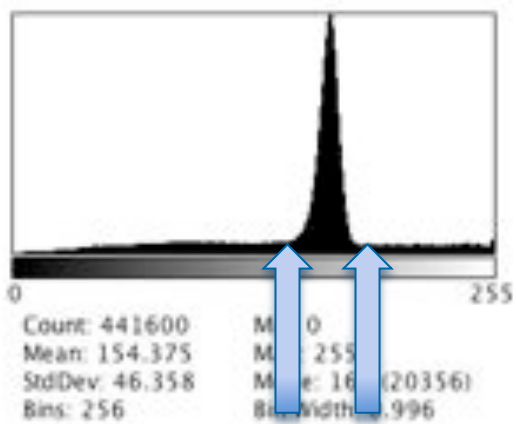
# Διαφορετικότητα κατωφλιών



# Ιδιαίτερη ευκολία σε κείμενα



# Διπλά κατώφλια



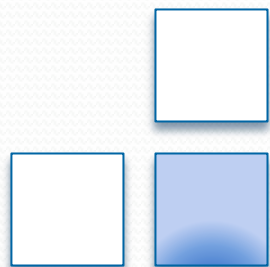
# Δεικτοδότηση (labeling)

- Καταγραφή ομάδων από σημεία της εικόνας ανάλογα με τη σημασία τους
- Αναζήτηση γειτονικών σημείων κατά μήκος των γραμμών ή των στηλών της εικόνας (connected components)
- Σε λίγες περιπτώσεις η αναζήτηση μπορεί να γίνει και διαγώνια

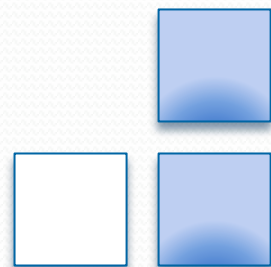
# Connected Components Algorithm

- Για μία δυαδική εικόνα  $f(\mathbf{n})$   $N \times M$  δημιούργησε ένα πίνακα ίδιου μεγέθους  $r(\mathbf{n})$  και ένα αριθμό  $k$  που συμβολίζει το πλήθος των διαφορετικών περιοχών
  - Αρχικές τιμές  $k=1$  και  $r(\vec{n}) = 0, \forall \vec{n} \in \{N, M\}$
- Για κάθε γραμμή
  - Για κάθε σημείο της γραμμής
    - Εάν  $f(\mathbf{n}) = 0$  μην κάνεις τίποτε
    - Εάν  $f(\mathbf{n}) = 1$  έλεγξε τις περιβάλλουσες τιμές  $f(\mathbf{n} - (1,0))$  και  $f(\mathbf{n} - (0,1))$

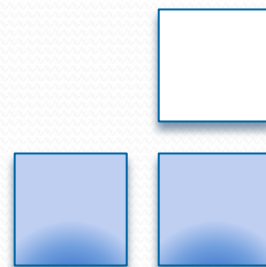
# Connected Components Algorithm



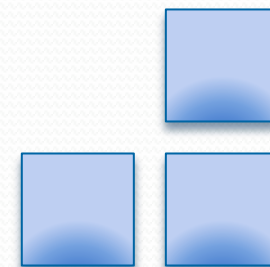
$k = k + 1$   
 $r(n) = 1$   
 $r(n) = k$



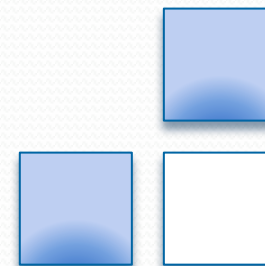
$r(n) = r(n - (0,1))$   
 $k = k$



$r(n) = r(n - (1,0))$   
 $k = k$



$r(n) = r(n - (0,1))$   
 $r(n - (1,0)) = r(n)$   
 $k = k - 1$



# Οφέλη της δεικτοδότησης δυναδικών εικόνων

- Μέτρηση μεγεθών
  - Γνωρίζοντας το μέγεθος ενός pixel στις δύο κατευθύνσεις
- Εξαίρεση πολύ μικρών ή πολύ μεγάλων αντικειμένων
  - Αποκλεισμός λανθασμένου εντοπισμού (φαινόμενα γνωστά ως over-segmentation με πολλά μικρά αντικείμενα ή under-segmentation με πολλά μεγάλα αντικείμενα)
  - Δημιουργία ενός ακόμη «αποθηκευτικού χώρου» (πίνακα) με μέγεθος το  $k$ : αθροίζουμε τα pixel ανά label (δείκτη)

# Μορφολογικά φίλτρα εικόνων

- Κύλιση ενός «παραθύρου» επάνω από κάθε σημείο της εικόνας
- Υπολογισμός της νέας τιμής ενός pixel όχι μόνο σε συνάρτηση του αρχικού (σημειακοί μετασχηματισμοί), αλλά μίας γειτονιάς
- Το «πανάθυρο» αποτελεί ένα είδος «γεωμετρικού κανόνα» για τον υπολογισμό της νέας τιμής
- Το σχήμα και το μέγεθος των διαφόρων παραθύρων διαφέρουν

# Τυπικά παράθυρα

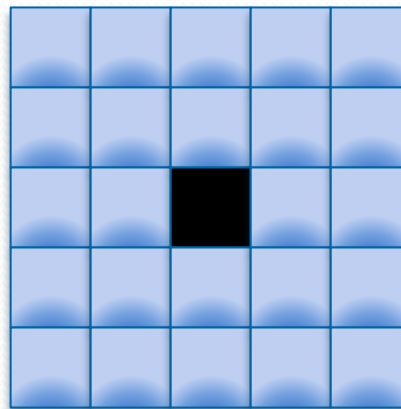
ΓΡΑΜΜΗ



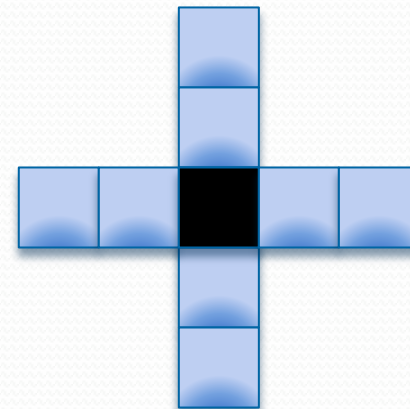
ΣΤΗΛΗ



ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ

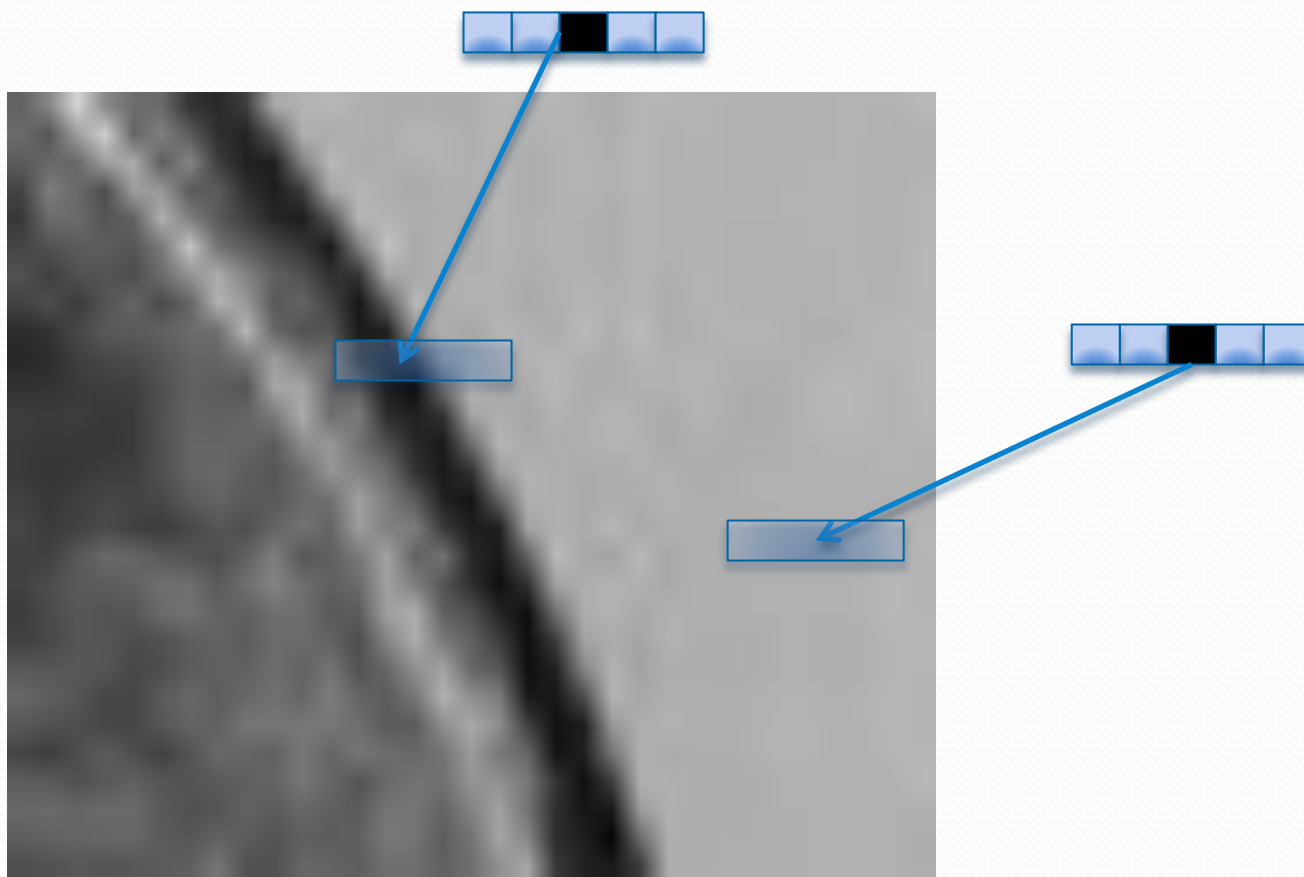


ΣΤΑΥΡΟΣ



$$\mathbf{B}=\text{ROW}(5): \mathbf{B}f(n_1, n_2)=\{f(n_1, n_2-2), f(n_1, n_2-1), f(n_1, n_2), f(n_1, n_2+1), f(n_1, n_2+2)\}$$

# Υπολογισμός με βάση τη γραμμή

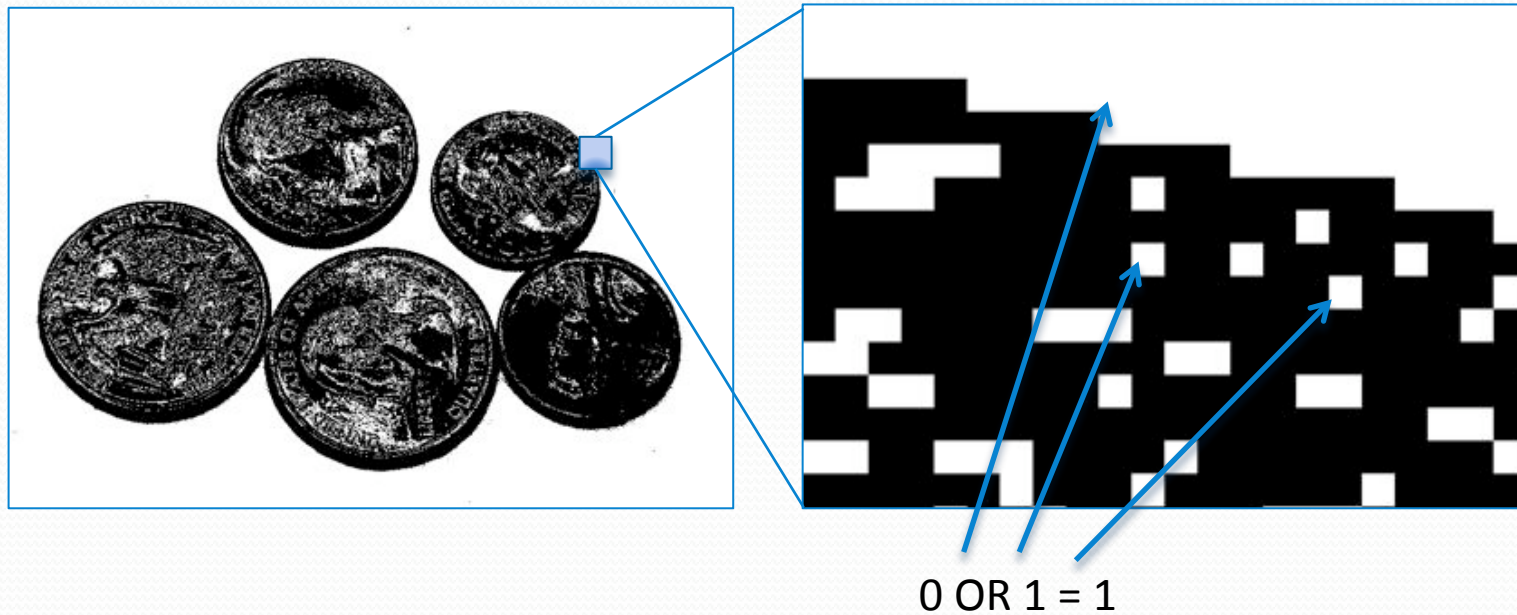


# Διαστολή (Dilation)



$$g(\vec{n}) = OR[\vec{B}f(\vec{n})]$$

# Παράδειγμα διαστολής



# Διάβρωση (Erosion)



$$g(\vec{n}) = \text{AND}[\vec{B}f(\vec{n})]$$

# Άνοιγμα και κλείσιμο



Open = dilate(erode)



Close = erode(dilate)

Η διάβρωση και η διαστολή ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ αντίθετες!!!

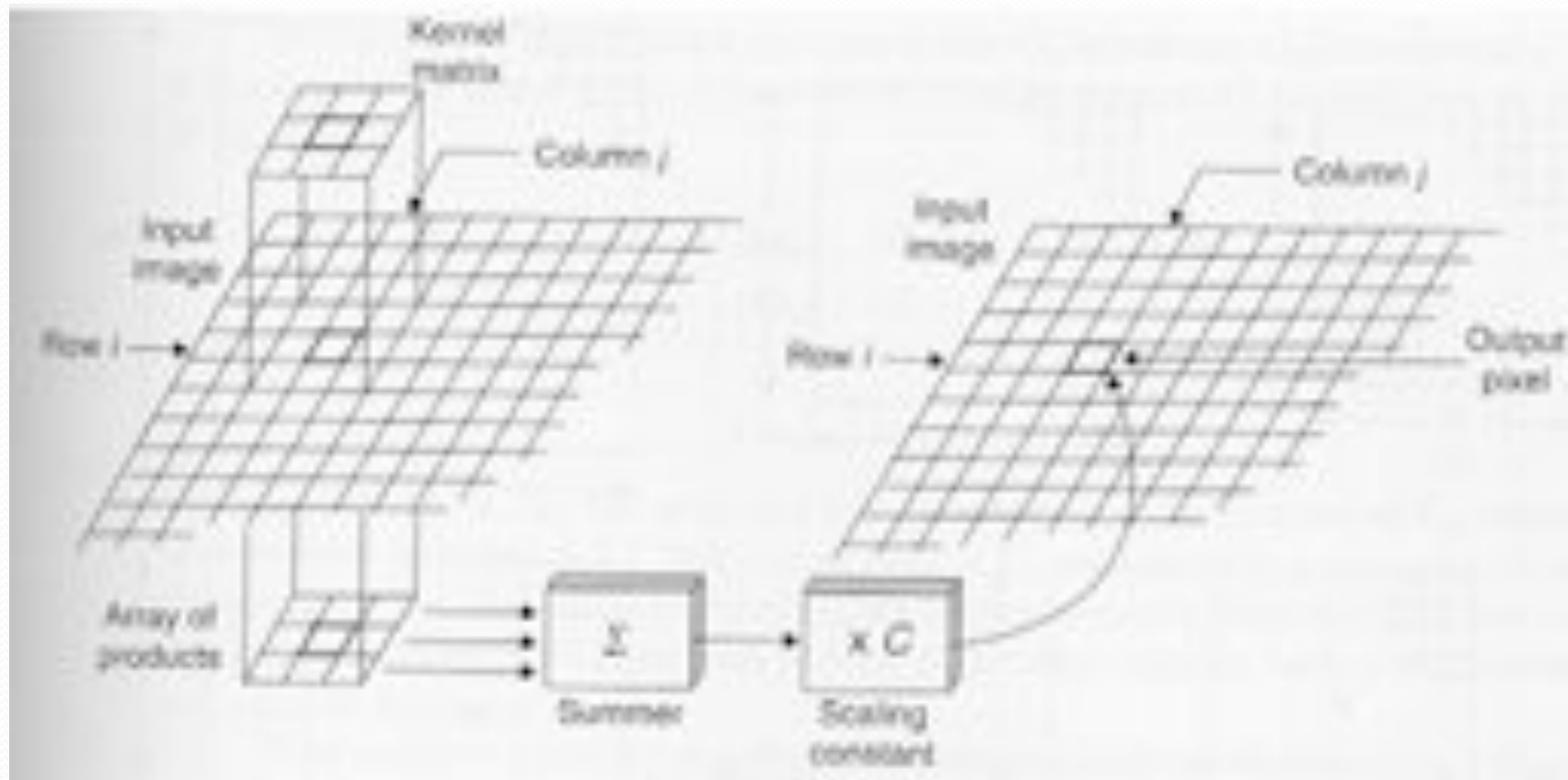
# Φίλτρα

Μάσκες, Συνέλιξη, φιλτράρισμα εικόνων

# Μάσκες

- Αντίστοιχες των παραθύρων
  - Σε μερικές περιπτώσεις αναφορά και ως δομικά στοιχεία
- Διαφορετικές τιμές σε κάθε σημείο τους
- Διαφορετικό μέγεθος και σχήμα
  - στις συμμετρικές τυπικά το κεντρικό pixel είναι το σημείο αναφοράς
  - στις ασύμμετρες το σημείο αναφοράς μπορεί να είναι οποιοδήποτε pixel

# Εφαρμογή



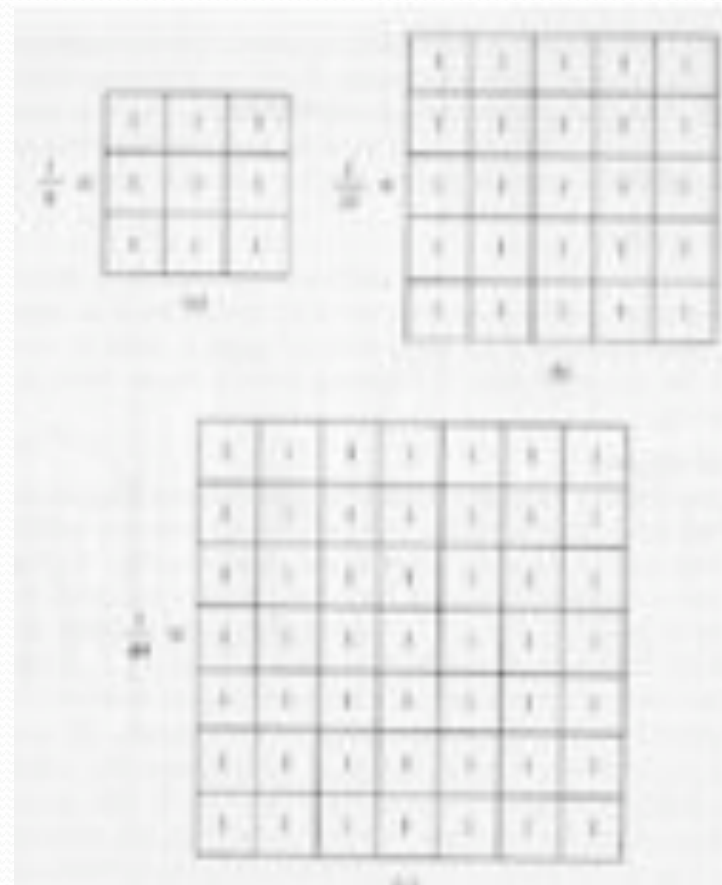
# Διακριτή Συνέλιξη (convolution)

$$g(i, j) = \sum_{k=-n/2}^{n/2} \sum_{l=-n/2}^{n/2} h(k, l) f(i - k, j - l)$$

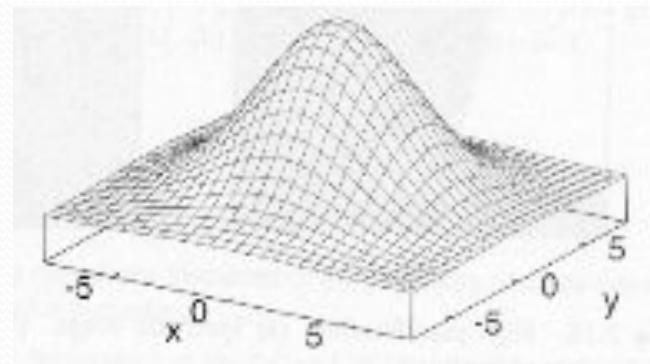
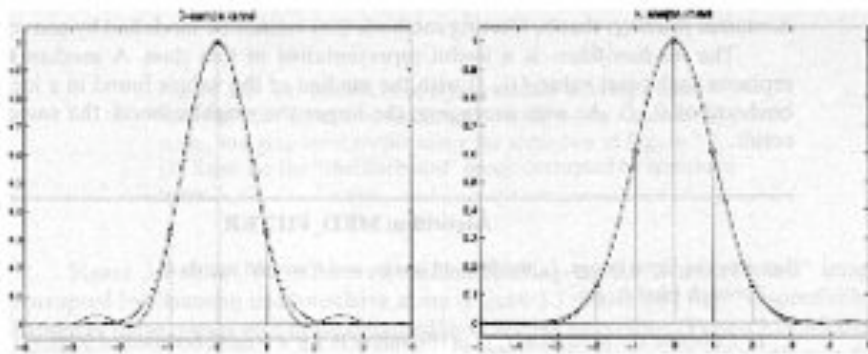
Συσχέτιση (Correlation)

$$g(i, j) = \sum_{k=-n/2}^{n/2} \sum_{l=-n/2}^{n/2} h(k, l) f(i + k, j + l)$$

# Φίλτρα μέσων τιμών



# Φίλτρα Gauss



7 × 7 Gaussian mask

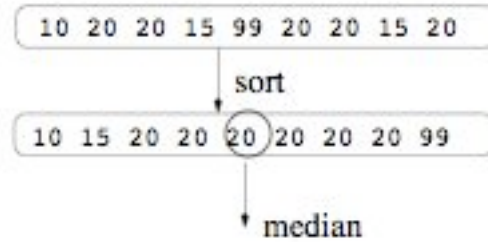
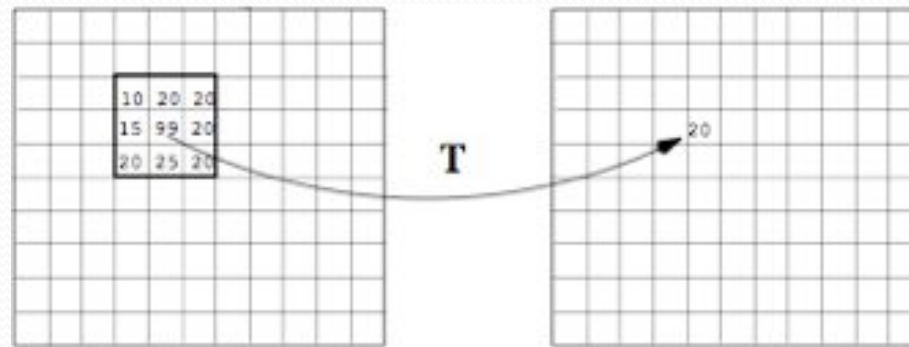
1	1	2	2	2	1	1
1	2	2	4	2	2	1
2	2	4	8	4	2	2
2	4	8	16	8	4	2
2	2	4	8	4	2	2
1	2	2	4	2	2	1
1	1	2	2	2	1	1

# Φίλτρα Gauss

15 x 15 Gaussian mask

2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
6	8	11	13	16	18	19	20	19	18	16	13	11	8	6
6	8	10	12	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2

# Φίλτρα διάμεσης τιμής



# Εφαρμογή



Θόρυβος «αλατοπίπερο»...

