



# ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών**

**Διδάσκων: ΤΡΙΓΚΑ ΜΑΡΙΑ**

**Διάλεξη 3η**

**Ακαδημαϊκό έτος 2024-2025**

# ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

- Η **βελτίωση εικόνας (image enhancement)** αναφέρεται σε μια σειρά από τεχνικές που εφαρμόζονται σε ψηφιακές εικόνες για να βελτιωθούν ορισμένα χαρακτηριστικά τους.
- Ο βασικός στόχος της βελτίωσης εικόνας είναι να γίνει η εικόνα πιο ευκρινής, πιο κατανοητή ή πιο εύχρηστη για συγκεκριμένες εφαρμογές.
- Η διαδικασία αυτή μπορεί να αφορά την αφαίρεση θορύβου, την ενίσχυση των ακμών, την αύξηση της αντίθεσης ή την ενίσχυση των χρωμάτων και της φωτεινότητας.

# ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η βελτίωση γίνεται σε υποκειμενική βάση

- Η απόδοση εξαρτάται από την εφαρμογή
- Οι τεχνικές είναι συνήθως ad hoc
- Τονίζει κάποια χαρακτηριστικά: Αντίθεση, Εξομάλυνση, Περιγράμματα
- Αφαιρεί θόρυβο
- Οπτικά εφέ, π.χ., Ψευδοχρωματισμός

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

## Χωρικό Πεδίο (**Spatial Domain**):

- Αναφέρεται στο ίδιο το επίπεδο της εικόνας.
- Οι τεχνικές επεξεργασίας εικόνας αφορούν την άμεση επεξεργασία των τιμών των εικονοστοιχείων (pixels). Δηλαδή, οι αλλαγές που πραγματοποιούνται εφαρμόζονται απευθείας στις τιμές των pixel μιας εικόνας, όπως η ενίσχυση της φωτεινότητας ή η μείωση θορύβου μέσω φίλτρων.

## Συχνοτικό Πεδίο (**Frequency Domain**):

- Αναφέρεται στην επεξεργασία των εικόνων μέσω του μετασχηματισμού Fourier ή άλλων μαθηματικών μετασχηματισμών.
- Οι τεχνικές αυτές επεμβαίνουν στη συχνοτική αναπαράσταση της εικόνας και στη συνέχεια εφαρμόζουν αλλαγές όπως η αφαίρεση θορύβου ή η ενίσχυση συγκεκριμένων συχνοτήτων.

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

## Χωρικές τεχνικές επεξεργασίας

- Σημειακές
- Ιστογράμματος
- Μάσκα

## Επεξεργασίες στις χωρικές συχνότητες

- Μάσκες στο πεδίο χωρικών συχνοτήτων
- Ομοιομορφικό φίλτρο

# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Εξίσωση Ιστογράμματος (Histogram Equalization):** Αυτή η τεχνική αναδιανέμει τις τιμές φωτεινότητας της εικόνας, ενισχύοντας την αντίθεση ειδικά σε εικόνες με χαμηλή αντίθεση.

**Φιλτράρισμα (Filtering):** Περιλαμβάνει τη χρήση φίλτρων για την αφαίρεση θορύβου ή την ενίσχυση των λεπτομερειών στην εικόνα. Τα φίλτρα μπορεί να είναι χωρικά ή συχνοτικά, όπως τα φίλτρα Gaussian, Sobel, και Median.

**Αύξηση οξύτητας (Sharpening):** Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται για την ενίσχυση των ακρών και των λεπτομερειών μιας εικόνας, κάνοντάς την πιο "ζωντανή".

# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Αφαίρεση θορύβου (Noise Reduction):** Η αφαίρεση του θορύβου βελτιώνει την ποιότητα της εικόνας, ειδικά όταν αυτή έχει τραβηχτεί σε περιβάλλοντα με χαμηλό φωτισμό ή έχει υποστεί συμπίεση. Συχνά χρησιμοποιούνται φίλτρα όπως το Gaussian Blur ή Median.

**Μετασχηματισμοί εικόνας (Image Transforms):** Οι τεχνικές αυτές, όπως ο μετασχηματισμός Fourier, χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της εικόνας στο πεδίο της συχνότητας, αφαιρώντας θόρυβο ή ενισχύοντας λεπτομέρειες.

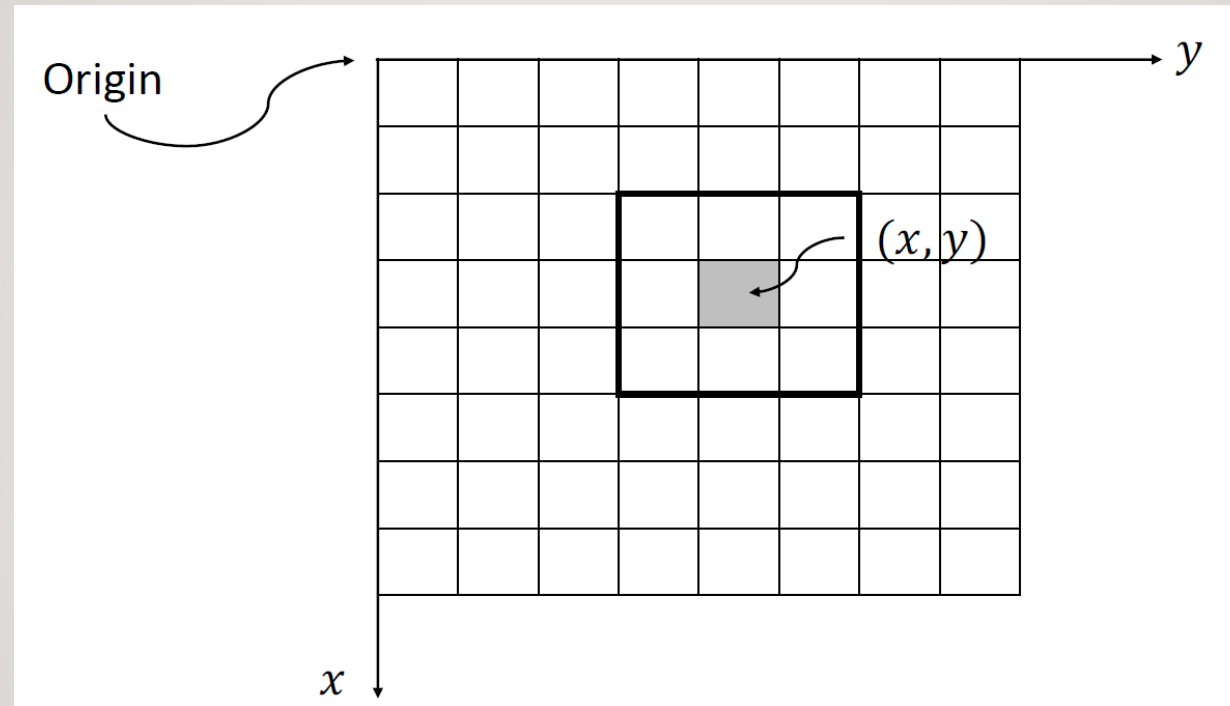


# ΧΩΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

- Αναφέρεται στο άθροισμα των pixel που συνθέτουν μια εικόνα όπως οι περισσότερες από τις μεθόδους είναι διαδικασίες που λειτουργούν απευθείας σε αυτά τα pixel.
- Συμβολίζεται με την έκφραση  $g(x, y) = T[f(x, y)]$ , όπου  $f(x, y)$  είναι η εικόνα εισόδου,  $g(x, y)$  είναι η νέα εικόνα και  $T$  είναι μια τελεστής στο  $f$  που ορίζεται σε κάποια γειτονιά.
- Επιπλέον, το  $T$  μπορεί να λειτουργήσει σε ένα σύνολο εικόνων εισόδου, όπως η εκτέλεση του pixel-pixel άθροισμα  $K$  εικόνων για μείωση θορύβου.

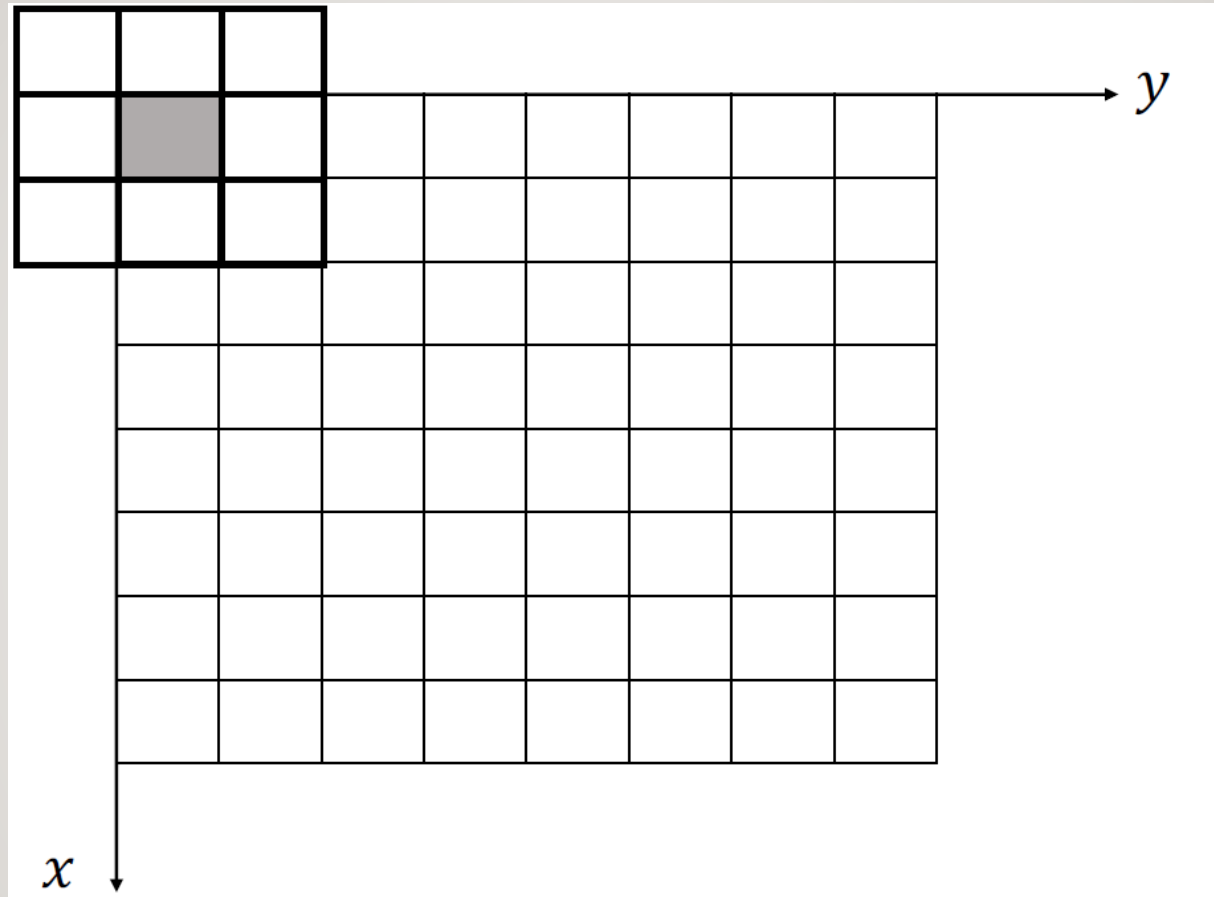


# ΓΕΙΤΟΝΙΑ PIXEL



Η γειτονιά 3x3 του pixel  $(x, y)$  σε μια εικόνα 8x8.

# ΓΕΙΤΟΝΙΑ PIXEL



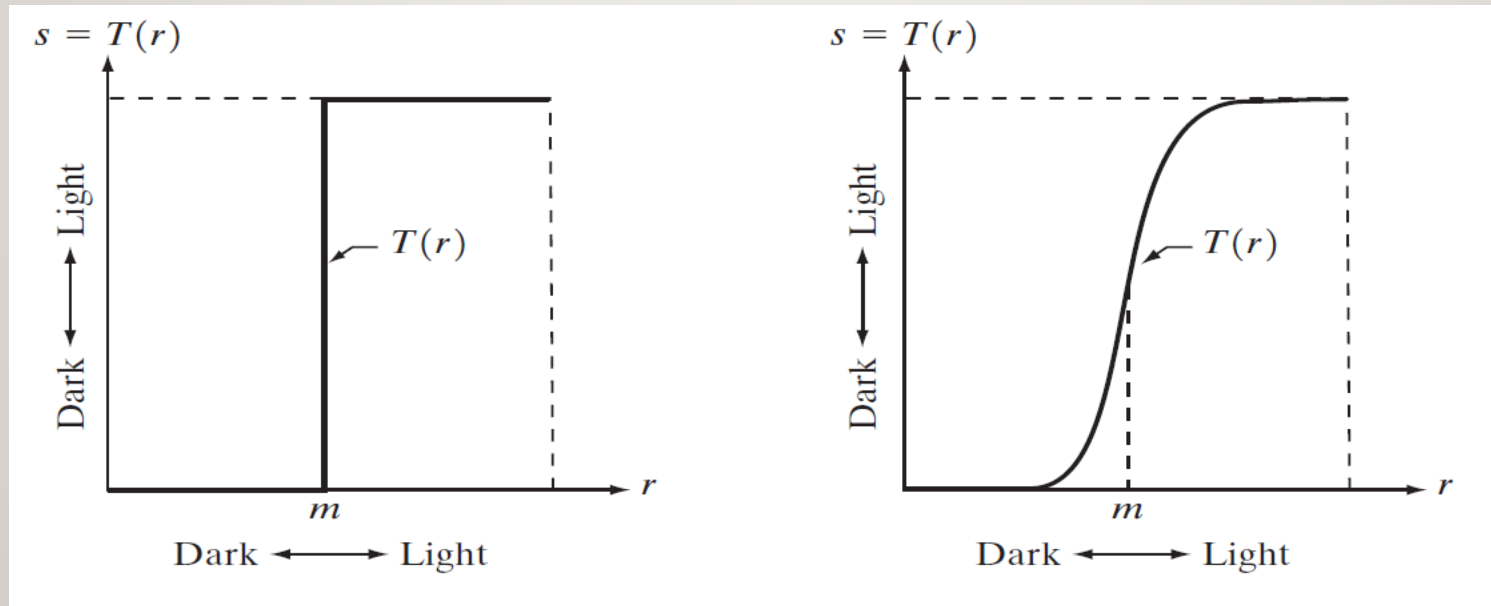
Η γειτονιά 3x3 του pixel  $(x, y)$  σε μια εικόνα 8x8.

# ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ $T$

- Η απλούστερη μορφή του  $T$  είναι όταν η γειτονιά έχει μέγεθος  $1 \times 1$  (ένα μόνο pixel).
- Σε αυτήν την περίπτωση, το  $g$  εξαρτάται μόνο από την τιμή του  $f$  στο  $(x, y)$  και το  $T$  γίνεται επίπεδο γκρι (ονομάζεται επίσης ένταση ή αντιστοίχιση) συνάρτηση μετασχηματισμού της μορφής  $s = T(r)$ , όπου, για απλότητα στη σημειογραφία,  $r$  και  $s$  είναι μεταβλητές που δηλώνουν, αντίστοιχα, το επίπεδο του γκρι  $f(x, y)$  και  $g(x, y)$  σε οποιοδήποτε σημείο  $(x, y)$ .

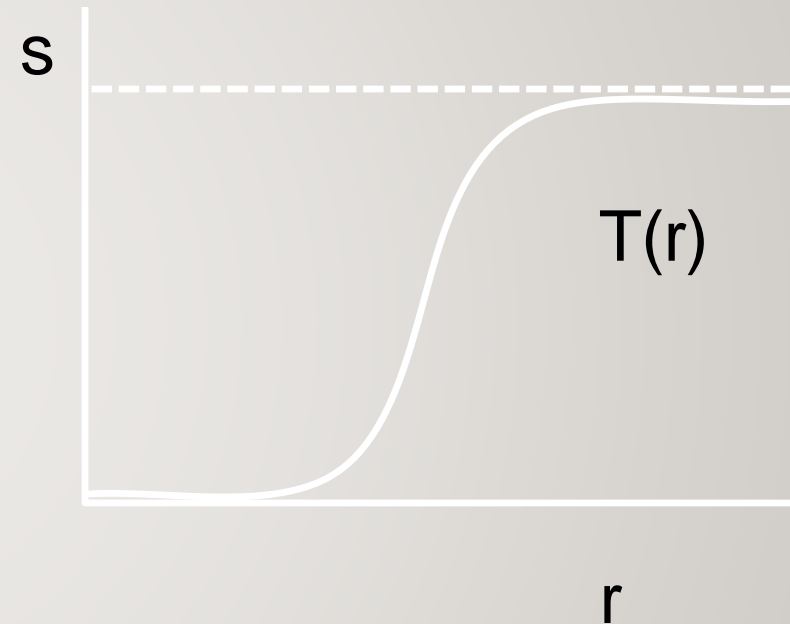
# ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΩΦΛΙΩΣΗΣ

- Αυτός ο μετασχηματισμός παράγει μια εικόνα υψηλότερης αντίθεσης από την αρχική σκουραίνοντας (**darkening**) τα επίπεδα κάτω από μια τιμή κατωφλίου  $m$  και φωτίζοντας (**brightening**) τα επίπεδα πάνω από το κατώφλι στην αρχική εικόνα. Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως **contrast stretching** (διάταση αντίθεσης).



## ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ

$g(x,y)=T(f(x,y))$ , όπου  $T$   
τελεστής που εφαρμόζεται στα  
εικονοστοιχεία,  
π.χ. αύξηση αντίθεσης με τη  
σιγμοειδή συνάρτηση στη θέση  
του  $T$ , όπως στο σχήμα όπου  
 $r = f(x,y)$ ,  $s = g(x,y)$  ή  $s = T(r)$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

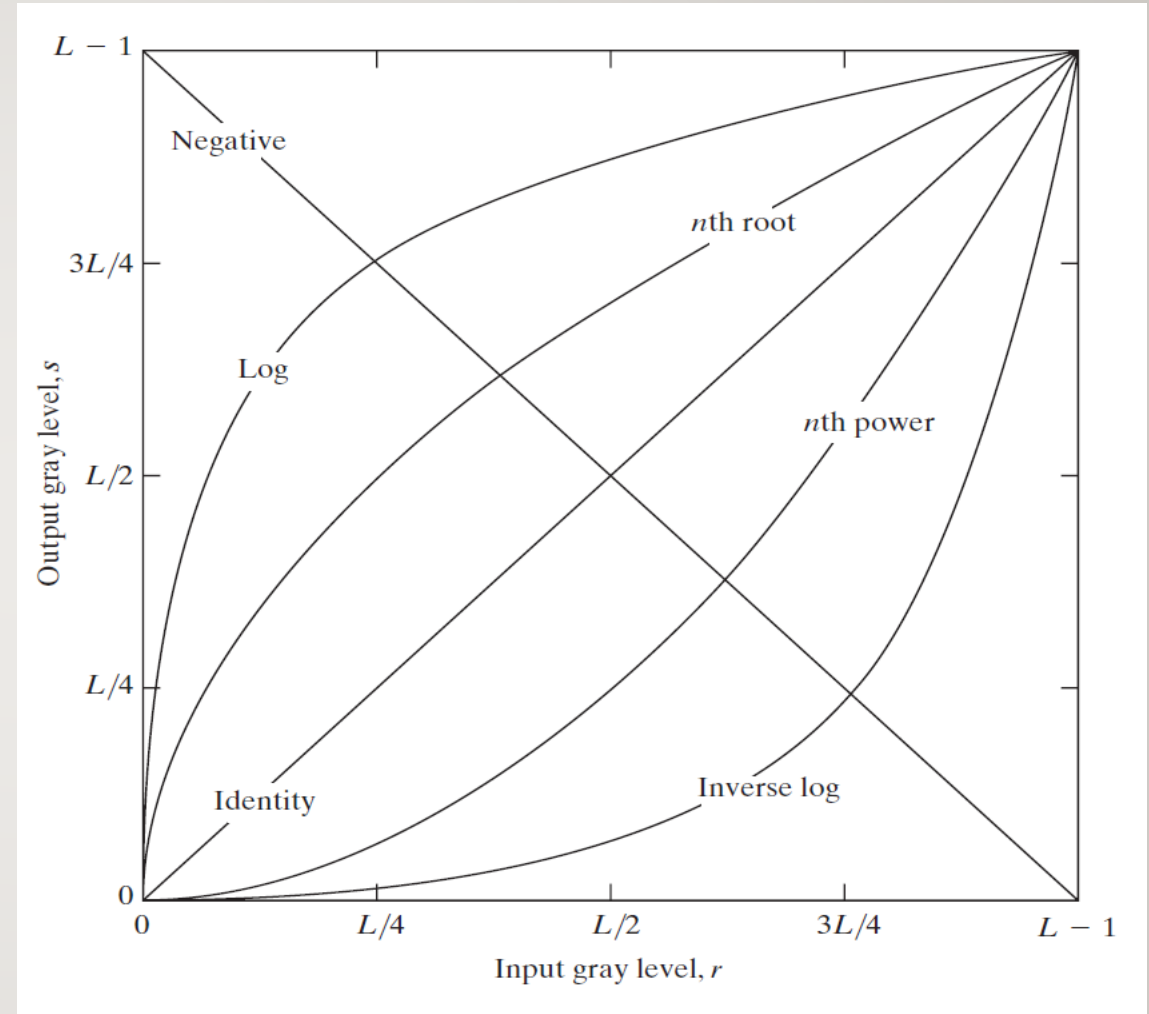


$$s = \left[ \frac{255}{1 + e^{-0,08 (r - 128)}} \right]$$

Σιγμοειδής  
(  $r = 0:255$  )

# ΒΑΣΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΤΟΥ ΓΚΡΙ

- Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι μετασχηματισμών που χρησιμοποιούνται συχνά για βελτίωση μιας εικόνας:
  - Γραμμικός (αρνητικός, ταυτοτικός μετασχηματισμός)
  - λογαριθμική (log, inverselog μετασχηματισμός)
  - Κανόνας δύναμης (n-th power, n-th root μετασχηματισμοί).





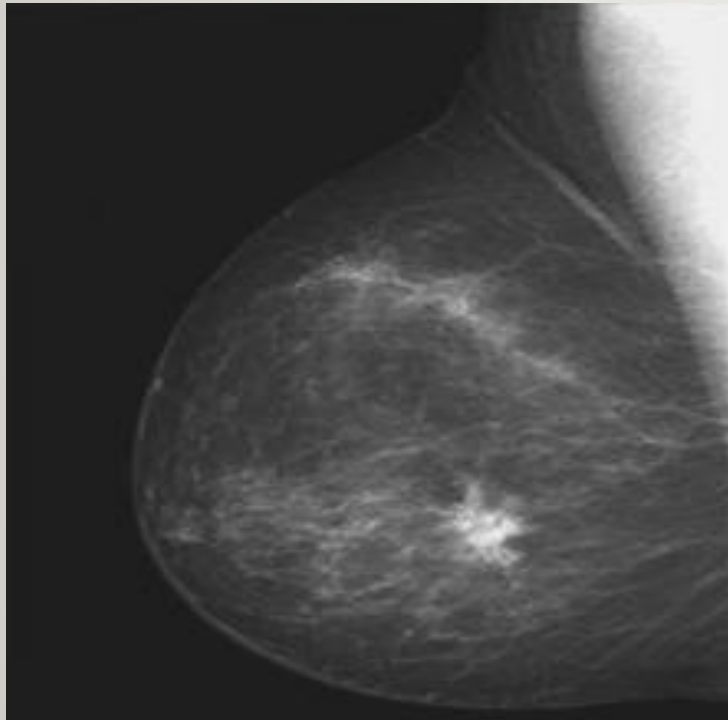
# ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- Έστω εικόνα με τιμή πίξελ  $f(x, y) \in [l, L]$  ενώ η διαθέσιμη περιοχή τιμών είναι  $[n, N]$
- Για την αξιοποίηση όλης της δυναμικής περιοχής εφαρμόζουμε:

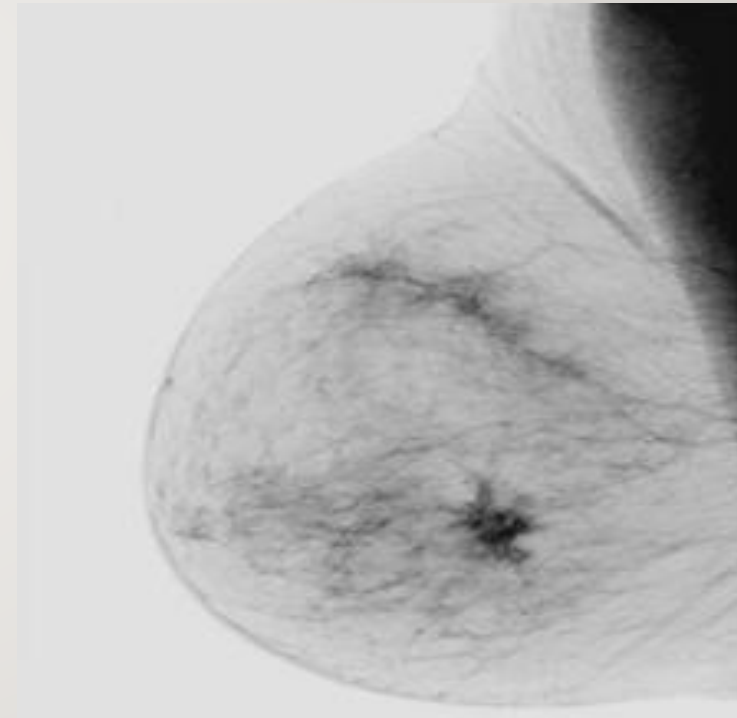
$$g(x, y) = \frac{f(x, y) - l}{L - l} (N - n) + n$$

# ΑΡΝΗΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- Το αρνητικό μιας εικόνας με επίπεδα γκρι στην περιοχή  $[0, L - 1]$  προκύπτει χρησιμοποιώντας τον αρνητικό μετασχηματισμό που δίνεται από την έκφραση  $s = L - 1 - r$ .



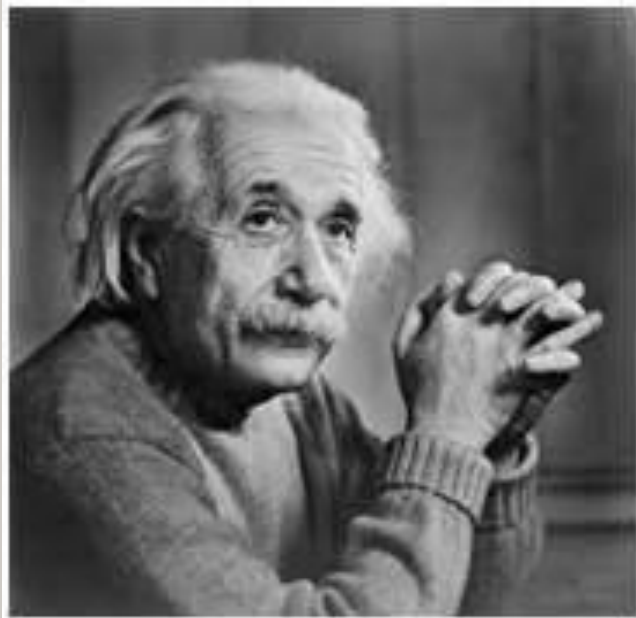
Αρχική



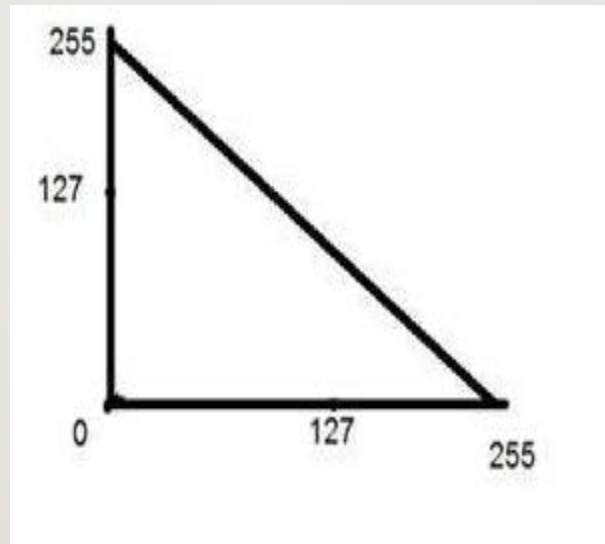
Αρνητική

# ΑΡΝΗΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- Το αρνητικό της εικόνας με  $L = 256$  επίπεδα γκρι, δηλαδή περιοχή τιμών  $[0, 255]$ , προκύπτει χρησιμοποιώντας τον αρνητικό μετασχηματισμό που δίνεται από την έκφραση  $s = 255 - r$ .



Αρχική,  $L = 256$



Αρνητική

# ΚΑΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η μορφή των τμηματικών συναρτήσεων (**piecewise**) μπορεί να είναι αυθαίρετα πολύπλοκη.
- Οι σημαντικές συναρτήσεις μπορούν να διατυπωθούν μόνο ως τμηματικές συναρτήσεις.

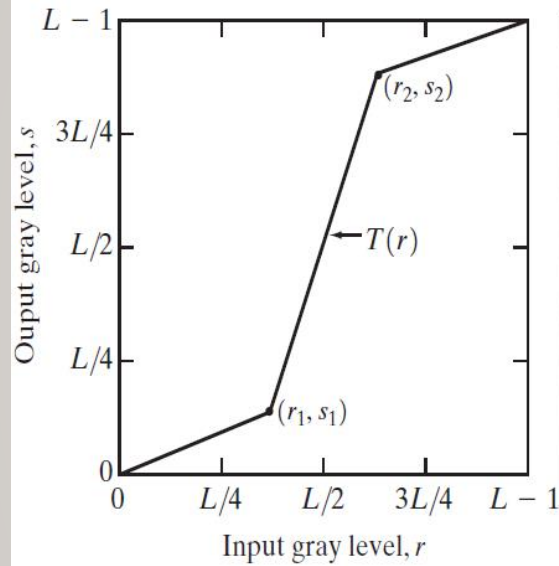
## ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Απαιτούν πολύ περισσότερες πληροφορίες από τον χρήστη.

## ΤΥΠΟΙ

1. Contrast Stretching
2. Gray-level Slicing
3. Bit-plane Slicing

# CONTRAST STRETCHING TRANSFORMATION



(a) Contrast Stretching Function.



(a) Low contrast.



(b) Contrast Stretching.



(c) Thresholding.

# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ Ή ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΚΡΙ (INTENSITY OR GRAY-LEVEL SLICING)

- Ο τεμαχισμός σε επίπεδο έντασης χρησιμοποιείται για την επισήμανση μιας λεπτομέρειας ή ελαττώματος, ενισχύοντας ένα συγκεκριμένο εύρος επιπέδων έντασης. Υπάρχουν διάφορες βασικές προσεγγίσεις για τον τεμαχισμό σε επίπεδο έντασης. Αλλά είναι γενικά μια παραλλαγή μιας από τις δύο βασικές προσεγγίσεις.
- Μια βασική προσέγγιση είναι να δώσουμε ένα χρώμα σε pixel που έχουν ένα εύρος επιπέδων έντασης ενδιαφέροντος και να δώσουμε ένα άλλο χρώμα στα υπόλοιπα pixel. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα μια δυαδική εικόνα. **Η συνάρτηση μετασχηματισμού είναι:  $s = 1, r_1 < r < r_2, s = 0$  αλλού.**

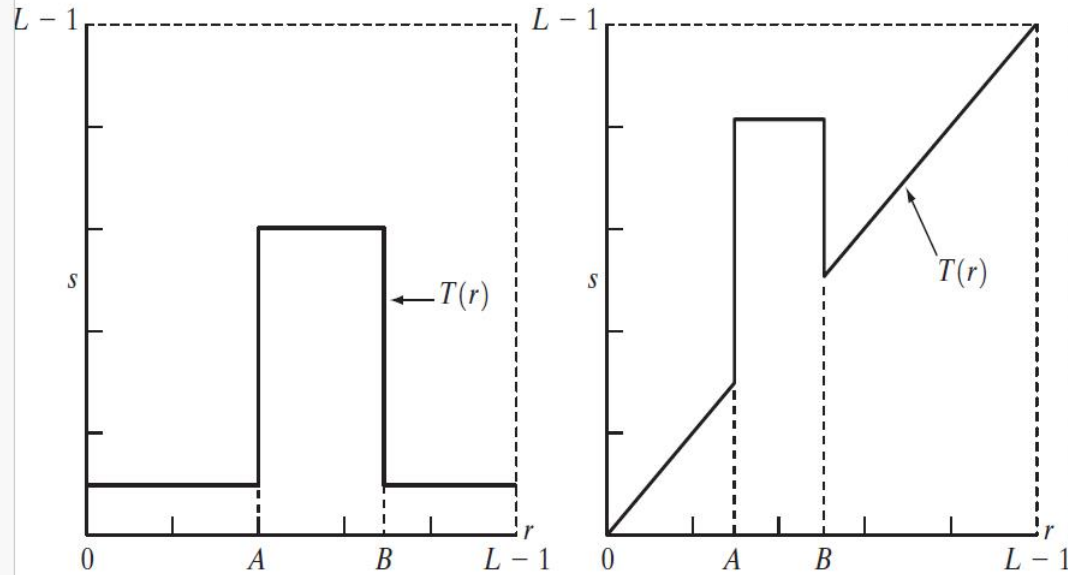


# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ Ή ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΚΡΙ (INTENSITY OR GRAY-LEVEL SLICING)

- Μια άλλη προσέγγιση είναι να δώσουμε ένα χρώμα (σκούρο ή φωτεινό) σε pixel που έχουν μια σειρά επιπέδων έντασης ενδιαφέροντος για να τα τονίσουμε και να μην αλλάξουμε το χρώμα των υπόλοιπων pixel. Η συνάρτηση μετασχηματισμού είναι:  $s = k_1$ ,  $r_1 < r < r_2$ ,  $s = k_2$  αλλού.

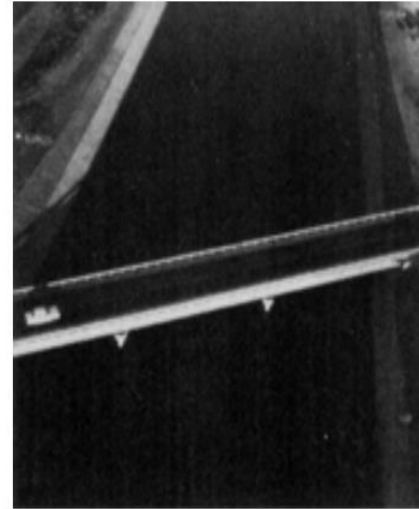


# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ Ή ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΚΡΙ

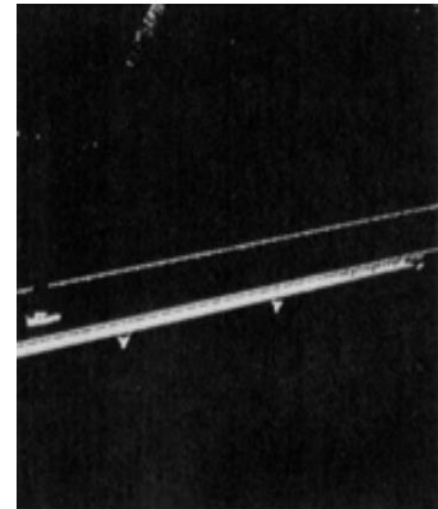


(a) Highlight values in  $[A, B]$  and reduce all others.

(b) Highlight values in  $[A, B]$  and preserve all others.



(c) Input image.



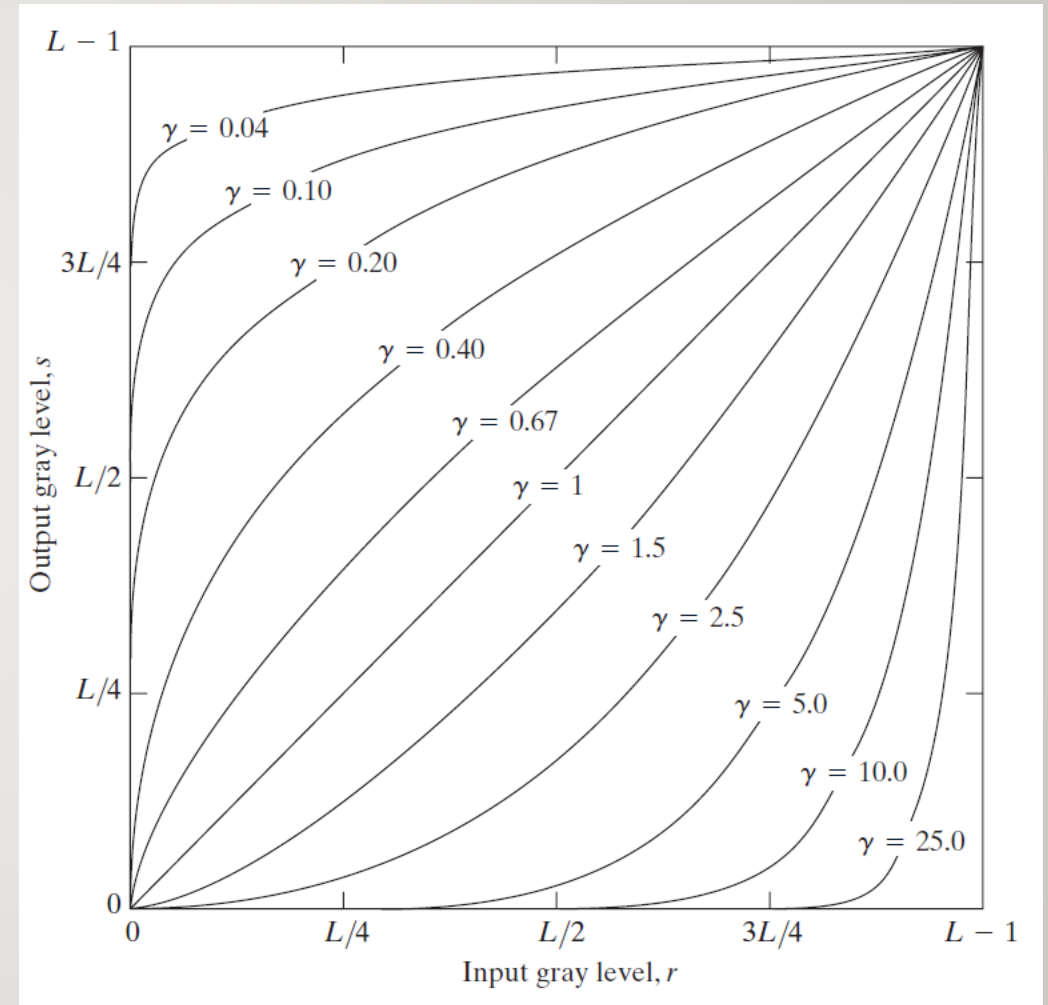
(d) Results of using the Transform (a).

# ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΤΟΥ ΓΚΡΙ

- **POWER-LAW**
- **ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ**
- **ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ BIT**
- **ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ**

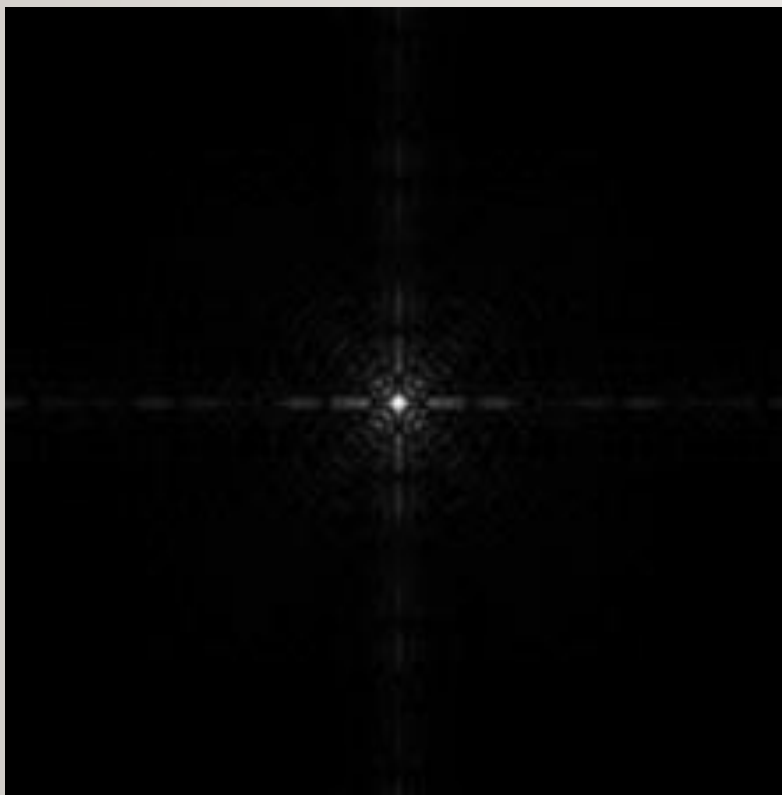
# POWER-LAW ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- Η βασική μορφή του μετασχηματισμού power-law δίνεται από τη σχέση  $s = c(r + \varepsilon)^\gamma$ , όπου  $\gamma$  και  $c$  είναι θετικές σταθερές και  $\varepsilon$  μικρή θετική ποσότητα που ικανοποιεί ότι η έξοδος υπάρχει ακόμα και αν η είσοδος είναι μηδέν.
- Αυτός ο τύπος μετασχηματισμού είναι γνωστός και ως Μετασχηματισμός ή Διόρθωση Γάμμα (**Gamma Transform** or **Gamma Correction**).

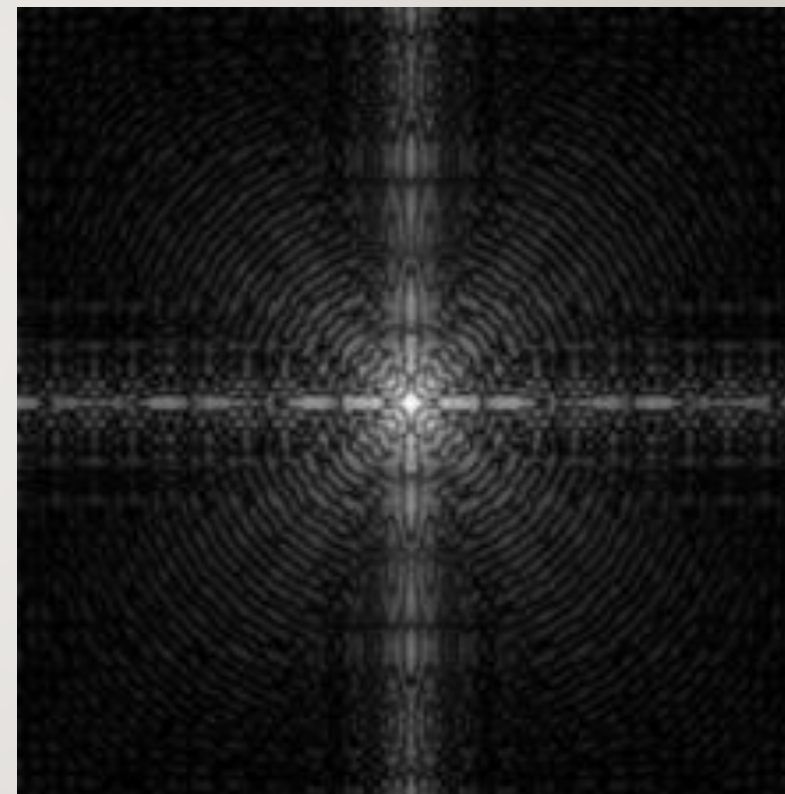


# ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

- Η γενική μορφή του λογαριθμικού μετασχηματισμού είναι  $s = c \log_b(1 + r)$ , όπου  $c$  σταθερά,  $b$  η βάση του λογαρίθμου και  $r \geq 0$



ΦΑΣΜΑ FOURIER ( $r \in [0, 1.5 \times 10^6]$ )



ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ Μ/Σ ΦΑΣΜΑΤΟΣ  
FOURIER  
( $s \in [0, 6.2], c = 1$ )

# POWER-LAW TRANSFORMATION $\gamma < 1$



(a) Original MR Image of Human Spine



(b) Gamma Correction  $\gamma = 0.6$



(c) Gamma Correction  $\gamma = 0.4$



(d) Gamma Correction  $\gamma = 0.3$



# POWER-LAW TRANSFORMATION $\gamma > 1$



(a) Original Aerial images.



(b) Gamma Correction  
 $\gamma = 3.0$



(c) Gamma Correction  
 $\gamma = 4.0$



(d) Gamma Correction  
 $\gamma = 5.0$

# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ BIT

- Οι τιμές εικονοστοιχείων είναι ακέραιοι αριθμοί με τιμή bit. Μια εικόνα  $n$ -bit θα έχει  $2^n$  τιμές έντασης ή επίπεδα γκρι.
- Σε αυτόν τον τεμαχισμό σε επίπεδο bit, αντί να τονίζετε το επίπεδο έντασης τονίζουμε τη συμβολή κάθε bit στην εικόνα.
- Τα bit χαμηλότερης τάξης (Least Significant Bit – LSB) γενικά δεν έχουν συνεισφορά ενώ τα bit υψηλότερης τάξης (Most Significant Bit – MSB) έχουν μέγιστη συνεισφορά.
- Πολλαπλασιάζουμε το  $k$  bit με  $2^{k-1}$  για να οπτικοποιήσουμε τη συμβολή του. Σημειώστε ότι μια εικόνα  $n$ -bit θα έχει  $n$  επίπεδα bit. Ο τεμαχισμός σε επίπεδο bit χρησιμοποιείται στη συμπίεση εικόνας, καθώς τα bit χαμηλότερης τάξης δεν αποθηκεύονται.



# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ BIT

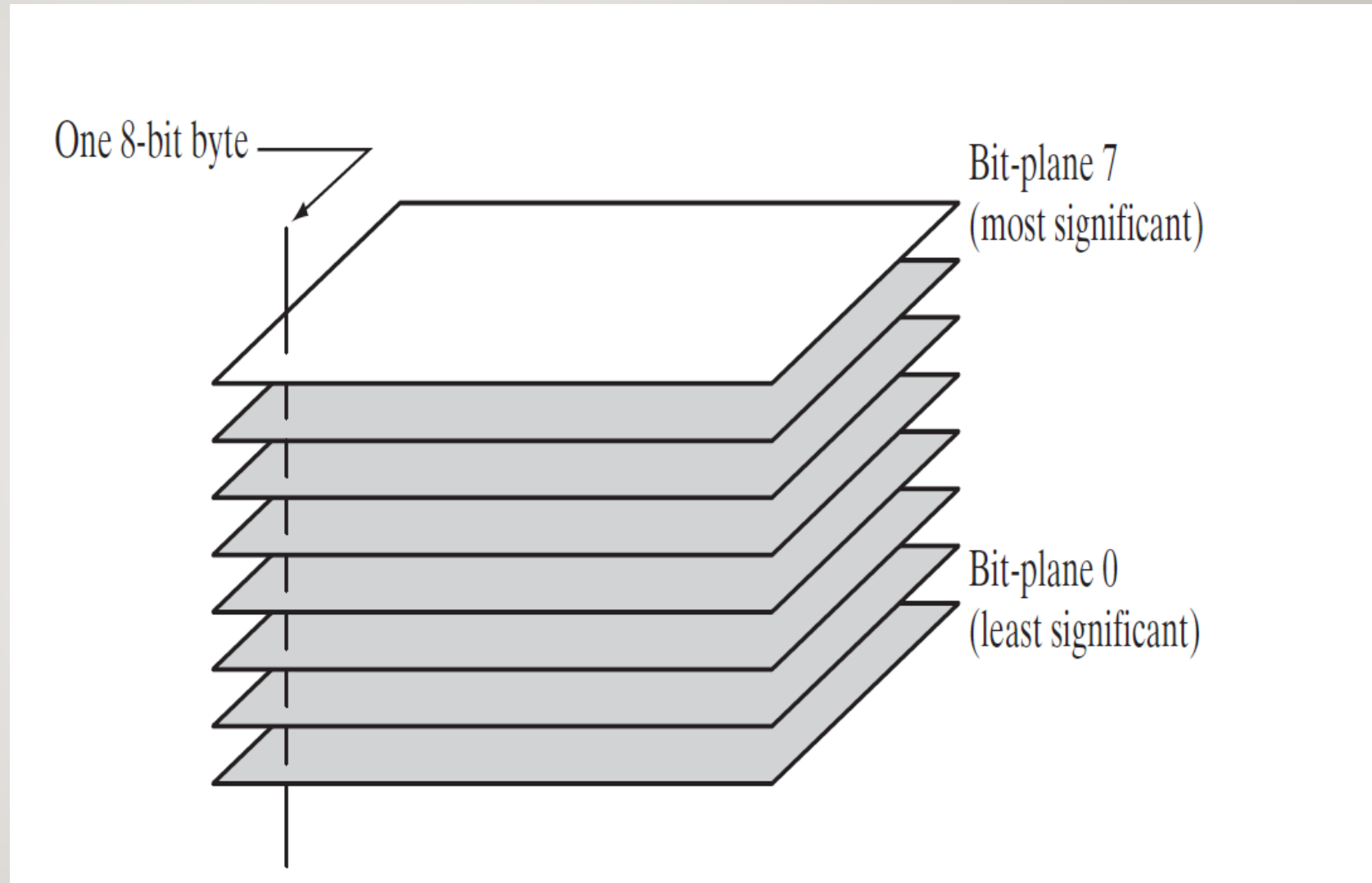
- Συχνά απομονώνοντας συγκεκριμένα κομμάτια των τιμών των εικονοστοιχείων σε μια εικόνα μπορούμε να επισημάνουμε ενδιαφέρουσες πτυχές αυτής της εικόνας
- Τα bit υψηλότερης τάξης συνήθως περιέχουν τις περισσότερες σημαντικές οπτικές πληροφορίες
- Τα bit χαμηλότερης τάξης περιέχουν λεπτές λεπτομέρειες.

# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ BIT

Τα pixel είναι ψηφιακοί αριθμοί, ο καθένας τους αποτελείται από bit. Αντί να επισημάνουμε το εύρος σε επίπεδο γκρι, θα μπορούσαμε να επισημάνουμε τη συμβολή κάθε bit.

Αυτή η μέθοδος είναι χρήσιμη και χρησιμοποιείται στη συμπίεση εικόνας.

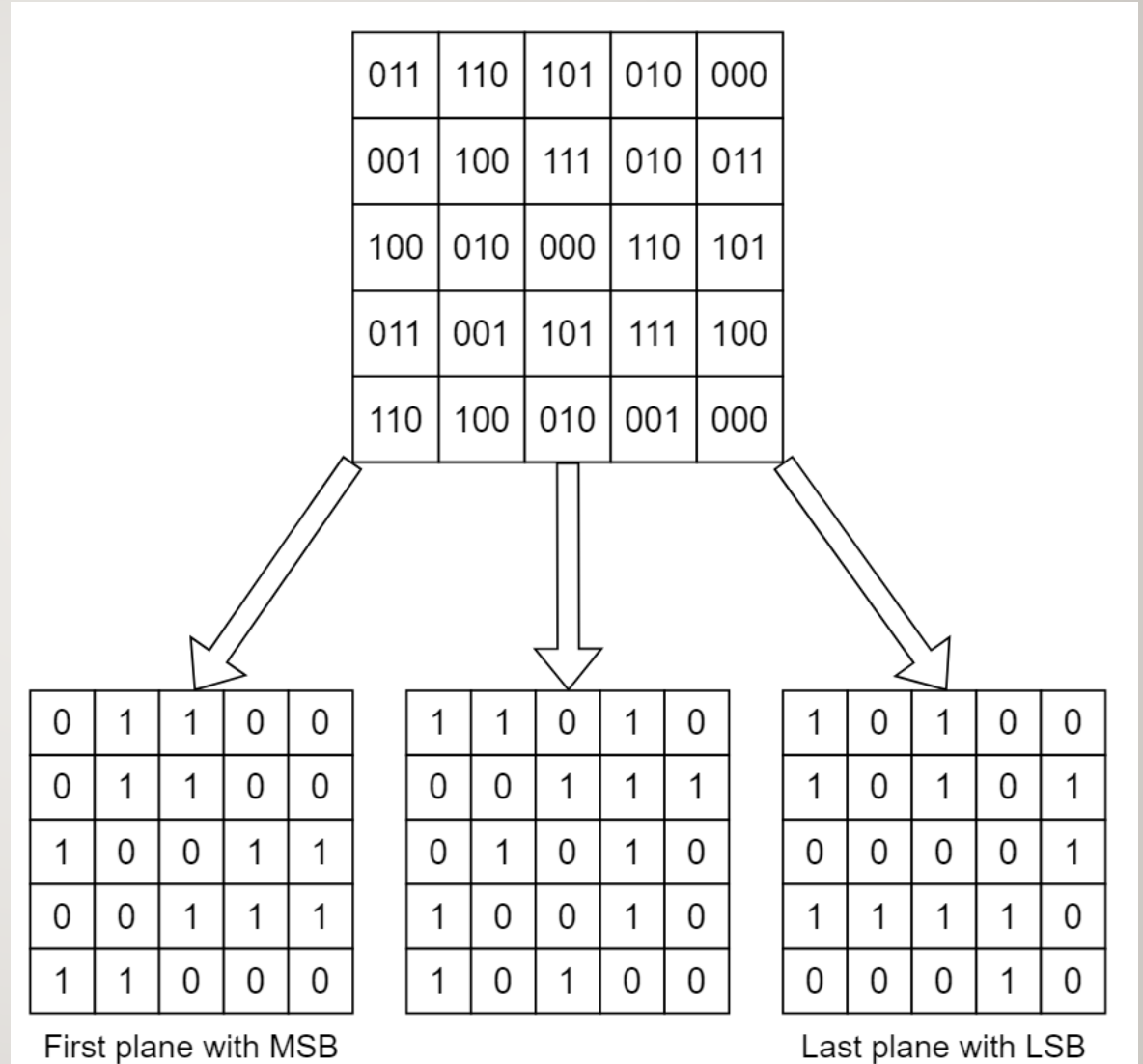
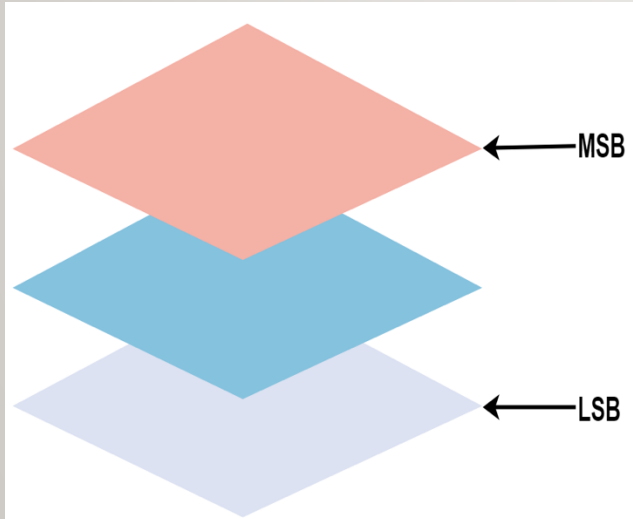
Τα MSB bit περιέχουν τα πιο σημαντικά οπτικά δεδομένα.



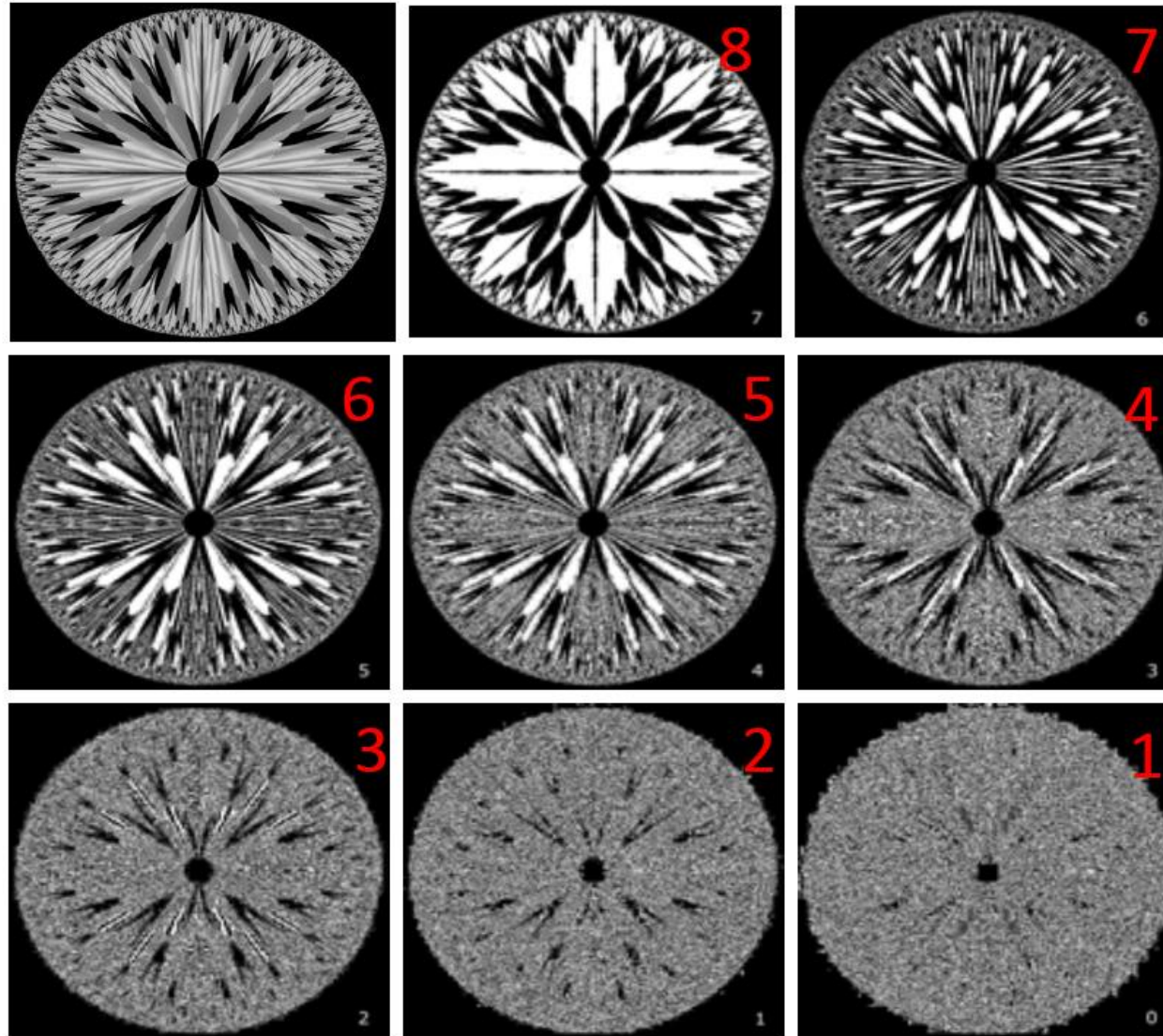
# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-BIT

ΑΡΧΙΚΗ

3	6	5	2	0
1	4	7	2	3
4	2	0	6	5
3	1	5	7	4
6	4	2	1	0

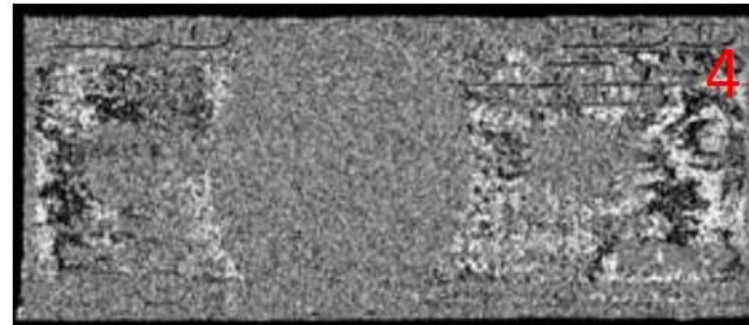


# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΙΤ





# ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΒΙΤ



8-bit εικόνα 500x1912, ξεκινάμε με τα LSB και φτάνουμε στο MSB, κάθε εικόνα είναι και 1 bit-plane

# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

- Το **ιστόγραμμα** μιας εικόνας με επίπεδα του γκρι στην περιοχή  $[0, L - 1]$  είναι μία διακριτή συνάρτηση  $h(r_k) = n_k$  όπου  $r_k$  το  $k$  επίπεδο γκρι και  $n_k$  είναι ο αριθμός των pixel στην εικόνα με επίπεδο γκρι  $r_k$ .
- Το  $r_k$  θεωρείται τυχαία μεταβλητή με σ.π.π.  $p(r_k)$ . Η εκτίμηση του  $p(r_k)$  γίνεται με την χρήση του ιστογράμματος
- Το ιστόγραμμα περιγράφει την συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων επιπέδων του γκρι στα εικονοστοιχεία μιας εικόνας
- **Κανονικοποίηση ιστογράμματος:** διαίρεση καθεμιάς από τις τιμές του ιστογράμματος με τον συνολικό αριθμό  $N$  των pixel στην εικόνα,

$$p(r_k) = \frac{n_k}{N} \text{ για } k = 0, 1, \dots, L - 1.$$

- Το  $p(r_k)$  δίνει την πιθανότητα εμφάνισης του επιπέδου γκρι  $r_k$ .
- Το άθροισμα όλων των στοιχείων ενός κανονικοποιημένου ιστογράμματος είναι ίσο με 1.

# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- **Εξίσωση ή Ισοστάθμιση ιστογράμματος**
  - **Ολική εξίσωση**
    - Εφαρμόζεται σε όλη την εικόνα ταυτόχρονα
    - Υπάρχει πρόβλημα με τις ομοιόμορφες περιοχές
  - **Τοπική εξίσωση**
    - Σάρωση εικόνας με ένα μικρό ή μεσαίο παράθυρο και εφαρμογή ολικής εξίσωσης στο παράθυρο
    - Μεγάλη υπολογιστική πολυπλοκότητα
- **Τροποποίηση ιστογράμματος**



# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Αν οι τιμές φωτεινότητας είναι συγκεντρωμένες σε μια μικρή περιοχή

- Χαμηλή αντίθεση
- Χαμηλή υποκειμενική ποιότητα

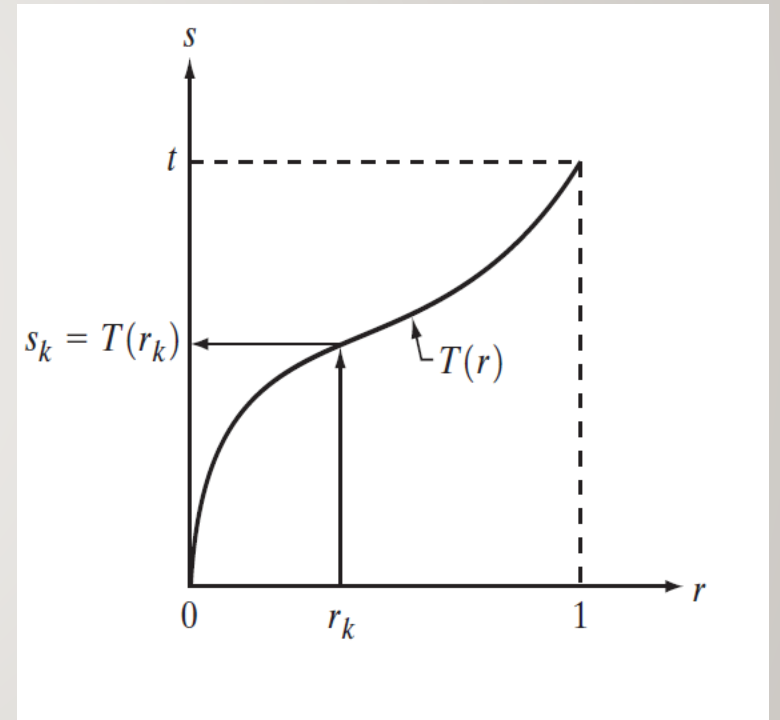
Με εξίσωση ιστογράμματος η εικόνα βελτιώνεται

- Με την τεχνική αυτή το ιστόγραμμα γίνεται πιο επίπεδο

# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- Κάθε μετασχηματισμός έχει τη μορφή  $s = T(r)$  όπου  $0 \leq r \leq 1$  όταν οι τιμές έχουν κανονικοποιηθεί.
- Υποθέτουμε ότι η συνάρτηση μετασχηματισμού  $T(r)$  ικανοποιεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:
  - α) Το  $T(r)$  είναι μονότιμη και μονοτονικά αύξουσα στο διάστημα  $0 \leq r \leq 1$  και
  - β)  $0 \leq T(r) \leq 1$  για  $0 \leq r \leq 1$ .

Ο αντίστροφος μετασχηματισμός από  $s$  σε  $r$  είναι συμβολίζεται  $r = T^{-1}(s)$  για  $0 \leq s \leq 1$

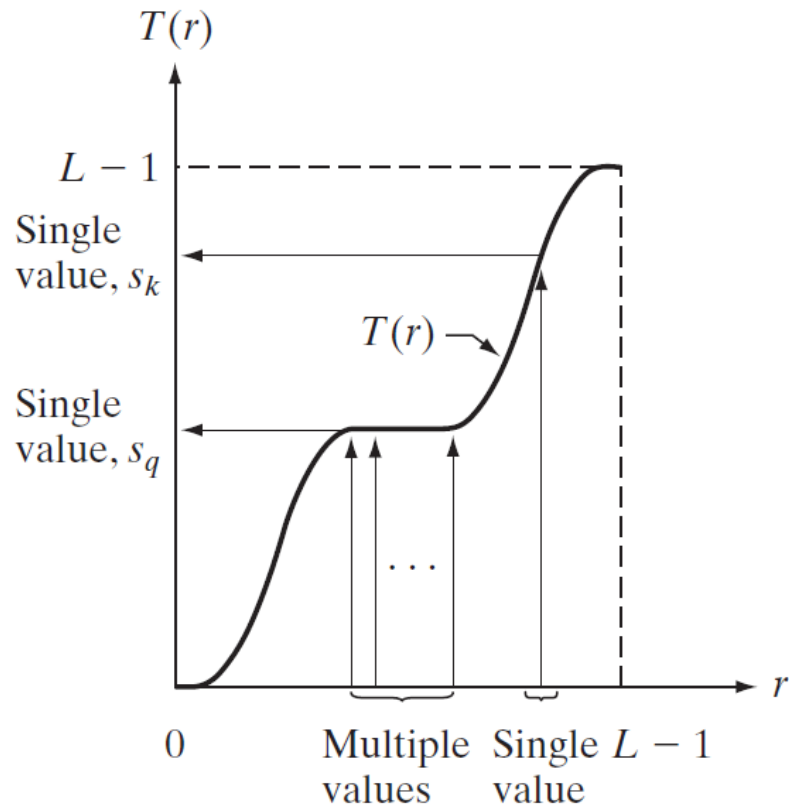


# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

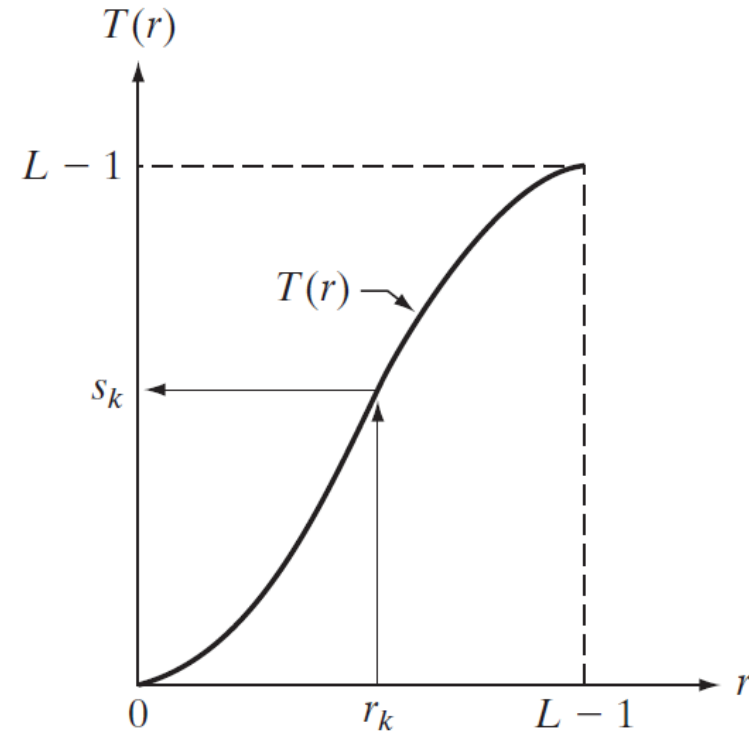
- Αρχικά έχουμε:  $r = f(x, y)$ 
  - Θεωρούμε την  $r$  ως τυχαία μεταβλητή (κανονικοποιημένη στο  $[0,1]$ ) με σ.π.π.  $p_r(r)$
- Μετασχηματίζουμε σε  $s = T(r)$
- **Ιδιότητες του  $T$** 
  - Αν  $r_1 < r_2$  τότε και  $T(r_1) < T(r_2)$
  - Αν  $0 < r < 1$  τότε και  $0 < T(r) < 1$
- Η σ.π.π.  $p_s(s)$  δίνεται από

$$p_s(s) = \left[ \frac{p_r(r)}{|ds/dr|} \right]_{r=T^{-1}(s)}$$

# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



(a) Monotonically Increasing Function



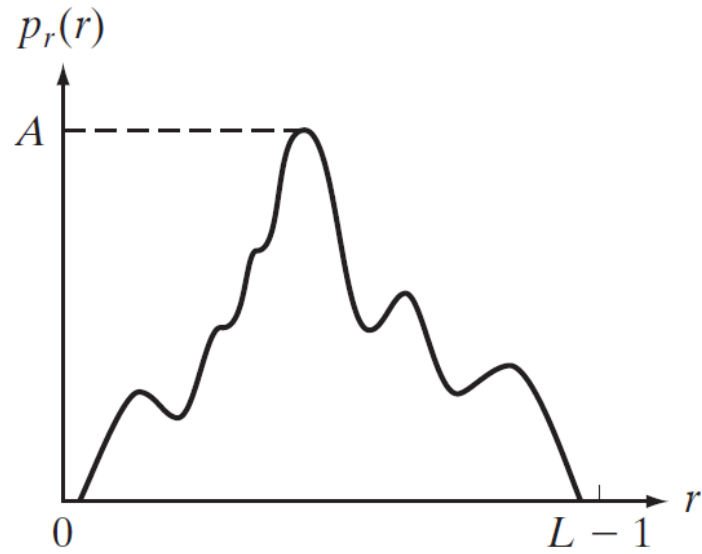
(b) Strickly Monotonically Increasing Function

# ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ

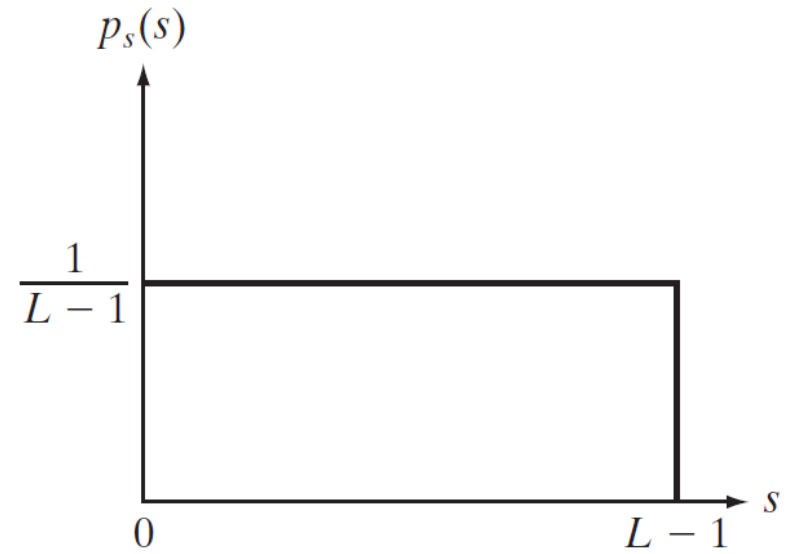
- Τα επίπεδα του γκρι σε μια εικόνα μπορούν να προβληθούν ως τυχαίες μεταβλητές στο διάστημα  $[0, 1]$
- Έστω  $p_r(r)$  και  $p_s(s)$  υποδηλώνουν τις συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας (PDF) των τυχαίων μεταβλητών  $r$  και  $s$ , αντίστοιχα, όπου οι δείκτες  $r, s$  χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν ότι είναι διαφορετικές λειτουργίες.
- Εάν το  $p_r(r)$  και  $T^{-1}(s)$  είναι συνεχής και διαφορίσιμη πάνω στο εύρος τιμών ενδιαφέροντος, τότε η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $p(s)$  της μετασχηματισμένης μεταβλητή  $s$  μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας έναν απλό τύπο:

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{\frac{dT(r)}{dr}} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{p_r(r)} \right| = 1$$

# ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ



(a) Arbitrary PDF



(b) PDF of the resulting intensities

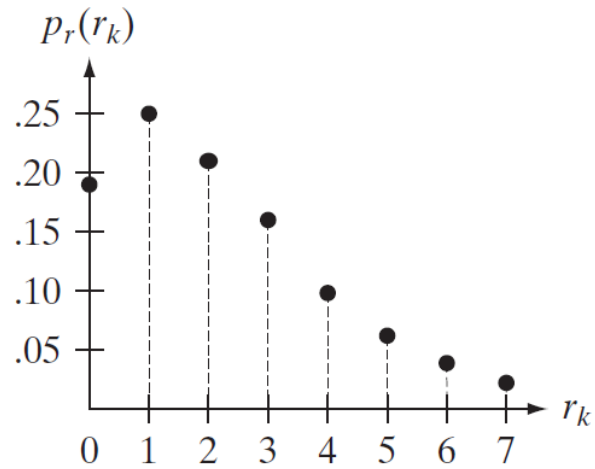


# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

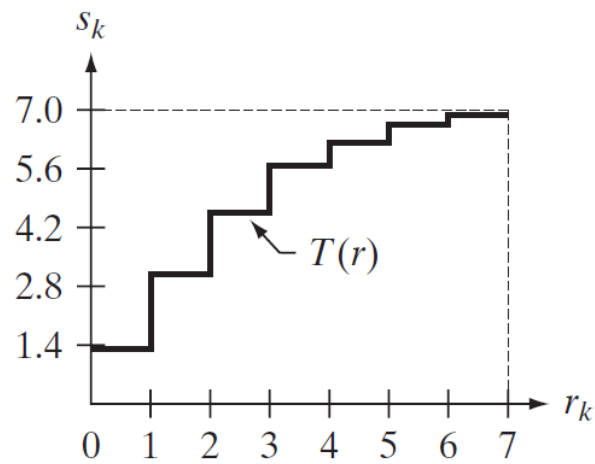
- ✓ Assume a 3-bit image ( $L = 8$  levels) of size  $64 \times 64$  pixels ( $MN = 4096$ ).
- ✓ Assume that the intensity levels are integers in the range  $[0, L - 1] = [0, 7]$ .
- ✓ We are given the following data:

$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

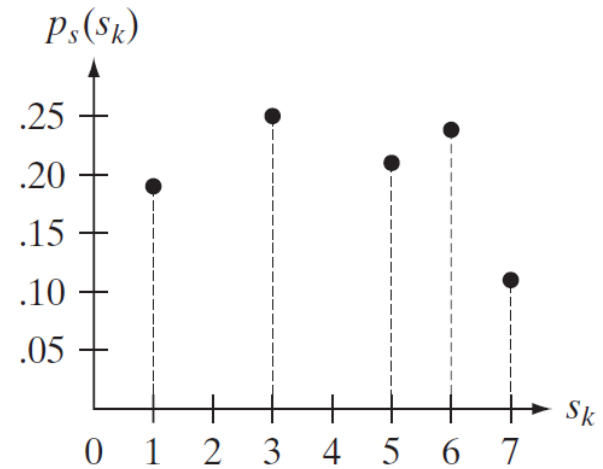
# ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2



(a) Original Histogram of an 8-bit image .



(b) Transformation function.



(c) Equalized Histogram.

# ΒΗΜΑΤΑ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- Η ισοστάθμιση ιστογράμματος είναι μια τεχνική επεξεργασίας εικόνας που βελτιώνει την αντίθεση μιας εικόνας, κατανέμοντας πιο ομοιόμορφα τα επίπεδα φωτεινότητας. Ακολουθούν τα βήματα ενός αλγορίθμου ισοστάθμισης ιστογράμματος:

- **Βήματα:**

- 1. Υπολογισμός του Ιστογράμματος:**

1. Υπολόγισε τη συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής γκρι (ή επιπέδου φωτεινότητας) στην εικόνα.
2. Για μια εικόνα με  $L$  επίπεδα έντασης, φτιάξε ένα ιστόγραμμα συχνοτήτων που αντιπροσωπεύει πόσες φορές εμφανίζεται κάθε τιμή έντασης.

- 2. Υπολογισμός Αθροιστικής Κατανομής Πιθανότητας (CDF):**

1. Υπολόγισε την αθροιστική συνάρτηση κατανομής (CDF) για κάθε επίπεδο φωτεινότητας. Αυτό γίνεται αθροίζοντας τις πιθανότητες των επιπέδων έντασης από το 0 μέχρι το εκάστοτε επίπεδο  $i$ .
2. CDF μπορεί να οριστεί ως  $CDF(i) = \sum_{j=1}^i P(j)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$

# ΒΗΜΑΤΑ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- **Κανονικοποίηση του CDF:**

Κανονικοποίησε το CDF ώστε οι τιμές να κυμαίνονται μεταξύ του ελάχιστου και του μέγιστου επιπέδου φωτεινότητας της εικόνας (π.χ. από 0 έως  $L - 1$ ).

Το κανονικοποιημένο CDF μπορεί να εκφραστεί ως:

$$CDF_{norm}(i) = [(CDF(i) - CDFmin * (L - 1)) / (M * N - CDFmin)] * (L - 1)$$

όπου  $M \times N$  είναι το πλήθος των pixel στην εικόνα και  $L - 1$  είναι το μέγιστο επίπεδο φωτεινότητας.

- **Αντικατάσταση Τιμών Εικονοστοιχείων:** Αντικατάστησε κάθε αρχική τιμή έντασης στην εικόνα με την αντίστοιχη κανονικοποιημένη τιμή από το CDF.
- **Τελική Εικόνα:** Η νέα εικόνα που προκύπτει έχει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή των τιμών φωτεινότητας, βελτιώνοντας έτσι την αντίθεση.
- Αυτός ο αλγόριθμος εφαρμόζεται κυρίως για εικόνες γκρι κλίμακας, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε έγχρωμες εικόνες επεξεργάζοντας κάθε κανάλι (RGB) ξεχωριστά.

# ΤΟΠΙΚΗ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- Η τοπική εξίσωση ιστογράμματος (Local Histogram Equalization) είναι μια παραλλαγή της ισοστάθμισης ιστογράμματος που βελτιώνει την αντίθεση της εικόνας σε τοπικό επίπεδο, αντί για ολόκληρη την εικόνα. Αυτή η τεχνική είναι χρήσιμη όταν η παγκόσμια ισοστάθμιση ιστογράμματος δεν αποδίδει καλά σε εικόνες με τοπικές διακυμάνσεις φωτεινότητας, όπως αυτές που έχουν περιοχές με πολύ σκοτεινά και πολύ φωτεινά τμήματα.
- **Βήματα τοπικής εξίσωσης ιστογράμματος:**

## Κατατμήσεις της Εικόνας σε Παράθυρα:

Η εικόνα χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα ή παράθυρα (συνήθως ορθογώνια ή τετράγωνα) που καλούνται υποπεριοχές.

Το μέγεθος του παραθύρου είναι συνήθως ένας προκαθορισμένος παράγοντας που καθορίζει πόσα pixel θα υπολογιστούν τοπικά.

## Υπολογισμός Ιστογράμματος για Κάθε Παράθυρο:

Για κάθε υποπεριοχή της εικόνας, υπολόγισε το τοπικό ιστόγραμμα των τιμών έντασης (όπως γίνεται στην ολική ισοστάθμιση).

## Ισοστάθμιση Ιστογράμματος για Κάθε Υποπεριοχή:

Εφάρμοσε την εξίσωση ιστογράμματος ξεχωριστά σε κάθε υποπεριοχή, ακολουθώντας τα βήματα της παγκόσμιας εξίσωσης, δηλαδή υπολογισμός CDF και κανονικοποίηση των τιμών έντασης.

# ΤΟΠΙΚΗ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

## **Σύνθεση Των Παραθύρων**

Τα εξισωμένα παράθυρα "συντίθενται" πάλι για να δημιουργήσουν την τελική εικόνα. Συνήθως, για να αποφευχθεί η απότομη μετάβαση στις άκρες των παραθύρων, χρησιμοποιείται μια τεχνική εξομάλυνσης ή επικάλυψης.

## **Πλεονεκτήματα της τοπικής εξίσωσης ιστογράμματος:**

- Αυξάνει την αντίθεση σε τοπικές περιοχές της εικόνας.
- Είναι πιο αποτελεσματική σε εικόνες με μεγάλη τοπική διαφοροποίηση στη φωτεινότητα.

## **Μειονεκτήματα:**

- Μπορεί να προκαλέσει υπερβολική αντίθεση σε ορισμένες περιοχές της εικόνας.
- Απαιτεί περισσότερους υπολογισμούς και μπορεί να είναι πιο αργή από την παγκόσμια ισοστάθμιση.
- Η τοπική εξίσωση ιστογράμματος χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως στην ιατρική απεικόνιση και την ανάλυση εικόνων με χαμηλή ποιότητα φωτισμού.



# ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ



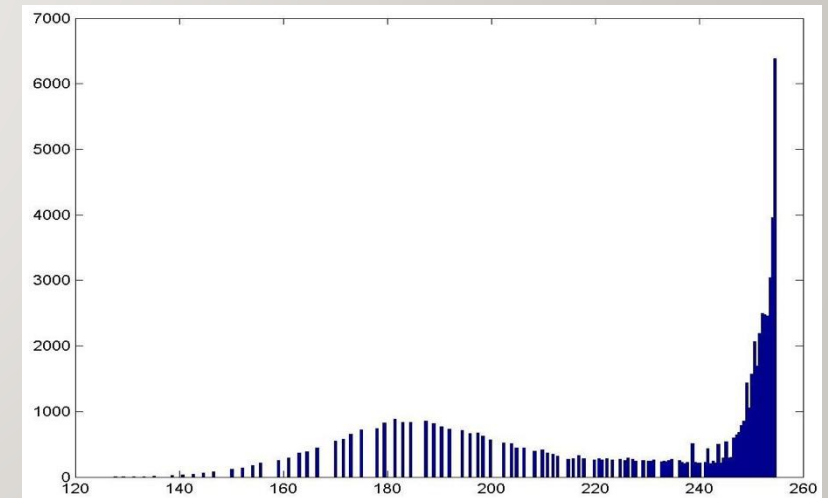
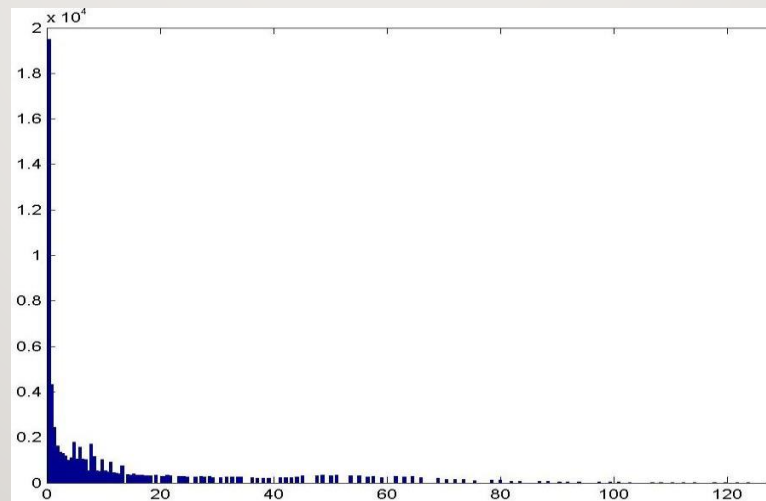
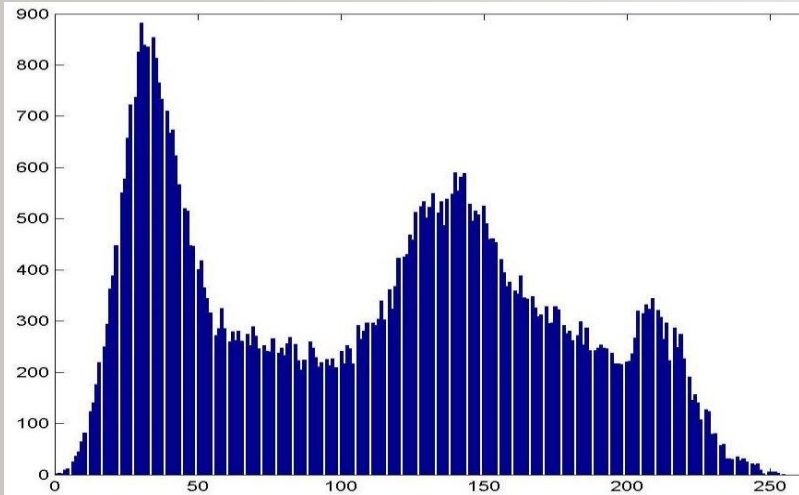
Αρχική



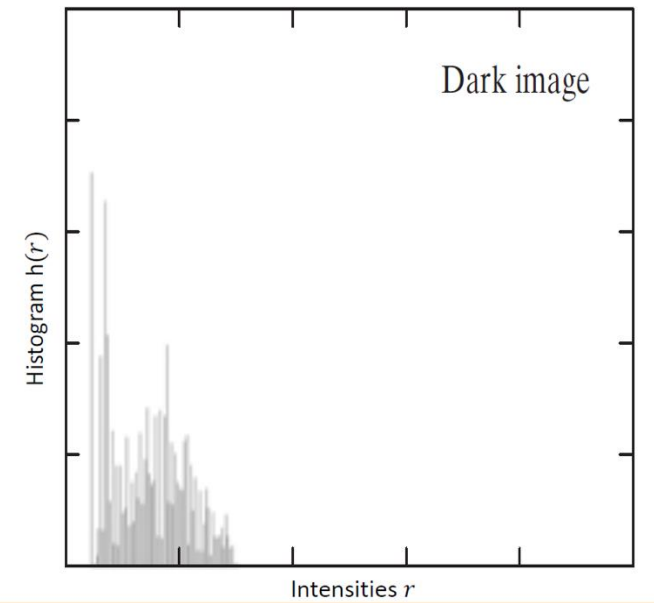
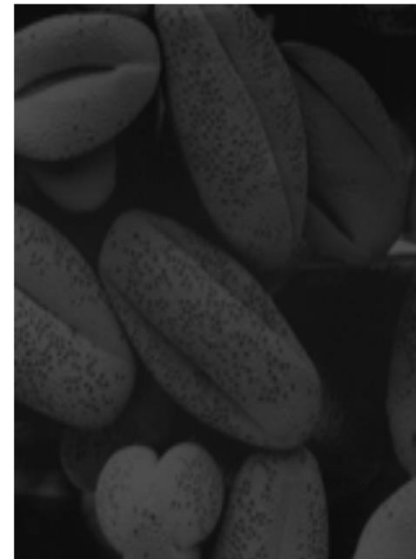
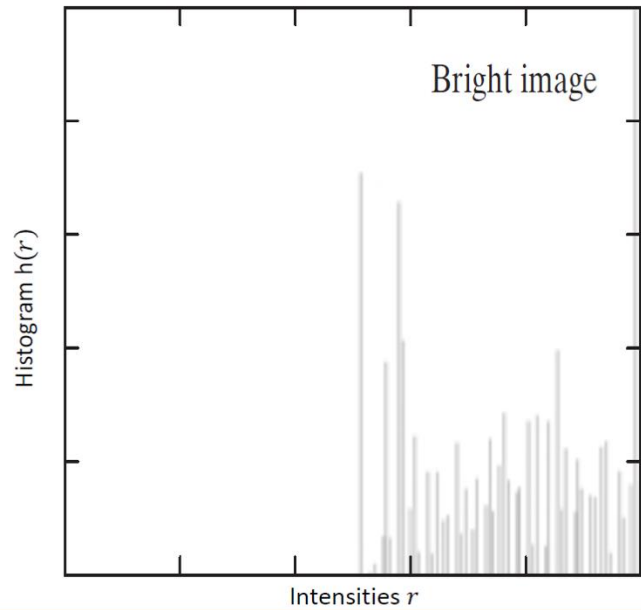
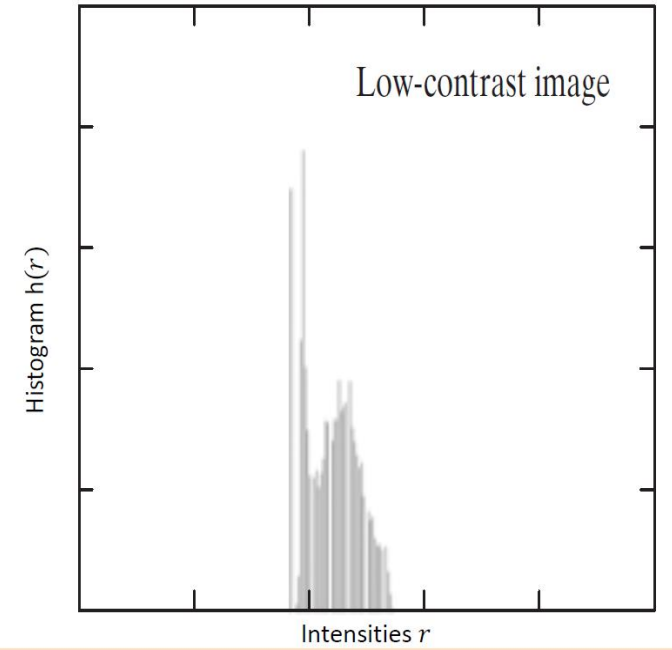
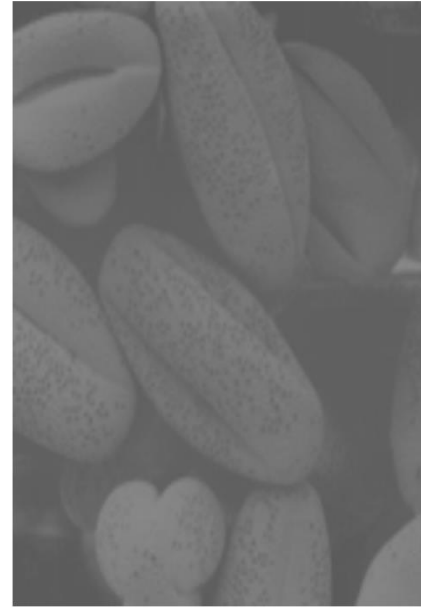
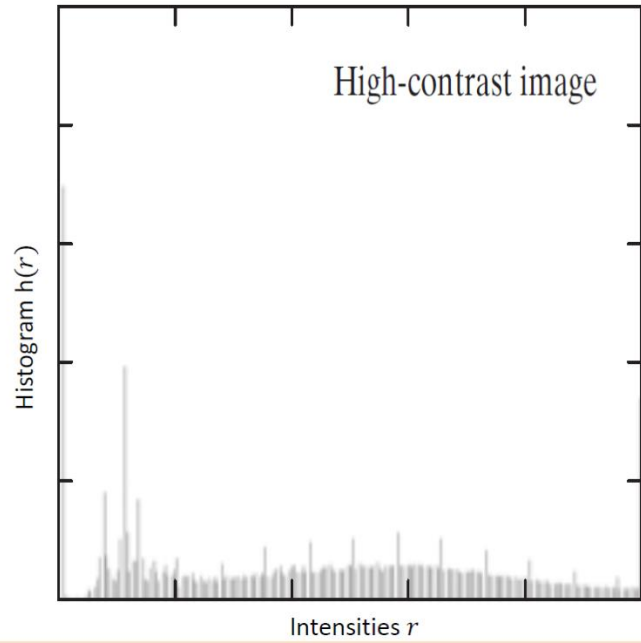
Σκοτεινή



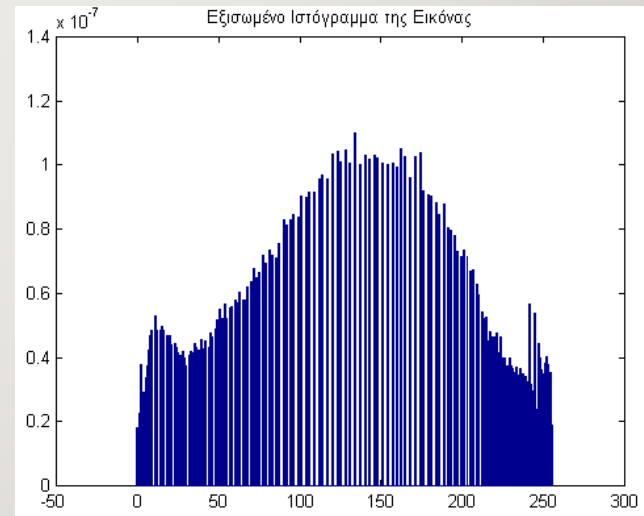
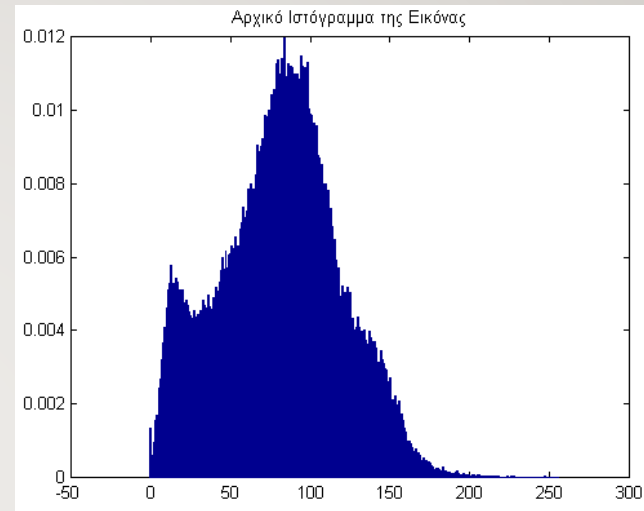
Φωτεινή



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

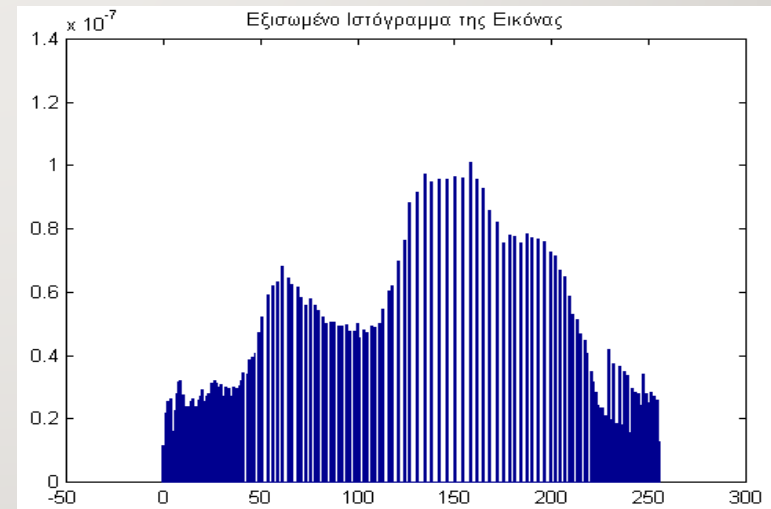
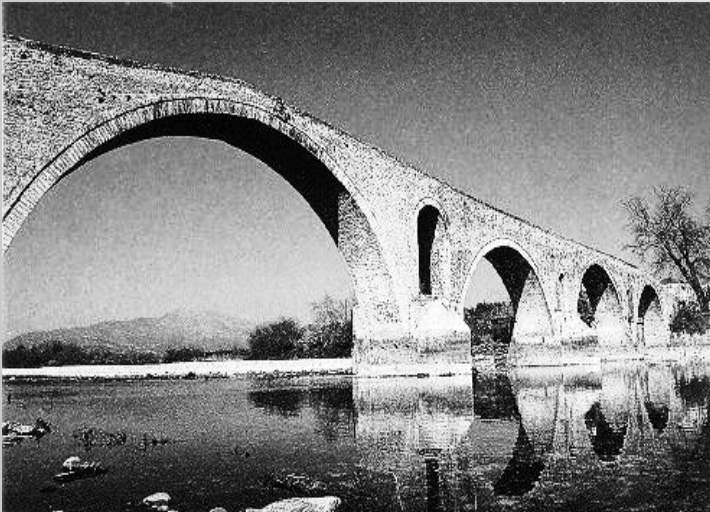
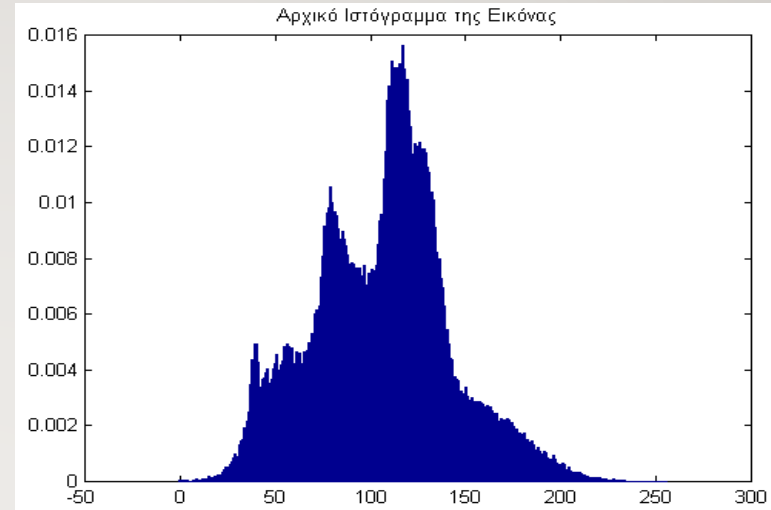
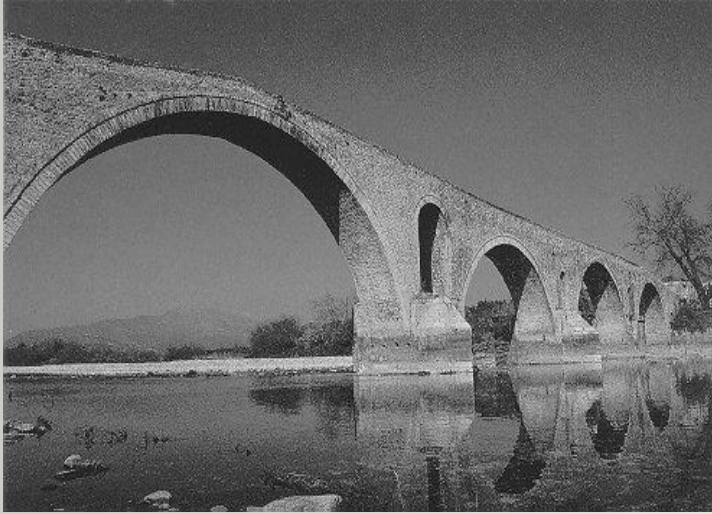


# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

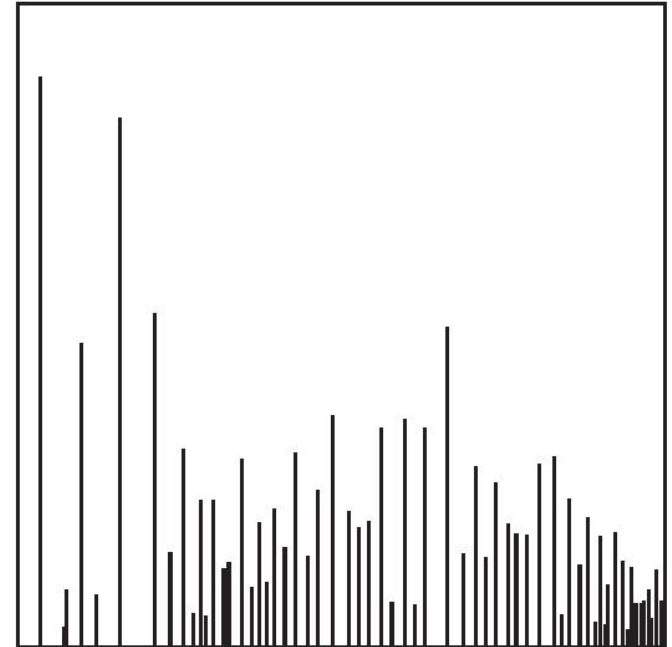
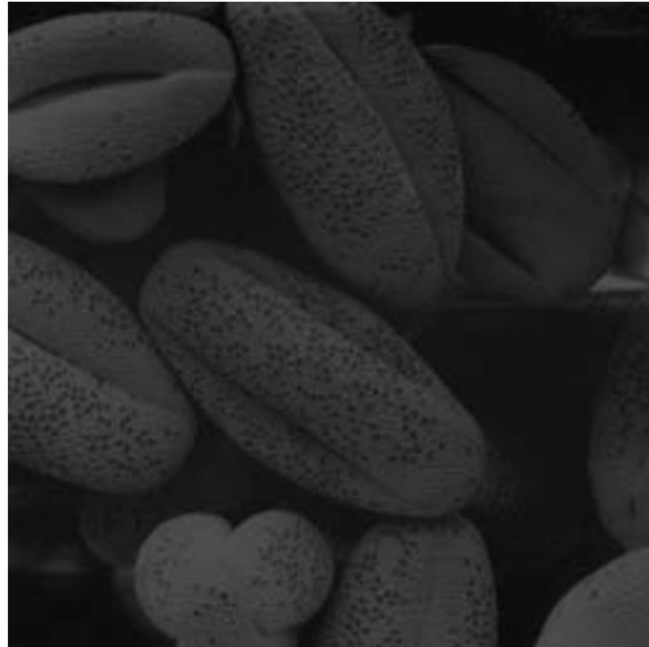




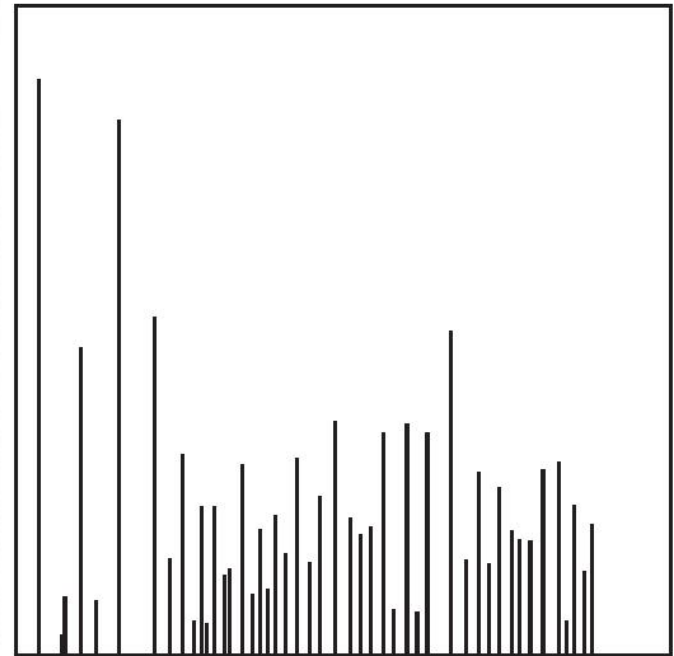
# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΚΟΤΕΙΝΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

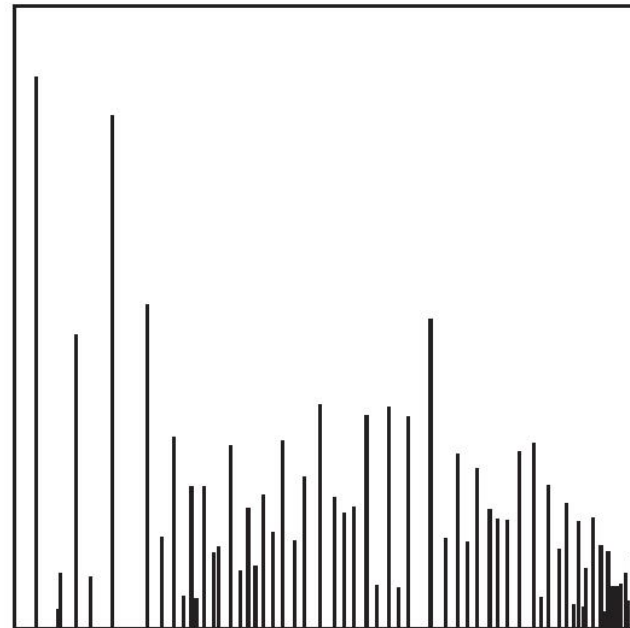
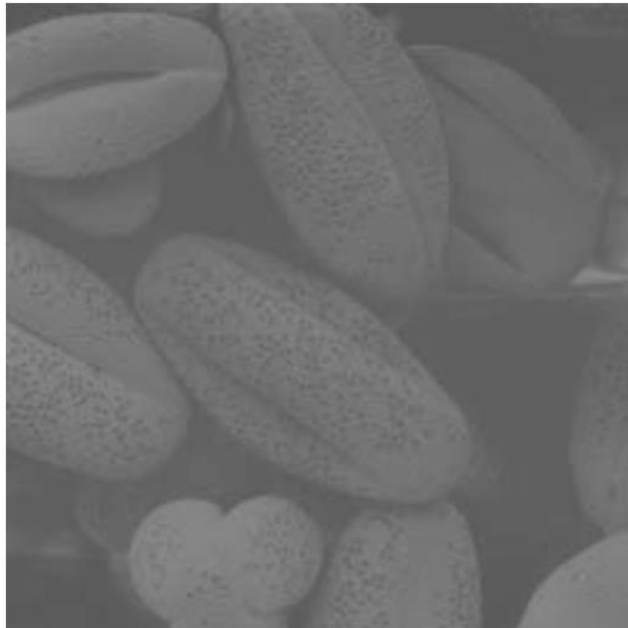


# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

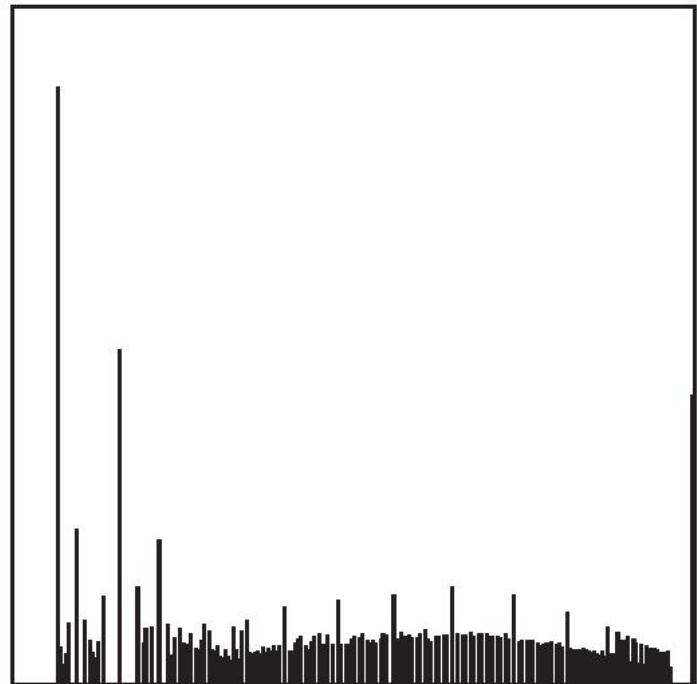




# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

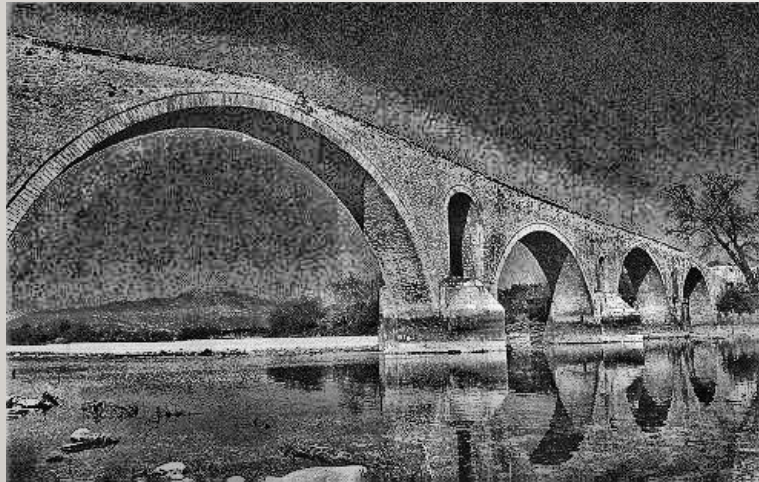
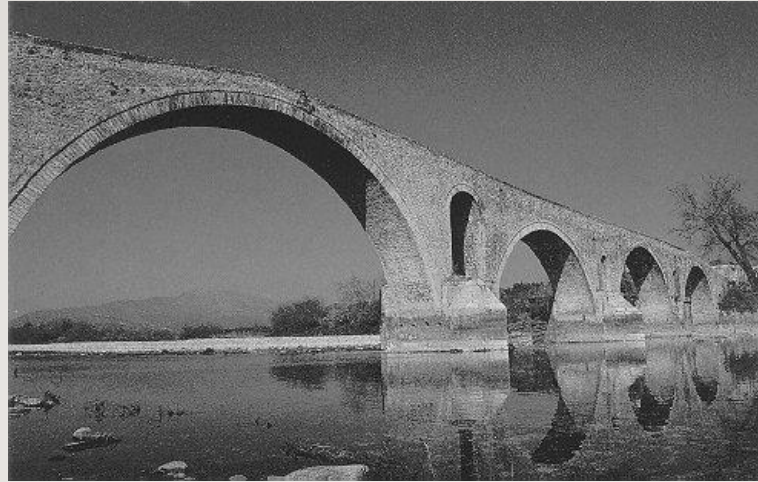


# ΟΛΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

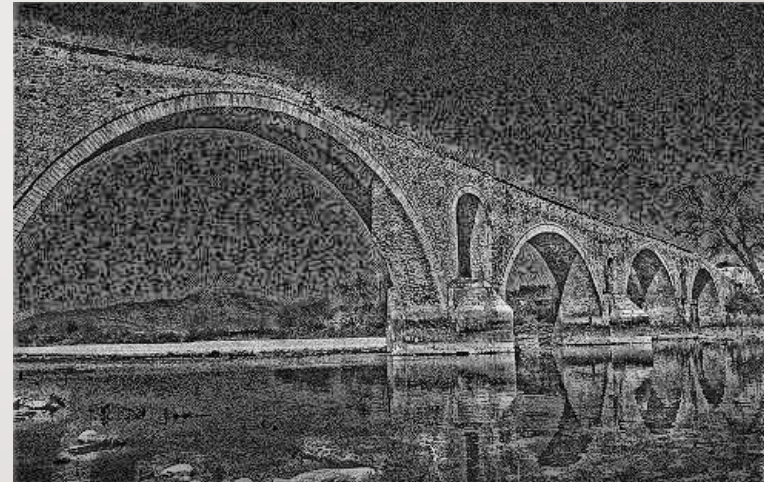


# ΤΟΠΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Αρχική Εικόνα



Εξισωμένη Εικόνα  
Υποπεριοχές 21x21



Εξισωμένη Εικόνα  
Υποπεριοχές 9x9



# ΤΟΠΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

