

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

Μετασχηματισμοί έντασης

Γιώργος Σφήκας
sfikas@cs.uoi.gr

Στη συνέχεια θα δούμε τεχνικές βελτίωσης εικόνας με βάση την επεξεργασία εικόνας στο *πεδίο του χώρου*:

- Τι είναι βελτίωση εικόνας (image enhancement)
- Είδη/τύποι βελτίωσης εικόνας
- Επεξεργασία σημείου
- Επεξεργασία ιστογράμματος
- Χωρικό φιλτράρισμα

Τι είναι βελτίωση εικόνας (image enhancement) ;

Βελτιώση εικόνας είναι η διαδικασία με την οποία κάνουμε μια ψηφιακή εικόνα πιο *‘χρήσιμη’*

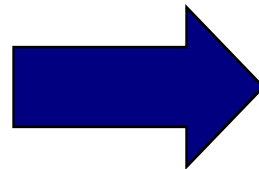
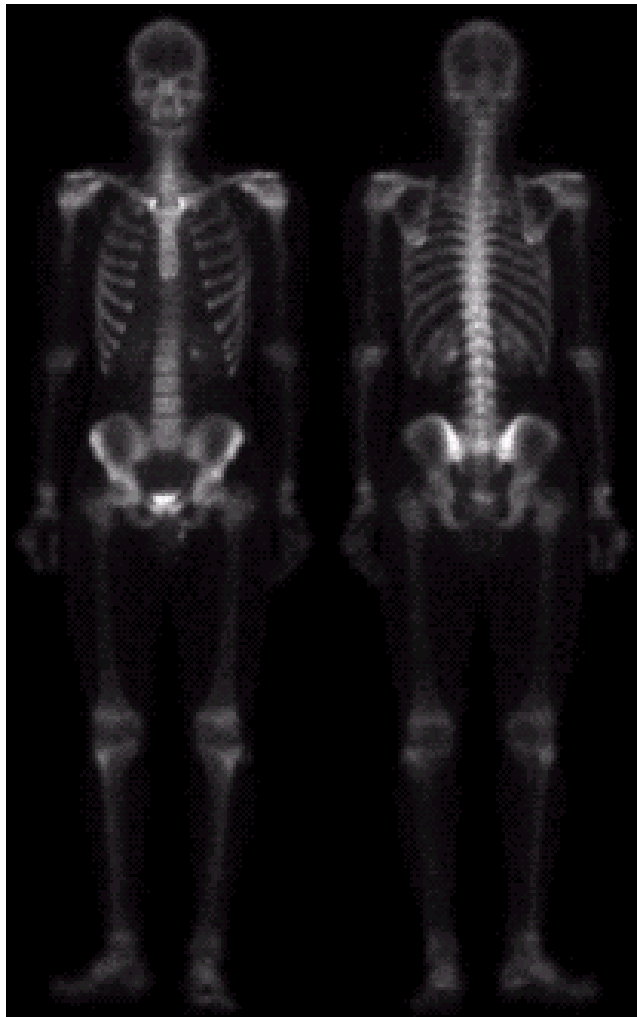
Αυτό συμπεριλαμβάνει:

- Τονισμό / ανάδειξη περιοχών ενδιαφέροντος
- Απομάκρυνση θορύβου
- Αισθητική βελτίωση της εικόνας

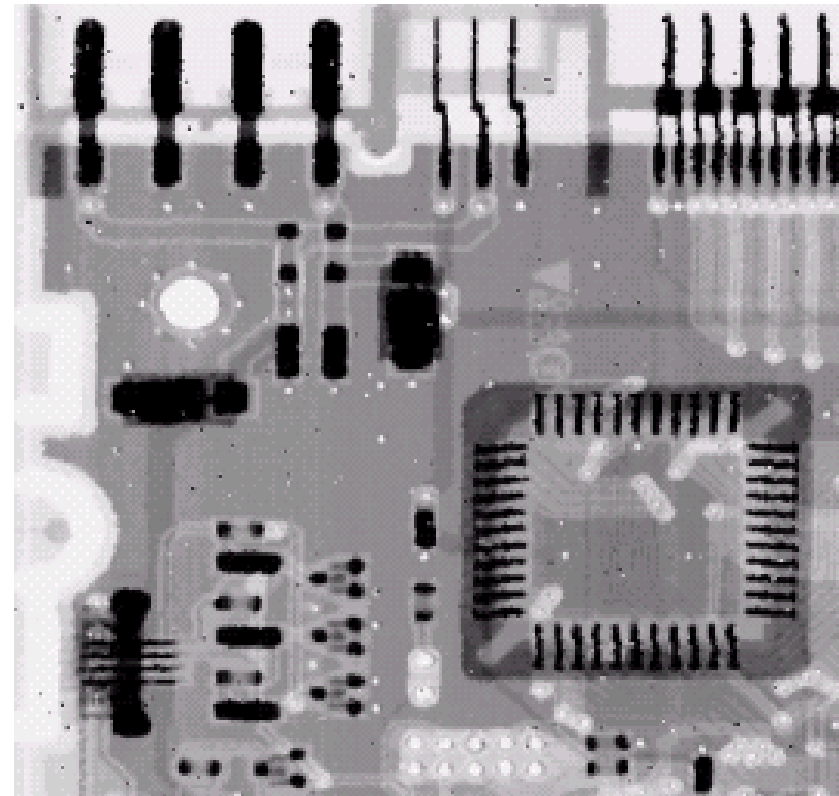
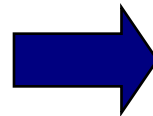
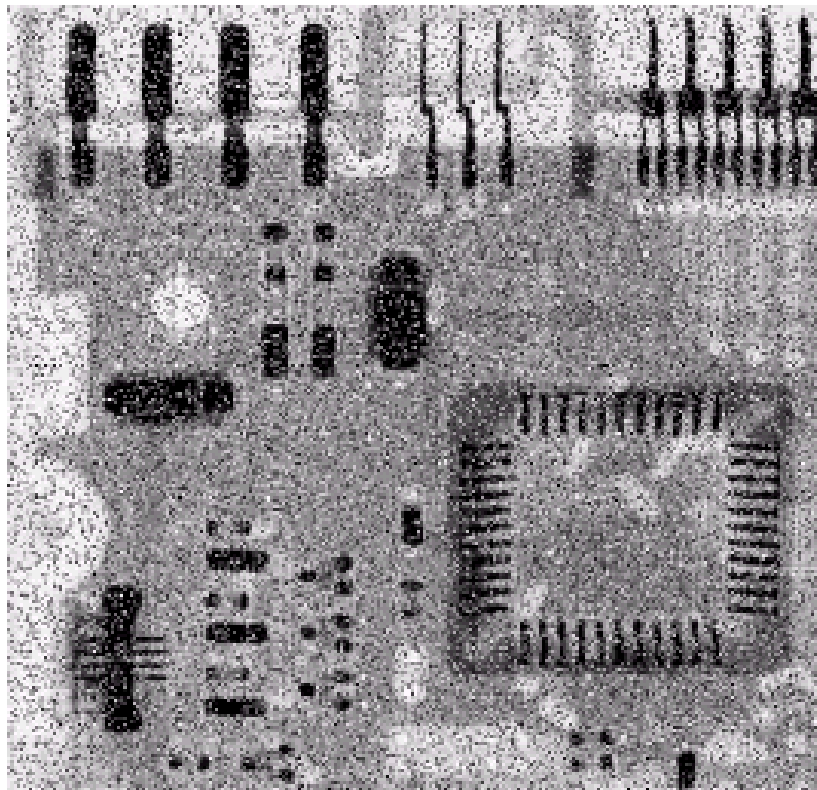
Παραδείγματα βελτίωσης εικόνας



Παραδείγματα βελτίωσης εικόνας



Παραδείγματα βελτίωσης εικόνας



Παραδείγματα βελτίωσης εικόνας



Το πεδίου του χώρου και το πεδίο των συχνοτήτων

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες τεχνικών βελτίωσης εικόνας

- Τεχνικές πεδίου του χώρου (Spatial domain techniques)
 - Αλλαγές απ'ευθείας στα εικονοστοιχεία της εικόνας
- Τεχνικές στο πεδίο των συχνοτήτων (Frequency domain techniques)
 - Αλλαγές στο φάσμα Fourier της εικόνας

Το πεδίου του χώρου και το πεδίο των συχνοτήτων

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες τεχνικών βελτίωσης εικόνας

- **Τεχνικές πεδίου του χώρου (Spatial domain techniques)**
 - Αλλαγές απ'ευθείας στα εικονοστοιχεία της εικόνας
- Τεχνικές στο πεδίο των συχνοτήτων (Frequency domain techniques)
 - Αλλαγές στο φάσμα Fourier της εικόνας

Σε αυτή την διάλεξη θα δούμε τεχνικές βελτίωσης εικόνας με σημειακή επεξεργασία / επεξεργασία σημείου(point processing)

- Τι είναι σημειακή επεξεργασία;
- Αρνητική εικόνα
- Κατωφλίωση (thresholding)
- Λογαριθμικός μετασχηματισμός
- Εκθετικοί μετασχηματισμοί
- Bit plane slicing

Σχετικά με τα επίπεδα του γκρι

Συνήθως υποθέτουμε ότι τα επίπεδα του γκρι στην εικόνα μας είναι ακέραιοι στο **εύρος** $[0, 255]$

- Όπου 0 είναι το λευκό, 1 είναι το μαύρο
- Η χρήση αυτού του συγκεκριμένου εύρους σχετίζεται με λόγους όχι άμεσα σχετικούς με την επεξεργασία εικόνας καθ'αυτή (πχ 1 byte = 8 bits)

Μπορούμε να θεωρήσουμε εύρος $[0.0, 1.0]$

Βασικές τεχνικές βελτίωσης στο πεδίο του χώρου

Η γενική μορφή των τεχνικών επεξεργασίας στο χώρο είναι

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

όπου $f(x, y)$ είναι η

εικόνα εισόδου, $g(x, y)$

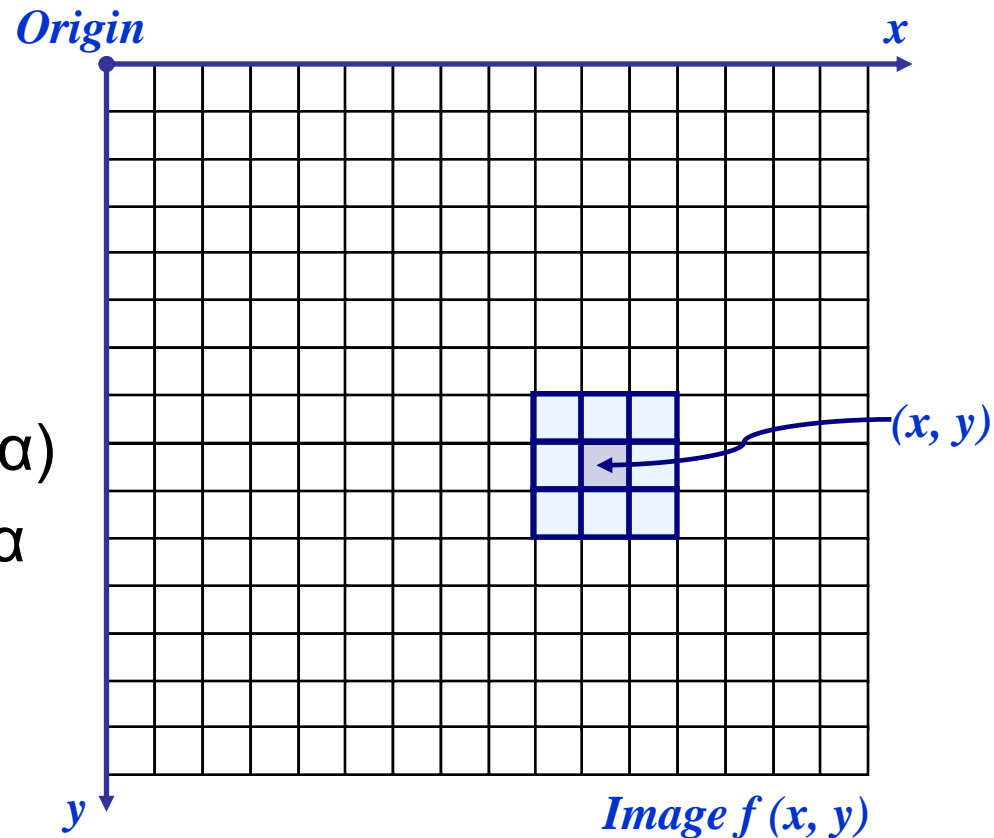
είναι η εικόνα εξόδου

(εικόνα μετά την επεξεργασία)

και T είναι τελεστής που δρα

πάνω σε μια γειτονιά γύρω

από το σημείο (x, y)



Έχουμε την απλούστερη περίπτωση όταν η γειτονιά T ταυτίζεται με το ίδιο το σημείο

Τότε, η T ονομάζεται συνάρτηση επεξεργασίας επιπέδου του γκρι του σημείου ή σημειακή επεξεργασία

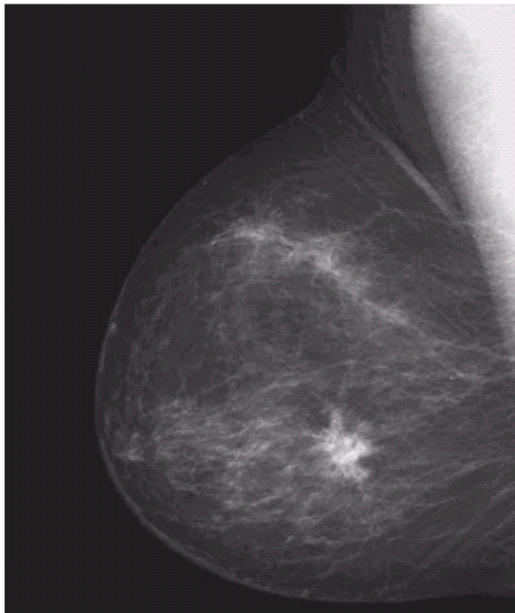
Οι σημειακές επεξεργασίες έχουν επομένως την μορφή

$$s = T (r)$$

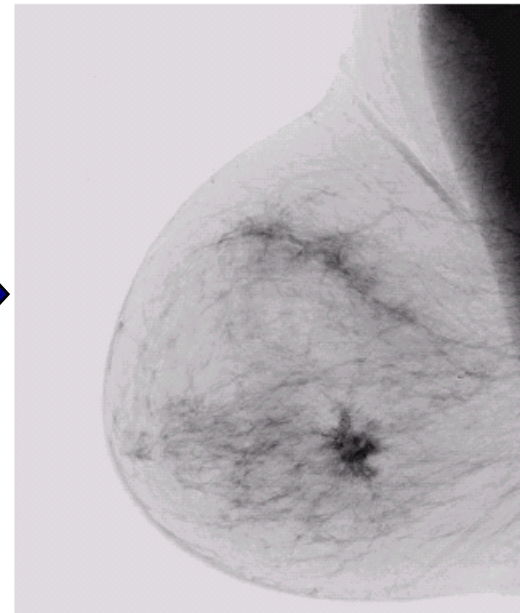
Παράδειγμα σημειακής επεξεργασίας: Αρνητική εικόνα

Οι αρνητικές εικόνες είναι χρήσιμες για να τονίσουμε λευκές οι γκρίζες λεπτομέρειες που βρίσκονται σε σκούρο φόντο

Original
Image



$$s = 1.0 - r$$



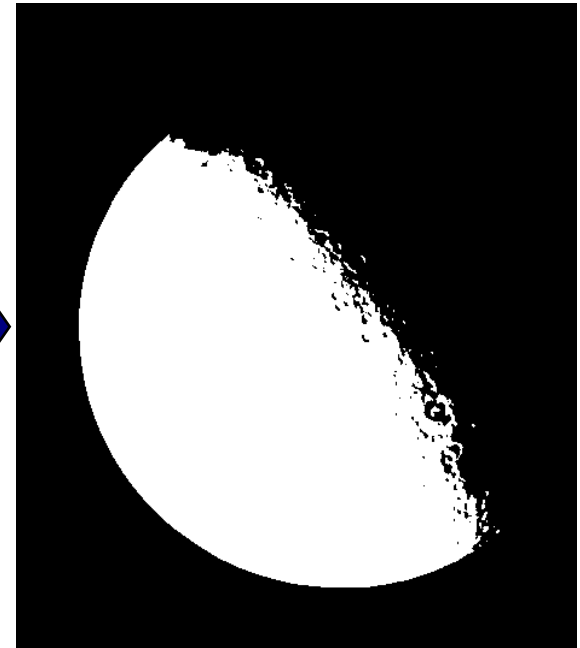
Negative
Image

Παράδειγμα σημειακής επεξεργασίας: Κατωφλίωση

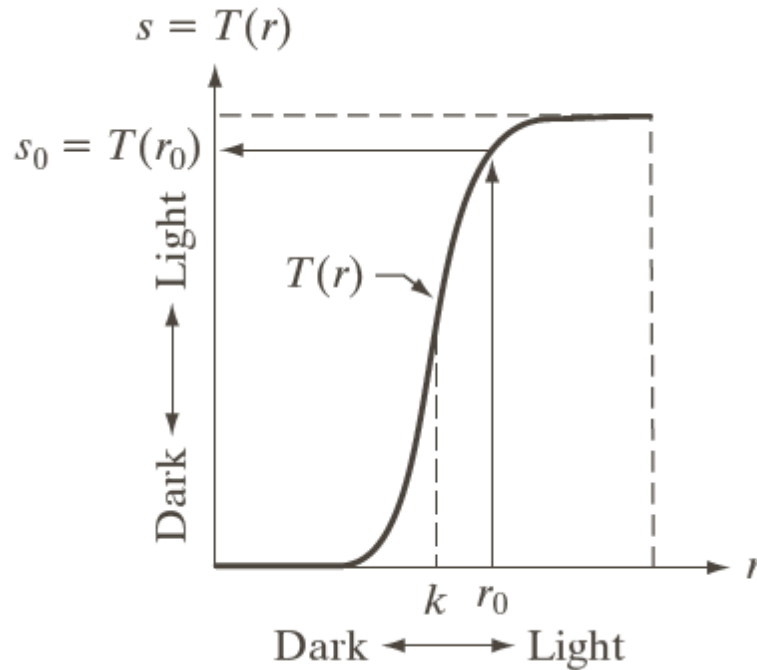
Οι μετασχηματισμοί κατωφλίωσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στην κατάτμηση ενός αντικειμένου (segmentation) από το φόντο



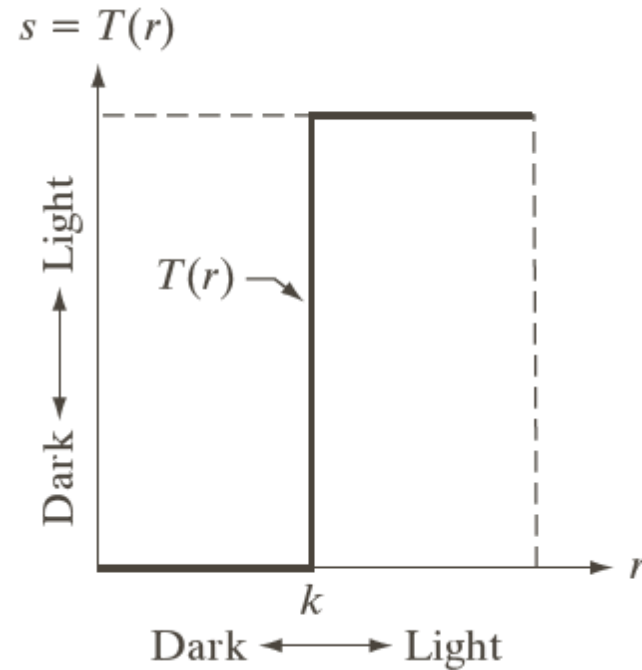
$$s = \begin{cases} 1.0 & r > \text{threshold} \\ 0.0 & r \leq \text{threshold} \end{cases}$$



Μετασχηματισμοί έντασης



Ένταση αντίθεσης
(contrast stretching)

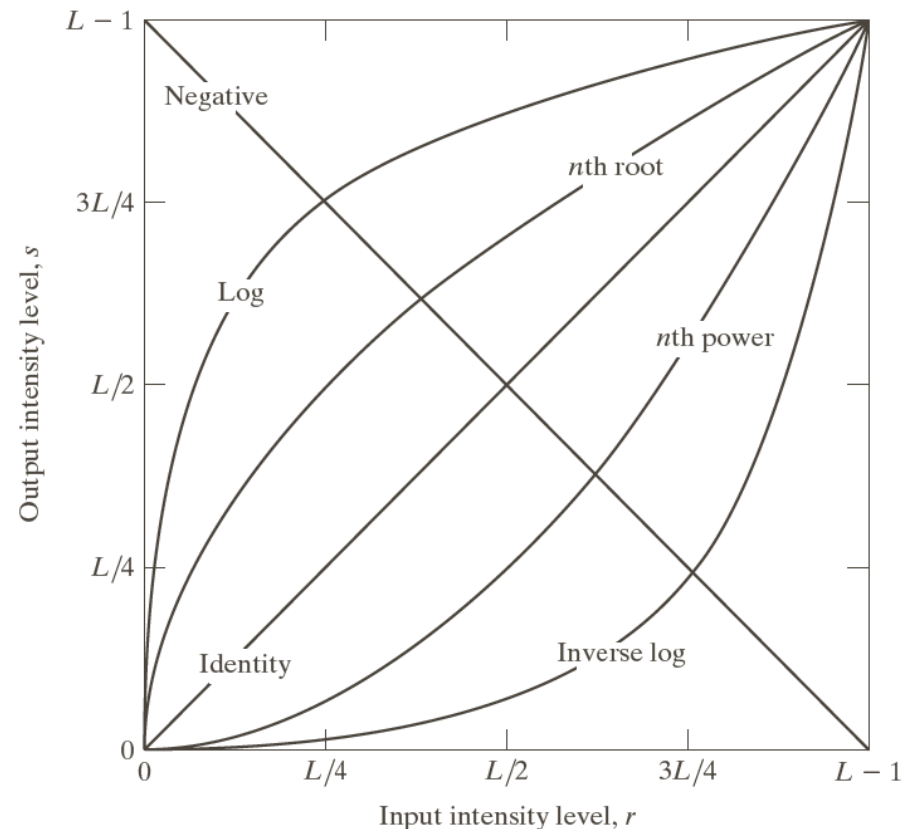


Κατωφλίωση

Βασικοί μετασχηματισμοί επιπέδων του γκρι

Υπάρχουν πολλά είδη μετασχηματισμών του γκρι
Συχνότερα χρησιμοποιούμενοι είναι

- Γραμμικός
 - Αρνητικός/Ταυτοτικός
- Λογαριθμικός
 - Log/Inverse log
- Εκθετικός(Power law)
 - n^{th} power/ n^{th} root



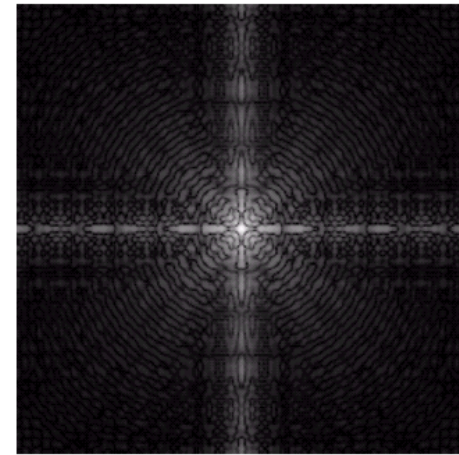
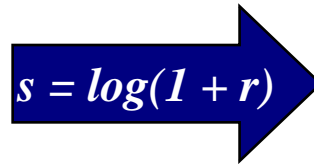
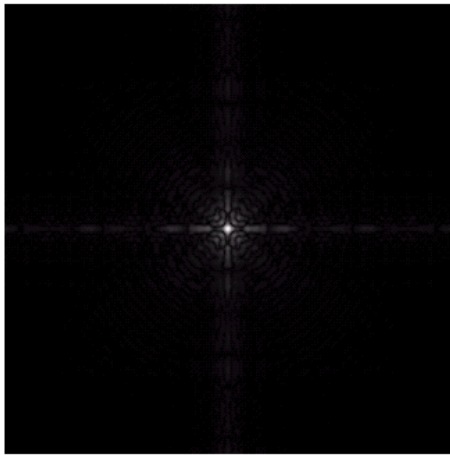
Η γενική μορφή του λογαριθμικού μετασχηματισμού είναι

$$s = c * \log(1 + r)$$

Απεικονίζει ένα μικρό εύρος χαμηλών φωτεινότητων σε ένα πλατύτερο εύρος τιμών

Ο αντίστροφος μετασχηματισμός πραγματοποιεί το αντίθετο

Οι λογαριθμικοί μετασχηματισμοί είναι χρήσιμοι όταν έχουμε ένα εξαιρετικά μεγάλο εύρος τιμών στην εικόνα

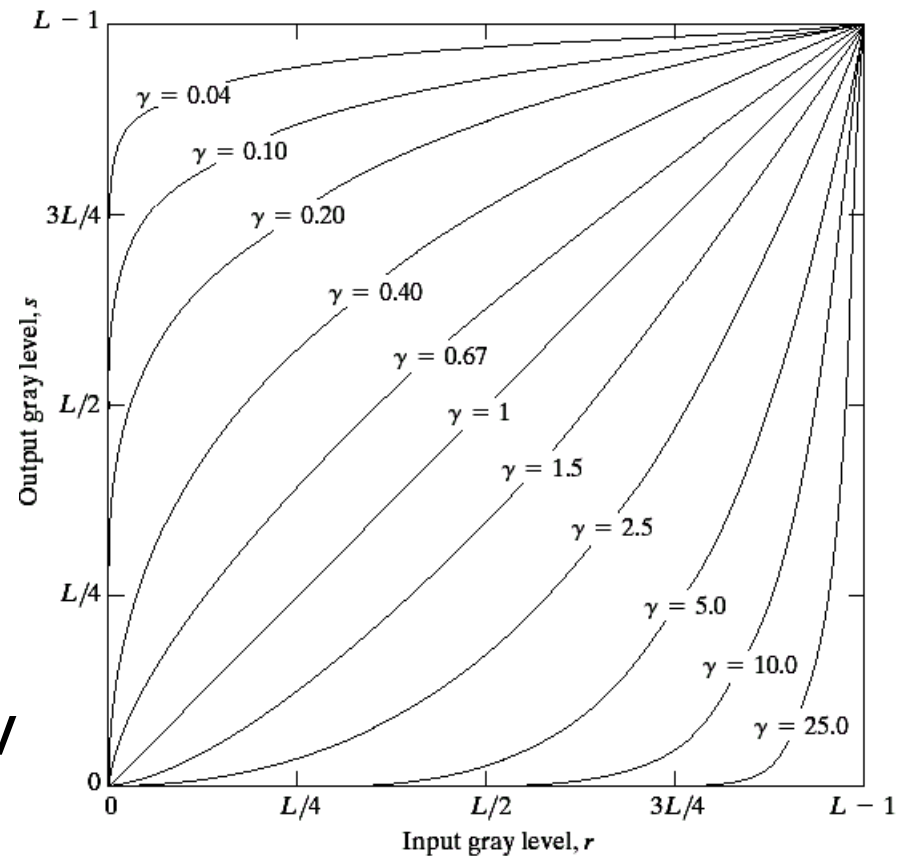


Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

Οι εκθετικοί μετασχηματισμοί έχουν μορφή

$$s = c * r^\gamma$$

Απεικόνιση μια μικρής ζώνης σκοτεινών τιμών σε μια ευρύτερη ζώνη τιμών, και αντίθετα αλλάζοντας την τιμή του γ δίνει μια ολόκληρη ποικιλία μετασχηματισμών

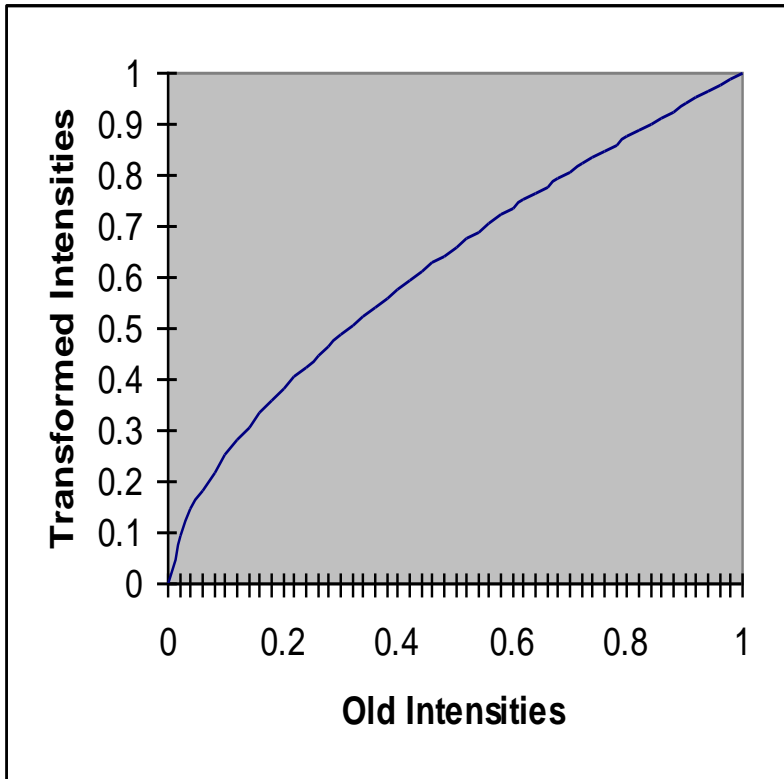


Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)



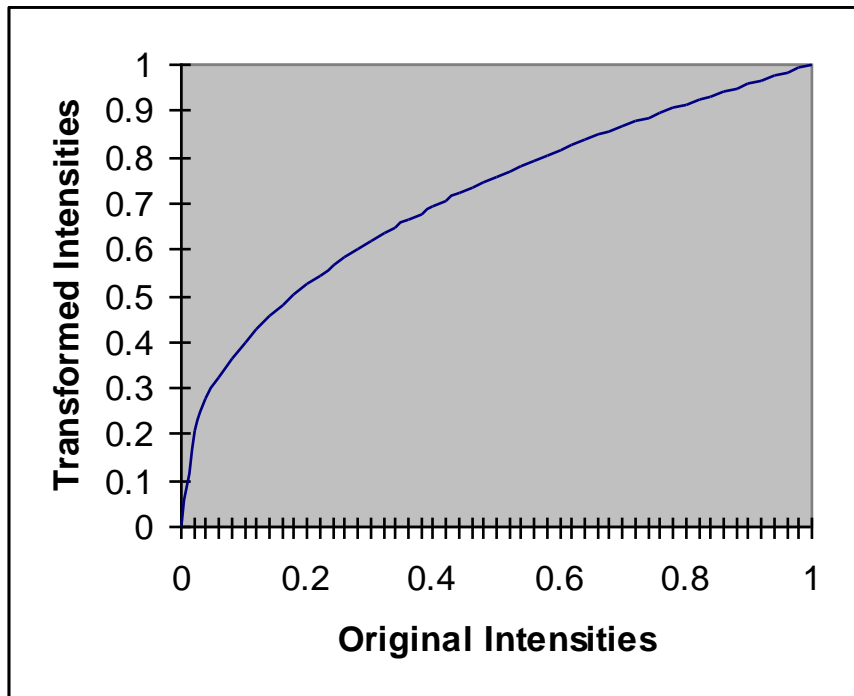
Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

$$\gamma = 0.6$$



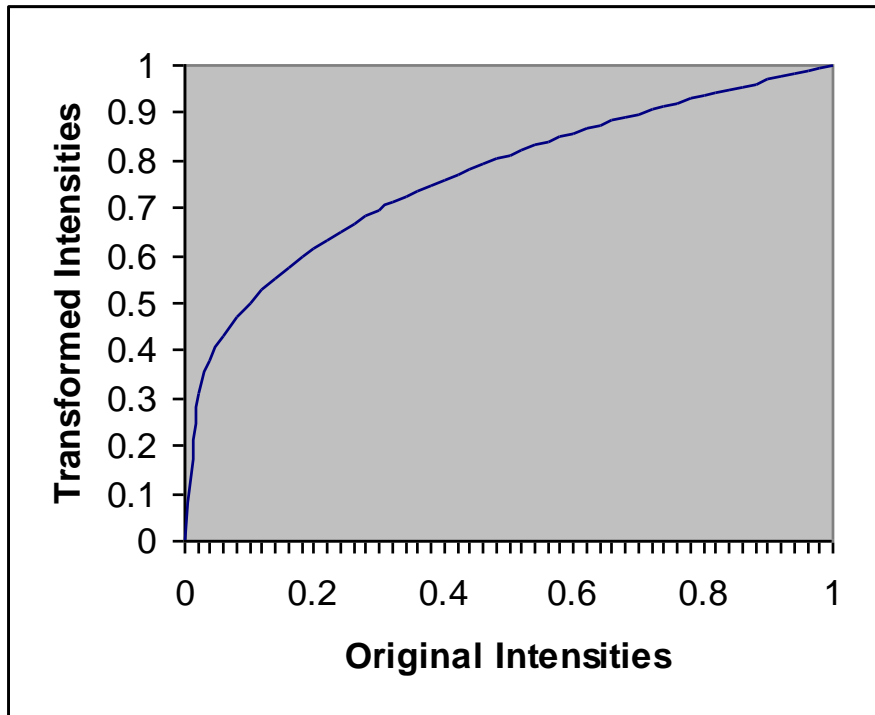
Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

$$\gamma = 0.4$$



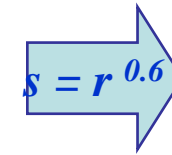
Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

$$\gamma = 0.3$$



Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

- Μαγνητική τομογραφία σπονδυλικής στήλης (ο ασθενής έχει κάταγμα)
- Άλλη λεπτομέρεια αναδεικνύεται ανάλογα με την καμπύλη μετ/μου που επιλέγουμε

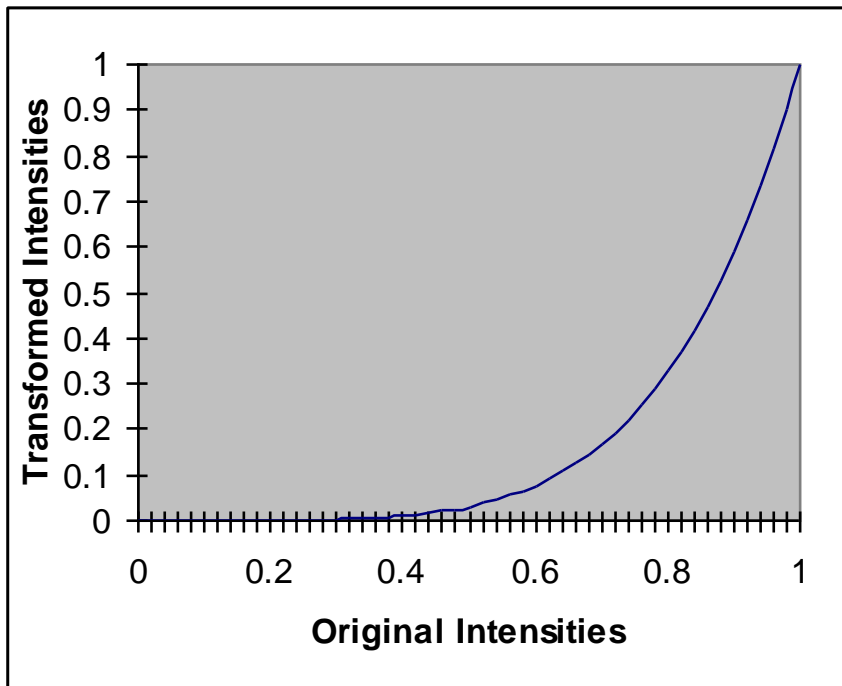


Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)



Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

$$\gamma = 5.0$$



Μετασχηματισμοί ύψωσης σε δύναμη (Power Law)

- Φωτογραφία αεροδιάδρομου
- Τώρα θέλουμε να σκουρύνουμε την εικόνα



$$s = r^{3.0}$$



$$s = r^{4.0}$$

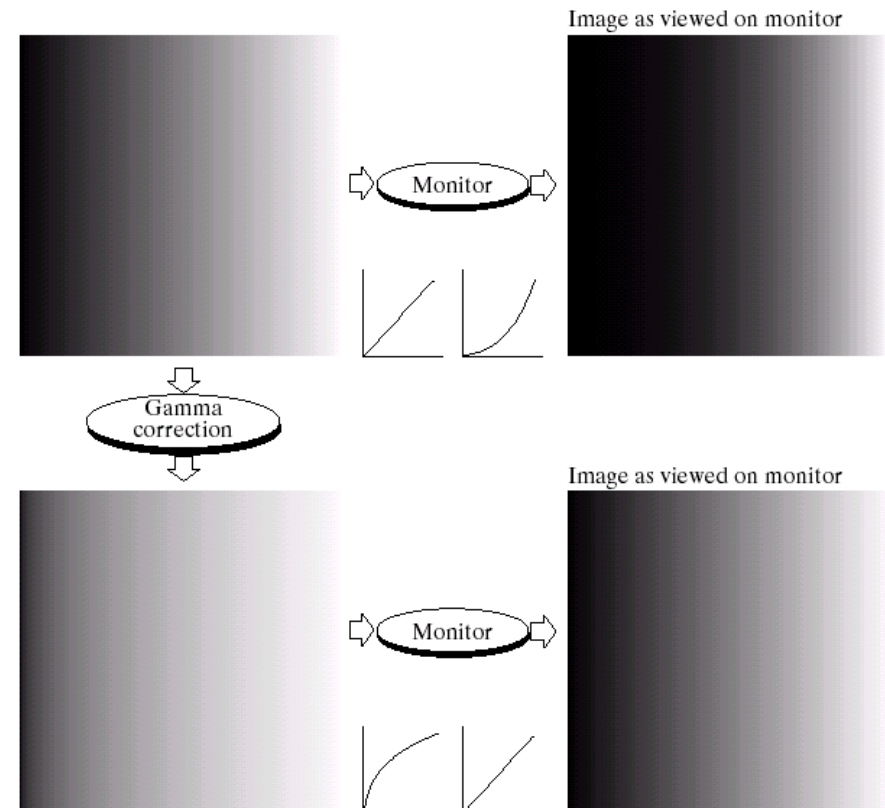


$$s = r^{5.0}$$



Διόρθωση Γάμμα (Gamma correction)

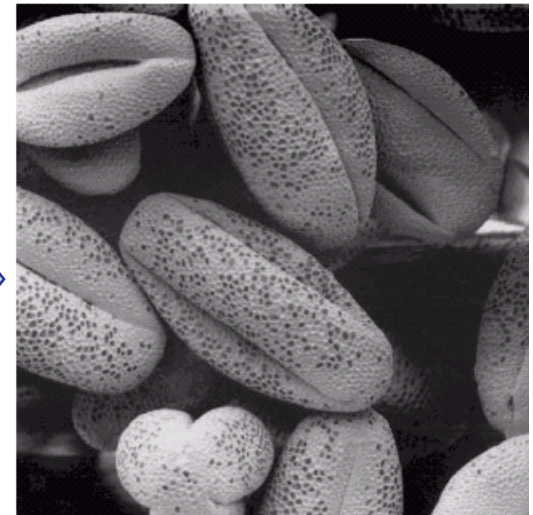
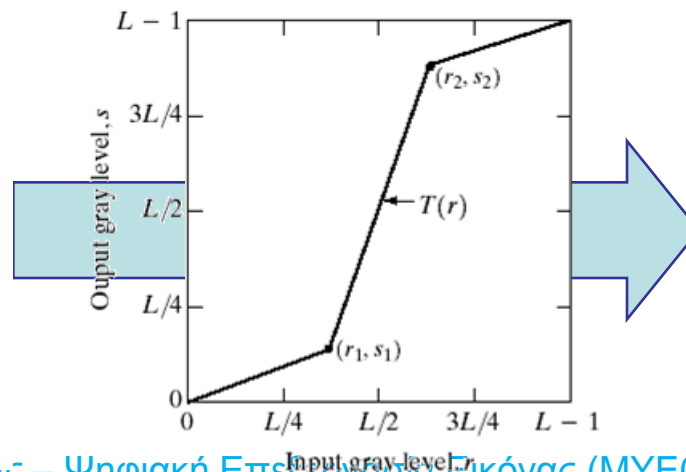
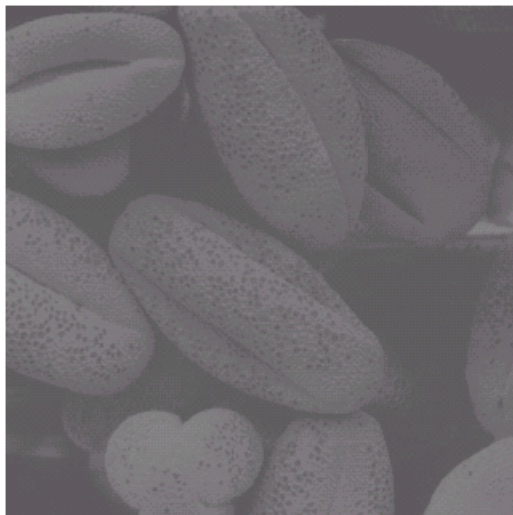
- Διόρθωση Γάμμα σε οθόνες υπολογιστών
- Το πρόβλημα είναι ότι οι οθόνες δεν αποκρίνονται γραμμικά στην ένταση φωτεινότητας
- Αυτό μπορεί να διορθωθεί με ένα μετασχηματισμό ύψωσης σε δύναμη



Τμηματικά γραμμικές συναρτήσεις μετασχηματισμού

Μπορούμε γενικά να χρησιμοποιήσουμε πιο γενικές μορφές συναρτήσεων

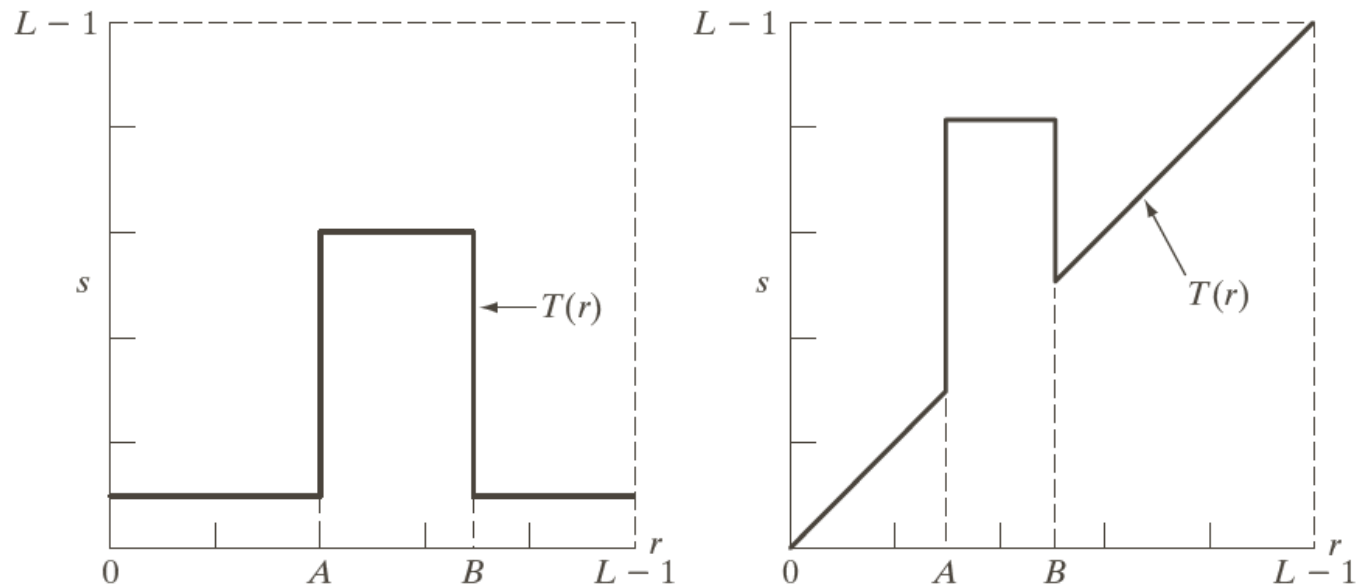
Παρακάτω χρησιμοποιούμε έναν τμηματικά γραμμικό μετασχηματισμό για να βελτιώσουμε την αντίθεση



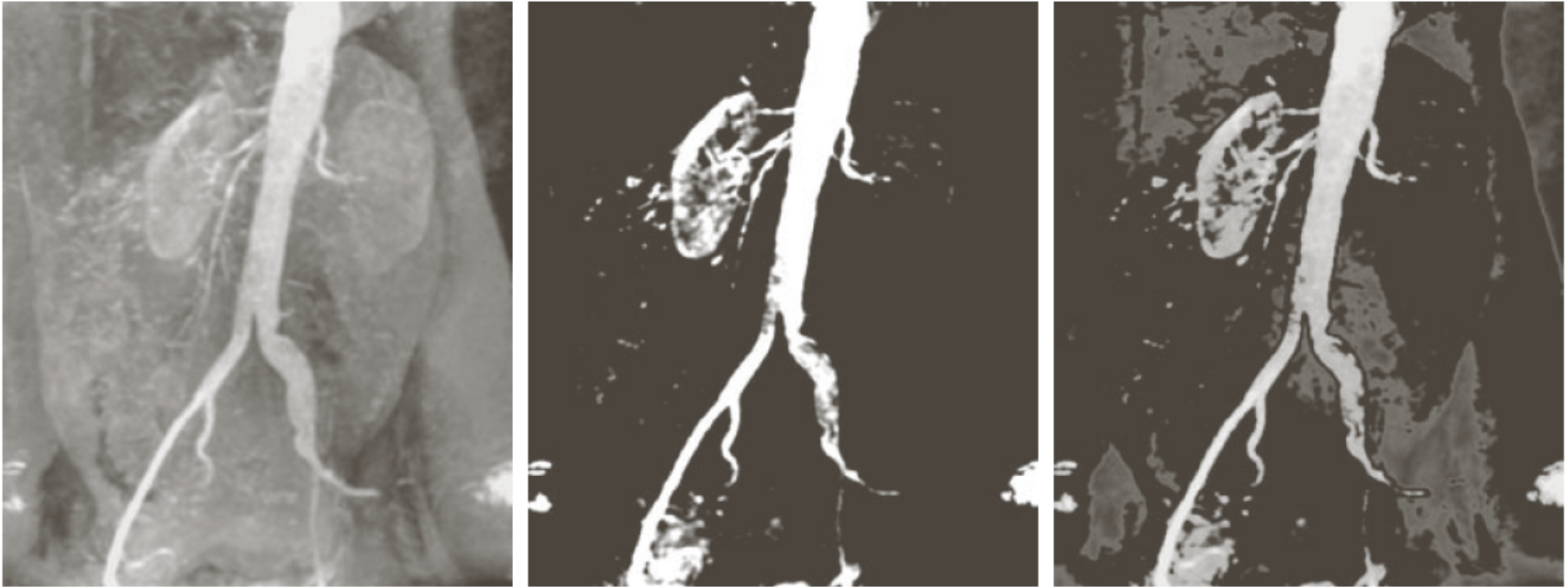
Τμηματικά γραμμικές συναρτήσεις μετασχηματισμού

a b

FIGURE 3.11 (a) This transformation highlights intensity range $[A, B]$ and reduces all other intensities to a lower level. (b) This transformation highlights range $[A, B]$ and preserves all other intensity levels.



Τμηματικά γραμμικές συναρτήσεις μετασχηματισμού

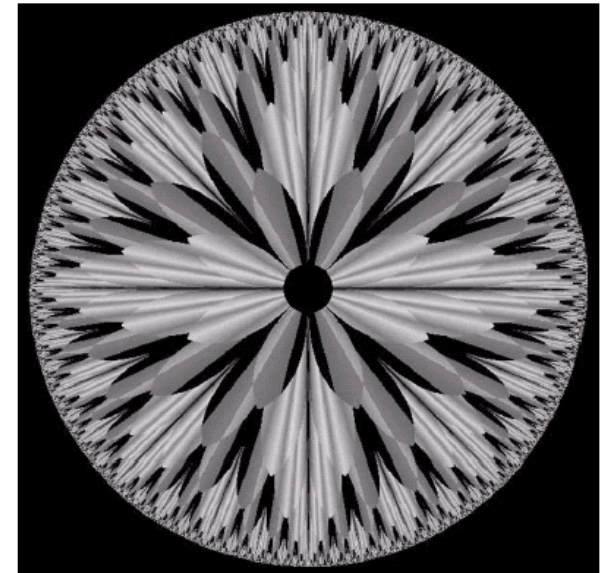
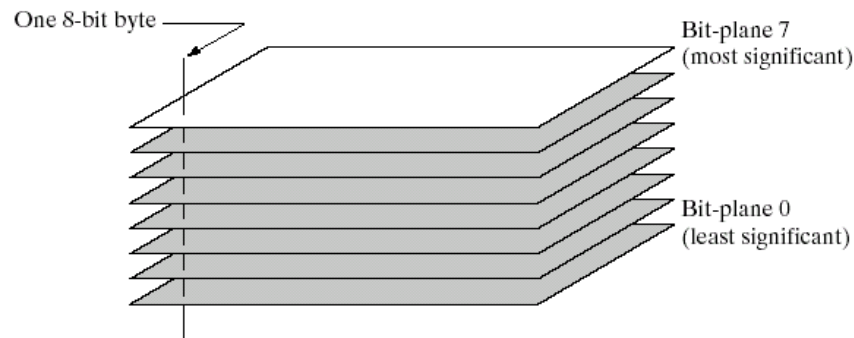


a b c

FIGURE 3.12 (a) Aortic angiogram. (b) Result of using a slicing transformation of the type illustrated in Fig. 3.11(a), with the range of intensities of interest selected in the upper end of the gray scale. (c) Result of using the transformation in Fig. 3.11(b), with the selected area set to black, so that grays in the area of the blood vessels and kidneys were preserved. (Original image courtesy of Dr. Thomas R. Gest, University of Michigan Medical School.)

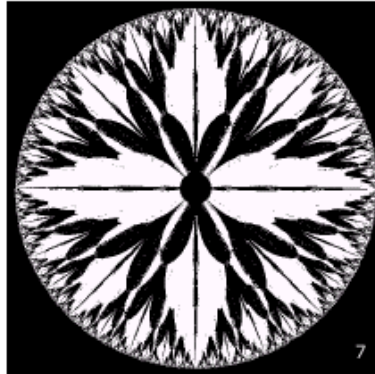
Παρατήρηση:

- Τα υψηλότερης τάξης bits σε κάθε byte κατά κανόνα φέρουν την πιο ‘σημαντική πληροφορία’
- Αντίστοιχα τα bits χαμηλότερης τάξης είναι λιγότερο σημαντικά

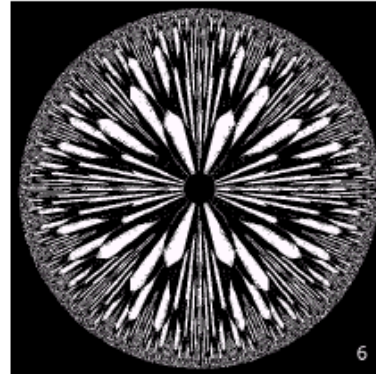


Bit Plane Slicing (cont...)

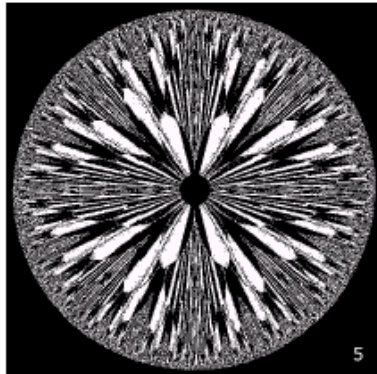
[10000000]



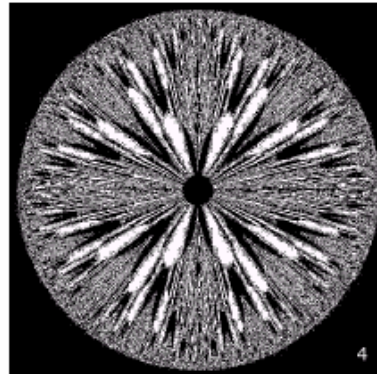
[01000000]



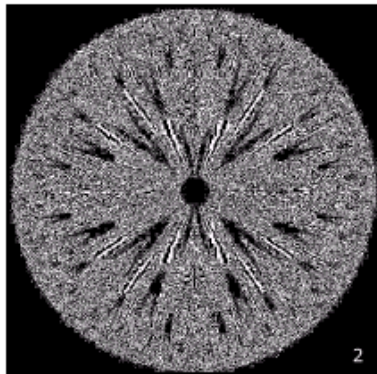
[00100000]



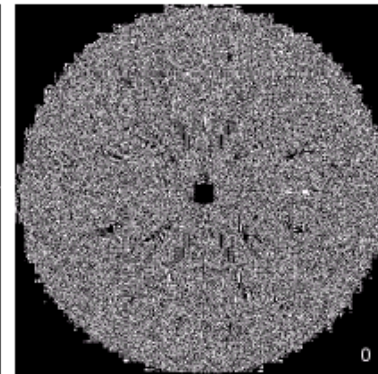
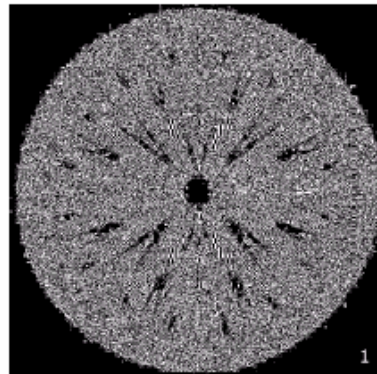
[00001000]



[00000100]



[00000001]



Bit-Plane Slicing (cont...)



a	b	c
d	e	f
g	h	i

FIGURE 3.14 (a) An 8-bit gray-scale image of size 500×1192 pixels. (b) through (i) Bit planes 1 through 8, with bit plane 1 corresponding to the least significant bit. Each bit plane is a binary image.

Bit-Plane Slicing (cont...)



a b c

FIGURE 3.15 Images reconstructed using (a) bit planes 8 and 7; (b) bit planes 8, 7, and 6; and (c) bit planes 8, 7, 6, and 5. Compare (c) with Fig. 3.14(a).

Χρήσιμο για συμπίεση

Η ανακατασκευή πραγματοποιείται ως εξής:

$$I(i, j) = \sum_{n=1}^N 2^{n-1} I_n(i, j)$$

Έστω $g(x,y)$ μια εικόνα που θεωρούμε ότι παράχθηκε προσθέτοντας θόρυβο $\eta(x,y)$ σε μια εικόνα χωρίς θόρυβο $f(x,y)$:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

Για τον θόρυβο ισχύει : $E[z_i] = 0$

Και για κάθε ζεύγος $z_i = (x_i, y_i)$ ο θόρυβος είναι μη-συσχετισμένος

$$E[z_i z_j] = 0, \quad E[z_i^2] = \sigma_\eta^2$$

Η επίδραση του θορύβου μπορεί να μειωθεί παίρνοντας τον μέσο όρο από K εικόνες. Η τελική εικόνα στην έξοδο θα είναι

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

Οι φωτεινότητες σε κάθε σημείο είναι τυχαίες μεταβλητές

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των φωτεινοτήτων εξόδου δείχνουν ότι ο θόρυβος όντως μειώνεται

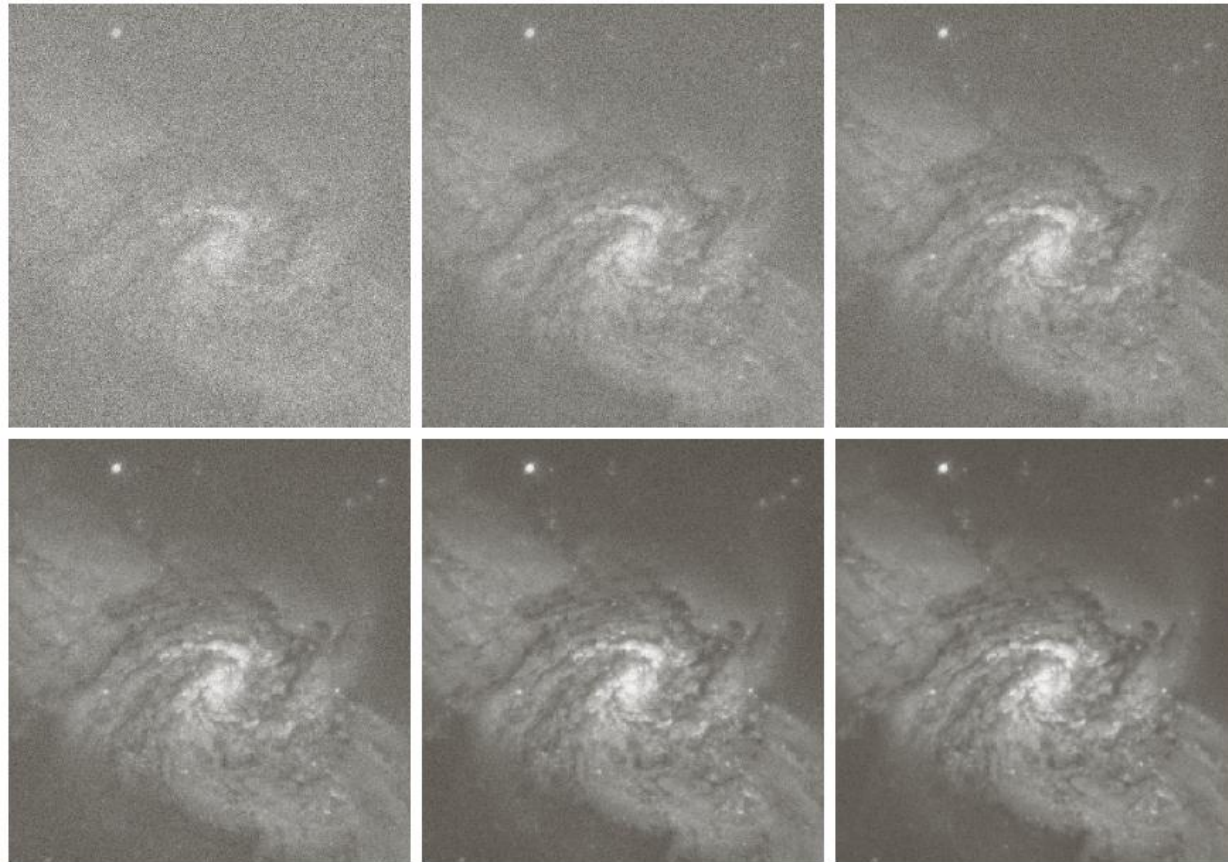
$$\begin{aligned} E[\bar{g}(x, y)] &= E\left[\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)\right] = \frac{1}{K} E\left[\sum_{i=1}^K g_i(x, y)\right] \\ &= \frac{1}{K} E\left[\sum_{i=1}^K f(x, y) + \eta_i(x, y)\right] \\ &= \frac{1}{K} E\left[\sum_{i=1}^K f(x, y)\right] + \frac{1}{K} E\left[\sum_{i=1}^K \eta_i(x, y)\right] \\ &= \frac{1}{K} Kf(x, y) + \frac{1}{K} K0 = f(x, y) \end{aligned}$$

Αντίστοιχα, η τυπική απόκλιση την νέας εικόνας είναι

$$\sigma_{\bar{g}(x,y)}^2 = E\left[\left(\bar{g}(x,y)\right)^2\right] - \left(E\left[\bar{g}(x,y)\right]\right)^2 = \frac{1}{K} \sigma_{\eta(x,y)}^2$$

Όσο το K αυξάνεται, η μεταβλητότητα της φωτεινότητας του κάθε εικονοστοιχείου μειώνεται, με αποτέλεσμα να προσεγγίζουμε την ιδανική εικόνα χωρίς θόρυβο $f(x,y)$.

Οι εικόνες πρέπει να είναι σε υπέρθεση (registered!)



a	b	c
d	e	f

FIGURE 2.26 (a) Image of Galaxy Pair NGC 3314 corrupted by additive Gaussian noise. (b)–(f) Results of averaging 5, 10, 20, 50, and 100 noisy images, respectively. (Original image courtesy of NASA.)

Είδαμε διαφόρων ειδών σημειακούς μετασχηματισμούς

Στη συνέχεια θα δούμε μετασχηματισμούς με βάση το ιστόγραμμα της εικόνας