

DIP_04 – Σημειακή επεξεργασία

ΤΕΙ Κρήτης

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Σκοπός μιας τέτοιας τεχνικής μπορεί να είναι:

- ✓ η βελτιστοποίηση της οπτικής εμφάνισης μιας εικόνας όπως την αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος,
- ✓ η τροποποίηση των εικόνων με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αποτελεσματικότερη η παραπέρα ανάλυση ή χρησιμοποίησή τους.
- ✓ Η σημειακή επεξεργασία εφαρμόζεται σε όλα τα εικονοστοιχεία (σε κάθε σημείο της εικόνας)

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- ✓ Το ιστόγραμμα μιας εικόνας αποχρώσεων του γκρι περιέχει σημαντικές πληροφορίες για την εικόνα και για το λόγο αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στην επεξεργασία ψηφιακών εικόνων.
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση της εικόνας, την τροποποίηση των χαρακτηριστικών της, την μετατροπή της σε εικόνα με λιγότερες αποχρώσεις, την εξαγωγή χαρακτηριστικών της εικόνας κ.α.

ΤΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Εκφράζει τη κατανομή των αποχρώσεων του γκρι στην εικόνα και στις περισσότερες περιπτώσεις απόλυτα καθορίζει την εικόνα.

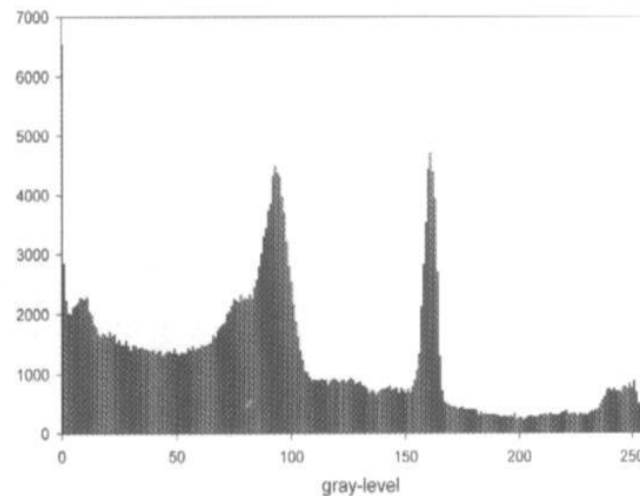
Ένα ιστόγραμμα είναι ένα γράφημα που στον οριζόντιο άξονα έχει τις φωτεινότητες από 0-255 και στον κατακόρυφο άξονα το πλήθος των εικονοστοιχείων που έχουν κάθε φωτεινότητα.

Ο κατακόρυφος άξονας μπορεί να κανονικοποιηθεί με βάση τη μέγιστη τιμή του ιστογράμματος.

ΤΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



(α)

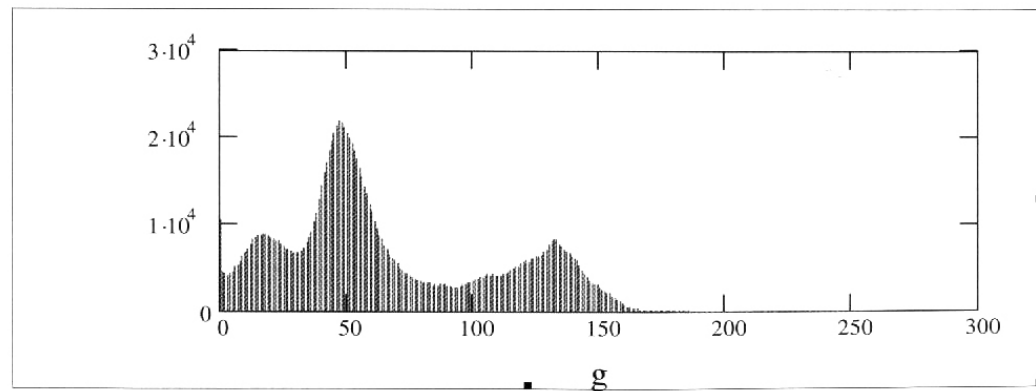


(β)

(α) Η εικόνα,

(β) το ιστογράμματά της.

ΤΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΜΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



Αρχική εικόνα και το ιστόγραμμα
της εικόνας.

ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η τεχνική της εξισορρόπησης ιστογράμματος (histogram equalization) μετασχηματίζει τις γκρι φωτεινότητες μιας εικόνας έτσι ώστε αυτές να κατανέμονται ομοιόμορφα σ' όλη την κλίμακα φωτεινοτήτων.

Η εικόνα που προκύπτει με τον τρόπο αυτό είναι αυξημένης αντίθεσης σε σχέση με την αρχική.

ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

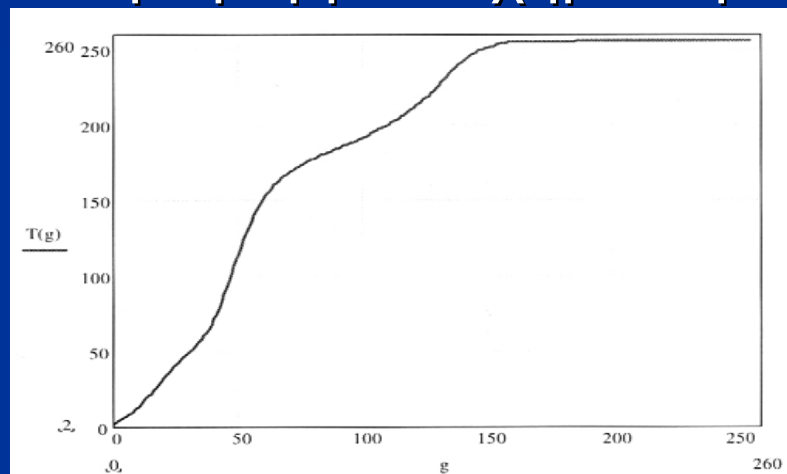
Για την ανάπτυξη της μεθόδου έστω ότι έχουμε μια γκρι εικόνα $A(k, m)$, διαστάσεων $N \times M$ έτσι ώστε $A(k, m)$ παίρνει τιμές από το $\{0, \dots, L-1\}$. Έστω, $h(g)$, το ιστόγραμμα της εικόνας $g = 0, \dots, L-1$.

Κάθε φωτεινότητα $A(k, m)$ της αρχικής εικόνας A μετασχηματίζεται στη φωτεινότητα $B(k, m)$ της νέας εικόνας με

$$B(k, m) = T(A(k, m)), k = 0, \dots, N - 1 / m = 0, \dots, M - 1$$

ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ως παράδειγμα, εφαρμόζουμε την εξισορρόπηση ιστογράμματος στην προηγούμενη εικόνα. Η συνάρτηση μετασχηματισμού $T(g)$ έχει τη μορφή:



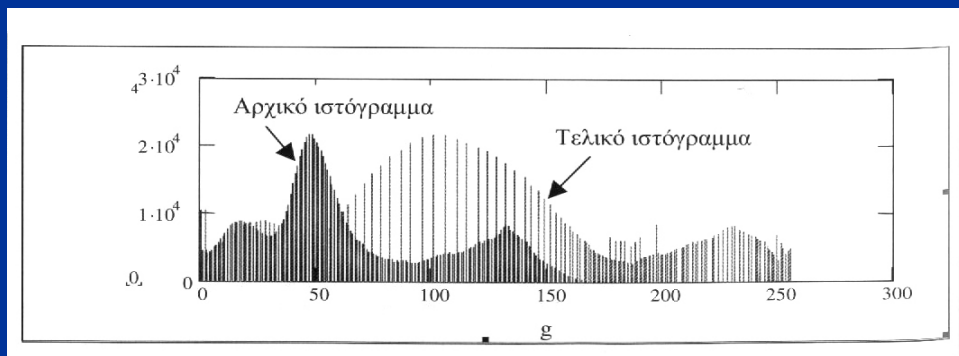
Η συνάρτηση μετασχηματισμού $T(g)$.



Η τελική
εικόνα μετά
την
εξισορρόπηση
ιστογράμματος

ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η διαδικασία εξισορρόπησης ιστογράμματος που περιγράψαμε αναφέρεται ως “ολική εξισορρόπηση ιστογράμματος” (global histogram equalization) σε αντίθεση με τεχνικές τοπικής εξισορρόπησης ιστογράμματος (local histogram equalization).



Το ιστόγραμμα της τελικής εικόνας σε σύγκριση με το αρχικό.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ

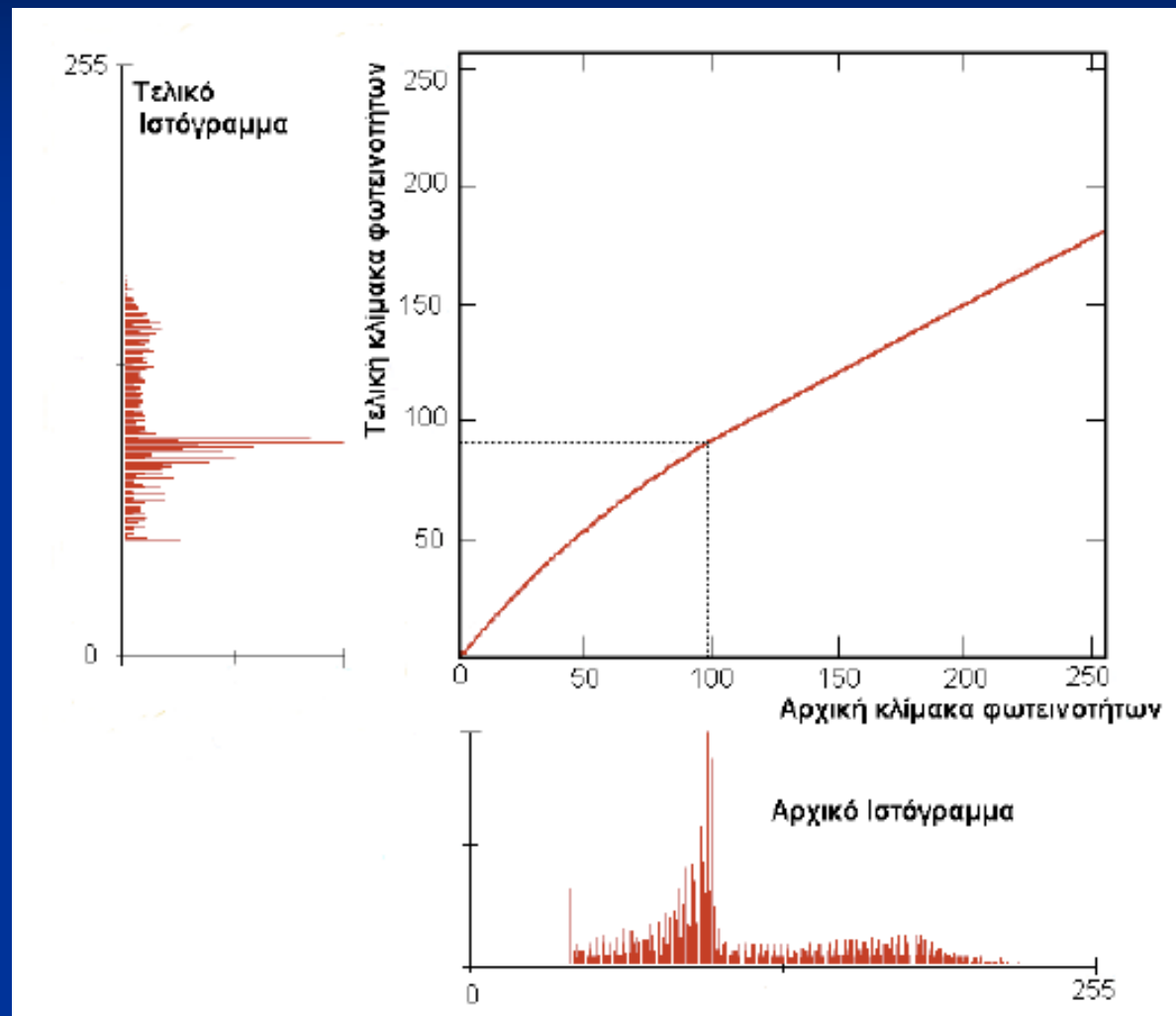
Ως φωτεινότητα (brightness) μιας εικόνας μπορεί να ορισθεί η μέση φωτεινότητα των εικονοστοιχείων της. Δηλαδή, για μια εικόνα διαστάσεων $N \times M$ η φωτεινότητά της ισούται με:

$$B = \frac{1}{NM} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I(n, m)$$

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ

Επειδή η επεξεργασία κάθε εικονοστοιχείου μιας εικόνας εξαρτάται από τη φωτεινότητα του ίδιου του εικονοστοιχείου, οι τεχνικές αυτής της κατηγορίας αναφέρονται και ως τεχνικές σημειακής επεξεργασίας (point processing).

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ



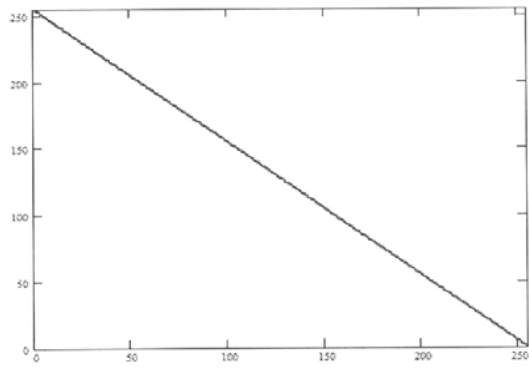
ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

- Το αρνητικό μιας εικόνας παράγεται χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση μετασχηματισμού η οποία είναι ίση με:

$$T(g) = 255 - g$$

Η βασική ιδέα είναι η αντιστροφή των φωτεινότητων.

ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ



(α)



(β)



(γ)

Η συνάρτηση μετασχηματισμού για το αρνητικό της εικόνας,
(β) μια αρχική εικόνα,
(γ) το αρνητικό της.

ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

Εικόνες χαμηλής αντίθεσης μπορούν να προκύψουν είτε

- από ανεπαρκή φωτισμό,
- λόγω της μικρής δυναμικής περιοχής του οπτικού αισθητήρα
- λόγω λανθασμένης ρύθμισης των παραμέτρων λήψης των εικόνων.

ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ

Για μια εικόνα αποχρώσεων του γκρι διαστάσεων $N \times M$ και φωτεινότητας B , η αντίθεση της εικόνας ισούται με:

$$C = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M [I(n, m) - B]^2}$$

Σύμφωνα με έναν δεύτερο ορισμό, η αντίθεση σε μια εικόνα μπορεί να εκφρασθεί ως

$$C = \frac{\max\{I\} - \min\{I\}}{\max\{I\} + \min\{I\}}$$

Ο ορισμός αυτός δίνει μια τιμή μεταξύ μηδέν και ένα. Όταν $C = 0$ η εικόνα έχει μηδενική αντίθεση

ΤΟΠΙΚΗ ΑΝΤΙΘΕΣΗ

Σε πολλές περιπτώσεις μας ενδιαφέρει η αντίθεση τοπικά του κάθε εικονοστοιχείου. Για τον ορισμό της τοπικής αντίθεσης έχουν προταθεί επίσης διάφοροι ορισμοί.

- Σύμφωνα με έναν ορισμό, η αντίθεση σε ένα εικονοστοιχείο (n, m) εκφράζεται από τη σχέση:

$$C(n, m) = \frac{I(n, m) - \bar{I}}{\text{Im } ax - 0} = \frac{I(n, m) - B}{255}$$

ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Ένας δεύτερος ορισμός, για την τοπική αντίθεση σε μια εικόνα αποχρώσεων του γκρι ή γενικά για την αντίθεση μεταξύ δύο περιοχών A και B, δίδεται από τη σχέση:

$$C_{AB} = \frac{\overline{I_A} - \overline{I_B}}{\overline{I_A} + \overline{I_B}}$$

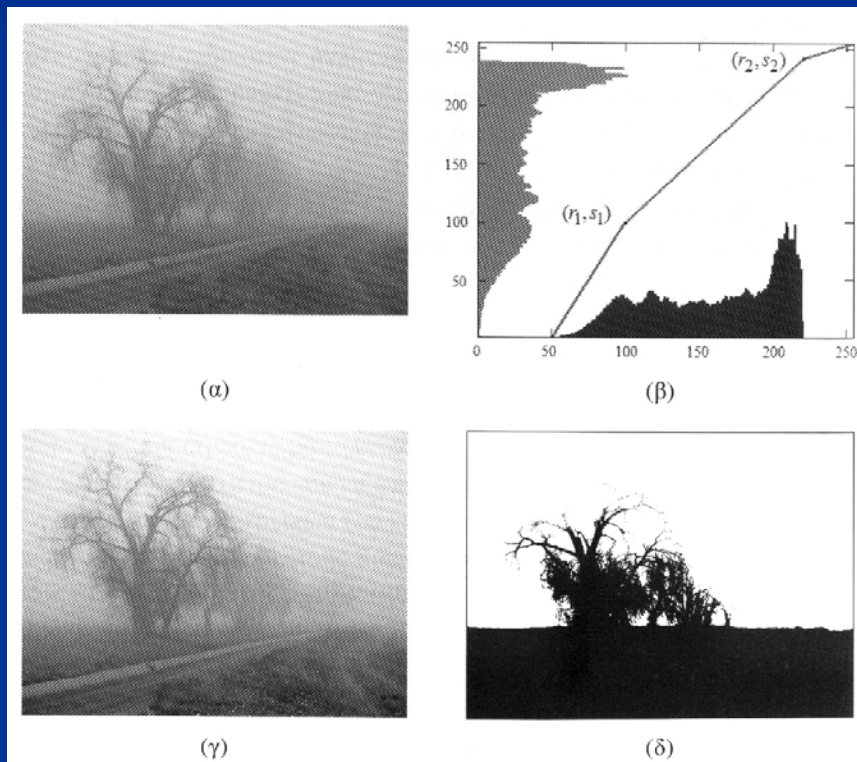
όπου $\overline{I_A}$ και $\overline{I_B}$ οι μέσες φωτεινότητες των περιοχών.

Η σχέση αυτή στην περίπτωση υπολογισμού της τοπικής αντίθεσης σε μια εικόνα I παίρνει τη μορφή:

$$C(n, m) = \frac{I(n, m) - I_N}{I(n, m) + I_N}$$

όπου το I_N αναφέρεται σε μια προκαθορισμένη γειτονιά του εικονοστοιχείου (n, m).

ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ



Αύξηση της αντίθεσης:
(α) Η αρχική εικόνα,
(β) η συνάρτηση μετασχηματισμού,
(γ) η εικόνα μετά την αύξηση της αντίθεσης, και
(δ) με αντίθεση κατωφλίου ($T=150$).

ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

Με τον τρόπο αυτό θα γίνει αύξηση της αντίθεσης μόνον στις περιοχές που χρειάζεται και όχι σε ολόκληρη την εικόνα.

Για παράδειγμα μπορούμε να επιβάλουμε την μη αλλαγή των φωτεινότητων σε περιοχές ομοιογενείς από πλευράς φωτεινότητας καθώς επίσης και σε περιοχές υψηλής αντίθεσης.

Σ' όλα τα υπόλοιπα εικονοστοιχεία της εικόνας, η αντίθεση αυξάνεται σύμφωνα με έναν προκαθορισμένο μετασχηματισμό.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

Για την κατανόηση της μεθοδολογίας, ας δώσουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής. Στην αρχική εικόνα εφαρμόζουμε τοπική και προσαρμοστική αύξηση της αντίθεσης ως εξής:

$$C(n, m) = \frac{I(n, m) - I_N}{I(n, m) + I_N}$$

A. Υπολογίζουμε, με βάση τη σχέση την αντίθεση κάθε εικονοστοιχείου σε σχέση με τα οκτώ γειτονικά του.

B. Θεωρούμε δύο κατώφλια T_1 και T_2 με τιμές στην περιοχή $[0, 1]$. Η αντίθεση και κατά συνέπεια και η φωτεινότητα, του εικονοστοιχείου (m, n) αλλάζει μόνον όταν $T_1 \leq C(m, n) \leq T_2$ Οπότε:

$$I(m, n) = \begin{cases} T(I(m, n)), & T_1 \leq C(m, n) \leq T_2 \\ I(m, n), & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΔΥΝΑΜΗΣ

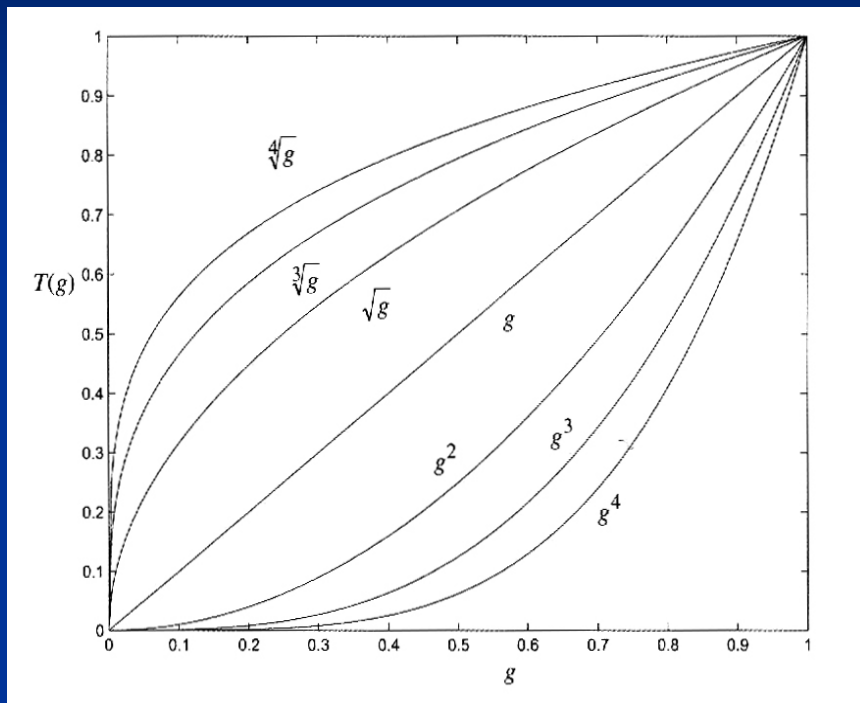
Η πρώτη κατηγορία τέτοιων συναρτήσεων βασίζεται στη οικογένεια των συναρτήσεων δύναμης:

$$T(g) = 255 \cdot g^p$$

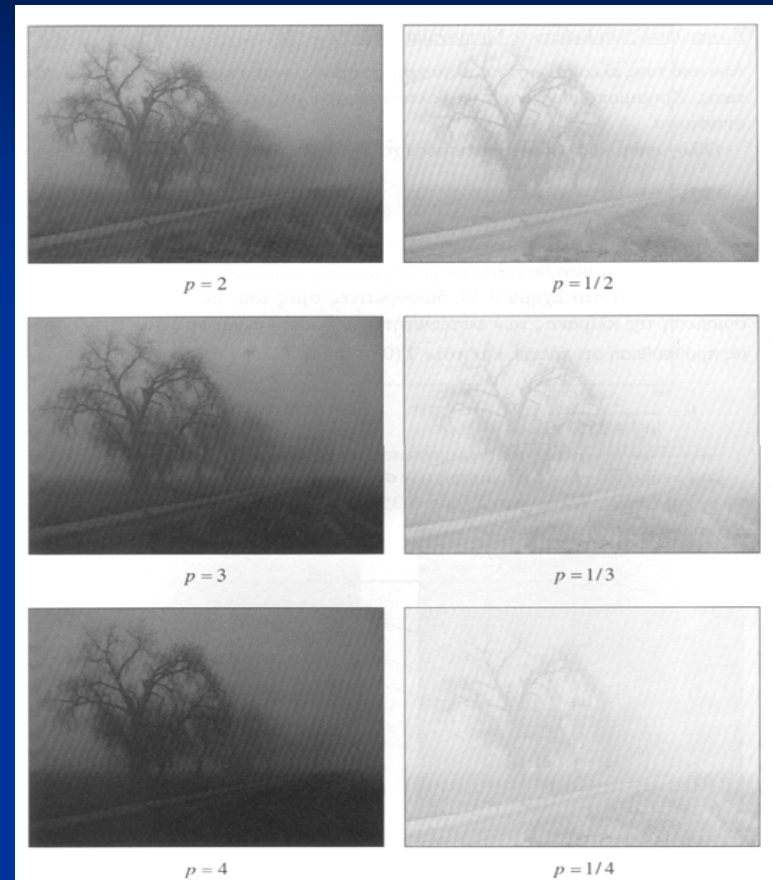
όπου $0 \leq g \leq 1$ και το p ο εκθέτης. Συνεπώς, για μία εικόνα $I(i, j) \in [0, 255]$ έχουμε:

$$I(i, j) = \text{int}((255 \cdot g(i, j))^p), g(i, j) = \frac{I(i, j)}{255}$$

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΔΥΝΑΜΗΣ



Μορφές της $T(g)$ για
διάφορες τιμές του εκθέτη
 p .



Εφαρμογή των
μετασχηματισμών δύναμης για
διάφορες τιμές του p .

ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Βελτιστοποιεί σκοτεινές εικόνες

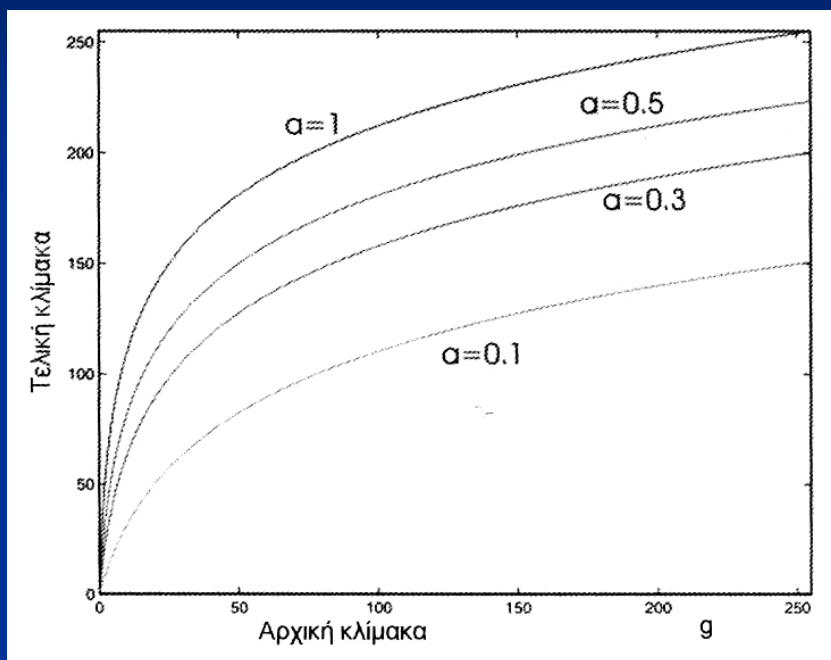
Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός έχει τη ακόλουθη γενική μορφή:

$$T(g) = b \cdot \ln(1 + a \cdot g)$$

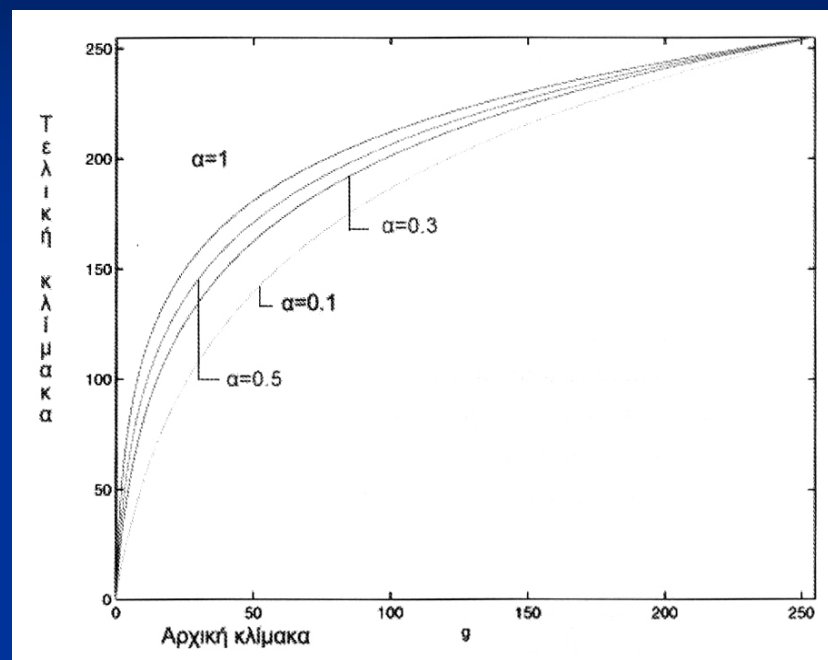
και αν θεωρήσουμε ως προϋπόθεση ότι $T(0) = 0$ και $T(255) = 255$, τότε

$$b = \frac{255}{\ln(1 + 255 \cdot a)}$$

ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



Καμπύλες λογαριθμικού μετασχηματισμού για $b=45.986$



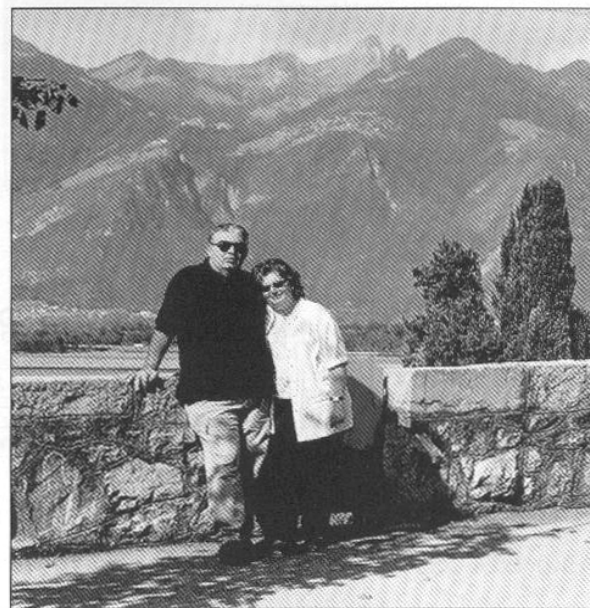
Καμπύλες λογαριθμικού μετασχηματισμού για

$$b = \frac{255}{\ln(1 + 255 \cdot a)}$$

ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



(α)



(β)

Παράδειγμα εφαρμογής του λογαριθμικού μετασχηματισμού: (α) Αρχική εικόνα. (β) Τελική εικόνα για $\alpha=1$.

ΕΚΘΕΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Βελτιστοποιεί φωτεινές εικόνες

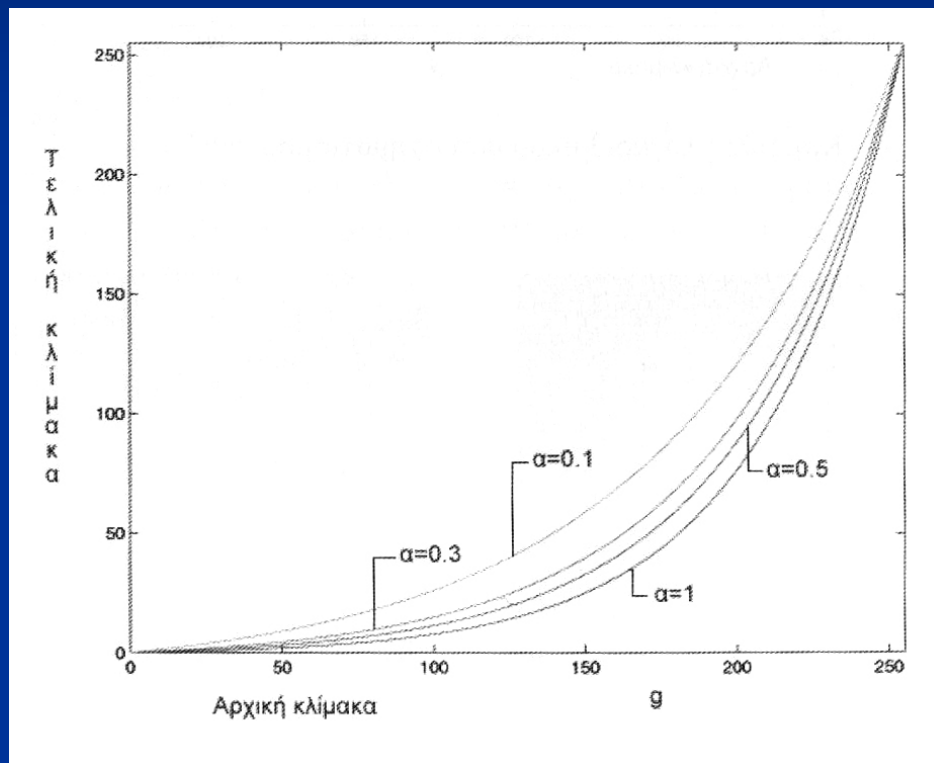
Σε αντιστοίχιση με τον λογαριθμικό μετασχηματισμό, ο εκθετικός μετασχηματισμός έχει την ακόλουθη έκφραση:

$$T(g) = \frac{1}{a} (e^{\frac{g}{b}} - 1)$$

Αν θέσουμε ως περιορισμό ότι $T(0) = 0$ και $T(255) = 255$, τότε το b μπορεί να υπολογισθεί πάλι από τη σχέση

$$b = \frac{255}{\ln(1 + 255 \cdot a)}$$

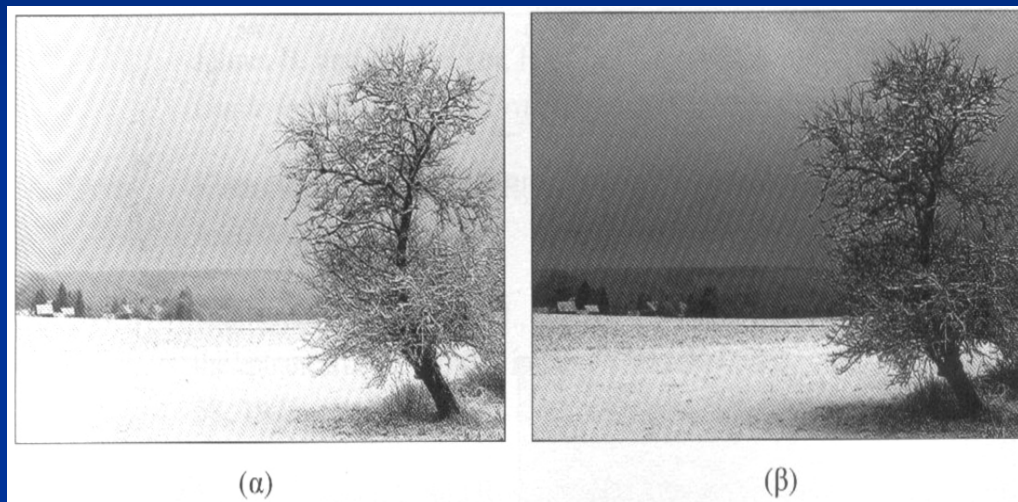
ΕΚΘΕΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



Καμπύλες εκθετικού μετασχηματισμού για

$$b = \frac{255}{\ln(1 + 255 \cdot a)}$$

ΕΚΘΕΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



Παράδειγμα εφαρμογής του
εκθετικού μετασχηματισμού:

(α) Αρχική εικόνα.

(β) Τελική εικόνα για $\alpha=1$.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ GAUSSIAN ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

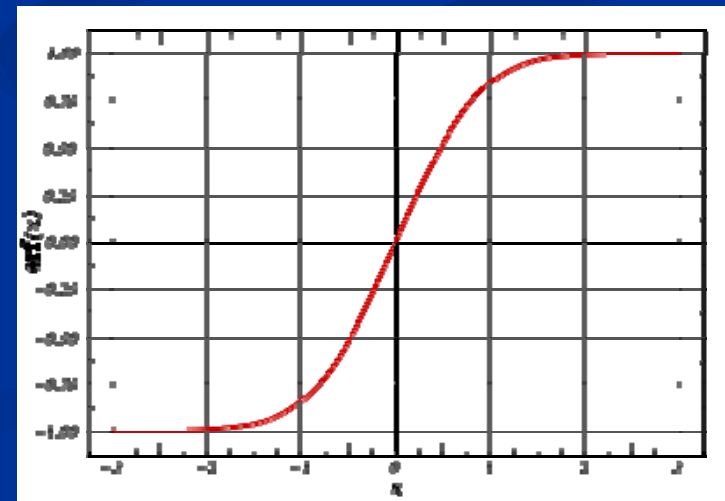
Η συνάρτηση μετασχηματισμού δίνεται από τις
σχέσεις:

$$T(g) = 255 \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{\left(\frac{g}{255}\right) - 0.5}{2\sqrt{a}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{0.5}{2\sqrt{a}}\right)}{2\operatorname{erf}\left(\frac{0.5}{2\sqrt{a}}\right)}$$

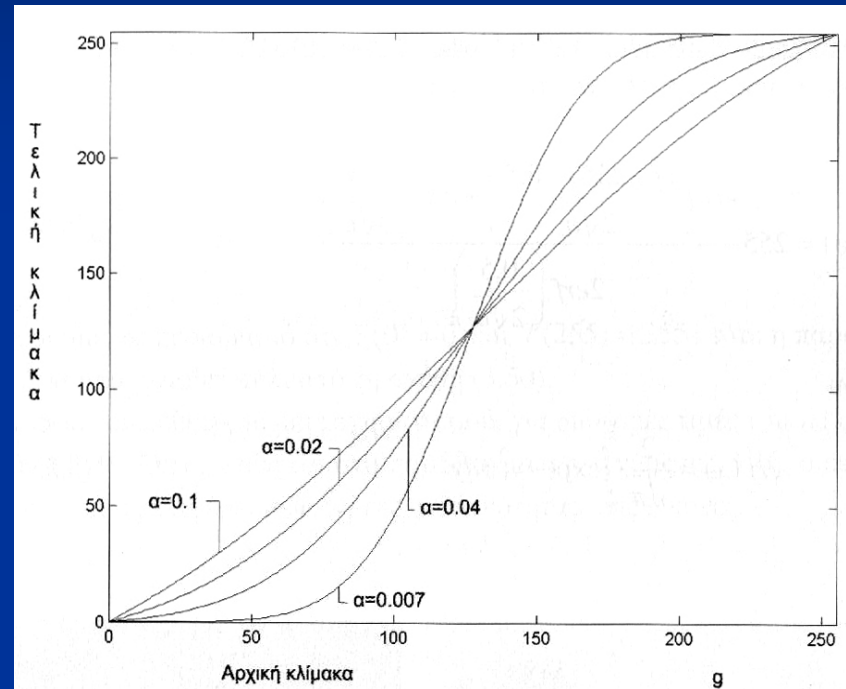
όπου

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-y^2) dy$$

$a \leq 1$

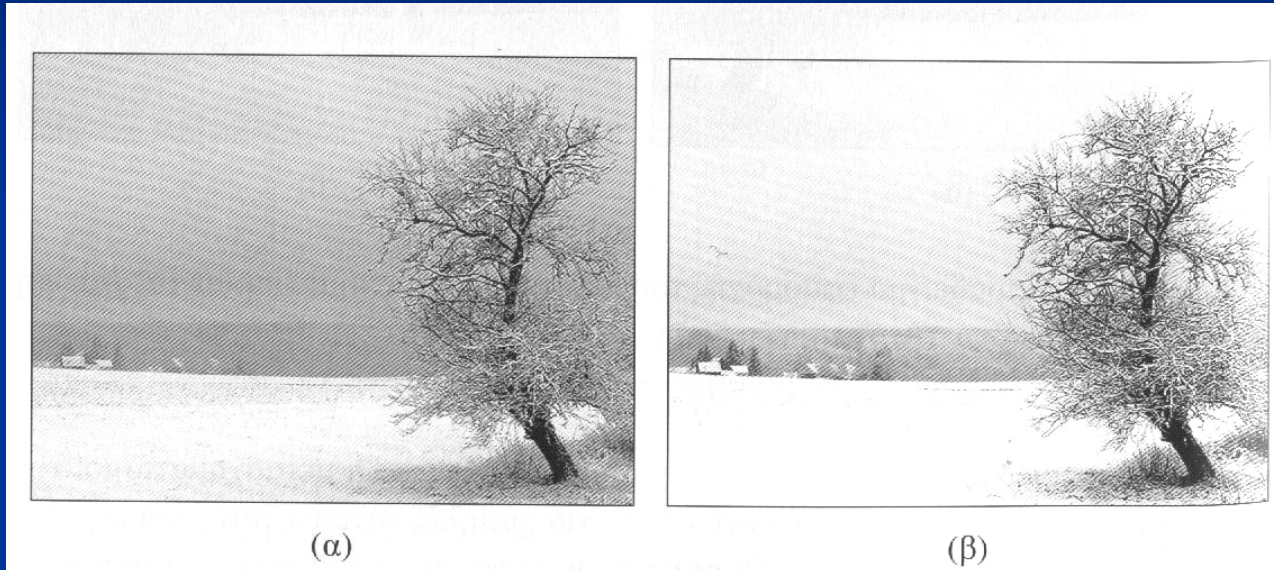


ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ GAUSSIAN ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ



Μορφή της συνάρτησης για διάφορες τιμές του α .

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ GAUSSIAN ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ



Παράδειγμα εφαρμογής:

(α) Αρχική εικόνα.

(β) Τελική εικόνα για $\alpha=0.02$.

Συμπεριφέρεται ως g^2 για χαμηλές φωτεινότητες και ως $g^{0.5}$ για υψηλές