



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας

Ενότητα 4^η: Βελτίωση Εικόνας

Καθ. Κωνσταντίνος Μπερμπερίδης
Πολυτεχνική Σχολή
Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στις τεχνικές βελτίωσης εικόνας
- Εξίσωση ιστογράμματος: ολική & τοπική
- Παρουσίαση τεχνικών αφαίρεσης θορύβου στο χρόνο και στο χώρο
- Παρουσίαση τεχνικών αφαίρεσης θορύβου στο πεδίο της συχνότητας



Περιεχόμενα ενότητας

- Βασικές έννοιες βελτίωσης εικόνας
- Σημειακές επεξεργασίες
- Ιστόγραμμα εικόνας
- Εξίσωση ιστογράμματος, ολική/τοπική εξίσωση
- Αφαίρεση θορύβου στο χρόνο και στο χώρο
- Αφαίρεση θορύβου στο πεδίο της συχνότητας
- Αφαίρεση κρουστικού θορύβου
- Φωτισμός φυσικής σκηνής



Εισαγωγή

- 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



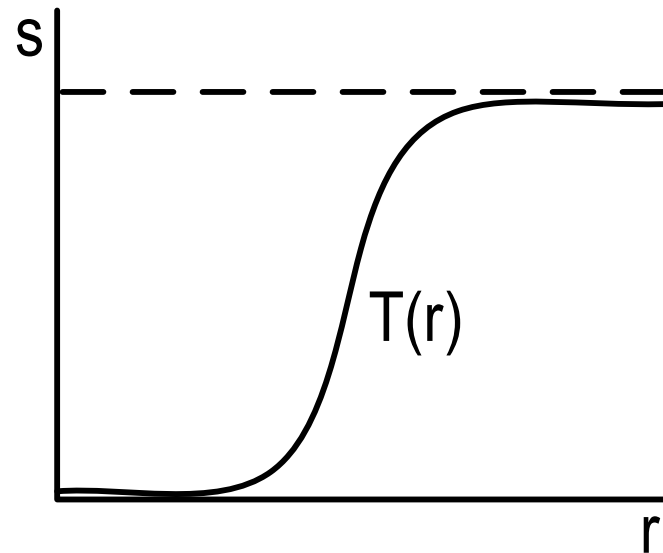
Δυο κατηγορίες τεχνικών

- Χωρικές τεχνικές επεξεργασίας
 - Σημειακές
 - Ιστογράμματος
 - Μάσκας
- Επεξεργασίες στις χωρικές συχνότητες
 - Μάσκες στο πεδίο χωρικών συχνοτήτων
 - Ομοιομορφικό φίλτρο



Σημειακές επεξεργασίες (1/3)

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



Σημειακές επεξεργασίες (2/3)



$$s = \left\lfloor \frac{255}{1 + e^{-0.08(r-128)}} \right\rfloor$$

← Σιγμοειδής
($r = 0:255$)



Σημειακές επεξεργασίες (3/3)

- Άλλο παράδειγμα: **Γραμμικός μετασχηματισμός**
- Έστω $f(x, y) \in [l, L]$ ενώ είναι διαθέσιμη η περιοχή τιμών $[n, N]$
- Για την αξιοποίηση όλης της δυναμικής περιοχής εφαρμόζουμε:

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



Ιστόγραμμα (1/4)

- Το r (που δηλώνει επίπεδο του γκρι) θεωρείται τυχαία μεταβλητή με σ.π.π. $p(r)$
- Η εκτίμηση του $p(r)$ γίνεται με την χρήση του ιστογράμματος
- Το ιστόγραμμα περιγράφει την συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων επιπέδων του γκρι στα εικονοστοιχεία μιας εικόνας

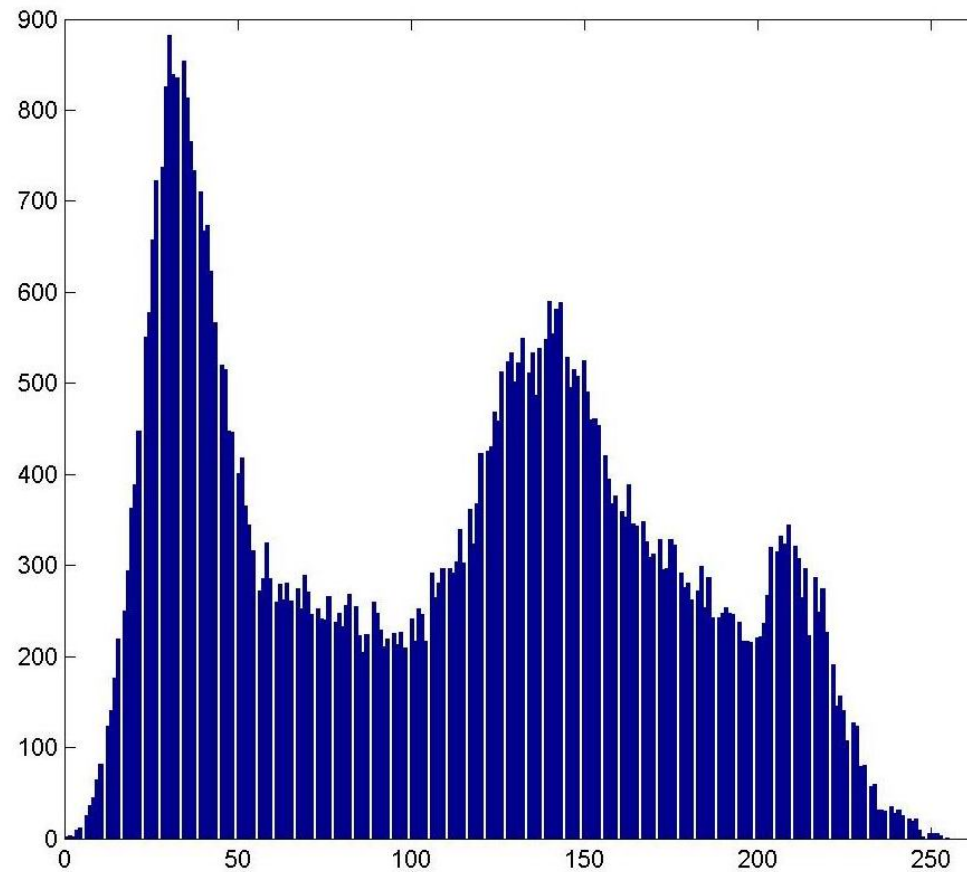
$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}, \quad n_k = \text{πλήθος τιμών } r_k, \quad n = \text{πλήθος εικονοστοιχείων}$$

- Παρέχει σημαντική πληροφορία για το περιεχόμενο της εικόνας



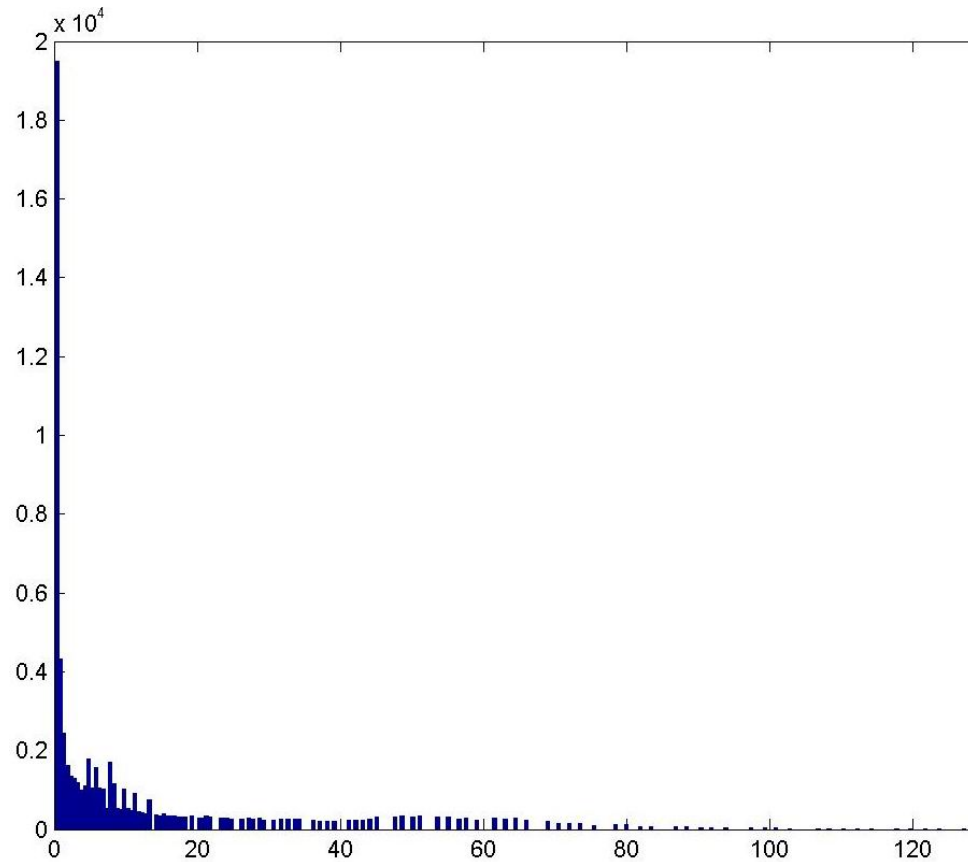
Ιστόγραμμα (2/4)

Παράδειγμα – Γενικά



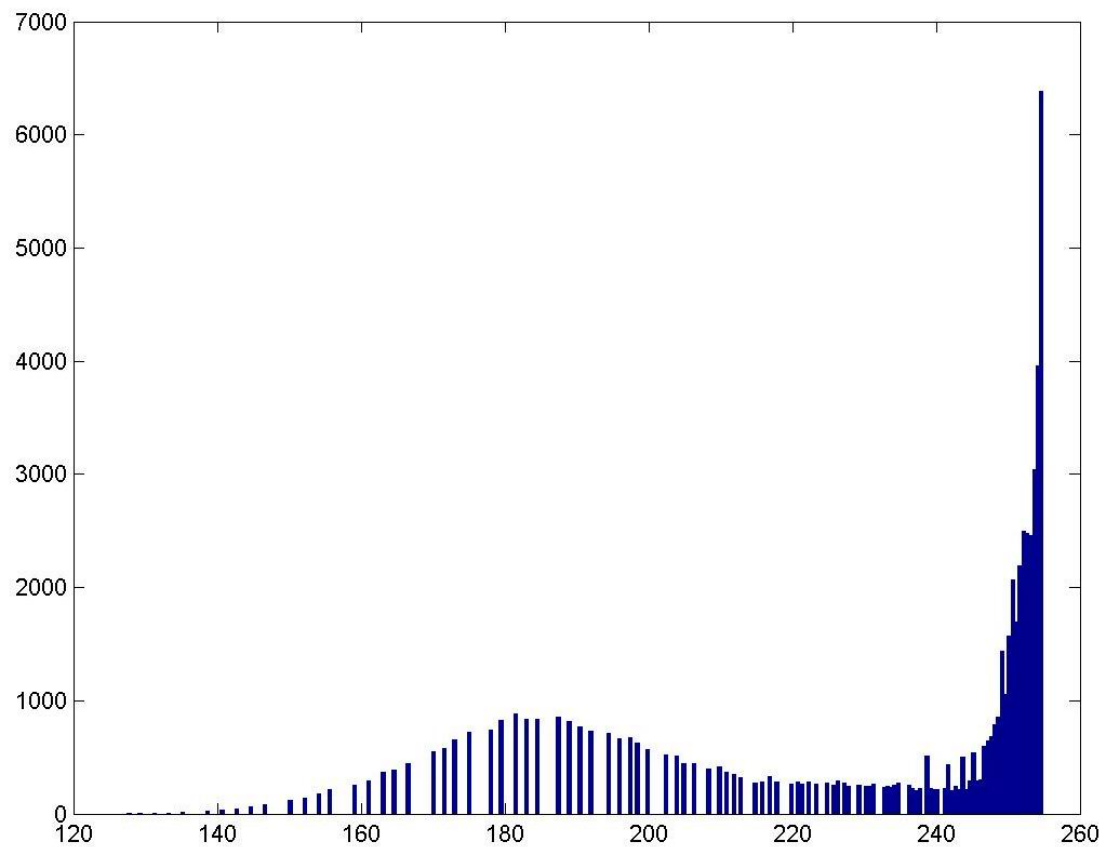
Ιστόγραμμα (3/4)

Παράδειγμα – Σκοτεινή εικόνα



Ιστόγραμμα (4/4)

Παράδειγμα – Φωτεινή εικόνα



Γενικά για τις τεχνικές ιστογράμματος

- Εξίσωση ιστογράμματος
 - Ολική εξίσωση (περιγράφεται στην συνέχεια)
 - 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



Εξίσωση ιστογράμματος (1/3)

- 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



Εξίσωση ιστογράμματος (2/3)

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



Εξίσωση ιστογράμματος (3/3)

- Ο μετασχηματισμός αθροιστικής κατανομής

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(\tau) d\tau, 0 < r < 1$$

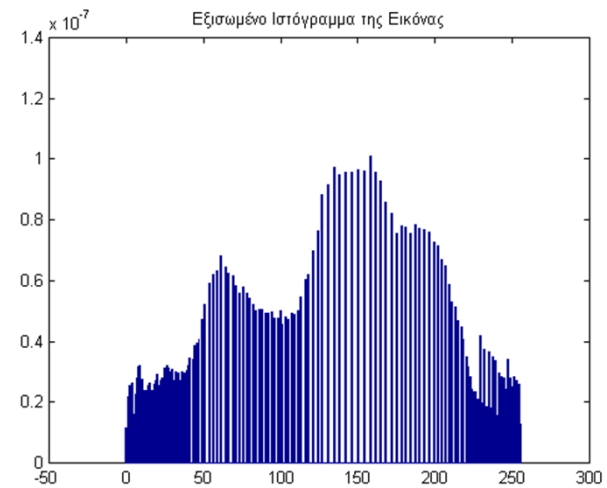
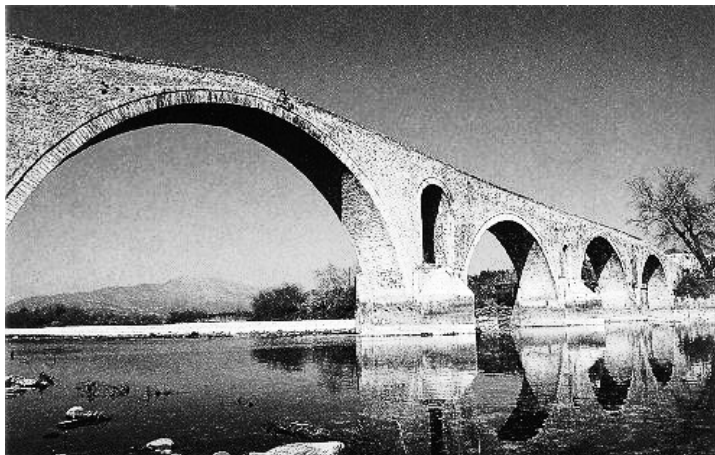
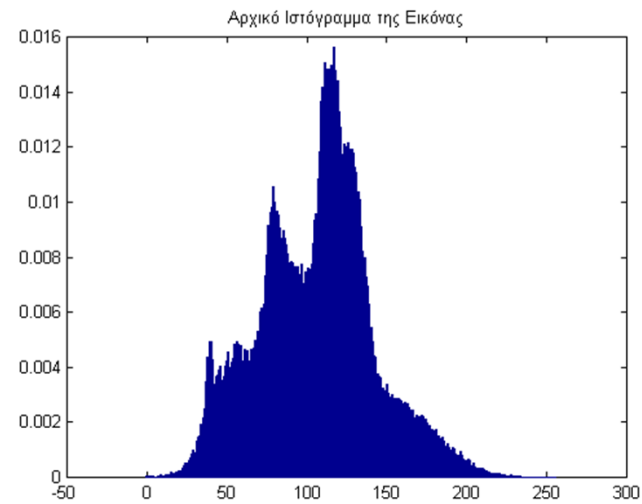
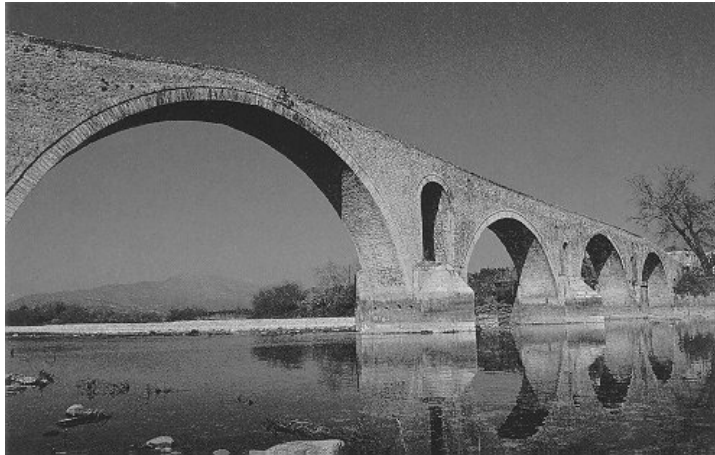
οδηγεί σε ομοιόμορφη σ.π.π. $p_s(s)$ με τα ζητούμενα χαρακτηριστικά

- Επειδή συνήθως το r είναι διακριτό χρησιμοποιείται ο επόμενος μετασχηματισμός

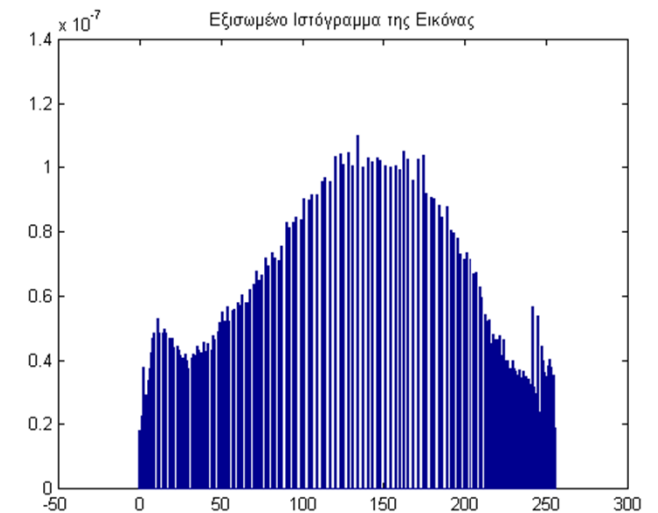
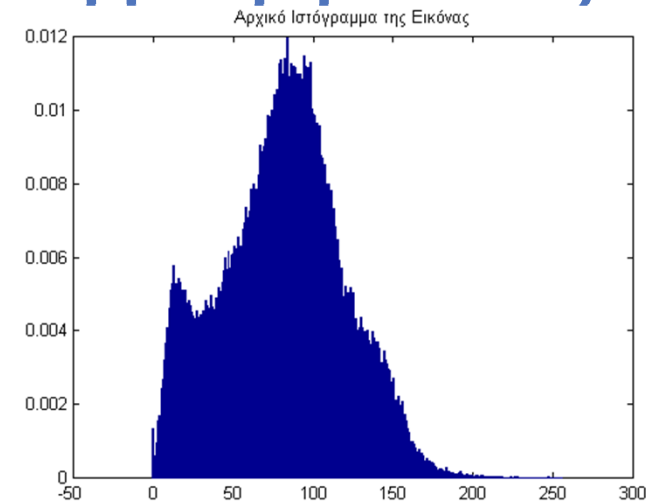
$$s_k = T(r_k) = \sum_{i=0}^k n_i/n, \quad 0 < r_k < 1$$



Ολική εξίσωση ιστογράμματος

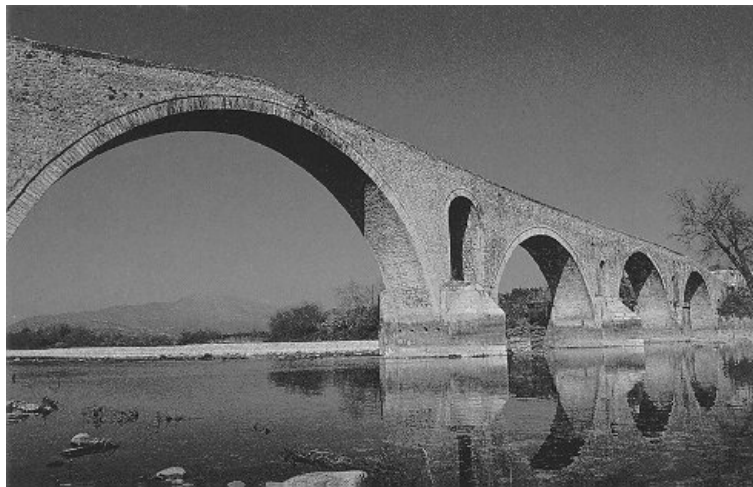


Ολική εξίσωση ιστογράμματος

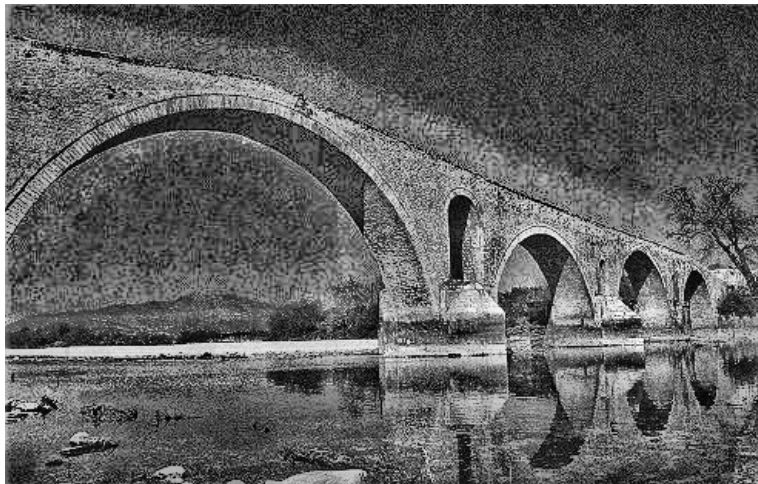


Τοπική εξίσωση ιστογράμματος

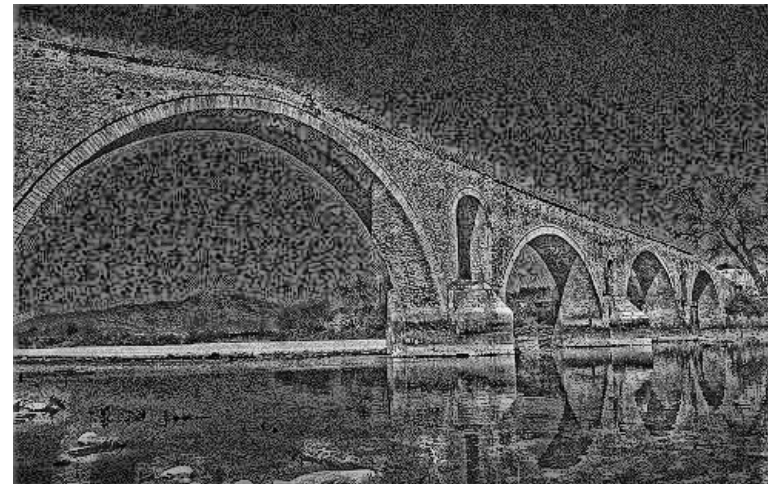
Αρχική Εικόνα



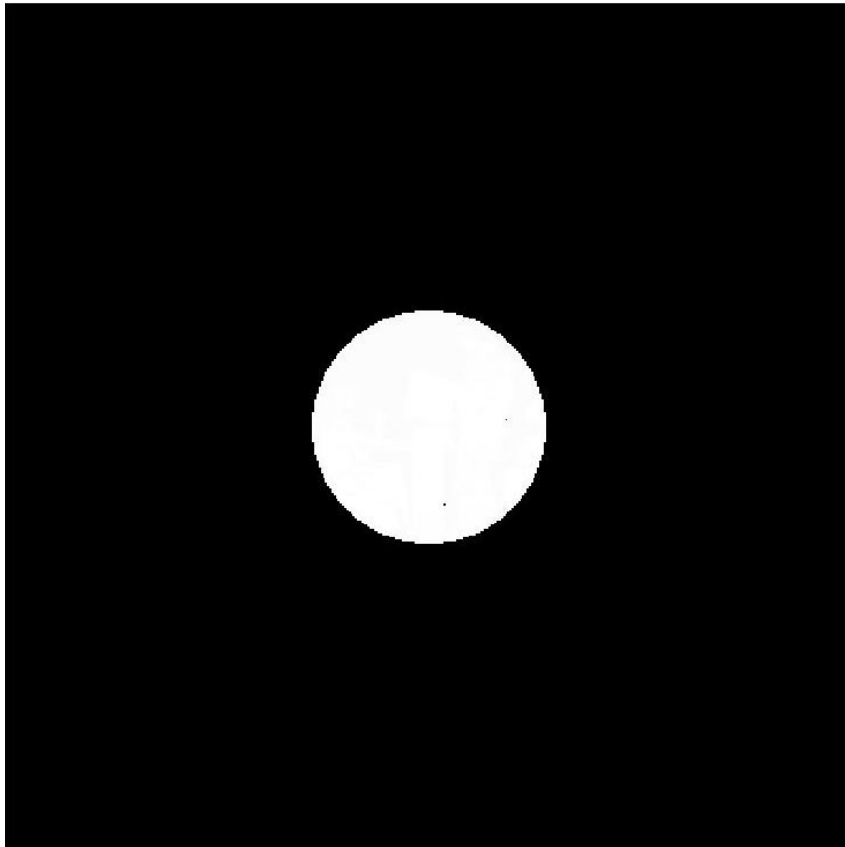
Εξισωμένη Εικόνα
Υποπεριοχές 21x21



Εξισωμένη Εικόνα
Υποπεριοχές 9x9



Τοπική εξίσωση ιστογράμματος



Αφαίρεση λευκού θορύβου

- Μοντέλο
 - $g_n(x, y) = f_n(x, y) + w_n(x, y)$
 - w λευκός θόρυβος με μέση τιμή 0, ασυσχέτιστος χωρικά και χρονικά με την εικόνα f
- Τρεις βασικές τεχνικές
 - Στον χρόνο
 - Πολλαπλή λήψη της εικόνας f
 - Στον χώρο
 - Από μια μόνο λήψη απορρίπτεται ο θόρυβος επειδή είναι χωρικά ασυσχέτιστος
 - Στην συχνότητα (με χρήση κατάλληλων φίλτρων)



Αφαίρεση θορύβου στον χρόνο

Λαμβάνεται ο μέσος όρος της ακολουθίας των εικόνων g_i και προκύπτει νέα εικόνα στην οποία ο θόρυβος έχει μικρότερη ισχύ

$$\begin{aligned}\frac{1}{M} \sum_{n=1}^M g_n(x, y) &= \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (f(x, y) + w_n(x, y)) \\ &= f(x, y) + n(x, y)\end{aligned}$$

- Το n είναι λευκός θόρυβος μηδενικής μέσης τιμής με διασπορά M φορές μικρότερη από αυτή του θορύβου w_n
- Πιθανόν απαιτείται να προηγηθεί **στοίχιση** των εικόνων

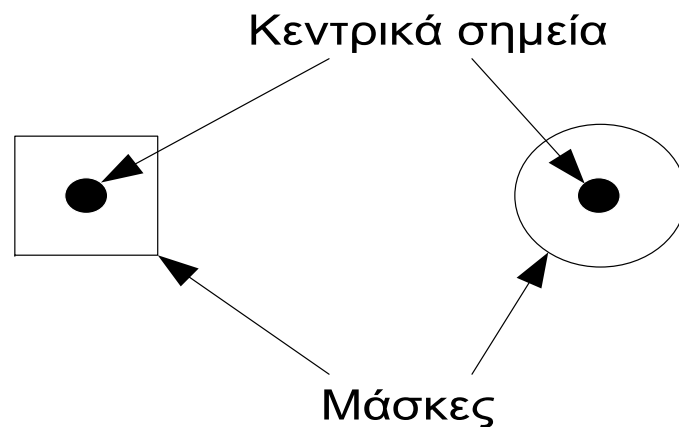


Αφαίρεση θορύβου στον χρόνο Παράδειγμα (15 φορές)



Αφαίρεση θορύβου στον χώρο

- Χρήση μάσκας, υπολογισμός μέσου όρου και αντικατάσταση κεντρικού στοιχείου μάσκας
- Υπάρχει εξομάλυνση στα περιγράμματα (σε αντίθεση με την προηγούμενη τεχνική, η οποία όμως απαιτεί πολλές λήψεις στο χρόνο)



Αφαίρεση θορύβου στον χώρο Παράδειγμα

Με θόρυβο



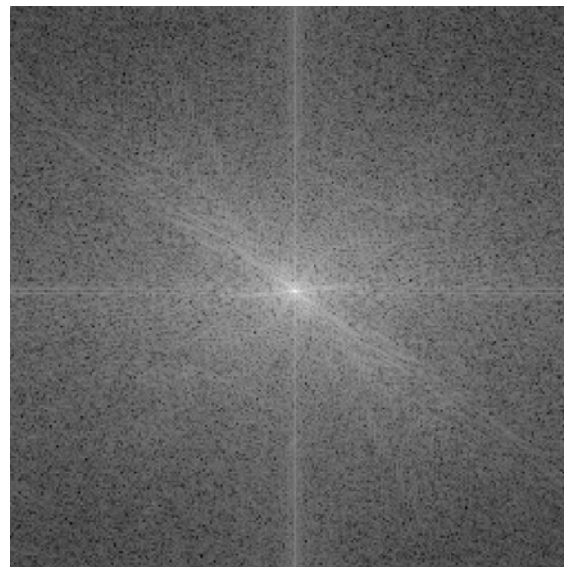
Με μάσκα 3x3



Με μάσκα 10x10



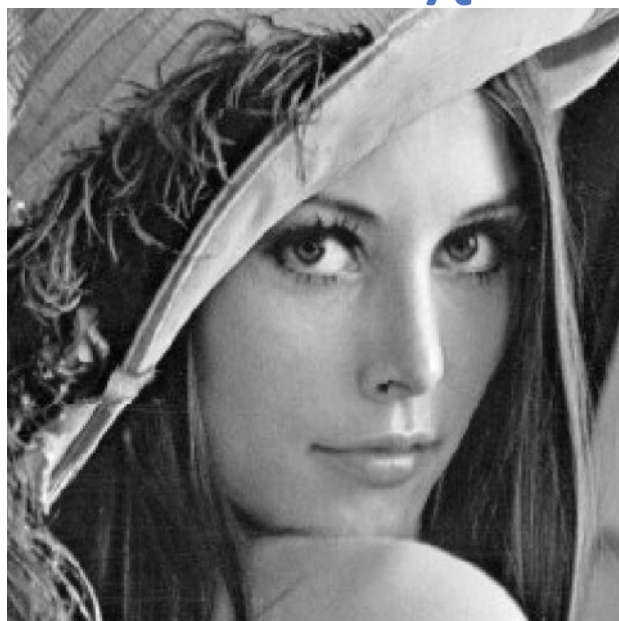
Αφαίρεση θορύβου στην συχνότητα(1/3)



- Η ενέργεια της εικόνας είναι χαμηλά, ενώ η ενέργεια του θορύβου είναι η ίδια παντού. Τι μπορούμε να κάνουμε;
- Να εφαρμόσουμε κατωπερατό φίλτρο
- Σημείωση: Με χρήση ανωπερατών φίλτρων έχουμε τονισμό των περιγραμμάτων (ακμών)



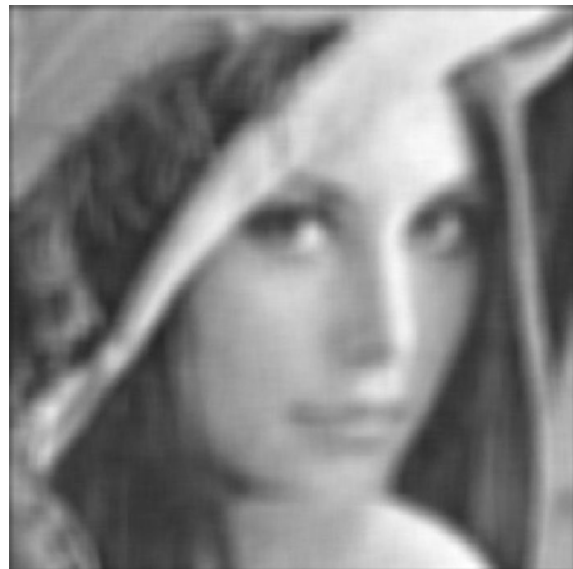
Αφαίρεση θορύβου στην συχνότητα(2/3)



- Ιδανικό 2-D φίλτρο (κυκλικό παράθυρο στην συχνότητα)
 - Αποκόπτει πληροφορία από τα περιγράμματα
 - Ringing effect λόγω παραθύρωσης
 - Σχέση των παραπάνω φαινομένων με τη συχνότητα αποκοπής



Αφαίρεση θορύβου στην συχνότητα(3/3)



- Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών χρησιμοποιούνται πιο ομαλά φίλτρα
 - π.χ. κατωπερατό φίλτρο Butterworth με συχνότητα αποκοπής

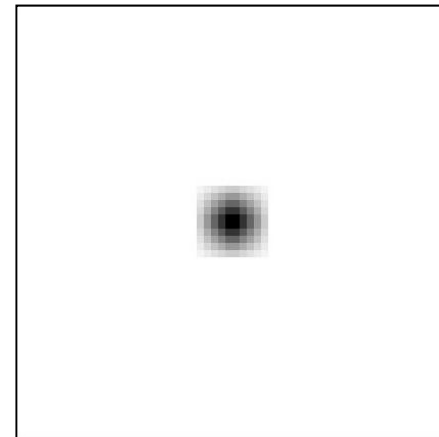
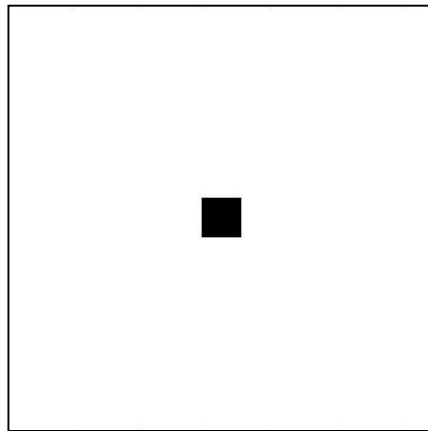
$$D_0 H(u, v) = \frac{1}{1 + \left(\frac{D(u, v)}{D_0}\right)^{2n}}, \quad D(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Όπου n η τάξη του φίλτρου
(συνήθως $n = 1$)



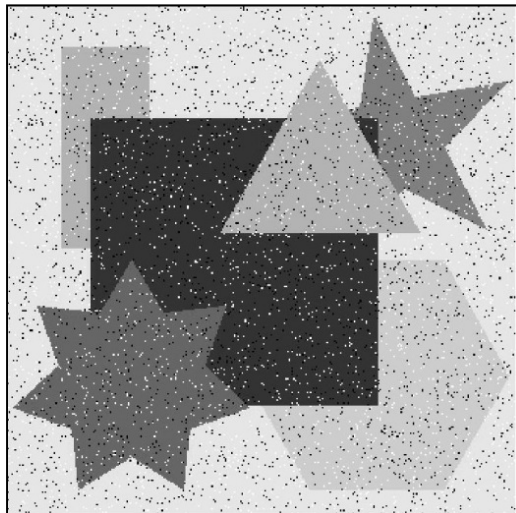
Αφαίρεση κρουστικού θορύβου (1/4)

- Μοντέλο
 - $g(x, y) = f(x, y) + w(x, y)$, όπου $w(x, y)$ θόρυβος κρουστικού τύπου
 - Λόγω του w εμφανίζονται μαύρα και λευκά εικονοστοιχεία
 - Οι προηγούμενες χωρικές τεχνικές δεν λειτουργούν αφού δημιουργούν κηλίδες γύρω από τα προβληματικά εικονοστοιχεία (παράδειγμα και από την 1-D περίπτωση)
 - Π.χ. μάσκα 5x5



Αφαίρεση κρουστικού θορύβου (2/4)

- Φίλτρο Median: Χρήση παραθύρου (μάσκας) και επιλογή του μεσαίου ως το νέο κεντρικό στοιχείο
- $g(x, y) = \text{Med}\{f(z, w)\}, (z, w) \in S$
 - Αντιμετωπίζει τον κρουστικό θόρυβο
 - Γενικά διατηρεί τις ακμές (πιθανόν όμως να αποκόψει κορυφές και οξείες γωνίες)



Αφαίρεση κρουστικού θορύβου (3/4)



Αρχική



Κρουστικός Θόρυβος 20%



2-D Median 3x3



2-Median 5x5



Αφαίρεση κρουστικού θορύβου (4/4)

- Παραλλαγές του Φίλτρου Median
 - **Διαχωρίσιμο Median:** Εφαρμογή του τελεστή Median μονοδιάστατα, πρώτα κατά γραμμές και μετά κατά στήλες
 - **Αναδρομικό Median:** Χρήση των ήδη υπολογισμένων μεσαίων τιμών
 - **A-trimmed filters:** Απόρριψη ακραίων τιμών από το τρέχον παράθυρο και εφαρμογή μέσου όρου στις υπόλοιπες



Φωτισμός φυσικής σκηνής (1/3)

- $f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$
 - $i \sim$ ένταση φωτός που προσπίπτει στο σημείο
 - $r \sim$ ανακλαστικότητα σημείου
 - $f \sim$ προσλαμβανόμενη φωτεινότητα
- Το i έχει μεγάλη δυναμική περιοχή $(0, \infty)$ και μεταβάλλεται αργά (χαμηλές συχνότητες) ενώ για το r (το οποίο $\in [0, 1]$) ισχύει το ανάποδο
- Άρα, σε συνθήκες μεγάλου i , αν έχουμε περιοχές με μεγάλο r και άλλες με μικρό r τότε αναπόφευκτα χάνεται πληροφορία. Γιατί;
- Δεν μπορεί να απεικονιστεί επαρκώς όλη η δυναμική περιοχή τιμών



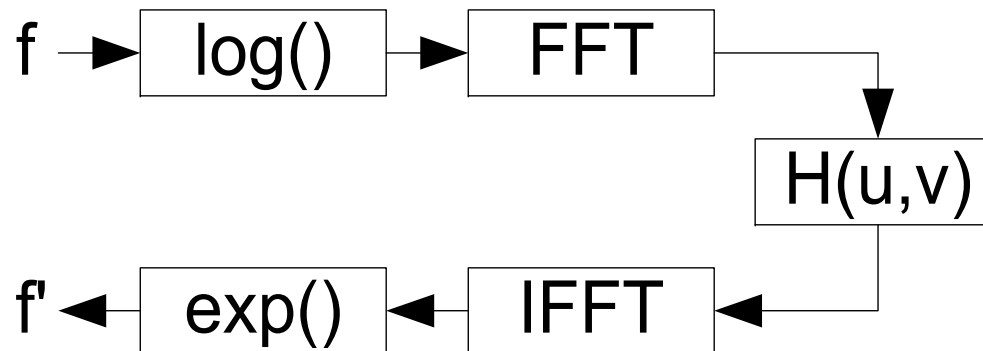
Φωτισμός φυσικής σκηνής (2/3)

- Για την βελτίωση της εικόνας πρέπει να μειωθεί η δυναμική περιοχή και να αυξηθεί η αντίθεση στο $f(x, y)$
- Για την δυναμική περιοχή ευθύνεται το i ενώ για την αντίθεση το r
- Τι μπορούμε να κάνουμε;
- Εφαρμόζοντας ανωπερατό φίλτρο, αποκόπτεται ενέργεια από το i και διατηρείται ικανοποιητικά το r



Φωτισμός φυσικής σκηνής (3/3)

- Επειδή τα i , r συνδέονται με γινόμενο το αποτέλεσμα εφαρμογής του φίλτρου δεν μπορεί να γίνει απευθείας
- Χρήση λογαρίθμων και έπειτα φιλτράρισμα για την λήψη του επιθυμητού αποτελέσματος
- Η τεχνική που χρησιμοποιείται είναι σχηματικά η εξής:



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Κωνσταντίνος Μπερμπερίδης, 2015.

«Ψηφιακή Επεξεργασία & Ανάλυση Εικόνας. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0.

Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1033/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Ι. Πήτας, «Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας», Θεσσαλονίκη, 2001

