

ΚΕΣ 03 – Αναγνώριση προτύπων και ανάλυση εικόνας



Ψηφιακή Καταγραφή Εικόνας – Χωρικό φιλτράρισμα

Τμήμα Επιστήμη και Τεχνολογίας
Τηλεπικοινωνιών

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φιλτράρισμα

Περιεχόμενα – Βιβλιογραφία



- ◇ Περιεχόμενα Ενότητας
 - ◇ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
 - ◇ Σύλληψη Εικόνας
 - ◇ Δειγματοληψία και Κβαντισμός
 - ◇ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
 - ◇ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
 - ◇ Χωρικό Φιλτράρισμα

- ◇ Βιβλιογραφία:
 - ◇ Παπαμάρκος [2002]: Κεφάλαια 1,2
 - ◇ Πήτας [1999]: Κεφάλαιο 6
 - ◇ Gonzales [2002]: Chapter 2

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Η δομή του ματιού



- ◇ Σφαιρική δομή με διάμετρο περίπου 20mm
- ◇ Το φως εισέρχεται στο μάτι μέσω της κόρης (pupil) της ίριδας.
- ◇ Η διάμετρος της κόρης της ίριδας κυμαίνεται από 2mm-8mm ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

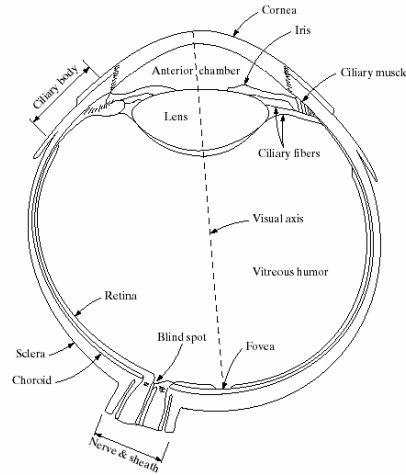


FIGURE 2.1 Simplified diagram of a cross section of the human eye.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Η δομή του ματιού (II)

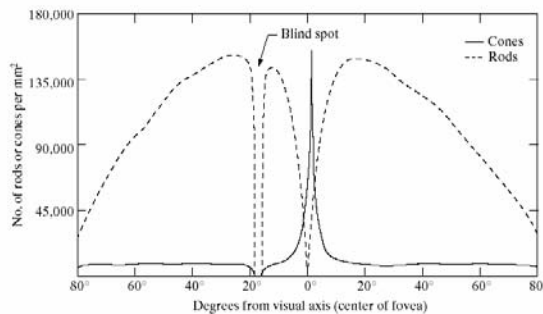


FIGURE 2.2 Distribution of rods and cones in the retina.

- ◇ Το ανθρώπινο μάτι περιέχει δύο κατηγορίες κυττάρων:
 - ◇ τους κώνους (cones) και τις ράβδους (rods).
- ◇ Το πλήθος των κώνων στο ανθρώπινο μάτι είναι περίπου 6-7 εκατομμύρια και είναι συγκεντρωμένα στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (fovea). Καθένας από τους κώνους αυτούς αντιδρά σε ένα περιορισμένο εύρος συχνότητων επιτρέποντας στο μάτι να διακρίνει μικρές χρωματικές λεπτομέρειες.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Η δομή του ματιού (III)

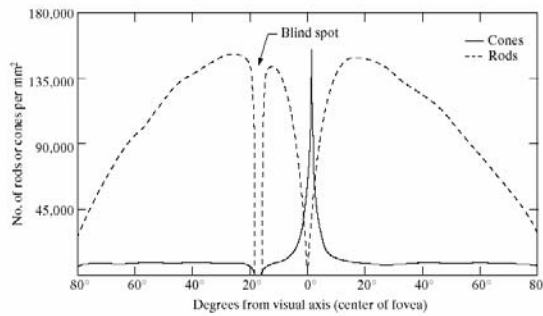


FIGURE 2.2
Distribution of rods and cones in the retina.

- ◇ Οι ράβδοι αντίθετα είναι πολύ περισσότερες (75-150 εκατομμύρια) και είναι διασκορπισμένοι στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς (retina).
- ◇ Τα κύτταρα αυτά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε μικρά επίπεδα έντασης του φωτός επιτρέποντας στην περιφερειακή ανθρώπινη όραση να εντοπίζει κίνηση ή μορφές σε αρκετά χαμηλό φωτισμό.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Η δομή του ματιού (IV)



Άσκηση:

- ◇ Όπως είδαμε νωρίτερα οι κώνοι (cones) που είναι υπεύθυνοι για τη διακριτική ικανότητα του ματιού είναι κυρίως συγκεντρωμένοι στην ωχρή κηλίδα του αμφιβληστροειδούς (fovea). Η ωχρή κηλίδα έχει κυκλικό σχήμα και διάμετρο περίπου **1.5 mm**. Η πυκνότητα των κώνων στην ωχρή κηλίδα είναι περίπου **150 000 /mm²**.
- ◇ Το μέγεθος μιας τυπικής CCD διάταξης που χρησιμοποιείται στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές είναι περίπου **5 mm x 5 mm**. Τι ανάλυση σε Mega pixel θα πρέπει να υποστηρίζει μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ώστε να έχει διακριτική ικανότητα ανάλογη με το μάτι? (Υποθέστε ότι το χρώμα σε κάθε pixel μπορεί να καταγραφεί με την χρήση ενός μόνο μικροαισθητήρα -CCD element)
- ◇ Για εξάσκηση λύστε την Άσκηση 2.1 από το βιβλίο του Gonzalez [2002].

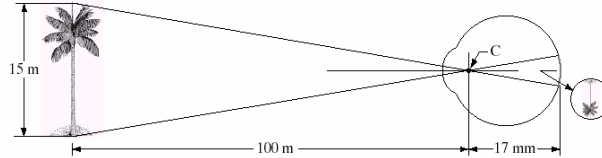
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ☐ Σύλληψη Εικόνας
- ☐ Δειγματοληψία και Κραντισμός
- ☐ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☐ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ☐ Χωρικό Ξιλτρόισμα

Δημιουργία εικόνας (ειδώλου) στο μάτι



FIGURE 2.3
Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.



- ◇ Η κοιλότητα των φακών (lens) του ματιού κυμαίνεται ανάλογα με το που προσπαθούμε να εστιάσουμε την προσοχή μας.
- ◇ Όταν το αντικείμενο στο οποίο εστιάζουμε βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από **3m** τότε το πάχος (και κατά συνέπεια η κοιλότητα) των φακών γίνονται ελάχιστο. Αυτό αυξάνει την απόσταση των φακών από τον αμφιβληστροειδή (focal length) σε 17mm
- ◇ Όταν το αντικείμενο στο οποίο εστιάζουμε βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από **3m** τότε το πάχος των φακών αυξάνεται αντίστοιχα για να φτάσει στη μέγιστη τιμή του όταν το αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση **0.2m**. Στην περίπτωση αυτή η απόσταση των φακών από τον αμφιβληστροειδή μειώνεται σε 14mm.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

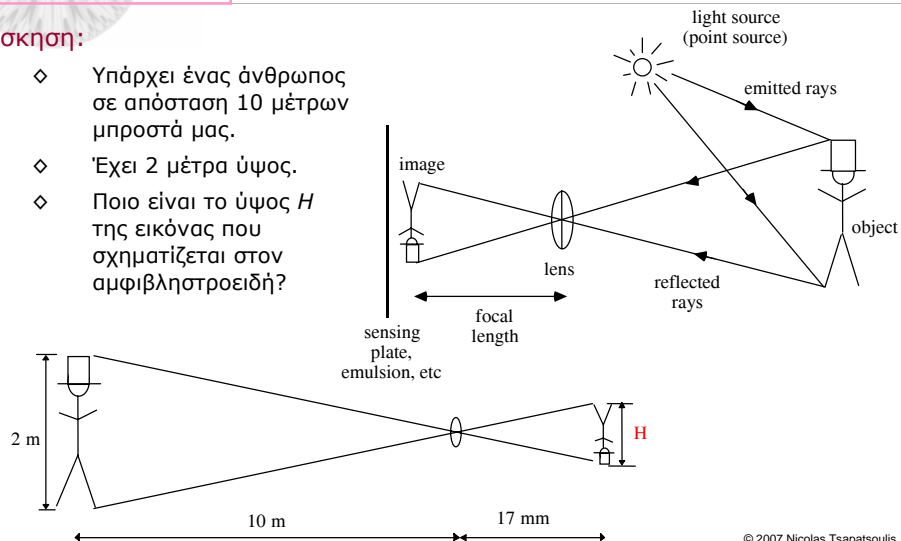
- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ☐ Σύλληψη Εικόνας
- ☐ Δειγματοληψία και Κραντισμός
- ☐ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☐ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ☐ Χωρικό Ξιλτρόισμα

Δημιουργία εικόνας (ειδώλου) στο μάτι (II)



Άσκηση:

- ◇ Υπάρχει ένας άνθρωπος σε απόσταση 10 μέτρων μπροστά μας.
- ◇ Έχει 2 μέτρα ύψος.
- ◇ Ποιο είναι το ύψος H της εικόνας που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή?



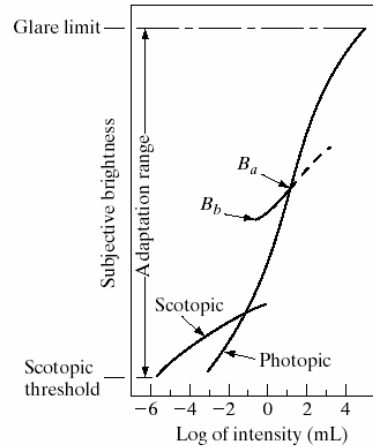
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- * Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Διακριτική ικανότητα ματιού και προσαρμογή φωτεινότητας



- ◇ Το μάτι έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται σε μια τεράστια γκάμα (10^{10}) επιπέδων φωτεινότητας (από τις συνθήκες σκότους όπου η όραση καθορίζεται από την απόκριση των ράβδων (rods) – scotopic vision, έως τις συνθήκες τύφλωσης από την ισχυρή ένταση φωτισμού)
- ◇ Σημειώνεται όμως ότι η ικανότητα διάγνωσης τόσων διαφορετικών επιπέδων φωτεινότητας **δεν γίνεται ταυτόχρονα** αλλά μετά από προσαρμογή σε ένα δεδομένο επίπεδο φωτισμού του ευρύτερου χώρου (π.χ. Σημείο B_a στο σχήμα)



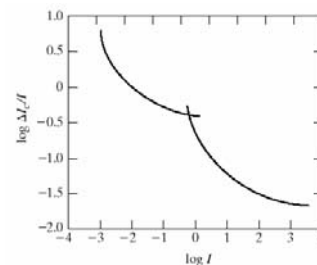
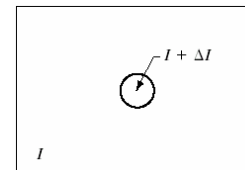
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- * Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Ευαισθησία στη μεταβολή φωτεινότητας: Weber ratio



- ◇ Το μάτι έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται σε μια τεράστια γκάμα (10^{10}) επιπέδων φωτεινότητας (από τις συνθήκες σκότους όπου η όραση καθορίζεται από την απόκριση των ράβδων (rods) – scotopic vision, έως τις συνθήκες τύφλωσης από την ισχυρή ένταση φωτισμού)
- ◇ Σημειώνεται όμως ότι η ικανότητα διάγνωσης τόσων διαφορετικών επιπέδων φωτεινότητας **δεν γίνεται ταυτόχρονα** αλλά μετά από προσαρμογή σε ένα δεδομένο επίπεδο φωτισμού του ευρύτερου χώρου (π.χ. Σημείο B_a στο σχήμα)



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα



- ◇ Το μάτι είναι ευαίσθητο στις μεταβολές φωτεινότητας και τις υπερτονίζει με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις η αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα να είναι διαφορετική από την πραγματική

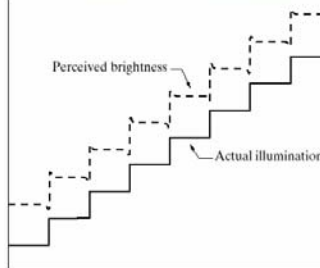
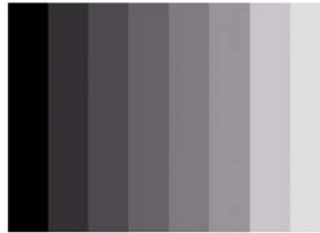


FIGURE 2.7
(a) An example showing that perceived brightness is not a simple function of intensity. The relative vertical positions between the two profiles in (b) have no special significance; they were chosen for clarity.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα και αντίθεση



a b c

FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

- ◇ Η αντίθεση (contrast) της φωτεινότητας ενός αντικειμένου με το φόντο (background) επηρεάζει την αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ☐ Σύλληψη Εικόνας
- ☐ Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- ☐ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☐ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ☐ Χωρικό Ξιλτράρισμα

Ακτινοβολία φωτός, φωτεινή ροή και φωτεινότητα



- ◇ Συχνά υπάρχει ένα μπέρδεμα σχετικά με τους όρους **ακτινοβολία φωτός** (radiance), **φωτεινή ροή** (luminance) και **φωτεινότητα** ή **λαμπρότητα** (brightness).
 - ◇ Η **ακτινοβολία φωτός** είναι η συνολική ενέργεια η οποία εκπέμπεται από μία πηγή φωτός (π.χ ήλιος ή το φεγγάρι ή το flash σε μια φωτογραφική μηχανή) και μετριέται σε watts (W).
 - ◇ Η **φωτεινή ροή** είναι το ποσό της ενέργειας το οποίο γίνεται αντιληπτό από έναν παρατηρητή (π.χ η ηλιακή ακτινοβολία περιέχει και ενέργεια στο μη ορατό φάσμα η οποία δεν γίνεται αντιληπτή) και μετριέται σε lumens (lm)
 - ◇ Φωτεινότητα ή **λαμπρότητα** είναι η ισχύς της φωτεινής ροής που προκύπτει από κάποιο αντικείμενο ή μια σκηνή και γίνεται αντιληπτή από τον παρατηρητή. Μετριέται σε lm/m^2 .
 - ◇ Η φωτεινότητα ενός σημείου $I(x,y)$ ενός αντικειμένου προκύπτει ως το γινόμενο της φωτεινής ροής που προσπίπτει στο σημείο αυτό $I(x,y)$ επί την ανακλαστικότητα (reflectance) του σημείου $r(x,y)$
 - ◇ $I(x,y) = I(x,y) * r(x,y)$

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

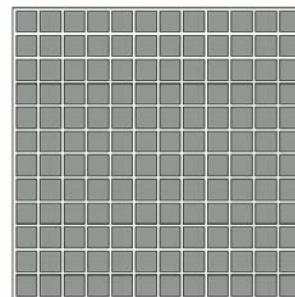
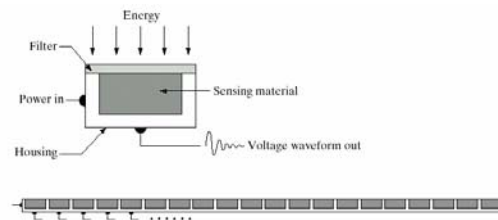
- ☑ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ★ Σύλληψη Εικόνας
- ☐ Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- ☐ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☐ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ☐ Χωρικό Ξιλτράρισμα

Σύλληψη Εικόνας



- ◇ Σύλληψη εικόνων πραγματοποιείται μετά από «φωτισμό» του αντικειμένου, το οποίο επιθυμούμε να απεικονίσουμε, και στη συνέχεια καταγραφή της ανακλώμενης (ή απορροφηθείσας) οπτικής ενέργειας
- ◇ Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι καταγραφής:
 - ◇ Με χρήση ενός μόνο αισθητήρα
 - ◇ Με χρήση αισθητήρων γραμμής
 - ◇ Με χρήση αισθητήρων σε διάταξη πίνακα

FIGURE 2.12
(a) Single imaging sensor.
(b) Line sensor.
(c) Array sensor.



- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ★ Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Σύλληψη εικόνας με χρήση ενός αισθητήρα



- ◇ **Αισθητήρας:** Φωτοδιόδος
- ◇ **Σάρωση:** Περιστροφή τύμπανου και γραμμική μετακίνηση φωτοδιόδου
- ◇ **Πλεονεκτήματα:** εξαιρετική ευκρίνεια (high resolution) εξαιτίας της δυνατότητας επακριβούς περιστροφής του τύμπανου και της κύλισης της φωτοδιόδου
- ◇ **Μειονεκτήματα:**
 - ◇ Αργή μέθοδος
 - ◇ Η ακρίβεια σάρωσης του αντικειμένου εξαρτάται από την ακτινοβολία που χρησιμοποιείται για τον «φωτισμό» του.

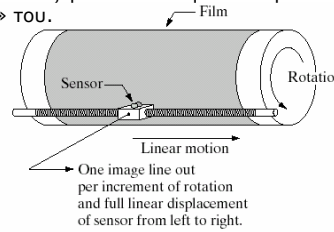


FIGURE 2.13 Combining a single sensor with motion to generate a 2-D image.

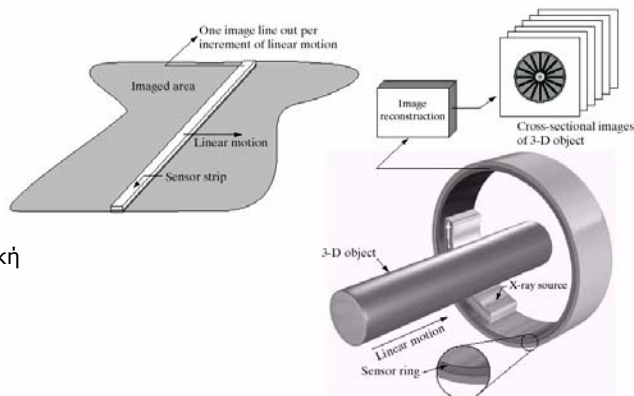
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ★ Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Σύλληψη εικόνας με χρήση αισθητήρων γραμμής (ταινίας)



- ◇ **Αισθητήρες:** Φωτοδιόδοι σε γραμμή
- ◇ **Σάρωση:** Γραμμική μετακίνηση αισθητήρων
- ◇ **Χρήσεις:** Τυπικά scanner
- ◇ **Παραλλαγή:** Αξονική τομογραφία



a b

FIGURE 2.14 (a) Image acquisition using a linear sensor strip. (b) Image acquisition using a circular sensor strip.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ★ Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Σύλληψη εικόνας με συστοιχίες αισθητήρων (CCD)

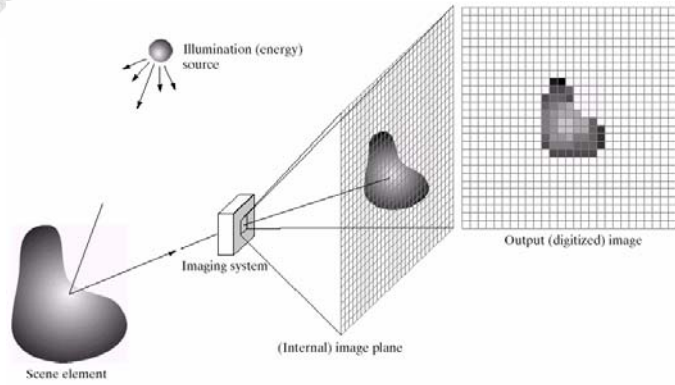
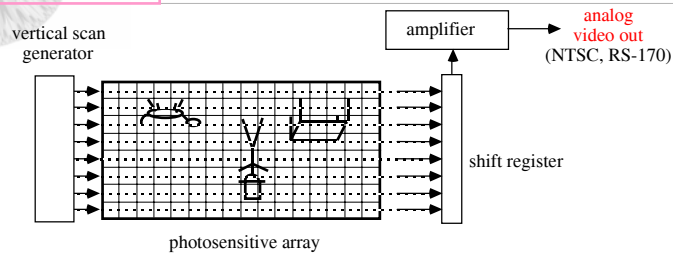


FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ★ Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Σύλληψη εικόνας με συστοιχίες αισθητήρων (II)

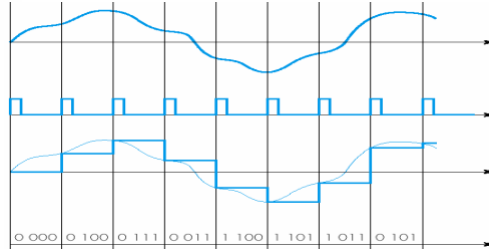


- ◇ Τα στοιχεία του CCD πίνακα φορτίζονται ανάλογα με την φωτεινότητα η οποία προσπίπτει επάνω τους
- ◇ Κάθε παλμός του Vertical Scan Generator αναγκάζει τα φορτία από κάθε γραμμή του πίνακα να μετακινηθούν σε ένα Shift Register
- ◇ Ο Shift Register μεταφέρει τα φορτία σε ένα ενισχυτή, γραμμή προς γραμμή. Για το παραπάνω παράδειγμα, ο Shift Register θα μεταφέρει στον ενισχυτή τα φορτία της πρώτης γραμμής, έπειτα της δεύτερης, της τρίτης κ.ο.κ

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Μετατροπείας αναλογικού σε ψηφιακό (ADC)



- ◇ Διεξάγει Δειγματοληψία και Κβαντοποίηση για να μετατρέψει μια συνεχή κυματομορφή τάσης (όπως αυτή παράγεται από ένα CCD) σε διακριτές τιμές:
 - ⇒ σημαντική η Συχνότητα Δειγματοληψίας και το Διάστημα Κβαντισμού
- ◇ Οι κάρτες ψηφιοποίησης βίντεο (video digitizer board) συνήθως μπορούν να ενωθούν με την βιντεοκάμερα
- ◇ Οι νέες «εντελώς ψηφιακές» κάμερες περιλαμβάνουν ενσωματωμένο ADC

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Ψιλάρισμα

Δειγματοληψία και Κβαντισμός: Βασικές έννοιες

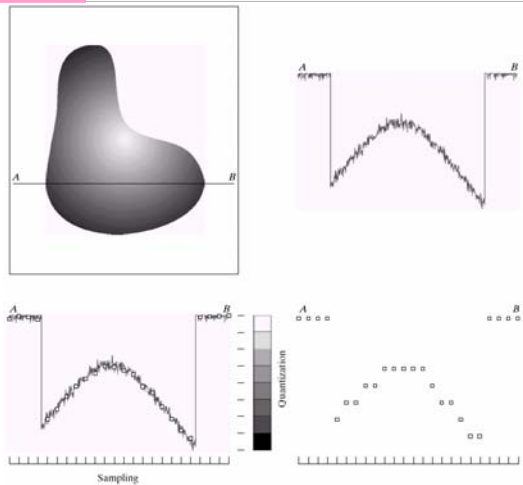


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Βασικές έννοιες (II)



- ◇ Τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από τη δειγματοληψία αποθηκεύονται ως πίνακες από τιμές. Κάθε τιμή αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα της εικόνας στο συγκεκριμένο σημείο.
- ◇ Κάθε ένα από τα κελιά του πίνακα ονομάζεται εικονοστοιχείο - ("pixel" από τις λέξεις «picture element»)

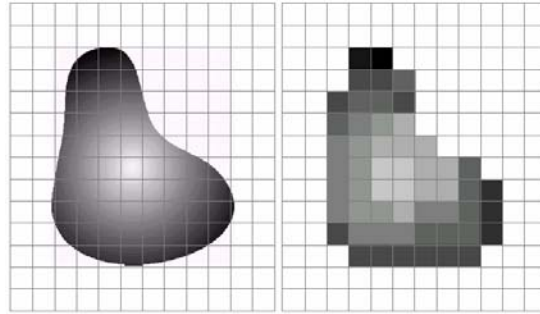


FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Κβαντισμός



- ◇ Κβαντισμός: η φωτεινότητα κάθε pixel παίρνει μια τιμή από ένα πεπερασμένο σύνολο L αριθμών (συνήθως ακεραίων, από 0 έως L-1)
- ◇ Τυπικά, το πλήθος επιπέδων φωτεινότητας είναι δύναμη του 2: $L=2^k$
- ◇ Άρα με k bits μπορούμε να κρατάμε την φωτεινότητά σε κάθε pixel.



a pixel



8-bit representation

Στις εικόνες τόνων γκριζου συνήθως $k=8$, άρα έχουμε 256 πιθανά επίπεδα φωτεινότητας (τιμές 0 έως 255)

- ◇ Όπως και με την συχνότητα δειγματοληψίας, οι τιμές φωτεινότητας της εικόνας θα πρέπει να κβαντισθούν επαρκώς πυκνά (μικρό διάστημα κβαντισμού) ώστε να μην χαθεί σημαντική πληροφορία φωτεινότητας



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φιλτράρισμα

Χωρική Ανάλυση (I)

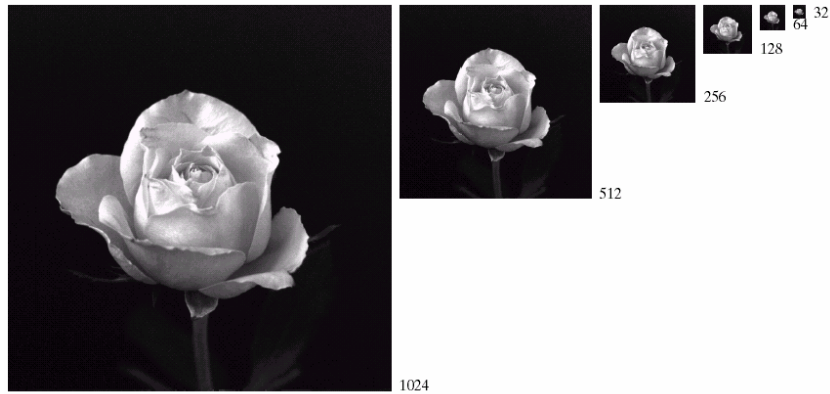
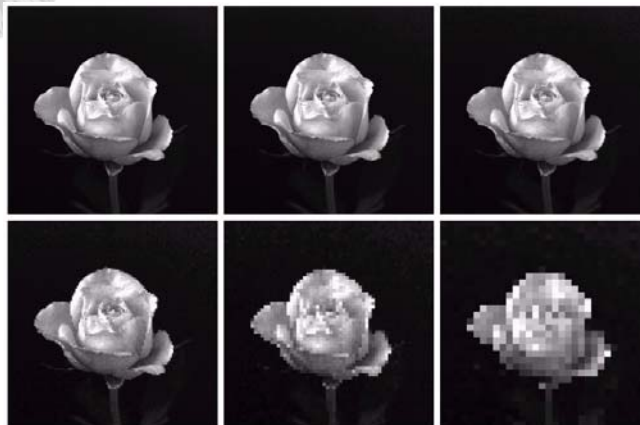


FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φιλτράρισμα

Χωρική Ανάλυση (II)



a b c
d e f

FIGURE 2.20 (a) 1024×1024 , 8-bit image, (b) 512×512 image resampled into 1024×1024 pixels by row and column duplication, (c) through (f) 256×256 , 128×128 , 64×64 , and 32×32 images resampled into 1024×1024 pixels.

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φιλτράρισμα

Παράδειγμα Κβαντισμού

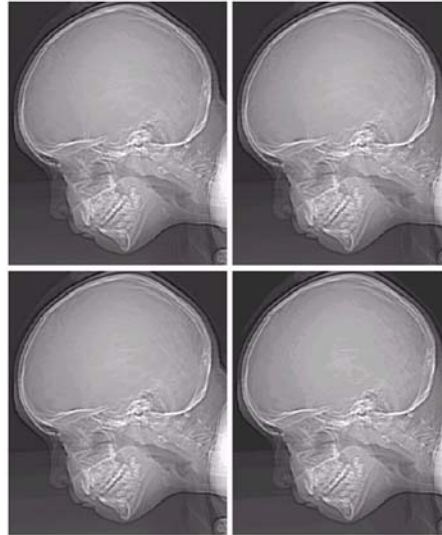


FIGURE 2.21
 (a) 452×374 ,
 256-level image.
 (b)–(d) Image
 displayed in 128,
 64, and 32 gray
 levels while
 keeping the
 spatial resolution
 constant.

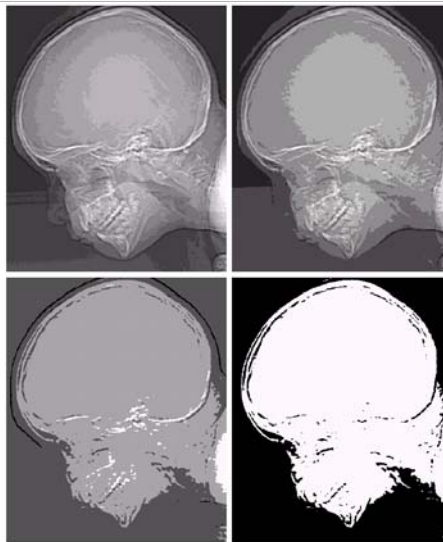
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φιλτράρισμα

Παράδειγμα Κβαντισμού (II)



FIGURE 2.21
 (Continued)
 (e)–(h) Image
 displayed in 16, 8,
 4, and 2 gray
 levels (Original
 courtesy of
 Dr. David
 R. Pickens,
 Department of
 Radiology &
 Radiological
 Sciences,
 Vanderbilt
 University
 Medical Center.)



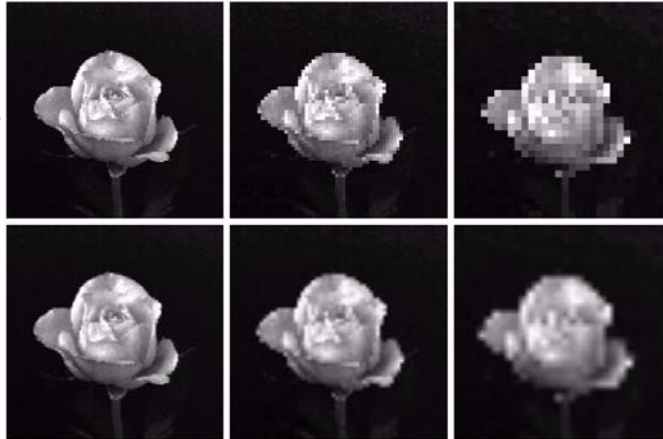
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Ψηφιακό zoom



- ◇ Υλοποιείται με παρεμβολή νέων rixel στα υφιστάμενα ώστε να αυξηθεί (τεχνητά) η ανάλυση της εικόνας
- ◇ Δυο βασικές τεχνικές:
 - ◇ Πλησιέστερος γείτονας
 - ◇ Διγραμμική παρεμβολή



a b c
d e f

FIGURE 2.25 Top row: images zoomed from 128×128 , 64×64 , and 32×32 pixels to 1024×1024 pixels, using nearest neighbor gray-level interpolation. Bottom row: same sequence, but using bilinear interpolation.

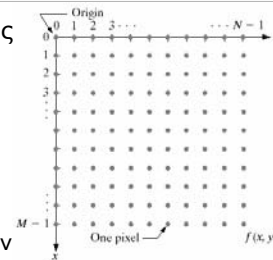
- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας



- ◇ Μια ψηφιακή εικόνα αποθηκεύεται συνήθως ως ένας πίνακας από ακέραιους αριθμούς:
 - ◇ Έστω τετραγωνικός πίνακας εικόνας

$$I = [I(i, j); 0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1]$$
 - ◇ Το πλήθος των γραμμών της εικόνας είναι M
 - ◇ Το πλήθος των στηλών της εικόνας είναι N
 - ◇ Ο δείκτης i αντιπροσωπεύει αριθμό γραμμής στον πίνακα.
 - ◇ Ο δείκτης j αντιπροσωπεύει αριθμό στήλης στον πίνακα.
 - ◇ Αυτό είναι σε αντίθεση με την συνήθη σημειογραφία των μαθηματικών, όπου χρησιμοποιούμε συνήθως την σύμβαση $I(x, y)$, με το x να υποδηλώνει τον αριθμό στήλης και το y να υποδηλώνει τον αριθμό γραμμής.
 - ◇ Το $I(i, j)$ αντιπροσωπεύει την τιμή του rixel στην γραμμή i , στήλη j



- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτρωση

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας (II)



- ◇ Μορφή Πίνακα Εικόνας Διαστάσεων $N \times N$:

→ $I =$

$$\begin{bmatrix} I(0, 0) & I(0, 1) & \dots & I(0, N-1) \\ I(1, 0) & I(1, 1) & \dots & I(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(N-1, 0) & I(N-1, 1) & \dots & I(N-1, N-1) \end{bmatrix}$$

Στήλες →

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	N-1
0	193	191	189	194	196	200	225	227	224	...	57
1	189	185	187	190	193	198	223	229	222	...	62
2	186	188	185	192	194	193	219	228	223	...	39
3	180	176	179	178	193	193	199	231	221	...	54
...											
N-1	0	0	1	11	13	11	12	10	15	...	189

↓ Γραμμές

- ◇ Πίνακας Εικόνας Διαστάσεων $N \times N$ με τιμές pixel

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτρωση

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας (III)



- ◇ Ο αριθμός k των bits ανά pixel ο οποίος χρησιμοποιείται καθορίζει το πλήθος χρωμάτων (ή φωτεινότητας) τα οποία μπορεί η εικόνα να πάρει:
 - ◇ 4 bits: εικόνες 16 χρωμάτων
 - ◇ 8 bits: εικόνες 256 χρωμάτων ή εικόνες τόνων γκριζου
 - ◇ 16, 24, 32 bits: εικόνες πραγματικού χρώματος
- ◇ 1 bit ανά pixel: δυαδικές εικόνες (binary images)
 - ◇ Περιέχουν μόνο δύο χρώματα (συνήθως άσπρο και μαύρο)

- ◇ Μορφή Πίνακα Δυαδικής Εικόνας Διαστάσεων $N \times N$:

columns

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	N-1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	...	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	...	0
2	0	1	1	0	1	0	1	1	1	...	0
3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	...	0
...											
N-1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	...	1

rows

Image I

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας (IV)



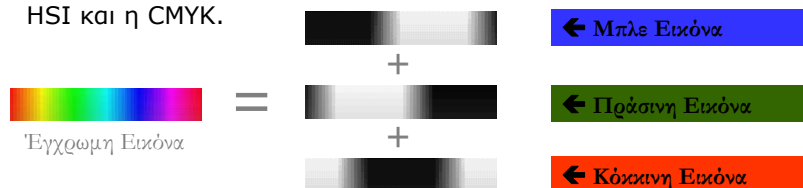
- ◊ Οι εικόνες φωτεινότητας τόνων γκριζου (grey-level images) τυγχάνουν χειρισμού ως πίνακες ακεραίων στους οποίους διεξάγονται αριθμητικές λειτουργίες
- ◊ Οι δυαδικές εικόνες τυγχάνουν χειρισμού (συνήθως) ως λογικοί πίνακες πάνω στους οποίους εφαρμόζονται λογικοί τελεστές και λειτουργίες

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας (V)



- ◊ Μια έγχρωμη εικόνα αναπαρίσταται ως διάνυσμα τιμών. Σε κάθε pixel έχουμε τρεις τιμές φωτεινότητας: Κόκκινο, Πράσινο και Μπλε.
- ◊ Αυτό συνήθως εκφράζεται ως τρεις διαφορετικές εικόνες: μια για το Κόκκινο, μια για το Πράσινο και μια για το Μπλε χρώμα. Η αναπαράσταση αυτή ονομάζεται RGB. Υπάρχουν και άλλες, όπως η HSI και η CMYK.



- ◊ Οι περισσότεροι αλγόριθμοι οι οποίοι χρησιμοποιούν χρώμα, επεξεργάζονται τις RGB εικόνες ξεχωριστά ως εικόνες τόνων γκριζου και έπειτα τις προσθέτουν για να πάρουν το τελικό αποτέλεσμα.

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας (VI)



- ◇ Χώρος που απαιτείται για αποθήκευση ψηφιακής εικόνας:
 - ◇ Ανάλυση εικόνας $M \times N$ pixels (Height - γραμμές, Width-στήλες)
 - ◇ k bits για αποθήκευση της φωτεινότητας σε κάθε pixel
 - ◇ Χώρος αποθήκευσης σε bits = $M \times N \times k$
- ◇ Ο παρακάτω πίνακας δίνει το χώρο που καταλαμβάνει μια ψηφιακή εικόνα διαστάσεων $N \times N$ για διάφορες τιμές του N και του k

TABLE 2.1
Number of storage bits for various values of N and k .

N/k	1 ($L = 2$)	2 ($L = 4$)	3 ($L = 8$)	4 ($L = 16$)	5 ($L = 32$)	6 ($L = 64$)	7 ($L = 128$)	8 ($L = 256$)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

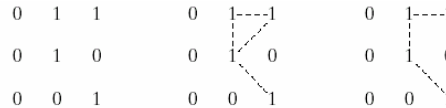
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels: Γειτνίαση



- ◇ 4 – adjacency: το pixel p γειτνιάζει μόνο με τα 4 γειτονικά του pixel πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά. Η γειτονία του pixel p συμβολίζεται με $N_4(p)$.
- ◇ 8 – adjacency: το pixel γειτνιάζει με τα 8 pixel που το περιβάλλουν. Η γειτονία του pixel p συμβολίζεται με $N_8(p)$.
- ◇ m – adjacency: Δύο pixels p και q γειτνιάζουν κατά m (mixed adjacent) αν:
 - ◇ Το q ανήκει στην $N_4(p)$, ή
 - ◇ Το q ανήκει στην $N_D(p)$ (τα διαγώνια pixel του p) και η τομή των συνόλων $N_4(p)$ και $N_4(q)$ είναι το κενό σύνολο



a b c

FIGURE 2.26 (a) Arrangement of pixels; (b) pixels that are 8-adjacent (shown dashed) to the center pixel; (c) m -adjacency.

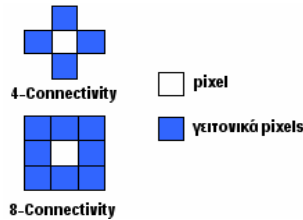
© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- * Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Συνεκτικότητα (connectivity)



- ◇ Πως αποφασίζουμε αν ένα pixel είναι ενωμένο με κάποια άλλα;
Δύο τρόποι:
- ◇ 4 - Connectivity: το pixel συνδέεται μόνο με τα 4 γειτονικά του pixel πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά.
- ◇ 8 - Connectivity: το pixel συνδέεται με τα 8 γειτονικά pixel που το περιτριγυρίζουν.



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- * Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- Χωρικό Φίλτράρισμα

Περιοχές και όρια



- ◇ Περιοχή (region) ονομάζουμε ένα σύνολο από pixel τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους (έχουν δηλαδή παρόμοιες τιμές από ένα σύνολο V και επιπλέον γειτνιάζουν).
- ◇ Τα pixel της περιοχής τα οποία γειτνιάζουν και με pixel που έχουν διαφορετικά από αυτά τιμές (εκτός του συνόλου V) αποτελούν το όριο (boundary) της περιοχής

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ★ Χωρικό Φιλτράρισμα

Χωρικό Φιλτράρισμα



- ◇ Το χωρικό φιλτράρισμα αφορά την εφαρμογή κάποιων τελεστών κατευθειαν στις τιμές των pixels της εικόνας. Περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:
 1. Επιλογή του pixel (x,y) του οποίου η τιμή θα τροποποιηθεί ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του τελεστή
 2. Εφαρμογή του τελεστή (περιλαμβάνει τη χρήση των τιμών των pixels σε μια γειτονιά του (x,y)
 3. Ανάθεση της απόκρισης του τελεστή ως τιμή φωτεινότητας του pixel (x,y)
 4. Επανάληψη της διαδικασίας για όλα τα pixels (x,y) της εικόνας
- ◇ Διακρίνουμε δύο βασικές μεθοδολογίες χωρικού φιλτραρίσματος:
 - ◇ Γραμμικό φιλτράρισμα (χρήση της συνάρτησης `imfilter`)
 - ◇ Μη γραμμικό φιλτράρισμα (χρήση της συνάρτησης `ordfilt2` ή της συνάρτησης `medfilt2`)
- ◇ Για την εφαρμογή χωρικού φιλτραρίσματος χρειάζεται ορισμός της κατάλληλης μάσκας (mask ή kernel ή template) η οποία καθορίζει τη βαρύτητα με την οποία κάθε γειτονικό pixel συμμετέχει στον καθορισμό της απόκρισης του τελεστή

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ★ Χωρικό Φιλτράρισμα

Χωρικό Φιλτράρισμα (II)

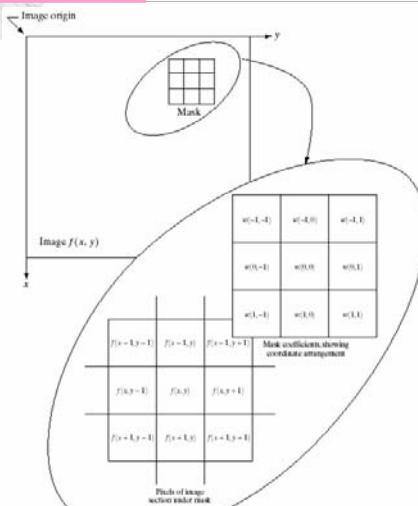


FIGURE 3.32 The mechanics of spatial filtering. The magnified drawing shows a 3×3 mask and the image section directly under it; the image section is shown displaced out from under the mask for ease of readability.

- ☑ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ☑ Σύλληψη Εικόνας
- ☑ Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- ☑ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☑ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ★ Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Εξομάλυνσης



- ◇ Τα φίλτρα εξομάλυνσης προσπαθούν να απαλείψουν απότομες μεταβολές της εικόνας. Χρησιμοποιούνται για απαλοιφή θορύβου ειδικής μορφής (π.χ. Gaussian) καθώς και ως προ-επεξεργασία για εφαρμογές όπως εντοπισμός αντικειμένων, συνένωση περιοχών, κλπ.
- ◇ Η μορφή της μάσκας στα φίλτρα εξομάλυνση είναι όπως παρακάτω (όλοι οι συντελεστές θετικοί - άθροισμα 1):

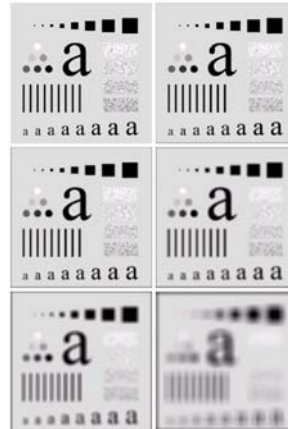
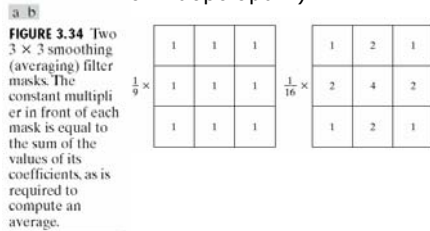


FIGURE 3.35 (a) Original image, of size 500×500 pixels. (b)–(f) Results of smoothing with square averaging filter masks of sizes $n = 3, 5, 9, 15,$ and 55 pixels, respectively; their borders are 25 pixels apart. The letters at the bottom range in size from 10 to 34 points, in increments of 2 points; the large letter at the top is 60 points. The vertical bars are 5 pixels wide and 100 pixels high; their separation is 20 pixels. The diameter of the circles is 25 pixels, and their borders are 15 pixels apart; their gray levels range from 0% to 100% black in increments of 20%. The background of the image is 10% black. The noisy rectangles are of size 50×120 pixels.

- ☑ Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- ☑ Σύλληψη Εικόνας
- ☑ Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- ☑ Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- ☑ Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- ★ Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Εξομάλυνσης (II)

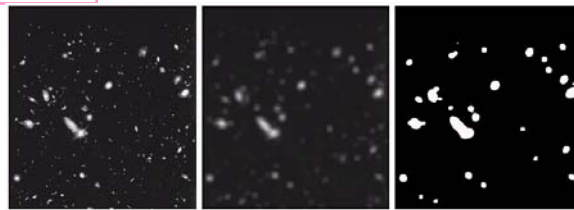


FIGURE 3.36 (a) Image from the Hubble Space Telescope. (b) Image processed by a 15×15 averaging mask. (c) Result of thresholding (b). (Original image courtesy of NASA.)

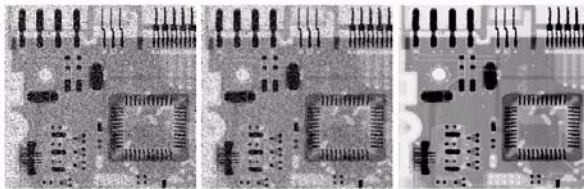


FIGURE 3.37 (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a 3×3 averaging mask. (c) Noise reduction with a 3×3 median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Ανάδειξης Ακμών



- ◇ Τα φίλτρα ανάδειξης ακμών προσπαθούν να τονίσουν τις απότομες μεταβολές της εικόνας βελτιώνοντας έτσι την οπτική της ποιότητα όσον αφορά την αντίληψη της από τον άνθρωπο αλλά και για το διαχωρισμό αντικειμένων και περιοχών στη εικόνα
- ◇ Η μορφή της μάσκας στα φίλτρα ανάδειξης ακμών είναι όπως το διπλανό σχήμα
 - ◇ Είτε η τιμή του κεντρικού pixel θετική και των γειτονικών αρνητική είτε το αντίστροφο
 - ◇ Το άθροισμα των συντελεστών =0

0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-8	1
0	1	0	1	1	1
0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

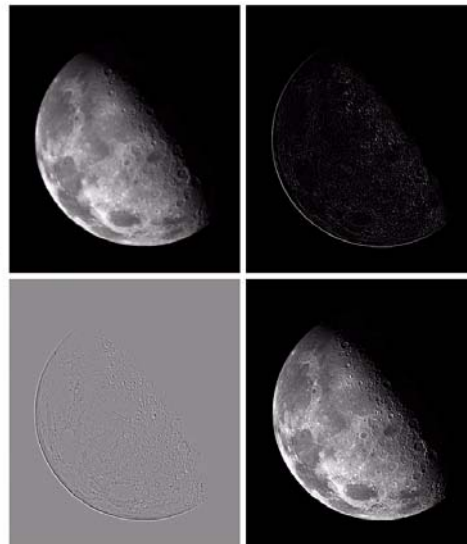
FIGURE 3.39
 (a) Filter mask used to implement the digital Laplacian, as defined in Eq. (3.7-4).
 (b) Mask used to implement an extension of this equation that includes the diagonal neighbors. (c) and (d) Two other implementations of the Laplacian.

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Ανάδειξης Ακμών (II)



FIGURE 3.40
 (a) Image of the North Pole of the moon.
 (b) Laplacian-filtered image.
 (c) Laplacian image scaled for display purposes.
 (d) Image enhanced by using Eq. (3.7-5). (Original image courtesy of NASA.)



- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Ανάδειξης Ακμών (III)



- ◇ Τα κλασσικά φίλτρα ανάδειξης ακμών λόγω της μορφής τους (άθροισμα συντελεστών = 0) καταστρέφουν τις ομοιόμορφες περιοχές
- ◇ Αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος επιτυγχάνεται με την επονομαζόμενη τεχνική high-boost filtering
 - ◇ Το άθροισμα των συντελεστών της μάσκας είναι ίσο με A
 - ◇ Για A=1 οι ομοιόμορφες περιοχές της εικόνας διατηρούν την τιμή τους

0	-1	0
-1	A + 4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	A + 8	-1
-1	-1	-1

FIGURE 3.42 The high-boost filtering technique can be implemented with either one of these masks, with $A \geq 1$.

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Ανάδειξης Ακμών (IV)



0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

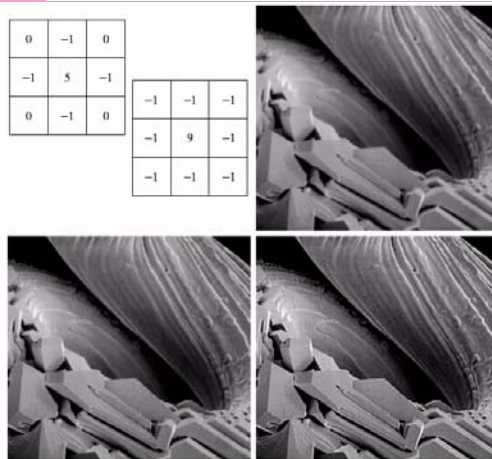


FIGURE 3.41 (a) Composite Laplacian mask, (b) A second composite mask, (c) Scanning electron microscope image, (d) and (e) Results of filtering with the masks in (a) and (b), respectively. Note how much sharper (e) is than (d). (Original image courtesy of Mr. Michael Shaffer, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene.)

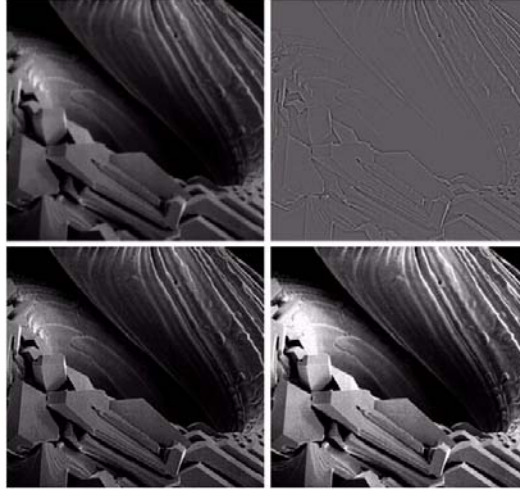
- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φίλτράρισμα

Φίλτρα Ανάδειξης Ακμών (V)



a b
c d

FIGURE 3.43
(a) Same as Fig. 3.41(c), but darker.
(b) Laplacian of (a) computed with the mask in Fig. 3.42(b) using $A = 0$.
(c) Laplacian enhanced image using the mask in Fig. 3.42(b) with $A = 1$. (d) Same as (c), but using $A = 1.7$.



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φίλτράρισμα

Φίλτρα Παραγώγων



- ◇ Τα φίλτρα παραγώγων είναι στην πραγματικότητα ειδικές μορφές φίλτρων ανάδειξης ακμών.
- ◇ Προσπαθούν να υπολογίσουν τις παραγώγους της φωτεινότητας στη κάθετη και την οριζόντια διεύθυνση της εικόνας
- ◇ Υπάρχουν διάφορες μάσκες για την προσέγγιση της τιμής της παραγώγου. Μερικές από αυτές φαίνονται στο διπλανό σχήμα
 - ◇ Στη Matlab για υλοποίηση και χρήση των παραγώγων για εύρεση ακμών χρησιμοποιείται η εντολή **edge**

a
b c
d e

FIGURE 3.44
A 3×3 region of an image (the z 's are gray-level values) and masks used to compute the gradient at point labeled z_5 . All masks coefficients sum to zero, as expected of a derivative operator.

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

-1	0	0	-1
0	1	1	0

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Παραγώγων (II)

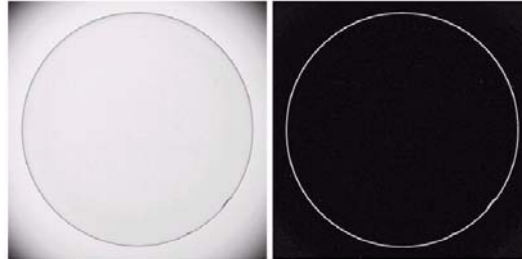


FIGURE 3.45
Optical image of contact lens (note defects on the boundary at 4 and 5 o'clock). (b) Sobel gradient. (Original image courtesy of Mr. Pete Sites, Perceptics Corporation.)

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κραντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Φίλτρα Παραγώγων (III)

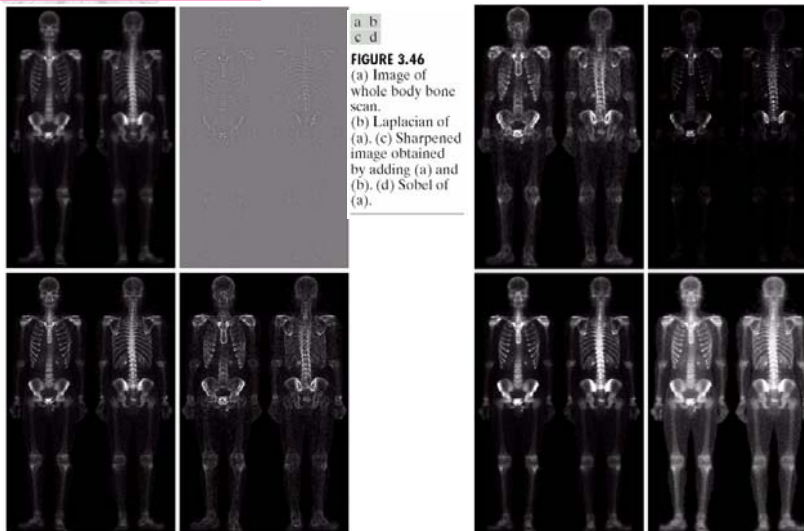


FIGURE 3.46
(a) Image of whole body bone scan. (b) Laplacian of (a). (c) Sharpened image obtained by adding (a) and (b). (d) Sobel of (a).

FIGURE 3.46 (Continued)
(e) Sobel image smoothed with a 5×5 averaging filter. (f) Mask image formed by the product of (c) and (e). (g) Sharpened image obtained by the sum of (a) and (f). (h) Final result obtained by applying a power-law transformation to (g). Compare (g) and (h) with (a). (Original image courtesy of G.E. Medical Systems.)

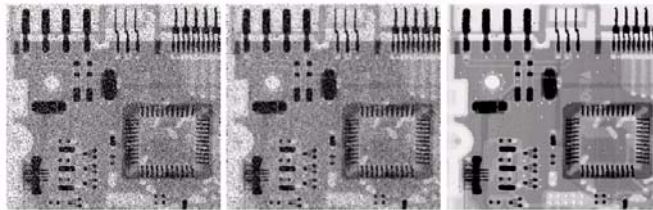
Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Μη γραμμικά φίλτρα



- ◇ Τα μη γραμμικά φίλτρα ή φίλτρα διάταξης χρησιμοποιούνται τόσο για εξομάλυνση όσο και για ανάδειξη ακμών και εκτίμηση παραγώγων
- ◇ Η βασική διαδικασία που εφαρμόζεται είναι
 1. Ταξινόμηση των τιμών φωτεινότητας στη γειτονιά του pixel με αύξουσα σειρά
 2. Αντικατάσταση της τιμής φωτεινότητας του pixel από τη ν-στη στη διάταξη τιμή φωτεινότητας (επιλογή της ενδιάμεσης τιμής οδηγεί στα πολύ γνωστά median filters)
 3. Εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας για όλα τα pixel της εικόνας



a b c

FIGURE 3.37 (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a 3×3 averaging mask. (c) Noise reduction with a 3×3 median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Στοιχεία Οπτικής Αντίληψης
- Σύλληψη Εικόνας
- Δειγματοληψία και Κβαντισμός
- Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας
- Συσχετισμοί ανάμεσα σε pixels
- * Χωρικό Φιλτράρισμα

Σύνοψη



- ◇ Το υλικό που παρουσιάστηκε σε αυτή την ενότητα αποτελεί τη βάση για τις επόμενες ενότητες
 - ◇ Η εξέταση της οπτικής αντίληψης των ανθρώπων μας παρέχει τα βασικά στοιχεία όσον αφορά τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του ματιού, καθώς και στη συμπεριφορά του κατά την «ανάγνωση» εικόνων.
 - ◇ Η εξέταση των μεθοδολογιών σύλληψη εικόνας εξηγεί την αναγκαιότητα καταγραφής εικόνων και στο μη οπτικό φάσμα.
 - ◇ Η δειγματοληψία και ο κβαντισμός εικόνων αποτελούν τα βασικά εφόδια για την κατανόηση των τεχνικών και προτύπων συμπίεσης εικόνων και βίντεο. Είναι επίσης κρίσιμα στη κατανόηση τεχνικών βελτίωσης ποιότητας εικόνας στο πεδίο της συχνότητας
 - ◇ Οι ορισμοί των συσχετίσεων μεταξύ των pixel χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη βελτίωση ποιότητας εικόνας στο πεδίο του χώρου
 - ◇ Το χωρικό φιλτράρισμα είναι το πρώτο στάδιο για την ανάλυση εικόνων. Η εξαγωγή χαρακτηριστικών έπεται

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis