



ΚΕΣ 03 – Αναγνώριση Προτύπων και Ανάλυση Εικόνας



Κατάτμηση εικόνας σε ομοιόμορφες περιοχές

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας
Τηλεπικοινωνιών

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Περιεχόμενα – Βιβλιογραφία



→ Περιεχόμενα Ενότητας

- ♦ Εισαγωγή
- ♦ Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- ♦ Ανάπτυξη περιοχών (region growing)
- ♦ Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

→ Βιβλιογραφία:

- ♦ Παπαμάρκος [2005]: Κεφάλαιο 4
- ♦ Πήτας [1999]: Κεφάλαιο 11
- ♦ Gonzales [2002]: Chapter 10
- ♦ Gonzales [2004]: Chapter 10

- ★ Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Εισαγωγή



→ Ορισμός κατάτμησης:

Κατάτμηση εικόνας ονομάζουμε τη διαδικασία κατά την οποία μια εικόνα διαχωρίζεται σε ομοιόμορφες ως προς κάποιο κριτήριο περιοχές οι οποίες είναι επιθυμητό να αντιστοιχούν σε αντικείμενα

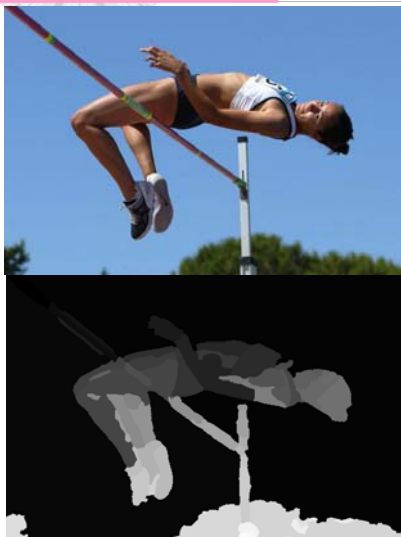
→ Χρησιμότητα διαδικασίας κατάτμησης:

- ♦ Αποτελεί σύνηθες προστάδιο ανάλυσης εικόνων και σε πολλές περιπτώσεις η επιτυχία της κατάτμησης καθορίζει και τη γενικότερη επιτυχία της περαιτέρω ανάλυσης
- ♦ Η περιγραφή αντικειμένων με βάση είτε το περίγραμμα είτε την περιοχή τους απαιτεί τον εντοπισμό τους. Οι μεθοδολογίες εντοπισμού αντικειμένων με βάση τις ακμές είναι συνήθως μη αποτελεσματικές (ή στην καλύτερη περίπτωση χρειάζονται πολλά βήματα μετεπεξεργασίας για να οδηγήσουν σε αντικείμενα)

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Παράδειγμα κατάτμησης



- **Πάνω αριστερά:** αρχική εικόνα
- **Αριστερά:** Αποτέλεσμα κατάτμησης. Κάθε ομοιόμορφη περιοχή περιγράφεται από ένα ακέραιο αριθμό (όλα τα ριξεί της περιοχής έχουν την τιμή αυτή)
- **Πάνω:** Απεικόνιση των ορίων των περιοχών επί της αρχικής εικόνας για καλύτερη επισκόπηση

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- ★ Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Επιθυμητές ιδιότητες αποτελέσματος κατάτμησης



- Η περιοχές που διαχωρίζει να είναι ομοιόμορφες και ομογενείς ως προς κάποιο χαρακτηριστικό όπως:
 - ◆ Χρώμα
 - ◆ Απόχρωση του γκρι
- Το εσωτερικό των περιοχών πρέπει να είναι απλό χωρίς πολλές οπές
- Γειτονικές περιοχές πρέπει να έχουν σαφώς διαφορετικές τιμές για το χαρακτηριστικό με το οποίο έγινε ο διαχωρισμός
- Τα όρια των περιοχών πρέπει να είναι απλά, ακριβή και όχι απότομα

- Εισαγωγή
- ★ Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

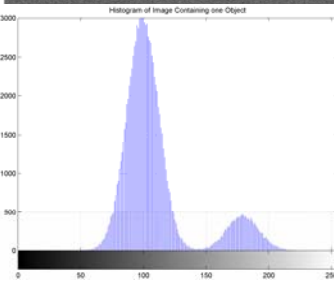
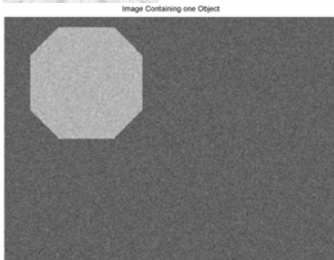
Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση



- Για κατάτμηση εικόνων στις οποίες υπάρχουν δυο βασικές περιοχές (αντικείμενο – φόντο, όπως για παράδειγμα γράμματα - σελίδα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαχωρισμός με τη χρήση κατωφλίου:
 - ◆ Pixels τα οποία έχουν τιμή φωτεινότητας μικρότερη (μεγαλύτερη) από το κατώφλι θεωρούνται ως pixels που ανήκουν στο αντικείμενο. Τα υπόλοιπα θεωρούνται pixels που ανήκουν στο φόντο.
- Για κατάτμηση εικόνων με N αντικείμενα (με διακεκριμένες τιμές φωτεινότητας ή χρώματος) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε $N-1$ σε μια τεχνική γνωστή ως πολυκατωφλίωση.

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Κατάτμηση με κατωφλίωση



Βασική ιδέα:

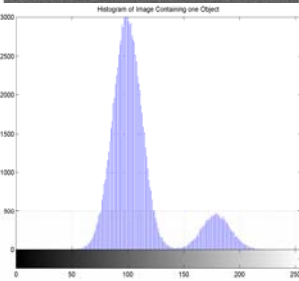
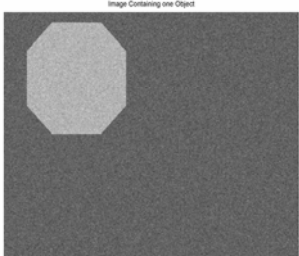
- Τα αντικείμενα (ή οι διακεκριμένες περιοχές) σε μια εικόνα χαρακτηρίζονται από ένα σχετικά ομοιόμορφο χρώμα (ή τιμή φωτεινότητας)
- Κάθε αντικείμενο με σχετικά μεγάλο μέγεθος δημιουργεί μια κατανομή ριxel στο ιστόγραμμα της εικόνας γύρω από τη μέση τιμή φωτεινότητας του (μ_0).
- Αν σ_0 είναι η τυπική απόκλιση φωτεινότητας από τη μέση φωτεινότητα του αντικειμένου τότε η περιοχή που καλύπτει το αντικείμενο μπορεί να προσεγγιστεί από την περιοχή με τιμή =1 της δυαδικής εικόνας $b(x,y)$.

$$b(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{αν } \mu_0 - 3 * \sigma_0 < f(x,y) < \mu_0 + 3 * \sigma_0 \\ 0 & \text{αλλιού} \end{cases}$$

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Ολική κατωφλίωση



Αν η εικόνα μας περιέχει ένα μόνο αντικείμενο σε σχετικά ομοιόμορφο φόντο (background) τότε αρκεί να βρούμε μια τιμή κατωφλίου T για την οποία θα ισχύει ότι αν $f(x,y) > T$ τότε το ρixel με συντεταγμένες (x,y) ανήκει στο αντικείμενο, αλλιώς ανήκει στο φόντο

- Έχει γίνει η υπόθεση ότι το αντικείμενο είναι φωτεινότερο από το φόντο. Αν ισχύει το αντίστροφο τότε αν $f(x,y) < T$ τότε το ρixel με συντεταγμένες (x,y) ανήκει στο αντικείμενο, αλλιώς ανήκει στο φόντο.

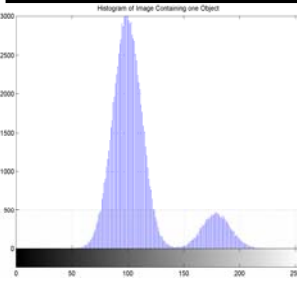
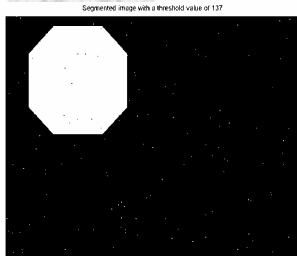
Από το ιστόγραμμα της διπλανής εικόνας προκύπτει ότι:

- Η μεγάλη κατανομή ριxel αντιστοιχεί στο φόντο – περισσότερα ριxel ανήκουν στο φόντο,
- Το αντικείμενο είναι φωτεινότερο από το φόντο (μέση φωτεινότητα του αντικειμένου περίπου ίση με 180 ενώ μέση φωτεινότητα του φόντου περίπου ίση με 100)
- Κατάλληλες επιλογές για το κατώφλι T είναι τιμές φωτεινότητας που βρίσκονται ανάμεσα τις δύο κατανομές

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Ολική κατωφλίωση (II)



Ολική κατωφλίωση είναι η εφαρμογή της ίδιας τιμής κατωφλίου T σε όλη την εικόνα.

- Στη διπλανή εικόνα φαίνεται το αποτέλεσμα ολικής κατωφλίωσης με τιμή κατωφλίου $T = 137$. Η τιμή αυτή βρίσκεται ενδιάμεσα των μέσων τιμών φωτεινότητας για το αντικείμενο (180) και το φόντο (100).
- Ορισμένα ριχεί που έχουν επηρεαστεί από θόρυβο έχουν ταξινομηθεί εσφαλμένα (άσπρες κουκκίδες στο φόντο και μαύρες κουκκίδες στο αντικείμενο)
- Τα παραπάνω ριχεί μπορούν εύκολα να «διορθωθούν» δεδομένου ότι έχουν διαφορετική τιμή από τη «γειτονία» του με την εφαρμογή βαθυπερατού φίλτραρισματος

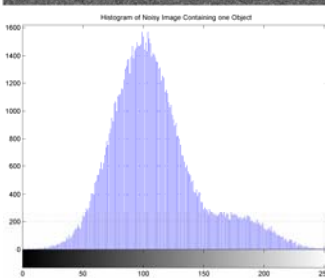
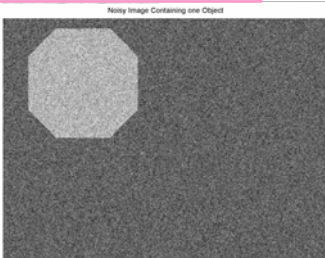
Σε σχέση με την ολική κατωφλίωση πρέπει να σημειωθεί ότι:

- Εφαρμόζεται δύσκολα σε εικόνες με περισσότερα του ενός αντικείμενα.
- Για να έχει αποτέλεσμα πρέπει να γνωρίζουμε εκ των προτέρων αν το αντικείμενο είναι πιο φωτεινό από το φόντο ή το αντίστροφο

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Τοπική κατωφλίωση



Όταν η εικόνα έχει επηρεαστεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό από θόρυβο η αποτελεσματικότητα της ολικής κατωφλίωσης είναι μικρή.

Όπως φαίνεται στο ιστόγραμμα της διπλανής εικόνας είναι δύσκολο να ξεχωρίσεις τις κατανομές αντικειμένου και φόντου. Κατά συνέπεια είναι δύσκολη η εκτίμηση της τιμής του κατωφλίου

Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται τοπική κατωφλίωση:

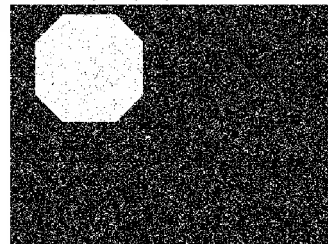
- Το κατώφλι T δεν είναι ίδιο για όλη την εικόνα αλλά αλλάζει ανάλογα με την περιοχή (επομένως $T = T(x,y)$):

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{αν } f(x, y) \geq T(x, y) \\ 0 & \text{αν } f(x, y) < T(x, y) \end{cases}$$

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

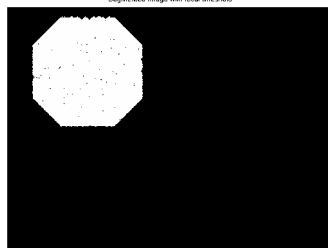
- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Τοπική κατωφλίωση (II)



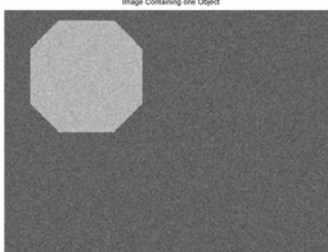
Οι δίπλα εικόνες δείχνουν το αποτέλεσμα της:

- Εφαρμογής ολικής κατωφλίωσης με κατώφλι $T=128$ (πάνω εικόνα)
- Εφαρμογή τοπικής κατωφλίωσης με κατώφλι $T = T(x,y)$ το οποίο υπολογίζεται με βάση τα στατιστικά της εικόνας σε μια γειτονιά της εικόνας (κάτω αριστερά εικόνα)
- Είναι φανερό ότι τα αποτελέσματα της χρήσης τοπικής κατωφλίωσης είναι σαφώς καλύτερα με δεδομένο ότι τα pixels τα οποία έχουν ταξινομηθούν εσφαλμένα μπορούν εύκολα να διορθωθούν με βαθυπερατό φιλτράρισμα (κάτω δεξιά εικόνα)



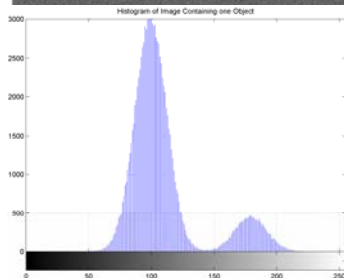
- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Η μέθοδος Otsu για την εύρεση του βέλτιστου ολικού κατωφλίου



Βασική υπόθεση:

- Το ιστόγραμμα της εικόνας παρουσιάζει τουλάχιστον διτροπική (bimodal) μορφή (αποτελείται δηλαδή από δύο τουλάχιστον κορυφές)
- Οι δύο κορυφές θεωρούνται ως δυο κατανομές πιθανότητας. Επιλέγεται το ολικό κατώφλι T ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εσφαλμένης ταξινόμησης των pixel εντός των δύο κλάσεων
- Το κριτήριο Otsu μεγιστοποιεί την απόσταση ανάμεσα στη μέση φωτεινότητα των δύο περιοχών (ζυγισμένη με την πιθανότητα της κάθε κατηγορίας)



- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση



FEATURE-PACKED CONTROLLER THE JACKRABBIT™

Gain high-performance control at minimal cost. This compact, single-board computer is feature loaded. Powerful Dynamic C* software - an integrated compiler, editor, and debugger - speeds development, and is included in the Development Kit.

- C-programmable
- Fast clock to 22MHz
- 8 timers & watchdog
- 40+ I/O includes digital I/O, RS-232-C serial ports, A/D & D/A converters and high-voltage outputs
- Only 3.5" x 2.5" in size

Order online @ www.zworld.com or call toll free **888.362.3387**

DEV KIT ONLY \$139

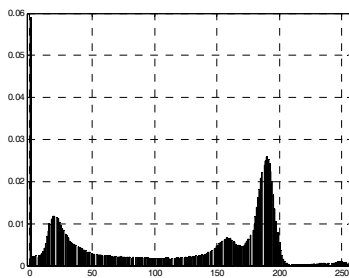
Everything You Need to Start Development!

- JackRabbit™ single-board computer
- Programming board
- Complete Dynamic C* software
- Power supply
- Development system on CD-ROM
- PC serial cable

2900 Spaulford Street, Davis, CA 95618 USA
Tel: 530.753.5141 Fax: 530.753.5141

Βασική ιδέα:

- Επέκταση της μεθόδου της ολικής κατωφλίωσης με χρήση N-1 κατωφλίων ώστε να διαχωρίζονται N περιοχές.
- Κάθε αντικείμενο με σχετικά μεγάλο μέγεθος δημιουργεί μια κατανομή ρίξει στο ιστόγραμμα της εικόνας γύρω από τη μέση τιμή φωτεινότητας του (μ_i).



Τα κατώφλια (T_1, T_2, \dots, T_{N-1}) πρέπει να τοποθετηθούν ενδιάμεσα στις επιμέρους κατανομές:

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \leq T_1 \\ 2 & T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ \dots & \dots \\ N & T_{N-1} < f(x, y) \end{cases}$$

© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση (II)



FEATURE-PACKED CONTROLLER THE JACKRABBIT™

Gain high-performance control at minimal cost. This compact, single-board computer is feature loaded. Powerful Dynamic C* software - an integrated compiler, editor, and debugger - speeds development, and is included in the Development Kit.

- C-programmable
- Fast clock to 22MHz
- 8 timers & watchdog
- 40+ I/O includes digital I/O, RS-232-C serial ports, A/D & D/A converters and high-voltage outputs
- Only 3.5" x 2.5" in size

Order online @ www.zworld.com or call toll free **888.362.3387**

DEV KIT ONLY \$139

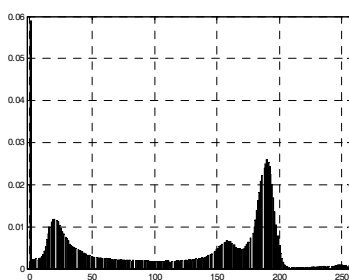
Everything You Need to Start Development!

- JackRabbit™ single-board computer
- Programming board
- Complete Dynamic C* software
- Power supply
- Development system on CD-ROM
- PC serial cable

2900 Spaulford Street, Davis, CA 95618 USA
Tel: 530.753.5141 Fax: 530.753.5141

Ένα από τα βασικά προβλήματα στη μέθοδο της πολυκατωφλίωσης είναι η εκτίμηση του αριθμού των ομοιόμορφων περιοχών (N):

- Η πλειονότητα των μεθόδων πολυκατωφλίωσης εφαρμόζονται θεωρώντας δεδομένο το N.
- Μια δημοφιλής τεχνική για την εκτίμηση του αριθμού N είναι η προσπάθεια μοντελοποίησης του ιστογράμματος της εικόνας με κυμαινόμενο αριθμό Γκαουσιανών κατανομών
- Το πλήθος των κατανομών που αθροιζόμενες μας δίνουν την καλύτερη προσέγγιση στο ιστόγραμμα δίνει και τον ζητούμενο αριθμό N.
- Η μέθοδος αυτή είναι σχετικά περίπλοκη υπολογιστικά



© 2007 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Ανάπτυξη περιοχών



- Η ανάπτυξη περιοχών είναι μια τεχνική κατάτμησης η οποία βασίζεται στην συνένωση παρομοίων περιοχών $R1$, $R2$ εφόσον πληρείται μια συνθήκη ομοιότητας:
 - ♦ $D(f(R1), f(R2)) < T$
 - $f(x)$ = μια συνάρτηση της μεταβλητής x
- Η διαδικασία ξεκινά από ορισμένες περιοχές οι οποίες έχουν υπολογιστεί αρχικά ως ομοιόμορφες
 - ♦ Οι περιοχές αυτές ονομάζονται περιοχές «σπόροι» (seed areas)
 - ♦ Κάθε περιοχή αυξάνεται μέχρι έως όπου δεν πληρείται η συνθήκη ομοιότητας

- Εισαγωγή
- Κατάτμηση με πολυκατωφλίωση
- Ανάπτυξη περιοχών
- Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση

Κατάτμηση με διαίρεση και ένωση



- Η εικόνα μας διαιρείται σε τέσσερα τεταρτημόρια
 - ♦ Αν για κάποιο από τα τεταρτημόρια δεν πληρείται η συνθήκη ομοιότητας αυτό διασπάται σε τέσσερα και επαναλαμβάνεται η όλη διαδικασία
 - ♦ Για κάθε ομοιόμορφο τεταρτημόριο αποδίδεται μια τιμή φωτεινότητας
 - ♦ Τα τεταρτημόρια που αναλύονται περαιτέρω δηλώνονται με λογικό '1'
- Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας διαίρεσης ενεργοποιείται η διαδικασία συνένωσης ομοιόμορφων περιοχών με βάση τις περιοχές που έχουν προκύψει
 - ♦ Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται και για συμπίεση εικόνων (κυρίως δυαδικών ή αποχρώσεων του γκρι) και είναι γνωστή ως κωδικοποίηση Quadtree