



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Γεωχωρικές Τεχνολογίες»

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

Εισηγητής
Αναστάσιος Κεσίδης



Τμηματοποίηση εικόνας

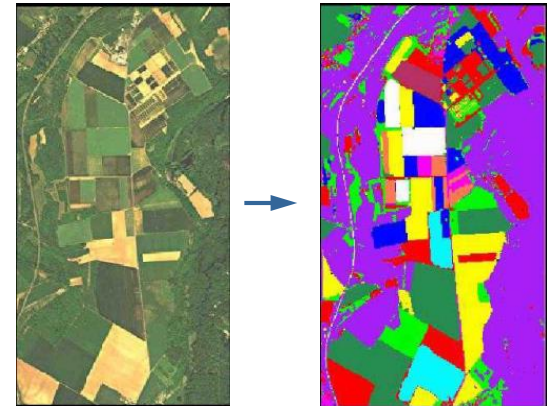
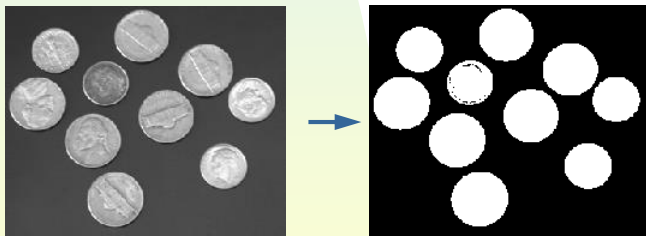
Τμηματοποίηση εικόνας

➤ Γενικά

Διαμερισμός μιας εικόνας σε διακριτές περιοχές ή αντικείμενα με βάση κάποιο χαρακτηριστικό (χρώμα/σχήμα/υφή κα).

Βασικές κατηγορίες μεθόδων:

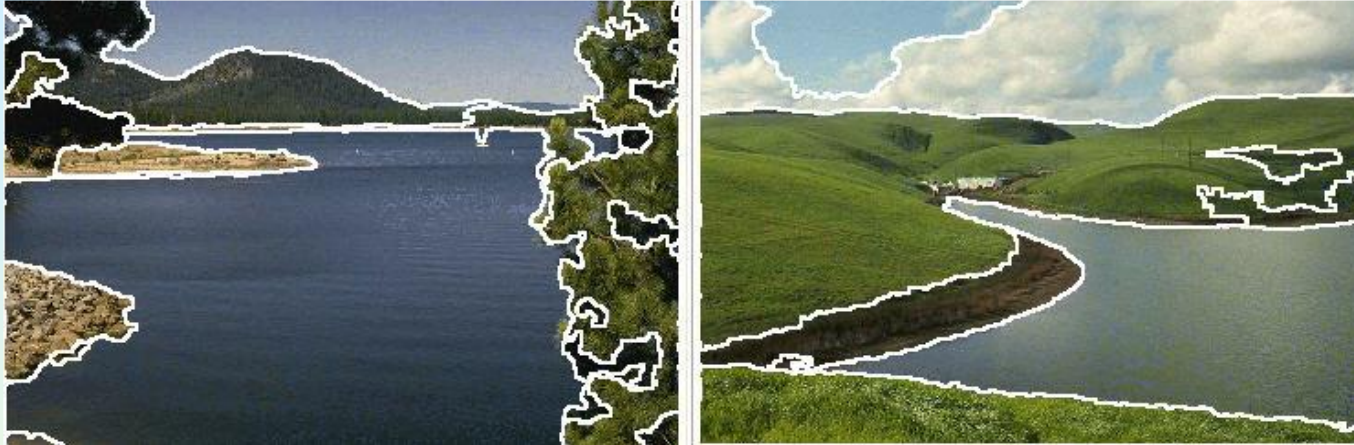
- Μέθοδοι που βασίζονται στην **ασυνέχεια**
- Μέθοδοι που βασίζονται στην **ομοιότητα**



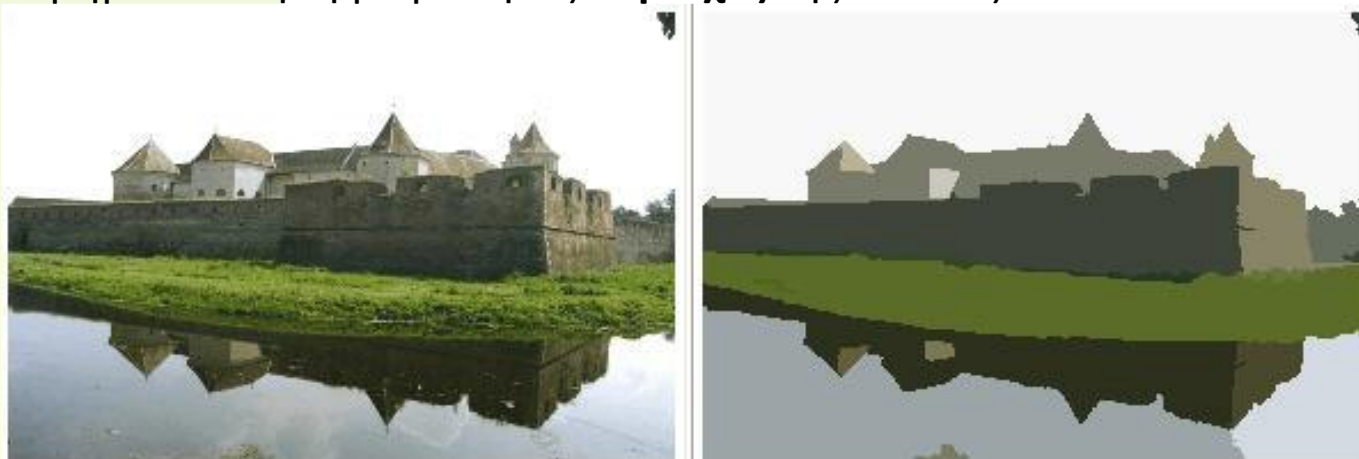
Τμηματοποίηση εικόνας

➤ Παράδειγμα

- Τμηματοποίηση με βάση τις **ακμές** της εικόνας



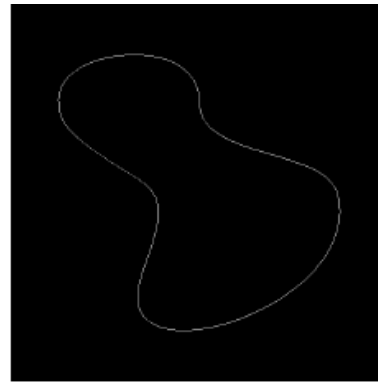
- Τμηματοποίηση με βάση τις **περιοχές** της εικόνας



Τμηματοποίηση εικόνας

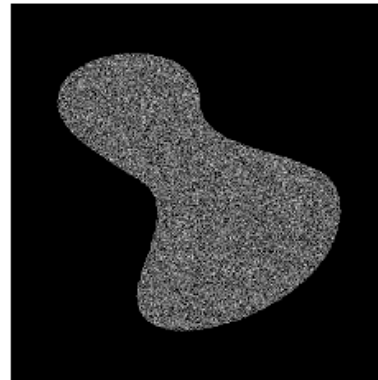
➤ Παράδειγμα

Εικόνα που περιέχει περιοχή σταθερής φωτεινότητας



Τμηματοποίηση με χρήση ακμών

Εικόνα που περιέχει περιοχή με υφή



Τμηματοποίηση με χρήση ακμών

Τμηματοποίηση με βάση ιδιότητες των περιοχών

Κατωφλίωση

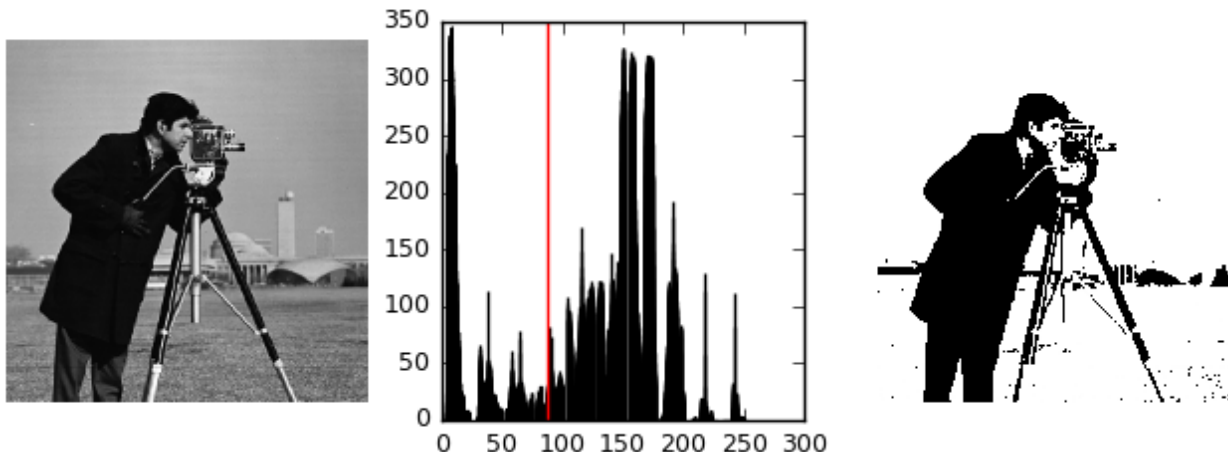
➤ Γενικά

Σε μια grayscale εικόνα τα ριxel με τιμές μεγαλύτερες από κάποιο κατώφλι T ανήκουν σε μια κλάση και τα υπόλοιπα στην άλλη.

- Η επιλογή του κατωφλίου T γίνεται είτε **διαδραστικά** από τον χρήστη είτε με κάποια **μέθοδο κατωφλίωσης** (π.χ. Otsu).

Προβλήματα

- Δεν είναι εξασφαλισμένη η **χωρική συσχέτιση** των τμημάτων που προκύπτουν.
- Είναι ευαίσθητη στην μεταβολή της φωτεινότητας της εικόνας



Ακμές και περιγράμματα

➤ Γενικά

Ακμή ή περίγραμμα (edge) σε μια εικόνα ορίζεται το σύνολο των σημείων της εικόνας, όπου παρατηρείται μία σημαντική αλλαγή της έντασης ή του χρώματος της εικόνας.

➤ Φίλτρα 1ης και 2ης παραγώγου

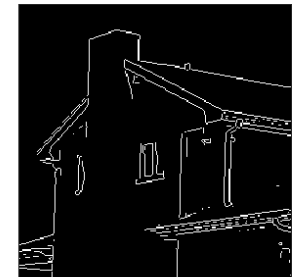
Ανίχνευση ακμών με την 1^η παράγωγο



Original image



Prewitt



Sobel

Ανίχνευση ακμών με την 2^η παράγωγο (Marr-Hildreth)



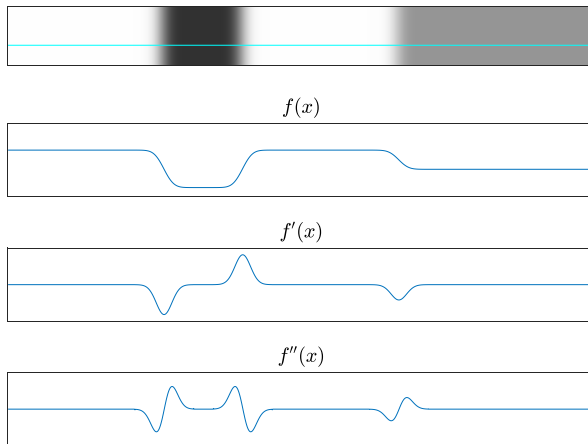
Original image



Laplacian + zero crossing



LoG + zero crossing



Ανάπτυξη περιοχών

➤ Γενικά

Περιοχή εικόνας θεωρείται ένα σύνολο **συνδεδεμένων** pixel τα οποία έχουν **παρόμοιες ιδιότητες**.

Ο εντοπισμός περιοχών είναι σημαντικός καθώς αυτές αντιστοιχούν συχνά σε αντικείμενα (ή τμήματα αντικειμένων) της εικόνας

➤ Region growing

Οι περιοχές ορίζονται ξεκινώντας από κάποια αρχικά σημεία (seeds) στα οποία προστίθενται γειτονικά pixel με παρόμοιες ιδιότητες (χρώμα, φωτεινότητα, υφή, σχήμα).

- Η επιλογή του κριτηρίου ομοιότητας εξαρτάται από το **περιεχόμενο** της εικόνας
- Σε εικόνες με θόρυβο η ανάπτυξη περιοχών πλεονεκτεί σε σχέση με τις τεχνικές βασισμένες στις ακμές.

Ανάπτυξη περιοχών

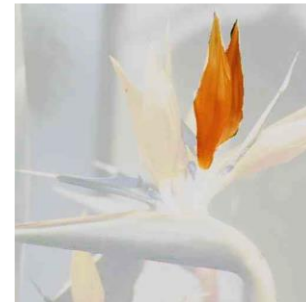
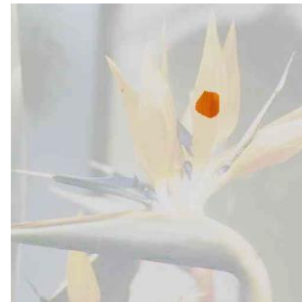
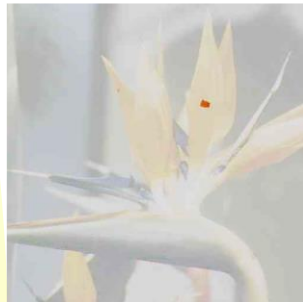
➤ Αλγόριθμος

Καθορισμός των αρχικών σημείων (π.χ με εντοπισμό των connected components της εικόνας και διαδοχικό erosion τους μέχρι να μείνει ένα pixel για κάθε component)

Έλεγχος για κάθε seed εάν υπάρχουν μη ταξινομημένα pixel στην 8-γειτονία του, ή εάν συνορεύει με κάποια άλλη περιοχή

Δύο περιοχές συνενώνονται εάν ικανοποιείται κάποιο κριτήριο.

- Π.χ. $|\mu_1 - \mu_2| < k \cdot \min(\sigma_1, \sigma_2)$
- Όπου μ_i και σ_i η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για κάθε κλάση και k μια σταθερά που δίνεται από τον χρήστη.



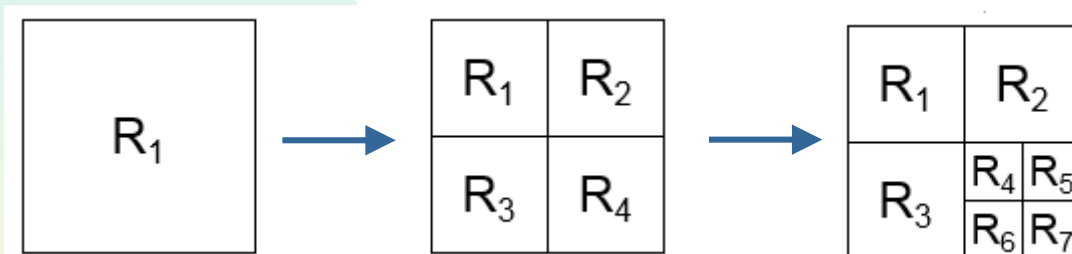
Διαχωρισμός και συνένωση περιοχών

➤ Γενικά

Top-down διαδικασία, αντίθετη του region growing.

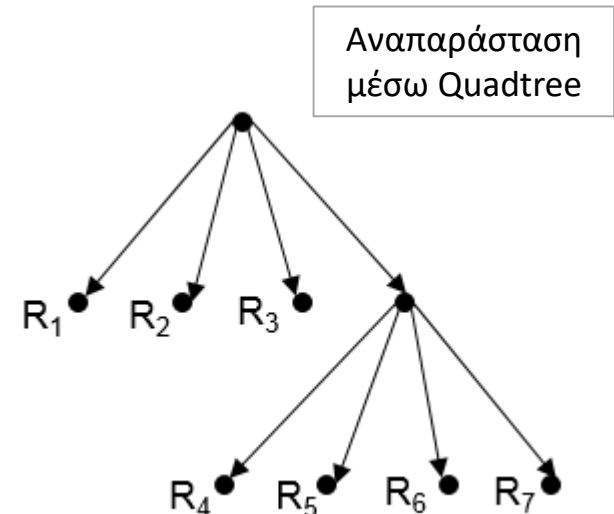
➤ Διαχωρισμός

Επαναληπτική διαίρεση της εικόνας σε μη επικαλυπτόμενες υπο-περιοχές όσο αυτές δεν ικανοποιούν κάποιο κριτήριο **ομοιογένειας**



Πρόβλημα:

Δημιουργία γειτονικών που μπορεί να είναι ομογενείς αλλά δεν είναι ενοποιημένες



Διαχωρισμός και συνένωση περιοχών

➤ Συγχώνευση

Όταν ολοκληρωθεί η υποδιαίρεση της εικόνας σε ομοιογενείς περιοχές τότε συνενώνονται οι **παρακείμενες** περιοχές για τις οποίες το κριτήριο ομοιογένειας ισχύει.



Διαχωρισμός



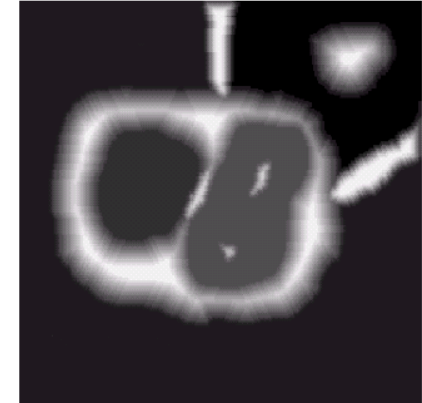
Διαχωρισμός και συνένωση



Αλγόριθμος Watershed

➤ Τοπογραφική περιγραφή της εικόνας

Η εικόνα θεωρείται ως μια **τριδιάστατη τοπογραφική επιφάνεια** με «κοιλιάδες» και «όρη» όπου κάθε pixel κωδικοποιείται ως ένα σημείο επιφάνειας (x, y, h) όπου (x, y) οι συντεταγμένες του σημείου και h η τιμή φωτεινότητας.

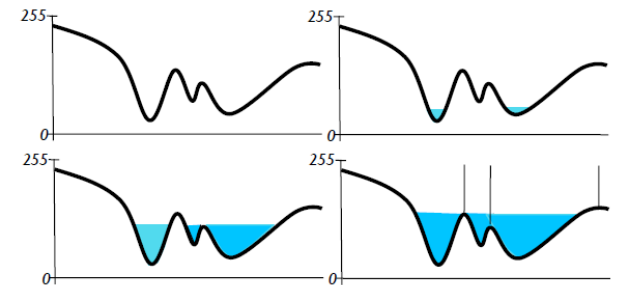


➤ Τύποι σημείων

α) Σημεία που ανήκουν στο **ελάχιστο** μιας περιοχής

β) Σημεία της «**λεκάνης**» όπου μια σταγόνα νερού κυλάει προς κάποιο ελάχιστο

γ) Σημεία όπου εάν τοποθετήσουμε μια σταγόνα τότε αυτή έχει ίση πιθανότητα να κυλήσει σε **περισσότερα από ένα** ελάχιστα.



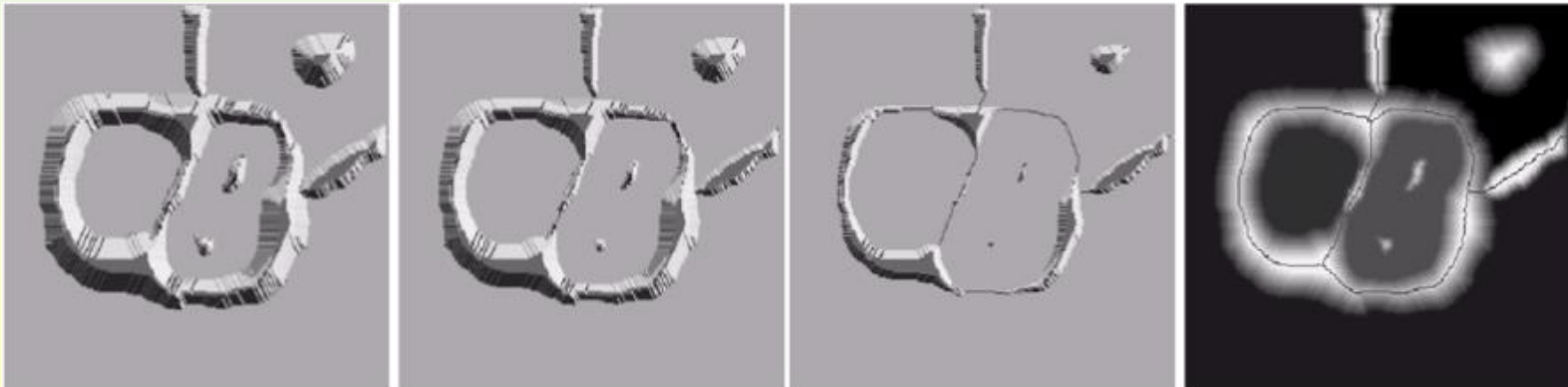
Αλγόριθμος Watershed

➤ Μέθοδος

Η περιοχή εικόνα γεμίζεται με νερό ξεκινώντας από τα τοπικά ελάχιστα.

Καθώς το νερό ανεβαίνει οι διάφορες λεκάνες τείνουν να συνενωθούν. Στα σημεία αυτά προστίθεται κάποιο «φράγμα» προκειμένου να αποτραπεί η συνένωση.

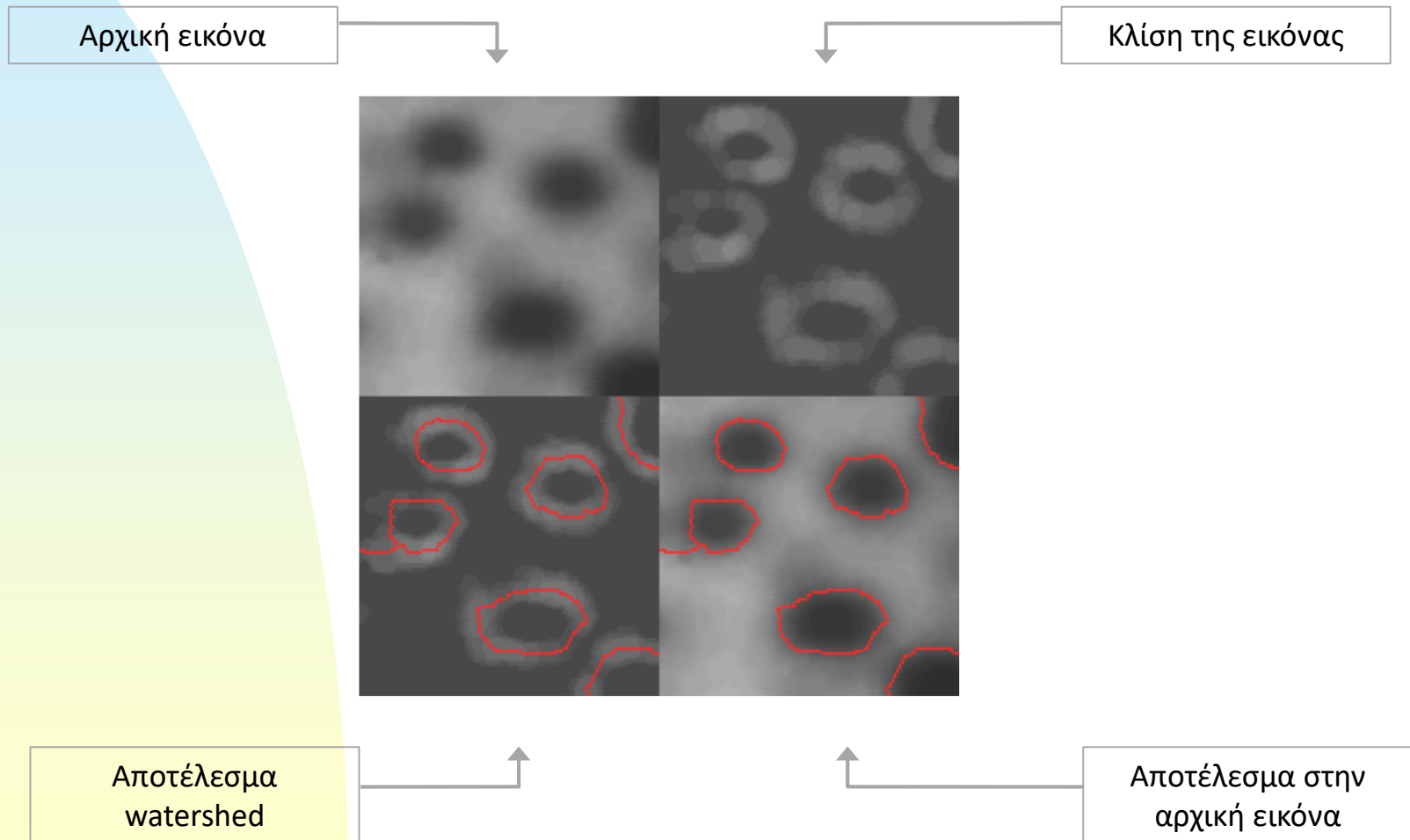
Όταν πλημμυρίσει όλη η περιοχή τότε το σύνολο των φραγμάτων όπως φαίνονται από πάνω αντιστοιχούν στα περιγράμματα των περιοχών της εικόνας.



Αλγόριθμος Watershed

➤ Εφαρμογή

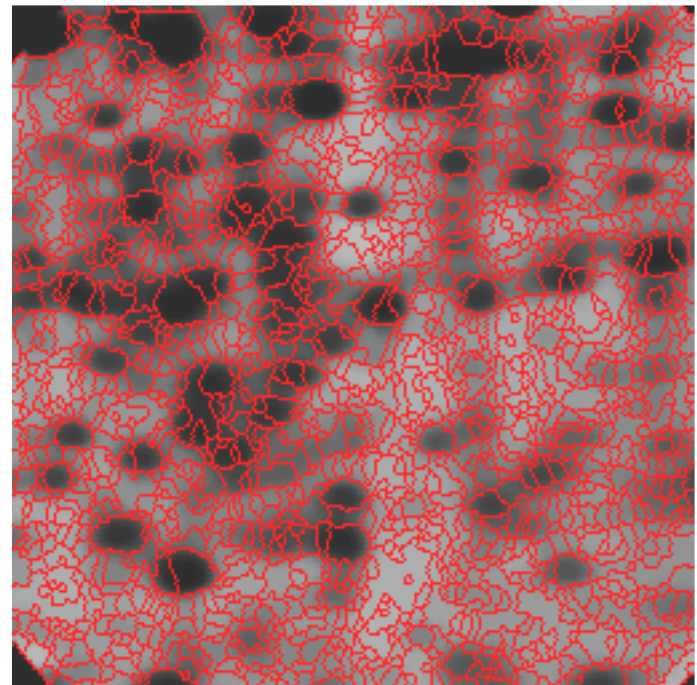
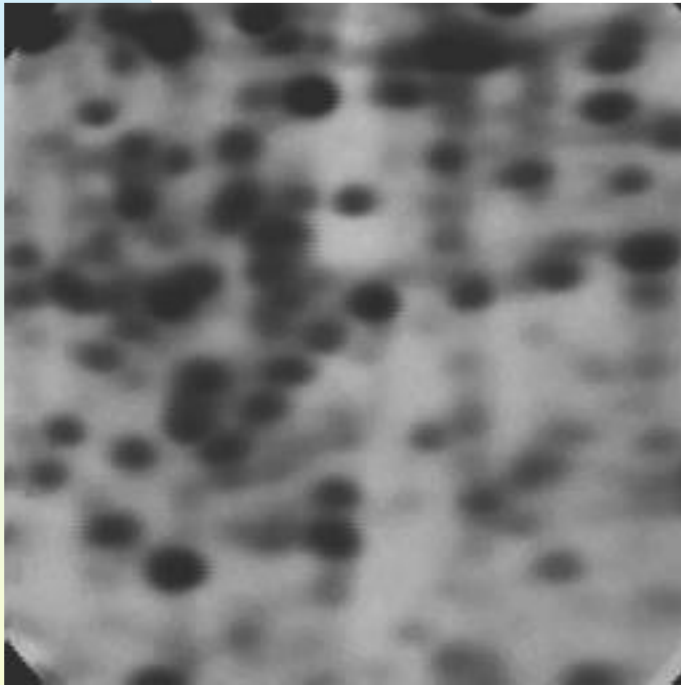
Συχνά η μέθοδος εφαρμόζεται στην κλίση της εικόνας.



Αλγόριθμος Watershed

➤ Πρόβλημα υπερ-τμηματοποίησης

Η ύπαρξη **θορύβου** και άλλων τοπικών ανωμαλιών στην αρχική εικόνα οδηγεί σε **υπερ-τμηματοποίηση** σε πολλές, μικρές περιοχές.



Αλγόριθμος Watershed

➤ Χρήση σημείων σήμανσης (markers)

Στόχος είναι η απόρριψη μικρών, μη σημαντικών τμημάτων και η (αυτόματη) **επιλογή** μόνο των σημαντικών τμημάτων που ικανοποιούν κάποιο κριτήριο.

Η σήμανση μπορεί να γίνει από τον χρήστη ή αυτόματα.

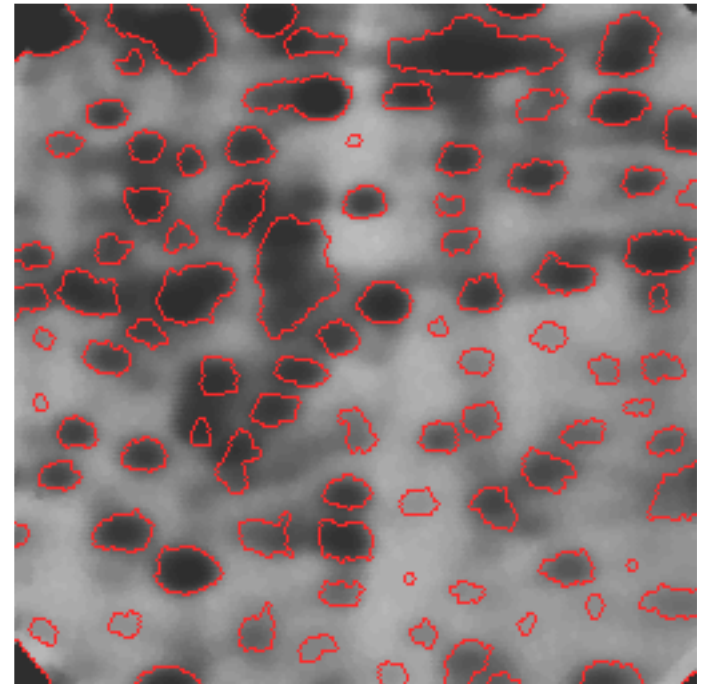
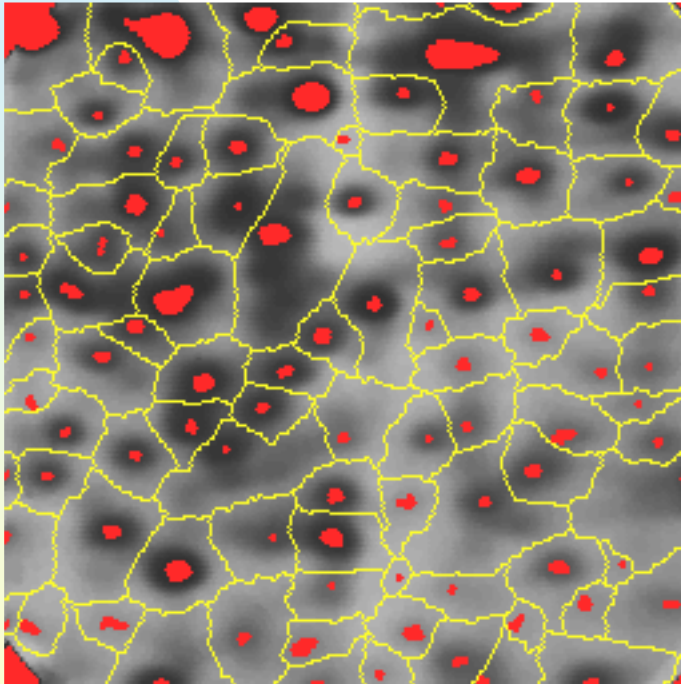
➤ Μέθοδος προσδιορισμού σημείων σήμανσης

- Εφαρμογή φίλτρου **εξομάλυνσης**
- **Κριτήρια** για την χαρακτηρισμό περιοχής ως marker
 - 1) Η περιοχή να **περικλείεται** από σημεία υψηλότερου «υψομέτρου»
 - 2) Τα σημεία της περιοχής ανήκουν σε ένα **connected component**
 - 3) Όλα τα σημεία του connected component έχουν **την ίδια τιμή φωτεινότητας**.

Αλγόριθμος Watershed

- Χρήση σημείων σήμανσης (markers)

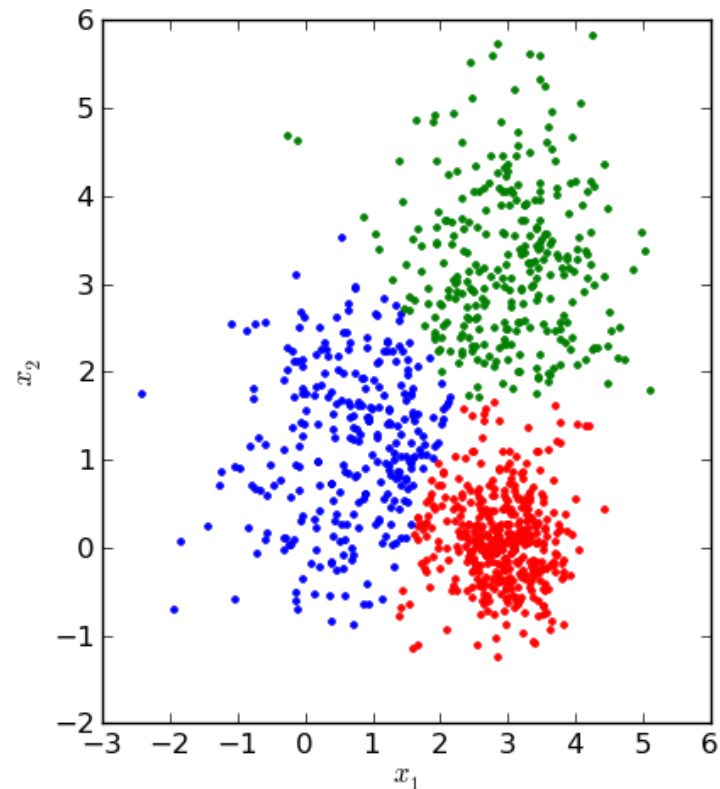
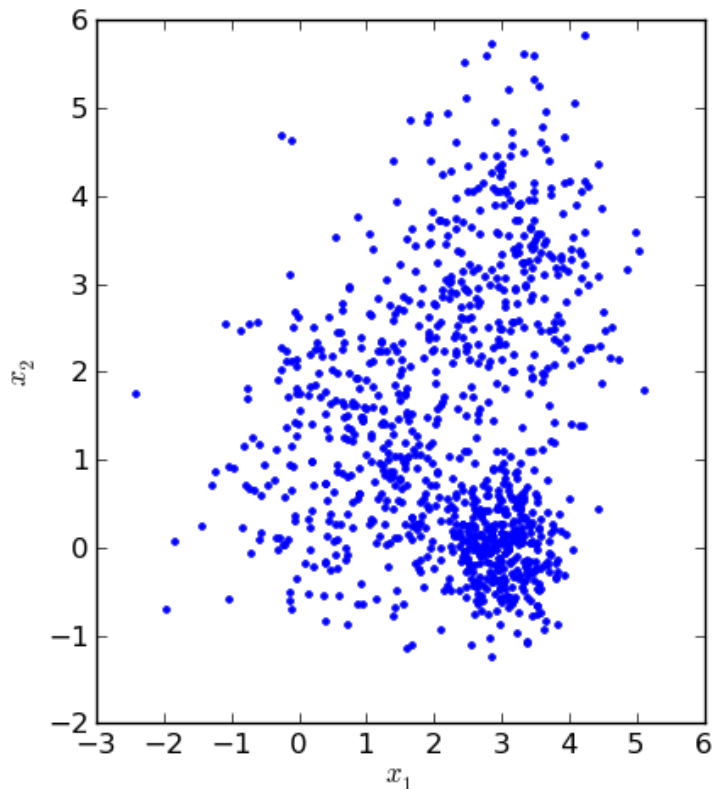
Παράδειγμα



K-means

➤ Γενικά

Μέθοδος ομαδοποίησης των pixel της εικόνας σε κάποιον χώρο δεδομένων (π.χ. χρώμα) με σκοπό την **ελαχιστοποίηση του συνολικού σφάλματος** ομαδοποίησης.



K-means

➤ Μέθοδος

- 1) Επιλογή του **πλήθους K** των επιθυμητών κλάσεων.
- 2) Επιλογή K **αρχικών κέντρων** κλάσεων (συνήθως K τυχαία επιλεγμένα δείγματα)
- 3) Υπολογισμός της **απόστασης** όλων των δειγμάτων από τα K κέντρα των κλάσεων
- 4) Αντιστοίχιση κάθε δείγματος στην **πλησιέστερη** κλάση
- 5) Υπολογισμός των **νέων κέντρων** των κλάσεων με βάση τα δείγματα που ανήκουν σε αυτές
- 6) Επανάληψη των βημάτων 4) και 5) μέχρι να **συγκλίνει** ο αλγόριθμος, δηλαδή, να μην υπάρχει μεταβολή στα κέντρα των κλάσεων

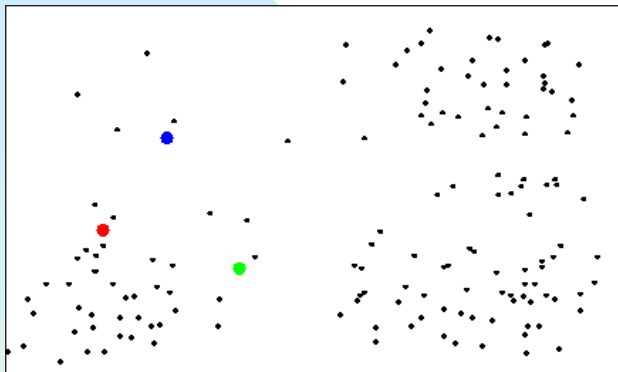
K-means

➤ Μέθοδος

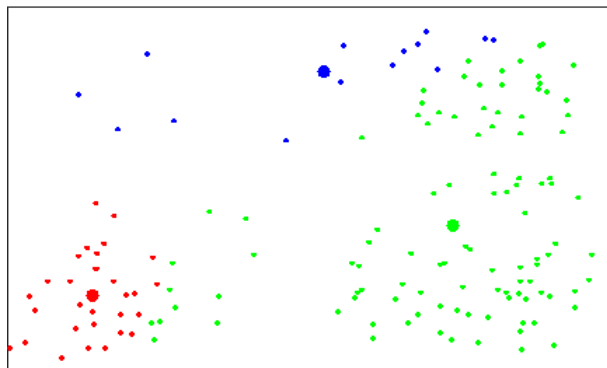
- 1) Επιλογή του **πλήθους K** των επιθυμητών κλάσεων.
- 2) Επιλογή K **αρχικών κέντρων** κλάσεων (συνήθως K τυχαία επιλεγμένα δείγματα)
- 3) Υπολογισμός της **απόστασης** όλων των δειγμάτων από τα K κέντρα των κλάσεων
- 4) Αντιστοίχιση κάθε δείγματος στην **πλησιέστερη** κλάση
- 5) Υπολογισμός των **νέων κέντρων** των κλάσεων με βάση τα δείγματα που ανήκουν σε αυτές
- 6) Επανάληψη των βημάτων 4) και 5) μέχρι να **συγκλίνει** ο αλγόριθμος, δηλαδή, να μην υπάρχει μεταβολή στα κέντρα των κλάσεων

K-means

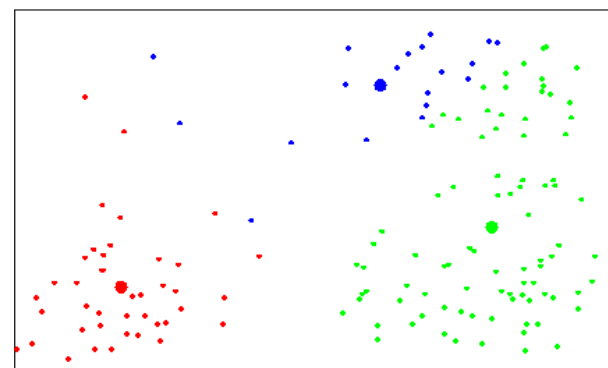
➤ Παράδειγμα



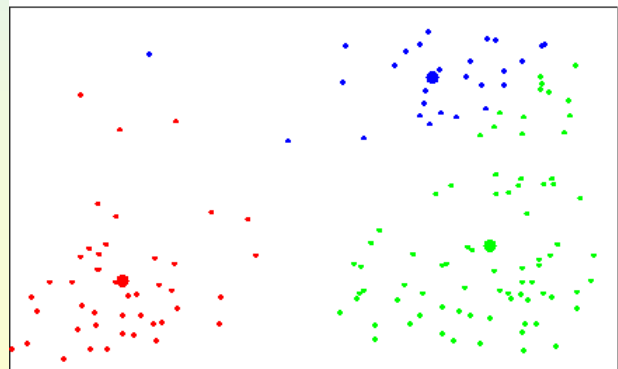
Iteration 1/5



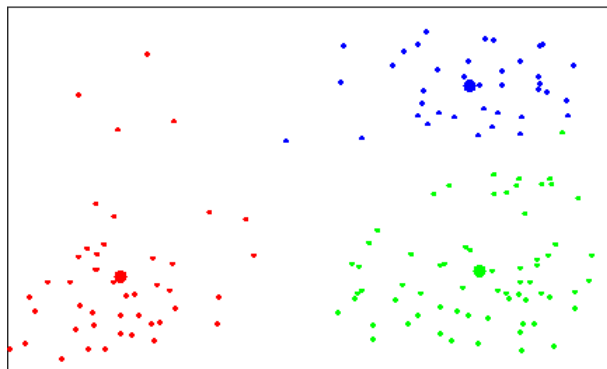
Iteration 2/5



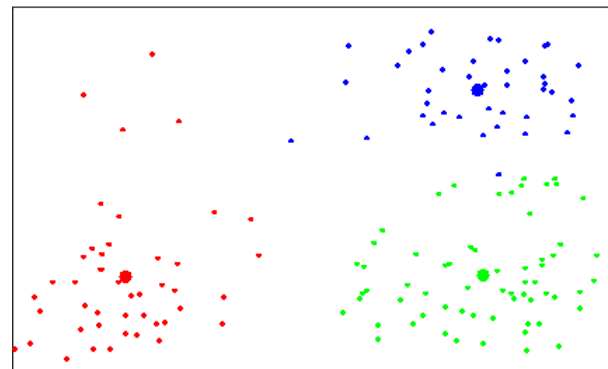
Iteration 3/5



Iteration 4/5



Iteration 5/5

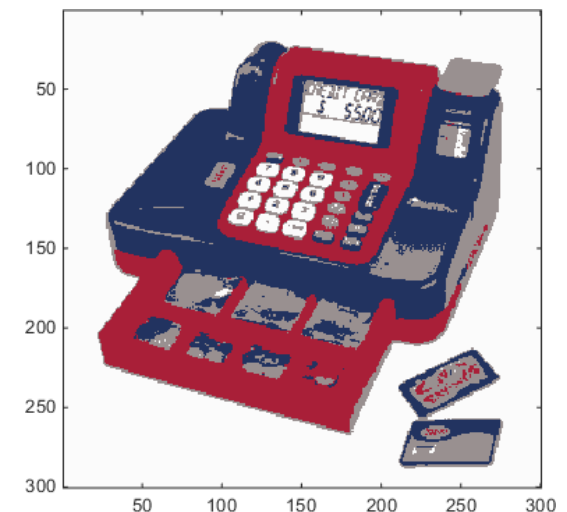
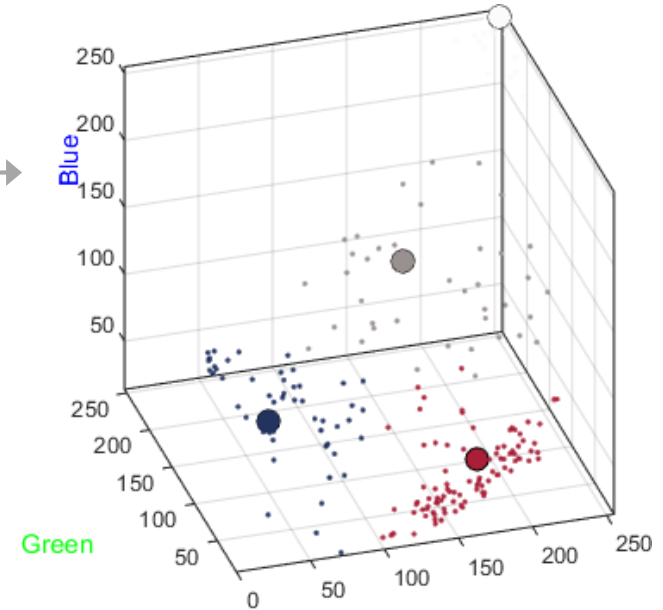


K-means

➤ Παράδειγμα



RGB χρωματικός χώρος



Πιθανά προβλήματα:

- Αρχικοποίηση κέντρων κλάσεων
- Κλάσεις με ένα μέλος
- Κενές κλάσεις

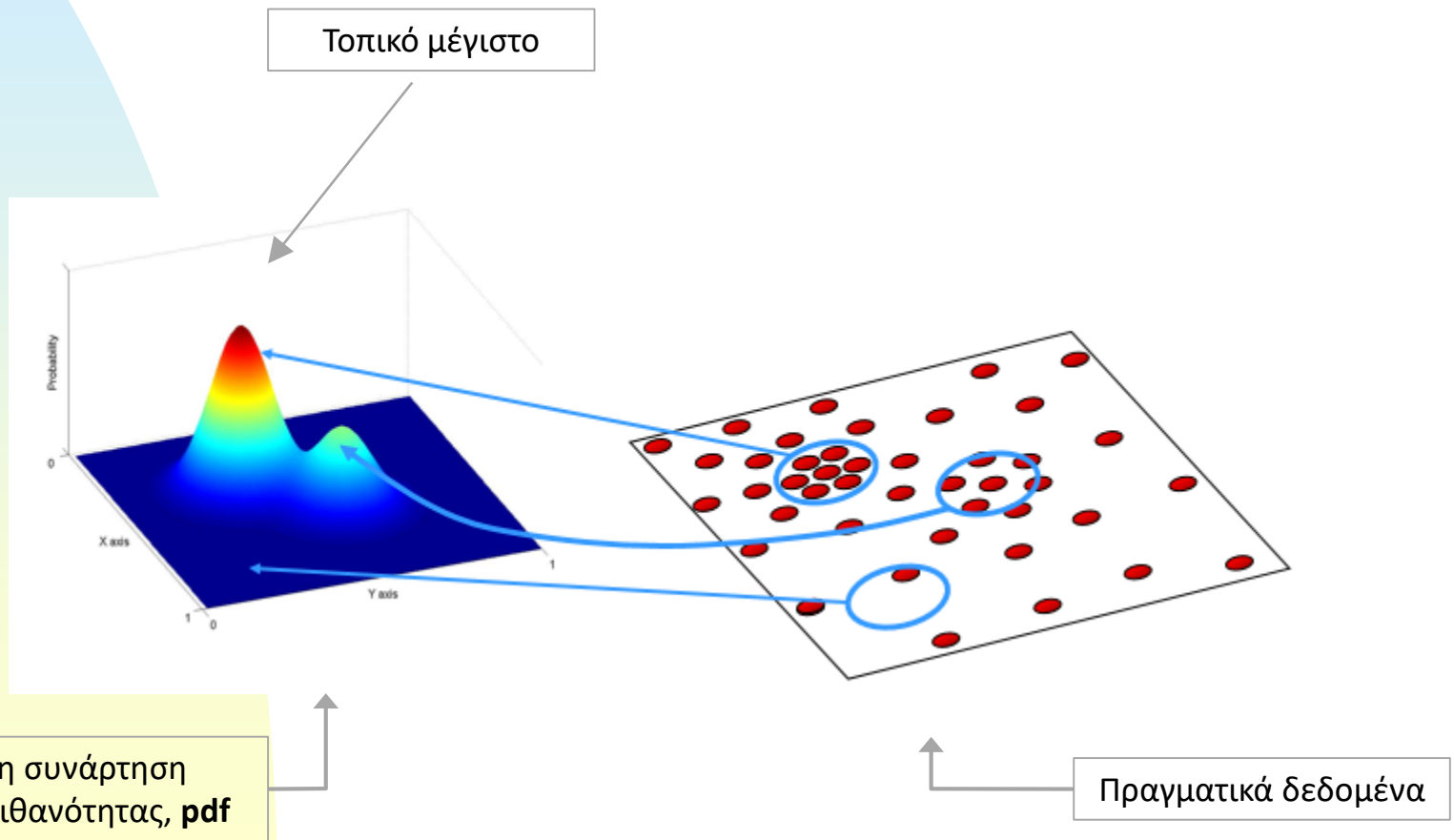
Προτεινόμενες λύσεις:

- Απαλοιφή ακραίων σημείων από το σύνολο των δειγμάτων
- Πολλαπλή εφαρμογή του αλγορίθμου με διαφορετικά αρχικά κέντρα και επιλογή εκείνων που ελαχιστοποιούν την συνάρτηση κόστους

Mean Shift

➤ Γενικά

Ο αλγόριθμος αναζητά **μέγιστα** στην κατανομή στον χώρο των τιμών της εικόνας (π.χ. τιμές χρώματος, φωτεινότητας)

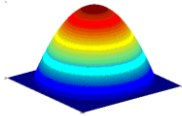


Mean Shift

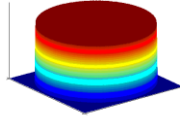
➤ Αλγόριθμος

Επιλογή της μάσκας και του πλάτους της

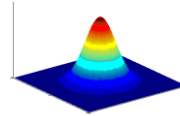
Epanechnikov



Uniform



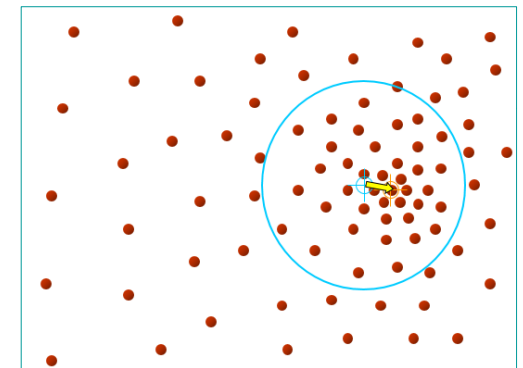
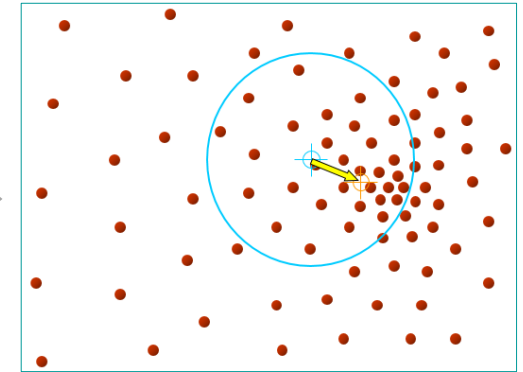
Gaussian



Για κάθε σημείο:

- Τοποθέτηση του κέντρου της μάσκας στο σημείο
- Υπολογισμός της μέσης τιμής για τα σημεία που βρίσκονται μέσα στην μάσκα
- **Μετατόπιση** του κέντρου της μάσκας στην μέση τιμή
- Επανάληψη μέχρι να υπάρξει **σύγκλιση**

Στο τέλος, ενοποίηση σημείων που βρίσκονται σε γειτονικά μέγιστα



...

Mean Shift

➤ Χαρακτηριστικά

Η ταχύτητα σύγκλισης καθορίζεται από την **κλίση** των δεδομένων

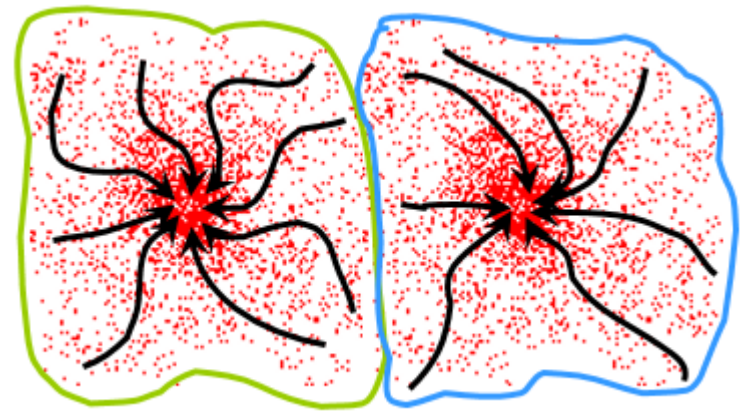
Κοντά στα μέγιστα τα βήματα σύγκλισης είναι **μικρά**

Η Uniform μάσκα επιτυγχάνει σύγκλιση σε έναν πεπερασμένο αριθμό βημάτων

Η Gaussian μάσκα είναι πιο ομαλή στην μετακίνηση αλλά και πολύ πιο αργή στην σύγκλιση

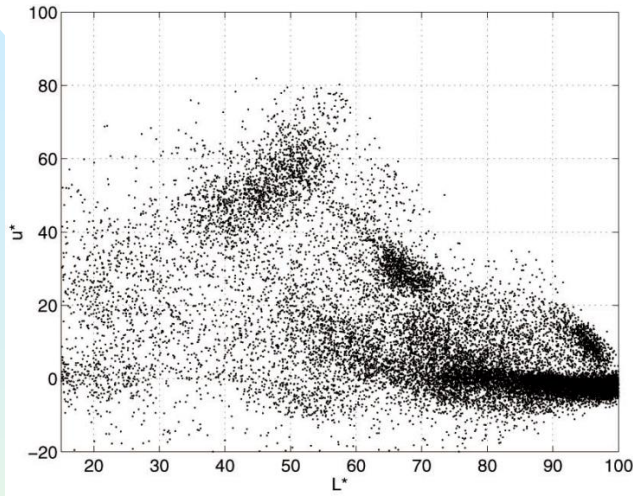
Ο αλγόριθμος μπορεί να εφαρμοσθεί σε χώρους δεδομένων διαφόρων τάξεων

Η αποτελεσματικότητα του αλγόριθμου εξαρτάται **άμεσα από την κατάλληλη επιλογή του πλάτους της μάσκας**

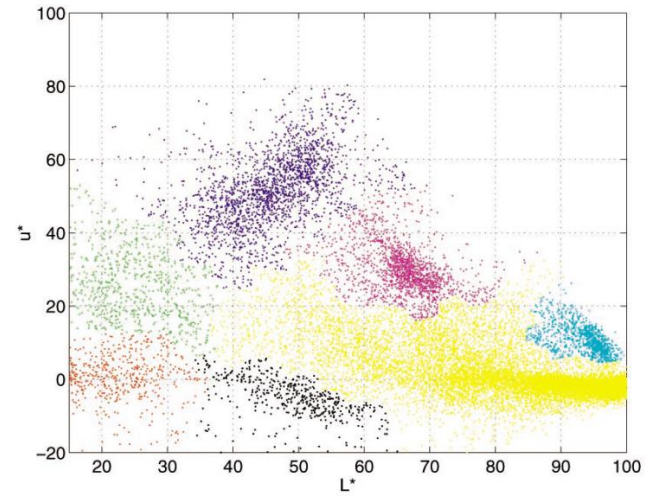


Mean Shift

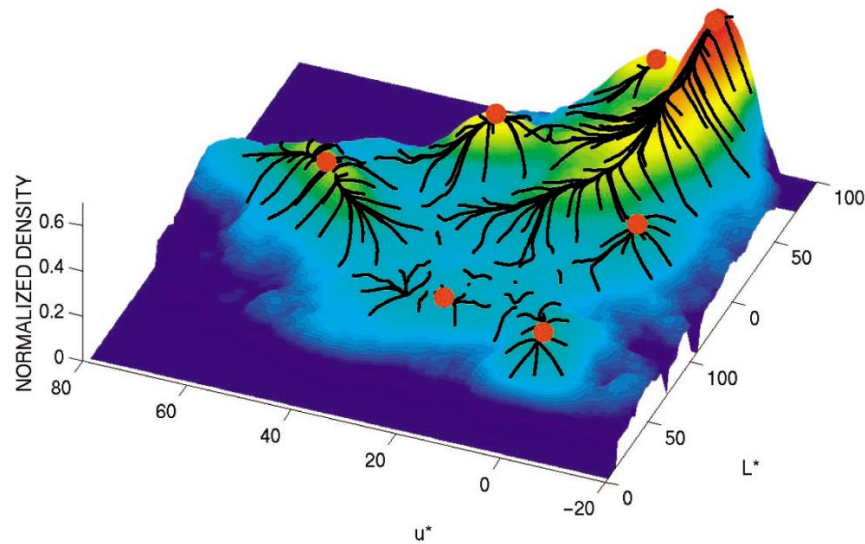
➤ Παράδειγμα εφαρμογής



(a)



(b)



Mean Shift

- Διατήρηση της χωρικής συνέχειας

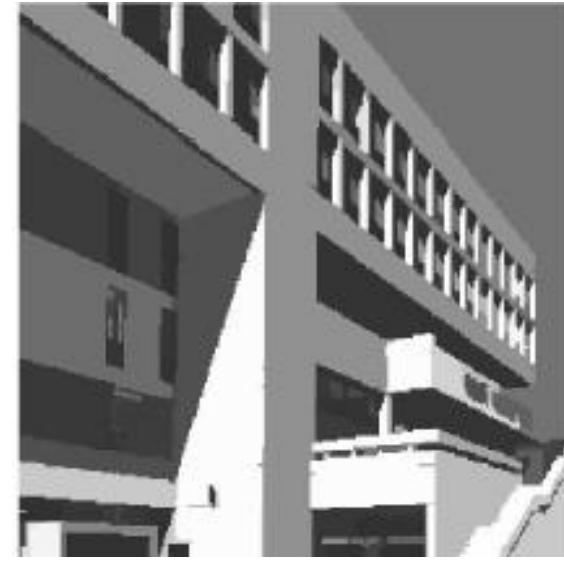
Αρχική εικόνα



Mean Shift μόνο στο πεδίο
της φωτεινότητας



Mean Shift στο πεδίο της
φωτεινότητας και στον χώρο



Mean Shift

➤ Παραδείγματα

