

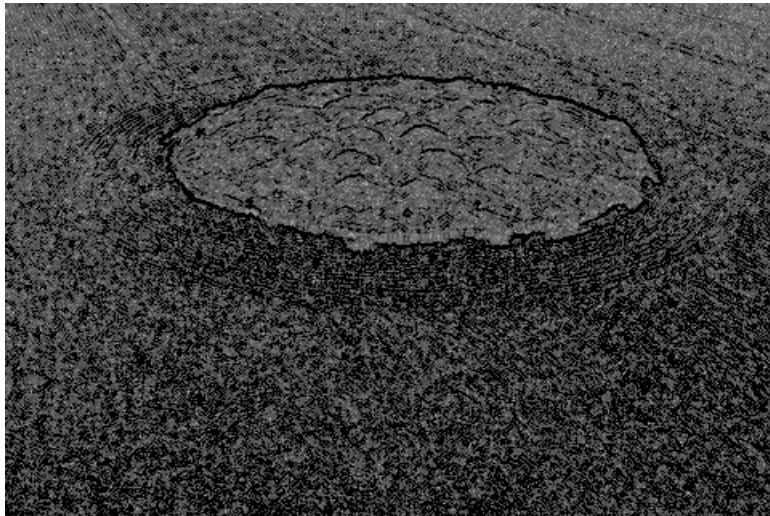
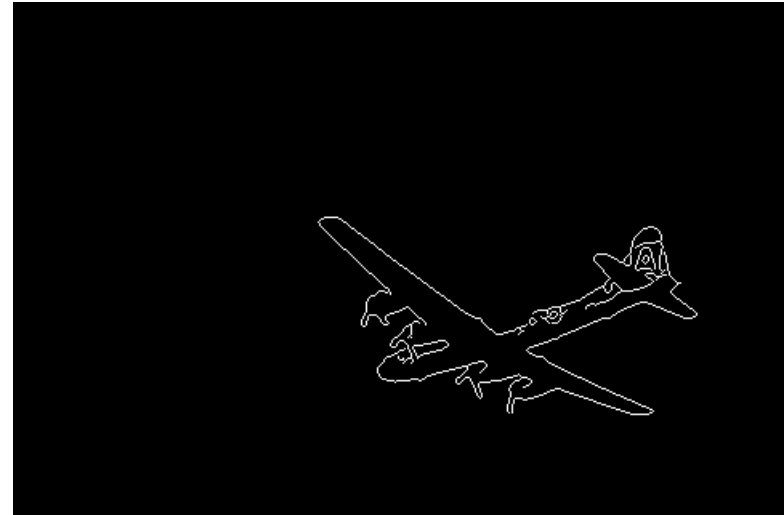
Ενεργά περιγράμματα

Εντοπισμός γραμμών (ανοικτών ή κλειστών) με υψηλή φωτεινή αντίθεση

Απαίτηση για ομαλότητα της καμπύλης γραμμής

Έμμεση αναπαράσταση με μηδενική στάθμη επιφάνειας

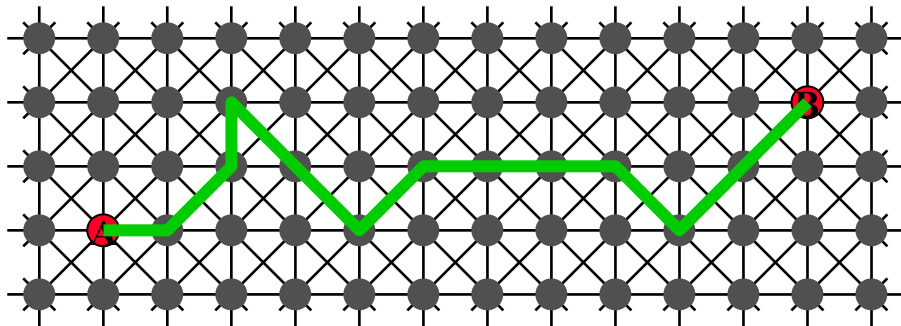
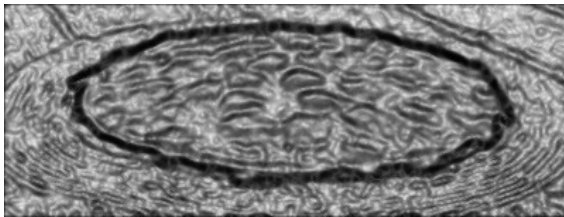
Ανίχνευση ακμών και περιγράμματα



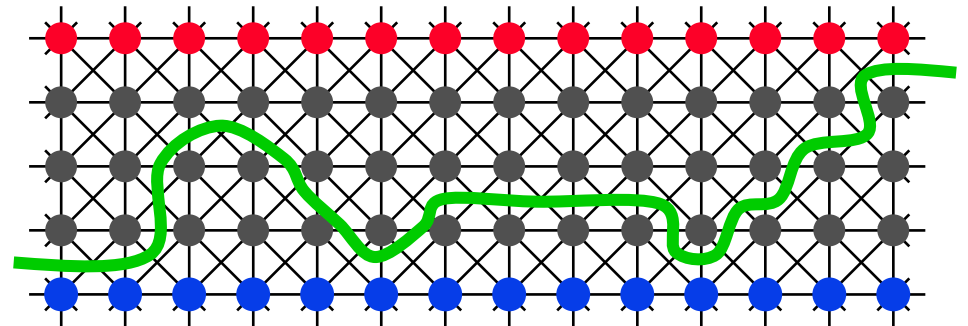
Ένδειξη περιγραμμάτων

Σύνδεση σημείων ακμής

Περίγραμμα από τομή γράφου

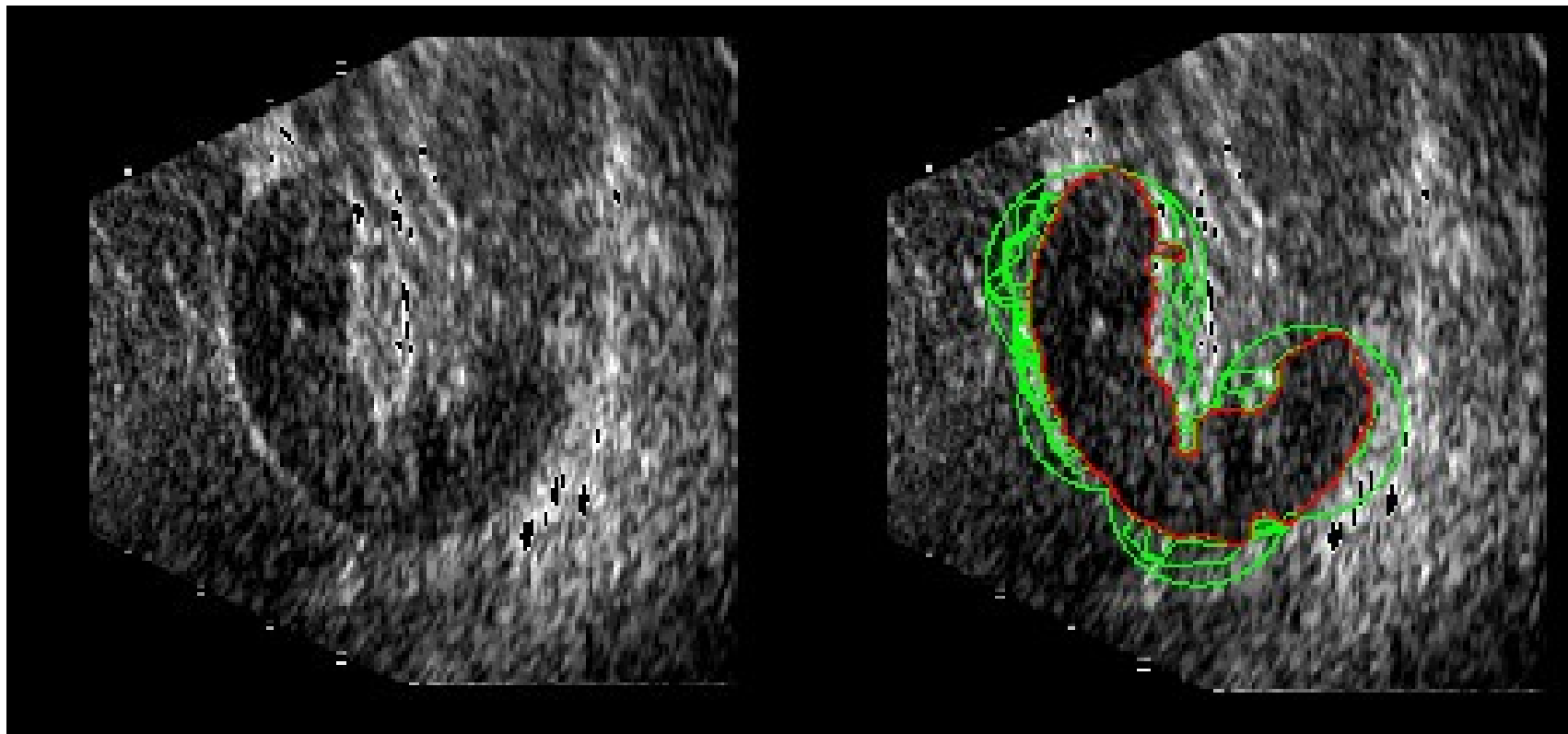


Συντομότερη διαδρομή



Τομή γράφου

Ενεργά περιγράμματα

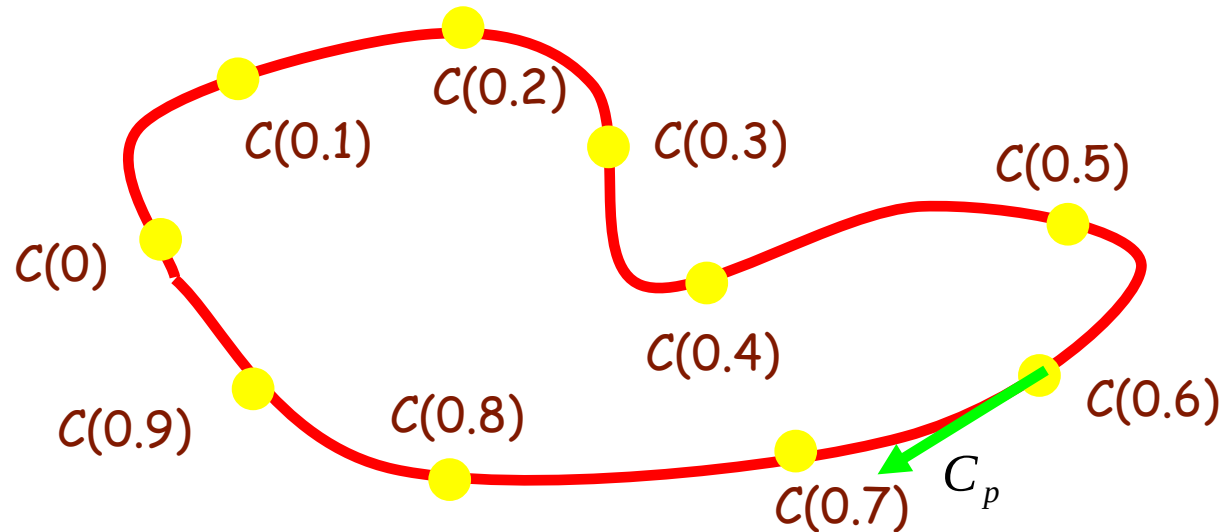


Ενεργά περιγράμματα



Ενεργά περιγράμματα (snakes)

$\mathcal{C}(q): [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}^2$
 $(x(q), y(q)), 0 \leq q \leq 1$
Παραμετρική καμπύλη



Εξάρτηση από αρχικοποίηση
Ανοικτές ή κλειστές γραμμές
Διατήρηση της τοπολογίας
Επιρροή παραμετρικού μοντέλου

Εξομάλυνση (διατάσεις, κυρτώσεις), εσωτερική ενέργεια

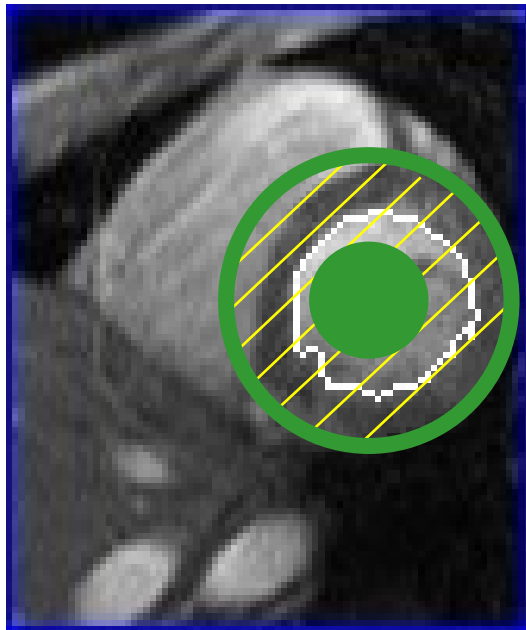
$$E(C) = \alpha \int_0^1 |C'(q)|^2 dq + \beta \int_0^1 |C''(q)|^2 dq \\ - \lambda \int_0^1 |\nabla I(C(q))| dq,$$

Δεδομένα, εξωτερική ενέργεια

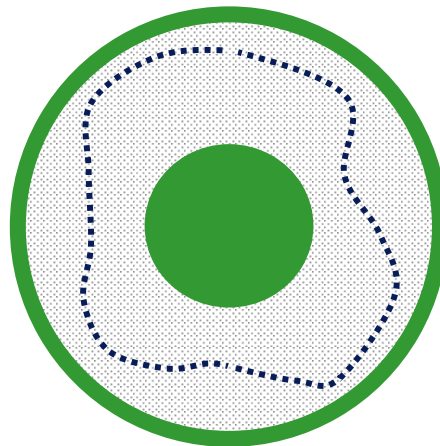
Γεωδαισιακά ενεργά περιγράμματα

$C(q): [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}^2$ Παραμετρική καμπύλη

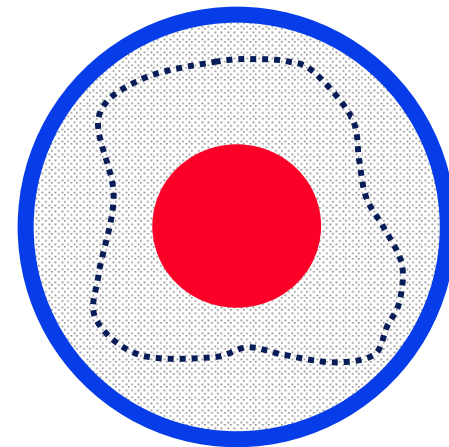
$$E(C) = \alpha \int_0^1 |C'(q)|^2 dq + \lambda \int_0^1 g(|\nabla I(C(q))|)^2 dq \quad g = \frac{1}{1 + |\nabla \hat{I}|^p}$$



Συντομότερη διαδρομή



Τομή γράφου



Γεωδαισιακά ενεργά περιγράμματα

$C(q): [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}^2$ Παραμετρική καμπύλη

$$E(C) = \alpha \int_0^1 |C'(q)|^2 dq + \lambda \int_0^1 g(|\nabla I(C(q))|)^2 dq$$

Ίση σημασία : εξομάλυνση και συνέπεια με τα δεδομένα

$$\text{Min} \int_0^1 g(|\nabla I(C(q))|) |C'(q)| dq \quad g = \frac{1}{1 + |\nabla \hat{I}|^p}$$

$$L_R = \int_0^{L(C)} g(|\nabla I(C(s))|) ds$$

Γεωδαισιακή γραμμή ελάχιστου μήκους που έλκεται από τα δεδομένα

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = g(\nabla I) \kappa \vec{N} - (\nabla g \vec{N}) \vec{N}$$

καμπυλότητα κ , μοναδιαίο κάθετο διάνυσμα $\vec{N}$

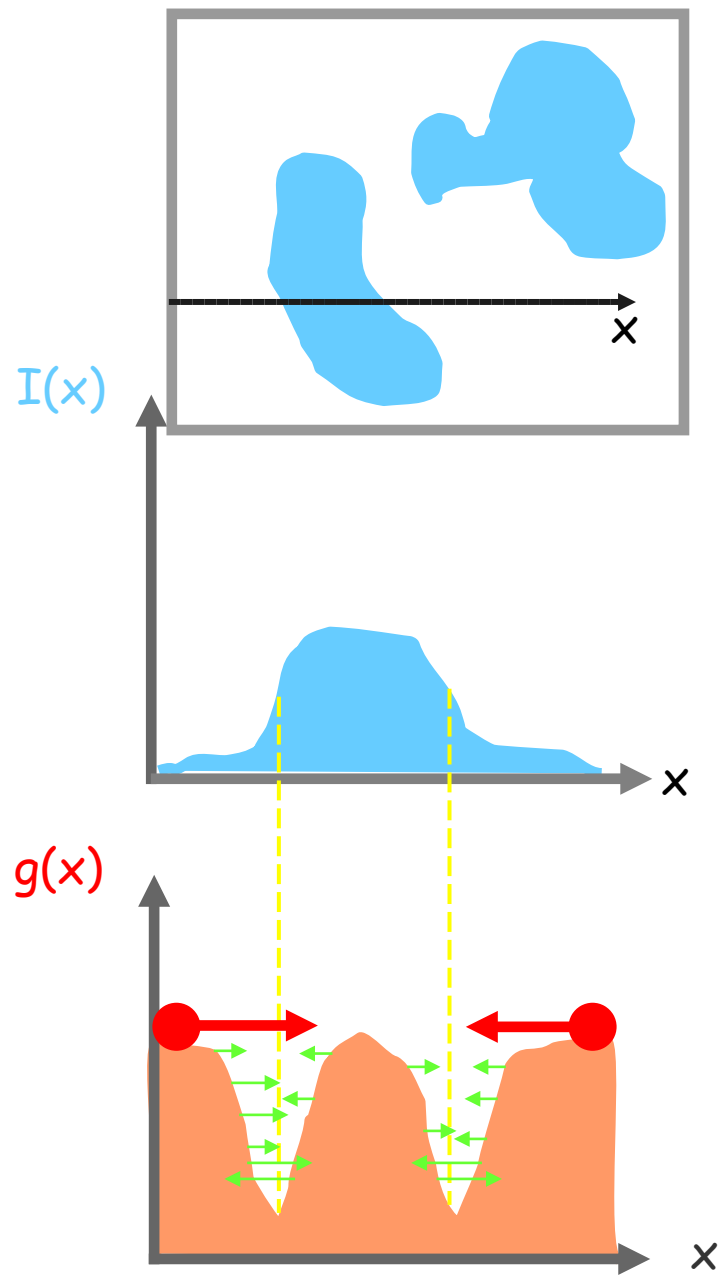
Γεωδαισιακά ενεργά περιγράμματα

$$L_R = \int_0^{L(C)} g(|\nabla I(C(s))|) ds$$

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = g(\nabla I) \kappa \vec{N} - (\nabla g \vec{N}) \vec{N}$$

δύναμη
συνόρου

δύναμη
βελτίωσης



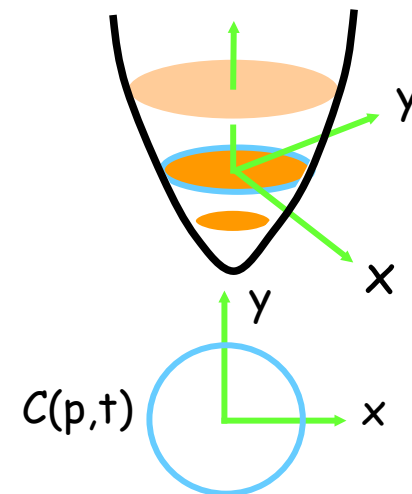
Μία διάσταση

Ισοσταθμικά σύνολα

$$C(p, t) = \{(x, y) : \varphi(x, y, t) = 0\}$$

$$C(p, 0) = \{(x, y) : \varphi(x, y, 0) = 0\} \quad \text{αρχική}$$

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = g(\nabla I)_\kappa \vec{N} - (\nabla g \vec{N}) \vec{N}$$



Δυσκολίες αριθμητικών υπολογισμών και με αλλαγές στην τοπολογία

$$\varphi(x, y, t) : \mathcal{R}^2 \times [0, T) \rightarrow \mathcal{R} \quad \text{‘οποιαδήποτε’ συνάρτηση}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g |\nabla \varphi| \kappa + \nabla g \nabla \varphi, \quad \kappa = \text{divergence} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right)$$

Αρχικό περίγραμμα στη στάθμη μηδέν

Εσωτερικό, κάτω από το μηδέν

Εξωτερικό, πάνω από το μηδέν

Συνάρτηση απόστασης από περίγραμμα

$$\varphi(x, y, 0) = \pm d(x, y)$$

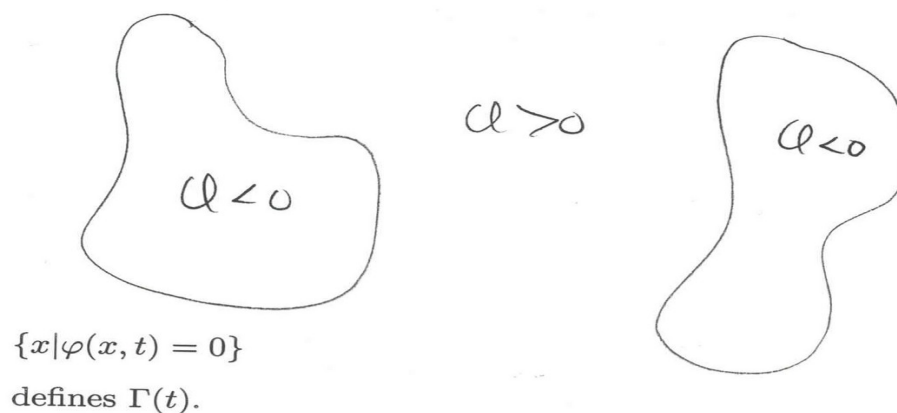
Έμμεσος προσδιορισμός του περιγράμματος χωρίς παραμετροποίηση και περιορισμούς στην τοπολογία

Ισοσταθμικά σύνολα

$$\varphi(x, y, t) : \mathcal{R}^2 \times [0, T) \rightarrow \mathcal{R}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g |\nabla \varphi| \kappa + \nabla g \cdot \nabla \varphi$$

Με δοσμένο ένα αρχικό περίγραμμα εμφυτεύεται μια συνάρτηση, συνήθως μέσω της ευκλείδειας απόστασης, και μετασχηματίζεται σύμφωνα με την παραπάνω διαφορική εξίσωση. Η στάθμη μηδέν αντιστοιχεί στη θέση του περιγράμματος. Απαιτείται επαναρχικοποίηση της συνάρτησης σε κάθε επανάληψη.



Ισοσταθμικά σύνολα

$$\varphi(x, y, t) : \mathcal{R}^2 \times [0, T) \rightarrow \mathcal{R}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g |\nabla \varphi| \kappa + \nabla g \nabla \varphi$$

Η στάθμη μηδέν αντιστοιχεί στη θέση του περιγράμματος.
Απαιτείται επαναρχικοποίηση της συνάρτησης σε κάθε επανάληψη.

Επειδή ενδιαφέρει μόνο η μηδενική στάθμη δεν είναι αναγκαία η επαναρχικοποίηση της συνάρτησης στάθμης παντού.
Αρκεί να υπολογίζεται σε μια στενή ζώνη γύρω από την καμπύλη μηδενικής στάθμης.

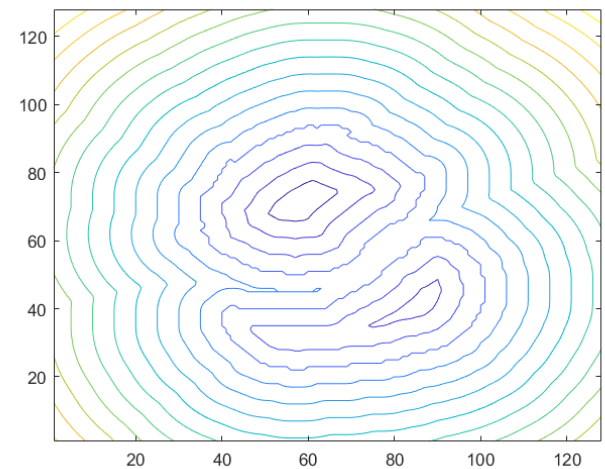
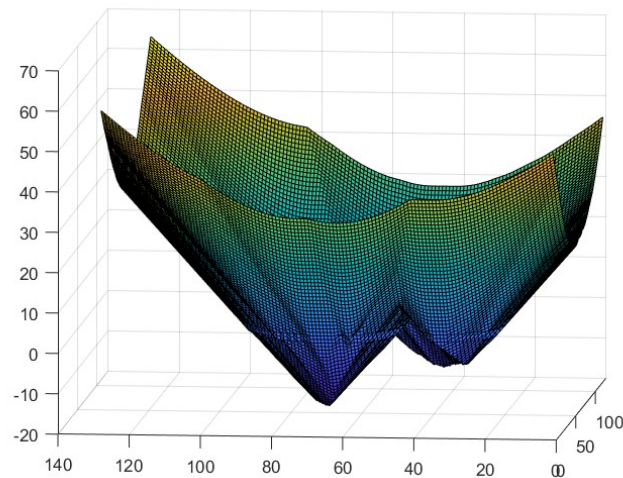
$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g |\nabla \varphi| (c + \kappa) + \nabla g \nabla \varphi$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = v_N |\nabla \varphi| \quad \text{‘Κίνηση’ κάθετα στο περίγραμμα}$$

$\nabla g \nabla \varphi$ Αντιμετώπιση μεγάλης διαφοράς αντιθέσεων κατά μήκος του περιγράμματος

Ισοσταθμικά σύνολα

$$\varphi(x, y, t) : \mathcal{R}^2 \times [0, T) \rightarrow \mathcal{R}$$



Ισοσταθμικές
γραμμές

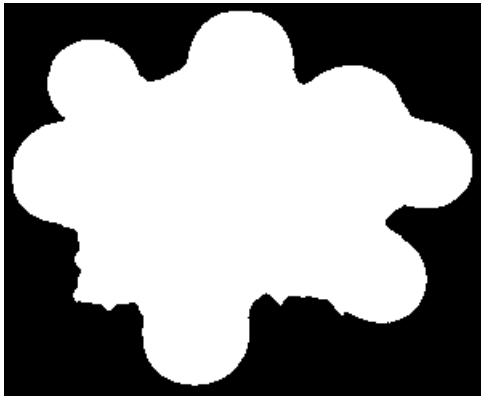
Ισοσταθμικά σύνολα



Αρχικοποίηση



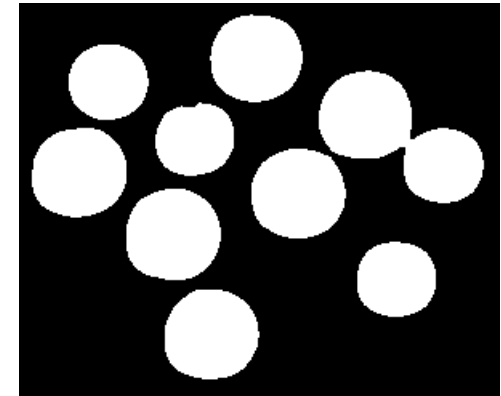
$c=0$



100 επαναλήψεις



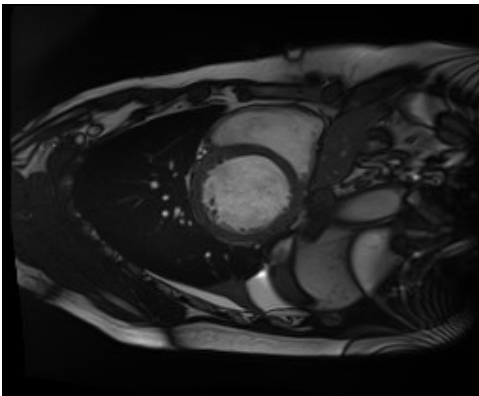
200 επαναλήψεις



300 επαναλήψεις

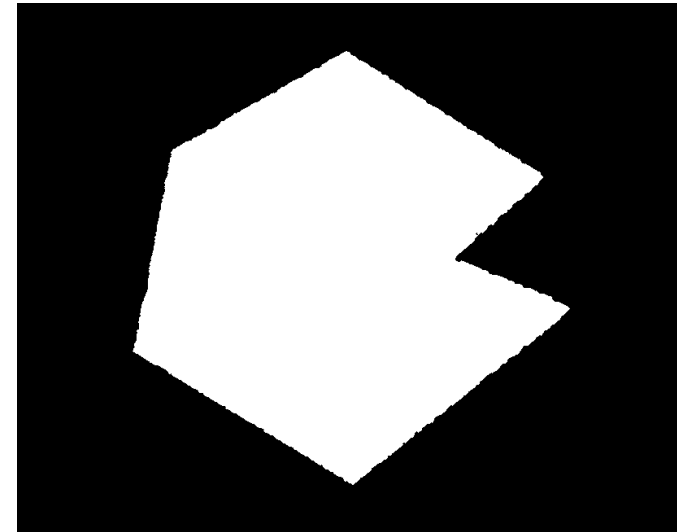
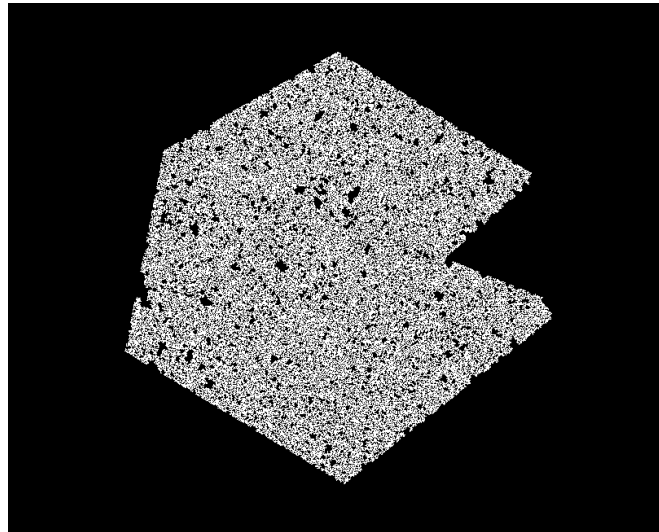
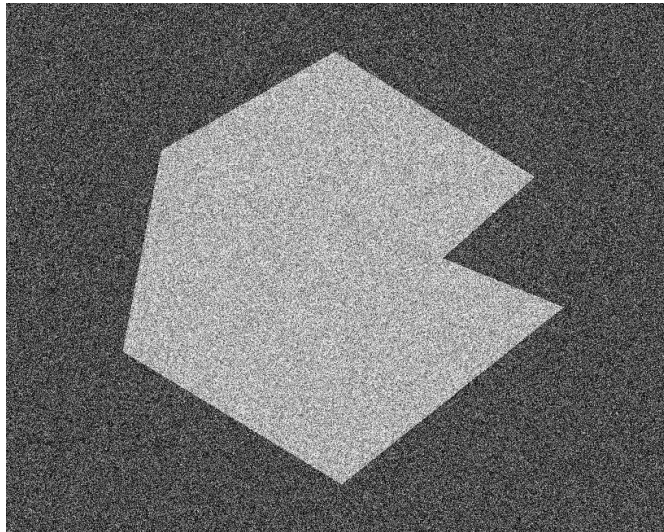
$c>0$

Ισοσταθμικά σύνολα



Αρχικοποίηση

Ισοσταθμικά σύνολα



Αρχικοποίηση

Ισοσταθμικά σύνολα



Αρχικοποίηση



R. Goldenberg, R. Kimmel, E. Rivlin and M. Rudzsky, Fast geodesic active contours, *IEEE Transactions on Image Processing*, 2001.