

Ανίχνευση χαρακτηριστικών

Σημεία 'πλούσιας' και στιβαρής αναπαράστασης

Χρήση σε αντιστοίχιση / αναγνώριση

Ανίχνευση γωνιών

Ανίχνευση κηλίδων

Χαρακτηριστικά σε πολλαπλές κλίμακες

Ανίχνευση γωνιών (Harris & Stephens)

Σταθμισμένη μέση τιμή τετραγωνικής απόκλισης

$$C(x, y) = \sum_s \sum_t w(s, t) (f(s+x, t+y) - f(s, t))^2$$

$$C(x, y) = \sum_s \sum_t w(s, t) (x f_x(s, t) + y f_y(s, t))^2$$

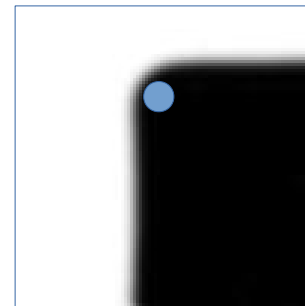
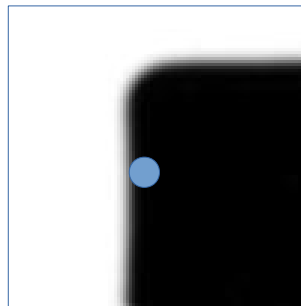
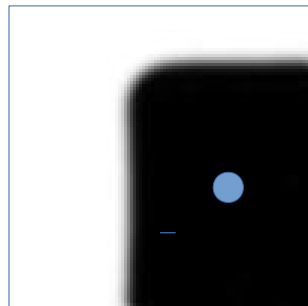
$$C(x, y) = \begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} M \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Αλλαγή κατεύθυνσης διανύσματος κλίσης και σημαντικές ακμές

$$M = \sum_s \sum_t w(s, t) A \quad A = \begin{bmatrix} f_x^2 & f_x f_y \\ f_x f_y & f_y^2 \end{bmatrix}$$

Ιδιοτιμές M

$$R = |M| - k(\text{trace } M)^2 = \lambda_1 \lambda_2 - k(\lambda_1 + \lambda_2)^2$$



Ανίχνευση γωνιών (Harris & Stephens)



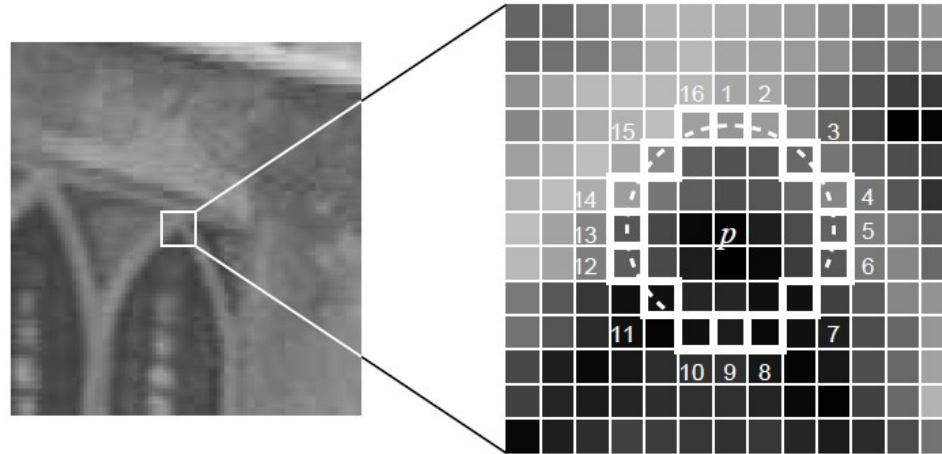
Ανίχνευση γωνιών (Shi & Tomasi)

$$R = \min(\lambda_1, \lambda_2)$$



Ανίχνευση γωνιών

(Features from Accelerated Segment Test)



Ας θεωρηθεί κυκλική περιοχή ακτίνας r γύρω από το υποψήφιο σημείο p
Αν n συνεχόμενα σημεία είναι όλα φωτεινότερα από τον πυρήνα κατά τουλάχιστον t ,
ή όλα σκοτεινότερα από τον πυρήνα κατά τουλάχιστον t ,
το σημείο p ανιχνεύεται ως γωνιακό.

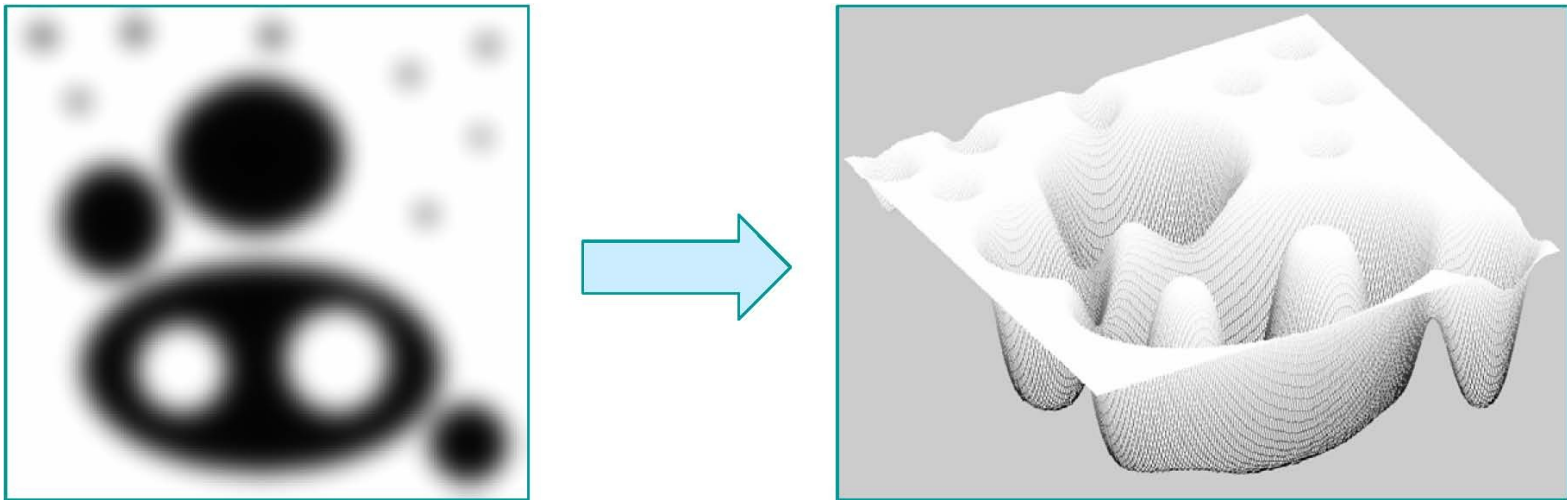
Ανίχνευση γωνιών

(Features from Accelerated Segment Test)



Περιοχές ακρότατων μέγιστης σταθερότητας

Περιοχές χαρακτηριζόμενες από σχεδόν ομοιόμορφη ένταση περιβαλλόμενη από εμφανώς αντίθετο παρασκήνιο



Συγγένεια με υδατοφράγματα

Περιοχές ακρότατων μέγιστης σταθερότητας

Περιοχές χαρακτηριζόμενες από σχεδόν ομοιόμορφη ένταση περιβαλλόμενη από εμφανώς αντίθετο παρασκήνιο

Ακολουθία δυαδικοποιήσεων με ‘κατώφλι’

$$T + (n-1)\Delta T, \quad n=1, 2, \dots$$

Εύρεση συνδεμένων συνιστωσών των σημείων πάνω από το ‘κατώφλι’, για ανίχνευση φωτεινών περιοχών σε σκοτεινό περιβάλλον

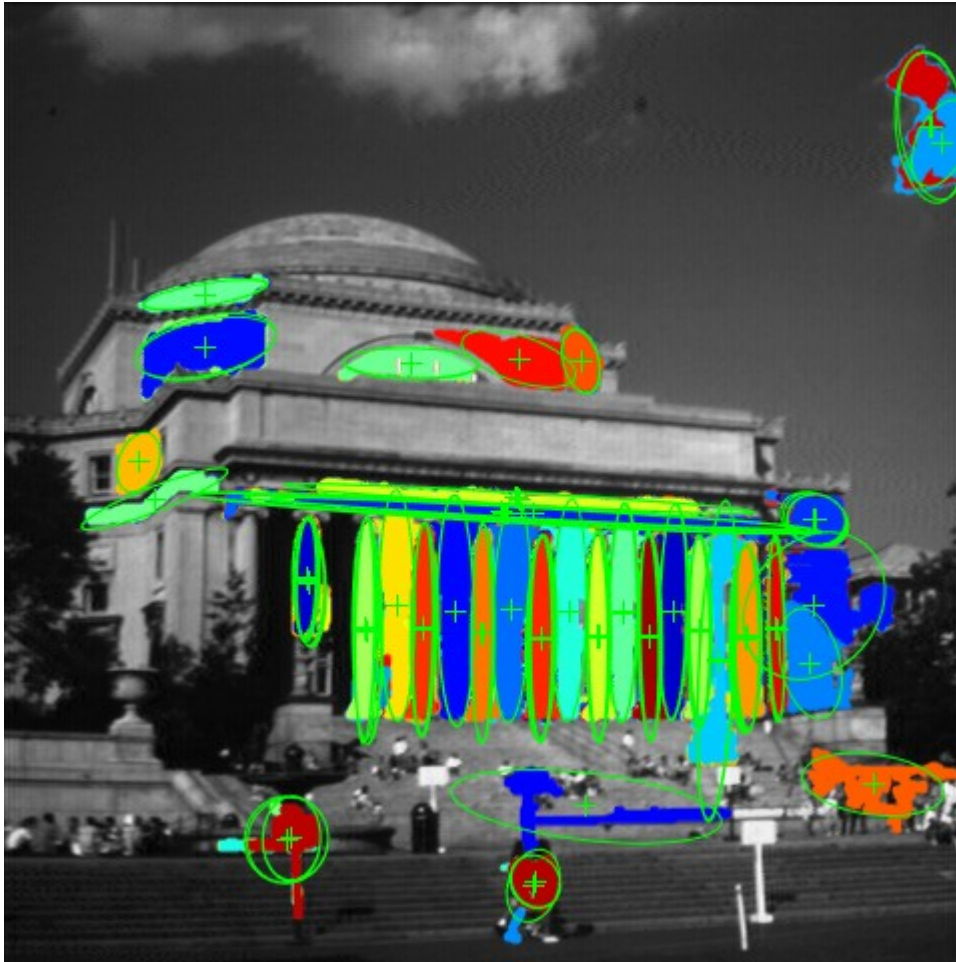
Ανίχνευση σταθερών συνδεμένων συνιστωσών

Μέτρο ευστάθειας

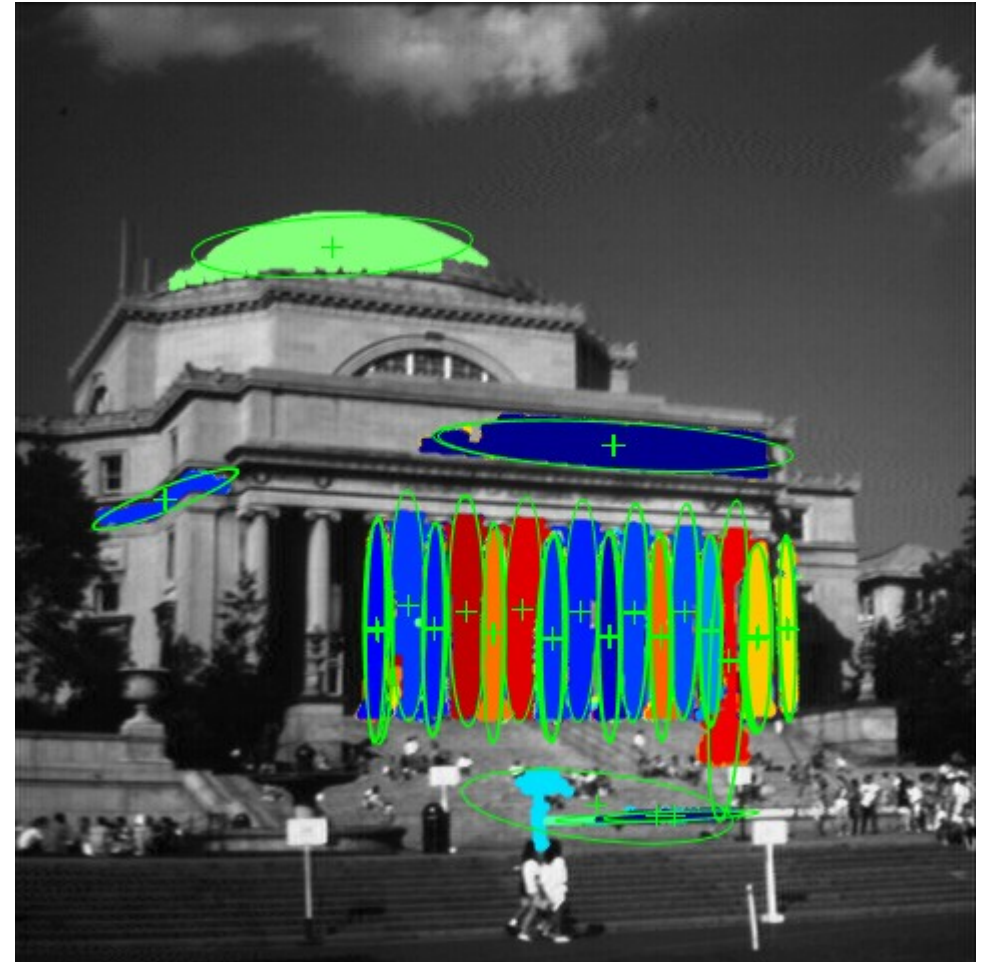
$$\psi = \frac{\left| R_i^{T+(n-1)\Delta T} \right| - \left| R_i^{T+(n+1)\Delta T} \right|}{\left| R_i^{T+n\Delta T} \right|}$$

Τοπικό ελάχιστο του μέτρου ευστάθειας

Περιοχές ακρότατων μέγιστης σταθερότητας

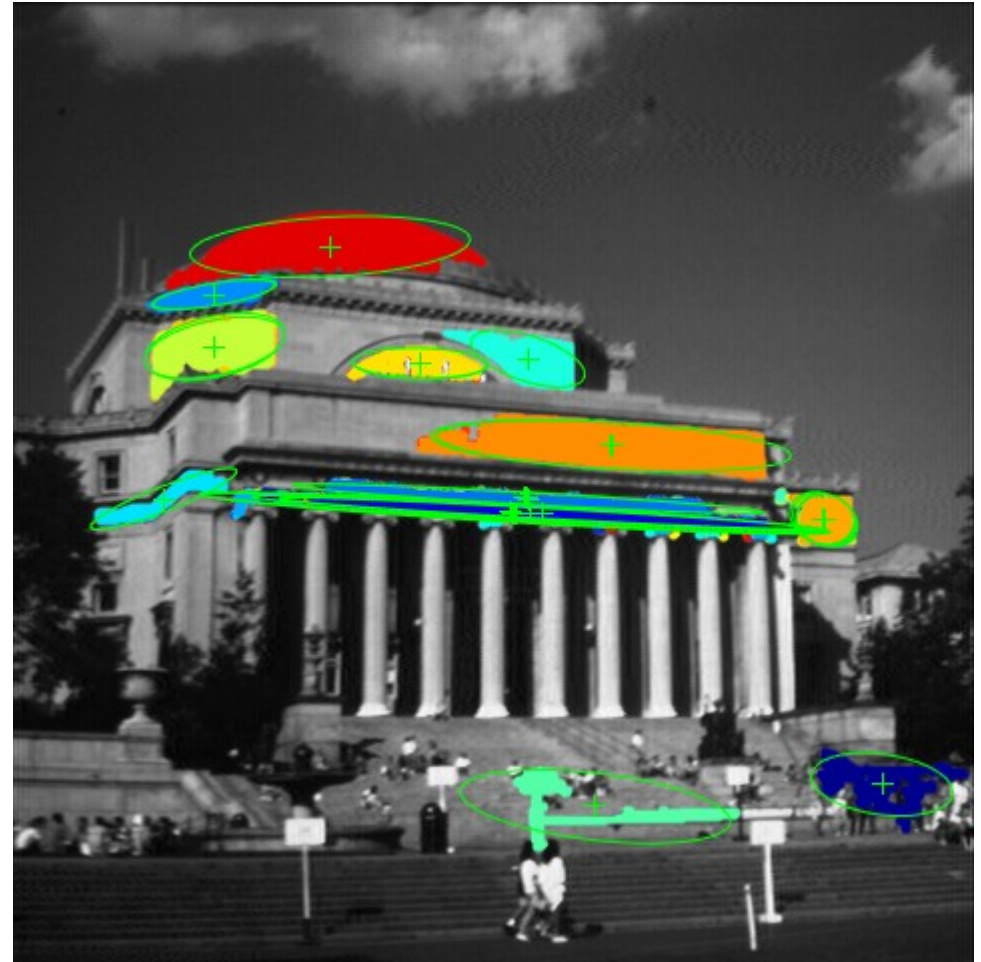
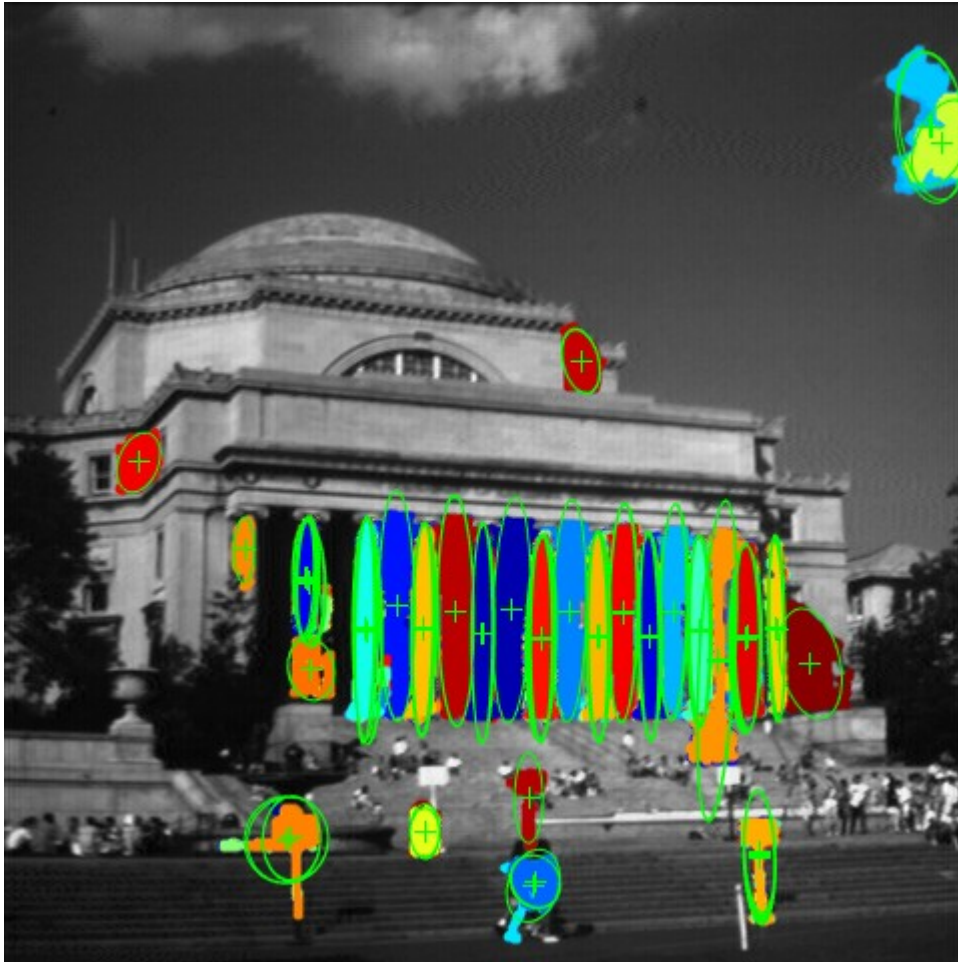


Περιορισμός μεγέθους περιοχών



Περιορισμός εκκεντρότητας

Περιοχές ακρότατων μέγιστης σταθερότητας



Περιορισμός κατεύθυνσης

Ανίχνευση χαρακτηριστικών και κλίμακα

Η ανίχνευση γωνιών γίνεται σε ορισμένη κλίμακα
Για σύγκριση εικόνων είναι χρήσιμη η εξαγωγή χαρακτηριστικών
σε πολλαπλές κλίμακες

Η συνέλιξη με φίλτρο Gauss επιτρέπει τη μεταβολή με την κλίμακα (σ)

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

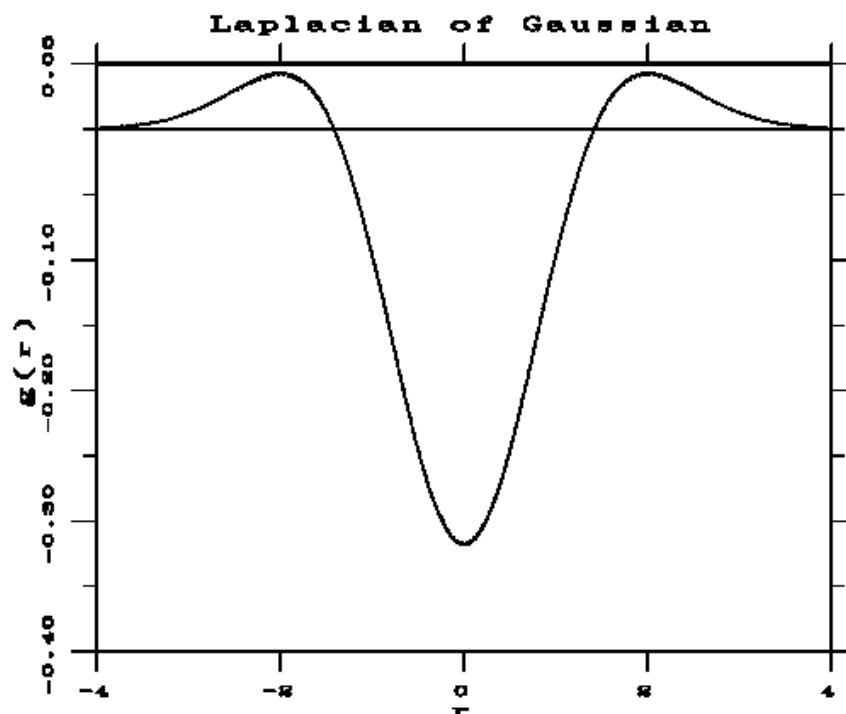
Μείωση της ανάλυσης

Ανίχνευση κηλίδων και κλίμακα

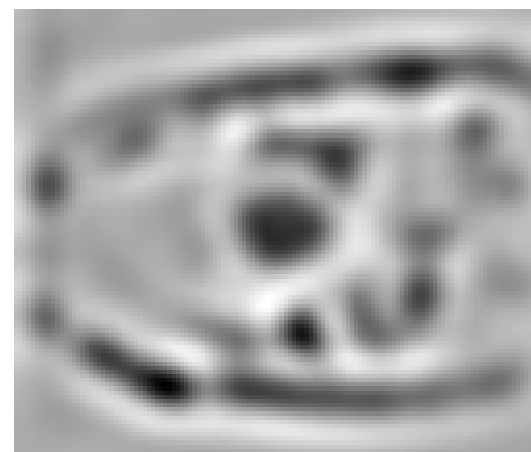
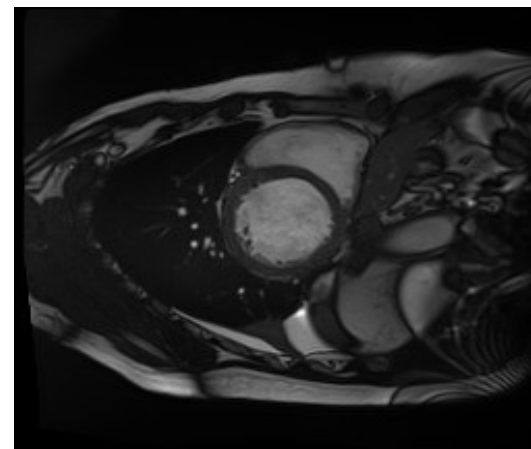
Η ανίχνευση κηλίδων μπορεί να γίνει με τη λαπλασιανή του φίλτρου Gauss

$$g(r) = \frac{1}{\pi \sigma^4} \left(\frac{r^2}{2\sigma^2} - 1 \right) \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad r^2 = x^2 + y^2$$

σ : παράγοντας κλίμακας



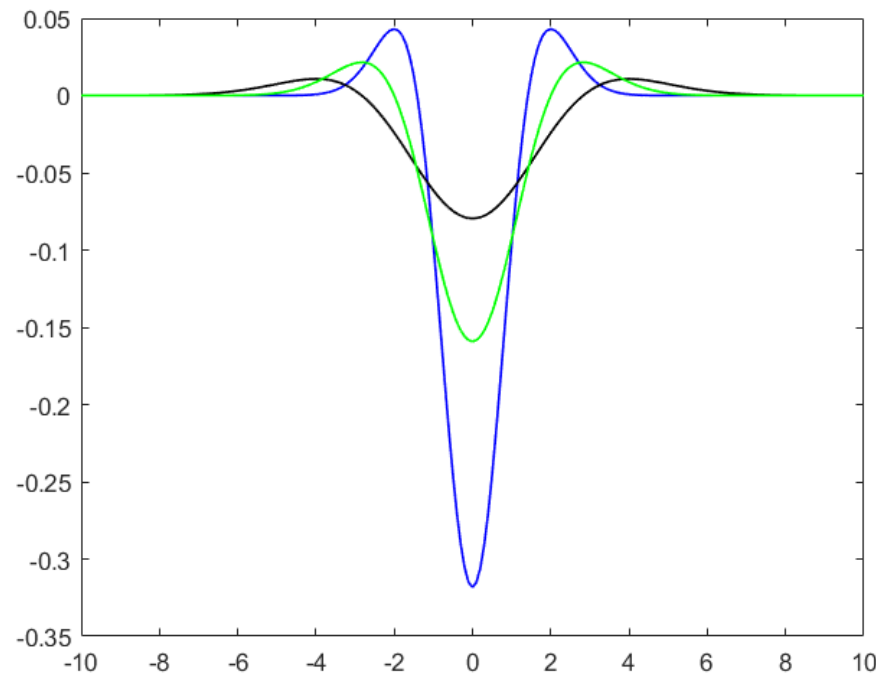
Ανίχνευση κηλίδων ακτίνας $\rho = \sigma \sqrt{2}$



Ανίχνευση κηλίδων πολλαπλών κλιμάκων

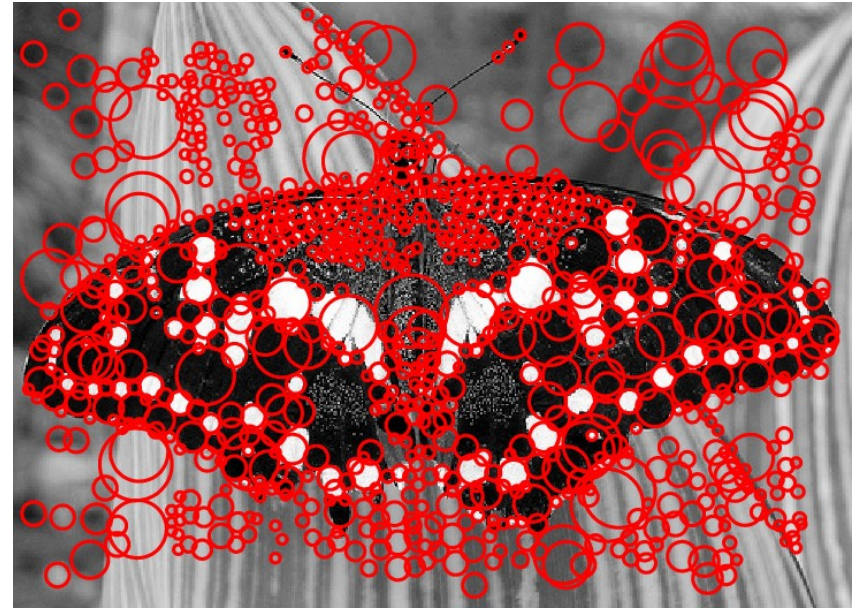
Κανονικοποίηση της λαπλασιανής του φίλτρου Gauss ως προς την κλίμακα

$$g_n(r) = \frac{1}{\pi \sigma^2} \left(\frac{r^2}{2\sigma^2} - 1 \right) \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad r^2 = x^2 + y^2$$



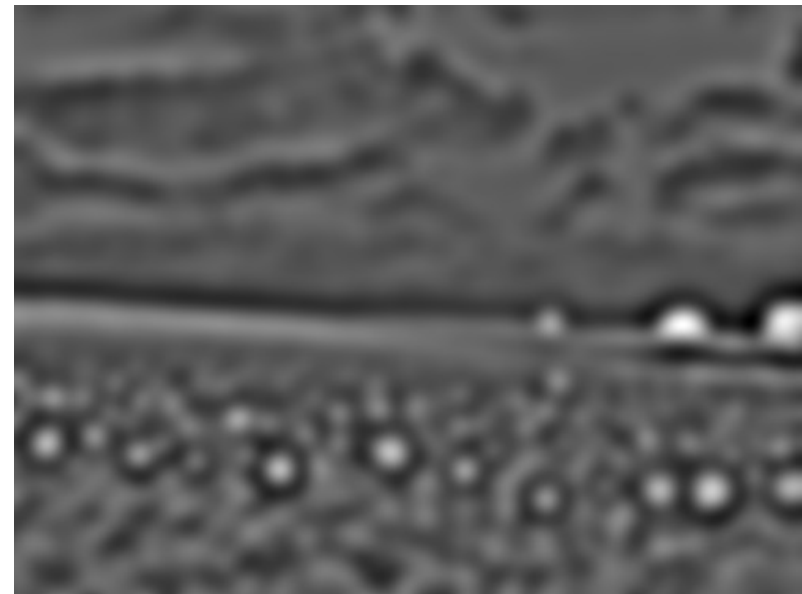
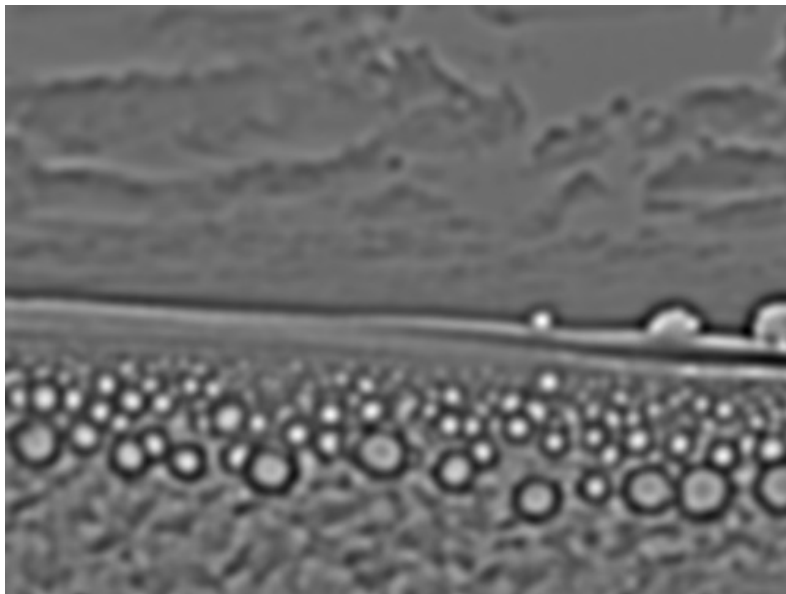
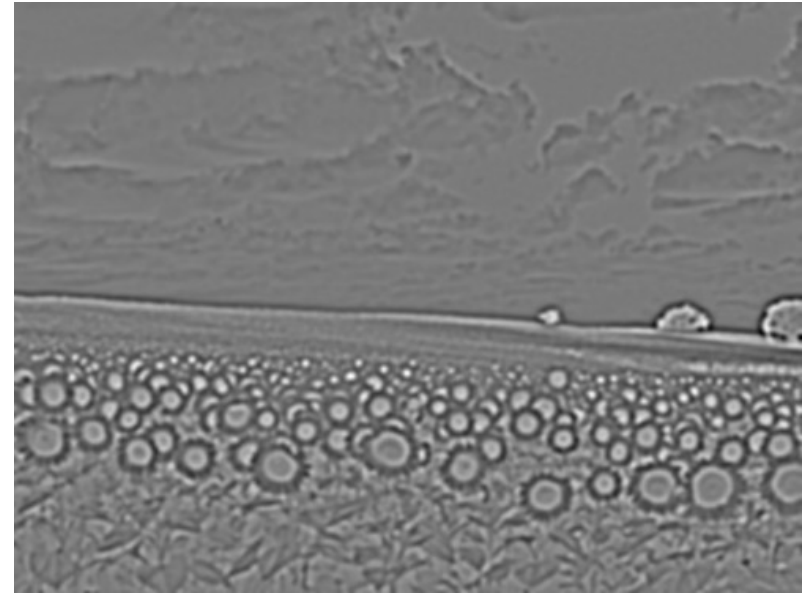
Ανίχνευση ακρότατων ως προς θέση και κλίμακα

Ανίχνευση κηλίδων πολλαπλών κλιμάκων

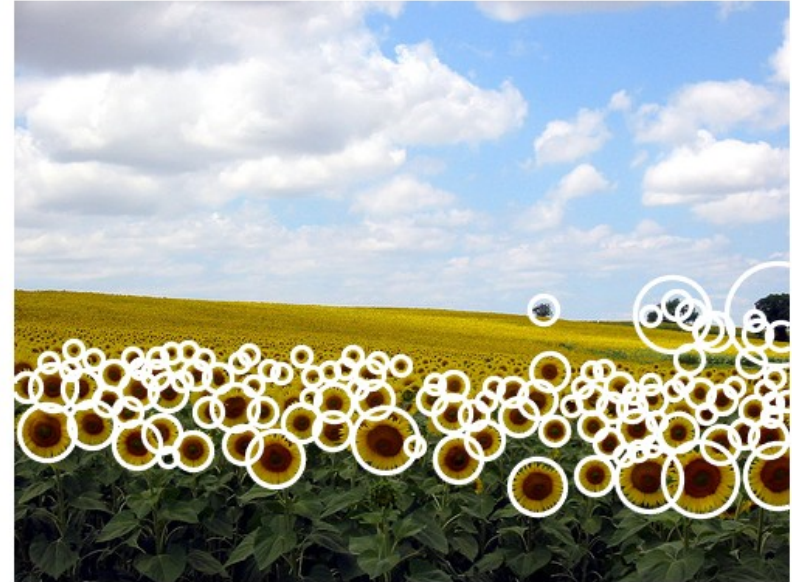


Ανίχνευση ακρότατων ως προς θέση και κλίμακα

Ανίχνευση κηλίδων πολλαπλών κλιμάκων



Ανίχνευση κηλίδων πολλαπλών κλιμάκων



Ανίχνευση ακρότατων ως προς θέση και κλίμακα

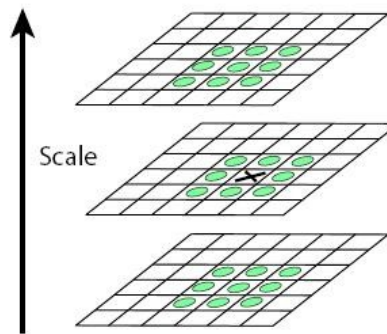
Ανίχνευση κηλίδων : διαφορά Gauss (DoG)

$$g_n(r) \propto \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_2^2}\right)$$

$$\sigma_1^2 = 1.28\sigma^2, \quad \sigma_2^2 = 0.8\sigma^2$$

$$\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2} - 1\right) g_n(r) \approx \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_2^2}\right)$$

Κανονικοποιημένη λαπλασιανή Gauss (σ) ανάλογη διαφοράς Gauss (σ_1, σ_2)



Ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος (SIFT)

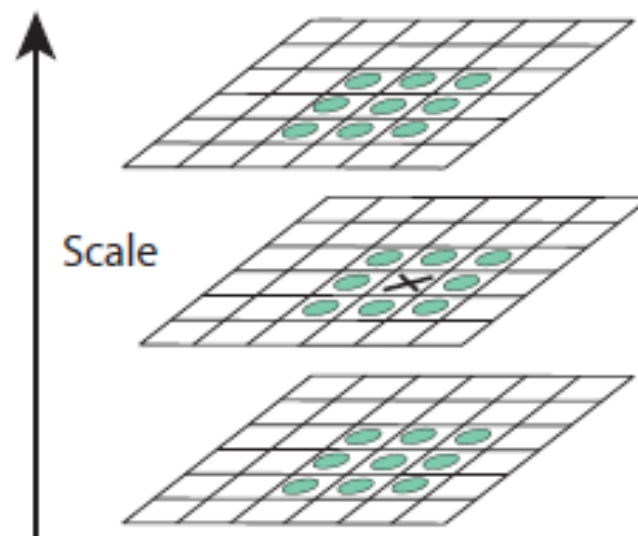
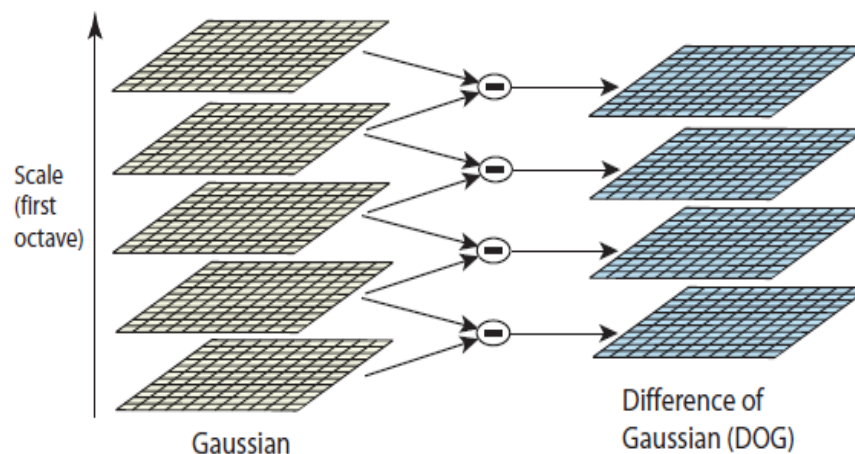
Χωρισμός της κλίμακας σε οκτάβες

Σταθερός λόγος αλλαγής κλίμακας

Από οκτάβα σε οκτάβα υποδειγματοληψία

Οκτάβα

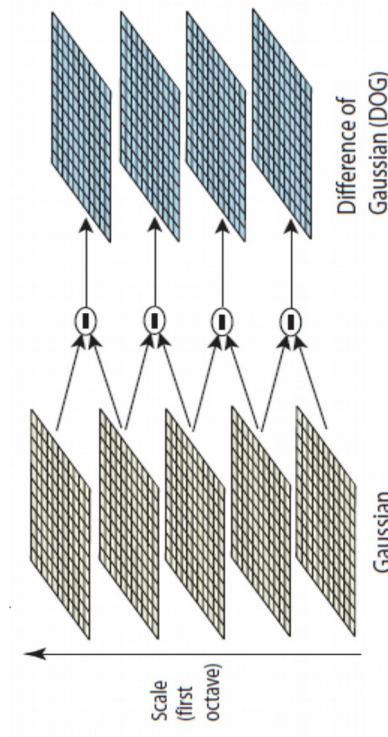
Κλίμακα (s+3)	Οκτάβα		
	0.707	1.414	2.828
	1.000	2.000	4.000
	1.414	2.828	5.657
	2.000	4.000	8.000
	2.828	5.657	11.314



Ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος (SIFT)



Πρώτη οκτάβα
 $s=2$



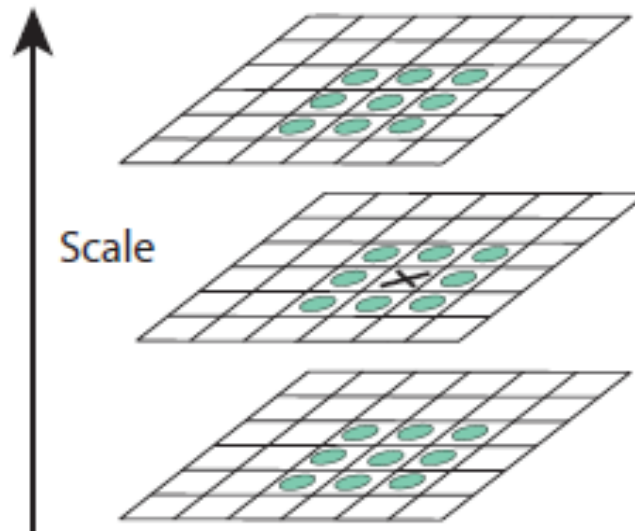
Εικόνες διαφοράς

Ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος

Ανίχνευση ακρότατων (θέση / κλίμακα)

Βελτίωση ακρίβειας θέσης

Εξάλειψη σημείων ακμής (κριτήριο ανίχνευσης γωνιών)



Ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος

Ανίχνευση ακρότατων (θέση / κλίμακα) **B**

Βελτίωση ακρίβειας θέσης και απόρριψη σημείων με χαμηλή αντίθεση **Γ**

Εξάλειψη σημείων ακμής (κριτήριο ανίχνευσης γωνιών) **Δ**

A



B



Γ



Δ



Σημεία-κλειδί : κατεύθυνση

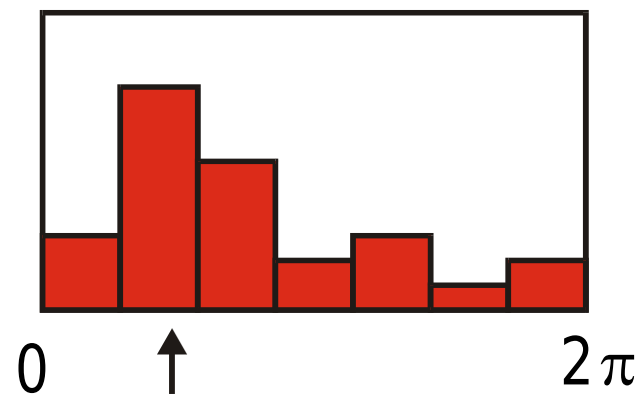
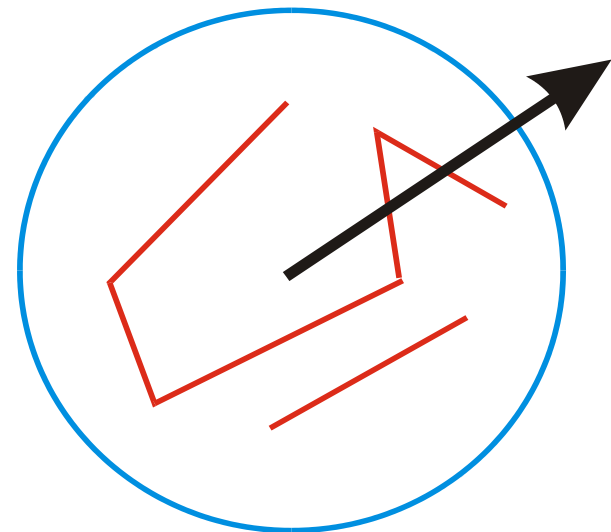
Υπολογισμός ιστογράμματος των κατευθύνσεων της κλίσης τοπικά (36 τιμές)

$$\theta(x, y) = \arctan \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)}$$

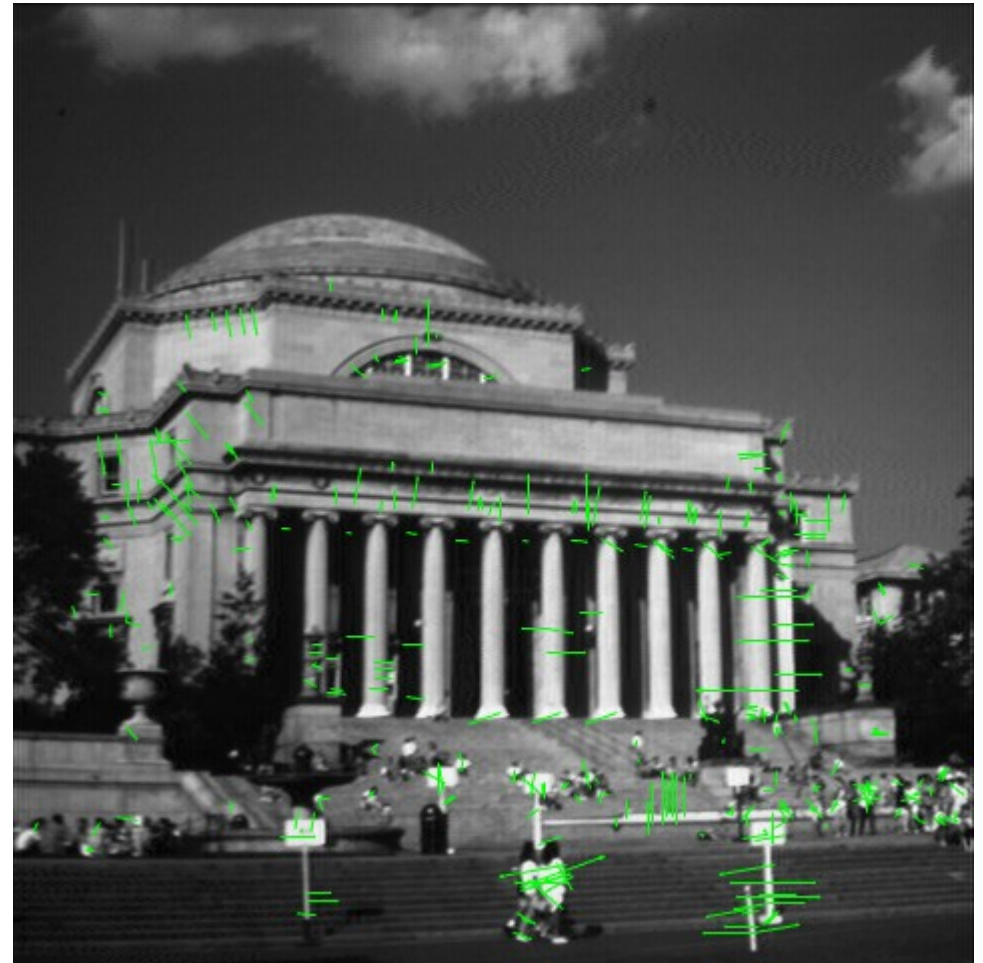
Στάθμιση με μέτρο κλίσης και απόσταση από κέντρο

Εύρεση επικρατούσας κατεύθυνσης (ή και επικρατουσών)

Προσδιορισμός σημείου κλειδί : θέση, κλίμακα, κατεύθυνση



Σημεία-κλειδί : κατεύθυνση

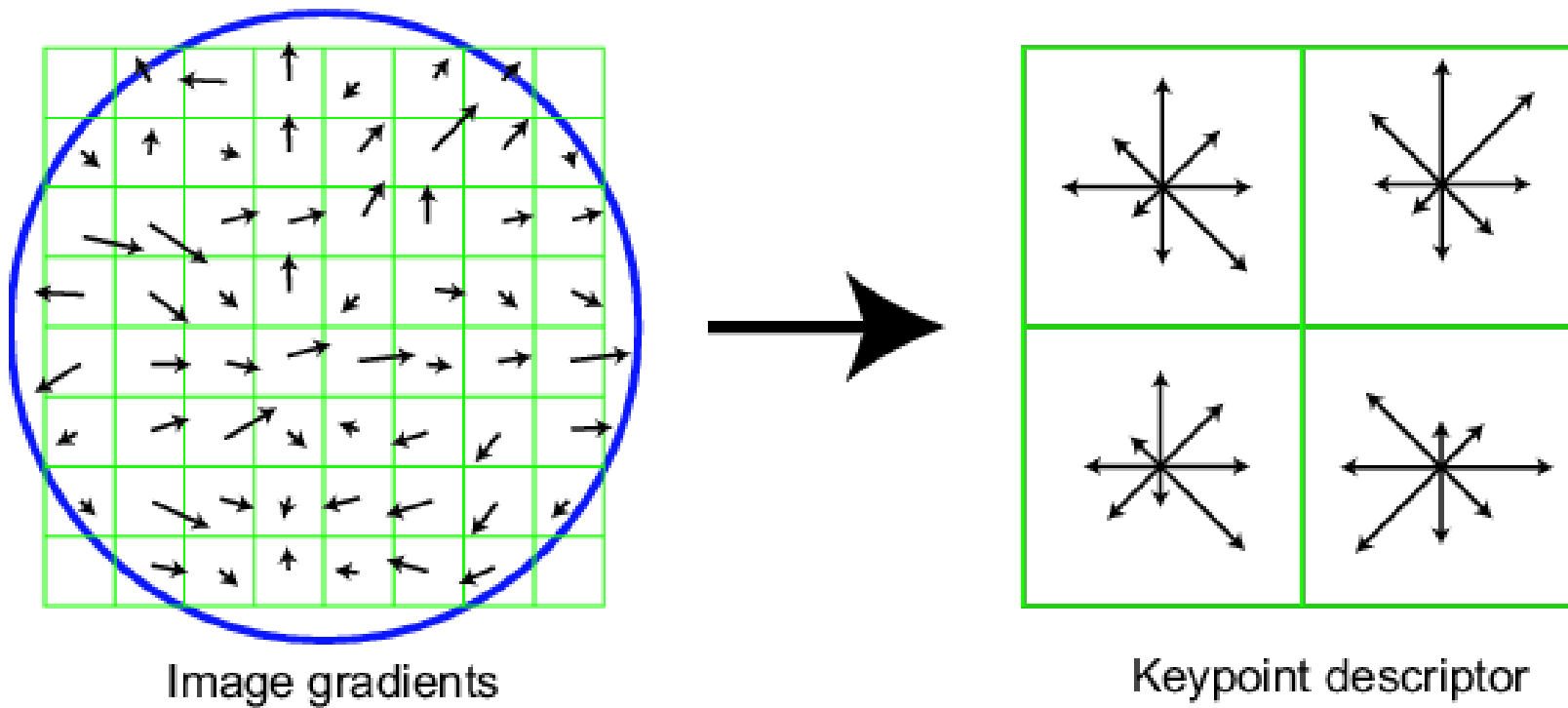


Σημεία-κλειδί : περιγραφή

Μπλοκ 16 x16 θέσεων χωρισμένο σε 4x4 υπο-μπλόκ

Ιστόγραμμα κλίσης με 8 κατευθύνσεις

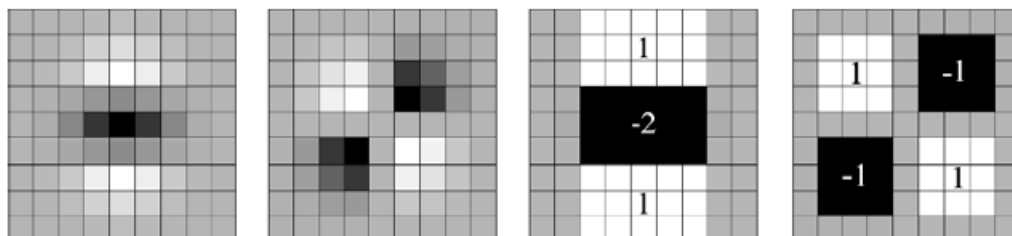
Περιγραφέας : $4 \times 4 \times 8 = 128$ τιμές



Απλούστερα και ταχύτερα (SURF)

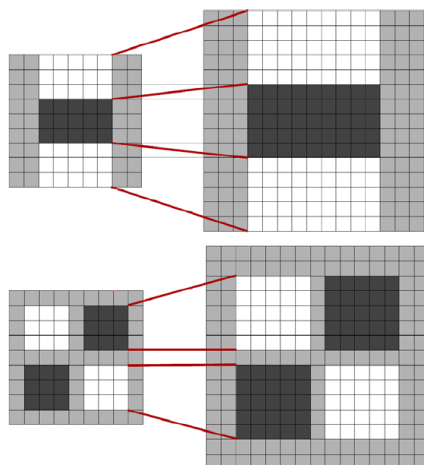
Προσέγγιση της Εσσιανής

$$H = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{yx} & L_{yy} \end{bmatrix}$$



Αποτελεσματικός υπολογισμός

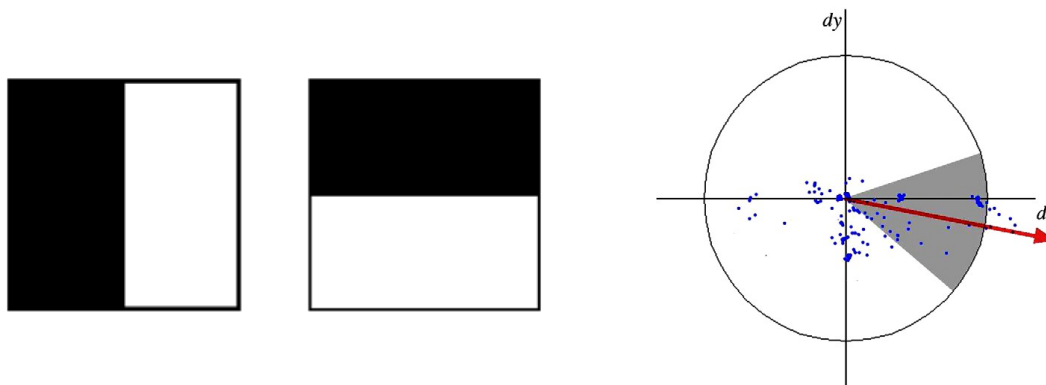
Υπερδειγματοληψία φίλτρων αντί για υποδειγματοληψία εικόνων



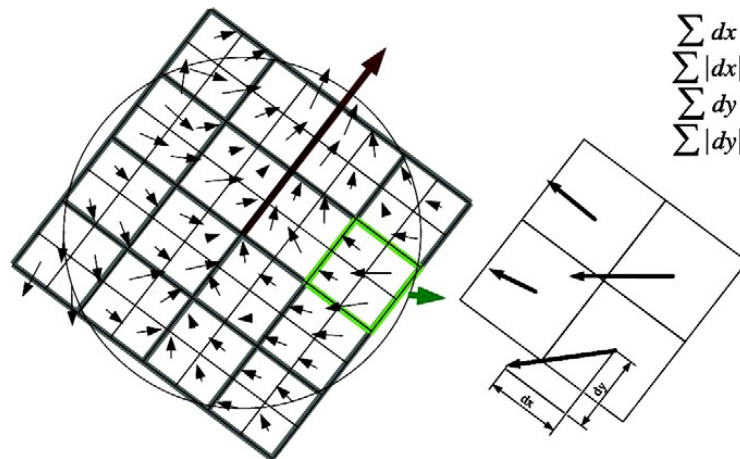
Απλούστερα και ταχύτερα (SURF)

Εύρεση κατεύθυνσης : φίλτρα Haar

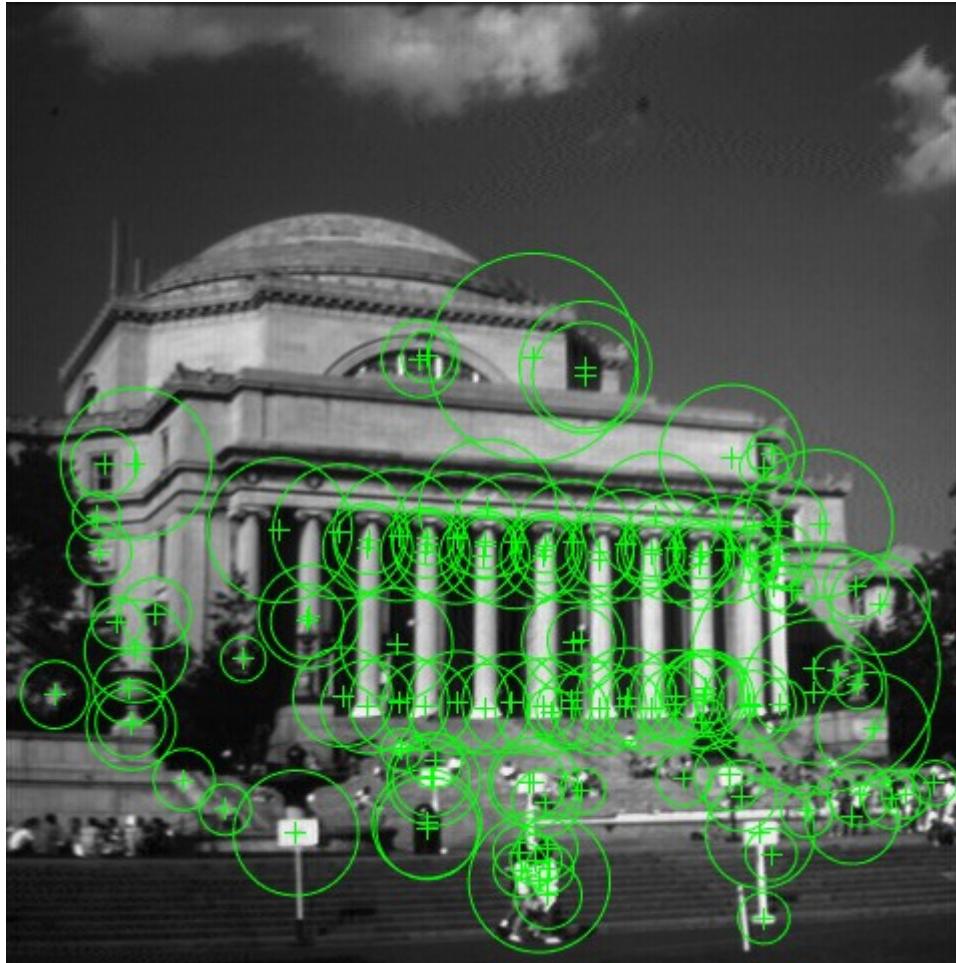
Φίλτρα και περιοχή εξαρτώμενα από την κλίμακα



Περιγραφέας βασισμένος σε αθροίσματα των αποκρίσεων στα φίλτρα



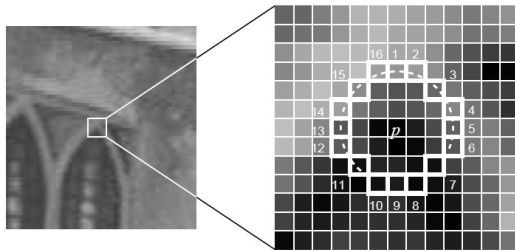
Απλούστερα και ταχύτερα (SURF)



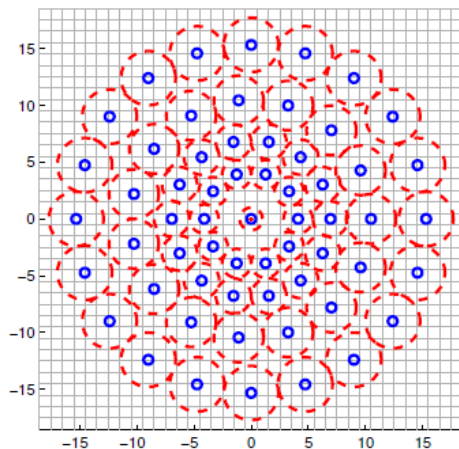
H. Bay, H., A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, SURF: Speeded Up Robust Features, Computer Vision and Image Understanding, 2008

Ανίχνευση γωνιών σε πολλαπλές κλίμακες (BRISK)

Ανίχνευση γωνιών, μέθοδος FAST



Εύρεση κατεύθυνσης



Δυαδικός περιγραφέας (512 bits)

