



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ρομποτικά Συστήματα

Ενότητα 8: Εντοπισμός ακμών

Αντώνιος Τζές – Ευάγγελος Δερματάς

Σχολή Πολυτεχνική

Τμήμα ΗΜ&ΤΥ

Σκοποί ενότητας

- Σκοπός της ενότητας είναι η παρουσίαση και εξοικείωση με τα ακόλουθα στοιχεία ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας:
- Εντοπισμός ακμών

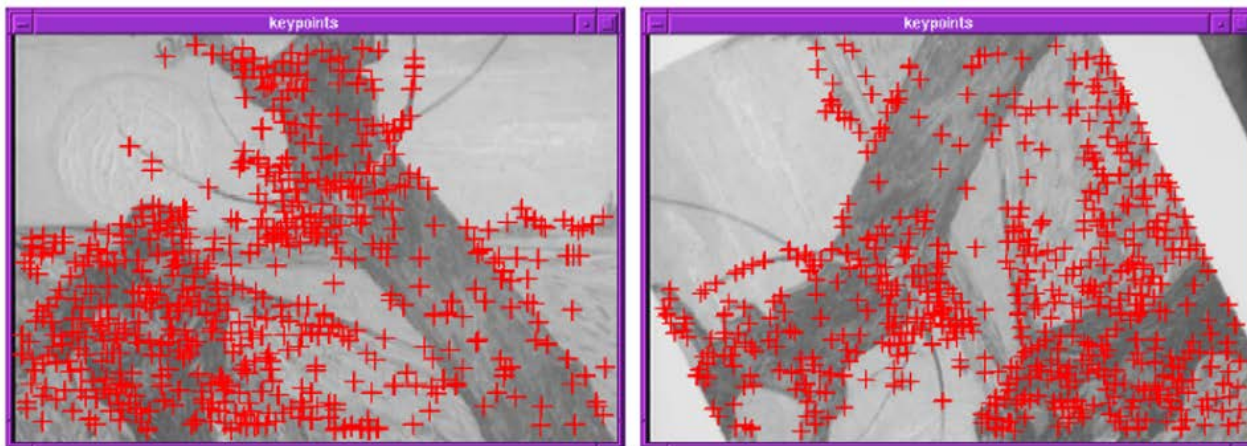


Περιεχόμενα ενότητας

- Εντοπισμός ακμών



Finding corners



Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/),
Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring
2003, Available at:
<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

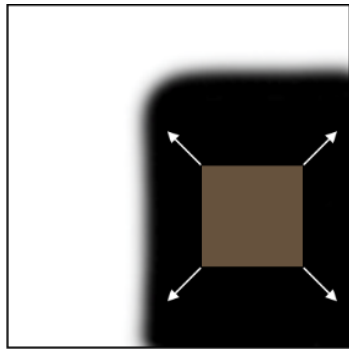
Εικόνα 1: Εντοπισμός ακμών

- Key property: in the region around a corner, image gradient has two or more dominant directions
- Corners are repeatable and distinctive

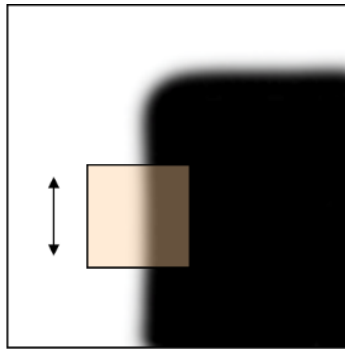


The basic idea

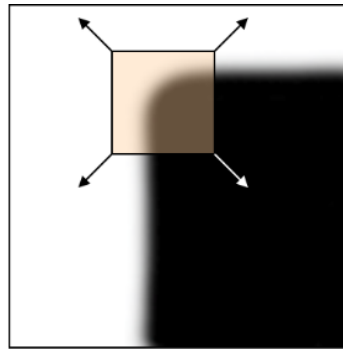
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,
Original creator: A. Efros, URL: <http://www.cs.berkeley.edu/~efros/>



“flat” region:
no change in
all directions



“edge”:
no change
along the edge
direction



“corner”:
significant
change in all
directions

- We should easily recognize the point by looking through a small window
- Shifting a window in *any direction* should give a *large change* in intensity

Εικόνα 2: Βασική λογική εντοπισμού ακμών



Harris Corner Detector

Change in appearance for the shift $[u, v]$:

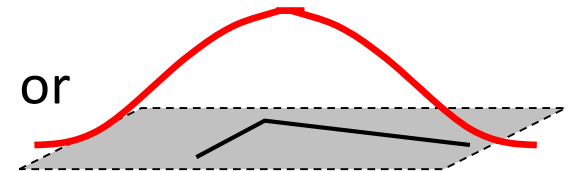
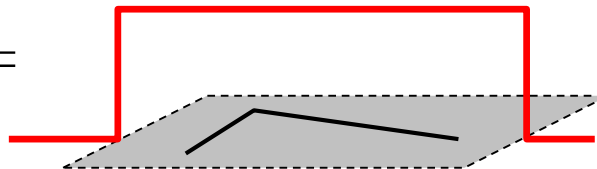
$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

Window function

Shifted intensity

Intensity

Window function $w(x, y) =$



1 in window, 0 outside

Gaussian

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original creator: R. Szeliski, URL: <http://szeliski.org/Book/>



Εικόνα 3: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris

Harris Corner Detector

Change in appearance for the shift $[u, v]$:

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

Second-order Taylor expansion of $E(u, v)$ about $(0, 0)$
(bilinear approximation for small shifts):

$$E(u, v) \approx E(0, 0) + [u \quad v] \begin{bmatrix} E_u(0, 0) \\ E_v(0, 0) \end{bmatrix} + \frac{1}{2} [u \quad v] \begin{bmatrix} E_{uu}(0, 0) & E_{uv}(0, 0) \\ E_{uv}(0, 0) & E_{vv}(0, 0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF),
Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,
Original creator: R. Szeliski, URL: <http://szeliski.org/Book/>



Harris Detector: Mathematics

The bilinear approximation simplifies to

$$E(u, v) \approx [u \ v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

where M is a 2×2 matrix computed from image derivatives:

$$M = \sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} \sum I_x I_x & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y I_y \end{bmatrix} = \sum \begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix} [I_x \ I_y] = \sum \nabla I (\nabla I)^T$$



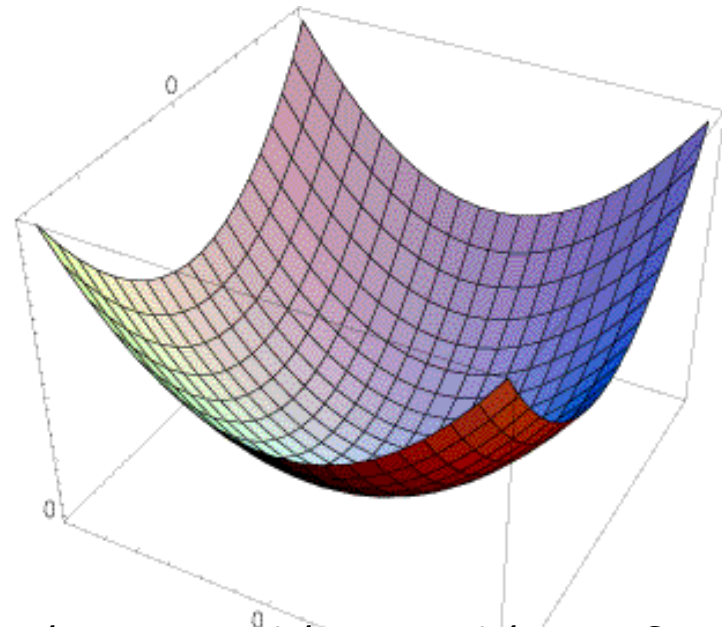
Interpreting the second moment matrix

The surface $E(u, v)$ is locally approximated by a quadratic form. Let's try to understand its shape.

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original creator: R. Szeliski, URL: <http://szeliski.org/Book/>

$$E(u, v) \approx [u \ v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

$$M = \sum \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$



Εικόνα 4: Μορφή της επιφάνειας διγραμμικού μετασχηματισμού



Interpreting the second moment matrix

First, consider the axis-aligned case (gradients are either horizontal or vertical)

$$M = \sum \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$$

If either λ is close to 0, then this is **not** a corner, so look for locations where both are large.



General Case

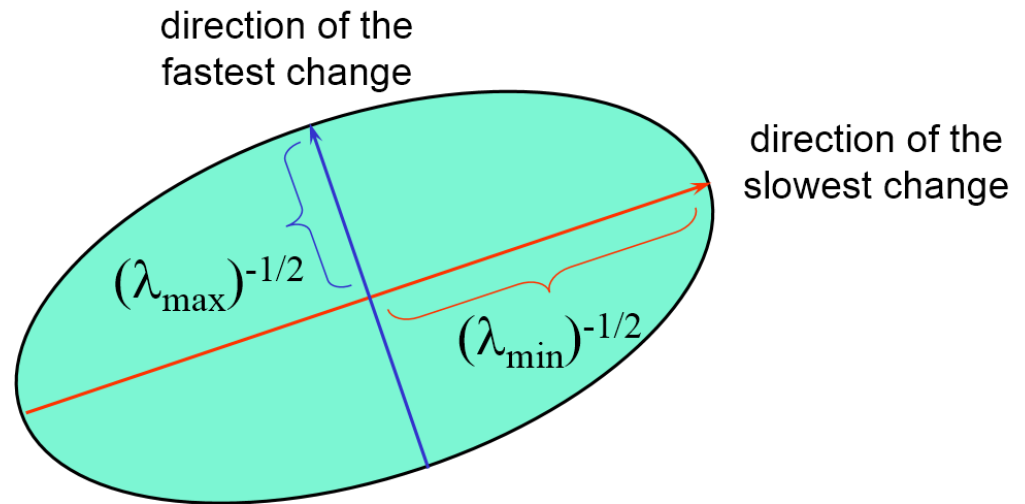
Since M is symmetric, we have

$$M = R^{-1} \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} R$$

We can visualize M as an ellipse with axis lengths determined by the eigenvalues and orientation determined by R

Ellipse equation:

$$[u \ v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \text{const}$$



Εικόνα 5: Μορφή του πίνακα παραγώγων M



Harris detector: Steps

1. Compute Gaussian derivatives at each pixel
2. Compute second moment matrix M in a Gaussian window around each pixel
3. Compute corner response function R
4. Threshold R
5. Find local maxima of response function



Harris detector: Steps



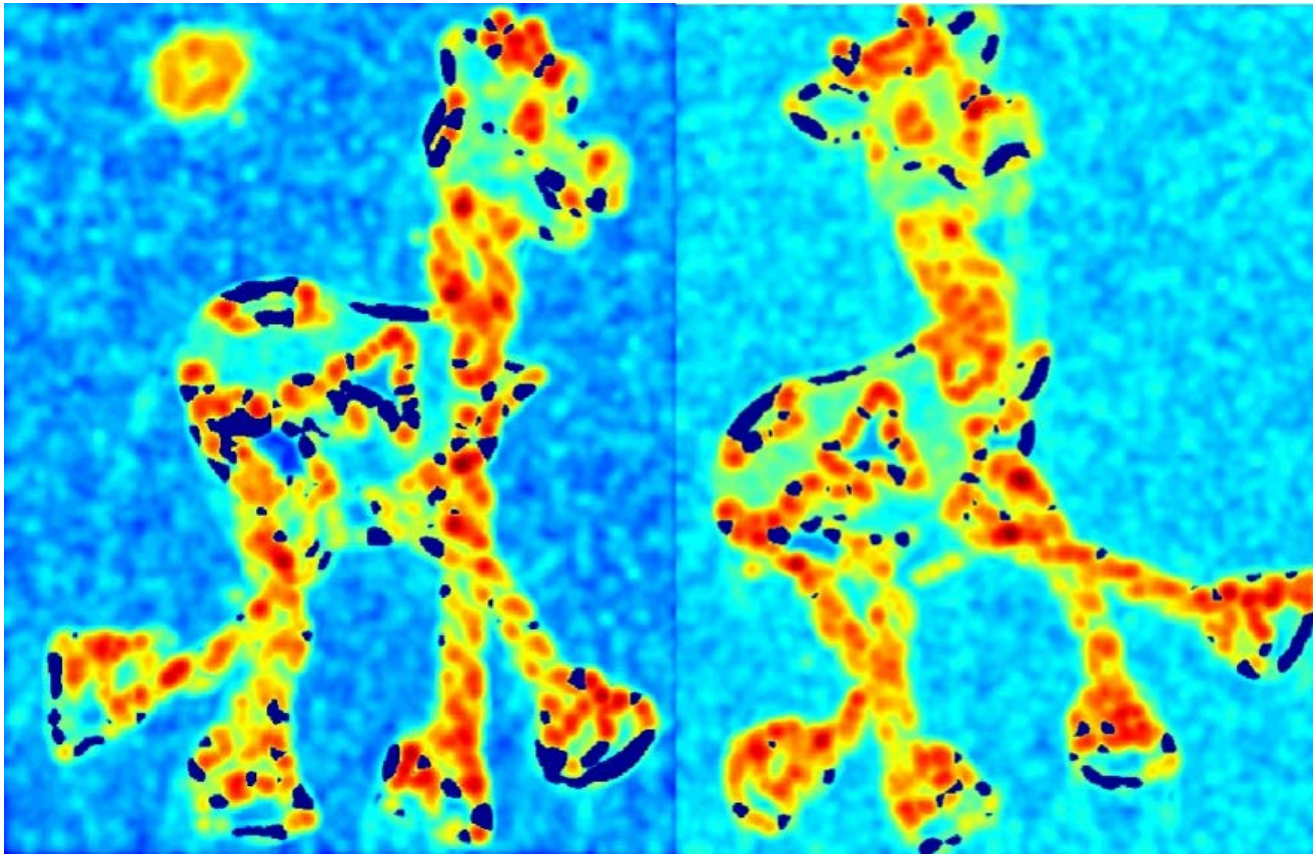
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,

Εικόνα 6: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (I)



Harris detector: Steps

Compute corner response R



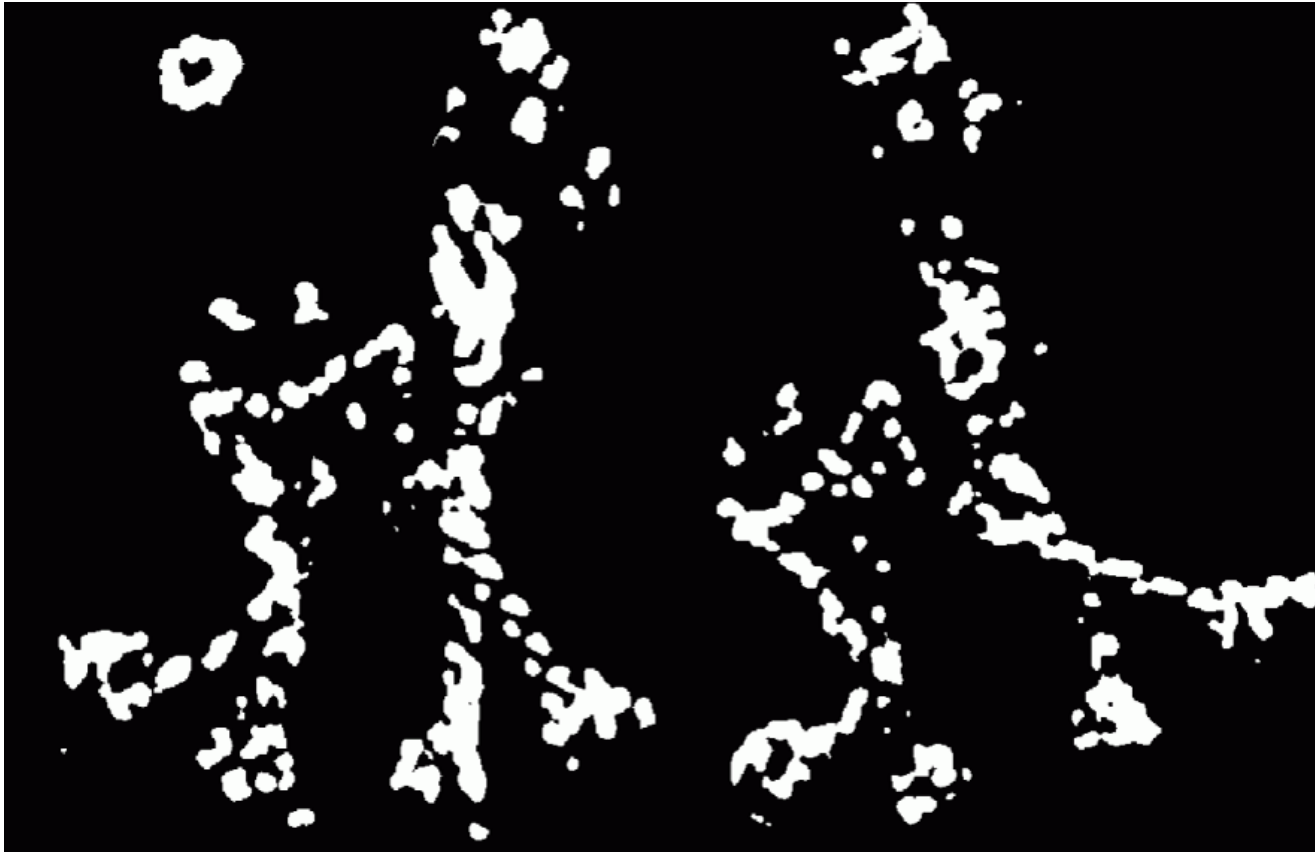
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,

Εικόνα 7: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (II)



Harris detector: Steps

Find points with large corner response: $R > \text{threshold}$



Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,

Εικόνα 8: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (III)



Harris detector: Steps

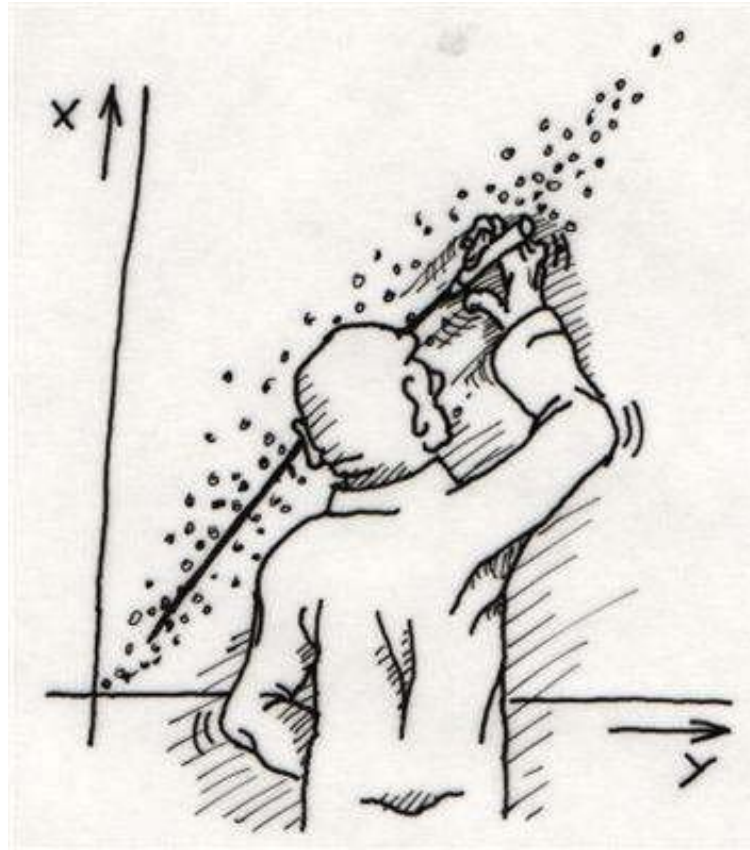


Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,

Εικόνα 9: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (IV)



The Hough transform



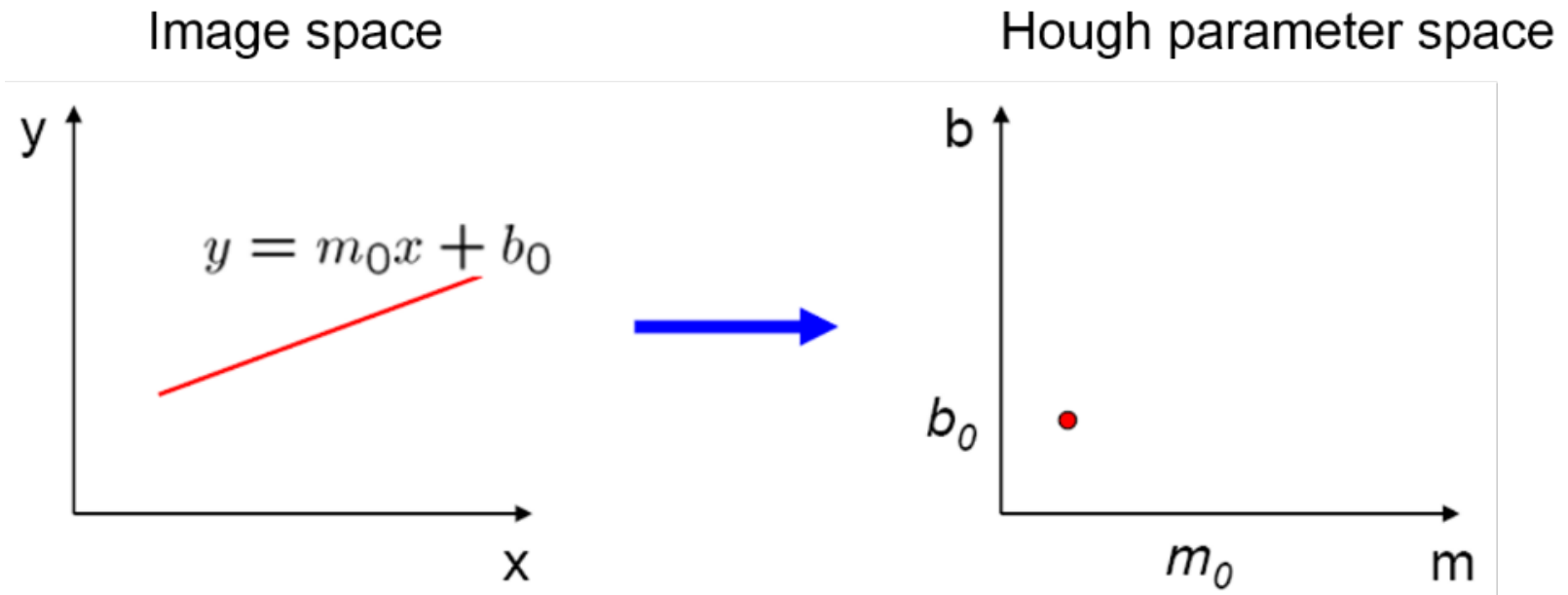
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>,

Εικόνα 10: Μετασχηματισμός Hough



Parameter space representation

- A line in the image corresponds to a point in Hough space



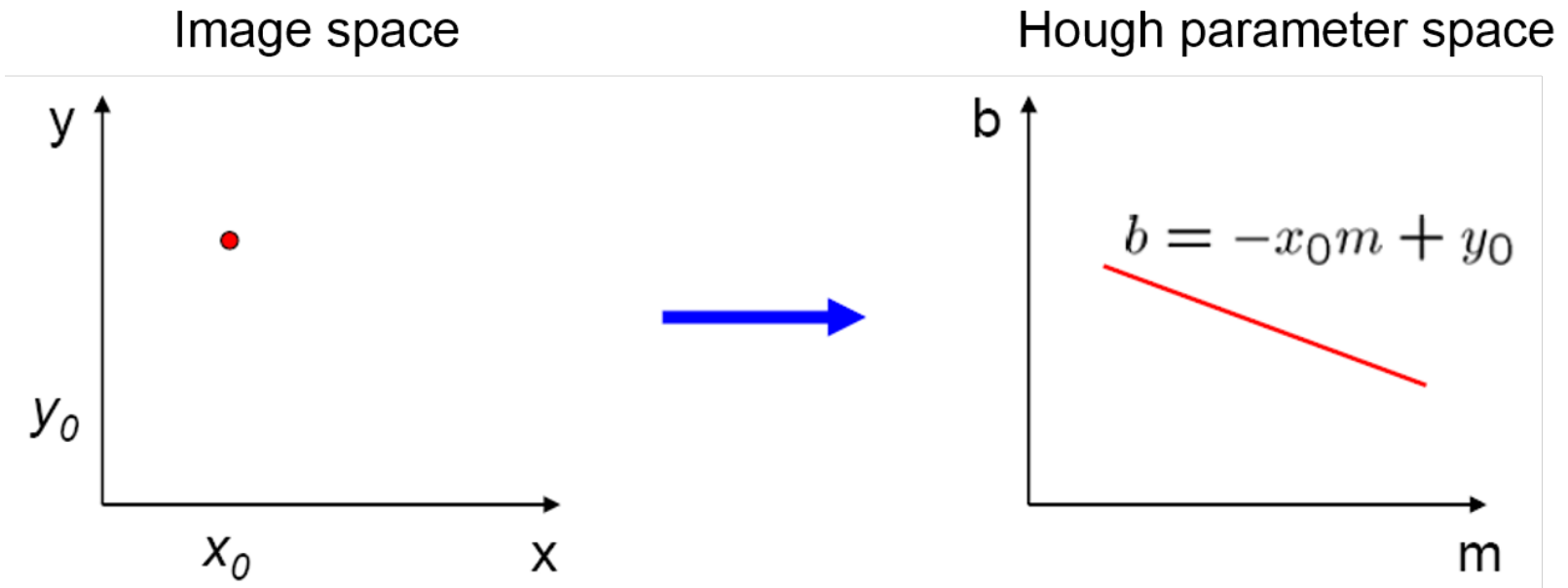
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>



Εικόνα 11: Μετασχηματισμός Hough (I)

Parameter space representation

- What does a point (x_0, y_0) in the image space map to in the Hough space?

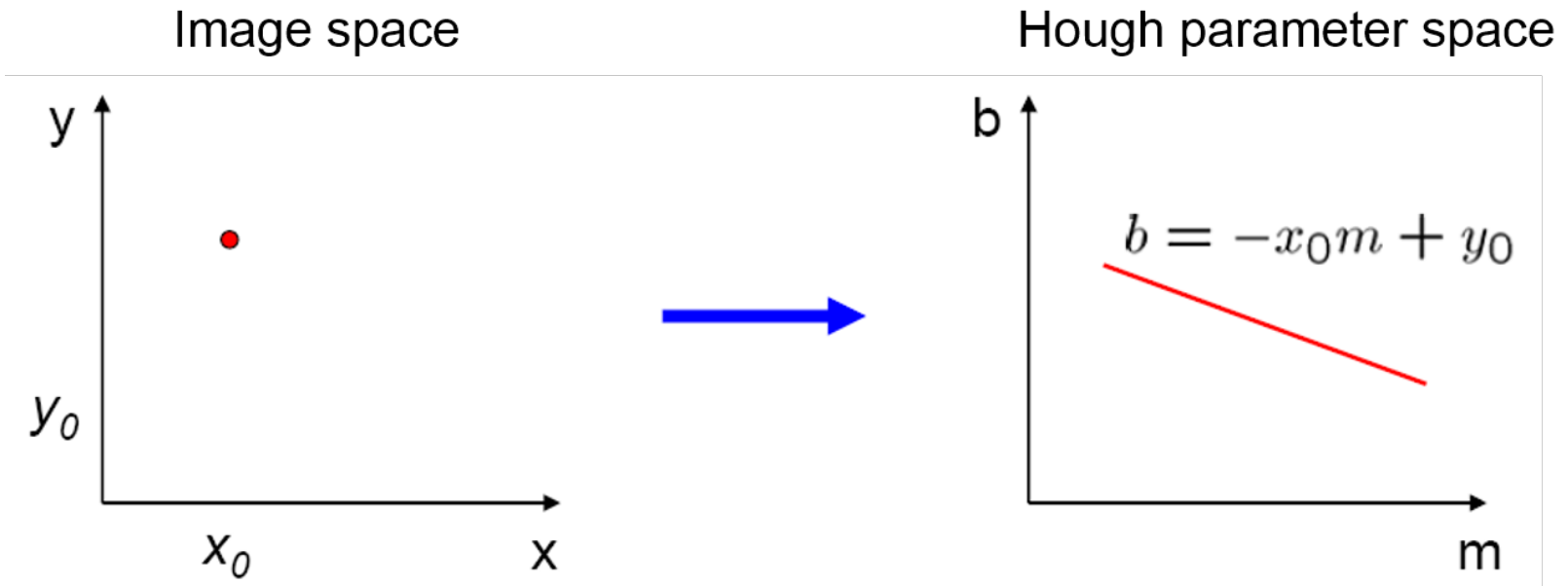


Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>



Parameter space representation

- What does a point (x_0, y_0) in the image space map to in the Hough space?
 - Answer: the solutions of $b = -x_0m + y_0$
 - This is a line in Hough space



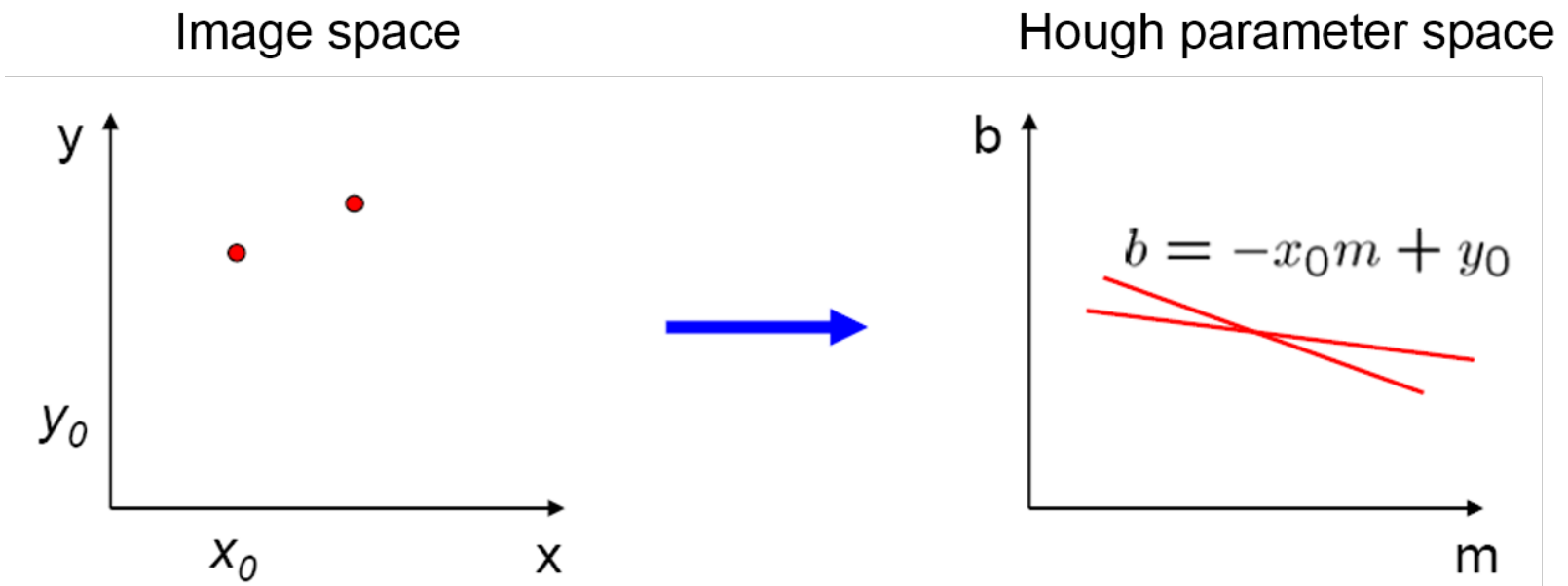
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>

Εικόνα 13: Μετασχηματισμός Hough (II)



Parameter space representation

- Where is the line that contains both (x_0, y_0) and (x_1, y_1) ?



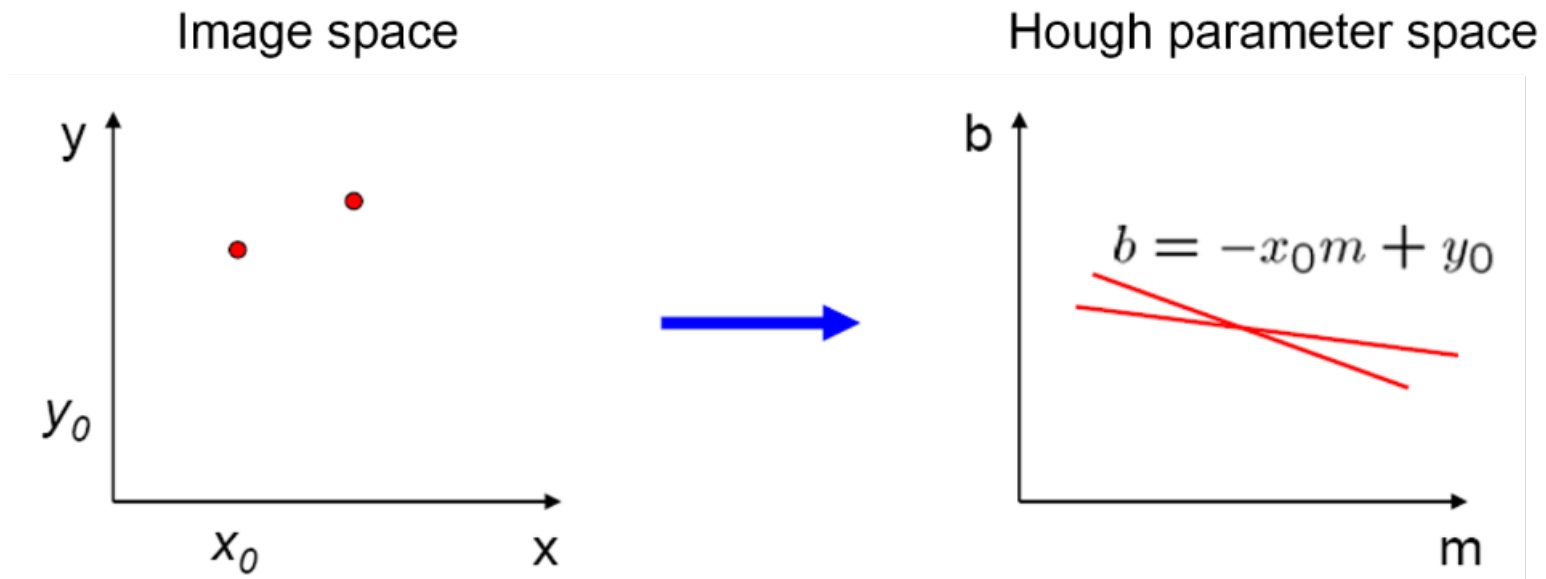
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>



Εικόνα 14: Μετασχηματισμός Hough (IV)

Parameter space representation

- Where is the line that contains both (x_0, y_0) and (x_1, y_1) ?
 - It is the intersection of the lines $b = -x_0m + y_0$ and $b = -x_1m + y_1$



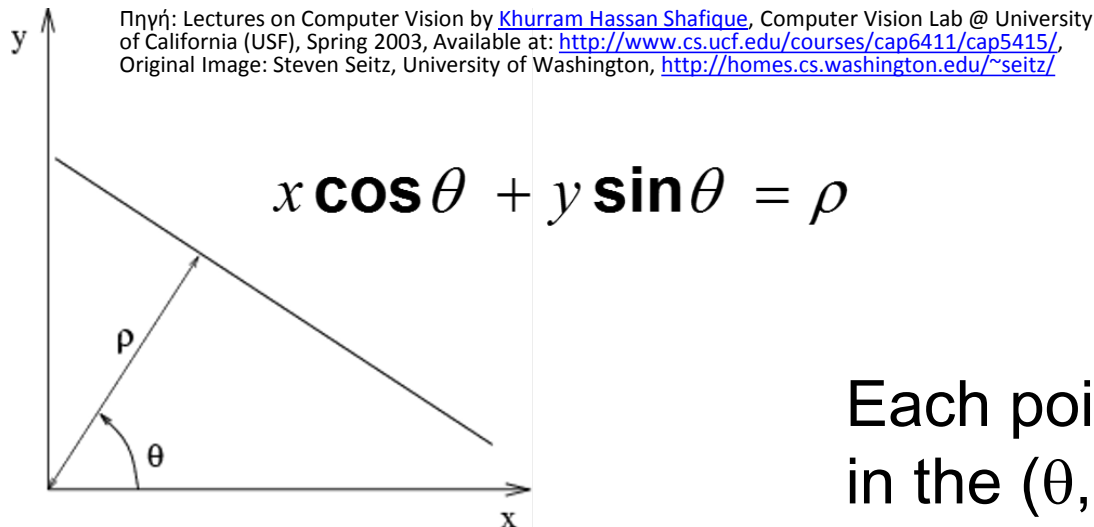
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>



Εικόνα 15: Μετασχηματισμός Hough (V)

Parameter space representation

- Problems with the (m,b) space:
 - Unbounded parameter domain
 - Vertical lines require infinite m
- Alternative: polar representation



Each point will add a sinusoid in the (θ, ρ) parameter space

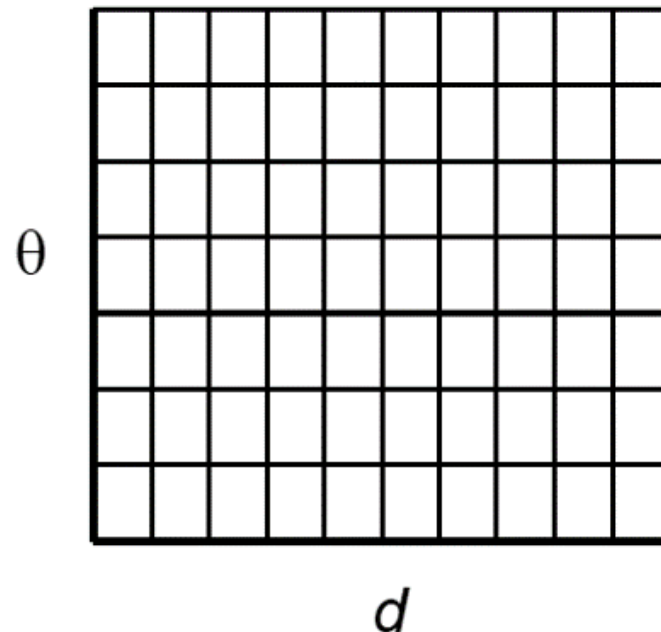


Εικόνα 16: Μετασχηματισμός Hough (VI)

Algorithm outline

- Initialize accumulator H to all zeros
- For each edge point (x,y) in the image
 - For $\theta = 0$ to 180
 - $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$
 - $H(\theta, \rho) = H(\theta, \rho) + 1$
 - end
- Find the value(s) of (θ, ρ) where $H(\theta, \rho)$ is a local maximum
 - The detected line in the image is given by
 - $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$

H: accumulator array (votes)

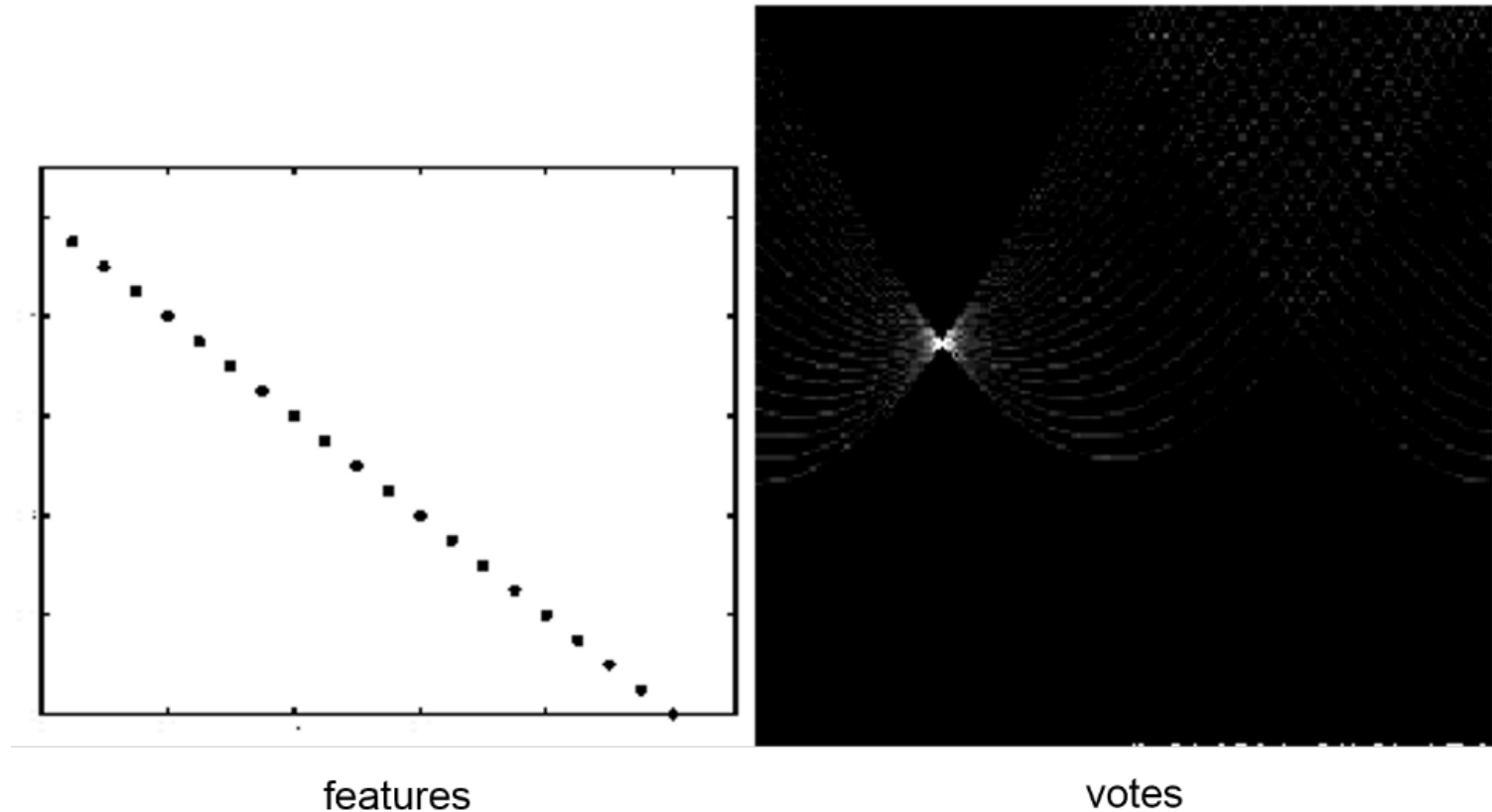


Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>, Original Image: Steven Seitz, University of Washington, <http://homes.cs.washington.edu/~seitz/>



Εικόνα 17: Μετασχηματισμός Hough (VII)

Basic illustration



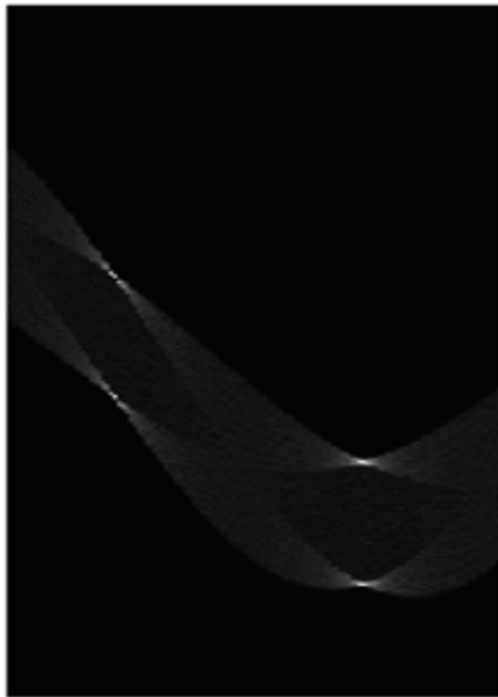
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



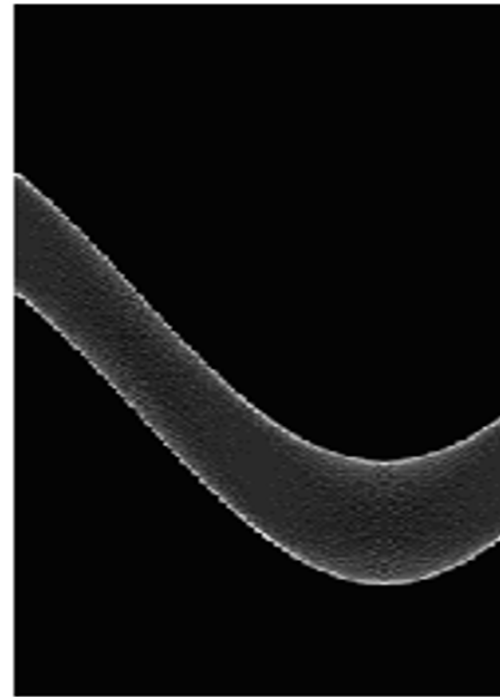
Εικόνα 18: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (I)

Other shapes

?



?



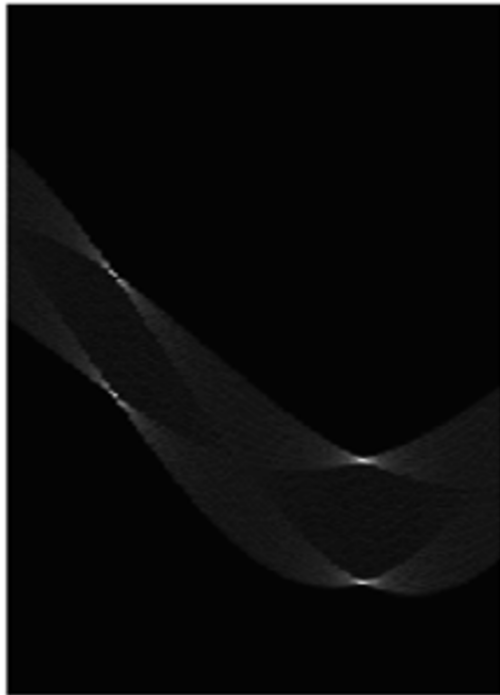
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



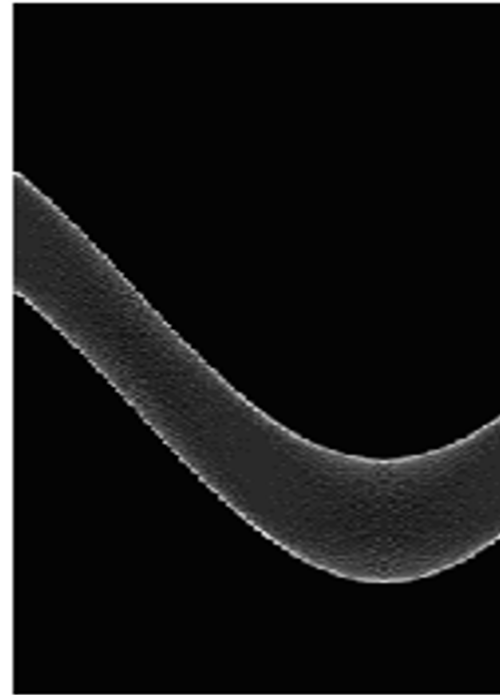
Εικόνα 19: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (II)

Other shapes

Square



Circle

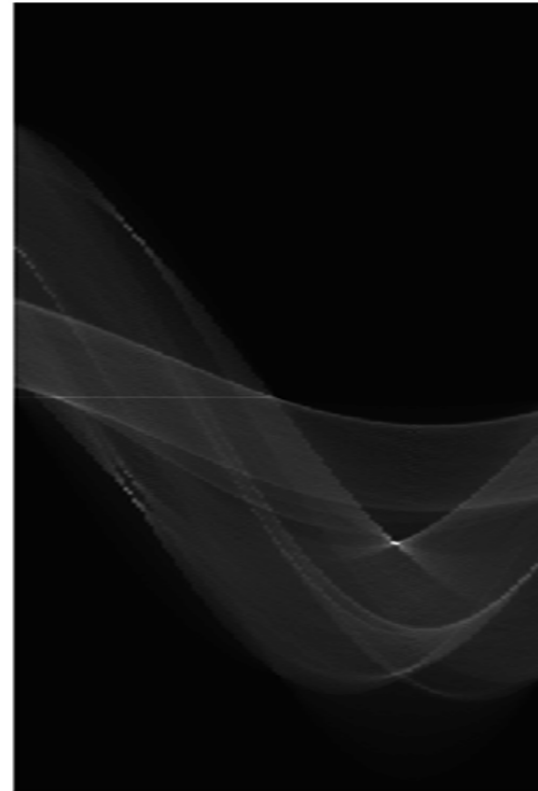
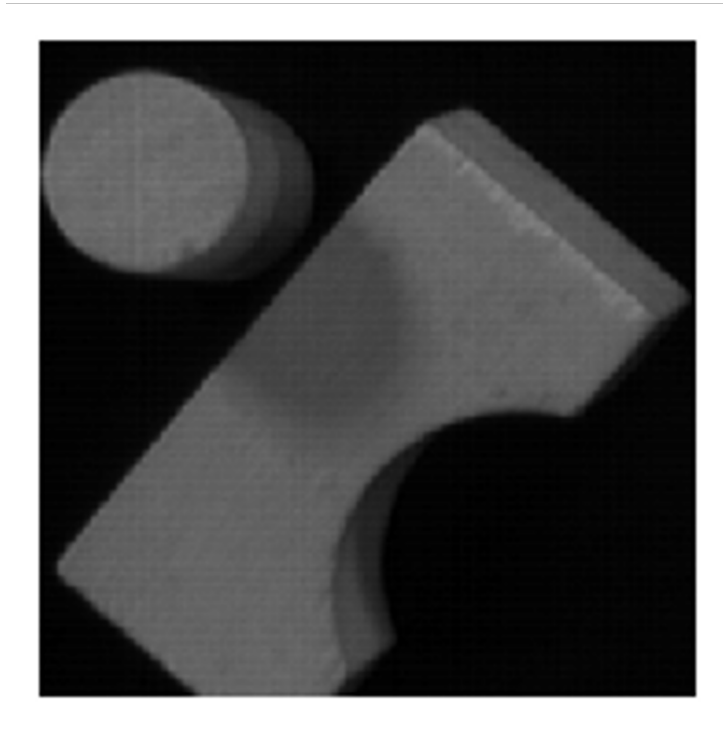


Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Εικόνα 20: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (III)

Several lines



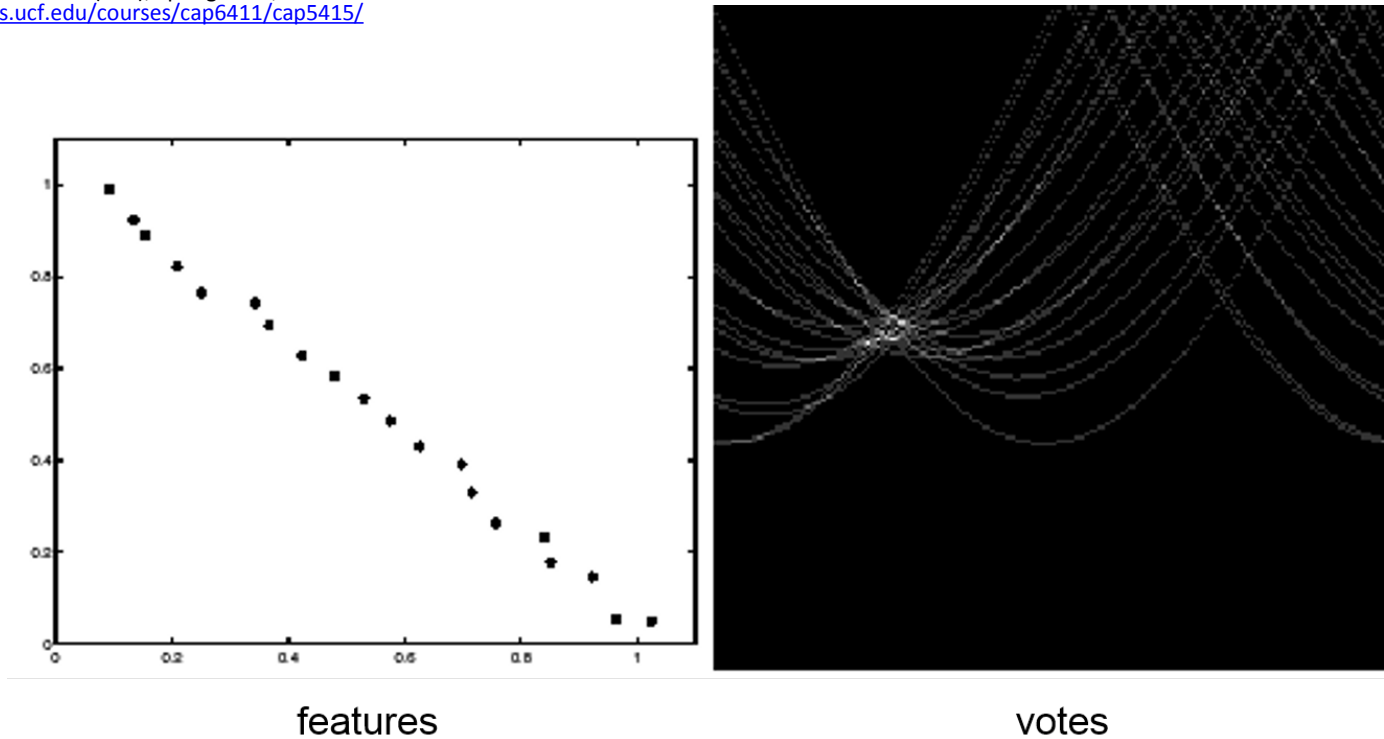
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Εικόνα 21: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (IV)

Effect of noise

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

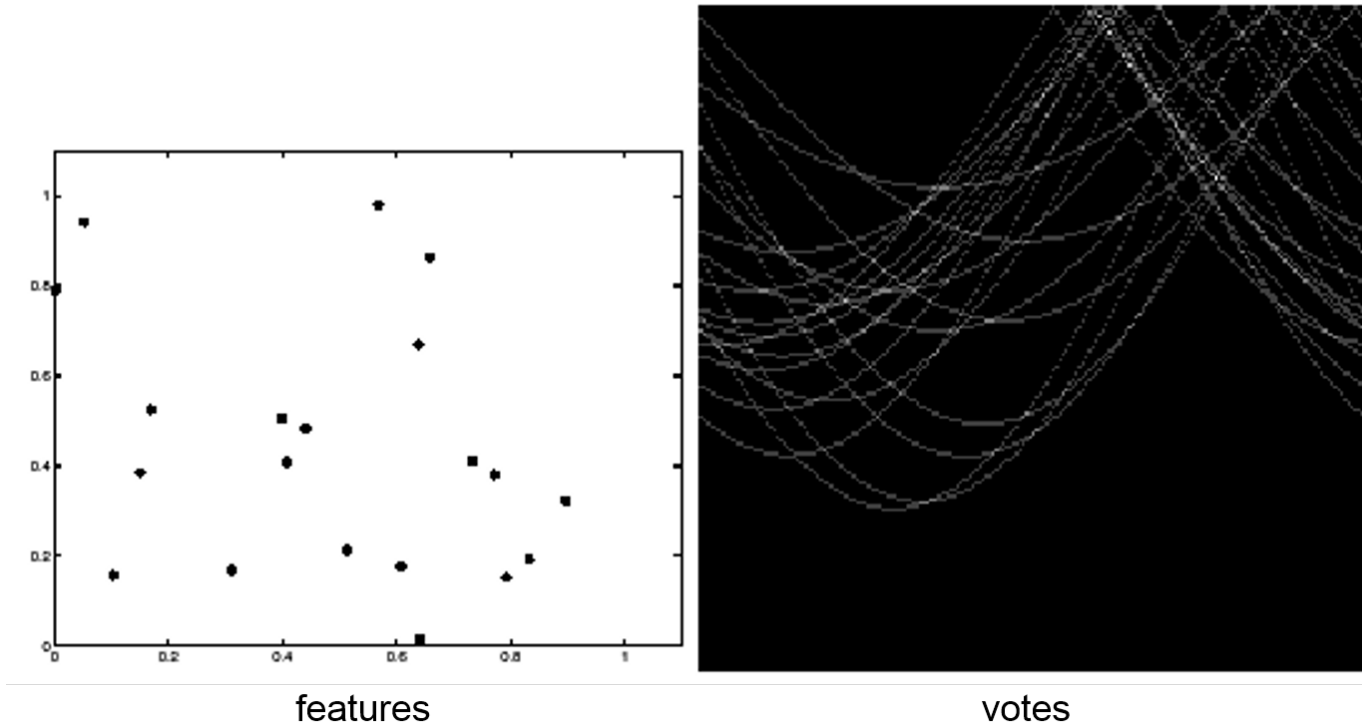


- Peak gets fuzzy and hard to locate



Εικόνα 22: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (V)

Random points



- Uniform noise can lead to spurious peaks in the array

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Practical details

- Try to get rid of irrelevant features
 - Take only edge points with significant gradient magnitude
- Choose a good grid / discretization
 - Too coarse: large votes obtained when too many different lines correspond to a single bucket
 - Too fine: miss lines because some points that are not exactly collinear cast votes for different buckets
- Increment neighboring bins (smoothing in accumulator array)
- Who belongs to which line?
 - Tag the votes



Hough transform: Pros

- Can deal with non-locality and occlusion
- Can detect multiple instances of a model in a single pass
- Some robustness to noise: noise points unlikely to contribute consistently to any single bin



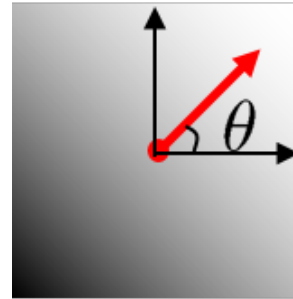
Hough transform: Cons

- Complexity of search time increases exponentially with the number of model parameters
- Non-target shapes can produce spurious peaks in parameter space
- It's hard to pick a good grid size



Hough Extension: Using image gradients

- When an edge point is detected, the gradient direction is known
- But this means that the line is uniquely determined!
- Modified Hough transform:



$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f}{\partial y} / \frac{\partial f}{\partial x} \right)$$

For each edge point (x,y)

θ = gradient orientation at (x,y)

$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$

$H(\theta, \rho) = H(\theta, \rho) + 1$

end

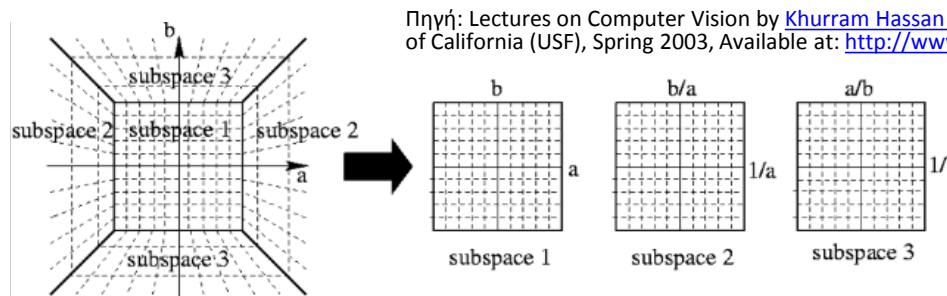
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 24: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (I)



Extension: Cascaded Hough transform

- Let's go back to the original (m,b) parametrization
- A line in the image maps to a pencil of lines in the Hough space
- What do we get with parallel lines or a pencil of lines?
 - Collinear peaks in the Hough space!
- So we can apply a Hough transform to the output of the first Hough transform to find vanishing points
- Issue: dealing with unbounded parameter space

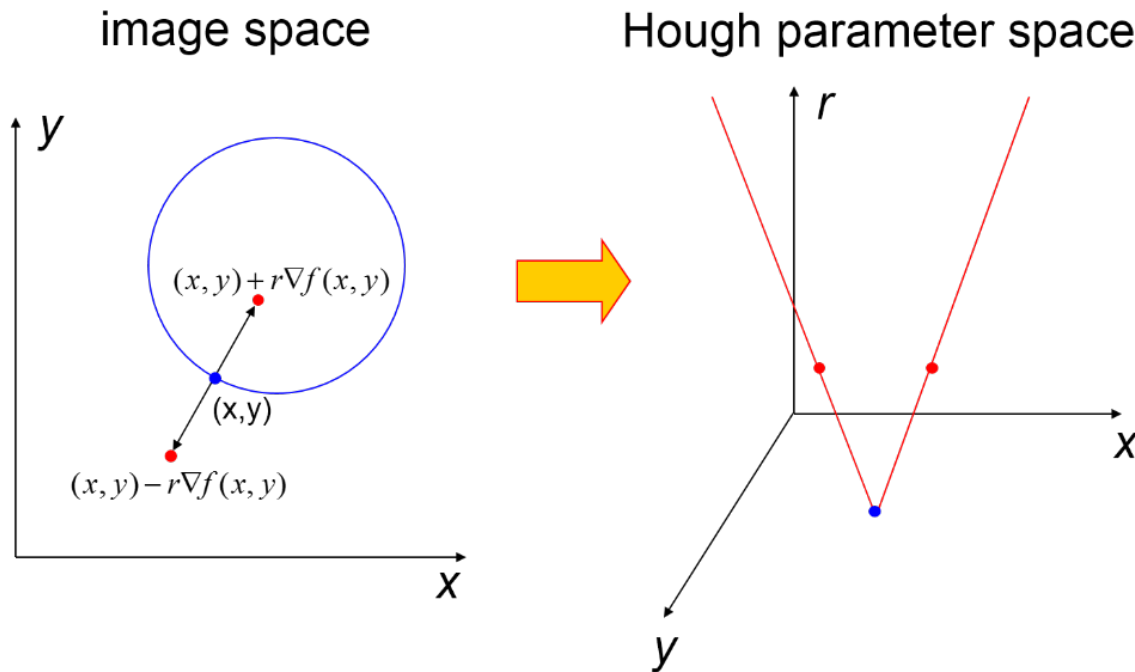


T. Tuytelaars, M. Proesmans, L. Van Gool ["The cascaded Hough transform,"](#)
ICIP, vol. II, pp. 736-739, 1997.



Εικόνα 25: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (II)

Hough transform for circles



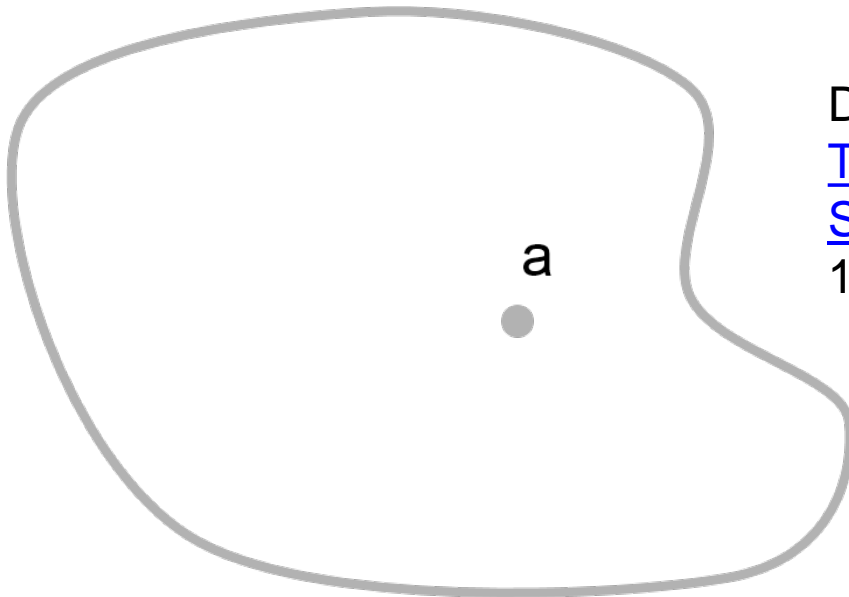
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 26: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (III)



Generalized Hough transform

- We want to find a shape defined by its boundary points and a reference point



D. Ballard, [Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes](#), Pattern Recognition 13(2), 1981, pp. 111-122.

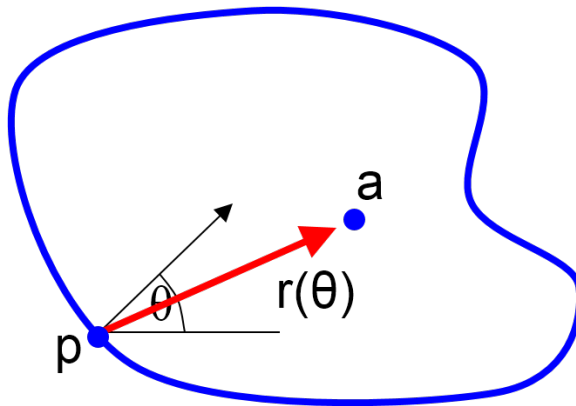
Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](#), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 27: Γενικευμένος μετασχηματισμός Hough (I)



Generalized Hough transform

- We want to find a shape defined by its boundary points and a reference point
- For every boundary point p , we can compute the displacement vector $r = a - p$ as a function of gradient orientation θ



D. Ballard, [Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes](#), Pattern Recognition 13(2), 1981, pp. 111-122.

Πηγή: Lectures on Computer Vision by [Khurram Hassan Shafique](#), Computer Vision Lab @ University of California (USF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 28: Γενικευμένος μετασχηματισμός Hough (II)



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0



Σημείωμα Αναφοράς

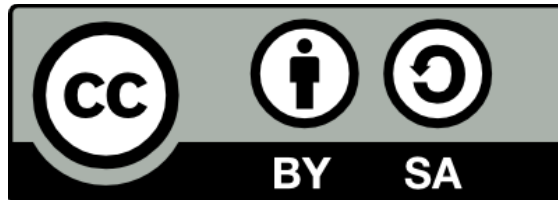
Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αντώνιος Τζές, Ευάγγελος Δερματάς,
«Ρομποτικά Συστήματα. Εντοπισμός ακμών». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/EE804/index.php>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Σύμφωνα με αυτήν την άδεια ο δικαιούχος σας δίνει το δικαίωμα να:

Μοιραστείτε — αντιγράψετε και αναδιανέμετε το υλικό

Προσαρμόστε — αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο υλικό για κάθε σκοπό

Υπό τους ακόλουθους όρους:

Αναφορά Δημιουργού — Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό , με σύνδεσμο της άδειας

Παρόμοια Διανομή — Αν αναμείξετε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια όπως και το πρωτότυπο

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Εντοπισμός ακμών, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 2: Βασική λογική εντοπισμού ακμών, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 3: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 4: Μορφή της επιφάνειας διγραμμικού μετασχηματισμού, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 5: Μορφή του πίνακα παραγώγων M, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 6: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (I), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 7: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (II), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 8: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (III), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 9: Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Harris – Αναλυτικά (IV), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 10: Μετασχηματισμός Hough, Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 11: Μετασχηματισμός Hough (I), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 12: Μετασχηματισμός Hough (II), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 13: Μετασχηματισμός Hough (III), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 14: Μετασχηματισμός Hough (IV), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 15: Μετασχηματισμός Hough (V), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 16: Μετασχηματισμός Hough (VI), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 17: Μετασχηματισμός Hough (VII), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 18: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (I), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 19: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (II), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 20: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (III), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 21: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (IV), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 22: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (V), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 23: Μετασχηματισμός Hough – Παραδείγματα (VI), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at:

<http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 24: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (I), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 25: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (II), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 26: Επέκταση μετασχηματισμού Hough (III), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 27: Γενικευμένος μετασχηματισμός Hough (I), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

Εικόνα 28: Γενικευμένος μετασχηματισμός Hough (II), Lectures on Computer Vision by Khurram Hassan Shafique, Computer Vision Lab @ Univeristy of California (UCF), Spring 2003, Available at: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/cap5415/>

