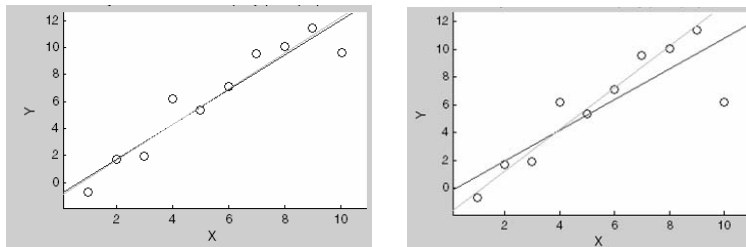


T6: Contornos Transformada de Hough (TH)



- Motivación
- Detección de rectas
- Espacio acumulador
- Proceso de detección
- Detección de otras formas geométricas
- La TH generalizada
- Características y aspectos prácticos
- Variantes y aplicaciones
- Bibliografía
- Propuesta de artículos

Motivación

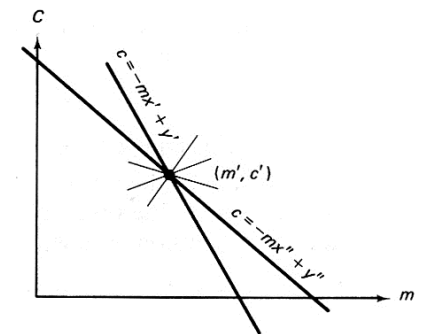


— Least squares
— Robust

Detección de rectas

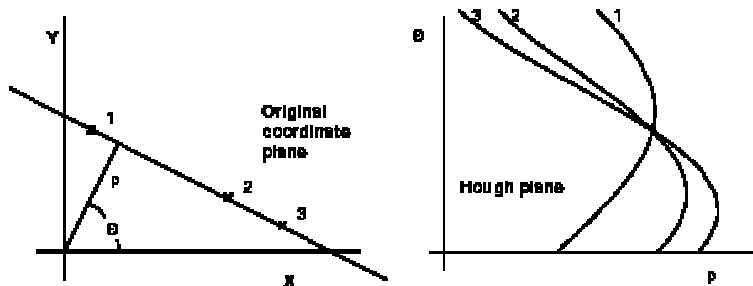


$$y = mx + b$$



Detección de rectas

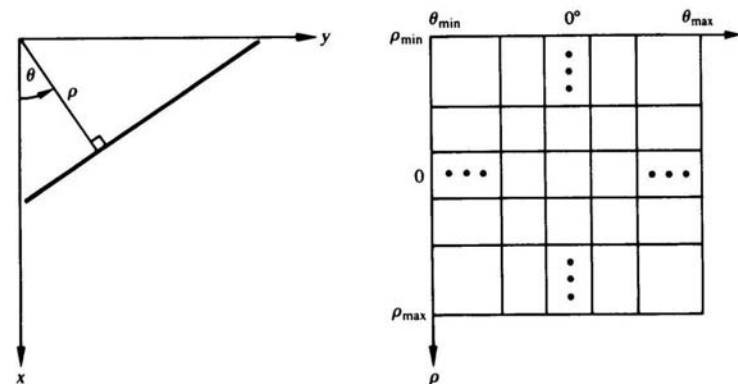
$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$$



Transformada de Hough

5

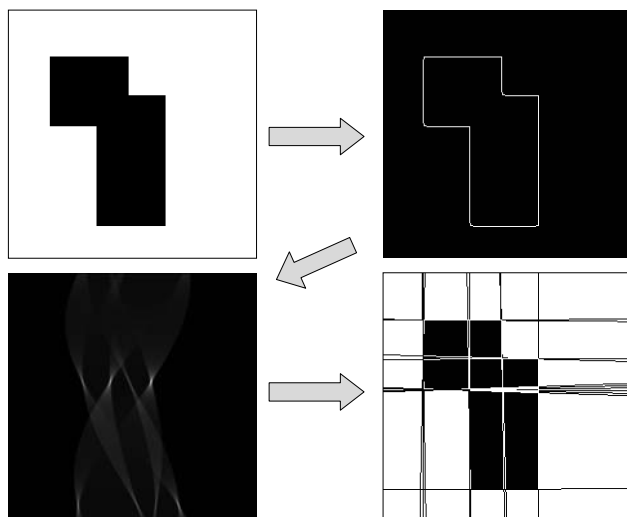
Espacio acumulador



Transformada de Hough

6

Proceso de detección



Transformada de Hough

7

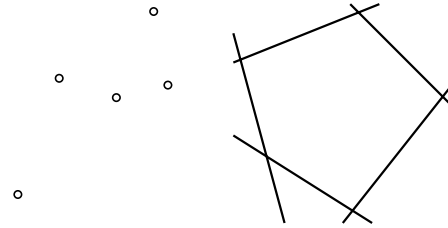
Detección de otras formas geométricas

- Círculo $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$
- Elipse $\frac{(x - x_0)^2}{a^2} + \frac{(y - y_0)^2}{b^2} = 1$.
- Polígonos
- ...
- Cualquier curva expresable analíticamente

Transformada de Hough

8

Polígonos

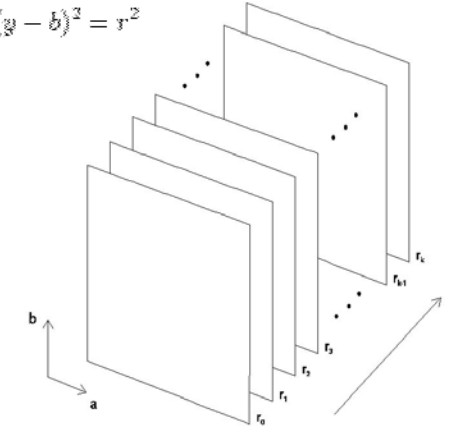


Transformada de Hough

9

Círculos: método *naïve*

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$$

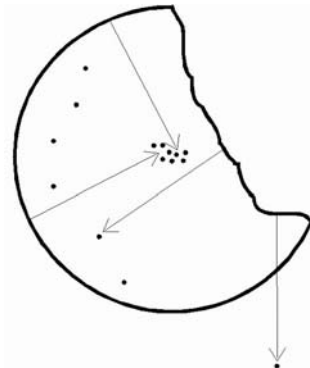


Transformada de Hough

10

Círculos: en dos etapas

- Etapa 1: Localizar el centro
- Etapa 2: Descubrir el radio



Transformada de Hough

11

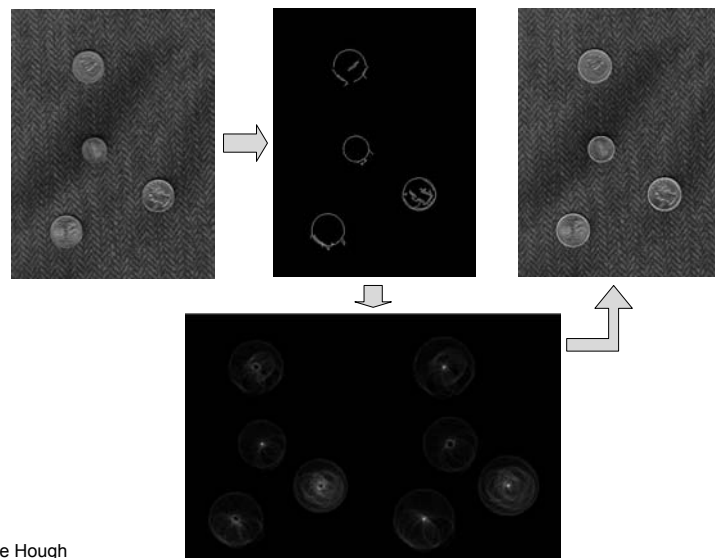
Radio y número de círculos conocidos



Transformada de Hough

12

Detección de monedas



Transformada de Hough

13

Otro ejemplo

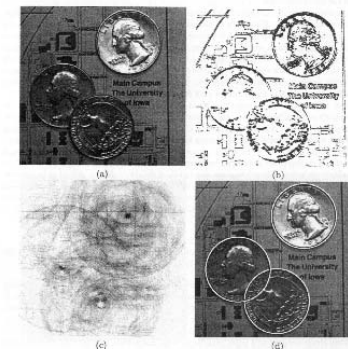
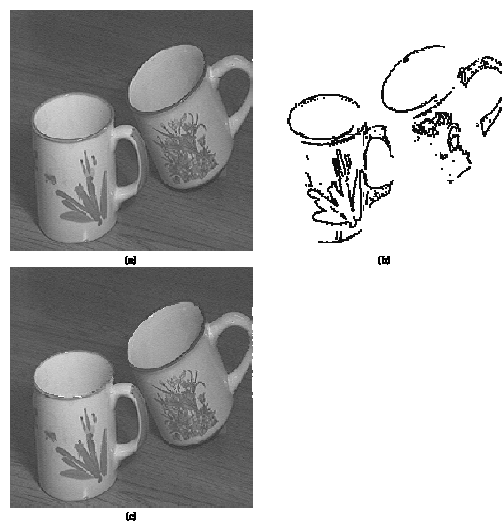


FIGURE 5.38 Hough transform—circle detection: (a) original image; (b) edge image (note that the edge information is far from perfect); (c) parameter space; (d) detected circles.

Transformada de Hough

14

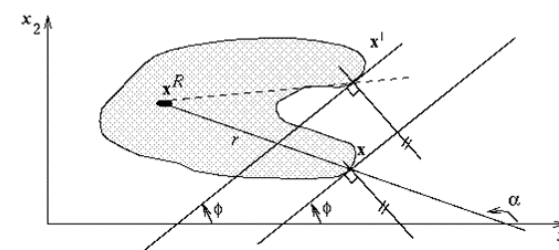
Detección de elipses: ejemplo



Transformada de Hough

15

TH Generalizada



$$\begin{array}{l}
 \phi_1 \quad (r_1^1, \alpha_1^1), (r_1^2, \alpha_1^2), \dots, (r_1^{n_1}, \alpha_1^{n_1}) \\
 \phi_2 \quad (r_2^1, \alpha_2^1), (r_2^2, \alpha_2^2), \dots, (r_2^{n_2}, \alpha_2^{n_2}) \\
 \phi_3 \quad (r_3^1, \alpha_3^1), (r_3^2, \alpha_3^2), \dots, (r_3^{n_3}, \alpha_3^{n_3}) \\
 \dots \quad \dots \\
 \phi_k \quad (r_k^1, \alpha_k^1), (r_k^2, \alpha_k^2), \dots, (r_k^{n_k}, \alpha_k^{n_k})
 \end{array}$$

Transformada de Hough

16

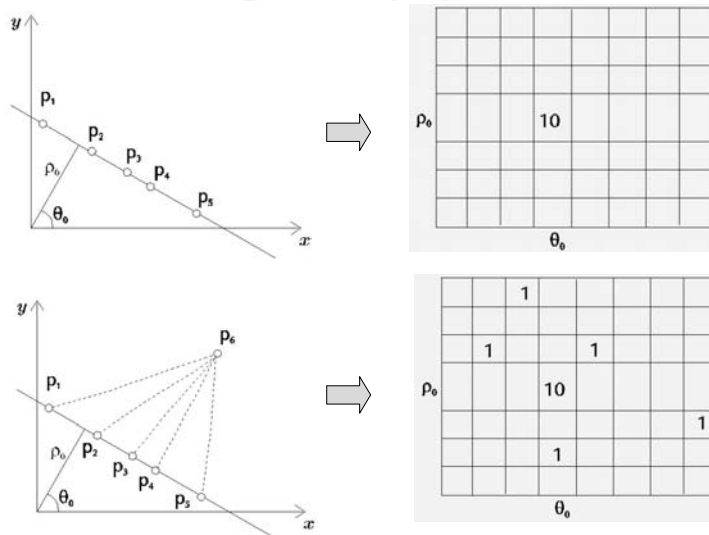
Características y aspectos de la TH

- Ventajas:
 - Robustez a ruido y oclusiones.
 - Robustez a presencia de otras formas
 - Detección de múltiples instancias en una “pasada”
- Aspectos:
 - Detección de falsos positivos
 - Coste computacional
 - Resolución del espacio acumulador
 - Localización de picos
 - Precisión de los parámetros

Coste computacional

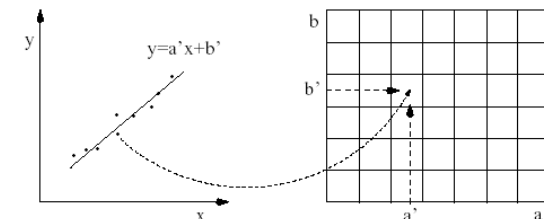
- Coste espacial y temporal función de:
 - Tamaño imagen
 - Tamaño espacio acumulador
 - N° parámetros y su resolución
 - Número de *edges* y cantidad de ruido
- Algunas estrategias para disminuir el coste:
 - LUTs de seno y coseno
 - Uso de la dirección del gradiente
 - Multiresolución: se empieza con poca resolución
 - Proyecciones: encontrar picos en acumuladores 2D
 - Partición en subimágenes
 - TH combinatoria
 - Implementaciones paralelas

TH combinatoria / aleatoria

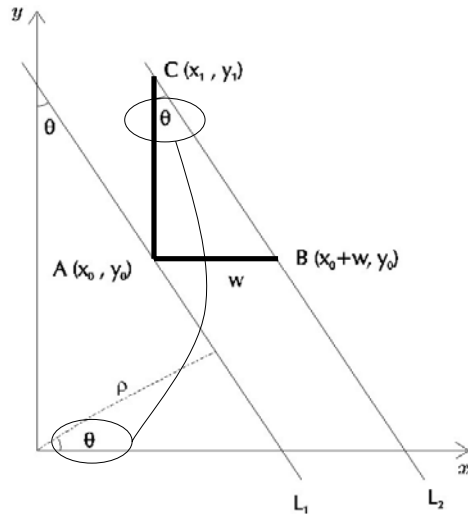


Dimensiones del espacio acumulador

- ¿Cuál es el tamaño apropiado para el acumulador?
 - Demasiado pequeño:
 - Baja precisión
 - Mayor tolerancia al ruido (ver figura)
 - Demasiado grande
 - Muchos recursos computacionales
- Estructuras de datos para tener cualquier resolución



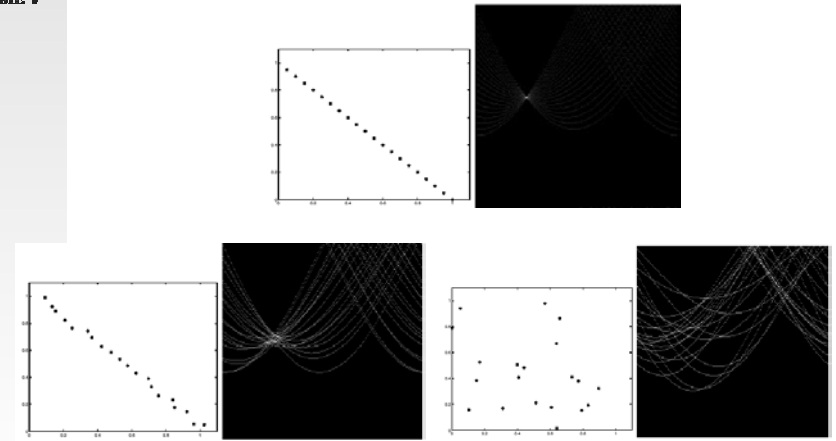
TH rápida de Ho & Chen



Transformada de Hough

21

Dispersión de los picos



Transformada de Hough

22

Detección de picos

- Suavizar espacio acumulador antes de la búsqueda
- Técnicas de agrupamiento (*clustering*)
- “Eliminar” pico detectado tras cada iteración
- ¿Cuántos picos buscar? ¿Cuáles son “verdaderos”?
 - Umbral de votos
 - Conocimiento *a priori*
 - Restricciones del problema

Transformada de Hough

23

Detección de *segmentos* de recta

- Dos problemas tras la detección:
 - Cada pico representa una recta, *no un segmento*
 - Parámetros encontrados a la *resolución del acumulador*
- Estrategias:
 - Para cada celda (*bin*), guardar *edges*, no sólo votos
 - “Rastrear” imagen cerca de la recta

Transformada de Hough

24

Otras variantes y aplicaciones

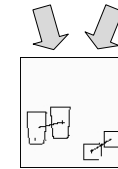
- Votos ponderados $A(\Psi) = A(\Psi) + W(P\{\text{pixel}=\text{edgel}\})$
- TH sobre niveles de gris; detección de *franjas*
- TH borrosa (*Fuzzy HT*)

- Detección de otras características:
 - Agujeros y esquinas
 - Simetría

- Problemas de correspondencia
 - Visión estéreo
 - Estimación de movimiento

- Problemas de optimización paramétricos

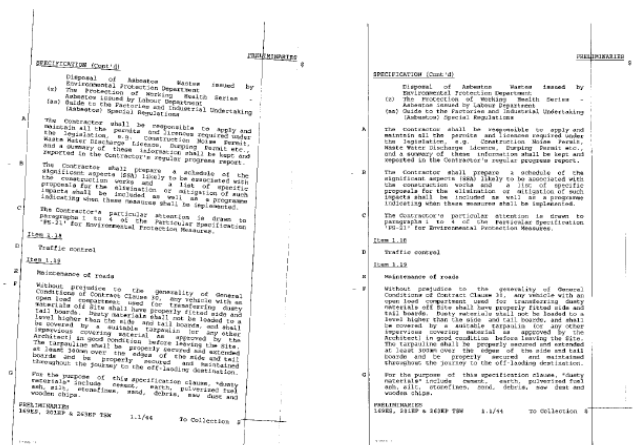
Estimación de movimiento con la TH



Seguimiento con la TH



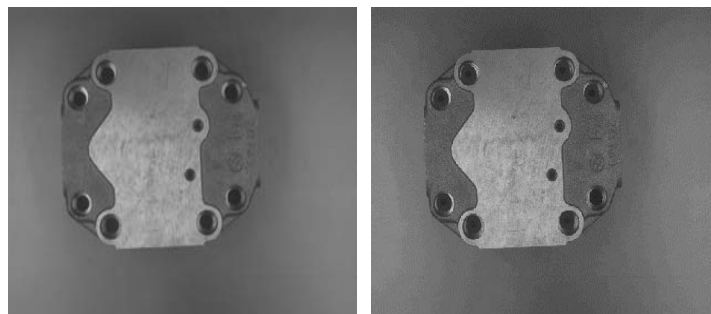
Alineación de texto (*skew detection*)



(a) Original image

(b) Corrected image

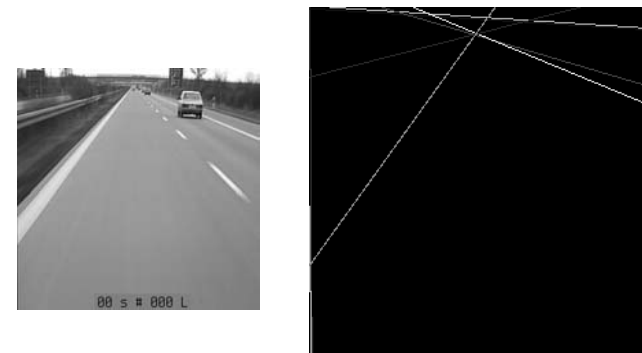
Inspección visual en la industria



Transformada de Hough

29

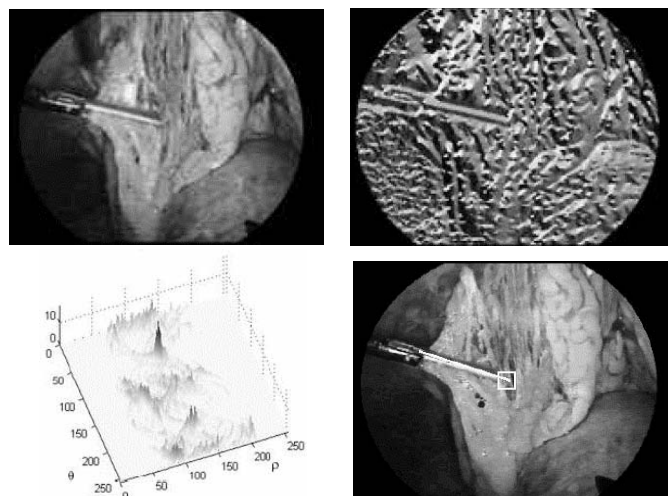
Asistencia a la conducción



Transformada de Hough

30

Medicina



Transformada de Hough

31

Demos

- **Drag mouse in image or Hough space**
<http://www.vision.ee.ethz.ch/~jhug/MoseIadarola/Hough6.html>
- **Paint something and find longest line**
<http://www.physik.uni-osnabrueck.de/nonlinop/Hough/LineHough.html>
- **Animation of HT**
<http://www.anc.ed.ac.uk/%7Eamos/hough.html>
- **Circular HT: Java applet**
<http://markschulze.net/java/hough>

Transformada de Hough

32

- Básica
 - Dana H. Ballard, Christopher M. Brown. **Computer vision**. Prentice Hall, 1982 (Cap. 4)
http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/BOOKS/BANDB/LIB/bandb4_3.pdf
 - Sonka, M.; Hlavac, V. and Boyle, R. **Image Processing, Analysis and Machine Vision**, Ed. Chapman & Hall Ed. 1993 (Cap. 5.2.6, pp. 149-159)
 - Jain, R. and Kasturi, R. and Schunck, B.G. (1995), **Machine Vision**, Ed. McGraw-Hill. (Cap. 6.8.4, pp. 218-223)
- Avanzada
 - E. R. Davis. **Machine Vision: theory, algorithms, practicalities**. Academic Press, 1990 (Caps. 8-14)
 - Illingworth, J., and Kittler, J., **A Survey of the Hough Transform**, Computer Vision Graphics and Image Processing, vol. 44, pp. 87-116, 1988.

- **A Hough transform based line recognition method utilizing both parameter space and image space** Jiqiang Song and Michael R. Lyu
Pattern Recognition, 38(4), April 2005, pp. 539-552
<http://www.elsevier.com/locate/patcog>
- **An effective voting method for circle detection** Shih-Hsuan Chiu and Jiun-Jian Liaw
Pattern Recognition Letters, 26(2), 15 January 2005, pp.121-133
<http://www.elsevier.com/locate/patrec>
- **Size invariant circle detection** T. J. Atherton and D. J. Kerbyson
Image and Vision Computing, 17(11), Sept. 1999, pp.795-803
<http://www.elsevier.com/locate/imavis>
- **Accurate and efficient curve detection in images: the importance sampling Hough transform** Daniel Walsh and Adrian E. Raftery
Pattern Recognition, 35(7), July 2002, pp.1421-1431
<http://www.elsevier.com/locate/patcog>