

Métodos Experimentales en Fluidodinámica

FD704 - Semestre de otoño 2012

Unidad 3: Análisis de imágenes y superficie libre

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

María Luisa Cordero – mcordero@ing.uchile.cl
Nicolás Mujica – nmujica@dfi.uchile.cl

En esta unidad veremos

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012

Introducción

Introducción

Imágenes digitales

Imágenes digitales

Métodos de detección de contornos

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Fit de intensidad

Convolución

Convolución

Gradiente

Gradiente

Thresholding

Thresholding

Tarea

Tarea

En esta unidad veremos procedimientos para detectar una interfase

1. MLC: Detección de interfaces mediante el análisis de imágenes
2. NM: Detección de interfaces mediante medidas capacitivas y resistivas

Organización y evaluación

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

Lu	Ma	Mi	J	V
9	10: clase MLC	11: clase NM	12: lab	13: lab
16: lab	17: lab	18: lab	19: lab	20: lab y entrega

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de detección de contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

Aplicar lo aprendido en dos experiencias

- ▶ Medición de tensión superficial entre agua/aceite de silicona
- ▶ Seguimiento de la superficie de una capa de agua en una celda vibrada con ondas de Faraday
- ▶ Entregar un informe individual de ambas experiencias el día 20/04

Imagen digital

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012

$$I(i, j) = 0, \dots, 2^D - 1 \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M$$

- ▶ Pixel (i, j)
- ▶ Resolución $N \times M$
- ▶ Profundidad de bits: D (escala de grises)
- ▶ Ejemplo:
 $D = 8 \Rightarrow I(i, j) \in [0, 255]$
0: negro
255: blanco

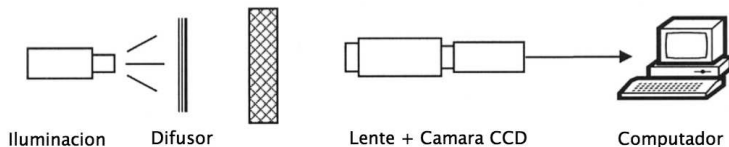


Imágenes digitales

- Fit de intensidad
- Convolución
- Gradiente
- Thresholding

Adquisición de imágenes

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012



- ▶ Resolución (CCD)
- ▶ Profundidad de color (CCD)
- ▶ Contraste
- ▶ Profundidad de campo
- ▶ Aberración cromática
- ▶ Distorción óptica

Introducción

Imágenes digitales

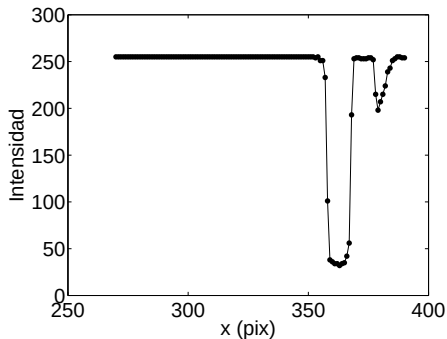
Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

Ajuste de intensidad

Variación de la intensidad a través de un borde



$$I(x) = I_1 + I_2 \tanh\left(\frac{x - x_0}{\sigma}\right)$$

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Convolución

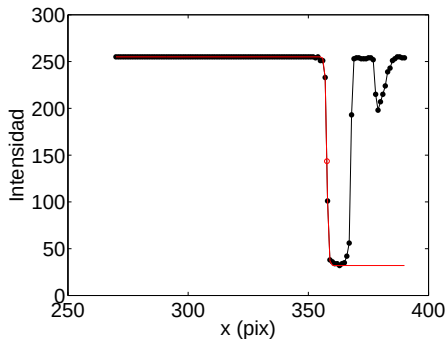
Gradiente

Thresholding

Tarea

Ajuste de intensidad

Variación de la intensidad a través de un borde



$$I(x) = I_1 + I_2 \tanh\left(\frac{x - x_0}{\sigma}\right)$$

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Convolución

Gradiente

Thresholding

Tarea

Ventajas

- ▶ Adecuada cuando la orientación del contorno es conocida
- ▶ Resolución sub-pixel

Desventajas

- ▶ Uniones Y
- ▶ Automatización

- ▶ Trabajar con imagen en forma matricial
- ▶ Resolución: pixel
- ▶ Automatizables
- ▶ Filtros pueden mejorar la calidad de la imagen
- ▶ Pueden utilizarse para detección de contornos
- ▶ También útiles en: remoción de ruido, homogenización de fondo, ...
- ▶ Bibliografía: Computer Vision Algorithms in Image Algebra, Gerhard X. Ritter, Joseph N. Wilson (¡y muchos otros libros en biblioteca!)

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

- Aplicación de los filtros se basan en la utilización de un kernel

$$k(i,j) \quad i = 1, \dots, n < N, \quad j = 1, \dots, m < M$$

$$I = \begin{pmatrix} I_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & I_{1,M} \\ I_{2,1} & I_{2,2} & \cdots & I_{2,M} \\ \cdots & & & \\ I_{N,1} & I_{N,2} & \cdots & I_{N,M} \end{pmatrix}, \quad k = \begin{pmatrix} k_{1,1} & \cdots & k_{1,m} \\ \cdots & & \\ k_{n,1} & \cdots & k_{n,m} \end{pmatrix}$$

- La convolución entre la imagen I y el kernel k se define:

$$O(i,j) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n I(i+k-1)k(k,l)$$

donde $i = 1, \dots, M - n + 1, \quad j = 1, \dots, N - n + 1$

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Convolución

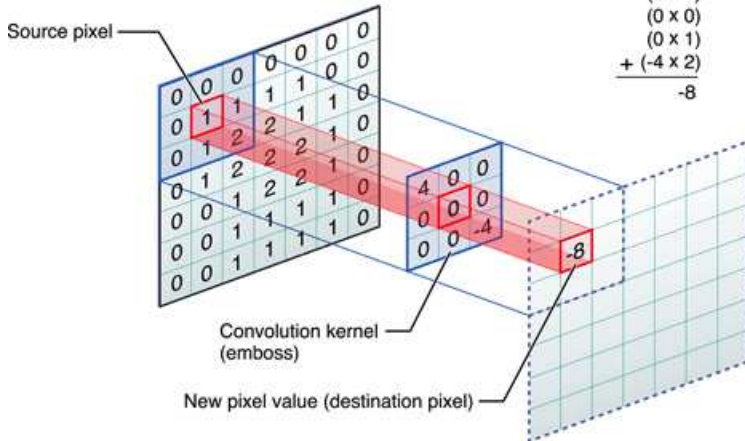
Gradiente

Thresholding

Tarea

Convolución

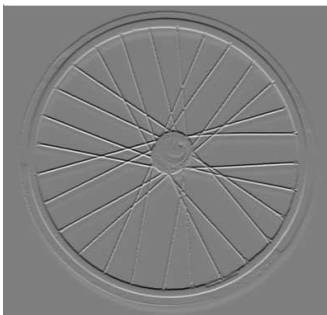
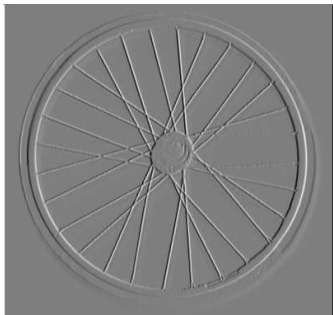
Center element of the kernel is placed over the source pixel. The source pixel is then replaced with a weighted sum of itself and nearby pixels.



$$\begin{array}{r} (4 \times 0) \\ (0 \times 0) \\ (0 \times 0) \\ (0 \times 0) \\ (0 \times 1) \\ (0 \times 1) \\ (0 \times 0) \\ (0 \times 1) \\ + (-4 \times 2) \\ \hline -8 \end{array}$$

- Fit de intensidad
- Convolución
- Gradiente**
- Thresholding

Operador Sobel



Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución

Gradiente
Thresholding

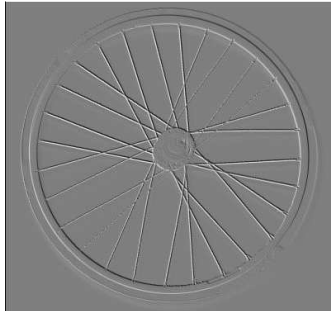
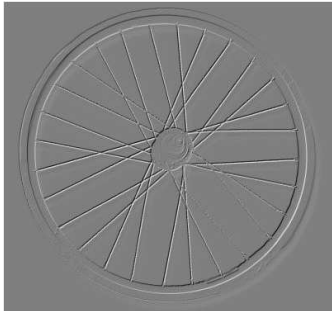
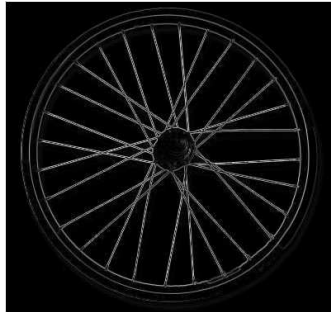
Tarea

- ▶ Similar al operador de Sobel, pero con un kernel más simple (¡rapidez!)

$$G_x = \begin{pmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, G_y = \begin{pmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

- ▶ Contornos corresponden a zonas de alto gradiente
 $|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$
- ▶ Enfatiza contornos diagonales

Operador de Roberts



Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012

Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución

Gradiente
Thresholding

Tarea

Thresholding (aplicación de umbral)

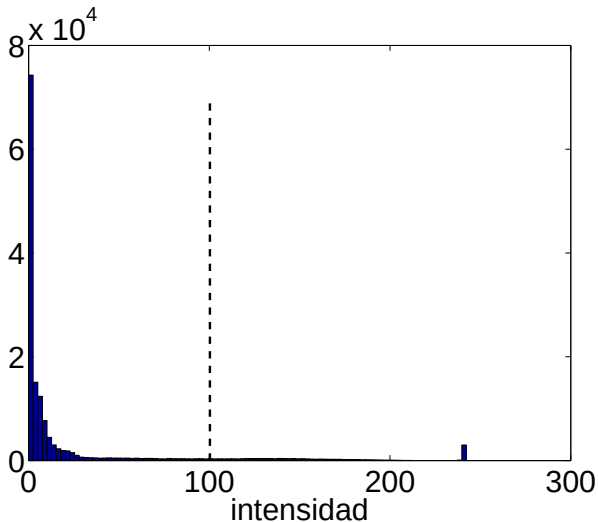
- ▶ Contornos enfatizados: aplicar un umbral para transformar la imagen a binaria.
- ▶ Se define la función umbral:

$$T(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{si } I(i,j) \geq t \\ 0 & \text{si } I(i,j) < t \end{cases}$$

- ▶ t se encuentra a partir del histograma de la imagen

$$t = k_1\mu + k_2\sigma, \quad \mu: \text{Media}, \sigma: \text{desviación estándar}$$

Thresholding



Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Convolución

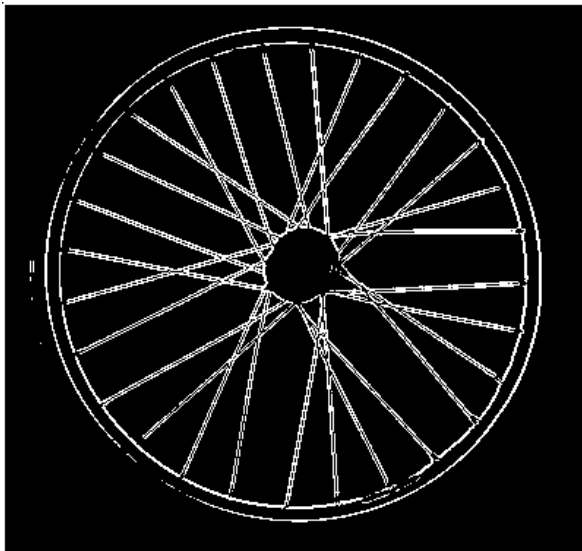
Gradiente

Thresholding

Tarea

Thresholding

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012



Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad

Convolución

Gradiente

Thresholding

Tarea

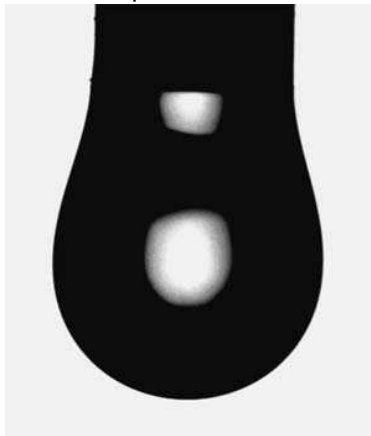
Tarea 1: Tensión superficial

Obtener la tensión superficial entre dos líquidos

Ecuación de Laplace

$$\gamma\kappa = \Delta\rho g z$$

$\kappa(z)$: curvatura



Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

Tarea 1: Tensión superficial

Parametrizando la superficie
de la gota:

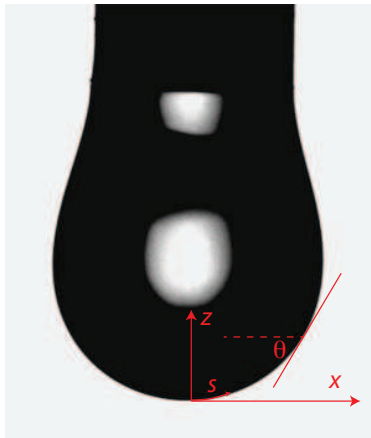
$$\frac{dx}{ds} = \cos \theta$$

$$\frac{dz}{ds} = \sin \theta$$

$$\frac{d\theta}{ds} = 2b + cz - \frac{\sin \theta}{x}$$

b : Curvatura en el apex (m^{-1})

$c = \Delta\rho g / \gamma$: longitud capilar⁻² (m^{-2})



Introducción

Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

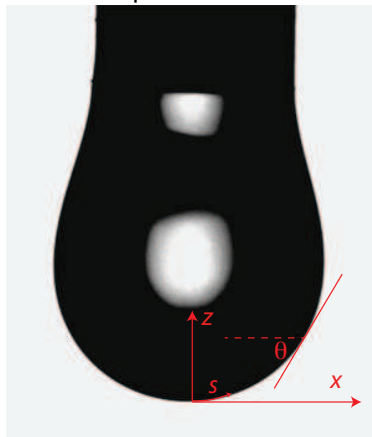
Tarea 1: Tensión superficial

Obtener la tensión superficial entre dos líquidos

En función de θ :

$$\frac{dx}{d\theta} = \frac{\cos \theta}{2b + cz - \sin \theta/x}$$

$$\frac{dz}{d\theta} = \frac{\sin \theta}{2b + cz - \sin \theta/x}$$



Dos ecuaciones acopladas con dos parámetros de fit: b y c
Perfil de la gota: $x(z)$

Introducción

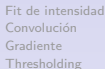
Imágenes digitales

Métodos de
detección de
contornos

Fit de intensidad
Convolución
Gradiente
Thresholding

Tarea

Métodos
Experimentales en
Fluidodinámica
FD704 - Semestre
de otoño 2012



Tarea

Cabezas et al., Colloids and Surfaces A, 255: 193–200 (2005)