Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal
Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial

Procesamiento de imágenes y vídeo

Pablo Gil Vázquez
pablo.gil@ua.es

Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial
Universidad de Alicante
http://www.aurova.ua.es

Imagen y Vídeo por Computador

Ingeniería Multimedia. Escuela Politécnica Superior.

Índice

- Unidad 4. Procesamiento de imágenes y vídeo
  - Procesamiento de imágenes
    - Preprocesamiento
    - Segmentación
    - Descripción y reconocimiento
  - Procesamiento de vídeo

Preprocesado

Procesamiento de imágenes

- *"Conjunto de técnicas que permiten a la unidad de control realizar la interpretación de las escenas visualizadas."*

- *Preprocesado*
- Segmentación
- Reconocimiento

Conjunto de técnicas que realizan un primer tratamiento de la imagen, tendente a mejorar la misma, a base de modificar algunas de sus características mediante alguna transformación.

Por ejemplo: Color, nivel de gris, resolución, contraste, textura, etc.

Procesamiento de imágenes

Preprocesamiento de imágenes

- Transformaciones puntuales
- Transformaciones geométricas
- Transformaciones en entorno de vecindad

Segmentación de imágenes

Descripción y reconocimiento

Transformaciones morfológicas

- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- Gradientes morfológicos.
- Apertura y cierre.
- Transformación ‘top-hat’.
- Filtrado morfológico.

Transformaciones morfológicas

Definiciones.

Operaciones básicas.

Gradientes morfológicos.

Apertura y cierre.

Transformación ‘top-hat’.

Filtrado morfológico.

Geodesia y conectividad.

Definiciones de morfología matemática

Matemáticas

- Teoría de retículos para operadores en espacios continuos o discretos.

Física

- Técnicas de análisis de señal basadas en teoría de conjuntos.

Procesado de señal

- Técnica no lineal basada en la búsqueda del mínimo y máximo local.

Ingeniería

- Algoritmos y herramientas Hw/Sw para el desarrollo de aplicaciones y proyectos.

Estructura de base para morfología matemática

La estructura básica es el retículo completo. Un conjunto $\mathcal{L}$ tal que:

- $\mathcal{L}$ está dotado de un ordenamiento parcial, es decir, una relación de orden $\leq$ con:
  - $A \leq A$
  - $A \leq B,\ B \leq A \ \Rightarrow A = B$
  - $A \leq B,\ B \leq C \ \Rightarrow A \leq C$
- Cada familia de elementos $\{X_i\} \in \mathcal{L}$:
  - Posee una mayor cota inferior, llamada *ínfimo*.
  - Posee una menor cota superior, llamada *supremo*.

Transformaciones morfológicas

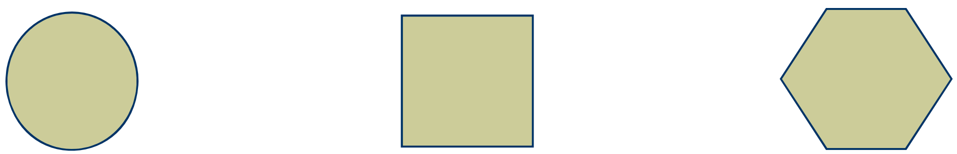
- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- Gradientes morfológicos.
- Apertura y cierre.
- Transformación ‘top-hat’.
- Filtrado morfológico.

Operaciones básicas

El objetivo de las transformaciones morfológicas es la extracción de estructuras geométricas en un conjunto imagen, empleando un conjunto de forma conocida denominado elemento estructurante.

El tamaño y la forma de este elemento se escoge:

- De acuerdo a la morfología del conjunto imagen sobre el que va a interaccionar.
- De acuerdo a las formas que se desean extraer.



Operaciones básicas

Las operaciones básicas deben cumplir las leyes fundamentales:

- Preservan el orden.
- Conmutan con el ínfimo (Erosión)
  - Dado un retículo completo X, una erosión es una función $\varepsilon: X \to X$ en la que:

$$\varepsilon\left(\bigwedge_{i \in I} x_i\right) = \bigwedge_{i \in I} \varepsilon(x_i)$$

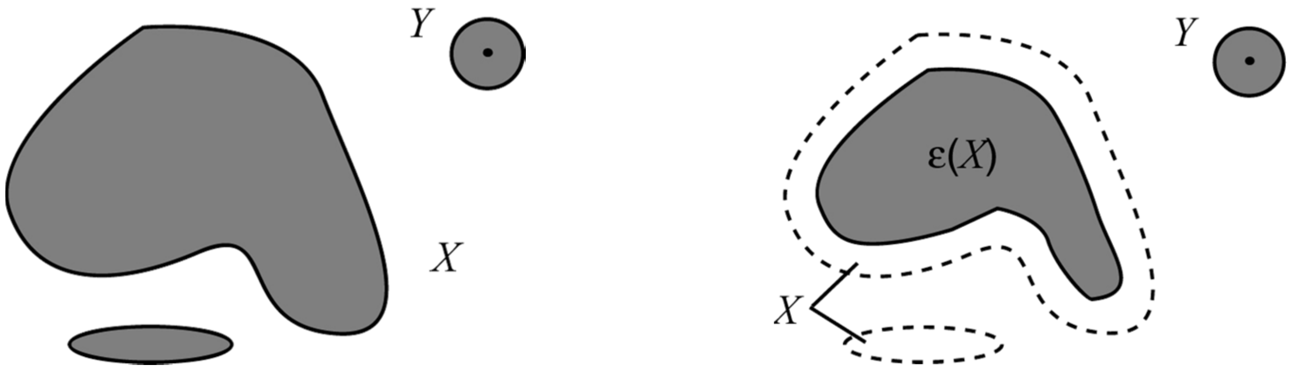
- Conmutan con el supremo (Dilatación)
  - Dado un retículo completo X, una dilatación es una función $\delta: X \to X$ en la que:

$$\delta\left(\bigvee_{i \in I} x_i\right) = \bigvee_{i \in I} \delta(x_i)$$

Erosión

La erosión de un conjunto *X* por un elemento estructurante *Y* se define:

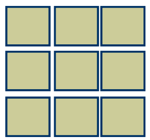
$$\varepsilon_Y(X) = \{x \mid Y_x \subseteq X\}$$



Erosión

En el caso de imágenes binarias, la erosión de la imagen f por un elemento estructurante Y se define:

$$\varepsilon_Y(f) = \{(x, y) \mid Y_{(x,y)} \subseteq X\}$$

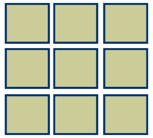


EE 3x3

Erosión

En el caso de imágenes de grises, la erosión de la imagen f por un elemento estructurante Y se define:

$$\varepsilon_Y(f)(x,y) = \min_{(s,t)\in Y} f(x+s, y+t)$$

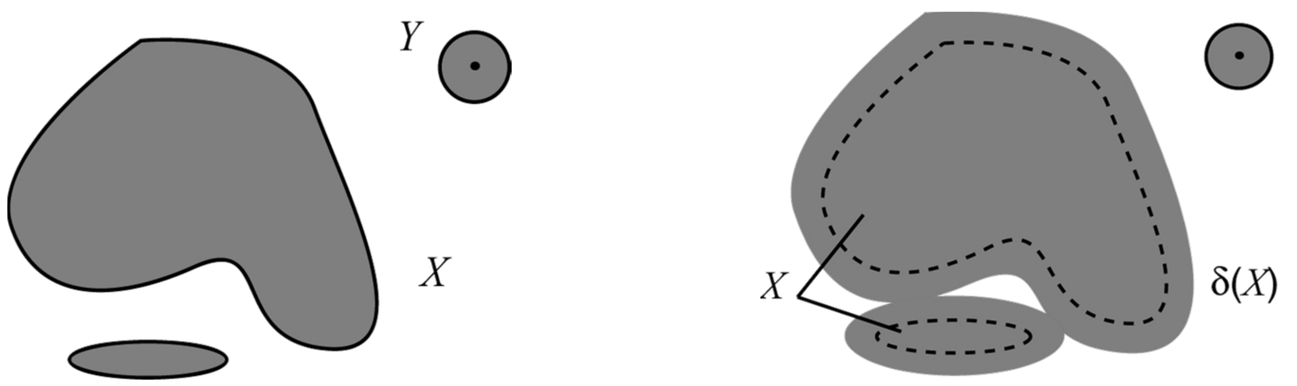


EE 3x3

Dilatación

La dilatación de un conjunto *X* por un elemento estructurante *Y* se define:

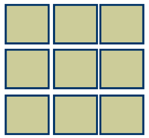
$$\delta_Y(X) = \{x \mid Y_x \cap X \neq 0\}$$



Dilatación

En el caso de imágenes binarias, la dilatación de la imagen f por un elemento estructurante Y se define:

$$\delta_Y(X) = \{(x,y) \mid Y_{(x,y)} \cap X \neq 0\}$$

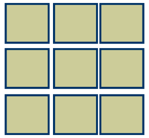


EE 3x3

Dilatación

En el caso de imágenes de grises, la dilatación de la imagen f por un elemento estructurante Y se define:

$$\delta_Y(f)(x,y) = \max_{(s,t)\in Y} f(x-s, y-t)$$



EE 3x3

Propiedades de las transformaciones básicas

Dualidad

- Son operaciones duales respecto a la complementación:

$$\varepsilon_Y = \mathbf{C}\delta_Y\mathbf{C}$$

Crecientes

- Son operaciones crecientes y respetan el orden presente en la estructura de retículo.

Para dos imágenes f y g:

$$Si \quad f \leq g \quad \Rightarrow \quad \varepsilon(f) \leq \varepsilon(g)$$
$$Si \quad f \leq g \quad \Rightarrow \quad \delta(f) \leq \delta(g)$$

Propiedades de las transformaciones básicas

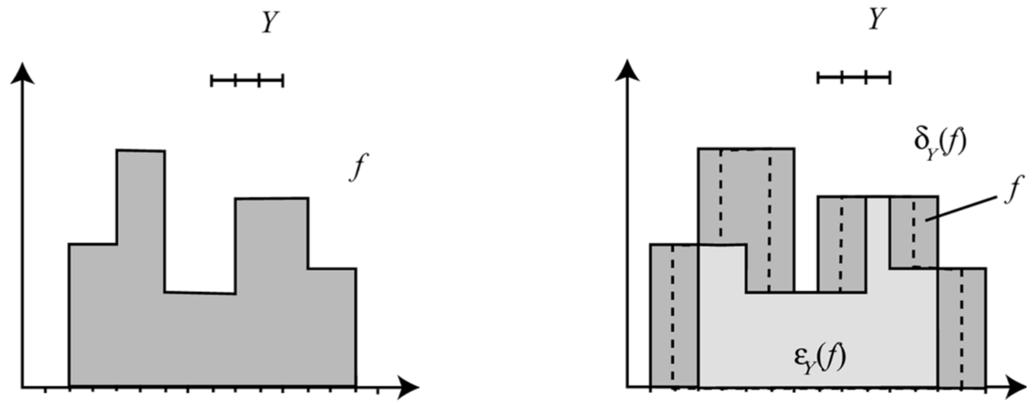
Extensividad y antiextensividad

- La operación de dilatación es extensiva:

  Para una imagen $f \Rightarrow f \leq \delta(f)$.

- La operación de erosión es antiextensiva:

  Para una imagen $f \Rightarrow \varepsilon(f) \leq f$.



Transformaciones morfológicas

- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- **Gradientes morfológicos.**
- Apertura y cierre.
- Transformación 'top-hat'.
- Filtrado morfológico.

Gradientes morfológicos

El objetivo de los gradientes es resaltar contornos. En morfología se definen tres gradientes:

- Gradiente por erosión

  Es el residuo entre la identidad y una erosión.

$$\rho_{\overline{Y}}(f) = f - \varepsilon_Y(f)$$

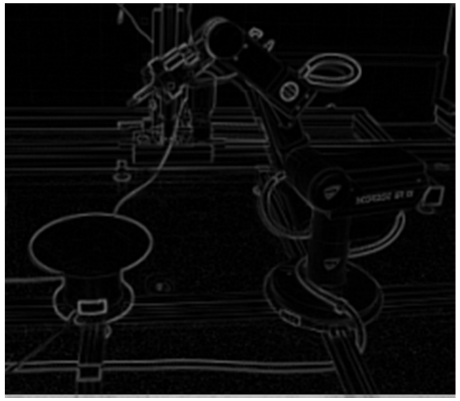
Gradientes morfológicos

El objetivo de los gradientes es resaltar contornos. En morfología se definen tres gradientes:

- Gradiente por dilatación

  Es el residuo entre una dilatación y la identidad.

$$\rho_Y^+(f) = \delta_Y(f) - f$$

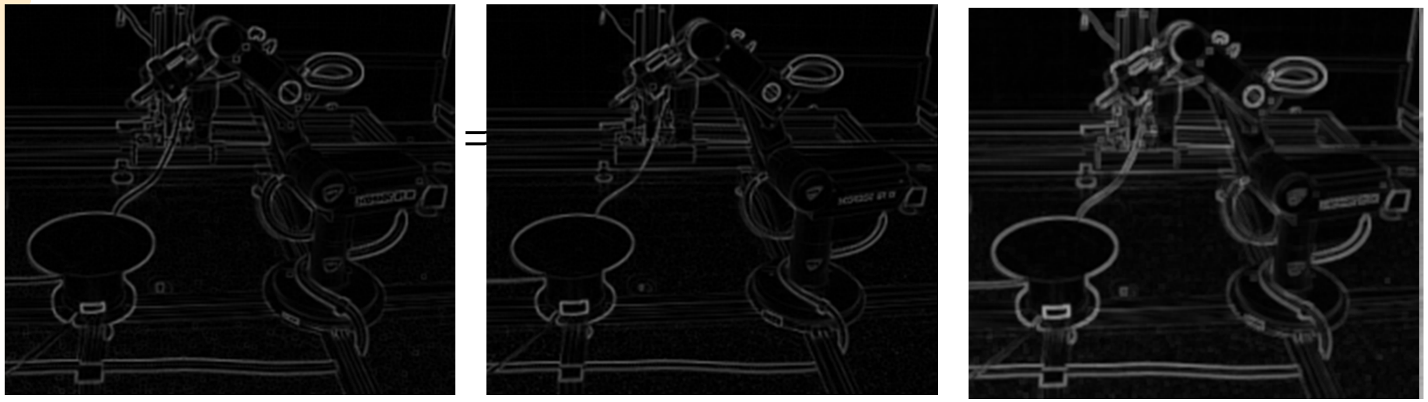


Gradientes morfológicos

El objetivo de los gradientes es resaltar contornos. En morfología se definen tres gradientes:

- Gradiente simétrico

  Es el residuo entre una dilatación y una erosión.



Transformaciones morfológicas

- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- Gradientes morfológicos.
- Apertura y cierre.
- Transformación ‘top-hat’.
- Filtrado morfológico.

Apertura y cierre

Las operaciones básicas morfológicas no poseen inversa.

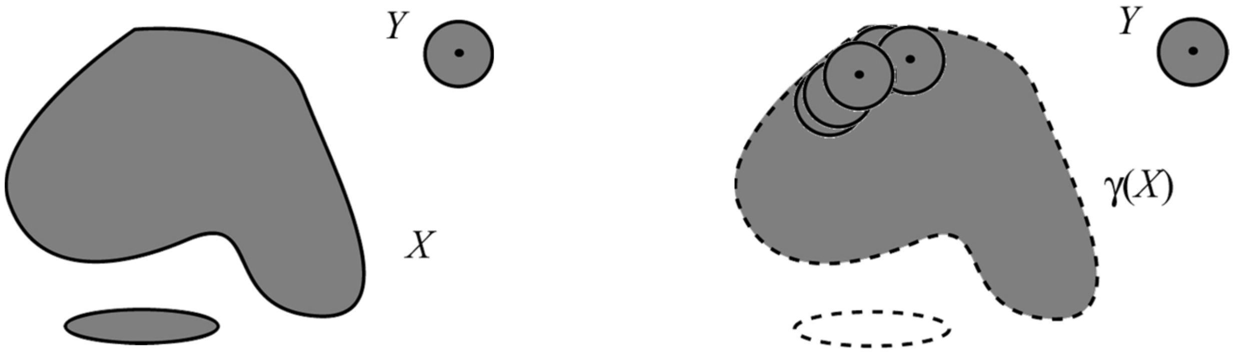
Sin embargo, es posible, por adjunción de operadores aproximarse a la forma original:

- Apertura: $$\gamma_Y(f) = \delta_Y(\varepsilon_Y(f))$$
- Cierre: $$\varphi_Y(f) = \varepsilon_Y(\delta_Y(f))$$

Apertura sobre conjuntos

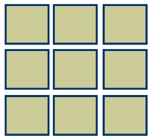
Se puede definir la apertura como la unión de los elementos estructurantes *Y* que se encuentran totalmente dentro del conjunto *X*:

$$\gamma_Y(X) = \bigcup \{ Y \mid Y \subseteq X \}$$



Apertura sobre imágenes

La apertura simplifica la imagen eliminando los picos positivos (máximos) que sean más estrechos que el elemento estructurante.

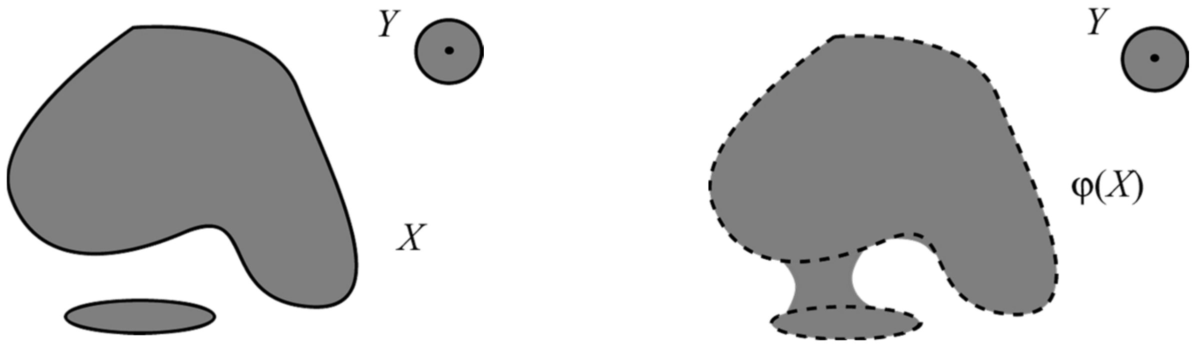


EE 3x3

Cierre sobre conjuntos

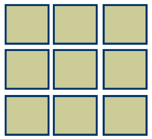
Se puede definir el cierre como la intersección de todas las traslaciones del complemento del elemento estructurante, tal que éste contiene a *X* :

$$\varphi_Y(X) = \bigcap \left\{ Y^c \mid X \subseteq Y^c \right\}$$



Cierre sobre imágenes

El cierre simplifica la imagen eliminando los picos locales negativos (mínimos) que sean más estrechos que el elemento estructurante.



EE 3x3

Propiedades de la apertura y el cierre

Crecimiento

- La apertura y el cierre son operadores crecientes por ser composición de operadores crecientes.

Extensividad y antiextensividad

- La apertura es antiextensiva y el cierre es extensivo:

$$\delta\varepsilon \leq I \leq \varepsilon\delta$$

Idempotente

- La concatenación de aperturas no produce ninguna variación respecto a la primera apertura. Idéntica situación se tiene en el caso del cierre

Propiedades de la apertura y el cierre

Dualidad

- La apertura y el cierre son operaciones duales respecto a la complementación:

$$\gamma_Y = \mathbf{C}\varphi_Y\mathbf{C}$$

Supremo de aperturas

- Cualquier supremo de aperturas es una apertura.

Infimo de cierres

- Cualquier ínfimo de cierres es un cierre.

Índice

- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- Gradientes morfológicos.
- Apertura y cierre.
- Transformación ‘top-hat’.
- Filtrado morfológico.

Transformación ‘top-hat’

Objetivo

- Consiste en descubrir aquellas estructuras de la imagen que han sido eliminadas en el filtrado de apertura o cierre.

Definición

- El top-hat es el residuo entre la identidad y una apertura:

$$\rho(f) = f - \gamma(f)$$

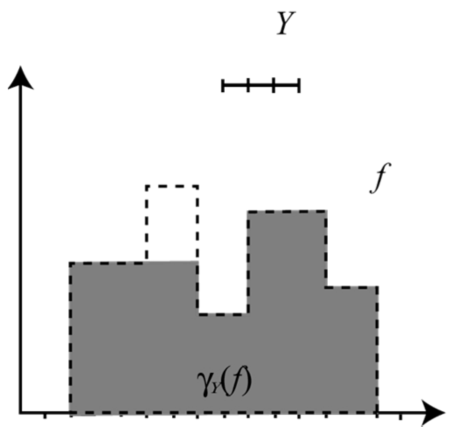
- El top-hat dual es el residuo entre un cierre y la identidad:

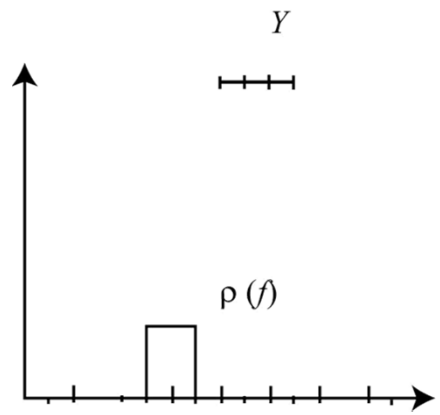
$$\rho(f) = \varphi(f) - f$$

Transformación 'top-hat'

Propiedades

- Al igual que la apertura, este residuo es una operación anti-extensiva, idempotente pero no creciente.



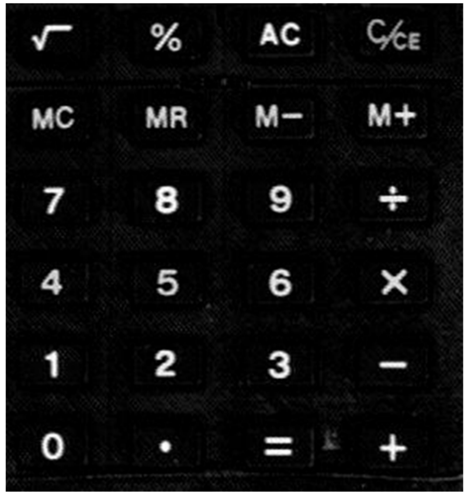


Transformación 'top-hat'

Ejemplo

- Detección de estructuras claras en imágenes

f

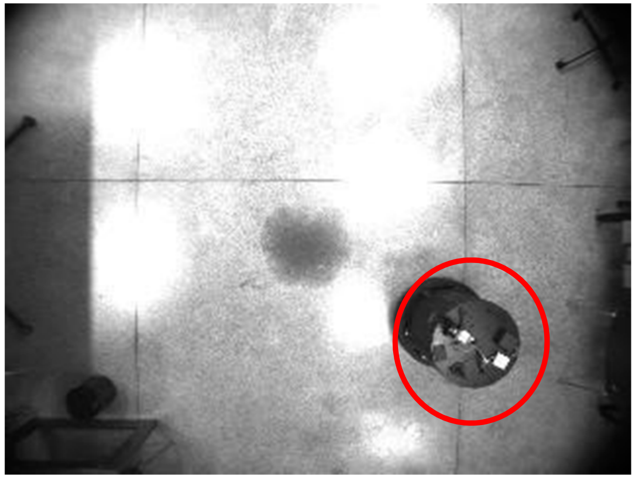


$\rho(f) = f - \gamma(f)$

Transformación 'top-hat'

Ejemplo

- Detección de estructuras en un robot



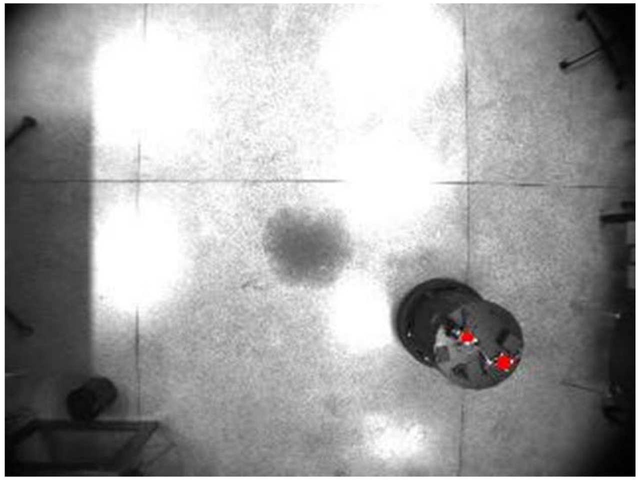
$$f \qquad\qquad \rho(f) = f - \gamma(f)$$

Transformación ‘top-hat’

Ejemplo

- Detección de estructuras en un robot

$\gamma(\rho(f))$

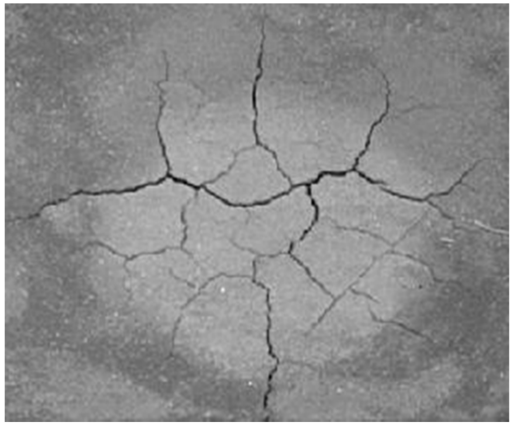


Umbral y detección

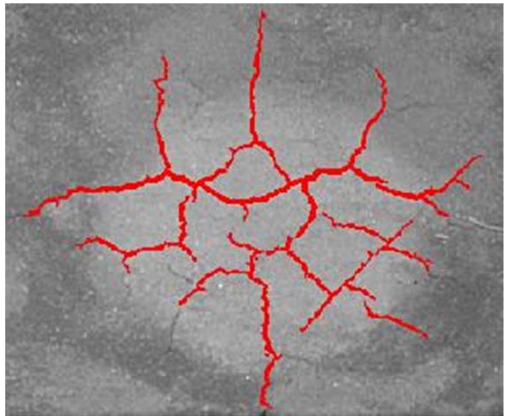
Transformación 'top-hat' por cierre

Ejemplo

- Detección de estructuras oscuras



f



$\rho(f) = \varphi(f) - f$

Umbral

Transformaciones morfológicas

- Definiciones.
- Operaciones básicas.
- Gradientes morfológicos.
- Apertura y cierre.
- Transformación ‘top-hat’.
- Filtrado morfológico.

Filtrado morfológico

En morfología la palabra 'filtro' tiene un significado preciso:

- Un filtro morfológico es cualquier transformación creciente e idempotente.

Un operador idempotente transforma la imagen original en una imagen invariante ante el operador

Este requisito es el principal. Asegura que se mantiene la relación de orden tras el filtrado

¿Cómo obtener filtros morfológicos?

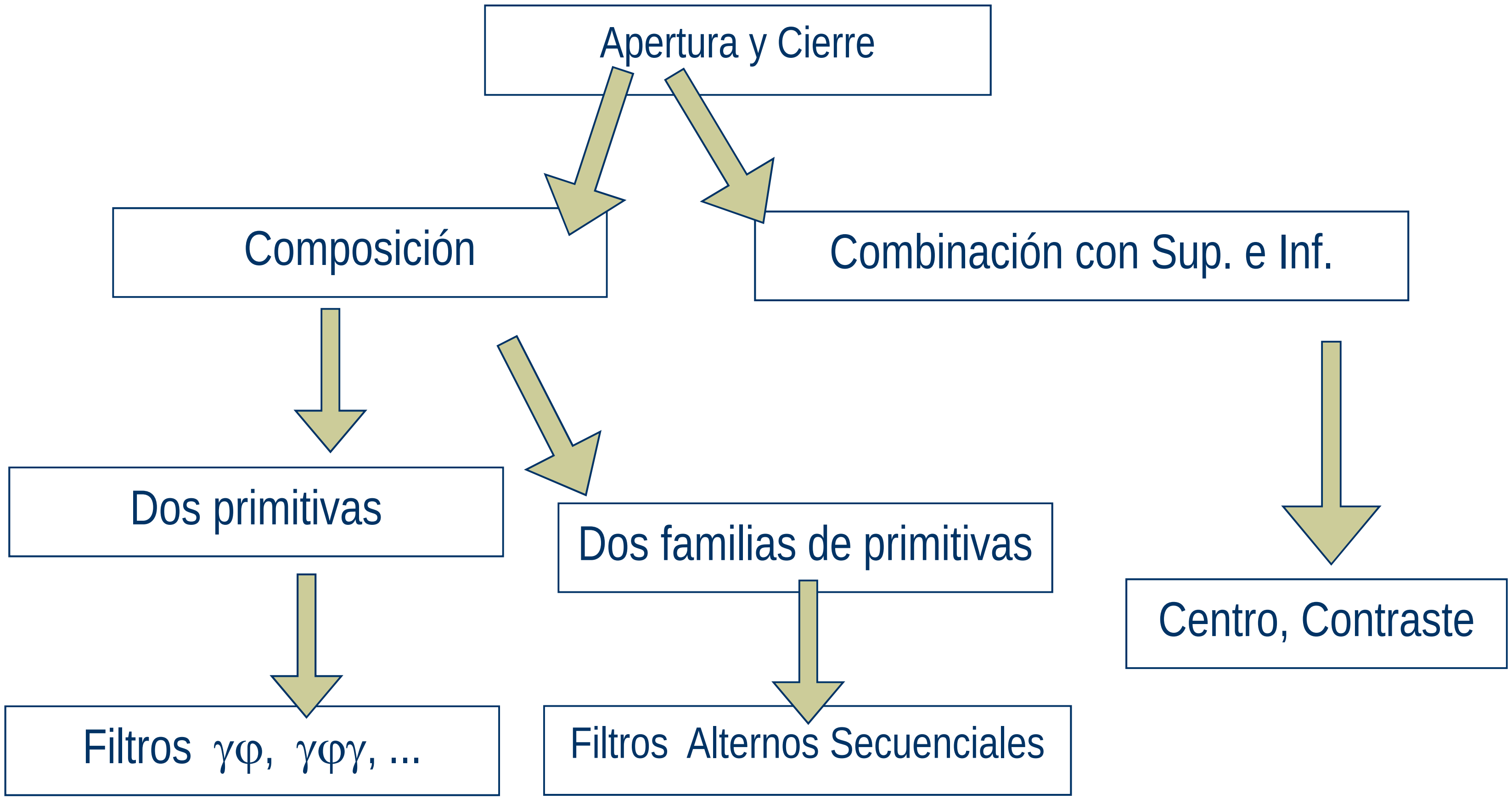
Hasta ahora se han comentado dos filtros morfológicos:

- Apertura y cierre.

Para crear nuevos filtros se pueden usar dos tipos de combinaciones:

- Serie:
  - Encadenamiento de filtros básicos.
- Paralelo:
  - Combinación de filtros básicos mediante sup. e inf.

¿Cómo obtener filtros morfológicos?



Filtros alternos

Definición

- Sean ζ y ψ dos filtros morfológicos, con $\psi \leq \zeta$. Por combinación de estos filtros se pueden generar cuatro filtros, crecientes e idempotentes: $\zeta\psi$, $\psi\zeta$, $\zeta\psi\zeta$, $\psi\zeta\psi$, que satisfacen las siguientes propiedades:

1 $$\psi \leq \psi\zeta\psi \leq \begin{matrix}\zeta\psi \\ \psi\zeta\end{matrix} \leq \zeta\psi\zeta \leq \zeta$$

2 $$\zeta\psi\zeta = \psi\zeta \Leftrightarrow \psi\zeta\psi = \zeta\psi \Leftrightarrow \psi\zeta \geq \zeta\psi$$

3 $\zeta\psi\zeta$ es el menor filtro mayor que $\zeta\psi \vee \psi\zeta$

4 $\psi\zeta\psi$ es el mayor filtro menor que $\zeta\psi \wedge \psi\zeta$

Filtros alternos secuenciales

El número de filtros distintos que se pueden crear componiendo dos filtros es limitado.

Para crear nuevos filtros la composición se deben emplear *familias* de filtros:

- Considérese dos familias de operadores $\{\zeta_i\}$, $\{\psi_i\}$ tales que $\{\zeta_i\}$ crece con *i*, $\{\psi_i\}$ decrece con *i* y $\psi_1 \leq \zeta_1$. Se tiene entonces que:

$$\ldots\psi_n \leq \ldots \leq \psi_2 \leq \psi_1 \leq \zeta_1 \leq \zeta_2 \leq \ldots \leq \zeta_n \ldots$$

Filtros alternos secuenciales

- Las composiciones de filtros morfológicos:

$$N_i = \zeta_i \psi_i \ldots \zeta_2 \psi_2 \zeta_1 \psi_1$$

$$M_i = \psi_i \zeta_i \ldots \psi_2 \zeta_2 \psi_1 \zeta_1$$

forman y definen filtros alternos secuenciales.

- Es fácilmente demostrable que los filtros alternos secuenciales constituyen filtros morfológicos. Asimismo, satisfacen la siguiente ley de absorción:

$$i \le j \;\Rightarrow\; ASF_j ASF_i = ASF_j \;\text{ y }\; ASF_i ASF_j \le ASF_j$$

Filtros alternos secuenciales

Aplicación

- La eficacia de los filtros alternos secuenciales en la eliminación de ruido está ampliamente demostrada.

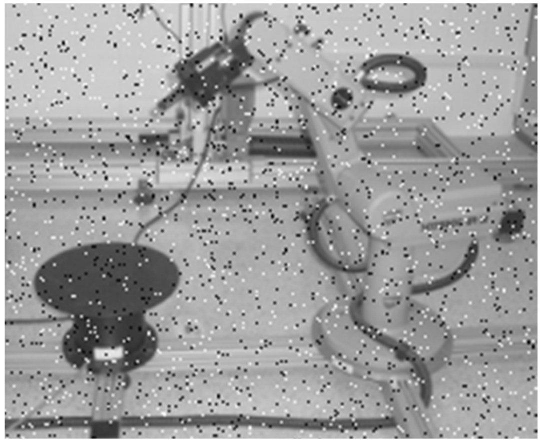
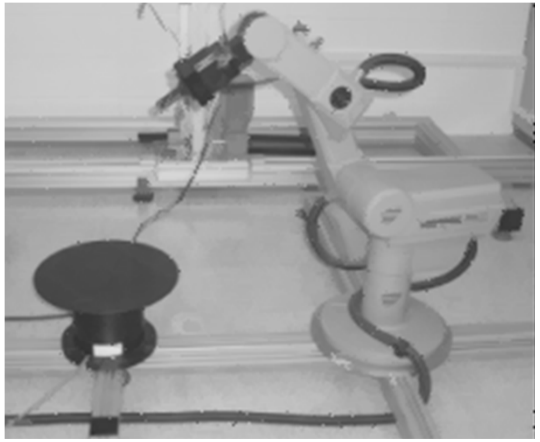


Imagen ruidosa



ASF_2 y patrón $\gamma\varphi$

Pirámides de operadores

Definición

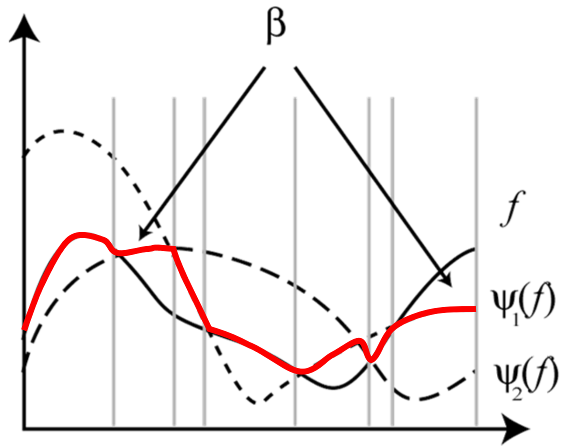
- Una familia de filtros $\{\psi_\lambda\}$ constituyen una pirámide de operadores cuando cada $\psi_\lambda(f)$ se puede obtener a partir de cualquier transformación $\psi_\mu(f)$, con $0<\mu<\lambda$.

Operador de centro

Definición

- Podemos entender el centro morfológico como un centro de gravedad para retículos.

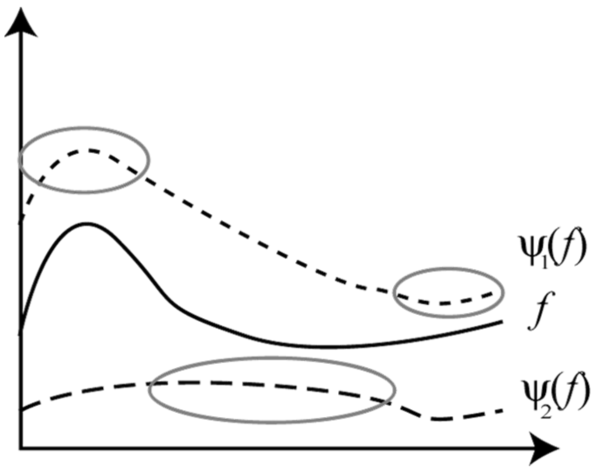
$$\beta = \left[\mathbf{I} \vee (\wedge\{\psi_i\})\right] \wedge (\vee\{\psi_i\})$$



Operador de contraste

Definición

- Este operador aparece como una especie de anti- centro. La idea es crear una señal muy contrastada a partir de dos transformaciones de la imagen original.



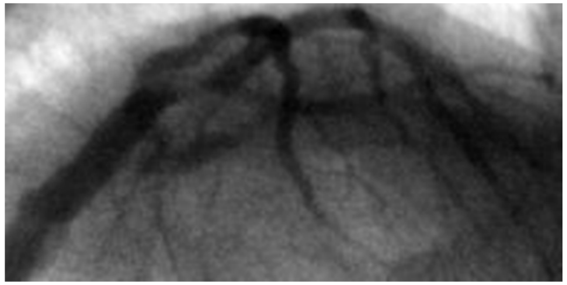
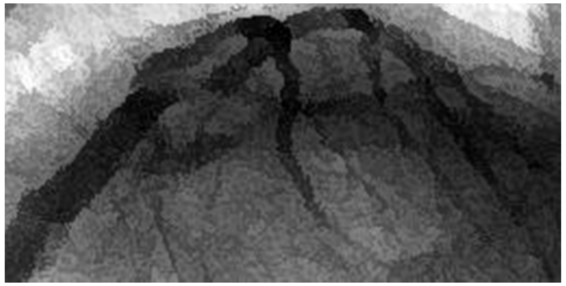


Imagen original



Contraste entre erosión y dilatación.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

http://www.aurova.ua.es