

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Universidad de Córdoba

Realce de la imagen

1 Realce de la imagen

Realce de la imagen

Introducción

1 Realce de la imagen

- Introducción
- Modificaciones en la escala de grises
- Realce de la nitidez de la imagen
- Suavización de la imagen

Realce de la imagen

Introducción

Definición (Realce de la imagen)

- *Aplicación de técnicas auxiliares que facilitan la obtención de una solución de un problema de visión por computador.*

Realce de la imagen

Introducción

Aplicaciones

- **Preprocesamiento**

- Facilitar la ejecución de pasos posteriores de un algoritmo.

- **Postprocesamiento**

- Mejorar la percepción visual de una imagen procesada.

Realce de la imagen

Introducción

Objetivos

- **Atenuar** la **degradación** de la imagen: ruido, compresión, ...
- **Aumentar** la **calidad** de la imagen: nitidez, contraste, ...

Realce de la imagen

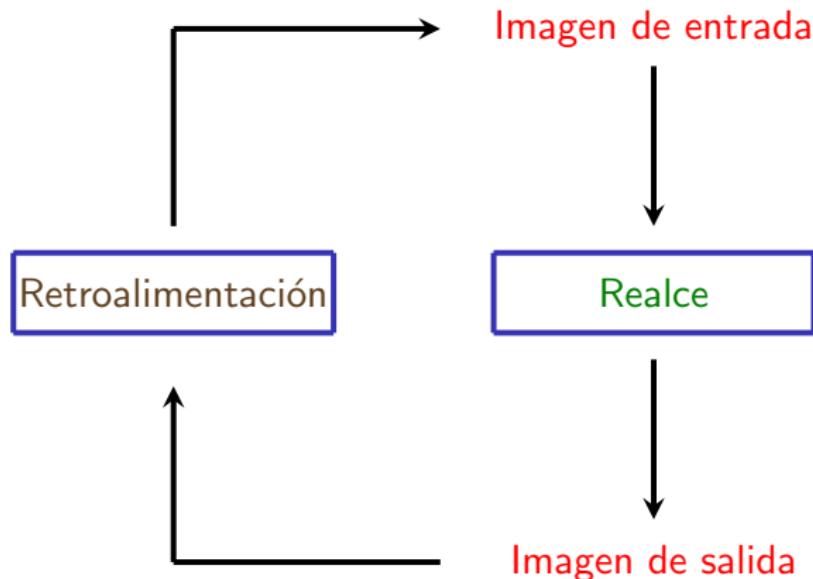
Introducción

Características

- Depende de la **aplicación específica** que se esté ejecutando.
- Generalmente, se desarrolla de manera **empírica**.

Realce de la imagen

Introducción



Realce de la imagen

Introducción

Dominio de aplicación

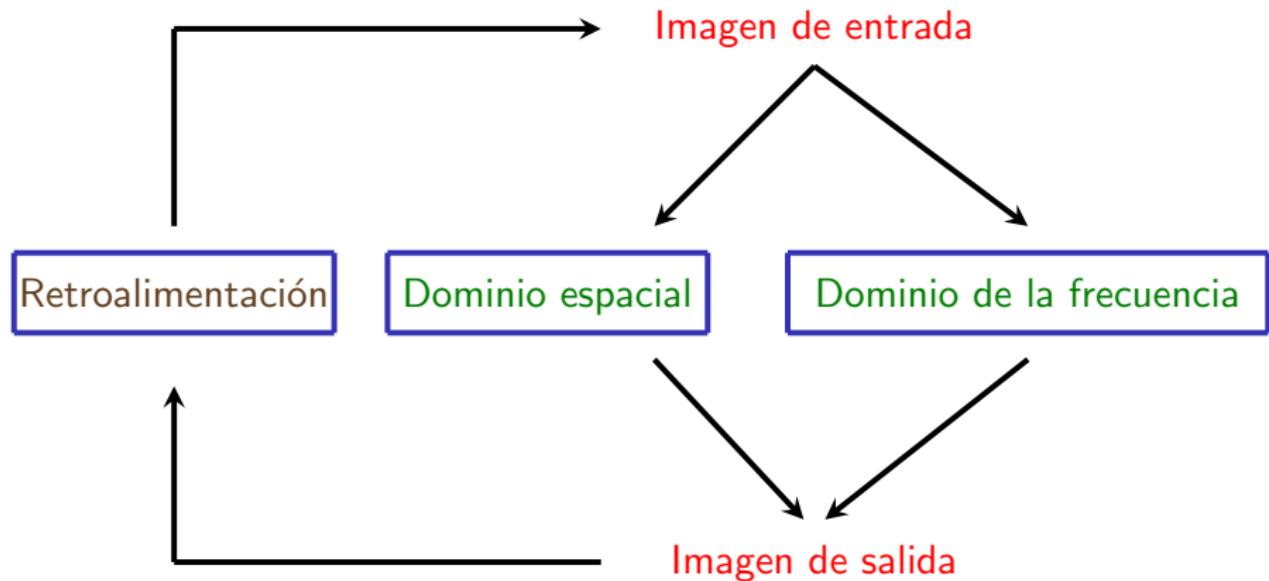
- **Dominio espacial**
 - Se procesan puntos o píxeles.
- **Dominio de la frecuencia**
 - Se modifican componentes espectrales.

Nota

Algunos métodos utilizan conjuntamente el dominio espacial y el dominio de la frecuencia.

Realce de la imagen

Introducción



Realce de la imagen

Introducción

Tipos de operaciones (1/2)

- **Operaciones sobre los puntos**

- Cada punto o píxel es modificado según una ecuación particular que no depende de los valores de los otros puntos.

- **Operaciones sobre máscaras**

- Cada punto o píxel es modificado según los valores de un pequeño vecindario (*sub-imagen*).

- **Operaciones globales**

- Tienen en cuenta todos los puntos de la imagen.

Realce de la imagen

Introducción

Tipos de operaciones (2/2)

- **Operaciones en el dominio espacial**

- Utiliza los tres tipos de operaciones: sobre **puntos** o **máscaras** y **operaciones globales**

- **Operaciones en el dominio de la frecuencia**

- por naturaleza, utiliza operaciones **globales**
- Se pueden aplicar operaciones sobre **máscaras** si se utiliza una **sub-imagen**.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

1 Realce de la imagen

- Introducción
- Modificaciones en la escala de grises
- Realce de la nitidez de la imagen
- Suavización de la imagen

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises: Introducción

1 Realce de la imagen

- Modificaciones en la escala de grises
 - Introducción
 - Ecuación de transformación
 - Modificación del histograma

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Definición (Modificaciones en la escala de grises)

- Proceso que *transforma* los valores originales de los *niveles de gris* para *mejorar* la imagen.

Nota

También se denomina escalado a nivel de gris o transformación del nivel de gris.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Objetivos generales

- Mejorar el **brillo** y el **contraste** de la imagen
 - **Contraste:** medida de la distribución del rango de los niveles de gris
 - Diferencia entre el valor del pixel más brillante y el más oscuro.
 - Distribución de los valores intermedios
 - **Brillo**
 - Valor global medio de los niveles de gris de la imagen.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Nota

Dependiendo de la aplicación, se deben incrementar o decrementar el contraste, el brillo o ambos.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises: Ecuación de transformación

1 Realce de la imagen

- Modificaciones en la escala de grises
 - Introducción
 - Ecuación de transformación
 - Modificación del histograma

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Definición (Ecuación de transformación)

- *Función matemática*
 - Recibe como *parámetro* el nivel de gris del punto
 - El *resultado* es el nuevo nivel de gris del punto.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Definición (Ecuación de transformación)

$$I'(x, y) = t(I(x, y))$$

donde

- $I(x, y)$: nivel de gris del punto (x, y)
- $t()$: función de transformación
- $I'(x, y)$: nuevo nivel de gris del punto (x, y)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Ecuación de transformación

- Generalmente, la función de transformación es **lineal**

$$I'(x, y) = a \times I(x, y) + b$$

- Las transformaciones **no-lineales** se pueden modelar mediante **modelos lineales definidos por partes**

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Ecuación de transformación

• Tipos de transformaciones

- Comprimir el rango de niveles de gris.
- Estirar el rango de niveles de gris.
- Recortar el rango de niveles de gris
- Negativo digital: equivalente a la operación lógica NOT

Realce de la imagen

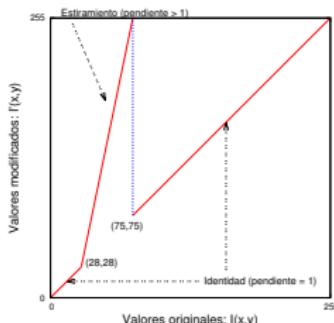
Modificaciones en la escala de grises

Nota

Estas transformaciones se puede aplicar de forma independiente a intervalos de los niveles de gris.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(a) Transformación



(b) Imagen original

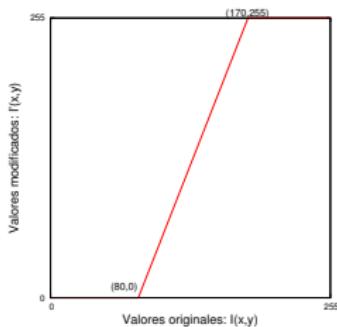


(c) Imagen modificada

Estiramiento (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

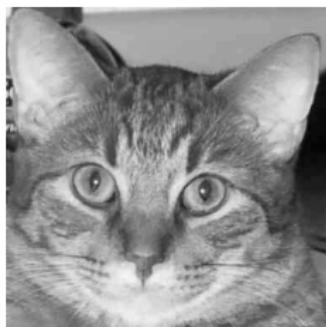
Modificaciones en la escala de grises



(a) Transformación



(b) Imagen original

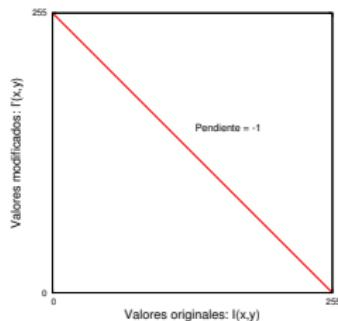


(c) Imagen modificada

Estiramiento y recorte (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



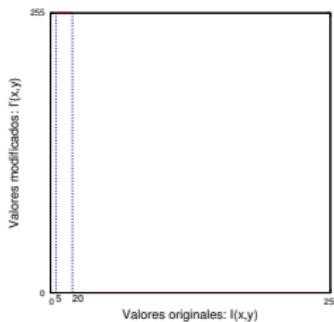
(a) Transformación



Negativo digital (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(a) Recorte del rango 15-20



(b) Imagen original

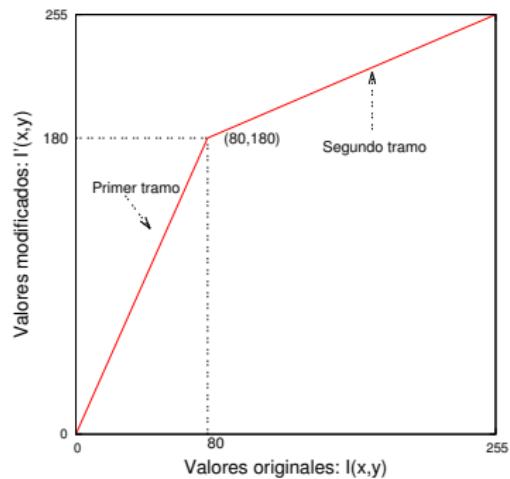


(c) Imagen modificada

Recorte (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



Transformación lineal por tramos (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(a) Imagen original



(b) Primera transformación



(c) Segunda transformación



(d) Imagen final (b or c)

Transformación lineal por tramos (Umboag 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Ecuación de transformación

- **Transformaciones no-lineales**
 - Función logarítmica

$$I'(x, y) = \log(I(x, y))$$

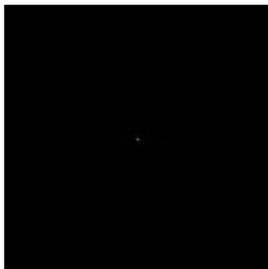
usada para mostrar imágenes **espectrales** donde el **rango dinámico** es muy grande.

Realce de la imagen

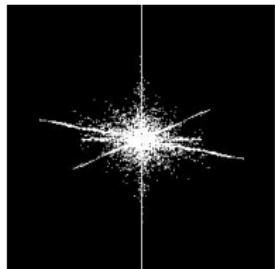
Modificaciones en la escala de grises



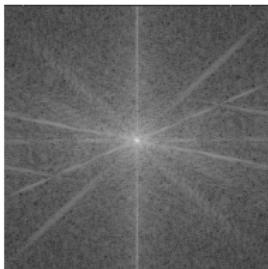
(a) Imagen



(b) Magnitud de Fourier



(c) Realce de b



(d) Log de b

Transformación logarítmica (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Ecuación de transformación

- **Transformaciones no-lineales**

- Power-low transform:

$$I'(x, y) = K_1 \times I(x, y)^\gamma$$

donde K_1 y γ son números reales positivos.

Modela el comportamiento de cámaras, pantallas e impresoras:

- Si $\gamma > 1$ entonces la imagen aparecerá **oscura**
- Si $\gamma < 1$ entonces la imagen aparecerá **clara**

- Gamma correction:

$$I'(x, y) = K_2 \times [I(x, y)]^{1/\gamma}$$

donde K_2 y γ son números reales positivos.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises: Modificación del histograma

1 Realce de la imagen

- Modificaciones en la escala de grises
 - Introducción
 - Ecuación de transformación
 - Modificación del histograma

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Definición (Modificación del histograma)

- *Transformación que cambia el **rango** o la **forma** del histograma.*

Nota

*La **modificación del histograma** es una herramienta **intuitiva** para mejorar el **contraste** de la imagen.*

Realce de la imagen

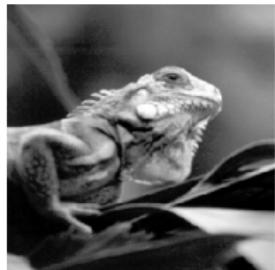
Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

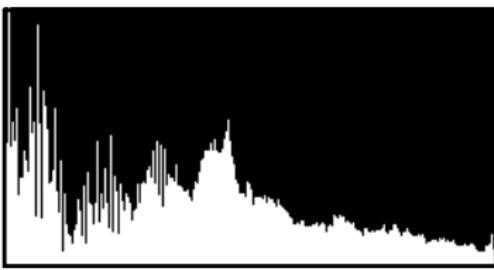
- **Operaciones sobre el histograma**
 - Desplazamiento.
 - Estrechamiento.
 - Estiramiento.
 - Estiramiento y recorte.
 - Ecualización.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(a) Imagen



(b) Histograma

Histograma de una imagen (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Estrechamiento del histograma (*shrinking*)**

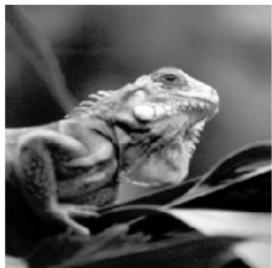
$$I'(x, y) = \left(\frac{\textcolor{red}{MAX'} - \textcolor{red}{MIN'}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right) (I(x, y) - \textcolor{blue}{MIN}) + \textcolor{red}{MIN'}$$

donde

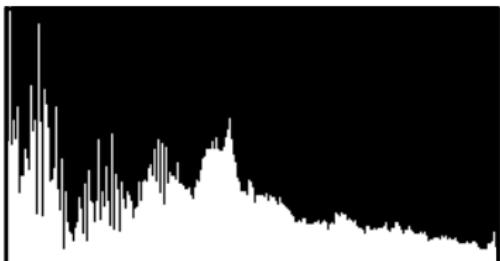
- I_{MAX} : valor máximo de los niveles de gris de la imagen
- I_{MIN} : valor mínimo de los niveles de gris de la imagen
- $\textcolor{red}{MAX'}$: nuevo valor máximo de los niveles de gris
- $\textcolor{red}{MIN'}$: nuevo valor mínimo de los niveles de gris

Realce de la imagen

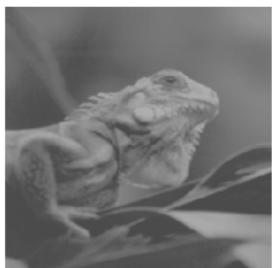
Modificaciones en la escala de grises



(a) Imagen original

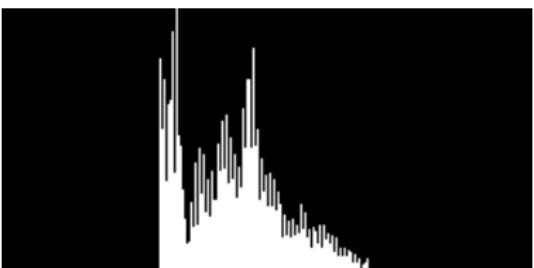


(b) Histograma de a



(c) Estrechamiento de rango: [75-175]

Estrechamiento del histograma (Umbaugh 2011)



(d) Histograma de c

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Desplazamiento del histograma** (*shifting or sliding*)

$$I'(x, y) = I(x, y) + \text{OFFSET}$$

donde *OFFSET* es el desplazamiento de los niveles de gris

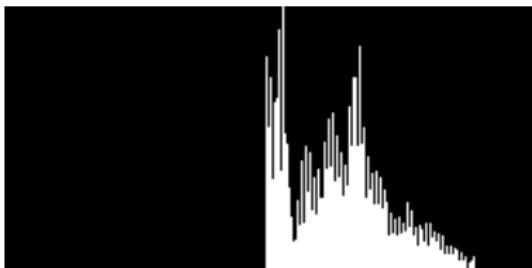
- *OFFSET > 0*: la imagen será más *clara*
- *OFFSET < 0*: la imagen será más *oscura*

Realce de la imagen

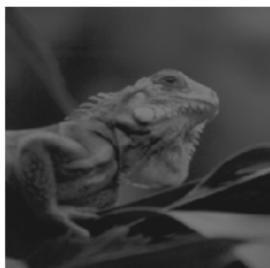
Modificaciones en la escala de grises



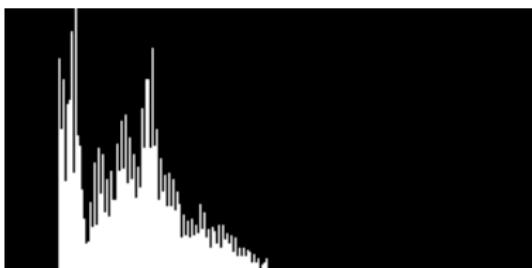
(a) 50 niveles hacia arriba



(b) Histograma de a



(c) 50 niveles hacia abajo



(d) Histograma de c

Desplazamientos del histograma (Umboag 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Estiramiento del histograma** (*stretching*)

$$I'(x, y) = \left(\frac{I(x, y) - I_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right) (\text{MAX} - \text{MIN}) + \text{MIN}$$

donde

- I_{MAX} : máximo nivel de gris de la imagen.
- I_{MIN} : mínimo nivel de gris de la imagen.
- **MAX**: máximo nivel de gris posible (e.g.: 255).
- **MIN**: mínimo nivel de gris posible (e.g.: 0).

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



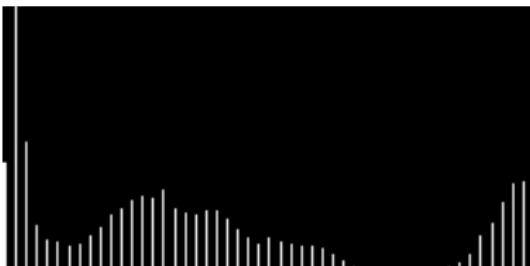
(a) Imagen original



(b) Histograma de a



(c) Estiramiento de a



(d) Histograma de c

Estiramiento del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Nota (Limitaciones del estiramiento del histograma)

- *No mejora la imagen*
 - *Si la mayoría de los niveles de gris de los puntos está dentro de un intervalo pequeño,*
 - *pero hay otros pocos puntos que toman valores extremos: muy altos o bajos*

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(a) Imagen



(b) Histograma de “a”



(c) Estiramiento sin recorte



(d) Histograma de “c”

Limitaciones del estiramiento del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Recorte y estiramiento del histograma** (*clipping and stretching*)
 - 1.- Se **recorta** el histograma **descartando** un porcentaje de los valores extremos: muy altos o muy bajos.
 - 2.- Se realiza el **estiramiento** del histograma recortado.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



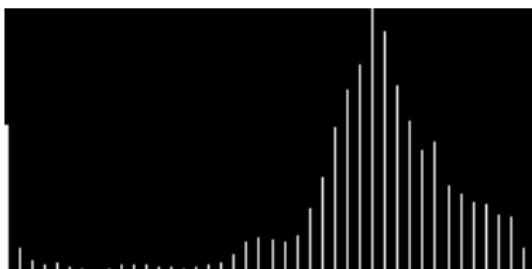
(a) Imagen



(b) Histograma de “a”



(c) 1 % de recorte y estiramiento



(d) Histograma de c

Recorte y estiramiento del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Ecualización del histograma**

- Distribuye los niveles de gris de la forma más uniforme posible.
- Técnica basada en la teoría de probabilidades:
 - Se considera al histograma como una distribución de probabilidad de los niveles de gris.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Modificación del histograma

- **Ecualización del histograma: pasos**

- 1.- Frecuencia absoluta: se cuenta el número de puntos para cada nivel de gris.
- 2.- Frecuencia absoluta acumulada: se acumulan los valores de la frecuencia absoluta.
- 3.- Se normalizan los valores de frecuencia absoluta acumulada.
- 4.- Se multiplican los valores normalizados por el máximo valor de nivel de gris y se redondean.
- 5.- Se modifican los valores de gris asignando los niveles de gris ecualizados.

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises

Ejemplo (Ecualización del histograma)

Nivel de gris	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Ecualizado
0	10	10	1
1	8	18	2
2	9	27	4
3	2	29	4
4	14	43	6
5	1	44	6
6	5	49	7
7	2	51	7

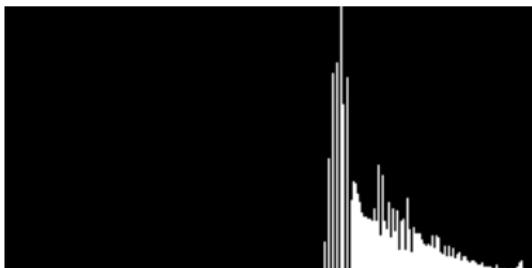
$$\text{Ecualizado}(3) = \text{redondear} (7 \times \frac{29}{51}) = \text{redondear}(3,980392157) = 4$$

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



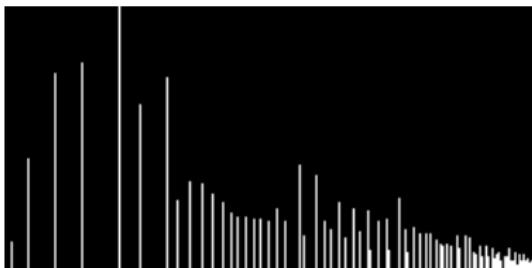
(a) Imagen clara



Histograma



(b) Imagen ecualizada

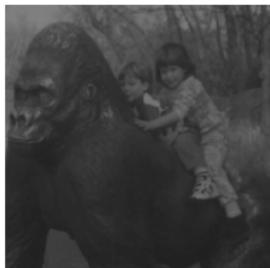


Histograma ecualizado

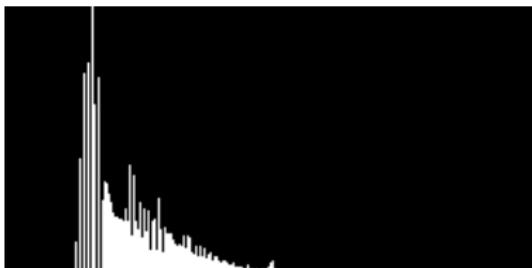
Ecuallización del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



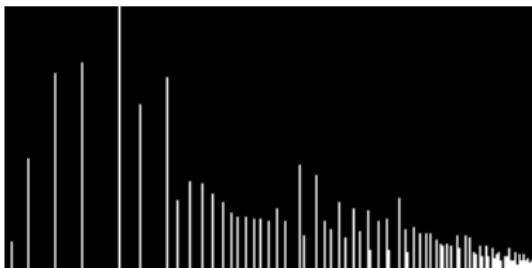
(c) Imagen oscura



Histograma



(d) Imagen ecualizada

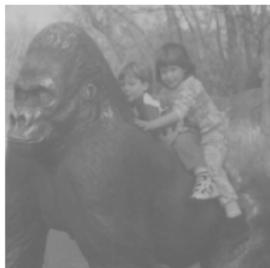


Histograma ecualizado

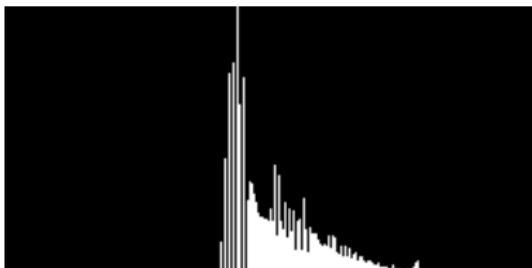
Ecuación del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



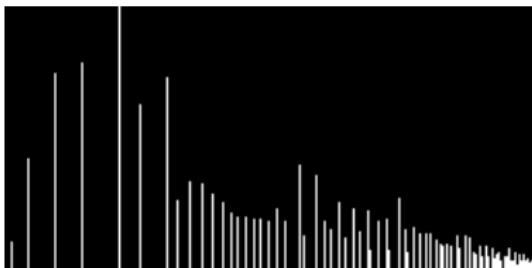
(e) Imagen con poco contraste



Histograma



(f) Imagen ecualizada

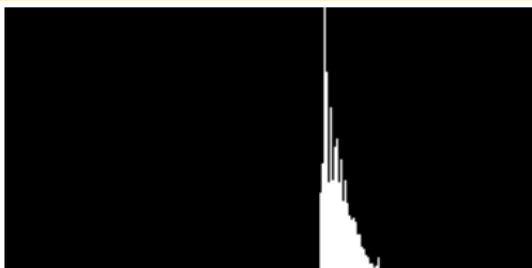
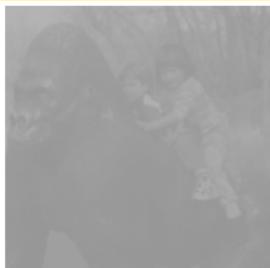


Histograma ecualizado

Ecuación del histograma (Umbaugh 2011)

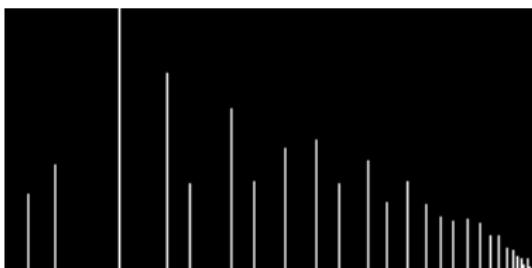
Realce de la imagen

Modificaciones en la escala de grises



(g) Imagen con muy poco contraste

Histograma



(h) Imagen ecualizada

Histograma ecualizado

Ecuación del histograma (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

1 Realce de la imagen

- Introducción
- Modificaciones en la escala de grises
- **Realce de la nitidez de la imagen**
- Suavización de la imagen

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Introducción

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - Énfasis de las frecuencias altas
 - Filtro de diferencia direccional
 - Filtro homomórfico
 - Máscara de enfoque
 - Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Definición (Realce de la nitidez de la imagen)

- *Proceso que permite resaltar los detalles de información de la imagen.*
 - **Ejemplo:** *bordes, líneas, esquinas, etc., que delimitan los límites de un objeto.*

Nota (Realce de la nitidez de la imagen)

- *La mayoría de las transformaciones son variantes del filtro de paso - alto.*

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Esctructura general de los algoritmos de realce

- 1.- Extracción de la información de alta frecuencia.
- 2.- Combinar la información de imagen de alta frecuencia con la imagen original.
- 3.- Maximización del contraste de la imagen mediante la manipulación del histograma.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Tipos de operaciones

- Énfasis de las frecuencias altas o filtros de paso-alto
- Filtro homomófico.
- Máscara de enfoque.
- Algoritmos basados en la detección de bordes.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Énfasis de las frecuencias altas

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - **Énfasis de las frecuencias altas**
 - Filtro de diferencia direccional
 - Filtro homomórfico
 - Máscara de enfoque
 - Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Énfasis de las frecuencias altas

- Resaltan la información de **alta frecuencia**.
- Retienen parte de la información de **baja frecuencia** al añadir una **compensación** al filtro.
- Se debe **evitar** que la imagen resultante **sobrepase** los límites extremos, que aparecerá como ruido: puntos **negros** o **blancos**.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Énfasis de las frecuencias altas

- Máscara de convolución espacial 3×3

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & X & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

X: cantidad de información de **baja frecuencia** que retiene la imagen resultante.

- $X = 8$: filtro de **paso alto** que genera los bordes de la imagen.
- $X > 8$: **retiene** más información de la imagen original.
- $X < 8$: la imagen resultante será un **negativo** de la imagen original.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

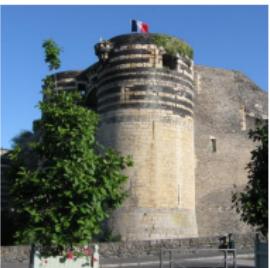
Énfasis de las frecuencias altas

- Máscara de convolución espacial 5×5

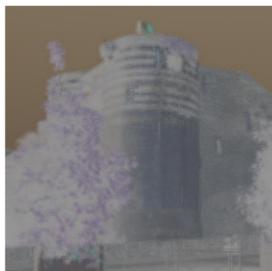
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & X & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

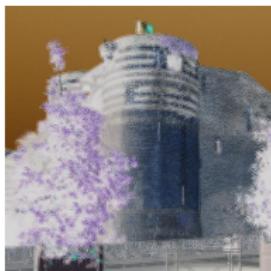
Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) $X = 6$



(c) Estiramiento de "b"

Filtro de paso alto 3×3 (Umboah 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) $X = 8$

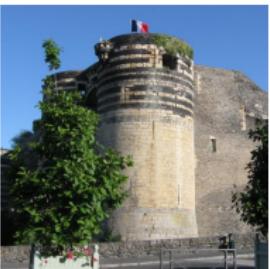


(c) Estiramiento de "b"

Filtro de paso alto 3×3 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) $X = 12$



(c) Estiramiento de "b"

Filtro de paso alto 3×3 (Umboah 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Filtro de diferencia direccional

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - Énfasis de las frecuencias altas
 - **Filtro de diferencia direccional**
 - Filtro homomórfico
 - Máscara de enfoque
 - Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro de diferencia direccional

- Máscaras de realce de relieve de 3×3

$$\begin{bmatrix} 0 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} +1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ +1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro de diferencia direccional

- Máscaras de realce de relieve de 5×5 (primera parte)

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & +1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ +1 & +1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro de diferencia direccional

- Máscaras de realce de relieve de 5×5 (segunda parte)

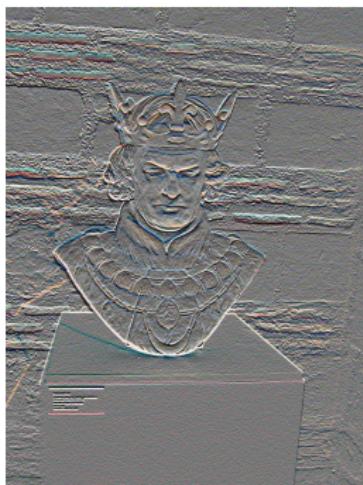
$$\begin{bmatrix} +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) Vertical



(c) Horizontal

Filtro direccional 3×3 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) Vertical



(c) Horizontal

Filtro direccional 5×5 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) Adición del filtro direccional
y estiramiento

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Filtro homomórfico

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - Énfasis de las frecuencias altas
 - Filtro de diferencia direccional
 - **Filtro homomórfico**
 - Máscara de enfoque
 - Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro homomórfico

- **Modelo de imagen** para el filtro homomórfico

$$I(x, y) = L(x, y) \times R(x, y)$$

- **L:** **luminosidad o brillo**

- Consta principalmente de cambios espaciales suaves
 - Responsable del **rango** de brillo de la imagen

- **R:** **reflectancia**

- Consta principalmente de información espacial de **alta frecuencia** localizada en los bordes de los objetos y en las áreas con textura.
 - Responsable del contraste local: **rango** de brillo en **áreas pequeñas**.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro homomórfico

- Filtro en el dominio de la frecuencia que comprime el brillo y realza el contraste de la imagen

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro homomórfico

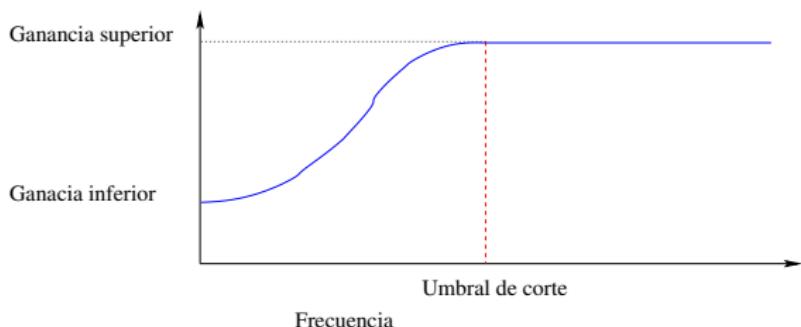
- **Pasos**

- 1.- Transformación logarítmica (base e)
 - Desacopla las componentes $L(x, y)$ y $R(x, y)$: convierte un producto en una suma.
- 2.- Transformación de Fourier
 - Obtiene el dominio de la frecuencia de la imagen
- 3.- Filtro homomórfico $H(u, v)$.
- 4.- Inversa de la transformada de Fourier
- 5.- Inversa de la transformación logarítmica (exponencial).

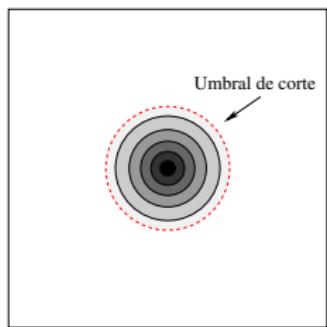
Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtros homomórficos



(a) Filtro unidimensional



(b) Filtro bidireccional

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen



(a) Imagen original



(b) Resultado del filtro



(c) Adición de “a” y “b”



(d) Diferencia de “a” y “b” y estiramiento
Filtro homomórfico (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Máscara de enfoque

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - Énfasis de las frecuencias altas
 - Filtro de diferencia direccional
 - Filtro homomórfico
- Máscara de enfoque
- Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque

- Realza la imagen mediante la **substracción** de una **versión borrosa (paso bajo)** de la imagen original.
- Método usado en **fotografía** durante el revelado de la imagen: se superpone un negativo borroso sobre la película positiva.
- Esta técnica es similar a añadir una versión realizada **(paso alto)** de la imagen.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque (1/5)



Imagen original



Límites: inferior = 0; superior = 100

2 % recorte del histograma

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque (2/5)



Imagen original



Límites: inferior = 0; superior = 150

2 % recorte del histograma

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque (3/5)



Imagen original



Límites: inferior = 0; superior = 200

2 % recorte del histograma

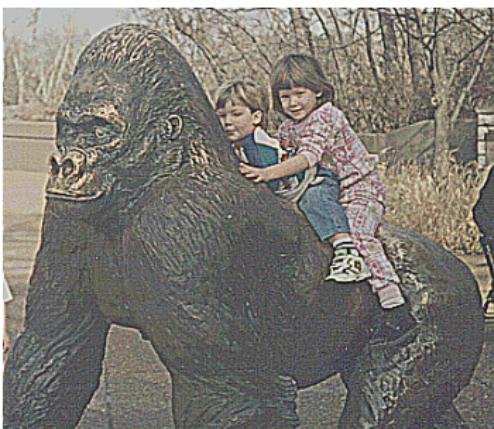
Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque (4/5)



Imagen original



Límites: inferior = 0; superior = 225

2 % recorte del histograma

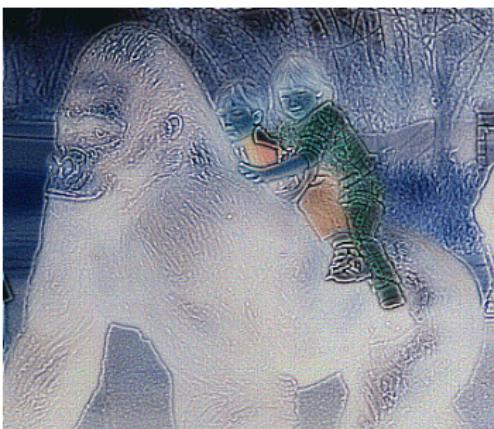
Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Máscara de enfoque (5/5)



Imagen original



Límites: inferior = 0; superior = 255

2 % recorte del histograma

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen: Algoritmos basados en detectores de bordes

1 Realce de la imagen

- Realce de la nitidez de la imagen
 - Introducción
 - Énfasis de las frecuencias altas
 - Filtro de diferencia direccional
 - Filtro homomórfico
 - Máscara de enfoque
- Algoritmos basados en detectores de bordes

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Algoritmos basados en detectores de bordes

- Se pueden utilizar los algoritmos de detección de bordes para mejorar la nitidez de la imagen

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Ejemplo (Primer algoritmo)

- 1.- Aplicar el filtro *laplaciano* a la imagen original.
- 2.- Aplicar el filtro de *Sobel* a la imagen original.
- 3.- Multiplicar las imágenes generadas en los pasos anteriores.
- 4.- Añadir el producto del paso 3 a la imagen original.
- 5.- Realizar un *estiramiento* de la imagen obtenida en el paso 4.

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtros del laplaciano

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Conectividad 4

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Conectividad 8

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtros de Sobel

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$

Vertical

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

Horizontal

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Realce mediante detección de bordes I



Imagen original



Imagen realzada

Laplaciano I y Sobel 3×3
0.5 % recorte del histograma

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Realce mediante detección de bordes I



Laplaciano 1 y Sobel 3×3
3 % recorte del histograma



Laplaciano 1 y Sobel 7×7
3 % recorte del histograma

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Ejemplo (Segundo algoritmo)

- 1.- *Comprimir el histograma en el rango [10, 100].*
- 2.- *Aplicar el filtro de Roberts.*
- 3.- *Añadir el resultado a la imagen original.*
- 4.- *Convertir la imagen a datos de tipo Byte (entero).*
- 5.- *Ecualizar el histograma.*

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Filtro de Roberts

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Realce de la nitidez de la imagen

Realce mediante detección de bordes II



(a) Imagen original



(b) Imagen realizada



(c) Diferencia de “a” y “b”

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

1 Realce de la imagen

- Introducción
- Modificaciones en la escala de grises
- Realce de la nitidez de la imagen
- **Suavización de la imagen**

Realce de la imagen

Suavización de la imagen: Introducción

1 Realce de la imagen

- Suavización de la imagen
 - Introducción
 - Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia
 - Filtros de paso-bajo basado en el dominio espacial
 - Filtros no lineales

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Introducción

- **Objetivos de la suavización de la imagen**
 - Conseguir un efecto o aspecto más suave.
 - Mitigar la influencia del ruido.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Introducción

- **Métodos de suavización**

- Filtros de **paso - bajo** en el **dominio de la frecuencia**.
- Filtros de **paso - bajo** en el **dominio espacial**.
- Filtros **no lineales** en el **dominio espacial**.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen: Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia

1 Realce de la imagen

- Suavización de la imagen
 - Introducción
 - **Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia**
 - Filtros de paso-bajo basado en el dominio espacial
 - Filtros no lineales

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia

- Las **altas** frecuencias espaciales contienen los detalles de la imagen.
- Las **altas** frecuencias son provocadas por **cambios rápidos** en los valores de brillo.
 - Ejemplo: bordes.
- El uso de un filtro de **paso - bajo** **reducirá** la información de las **altas** frecuencias y **producirá** una imagen con un efecto más **suave**.
- La cantidad de información suprimida es controlada mediante un parámetro de corte (**cutoff**) del filtro.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia

- Transformada rápida de Fourier o *Fast Fourier Transform (FFT)*.
- Transformada discreta del coseno o *Discrete cosine Transform (DCT)*.

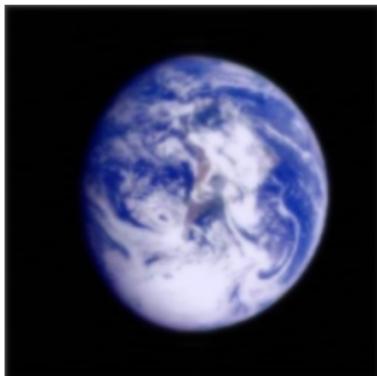
Realce de la imagen

Suavización de la imagen

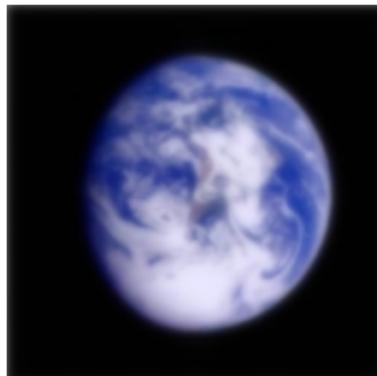
Filtro de paso - bajo en el dominio de la frecuencia



(a) Imagen original



(b) FFT: cutoff = 32



(c) DCT: cutoff = 32

Realce de la imagen

Suavización de la imagen: Filtros de paso-bajo basado en el dominio espacial

1 Realce de la imagen

- Suavización de la imagen
 - Introducción
 - Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia
 - **Filtros de paso-bajo basado en el dominio espacial**
 - Filtros no lineales

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso-bajo en el dominio espacial

- El valor de un pixel es **comparado** con el de sus vecinos.
- Los valores extremos son **modificados** mediante máscaras de convolución
 - Filtro de la media aritmética.
 - Filtro **gaussiano**.
 - Filtro de la media contra - armónica.
 - Filtro de la media geométrica.
 - Filtro de la media armónica.
 - Filtro de la media Yp.
- Si el **tamaño** de la máscara es **mayor**, el efecto de **suavización** aumenta.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Nota (Filtros de paso-bajo en el dominio espacial)

- La explicación de los **filtros espaciales** se puede consultar en el apartado relativo a la *supresión del ruido*.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso - bajo en el dominio espacial (1/3)



(a) Imagen original



(b) Media aritmética



(c) Filtro gaussiano

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso - bajo en el dominio espacial (2/3)



(a) Imagen original



(b) Media contra-armónica

$$R = +1$$



(c) Media geométrica

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso - bajo en el dominio espacial (3/3)



(a) Imagen original



(b) Media Y_p , $P = +1$



(c) Filtro armónica

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso-bajo en el dominio espacial

- **Filtro de la media aritmética**

- Ejemplos de máscaras de convolución de 3×3

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso-bajo en el dominio espacial

- **Filtro de la media aritmética**

- Ejemplo de máscara de convolución de 5×5

$$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso-bajo en el dominio espacial

- **Filtro gaussiano**

- Ejemplos de máscaras de convolución de 3×3

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros de paso-bajo en el dominio espacial

- **Filtro de la media aritmética**

- Ejemplo de máscara de convolución de 5×5

$$\frac{1}{170,46} \begin{bmatrix} 0,694 & 2,662 & 4,167 & 2,662 & 0,694 \\ 2,662 & 10,206 & 15,974 & 10,206 & 2,662 \\ 4,167 & 15,974 & 25 & 15,974 & 4,167 \\ 2,662 & 10,206 & 15,974 & 10,206 & 2,662 \\ 0,694 & 2,662 & 4,167 & 2,662 & 0,694 \end{bmatrix}$$

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Nota (Filtros de paso-bajo en el dominio espacial)

- Si el **tamaño** de la máscara es **igual**,
el filtro *gaussiano* genera una suavización **más natural**
que el filtro de la *media aritmética*.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen



(a) Imagen original



(b) Media aritmética



(c) Filtro gaussiano

Filtros de paso bajo 5×5 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Suavización de la imagen



(a) Imagen original



(b) Media aritmética



(c) Filtro gaussiano

Filtros de paso bajo 7×7 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Suavización de la imagen



(a) Imagen original



(b) Media aritmética



(c) Filtro gaussiano

Filtros de paso bajo 9×9 (Umbaugh 2011)

Realce de la imagen

Suavización de la imagen: Filtros no lineales

1 Realce de la imagen

- Suavización de la imagen
 - Introducción
 - Filtro paso-bajo en el dominio de la frecuencia
 - Filtros de paso-bajo basado en el dominio espacial
- Filtros no lineales

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

- **Filtros de estadísticos de orden**

- Filtro de la mediana
- Filtro del punto medio
- Filtro de la media alfa recortada (*alpha trimmed filter*).
- Etc.

- **Otros filtros no lineales**

- Filtro de Kuwahara
- Filtro de difusión anisotrópica (*anisotropic diffusion*: AD)

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

- **Filtro de la mediana**

- Permite **eliminar** detalles inferiores al tamaño de la máscara.
- Se puede aplicar con máscaras de **diferente tamaño**.
- Si el tamaño de la máscara aumenta, la imagen puede tomar un aspecto artificial (**pintura**).

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtro de la mediana (1/2)



(a) Imagen original



(b) Máscara 3×3



(c) Máscara 5×5

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtro de la mediana (2/2)



(a) Imagen original



(b) Máscara 7×7



(c) Máscara 9×9

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

- **Filtro de la mediana**

- Si la máscara es muy grande, el **tiempo** de computación aumenta considerablemente.
- Alternativas
 - Versión **rápida** del filtro de la mediana: se actualiza el ordenamiento de los puntos a medida que se recorre la imagen.
 - Filtro de la **pseudo-mediana**

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

- **Filtro de la pseudo - mediana**

$$f(x_0, y_0) = \frac{\maximin(W) + \minimax(W)}{2}$$

donde

- $\maximin(W) = \max[\min(I_1, \dots, I_M), \dots, \min(I_{N^2-M+1}, \dots, I_{N^2})]$
- $\minimax(W) = \min[\max(I_1, \dots, I_M), \dots, \max(I_{N^2-M+1}, \dots, I_{N^2})]$
- W es la máscara $N \times N$ centrada en (x_0, y_0)
- $M = \frac{N^2+1}{2}$

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

- **Filtro de la pseudo - mediana**

- **maximin** genera un valor **menor o igual** que la mediana
- **minimax** genera un valor **mayor o igual** que la mediana
- El **promedio** de maximin y minimax permite **eliminar** los valores **más sesgados**.

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

• Filtro de Kuwahara

- Filtro **no lineal** que suaviza la imagen pero **retiene** información de los bordes (*edge - preserving filter*).
- También es considerado como un filtro **adaptado**.
- Se puede implementar con **máscaras** de diferentes formas, pero, normalmente, son **cuadradas**:

$$H = W = 4L + 1$$

donde

- L es un número natural
- H = *height* (altura)
- W = *width* (anchura)

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

• Filtro de Kuwahara

- Se divide la ventana en cuatro regiones de tamaño

$$\frac{H+1}{2} \times \frac{W+1}{2}$$

- Ejemplo: ventana de tamaño 5×5

1.- Se consideran cuatro regiones de tamaño 3×3 :

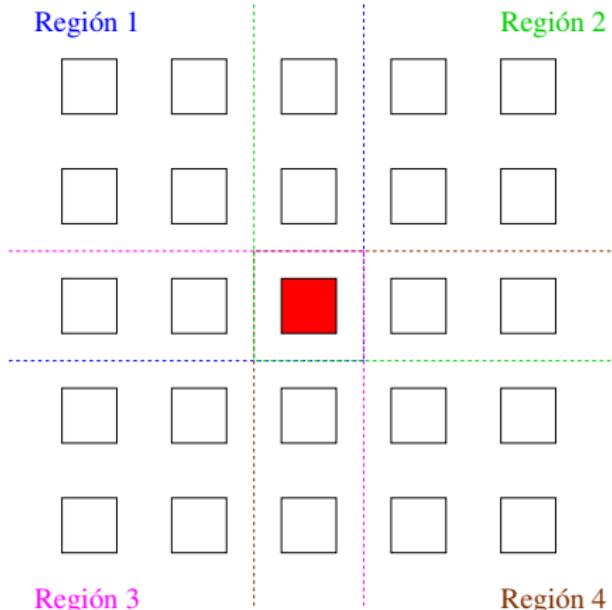
$$R_i, i \in \{1, 2, 3, 4\}$$

- 2.- Calcular la media μ_i y la desviación típica σ_i de cada región R_i
- 3.- El resultado será la media μ correspondiente a la región con menor desviación típica σ .

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

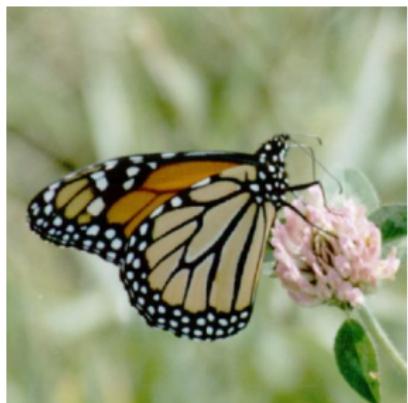
Regiones del filtro de Kuwahara



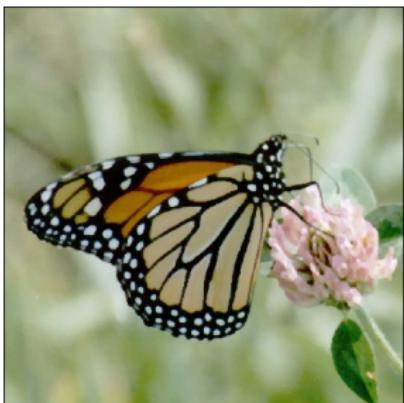
Realce de la imagen

Suavización de la imagen

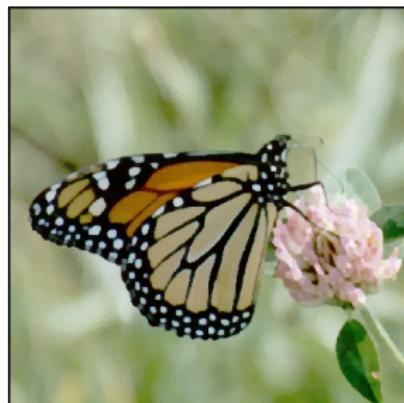
Filtro de Kuwahara (1/2)



(a) Imagen original



(b) Máscara 3×3

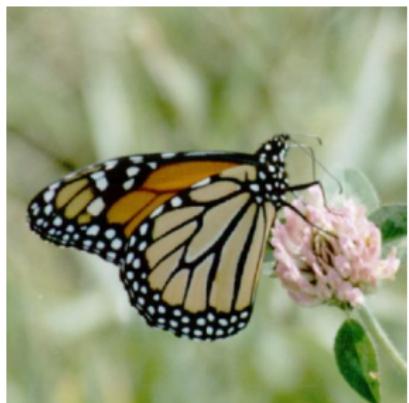


(c) Máscara 5×5

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtro de Kuwahara (2/2)



(a) Imagen original



(b) Máscara 7×7



(c) Máscara 9×9

Realce de la imagen

Suavización de la imagen

Filtros espaciales no lineales

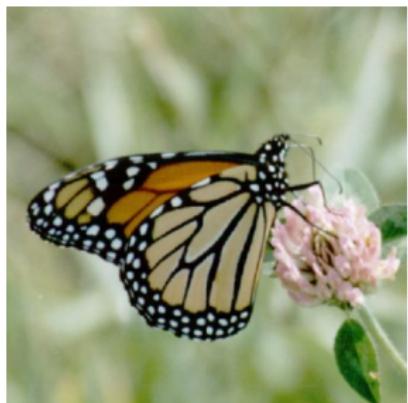
- **Filtro de difusión anisotrópica** (*anisotropic diffusion*: AD)

- También se denomina “difusión de Perona - Malik”
- **Anisotrópico**: la respuesta depende las características de la imagen en cada dirección.
- Permite **detener** el proceso de difusión en los **bordes** y mantenerlo en áreas más homogéneas.
- Suaviza la imagen mediante iteraciones sucesivas, pero **controlando** el grado de difusión.

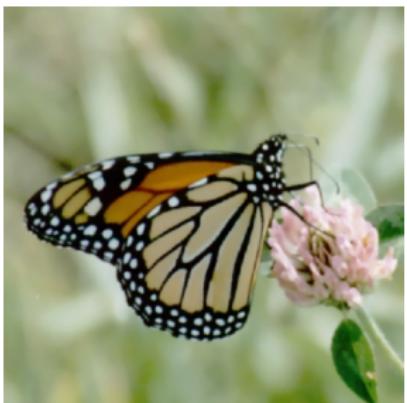
Realce de la imagen

Suavización de la imagen

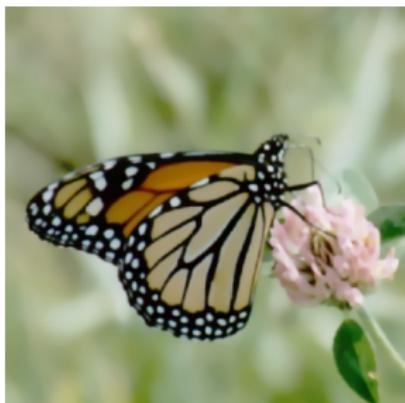
Filtro de difusión anisotrópica (1/2)



(a) Imagen original



(b) 10 iteraciones

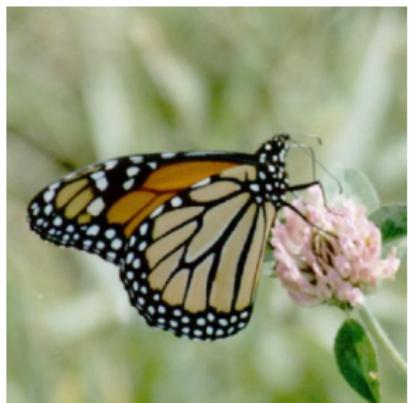


(c) 50 iteraciones

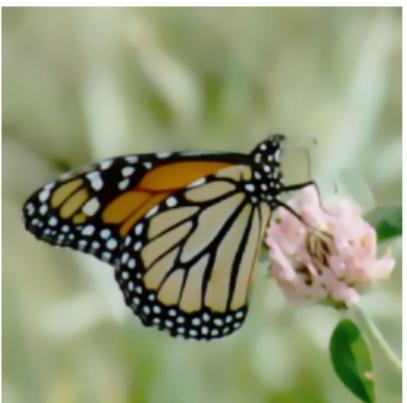
Realce de la imagen

Suavización de la imagen

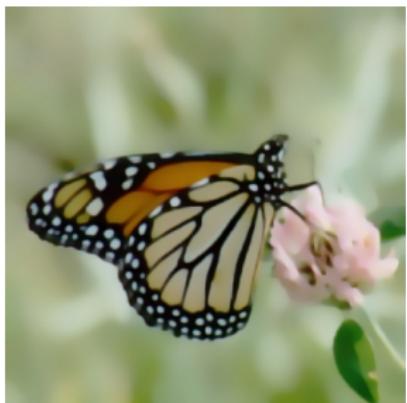
Filtro de difusión anisotrópica (2/2)



(a) Imagen original



(b) 100 iteraciones



(c) 200 iteraciones

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Universidad de Córdoba