

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

Ruido

1 Ruido

Ruido

Definición

- 1 Ruido
 - Definición
 - Tipos de ruido
 - Ruido provocado durante la adquisición de la imagen
 - Ruido provocado durante la transmisión de la imagen
 - Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen
 - Supresión del ruido

Ruido

Definición

Definición (Ruido)

- *Error que puede degradar la calidad de una imagen*
- *El ruido se puede producir durante la **adquisición**, la **transmisión** o el **procesamiento** de la imagen.*

Ruido

Definición



Imagen original: Lenna



Imagen con ruido uniforme ($\sigma = 10,0$)

Ruido

Definición

Definición (Robustez)

*Un sistema de visión artificial es **robusto** si genera *los mismos resultados* con ruido y en ausencia de ruido.*

Ruido

Tipos de ruido

- 1 Ruido
 - Definición
 - **Tipos de ruido**
 - Ruido provocado durante la adquisición de la imagen
 - Ruido provocado durante la transmisión de la imagen
 - Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen
 - Supresión del ruido

Ruido

Tipos de ruido

Clases de ruido según las características probabilísticas

- **Ruido local determinístico**
 - Presenta una **forma y apariencia constante** para cada sistema en particular.
 - Se manifiesta como una **distribución constante** y determinada dentro de la imagen.
 - Un ejemplo típico es la aparición en la imagen de una **franja** con unos niveles de intensidad sensiblemente diferentes a los del resto de la imagen.
- **Ruido aleatorio**: es producido por fuentes imprevistas y su **distribución es aleatoria y cambiante** con el tiempo.

Ruido

Tipos de ruido

Ruido: origen

El **ruido** se puede producir en la imagen durante:

- su adquisición
- su transmisión
- su procesamiento

Ruido

Tipos de ruido

Ruido semántico

- Ruido **intrínseco** provocado por la **textura** de los objetos o por un **entorno especial** de la escena
- Ejemplo
 - Imágenes subacuáticas o con presencia de humo o vapor.

Ruido

Tipos de ruido



Casa con "texturas"



Imagen subacuática

<http://divingforfun.com/>

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

1 Ruido

- Definición
- Tipos de ruido
- **Ruido provocado durante la adquisición de la imagen**
- Ruido provocado durante la transmisión de la imagen
- Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen
- Supresión del ruido

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

Categorías de los dispositivos de adquisición de imágenes

- **Sensores fotoquímicos**
 - Películas o diapositivas fotográficas.
- **Sensores fotoelectrónicos**
 - Tubos *vidicon*
 - Dispositivos de inyección de carga (CID, *Charge Injection Devices*)
 - Dispositivos de carga acoplada (CCD, *Charge Coupled Devices*).

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

Comparativa

- **Dispositivos fotoquímicos**
 - Pueden detectar y grabar la imagen al mismo tiempo, pero la imagen que producen **no puede ser fácilmente digitalizada**.
- **Dispositivos fotoelectrónicos**
 - Superan a las películas porque que pueden **digitalizar la imagen al mismo tiempo que la adquieren**.

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

Ruido de las imágenes adquiridas con sensores fotoquímicos

- **Ruido de grano de película** (*film grain noise*):
 - Provocado por los **granos de plata** que precipitan durante la exposición de la película.
 - Ruido es muy dominante cuando las imágenes son adquiridas con una velocidad alta.
 - Puede ser modelado mediante distribuciones de Poisson o gaussianas
- **Ruido provocado por el polvo** de los componentes ópticos o presente en el revelado de las películas.

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

Ruido de las imágenes adquiridas con sensores fotoelectrónicos

- **Ruido térmico** (*thermal noise*):
 - Provocado por el **calor** originado por los componentes electrónicos.
 - Suele ser modelado como ruido aditivo blanco gaussiano de media cero.
- **Ruido fotoelectrónico:**
 - Producido por la **fluctuación** aleatoria del número de fotones de la **luz**.
 - Fluctuación baja: ruido modelado por una distribución de Poisson.
 - Fluctuación alta: ruido modelado como un proceso gaussiano ($\sigma = \text{sqrt}(\mu)$).

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen

Ruido de cuantificación

- Se produce cuando son usados **insuficientes niveles** de cuantificación para digitalizar la imagen.
- En tales situaciones aparecen **contornos falsos**.
- Se puede eliminar mediante una transformación en la escala de niveles de intensidad
 - Ejemplo: **ecualización** del histograma de frecuencias.

Ruido

Ruido provocado durante la adquisición de la imagen



64 niveles



16 niveles



4 niveles



2 niveles

Imagen con diferentes “cuantificaciones” de los niveles de gris

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

- 1 Ruido
 - Definición
 - Tipos de ruido
 - Ruido provocado durante la adquisición de la imagen
 - **Ruido provocado durante la transmisión de la imagen**
 - Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen
 - Supresión del ruido

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

Descripción

- La **transmisión** de una imagen digital entre dos dispositivos remotos (una cámara y un ordenador, dos ordenadores o un monitor y un ordenador) puede **incrementar el ruido** de la imagen.

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

Tipos de ruido

- **Ruido aditivo**
- **Ruido multiplicativo**
- **Ruido impulsivo** o **ruido de sal y pimienta**
(*salt-pepper noise*).

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

Ruido aditivo

- Ruido que es independiente de la señal de la imagen.

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

donde la imagen original f y el ruido η son dos variables independientes.

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

Ruido multiplicativo

- Ruido **dependiente** de la magnitud de la señal.
- Si la magnitud del ruido es mucho mayor que la de la señal entonces

$$\begin{aligned}g(x, y) &= f(x, y) + \eta(x, y)f(x, y) \\ &= f(x, y)(1 + \eta(x, y)) \approx f(x, y)\eta(x, y)\end{aligned}$$

- Ejemplo:
 - Ruido de la **pantalla** de un televisor analógico.
 - Este ruido depende de la **líneas del televisor**: en el área de una línea, este ruido es máximo, y entre dos líneas es mínimo.

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen

Ruido impulsivo o de "sal y pimienta" (*salt-pepper noise*)

- También aparece con frecuencia durante la transmisión de la imagen
- Hay **puntos** de la imagen con niveles de intensidad muy diferentes a los de su entorno.
- Suele aparecer en forma de impulsos **blancos** o **negros**.

$$g(x, y) = \begin{cases} \eta(x, y) & \text{con probabilidad } p \\ f(x, y) & \text{con probabilidad } 1 - p \end{cases}$$

- Los impulsos pueden tener valores prefijados (v.g.: 0 ó 255) o pueden tener una distribución de probabilidad de "cola larga"

Ruido

Ruido provocado durante la transmisión de la imagen



Sal y pimienta

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

- 1 Ruido
 - Definición
 - Tipos de ruido
 - Ruido provocado durante la adquisición de la imagen
 - Ruido provocado durante la transmisión de la imagen
 - **Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen**
 - Supresión del ruido

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Descripción

- **Justificación**

- Se genera para valorar la **robustez** de un algoritmo en presencia de ruido.

- **Tipos de ruido**

- Impulsivo o sal y pimienta.
- Uniforme
- Gaussiano
- Exponencial
- Etc.

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Definición (Ruido impulsivo o sal y pimienta)

- **Puntos ruidosos**

- Sus *niveles* de intensidad son *muy diferentes* a los valores de los puntos de su vecindario.
- Función de densidad de probabilidad del ruido impulsivo

$$\eta(x) = \begin{cases} A & \text{para } x = a \quad (\text{pimienta}) \\ B & \text{para } x = b \quad (\text{sal}) \end{cases}$$

con unas probabilidades de cambio P_{pimienta} y P_{sal} .

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido impulsivo o sal y pimienta

- Este tipo de ruido es **provocado** por
 - Mal funcionamiento de sensores de captura
 - Posiciones defectuosas de memoria.
 - Errores de temporización durante la digitalización.
- En general, las probabilidades de cambio son inferiores a 0.2.
- En imágenes de niveles de gris, los valores más usados son:
 $A = 0$ y $B = 255$

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

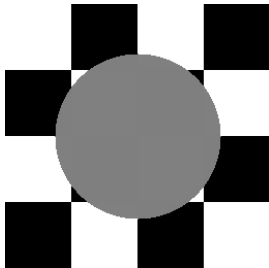


Imagen original



Histograma

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

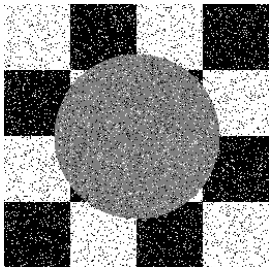


Imagen con ruido impulsivo

Probabilidades: sal = 0.08; pimienta = 0.08



Histograma

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen



Imagen original

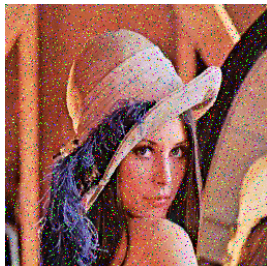


Imagen con ruido impulsivo

Probabilidades: sal = 0.03; pimienta = 0.03

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Definición (Ruido uniforme)

- *Los valores de los niveles de gris del ruido se distribuyen de forma uniforme.*
- *Función de densidad de probabilidad del ruido uniforme*

$$\eta(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde

- $\mu = \frac{a+b}{2}$
- $\sigma = \frac{(b-a)^2}{12}$

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido uniforme

- En imágenes con niveles de gris, el rango $[a, b]$ suele ser $[0, 255]$, pero puede ser más reducido.
- Este tipo de ruido se presenta en **menos** situaciones reales.

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

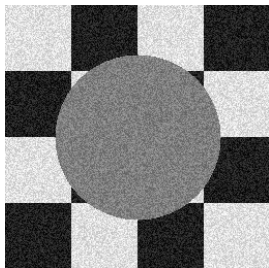


Imagen con ruido uniforme

$$\mu = 0, \sigma = 600$$



Histograma

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido uniforme



Imagen sin ruido



$\sigma = 5$



$\sigma = 10$

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Definición (Ruido gaussiano)

- *Función de densidad de probabilidad del ruido gaussiano*

$$\eta(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

donde

- μ : *media*
- σ : *desviación típica*

Ruido

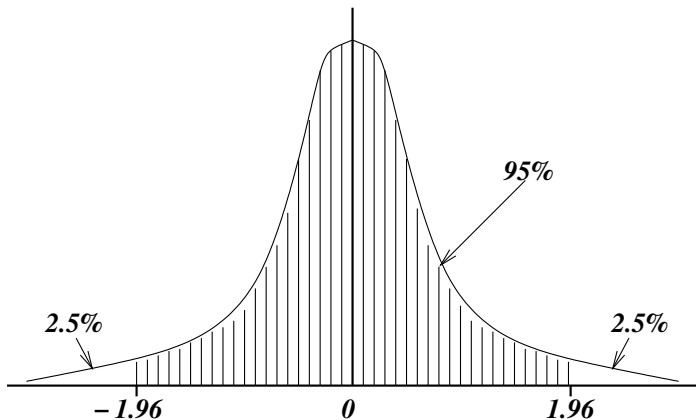
Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido gaussiano: características

- Se utiliza frecuentemente para **simular** el ruido generado por dispositivos electrónicos durante la **adquisición** de la imagen.
- También es usado para **modelar** el ruido de **grano de película**.

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen



Distribución gaussiana

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

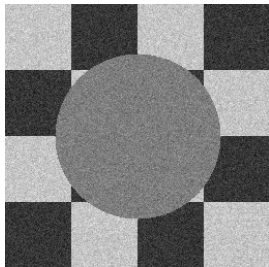


Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0, \sigma^2 = 600$$



Histograma

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido gaussiano



Imagen sin ruido



$\mu = 0, \sigma = 5$



$\mu = 0, \sigma = 10$

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

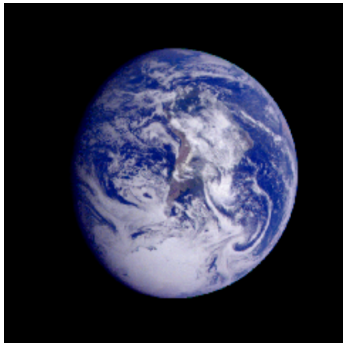


Imagen original

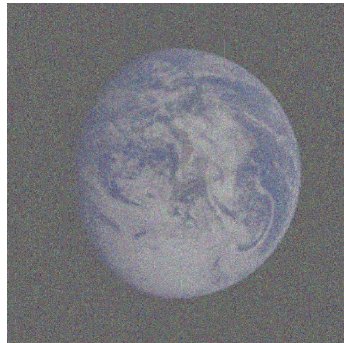


Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0, \sigma^2 = 800$$

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Definición (Ruido exponencial)

- *Función de densidad de probabilidad del ruido exponencial*

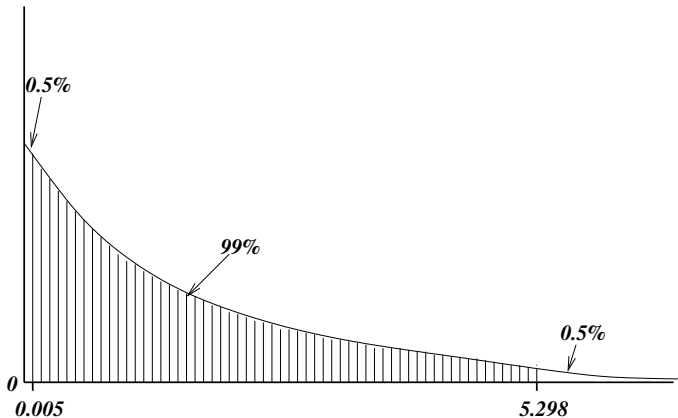
$$\eta(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad \text{para } x \geq 0$$

donde

- $\mu = \frac{1}{\lambda}$
- $\sigma = \frac{1}{\lambda^2}$

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen



Distribución exponencial

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

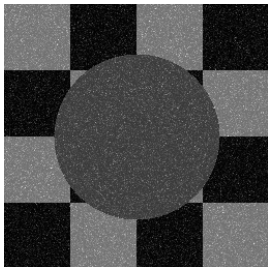
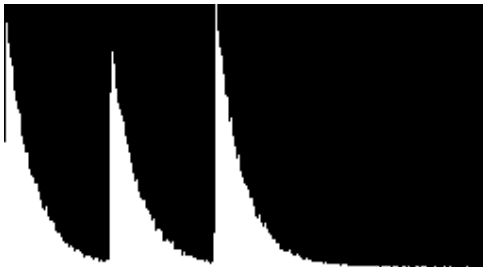


Imagen con ruido exponencial

$$\mu = 0, \sigma = 100$$



Histograma

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen

Ruido exponencial



Imagen sin ruido



$\sigma = 5$



$\sigma = 10$

Ruido

Supresión del ruido

- 1 Ruido
 - Definición
 - Tipos de ruido
 - Ruido provocado durante la adquisición de la imagen
 - Ruido provocado durante la transmisión de la imagen
 - Ruido provocado durante el procesamiento de la imagen
 - Supresión del ruido

Ruido

Supresión del ruido: Introducción

- 1 Ruido
 - Supresión del ruido
 - Introducción
 - Filtros espaciales de orden
 - Filtros espaciales de la media
 - Filtros espaciales adaptados

Ruido

Supresión del ruido

Nota (Supresión del ruido y suavización de la imagen)

- *Las técnicas de **supresión** del ruido están estrechamente relacionadas con los algoritmos de **suavizado y mejora** de la imagen.*

Ruido

Supresión del ruido

Tipos de técnicas

- **Globales:** operan sobre toda la imagen en conjunto.
 - Promediado en la adquisición de la imagen.
 - Procesamiento en el dominio de la frecuencia.
- **Locales o espaciales:** el valor de un punto depende de los puntos de su vecindario.
 - Filtros lineales.
 - Filtros no lineales.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales

- Se prefieren los **filtros espaciales** para atenuar la presencia del ruido:
 - En general, tienen un **mejor rendimiento** con un menor coste en memoria y en tiempo de ejecución.
 - Sin embargo, **no existe** un único **filtro lineal** o **no lineal** que sea **óptimo** para todas las imágenes.

Ruido

Supresión del ruido

Tipos de filtros espaciales

- **Filtros de orden**
- **Filtros de la media**
- **Filtros adaptados**

Ruido

Supresión del ruido: Filtros espaciales de orden

- 1 Ruido
 - Supresión del ruido
 - Introducción
 - Filtros espaciales de orden
 - Filtros espaciales de la media
 - Filtros espaciales adaptados

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- Se basan en **estadísticos de orden**: mediana, máximo, mínimo, etc.
- Operan sobre pequeñas **sub-ventanas** o **regiones** y sustituyen el valor del pixel central por el nuevo valor calculado.
- Se ordenan los valores de cada sub-ventana y se obtiene el valor deseado.
- Si la imagen es en color o multidimensional entonces el filtro se ha de aplicar a **cada banda por separado**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Tipos:**

- Filtro de la mediana.
- Filtro del máximo.
- Filtro del mínimo.
- Filtro del punto medio (*midpoint filter*).
- Filtro alfa recortado (*alpha trimmed filter*).

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro de la mediana**
 - Elige el valor del pixel que ocupa la **posición media** en el ordenamiento de cada sub-ventana.

Ruido

Supresión del ruido

Ejemplo (Filtro de la mediana)

Considérese la sub-ventana de 3×3

$$\begin{bmatrix} 100 & 89 & 92 \\ 110 & 25 & 80 \\ 95 & 78 & 93 \end{bmatrix}$$

El ordenamiento de los valores es

25, 78, 80, 89, 92, 93, 95, 100, 110

El nuevo valor del pixel central es 92.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro de la mediana**

- Adecuado para atenuar el ruido impulsivo de *sal y pimienta*.
- Si el tamaño de la sub-ventana del filtro es grande entonces la imagen se puede convertir en borrosa: efecto de *pintado*

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la mediana



Sal y pimienta
Probabilidad = 0.08



Máscara 3×3



Máscara 5×5

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del máximo**

- Elige el valor del pixel que ocupa la **posición más alta o máxima** en el ordenamiento de cada sub-ventana.

Ruido

Supresión del ruido

Ejemplo (Filtro del máximo)

Considérese la sub-ventana de 3×3

$$\begin{bmatrix} 100 & 89 & 92 \\ 110 & 25 & 80 \\ 95 & 78 & 93 \end{bmatrix}$$

El ordenamiento de los valores es

25, 78, 80, 89, 92, 93, 95, 100, 110

El nuevo valor del pixel central es 110.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del máximo**

- Adecuado para atenuar el ruido impulsivo de **pimienta**.
- Provoca que la imagen sea más **clara**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro del máximo

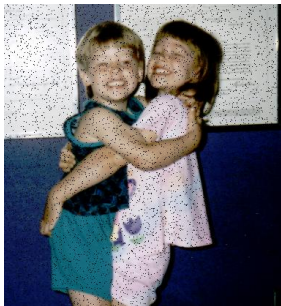


Imagen con ruido de pimienta
Probabilidad = 0.04



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del mínimo**

- Elige el valor del pixel que ocupa la **posición más baja o mínima** en el ordenamiento de cada sub-ventana.

Ruido

Supresión del ruido

Ejemplo (Filtro de la mínimo)

Considérese la sub-ventana de 3×3

$$\begin{bmatrix} 100 & 89 & 92 \\ 110 & 226 & 80 \\ 95 & 78 & 93 \end{bmatrix}$$

El ordenamiento de los valores es

78, 80, 89, 92, 93, 95, 100, 110, 226

El nuevo valor del pixel central es *78*.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del mínimo**

- Adecuado para atenuar el ruido impulsivo de *sal*.
- Provoca que la imagen sea más *oscura*.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro del mínimo

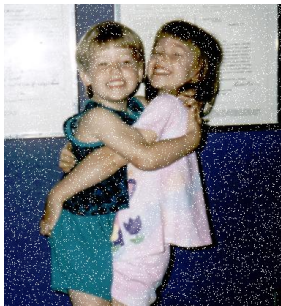


Imagen con ruido de sal
Probabilidad = 0.04



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Nota

- Existen *variantes* de los filtros del máximo y el mínimo, donde se elige el segundo (o tercer) elemento más alto o más bajo.
- Este tipo de filtros *depende* mucho del *tipo de ruido* de la imagen.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del punto medio** (*midpoint filter*)
 - Calcula la media aritmética entre el valor más alto y el más bajo dentro de la sub-ventana.

Ruido

Supresión del ruido

Ejemplo (Filtro del punto medio)

Considérese la sub-ventana de 3×3

$$\begin{bmatrix} 100 & 89 & 92 \\ 110 & 226 & 80 \\ 95 & 78 & 93 \end{bmatrix}$$

El ordenamiento de los valores es

78, 80, 89, 92, 93, 95, 100, 110, 226

El nuevo valor del pixel central es $152 = \frac{78+226}{2}$.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro del punto medio (midpoint filter)**
 - Es un filtro adecuado para atenuar el ruido **gaussiano** o el ruido **uniforme**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro del punto medio



Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0, \sigma = 300$$



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de orden

- **Filtro de la media alfa recortada**

(*alpha-trimmed mean filter*)

- Calcula la media aritmética dentro de la sub-ventana, pero **excluye** algunos valores extremos

$$f(x_0, y_0) = \frac{1}{N^2 - 2T} \sum_{i=T+1}^{N^2-T} I_i$$

donde

- $I_1 \leq I_2 \leq \dots \leq I_N$ es el ordenamiento de la sub-ventana
- T: número de puntos **excluidos** en cada extremo

$$0 \leq T \leq \frac{N^2-1}{2}$$

Ruido

Supresión del ruido

Nota (Filtro de la media alfa recortada)

- Si $T = 0$, se obtiene el filtro de la *media aritmetica*.
- Si $T = \frac{N^2-1}{2}$, se obtiene el filtro de la *mediana*.

Ruido

Supresión del ruido

Ejemplo (Filtro de la media alfa recortada)

Considérese la sub-ventana de 3×3

$$\begin{bmatrix} 100 & 89 & 92 \\ 110 & 226 & 80 \\ 95 & 78 & 93 \end{bmatrix}$$

El ordenamiento de los valores es

78, 80, 89, 92, 93, 95, 100, 110, 226

Si $T = 2$, la media alfa recortada es $94 \approx 93,8 = \frac{89+92+93+95+100}{5}$.

Ruido

Supresión del ruido

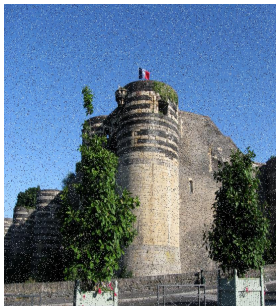
Filtros espaciales de orden

- **Filtro de la media alfa recortada**
 - Adecuado para atenuar el ruido **gaussiano** o el ruido **uniforme**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la alfa media recortada



Ruido gaussiano ($\mu = 0, \sigma = 200$)
Sal y pimienta (probabilidad = 0.03)



Máscara 3×3 y $T = 1$

Ruido

Supresión del ruido: Filtros espaciales de la media

- 1 Ruido
 - Supresión del ruido
 - Introducción
 - Filtros espaciales de orden
 - **Filtros espaciales de la media**
 - Filtros espaciales adaptados

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- Promedian de diferentes formas los valores dentro de una sub-ventana $N \times N$ y se lo asignan al punto central.
- Proceso de convolución: la sub-ventana recorre toda la imagen

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Tipos**

- 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 Y_p .

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro de la media aritmética**

$$f(x_0, y_0) = \frac{1}{N^2} \sum_{(x,y) \in W} f(x, y)$$

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro de la media aritmética**

- Es el filtro más simple y popular
- También se denomina filtro de *paso bajo*
- Se implementa con una máscara de convolución de $N \times N$
- Ejemplo: máscara 3×3

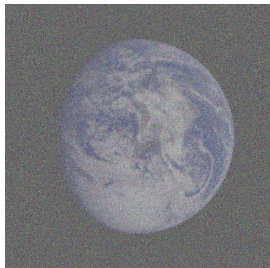
$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- **Mitiga** los efectos del ruido, pero hace **borrosa** a la imagen.

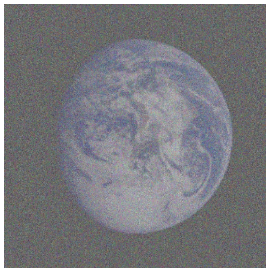
Ruido

Supresión del ruido

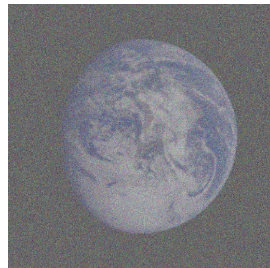
Filtro de la media aritmética



Ruido gaussiano



Máscara 3×3



Máscara 5×5

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siuue.edu/>

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**

$$f(x_0, y_0) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \sum_{i=-N}^{i=N} \sum_{j=-N}^{j=N} e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}} f(x_0 + i, y_0 + j)$$

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**

- Se implementa con una máscara de convolución de $N \times N$
- El tamaño de la máscara depende de la desviación típica σ
- Se suele tener en cuenta la siguiente relación

$$N \geq 3c$$

donde $c = 2\sqrt{2} \sigma$

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**

- Ejemplos de máscaras de 3×3

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

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

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**

- Ejemplo de máscara de 5×5 para $\sigma = 1$

$$\frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Ruido

Supresión del ruido

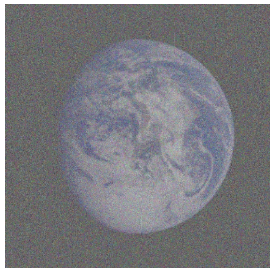
Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**
 - Mitiga el ruido de manera más uniforme o natural que la media aritmetica.
 - Se suele utilizar como etapa previa a la **detección de bordes**

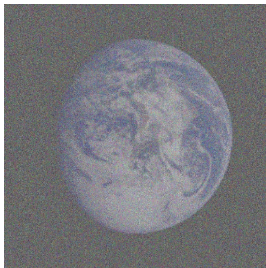
Ruido

Supresión del ruido

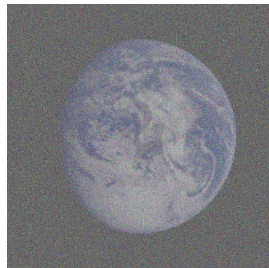
Filtro gaussiano



Ruido gaussiano



Máscara 3×3



Máscara 5×5

CVIPTools: <http://cviptools.ece.siu.edu/>

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro gaussiano**
 - Este filtro es separable por filas y columnas.
 - Primero se realizaría la convolución por filas
 - Al resultado obtenido, se aplicaría la convolución por columnas.
 - Ejemplo de filtro unidimensional:
[0.006, 0.061, 0.242, 0.383, 0.242, 0.061, 0.006]

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtros de la media contra - armónica:**

$$f(x_0, y_0) = \frac{\sum_{(x,y) \in W} f(x, y)^{(R+1)}}{\sum_{(x,y) \in W} f(x, y)^R}$$

- $R < 0$: elimina ruido impulsivo de **sal**
- $R > 0$: elimina ruido impulsivo de **pimienta**

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media contra-armónica

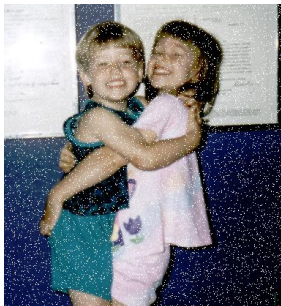
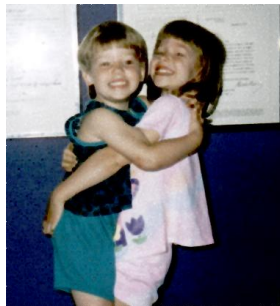


Imagen con ruido de sal
Probabilidad = 0.04



Máscara 3×3
 $R = -3$

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media contra-armónica

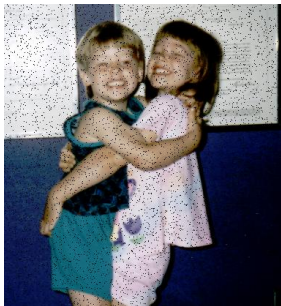


Imagen con ruido de pimienta
Propabilidad = 0.04



Máscara 3×3
 $R = +3$

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro de la media geométrica:**

$$f(x_0, y_0) = \prod_{(x,y) \in W} f(x, y)^{\frac{1}{N^2}}$$

- Funciona **bien** con **ruido gaussiano**.
- **No** se debe usar si el ruido es de **pimienta**

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media geométrica

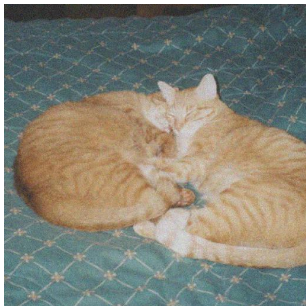


Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0,0, \sigma = 300$$



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media geométrica

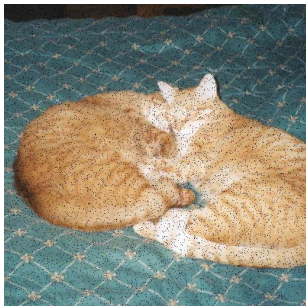
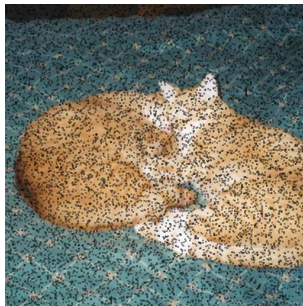


Imagen con ruido de pimienta
Probabilidad = 0.04



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtro de la media armónica:**

$$f(x_0, y_0) = \frac{N^2}{\sum_{(x,y) \in W} \frac{1}{f(x,y)}}$$

- Funciona bien con el ruido de sal y gaussiano.
- No se debe usar si el ruido es de pimienta

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media armónica

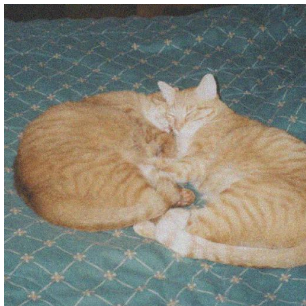


Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0,0, \sigma = 300$$



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media armónica

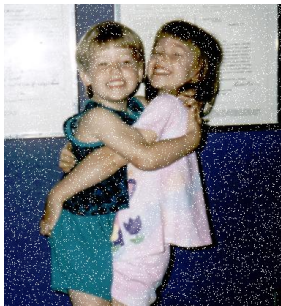
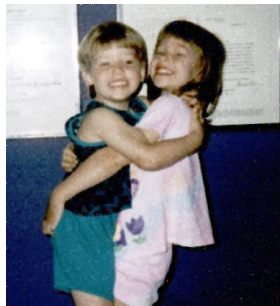


Imagen con ruido de sal
Probabilidad = 0.04



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media armónica

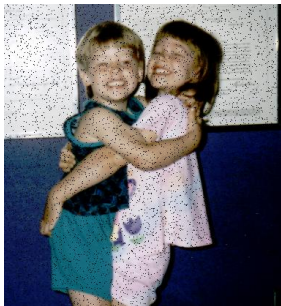


Imagen con ruido de pimienta
Propabilidad = 0.04



Máscara 3×3

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales de la media

- **Filtros de la media** Y_p

$$f(x_0, y_0) = \left[\sum_{(x,y) \in W} f(x, y)^P \right]^{\frac{1}{P}}$$

- $P < 0$: elimina ruido impulsivo de **sal**.
- $P > 0$: elimina ruido impulsivo de **pimienta**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media Y_p

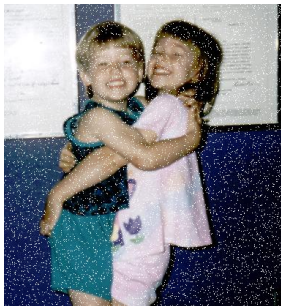
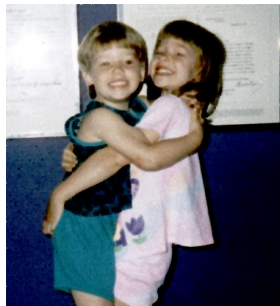


Imagen con ruido de sal
Propabilidad = 0.04



Máscara 3×3
 $P = -5$

Ruido

Supresión del ruido

Filtro de la media Y_p

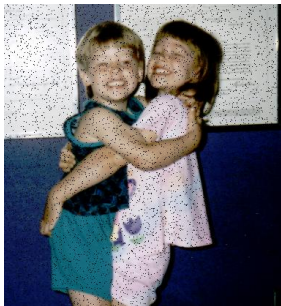


Imagen con ruido de pimienta
Propabilidad = 0.04



Máscara 3×3
 $P = +5$

Ruido

Supresión del ruido: Filtros espaciales adaptados

1 Ruido

- Supresión del ruido
 - Introducción
 - Filtros espaciales de orden
 - Filtros espaciales de la media
 - Filtros espaciales adaptados

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales adaptados

- Su funcionamiento tiene en cuenta la **información de la imagen**.
- Permiten **retener detalles** de la imagen y eliminar el ruido.
- Utilizan alguna medida del **brillo o contraste local**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales adaptados

- Filtro del mínimo error cuadrático medio.
- Filtro mejorado del mínimo error cuadrático medio.

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales adaptados

- **Filtro del mínimo error cuadrático medio**

(*minimum mean-squared error*: MMSE)

$$f(x_0, y_0) = f(x_0, y_0) - \frac{\sigma_r^2}{\sigma_I^2} [f(x_0, y_0) - \mu_I(x_0, y_0)]$$

- Varianza del ruido de la imagen: σ_r^2
- Varianza local del ruido: $\sigma_I^2 = \frac{\sum_{(x,y) \in W} (f(x,y) - \mu_I(x,y))^2}{N^2 - 1}$
- Media local del ruido: $\mu_I = \frac{1}{N^2} \sum_{(x,y) \in W} f(x,y)$

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales adaptados

- **Filtro del mínimo error cuadrático medio**

(*minimum mean-squared error*: MMSE)

- La relación entre σ_r y σ_I controla el funcionamiento del filtro
- Si la imagen **no tiene ruido** ($\sigma_r = 0,0$), se devuelve la imagen original.
- Si σ_r es mucho **más pequeño** que σ_I (zonas con más detalles), el filtro apenas modifica el valor **original**.
- Si $\sigma_r = \sigma_I$ (por ejemplo, en el fondo de la imagen), se obtiene el filtro de la **media aritmética**.

Ruido

Supresión del ruido

Filtro MMSE

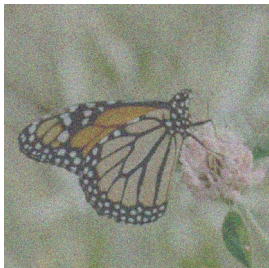
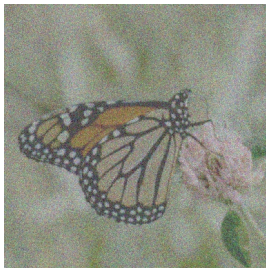
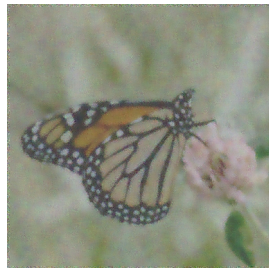


Imagen con ruido gaussiano

$$\mu = 0,0; \sigma^2 = 300$$



Máscara 3×3



Máscara 9×9

Ruido

Supresión del ruido

Filtros espaciales adaptados

- **Filtro “mejorado” del mínimo error cuadrático medio**
 - Utiliza el tamaño de la ventana W de la $ratio = \frac{\sigma_r}{\sigma_l}$ y un umbral h preestablecido.
 - Si $ratio < h$, el tamaño de W se debe **reducir**.
 - Si $ratio \geq h$, se aplica el **filtro original** del mínimo error cuadrático medio sobre la ventana W actual.

Ruido

Supresión del ruido

Comparación de los filtros MMSE y MMSE mejorado (1/2)

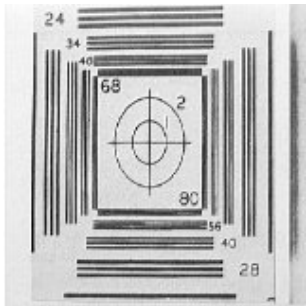


Imagen original

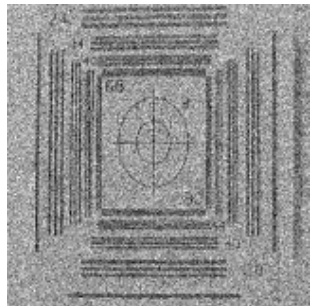
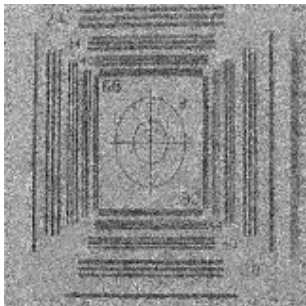


Imagen con ruido gaussiano
 $\sigma^2 = 300$

Ruido

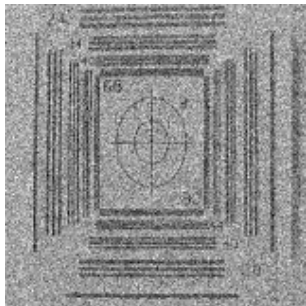
Supresión del ruido

Comparación de los filtros MMSE y MMSE mejorado (2/2)



MMSE

$$\sigma^2 = 300 \text{ Máscara} = 9 \times 9$$



MMSE mejorado

$$\sigma^2 = 300 \text{ Máscara} = 9 \times 9, h = 6$$

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