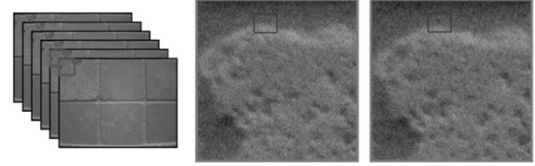


## Operadores Espaciales

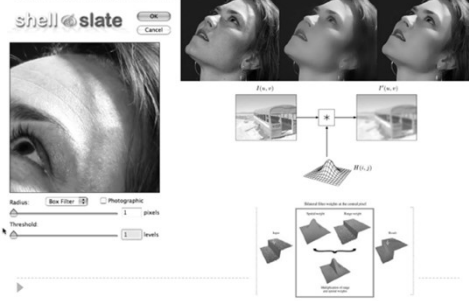
### Ruido en las imágenes

- Si tomamos fotografías de una misma escena y verificamos la variación de la intensidad por pixel en una fila....



- Existe variancia entre los valores de intensidad...Aunque la escena es estática
- Es posible la introducción de ruido en el proceso de adquisición de la imagen y/o en la transmisión de la imagen al sistema de computo

¿La misma persona? ¿maquillaje? →  
Filtrado espacial



### Ruido en las imágenes

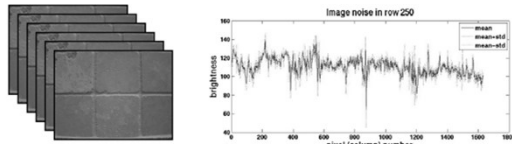
- Los modelos más usuales de ruido en imágenes:

- Ruido de Sal y Pimienta
  - Apariciones aleatorias de píxeles blancos y negros
- Ruido de impulso
  - Apariciones aleatorias de píxeles blancos
- Ruido Gaussiano
  - Variaciones en la intensidad de los píxeles de acuerdo a una distribución gaussiana



### Ruido en las imágenes

- Si tomamos fotografías de una misma escena y verificamos la variación de la intensidad por pixel en una fila....



- Existe variancia entre los valores de intensidad...Aunque la escena es estática
- Es posible la introducción de ruido en el proceso de adquisición de la imagen y/o en la transmisión de la imagen al sistema de computo

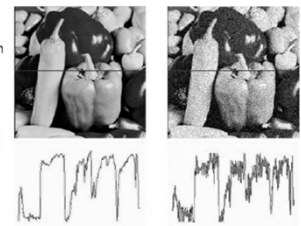
### Ruido en las imágenes

- Ruido Gaussiano
  - Variaciones en la intensidad de los píxeles de acuerdo a una distribución gaussiana

$$I_{\text{Noise}}(u, v) = I(u, v) + \eta(u, v)$$

$$\eta(u, v) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$$

- La intensidad del ruido depende de sigma...la media garantiza la aplicación correcta del ruido



### Ruido en las imágenes

- Ruido Gaussiano
- Efecto de ruido gaussiano
- Sigma = 1

$$I_{\text{Noise}}(u, v) = I(u, v) + \eta(u, v)$$

$$\eta(u, v) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$$



### Ruido en las imágenes

- Ruido Gaussiano
- Efecto de ruido gaussiano
- Sigma = 1, 16



### Ruido en las imágenes

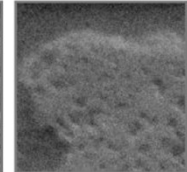
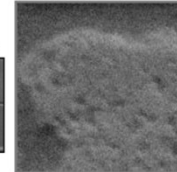
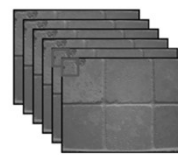
- Ruido Gaussiano
- Efecto de ruido gaussiano
- Sigma = 4

$$I_{\text{Noise}}(u, v) = I(u, v) + \eta(u, v)$$

$$\eta(u, v) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$$



### Ruido en las imágenes



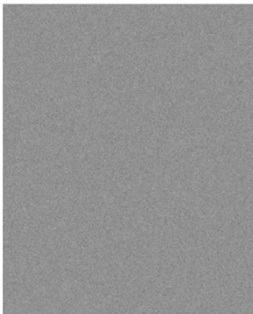
- ¿Como se elimina el ruido en las imágenes?
- Filtro de promedio
- ¿Como se elimina el ruido en una imagen?

### Ruido en las imágenes

- Ruido Gaussiano
- Efecto de ruido gaussiano
- Sigma = 16

$$I_{\text{Noise}}(u, v) = I(u, v) + \eta(u, v)$$

$$\eta(u, v) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$$



### ¿Qué es procesamiento de imágenes?

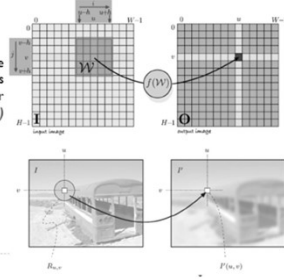
- El procesamiento de imágenes es el proceso computacional mediante el cual se transforma una o mas imágenes de entrada en una imagen de salida, con el fin:
- Mejorar la imagen para su visualización por un ser humano
- Facilitar la interpretación por una computadora

- Transformaciones comunes en PI
- Operadores puntuales
- Operadores espaciales
- Operadores en frecuencia
- Operadores en escala

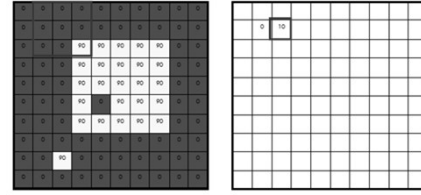


## Operadores espaciales

- Operadores espaciales:  $O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \forall (u, v) \in I$ 
  - Reducción de ruido
  - Realce de características
- El pixel  $p'(u, v)$  de la imagen de salida es función de los pixeles de una región  $W$  (cualquier forma) que rodea al pixel  $p(u, v)$  de la imagen de entrada
- Las funciones  $f()$  más usuales son lineales
- Existen funciones  $f()$  no lineales

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento

$$H[\cdot, \cdot]_9^1 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

 $I[\cdot, \cdot]$ 
 $O[\cdot, \cdot]$ 


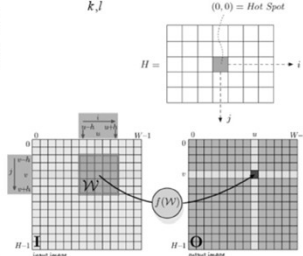
$$O[m, n] = \sum_{k, l} H[k, l] I[m + k, n + l]$$

Credit: S. Seitz

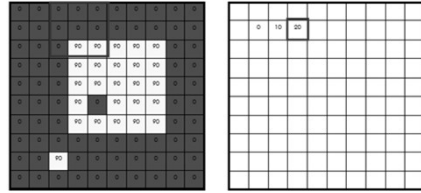
## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \forall (u, v) \in I$$

- Operadores espaciales lineales:  $O[m, n] = \sum_{k, l} H[k, l] I[m + k, n + l]$
- El pixel  $p'(u, v)$  de la imagen de salida es una combinación lineal de los valores de pixeles sobre la ventana  $W$  y los pesos de una matriz de filtrado  $H$
- La ventana  $W$  y la matriz de filtrado  $H$  tienen el mismo tamaño
- La matriz  $H$  tiene el (0,0) en el centro, que es igual

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento

$$H[\cdot, \cdot]_9^1 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

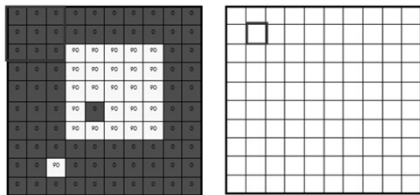
 $I[\cdot, \cdot]$ 
 $O[\cdot, \cdot]$ 


$$O[m, n] = \sum_{k, l} H[k, l] I[m + k, n + l]$$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento

$$H[\cdot, \cdot]_9^1 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

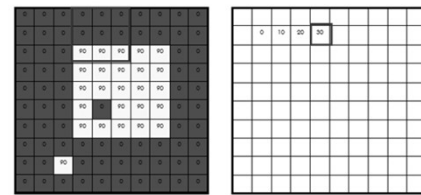
 $I[\cdot, \cdot]$ 
 $O[\cdot, \cdot]$ 


$$O[m, n] = \sum_{k, l} H[k, l] I[m + k, n + l]$$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento

$$H[\cdot, \cdot]_9^1 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

 $I[\cdot, \cdot]$ 
 $O[\cdot, \cdot]$ 


$$O[m, n] = \sum_{k, l} H[k, l] I[m + k, n + l]$$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento  $H[\cdot, \cdot]_9^1$

$I[\cdot, \cdot]$   $O[\cdot, \cdot]$

$O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento  $H[\cdot, \cdot]_9^1$

$I[\cdot, \cdot]$   $O[\cdot, \cdot]$

$O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento  $H[\cdot, \cdot]_9^1$

$I[\cdot, \cdot]$   $O[\cdot, \cdot]$

$O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales

$O(u, v) = f(I(u+i, v+j)), \forall (i, j) \in W \forall (u, v) \in I$

Operadores espaciales lineales:  $O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

Operadores espaciales –  
Filtrado lineal funcionamiento  $H[\cdot, \cdot]_9^1$

$I[\cdot, \cdot]$   $O[\cdot, \cdot]$

$O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

Credit: S. Seitz

Operadores espaciales

$O(u, v) = f(I(u+i, v+j)), \forall (i, j) \in W \forall (u, v) \in I$

Operadores espaciales lineales:  $O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m+k, n+l]$

La operación de filtrado lineal es similar a una convolución

$O = H * I$   $O[m, n] = \sum_{k,l} H[k, l] I[m-k, n-l]$

La matriz de filtrado H se invierte  $\rightarrow F$

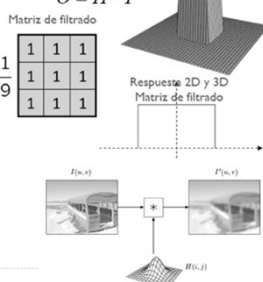
## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

$$O = H * I$$

- Box filter
- Al aplicarlo en una imagen resulta en un promedio que es controlado por el tamaño y los valores de los pesos en la matriz de filtrado
- El efecto en las imágenes de suavizado → remueve discontinuidades
- Usualmente los pesos se normalizan con el fin de obtener un promedio con valores enteros
- El box filter reemplaza los valores de los píxeles con el promedio de sus vecinos... la forma, valor, y distribución de los pesos pueden variar dependiendo del promedio deseado



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

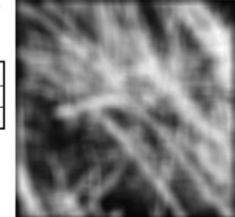
## Operadores espaciales lineales:

- Gaussian filter → Reemplaza los píxeles con el promedio de sus vecinos

$$O = H * I$$



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



## Operadores espaciales

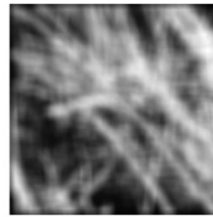
$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

- Box filter → Reemplaza los píxeles con el promedio de sus vecinos



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

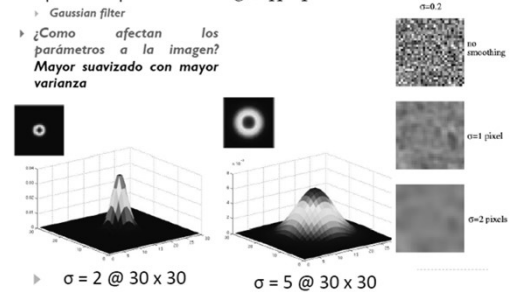


## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

Operadores espaciales lineales:  $O = H * I$ 

- Gaussian filter
- ¿Cómo afectan los parámetros a la imagen? Mayor suavizado con mayor varianza



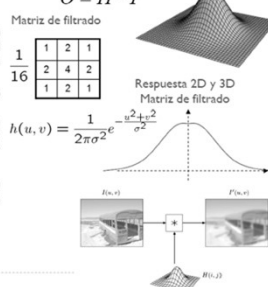
## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

$$O = H * I$$

- Gaussian filter
- Al aplicarlo en una imagen resulta en un promedio que es controlado por el tamaño y los valores de los pesos en la matriz de filtrado
- El efecto en las imágenes de suavizado → remueve discontinuidades
- Los pesos de la matriz de filtrado  $H$  provienen de un muestreo a una distribución gaussiana
- Los parámetros de la distribución gaussiana controlan el suavizado de la imagen... Varianza

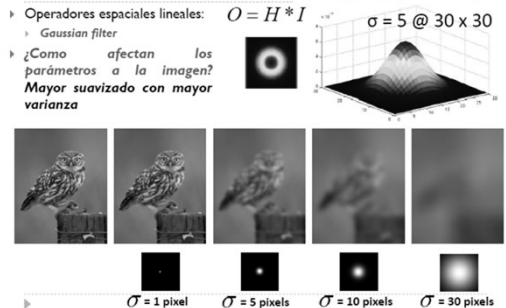


## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

Operadores espaciales lineales:  $O = H * I$ 

- Gaussian filter
- ¿Cómo afectan los parámetros a la imagen? Mayor suavizado con mayor varianza



## Operadores espaciales

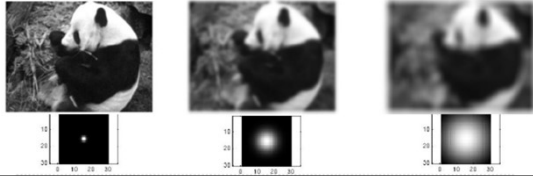
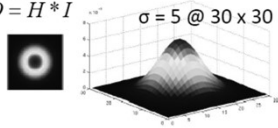
$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

$$O = H * I$$

## Gaussian filter

¿Como afectan los parámetros a la imagen?  
Mayor suavizado con mayor varianza



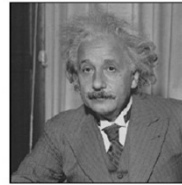
## Operadores espaciales

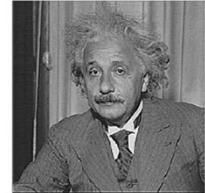
$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

Filtro de diferencia → Realza los cambios de intensidad local entre los píxeles vecinos

$$O = H * I$$



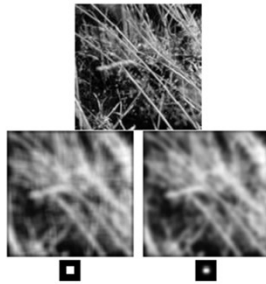
$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

Box filter vs Gaussian filter



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

Filtro de diferencia → Realza los cambios de intensidad local entre los píxeles vecinos

$$O = H * I$$



$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

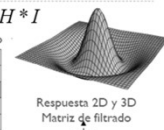
Filtro de diferencia

Al aplicarlo en una imagen resulta en un realce del píxel que es controlado por el tamaño y los valores de los pesos en la matriz de filtrado

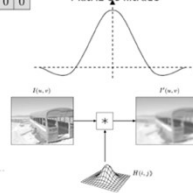
Los pesos de la matriz de filtrado H tiene un coeficiente positivo en el centro y negativo alrededor

El filtro Realza los cambios de intensidad local entre los píxeles vecinos

$$O = H * I$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


Respuesta 2D y 3D



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

## Operadores espaciales lineales:

Filtro de identidad

$$O = H * I$$



\*

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

=



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales:

#### Filtro de desplazamiento

$$O = H * I$$

## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales – efecto de borde:

- Extender la imagen adicionándole pixels tal que al aplicar el filtro en el pixel (0,0) o equivalente la ventana del filtro contenga pixels validos → padding
- (a) Adicionar pixels con un valor constante...cambios abruptos en el borde
- (b) Los pixels del borde se extienden con el ultimo valor para aumentar la imagen.... Cambios menores en el borde

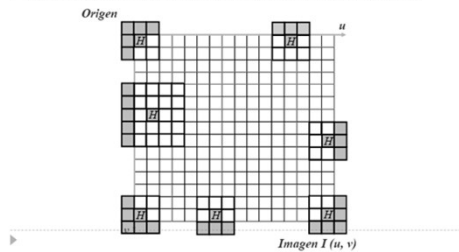


## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales – Efectos de borde:

- La imagen de salida no puede tener todos su valores asignados por el filtro
- En los bordes la ventana de procesamiento se sale del tamaño de la imagen



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales – efecto de borde:

- Extender la imagen adicionándole pixels tal que al aplicar el filtro en el pixel (0,0) o equivalente la ventana del filtro contenga pixels validos → padding
- (c) Los pixels del borde se invierten y se copian para aumentar la imagen ...cambios menores en el borde
- (d) Los pixels del borde son la repetición periódica de la imagen... Cambios abruptos en el borde pero en análisis espectral la imagen es periódica.

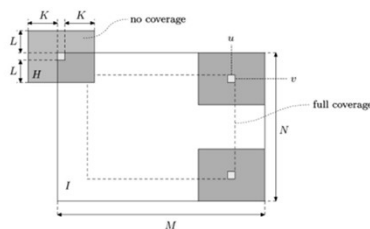


## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales – Efectos de borde:

- La imagen de salida no puede tener todos su valores asignados por el filtro
- En los bordes la ventana de procesamiento se sale del tamaño de la imagen



## Operadores espaciales

$$O(u, v) = f(I(u + i, v + j)), \forall (i, j) \in W \quad \forall (u, v) \in I$$

### Operadores espaciales lineales – efecto de borde - Tamaños de salidas comunes

- Debido al efecto borde, usualmente se tiene tres opciones de tamaño para la imagen de salida dependiendo de donde se aplica en el borde el filtro
- Full → En la ultima aplicación del centro, la matriz de filtro H ubica su borde inferior en el borde
- Igual → En la ultima aplicación del centro, la matriz de filtro H se centra en el borde
- Valido → En la ultima aplicación del centro, la matriz de filtro H ubica su borde superior en el borde

