



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ingeniería

UA Tratamiento de Imágenes Ingeniería en Computación

Unidad 4: Filtrado Espacial en Imágenes Digitales

Tiempo: 3 hrs. teóricas, 2 hrs. prácticas

INFORMACIÓN IMPORTANTE

Estas diapositivas representan material de apoyo para la Unidad de Aprendizaje, no deben tomarse como referencia única de estudio durante el curso.

Para complementar la información presentada, refiérase a la bibliografía propuesta.

Atte: Dra. Vianney Muñoz Jiménez
vmunozj@uaemex.mx

TRATAMIENTO DE IMÁGENES

UNIDAD 4: FILTRADO ESPACIAL EN IMÁGENES DIGITALES

Contenido:

- ▶ 4.1 Introducción
- ▶ 4.2 Objetivos
- ▶ 4.3 Ruido
- ▶ 4.4 Filtrado espacial
- ▶ 4.5 Conclusiones y referencias

4.1 INTRODUCCIÓN

- ▶ Se presenta el contenido parcial de la cuarta unidad de aprendizaje de Tratamiento de Imágenes.
- ▶ Se aborda los diferentes tipos de ruidos comunes en imágenes digitales.
- ▶ Se presenta el concepto de convolución.
- ▶ Se aplican distintos tipos de filtros espaciales a imágenes digitales para suavizar o realzar la imagen.
- ▶ Se refuerza el conocimiento teórico con la realización de una práctica en MatLab.

4.2 OBJETIVOS

- ▶ Presentar los diferentes tipos de ruidos que se encuentran en una imagen digital.
- ▶ Aplicar filtros espaciales a imágenes digitales para realzar, suavizar o restaurar una imagen.

IMAGEN UTILIZADA PARA EJEMPLIFICAR.

IMAGEN LENA

Imagen utilizada desde principios de la década de 1970 para tratamiento de imágenes, propuesta por William Pratt de la Universidad del Sur de California.

Modelo Lenna Sjooblom (Lena) de la revista de Playboy de la edición de noviembre de 1972.



4.3 RUIDO

- ▶ Es la información no deseada que esta presente en la imagen.

- ▶ Tipos de ruido comunes en imágenes digitales
 - Sal y pimienta
 - Gaussiano
 - Poisson
 - ...

4.3 RUIDO: SAL Y PIMIENTA

- ▶ Se genera en la etapa de cuantificación.
- ▶ El píxel es un valor alto (255) o bajo (0).
- ▶ Se aprecia por puntos blancos y/o negros.



Imagen original: Lena



Lena con ruido de tipo sal y pimienta

4.3 RUIDO: GAUSSIANO

- ▶ Contiene variaciones de intensidades que describen una distribución gaussiana.



Imagen original: Lena



Lena con ruido gaussiano

4.3 RUIDO: POISSON

- ▶ La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que expresa la probabilidad de un número de eventos que ocurren en un período fijo de tiempo [1].



Imagen original: Lena



Lena con ruido de poisson

4.3 RUIDO: SUAVIZADO

- ▶ Existen diversas técnicas para suavizar el ruido y depende de la naturaleza del mismo.
- ▶ Algunas de estas técnicas sirven tanto para **suavizar el ruido** como para **realzar** la imagen.
- ▶ Las más conocidas son:

Filtros espaciales

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ **Suavizar la imagen:** reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.
- ▶ **Realzar la imagen:** aumentar las variaciones de intensidad.
- ▶ ¿Cómo? → Utilizando **máscaras** (filtros)

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ **Máscaras, filtro o ventana**, es una matriz de tamaño 3×3 , 5×5 , o inclusive 7×7 con valores definidos.

$$\text{filtro } h = \begin{bmatrix} h_4 & h_3 & h_2 \\ h_5 & h_0 & h_1 \\ h_6 & h_7 & h_8 \end{bmatrix}$$

- ▶ Los valores del filtro → *coeficientes*
- ▶ La respuesta sobre cada píxel depende de sus **vecinos**.

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ El filtro h de tamaño 3×3 se aplica sobre cada píxel de la imagen de entrada I_{xy} , uno por uno.
- ▶ El coeficiente central del filtro (h_0), coincide con el píxel I_{xy} quien se encuentra rodeado por sus 8 vecinos.
- ▶ El valor del píxel en la imagen de salida g_{xy} se obtiene por la suma de los productos de los coeficientes del filtro y los correspondientes píxeles de la imagen en el área de la vecindad de I_{xy} .

4.4 FILTRADO ESPACIAL

▶ Sea $h = \begin{bmatrix} h_4 & h_3 & h_2 \\ h_5 & h_0 & h_1 \\ h_6 & h_7 & h_8 \end{bmatrix}$,

▶

I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}
I_{xy}	I_4	I_3	I_2	I_{xy}
I_{xy}	I_5	I_0	I_1	I_{xy}
I_{xy}	I_6	I_7	I_8	I_{xy}
I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}

Imagen entrada: I

G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}
G_{xy}	G_4	G_3	G_2	G_{xy}
G_{xy}	G_5	G_0	G_1	G_{xy}
G_{xy}	G_6	G_7	G_8	G_{xy}
G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}	G_{xy}

Imagen salida: G

$$G_0 = I_0h_0 + I_1h_1 + I_2h_2 + I_3h_3 + I_4h_4 + I_5h_5 + I_6h_6 + I_7h_7 + I_8h_8$$

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ Este proceso de filtrado espacial se le conoce como **convolución**.
- ▶ Se refiere a convolucionar una imagen con una máscara.
- ▶ Consiste en mover el filtro punto a punto sobre toda la imagen.
- ▶ La convolución queda expresada en cada punto como:

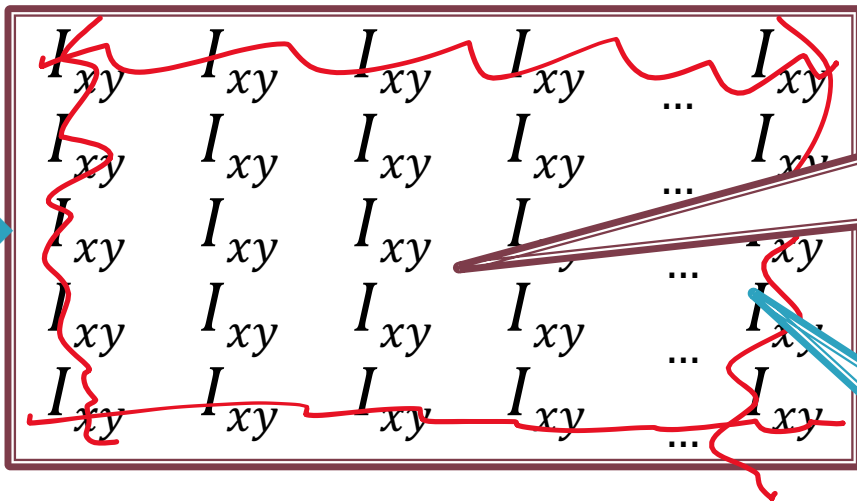
$$G_o = \sum_{k=0}^{k=8} I_k h_k$$

4.4. FILTRADO ESPACIAL

- ▶ ¿Qué pasa con los bordes de la imagen?
- ▶ Remarquemos que los bordes de la imagen no contienen a sus 8 vecinos, la pregunta es:
 - ¿Cómo se aplica el filtro en los bordes de la imagen?
- ▶ Tres opciones:
 - **Opción 1:** Ignoramos los bordes de la imagen, es decir en la primer y última columna, y en el primer y último renglón, no se aplica el filtro.

4.4 FILTROS ESPACIALES

▶ Opción 1: Ignorar los bordes



El filtro sólo se aplica a los píxeles que tienen sus 8 vecinos

Los bordes se quedan con su valor original

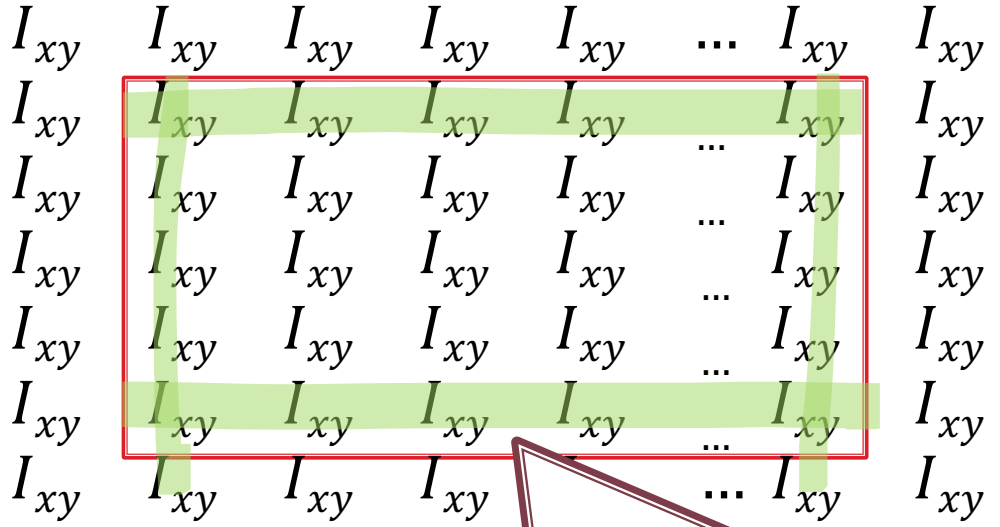
4.4 FILTROS ESPACIALES

- ▶ **Opción 2:** Rellenamos con '0' (ceros), es decir aumentamos la imagen en los lados superior e inferior, lado izquierdo y derecho con 0's.
- ▶ Los datos adicionales sólo son para operar el borde, al finalizar eliminamos los renglones y columnas adicionales.

0	0	0	0	0	0	0	0
0	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	...	I_{xy}	0
0	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	...	I_{xy}	0
0	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	...	I_{xy}	0
0	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	...	I_{xy}	0
0	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	I_{xy}	...	I_{xy}	0
0	0	0	0	0	0	0	0

4.4 FILTROS ESPACIALES

- ▶ **Opción 3:** Hacemos un espejo de los datos de la primer y última columna, y del primer y último renglón.



Espejo de la primer y última columna, y del primer y último renglón

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ Tipos de filtro:
 - Suavizado, promedio (paso bajas)
 - Realzado (paso altas)
 - Filtros de orden estadístico (no lineales)

4.4 FILTRADO ESPACIAL


▶ Suavizado, promedio (paso baja)

- Suavizan la imagen y reducen el ruido.
- Produce un difuminado de la imagen.
- Se basa en la detección de cambios en la intensidad de la imagen.
- **Ejemplos:** De caja (promedio), Gaussiano

4.4 FILTRADO ESPACIAL

- ▶ **De caja:** Reducción de ruido por promedio de píxeles vecinos, filtro del tipo paso bajas.

- Elimina ruido
- Difuminado

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


- Evita la saturación
- La intensidad media de la imagen permanece constante.

4.4 FILTRADO ESPACIAL: FILTRO DE CAJA



	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
73	156	205	181	143	125	104	92	80	65	69	67
74	188	205	171	152	120	104	90	76	72	69	78
75	0	199	174	159	120	121	91	92	76	85	75
76	207	197	167	161	124	112	105	96	255	86	78
77	212	190	172	154	115	122	103	106	81	106	0
78	214	194	168	149	148	126	112	113	97	93	90
79	211	181	166	152	0	138	118	113	109	106	89
80	212	181	173	144	137	128	124	112	111	99	102
81	0	176	165	150	141	134	144	110	105	111	108
82	206	174	160	154	137	130	114	123	108	101	112
83	196	170	169	153	156	116	136	118	107	96	112
84	190	182	164	174	144	144	118	136	116	112	105
85	196	184	185	156	169	141	146	130	126	99	121
86	197	189	171	189	147	155	137	141	113	125	109
87	204	185	192	161	170	137	152	128	141	130	124
88	201	197	170	194	0	151	135	141	126	117	131

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
73	156	205	181	143	125	104	92	80	65	69	67
74	188	205	171	152	120	104	90	76	72	69	78
75	0	199	174	159	120	121	91	92	76	85	75
76	207	197	167	161	124	112	105	96	255	86	78
77	212	190	172	154	115	122	103	106	81	106	0
78	214	194	168	149	148	126	112	113	97	93	90
79	211	181	166	152	0	138	118	113	109	106	89
80	212	181	173	144	137	128	124	112	111	99	102
81	0	176	165	150	141	134	144	110	105	111	108
82	206	174	160	154	137	130	114	123	108	101	112
83	196	170	169	153	156	116	136	118	107	96	112
84	190	182	164	174	144	144	118	136	116	112	105
85	196	184	185	156	169	141	146	130	126	99	121
86	197	189	171	189	147	155	137	141	113	125	109
87	204	185	192	161	170	137	11				
88	201	197	170	194	0	151	11				

$$= \frac{1}{9} (255 + 86 + 85 + 76 + 92 + 96 + 106 + 81 + 106)$$

$$= 109.22 \rightarrow 109$$

Datos imagen salida

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
69	107	151	181	153	117	92	79	71	66	66	69
70	114	158	179	147	113	94	82	74	68	69	70
71	122	165	177	160	130	114	84	76	70	70	70
72	131	173	177	162	134	118	87	77	70	70	71
73	140	180	176	163	138	120	89	78	71	70	72
74	127	164	177	149	128	107	94	82	76	73	73
75	134	168	176	150	130	110	99	106	101	97	77
76	137	169	175	150	132	113	105	112	109	94	73
77	163	191	172	151	135	119	111	119	115	98	76
78	163	190	170	136	123	109	117	106	103	86	79
79	163	189	168	137	125	115	120	112	106	100	91
80	139	163	165	136	125	118	125	116	108	104	97
81	142	161	164	151	139	132	124	117	109	106	100

Datos imagen entrada

$$= \frac{1}{9} (0 + 138 + 126 + 148 + 149 + 152 + 144 + 137 + 128)$$

$$= 124.66 \rightarrow 109$$

Datos imagen filtrada

4.4 FILTRADO ESPACIAL: CAJA



Imagen de entrada



Imagen de salida

4.4 FILTRADO ESPECIAL

- ▶ Filtro Gaussiano, filtro tipo paso baja.

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

- ▶ Nótemos que la forma de los coeficientes del filtro tienen la forma de una campana (campana de Gauss).
- ▶ El valor más grande lo tiene el píxel central.

4.4 FILTRADO ESPECIAL

- ▶ Filtros Laplacianos, filtro paso alta para realzar el contraste de una imagen.

- ▶
$$h_{4vecinos} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad h_{8vecinos} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

- ▶ El resultado de un filtro lapaciano provoca la aparición de valores negativos (<0), por lo que estos valores deben ser escalados.

4.4 FILTRADO ESPECIAL

- ▶ Filtros de orden estadísticos
 - Filtro de la mediana
 - Filtro de la moda
 - Filtro de máximo y mínimo
 - Filtro orden n
 - ...

Estos filtros se aplican en ventanas de 3×3 considerándose una operación de ventana a píxel.

4.4 FILTRADO ESPACIAL: MEDIANA



Imagen de entrada

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
73	156	205	181	143	125	104	92	80	65	69	67
74	188	205	171	152	120	104	90	76	72	69	78
75	0	199	174	159	120	121	91	92	76	85	75
76	207	197	167	161	124	112	105	96	255	86	78
77	212	190	172	154	115	122	103	106	81	106	0
78	214	194	168	149	148	126	112	113	97	93	90
79	211	181	166	152	0	138	118	113	109	106	89
80	212	181	173	144	137	128	124	112	111	99	102
81	0	176	165	150	141	134	144	110	105	111	108
82	206	174	160	154	137	130	114	123	108	101	112
83	196	170	169	153	156	116	136	118	107	96	112
84	190	182	164	174	144	144	118	136	116	112	105
85	196	184	185	156	169	141	146	130	126	99	121
86	197	189	171	189	147	155	137	141	113	125	109
87	204	185	192	161	170	137	152	128	141	130	124
88	201	197	170	194	0	151	135	141	126	117	131

- 76 81 85 86 92 96 106 106 255
- 0 126 128 137 138 144 148 149 152

Ordena de menor a mayor los valores de una ventana de 3x3 y toma el valor central

4.4 FILTRADO ESPACIAL: RESPUESTA DEL FILTRO MEDIANA



	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
71	69	97	188	190	143	113	94	89	71	70	71	71
72	65	130	181	181	143	114	94	92	71	70	70	71
	60	156	181	179	143	120	104	92	76	71	70	71
	60	188	188	174	152	121	104	92	80	76	72	73
	70	197	197	174	159	121	112	96	91	85	78	78
	76	197	197	174	159	122	115	105	92	92	84	82
	84	194	194	172	154	126	115	112	103	96	90	84
	92	194	190	168	152	138	122	113	109	106	93	89
	95	194	181	168	149	138	128	118	112	109	99	92
	108	181	181	166	150	138	136	124	112	110	106	99
	108	176	176	165	150	137	134	124	112	110	108	101
	122	174	174	165	154	141	136	123	114	108	108	101
	145	174	174	164	154	144	136	123	118	112	108	105
	158	182	184	169	156	144	144	136	126	116	112	106
	171	184	185	182	164	147	144	141	130	125	113	110
	172	185	189	185	170	156	147	141	137	128	124	121

Imagen de salida

4.4 FILTRO ESPACIAL

- ▶ **Moda:** Toma el valor que más se repite en una ventana de 3×3
- ▶ **Máximos y mínimos:** Ordena de menor a mayor los valores de una ventana de 3×3 y toma el primer valor como un mínimo y el último valor como un máximo
- ▶ **Orden n :** Ordena de menor a mayor los valores de una ventana de 3×3 y toma el n – *ésimo* valor, donde $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ ó 9
 - $n = 5$; Caso particular de la **mediana**.

4.5 RESUMEN

- ▶ El filtrado espacial en imágenes digitales, consiste en convolucionar una imagen con una máscara llamada filtro.
- ▶ Distintos filtros dan resultados diferentes.
- ▶ El filtrado espacial permite suavizar, realzar o restaurar una imagen.

4.5 RESUMEN

- ▶ Existen filtros para otros fines, por ejemplo:
 - → Filtros para detectar bordes: detectar los píxeles en donde se produce un cambio “brusco” de intensidad.
 - Los filtros para detectar bordes se abordaran en capítulos posteriores.

4.5 CONCLUSIONES Y REFERENCIAS

- ▶ El alumnos es capaz de diferenciar los diferentes tipos de ruido presentes en imágenes digitales.
- ▶ El alumno es capaz de identificar los diferentes tipos de filtros espaciales.
- ▶ El alumnos es capaz de aplicar filtros espaciales a imágenes con ruido.
- ▶ Se refuerza el tema de filtrado espacial con la realización de una práctica en Matlab, con duración de 2 hrs [2].

4.5 CONCLUSIONES Y REFERENCIAS

Referencias

- [1] Gonzalez Rafael C., Woods Richard E. “Digital Image Processing” , Prentice Hall, 2008
- [2] Gonzalez Rafael C., Woods Richard E. “Digital Image Processing with MatLab” , Prentice Hall, 2008