



Procesamiento Digital de Imágenes

Tema 7: Técnicas de Restauración

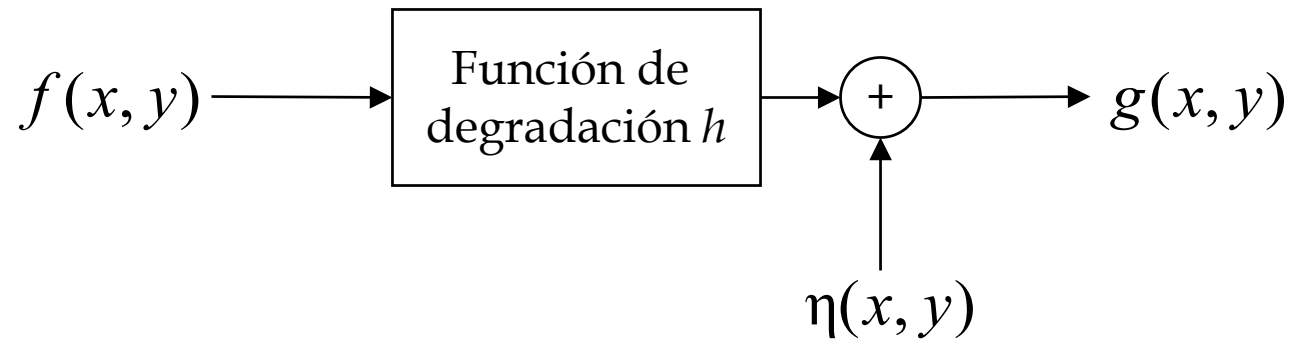
Rafael Palacios Hielscher
Curso de Doctorado 2002-2003

Conceptos básicos

- Restauración consiste en corregir la degradación sufrida por una imagen
 - Supone un mecanismo concreto de degradación.
 - Generalmente requiere definir un criterio para valorar la calidad de la imagen resultante.
 - Es diferente de las técnicas de mejora de calidad, que se basan en procedimientos heurísticos y criterios personales

Modelo de Degradación y Restauración

- La degradación de una imagen se puede modelar mediante una función de transformación lineal y un ruido

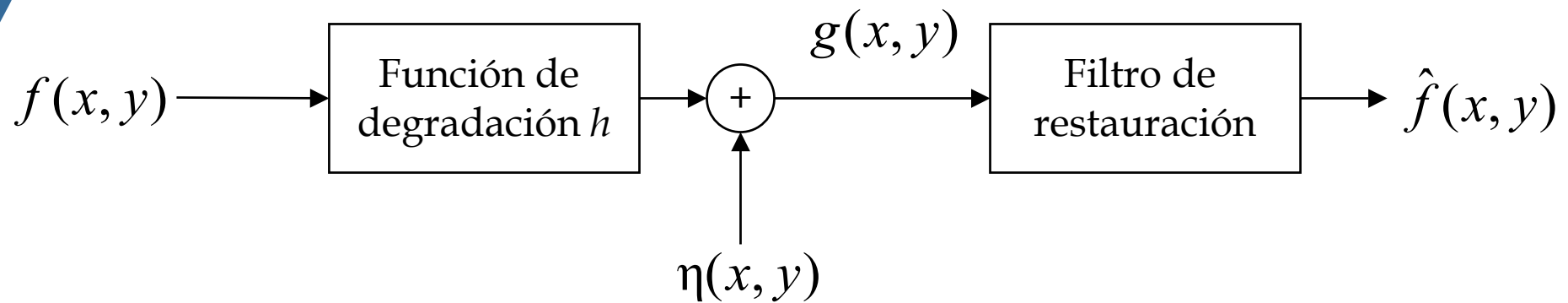


$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$$

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$

Modelo de Degradación y Restauración

- El algoritmo de restauración permite obtener una estimación de la imagen original



Origen de la degradación

- La razón fundamental es el ruido durante la adquisición y la transmisión.
 - Los sensores CCD son sensibles a la temperatura
 - La transmisión analógica por radio tiene ruido (satélites, TV...)
- Cuando el ruido es la única perturbación, la degradación se puede expresar como:

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

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v)$$

donde η y N son desconocidos

Tipos de ruido

- Ruido blanco: tiene distribución uniforme en el dominio de la frecuencia
- Ruido aleatorio
- Ruido periódico
- Dependiente de las coordenadas espaciales

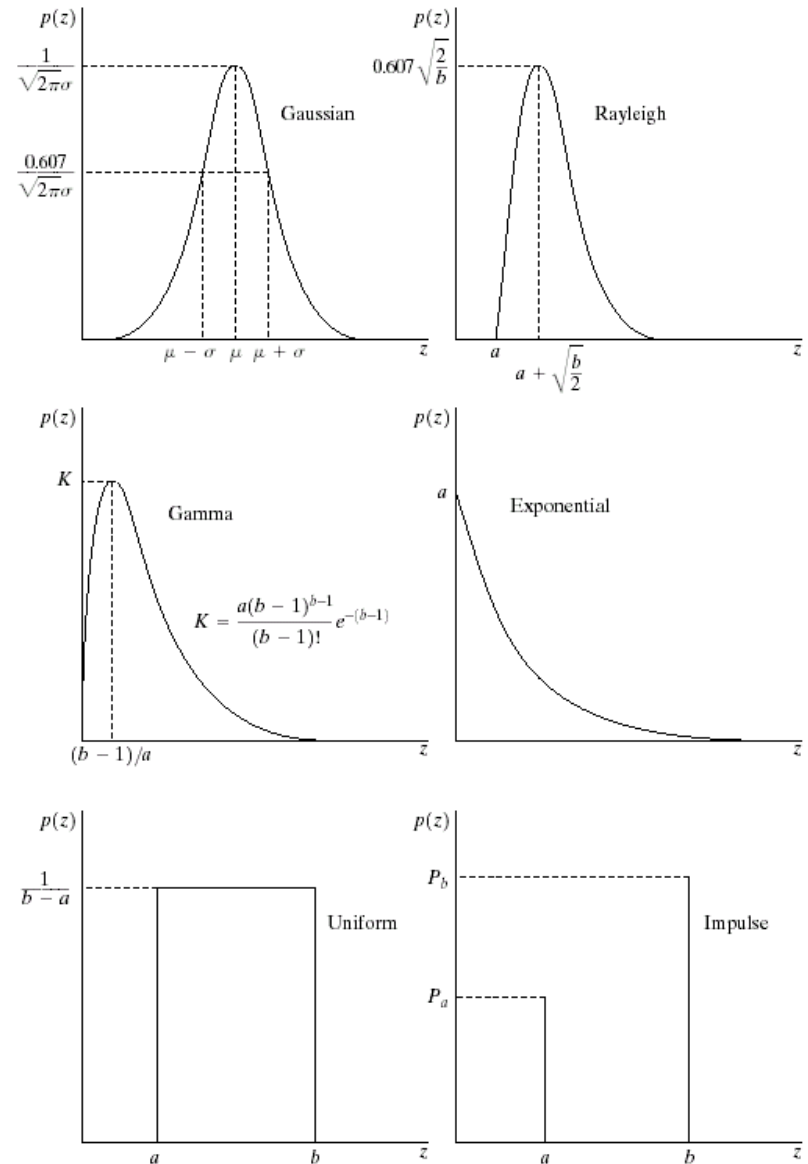
Sólo en el caso de ruido periódico se puede obtener una buena estimación de N a partir de la transformada de Fourier de la imagen. En los demás casos el filtrado es más difícil.



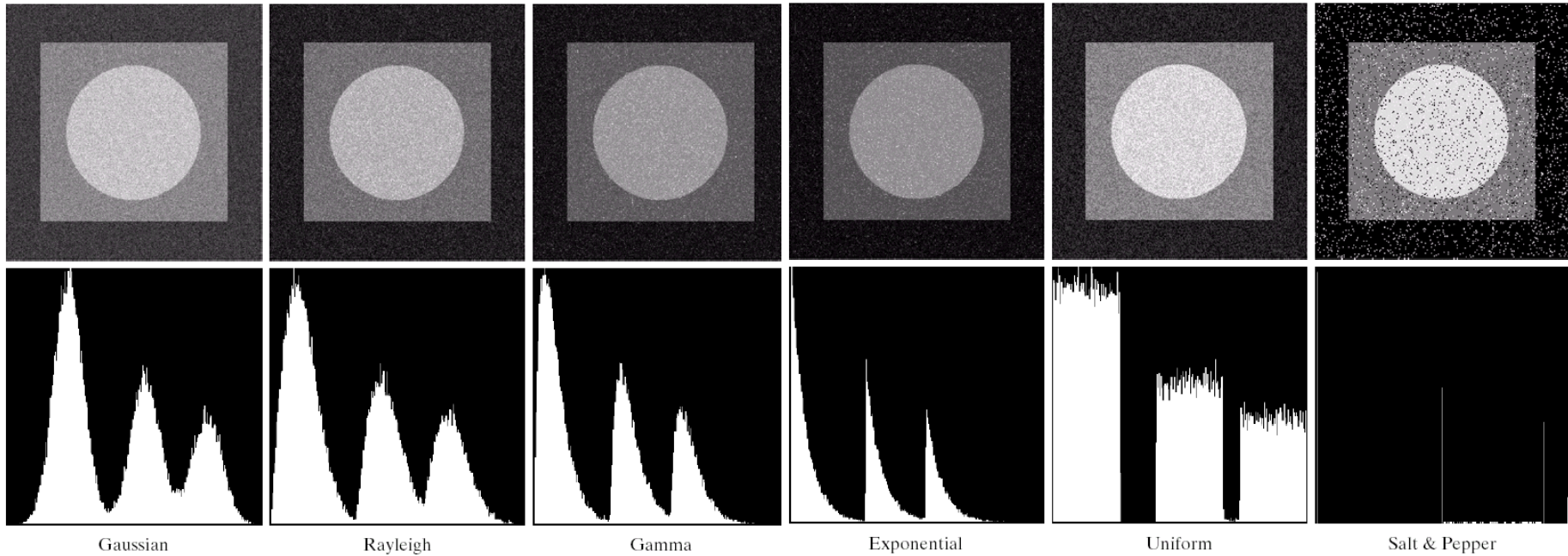
Ruido aleatorio

Función de densidad de probabilidad (PDF)

- Gaussian (ruido electrónico)
- Rayleigh (relieve)
- Erlang, gamma (Laser)
- Exponencial (Laser)
- Uniforme
- Impulso, salt-and-pepper (transitorios rápidos)



Ejemplos de ruido aleatorio



a b c
d e f

FIGURE 5.4 Images and histograms resulting from adding Gaussian, Rayleigh, and gamma noise to the image in Fig. 5.3.

g h i
j k l

FIGURE 5.4 (Continued) Images and histograms resulting from adding exponential, uniform, and impulse noise to the image in Fig. 5.3.

Sólo el ruido salt-and-pepper se identifica a simple vista

Filtrado del ruido

- Media aritmética

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$$

- Media geométrica

$$\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

Filtrado del ruido

- Mediana

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(s,t) \in S_{xy}}{\text{median}} \{g(s, t)\}$$

- Midpoint filter

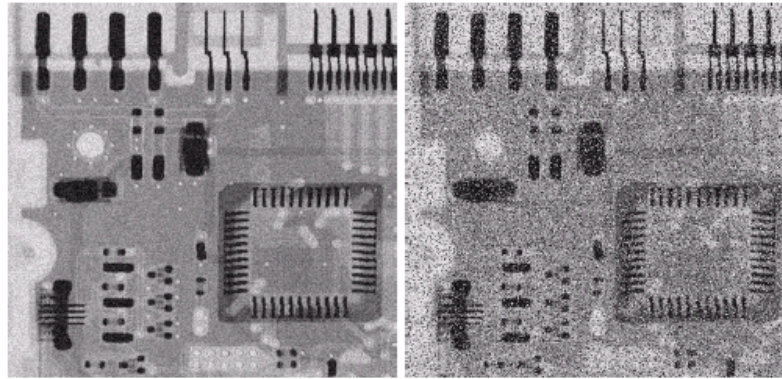
$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left[\underset{(s,t) \in S_{xy}}{\max} \{g(s, t)\} + \underset{(s,t) \in S_{xy}}{\min} \{g(s, t)\} \right]$$

- Alpha-trimmed mean filter

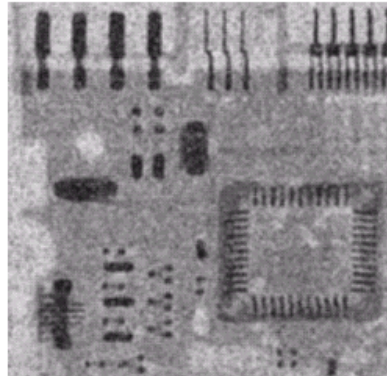
$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g_r(s, t) \quad \text{donde } g_r \text{ son } mn - d \text{ puntos}$$

Ejemplos de filtrado de ruido

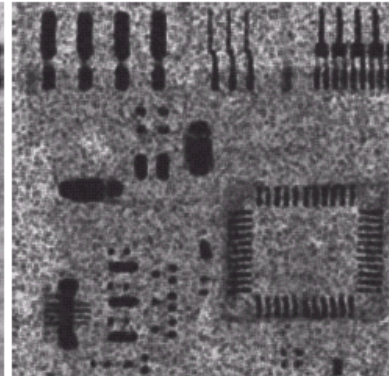
Ejemplos de filtrados con máscara 5x5



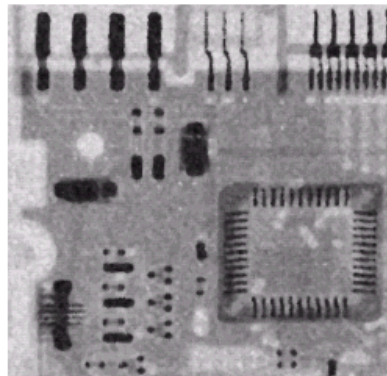
Media aritmética



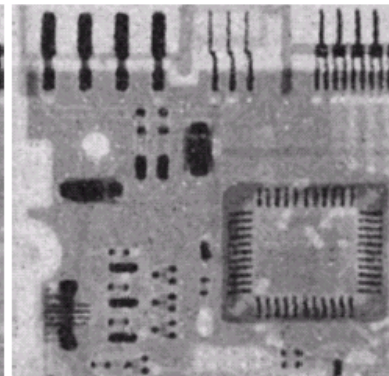
Media geométrica



Mediana



Alpha-trimmed $d=5$



Filtrado adaptativo

- Hacen un análisis local de cada zona y deciden si se debe aplicar el filtro o no.
 - Ejemplo: Versión adaptativa de la media aritmética

$$\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(x, y) - m_L]$$

$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\eta}^2 \text{ varianza de la imagen} \\ \sigma_L^2 \text{ varianza local} \\ m_L \text{ media local} \end{array} \right.$



Ruido periódico

Ruido periódico

- Típicamente tiene el origen en interferencias electromagnéticas.
- Se identifica y elimina por técnicas basadas en el dominio de la frecuencia.



Filtrado de ruido periódico

- Se definen filtros en el dominio de la frecuencia que eliminan determinadas bandas de frecuencia.

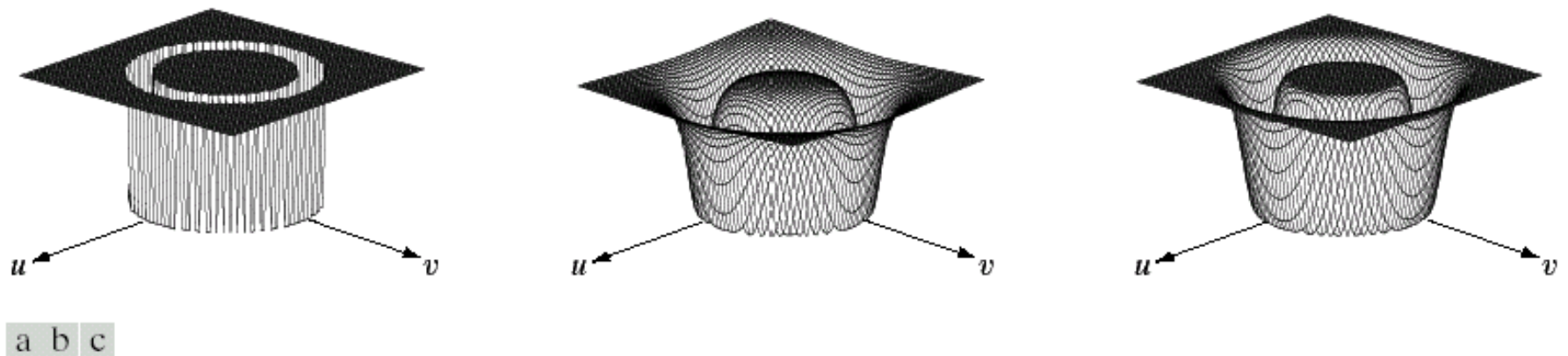
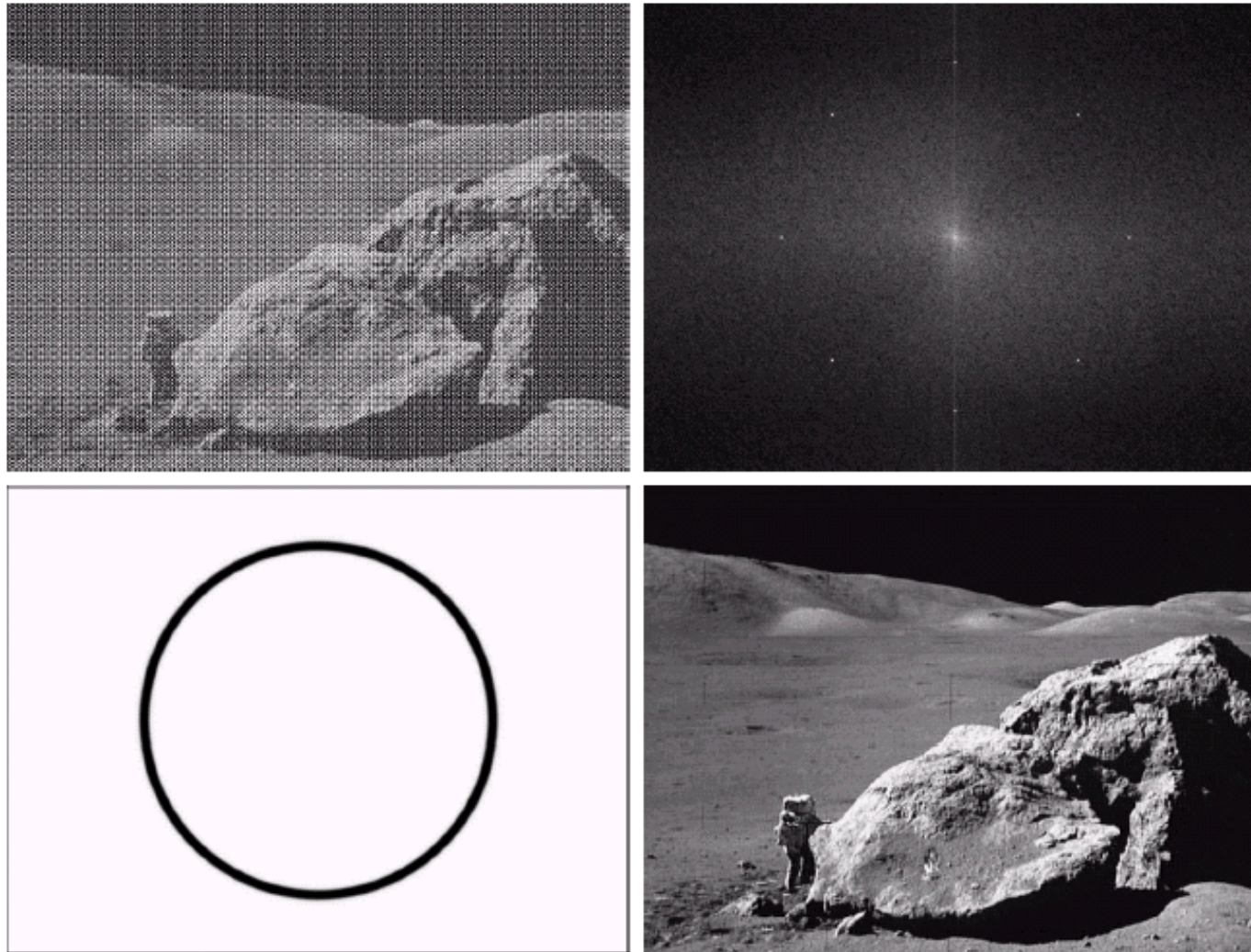


FIGURE 5.15 From left to right, perspective plots of ideal, Butterworth (of order 1), and Gaussian bandreject filters.

Ejemplo de filtrado de ruido periódico



a	b
c	d

FIGURE 5.16

(a) Image corrupted by sinusoidal noise.
(b) Spectrum of (a).
(c) Butterworth bandreject filter (white represents 1).
(d) Result of filtering. (Original image courtesy of NASA.)

Filtrado de ruido periódico

- También se pueden utilizar filtros para eliminar determinadas frecuencias en una dirección dada (notch filters).

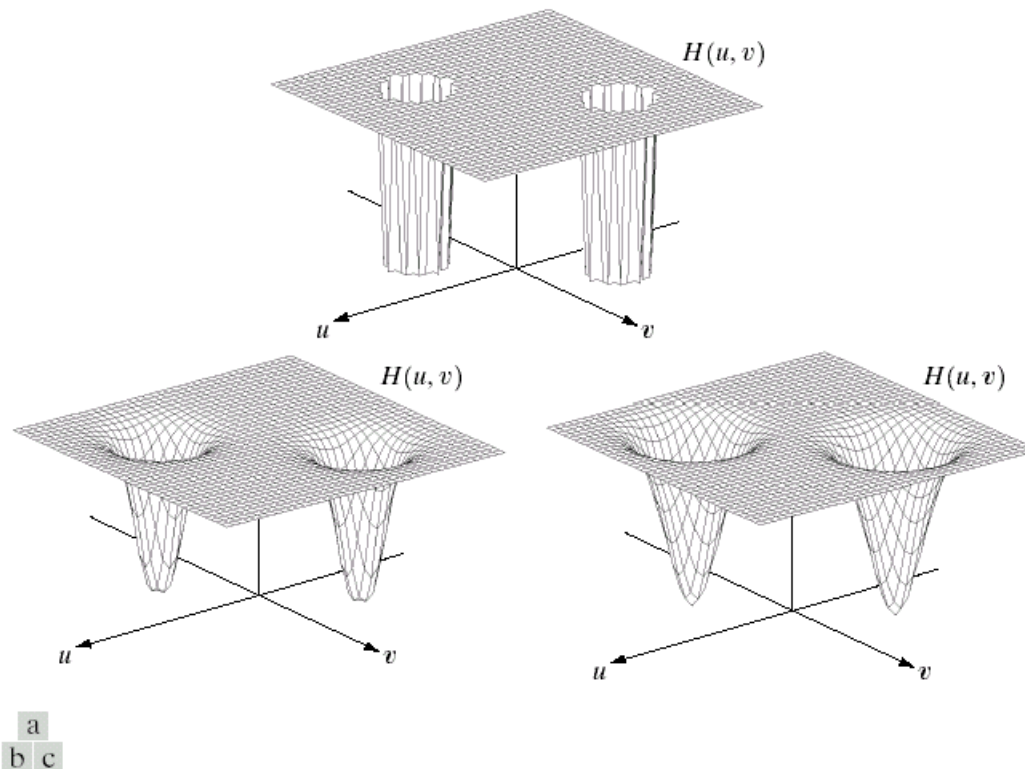


FIGURE 5.18 Perspective plots of (a) ideal, (b) Butterworth (of order 2), and (c) Gaussian notch (reject) filters.



Restauración por estimación de H

Estimación de la función de degradación

- Consiste en estimar la función de transformación lineal H en el modelo:

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

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$

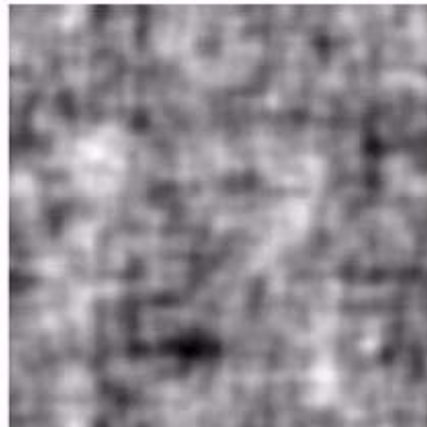
y posteriormente calcular la estimación de la imagen original mediante:

$$\hat{F}(x, y) = \frac{G(u, v)}{\hat{H}(u, v)} \quad (\text{Inverse Filtering})$$

Wiener Filtering

- Inverse Filtering no tiene en cuenta el ruido añadido a la imagen
- Wiener Filter se basa en minimizar el error cuadrático medio, es decir minimizar:

$$e^2 = E\left\{\left(f - \hat{f}\right)^2\right\} \text{ donde } E\{\bullet\} \text{ denota valor esperado}$$

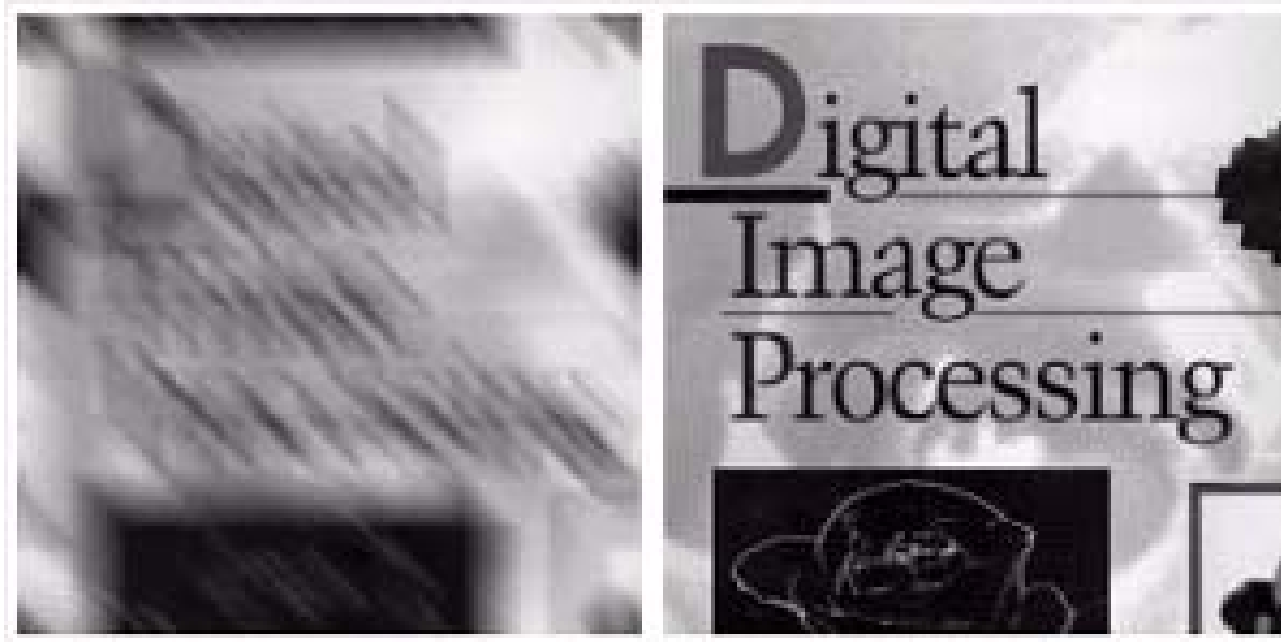


Inverse filtering

Inverse filtering
mejorado

Wiener filter

Wiener filtering



Wiener filter



Restauración de deformaciones

Transformaciones geométricas

- Corrige deformaciones locales de la imagen.
 - equivalente a imprimir en una lámina de goma
- Se utiliza para "image registration", por ejemplo imágenes de CT-scan y resonancia magnética.

