Eduardo Leonel Sanchez Velasco
420004035
leonel2711@ciencias.unam.mx

Reporte Practica 4
Procesamiento Digital de Imágenes

2023-11-23

1. Objetivos

- Implementar el filtro promedio aritmético, goemétrico y adaptativo. Comparar su desempeño en presencia de ruido.
- Implementar el filtro mediana adaptativo y comparar su desempeño comparado con el filtro mediana simple, en precesncia de ruido.
- De acuerdo al modelo de degradación que sufre una serie de imágenes, encontrar y aplicar el filtro de Wiener adecuado para la restauración óptima de cada imagen.

2. Introducción

Como en el realce de imágenes, la meta final de las técnicas de restauración es mejorar la imagen en un sentido predeterminado. A pesar de que existen áreas de sobrelape, el realce de una imagen es un proceso altamente subjetivo, mientras que la restauración de una imagen es parte de un proceso objetivo.
La restauración intenta reconstruir o recobrar una imagen que ha sido degradada utilizando conocimiento a priori del modelo de degradación y aplicando el proceso inverso a éste para poder recobrar así la imagen original.
Si H es lineal y es un proceso invariante a la posición, entonces la imagen degradada está dada, en el dominio espacial por:

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

donde $h(x,y)$ es la representación espacial de la función de degradación, el símbolo "*" indica convolución y $\eta(x,y)$ es ruido aditivo.

- Restauración en presencia de ruido (filtros espaciales).

Las fuentes principales de ruido en las imágenes digitales son durante la adquisición (digitalización) y/o durante la transmisión. El desempeño de los sensores de imágenes es afectado por una variedad de factores, como son las condiciones ambientales durante la adquisición de la imagen y por la calidad de los elementos de sensor.
Cuando la única fuente de degradación en una imagen es ruido, la ecuación anterior se reescribe:

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

Existen diversos filtros útiles para eliminar el ruido:

1. El filtro promedio aritmético calcula el valor promedio de la imagen corrupta $g(x,y)$ en el área S_{xy}. El valor de la imagen restaurada en el punto (x,y) es simplemente el promedio aritmético calculado en esa vecindad:

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

2. Una imagen restaurada utilizando un filtro promedio geométrico está dada por la expresión:

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

En este caso, cada pixel restaurado está dado por el producto de los pixeles en la subimagen (ventana), elevado a la potencia $1/mn$.

3. Filtro adaptativo cuyo comportamiento cambia según las características de la imagen dentro de la región del filtro definida por una ventana rectangular S_{xy} de tamaño $m \times n$.

Una expresión adaptativa para obtener $\hat{f}(x, y)$ basada en los supuestos anteriores, puede escribirse como:

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

donde σ_η^2 es la varianza del ruido que corrompe a $f(x, y)$ para formar $g(x, y)$, y m_L y σ_L^2 son la media y la varianza locales de los pixeles en la vecindad S_{xy}, respectivamente.
La única cantidad que se necesita conocer o estimar es la varianza del ruido general, σ_η^2. Los otros parámetros se calculan de los pixeles en S_{xy} en cada posición (x, y) en donde el filtro está centrado.

- El filtro mediana adaptativo también trabaja en una vecindad S_{xy}. Sin embargo, a diferencia de los demás filtros, el filtro mediana adaptativo cambia (incrementa) el tamaño de S_{xy} durante su operación, dependiendo en ciertas condiciones que veremos más adelante. Recuerde que la salida del filtro es un sólo valor que se utiliza para reemplazar el valor del pixel en la posición (x, y), del punto central particular de la vecindad S_{xy}. El algoritmo del filtro mediana adaptativo trabaja en dos niveles, denotados nivel A y nivel B como sigue:

Nivel A: $A1 = z_{\text{med}} - z_{\min}$
$A2 = z_{\text{med}} - z_{\max}$
Si $A1 > 0$ AND $A2 < 0$, ve al nivel B
si no incrementa el tamaño de la ventana
Si el tamaño de la ventana $\leq S_{\max}$ repita el nivel A si no salida $= z_{xy}$
Nivel B: $B1 = z_{xy} - z_{\min}$
$B2 = z_{xy} - z_{\max}$
Si $B1 > 0$ AND $B2 < 0$, salida $= z_{xy}$
si no salida $= z_{\text{med}}$
donde $z_{\min}, z_{\max}$ y z_{med} es valor mínimo, máximo y mediana de los niveles de gris de S_{xy}, respectivamente. z_{xy} es el nivel de gris en las coordenadas (x, y) y $S_{\max}$ es el valor de tamaño máximo permitido para la ventana S_{xy}.

- Filtro Wiener. Un método que incorpora ambos, la función de degradación y las características estadísticas del ruido, en el proceso de restauración es el llamado filtro Wiener. El método consiste en considerar imagen y ruido como un proceso aleatorio, y el objetivo es encontrar un estimador $\hat{f}$ de la imagen no-corrupta f de tal manera que el error promedio al cuadrado entre ellas sea mínimo. Este error está dado por:

$$e^2 = E\left\{(f - \hat{f})^2\right\}$$

donde $E\{\cdot\}$ es el valor esperado (la esperanza) del argumento.
Se asume que el ruido y la imagen no están correlacionados, que una o la otra tienen media igual a cero, y que los niveles de gris en la estimación son una función lineal de los niveles de la imagen degradada. Basados en estas condiciones, la función de error mínima está dada en el dominio de la frecuencia por:

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_f(u, v)}\right] G(u, v)$$

donde $H(u, v) =$ función de degradación, $H^*(u, v) =$ conjugado complejo de $H(u, v).|H(u, v)|^2 = H^*(u, v)H(u, v).S_\eta(u, v) = |N(u, v)|^2 =$ espectro de potencia del ruido. $S_f(u, v) = |F(u, v)|^2 =$ espectro de potencia de la imagen no degradada.
El filtro que consiste en los términos dentro de los corchetes, también se conoce como filtro de error promedio mínimo al cuadrado, o f iltro de error de mínimos cuadrados.

3. Desarrollo

Resuelve los problemas de la lista siguiente y describe tu solución en cada inciso. Los incisos en donde únicamente tengas que desplegar imágenes no requieren de ninguna descripción.

1. Utiliza la imagen del circuito, generale ruido gaussiano aditivo con media cero y desviación estándar de 0.04 . Filtra la imagen primero con un filtro promedio aritmético de tamaño 3×3, y luego filtrala con un filtro promedio geométrico del mismo tamaño. Comparalos (genera así la figura 5.7 del libro de Gonzalez et. al.)
2. Utiliza nuevamente la imagen circuito, generale ruido gaussiano aditivo de media cero y desviación estándar de 0.04. Filtrala primero con un filtro promedio aritmético de tamaño 7×7. Filtrala ahora con un filtro geométrico del mismo tamaño. Finalmente filtrala con un filtro adaptativo para reducción de ruido del mismo tamaño que los anteriores. Comparalos (genera así la figura 5.13 del libro de Gonzalez et. al.).
3. Utiliza la imagen circuito, generale un ruido sal y pimienta aditivo con probabilidades $P_a = P_b = 0.25$. Filtrala primero con un filtro mediana de tamaño 7×7. Filtrala ahora con un filtro mediana adaptativo con $S_{\max} = 7$. Comparalos (genera así la figura 5.14 del libro de Gonzalez et. al.).
4. Para la imagen lena con ruido aditivo de tipo gausiano, encontrar el filtro de Wiener y restaurar la imagen. Para obtener una imagen con ruido gausiano se puede utilizar una imagen nítida y libre de ruido usando la siguiente función de MATLAB para agregar ruido, $\mathrm{g} =$ imnoise(Im,'gaussian',parametro1,parametro2).
5. Encontrar el filtro de Wiener y restaurar una imagen lena que ha sido sometida a un proceso de pérdida de nitidez. La imagen con pérdida de nitidez se obtiene filtrando una imagen nítida y libre de ruido con un filtro paso bajas de tamaño 9x9 normalizado (filtro promedio ponderado).
6. Para una imagen lena a la que se le ha agregado ruido de tipo gausiano y posteriormente ha perdido nitidez, encontrar el filtro de Wiener y restaurarla. Para obtener esta imagen degradada, primero se agrega el ruido de tipo gausiano la imagen original y luego se filtra con el mismo filtro paso bajas descrito en el punto 5 .
7. Encontrar el filtro de Wiener y restaurar una imagen lena que ha sido degrada por pérdida nitidez y posteriormente se le ha agregado ruido de tipo gausiano. Para obtener esta imagen degradada se utiliza el filtro paso bajas descrito en el punto 5 y posteriormente se le agrega ruido.

4. Código

El codigo se adjunta con la entrega de este reporte.

5. Conclusiones

Ejercicios:

1. Teniendo una imagen con ruido:

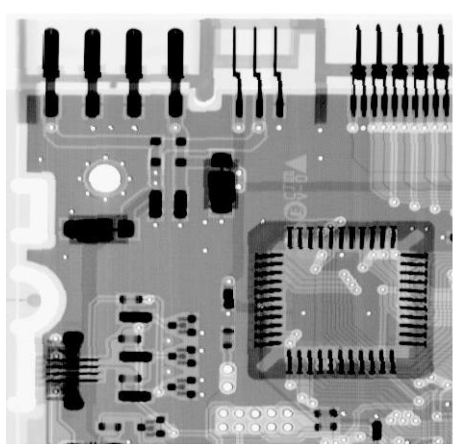

Figure 1: Imagen del circuito original

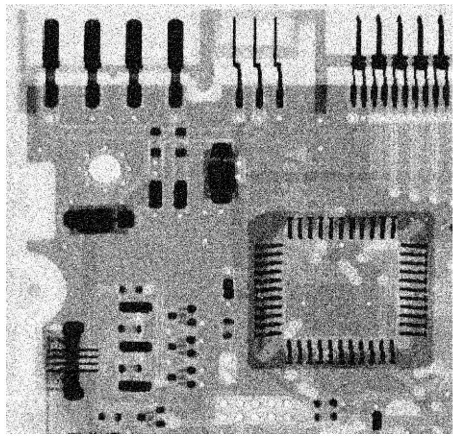

Figure 2: Imagen del circuito con ruido gaussiano

Pasándole un filtro mediana aritmética y geométrica:

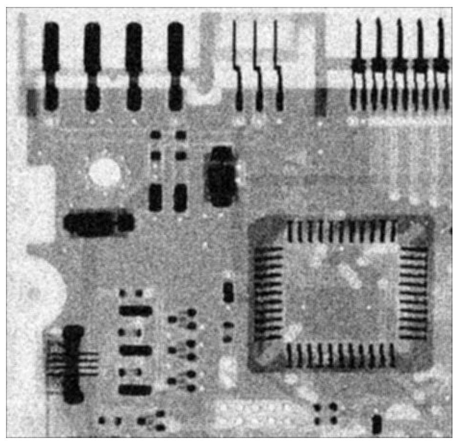

Figure 3: Imagen del circuito con filtro media aritmética

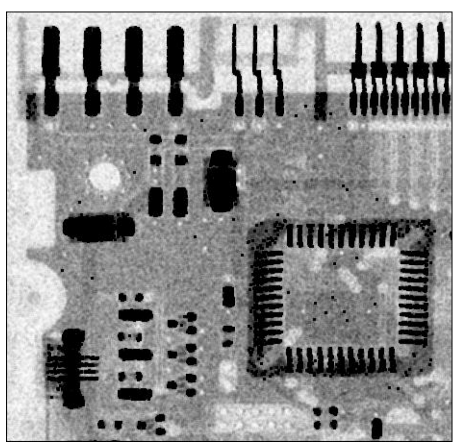

Figure 4: Imagen del circuito con filtro media geométrica

Se observa que el filtro media aritmética, al realizar un suavizado a las variaciones locales, suaviza el ruido, por lo que, si disminuye el ruido pero también se pierde un poco la calidad de la imagen. En cambio el filtro media geométrica, no pierde esta calidad aunque engordese las zonas oscuras.

2. Agrandando los el tamaño de los filtros:

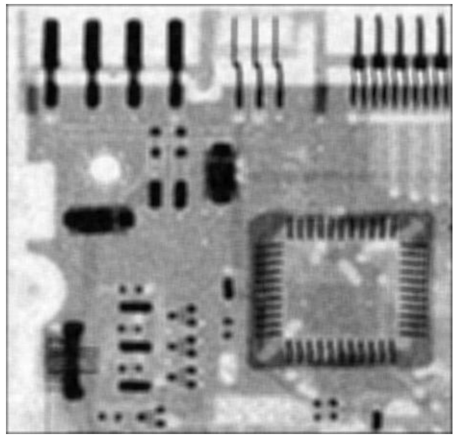

Figure 5: Imagen del circuito con filtro media aritmética

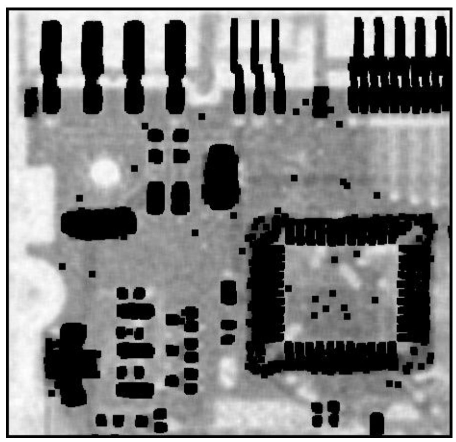

Figure 6: Imagen del circuito con filtro media geométrica

Observamos que se difumina mas la imagen en el caso del aritmético, y se agranda mucho mas las zonas oscuras al igual que la calidad de la imagen se deteriora.
Por otro lado con el filtro adaptativo, aunque es mas complejo, obtenemos mejores resultados que en los dos filtros previos.

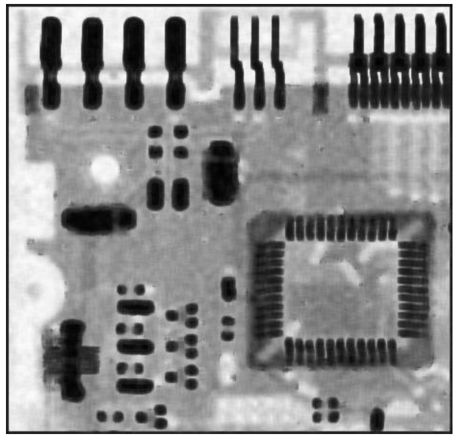

Figure 7: Imagen del circuito con filtro adaptativo

3. Ahora trabajando con ruido de sal y pimienta con los filtros mediana y mediana adaptativo:

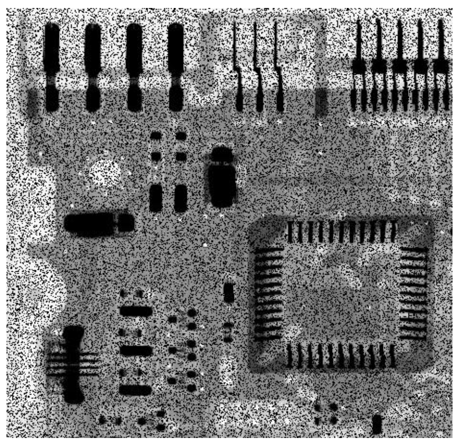

Figure 8: Imagen del circuito con ruido sal y pimienta

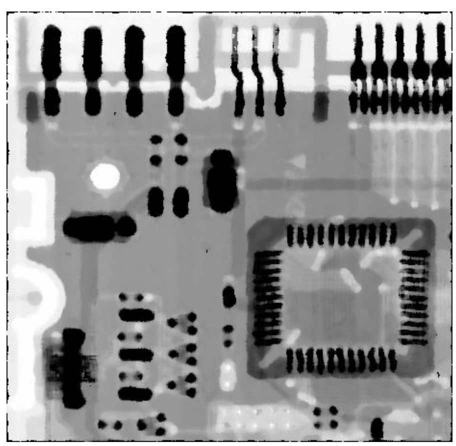

Figure 9: Imagen del circuito con filtro mediana

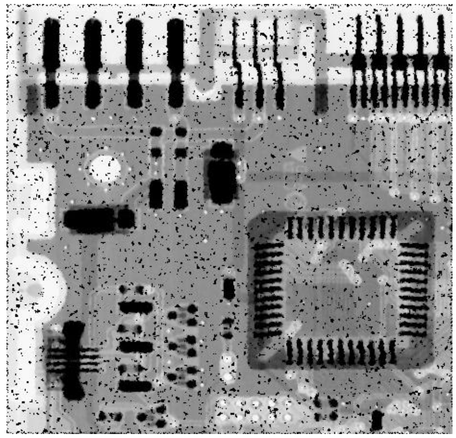

Figure 10: Imagen del circuito con filtro mediana adaptativo

Observamos que aunque no se elimina todo el ruido (puede ser debido a como agregue el ruido SyP), el filtro mediana adaptativo mantiene mejor la calidad de la imagen, que el mediana normal.

4. Para los ejercicios con el filtro Wiener

Figure 11: Imagen de Lena con ruido gaussiano

Figure 12: Imagen de Lena con filtro Wiener

Figure 13: Imagen de Lena con filtro Wiener

Figure 14: Imagen de Lena con filtro Wiener

Figure 15: Imagen de Lena con filtro Wiener

6. Referencias

1. https://matplotlib.org/stable/tutorials/pyplot.htm
2. https://numpy.org/
3. https://scikit-image.org/
4. https://pillow.readthedocs.io/en/stable/reference/Image.html
5. https://numpy.org/doc/stable/reference/routines.fft.html