



Programa Demostrativo del Escalamiento de una Imagen Monocromática Usando los Métodos de Replicación de Píxeles (Filtro de Caja) e Interpolación Bilineal (Filtro Bartlett)

Mera Maria Jose, ESPOL, mjmera@fiec.espol.edu.ec
Quezada Carlos, ESPOL, caquezada@fiec.espol.edu.ec
Chavez Patricia, MSc., ESPOL, pchavez@espol.edu.ec
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación⁽¹⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral⁽¹⁾
Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador⁽¹⁾
httpd@espol.edu.ec⁽¹⁾

Resumen

El proceso de escalamiento de imágenes se puede realizar con una variedad de métodos. Este artículo se concentra en el método de Replicación de Píxeles (usando un filtro caja) y el método de Interpolación Bilineal (usando filtro Bartlett) aplicadas a una imagen monocromática de un tamaño determinado. Este artículo presentará las aplicaciones de estos métodos en MATLAB R2008b. El objetivo de este programa demostrativo es la obtención de imágenes monocromáticas escaladas a mayor tamaño (duplicándose en cada dimensión), y su presentación mediante un interfaz gráfico. Para esto, se tomó una imagen de 300x300 píxeles. Esta se disminuyó a un tamaño de 150x150 píxeles. La imagen reducida es a la que se le aplica posteriormente el escalamiento, para que llegue a ser de 300x300 píxeles. Se procede a calcular el Mínimo Error Cuadrático Medio Normalizado (MECMN) de los diferentes tipos de escalamiento usando como referencia a la imagen de 300x300 original. Los resultados de los cálculos de los errores para las ocho imágenes pre cargadas muestran que ningún filtro en particular tiene ventaja sobre otro en cuanto al valor del MECMN, ya que al comparar las cantidades numéricas de los valores, ningún método es consistentemente el que tiene el menor valor. Se describen también los filtros utilizados en el proceso de escalamiento, además del proceso de acabado necesario para que la imagen se aproxime más a la imagen original.

Palabras Claves: MATLAB, filtro caja, filtro Bartlett, escalamiento de imágenes, procesamiento de imágenes, programa demostrativo, replicación de píxeles, interpolación bilineal.

Abstract

The process of image scaling can be done with a variety of methods. This article focuses on the Pixel Replication Method (applying a Box Filter) and the Bilinear Interpolation Method (applying a Bartlett Filter) used on a grayscale image of a predetermined size. It will present the application of these methods in MATLAB R2008b. The objective of this demonstrative program is to produce monochromatic images scaled to a larger size (doubled in each dimension), and the presentation of these produced images using a graphic interface. For this purpose, 300x300 pixel images was used; they were reduced to 150x150 pixels and subsequently scaled back to 300x300 pixels using the Pixel Replication Method and the Bilinear Interpolation Method. This was done in order to have an "original image" with which to be able to calculate the Normalized Minimum Mean Square Error, and to be able to show using the graphic interface. The results of the calculations of the NMMSE for each of the eight loaded images lead to conclude that no specific method is "better" (consistently lower NMMSE) than any other, that it varies according to the image being processed. The filters used to obtain the scaled images and the process of trimming are discussed.

1. Introducción

Imágenes son señales con características específicas: describen un parámetro sobre una superficie (espacio) y la calidad de la imagen es determinada por evaluación subjetiva (percepción humana) más que algún criterio objetivo. Imágenes no son siempre de variaciones de intensidades de luz sobre una superficie, sino que también pueden dar a conocer las variaciones de temperatura de un circuito integrado, o la velocidad de la sangre dentro de las arterias de algún paciente.

Imágenes digitales son aquellas que han sido sometidas a un proceso de digitalización. Este proceso divide una imagen continua en filas y columnas. La intersección de una fila y una columna se denomina pixel. Se realiza un muestreo de la imagen para determinar el valor que será asignado a cada pixel, este valor es representativo del espacio correspondiente de la imagen. Diferentes tipos de tratamientos que se pueden dar a las imágenes son: escalamiento, rotación, ajustes de coloración, detección de bordes, distorsión espacial, etc.

Cómo la razón de expansión o contracción es constante en toda la imagen (propiedad de escalamiento), esto nos permite utilizar filtros invariables en el espacio.

Para este filtrado MATLAB provee herramientas muy útiles que ya que en cualquier otra ambiente, la realización de una convolución (parte esencial del filtrado) hubiese requerido mas trabajo.

IMAGEN EXPANDIDA A MAYORES DIMENSIONES

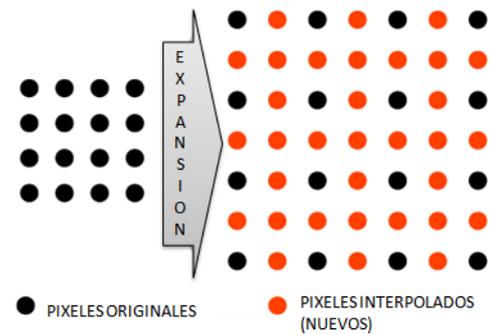


Figura 1. Modelo simplificado del escalamiento de una imagen

2. Tratamiento de imágenes: Escalamiento

Escalamiento se define como un ajuste de tamaño, sea de aumento o de reducción, manteniendo sus proporciones originales. Esto significa que el ratio de expansión o contracción es constante en toda la imagen. Cómo únicamente define la proporcionalidad de las dimensiones en el ajuste de la imagen. Puede ser de igual manera un escalamiento a mayor tamaño (ampliación) o a menor tamaño (reducción).

El escalamiento de imágenes se utiliza muy frecuentemente, en muchas áreas de la vida diaria. Se puede observar en las gigantografías publicitarias (por ejemplo en vallas), en la producción de películas (con los efectos especiales), y en documentos de diversa naturaleza.

3. Escalamiento de imágenes en MATLAB R2008b

La plataforma de programación MATLAB R2008b es una herramienta que permite la manipulación de imágenes. MATLAB obtiene imágenes digitales y las organiza en datos matriciales. Los índices de las matrices de las imágenes adquiridas están en formato uint8 (valores de 0 a 255). Es una necesidad convertir estos datos a double para poder usar las funciones de Matlab.

3.1. Padding

El primer paso en el escalamiento a mayor tamaño es agrandar la imagen al tamaño deseado. Esto se logra rellendo (padding) con ceros la matriz de la imagen original. Para un escalamiento 2x2 de una imagen (4 veces su tamaño), se coloca una fila de ceros en el tope de la matriz y se coloca una fila de ceros debajo de cada fila de la matriz imagen. Se hace lo mismo para las columnas. El resultado es una imagen que parece ser vista a través de una rejilla cuadriculada negra.

$$A = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & a_{i,j} & a_{i,j+1} & \dots \\ \dots & a_{i+1,j} & a_{i+1,j+1} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

$$A_{\text{padded}} = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & a_{i,j} & 0 & a_{i,j+1} & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \dots & a_{i+1,j} & 0 & a_{i+1,j+1} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Figura 2. Matriz antes y después del padding



Figura 3. Imagen después del padding

3.2. Replicación de píxeles

El método de replicación de píxeles hace exactamente lo que su nombre indica. Copia (replica) de un dato en una posición i,j de la matriz de la imagen original a los píxeles adyacentes que fueron agregados por el padding. Se ha utilizado un filtro caja (box filter) en el proceso de convolución.

El filtro caja consiste en una matriz de tamaño $n \times n$ siendo n el número entero que determina el escalamiento que se aplicará a la imagen original.

Este tipo de escalamiento no ocupa muchos recursos ya que genera poca demanda a ciclos de procesamiento. Esto lo hace computacionalmente rápido y eficiente. Por esta razón es uno de los más usados en software gráfico para la realización de acercamientos o Zooms en tiempo real sobre archivos de imágenes.

La imagen resultante de este escalamiento tiene un aspecto de mosaico, con bordes muy definidos. Comúnmente se conoce este efecto mosaico como “píxeleado.” Se puede observar este fenómeno en la Figura 5.

3.3. Interpolación Bilineal

El método de Interpolación Bilineal es una composición de dos interpolaciones unidimensionales (lineales). La interpolación Bilineal considera los 2×2 (es decir 4) píxeles más cercanos (de la imagen original) para poder asignarle un valor del píxel desconocido. Calcula el promedio de los cuatro píxeles para llegar al valor interpolado.

La imagen resultante de un escalamiento usando el método de Interpolación Bilineal es una que tiene los

bordes suavizados, por lo que algunos consideran que la imagen tiene un aspecto más real.

Este tipo de escalamiento ocupa más recursos ya que son necesarios más cálculos que vuelven lenta la obtención de la imagen nueva.

3.3. Interpolación Bicúbica

El método de interpolación bicúbica es similar a la interpolación bilineal, solo que en vez de tomar los 2×2 valores de los píxeles más cercanos, toma los 4×4 (toma 16 valores) para promediar y encontrar el valor que se deberá asignar al píxel desconocido.

Este método no se implementó en MATLAB, sino en Adobe Photoshop CS4.

La Interpolación Bicúbica ocupa una mayor cantidad de recursos, comparado con la Bilineal y la de Replicación de Píxeles debido al aun mayor número de cálculos que se deben realizar para obtener la imagen.

La imagen resultante tiene bordes suaves, y es considerada superior a los otros dos métodos, razón por la cual es utilizada en programas que se especializan en el tratamiento de imágenes como el Adobe Photoshop.

3.3. Trimming

Los procesos de escalamiento que dependen del Padding, sufren una variación en su composición, ya que, en la imagen escalada tiene un borde negro. Es necesario eliminar estas filas y columnas negras para que la imagen resultante sea lo más similar a la imagen original.

El trimming (palabra en inglés que significa “recortar”) se hace al finalizar el escalamiento. Matlab permite eliminar estos bordes negros eliminando dichas columnas y filas de ceros de la matriz que representa la imagen.

4. Procesos y resultados

Las imágenes son procesadas mediante el siguiente esquema:

1. Se tiene la imagen original cuya dimensión máxima no exceda 350 píxeles.
2. Se la transforma a escala de grises usando software comercial (Photoshop CS4) `< img.jpg >`
3. Se la escala a la mitad de sus resolución mediante software comercial (Photoshop CS4) `< img_small.jpg >`
4. Se toma esta imagen `< img_small.jpg >` y se la escala por interpolación bicúbica al doble mediante software comercial (Photoshop CS4) `< img_photoshop_bicubic.jpg >`

5. Se toma la imagen < img_small.jpg > y se le aplica escalamiento por Replicación de Píxeles (Box Filter) mediante MATLAB con el software creado en esta investigación. < img_box.jpg >
6. Se toma la imagen < img_small.jpg > y se le aplica escalamiento por Interpolación Bilineal (Bartlett Filter) mediante MATLAB con el software creado en esta investigación. < img_bart.jpg >
7. Se calcula el Mínimo Error Cuadrático Medio Normalizado de las tres imágenes escaladas:
< img_box.jpg >
< img_bart.jpg >
< img_photoshop_bicubic.jpg >
Versus la imagen original < img.jpg >.
8. En este momento, el GUI creado en MATLAB permite analizar Cualitativamente (Examen Visual) y Cuantitativamente (Revisión de los Errores Cuadráticos Medios Normalizados).



Figura 4. Interfaz grafica del programa demostrativo

4.2. Mínimo error cuadrático medio medio normalizado

Se comparan las imágenes resultantes de los métodos de escalamiento con la imagen original utilizando el método de MSE (Minimum Square Error) Normalizado. Esta es una técnica de análisis numérico que es usada para estimaciones y cuando hay residuos (errores estimados).

Lo empleamos para cuantificar las diferencias entre la imagen original y las imágenes escaladas, por lo que se hace énfasis en el sentido residual del MSE (este asigna un número que indica cuán lejos o errados están los datos observados de los datos originales). Un MSE de cero indica que no hubo error y cualquier número mayor indica que hay diferencia entre lo que debería haber con lo que hay, mientras mayor sea el número, mayor será en error.

4.3. Examen visual

El análisis visual comparativo entre dos imágenes es una tarea muy subjetiva, sin embargo se debe tomar en cuenta ya que:

Las imágenes, en su gran mayoría de aplicaciones, existen para que ojos humanos las perciban, ya sea para publicidad, medicina u otras áreas.

Los ojos humanos solo detectan 80 escalas de grises, por tanto ciertos “errores” que se captan en métodos numéricos serán absolutamente imperceptibles para un ser humano.

Por tanto, un análisis visual cualitativo será mandatorio al final de investigaciones futuras sobre los resultados que este programa demuestra.

4.4. Resultados

Los resultados cuantitativos para ocho imágenes procesadas se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Tabla de resultados

Mínimo Error Cuadrático Medio Normalizado (N MMSE)			
IMAGEN	REPLICACION DE PÍXELES (CAJA)	INTERPOLACION BILINEAL (BARTLETT)	PHOTOSH OP (BICUBICO)
TORTUGA ESPOL	0,005625	0,005862	0,001497
RICHARD P. FEYNMAN	0,009209	0,008871	0,004625
VAPOREX INHALADOR	0,007151	0,007352	0,004067
LENA SODERBERG	0,006736	0,006841	0,003407
JOHN LENNON	0,062490	0,047045	0,047503
TEST PATTERN	0,010269	0,011111	0,006953
HOMBRE DE VITRUBIO	0,015710	0,013146	0,012361
FLOR	0,000946	0,000954	0,000515
IL CREPUSCULO	0,006245	0,006278	0,004422

A continuación algunos resultados visuales.

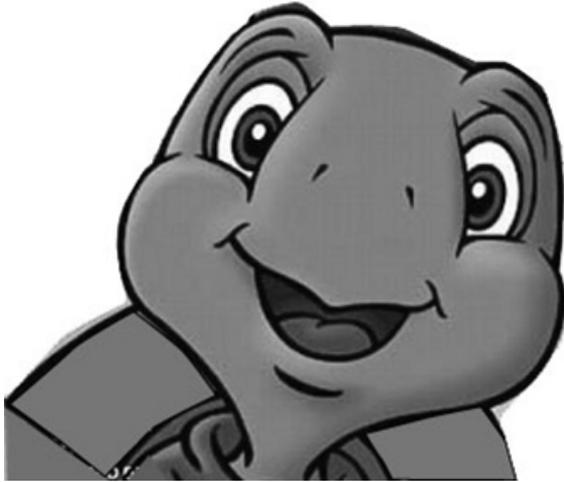


Figura 4. Tortuga Espol Imagen Original



Figura 5. Tortuga Espol escalada por Replicación de Píxeles.



Figura 6. Tortuga Espol escalada por Interpolación Bilineal

5. Conclusiones

Existen muchos métodos de escalamiento, es importante conocer las ventajas y desventajas de ellos antes de implementarlos para maximizar los recursos.

MATLAB es una herramienta versátil y flexible que permite la manipulación de datos fácilmente. En la actualidad existen fuentes de apoyo para la comprensión de este programa.

Es importante utilizar una variedad surtida de imágenes, para observar como varía el NMSE según el caso.

Se puede observar según la tabla de la figura 3.12, que, ningún método en particular resulta constantemente en menos error que otros, es decir, no se puede afirmar que el método de Interpolación Bicúbica siempre retorna el menor NMSE (esto lo podemos observar en la tabla de resultados con la imagen de John Lennon), sino que depende de la imagen usada. De la misma manera tampoco podemos afirmar que el método de Interpolación bilineal siempre retorna menor NMSE

Como recomendación, queda a criterio del usuario del programa utilizarlo para realizar comparaciones de la calidad visual de las imágenes escaladas usando los diferentes métodos.

6. Agradecimientos

Los autores desean agradecer a sus familias respectivas, sin su apoyo, este trabajo no hubiera sido posible.

7. Referencias

- [1] Smith S.W., *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, Second Edition; California Technical Publishing; 1999r, NJ: Prentice Hall, Inc., 1996, pp. 140-181.
- [2] Madisetti, V.K.; Williams, D.B.; *Digital Signal Processing Handbook*; CRC Press; 1999.
- [3] Ingle, V.K. ; Proakis, J. G ; *Digital System Processing Using MATLAB V.4*, PWS Publishing Company, 1997.
- [4] <http://www.leptonica.com/scaling.html>
- [5] <http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Digital Imaging/>