

# Un estudio del Escalamiento de Imágenes mediante Interpolación basada en la Transformada Discreta Wavelet de Daubechies

Marks Calderón-Niquín<sup>1</sup>, Jorge Valverde-Rebaza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Académico Profesional de Informática, Universidad Nacional de Trujillo, Perú

<sup>2</sup> Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, Brasil  
artmar89@gmail.com, jvalverr@icmc.usp.br

## Resumen

En este artículo, se presentan los resultados obtenidos al realizar interpolación de imágenes basada en la Transformada Discreta Wavelet (DWT) con la wavelet de Daubechies de orden 4 (DB4) para lograr el escalamiento de imágenes. Los experimentos son realizados sobre una base de datos de 2500 imágenes las cuales se encuentran naturalmente en espacio de color RGB, siendo transformadas hacia los espacios de color CIE Lab y HSV para evaluar el desempeño de la DWT con DB4 en cada uno de los tres espacios de color y utilizando además diferentes factores de escala. Los resultados mostraron que hasta un determinado nivel de escalamiento de la imagen se presentan variaciones en el error obtenido por la interpolación, para después mantenerse constante.

## Palabras clave:

Interpolación de imágenes, transformada wavelet, wavelet de Daubechies, espacios de color.

## Abstract

In this paper presents the results obtained by performing interpolation of images based on Discrete Wavelet Transform (DWT) with the fourth order Daubechies wavelet (DB4) to achieve the scaling of images. Experiments are conducted on a database of 2500 images which are found in RGB color space, this images were transformed into the CIE Lab and HSV space color to evaluate the performance of the DWT with DB4 in each of the three color spaces. The results showed to until certain level of scaling the image have variations in the error obtained by interpolation, and then remain constant.

## Keywords:

Image interpolation, wavelet transform, Daubechies wavelet, color space.

---

## Introducción

En nuestra era, la cantidad de información multimedia aumenta en grandes cantidades día a día, el acceso a Internet y la proliferación de dispositivos electrónicos que permiten la digitalización de documentos son los principales agentes para este crecimiento desbordante de la información. Las imágenes son los principales tipos de archivo multimedia con los que interactuamos de manera cotidiana, por este motivo existen diversas herramientas que permiten captar mayor cantidad de características de las imágenes digitales, como por ejemplo, una mayor resolución. Ante esto, con archivos de imágenes de mayor dimensión, surgen nuevas necesidades para la visualización, transmisión, descarga, compartición, edición, entre otras, cuya cobertura eficiente por parte de las herramientas de software de imágenes ha llegado a tener carácter vital.

La interpolación es una poderosa herramienta matemática cuya versatilidad ha permitido que sea aplicada sobre imágenes, alcanzando buena aceptación por la comunidad. Entre las principales áreas en que se encuentran aplicaciones de la interpolación de imágenes destacan: computación gráfica, renderizado, edición de imágenes, reconstrucción de imágenes médicas, visualización de imágenes online, entre otras.

Las diversas técnicas de interpolación de imágenes son referidas en la literatura por diferentes terminologías, como: re-dimensionamiento de imágenes, re-muestreo de imágenes, zooming digital, magnificación de imágenes, entre otros. Estas diferentes terminologías, pero que brindan una misma idea, se debe básicamente a que los algoritmos de interpolación de imágenes convierten o redimensionan una imagen digital desde una resolución (dimensión) inicial hacia otra resolución sin pérdida de la información visual contenida en la imagen inicial [Acharya, 2007].

Una imagen es considerada como una señal bidimensional que puede encontrarse en diferentes espacios y que necesita ser digitalizada para poder procesarla computacionalmente. Al encontrarse en formato digital, la señal es muestreada basándose en el criterio de Nyquist, de esta manera, cada punto muestreado es cuantizado a un valor discreto formado por números enteros. Cada uno de estos puntos muestreados son llamados píxeles [Acharya, 2005]. La resolución o dimensión de una imagen es el número de puntos muestreados de la señal bidimensional [Acharya, 2007]. En el caso de imágenes a color, cada píxel contiene tres valores de intensidad que representan contribuciones de ciertos parámetros, por ejemplo, el RGB que representa las contribuciones de los colores rojo (red), verde (green) y azul (blue) [Acharya, 2007].

Cuando la imagen es interpolada desde una alta resolución hacia una resolución menor, llamamos a este proceso downscaling o downsampling. De otro lado, cuando la imagen es interpolada desde una resolución baja hacia una mayor, llamamos a este proceso upscaling o upsampling [Acharya, 2006].

Las técnicas de interpolación de imágenes se agrupan en dos categorías: técnicas adaptativas y no adaptativas. Los principios de los algoritmos de interpolación adaptativa se basan en las características intrínsecas de la imagen a diferencia de los algoritmos no adaptativos que no consideran esto y repiten un procedimiento por cada píxel o grupos de píxeles de una imagen [Zhu, 2001], [Acharya, 2007]. Por otro lado, la interpolación de imágenes basada en técnicas en el dominio de las transformadas son escasas en la literatura [Acharya, 2006].

Siendo la Transformada Discreta de Wavelets (DWT) una técnica utilizada en diferentes aplicaciones de procesamiento digital de imágenes debido a que brinda mejores herramientas para realizar análisis multiresolución<sup>1</sup> de señales y basados en los trabajos de [Acharya, 2006] y [Acharya, 2007], en este documento presentamos los resultados obtenidos al realizar el escalamiento de imágenes en tres diferentes espacios de color (RGB, CIE Lab y HSV) utilizando interpolación basada en la DWT de Daubechies de orden 4.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se muestran algunos trabajos previos que sirven de base para nuestro estudio. En la sección 3, se muestra el fundamento teórico de las wavelets y su transformada continua y discreta. En la sección 4, mostramos el proceso de interpolación de imágenes basada en la DWT. Los experimentos realizados, así como los resultados obtenidos son presentados en la sección 5. La discusión de los experimentos se muestra en la sección 6. Finalmente, las conclusiones son presentadas en la sección 6.

## Conclusiones

El algoritmo de interpolación de imágenes basada en la Transformada Discreta Wavelet utilizando la wavelet de Daubechies de orden 4 aplicada al escalamiento de imágenes en diferentes espacios de color, presenta mejores resultados para imágenes en el espacio de color RGB cuando la escala tiene por valor 16, al obtener un PSNR mayor con respecto a los otros modelos de color, lo que significa menor presencia de ruido.

El uso de los otros factores de escala no pueden ser descartados debido a que la DTW tiene entre sus ventajas el tiempo de ejecución de  $O(p)$  (donde  $p$  es la dimensión total  $m \times n$  de cada imagen original) con respecto a los

<sup>1</sup> El análisis multi-resolución (multiresolution analysis - MRA) permite analizar una señal en diferentes frecuencias con diferentes resoluciones, véase [Merry, 2005].

algoritmos del tipo no adaptativos tradicionales [Acharya, 2007], también podemos obtener información extra en los diferentes niveles de resolución y es una técnica paralelizable.

Las desventajas de este método son la pérdida de datos debido a sus operaciones de punto flotante, el upsampling o downsampling de una imagen solo se puede realizar con potencias de 2.

Entre los trabajos futuros podemos trabajar con imágenes que se encuentren de manera natural en espacios de color, para evaluar si la transformación de RGB hacia un determinado espacio de color influye en el acarreo de error. El desempeño de la DWT con otros tipos de wavelets además de la Daubechies también estaría contemplado.

## Referencias

- [1] [Addison, 2002] Addison, P.S. (2002). The Illustrated Wavelet Transform Handbook. IOP Publishing Ltd. 2002, ISBN 0-7503-0692-0.
- [2] [Acharya, 2005] Acharya, Tinku and A.K. Ray (2005). Image Processing: Principles and Applications, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.
- [3] [Acharya, 2006] Acharya, Tinku and Ping-Sing, Tsai. (2006). Image up-sampling using Discrete Wavelet Transform. In Proceedings of the 7th International Conference on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing (CVPRIP 2006), in conjunction with 9th Joint Conference on Information Sciences (JCIS 2006), pp. 1078-1081.
- [4] [Acharya, 2007] Acharya, Tinku and Ping-Sing, Tsai. (2007). Computational Foundations of Image Interpolation Algorithms. ACM Ubiquity' 07, vol. 8 Art. 14, DOI 10.1145/1317487.1317488.
- [5] [Akima, 1974] Akima, Hiroshi (1974). A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting based on local procedures. Commun. ACM vol. 17, 1, pp.18-20.
- [6] [Carrato, 2000] Carrato, S. and L. Tenze (2000). A High Quality 2 × Image Interpolator. IEEE Signal Processing Letter, vol.7, no.6, pp. 132-134.
- [7] [Daubechies, 1992] Daubechies I. (1992). Ten Lectures on Wavelets. Society for Industrial and Applied Mathematics, ISBN 0-89871-274-2.
- [8] [Dengwen, 2010] Dengwen, Z. (2010). An edge-directed bicubic interpolation algorithm. Image and Signal Processing (CISP), 2010 3rd International Congress on, vol. 3, pp.1186-1189.
- [9] [Foley, 1987] Tomas A. Foley (1987). Weighted bicubic spline interpolation to rapidly varying data. ACM Trans. Graph. vol. 6, 1, pp.1-18, DOI 10.1145/27625.27626.
- [10] [Harry, 1976] Harry, A. and Patterson, C. (1976). Digital Interpolation of Discrete Images. Computers, IEEE Trans. on, vol.C-25, no2, pp.196-202.
- [11] [Hong, 1996] Hong, K.P., J.K. Paik, H.J. Kim and C.H. Lee (1996). An Edge-Preserving Image Interpolation System for a Digital Camcorder. IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.42, no.3.
- [12] [Htwe, 2010] Htwe, Ah Nge (2010). Image Interpolation framework using non-adaptive approach and NL means. International Journal of Network and Mobile Technologies, vol. 1 (1), pp.28-32, ISN 1832-6758.
- [13] [Jenkins, 1985] Jenkins, W., B. Mather and D. Jr. Munson (1985). Nearest Neighbor and generalized inverse distance interpolation for Fourier domain image reconstruction. Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP'85, vol.10, pp.1069-1072.

- [14] [Jense, 2001] Jense, A. and la Cour-Harbo, A. (2001). *Ripples in Mathematics: the Discrete Wavelet Transform*. Springer, 246 pp., Softcover ISBN 3-540-41662-5.
- [15] [Jing, 2009] Jing, L., S. Xiong and W. Shihong (2009). An Improved Bilinear Interpolation Algorithm of Coverting Standard-Definition Television Images to High-Definition Television Images. *Information Engineering ICIE'09, WASE International Conference on*, vol.2, pp.441-444. DOI 10.1109/ICIE.2009.251.
- [16] [Kraker, 2000] de Kraker, B. (2000). A numerical-experimental approach in structural dynamics. Technical Report, Department of Mechanical Engineering, Eindhoven University of Technology, Netherlands.
- [17] [Merry, 2005] Merry, R.J.E. (2005). Wavelet Theory and Applications: A literature study. Technical Report, Department of Mechanical Engineering, Eindhoven University of Technology, Netherlands.
- [18] [Neto, 1983] Neto, G.C. and N. Mascarenhas (1983). Methods for image interpolation through FIR filter design techniques. *Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP'83*, vol. 8, pp.391-394.
- [19] [Ni, 2009] Ni, K.S. and T.Q. Nguyen (2009). An adaptable k-Nearest Neighbors Algorithm for MMSE Image Interpolation. *Image Processing, IEEE Trans. on*, vol.18, no.9, pp.1976-1987.
- [20] [Nuno-Maganda, 2005] Nuno-Maganda, M.A. and M.O. Arias-Estrada (2005). Real-time FPGA-based architecture for bicubic interpolation: an application for digital image scaling. *Reconfigurable Computing and FPGAs International Conference on*, vol. 8 pp.28-30.
- [21] [Parker, 1983] Parker, J.A., R.V. Kenyon and D.E. Troxel (1983). Comparison of Interpolating Methods for Image Reampling. *IEEE Trans. On Medical Imaging*, vol. 2 MI-2, pp.31-39.
- [22] [Schneiders, 2001] Schneiders, M.G.E. (2001). Wavelets in control engineering. Master's thesis, Eindhoven University of Technology, Agosto 2001, DCT nr. 2001.38.
- [23] [Strang, 1997] Strang, G. and T. Nguyen (1997). *Wavelets and Filter Banks*. Wellesley-Cambridge Press, second edition, ISBN 0-9614088-7-1.
- [24] [Thurnhofer, 1993] Thurnhofer, S., M. Lightstone and S. Mitra (1993). Adaptive Interpolation of Images with application to Interlaced-to-Progressive Conversion. *Proc. SPIE-int. Soc. Opt. Eng.*, vol.2094, pp.614-625.
- [25] [Wang, 1988] Wang, Y. and S. Mitra (1988). Edge Preserved Image Zooming. *Proc. of European Signal Process, EURASIP'88*, pp.1445-1448, Grenoble, France.
- [26] [Wang, 1996] Wang, X., E. Chan, M.K. Mandal and S. Panchanathan (1996). Wavelet-based image coding using nonlinear interpolative vector quantization. *Image Processing, IEEE Trans. on*, vol.5 no.3, pp.518-522.
- [27] [Wang, 2010] Wang, Y., W. Wanggen, W. Rui and X. Zhou (2010). An improved interpolation algorithm using nearest neighbor from VTK. *Audio Language and Image Processing (ICALIP), 2010 International Conference on*, pp. 1062-1065.
- [28] [Zhu, 2001] Zhu, Ying, S.C. Schwartz, M.T. Orchard (2001). Wavelet domain image interpolation via statistical estimation. *Image Processing 2001 Proceedings International Conference on*, vol.3, pp.840-843.