

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.06.012

基于边缘细化的图像插值方法

邵祥军, 朱文球

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对图像放大过程中运算量大和边缘模糊问题, 提出了基于图像边缘细化后进行插值的图像放大算法。利用改进的 Prewitt 算子对提取的图像边缘进行细化, 获得较准确的边缘位置, 再根据边缘位置和非边缘位置做不同的插值处理。实验结果表明: 用本文算法对图像进行放大, 能得到较理想的视觉效果, 图像边缘无明显的锯齿现象, 且该算法简单, 易于实现。

关键词: 图像插值; 边缘细化; 边缘检测; Prewitt 算子

中图分类号: TP301.6

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)06-0047-04

An Image Interpolation Method Based on Thinned Edge

Shao Xiangjun, Zhu Wenqiu

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In view of the problems of complicated calculations and blurs edge in image amplification, proposes an image interpolation method based on thinned edge. Firstly applies improved Prewitt operator for the extracted image edge thinning and acquires the precise location of edge, and then interpolates the image differently based on the edge position and non edge position. The experimental results show that this method for image amplification acquires the desired visual effect without obvious aliasing at image edge, and the algorithm is simple and easy to implement.

Keywords: image interpolation; edge thinning; edge detection; Prewitt operator

0 引言

图像缩放是指用有效的方法来改变原图像的大小, 目的是让图像适应特殊的场合并获得理想的视觉效果, 其核心是怎样根据已知图像计算目标图像的各像素点值。目前常用的图像处理软件都是利用图像插值来进行缩放, 其本质就是将原图像像素作为采样点来构造连续的数学模型, 并用这种连续的插值模型对缩放所需的重采样点进行插值计算, 得到缩放的像素值。国内外研究人员依据不同的数学

模型提出了多种插值算法^[1-2], 如最近邻插值、双线性插值、立方卷积插值^[3]、基于小波变换插值^[4]等。利用最近邻插值和双线性插值方法进行插值, 图像会出现锯齿现象。而立方卷积插值的平滑效果较好, 但图像边缘比较模糊, 且该算法的计算量较大。传统的基于图像边缘的图像插值算法^[5]都是通过检测原图像的边缘, 把图像分为边缘区域和非边缘区域, 然后对不同的区域采取不同的插值算法, 但由于自身的复杂性, 很少用于实时图像处理。

本文提出了一种保护图像边缘信息的插值算法,

收稿日期: 2012-10-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61170102), 湖南省教育厅科研基金资助项目(12A039)

作者简介: 邵祥军(1980-), 男, 湖南常德人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为数字图像处理,

E-mail: sqj5772281@sohu.com

首先采用一种改进的四模板 Prewitt 算法进行边缘检测,然后再对图像边缘进行细化^[6-7],根据边缘像素和非边缘像素进行不同的插值处理。

1 改进的 Prewitt 边缘检测和细化

由于对图像进行边缘检测处理时,得到的结果并不是理想的边缘,而是一幅灰度图像,因此,图像识别时,就需要对边缘检测的结果进行细化增强。边缘细化是对相关的图像边缘进行细化处理而得到更加精确的边缘位置。其中经典的串行和并行细化算法以及在二值基础上的算法运算都较复杂,其原因是在运算的过程中判断某一像素点是否为边缘点,是否要被删除,都要求不断地重复扫描图像。本文使用改进的四模板 Prewitt 算子来进行边缘检测和细化,其运算量较小,速度较快。

1.1 边缘检测

Prewitt 算子是一种一阶微分算子的边缘检测算法,是利用像素点上下、左右邻点的灰度差来判断该像素点是否为边缘,即根据边缘像素点灰度差达到极值的原理,去掉部分伪边缘,该算法还对噪声具有平滑作用。传统的 Prewitt 算子是与图像像素的 2 个方向(水平方向和垂直方向)进行卷积运算,而图像像素值的变化往往是多方向的。因此,本文对传统的 Prewitt 算子进行了改进,在原来的 2 个方向上再增加 2 个方向,即在图像空间利用 4 个方向的梯度模板与图像像素进行邻域卷积,4 个方向的梯度模板如图 1 所示。

-1	-1	-1	-1	-1	0
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	0	1	1
a) 0° 方向			b) 45° 方向		
-1	0	1	0	1	1
-1	0	1	-1	0	1
-1	0	1	-1	-1	0
c) 90° 方向			d) 135° 方向		

图 1 改进的 Prewitt 算子

Fig. 1 Improved Prewitt operator

4 个方向的梯度模板 Prewitt 算法检测边缘的步骤如下:

1) 梯度模板与图像匹配分别用 4 个方向的梯度模板与图像做匹配,即用梯度模板的中心系数与原图像的某个像素的位置相重合。

2) 分别将 4 个方面的梯度模板做卷积运算,即将梯度模板内的各个系数乘图像中与之相对应的像

素值,并将该模板所得乘积相加。

3) 从上面计算得到的 4 个卷积值中,选取最大值,设为 P 。

4) 将 P 与阈值 T 比较,如果 P 大于 T ,则该像素点为边缘点;否则为非边缘点。

5) 重复步骤 2~4,直到整幅图像的卷积运算完毕,检测出图像边缘。

1.2 边缘细化

Prewitt 算子比较简单,运算较快,且用该算子对图像进行边缘细化所得到的结果一般是多像素宽,因此,比较适合实际图像处理中的应用。本文先对图像进行边缘检测,得到原始图像的边缘图像,然后再用 Prewitt 算子对边缘图像进行边缘细化,得到其细化图。具体步骤如下:

step1 先对原始标准灰度图像进行中值滤波,去除噪声。

step2 对灰度图像进行带衰减因子为 2 的 Prewitt 算子处理,得到图像 $E_1(x, y)$ 即 $E_1(i, j) = F(i, j)/2$, 其中 $F(i, j)$ 为边缘图像。

step3 对所得到的边缘图像再进行带衰减因子为 2 的 Prewitt 处理,得到图像 $E_2(x, y)$ 。

step4 将边缘图 $E_1(x, y)$ 减去 $E_2(x, y)$, 再将负值所相对应的边缘像素点的值改为零,这样就获得了边缘细化后的灰度图 $E_3(x, y)$ 。细化后的图像用 1 或 0 表示,即 $M[i, j]$, 1 表示边缘点, 0 表示不是边缘点,这可方便后续对边缘细化的图像做插值处理。

以 lena 图像为例进行边缘检测实验,检测结果如图 2 所示。

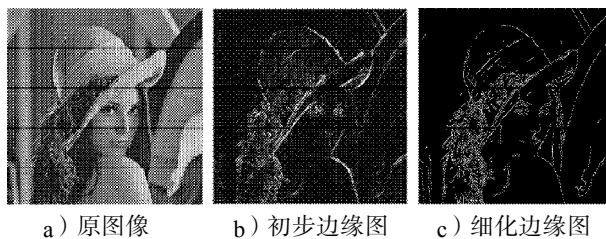


图 2 Prewitt 算子细化边缘图

Fig. 2 The edge thinning diagram by Prewitt operator

2 图像插值算法

如果对整幅图像采用立方卷积插值,其运算量较大,实时性效果也不好;如果采用双线性插值,虽然运算量较小,但插值后的效果不如立方卷积理想。立方卷积插值是一种较复杂的双线性插值的改进算法,是利用采样点周围 16 个像素点的灰度值作 3 次插值运算,这样不仅考虑到采用点周围 4 个相邻像素点的影响,还考虑了其灰度值变化的影响,因此,该

算法能得到比双线性插值更平滑的边缘,其计算精度较高,处理后的图像信息丢失较少,但是其计算量大,运算复杂。为了兼顾插值处理的运算量和效果,采用对细化后的边缘像素点做立方卷积插值,再对整幅图像非边缘像素点做双线性插值处理。

立方卷积的插值公式如下:

$$S(x) = \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3, & 0 \leq |x| < 1; \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3, & 1 \leq |x| < 2; \\ 0, & |x| \geq 2; \end{cases}$$

式中 $|x|$ 是周围沿像素 x 方向与原点的距离。

待求像素 (x, y) 的灰度值由周围 16 个点的灰度值加权插值计算得到,该计算公式为

$$f(x, y) = f(i+u, j+v) = ABC,$$

$$\text{式中: } A = \begin{bmatrix} S(1+v) \\ S(v) \\ S(1-v) \\ S(2-v) \end{bmatrix}^T;$$

$B =$

$$\begin{bmatrix} f(i-1, j-1) & f(i-1, j) & f(i-1, j+1) & f(i-1, j+2) \\ f(i, j-1) & f(i, j) & f(i, j+1) & f(i, j+2) \\ f(i+1, j-1) & f(i+1, j) & f(i+1, j+1) & f(i+1, j+2) \\ f(i+2, j-1) & f(i+2, j) & f(i+2, j+1) & f(i+2, j+2) \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} S(1+u) \\ S(u) \\ S(1-u) \\ S(2-u) \end{bmatrix}^T.$$

插值算法流程如图 3 所示。

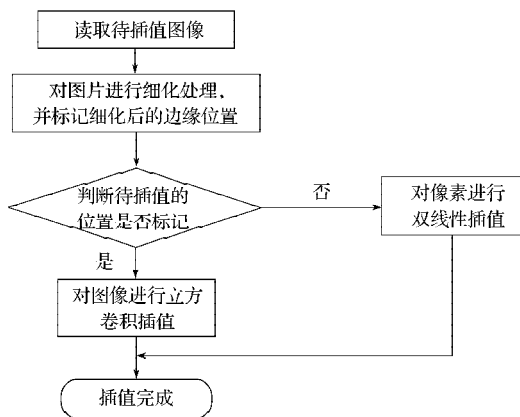


图 3 算法流程图

Fig. 3 The algorithm procedure

3 实验结果及分析

为了说明本文算法用于图像插值处理的效果,对标准灰度图像 lena 分别用双线性插值算法、立方

卷积插值和本文算法做 2 倍的放大处理,标准灰度图像 lena 与 3 种算法的插值效果如图 4 所示。从图中可以看出,图 b 是经双线性插值处理的结果,图像插值效果较好,但是图像的边缘部分比较模糊;图 c 是利用立方卷积处理后的结果,图像的边缘部分效果较好,但是图像的整体较模糊且存在黑点;图 d 是经本文插值算法处理的结果,不管是图像边缘部分的视觉效果还是图像的平滑度效果都比较理想。因此,利用本文的插值算法来处理图像,不仅能够保持图像的平滑清晰,而且图像的边缘部分也有较好的视觉效果。

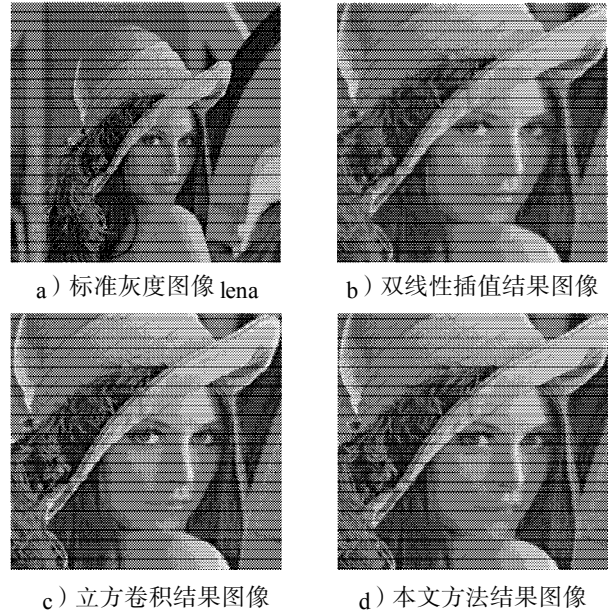


图 4 原图像与 3 种插值结果图比较

Fig. 4 The comparison of the original image and the three interpolated images

评价图像缩放算法优劣的一个重要指标是峰值信噪比 (peak to signal noise ratio, PSNR)。对 3 幅标准灰度图像 lena, cameraman, tire (见图 4 和图 5) 分别利用双线性插值、立方卷积插值及本文插值算法进行处理,其峰值信噪比见表 1。从表中数据可以看出,本文的插值算法能得到较高的峰值信噪比。

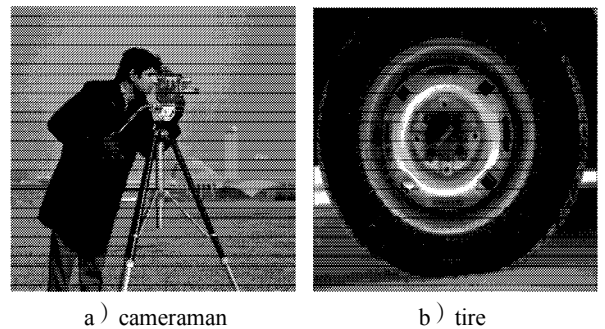


图 5 3 幅标准灰度图像

Fig. 5 Three standard gray images

表1 3种插值算法的峰值信噪比对比表

Table 1 The PSNR contrast table for 3 interpolation algorithms

算 法	标准灰度图像		
	cameraman	tire	lena
双线性插值	24.960 1	22.207 4	30.328 2
立方卷积插值	25.171 0	22.281 2	30.366 8
本文算法	26.250 7	22.300 5	30.572 6

4 结 语

本文提出了基于边缘细化的图像插值算法，该算法先找出较准确的边缘位置，然后对细化后的边缘部分做插值处理，运算量相对较小。实验结果表明，使用本文算法对图像进行插值处理能得到比传统的不基于边缘细化的插值算法更理想的峰值信噪比和视觉效果。为找出更精确的边缘像素点，可结合其它插值算法对图像进行插值处理，这是本课题未来的研究方向。

参考文献：

[1] 李秀英,袁 红. 几种图像缩放算法的研究[J]. 现代电子技术, 2012, 35(5): 48-51.
Li Xiuying, Yuan Hong. Research on Image Scaling Algorithm [J]. Modern Electronics Technique, 2012, 35 (5): 48-51

[2] 龚奕刚,吴锡生. 基于边缘信息的图像自适应插值算法 [J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(4): 225-226.
Gong Yigang, Wu Xisheng. An Adaptive Image Interpolation Algorithm Based on Edge Information[J]. Computer

Applications and Software, 2009, 26(4): 225-226.

[3] Keys R G. Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing[C]//IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing. [S. l.] : IEEE Signal Processing Society, 1981: 1153-1160.

[4] 冯象初,姜东焕,徐光宝. 基于变分和小波变换的图像放大算法[J]. 计算机学报, 2008, 31(3): 340-345.
Feng Xiangchu, Jiang Donghuan, Xu Guangbao. Combining Variation and Wavelet Transform for Image Zooming[J]. Chinese Journal of Computers, 2008, 31(3): 340-315.

[5] 刘政林,肖建平,邹雪城,等. 基于边缘的实时图像缩放算法研究[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(2): 225-229.
Liu Zhenglin, Xiao Jianping, Zou Xuecheng, et al. Edge-Based Algorithm of Real-Time Image Resizing[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(2): 225-229.

[6] 张义顺,郭彦辉,刘丽丽,等. 一种高效的图像细化算法在焊缝跟踪中的应用[J]. 沈阳工业大学学报, 2007, 29(5): 519-523.
Zhang Yishun, Guo Yanhui, Liu Lili, et al. Application of an Efficient Binary Image Thinning Algorithm in Seam Tracking[J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2007, 29(5): 519-523.

[7] 谭郁松,周兴铭. 保持连通的边缘细化算法[J]. 国防科技大学学报, 2004, 26(4): 51-56.
Tan Yusong, Zhou Xingming. Connectivity Preserved Edge Thinning Algorithm[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2004, 26(4): 51-56.

(责任编辑：邓 彬)