

一种基于细化边缘的图像放大方法

王东鹤^{1,2}, 何 昕¹, 魏仲慧¹, 余辉龙^{1,2}

(1 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 为了解决图像放大过程中边缘模糊及运算量大的问题, 采用一种基于细化后的图像边缘进行插值处理的图像放大方法. 首先对初步提取出的边缘进行细化, 获取边缘的较准确位置; 然后根据被插值点邻域内边缘点和非边缘点的数量和位置关系进行不同的插值处理. 实验表明该方法得到的放大图像有较好的视觉效果, 无明显锯齿现象, 且处理算法简单, 易于实现.

关键词: 图像放大; 图像插值; 边缘细化; 边缘插值

中图分类号: TP751.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)02-0122-04

A Method for Image Zooming Based on Thinned Edge

WANG Dong-he^{1,2}, HE Xin¹, WEI Zhong-hui¹, YU Hui-long^{1,2}

(1 Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China; 2 School of Graduate, Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: A method for image zooming based on thinned edge was proposed this paper. First, thinning the preliminarily edge that was distilled to get the exact location of the edge, give the edge pixel and non-edge pixel different marks; then according to the edge point and non-edge point quantity and the position relations around the interpolation pixel take different interpolation processing. The experiment proved this method obtains the image that has fine visual effect, after enlargement the image edge is clear, without obvious denticle phenomenon. The processing algorithm is simple and easy to realize.

Key words: image scaling; image interpolation; edge thinning; interpolation of edge

1 引言

图像放大是图像处理时常遇到的问题, 又被称为图像重采样、图像分辨率转换等^[1]. 经典图像放大算法包括最近邻插值、双线性和双三次插值等. 这些方法在实现中对图像中的所有像素点使用相同的数学模型, 没有考虑图像的具体边缘信息或细节. 为了改进插值效果, 提出了较新的插值算法, 但是计算量大量增加. 因此又提出了基于边缘保护的处理算法^[1-2], 边缘保护插值方法分为两类: 一类是考虑原始图像的边缘, 插值时对边缘做不同处理; 另一类是对插值后的图像进行边缘锐化滤波处理, 后者算法复杂, 难以实用化^[3]. 文献[4]等对改进放大效果做了各种探索, 得了较好的图像放大质量, 但运算量大

不易实现. 文中采用上述第一种边缘保护的图像放大方法: 首先使用传统的 Prewitt 算子并结合衰减因子进行检测边缘, 接着进行边缘的有限细化, 针对边缘像素和非边缘像素按不同的方法进行放大处理.

2 边缘检测与细化

边缘细化是对所检测出的图像边缘进行细化处理以获取更准确的边缘位置, 常用于目标的位置确定和测量等. 边缘细化的经典串行与并行细化方法及在二值基础上改进的方法运算比较复杂^[5], 它们在细化过程中判断某一像素是否是边缘点, 是否被删除, 所用判据很多, 需要不断重复扫描图像, 运算复杂. 文中使用传统的 Prewitt 算子进行边缘检测和边缘细化, 该算法较简单, 速度较快^[6].

使用 Prewitt 进行边缘细化会使所得到的结果可能不是单像素宽的,但多数情况下也不必将边缘细化为单像素宽,因为实际图像中的边缘也多不是理想的单像素宽,所以这种方法符合实际应用.使用的是通常的垂直与水平方向的 Prewitt 算子,如表 1 所示.

表 1 Prewitt 算子

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

使用该两个算子可得到数字图像在垂直与水平方向的梯度值:

$$G_i = |f(i-1, j-1) + f(i-1, j) + f(i-1, j+1) - f(i+1, j-1) - f(i+1, j) - f(i+1, j+1)|$$

$$G_j = |f(i-1, j+1) + f(i, j+1) + f(i+1, j+1) - f(i-1, j-1) - f(i, j-1) - f(i+1, j-1)|$$

设 $E(i, j) = \max(G_i, G_j)$ 或 $E(i, j) = G_i + G_j$, $E(i, j)$ 为边缘图像.文中以 256×256 大小的 lenna 图像为例进行实验,如图 1 所示.



图 1 Lenna 灰度图像

使用 Prewitt 算子进行细化的步骤如下:

(1) 对去噪后的图像进行带衰减因子为 2 的 Prewitt 算子边缘检测,即按照下式:

$$P(i, j) = (G_i + G_j) / 2$$

计算得到边缘图像 $E_1(x, y)$, 所得的 $E_1(x, y)$ 是边缘较粗的边缘图,如图 2 所示.

(2) 对上面所得边缘图像 $E_1(x, y)$ 再次进行

带衰减因子为 2 的 Prewitt 算子处理,同样按照上式计算得到图像 $E_2(x, y)$.通过这一步,在 $E_1(x, y)$ 中边缘的两侧可得到新的边缘,而原本的边缘部分变成了背景,其灰度值较小.这是因为边缘图 $E_1(x, y)$ 的边缘两侧发生了灰度突变,但是边缘部分没有发生灰度变化.利用该特点可以进行边缘细化,如下一步所示.



图 2 直接使用 Prewitt 算子所得到的较粗边缘图

(3) 边缘图 $E_1(x, y)$ 减去边缘图 $E_2(x, y)$,将负值部分对应的边缘点的值改为零,就得到了细化了的边缘图 $E_3(x, y)$,即

$$E_3(x, y) = E_1(x, y) - E_2(x, y),$$

$$\text{if } E_1(x, y) - E_2(x, y) \geq 0;$$

$$\text{else } E_3(x, y) = 0.$$

将经细化所剩下的边缘点做标识,在 VC++ 6.0 程序中通过一个与图像大小相同的局部二维数组变量 $\text{Mark}[i][j]$ 来实现(数组的值为 0 或 1,0 表示不是边缘点,1 表示是边缘点),数组中的元素 $\text{Mark}[i][j]$ 对应于源图像中 (i, j) 处像素的边缘特性,以便接下来基于细化边缘的图像放大.经过细化后的边缘图像如图 3 所示.



图 3 文中方法进行处理所得到的细化边缘图

通过以上图像可看出细化后的边缘明显更窄,更精确,这为下面的基于边缘放大的处理提供了条

件.

对上面两图设定灰度阈值 E_{th} , 细化的边缘图像灰度值为 fe , 对 Mark 赋值:

$$\text{Mark}[m][n] = 1, \quad fe(m, n) > E_{th};$$

$$\text{Mark}[m][n] = 0, \quad \text{else.}$$

在后面的处理中即可利用数组 Mark 提供的更精确的边缘信息进行图像的放大. 可以将阈值设的较小以提供较多的边缘信息, 使得放大时可以照顾到较细微、变换不剧烈的边缘, 这样不会增加后面放大处理中的计算量.

3 基于细化边缘的放大插值方法

根据像素点的边缘属性分别采取不同的插值处理方法, 以更大限度的保证放大后图像的边缘清晰, 减轻锯齿现象. 文中对于不同的像素点采用的处理原则是: 适当将被插值点与边缘点脱离关系和不越过边缘进行插值以保证边缘较清晰; 并且对不同位置的像素点取不同的权值以保证放大后图像的边缘不会过于锐化而失真致使视觉效果不好. 本文以图像的两倍放大为例进行实验, 其他倍数时的处理思想类似. 表 2、表 3 分别是原图中的像素分布和放大后图像的像素分布(以两倍放大为例).

表 2 原图中像素

(i, j)	$(i, j+1)$	$(i, j+2)$
$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$	$(i+1, j+2)$
$(i+2, j)$	$(i+2, j+1)$	$(i+2, j+2)$

表 3 放大 2 倍后的像素

$(2i, 2j)$		$(2i, 2j+2)$		$(2i, 2j+4)$
	$(2i+1, 2j+1)$			
$(2i+2, 2j)$	$(2i+2, 2j+1)$	$(2i+2, 2j+2)$		$(2i+2, 2j+4)$
$(2i+4, 2j)$		$(2i+4, 2j+2)$		$(2i+4, 2j+4)$

对于图像的两倍放大:

(1) 在偶数行偶数列上放大后的与放大前相应的像素值相同;

$$F(2i, 2j) = f(i, j);$$

(2) 如果被插值点是类似于 $(2i+1, 2j+1)$ 奇数行奇数列的位置, 这类位置的四个对角对应源图像的像素, 对其处理分为以下几种情况:

① 其周围像素 $(2i, 2j)$, $(2i, 2j+2)$, $(2i+2, 2j)$, $(2i+2, 2j+2)$, 分别对应于源图像中的 (i, j) , $(i, j+1)$, $(i+1, j)$, $(i+1, j+1)$ (下面的对应关系与此类似), 如果这些像素都是边缘像素点(经过边

缘细化后这种情况较少), 或者都不是边缘像素, 说明被插值点 $(2i+1, 2j+1)$ 处于相对平坦区域, 那么被插值点 $(2i+1, 2j+1)$ 采用基于该四点的双线性插值, 对于 2 倍放大时, 双线性退化为四个最邻近像素的均值, 即:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i, j) + f(i, j+1) + f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]/4;$$

② 如果其周围有三个点是像素点, 例如为 $(2i, 2j)$, $(2i, 2j+2)$, $(2i+2, 2j)$, 那么被插值点的像素值为:

$$F(2i+1, 2j+1) = [2 * f(i, j) + 2 * f(i, j+1) + f(i+1, j+1)]/5;$$

③ 如果其周围有两个点为像素点且这两个点位于对角位置, 如为 $(2i, 2j)$, $(2i+2, 2j+2)$, 则被插值点的像素值用该两个点均值代替, 为:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i, j) + f(i+1, j+1)]/2;$$

④ 如果其周围有两个点为边缘点且该两点不是对角位置, 如 $(2i, 2j)$, $(2i, 2j+2)$, 那么被插值点像素值用另外两个非边缘像素点均值代替, 为:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]/2;$$

⑤ 如果其周围点只有一个为边缘点, 如 $(2i, 2j)$, 那么被插值点像素值为:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i, j+1) + f(i+1, j)]/2;$$

(3) 如果被插值点位于类似偶数行, 奇数列 $(2i+2, 2j+1)$ 的位置, 分为以下三种情况:

① 如果距其最近的 $(2i+2, 2j)$, $(2i+2, 2j+2)$ 都为边缘点, 则被插值点为二者和的平均值:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]/2;$$

② 如果距其最近的 $(2i+2, 2j)$, $(2i+2, 2j+2)$ 有一个为边缘点则, 如 $(2i+2, 2j)$ 是边缘点, 则被插值点用另一个非边缘点代替:

$$F(2i+1, 2j+1) = f(i+1, j+1);$$

③ 如果距其最近的 $(2i+2, 2j)$, $(2i+2, 2j+2)$ 都不是边缘点, 则被插值点用二值均值代替:

$$F(2i+1, 2j+1) = [f(i+1, j) + f(i+1, j+1)]/2;$$

(4) 对于处于奇数行偶数列上的被插值点, 其处理方法与(3)中的方法完全类似.

4 结束语

文中基于细化的图像边缘进行放大, 对边缘处

与非边缘处的像素采取不同的处理方法,有效保护了图像的边缘信息,避免了明显的平滑效应.采用了不同于常用的对于所有像素使用统一的处理方法进行图像放大的方法.以后的研究应当进一步考虑如何获取更精确与更符合实用的边缘位置等信息,使放大后的图像在边缘得到较好保持的基础上视觉效果更自然,光滑性更好.

参考文献:

- [1] 吴均,朱重光.带锐度保持的斜投影样条图像缩放[J].遥感学报,2002,6(2):108-112.
- [2] Niu Wei, Guo Bamlong. A new image magnification algorithm based on fractal interpolation and wavelet transform [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2004, 25(4): 351-354.
- [3] Nira S, Hagit A S, Ilan S, et al. Adaptive low complexity algorithm for image zooming at fractional scaling ratio[C]// 21st Convention of the Electrical and Electronic Engineers. Israel: IEEE, 2000: 253-256.
- [4] 尤玉虎,周晓宽.数字图像最佳插值算法研究[J].中国空间科学技术,2005(3):14-18.
- [5] 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.
- [6] 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.

作者简介:

王东鹤 男,(1983-),博士.研究方向为目标检测、目标识别.

(上接第121页)

参考文献:

- [1] Northworthy S R, Schreier R, Temes G. Deltasigma data converters: theory, design and simulation [M]. Piscataway, USA: IEEE Press, 1996: 193-199.
- [2] Northworthy S R, Schreier R, Temes G C. Delta-sigma data converters[M]. Piscataway, IEEE Press, 1997.
- [3] Malcovati P. Behavioral modeling of switched-capacitor sigma-delta modulators[J]. IEEE Trans. Circuits Syst., 2003, 50(3): 352-364.
- [4] Zare-Hoseini H. Modeling of switched-capacitor delta-sigma modulators in SIMULINK[J]. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 2005, 54(4): 1646-1654.
- [5] Boser B E, Wooley B A. The design of sigma-delta modulation analog-to-digital converters[J]. IEEE J. of Solid State Circuits, 1988(SC-22): 1298-1308.
- [6] Abdelfattah K, Razavi B. Modeling op amp nonlinearity in switched-capacitor sigma-delta modulators[C]// Custom Integrated Circuits Conference. San Jose, 2006: 197-200.

作者简介:

廖鹏飞 男,(1984-),硕士研究生.研究方向为 $\Sigma\Delta$ 调制器设计.

庄圣贤 男,教授,博士生导师.研究方向为模拟及混合信号集成电路设计.

秦伟 男,硕士研究生.研究方向为集成电路设计.