

一种改进的双线性插值图像放大算法

龚昌来, 杨冬涛

(嘉应学院电子信息工程学院, 广东 梅州 514015)

摘要:针对传统的双线性插值图像放大算法存在的边缘模糊问题,提出一种改进算法:先计算插值点的双线性插值和最近邻点插值,然后以4个邻点的灰度方差构造权重,将二种插值进行加权融合获得最终插值结果。该算法既考虑到插值点与邻点之间距离关系,又考虑到邻点的灰度分布特性,有效地提高了放大图像的质量。实验结果验证了算法的有效性。

关键词:图像放大;双线性插值;最近邻点插值;加权融合

中图分类号:TP391

文献标识码:A

Improved image zooming algorithm based on bilinear interpolation

GONG Chang-lai, YANG Dong-tao

(School of Electronic & Information Engineering, Jiaying University, Meizhou 514015, China)

Abstract: To solve traditional bilinear interpolated for the problem of blurry edge in image zooming algorithm, this paper proposes an improved algorithm. First, the algorithm calculates the interpolation point of the linear interpolation and the nearest neighbor interpolation, and then takes the four adjacent points as weight and finally makes weighted fusion the two interpolation to attain the final interpolation result. This method not only takes into account the distance between interpolation point and neighbor point, but also thinks over the gray distribution of neighbor pixels, effectively improves definition of zoomed image. Experiment results show that the proposed algorithm is efficient.

Key words: image zooming; bilinear interpolation; nearest neighbor interpolation; weighted fusion

1 引言

图像放大是从低分辨率图像获得高分辨率图像的一种图像处理技术,在医学、军事、气象、遥感、影视制作等方面均有普遍的应用^[1]。

图像放大的方法很多,传统的方法有最近邻点插值法、双线性插值法和样条插值法。近年来为了获取更好的放大效果,人们将各种数学工具应用到图像放大领域,提出了基于小波变换、偏微分方程和变分泛函等^[2-4]的新型图像放大方法,这些新型方法能够较好地保持放大图像的边缘特征和细节信息,但是算法复杂,计算量大,不利于图像的实时放大处理。双线性插值法具有算法简单、易于实现、计算量小的特点,但该算法只考虑到插值点与邻点之间距离关系,存在放大图像边缘模糊的问题。本文在分析的基础上,提出一种改进算法,采用数据融合

技术,将线性插值法与最近邻点插值法相结合,有效地提高了放大图像边缘的清晰度。

2 双线性插值和最近邻点插值

双线性插值法用插值点周围4个邻点的灰度值加权内插作为该点的灰度值^[5],它可分解为二次一维线性插值,如图1所示。先进行第一次线性插值计算 f_a, f_b 值:

$$f_a = f([x], [y]) + (f([x] + 1, [y]) - f([x], [y])) \times p \quad (1)$$

$$f_b = f([x], [y] + 1) + (f([x] + 1, [y] + 1) - f([x], [y] + 1)) \times p \quad (2)$$

再由 f_a 和 f_b 进行第二次线性插值计算 (x, y) 处

作者简介:龚昌来(1962-),男,副教授,硕士,主要研究方向为图像与信号处理。E-mail: dzxgcl@sohu.com

收稿日期:2009-04-03; **修订日期:**2009-05-17

的插值结果。

$$g(x, y) = f_a + (f_b - f_a) \times q = (1 - p)(1 - q) \cdot f([x], [y]) + p(1 - q)f([x] + 1, [y]) + q(1 - p) \cdot f([x], [y] + 1) + pqf([x] + 1, [y] + 1) \quad (3)$$

式中, $g(x, y)$ 为插值后坐标 (x, y) 处的灰度值; $f(x, y)$ 为插值前坐标 (x, y) 处的灰度值; $[x], [y]$ 分别为不大于 x, y 的整数。

由式(3)可知, 插值点的灰度值是由周围4个邻点的灰度值加权获得, 权重由插值点与邻点的距离比决定。因此, 双线性插值法是一种低通滤波器, 会使图像中的高频边缘细节成分丢失, 造成插值后图像的边缘模糊。

最近邻点插值是一种最简单的插值方法, 它取插值点的4个邻点中距离最近的邻点灰度值作为该点的灰度值。

设插值点 (x, y) 到周边4个邻点 $f_i(x, y)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) 的距离为 d_i ($i = 1, 2, 3, 4$), 则:

$$g(x, y) = f_j(x, y), d_j = \min\{d_1, d_2, d_3, d_4\}, j = 1, 2, 3, 4 \quad (4)$$

最近邻点插值法存在马赛克和锯齿现象, 单独使用, 放大图像的效果差。但它是一种非线性插值方法, 具有高通滤波保护边缘的特性。

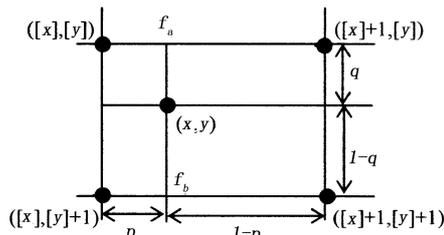


图1 双线性插值法

3 改进算法

在图像的平滑区域像素之间相关性较强, 灰度变化缓慢, 灰度的变化与距离近似呈线性关系, 用双线性插值法获得的插值结果比较精确。而在图像的边缘细节区域像素之间相关性较弱, 灰度变化急剧, 灰度的变化与距离不呈线性关系, 因此, 双线性插值法不适宜对边缘细节区域进行插值。最近邻点插值法具有高通滤波特性, 在边缘细节区域采用最近邻点插值法有利于保护边缘。因此, 若对图像的平滑区域和边缘细节区域分别采用双线性插值法和最近邻点插值法, 则可改善放大图像的质量。但是对一幅图像很难严格区分和定位平滑区与边缘细节区, 本文采用数据融合技术提出一种改进算法。

灰度图像某邻域的局部方差(或标准差)是用于描述该邻域内的灰度变化程度和分散程度的统计

量, 它能够反映邻域的边缘细节信息, 方差越大说明其灰度的变化越大, 越分散, 邻域包含的边缘细节信息越多。本文算法首先计算插值点的双线性和最近邻点二种插值结果, 再计算插值点的4个邻点像素的灰度方差, 由灰度方差构造权重系数, 将二种插值进行加权融合, 获得最终插值结果。若邻点的方差越小, 表示该邻域越平滑, 双线性插值的权重增大, 最近邻点插值的权重减小; 反之, 邻点的方差越大, 表示该邻域包含的边缘细节高频成分越多, 双线性插值的权重减小, 最近邻点插值的权重增大。该算法既考虑到插值点与邻点之间距离关系, 又考虑到邻点的灰度分布特性, 可有效地提高放大图像的质量。

算法的计算步骤如下:

(1) 根据式(3)和式(4)计算插值点 (x, y) 的双线性插值 $g_l(x, y)$ 和最近邻点插值 $g_n(x, y)$ 。

(2) 计算插值点周边4个邻点 $f_i(x, y)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) 的标准差:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 [f_i(x, y) - \bar{f}(x, y)]^2} \quad (5)$$

其中:

$$\bar{f}(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 f_i(x, y) \quad (6)$$

(3) 对 $g_l(x, y)$ 和 $g_n(x, y)$ 进行加权融合, 得到最终插值结果:

$$g(x, y) = w_l \times g_l(x, y) + w_n \times g_n(x, y) \quad (7)$$

式中, w_l, w_n 为加权系数, 计算式如下:

$$\begin{cases} w_l = \frac{1 + e^{-k\sigma}}{2} \\ w_n = 1 - w_l \end{cases} \quad (8)$$

式中, k 为常数, 取值范围为 $0 \sim 0.02$, 调节 k 值可改变算法的插值性能, 在实际工程应用中, 针对不同图像选择合适 k 值使放大效果达到最佳。

4 实验结果与分析

为了测试本方法的有效性, 将本方法与传统的双线性插值法和最近邻点法进行放大效果对比实验。选用大小为 512×512 灰度图像 lena 测试作为图像, 进行 3×3 倍放大测试。为计算简便, 取前510行和列, 为有客观比较的原测试图像, 先对 510×510 图像采样缩小得到 170×170 大小, 然后进行 3×3 倍放大。放大效果的定量评价指标采用均方误差(MSE)和平均梯度(T)。

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (F(i, j) - G(i, j))^2 \quad (9)$$

$$T = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} \sqrt{\frac{\Delta I_x^2 + \Delta I_y^2}{2}} \quad (10)$$

其中:

$$\begin{cases} \Delta I_x = G(i+1, j) - G(i, j) \\ \Delta I_y = G(i, j+1) - G(i, j) \end{cases} \quad (11)$$

式中, F 和 G 分别为原图和放大图像; M, N 分别是图像的长和宽。均方误差反映放大图像与原图的逼近程度, 均方误差越小表示放大图像越逼近原图, 放大效果越好; 平均梯度反映了图像中微小细节反差与纹理变化特征及清晰度, 平均梯度越大表示放大图像清晰度越高, 放大效果越好。

实验中, 常数 k 取 0.01, 三种算法的图像放大效果如图 2 所示, 实验相关数据如表 1 所示。

表 1 图像放大效果定量评价数据

插值方法	均方误差(MSE)	平均梯度(T)
最近邻点插值法	86.4037	4.0588
双线性插值法	47.8484	3.1810
本文方法	47.5855	3.2137



(a) 原始图像 (b) 采样缩小图像 (c) 最近邻点插值法



(d) 双线性插值法 (e) 本文方法

图 2 图像放大效果

由图 2 可见, 最近邻点法放大效果差, 图像出现马赛克和锯齿现象, 眼珠出现严重失真; 双线性法放大效果好优于最近邻点法, 但图像柔和, 边缘不太清晰; 本方法的边缘区清晰度优于双线性法。

从表 1 的定量评价数据上看, 最近邻点插值法的均方误差最大, 说明放大图像与原图差距大, 放大效果差, 虽然平均梯度也最大, 但并非反映清晰度的提高, 而是马赛克和锯齿现象的反映; 双线性法的均方误差远低于最近邻点法, 但平均梯度最小。本方法的平均梯度高于双线性法, 均方误差低于双线性法, 说明本方法优于双线性法。实验结果证明了本方法对于改善放大图像的质量是有效的。

5 结 语

传统的双线性插值法具有算法简单、易于实现、计算量小的特点, 但存在放大图像边缘模糊的问题。本文提出的双线性插值改进算法, 将双线性法和最近邻点法二种插值进行加权融合, 加权系数由插值点的邻点灰度标准差进行自适应调整。该算法的创新之处是将双线性插值法与最近邻点法相结合, 既考虑到插值点与邻点之间距离关系, 又考虑到邻点像素的灰度分布特性。实验结果从直观视觉和定量评价上验证了本文算法的有效性。

参考文献:

- [1] 许微, 侯正信. 基于扩散率函数的图像放大算法[J]. 传感技术学报, 2006, 19(4): 1257 - 1260.
- [2] 程玉宝, 徐海萍. 基于小波重构和灰度分段的红外图像放大增强[J]. 红外技术, 2008, 30(10): 567 - 570.
- [3] 朱宁, 吴静, 王忠谦. 图像放大的偏微分方程方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(9): 1941 - 1945.
- [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(2): 340 - 345.
- [5] 何东健. 数字图像处理[M]. 第 2 版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.