

一种改进的图像网格像素级剖分插值算法

黄俊生, 侯振杰

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘 要: 为了提高算法的剖分正确率, 提出基于重叠判定的三角剖分方法. 同时利用三角形重心坐标性质, 改进剖分后三角形内部插值方法, 有效降低算法时间复杂度, 提高算法插值效率. 实验结果表明, 改进后的算法较好地保持了图像边缘, 并改善图像平滑度, 具有一定的实用价值.

关键词: 图像网格像素级剖分; 图像插值; 重叠判定; 三角形重心坐标

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)04-0103-04

An Improved Algorithm for Image Interpolation Based on Pixel Level Division

HUANG Jun-sheng, HOU Zhen-jie

(School of Information Science & Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: For resizing the mistake determination of the subdivision that the algorithm done. Propose an improved Triangulation based on the overlap determination of the edges. And improve the triangle internal interpolation by employing the triangle barycenter coordinates properties, it reduce the original algorithm time complexity efficiently, and improve the efficiency of the image interpolation. The experimental results show that the improved algorithm is better to maintain the image edge of the image, and improves the image smoothness, has some practical value.

Key words: image mesh pixel level division; image interpolation; overlap determination; triangle barycenter coordinates

1 引言

图像插值的目标是从一幅低分辨率图像上生成不同分辨率的图像, 是图像处理的重要内容之一^[1]. 图像插值技术多种多样, 传统的图像插值技术是线性滤波插值. 为了保存图像边缘, 克服线性滤波插值的固有缺陷, 图像处理研究人员将各种数学工具应用到图像插值中, 以获取更好的插值效果. 比如双边滤波插值, 局部协方差插值法, 小波分解插值法, 神经网络图像插值, 基于纹理图像插值等^[2]. 与传统线性滤波插值相比, 这些新型方法在一定程度上提高了插值后的图像边缘保存, 但计算复杂, 实用性较低.

图像网格像素剖分插值算法是指基于图像四边

形网格的像素级剖分插值. 对上述算法进行了改进. 文献[3]基于图像网格的快速三角剖分算法. 文献[4]提出基于二阶零交叉点存在判定方法的像素级几何分类. 文献[5]同样使用二阶零交叉点方法进行像素级剖分插值, 首先构造矩形插值单元和菱形插值单元, 然后进行像素结构剖分, 最后根据未知像素点所属的插值单元分类计算未知像素值. 实验证明, 该算法能够较好的保持图像边缘的尖锐特征.

本文改进算法不但在插值速度上有提高, 同时改善了图像的边缘及细节平滑度, 具有实用性.

2 改进的图像网格三角剖分插值算法

2.1 边缘重叠判定三角剖分

在图像网格中, 根据像素值进行边缘剖分是此

收稿日期: 2012-07-05; 修回日期: 2012-08-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(61063021); 江苏省研究生培养创新工程项目(CXLX11_0391)

插值算法的重点. 一种较为通用的方法是通过像素值的二阶导数的零交叉点的存在情况来决定剖分方式. 根据零交叉点存在判定, 分割插值区域为不同类型的插值区域. 除边界点外, 每两个像素点之间都需要进行 2 个方向上的判断来确定零交叉点的存在情况. 设水平方向上的连续像素点 x_1, x_2, x_3, x_4 , 则 x_2 与 x_3 之间的零交叉点存在可通过下面公式进行判定.

$$f''(x_{2,3}) = f(x_2) + f(x_4) - 2f(x_3) \quad (1)$$

$$f''(x_{2,3}) = f(x_1) + f(x_3) - 2f(x_2) \quad (2)$$

$$|f''(x_{2,3})| > Tor |f''(x_{2,3})| < T \quad (3)$$

T 是一个阈值常数. 若公式(3)成立, 则表示 x_2 与 x_3 之间的零交叉点存在. 如果像素点四边形的相邻边之间同时存在零交叉点, 则认为存在连接这两个零交叉点的边缘. 此方法需要比较多的运算时间, 实用性不高.

另一种方法是 Dan Su 与 Philip Willis 提出的快速三角剖分方法^[3]. 设对角上的像素点像素值分别为 a, c 与 b, d , 只需比较对角像素值绝对值差的大小, 便能快速分辨出像素边缘. 若 $|a - c| > |b - d|$, 则认为 b, d 所在的对角线为其边缘, 反之, 则是 a, c 所在的对角线. 这相当于把原双线性插值所需的四边形像素结构分为两个三角形, 而后进行三角平面内插值(如图 1). 由于此边缘剖分算法(称为 Dan Su 算法)在运算速度上具有极大的优势, 实用性高, 本文的改进算法也是在此基础上提出的.

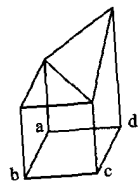


图 1 四边形三角剖分

Dan Su 算法虽然在速度上具有优势, 但对于一些特定的情况, 则会造成判断错误. 比如当对角像素值接近, 且两对角像素之和相差很大的情况(若 a 与 c 像素值为 10, 11, 而 b 与 d 像素值为 177, 179), 这个时候两种斜向边缘都可能存在, 因此难以判断. 因此本文在保证插值运算速度的基础上, 提出边缘重叠判定三角剖分方法, 以提高边缘判定准确性.

Dan Su 算法只依靠四个像素值进行边缘判定, 而一般情况下, 图像的边缘视觉长度绝不仅仅是四边形的 4 个像素而已. 因此本文改进的剖分算法将判定范围增大到待判定四边形及其周围共 16 个像素点. 如图 2 所示, 若数字 5 方格表示为待判定的原

图像相邻 4 像素方格, 则同时对 1245, 2356, 4578, 5689 组成的 4 个大方格进行判定. 并以 0 和 1 来存储边缘判定的两个方向, 若边缘斜率为正, 则存储为 1, 否则存储为 0. 设 $f(5)$ 为待确定方向, 若 $f(1245) = f(5689) = 0$, 则 $f(5) = 0$, 否则若 $f(2356) = f(5678) = 1$, 则 $f(5) = 1$, 若上述条件皆不满足, 则 $f(5)$ 仍以上文判定方法直接比较 4 个像素对角差. 本文提出的算法能够在原判定方法之前进行重叠判定, 减少出现误判的情况, 提高了判定正确率.

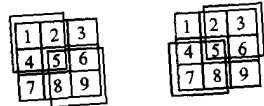


图 2 重叠判定示意图

2.2 改进的三角形内部插值算法

通过边缘重叠判定三角剖分后, 需要对剖分后的三角形进行内部插值. 三角形内部插值, 大多使用高洛德插值方法. 它是沿着三角形的边和水平扫描线分别进行插值计算, 最后得出这个三角形内待插值点的像素值(参考图 3). 图 3 中 I_a, I_b 和 I_p 的获取公式如下:

$$I_a = I_1 - (I_1 - I_2) \frac{Y_1 - Y_p}{Y_1 - Y_2} \quad (4)$$

$$I_b = I_1 - (I_1 - I_3) \frac{Y_1 - Y_p}{Y_1 - Y_3} \quad (5)$$

$$I_p = I_b - (I_b - I_a) \frac{X_b - X_p}{X_b - X_a} \quad (6)$$

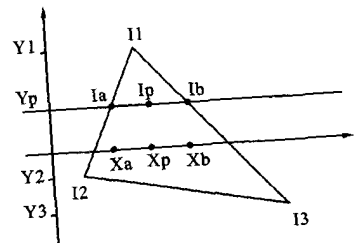


图 3 高洛德插值

高洛德插值虽然对于三角形有普遍适用性, 但是对于投影为的正方形均分的等腰直角三角形图网格结构来说, 使用重心坐标性质进行计算, 在计算速度及计算难度上都能有所改进. 三角形重心坐标性质: 三角形所在平面的任意点都能表示为顶点加权平均值, 这个权就叫做重心坐标. 如图 4. 设 b_1, b_2, b_3 为重心坐标 P 的分量, 其值分别为 A, B, C 点对应子三角形面积 ($S_{\triangle PBC}, S_{\triangle PAC}, S_{\triangle PAB}$) 与整个三角形的面积 $S_{\triangle ABC}$ 比. I_1, I_2, I_3, I_4 为三角形顶点 A, B, C, P 上的值, 则有 $b_1 + b_2 + b_3 = 1$, $[b_2 b_3 b_1][I_2; I_3; I_1]$. 如图 5 所示, 任取三维空

角形 ABC 内一点 P , 由重心坐标获得: $Z_p = [b_2 \ b_3 \ b_1][Z_2; Z_3; Z_1]$, Z_i 为三维空间内 Z 坐标值, 在灰度图像处理中则为该点的像素值. 根据平面投影性质, 三角形 ABC 内三个子三角形各自在 $X-Y$ 平面上的投影面积与其原来的面积比都为 $\cos\theta$, θ 为三角形 ABC 组成的平面与其投影平面的夹角. 因此可以获得以下计算结果:

$$b_2 = \frac{S_{\Delta PAC}}{S_{\Delta ABC}} = \frac{S_{\Delta pac} / \cos\theta}{S_{\Delta abc} / \cos\theta} = X_p - X_1 = x \quad (7)$$

$$b_3 = \frac{S_{\Delta PAB}}{S_{\Delta ABC}} = \frac{S_{\Delta pab} / \cos\theta}{S_{\Delta abc} / \cos\theta} = Y_p - Y_1 = y \quad (8)$$

$$b_1 = \frac{S_{\Delta PBC}}{S_{\Delta ABC}} = \frac{S_{\Delta pbc} / \cos\theta}{S_{\Delta abc} / \cos\theta} = 1 - x - y \quad (9)$$

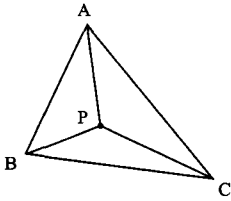


图4 重心坐标插值

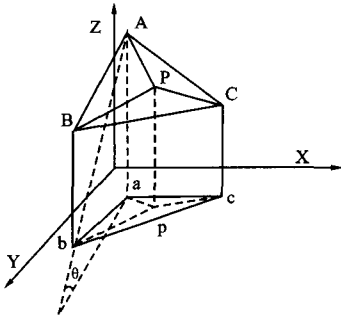


图5 三维投影示意图

最后可得 $Z_p: Z_p = [xy(1-x-y)][Z_2; Z_3; Z_1]$. 如图6所示, x 为投影平面内插值点投影在水平方向上的偏移值, y 为垂直方向上的偏移值.

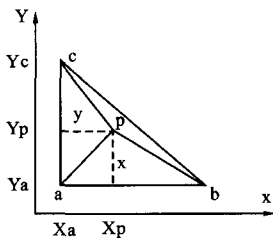


图6 投影平面

可见在本文剖分后的三角形投影形状为等腰直角三角形的条件下, 使用重心坐标性质进行三角形内部插值比高洛德插值在计算速度上及计算难度上都有优势.

2.3 改进算法的时间复杂度分析

本文改进边缘判定算法流程如图7所示. 首先, 进行左上角和右下角4个大方格边缘重叠判定, 若重叠判定为真, 则确定待判定四边形的边缘. 若重叠判定不为真, 则进行右上角和左下角的边缘重叠判定. 同理若判定为真, 确定待判定四边形的边缘, 若判定不为真, 则放弃边缘重叠判定, 使用原判定方法.

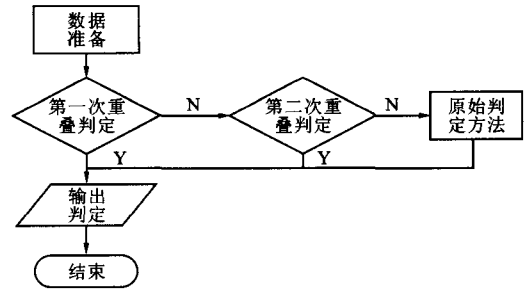


图7 改进的边缘判定算法流程

设原图像高度为 m , 宽度为 n . 首先进行4个大方格边缘重叠判定, 最多需要进行8次减法, 4次比较以及2次与操作, 若未能得出最后结果则再进行2次减法及1次比较. 则本文改进的三角线性插值进行边缘判定需要的计算量最大为 $14 * (m * n) + 3 * (m * n) = 17 * (m * n)$. 而从实际实验数据可知, 60% 的判定在前2次重叠判定就可以得出. 因此实际边缘判定的计算量将在 $13 * (m * n)$ 以下. 而在图像插值中使用三角形重心坐标计算插值只需进行2次减法、2次加法、3次乘法操作, 而使用高洛德插值则需要3次减法、3次加法、3次乘法、1次除法操作. 可见本文提出的扩展算法的算法虽然在边缘判定过程中增加了减法及比较操作, 但在插值计算中则大大降低计算量, 在运算速度上更趋近于双线性插值.

3 插值比较与结果分析

为了验证本文提出的插值算法, 本文采用图像处理中常用的图像进行1/2及1/3抽取之后再插值放大. 图8就是放大3倍之后的插值结果比较. 实验平台: Intel 双核 CPU E4500, 2GB 内存. 编程工具: MATLAB 7.6.0.

通过图8可以看出, 本文算法在图片边缘保存及边缘过渡方面比原算法有所提高. 特别是当图像插值放大倍数较大时, 插值后图像的局部边缘的平滑性较好. 同时根据表1及表2的峰值信噪比 (psnr) 数据可知, 本文算法插值之后的放大图像的

保真程度与原算法相比仍然有所改善,也直接证明了本文提出的边缘重叠判断的正确性.同时根据表3逆向插值时间比较,证明本文算法比原算法在运算速度上具备优越性.



图8 lena 图像3倍插值效果比较

表1 psnr 值对比(Lena)

放大倍数	双线性算法	Dan Su 算法	本文算法
2 倍	31.803 7	31.846 7	31.859 9
3 倍	28.103 2	28.123 4	28.129 8

表2 psnr 值对比(Peppers)

放大倍数	双线性算法	Dan Su 算法	本文算法
2 倍	29.993 6	30.069 6	30.071 6
3 倍	24.585 2	24.616 9	24.618 0

表3 两倍放大逆向插值运算时间

图像大小	双线性算法/s	Dan Su 算法/s	本文算法/s
100 * 100	0.24932	0.37411	0.36062
150 * 150	0.56339	0.83687	0.78669

4 结束语

本文提出一种改进的图像网格三角剖分插值算法.该方法利用图像边缘的重叠判断来进行四边形三角剖分,并利用三角剖分后的等腰直角三角形子面积易于计算的特性,使用基于三角形重心坐标的

三角形内部插值,有效降低原文算法的运算量.实验结果表明,本文改进算法在图片整体清晰度及边缘过渡方面,特别是当图像插值放大倍数较大时,图像局部边缘的平滑性比原算法有所改善,同时提高插值运算速度,具有实用性.

参考文献:

- [1] 符祥,郭宝龙.图像插值技术综述[J].计算机工程与设计,2009,30(1):141-142.
- [2] 王健,马汉杰.基于纹理方向的运动图像插值算法[J].计算机工程,2011,30(1):218-219.
- [3] Dan Su, Philip Willis. Image Interpolation by pixel level data — dependent triangulation[J]. Computer Graphics,2004,23(2):190-191.
- [4] Muhammad Sajjad, Naveed Khattak, Noman Jafri. Image magnification using adaptive interpolation by pixel level data—dependent geometrical shapes[J]. International Journal of Computer Science and Engineering,2007,1(2):88-97.
- [5] 梁云,朱为鹏,李峥.基于几何分类的图像自适应图像插值算法[J].中山大学学报,2011,50(4):12-16.

作者简介:



黄俊生 男,(1984—),硕士研究生.研究方向为三维测量,图像处理.



侯振杰 男,(1973—),博士,教授.研究方向为三维重建,虚拟现实.