

基于对应点匹配的眼球切片图像插值算法

印 勇, 林纯颖

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400044)

摘 要: 图像插值是三维重建的一个关键步骤。针对眼球切片图像的特点, 研究和分析了传统的图像插值方法, 并在此基础上提出了一种改进的对应点匹配插值方法。先根据改进的对应点匹配准则在相邻层间建立点对点的对应关系, 然后利用这些对应点进行插值, 得到插值图像数据。实验结果表明, 该算法能有效减少插值误差, 获得令人满意的效果。

关键词: 图像插值; 对应点匹配; 三维重建

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)10-0102-03

An Interpolation Algorithm of Eye Slice Images Based on Matching Corresponding Points

YIN Yong, LIN Chun-ying

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Image interpolation is one of key procedures for 3-D reconstruction. According to the characteristics of eye slice images, the traditional image interpolation methods are studied and analyzed. An improved interpolation algorithm based on matching corresponding points is presented. Firstly, the corresponding points are established between the points in neighboring slices based on improved points matching rules. Then these points are used to estimate interpolation image data. The experimental results show that the algorithm can decrease the interpolation error effectively and satisfactory experimental results are attained.

Key words: image interpolation; matching corresponding points; 3-D reconstruction

0 引 言

在医学图像应用中, 人体的组成部分经常用一组相互平行的横断面图像表示。这些医学切片图像是三维重建数据获取的一个重要来源。由于在大多数情况下, 邻近层片的片间距要大于层片内部相邻像素间的距离, 所以需要在原有层片间人为地作层间数据插值, 以得到附加的新层片, 从而精确描述出体积细节和提高可视化质量。

目前, 常用的层间插值方法主要有灰度插值和形状插值^[1,2]。近年来, 图像插值作为一个活跃的研究领域, 其发展主要有: (1) 根据不同密度分割区域对对应点匹配灰度插值的改进^[3]; (2) 形状插值前对初始轮廓的位置校准和插值后对轮廓的光滑处理^[4,5]; (3) 利用数学形态学对起始边界膨胀和腐蚀使其逐渐向目标边界逼近的形态插值^[6]; (4) 形状与灰度结合插值; (5) 基于小波的插值等。这些算法的提出和改进其目

的都是为了在必要时既能保留图像的灰度信息, 又能充分模拟生理组织从一幅图像变化到另一幅图像的中间渐变状态。

文中涉及的是一组眼球切片图像的层间插值问题。根据眼球的生理特征和该切片图像的特点, 可发现, 要由该切片图像提取封闭、连续、完整的轮廓比较困难; 而若要转化成二值图像, 不但难以分割出完整的感兴趣区域, 也会损失原有的灰度信息。所以, 笔者采用一种改进的基于对应点匹配的眼球切片图像插值算法, 能有效减少插值误差, 获得令人满意的效果。

1 算法原理

已知其中相邻两张眼球灰度切片, 分别设为 $I_k(x_i, y_j, k)$ 和 $I_{k+1}(x_i, y_j, k+1)$, 要通过层间插值构造出 I_{k+d1} ($0 < d1 < 1$)。d1 是新插值切片与上层切片 I_k 之间的距离。

1.1 匹配点对的初始化

对于新插值图像上的任意一点 $P_{k+d1}(x_m, y_n, k+d1)$, 分别在上层图像 I_k 和下层图像 I_{k+1} 上找到其沿 Z 方向的对对应点 $P_k(x_m, y_n, k)$ 和 $P_{k+1}(x_m, y_n, k+1)$

收稿日期: 2006-12-21

作者简介: 印 勇 (1963-), 男, 重庆人, 副教授, 博士, 研究方向为医学图像处理、模式识别、计算机图像三维重建。

1)。\$f(\cdot)\$ 代表像素点灰度值。若 \$|f(P_k) - f(P_{k+1})| \leq T\$, 表明对应点灰度差值极小, 直接用 \$f(P_k)\$ 和 \$f(P_{k+1})\$ 线性插值出 \$f(P_{k+d1})\$, 如式(1) 所示; 否则, 进行匹配插值。

$$f(P_{k+d1}) = (1 - d1) \cdot f(P_k) + d1 \cdot f(P_{k+1}) \quad (1)$$

在图像 \$I_k\$ 上, 以点 \$P_k(x_m, y_n, k)\$ 为中心, 取大小为 \$w \times w\$ 的窗口, 设为窗口 1。为保证对称, 一般选择奇数窗宽, 如 \$3 \times 3, 5 \times 5\$ 等。本实验在未知层间间距的基础上, 通过选择不同窗宽的实验结果进行对比, 设定选择 \$5 \times 5\$ 窗宽。

设窗口 1 内任意一点为 \$P'_k(x'_m, y'_n, k)\$, 则在下层图像 \$I_{k+1}\$ 对应于 \$P'_k\$ 的坐标 \$(x''_m, y''_n, k+1)\$ 可通过以下公式(2) 求得:

$$\begin{cases} x''_m = x_m + \text{int}\{(x_m - x'_m) \cdot ((1 - d1)/d1)\} \\ y''_n = y_n + \text{int}\{(y_n - y'_n) \cdot ((1 - d1)/d1)\} \end{cases} \quad (2)$$

1.2 确定最佳匹配点对

传统的匹配点对一般满足的条件为:

- (1) 匹配点对线段的距离较小;
- (2) 匹配点对之间的灰度值相同或者相近;
- (3) 匹配点对的灰度梯度值相近。

可见, 传统的匹配条件主要考虑的是点对之间的相似程度, 而没有考虑到对应点分别所在的邻域的性质和特征。当对应点位于不同组织时, 利用分属于不同组织的对应点进行匹配插值会导致边界模糊, 结果错误。如果将窗口 1 内任意一点 \$P'_k(x'_m, y'_n, k)\$ 赋值为该点邻域内的均值, 在下层图像 \$I_{k+1}\$ 对应于 \$P'_k\$ 的坐标 \$(x''_m, y''_n, k+1)\$ 也赋值为此点邻域内的均值, 则两均值的差值大小就说明了匹配点对所在区域纹理的相似性的大小。对于位于相同组织内的对应像素点, 其邻域均值的差值应该较小, 而邻域均值差值较小的像素点对, 其是噪声点的可能性也较小。对于某些灰度值差别不大的却位于不同组织内的对应像素点, 其邻域均值差值较大。同理, 将窗口 1 内任意一点 \$P'_k(x'_m, y'_n, k)\$ 赋值为该点邻域内的方差, 在下层图像 \$I_{k+1}\$ 对应于 \$P'_k\$ 的坐标 \$(x''_m, y''_n, k+1)\$ 也赋值为此点邻域内的方差。方差越小, 则该像素点所在区域的性质越稳定, 处于组织内部的可能性越大; 反之, 该像素点处于边界处的可能性越大。所以, 两方差的差值反映了对应点处于同一组织的可能性。差值越小, 对应点同为组织内部或边界处的可能性越大; 反之, 越小。基于上述原理, 就可以尽可能地选择在同一组织区域的像素点进行匹配, 同时又减少了噪声点对插值结果的影响。

对传统的向量函数表示的对应点的匹配程度计算公式进行改进, 得到式(3):

$$\begin{aligned} \Delta V = & [u_1 \cdot (f(P'_k) - f(P''_k))^2 + u_2 \cdot (g(P'_k) - g(P''_k))^2 + (u_3 \cdot d(P'_k, k')^2 + u_4 \cdot (m(P'_k) - m(P''_k))^2 \\ & + u_5 \cdot (s(P'_k) - s(P''_k))^2)]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (3)$$

式(3) 是用向量函数表示的一对对应点 \$(x'_m, y'_n)\$ 和 \$(x''_m, y''_n)\$ 的匹配程度。式中, \$f(\cdot)\$ 代表像素点灰度值, \$g(\cdot)\$ 代表像素点梯度值, \$d(P'_k, k')\$ 代表匹配点对 \$P'_k\$ 与 \$P''_k\$ 在水平面上投影的距离, \$m(\cdot)\$ 代表像素点的邻域均值, \$s(\cdot)\$ 代表像素点的邻域方差。

$$\text{其中, } g(\cdot) = \sqrt{(g_x)^2 + (g_y)^2} \quad (4)$$

$$g_x = [f(x_{m+1}, y_n, k) - f(x_{m-1}, y_n, k)]/2 \quad (5)$$

$$g_y = [f(x_m, y_{n+1}, k) - f(x_m, y_{n-1}, k)]/2 \quad (6)$$

$$d(P'_k, k') = \sqrt{(x'_m - x''_m)^2 + (y'_n - y''_n)^2} \quad (7)$$

$$m(\cdot) = ((1/n) \sum_{i=1}^n f(p_i)) \quad (8)$$

$$s(\cdot) = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (f(p_i) - m(\cdot))^2} \quad (9)$$

其中, \$n\$ 代表某像素点邻域的像素点总数。实验表明, 取 \$n = 5 \times 5\$ 比 \$n = 3 \times 3\$ 效果好。\$u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\$ 代表权重, 表示上述各分量对总的匹配程度的贡献程度。实验表明, 较合理的权值可取 \$u_1 = 1/2, u_2 = 1/2, u_3 = 1, u_4 = 1, u_5 = 1\$。

依次遍历窗口 1 中的所有点, 根据式(2) 计算对应点的坐标; 再对对应点进行如式(3) 的计算。当式(3) 中的 \$\Delta V\$ 为最小时, 说明此匹配点对是窗口中的最佳匹配点对, 设为 \$P'_{kb}\$ 和 \$P''_{kb}\$。根据线性插值公式即可得到插值层对应窗口中心点的灰度值。

2 实验结果

为验证文中提出的改进的基于对应点匹配灰度插值算法的有效性, 采用一组 \$352 \times 520\$ 像素的眼球切片在 PC 机上作实验。取其中形态差异较大的相邻两张, 分别用线性插值、传统的对应点匹配插值和文中提出的改进的对应点匹配插值计算出其 \$1/2\$ 处的插值图像。得到的结果如图 1 所示。

由图 1 可以看到, 线性插值图像细节处(晶状体部分)和边界处(玻璃体后边缘)明显模糊, 特别是晶状体后边缘出现明显的双重轮廓, 形态失真, 图像平滑, 不够清晰。传统的基于对应点匹配的插值图像较清晰, 晶状体后边缘没有明显的双重轮廓, 插值结果与原始切片形态差异较线性插值小。而改进的对应点匹配的插值图像内部细节和边缘较清晰, 眼球晶状体部分伪像少, 视网膜后的肌肉组织与原始切片形态差异也较

前两者小。

图 2 是三种算法 1/2 处的插值图像与实际图像的误差图像。可见,改进的对应点匹配的灰度插值算法的实验结果要优于线性插值和传统对应点匹配的实验结果。

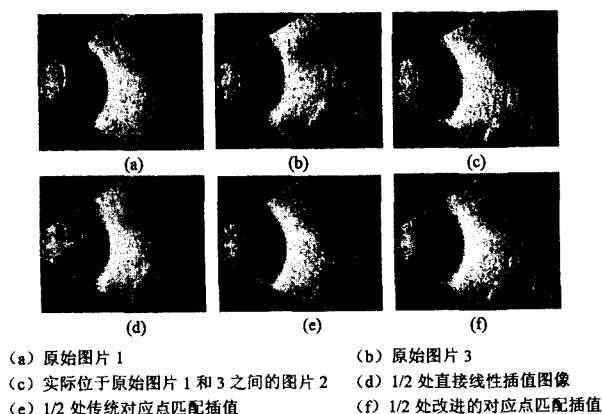


图 1 眼球图像不同灰度插值结果示意图

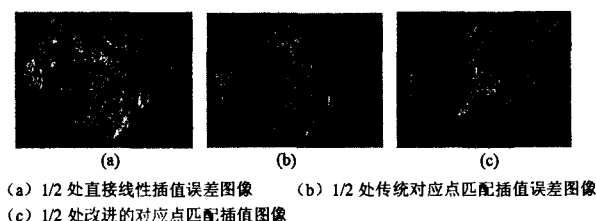


图 2 误差图像

(上接第 101 页)

该阶段由两个软件模型完成。XML 生成器将计算模型转换成基本的由 XML 文档表示的执行方案,然后由 RSL 生成器将 XML 文档转换成 RSL 脚本。

(4)通过资源分配管理执行产生的执行方案。

执行管理器通过 Globus GSI 服务为网格用户认证授权,并将 RSL 脚本递交给 Globus 网格资源分配管理服务 (GRAM) 执行。执行管理器在整个数据挖掘计算的生命周期中还起到作业监视的功能。

4 结 论

网格架构发展迅速,所支持的程序的种类日益多样化,可使用的工具也日趋完善和复杂。网格服务的发展方向已从原先的基本的面向计算的服务转到高级信息管理和知识发现服务上来。知识网格系统为分布式数据挖掘和基于网格服务的知识发现定义了一个集成的体系结构。该体系结构推动了地理位置分布的大规模数据集的数据挖掘。利用 VEGA 图形化辅助工具,可以方便地实现分布在网格各结点中的数据挖掘和知识抽取,为科学和工商业提供潜在而非常有价值的信息,促进经济和科技的迅猛发展。

3 结束语

改进的基于对应点匹配的图像插值算法在原有对应点匹配思想的基础上,有效地减少了由于不同组织区域匹配点插值所导致的边界模糊重叠和形态失真,保证了图像插值的质量,插值结果可较好地运用于眼球的三维重建。并且,本算法在 PC 机上易于实现,是一种实用、有效的图像插值算法。

参考文献:

- [1] Grevera G J, Udupa J K. An objective comparison of 3-D image-interpolation methods[J]. IEEE Trans Med Imaging, 1998, 17(4): 642-652.
- [2] Chuang K S, Chen C Y, Yuan L J. Shaped-based gray-level image interpolation[J]. Phys Med Bio, 1999, 44(6): 1565-1577.
- [3] 邹鹏程,尹学松. 基于断层图像分割的三维匹配插值[J]. 计算机工程与应用, 2004(24): 80-82.
- [4] 屈景怡,史浩山. 一种基于轮廓形状的胸部医学图像插值方法[J]. 计算机工程与应用, 2005(11): 218-220.
- [5] 陈灵娜,陈增科. CT 断层图像匹配插值算法的研究与实现[J]. 南华大学学报, 2005, 19(1): 73-75.
- [6] Penney G P, Schnabel J A, Rueckert D. Registration-Based Interpolation[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2004, 23(7): 922-926.

参考文献:

- [1] 陈平,王柏,徐六通,等. 数据挖掘网格的关键技术与挑战研究[J]. 电信科学, 2006(22): 52-56.
- [2] 都志辉,陈渝,刘鹏. 网格计算[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [3] Cannataro M, Talia D, Trunfio P. KNOWLEDGE GRID: High Performance Knowledge Discovery on the Grid[C]// Proceedings of the Second International Workshop on Grid Computing. [s.l.]: [s.n.], 2001: 38-50.
- [4] Cannataro M, Talia D, Trunfio P. Distributed data mining on the grid[J]. Future Generation Computer Systems, 2002, 18(8): 1101-1112.
- [5] 魏定国,彭宏. 基于知识网格的数据挖掘[J]. 计算机科学, 2006, 33(6): 210-213.
- [6] Cannataro M, Talia D, Trunfio P. Design of distributed data mining applications on the Knowledge grid[C]// In: Proceedings National Science Foundation Workshop on Next Generation Data Mining. Baltimore: [s.n.], 2002.
- [7] Cannataro M, Congiusta A, Talia D, et al. A Data Mining Toolset for Distributed High-performance Platforms[C]// Proc. Conf. Data Mining 2002. Bologna, Italy: Wessex Inst. Press, 2002.