

可视化技术在医学中的应用

封子军 吕英华

(东北师范大学计算机学院 长春 130024)

摘要 医学图像可视化技术作为有力的辅助手段,能够为医生提供具有真实感的三维医学图像,便于医生从多角度、多层次进行观察和分析,在辅助医生诊断、治疗等方面都发挥着重要的作用。本文就三维可视化技术及其在医学中的三维数据重构技术进行阐述和讨论。

关键词 医学图像,三维,可视化技术

1 引言

在医学领域中,断层扫描图像(CT)、核磁共振图像(MRI)、正电子发射型计算机断层显像(PET)等影像技术在医学临床上的成功应用,使对人体进行无检查以及诊断成为现实,很大程度上减轻了患者身体上和精神上的痛苦。医生可以观察用通过二维图像重构成的三维可视化信息,以非常直观的形式获得患者的健康信息,可见其在疾病的诊断、治疗过程等方面发挥了重要的作用。

近几年来,利用组织学切片图像对人体进行三维重构成为一个热点,美国国立医学图书馆实施了一项可视人体的项目(Visible Human Project, VHP),获得人体组织的三维数据集^[1]。目前,有许多国家都利用该数据集进行医学图像处理的开发,并取得了很多的成果^[4-6]。

2 三维可视化技术在医学中的应用

在医学信息可视化的研究中出现了多种模式的技术,例如CT、MRI、PET以及SPECT。在现代医学诊断中,医生可以通过计算机对得到的病人病变部位的一组二维断层图像合成的三维图像从多角度、多层次进行观察和分析,会在很大程度上提高医疗诊断的准确性和可靠性。

2.1 可视化技术概述

科学计算可视化(可简称为科学可视化或可视化)是基于日趋成熟的图形学的图像处理技术,充分发挥人的视觉潜力,以图形、图像及动画等视觉表现形式展现计算与数据的本质,并允许与计算和数据进行交互^[2]。它是在吸收图像处理、计算机视觉和计算机图形学学科有关知识的基础上发展起来的。传统的计算机图形学只关心物体表面的几何表示、变换和显示问题;而可视化则研究物体内部信息的体数据的表示、操作和显示等问题。因此,体数据比表面包含的信息更丰富、更完整,而且更适合于表示不规则的与无形的目标。正因为如此,可视化具有

传统的计算机图形学无可比拟的优越性,展示出旺盛的生命力。

2.2 三维体数据

三维体数据可以看成是由许许多多个体素组成。当固定某一维,就得到一副二维图像,称之为断层图像或切片^[7]。三维医学图像可视化的任务是从医学体数据(CT、MRI)中建立精确的并具有真实感的对象视图,最后成像在二维平面上,它之所以称之为三维图像,是为了区别于二维切片图像。这方面的研究始于20世纪70年代,并且成功地从CT图像中重构了骨头的三维结构。以后这项技术也被应用于其它领域,虚拟内窥镜技术就是在这基础上发展起来的。

2.3 图像插值技术^[2,3]

断层扫描图像的数据是各层片位置上的强度(灰度)数值,层的间隙处没有数据。要从扫描得到的三维体数据重构物体的表面或三维结构,由于片数不足,缺乏第三维的信息。重构的图像往往是很薄的一段,产生严重畸变,失去三维的意义。这时就要在这些层片中内插一些层片。但这些新插入层片的数据不是直接来源于实际数据,而是通过算法用已有层片计算出来的。

2.3.1 二维图像灰度插值 如图1所示,已知四个格点上的灰度值,求出非格点 (u_0, v_0) 处的灰度 $f(u_0, v_0)$ 。

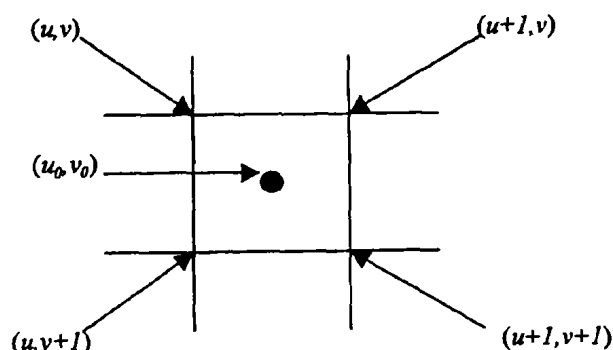


图1

1) 最近邻插值 是用四个相邻格点与 (u_0, v_0) 点最近的点的灰度值作为该点的灰度值, 如图所示有 $f(u_0, v_0) = f(u, v)$, 这种方法只用到距离一个点的灰度值, 简单、快速。但像素间高精度差值大时, 此法的误差也较大。

2) 双线性插值法 用 $[S]$ 表示不超过 S 的最大整数, 则 $u = [u_0]$, $v = [v_0]$, $\alpha = u_0 - [u_0]$, $\beta = v_0 - [v_0]$ 。根据 (u_0, v_0) 4 个邻点灰值, 插值计算 $f(u_0, v_0)$, 首先做水平方向插值。

第一步: 从 $f(u, v)$ 及 $f(u+1, v)$ 求 $f(u_0, v)$, 即

$$f(u_0, v) = f(u, v) + \alpha[f(u+1, v) - f(u, v)]$$

第二步: 从 $f(u, v+1)$ 及 $f(u+1, v+1)$ 求 $f(u_0, v+1)$ 即

$$f(u_0, v+1) = f(u, v+1) + \alpha[f(u+1, v+1) - f(u, v+1)]$$

最后, 做垂直方向插值:

$$f(u_0, v_0) = f(u_0, v) + \beta[f(u_0, v+1) - f(u_0, v)] = f(u, v)(1-\alpha)(1-\beta) + f(u+1, v)\alpha(1-\beta) + f(u, v+1)(1-\alpha)\beta + f(u+1, v+1)\alpha\beta$$

这样, 根据 4 个邻点灰值, 做两个方向、共 3 次线性插值。

3) 多项式插值 插值多项式为: $y = c_0 + c_1x + c_2x^2 + \dots + c_nx^n$

因为是 n 阶多项式, 须用 $n+1$ 个数据点来求出 $c_0, c_1, \dots, c_n$ 。通过线性方程组可对各系数求解, 考虑到图像数据量较大, 一般取三次多项式, 精度基本可以保证, 对每一维, 三次多项式插值要用同一直线方向上的 4 个数据点做内插。

4) 二维图像的三次多项式插值 如图 2 所示, 对于二维医学图像插值须考虑 16 个邻点灰值影响。从 (u_0, v_0) 的 16 个邻点灰值插值计算 $f(u_0, v_0)$ 的过程如下: 定义两个中间变量 α 和 β , $\alpha = u_0 - [u_0]$, $\beta =$

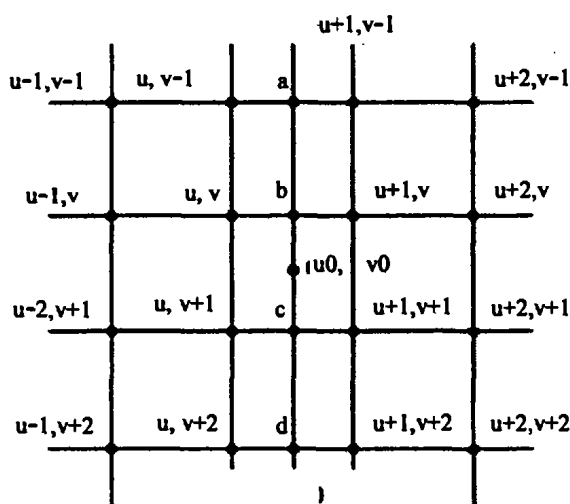


图 2

$v_0 - [v_0]$ 。同双线性插值的方法在 4 条水平直线上分别用三次多项式插值计算点 a, b, c, d 处的灰度

值, 得到 $f(u_0, v-1)$ 、 $f(u_0, v)$ 、 $f(u_0, v+1)$ 、 $f(u_0, v+2)$ 。然后对 a, b, c, d 点在垂直方向上再做三次多项式内插得到 $f(u_0, v_0)$ 。

2.3.2 三维图像灰度插值方法 最常用的是三线性插值, 见图 3, 待插值的点 $G(u_0, v_0, w_0)$ 的相邻角点为 V_i , 对应灰度值 $f_i, i=1, 2, \dots, 8$ 。

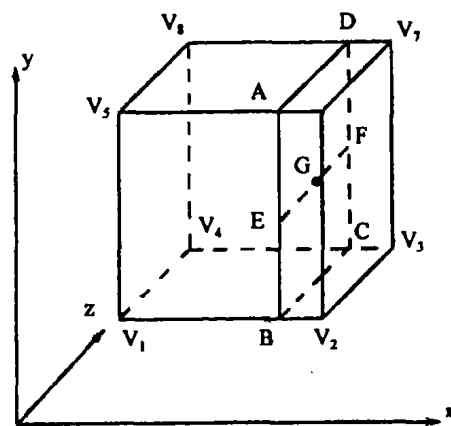


图 3

利用 8 个邻点灰值计算 G 点的灰度值, 须做 3 个方向(x, y, z 方向)的线性插值。首先令 $x = u_0$ 得到的平面点 G 所在体素相交于 A, B, C, D 4 点。在 x 方向做 4 次线性插值: $f_5, f_6 \rightarrow f_A; f_1, f_2 \rightarrow f_B; f_4, f_3 \rightarrow f_C; f_8, f_7 \rightarrow f_D$, 再令 $y = v_0$, 得到过 G 点的平面与平面 ABCD 相交于 E 和 F 两点。在 y 方向做二次线性插值: $f_A, f_B \rightarrow f_E; f_D, f_C \rightarrow f_F$ 。最后令 $z = w_0$, 得 G 点。在 z 方向再做一次线性插值: $f_E, f_F \rightarrow f_G$ 。

可见, 三线性插值在 3 个方向共计做 7 次插值。三线性插值的特点是计算简单, 对体数据插值应用得较多。

2.4 三维重构技术在医学上的具体应用主要体现在以下几个方面

1) 定义 3D 解剖图谱(下图左为人脑的 3D 图像)。以脑图谱为例, 目前使用较多的 Talairach 脑图谱就是一个由组织学切片重构所得的三维图像, 它详细标记了人脑各个解剖结构的位置。Talairach 标准空间一个三维正交栅格坐标系。



2) 构造虚拟人体(上图右为中国虚拟人女 1 号)。所谓虚拟人体就是利用各种技术来重现一个
(下转第 136 页)

这样就得到了式

$$Z' = -\frac{1}{a} \left[1 + \frac{b(a-1)}{t} \right]$$

将它代入(1)式用平移算就可得到所需的数字高通 $i = 1, 2, \dots, n_0$ 。

我们就求得了 t 的函数,对 t 进行操作我们可得 m 的函数。

最后对 m 的函数平移 $(a+1)/b$ 个单位即可。

算例 通滤波器的系统函数 $H(z)$ 。具体步骤如下:

$$(1) \text{ 令 } a'_i = a_i(-1/a) \quad b'_i = b_i(-1/a)$$

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

(2) 对 a'_i, b'_i 平移一个单位,得 $a''_i, b''_i \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

(3) 令 $a'''_i = a''_{n-i}(b(a-1)/a)^i \quad b'''_i = b''_{n-i}(b(a-1)/a)$

$$H(Z') = \frac{z'^2 + 2z' + 1}{4z'^2}$$

令 $\alpha = 2, b = 2$ 得带通函数 $H(z)$

$$H(Z) = \frac{0.25z^4 - 0.5z^2 + 0.25}{z^4 + 4z^3 + 8z + 4}$$

3 从数字低通到数字带阻的转变

与低通到带通基本相同,只要令 $a = (1-k)/(1+k) \quad b = 2\alpha/(1+k) \quad p_0 = 1/a$ 就可完成从数字域到数字域的变换,这里不再赘述。

算例

$$H(Z') = \frac{z'^2 + 2z' + 1}{4z'^2}$$

令 $a = 2, b = 2$ 得带阻函数 $H(Z)$

$$H(Z) = \frac{2.25z^4 + 3z^3 + 8.5z^2 + 6z + 2.25}{z^4 + 4z^3 + 8z + 4}$$

3 特点

1. 运算速度快。低通到低通普通算法的乘法次数是 $(n+2)2^n - 2$, 而用数字平移算法的乘法次数是 n^2 ; 低通到高通普通算法的乘法次数是 $(n+2)2^n - 2$, 而用数字平移算法的乘法次数是 n^2 ; 低通到带通普通算法的乘法次数是 $(3^n - 1)/2 + 2n3^n$, 而用数字平移算法的乘法次数是 $32^{n-1} + 4n^2 + 4n$;

低通到带阻普通算法的乘法次数是 $(3^n - 1)/2 + 2n3^n$, 而用数字平移算法的乘法次数是 $32^{n-1} + 4n^2 + 4n$;

从上面的比较清楚地看出数字平移算法的运算速度远快于普通算法。

2. 节约计算机内存。由于平移不需要中间结果,因此计算机内存就可节约许多,更有利于运算平台大众化。

3. 运算精度高。算法本身主要用的是平移和加法运算,各种误差的积累和传输机会小。

参考文献

- [1] 哈里 Y-F 拉姆著. 模拟和数字滤波器设计与实现. 人民邮电出版社, 1985. 313 ~ 334
- [2] 李师正. 多项式代数. 山东人民出版社, 1981

(上接第 105 页)

人和各个方面。其中主要的是形态和功能两大方面。

3) 基于组织学切片的三维重构图像在其它方面也被广泛地应用,如一定程度上应用到计算机辅助外科学(CAS)上,帮助医生制订手术计划。另外三维重构还在手术规划与模拟,解剖学教育和医学研究中发挥着重要的作用。

结论 综上所述,可视化技术在医学应用中具有广阔的发展和应用前景,并对提高医学手术规模和医疗水平提供技术保障和支持。未来的医学图像可视化将与虚拟现实技术相结合,创造一个虚拟的环境,让操作者像置身于真实世界一样。在医学实践中,医生可通过三维输入设备直接对病人的模型实施各种手术方案,整个模拟过程和实际的手术过程非常接近,这将会帮助医生制定最有效、最安全的

手术方案,最大程度上减轻患者的痛苦,治愈好患者。

参考文献

- [1] 万里洲. 人脑图谱中图像三维重建方法的研究与实现:[学位论文]
- [2] 石教英,蔡文立. 科学计算可视化算法与系统. 科学出版社
- [3] 罗述谦,周果宏. 医学图像处理与分析. 科学出版社
- [4] DeMarino D P, et al. Three - dimensional computed tomography in maxillofacial trauma. Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.
- [5] Purdy JA. Advances in three - dimensional treatment planning and conformal dose delivery. Semin Oncol, 1997, 24(6)
- [6] Task AAPM Group 25. Report on stereotactic radiosurgery:[Tech Rep 54]. 1995
- [7] 沈海戈,柯有安. 医学体数据三维可视化方法的分类与评价. 中国图像图形学报