

文章编号: 1005—0523(2002)04—0073—03

由平行切片图象重建血管的三维模型

涂晓斌, 蒋先刚, 刘二根, 盛梅波

(华东交通大学 基础科学学院 江西 南昌 330013)

摘要: CT 图象可用于了解生物的组织结构. 若摄取样本的数十、成百个平行切片, 依次逐步分析并采样得到的各平行切片的 CT 图象, 运用计算机就可重建其组织结构的准确的三维模型. 本文提出了用数字矩阵表示 CT 图象的方法, 定义了图象数字矩阵的“交、差、并、抽壳”的运算规则, 并运用这些运算规则对血管切片的 CT 图象进行处理, 求出了血管中轴线与各平行切片的交点及血管的直径, 运用 OLE 自动化技术控制 AutoCAD 实现血管三维图形的重建.

关 键 词: 二值矩阵; 图象处理; CT 图象; Delphi

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

1 问题的提出

假设某些血管可视为一类特殊的管道, 该管道的表面是由球心沿着某一曲线(称为中轴线)的球滚动包络而成. 例如圆柱就是这样一种管道, 其中轴线为直线, 由半径固定的球滚动包络形成.

现有某管道的相继 100 张平行切片的 CT 图象, 记录了管道与切片的交. 图象文件名依次为 0.bmp、1.bmp、...、99.bmp, 格式均为 BMP, 宽、高均为 512 个象素(pixel). 为简化起见, 假设: 管道中轴线与每张切片有且只有一个交点; 球半径固定; 切片间距以及图象象素的尺寸均为 1.

取坐标系的 Z 轴垂直于切片, 第 1 张切片为平面 $Z=0$, 第 100 张切片为平面 $Z=99$. $Z=Z_i$ 切片的 CT 图象中象素的坐标依它们在文件中出现的前后次序为:

$(-256, -256, Z_i), (-256, -255, Z_i),$
 $\dots(-256, -255, Z_i),$
 $(-256, -256, Z_i), (-255, -255, Z_i),$
 $\dots(-255, -255, Z_i),$
 $\dots$

$(-255, -256, Z_i), (-255, -255, Z_i),$
 $\dots(-256, -255, Z_i),$

求管道的中轴线与半径, 并构造其三维虚拟图形. 图 1 为血管组织 100 张平行切片的 CT 图象的 6 张.

2 求解血管模型的构想

由图 1 可知, 血管切片的 CT 图象为黑白图象, 为此可将切片的 CT 图象表示为二值图象, 即用 1 表示黑色象素点, 0 表示白色象素点, 由于问题已假设图象象素的尺寸为 1, 因此图象中的所有象素点可构成一个 0、1 二值矩阵.

令血管切片图象的中心为坐标系的原点, X 轴的正向水平向右, Y 轴正向垂直向上, Z 轴垂直 XY 平面. 根据假设: 管道中轴线与每张切片有且只有一个交点; 球半径固定; 切片间距尺寸为 1. 则在理论上应有如下推导结果:

1) 每张切片的外形轮廓线中有且只有一个以球半径为半径的内切圆.

2) 如图 1—30.dwg 所示: 每张切片的外形轮廓线与血管在 XY 平面中的投影的轮廓线有且只有两个交点, 且这两交点为该切片与球的切点, 两切点

收稿日期: 2002—01—06

作者简介: 涂晓斌(1967—), 男, 江西南昌人, 讲师.

的连线为球的直径,两切点的中点为该切片与血管中心线的交点。

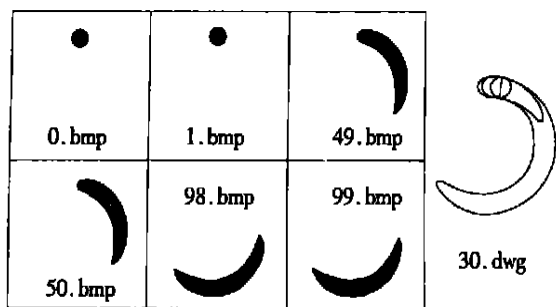


图1 血管切片图象

3) 将这 100 张切片进行叠加交抽取其外形轮廓线(后文称之为“XY 面上血管的包络线”)可近似认为它是血管在 XY 平面中的投影的轮廓线。

3 求血管的半径和轴线

根据上述三个推导结果,通过对这 100 张图象进行“交、交、差、抽壳”运算,可求出血管的半径及三维中轴线。其中对 0、1 二值矩阵进行“交、差、并、抽壳”运算算法定义如下:

- (1) 交运算 $0 \cap 0 = 0; 0 \cap 1 = 0;$
 $1 \cap 0 = 0; 1 \cap 1 = 1.$
- (2) 差运算 $0 - 0 = 0; 0 - 1 = 0;$
 $1 - 0 = 1; 1 - 1 = 0.$
- (3) 并运算 $0 \cup 0 = 0; 0 \cup 1 = 1;$
 $1 \cup 0 = 1; 1 \cup 1 = 1.$
- (4) 抽壳运算 $0 \oplus X = 0; 1 \oplus 1 = 0,$
 $1 \oplus X = 1.$ 即:

●若中心像素值为 0,不管其余 8 像素的值如何,一律保留中心像素值为 0;

●若中心像素值为 1,且其余 8 个像素全为 1,则改变中心像素值为 0;

●除此以外,中心像素值为 1.

根据上述运算规则求出各切片轮廓线分别与 XY 面上血管的包络线的公共点如图 2 所示,其中 $n - (n - 1) \cdot \text{bmp}$ 表示相邻相切片与 XY 面上血管的包络线的公共点求差运算后的结果。对结果分析如下:

●图 2-0.bmp 右边两端点应为第 0 张切片轮廓线与血管球的公切点,取这两点间的距离及中点即为球的直径($D \approx 59$)和该切片与血管中心线的交点;

●图 2-1-0.bmp 中没有像素点,表明第 1 张切片与血管中心线交点的 X、Y 坐标与前一一张切片相同,Z 坐标比前一张大 1;

●图 2-10-9.bmp 中上、下分别有两个像素点,为方便计算,减少误差,在此规定取其最先脱离前一切片轮廓线的点为第 10 张切片轮廓线与血管包络球的公切点;

●依次类推可求出各切片轮廓线与血管包络球的公切点及各切片与血管中心线的交点。

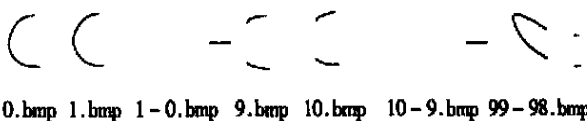


图2 切片与XY面血管包络线公共点

本文运用 Delphi 编程实现上述算法, 如将位图拷贝到 TImage 控件上的程序代码如下(设 TImage 控件名为 PBlood):

```

Procedure TForm1.CopyGraphicsClick(Sender:TObject);
var
  Pt:TImage;
  i,j:integer;
begin
  Pt:=TImage.Create(self);
  Pt.Picture.LoadFromFile('01.bmp');
  for i:=0 to Pt.Picture.Width-1 do
    for j:=0 to Pt.Picture.Height-1 do
      begin
        if pt.Canvas.PixeLe[i,j]=0 then
          PBlood.Canvas.Pixels[i,j]:=0;
        end;
      Application.Process Messages;
    end;
  end;

```

4 在 AutoCAD 中重建血管的三维图形

考虑到用高级语言及 OpenGL 编程来重建血管的三维图形,既要建立复杂的数学模型,又要编写大量的程序。为简便起见,本文运用 OLE 自动化技术控制 AutoCAD 来绘制血管的中心线并重建血管的三维图形(如图 3)。AutoCAD 2000 具有良好的三维实体造型功能,且是一种高度开放结构的 CAD 平台软件,它提供给图形编辑者一个强有力的二次开发环境,许多面向对象的编程语言和应用程序可以通过 ActiveX 技术与 AutoCAD 进行通信,并操纵 AutoCAD 完成指定图形绘制功能。AutoCAD 作为一服务器程序时,提供了外部客户程序可访问的对象、方法和属性。AutoCAD 2000 的对象具有紧密的级联关系,其中,Application 对象是 AutoCAD 的一个主要对象,其它对象由此而派生。如果用户需要操作一

特定的图形对象，就必须由这个基本对象出发，通过其他一些相关的中间对象级联这个图形对象，并对这个对象实施其方法或者编辑它的属性。例如，要在 AutoCAD 中画一球体，可使用 Sphere 对象中的有关方法和属性，其相应的对象级联和操作为 AutoCAD· Application → ActiveDocument → ModelSpace → AddSphere。如用 Delphi 控制 AutoCAD 绘制数组 array (i,j)表示的二值图象矩阵所对应图形的代码如下（其中数组 array 为全局变量）：



图 3 血管三维图形

```
Procedure TForm1. BmpDwgClick(Sender:TObject) ;
var
  Acad, AcadDoc, Mspace, pt ; OleVariant ;
  i, j ; integer ;
begin
  try
    //检查 AutoCAD 是否启动
    Acad := GetActiveObject('AutoCAD.Application')
  except
    //如果没有启动 AutoCAD 则重新启动之
    Acad := CreateOleObject('AutoCad.Application')
  end ;
  Acad.Visible := True ; //显示 AutoCAD 窗口
  AcadDoc := Acad.ActiveDocument ;
  Mspace := AcadDoc.ModelSpace ;
  //在 AutoCAD 中绘制 0、1 二值图象矩阵所对应的图形。
```

```
for i := -256 to 256 do
  for j := -256 to 256 do
    if array[i,j]=1 then
      begin
        pt := VarArrayCreate([0,2], VT-R8) ;
        pt[0] := i ; pt[1] := 256-j ; pt[2] := 0 ;
        Mspace.AddPoint(VarArrayRef(pt)).Update ;
      end ;
    end ;
```

5 结束语

本文通过应用“交、差、并、抽壳”运算对二值图象进行了处理，求出了各切片与血管中心线的交点和产生血管包络的滚动球的直径，应用 OLE 自动化技术在 AutoCAD 中重建了血管的三维图形。从而避免了复杂的数学模型建立的繁琐性，减少程序代码的编写，充分发挥 AutoCAD 的几何辅助虚拟构造的功能，用此方法可处理大量的、复杂的数学问题。另外，通过接口文件可以将 AutoCAD 图形格式的血管模型转换成 OpenGL 可读取的图形格式，在 OpenGL 的编程环境下，可动态地操纵和演示此血管。

参考文献：

[1] 蒋方帅. Delphi 5 程序员指南[M]. 北京：人民邮电出版社，2000.
[2] 孙家广，杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京：清华大学出版社，1994.
[3] 王钰. 用 VBA 开发 AutoCAD 2000 应用程序[M]. 北京：人民邮电出版社，1999.

Rebuilding Vasal 3D Model by Parallel Section Images

TU Xiao-bin, JIANG Xian-gang, LIU Er-gen, SHENG Mei-bo

(School of Natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang Jiangxi, 330013 China)

Abstract : By using CT-image, biological histology can be observed. If many isometry parallel sections of samples, the CT-image of every parallel section by analysing and sampling can be taken and the accurate 3d model of histology by computer can be rebuild. In this paper, a method of using digit matrix to express CT-image is put forward, it defines digit matrix operation rules, as intersection, difference, union, and shell, and uses these rules to process CT-images of vasal section, computes these intersection point of vasal mean axis with every parallel section and vasal diameter, and rebuilds vasal 3d model in AutoCAD by OLE automation technique.

Key Words : two values matrix ; image-process ; CT-image ; delphi