

数图大作业 2 报告

班级：_____ 自 93

学号：_____ 2019010850

姓名：_____ 王逸钦

完成日期：_____ 2021/12/12

一 整体思路

本次作业要求从 CT 图像中分离出气管和肺部。

观察 CT 图像切片不难发现，肺内部和气管内部因含有空气 CT 值较低；而气管壁和肺壁等人体组织的 CT 值较高，利用这一特点可以首先逐切片分离出可能的气管与肺。由于气管被气管壁包围，肺被肺壁包围，因此可以逐切片取面积合理的连通域，作为可能的气管和肺。

气管与肺在三维层面也构成一个连通域，因此在上述切片构成的三维形体中求取连通域，通过连通域的体积即可大致判断出该连通域是否是肺或气管(肺的体积较大，而气管的体积较小)。以这种方法求得的“肺”包含气管，减掉气管即得到最终的肺部。

二 气管分割算法

1) 窗技术

CT 的前处理经常使用窗技术，将原图中某一亮度范围内的像素线性变换到 $[0,1]$ 区间，超出该亮度范围的像素置 0 或置 1。参照肺窗的经典参数，并根据本次 CT 图像的实际处理需求进行调整，最终我选择窗位(WL)=-150，窗宽(WW)=1500 的参数设置，处理效果如图 1。

2) 二维切片处理

1 二值化

使用 Otsu 算法(graythresh())自动确定的阈值对二维切片图像二值化，并进行黑白交换，让我们感兴趣的“空气”(气管)部分变为白色，便于后续寻找连通域。

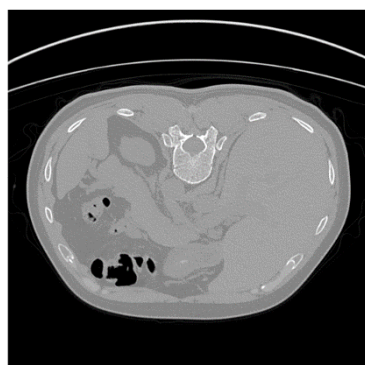


图 1：窗技术处理后

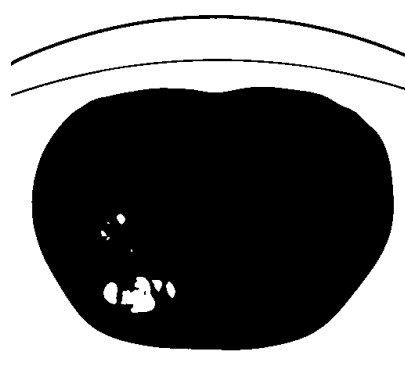


图 2：二值化并黑白交换

2 寻找气管连通域

二维切片中，气管未必被气管壁完好包裹，因为某些支气管最终通向肺部，使得某些切片的气管和肺相连通。以 5 号数据为例，下方给出气管手工分割真值(图 3)和未加入“腐蚀与膨胀”(后文详述)算法运行出的气管分割结果(图 4)：

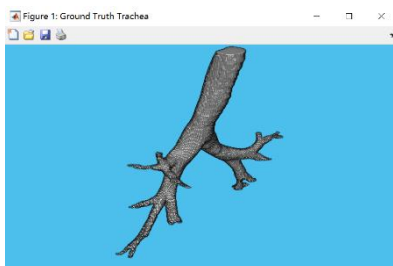


图 3：手工分离（真值）

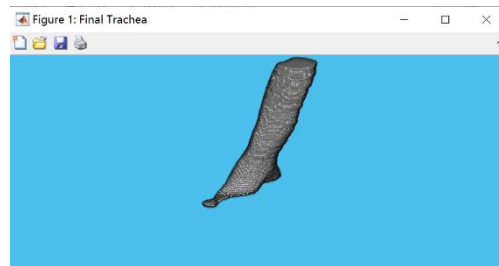


图 4：最终结果(无“腐蚀与膨胀”算法)

可以发现支气管部分未被分出。这是因为本例的 183~191 层切片中，气管与肺部连通，导致连通域算法对分离气管失效。以 182 切片(上图，分离有效)、183 切片(下图，分离失效)的切片图为例，可以发现正是中部切片的支气管与肺部连通(图 6)，导致其未被连通域算法识别为独立的连通域，从而在三维上产生了“断层”(图 5)，该断层让后续三维连通域处理时直接舍弃与主气管不相连的支气管(图 4)。

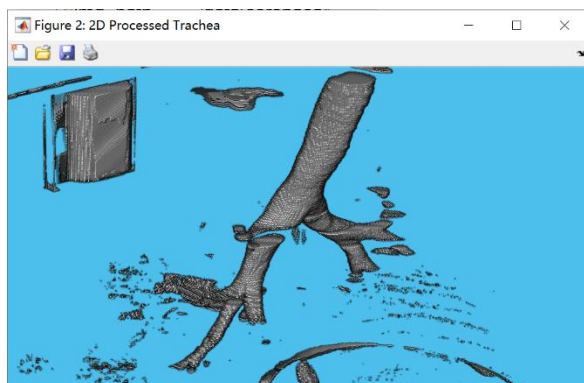


图 5：二维切片处理结果(无“腐蚀与膨胀算法”)

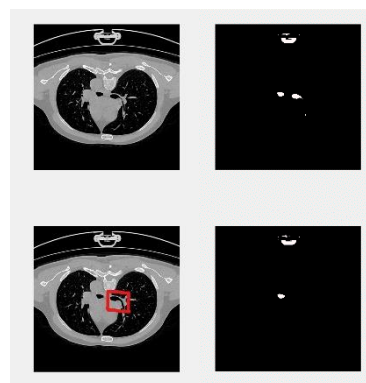


图 6：切片图及分割结果

为解决上述问题，我采用腐蚀与膨胀算法。具体而言，先对二维图像进行腐蚀(imerode())，让气管被气管壁侵蚀变小，以期望气管和肺相连的细通路被侵蚀掉。然后对图像的连通域进行统计(bwlabel(), tabulate())，寻找占总面积 0.5% 以内的连通域作为气管的备选。最后再对图像膨胀(imdilate())，让气管变回原本的粗度。结果如图 7，无断层。(注：腐蚀核与膨胀核参数选择后文详述)

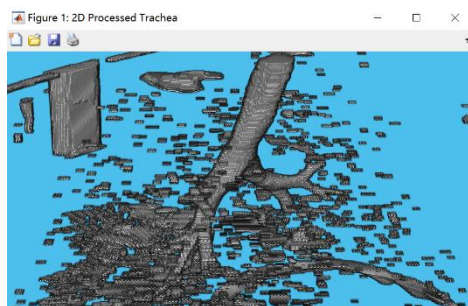


图 7：二维切片处理结果

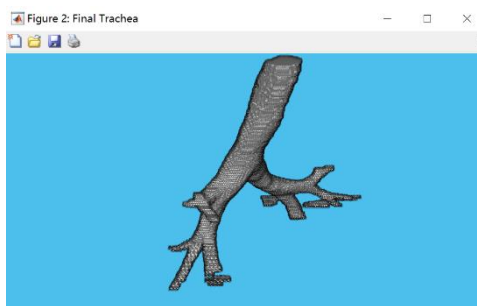


图 8：最终结果

3) 三维连通域处理

寻找最大连通域。具体而言，使用 `bwconncomp()` 在二维切片处理结果中寻找连通域，计算每个的体积，寻找其中体积最大的，即认为是气管。需要注意排除例外情况，可能存在某些体积大于气管的连通域，此处我跳过所有未包含最末切片(颈部)的连通域，因为气管必然延伸到颈部，而干扰项则未必。经测试，排除干扰项之后 3 组数据均可顺利分得气管。以 7 号数据为例，展示排除干扰项的作用：

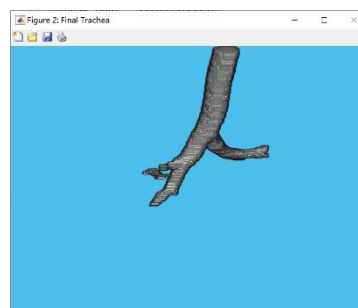
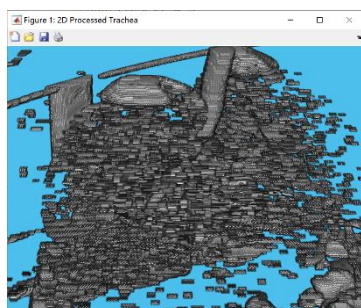


图 9：二维切片处理结果

图 10：最终结果(未排除干扰)

图 11：最终结果

三 肺部分割算法

与气管分割算法基本一致，仅列举二者的区别如下：

- 1) “二维切片处理”的“寻找连通域”部分，无须“腐蚀与膨胀”算法，且要寻找占总面积 25% 以内的连通域作为肺部的备选；
- 2) “三维连通域处理”部分的干扰项排除方法，要求连通域的每个切片不包括太靠上(行号小于 $0.05 \times \text{行数}$)及太靠下(行号大于 $0.95 \times \text{行数}$)的元素，因为肺部应大体位于 CT 图像的中部。这一排除方法可以有效排除 7 号数据中一块比肺的体积更大的连通域的干扰，如图 12~图 15。

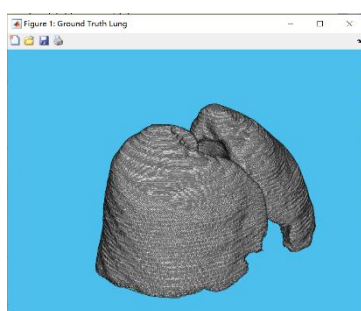


图 12：手工分离（真值）（放大）

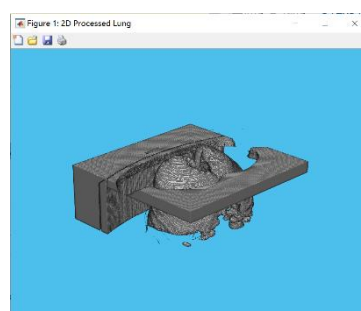


图 13：二维切片处理结果

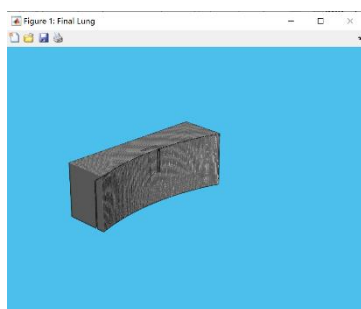


图 14：最终结果(未排除干扰)

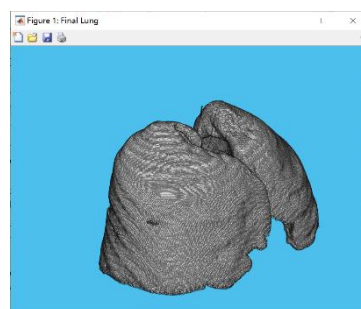


图 15：最终结果（放大）

四 参数选择与结果

- 腐蚀核与膨胀核

腐蚀和膨胀算法需要手动指定运算所用的 kernel，为此我尝试了菱形(diamond)，圆盘(disk)，方形(square)三类 kernel，并分别试验了不同尺寸的表现，仅列出基本成功分出气管的 kernel 选项列出如下表：（每类 kernel 进一步增大或减小尺寸都将导致气管 Dice 锐减，不再列出）

核	气管 4 Dice	气管 5 Dice	气管 7 Dice	气管 DiceAvg
菱形 2	0.7146	0.8312	0.8054	0.784
菱形 3	0.8120	0.8845	0.7713	0.823
菱形 4	0.9009	0.9029	0.8789	0.894
圆盘 3	0.8786	0.8650	0.7437	0.829
方形 5	0.8241	0.8383	0.8487	0.837

菱形 n 表示对角线宽为 $(2n+1)$ 的正菱形，圆盘 n 表示直径为 $(2n+1)$ 的圆形，方形 n 表示边长为 n 的正方形。对比 Dice 可知，“菱形 4”最优，气管 Dice=0.894。使用此 kernel 进一步计算肺部分割 Dice，得肺部 Dice=0.967。

肺部 4 Dice	肺部 5 Dice	肺部 7 Dice	肺部 DiceAvg
0.9741	0.9732	0.9545	0.967

五 困难、解决、收获

本次作业的一大难处在于我对 CT 数据并不熟悉，对肺部、气管等人体结构及其相对位置也不足够熟悉。很多医学方面的基础处理(如窗技术用于前处理)都是上网查阅才得知的，这给起步造成了困难。

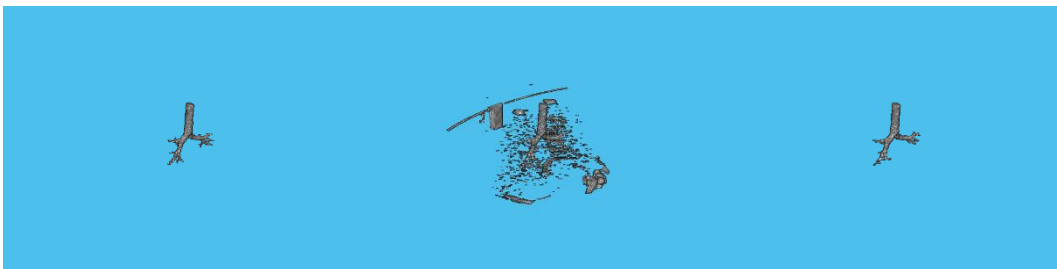
算法设计方面，先逐切片分析，再进行三维整体分析的思路已在示例代码中给出。按此思路，一个基于连通域的方法就浮出脑海。只需要在二维、三维分别求取连通域，并选取那个包含有气管/肺部的连通域即可。

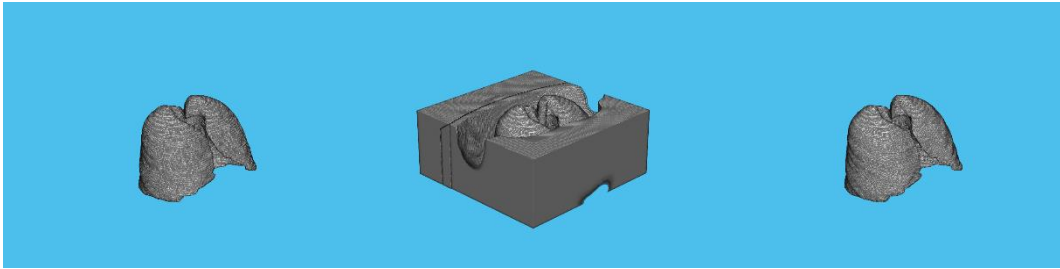
算法设计的困难主要在于两处：1.二维处理时，部分切片气管与肺部连通使连通域算法失效，用腐蚀/膨胀法得以解决；2.三维处理时，存在气管/肺部更大的连通域干扰，根据干扰项及气管/肺部的特征设计排除算法得以解决。

这次作业令我惊异的在于，仅凭传统形态学算法也可以分离出 CT 图像中我们感兴趣的部分，且成功率不算太低。虽然当今的实用算法已全面转向监督学习，但传统算法仍在前处理等方面有不可忽视的应用。本次作业让我对传统形态学算法更熟悉，并首次接触医学相关应用主题，有所收获。

附：图像数据

- 4 号



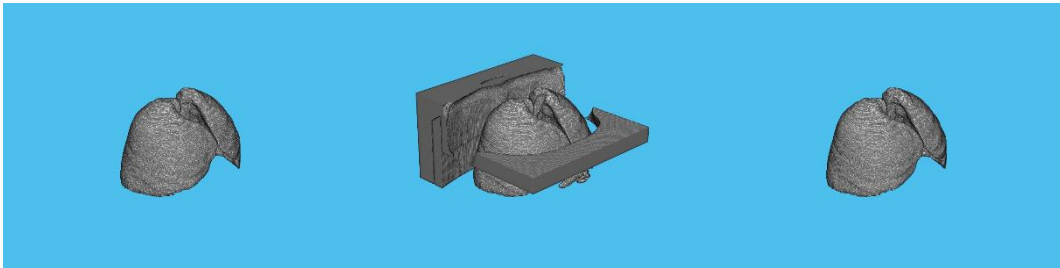


GT

2D

3D

● 5 号

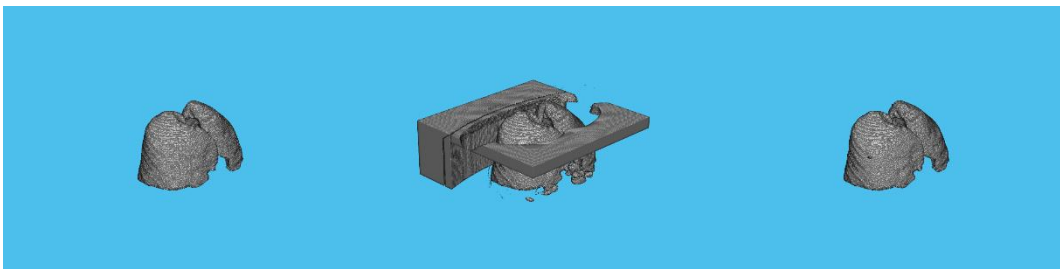
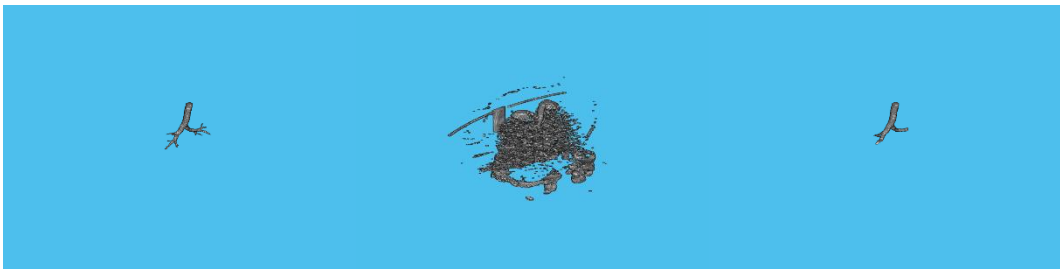


GT

2D

3D

● 7 号



GT

2D

3D