



医学影像分析

Medical Image Analysis




王宽全

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

第5章 医学分割概述和基础方法介绍（上）

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine



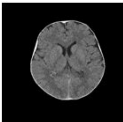
回顾

X光

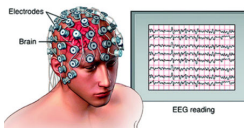

超声

CT

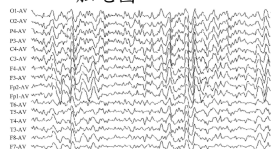

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

回顾

脑电图

核磁共振

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

本章研究的问题

1. 什么是**图像分割**？
2. 为什么要对医学图像进行分割？
3. 与自然图像分割相比，医学图像有哪些分割**难点**？
4. 有哪些常用的医学图像分割**方法**？

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 图像分割基本定义
- 医学图像分割的目的
- 医学图像分割难点
- 医学图像分割方法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 图像分割基本定义
- 医学图像分割的目的
- 医学图像分割难点
- 医学图像分割方法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

图像分割基本定义

令 R 表示一幅图像，可以将图像分割的过程视为将 R 分为若干个子区域 R_1, R_2, \dots, R_n 的过程，且满足：

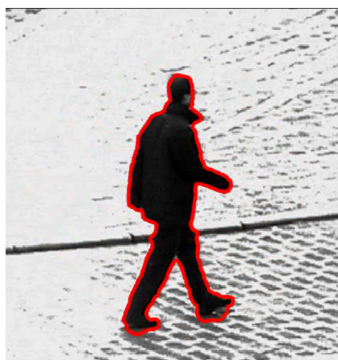
- $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$;
- R_i 是一个连通集, $i = 1, 2, \dots, n$;
- 对于任意的 i 和 $j, i \neq j$, 有 $R_i \cap R_j = \emptyset$;
- $Q(R_i) = TRUE, i = 1, 2, \dots, n$;
- 对于任意的 R_i 和 R_j , 有 $Q(R_i \cup R_j) = FALSE$ 。

源自《数字图像处理·第四版》冈萨雷斯，
阮秋琦等译

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Segmentation: Brightness



Mumford, Shah '89, Chan, Vese, TIP '01

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Segmentation: Color



Keuchel et al. PAMI '03



Nieuwenhuis, Cremers PAMI '13

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

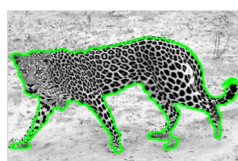
Segmentation: Texture



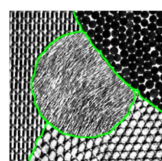
Brox, Weickert, ECCV '04



Heiler, Schnörr, IJCV '05



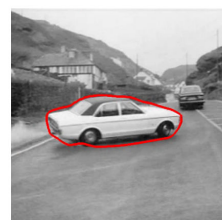
Awate et al., ECCV '06



Awate et al., ECCV '06

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Segmentation: Motion

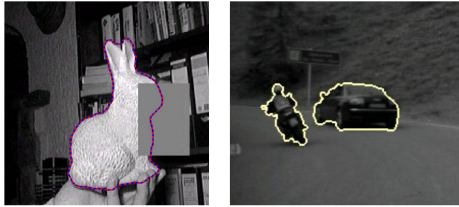


Cremers, Soatto, Motion Competition, IJCV 2005.

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Segmentation: Brightness and Shape



Cremers et al., ECCV '02 Schoenemann, Cremers PAMI '09

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Semantic Multilabel Segmentation

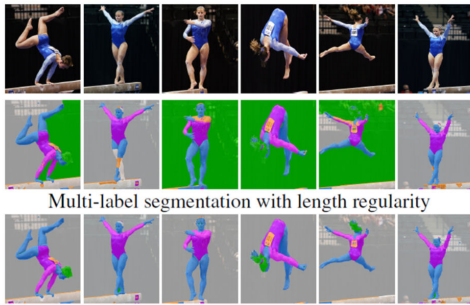


Souiaï et al., EMMCVPR '13

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

Semantic Multilabel Segmentation



Multi-label segmentation with length regularity

Multi-label segmentation with proportion priors

Nieuwenhuis, Strelakovsky, Cremers, ICCV '13

HIT •

dicine

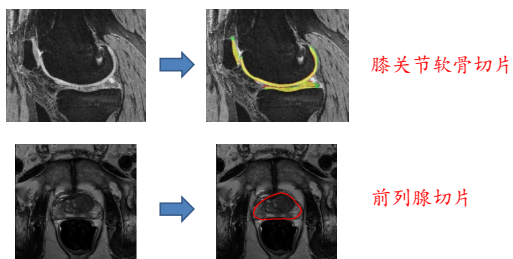
目录

- 图像分割基本定义
- 医学图像分割的目的
- 医学图像分割难点
- 医学图像分割方法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割的目的



膝关节软骨切片

前列腺切片

医学图像分割提供了一种非侵入式的诊断人体结构的方法，可以辅助医生观测解剖结构，定位病理区域，跟踪病情发展，评估放射治疗和外科手术的必要性。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 图像分割基本定义
- 医学图像分割的目的
- 医学图像分割难点
- 医学图像分割方法

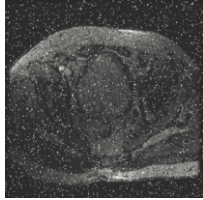
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割难点



(a)非同质性



(b)噪声

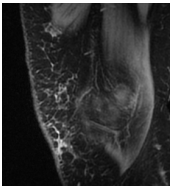
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

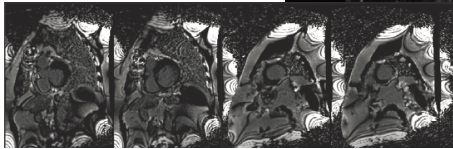
医学图像分割难点



(c)遮挡



(d)低对比度



(e)形状变化

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割难点



(a)原始图像



(b)存在部分容积效应的图像

部分容积效应 (Partial Volume Effect, PVE): 在同一扫描层面中含有两种或两种以上不同密度的物质时, 所测值是这些物质信号值的平均, 不能反映其中任何一种物质的信号值。PVE是各种医学影像设备中经常出现的问题。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

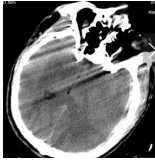
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割难点

伪影 (Artifacts): 在医学成像过程中, 所有不同类型的非随机性干扰在图像上的表现, 即受检体中根本不存在的组织和病灶的影像。

伪影的产生一般与受检者和成像设备有关包括:

- 1) 运动伪影
- 2) 受检者体内/体表高密度组织结构;
- 3) 受检者体内/体表植入体
- 4) 射线强度
- 5) 图像显示系统
- 6) 探测器电压不稳



(a)存在伪影的CT图像

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 图像分割基本定义
- 医学图像分割的目的
- 医学图像分割难点
- 医学图像分割方法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割方法



以卷积神经网络的流行节点 (LeNet,1994)

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

目录

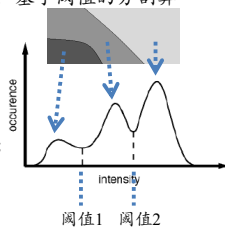
- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

阈值法

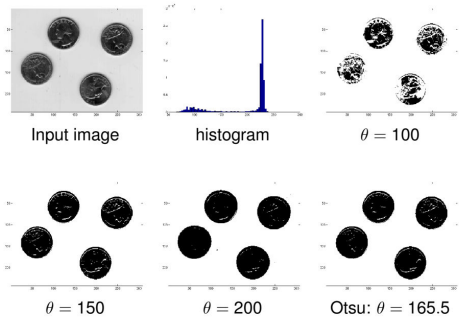
阈值 (Threshold) 分割: 通过选择某一个或多个强度值, 将图像分为两类或多类 (两类以上)。

优点: 当图像各组织强度之间差异明显时, 基于阈值的分割算法是最简单而又有效的。

缺点:
一个阈值只能分割两类;
不能分割多通道图像;
只能通过交互, 由人的视觉判断选择阈值;
没有考虑空间信息。



Thresholding



目录

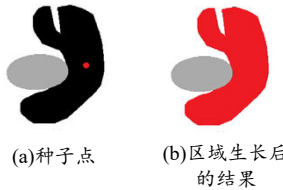
- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

区域生长

区域生长 (Region Growing): 人工手动选择区域生长种子点, 根据预设的相似性准则, 提取所有与种子点连通的像素点。当区域边界相交时, 停止生长。

优点: 算法简单, 对于均匀分布的连通目标分割效果较好。

缺点:
需要人工设置种子点;
串行算法;
对噪声敏感;
分割出的区域可能存在空洞。



目录

- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- **分裂-合并**
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

分裂-合并

分裂-合并 (Split-merge)：首先确定一个分裂合并准则，即区域一致性准则。从图像出发不断分裂得到若干子区域，当相邻区域满足一致性准则时，合并区域。分裂合并过程不断重复，直到不再满足分裂合并准则为止。

按照谓词逻辑，整个过程可以描述为：

- 1.对于任何区域 R_i ，如果 $P(R_i)=FALSE$ ，就将每个区域都拆分为4个相连的象限区域；
- 2.将 $P(R_i \cup R_k)=TRUE$ 的任意两个相邻区域 R_i 和 R_k 进行聚合；
- 3.当再无法进行分裂或合并时操作停止。



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- **分类器**
- 图割法

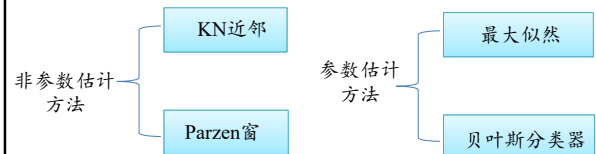
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

分类器

分类器(classification)方法是一种模式识别技术，可以对从带标签数据中提取的特征空间进行分类。因为训练数据是人工标注的，所以分类器被视为是监督方法。

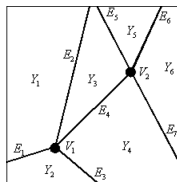
按照概率密度函数估计方法，可以分为参数估计和非参数估计



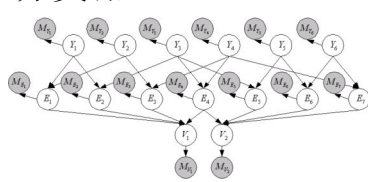
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

分类器

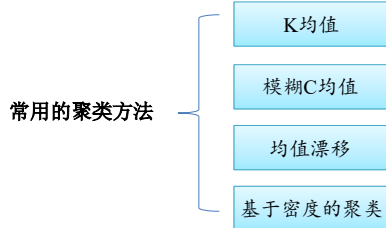


a)过分割图像



聚类法

聚类算法会对每个数据点进行分组：同一组内的数据点之间有相似的属性值，而不同组之间像素点的属性值差异较大。聚类是一种**无监督**的学习方法，可以分为：



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

K均值

K均值(K-means)算法包括三个要点：

1) 距离函数的定义

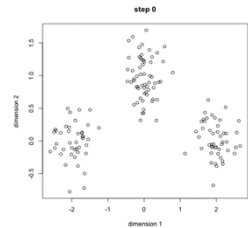
定义衡量样本之间距离的函数，距离函数有欧氏距离、曼哈顿距离、闵可夫斯基距离等；

2) K值的选择

按照实际需求选取K值，即聚类中心的数量；

3) 聚类中心的更新

更新的状态决定了算法的起止和最终的分类效果。



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

算法：

输入：数据： X_1, X_2, \dots, X_n ，类别数k

输出：k个类别中心

随机选择k个样本作为初始聚类中心： μ_1, \dots, μ_k ；

1) 遍历整个样本集，计算每个样本到聚类中心的距离；

2) 如果样本到某个聚类中心的距离最近，则将该样本纳入到对应的聚类簇中；

3) 一次遍历完毕，重新计算每个聚类簇的聚类中心，如果聚类中心位置更新，则继续重复步骤1)-3)；如果聚类中心位置不变，则结束整个训练过程。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

模糊分类



绿色，
RGB(0,255,0)



蓝色，
RGB(0,0,255)

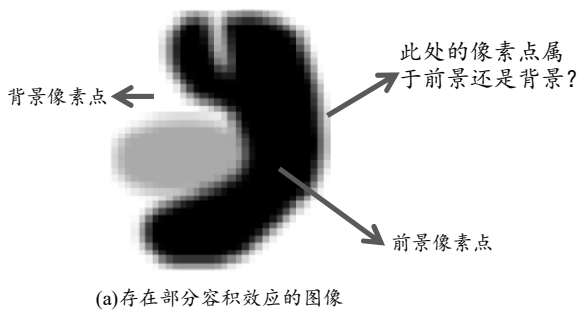
蓝色还是绿色？

RGB(0,198,175)
偏向于绿色

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

医学图像分割的模糊性



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

模糊C均值

聚类分割方法被分为硬聚类（K-means）和软聚类（FCM）。

模糊C均值（Fuzzy C-Means, FCM）。

1) 给定样本空间 X ， $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ，取K为聚类的数目，定义 W_{ij} 为样本 x_i 属于第j个分类的隶属度，因此有：

$$W_{ij} \in [0,1]$$

$$\sum_{j=1}^K W_{ij} = 1$$

$$0 < \sum_{i=1}^n W_{ij} < n$$

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

模糊C均值

2) 计算每个聚类的质心, p 为权值影响指数, $p=[1,+\infty]$

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ij}^p x_i}{\sum_{i=1}^n W_{ij}^p}$$

3) 对权值进行更新, $D(x_i, C_j)$ 为距离函数

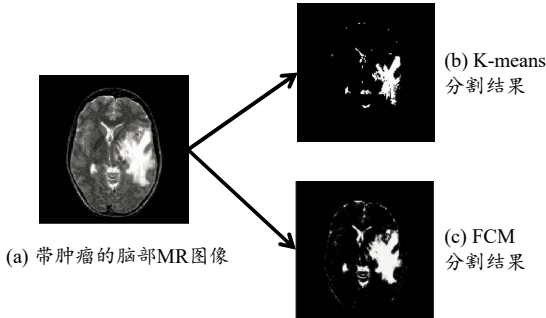
$$W_{ij} = (1 / D(x_i, C_j)^2)^{\frac{1}{p-1}} / \sum_{j=1}^K (1 / D(x_i, C_j)^2)^{\frac{1}{p-1}}$$

4) 重复2)3) 步骤, 直到权值的变化在预设的阈值范围内, 停止迭代。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

两种聚类算法的分割结果对比



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

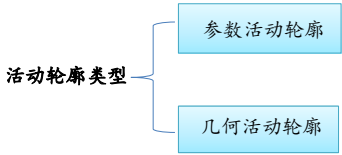
- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

形变模型

形变模型 (deformable model) 也称为活动轮廓模型 (active contour model) 是一种基于模型的, 以物理为驱动的寻找目标边界的方法。首先在图像域内定义一个初始的封闭轮廓曲线, 然后建立曲线的能量函数, 通过迭代求解演化轮廓至目标边界从而获得分割结果。



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

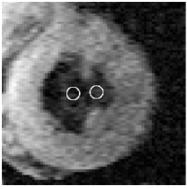
形变模型

优点: 能够生成光滑的封闭曲线; 对弱边界、噪声的鲁棒性更高。

缺点: 计算量大; 对初始位置敏感。



(a)原始图像



(b)手动初始化的轮廓 (圆形) 和最终的轮廓

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

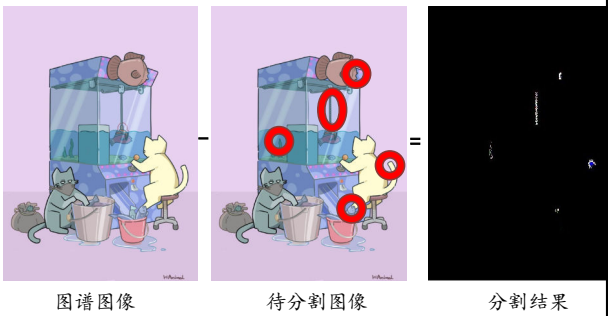
目录

- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱配准
- 分类器
- 图割法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

找不同



图谱图像

待分割图像

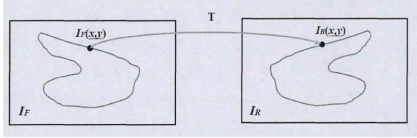
分割结果

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

图像配准

图像配准 (Image registration) :
配准时存在两种图像, 一种是浮动图像, 表示拟形变的图像;
另一种是参考图像 (图谱), 作为浮动图像进行形变的依据, 因此有:



$$T^* = \arg \max_T S(I_F(x), I_R(T(x)))$$

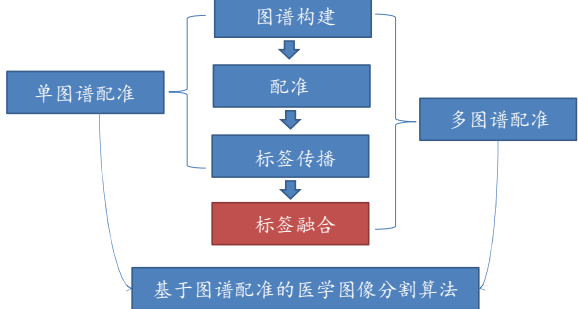
T : 图像发生的形变;

S : 浮动图像 F 和参考图像 R 的相似性测度函数

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

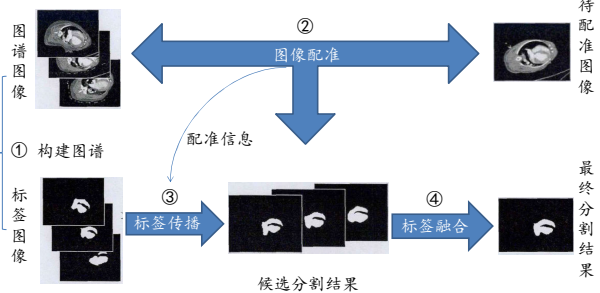
图谱配准



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多图谱配准



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

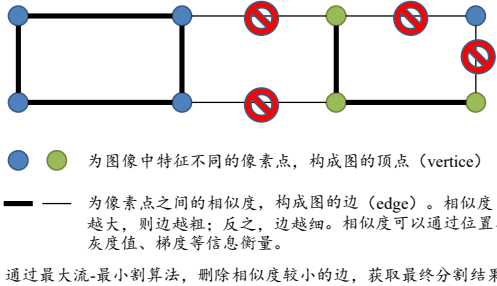
目录

- 阈值法
- 聚类法
- 区域生长
- 形变模型
- 分裂-合并
- 图谱校准
- 分类器
- 图割法

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

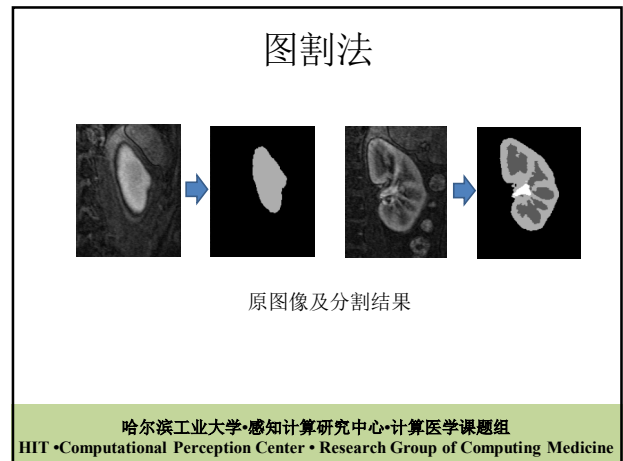
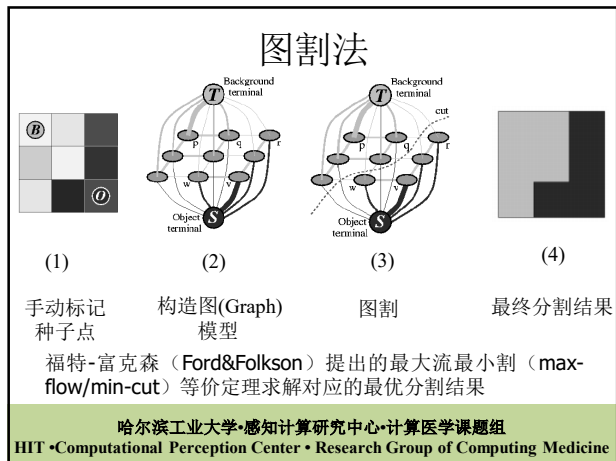
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

图割法



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine



医学图像分析（上）结束！

医学图像分析（下）是接下来的主要内容！