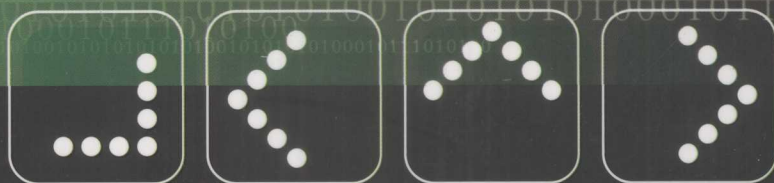


高等院校医学专业计算机应用系列教材

医学影像图像处理

王阳萍 杜晓刚 赵庶旭 王松 编著



清华大学出版社

高等院校医学专业计算机应用系列教材

医学影像图像处理

王阳萍 杜晓刚 赵庶旭 王松 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书针对从事医学图像处理领域工作的学生培养以及医学图像处理研究的实际需要,结合作者多年来积累的研究成果,全面系统地介绍了医学图像处理相关技术及其在医学临床诊断和治疗中的应用。全书共 10 章,主要内容包括绪论、医学影像图像获取、医学图像预处理、医学图像分割、医学图像配准、医学图像融合、医学图像三维重建、医学图像处理在放射治疗中的应用、基于 DICOM 标准的 PACS 系统、医学图像处理与分析软件平台。

本书内容系统、新颖,图文并茂,理论与实践并重。本书可作为高等院校生物医学工程、计算机应用、医学影像学、模式识别等专业的高年级本科生与研究生教材,也可供相关领域的科研人员和工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

医学影像图像处理/王阳萍等编著. —北京:清华大学出版社,2012.6

(高等院校医学专业计算机应用系列教材)

ISBN 978-7-302-28001-9

I. ①医… II. ①王… III. ①影像诊断—图像处理—高等学校—教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 019822 号

责任编辑:郑寅堃 王冰飞

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

责任印制:张雪娇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:18

字 数:451 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版

印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00 元

产品编号:044060-01

前言

随着信息技术及医学影像成像技术的发展,医学图像处理在医学临床、教学和科研中发挥着越来越重要的作用,有力地推动着医学科学研究和临床医疗的进步。目前,各医院大量地应用超声成像、计算机断层扫描成像、核磁共振成像、正电子发射断层显像、单光子发射断层显像等医学影像对患者的病情进行分析和诊断,为患者制定合理的治疗计划并引导精确治疗。如何有效地应用图像增强、分割、配准、融合以及三维重建等数字图像分析与处理技术,对人体解剖结构和病变区域进行定位、提取、三维再现并量化分析是使得医学影像数据应用价值最大化的前提和保证。

本书作者所在科研团队主要在医学图像处理算法及其相关领域进行教学及科学研究工作,查阅了大量国内外相关文献资料,提出或改进了一系列的医学图像处理算法,并应用这些算法开发了基于医学图像处理的放疗计划软件系统。作者根据多年的教学以及项目研发经验,认为很有必要为相关专业高年级本科生、研究生以及专业人员编写一本教材,包含医学影像处理领域中关键技术的基本原理、国内外最新主要成果,并充分将理论与实践相结合,展现医学图像处理理论的实际应用,同时向读者介绍目前国内外功能比较强大的医学图像处理和软件平台及其各自特点,提供查找其相应资料的网址,以指导读者能够根据自己在某一方面的需求进行相应的深入学习、研究及应用。

本书共分 10 章。第 1 章绪论,重点介绍图像和医学图像的基本概念、医学图像处理的主要研究内容、医学图像处理的典型应用和重要意义。第 2 章医学影像图像获取,介绍医学影像的多种成像模式,并讨论医学影像文件格式以及与其他格式的相互转换问题。第 3 章医学图像预处理,介绍医学图像的滤波、增强以及插值方法,并对医学图像的窗宽窗位调整以及图像的伪彩显示进行阐述。第 4 章医学图像分割,介绍医学图像的自动分割及交互式分割,并讨论对图像分割评价的准则和标准。第 5 章医学图像配准,介绍医学图像配准的关键技术和常用的医学图像配准方法,并重点介绍基于归一化互信息的多模态医学图像配准、基于有限元方法的医学图像非刚性配准和基于多分辨率策略的医学图像配准,最后介绍图像配准的评价指标和方法。第 6 章医学图像融合,医学图像融合是利用多种医学影像模式对患者病情进行分析及判断的基础,本章重点介绍基于塔形分解和基于小波变换的两种医学图像融合方法,并从客观和主观两个方面对医学图像融合的评价指标进行分析。第 7 章医学图像三维重建,首先介绍医学图像三维重建的基本概念和流程,然后采用面绘制和体绘制两种绘制方法讲述医学图像三维重建算法,最后重点介绍移动立方体、光线投射以及基于 GPU 的医学图像三维重建算法。第 8 章介绍医学图像处理在放射治疗中的应用,在对放射治疗及放疗计划系统进行介绍的基础上,重点分析讨论了基于医学图像处理的放疗计划软件系统。第 9 章基于 DICOM 标准的 PACS 系统,在介绍数字医学图像 DICOM 标准的基础上,重点阐述 PACS 的基本组成、应用、软件体系结构以及涉及的关键技术。

第 10 章医学图像处理与分析软件平台,介绍医学图像处理和图像分析中常用的国内外算法工具包 ITK、VTK、MITK 和 IGSTK,并对目前国内外主要的医学影像处理与分析软件进行了介绍。

本书的相关研究工作得到了兰州交通大学电信学院、中国科学院近代物理研究所、兰州军区兰州总医院的大力支持,在此表示感谢;同时感谢杨艳春博士、孙滕、刘云武、杨旭、肖孟强、安绿波、杭利华、郭嫖等硕士为本书编写收集了很多资料,并做了认真的校对工作。

本书的编写得到了国家自然科学基金“图像引导重离子放疗中靶区的精确定位及剂量校正方法研究(61162016)”、“重离子放疗计划系统中基于医学图像处理的若干关键问题研究(60962004)”、甘肃省科技支撑计划项目“图像引导的重离子放疗计划系统研发及集成(1104FKCA102)”以及 2011 年度“陇原青年创新人才扶持计划”等项目的资助;本书参考了国内外的大量书籍、论文以及相关软件平台网站,在此对所有引用文献的作者表示由衷的感谢!

限于作者水平,书中难免存在不足之处,恳请广大读者在阅读过程中对本书提出宝贵意见,进行批评指正!

作 者

2012 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 医学影像图像	1
1.2 医学图像处理的主要研究内容	2
1.2.1 医学图像数据获取	2
1.2.2 医学图像预处理技术	3
1.2.3 医学图像分割	3
1.2.4 医学图像配准	4
1.2.5 医学图像融合	5
1.2.6 医学图像三维重建	5
1.2.7 DICOM 标准	6
1.2.8 PACS 系统	6
1.2.9 图像引导手术及放疗计划制定	7
1.3 医学图像处理的意义及应用	8
1.3.1 医学图像处理的意义	8
1.3.2 医学图像处理的应用	9
1.4 本章小结	10
第 2 章 医学影像图像获取	12
2.1 医学影像成像模式	12
2.2 X 线成像	14
2.2.1 X 线机的构成和分类	14
2.2.2 X 线成像的基本原理	15
2.2.3 X 线诊断的新进展	17
2.3 CT 成像	17
2.3.1 CT 设备的基本结构及发展历史	18
2.3.2 CT 成像的基本概念	20
2.3.3 CT 成像的基本原理和特点	21
2.3.4 螺旋 CT	22
2.4 超声成像	23
2.4.1 超声成像的基本原理	23
2.4.2 几种超声诊断仪的成像特点	24

2.5	核磁共振成像	26
2.5.1	核磁共振成像的基本原理	27
2.5.2	核磁共振成像的特点	29
2.5.3	核磁共振成像的临床应用和局限性	30
2.5.4	核磁共振设备的基本结构	30
2.6	发射型计算机断层成像	31
2.6.1	单光子发射型计算机断层(SPECT)设备	32
2.6.2	正电子发射型计算机断层(PET)设备	33
2.7	医学影像文件格式及其相互转换	34
2.7.1	医学影像文件格式	34
2.7.2	医学影像文件格式转换	40
2.8	本章小结	46
第3章	医学图像预处理	47
3.1	医学图像噪声去除	47
3.1.1	图像噪声	47
3.1.2	图像均值滤波算法	48
3.1.3	图像中值滤波算法	52
3.1.4	K 近邻平滑(均值、中值)滤波方法	53
3.1.5	高斯平滑滤波方法	54
3.2	医学图像增强	55
3.2.1	医学图像的对比度增强	55
3.2.2	医学图像减影技术	58
3.2.3	直方图均衡化方法	58
3.2.4	医学图像伪彩色处理	60
3.3	医学图像插值	63
3.3.1	最近邻插值	63
3.3.2	均值插值	64
3.3.3	双线性插值	64
3.3.4	双三次插值	65
3.3.5	分形插值	65
3.4	窗宽、窗位调整	66
3.4.1	窗口技术	66
3.4.2	调窗处理	66
3.5	本章小结	68
第4章	医学图像分割	69
4.1	医学图像分割概述	69
4.1.1	图像分割原理	69

4.1.2	图像分割算法分类	70
4.1.3	医学图像分割任务及临床应用	71
4.1.4	医学图像分割的研究特点	72
4.2	基于区域的分割方法	73
4.2.1	阈值分割法	73
4.2.2	区域生长法	77
4.2.3	区域分裂合并法	78
4.2.4	聚类分割法	79
4.3	基于边界的分割方法	79
4.3.1	微分算子法	80
4.3.2	曲面拟合法	85
4.3.3	串行边界查找	85
4.4	基于特定理论的分割	86
4.4.1	基于模糊集理论的方法	86
4.4.2	基于统计学的方法	87
4.4.3	基于人工智能算法的分割方法	88
4.4.4	基于小波变换的分割方法	88
4.5	分水岭分割算法	89
4.5.1	分水岭算法概述	89
4.5.2	分水岭算法原理	90
4.5.3	分水岭算法在医学图像中的运用	92
4.6	水平集分割算法	92
4.6.1	曲线演化理论	93
4.6.2	水平集分割模型	93
4.6.3	水平集分割算法流程	94
4.7	Live-wire 交互式分割算法	97
4.7.1	原理概述	97
4.7.2	Live-Wire 算法流程	97
4.8	基于 Snake 模型的交互式分割算法	99
4.8.1	Snake 算法的数学模型	100
4.8.2	Snake 模型的工作原理	100
4.8.3	改进的 Snake 算法	102
4.9	序列医学图像分割方法	105
4.9.1	序列图像分割	105
4.9.2	算法原理	105
4.10	图像分割的评价	107
4.10.1	分割评价准则	107
4.10.2	医学图像分割结果的评价	108
4.11	本章小结	109

第 5 章 医学图像配准	110
5.1 医学图像配准概述	110
5.1.1 图像配准的定义	110
5.1.2 图像配准的分类	111
5.1.3 医学图像配准的临床应用	112
5.2 医学图像配准关键技术	114
5.2.1 图像配准的基本步骤	114
5.2.2 图像配准关键技术	115
5.3 医学图像配准方法	120
5.3.1 基于特征的图像配准	120
5.3.2 基于像素的图像配准	124
5.3.3 医学图像非刚性配准	127
5.4 基于归一化互信息的多模态医学图像配准	129
5.4.1 互信息基础理论	130
5.4.2 互信息配准算法	130
5.4.3 归一化互信息与高阶互信息	132
5.5 基于有限元方法的医学图像非刚性配准	135
5.5.1 图像有限元分析	135
5.5.2 有限元配准理论	136
5.5.3 互信息驱动的有限元配准方法	137
5.6 多分辨率图像配准策略	139
5.6.1 图像多级分解金字塔	140
5.6.2 基于多分辨率策略的图像配准	140
5.7 图像配准评价	142
5.7.1 评价指标	142
5.7.2 评价方法	143
5.8 本章小结	144
第 6 章 医学图像融合	146
6.1 医学图像融合概述	146
6.2 医学图像融合分类	148
6.3 简单的医学图像融合方法	150
6.4 基于塔形分解的医学图像融合方法	151
6.4.1 基于拉普拉斯金字塔的医学图像融合	152
6.4.2 基于比率金字塔的医学图像融合	155
6.4.3 基于对比度金字塔的医学图像融合	156
6.4.4 基于梯度金字塔的医学图像融合	157
6.5 基于小波变换的医学图像融合方法	158

6.5.1	小波变换的基础理论	159
6.5.2	图像的二维小波分解	161
6.5.3	基于小波变换的医学图像融合	163
6.6	医学图像融合评价指标	165
6.6.1	主观评价指标	166
6.6.2	客观评价指标	166
6.7	本章小结	168
第7章	医学图像三维重建	169
7.1	医学图像三维重建概述	169
7.1.1	基本概念	170
7.1.2	医学图像三维重建流程	172
7.1.3	医学图像三维重建算法分类	172
7.1.4	医学图像三维重建主要应用	173
7.2	医学图像三维重建算法	174
7.2.1	面绘制算法	174
7.2.2	体绘制算法	177
7.2.3	面绘制与体绘制的比较	180
7.3	移动立方体算法	181
7.3.1	移动立方体算法的原理	181
7.3.2	移动立方体算法存在的问题	185
7.3.3	对移动立方体算法的改进	187
7.4	光线投射算法	191
7.4.1	光线投射算法的基本原理	191
7.4.2	光线投射算法流程	191
7.4.3	对光线投射算法的优化	195
7.5	基于 GPU 的医学图像三维重建算法	199
7.5.1	可编程 GPU 简介	199
7.5.2	基于 GPU 的体绘制	200
7.5.3	GPU 体绘制算法流程	201
7.6	本章小结	202
第8章	医学图像处理在放射治疗中的应用	203
8.1	放射治疗技术的发展	203
8.1.1	三维适形放疗	203
8.1.2	调强放射治疗	204
8.1.3	图像引导放疗	206
8.1.4	剂量引导放疗	208
8.1.5	自适应放疗	208

8.2	放疗计划系统的软硬件组成	209
8.2.1	放疗计划软件系统	209
8.2.2	直线加速器	209
8.2.3	多叶光栅 MLC	210
8.2.4	独立准直器	210
8.2.5	模拟定位机	210
8.2.6	电子射野影像装置 EPID	211
8.2.7	锥形束计算机断层扫描技术 CBCT	212
8.2.8	平板探测器 FPD	213
8.3	基于医学图像处理的放疗计划软件系统	214
8.3.1	放疗计划软件系统概述	214
8.3.2	RTPS 中的医学图像处理关键技术	215
8.3.3	系统功能及实施流程	216
8.3.4	系统的各模块功能及实现	217
8.4	本章小结	222
第9章	基于 DICOM 标准的 PACS 系统	224
9.1	PACS 概述	224
9.1.1	PACS 概念的提出	224
9.1.2	PACS 的国内外进展	225
9.1.3	PACS 的基本构成	226
9.1.4	PACS 系统的应用	226
9.2	数字医学图像的 DICOM 标准	227
9.2.1	DICOM 标准发展概述	227
9.2.2	DICOM 的总体结构和主要内容	228
9.2.3	DICOM 标准中涉及的基本概念和定义	229
9.2.4	DICOM 信息模型及数据结构	230
9.2.5	DICOM 文件结构和文件解析	234
9.2.6	DICOM 的网络通信	236
9.2.7	DICOM 标准的意义	238
9.3	PACS 的软件体系结构	238
9.3.1	C/S 架构	238
9.3.2	B/S 架构	240
9.3.3	分布式架构	241
9.3.4	基于 CORBA 的三层分布式 PACS 的体系结构	242
9.4	PACS 中的关键技术	244
9.4.1	存储技术和数据库技术	244
9.4.2	影像数据获取技术	245
9.4.3	医学影像显示技术	246

9.4.4 医学图像处理与压缩技术	246
9.4.5 系统集成技术	247
9.5 PACS 的主要影响因素及发展趋势	248
9.5.1 影响 PACS 功能和性能的主要因素	248
9.5.2 PACS 的发展趋势	249
9.6 本章小结	250
第 10 章 医学图像处理与分析软件平台	251
10.1 算法工具包	251
10.1.1 医学图像分割与配准工具包 ITK	251
10.1.2 可视化工具包 VTK	255
10.1.3 集成化医学图像处理与分析算法研发平台 MITK	258
10.1.4 图像导航手术工具包 IGSTK	261
10.2 国内外医学影像处理与分析软件	263
10.2.1 VolView	263
10.2.2 VGStudio MAX	264
10.2.3 3D Doctor	266
10.2.4 3D Slicer	267
10.2.5 MedINRIA	267
10.2.6 GIMIAS	268
10.2.7 MeVisLab	269
10.2.8 3DMed	270
10.2.9 Medical Imaging Interaction Toolkit	272
10.3 本章小结	273
参考文献	274

医学影像图像对疾病的诊断提供了很重要的科学和直观依据,对于最终准确诊断病情起到了不可替代的作用,学习和研究医学影像图像对促进医学科学和临床医疗事业的蓬勃发展具有非常重要的意义。本书以医学影像图像作为研究对象,系统地阐述了其处理与分析技术,并结合实际讨论了医学影像图像处理和分析技术在医学临床领域中的应用。

1.1 医学影像图像

图像是人对视觉感知的物质再现。图像可以由光学设备获取,如照相机、镜子、望远镜、显微镜等;也可以人为创作,如手工绘画。图像可以记录、保存在纸质媒介、胶片等对光信号敏感的介质上。可以说图像是指应用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的,可以直接或间接作用于人眼并产生视觉的实体表达形式。人的视觉系统就是一个观测系统,通过它得到的图像就是客观事物在人心目中形成的影像。科学研究和数字资料表明,人们从外界获取的信息 70%来自视觉系统,也就是从图像中获得,这里所指的图像可以是照片、绘图、影像等。

医学影像成像(Medical Imaging)是指通过 X 光(X-ray)成像、计算机断层扫描(CT)、核磁共振成像(MRI)、超声成像(Ultrasound)、正电子扫描(PET)、脑电图(EEG)等现代成像技术检查人体某部位的过程。

医学影像图像,又称为医学图像,是指为了医疗或医学研究,对人体或人体某部位应用医学成像方式非侵入地取得的内部组织图像,是一种逆问题的推论演算,即成因(活体组织的特性)是经由结果(观测影像信号)反推而来的。这些信号和图像反映出人体组织的客观信息,能够比较直观地表达人体组织正常与否或病变的性质和状态。由于图像的实质千变万化,派生出许多仪器设备,所产生出的医学图像也多种多样,如病理切片图像、X 射线透视图像、X 射线计算机体层图像、核磁共振图像、核医学图像、超声图像、红外线热成像图像及窥镜图像等。这些图像的显示方式主要有照相胶片和显示屏两大类。

根据图像的表达形式和产生方法,可以将医学影像图像分为传统模拟图像和数字图像。通常情况下生活中所提到的各类图像一般是指模拟图像,医学 X 射线胶片等传统医学图像也属于这种模拟图像。模拟图像由连续的各种不同颜色、亮度点所组成。如果一幅图像用二维数组 $f(x, y)$ 表示,其中 x 和 y 表示二维平面坐标系 XOY 中的一个点的位置坐标,而 f 代表图像在点 (x, y) 的某种性质 F 的数值,在模拟图像中的 f, x, y 值是连续的,通常为任意实数。另一种图像是能被计算机加工处理的数字图像。数字图像可以用数值(字)表达图像的信息,数字图像中的每个基本单元叫做图像元素,一般情况下简称为像素(pixel),每个像素对应的量化数值即为该像素点的灰度值。如果用函数 $f(x, y)$ 表示,则连续的图像在二维

平面坐标系 XOY 中被离散化, f, x, y 全部取整数值。

医学图像通常来自于众多不同的医学设备,因而有不同的形式,这些医学图像既有模拟图像,也有数字化图像。通常来自于窥镜、X 射线照片等传统图像获取设备的图像为模拟图像,而以计算机断层扫描技术为基础的 X 射线计算机体层成像、核磁共振成像(MRI)、单光子发射计算机体层成像(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)、正电子发射体层成像(Positron Emission Tomography, PET)等数字化图像获取设备得到的图像为数字图像。

随着数字采集技术和信号处理理论的发展,越来越多的图像以数字形式存储,因而,有些情况下“图像”一词实际上是指数字图像。但目前传统 X 射线摄影图像在医院中的应用仍然十分广泛,需要进行数字化转换,即将这类胶片图像通过扫描设备传入数字化系统,并将连续的原始图像数据离散化为计算机可以接受和处理的信息。医院大量应用的数字图像获取设备为数字医学图像的采集奠定了基础,方便了数字医学图像的深入研究。数字医学图像的发展,完善了临床医学信息的数字化,推动着现代化医院的建设和发展。

1.2 医学图像处理的主要研究内容

随着医学影像成像技术的发展与进步,图像处理在医学研究与临床医学中的应用越来越广泛,也使得临床诊断水平得到了很大的提高。由于医学图像自身的复杂性和特殊性,医学图像处理领域中还存在很多关键问题亟待解决,这些问题的解决不但具有重要的理论价值,而且具有十分重要的临床应用价值。医学图像处理涉及的主要研究内容包括医学图像数据的获取、医学图像预处理、医学图像分割、医学图像配准、医学图像融合、医学图像三维重建、DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)标准与数据通信技术、医学影像归档与通信系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)和图像引导手术和放疗计划制定等。

1.2.1 医学图像数据获取

随着数字化图像技术、计算机技术和网络通信技术的发展,以及 PACS 系统的逐步完善,使大容量图像数据信息的获取、存储、通信、交换和显示等功能的实现成为可能,医务人员在诊断、科研、教学等工作中越来越多地依赖于现代化医疗设备的检查结果。如何获取标准、精确和高质量的医学影像信息,是进行现代医学诊断、临床治疗以及医学研究最为关键的前提条件。数字医学图像获取是指使用一定的医学影像设备采集人体图像数据的过程,其主要涉及成像原理、成像设备及成像系统等相关问题。该过程是 PACS 系统的影像来源,获取影像的质量的好坏不仅关系到医生对患者病情的诊断是否正确,而且关系到患者的切身利益,因此影像获取在整个 PACS 系统中地位是不可替代的。目前,医学图像数据的获取基本上通过以下主要途径: X 射线断层成像技术、超声成像技术、核磁共振成像技术、正电子放射层析成像技术等。研究这些设备的成像原理,对于提高医学影像的成像质量具有重要的价值。

1.2.2 医学图像预处理技术

医学影像数据在计算机上实现无误读取后,如何从中提取我们所关心的数据并实现数据的计算机显示是该学科的另一关键问题。图像预处理是在去除图像噪声的基础上对图像进行增强,以消除图像中的无关信息,恢复有用的真实信息,增强有关信息的可检测性和最大限度地简化数据,以期得到最好的显示效果。常用的预处理技术有滤波、增强、恢复、插值以及缩放、旋转、平移等几何变换技术。几何变换可以方便用户从不同角度、多方位地观察图像。滤波、增强、恢复操作可以消除影像数据中的噪声,提高图像的质量,譬如对X射线或核磁共振的数据进行滤波处理,以消除图像数据中的噪声,突出感兴趣的生物组织。

另外,医学影像与普通图像相比,本质上具有模糊性和不均匀的特点:①医学影像具有灰度上的模糊性。在同一种组织中CT值会出现大幅度的变化,如骨骼中股骨、鼻窦骨骼和牙齿的密度就有很大差别;在同一物体中的CT值也不均匀,如股骨外表面和内部的骨髓的密度;由于技术上的原因带来的噪声信号往往模糊了物体边缘的高频信号,以及由于人体内部组织的蠕动等生理现象造成了图像在一定程度上的模糊效应。②医学影像具有局部体效应。在一个边界上的体素中,常常同时包含边界和物体两种物质;图像中物体的边缘、拐角及区域间的关系很难精确地描述;一些病变组织由于侵袭周围组织,其边缘无法明确界定。③医学影像具有不确定性知识。通常,正常组织或部位没有的结构在病变情况下出现,如脏器表面的肿物、骨骼表面的骨刺,它的出现给建造模型带来了困难。为弥补医学影像的这些弱点,准确地分辨医学影像中的正常组织结构和异常病变,需要对医学图像进行预处理。

1.2.3 医学图像分割

在医学图像处理与分析领域,医学图像分割是对医学图像进行进一步分析和处理的基础。图像分割就是把图像分成若干个特定的、具有独特性质的区域并提出感兴趣目标的技术和过程,是由图像处理到图像分析的关键步骤。医学图像分割类似于人眼对客观世界中不同对象进行分类的过程,它从图像中把相关的结构(或感兴趣区)分离出来,是图像分析与识别首要解决的问题,也是制约医学图像处理中其他相关技术发展和应用的瓶颈。所以,医学图像分割是一种重要的图像处理技术,是自动图像模式识别、场景分析和理解的一个至关重要的处理步骤,是从低层次图像处理到高层次图像理解的桥梁。可以说,如果没有好的医学图像分割方法,人们就无法利用计算机对医学图像进行自动分析,高层次的图像理解更是无法实现。因此,医学图像分割得到了广泛的重视和研究,一直都是医学影像学研究中最为热点的问题之一。

近二十年来,医学图像分割一直都是图像处理领域中广受关注的、极富挑战性的一个课题。随着各学科的新理论和新方法的陆续提出,研究者提出了大量的医学图像分割方法。现代医学图像分割充分表现出多学科交叉的特点,和数学、物理、光学、计算机等学科的发展密切相关。依据传统的图像分割方法的分类,可以将医学图像分割方法简单地分为基于区域的图像分割和基于边界的图像分割两类。从技术特点上来说,现有的图像分割方法主要分以下几类:阈值法、区域生长法、分类器方法、聚类方法、马尔可夫模型、人工神经网络、形变模型(Deformable Model)、模型引导方法等。

医学图像分割的重要意义在临床上具体表现在以下几个方面。

(1) 医学图像分割是图像后继处理,特别是图像分析和理解的必备前提条件,如不同医疗设备的图像的配准、融合、识别。这些技术极大地扩展了医生对医学图像的利用能力。

(2) 可用于临床医学应用系统中,例如医学图像的三维重建、外科手术方案的制定和仿真、病理研究、解剖参考以及放疗计划中的三维定位等。这些系统极大地丰富了医生的诊断和治疗手段,受到病人的欢迎。

(3) 可用于对医学图像进行定量分析,例如测量人体器官、组织或病灶的体积、血管的曲率和半径。通过在治疗前后对这些参数进行定量测量和分析,可以帮助医生进行量化诊断、预后评估、制定或修改对病人的治疗方案以及对药物疗效的评估。

(4) 医学图像分割的结果可以在不丢失有用信息的前提下对医学图像进行数据压缩和传输,减少了传输的数据量,这对开发 PACS 系统、研究远程医疗和提高互联网中的图像传输速度至关重要。

(5) 医学图像分割也是人类视觉研究的一个重要方面,通过研究分割方法可以加深对视觉本质的理解,对相关学科的发展,如计算机视觉、图形学也都有很大的促进作用。

对图像分割算法的研究已有几十年的历史,借助各种理论至今已提出了上千种分割算法。尽管人们在图像分割方面做了许多研究工作,但由于尚无通用分割理论,因此现已提出的分割算法大都是针对具体问题的,并没有一种适合于所有图像的通用的分割算法。近年来,医学图像分割方法的一个显著的特点是出现了融合的趋势,即各种新思想、新方法融合在一起改进分割结果。例如多分辨模型经常和具体的分割算法结合,提高了对噪声的鲁棒性。此外,引入解剖学知识、组织形态学知识到分割模型中,可以得到更精确的分割结果。模糊技术也常常用于具体的分割算法中,例如人工神经网络和模糊技术结合产生了模糊神经网络分割方法,这是人工神经网络研究中的一个热点问题。可以看出,图像分割方法正朝着更快速、更精确的方向发展,通过各种新理论和新技术的结合将不断取得突破和进展。

1.2.4 医学图像配准

近年来,随着计算机科学和信息技术的不断发展,医学成像技术也得到了迅速发展,各种新的成像设备不断涌现。CT、MRI、PET、SPECT 等多种成像模式的影像技术广泛地应用于临床诊断和治疗中,不同模式的成像能够为医生提供不同的医学信息。各种成像技术和检查方法都有它的优势和不足,并非一种成像技术可以完成对人体所有器官的检查和疾病诊断,一种成像技术也不能取代另一种成像技术,而是相辅相成、相互补充。为了提高诊断正确率,需要综合利用患者的各种图像信息。要想将不同模态的图像提供的信息融合起来,首先要解决图像配准问题,即多幅图像在空间域中达到几何位置的完全对应。

图像配准是指通过寻找某种空间变换,使来自不同时间、不同传感器或不同视角的同一场景的两幅或多幅图像的对应点达到空间位置上的一致。由于获取时间及角度的不同、环境的变化、传感器的差异等,拍摄的图像容易产生噪声干扰、几何畸变和灰度失真。因此,图像配准算法的精确性、快速性、鲁棒性是目前研究的重点和难点。

医学图像配准技术已经应用于许多领域,如融合来自于不同采集设备的图像之前,先要对图像进行配准;通过比较手术前后的图像,验证治疗的效果;通过对齐时间扫描序列图像来监控肿瘤的生长情况等。其他应用还有运动目标识别和跟踪等。

1.2.5 医学图像融合

医学图像主要分为解剖图像和功能图像两大类。解剖图像主要描述人体的生理解剖结构,其来源包括X射线、CT、MRI及超声等。功能图像主要描述人体在不同状态下组织器官的功能活动状况,包括PET、SPECT等。例如CT与MRI能够精确地显示人体头部的解剖结构,但提供的功能信息却很少;而PET和SPECT能够提供大量功能信息,但不能反映解剖结构。此外,骨骼在CT图像中可以显示得很清楚,但要清楚地观察软组织,则需要MRI图像。可见,不同的图像模态能够提供不同类型的信息,不同模态的医学图像具有各自的优缺点,因此,需要将不同模态图像进行图像融合以得到更多的有用信息,为医学诊断、研究人体功能和结构及制定出最优的治疗方案提供更充分的指导和帮助。

医学图像融合可综合各种影像学技术的优势,为医生提供更丰富的病人信息,对疾病的诊断和治疗具有重要的指导意义。图像融合是通过一个数学模型把来自不同成像设备的两幅(或两幅以上)图像综合成一幅满足特定应用需求的图像的过程,从而可以有效地把不同医学图像成像设备的优点结合起来,提高分析和提取图像信息的能力。目前,融合方法可以分为基于层面的二维融合方法和三维融合方法。二维融合法分为邻近显示法、直接融合法、特征选择融合法。三维融合方法分为半三维融合及表面纹理化和表面映射,三维融合技术目前尚在进一步研究中,在临床应用得较少。

经过近年来的研究,图像融合技术已开始应用在临床治疗和影像诊断中,并取得了许多可喜的成果。医学图像融合技术发展至今,各个学科的交叉渗透已是发展的必然趋势,它作为提升现代医疗诊断水平的有力依据,使实施风险低、创伤性小的化疗、手术方案等成为可能,必将在医疗信息研究领域受到更多的关注。

1.2.6 医学图像三维重建

目前,CT、MRI、PET等医学成像设备均产生人体某一部位的二维断层图像,这些二维图像表达的只是某一层面的解剖信息,医务人员只能通过观察一组二维断层图像,在大脑中进行人体数据的三维重建,以此来研究病变体的空间结构,这种方法极大程度地依赖于医生的主观想象和临床研究经验,缺乏直观性和准确性。通过二维断层图像构建人体器官、软组织和病变体等的三维模型并进行三维显示,能够给予医务人员以直观的感觉,从而提高医疗诊断和医疗规划的准确性和科学性。

医学图像的三维重建就是利用一系列的二维切片图像重建三维图像模型,进行定性定量显示。该技术可以从二维图像中获取三维的结构信息,从而为医生提供更逼真的显示手段和定量分析工具。三维可视化技术作为有力的辅助手段,能够弥补影像成像设备在成像方面的不足,能够为用户提供更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,并且能够使医生有效地参与数据的处理分析过程,在辅助医生诊断、手术仿真、引导治疗等方面发挥着极其重要的作用。物体的三维信息在医学诊断治疗等许多临床领域所具有的特殊应用价值,使得三维医学图像的可视化技术受到了人们的关注。

医学体数据三维重建方法通常根据绘制过程中数据描述方法的不同可分为两大类:一类是通过几何单位拼接拟合物体表面而忽略材料的内部信息来描述物体三维结构的,称为基于表面的三维面绘制(Surface Rendering)方法,又称为间接绘制方法;另一类是直接将