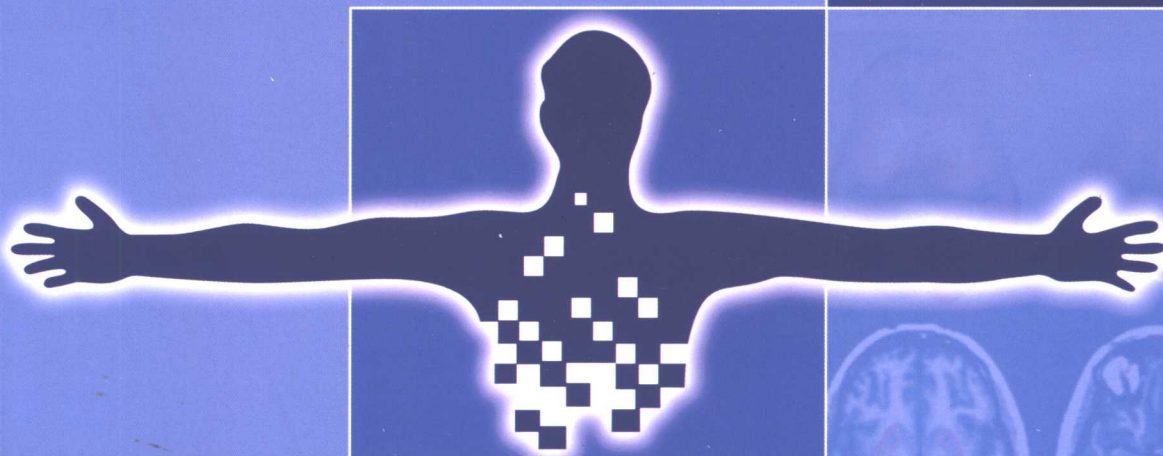




医学影像 处理与分析



田捷
包尚联 编著
周明全

Medical Image
Process and Analysis

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

医学影像处理与分析

田 捷 包尚联 周明全 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是系统介绍医学影像处理与分析技术的著作,内容包括:绪论,计算机断层扫描成像(CT)技术,医学图像的分割,医学图像的配准,医学图像的三维重建与可视化技术,磁共振功能成像,虚拟内窥镜,医学影像处理在外科手术及放疗中的应用,基于医学影像的计算机辅助诊断,DICOM 标准,PACS 系统,3Dmed 医学图像处理系统介绍,虚拟人体计划研究概述,分子影像学中的图像处理与分析技术等。

本书内容系统、全面、新颖,理论和实例结合。本书的既定读者对象为从事模式识别、计算机应用、医学影像处理、生物医学工程等领域的专业人员,也可作为高等学校相关专业教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

医学影像处理与分析/田捷等编著. —北京:电子工业出版社,2003.9

ISBN 7-5053-9079-1

I. 医… II. 田… III. 影像-诊断学 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074217 号

责任编辑:童占梅

印 刷:北京增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23.25 字数:560 千字

版 次:2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:39.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序 1

医学影像技术的发展,改变了医生诊病的方式,从古代的“望、闻、问、切”到现在的定量化测量与分析,大大提高了疾病诊断的正确性和准确率。目前,各种基于计算机断层扫描的三维可视化医学影像技术已经成为医院临床的常规检查技术。在医学影像领域中,除需要研究和各种医学影像设备外,研究和各种医学影像处理与分析技术同样具有十分重要的意义。

田捷教授和他的合作者编写的《医学影像处理与分析》一书,是介绍医学影像处理与分析技术的一本专著。本书的内容涵盖了医学影像的各个方面,从图像的分割、配准到三维重建,再到虚拟内窥镜,从普通的结构成像到功能成像,从计算机辅助诊断到 PACS 系统,其中既有基本的理论,又有详细的实例,是理论与实践统一的产物。本书作者在医学影像方面做了大量的研究工作,本书的每一个章节,都凝聚着作者的辛勤汗水,体现了作者的研究成果,同时也反映了目前该领域的研究水平,是一部难得的佳作。

田捷教授工作踏实、勤奋,在医学影像处理与分析方面取得了卓有成效的研究成果。我很高兴向从事医学影像的工作者和研究生推荐此书,相信本书的出版会受到广大医学影像学工作者的欢迎。

中国科学院院士 唐孝威

2003 年 5 月

序 2

1895年X射线的发现及其在医学上的应用,促进了放射学和现代医学影像学(包括超声和核医学)的形成和发展,它不仅是自然科学史上的一个里程碑,而且在相当程度上改变了医学科学,尤其是临床医学的进程,为人类的疾病防治做出了重大贡献。现代医学影像学的不断发展,得益于新一代影像设备软、硬件的研制、开发和临床应用领域的不断拓展。同时,以计算机技术为基础的图像处理和分析技术也发挥了重要作用。自20世纪90年代起,医学图像处理与分析、计算机图形学、虚拟现实和计算机网络等技术已逐渐形成了一个交叉的学科专业,这一专业在发达国家已日趋普及,在国内则处于初始阶段。

值此时刻,由田捷、包尚联、周明全教授主编,组织有关专业人员编写的《医学影像处理与分析》一书的出版具有重要意义。本书以总结前人的研究成果和作者所做的工作为基础,参考国内外最新文献和技术资料编写而成。本书系统阐述了医学影像处理与分析中的关键技术,以及PACS系统、计算机辅助诊断及现代医学影像技术与外科手术、放射治疗的联系等,并提供了很好的应用实例。本书内容翔实,论述清楚,可作为高等院校模式识别、计算机应用等专业的教材,也可供计算机医学影像处理、生物医学工程等领域的科技人员及医学影像学医师和技师学习、参考。祝愿并相信本书的出版会受到广大读者的欢迎。

中国工程院院士 刘玉清

2003年5月

前 言

中医作为我国传统文化的结晶,源远流长。历经数千年流传至今并在当今信息社会得以生存,其中一个重要的原因是其无创性的“望、闻、问、切”的诊断方式。自 1895 年伦琴发现 X 射线,并将其应用于医学诊断以来,使得医生可以通过影像图片看到病变区域,从而使可视化进入了无创诊断时代。随着医学影像设备的发展,计算机断层扫描(CT)、磁共振成像(MRI)、正电子发射断层显像设备(PET)、单光子发射断层显像设备(SPECT)等以计算机为核心的影像设备的应用提高了临床诊断的效率,实现了医学影像分析定量化,从而使可视化(看见)与定量化(看清)成为医学影像的重要特征,极大地提高了医生诊断的正确性与准确性。

目前,医学影像处理与分析作为一门交叉学科,已成为国际上许多高校和研究机构的研究热点与临床应用学科,在发达国家医学影像专业已像数学系一样普及,但在国内医学影像的研究与应用却正处于刚刚起步阶段。本书的成因也正是希望能为国内医学影像的研究与应用添砖加瓦。本书特别提供中科院自动化所医学影像研究室历经 6 年研发的三维医学影像处理与分析系统(3DMed),可通过电子工业出版社网站 <http://www.phei.com.cn>“资源下载”栏目免费下载,或登录中科院自动化所医学影像研究室网站 <http://www.3dmed.net> 下载。这样做的目的是使本书的读者在阅读本书之后,可以将其安装在普通的 PC 机上运行,以体验 3DMed 带来的可视化与定量化。

本书的作者是在医学影像及其相关领域从事科研、教学和临床应用的专家和学者。北京大学医学物理研究所所长包尚联教授多次举办医学影像与医学物理的国际会议,推动了国内相关研究与国际交流,他撰写了本书的第 8 章和第 9 章。留法归来的西北大学计算机系主任周明全教授,在虚拟内窥镜方面取得了丰硕的研究成果,他撰写了本书的第 7 章。中科院自动化所医学影像研究室除田捷博士外还有何晖光博士(第 5 章与第 12 章)、李恩中博士(第 2 章与第 6 章)、林瑶博士(第 3 章)、罗希平博士(第 3 章)、赵明昌博士(第 5 章)、葛行飞博士(第 11 章)、朱付平博士(第 10 章)、李光明博士(第 4 章)、王小香(第 4 章)、时琳(第 13 章)、曾珊(第 14 章)等参加了本书的写作,最后田捷博士对此书进行了统一的审核与修改。前期参与相关研究及随书提供的软件系统开发等相关工作的还有刘宁宁博士、胡志刚博士、诸葛婴博士、王靖、曹勇、邱峰、刘景春、杨骅、王蔚洪、韩博闻、王岩等。实际上,本书是集体协作的成果,实验室的王小香、李慧与朱珣为本书进行了前期的整理和校对,这里还要特别感谢何晖光、王小香与曾珊为本书的出版做了大量的文字工作。非常感谢电子工业出版社的童占梅老师为本书的编辑出版倾注了大量的心血。

本书的相关研究与系统研发工作得到了国家自然科学基金委杰出青年基金——三维医学图像分析处理及自动指纹识别的研究,国家重大基础研究前期研究专项项目——虚拟人的智能行为研究,以及多项国家自然科学基金(69931010,60071002,60072007,60172057,30270403)的资助;本书的出版还得到信息产业部电子信息科技专著出版资金的资助,在此深表感谢。

作 者

于北京中关村·中科院自动化所

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 医学影像处理与分析的意义	(1)
1.2 医学影像处理与分析的研究内容	(2)
1.3 医学影像处理与分析系统的应用	(7)
第 2 章 医学影像设备及其成像原理	(9)
2.1 计算机断层扫描成像(CT)技术	(9)
2.1.1 CT 成像的基本原理	(9)
2.1.2 CT 图像和 CT 值	(12)
2.1.3 CT 扫描方式	(12)
2.1.4 CT 设备的主要技术指标	(12)
2.2 螺旋 CT	(13)
2.2.1 数据获取与处理	(13)
2.2.2 性能与特点	(15)
2.2.3 临床优势	(17)
2.3 磁共振成像(MRI)技术	(18)
2.3.1 简介	(18)
2.3.2 成像原理	(19)
2.3.3 临床应用	(32)
2.4 其他影像设备	(32)
思考题	(33)
本章参考文献	(34)
第 3 章 医学图像的分割	(35)
3.1 图像分割技术综述	(35)
3.1.1 基于区域的分割方法	(36)
3.1.2 基于边缘的分割方法	(40)
3.1.3 结合区域与边界信息的方法	(43)
3.1.4 图谱引导方法	(44)
3.1.5 基于模糊集理论的方法	(45)
3.1.6 基于神经网络的方法	(46)
3.1.7 基于数学形态学的方法	(47)
3.2 医学图像分割的研究特点	(48)
3.2.1 算法研究的特点	(48)
3.2.2 CT 和 MR 图像的常见分割任务	(49)
3.3 几种实用的分割方法	(50)
3.3.1 基于最大熵原则的阈值分割	(50)
3.3.2 基于高斯混合分布的医学图像分割	(54)
3.3.3 多尺度顺序边缘连接检测法	(58)
3.3.4 live wire 交互式分割	(62)

3.3.5 基于模糊连接的图像分割	(66)
3.3.6 基于形变模型的方法	(71)
3.3.7 基于活动轮廓模型的切片序列分割	(77)
3.4 医学图像分割的评价	(85)
3.4.1 评价的客观性	(86)
3.4.2 评价方法	(86)
3.4.3 Ground Truth 数据集	(87)
思考题	(89)
本章参考文献	(90)
第4章 医学图像的配准	(96)
4.1 概述	(96)
4.1.1 背景介绍	(96)
4.1.2 图像配准技术的发展历史	(96)
4.1.3 医学图像配准技术在临床中的应用	(97)
4.2 图像配准技术简介	(97)
4.2.1 图像配准的原理及概念	(97)
4.2.2 医学图像配准方法的分类	(98)
4.2.3 图像配准的三大特性	(100)
4.3 基于特征点的配准方法	(104)
4.3.1 控制点的选取	(104)
4.3.2 全局配准方法	(105)
4.3.3 局部配准方法	(105)
4.3.4 实用算法举例	(106)
4.4 基于表面的配准方法	(107)
4.4.1 基于刚体模型的方法	(108)
4.4.2 基于形变模型的方法	(109)
4.5 基于像素(体素)的配准方法	(110)
4.5.1 利用图像统计信息	(110)
4.5.2 直接利用图像中所有灰度信息	(110)
4.6 图像配准方法的评估	(113)
思考题	(114)
本章参考文献	(114)
第5章 医学图像的三维重建与可视化技术	(117)
5.1 概述	(117)
5.2 三维重建	(117)
5.2.1 简介	(117)
5.2.2 传统的 Marching Cubes 方法	(118)
5.2.3 一种改进的基于 Surface Tracking 的重建算法	(122)
5.2.4 基于分割的 Marching Cubes 方法	(126)
5.2.5 基于体绘制的三维数据场多表面显示方法	(130)
5.3 网格模型化简及层次细节模型	(134)

5.3.1 概述	(134)
5.3.2 静态化简方法	(136)
5.3.3 动态化简方法	(141)
5.3.4 基于改进 PM 的层次细节模型	(143)
5.3.5 基于视点细分的层次细节模型	(151)
5.3.6 其他方法	(156)
5.3.7 各种化简算法的比较	(157)
5.3.8 小结	(158)
思考题	(159)
本章参考文献	(160)
第 6 章 磁共振功能成像	(166)
6.1 概念与发展	(166)
6.2 BOLD-fMRI	(167)
6.2.1 原理	(167)
6.2.2 实验研究	(170)
6.2.3 应用前景	(171)
6.3 弥散成像	(172)
6.3.1 原理	(172)
6.3.2 应用	(173)
6.4 磁共振弥散张量成像	(175)
6.4.1 原理	(175)
6.4.2 应用	(179)
6.5 灌注成像	(180)
6.5.1 原理	(180)
6.5.2 应用	(181)
6.6 磁共振波谱分析	(183)
6.6.1 原理	(183)
6.6.2 应用	(184)
思考题	(185)
本章参考文献	(186)
第 7 章 虚拟内窥镜	(191)
7.1 医用内窥镜技术和虚拟内窥镜的引入	(191)
7.2 虚拟内窥镜中体数据的可视化	(192)
7.2.1 数据的采集与建模	(193)
7.2.2 绘制技术	(194)
7.2.3 两种绘制技术在虚拟内窥镜应用中的比较	(197)
7.3 虚拟内窥镜体数据中漫游的实现	(198)
7.3.1 视野检测	(198)
7.3.2 路径跟踪技术	(201)
7.4 虚拟内窥镜系统举例	(203)
7.4.1 国外虚拟内窥镜系统	(203)

7.4.2 国内虚拟内窥镜系统·····	(204)
本章参考文献·····	(206)
第8章 医学影像处理在外科手术及放疗中的应用 ·····	(208)
8.1 引言·····	(208)
8.2 医学影像导引下的外科手术·····	(209)
8.2.1 概述·····	(209)
8.2.2 影像导引下的外科手术方法·····	(212)
8.3 放疗治疗计划中的医学影像学·····	(217)
8.3.1 导言·····	(217)
8.3.2 X射线断层适形调强放疗过程·····	(218)
8.3.3 X射线断层适形调强放疗应用实例·····	(222)
8.4 医学影像技术在外科手术和放疗中的应用前景·····	(231)
思考题·····	(232)
本章参考文献·····	(232)
第9章 基于医学影像的计算机辅助诊断 ·····	(234)
9.1 引言·····	(234)
9.2 基于医学影像的乳腺癌计算机辅助诊断·····	(236)
9.2.1 对乳腺影像的采集和数字化·····	(236)
9.2.2 乳腺影像的计算机分析·····	(238)
9.2.3 乳腺内部组织的分割·····	(238)
9.2.4 乳腺实性占位病灶的特征提取·····	(240)
9.2.5 乳腺簇形钙化点的特征提取·····	(247)
9.2.6 乳腺病灶的特征选择·····	(248)
9.2.7 乳腺病灶的分类分析·····	(250)
9.2.8 和其他医学影像数据的整合·····	(253)
9.3 用X射线CT影像数据进行肺部结节的自动探测·····	(258)
9.4 基于医学影像的骨强度计算机辅助分析技术·····	(259)
思考题·····	(261)
本章参考文献·····	(261)
第10章 DICOM标准 ·····	(270)
10.1 DICOM标准的历史和由来·····	(270)
10.1.1 医疗数据通信问题的提出·····	(270)
10.1.2 医疗设备间通信的国际标准的产生及其演化过程·····	(271)
10.1.3 医疗数据通信在我国现状·····	(273)
10.2 DICOM通信协议标准解析·····	(273)
10.2.1 DICOM通信协议的特点和内容概述·····	(273)
10.2.2 面向对象的DICOM信息结构模型·····	(277)
10.2.3 数据编码方式和DICOM文件结构·····	(279)
10.2.4 DICOM通信过程分析·····	(283)
10.3 DICOM通信的设计和实现·····	(288)
10.3.1 DICOM通信设计的总体目标·····	(288)

10.3.2	DICOM 通信总体模块划分	(289)
10.3.3	DICOM 通信协商设计	(290)
10.3.4	数据编码设计	(297)
	思考题	(300)
	本章参考文献	(301)
第 11 章	PACS 系统	(302)
11.1	PACS 的产生	(302)
11.2	PACS 的应用范围和组成	(303)
11.3	PACS 的发展状况	(304)
11.3.1	国外成熟的 PACS 系统介绍	(304)
11.3.2	国内厂商的有益尝试	(307)
11.4	一个实用的 PACS 系统	(309)
11.4.1	系统基本功能	(309)
11.4.2	系统组成	(310)
11.5	PACS 展望	(313)
11.5.1	美好前景	(313)
11.5.2	一条可行的道路	(314)
	思考题	(316)
	本章参考文献	(316)
第 12 章	3DMed 医学图像处理系统	(317)
12.1	概述	(317)
12.2	系统功能简介	(317)
12.2.1	影像数据管理	(318)
12.2.2	二维处理功能	(319)
12.2.3	三维数据处理	(321)
12.3	三维显示	(323)
12.3.1	三维面显示	(323)
12.3.2	三维体显示	(323)
12.3.3	三维局部显示	(324)
12.3.4	三维动画显示	(324)
12.3.5	手术模拟	(324)
12.4	其他功能	(327)
12.5	系统配置	(327)
第 13 章	虚拟人体计划研究概述	(328)
13.1	概述	(328)
13.2	可视人计划	(328)
13.2.1	简介	(328)
13.2.2	第一阶段:数据采集	(329)
13.2.3	第二阶段:数据处理	(330)
13.2.4	第三阶段:数据集成——从数据到知识	(335)
13.2.5	应用与影响	(335)

13.2.6 最新进展	(338)
13.3 其他国家可视人的研究	(339)
13.3.1 欧洲	(339)
13.3.2 亚洲	(340)
13.4 其他相关项目	(340)
13.4.1 虚拟人计划	(340)
13.4.2 生理人计划	(341)
13.4.3 数字人计划	(343)
本章参考文献	(343)
第 14 章 分子影像学中的图像处理与分析技术	(345)
14.1 概述	(345)
14.1.1 发展现状	(345)
14.1.2 研究领域和应用	(346)
14.2 基本原理与关键技术	(347)
14.2.1 基本原理	(347)
14.2.2 分子影像学的关键技术	(347)
14.3 医学图像处理在分子影像学中的应用	(350)
14.3.1 图像增强和图像复原	(351)
14.3.2 图像配准	(351)
14.3.3 图像分割	(352)
14.3.4 三维可视化	(353)
14.4 总结	(353)
本章参考文献	(353)
附录 A 随书赠送软件简介	(355)
附录 B 名词术语缩略语列表	(356)

第 1 章 绪 论

1.1 医学影像处理与分析的意义

医学是关系到千千万万人的身心健康的应用学科,医学的发展水平体现了一个国家的人民生活标准,代表了一个国家的综合国力。自古以来,“望、闻、问、切”都是国内外进行医学诊断最基本的手段。但是,自伦琴 1895 年发现 X 射线以来,医学的诊断方式发生了翻天覆地的变化。随着可视化技术的不断发展,现代医学已越来越离不开医学影像的信息处理,医学影像在临床诊断、教学科研等方面正发挥着极其重要的作用。目前的医学影像包括 B 超扫描图像、彩色多普勒超声图像、核磁共振 (MRI) 图像、CT 图像、PET 图像、SPECT 图像、数字 X 光机 (DX) 图像、X 射线透视图像、各种电子内窥镜图像,显微镜下病理切片图像等。同时更清晰、更有诊断价值的高质量医学图像正在不断研究和发展中。

传统的影像技术还只是获得人体某一断层的影像数据,然后医生通过胶片进行诊断或者通过显示屏幕进行观察。但是,无论胶片还是屏幕显示,医务人员所观察到的仍然是二维图像,并且只能以固定方式对图像进行观察,所得到的诊断结果带有医生的主观经验判断,这在很大程度上取决于医生的临床经验。计算机技术的应用可以改变这种状况,通过图形图像技术,可以对影像图像进行任意放大、缩小、旋转、对比调整、三维重建等处理,使得医务工作者可以从多方位、多层次的观察角度对影像数据进行详细的观察,可以辅助医生对病变体及其他感兴趣的区域进行定性直至准确的定量分析,这无疑对提高影像数据的利用价值有深远的意义,而且可以大大提高临床诊断的准确性和正确性。

近年来,随着计算机及其相关技术的迅速发展及图形图像技术的日渐成熟,使得该技术逐步渗入医学领域中,开创了数字医疗的新时代。自 20 世纪 90 年代起,借助计算机影像处理与分析、计算机图形学、虚拟现实和计算机网络等技术的医学影像处理与分析,一直是国内外研究与应用的热点,也逐渐形成了具有特色的一门交叉学科。

医学影像处理与分析是近几年兴起的新兴交叉学科,正方兴未艾。借助图形、图像技术的有力手段,医学影像的质量和显示方法得到了极大的改善,从而借助于图像处理与分析手段使得诊疗水平大大提高。这不仅可以基于现有的医学影像设备来极大地提高医学临床诊断水平,而且能为医学培训、医学研究与教学、计算机辅助临床外科手术等提供数字实现手段,为医学的研究与发展提供坚实的基础,具有不可估量的价值。因此,目前世界上也有不少国家的研究机构开始致力于这个领域的研发工作,并且研究出一些面向临床的、功能简单的医学影像处理与分析系统。这些系统虽然仅能提供有限的临床所需的功能,但在临床研究中已经发挥重要的作用。正是由于医学影像处理与分析对临床医学的发展有着巨大的促进作用,因而,医学影像处理与分析的研究正逐步受到世界许多国家的重视。

我国人口众多,医疗手段和诊断水平的高低直接关系到我国十几亿人口的切身利益,提高我国的医疗水平势在必行。我国的医院在过去十多年间,引进大批先进的医学影像设备,对提

高诊断水平起了重要的积极作用。但由于多方面的原因,大多数医学影像设备通常只配置一台打印机或用 X 光胶片做影像记录,医生通过肉眼观察仪器屏幕的图像进行诊断。由于图像质量不够好,而且一些医生缺乏临床经验和专业知识,诊断水平不够理想。目前,一些医院的误诊率还较高,因此,改善临床诊断的方法,提高临床诊断的准确率在我国十分重要而迫切。

1995 年,国家医疗卫生信息产业工程(即“金卫”工程)纳入国家“金”字系列工程,并在 1996 年确定了国家级“金卫工程”试点城市,这标志着我国医疗卫生信息现代化建设迈出了可喜的一步,为我们在医学领域实现高技术化,赶超世界先进水平提供了良好的契机。随着“金卫工程”的进展,国内也越来越重视计算机及图像处理技术在医学领域的应用,一些研究机构、医疗单位和公司企业都在进行该领域的研发工作。

医学影像处理与分析这一新兴学科有着它本身的特点,其中很多关键性的问题还未得到圆满的解决,而这些问题的解决直接影响计算机图形图像技术在医学上的成功应用,并且这些问题的解决不仅有着理论上的意义,而且具有十分重要的应用价值。

1.2 医学影像处理与分析的研究内容

由于医学影像是一个新的研究领域,它自身的特点决定我们不能应用传统的基于光强度的光学图像的研究方法来处理。因此,必须提出新的、有针对性的理论和方法来进行研究。另外,医学影像的处理还需要多领域的知识,所以该学科的研究需要结合医学专家的指导,从这个意义上讲,该学科的研究涉及人机结合的问题,如何使得医学领域的专家与计算机有机的结合起来也是该领域具有特色的问题。

医学影像处理涉及的研究内容包括:医学影像数据获取、医学图像分割、医学图像配准、三维可视化、虚拟现实技术、DICOM 数据通信技术、PACS 系统和图像引导手术。下面先简单介绍这些内容,在后面章节中再一一详述。

1. 医学影像数据的获取

医学影像数据的获取不同于光学图像数据的获取。目前,医学影像数据的获取基本上通过以下的主要途径:正电子放射层析成像技术(PET)、磁共振成像技术(MRI)、X 射线层析成像技术(CT)等。研究这些设备的成像原理,对于提高医学影像的显示质量有着重要的意义。

国外医学影像设备生产厂商出于商业垄断的考虑,均对设备产生的影像数据进行加密处理,使得数据不具备开放性,而且这些厂商一般不提供解密方法,对数据的处理必须使用厂商提供的软硬件,从而使得医学研究人员在研究和应用方面受制于影像设备的生产商,不利于医学研究的进展。因此,要对影像数据进行富有成效的后处理工作,必须解决影像数据的计算机获取问题。

2. 数据预处理技术

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外一个关键问题。图像预处理技术对影像数据进行各种处理,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 射线或磁共振的数据等进行滤波处理,以消减图像数据中的噪声,突出感兴趣的生物组织。

另外,医学影像与普通图像比较,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含糊性。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;在同一个物体中 CT 值也不均匀,如股骨外表面和内部的骨髓的密度。另外,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 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都难以精确地描述;一些病变组织由于侵袭周围组织,其边缘无法明确界定。③ 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分割。在医学应用中,图像分割具有特殊的重要意义。图像分割是提取影像图像中特殊组织的定量信息的不可缺少的手段,在可视化实现中,图像分割也起着重要的作用。常用的分割方法有:基于阈值的图像分割、基于模糊连接度的分割、交互式图像分割、基于二元特征的分割、基于活动轮廓或形变模型的分割等等。针对不同的医学图像和待分割的对象特点,可以选择不同的分割方法。

3. 医学图像的配准

医学图像主要分为两大类:解剖图像和功能图像。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、fMRI 等。不同的图像模态能够提供不同的信息。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 则能够提供大量功能信息但却不能反映解剖结构。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。因此有必要将这些信息结合起来,从而得到更多的信息,以利于医生诊断。

要想将不同模态的图像提供的信息结合起来,首先要使不同图像在空间中的排列保持一致,这个过程就是图像配准。

图像配准在以下三个方面获得广泛的应用:

(1) 图像引导的神经外科手术。通过图像配准,可将标准的解剖图谱 (Atlas) 叠加到病人的数据上 (即使在高分辨的 MRI 图像中也看不出视神经等结构,而这种结构在解剖图谱 (Atlas) 中则有详细的描述), 这样可以帮助医生进行外科手术的规划。

(2) 脑功能区的定位。在心理学、药理学等其他的实验中,我们需要观察大脑在某一刺激下的某些区域的变化情况,由于这是一项需多人参与的统计学意义上的实验,因而需要将许多形态各异的 MRI 图像配准到一个共同的参考系统中。

(3) 脑结构变化的研究。由于人的性别、年龄及所患的疾病将导致大脑的解剖结构的差别,通过图像的配准,可以对这种差别进行定量分析,从而有助于从数量上阐明相应机理。

4. 医学图像的三维可视化技术

目前,CT,MR,PET等医学成像设备均产生人体某一部位的二维断层图像,再由一系列平行的二维断层图像来记录人体的三维信息。在医学诊断中,医务人员通过观察一组二维断层图像,在大脑中进行三维数据的重建,以此来研究病变体的空间结构。这就难以准确确定病变体的空间位置、大小、几何形状及与周围生物组织之间的关系。因此,利用计算机进行医学图像的处理和分析,加以三维重建和显示具有重要意义。

医学图像的三维可视化就是利用一系列的二维切片图像重建三维图像模型,进行定性定量分析。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。三维医学图像可视化技术作为有力的辅助手段能够弥补影像设备在成像上的不足,能够为用户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,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极其重要的作用。

三维可视化实现中有两种绘制技术:表面绘制和直接体绘制。

面绘制最大的特点是,需要先对二维数据场进行三维重建,生成体数据等值面的曲面表示,再用光照模型计算出绘制图像。常用的三维重建方法有:Marching Cubes, Surface Tracking等。Marching Cubes方法提出一种精确定义体素及其体素内等值面的生成方法,随后又有很多人在它的基础上进行研究,如今已经成为最流行的三维重建方法,在许多商业软件中也有应用。面绘制法将感兴趣的部分以等值面的方式抽取出来,便于利用真实感技术生成高质量的图像,使研究人员可以方便地进行观察和分析。这种绘制方法速度快,适合于实时性要求高的情形,比如交互操作、图像引导手术(Image-Guide Surgery)等。

体绘制则放弃了传统方法中体由面构造这一约束,采用体绘制光照模型直接从三维体数据中绘制各类物理量的分布情况。等值面、等势面等体数据的几何面表示方法,是研究者为了适应图形显示,人为提出的一种体数据表示形式。体绘制的根本点在于放弃这一做法,将三维体数据中的体素看成一个半透明物质,并赋予其一定的颜色和阻光度,由光线穿过整个数据场,进行颜色合成,得到最终的绘制结果。目前有三类直接体绘制方法:光线投射法、投影成像法和频域变换法。直接体绘制计算量大,耗费时间长,不能实时处理。

5. 虚拟内窥镜

随着虚拟现实技术的发展,数字医疗、计算机辅助医学、计算机辅助手术等医学虚拟现实技术成为目前研究的热点。由于这些技术蕴涵着巨大的市场潜力,各国都在投入大量人力、物力进行研究开发,试图领先一步抢占市场。

内窥镜技术作为一个重要的检查手段已经有了几十年的发展历史,在疾病的诊断上发挥了巨大作用。但是现有的内窥镜技术存在一个共同的缺陷:必须往病人体内插入内窥探头。一般来说,探头都是机械装置,因而会给病人带来很大的痛苦。虚拟现实技术的出现为减轻这一痛苦带来了可能,这就是虚拟内窥镜技术。

此外,虚拟内窥镜技术还可以检查传统方法所无法到达的区域,甚至深入实体内部进行观察,还具有交互性、局部细节放大、可重复观察等优势。传统内窥镜技术无法与之相比。

6. DICOM 标准

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 是医疗设备的国际标准通信协议。现在,医学图像的数据通信一般遵循 DICOM 标准。目前,国外的医疗设备厂商一般都以许可证方式提供符合 DICOM 标准的医疗设备,以解决不同厂商的各种医疗设备的互连问题。由于 DICOM 相当庞大,各厂商的医疗设备遵循的标准基本上只是 DICOM 标准的子集,且其自定义字段一般都是加密的、不公开的。现在广泛使用的标准是 DICOM 3.0。DICOM 3.0 标准的制定使得医学图像及各种数字信息在计算机间的传送有了一个统一的标准。DICOM 3.0 同时也是通用 PACS (Picture Archiving and Communications System) 系统接收设备数据所遵循的标准协议。PACS 系统作为通用的医疗图像数据的管理系统,涉及不同厂商的各种医疗设备间的通信,也有可能涉及 PACS 系统之间的通信。事实上,DICOM 通信接口是 PACS 系统非常重要的功能之一,其作用是解决不同厂商的各种符合 DICOM 标准的医疗设备的通信问题。

随着越来越多的医院对 PACS 系统的认识和应用,大中型医院在购置新的 CT,MR 等医疗设备时,都把能否提供符合 DICOM 标准的网关看做一个重要的选型指标。

7. PACS 系统

随着影像诊断需求的增加和影像设备的种类、数量的不断增长,用于诊断的图像数据正在以爆炸式的方式不断增多。有关资料表明,仅美国一家普通的大医院,每年的有关医学图像的数据量约为 2 百万兆,这给传统的以纸和胶片作为存储媒介的影像数据管理带来了挑战。如何解决以下问题成为当今医学领域计算机技术的另一项研究热点:

- (1) 如何高效地跟踪病人的有关影像资料?
- (2) 如何将已经扫描的图像数据尽快地传送到急需的科室和医疗现场,供有关医生使用?
- (3) 如何综合利用多种影像资源和信息进行符合功能性诊断?
- (4) 如何实现远程诊断和会诊?
- (5) 如何实现医院的信息化?

针对上述问题,图像存储与通信系统 PACS 提出了解决方案。它将计算机设备与各种影像设备相连接,利用高速大容量的光盘存储技术,以数字方式存储、管理、传送、显示病历信息;它革命性地以数字方式存储和管理影像,将计算机网络和通信等各种最新技术引入医学诊断中,大大降低了医生对传统硬拷贝技术的依赖,达到了高效率、低本地观察、存储、管理、回溯和传送医学影像的效果。PACS 技术是进行全数字化影像诊断及管理的重要基础。采用现代化全数字方式的诊断环境,提高诊断效率和质量,是我国医院发展的重要课题。以 PACS 网络技术为基础,进行医院 PACS 诊断胶片、图像及相关信息管理网和远程诊断系统的建设,可以提高影像诊断的效率,降低诊断成本,实现全数字化的现代诊断方式。

综合起来,PACS 系统具有如下 6 个基本功能:

- (1) 无失真存储胶片和影像设备图像及其相关信息,为医院的信息化建设做准备。
- (2) 快速方便地对影像数据进行检索和数字化观察,开辟了无胶化诊断的数字时代。
- (3) 为影像数据的交流提供新的途径和解决方案。