



北京市高等教育精品教材立项项目

图象图形科学丛书

罗述谦 周果宏 编著

医学图象

处理与分析



科学出版社
www.sciencep.com

图象图形科学丛书

医学图象处理与分析

罗述谦 周果宏 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书力求覆盖关于医学图象处理和分析技术的广泛的专题和最新发展。内容包括作为医学图象研究的基础知识、增强技术、分割技术、配准技术和可视化技术。作为扩展知识包括图象压缩、PACS、标准图谱、图象引导手术和引导治疗等关于医学图象的诊断和治疗应用。

本书可作为研究生教材,或作为大学、专科学校有关专业的医学图象处理课程的教材。对医学图象处理感兴趣的工程技术人员、教师和科学研究人员使用本书可以学习有关医学图象处理的基本概念,查找有关算法和作为研究工作的参考工具。

图书在版编目(CIP)数据

医学图象处理与分析/罗述谦,周果宏编著. —北京:科学出版社,2003
(图象图形科学丛书)

ISBN 7-03-012065-5

I. 医… II. ①罗…②周… III. 影像诊断-图象-处理 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 070953 号

责任编辑:王淑兰/责任校对:张蕴敏

责任印制:吕春珉/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

保海印利有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003年8月第 一 版 开本 787×1092 1/16

2003年8月第一次印刷 印张 25 插页:3

印数:1—4 500

字数 580 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

丛书序言

图象图形是人类相互交流和认识客观世界的主要媒体。科学研究和统计表明,视觉系统帮助人类从外界获得 3/4 以上的信息,而图象图形带给我们的正是视觉世界中的所有信息。视觉信息所获得的客观作用是其他信息不能替代的,百闻不如一见就是一个非常形象的例子。图象图形是现代信息化社会的重要支柱。

图象图形科学是一门理论与现代高科技相结合来系统地研究各种视觉原理、技术和应用的综合性很强交叉学科。图象图形技术在广义上是各种与视觉有关技术的总称。人类基于视觉的活动,是一个广阔、复杂、富有挑战性的研究领域。图象图形科学和技术是这个领域的有力工具。该学科包括利用计算机和其他电子设备观察世界而获得的数据及按产生数据处理并且显示这些数据的理论和技术的研究。

图象图形科学具有涉及面广,内容丰富,跨行业、跨学科的特点。从它的研究方法来看,它与数学、物理学、生理学、心理学、电子学、计算机科学等许多学科可以相互借鉴;从它的研究范围来看,它与人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等理论和技术都有密切的联系;它的发展应用与医学、遥感、通信、影视、文档处理和工业自动化等许多领域也是不可分割的。在科学史上,它代表了最活跃和令人振奋的边缘学科之一。

图象图形技术已经迅速渗透到人类生活和社会发展的各个方面。图象图形技术无论在科学研究、工业生产、文化娱乐、管理部门都得到越来越多的重视。图象图形技术在工业检测、高空侦察、制导、文化处理、动画、虚拟现实、生物医学、人体科学、艺术、远程教育、科学可视化、计算机辅助设计、遥感、航天等方面都得到越来越多的应用。进入 21 世纪后,其发展将更加迅速。

“图象图形科学丛书”正是在这种形势下组织出版的。中国图象图形学会和科学出版社为该套书的出版付出了很多的努力。这套丛书比较全面地覆盖了图象图形科学的各个分支,是广泛了解图象图形领域基本理论、技术应用和发展动态的最好读物;也是从事图象图形领域研究、技术开发和实际应用人员的工具书。

“图象图形科学丛书”由我国该领域的专家编写,这些专家既对图象图形领域的发展有全面的把握,又分别在其中的某一方向上有深入的研究和独到的见解,充分反映了当前图象图形科技研究的前沿、进展和水平。希望该套书能为发展图象图形科学技术,活跃学术气氛,交流研究成果,促进科技发展,为迎接信息技术的挑战,为我国图象图形事业做出应有贡献。

潘雪鹤

前 言

自 100 多年前伦琴发现“X”射线以来,特别是近 30 年来,医学图象经历了革命性的发展。当代医学图象的研究充分表现出了多学科、大跨度交叉的特点。医学(特别是解剖学、神经学)知识、物理概念、数学方法和计算机程序设计思想有机地融合在医学图象处理研究之中,CT, MRI, PET 等多种医学成像模式的应用,以及医学图象的三维可视化,特别是内部器官和脑的三维体积测定可视化,已经成为日常病人诊断和护理程序标准的组成部分。多种图象模式,例如, MRI 和 PET, 在同一个病人身上的应用需要精细的图象配准技术;病理图象的自动识别和诊断也需要图象分割、量化和增强工具,以及关于图象分割和可视化的有效算法。而近年来迅速发展的远程医疗、HIS 和 PACS 系统又迫切寻求数字医学图象的有效压缩技术和通信方法。

笔者从事医学图象处理和分析的研究和教学 10 余年,努力追随这个领域的发展步伐,一刻不敢有所懈怠。本书是笔者多年研究和教学经验的总结和梳理,书中也选编了国内外相关领域专家和学者的研究精华。各章节后列出的参考文献只是其中一部分,限于时间和精力,不免挂一漏万,敬请谅解。

本书力求系统全面地介绍有关医学图象处理和分析技术的广泛的专题和最新发展。内容包括医学图象研究的基础知识、增强技术、分割技术、配准技术和可视化技术。作为扩展知识,还介绍了图象压缩、PACS、标准图谱以及图象引导手术和引导治疗等关于医学图象的诊断和治疗应用。

本书第 7.7 节、第 8.3~8.6 节、第 9 章和第 10.3 节由周果宏编写,其余章节由罗述谦编写。

本书可作为研究生教材,或作为大学或专科学校有关专业的医学图象处理课程的教材。建议做如下安排:

全部内容共需 54~60 学时。必修内容为

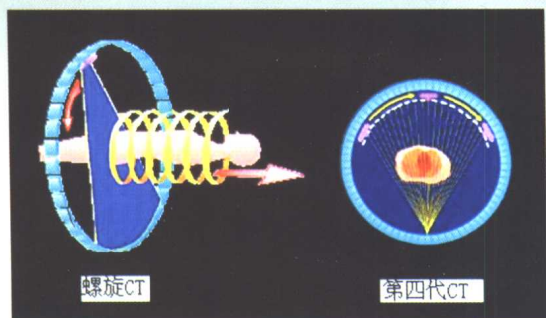
- (1) 第 2 章全部内容;
- (2) 第 3 章的 3.1 节;
- (3) 第 4 章的 4.1~4.3 节 4.4.3 4.4.4 及 4.6 和 4.7 节;
- (4) 第 5 章的 5.1、5.2、5.4 和 5.7 节;
- (5) 第 6 章的 6.1~6.5 节;
- (6) 第 7 章的 7.3 和 7.4 节。

作为选修内容,第 8 章、第 10 章以及第 9 章关于图象压缩和 PACS 的内容可用 6~8 个学时;作为研究生教材则可将内容选得更深入些。

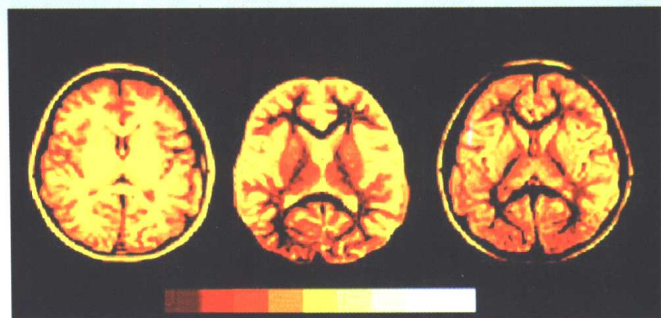
对医学图象处理感兴趣的工程技术人员、教师和科学研究人员使用本书可以学习有关医学图象处理的基本概念,查找有关算法和作为研究工作的参考工具。

限于我们的知识水平和能力，书中的错误也在所难免，敬请读者批评指正。

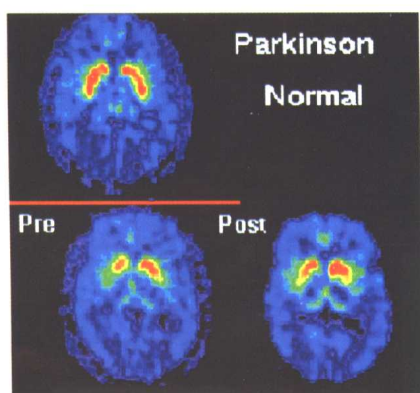
罗述谦 周果宏
2003 年 2 月于北京



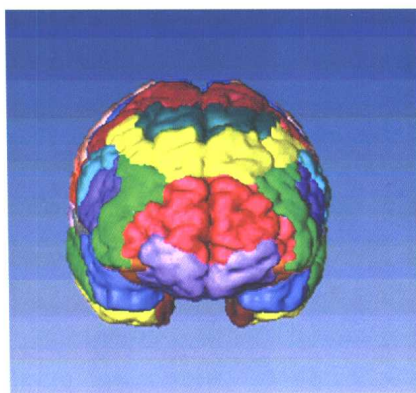
彩图 1 (图1.4)



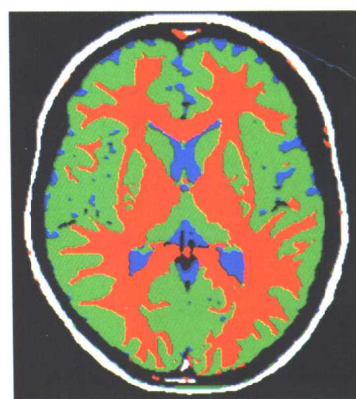
彩图 2 (图2.12)



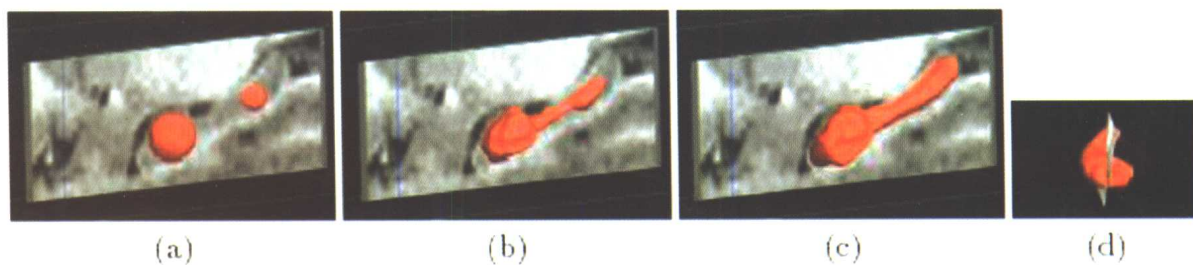
彩图 3 (图2.13)



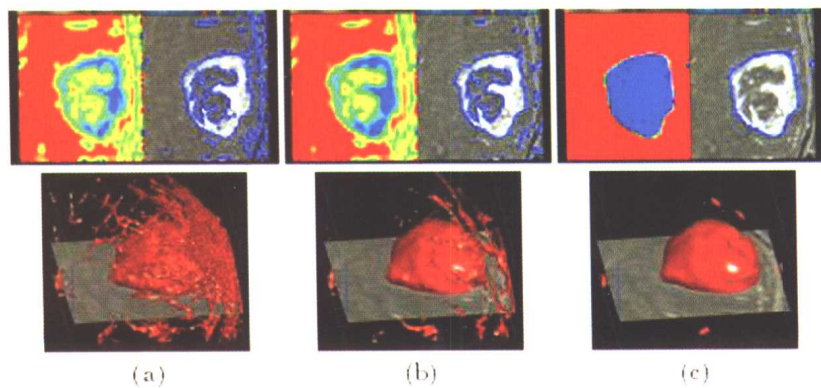
彩图 4 (图2.14)



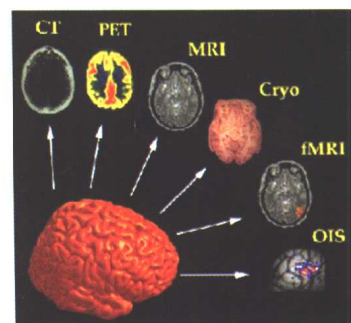
彩图 5 (图5.18)



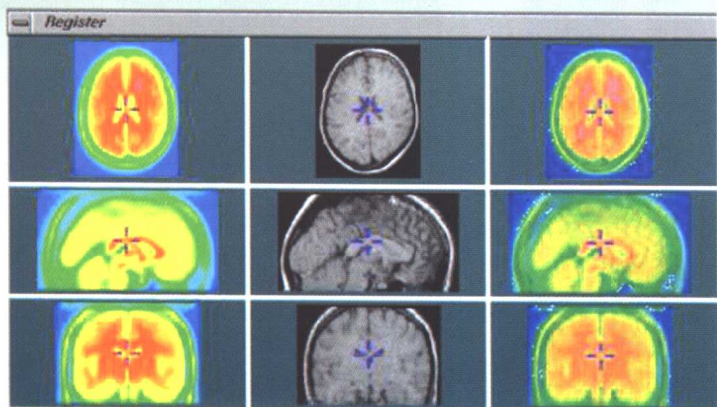
彩图 6 (图5.34)



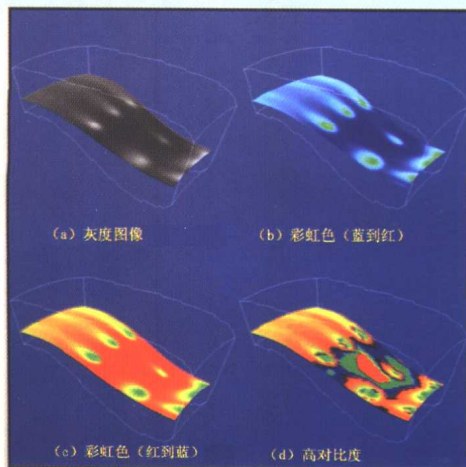
彩图 7 (图5.35)



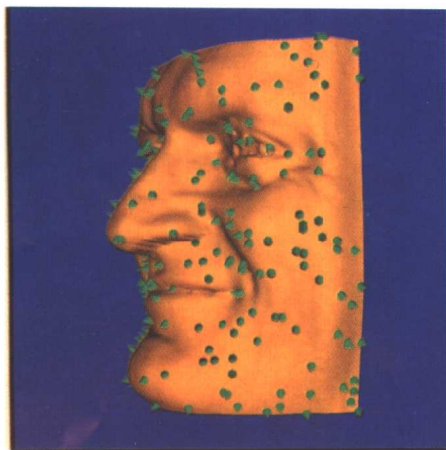
彩图 8 (图6.1)



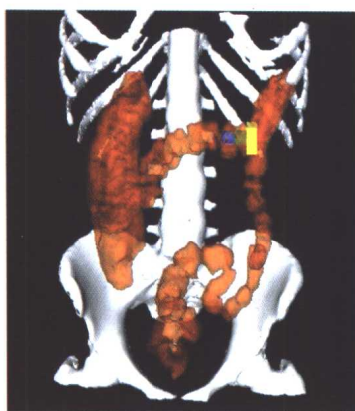
彩图 9 (图6.5)



彩图 10 (图7.7)



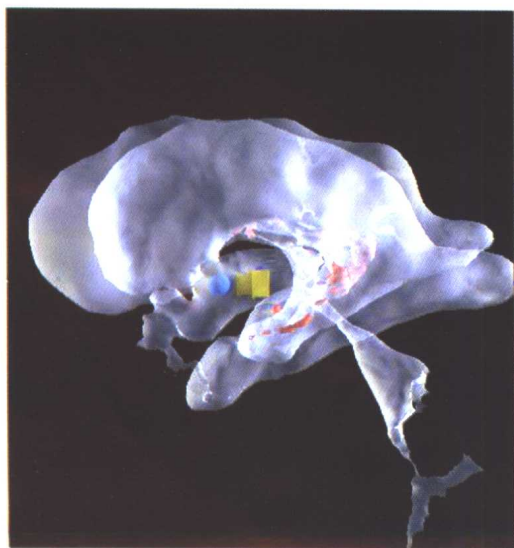
彩图 11 (图7.12)



彩图 12 (图7.69(a))



彩图 13 (图7.69(b))



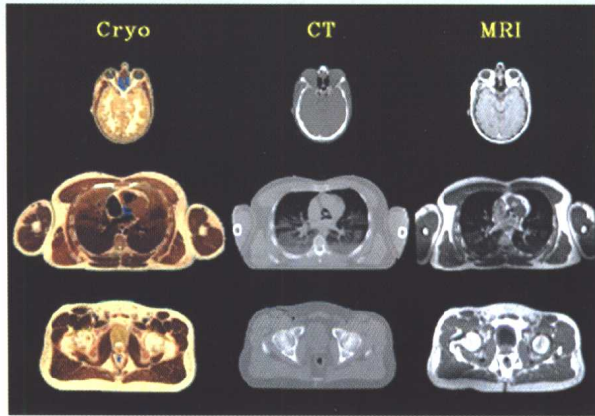
彩图 14 (图7.70(b))



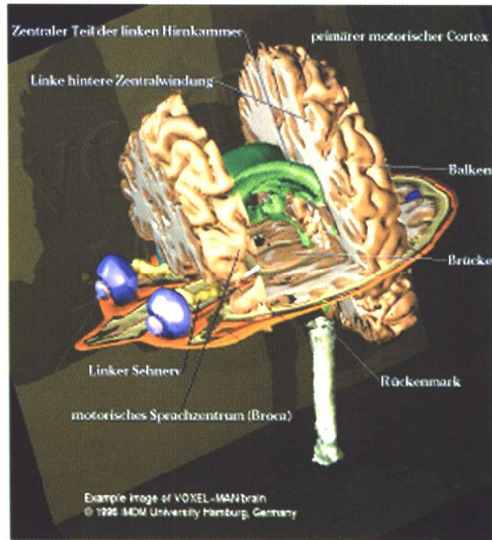
彩图 15 (图7.71(a))



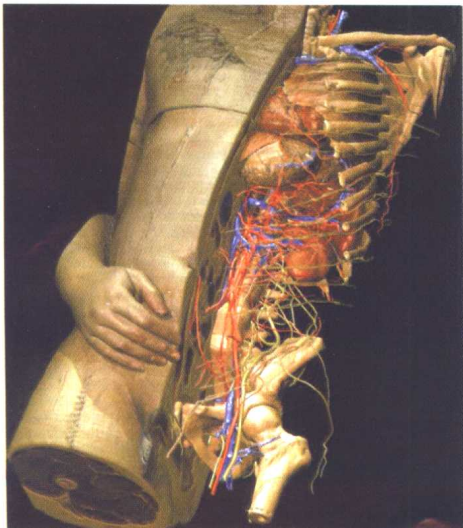
彩图 16 (图8.2)



彩图 17 (图8.3)



彩图 18 (图8.4)



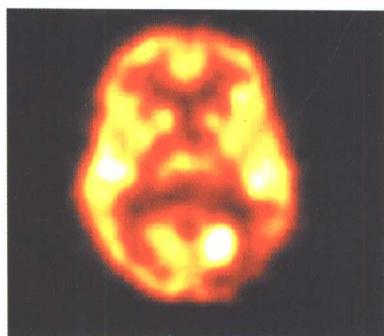
彩图 19 (图8.5)



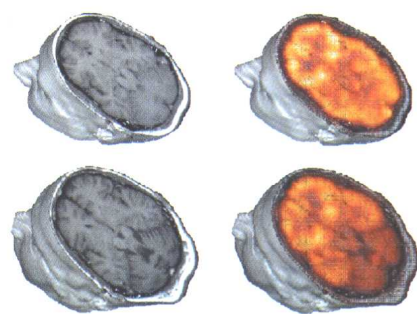
彩图 20 (图8.6)



彩图 21 (图8.7)



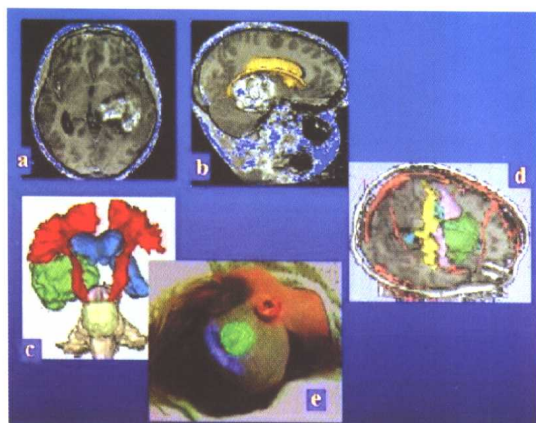
彩图 22 (图10.2)



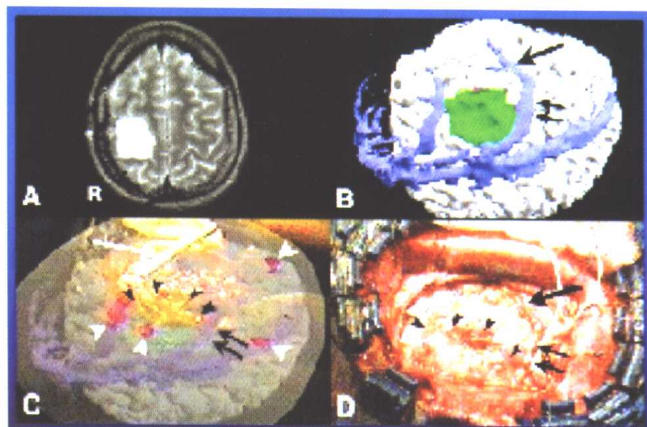
彩图 23 (图10.3)



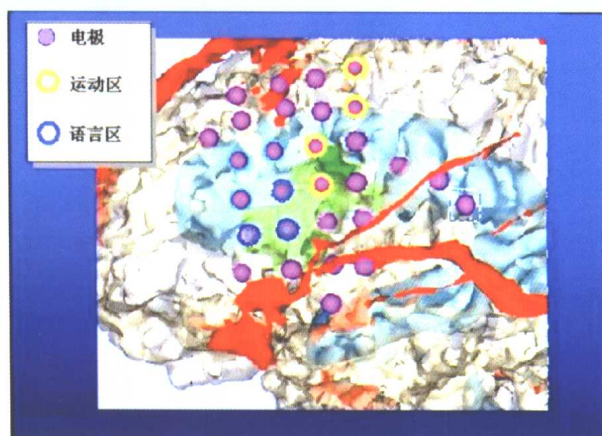
彩图 24 (图10.4)



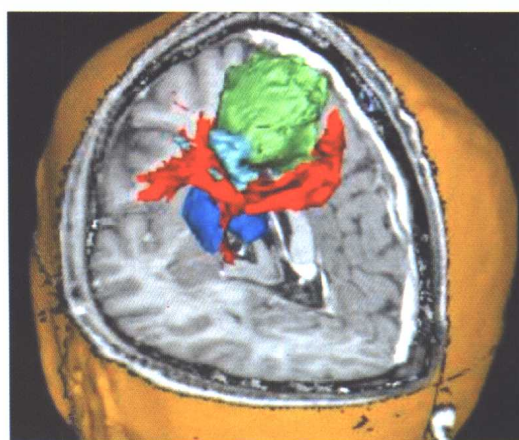
彩图 25 (图10.6)



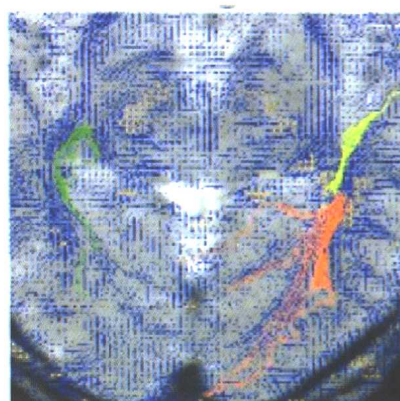
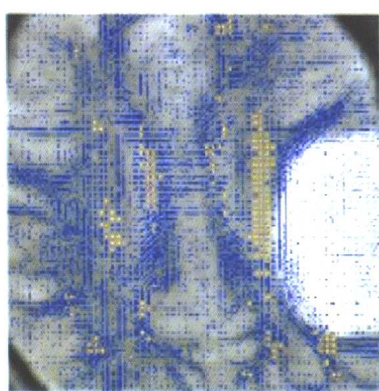
彩图 26 (图10.8)



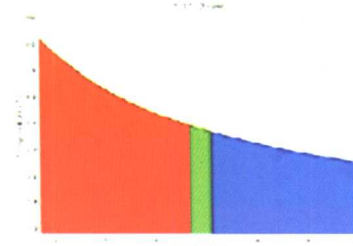
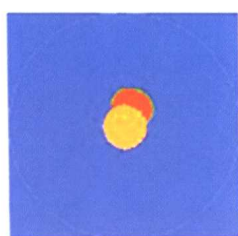
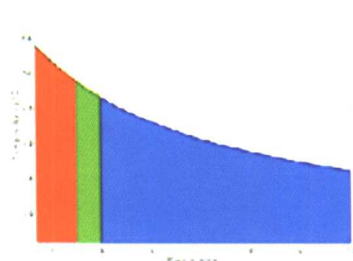
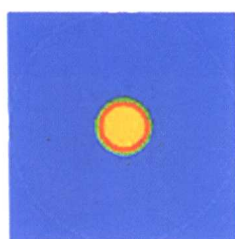
彩图 27 (图10.9)



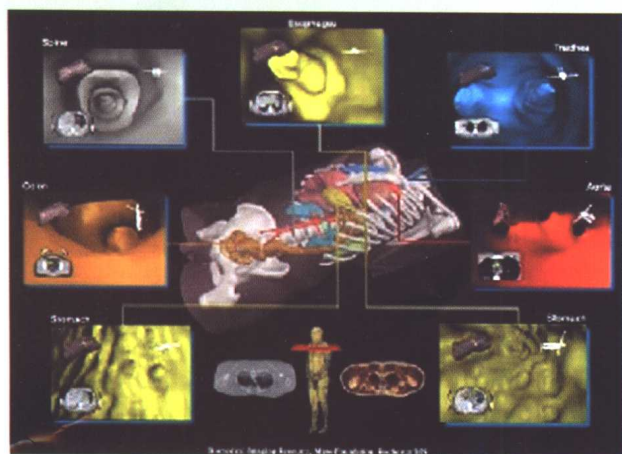
彩图 28 (图10.10)



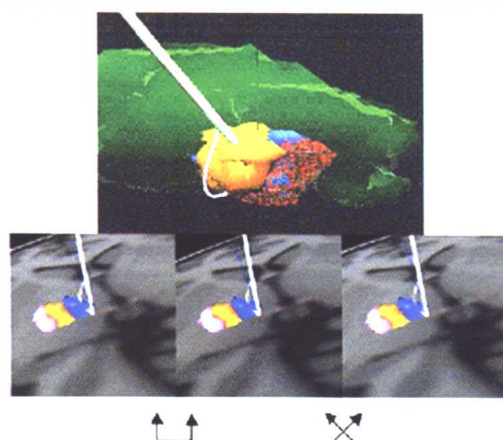
彩图 29 (图10.11)



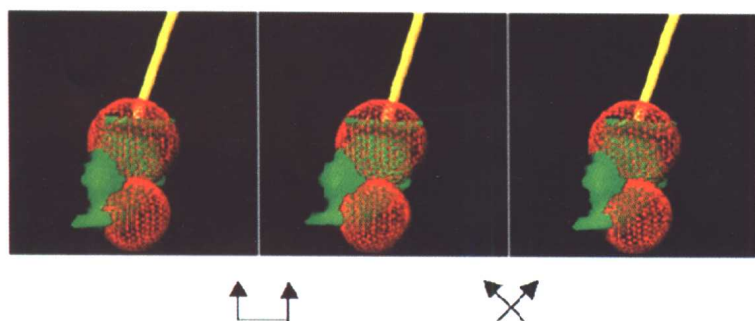
彩图 30 (图10.19)



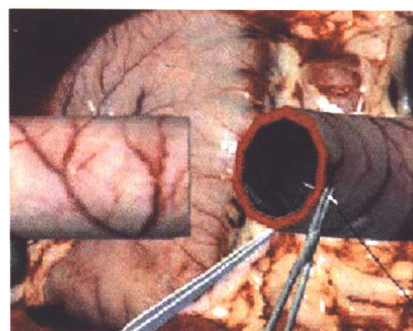
彩图 31 (图10.21)



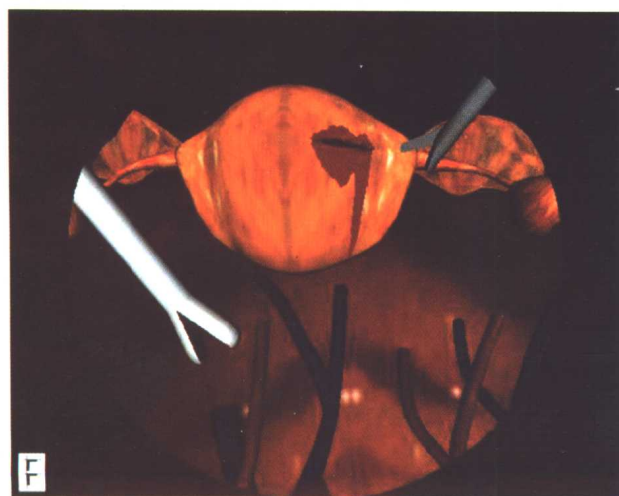
彩图 32 (图10.22)



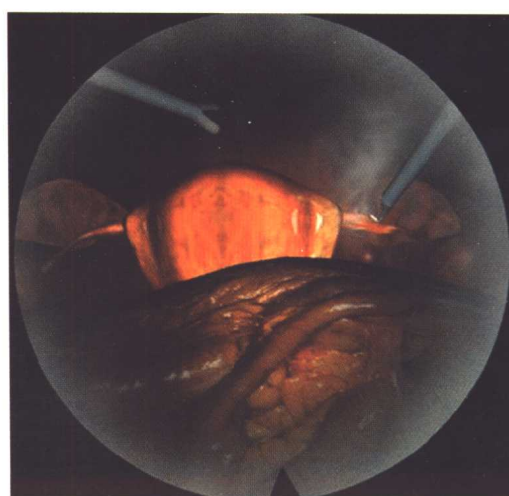
彩图 33 (图10.23)



彩图 34 (图10.27)



彩图 35 (图10.29)



彩图 36 (图10.30)

目 录

第1章 医学图象的发展	(1)
1.1 伦琴开创了人体图象的先河	(1)
1.2 CT技术与三维医学图象	(2)
1.3 PET技术与功能医学图象	(2)
1.4 多种成象模式	(3)
1.5 医学图象后处理概念	(4)
第2章 医学图象基础	(6)
2.1 图象数据格式	(6)
2.2 灰度直方图	(12)
2.2.1 灰度直方图概念	(12)
2.2.2 灰度直方图的性质	(13)
2.2.3 归一化直方图	(13)
2.2.4 彩色图象的直方图	(14)
2.2.5 直方图的线性拉伸与压缩	(14)
2.3 伪彩色与假彩色	(16)
2.3.1 伪彩色	(16)
2.3.2 假彩色	(17)
2.4 图象体数据集	(18)
2.4.1 体数据集	(18)
2.4.2 体数据文件格式	(18)
2.5 图象插值技术	(19)
2.5.1 插值的概念	(19)
2.5.2 图象灰度插值	(19)
2.5.3 二维图象灰度插值方法	(20)
2.5.4 三维图象灰度插值方法	(23)
2.6 图象形状和纹理量化	(25)
2.6.1 形状量化	(26)
2.6.2 纹理量化	(33)
第3章 医学图象增强	(38)
3.1 基本增强技术	(38)
3.1.1 卷积算子	(38)
3.1.2 象素运算	(39)
3.1.3 局部算子	(41)
3.1.4 多幅图象运算	(43)

3.1.5 频域增强技术	(43)
3.2 适配图象滤波	(45)
3.2.1 空间频率滤波	(45)
3.2.2 钝化蒙片法	(46)
3.2.3 适配维纳滤波	(48)
3.2.4 各向异性适配滤波	(48)
3.3 适配模板滤波	(49)
3.3.1 适配模板滤波算法	(51)
3.3.2 仿真图象滤波实验	(51)
3.3.3 MRI 图象适配模板滤波	(53)
3.3.4 三维体数据适配模板滤波	(53)
3.4 二进小波图象增强技术	(56)
3.4.1 一维离散二进小波变换	(56)
3.4.2 多维离散二进小波变换	(60)
3.4.3 数字乳腺图象的对比增强	(62)
第 4 章 医学图象分割	(65)
4.1 医学图象分割概念	(65)
4.2 阈值分割技术	(66)
4.2.1 全局阈值法	(66)
4.2.2 大津阈值分割	(67)
4.3 微分算子边缘检测	(68)
4.3.1 灰度梯度	(68)
4.3.2 Roberts 交叉算子	(69)
4.3.3 Sobel 模板	(69)
4.3.4 Kirsch 算子	(71)
4.3.5 Laplace 算子	(71)
4.3.6 Marr 算子	(71)
4.3.7 Canny 算子	(73)
4.3.8 Hough 变换	(75)
4.4 区域增长技术	(76)
4.4.1 单一型链结的区域增长	(77)
4.4.2 混合型链结的区域增长	(77)
4.4.3 登山算法	(78)
4.4.4 分水岭算法	(79)
4.5 聚类分割技术	(81)
4.5.1 c 均值聚类	(82)
4.5.2 ISODATA 算法	(82)
4.6 形态运算	(83)
4.6.1 膨胀与腐蚀	(83)

4.6.2	开运算与闭运算	(87)
4.6.3	形态运算举例	(88)
4.7	边界跟踪	(89)
4.7.1	8 邻域搜索法	(89)
4.7.2	跟踪虫搜索法	(90)
4.8	边界分段拟合	(90)
4.8.1	迭代端点拟合	(91)
4.8.2	最小均方误差曲线拟合	(91)
第 5 章	医学图象分类	(93)
5.1	单谱 MR 图象分割	(94)
5.2	多谱图象分析	(96)
5.3	神经网络分类	(98)
5.3.1	Kohonen 模型	(98)
5.3.2	带有侧反馈的 Kohonen 网络	(99)
5.3.3	Kohonen 自组织特征图	(101)
5.4	马尔可夫随机场与期望值最大化方法	(103)
5.4.1	有限混合模型	(103)
5.4.2	马尔可夫模型与一阶马尔可夫链	(103)
5.4.3	马尔可夫随机场	(104)
5.4.4	Gibbs 分布与 MRF	(104)
5.4.5	MRF-MAP 分类	(106)
5.4.6	用期望值最大化方法拟合模型	(107)
5.5	基于有偏场校正的图象分割方法	(108)
5.5.1	算法介绍	(109)
5.5.2	适配分割算法的实现	(110)
5.5.3	实验结果	(111)
5.6	基于信息最小化的 MR 强度不均匀性回顾修正	(112)
5.6.1	线性校正模型	(113)
5.6.2	实验方法及结果	(114)
5.7	模糊聚类分割	(118)
5.7.1	模糊集合与隶属度	(118)
5.7.2	模糊 c 均值算法	(119)
5.7.3	方向敏感的模糊 c 均值算法	(120)
5.7.4	适配模糊 c 均值算法	(121)
5.7.5	基于有偏场校正的适配模糊聚类分割算法 (BAFCM)	(121)
5.8	梯度向量流变形模型	(123)
5.8.1	二维参数式变形模型	(123)
5.8.2	梯度向量流变形模型	(124)
5.9	水平集与快速步进分割方法	(126)

5.9.1	边界驱动蛇线法	(127)
5.9.2	区域竞争蛇线法	(129)
5.9.3	图象的预处理	(129)
5.9.4	快速步进法	(131)
5.10	用体素直方图的部分体积分割	(132)
5.10.1	归一化直方图	(133)
5.10.2	单纯材料与混合材料区的直方图基函数	(134)
5.10.3	直方图基函数的参数估算	(134)
5.10.4	分类方法	(135)
5.10.5	分类实验结果	(136)
5.11	异常脑组织的识别	(136)
5.12	医学图象分割技术的评估	(138)
5.12.1	专家目测	(138)
5.12.2	体模验证	(138)
5.12.3	计算机化解剖图谱	(138)
第 6 章	医学图象配准	(140)
6.1	图象配准的概述	(140)
6.1.1	图象配准的概念	(140)
6.1.2	医学图象基本变换	(141)
6.1.3	配准的类型	(142)
6.1.4	主要配准方法	(145)
6.2	基本空间变换模型	(148)
6.2.1	刚体变换	(149)
6.2.2	全局尺度变换	(156)
6.2.3	9 参数仿射变换	(158)
6.2.4	一般仿射变换	(160)
6.2.5	透视变换	(162)
6.2.6	非线性空间变换	(163)
6.3	基于基准点的配准方法	(164)
6.3.1	极值线与极值点	(165)
6.3.2	极值点的自动提取方法	(166)
6.3.3	用随机法提取极值点	(167)
6.3.4	基于曲线的刚体配准	(167)
6.3.5	基于极值点的刚体配准	(167)
6.3.6	仅依赖基准点位置的刚体配准	(168)
6.4	倒角匹配图象配准法	(169)
6.4.1	代价函数与距离变换	(169)
6.4.2	图象分割与代价函数的优化	(171)
6.4.3	倒角匹配算法的医学应用	(172)

6.5	基于最大互信息的多模医学图象配准	(174)
6.5.1	配准原理	(175)
6.5.2	以互信息为相似性测度	(175)
6.5.3	多参数最优化算法	(178)
6.5.4	配准结果的评估	(179)
6.5.5	实验结果	(180)
6.6	结合互信息与图象梯度的配准技术	(184)
6.6.1	结合互信息与图象梯度的配准测度	(184)
6.6.2	配准实例	(184)
6.7	基于形状特征点最大互信息的医学图象配准	(187)
6.7.1	配准原理	(187)
6.7.2	实验结果	(189)
6.7.3	几点讨论	(191)
6.8	基于薄板样条的 MRI 图象与脑图谱的配准方法	(192)
6.8.1	Talairach 脑图谱	(192)
6.8.2	非线性形变方法	(193)
6.8.3	薄板样条方法	(194)
6.8.4	实验结果	(196)
6.9	图象信息融合技术	(199)
6.9.1	基于分割的图象融合法	(199)
6.9.2	加权平均法	(199)
6.9.3	Toet 法	(199)
6.9.4	对比度调制法	(199)
6.9.5	小波变换融合法	(200)
6.10	医学图象配准的评估	(200)
6.10.1	体模	(200)
6.10.2	准标	(201)
6.10.3	图谱	(201)
6.10.4	目测检验	(201)
第 7 章	医学图象可视化	(203)
7.1	生物医学三维可视化	(203)
7.2	可视化数据基本表示法与基本算法	(204)
7.2.1	可视化数据基本表示法	(204)
7.2.2	可视化基本算法	(210)
7.3	表面绘制技术	(219)
7.3.1	基于体素的表面重建	(220)
7.3.2	基于切片的表面重建	(224)
7.4	体绘制技术	(225)
7.4.1	透明度与 α 值	(225)