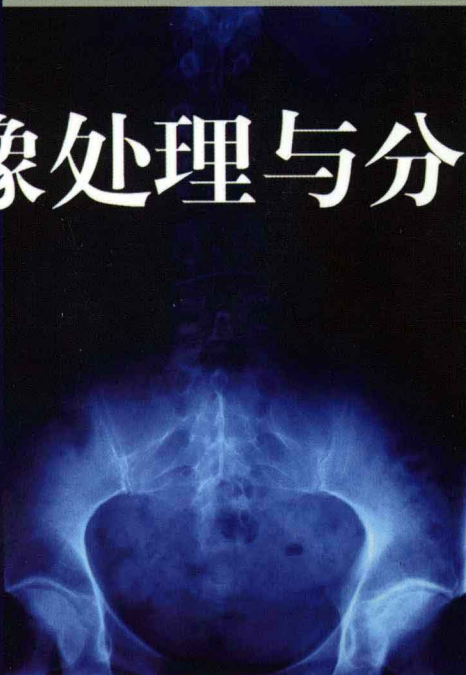


北京市高等教育精品教材

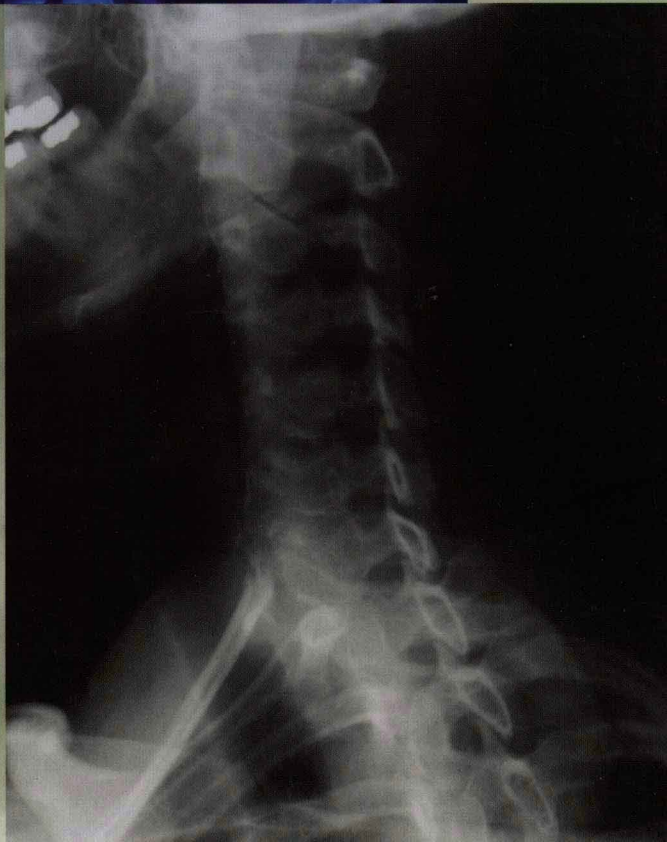
(第二版)

医学图像处理与分析

罗述谦 周果宏 编著



科学出版社



北京市高等教育精品教材

医学图像处理与分析

(第二版)

罗述谦 周果宏 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是《医学图像处理与分析》的第二版,本版在结构上有较大的调整,内容也有所增删,全书分为基础篇和提高篇。基础篇面向教学,分8章阐述医学图像处理与分析的基本内容,包括医学图像的发展、医学图像基础、医学图像增强、医学图像分割、医学图像分类、医学图像配准、医学图像可视化、医学图像标准数据库,并附10个示例,帮助读者理解所述内容;提高篇面向更多的从事医学图像相关研究人员,分7章阐述了图像增强技术应用、图像分割方法应用、图像配准方法应用、图像可视化方法应用、计算机辅助检测与计算机辅助诊断,以及医学图像压缩、存储与通信和图像引导手术与医学虚拟现实。“计算机辅助检测与计算机辅助诊断”为新增内容,较系统地介绍了CAD概念、基本技术、应用和性能评估方法。配书光盘包含了教学PPT、示例和部分彩色图片。

本书可作为研究生教材,也可作为本科、专科学校有关专业的医学图像处理课程的教材,从事医学图像处理的研究人员、教师和工程技术人员也可以参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

医学图像处理与分析/罗述谦,周果宏编著.—2版.—北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-029650-4

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第231987号

责任编辑:王淑兰/责任校对:马英菊

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>

双青印刷厂 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

2010年12月第二版 印张:27 3/4

2010年12月第三次印刷 字数:658 000

印数:4 500—7 500

定价:48.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (HB08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第二版前言

时光飞逝,《医学图像处理与分析》一书转眼已经出版7年了。在过去的7年中,该书被评为北京高等教育精品教材,并被教育部学位管理与研究生教育司推荐为“研究生教学用书”。迄今,该书已被30余所大学采用作为医学图像课程的教材和参考书,还有些大学用作医学图像相关专业博士或硕士入学考试参考书目。

原书编著的宗旨是教学和科研并重,内容起点偏高,主要论述医学图像处理和分析的方法学,而不涉及编程实现的语言。一些老师反映内容偏深,希望作些改进。

本书第二版在结构上有较大调整,内容方面有所增删。全书分为基础篇和提高篇。基础篇面向教学,是医学图像处理与分析的基本内容。结合我们过去15年讲授该课程的体会,选择部分学生作业练习,在新版中增加10个示例,帮助读者理解课程内容。

提高篇面向更多的从事医学图像相关研究人员。考虑到近年来,对基于临床病理图像的自动识别和诊断需求日益增多,第二版新增了阐述计算机辅助检测与计算机辅助诊断的章节,较为系统地介绍CAD概念、基本技术和应用,以及性能评估方法。

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像处理课程的教材。全部内容共需40~52学时,其中第5章的5.4节,第6章的6.3节,第8章的8.4~8.6节可以选讲。在基础篇部分增加了彩色编码方法以及关于医学图像分割和配准评估方法的介绍。

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

为了方便教学,第二版增加一张随书光盘,提供了基础篇全部教学课件。光盘中还包含一些书中的示例和彩色插图。

当代的医学图像研究充分表现出多学科、大跨度交叉的特点。医学(特别是解剖学、神经科学)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像处理研究之中。作为一门应用科学,医学图像处理与分析的理论日渐成熟,应用水平不断提高。限于我们的水平,书中仍难免不足与疏漏之处。敬请读者批评指正。

罗述谦 周果宏

2010年6月于北京

第一版前言

自 100 多年前伦琴发现 X 射线以来，特别是近 30 年来，医学图像经历了革命性的发展。当代医学图像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像处理研究之中，CT，MRI，PET 等多种医学成像模式的应用，以及医学图像的三维可视化，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。多种图像模式，例如 MRI 和 PET，在同一个病人身上的应用需要精细的图像配准技术；病理图像的自动识别和诊断也需要图像分割、量化和增强工具，以及关于图像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像的有效压缩技术和通信方法。

笔者从事医学图像处理和研究的分析的研究、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、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像处理和广泛分析技术的专题和最新发展，内容包括医学图像研究的基础知识、增强技术、分割技术、配准技术和可视化技术。作为扩展知识，还介绍了图像压缩、PACS、标准图谱，以及图像引导手术和引导治疗等关于医学图像的诊断和治疗应用。

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、专科学校有关专业的医学图像处理课程的教材。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 章关于图像压缩 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。

对医学图像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

关医学图像处理的基本概念，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

目 录

第二版前言

第一版前言

基 础 篇

第 1 章 医学图像的发展	3
1.1 伦琴开创了人体图像的先河	3
1.2 CT 技术与三维医学图像	4
1.3 PET 技术与功能医学图像	5
1.4 分子成像技术	5
1.5 多种成像模式	6
1.6 医学图像后处理概念	7
参考文献	8
第 2 章 医学图像基础	9
2.1 像素、空间分辨和强度分辨	9
2.2 图像数据格式	10
2.3 灰度直方图	16
2.3.1 灰度直方图概念	16
2.3.2 灰度直方图的性质	16
2.3.3 归一化直方图	17
2.3.4 直方图的线性拉伸与压缩	18
2.4 彩色编码方法	23
2.4.1 RGB 模型	24
2.4.2 CMY 模型	25
2.4.3 HSV 模型	25
2.4.4 YUV 模型	26
2.4.5 YC ₀ C ₀ 模型	26
2.4.6 彩色图像到灰度图像的转换	26
2.5 伪彩色与假彩色	27
2.5.1 伪彩色	27
2.5.2 假彩色	28
2.6 图像体数据集	30
2.6.1 体数据集	30
2.6.2 体数据文件格式	30
2.7 图像插值技术	31

2.7.1	插值的概念	31
2.7.2	图像灰度插值	31
2.7.3	二维图像灰度插值方法	32
2.7.4	三维图像灰度插值方法	37
2.8	图像形状和纹理量化	39
2.8.1	形状量化	40
2.8.2	纹理量化	50
	参考文献	56
第3章	医学图像增强	58
3.1	设备的非线性特性校正	58
3.2	像素灰度变换	60
3.3	直方图均衡	62
3.4	局部区域直方图均衡	63
3.5	空间滤波器	63
3.6	卷积算子	66
3.7	频域增强技术	67
3.8	多幅图像运算	68
	参考文献	69
第4章	医学图像分割	70
4.1	医学图像分割概念	70
4.2	阈值分割技术	71
4.2.1	全局阈值法	71
4.2.2	大津阈值分割	72
4.3	微分算子边缘检测	72
4.3.1	灰度梯度及 Prewitt 模板	73
4.3.2	Roberts 交叉算子	74
4.3.3	Sobel 模板	74
4.3.4	Kirsch 算子	75
4.3.5	Laplace 算子	76
4.3.6	Marr-Hidreth 算子	76
4.3.7	Canny 算子	78
4.3.8	Hough 变换	85
4.4	区域增长技术	88
4.4.1	基于局部区域性质一致性的区域增长	89
4.4.2	登山算法	90
4.4.3	分水岭算法	91
4.4.4	区域的拆分与合并	94
4.5	聚类分割技术	95
4.5.1	c 均值聚类	96
4.5.2	ISODATA 算法	97
4.6	形态运算	100

4.6.1	膨胀与腐蚀	100
4.6.2	开运算与闭运算	104
4.6.3	形态运算举例	104
4.6.4	灰度形态运算	105
4.7	边界跟踪	108
4.8	边界分段拟合	109
	参考文献	110
第 5 章	医学图像分类	111
5.1	单谱 MR 图像分割	112
5.2	多谱图像分析	113
5.3	神经网络分类	116
5.3.1	Kohonen 模型	116
5.3.2	带有侧反馈的 Kohonen 网络	117
5.3.3	Kohonen 自组织特征图	118
5.3.4	BP 神经网络	119
5.4	马尔可夫随机场与期望值最大化方法	123
5.4.1	有限混合模型	124
5.4.2	马尔可夫随机场	124
5.4.3	Gibbs 分布与 MRF	125
5.4.4	MRF-MAP 分类	126
5.4.5	用期望值最大化方法拟合模型	127
5.5	医学图像分割技术的评估	128
5.5.1	专家目测	129
5.5.2	Jaccard 系数与 Dice 系数	129
5.5.3	体模验证	130
5.5.4	图像分割验证数据集	130
	参考文献	132
第 6 章	医学图像配准	133
6.1	图像配准的概述	133
6.1.1	图像配准的概念	133
6.1.2	医学图像基本变换	134
6.1.3	配准的类型	135
6.1.4	主要配准方法	137
6.2	基本空间变换模型	140
6.2.1	刚体变换	141
6.2.2	全局尺度变换	148
6.2.3	九参数仿射变换	149
6.2.4	一般仿射变换	151
6.2.5	透视变换	153
6.2.6	非线性空间变换	154
6.3	基于基准点的配准方法	155

6.3.1	极值线与极值点	156
6.3.2	极值点的自动提取方法	157
6.3.3	基于极值点的刚体配准	157
6.3.4	仅依赖基准点位置的刚体配准	158
6.4	倒角匹配图像配准法	159
6.4.1	代价函数与距离变换	160
6.4.2	图像分割与代价函数的优化	162
6.5	基于最大互信息的多模医学图像配准	163
6.5.1	配准原理	164
6.5.2	以互信息为相似性测度	164
6.5.3	多参数最优化算法	167
6.5.4	配准结果的评估	168
6.5.5	实验结果	169
6.6	医学图像配准的评估	172
6.6.1	准标配准误差	173
6.6.2	目标配准误差	173
6.6.3	配准评估数据集	173
6.6.4	专家目测检验	177
	参考文献	177
第7章	医学图像可视化	179
7.1	生物医学三维可视化	179
7.2	表面绘制技术	179
7.2.1	移动立方体法	180
7.2.2	划分立方体法	184
7.2.3	基于切片的表面重建	185
7.3	体绘制技术	186
7.3.1	透明度与 α 值	186
7.3.2	纹理映射	187
7.3.3	体绘制	188
7.3.4	按图像顺序体绘制	190
7.3.5	按对象顺序体绘制	194
7.3.6	其他体绘制方法	196
	参考文献	197
第8章	医学图像标准数据库	198
8.1	数字化人脑图谱技术	198
8.1.1	数字化脑图谱的概念与特点	198
8.1.2	数字化脑图谱的构建方法	198
8.1.3	数字化人脑图谱的应用	201
8.2	数字化虚拟人体	202
8.2.1	美国可视人计划	202
8.2.2	VHP数据集的处理	203
8.2.3	数字化虚拟人设想	204

8.2.4 中国虚拟人的有关医学图像方法学考虑	205
8.3 Talairach 图谱	208
8.3.1 Talairach 坐标系统	209
8.3.2 转换数据集到 Talairach-Tournoux (TT) 坐标	210
8.3.3 交互式 Talairach 图谱	212
8.4 Ono 脑沟回图谱	213
8.5 MNI-BIC 的 BrainWeb	214
8.6 哈佛全脑数据库	216
参考文献	218

提 高 篇

第 9 章 图像增强技术应用	221
9.1 适配图像滤波	221
9.1.1 空间频率滤波	221
9.1.2 钝化蒙片法	222
9.1.3 适配维纳滤波	222
9.1.4 各向异性适配滤波	224
9.2 适配模板滤波	225
9.2.1 适配模板滤波算法	225
9.2.2 仿真图像滤波实验	227
9.2.3 MRI 图像适配模板滤波	228
9.2.4 三维体数据适配模板滤波	230
9.3 小波图像增强技术	231
9.3.1 一维离散小波变换	231
9.3.2 多维离散小波变换	234
9.3.3 数字乳腺图像的对比增强	237
参考文献	238
第 10 章 图像分割方法应用	239
10.1 基于有偏场校正的图像分割方法	239
10.1.1 算法介绍	239
10.1.2 适配分割算法的实现	240
10.1.3 实验结果	241
10.2 基于信息最小化的 MR 强度不均匀性回顾修正	243
10.2.1 线性校正模型	244
10.2.2 实验方法及结果	245
10.3 模糊聚类分割	249
10.3.1 模糊集合与隶属度	249
10.3.2 模糊 c 均值算法	249
10.3.3 方向敏感的模糊 c 均值算法	250
10.3.4 适配模糊 c 均值算法	251
10.3.5 基于有偏场校正的适配模糊聚类分割算法	252

10.4	梯度向量流变形模型	253
10.4.1	二维参数式变形模型	253
10.4.2	梯度向量流变形模型	254
10.5	水平集与快速步进分割方法	256
10.5.1	边界驱动蛇线法	257
10.5.2	区域竞争蛇线法	258
10.5.3	图像的预处理	259
10.5.4	快速步进法	261
10.6	用体素直方图的部分体积分割	262
10.6.1	归一化直方图	263
10.6.2	单纯材料与混合材料区的直方图基函数	263
10.6.3	直方图基函数的参数估算	264
10.6.4	分类方法	264
10.6.5	分类实验结果	265
10.7	基于人工蚁群的医学图像分割	266
10.7.1	蚁群寻找食物机理	266
10.7.2	蚂蚁算法模型	267
10.7.3	蚁群模型在图像中的应用	268
10.7.4	改进的蚁群分割模型	269
10.7.5	实验结果	270
	参考文献	274
第 11 章	图像配准方法应用	275
11.1	结合互信息与图像梯度的配准技术	275
11.1.1	互信息与图像梯度的配准测度	275
11.1.2	配准实例	275
11.2	基于形状特征点最大互信息的医学图像配准	277
11.2.1	配准原理	278
11.2.2	实验结果	280
11.3	基于薄板样条的 MRI 图像与脑图谱的配准方法	282
11.3.1	非线性形变方法	282
11.3.2	薄板样条方法	283
11.3.3	实验结果	284
11.4	图像信息融合技术	288
	参考文献	289
第 12 章	图像可视化方法应用	291
12.1	形态插值技术	291
12.1.1	基于形状的形态插值	291
12.1.2	基于形态骨架的二值图像插值	296
12.2	血管图像可视化方法	301
12.2.1	用于血管图像分割的简化模糊连接算法	301
12.2.2	基于水平集曲线演化的血管分割	307

12.3	虚拟内窥镜	311
12.3.1	图像处理和分割	311
12.3.2	用于虚拟内窥镜的管状器官的圆柱状近似	312
12.3.3	圆柱状近似算法	313
12.3.4	用圆柱状结构加速体绘制	316
12.3.5	交互式虚拟内窥镜工具	316
	参考文献	320
第 13 章	计算机辅助检测与计算机辅助诊断 (CAD)	322
13.1	CAD 概念和研究概况	322
13.1.1	CAD 简介	322
13.1.2	计算机辅助检测 (CADe)	323
13.1.3	计算机辅助诊断 (CADx)	323
13.1.4	CAD 系统的一般结构	324
13.2	CAD 常用技术	325
13.2.1	图像预处理	325
13.2.2	图像分割	326
13.2.3	初始候选损伤的检测	327
13.2.4	图像特征提取	327
13.2.5	ROI 评估与分类	328
13.3	CAD 的主要应用	328
13.3.1	CAD 的一些主要应用	329
13.3.2	计算机化的癌症风险评估	329
13.3.3	CAD 用于超声图像的研究	330
13.3.4	CAD 对于脑疾病的应用研究	331
13.3.5	CAD 对于胸部疾病的应用研究	332
13.4	CAD 系统性能评估	333
13.4.1	诊断的准确性和 ROC 方法学	333
13.4.2	金标准的决定	338
13.4.3	CAD 系统性能评估的常用方法	339
13.4.4	灵敏度和特异性	339
13.4.5	重叠度和相似性指数	340
13.4.6	CAD 系统性能评估方面的问题及今后建议	340
	参考文献	341
第 14 章	医学图像压缩、存储与通信	343
14.1	图像压缩的基本概念和标准	343
14.1.1	数字图像	343
14.1.2	图像数据压缩方案	344
14.1.3	无损图像压缩	344
14.1.4	有损图像压缩	345
14.1.5	JPEG 有损压缩方法的几个阶段	347
14.1.6	霍夫曼 (Huffman) 编码	350
14.1.7	JPEG 图像压缩标准	351

14.1.8	MPEG 运动图像压缩标准	352
14.1.9	JPEG2000 标准	353
14.2	医学图像存档、读取和通信	354
14.2.1	医学图像信息模型	354
14.2.2	医学图像存档系统	355
14.2.3	DICOM 图像通信标准	356
14.2.4	档案软件组成部件	359
14.2.5	HIS/RIS 接口和图像预取	360
14.2.6	DICOM 图像档案标准	361
14.2.7	PACS 研究应用	366
14.3	临床 PACS 中的图像标准化	366
14.3.1	背景消除	367
14.3.2	视觉感知性能的改进	371
14.3.3	图像方位调整	372
14.3.4	图像标准化函数在 HI-PACS 中的实现	376
14.4	压缩医学图像的质量评估	377
14.4.1	平均畸变和 PSNR	378
14.4.2	主观质量分级	381
14.5	分形图像压缩简介	381
14.5.1	分形图像压缩概念	381
14.5.2	迭代函数系统	382
14.5.3	图像自相似性	383
14.5.4	分割式迭代函数系统	384
14.5.5	图像编码	385
14.5.6	分形压缩示例	385
14.5.7	分形压缩特点与应用前景	386
14.6	用小波变换进行三维图像压缩	388
14.6.1	小波理论	388
14.6.2	用小波变换进行三维图像压缩	391
14.6.3	用于三维图像数据集的小波滤波器选择	393
	参考文献	398
第 15 章	图像引导手术与医学虚拟现实	399
15.1	图像指导治疗技术	399
15.1.1	成像技术	399
15.1.2	图像后处理	401
15.1.3	治疗方法及应用	403
15.1.4	IGT 的研究趋势	405
15.2	手术计划和导航	406
15.2.1	高质量的脑图谱	408
15.2.2	手术工具的建模	409
15.2.3	虚拟内窥镜图像	411
15.2.4	立体感可视化与增强现实可视化	412

15.2.5 手术过程中组织的移动	413
15.2.6 三维图像导航的触觉接口	414
15.3 医学虚拟现实及其相关技术	415
15.3.1 虚拟人体和人体器官	416
15.3.2 对象建模和行为仿真	417
15.3.3 显示和交互作用技术	418
15.3.4 增强现实	422
参考文献	423
附录 英文缩写词	424

基础篇

基础篇面向教学，分8章阐述医学图像处理与分析的基本内容，包括医学图像的发展、医学图像基础、医学图像增强、医学图像分割、医学图像分类、医学图像配准、医学图像可视化、医学图像标准数据库，并附10个示例。

