

高等院校医学专业计算机应用系列教材

数字医学图像

宋余庆 主编

陈健美 朱峰 董建成 副主编

00101001010011010100101010010110100101010001010100

001011010010101000101010010101101010

001010100110101010010100101001101010010101001010101010
010100101001101010010101001011010010101010101010010101001010



清华大学出版社

高等院校医学专业计算机应用系列教材

数字医学图像

	宋余庆	主编	
陈健美	朱峰	董建成	副主编
谢从华	金华	桂长青	等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一部系统介绍数字医学图像获取、处理及其相关技术的著作。全书共 12 章,分别为绪论、数字医学图像获取、数字医学图像标准、数字医学图像变换、数字医学图像压缩与编码、数字医学图像分割、数字医学图像配准、数字医学图像三维可视化、数字医学图像内容特征及其提取、数字医学图像数据存储管理、数字医学图像数据挖掘和数字医学图像检索。本书从基本概念入手,采用理论与实践相结合的方式,介绍数字医学图像的基本问题、主要研究成果以及具体实例开发。全书内容系统、深入浅出,是学习医学图像之参考,研究医学图像之启迪。

本书可作为高等院校生物医学工程、医学影像学、生物医学信息学、计算机应用、模式识别等相关专业的高年级本科生与研究生教材,也可供相关领域的大学教师、科研人员和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

数字医学图像/宋余庆主编. —北京:清华大学出版社,2008.5

(高等院校医学专业计算机应用系列教材)

ISBN 978-7-302-16873-7

I. 数… II. 宋… III. 医学图像—图像数字化处理—高等学校—教材 IV. R445-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 006790 号

责任编辑:梁 颖

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.5 字 数:373 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版 印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:025337-01

前言

自伦琴 1895 年发现 X 射线以来,医学图像在医学临床、教学和科研中发挥着重要作用。医学图像研究不断深入,推动着医学科学和临床医疗的发展和进步。特别是近三十年来,医学成像技术的巨大发展,不断开拓数字医学图像的研究领域并推进其广泛应用。数字医学成像模式涉及超声成像、计算机断层扫描成像、核磁共振成像、功能核磁共振成像、数字减影成像、正电子发射断层成像、磁源成像等许多方面。

数字医学图像不仅可以描述人体各种器官、组织、结构、病灶等实体的二维、三维静态信息,还可以描述随时间变化的四维动态信息。数字医学图像揭示出人体内部的形态和功能,为临床医生做出准确诊断和精确治疗提供科学依据。

随着医学图像在临床诊断中的普及和发展,数字医学图像已经超出对人体解剖结构的可视化观察,正向人体疾病状态和功能表达方向发展,在临床诊断和医学研究中发挥着日益重要的作用。现代医学图像获取仪器的不断更新,为医疗和研究人员获取数字医学图像提供各种有效手段。如何有效利用大量的数字医学图像进行临床诊断、病理分析和治疗计划,成为保证数字医学图像发挥其作用的关键问题。

医学图像具有数据量大、数据形态复杂等特点。计算机技术的不断进步和发展,促成数字医学图像能够实现高效存储和管理。信息科学研究领域中的模式识别、数据挖掘、图像处理等技术,从更深层次对数字医学图像中的人体信息进行综合分析和知识发现,为现代医学研究奠定基础,为医学临床诊断和治疗提供依据。应用这些技术,可以对人体解剖结构、病变区域等进行准确定位、分割、提取、量化分析等处理,实现图像配准、三维重建、手术模拟、术间导航、治疗计划、病程跟踪等功能。这些技术对提高医学图像数据的利用价值具有重要作用,为提高临床诊断和治疗的准确性和正确性提供有力支持。

现代医学和临床医生越来越依赖数字医学图像技术和设备。人体研究依赖数字医学图像中的形态和功能信息数据,临床诊断依赖数字医学图像作为辅助诊断,临床治疗依赖数字医学图像实现手术导航和治疗计划制定。

正因为如此,国内外大学和研究机构相继在生物医学工程、医学影像、生物信息等学科专业开设数字医学图像及其相关课程;临床医学、信息学科、计算机应用技术和模式识别等学科把数字医学图像作为教学内容。许多学科将数字医学图像作为研究对象进行研究,对促进其进一步发展和应用有着重大意义。江苏大学图像研究所长期从事医学图像研究工作,针对医学教育和图像研究的实际需要,结合多年来积累的研究成果,写成本书。

本书立足于数字医学图像这一特定的研究对象,兼顾到学习者、研究者、运用者等不同读者群体的各种需要,既系统阐述数字医学图像在临床诊断和治疗中的作用、数字医学图像的成像原理和获取方式、数字医学图像各种处理方法,也介绍近年来数字医学图像领域的重要研究成果,尤其是作者所在科研团队自己的研究成果,如数字医学图像定性定量特征的定

义及其特征提取方式、基于核密度估计理论的聚类分析技术在医学图像中的应用、基于关联规则的医学图像分类器研究、医学图像检索技术、医学图像数据存储管理技术等。

本书将数字医学图像相关概念的具体含义与简单抽象的数学定义融于一体,介绍数字图像的基本概念;注重知识的系统性,将数字医学图像各个方面的知识内容有机组织起来,形成完整体系;使用图解的方式介绍不易理解的描述性内容,做到图文并茂;做到理论与实践相结合,不仅对一些经典算法的理论进行推理论证,还用计算机程序实现这些算法,给读者以直观感觉,使读者能更好地将书中的知识用到自己的学习和工作之中。

本书第1章由陈健美编写,第2章由田丽媛、赵庆荣编写,第3章由武园园、董建成编写,第4章由程鹏、宋余庆编写,第5章由王春红、倪巍伟编写,第6章由朱峰、宋余庆编写,第7章由朱峰编写,第8章由郭依正、宋余庆编写,第9章由谢从华编写,第10章由桂长青编写,第11章由谢从华、宋余庆编写,第12章由金华编写。

全书在写作过程中,得到江苏大学图像研究所、东南大学计算机科学系、常熟理工学院计算机科学系的大力支持,得到东南大学孙志挥教授、江苏大学朱玉全博士的指导和帮助,这里一并表示感谢!本书参考了国内外出版的大量书籍和论文,这里对所有引用论文和书籍的作者深表谢意!

限于作者水平,书中难免存在疏漏和许多不足,恳望广大读者在阅读过程中,对本书提出批评修改意见,以便再版时及时改正。

编 者

2007年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 图像与医学图像	1
1.1.2 数字医学图像	2
1.1.3 数字医学图像产生与发展	2
1.2 数字医学图像的研究内容	3
1.2.1 图像数字化	3
1.2.2 数字图像标准化	3
1.2.3 数字图像处理	4
1.2.4 数字图像识别	5
1.2.5 数字图像检索	5
1.3 数字医学图像的研究方法	5
1.3.1 统计学方法	6
1.3.2 数字测量	6
1.3.3 数据挖掘	7
1.3.4 图像重建	7
1.3.5 数字医学图像的相关学科	8
1.4 数字医学图像在临床诊断和治疗中的应用	8
1.4.1 数字医学图像与临床图像存储	9
1.4.2 数字医学图像与临床影像诊断	9
1.4.3 数字医学图像识别与临床影像自动诊断	10
1.4.4 数字医学图像在临床治疗中的参考作用	11
第 2 章 数字医学图像获取	12
2.1 计算机断层扫描成像技术	12
2.1.1 计算机断层扫描成像技术原理	12
2.1.2 计算机断层扫描成像技术设备	14
2.1.3 计算机断层扫描图像质量影响因素	15
2.1.4 计算机断层扫描图像的特点及其临床意义	16
2.2 磁共振成像技术	16
2.2.1 磁共振成像技术基本原理	16

2.2.2	磁共振成像技术设备	17
2.2.3	磁共振图像特点及临床应用	18
2.2.4	磁共振图像质量影响因素	19
2.3	数字X射线摄影技术	19
2.3.1	计算机放射成像技术	20
2.3.2	数字放射成像技术	22
2.3.3	直接数字放射成像技术	23
2.3.4	数字X射线图像质量影响因素	25
2.4	传统胶片图像数字化	26
2.4.1	传统胶片图像数字化的意义	27
2.4.2	传统胶片图像数字化的技术和方法	27
2.4.3	数字化传统胶片图像的特点和价值	28
2.5	其他获取方式	29
2.5.1	核医学成像	29
2.5.2	超声成像	29
2.5.3	红外成像	30
2.5.4	内窥镜成像	30
第3章	数字医学图像标准	31
3.1	概述	31
3.1.1	图像数据通信问题	31
3.1.2	医学图像存储与通信标准	32
3.1.3	医学图像存储与通信标准的主要内容	33
3.2	数字医学图像的数据组织标准	34
3.2.1	文件结构	34
3.2.2	数据编码规则	35
3.3	数字医学图像的数据通信标准	38
3.3.1	医学图像网络通信基本概念	38
3.3.2	医学图像网络通信运行机制	40
3.3.3	通信模型的设计与实现	41
3.4	数字医学图像数据压缩标准	44
3.4.1	数字医学图像压缩要求	44
3.4.2	数字医学图像压缩算法	45
3.4.3	医学图像的压缩标准	46
3.5	数字医学图像的显示与转换	47
3.5.1	图像格式转换预处理	47
3.5.2	文件的信息提取方法	48
3.5.3	图像显示	48

第 4 章 数字医学图像变换	52
4.1 概述	52
4.2 傅里叶变换	53
4.2.1 一维傅里叶变换	53
4.2.2 二维傅里叶变换	54
4.2.3 二维傅里叶变换的性质	55
4.2.4 二维快速傅里叶变换算法原理	60
4.3 离散余弦变换	62
4.3.1 一维离散余弦变换	62
4.3.2 二维离散余弦变换	63
4.4 沃尔什和哈达玛变换	63
4.4.1 沃尔什变换	63
4.4.2 哈达玛变换	66
4.5 Gabor 变换	69
4.5.1 连续 Gabor 变换	69
4.5.2 离散 Gabor 变换	70
4.6 小波变换	72
4.6.1 小波基函数与小波变换	72
4.6.2 二进小波与离散小波变换	74
4.6.3 小波变换应用	75
第 5 章 数字医学图像压缩与编码	77
5.1 概述	77
5.1.1 医学图像压缩	77
5.1.2 医学图像的特点与压缩原理	78
5.1.3 医学图像压缩编码分类	78
5.1.4 医学图像压缩性能评价	79
5.2 医学图像无损压缩编码	80
5.2.1 图像冗余度和编码效率	80
5.2.2 哈夫曼压缩编码	81
5.2.3 游程压缩编码	83
5.2.4 算术压缩编码	83
5.3 医学图像有损压缩编码	85
5.3.1 正交变换编码原理和性质	85
5.3.2 基于离散余弦变换医学图像压缩编码	86
5.3.3 基于小波变换的医学图像压缩编码	88
5.4 基于感兴趣区域医学图像压缩编码	93
5.4.1 基于感兴趣区域医学图像压缩	93

5.4.2 形状自适应感兴趣区域医学图像无损压缩编码	94
第6章 数字医学图像分割	99
6.1 概述	99
6.1.1 图像分割基本原理	99
6.1.2 医学图像的特点	100
6.1.3 医学图像分割的几个关键问题	100
6.1.4 医学图像分割研究意义	102
6.2 医学图像分割方法	102
6.2.1 基于区域的分割法	102
6.2.2 基于边缘的分割法	104
6.2.3 基于模糊理论的分割法	106
6.2.4 基于数学形态学的分割法	106
6.2.5 基于统计学的分割法	108
6.2.6 基于形变模型的分割法	108
6.3 几种典型医学图像自动分割方法	109
6.3.1 基于模糊加权熵的医学图像多阈值分割	110
6.3.2 基于梯度的混合 Mumford-Shah 模型医学图像分割	114
6.4 医学图像分割结果的评价	119
6.4.1 区域间对比度	119
6.4.2 区域内部均匀度	120
6.4.3 时间和空间复杂度	120
6.4.4 算法收敛鲁棒性	120
第7章 数字医学图像配准	121
7.1 概述	121
7.2 医学图像配准技术	122
7.2.1 图像配准原理	122
7.2.2 几何变换	123
7.2.3 相似性测度	124
7.2.4 优化算法	125
7.3 基于图像灰度的配准方法	126
7.3.1 互相关法	126
7.3.2 投影法	127
7.3.3 傅里叶变换法	127
7.3.4 最大互信息法	128
7.4 基于图像特征的配准方法	129
7.4.1 基于点的配准法	129
7.4.2 基于线的配准法	129

7.4.3	基于面的配准法	129
7.4.4	基于矩和主轴的配准法	130
7.4.5	图谱法	130
7.5	医学图像配准方法评价	130
7.5.1	体模	130
7.5.2	准标	131
7.5.3	图谱	131
7.5.4	目测检验	131
第 8 章	数字医学图像三维可视化	132
8.1	概述	132
8.1.1	基本概念	132
8.1.2	医学图像三维可视化基本流程	134
8.1.3	医学图像三维可视化分类	135
8.2	面绘制方法	137
8.2.1	等值面的概念	137
8.2.2	体素级重建方法	138
8.2.3	切片级重建方法	141
8.3	体绘制方法	144
8.3.1	光线跟踪法	145
8.3.2	剪切形变法	145
8.4	混合绘制方法	146
8.5	应用	148
8.5.1	医学图像三维可视化的应用	148
8.5.2	三维可视化工具 AVS/Express 简介	149
第 9 章	数字医学图像特征及其提取	150
9.1	概述	150
9.2	颜色特征分析	151
9.2.1	灰度直方图定义	151
9.2.2	基于直方图的统计特征	152
9.3	纹理特征分析	153
9.3.1	灰度共生矩阵法	154
9.3.2	空间自相关法	155
9.3.3	傅里叶功率谱法	156
9.3.4	灰度差分统计方法	157
9.3.5	行程长度统计法	157
9.3.6	小波变换法	158
9.4	形状特征分析	159

9.4.1	简单的形状特征	159
9.4.2	空间矩特征	161
9.4.3	径向距离测度	162
9.4.4	傅里叶描绘子	163
9.5	语义特征分析	164
9.5.1	图像语义概述	164
9.5.2	语义特征模型	165
9.5.3	语义特征表示	166
9.5.4	语义特征提取方法	167
第 10 章	数字医学图像数据存储管理	169
10.1	医学图像数据库数据组织技术	169
10.1.1	关系型数据库数据组织技术	169
10.1.2	面向对象数据库数据组织技术	169
10.1.3	基于 DICOM 标准的医学图像数据库数据组织技术	170
10.2	图像数据存储技术	173
10.2.1	存储级别	173
10.2.2	基于 DICOM 标准的医学影像数据存储设计	174
10.2.3	医学图像数据总体存储结构	175
10.2.4	医学图像数据存储结构详细设计	175
10.3	图像数据索引技术	177
10.3.1	高维数据索引分类	177
10.3.2	高维索引结构	178
10.3.3	高维索引数据查询	182
10.4	医学图像数据库系统设计	184
10.4.1	医学图像数据库的设计	185
10.4.2	数据库结构设计	185
10.4.3	医学图像数据库层次结构	186
10.4.4	医学图像数据库系统架构	186
10.4.5	系统功能设计	186
第 11 章	数字医学图像数据挖掘	188
11.1	概述	188
11.1.1	医学图像数据挖掘	188
11.1.2	图像数据挖掘的框架	189
11.2	基于关联规则的医学图像数据挖掘	191
11.2.1	关联规则概述	191
11.2.2	关联规则算法	192
11.2.3	关联分类规则	195

11.2.4	基于关联规则的医学图像分类算法及其实现	197
11.3	医学图像聚类技术	199
11.3.1	聚类定义	199
11.3.2	聚类分析的过程	201
11.3.3	聚类算法性能评价	202
11.3.4	单幅医学图像的聚类	203
11.3.5	医学图像库的聚类	205
第 12 章	数字医学图像检索	208
12.1	图像检索技术	208
12.1.1	基本概念	208
12.1.2	传统图像检索方法	209
12.2	基于内容的图像检索技术	210
12.2.1	检索结构模型	210
12.2.2	检索评价标准	211
12.2.3	现有检索系统	211
12.3	基于灰度特征及其空间分布信息的检索	213
12.3.1	图像归一化	213
12.3.2	特征提取及检索	214
12.3.3	检索结果评价	218
12.4	基于非线性特征联合检索	222
12.4.1	径向基函数网络概述	223
12.4.2	基于径向基函数网络的检索	224
12.4.3	检索结果评价	227
参考文献		230

第 1 章

绪 论

数字医学图像在医学研究和临床领域发挥出越来越重要的作用,研究数字医学图像对促进医学科学和临床事业的发展具有重大意义。本书将数字医学图像作为研究对象,系统描述数字医学图像的产生、处理、应用等问题,为研究数字医学图像打下良好基础。

1.1 基本概念

研究数字医学图像,首先要掌握关于数字医学图像的相关概念。本节从基本概念、数字医学图像产生和发展等方面介绍数字医学图像。

1.1.1 图像与医学图像

医学图像具有一般图像的特点和性质,认识医学图像首先要了解普通图像的一般知识,然后才能准确的理解医学图像。

1. 图像

现实生活中大多数人都知道一幅图像是什么。一般将图像看作对人和事物的一种表现形式。在几种韦氏(Webster)字典中,对图像的定义是:“物件或事物的一种表示、写真或临摹”,“一个生动的或图形化的描述”,“用以表示其他事物的东西”。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景物在人心目中形成的影像。

图像包含着所表达事物的描述信息。科学研究和统计资料表明,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。图像中蕴含着大量的信息,俗话说“千字不如一画”,正是反映出图像中包含着丰富信息。

根据图像的表达形式和产生方法,可以将其分为传统图像和数学图像。传统图像是指运用光学原理生成和表达的各类光学图像,包括照片、图、画等;数学图像是指可以用连续函数和离散函数表达的抽象图像,其中由离散函数组成的数学图像能被计算机处理。

2. 医学图像

医学图像,包括静态图像和动态图像(又称时变图像),主要是指用各种医学影像设备,通过物理方法,以被动或主动的手段采集到人体中组织的信号,并通过一定方法所形成的可视画面。这些信号和图像中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。由于图像的实现方法千变万化,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、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是照相胶片和显示屏两大类。早期医学图像主要是 X 光片。今天许多文献也用医学影像取代医学图像。

现代医学离不开医学图像的支撑,医学图像的发展极大推进了临床形态学诊断和放射治疗计划等临床医学的发展,促进了临床医学诊断和治疗水平的提高,同时也推进了临床医学诊断和治疗信息的数字化进程。

1.1.2 数字医学图像

日常生活中所说的各类图像一般是指模拟图像,传统医学图像也属于这种模拟图像,如医学 X 射线胶片等光学图像。模拟图像都是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,这里的 x 和 y 表示二维空间 XOY 中的一个坐标点的位置,而 f 代表图像在点 (x,y) 的某种性质 F 的数值,模拟图像的 f,x,y 值是连续的,可以是任意实数。

另一种图像是能被计算机加工处理的数字图像。数字图像一般是指能够用数值(字)表达的图像信息。数字图像中的每个基本单元叫做图像元素,常简称为像素(pixel),量化的灰度(整数)就是数字量值。如果用函数 $f(x,y)$ 表示,则连续的图像在坐标空间 XOY 和性质空间都被离散化, f,x,y 一律在整数集合中取值。

医学图像通常来自于窥镜、X 射线照片等传统图像获取设备,以及以计算机断层扫描技术为基础的 X 射线计算机体层成像(X-ray computed tomography, X-CT 或 CT)、磁共振成像(magnetic resonance image, 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。目前,传统 X 射线摄影图像在医院中应用仍然十分广泛,需要进行数字化转换,即将这类胶片图像通过扫描设备转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。

1.1.3 数字医学图像产生与发展

1895 年德国物理学家伦琴(Wilhelm Konrad Rontgen)发现 X 射线以来,X 射线照相技术在临床医学上得到广泛的应用,奠定了医学图像的发展基础。20 世纪 50 年代到 60 年代,应用超声与核素扫描进行人体检查,出现了超声成像(ultrasonography, USG)和 γ 闪烁成像(γ -scintigraphy)。这段时间,可以称为传统医学图像发展时期。

20 世纪 70 年代和 80 年代相继出现了 CT、MRI 和发射体层成像(emission computed tomography, ECT)(如 SPECT 和 PET)等新的成像技术。虽然各种成像技术的原理和方法不同,但都是使人体内部结构和器官形成图像,从而观察人体解剖与生理状况以及病理变化,以达到临床疾病诊断的目的。20 世纪 70 年代以来迅速兴起的介入放射学(interventional radiology),为医学图像开创了新的应用领域。

随着计算机与微电子技术的飞速发展,一大批全新的成像技术进入医学领域,形成以 X 射线机、X-CT、MRI、超声、核医学为代表的较为完备的医学图像获取设备体系。除传统的 X 射线机以外,上述设备中所获取的医学图像都是数字图像。如果 X 射线机依然只有胶片形式的模拟图像,显然不能满足计算机处理的要求,因而 X 射线机也正朝着数字化方向发展。数字放射成像(digital radiology, DR)、计算机放射成像(computed radiology, CR)相继问世并正在成熟起来,数字 X 射线机取代模拟 X 射线机使医学图像全面数字化得以实现。这一时期,可以称为数字医学图像全面发展时期。

数字医学图像不仅应用于人体的疾病检查,以提高诊断水平,而且应用于某些疾病治疗计划、临床手术方案制订和临床手术导航。数字医学图像处理技术的不断发展,推进着现代化医院的建设和发展,促进着医学科学和临床医学的进步和发展。

1.2 数字医学图像的研究内容

研究数字医学图像涉及许多问题和方面,这里从图像数字化、标准化和处理等方面简要介绍数字医学图像研究的内容。

1.2.1 图像数字化

图像数字化是指将一幅图像从传统表达形式转换为数字表达形式的处理过程。图像的数字化通常经扫描、采样和量化三步完成,具体是通过图像数字化器完成数字化工作。数字化器一般由采样孔、图像扫描设备、光传感器、量化器和输出存储体 5 部分组成。工作原理是将图像经过扫描、采样、量化,从而离散化为整数数据。

扫描是对一幅图像内给定位置寻址的过程,被寻址的最小单元是像素。具体而言,就是在无数个点组成的模拟图像上按一定间隔将图像在水平方向和垂直方向上分割成若干个小区域,每个小区域即一个像素。

采样是在一幅图像的每个像素位置上测量灰度值的过程。采样通常由一个图像传感元件将每个像素处的亮度转换为与其成正比的电压值。

量化是将测量的灰度值用一个整数表示的过程。一般通过数模转换器将连续测量的灰度值离散为计算机可以处理的整数。

早期医学图像主要是 X 光片,是以胶片方式输出的模拟图像。在近 100 年的医学图像成像技术及其获取设备发展过程中,医学图像数字化始终是这一领域的重要问题,各种新型成像技术不断出现及改进,成像技术由单纯的 X 射线成像发展到 CT、MRI、USG、核医学成像等。数字化成像技术的发展及其数字医学成像设备(如 CR、DR 等)的出现,数字化器成功集成到医学图像获取设备之中,标志着真正意义上数字医学图像时代的到来。今天,医学图像数字化引领着医学信息数字化进程,推动着医院实现完全意义上的数字化,进而推动现代化医院的发展。

1.2.2 数字图像标准化

数字医学图像的快速发展和广泛应用,特别是图像编码技术的发展,推动着数字医学图像领域各类标准的制定和应用。

围绕着数字图像存储和传输而制定的一系列压缩标准,主要包括用于压缩二值图像的 G3 和 G4 标准,用于压缩静止的灰度和彩色图像的 JPEG 和 JPEG2000 标准,用于压缩运动图像的 Motion JPEG、H. 261、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 和 H. 264/AVC 标准;另外有用于图像、视频、音频、动画等多媒体的处理、分析和理解的国际标准如 MPEG-7 和 MPEG-21。

目前医院使用的众多医学图像获取设备,存在千差万别的医学图像存储格式和传输方式,且彼此各不兼容,致使医学图像及其相关信息在不同系统、不同应用之间的交流受到严重影响。为此,美国放射学院(American College of Radiology, ACR)和全美电子厂商联合会(National Electrical Manufacturers Association, NEMA)在 1982 年成立了 ACR-NEMA 数字成像与通信标准委员会,1985 年该委员会发布了数字医学成像与通信标准(Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM),1988 年发布了 DICOM 2.0,1993 年发布了 DICOM 3.0,直到 DICOM 3.0 的 2003 版,以规范医学图像及其相关信息的交换。

DICOM 标准共分 16 部分,涵盖了数字医学图像的采集、归档、通信、显示及查询等信息交换协议。DICOM 以开放互联的架构和面向对象的方法定义出一套包含各种类型的医学图像及其相关分析、报告等信息的对象集;定义出用于信息传递、交换的服务类与命令集,以及消息的标准响应;详述了唯一标识各类信息对象的技术;提供了应用于网络环境的服务支持——开放系统互联(Open System Interconnect, OSI)或传输控制/网际协议(Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP);结构化地定义了制造厂商的兼容性声明。

DICOM 标准的推出与实现,大大简化了医学图像信息交换的实现,推动了远程放射诊断系统、图像管理与通信系统的研究与发展。由于 DICOM 的开放性与互联性,使得与其他医学应用系统,如医院信息系统(hospital information system, HIS)、放射影像信息系统(radiology information system, RIS)等的集成成为可能,研究符合 DICOM 标准的数字医学图像的通信与存储问题具有重要而现实的意义。

1.2.3 数字图像处理

数字图像处理(digital image processing),也称为计算机图像处理(computer image processing),是指用计算机设备将一幅图像变为另一幅经过修改(改进)的图像的过程。数字图像分析则是指将一幅图像转化为一种非图像的表示,如一个测量数据集或一个决策等,有时数字图像处理往往也用来兼指图像处理与分析。

数字图像处理内容包括对图像进行去除噪声、增强、复原、分割、提取特征等。通过数字图像处理可以提高数字图像的视感质量;通过特征提取,可以对图像作进一步计算机分析;通过对图像数据的变换、编码和压缩,便于图像的存储和传输。

完整的图像处理系统一般通过数字图像采集设备将一幅模拟图像转换为数字图像并将其存入内存;再由计算机图像处理系统实现数字图像处理;然后,通过数字图像输出系统生成一幅可视图像。

医学领域中数字图像处理技术的应用十分广泛,数字医学图像处理涉及影像增强和边缘提取、组织特征和概念描述、医学图像管理等技术。通过数据预处理技术去除或降低图像噪声影响,提高目标图像质量或对目标组织进行边缘提取;通过对目标器官或组织进行概

念描述并概括这类对象的有关特征,从而获得或验证有关参数的动态范围;通过对医学图像的纹理分析、密度分析,从而得到如肿瘤良性/恶性等疾病图像的判断依据;数据库技术的引入和 DICOM 标准的建立,解决了医学影像数据的存储管理与检索问题。

1.2.4 数字图像识别

数字图像识别是指对图像进行特征提取,如抽出图像的边缘、线及轮廓,进行区域分割等,然后根据特征利用识别理论与方法对图像进行分类。也可以说,数字图像识别属于数字图像处理的范畴。图像识别方法主要有统计决策法、结构模式识别、模糊模式识别与人工神经网络识别等。

在给定一幅含有多个物体的数字图像的条件下,数字图像识别由图像分割或物体分离、特征抽取和分类 3 个主要阶段组成。

医学图像识别对疾病的临床诊断具有重要意义,如内窥镜图像识别、细胞分类计数等,目前神经网络、模糊识别和支持向量机等分类识别方法都在医学图像识别中得到应用。

1.2.5 数字图像检索

数字图像检索是指根据用户的要求,从图像集合(图像数据库)中找到相关图像的过程。图像检索技术是图像数据库的核心技术,自 20 世纪 70 年代开始便成为一个活跃的研究领域。

早期的图像检索技术主要是对图像进行人工分析,对图像物理特征、内容特征进行文字标注,把图像检索转化为文本检索。这一时期的医学图像检索方法主要也是基于文本方式,如根据胶片号、图像文件名、病人的基本信息等进行检索。这种方法手工注解量太大,文本描述很不准确,并且经常存在二义性,给检索带来困难。

由于图像数据库量大、表达的信息比较丰富,不能完全用文字表达或表达不完全,常导致不完全或不准确的检索结果;在医学图像检索领域也一样,基于文本的检索方法存在很多缺陷。从 20 世纪 90 年代起,基于内容的图像检索(content based image retrieval, CBIR)被提出并受到研究者的广泛重视。

基于内容的图像检索是指对图像信息从低层到高层进行处理、分析和理解,获取其内容信息并根据内容信息进行检索。基于内容的图像检索是计算机图像处理技术与数据库技术相结合的产物,它的基本思想是通过物理图像的模式识别和分析理解,从图像中抽取有关的内容特征并以此作为检索的依据,完成对图像数据库的有效检索。

医学图像数据库采用基于内容的图像检索技术,可以提供医学图像的内容查询,对临床医生的图像诊断参考提供较大的帮助。如临床医生在诊断时遇到了疑难病症,只需要找出几幅相似图像,参考已有确诊的病例,就可以帮助正确诊断,减少失误。

1.3 数字医学图像的研究方法

数字医学图像涉及统计学、数字测量、图像重建、数据挖掘等研究方法,这里简单介绍几种常用方法。