



地理信息科学系列

地理信息技术在公共卫生与健康领域的应用

Applications of Geospatial Information Technologies in Public Health

施 迅 王法辉 编著

高等教育出版社



地理信息科学

地理信息技术在公共卫生与健康领域的应用

Applications of Geospatial Information Technologies in Public Health

施 迅 王法辉 编著



高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

地理信息技术在公共卫生与健康领域的应用 / 施迅, 王法辉编著. — 北京: 高等教育出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-04-044052-2

I. ①地… II. ①施… ②王… III. ①地理信息系统-应用-公共卫生学-研究②地理信息系统-应用-健康教育-研究 IV. ①R1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 245957 号

策划编辑	关 焱	责任编辑	关 焱	封面设计	赵 阳	版式设计	于 婕
插图绘制	杜晓丹	责任校对	张小镝	责任印制	刘思涵		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	山东鸿君杰文化发展有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landracom.cn
印 张	18.75	版 次	2016年2月第1版
字 数	350千字	印 次	2016年2月第1次印刷
插 页	4	定 价	69.00元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 44052-00
审 图 号 GS (2015) 2429 号

《地理信息科学系列》编辑委员会

主 编:林 琿

副主编:施 迅

秘书长:叶信岳

编 委:(按姓氏拼音字母排序)

鲍曙明 密歇根大学

付品德 美国环境系统研究所公司

郭庆华 加利福尼亚大学默塞德分校

林 琿 香港中文大学

刘雪华 清华大学

柳 林 辛辛那提大学

孟立秋 慕尼黑工业大学

沈振江 金泽大学

施 迅 达特茅斯学院

王法辉 路易斯安那州立大学

王野乔 罗得岛大学

叶信岳 肯特州立大学

丛 书 序

《地理信息科学系列》是国际华人地理信息科学协会(CPGIS)与高等教育出版社合作的重要成果。基于全体会员的共同理想并通过大家 20 余年的不懈努力,CPGIS 不仅在中国地理信息科学的发展中承担了光荣的历史责任,而且稳步走上国际地理信息科学的舞台。回望 1992 年的夏天,协会在美国布法罗大学成立的首届年会中就积极开展了地理信息学和空间信息学的讨论,并于 1995 年在香港中文大学正式将 CPGIS 年会转型为地理信息学国际会议系列。从 1993 年科学出版社出版 CPGIS 的第一部论文集《地理信息系统的发展与前景》开始,到 2009 年国际出版商 Taylor & Francis 出版集团正式邀请 CPGIS 的学术期刊加盟,CPGIS 逐步实现了协会成立时确定的重要目标之一,即依靠 CPGIS 凝聚的人才库,建设促进中国与国际地理信息科学界交流的知识库。

CPGIS 是一个不断壮大的人才库,会员中不仅有享誉国际的著名学者,也有初出茅庐的年轻学子。然而,推动 CPGIS 稳步前行的是一批活跃在国内外地理信息科学与技术前沿的中青年会员。他们勇于探索,思路开阔,积极实践,在科研、教学与技术开发中多有心得收获。能够分享到他们的学术心得,将有益于我国的地理信息科技事业,尤其是可以为青年学生的培养提供宝贵的参考资料。自 1993 年组团回国巡回讲学开始,CPGIS 会员们走进了我国所有的省、自治区和直辖市,在超过 100 所高等院校和科研机构举办了内容丰富的学术交流讲座,受到各地教师和学生的高度评价与欢迎。显然,这也是作为我国专业教育出版机构的高等教育出版社关注 CPGIS 这个人才库的原因。我相信,CPGIS 与高等教育出版社合作出版的这套丛书将会成为 CPGIS 参与我国地理信息科技发展的又一个里程碑。

《地理信息科学系列》是一个地理信息科技的知识库,主要面向高等院校的高年级本科生和研究生。本丛书将邀请在各国工作的 CPGIS 会员介绍国际地理信息科技的前沿理论、方法与技术以及在各领域的应用。我真诚地希望看到这套丛书能够成为一扇“窗”,让年轻的朋友们透过这扇“窗”看到地理信息科技发展的远景,看到正在他们脚下伸展的宽阔道路。



2015 年 5 月 26 日
香港中文大学

序

地理信息和制图在疾病防治与公共健康领域中的应用可追溯到几千年以前,但其开始得到学术界及公众的重视还是在 1854 年英国医生约翰·斯诺(John Snow)发表了他著名的伦敦百老汇街附近的霍乱地图之后。在过去的一个半世纪中,人类在地理数据采集、分析和制图领域取得了长足的进步,极大地促进了人们从更广阔的时空视角来研究疾病与健康。在如今大数据以及全球化的时代,地理信息及制图显然会在疾病与健康领域发挥更大的作用。

本书是根据海外华裔及国内在此领域卓有建树的中青年学者在 2013 年“地理信息技术在公共卫生与健康领域的应用”研讨班的讲座整理而成。本书反映了空间流行病学的统计方法、传染病的时空监测、环境健康、医疗服务资源的分布及优化,以及公共卫生健康领域的地理数据库建设等诸多方面的最新进展。笔者深信,此书的出版会进一步推动中国地理信息科学在疾病与健康研究中的应用。

改革开放让中国在过去 30 年间的经济发展和城市化进程取得了举世瞩目的成就,但随之而来的环境问题及其对人体健康的危害也日益引起人们的关注。如何应对环境与健康问题,是摆在全中国乃至全世界人民面前的共同挑战。因此,对于疾病与健康的研究,也需要多学科之间的交叉合作。随着收集具有时空编码的疾病与健康数据技术的不断普及,地理信息科学将在疾病与健康的跨学科研究中发挥越来越重要的作用。

与其他学科相比,地理信息科学还是一门比较年轻的学科,其基础理论和应用领域研究都有很大的拓展空间。在时空表示、时空分析与模拟、多尺度及跨尺度制图与可视化方面还有一系列尚待研究与解决的问题。近年来,室内导航及定位、移动健康平台、带有时空编码的基因图谱数据、社交媒体的普及和数字地球及全球脑的出现,将会把地理信息科学在疾病与健康领域的应用提升到一个新的高度。相信本书会激励下一代有志从事此领域研究的年轻学者站得更高,走得更远,做出像约翰·斯诺一样具有划时代意义的成果来。

隋殿志

俄亥俄州立大学地理系

2014 年 10 月 17 日于哥伦布

前 言

近年来,公共卫生和健康领域的问题成为各级政府和公众关注的焦点。由环境污染造成的环境健康问题日益严重;以 SARS、禽流感、猪流感等为代表的大规模暴发性传染病时有发生;全球气候变化带来的生态环境变化更大大增加了这些问题的复杂性。与此同时,中国政府正积极推进全面而深入的医疗制度改革,试图从根本上解决民众就医难、看病贵的问题。这一切,都对相关的决策、管理和社会活动影响深远,对这一领域的学术研究在理论、方法和实践上提出了新的问题和挑战。

地理信息技术是过去 30 年里发展迅猛的高新技术,主要由地理信息系统技术、遥感技术、全球定位系统技术构成。近年来,地理信息技术在健康领域的应用在发达国家成为政府极为重视、学界广泛研究、产业界普遍看好的热点,并在实际中取得了显著的效果。在美国疾病控制与预防中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC),地理信息分析是日常工作的重要内容,地图成为美国 CDC 向公众发布信息的最重要手段之一。在美国联邦、州甚至很多县级政府的公共卫生和健康职能部门中都有专门的地理信息分析机构和人员。其各级政府每年投入相当规模的人力、物力和资金,进行由政府牵头、学界和业界参与,以地理信息技术为技术平台和手段的公共卫生和健康方面的数据采集和科学研究。美国政府最大的科研资助机构——美国国家健康研究院(National Institutes of Health, NIH),目前正与美国地理学家协会(The Association of American Geographers, AAG)联合制定双方长期的合作计划。NIH 在 2012 年推出的空间不确定性研究的项目计划,以及 2013 年 AAG 和 NIH 在《科学》(Science)期刊上联合发表的纲领性文章,是这种合作的标志性事件。

地理信息技术应用于健康已经成为一个重要的研究和应用领域。一方面,生物医学界日益意识到人体健康绝不仅仅是个体水平上的问题,尤其是在现代环境下,它经常涉及甚至取决于地理尺度上的因素,因而基于地理信息技术的数据整合和分析必然而且已经成为健康研究和应用中必需和有效的手段。另外,这方面的需求又极大地促进了地理空间分析本身的发展。最典型的就是空间统计(spatial statistics)和地理计算(geocomputation)的发展。毫不夸张地说,两者

都极大地得益于健康领域应用的驱动。所以从应用的角度,这方面的研究可以成为典型的跨学科的项目,而在基础研究方面,疾病和健康问题已经如同资源与环境问题一样,为地理信息科学本身的发展提供了丰富的素材和坚实的平台,成为地理信息科学重要的学科生长点。

在这个背景下,我们编辑出版这本书,希望对我国在这个跨学科领域的发展有所助益。这本书的内容主要来自2013年和2014年在北京举办的两届“地理信息技术在公共卫生健康领域的应用”讲习班的讲课内容。这两次讲习班邀请了海内外部分在这个领域有较高建树的华人学者,以讲座的形式阐述地理信息技术在健康领域的作用,普及有关理论、方法和技术,介绍发达国家在有关管理和政策方面的经验,同时探讨在国内具体环境下的应用。本书内容虽然不可能涵盖这个迅速发展的跨学科领域的所有方面,但是相信已经涉及了其中一些最重要的题目。

按应用问题来划分,地理信息技术在公共卫生健康领域的应用可以大致分为两个方面:一个方面是直接关于疾病和健康的(主要在人群水平上),可以笼统地称为“空间流行病学”(spatial epidemiology),主要包括环境健康问题和传染病问题。环境健康问题主要是关于疾病(主要是癌症、出生缺陷等慢性病)在空间上的分布与特定的环境要素之间的关系。传染病问题主要是关于传染病(急性病)的暴发和扩散的空间规律,以及传染媒介与环境的关系。在这些研究中,前面提到的空间统计、地理计算以及地理模拟(geographic modeling),如基于智能体建模(agent-based modeling)等,已经得到了广泛的应用,并且由于在这类应用中不断遇到新的问题,受到新的挑战,这些概念、理论和方法本身也在迅速发展。另一个方面是关于医疗服务设施和资源的空间分布及其可达性、有效性和公平性。由于医疗改革(中国和美国都在进行),使这个问题在美国获得了前所未有的关注,但这个问题本质上是传统的地理问题,在地理学中有丰富的理论和方法。值得关注的是,这方面的研究在中国还显得缺乏,虽然其重要性和紧迫性显而易见。以上这些内容在本书中均有体现,实际上本书的章节基本上就是依照这个线索组织的。

另外,地理信息技术在健康领域的应用与方兴未艾的“大数据”(big data)的概念有着天然的紧密联系。虽然到现在为止人们对于什么是“大数据”还莫衷一是,但我们的理解是它主要包括两方面:大数据量和大计算量,因为对大数据量和大计算量的利用可以形成一种“全新”的方式来对信息进行挖掘和分析。其中大数据量又包括利用现有的大型数据库以及在分析过程中产生大量数据以提高分析的质量。这三点——大型数据库、分析过程产生大量数据和大计算量,都在地理信息技术在健康领域的应用中有非常典型的实例。而实现“大数据”过程的技术平台,又涉及高性能计算和地理信息学界目前极为关注的 cyberGIS

的概念。这方面的工作在本书中也有体现。

本书能够成书并出版,除了感谢为本书各章节做出贡献的专家学者,还要感谢参与主办或协办两届讲习班的各家单位,包括国际华人地理信息科学协会(CPGIS)、北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院、中国卫生信息学会公共卫生信息专业委员会、资源与环境信息系统国家重点实验室、遥感科学国家重点实验室、中国卫生信息学会卫生地理信息专业委员会、Esri 中国等。同时,感谢高等教育出版社的积极组织和推动,以及责任编辑的辛勤劳动。最后尤其感谢美国俄亥俄州立大学地理系主任、著名地理学家隋殿志教授为本书拨冗作序。

我们的学识有限,而这个领域却日新月异。我们恳请读者对本书的选题、内容、组织和表现形式提出宝贵意见,以便再版时使书的质量能够更上一层楼。

施 迅 王法辉

2014 年秋

作者简介

(按章节顺序排列)

屠威 美国南佐治亚大学 (Georgia Southern University) 地质学和地理系副教授, 近年来致力于地理信息科学和技术在公共健康领域的理论和应用的教学和研究工作。E-mail: wtu@georgiasouthern.edu

朱骊 美国国家健康研究院 (National Institutes of Health, NIH) 数理统计研究员, NIH “Spatial Uncertainty” 项目主任, 从事空间统计及 GIS 在公共健康领域应用研究, 主持或合作多项科研项目。E-mail: Li.zhu@nih.gov

施迅 美国达特茅斯学院 (Dartmouth College) 地理系副教授, 主要从事地理信息系统和空间分析的研究和教学, 尤其关注空间信息科学和技术在健康领域的应用。E-mail: xun.shi@dartmouth.edu

徐冰 清华大学地球系统科学研究中心教授, 主要从事多源遥感数据融合、传染病时空耦合传播模型的构建以及病原体、宿主及其交互作用的研究。E-mail: bingxu@tsinghua.edu.cn

李瑞云 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院博士生, 主要从事禽流感 H5N1 病毒时空传播路径和暴发风险分析, 以及禽流感时空动态变化建模与预测。E-mail: ruiyunli@mail.bnu.edu.cn

姜茜 清华大学环境学院博士生, 主要从事基于地理信息系统和遥感的环鄱阳湖地区家禽感染禽流感病毒的风险分析。E-mail: jiang-q07@mails.tsinghua.edu.cn

黄山倩 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院博士生, 主要从事禽流感病毒在家禽中传播网络的研究。E-mail: huangshanqian@gmail.com

田怀玉 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院博士生,主要从事传染病传播模型与公共健康研究,以禽流感、媒介传染病为工作重点。E-mail: tianhuaiyu@ gmail. com

裴 瑶 清华大学地球系统科学研究中心硕士生,主要从事气候因子对流感暴发和季节性的影响、建模与预测的研究。E-mail: scpei yao@ gmail. com

陈冬梅 加拿大女皇大学(Queen' s University) 地理系教授,主要从事地理信息系统、遥感和空间分析技术在环境监测和健康领域的研究和教学。E-mail: chendm@ queensu. ca

邹 滨 中南大学地球科学与信息物理学院副教授,主要从事地理信息系统研究和教学,尤其关注地理环境系统建模与环境暴露风险评估。E-mail: 210010@ csu. edu. cn

湛飞并 美国得克萨斯州立大学(Texas State University) 地理系教授,主要从事地理信息系统研究和教学,尤其关注地理空间分析在环境健康风险领域的应用。E-mail: Zhan@ txstate. edu.

唐 涛 美国纽约州立大学布法罗州立学院(State University of New York College at Buffalo) 地理与规划系教授,主要从事地理信息系统、遥感和环境污染的研究与教学。E-mail: tangt@ buffalostate. edu

赵文吉 首都师范大学资源环境与旅游学院教授,主要从事遥感和地理信息系统研究。

宫辉力 首都师范大学校长、教授、博士生导师,主要从事地理信息系统和遥感的教学与应用研究。

王劲峰 中国科学院地理科学与资源研究所研究员,主要从事时空统计学研究。E-mail: wangjf@ Lreis. ac. cn

徐成东 中国科学院地理科学与资源研究所博士后,主要从事空间分析研究。E-mail: xucd@ Lreis. ac. cn

王法辉 美国路易斯安那州立大学(Louisiana State University) 地理与人类学系 James J. Parsons 命名教授、系主任,研究领域包括人文(城市、交通、经济、文化)地理、城市与区域规划、公共政策(犯罪、健康卫生),侧重于计量方法和 GIS 的应用。E-mail: fwang@ lsu. edu

罗 卫 美国北伊利诺伊大学(Northern Illinois University)地理系校长研究教授,研究领域包括地貌、水文、计算机模拟以及 GIS 在健康卫生等方面的应用。
E-mail:wluo@niu.edu

程 杨 北京师范大学地理学与遥感科学学院副教授,研究领域为健康地理学,主要研究公共服务设施空间布局、脆弱人群的居住环境与健康。E-mail:chengyang@bnu.edu.cn

穆 岚 美国佐治亚大学(University of Georgia)地理系副教授,主要从事地理信息科学的研究和教学,专注于开发空间分析方法与模型并应用于疾病、健康、环境及相关领域。E-mail:mulan@uga.edu

依玛木·M·西尔艾力(Imam·M·Xierali) 美国医学院协会(Association of American Medical Colleges, AAMC)公共卫生与多元化研究干事,研究领域包括公共卫生、健康地理、医疗人力资源规划、全科医疗服务、医学教育组织、多元化社会以及健康统计和 GIS 的应用。E-mail:ixierali@aamc.org

叶信岳 美国肯特州立大学(Kent State University)计算社会科学实验室主任,主要从事时空分析和计量经济学的研究和教学,尤其关注空间信息科学和技术在社会科学与人文学领域的应用。E-mail:xye5@kent.edu

Andrew Curtis 美国肯特州立大学(Kent State University)地理信息系统、健康和灾害实验室主任,主要从事健康地理和灾害地理的研究和教学,尤其关注空间信息技术在城市社区的应用。E-mail:acurti13@kent.edu

周晓艳 武汉大学资源与环境科学学院副教授,主要从事城市地理领域研究与教学,尤其关注空间计量与统计在区域经济和城乡规划领域的应用。
E-mail:zhouxiaoyan@whu.edu.cn

潘 杰 四川大学华西公共卫生学院副教授,从事卫生政策与经济、卫生统计学研究。E-mail:panjie.jay@hotmail.com

李美芳 中山大学地理科学与规划学院博士生,从事有关人群健康与城市环境间关系的研究。E-mail:limf8@mail2.sysu.edu.cn

目 录

第一部分 空间流行病学基础

第 1 章 空间流行病学的几个基本概念	3
1.1 空间流行病学的数据	3
1.1.1 空间流行病学的数据	4
1.1.2 美国人口普查和健康数据简介	5
1.2 疾病频率的度量: 率和比例	7
1.2.1 率	7
1.2.2 比例	9
1.3 优势率和优势比	10
1.4 效应	11
1.5 率的标准化	12
1.5.1 直接标准化	12
1.5.2 间接标准化	14
1.5.3 直接标准化还是间接标准化?	15
1.6 空间流行病学中几个与数据精度和区域单元选择有关的问题	17
1.6.1 生态谬误和原子谬误	17
1.6.2 研究区域的选择	17
1.6.3 小单元问题	19
参考文献	20
第 2 章 空间流行病学中的常用统计方法	23
2.1 简单线性回归模型	24
2.2 广义线性模型	25
2.2.1 Logistic 回归模型	26
2.2.2 泊松回归模型	27

2.3 分层贝叶斯模型	28
2.4 研究实例	30
参考文献	32
第3章 基于计算的疾病制图方法	33
3.1 基于计算的方法概论	33
3.2 度量疾病的地方强度:核密度方法	35
3.2.1 核密度估算的基本原理	35
3.2.2 非均质背景上的核密度估算	40
3.3 利用蒙特卡罗模拟估算疾病地方强度的统计显著性	45
3.3.1 基本思路	45
3.3.2 分析过程	46
3.3.3 多重检验问题	47
3.4 利用受限和受控的蒙特卡罗过程来分解聚合数据	49
3.4.1 分解聚合数据的必要性	49
3.4.2 受限和受控的蒙特卡罗过程	50
3.5 分层分析以消除干扰因素的影响	51
3.6 完整的分析过程和软件工具	52
3.6.1 完整的分析过程	52
3.6.2 软件工具	53
3.7 应用实例	55
参考文献	56

第二部分 传染病的时空监测

第4章 网络环境下传染病时空传播模型研究	61
4.1 传染病的传播特点和传播模型的发展历史	62
4.1.1 传染病的传播特点	62
4.1.2 传染病传播模型的发展历史	64
4.2 传染病传播模型的构建	66
4.2.1 仓室模型	66
4.2.2 元种群模型	67
4.2.3 广义线性模型	68
4.2.4 差分自回归移动平均模型	68
4.2.5 智能体模型	69

4.2.6	生态位模型	70
4.2.7	网络智能体模型	71
4.3	基于网络的传染病时空传播模型	72
4.3.1	网络的基本概念	73
4.3.2	传染病的网络动态传播过程	76
	参考文献	78
第5章	疾病暴发监测系统及其在时空上的监测方法	88
5.1	疾病暴发监测系统	89
5.1.1	传统的疾病监测系统	89
5.1.2	实时计算机网络疾病症状监测系统	89
5.1.3	地理信息系统和空间分析在疾病监测系统中的应用	90
5.2	时空异常疾病暴发检测方法	90
5.2.1	时间序列异常检测方法	91
5.2.2	空间序列和时空(异常)检测方法	92
5.2.3	疾病暴发监测方法的问题和挑战	95
5.3	研究实例	96
5.3.1	研究区和数据	96
5.3.2	疾病暴发动态模拟	97
5.3.3	模拟结果	98
5.4	讨论	99
5.4.1	症状监测系统中的隐私保护	99
5.4.2	数据来源与数据质量	100
5.5	结论	102
	致谢	104
	参考文献	104

第三部分 环境健康

第6章	空气污染暴露评估与环境健康风险分析	111
6.1	空气污染暴露与测量	111
6.1.1	空气污染暴露概述	111
6.1.2	空气污染暴露测量与效应	112
6.2	空气污染暴露评估方法	114
6.2.1	空气污染暴露评估方法概述	114
6.2.2	空间邻近性模型	115

6.2.3 空间插值模型	116
6.2.4 土地利用回归模型	117
6.2.5 空气污染扩散模型	119
6.2.6 空气污染暴露评估展望	120
6.3 研究实例一:空气污染暴露评估空间邻近性模型与系统的 开发和应用	121
6.3.1 空间邻近性模型概述	121
6.3.2 源特征加权下的空间邻近性模型	122
6.3.3 基于空间邻近性模型空气污染暴露评估系统	123
6.3.4 美国得克萨斯州空气污染暴露风险研究	128
6.4 研究实例二:有关空气污染暴露的社会公正性的时空演化分析 ..	131
6.4.1 有关空气污染暴露的社会公正性	131
6.4.2 美国苯污染暴露公正性研究	131
6.5 研究实例三:空气污染暴露与新生儿低体重风险分析	137
6.5.1 空气污染对新生儿出生体重影响概述	137
6.5.2 美国 Dallas-Fort Worth 地区母亲 SO_2 污染暴露对新生儿 低体重发生风险影响的研究	137
参考文献	145
第7章 空气污染及其对健康影响的空间分析:以北京地区为例	149
7.1 研究区与采样	150
7.2 空气颗粒物污染浓度连续面的生成	152
7.3 颗粒物污染浓度的时空变化	155
7.4 颗粒物污染浓度分布与人口分布的比较	158
7.5 与空气污染相关的呼吸道疾病与非呼吸道疾病地理空间分析 ..	159
参考文献	162
第8章 环境健康风险探测	166
8.1 地理探测器原理	167
8.2 Excel-GeoDetector 软件	168
8.3 研究实例	170
8.3.1 研究实例一:某县新生儿神经管畸形的环境因子分析	170
8.3.2 研究实例二:地震中儿童死亡的环境因子分析	173
8.3.3 研究实例三:土壤抗生素浓度空间分异的因子分析	175
8.3.4 研究实例四:手足口病空间分异的气象因子分析	177
8.4 结语	179
参考文献	180

第四部分 医疗服务资源的分布与优化

第9章 就医便捷度的度量、影响与优化	183
9.1 研究就医便捷度的意义	183
9.2 就医便捷度的基本度量方法	185
9.3 两步移动搜寻法及其演进	186
9.3.1 一步移动搜寻法	186
9.3.2 两步移动搜寻法	188
9.3.3 增强两步搜寻法	188
9.3.4 可变搜寻区两步搜寻法	189
9.3.5 广义的两步搜寻法	191
9.3.6 非空间要素的度量	192
9.4 就医便捷度的影响:以晚期癌症发病风险的研究为例	193
9.5 优化就医便捷度的平等理念和实践	196
9.5.1 优化就医便捷度的平等理念	196
9.5.2 研究实例一:芝加哥地区全科医生的优化布局	198
9.5.3 研究实例二:美国国家癌症研究院挂牌医院的优化布局	201
9.6 结语	204
参考文献	205
第10章 公共卫生部门区划	210
10.1 通过GIS第一定律了解美国的地方公共卫生部门及其 区划多样性	211
10.2 卫生地区与国会选区的杰利蝾螈问题	216
10.3 应用面域拓扑图理解卫生地区的健康、人口和社会经济概况	219
10.4 地理区划的具体方法与实例	221
10.5 地理区划的启示与展望	223
参考文献	225
第11章 美国缺医区划分的实践与改进前景	227
11.1 美国医生人力资源分配和分布的两大特征	228
11.2 缺医区种类与现行划分方法	230
11.2.1 划分HPSA与MUA/P的基本程序与原则	230
11.2.2 划分HPSA的详细方法	232
11.3 缺医区与相关的联邦政府计划	236
11.3.1 支持全科医疗服务的拨款	236