

关美宝 Douglas Richardson 王冬根 周成虎 主编
马晓熠 易嘉伟 沈恬 译

Space-Time Integration in
Geography and GIScience
Research Frontiers in the US and China

地理学与地理信息科学的 时空一体化

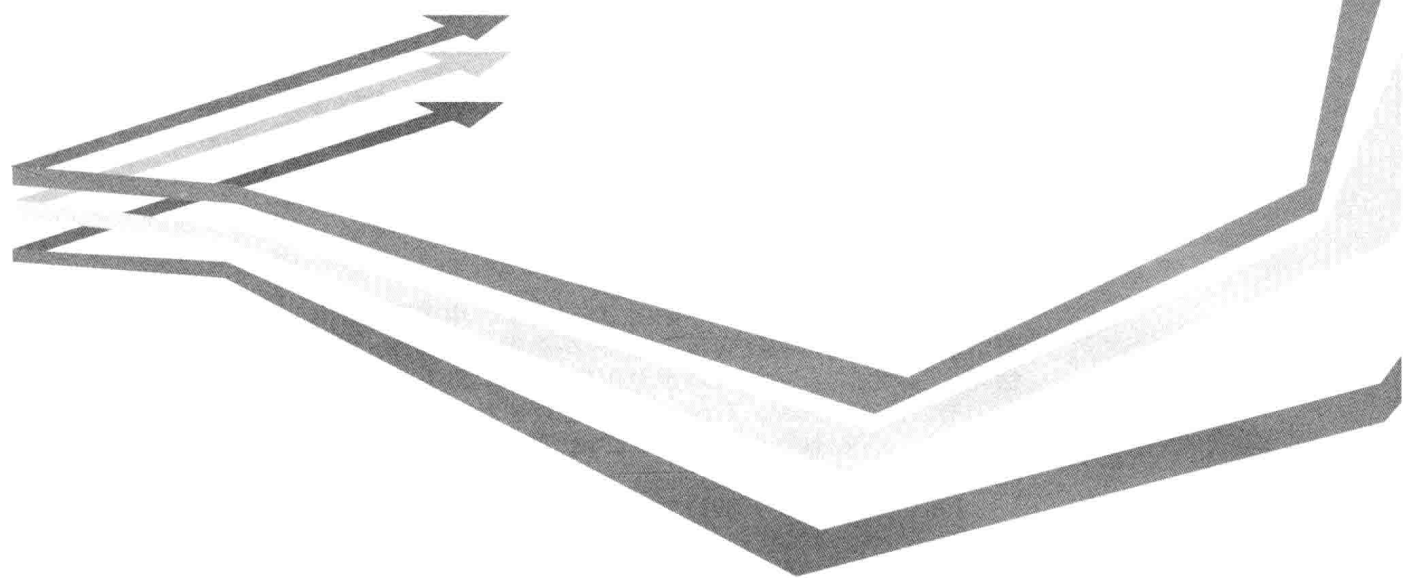
——中美两国的前沿研究



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

关美宝 Douglas Richardson 王冬根 周成虎 主编

马晓熠 易嘉伟 沈恬 译



Space-Time Integration in
Geography and GIScience
Research Frontiers in the US and China

地理学与地理信息科学的 时空一体化

——中美两国的前沿研究



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书收录了中美两国研究人员近期在地理学与地理信息科学领域的主要研究成果，从全球尺度和不同的微观层面，对 GIS 学科中各种时空一体化问题的研究和应用进行了评述、改进和发展。这些成果在前人的工作和当前研究的基础上推陈出新，所涵盖的内容为众多研究工作的推进拓展了空间。

本书不仅可供地理信息科学及相关人文与社会科学领域的科研人员和大专院校相关专业的师生阅读参考，对于那些对这一新兴研究和应用领域感兴趣的商业以及互联网制图和地理信息系统、基于位置的服务（LBS）等行业的研究和开发人员来说，同样具有参考价值。

图书在版编目（C I P）数据

地理学与地理信息科学的时空一体化：中美两国的
前沿研究 /（美）关美宝等主编；马晓熠，易嘉伟，沈
恬译. -- 北京：中国水利水电出版社，2015.3
书名原文：Space-Time integration in geography
and GIScience:research frontiers in the US and
China
ISBN 978-7-5170-3047-8

I. ①地… II. ①关… ②马… ③易… ④沈… III.
①地理学—研究②地理信息系统—研究 IV. ①K90
②P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第058248号

本书译自 Mei-Po Kwan、Douglas Richardson、Donggen Wang 和 Chenghu Zhou 主编的 Space-Time Integration in Geography and GIScience: Research Frontiers in the US and China 一书。

上述英文版图书（2014 年出版）的版权属于 Springer Science + Business Media 的分支机构 Science + Business Media B. V.。

书 名	地理学与地理信息科学的时空一体化——中美两国的前沿研究
原 书 名	Space-Time Integration in Geography and GIScience: Research Frontiers in the US and China
原 著	关美宝 Douglas Richardson 王冬根 周成虎
译 者	马晓熠 易嘉伟 沈 恬
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	210mm×285mm 16 开本 17 印张 515 千字
版 次	2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	75.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



时空分析是地理学、地理信息系统和地理信息科学中迅速发展的前沿领域。GPS/GIS 技术的集成，可广泛获得的时间和空间上的大数据集，以及（近）实时复杂数据在管理、整合、建模和可视化能力上的进步，都为先进的时空分析和建模与复杂环境和社会系统研究的一体化在 GIS 与地理学界提供了非凡的机遇。

2011 年，美国地理学家协会（AAG）在西雅图召开的年会上，就“地理学与地理信息科学的时空一体化”进行了专题研讨，并于 2014 年由 Springer 出版了 *Space-Time Integration in Geography and GIScience: Research Frontiers in the US and China* 一书。本书即为该书的中文版。

AAG 与中国地理学会（GSC）就双方共同关心的合作领域（科研合作、著作出版、举办联席会议和教育研讨会、翻译经典地理学文章及著作、合作修订 Wiley-AAG 地理国际大百科全书等）签署了备忘录。本书正是双方近期合作的成果之一，旨在汇聚中美两国在这个急速发展的研究领域中开展的科研活动，将两国科研进展在方法和方向上的差异性和相似性进行比较，为推进新的合作与联合研究打下基础。同时，又可联合两国的研究力量，实现协同互助。特别值得一提的是，中美两国在时空概念和时空一体化上的术语和方法源于各自不同且根深蒂固的历史、文化、宗教和科学传统与基础，本书的翻译和出版为创造时空一体化领域有关复杂概念的“共同语言”踏出了第一步，在一定程度上有助于弥合两国在本体和哲学上的分歧，缔造共同的术语和对话，以期能够翻译、结合、描述和理解那些认识时间、空间及其在 GIS 学科中如何交互等核心概念的基本方法。我们相信，两国迅速增长的学术交流以及在地理学与地理信息科学领域日渐开放的合作，将会有力地推动地理和地理空间概念及应用研究的发展。

本书由马晓熠总体负责翻译、整理和审核，姚岁寒先生负责译文初稿的校订。参与翻译工作的还有：易嘉伟、沈恬、王文佳、段滢滢、江晓欢、李婷、李晓岚、申建秀、孙志伟、王欢、杨格格、张雪、涂伟、刘国华等。

本书的出版得到了国家高技术研究发展计划（“863”计划）“地理计算引擎与开放式地理计算构建环境”课题（2011AA120306）和国家自然科学基金青年科学基金项目“人口-道路动态关系下的城市应急疏散方法研究”（41201556）的资助，在此一并表示感谢。

译者

2015 年 1 月



柴彦威，北京大学城市与环境学院城市与经济地理系，中国北京

Yongwan Chun，得克萨斯州立大学达拉斯分校经济、政治与政策学院，美国得克萨斯州

段滢滢，中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室，中国北京

Michael R. Evans，明尼苏达大学计算机科学与工程系，美国明尼苏达州

方志祥，武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室，中国武汉

Betsy George，明尼苏达大学计算机科学与工程系，美国明尼苏达州

宫鹏，加利福尼亚大学伯克利分校环境科学、政策与管理学系，美国加利福尼亚州
清华大学地球系统科学研究中心，中国北京

Michael F. Goodchild，加利福尼亚大学圣芭芭拉分校地理学系，美国加利福尼亚州

Daniel A. Griffith，得克萨斯州立大学达拉斯分校经济、政治与政策学院，美国得克萨斯州

Zhipeng Gui，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

Viswanath Gunturi，明尼苏达大学计算机科学与工程系，美国明尼苏达州

Qunying Huang，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

Yunfeng Jiang，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

关美宝，伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校地理与地理信息科学系，美国伊利诺伊州
乌特勒支大学人文地理和空间规划系，荷兰乌特勒支

李峯，香港大学地理系和中国发展国际研究中心，中国香港

李清泉，深圳大学土木工程学院时空信息智能感知与服务深圳市重点实验室，中国深圳

李蓉蓉，香港中文大学太空与地球信息科学研究所，中国香港

Zhenlong Li，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

林琿，香港中文大学太空与地球信息科学研究所，中国香港

Desheng Liu，俄亥俄州立大学地理系，美国俄亥俄州

Kai Liu，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

刘志林，清华大学公共管理学院，中国北京

Peter Lostritto，乔治梅森大学智能空间计算中心，美国弗吉尼亚州

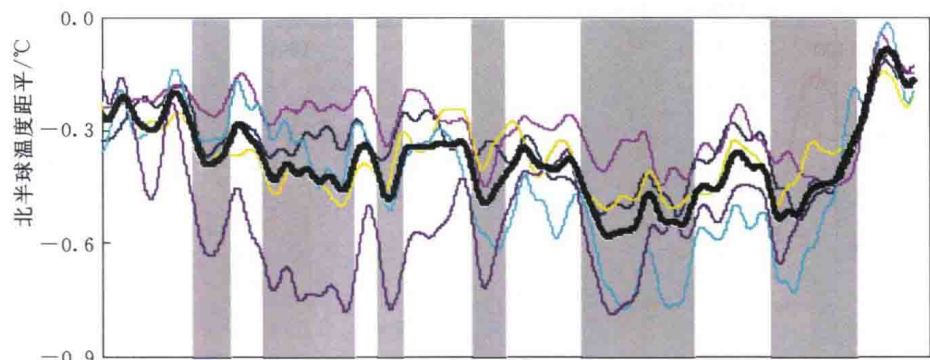
陆锋，中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室，中

国北京

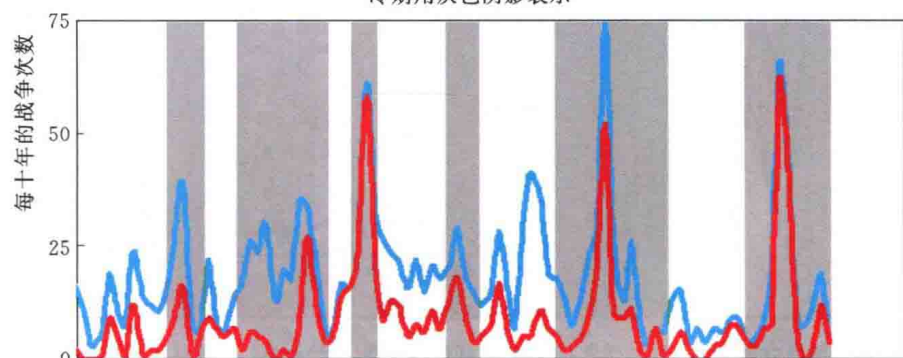
Harvey J. Miller, 俄亥俄州立大学地理系, 美国俄亥俄州
Pradeep Mohan, 明尼苏达大学计算机科学与工程系, 美国明尼苏达州
Atsushi Nara, 圣迭哥州立大学地理系, 美国加利福尼亚州
齐志新, 香港大学城市规划与设计系, 中国香港
Douglas Richardson, 美国地理学家协会, 美国华盛顿
萧世伦, 田纳西大学地理系, 美国田纳西州
Shashi Shekhar, 明尼苏达大学计算机科学与工程系, 美国明尼苏达州
苏基朗, 香港科技大学人文学部, 中国香港
Ying Song, 俄亥俄州立大学地理系, 美国俄亥俄州
Kathleen Stewart, 艾奥瓦大学地理系, 美国艾奥瓦州
孙炳霞, 香港浸会大学地理系, 中国香港
孙贵博, 香港中文大学太空与地球信息科学研究所, 中国香港
Min Sun, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
谭家齐, 香港浸会大学历史系, 中国香港
塔娜, 北京大学城市与环境学院城市与经济地理系, 中国北京
蔡宇轩, 台湾大学地理系, 中国台湾
涂伟, 深圳大学土木工程学院时空信息智能感知与服务深圳市重点实验室, 中国

深圳

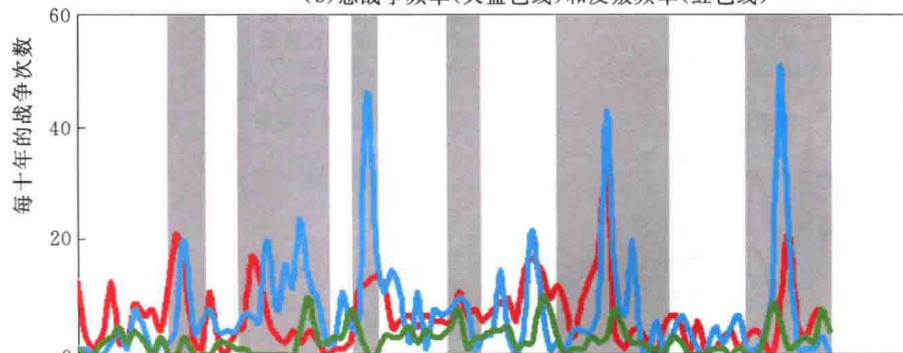
Jaclyn Vogliano, NextEra 能源公司, 美国佛罗里达州
王冬根, 香港浸会大学地理系, 中国香港
王玮, 艾奥瓦大学地理系, 美国艾奥瓦
温在弘, 台湾大学地理系, 中国台湾
Jizhe Xia, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
Chen Xu, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
Chaowei Yang, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
KwangSoo Yang, 明尼苏达大学计算机科学与工程系, 美国明尼苏达州
叶嘉安, 香港大学城市规划与设计系, 中国香港
Manzhu Yu, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
May Yuan, 得克萨斯州立大学达拉斯分校地理空间信息科学, 美国得克萨斯州
章典, 香港大学地理系和中国发展国际研究中心, 中国香港
张艳, 北京联合大学北京学研究所, 中国北京
周成虎, 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国北京
Nanying Zhou, 乔治梅森大学智能空间计算中心, 美国弗吉尼亚州
Xun Zhou, 明尼苏达大学计算机科学与工程系, 美国明尼苏达州



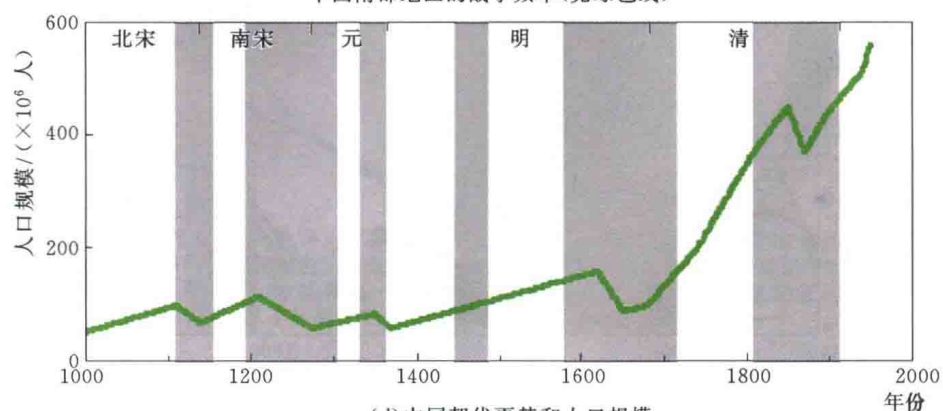
(a) 近千年北半球 20°N 以上陆地温度距平记录: Jones et al., 1998 (深蓝色线); Mann et al., 1999 (粉红色线); Briffa, 2000 (黄色线); Crowley and Lowery, 2000 (绿松石色线); Esper et al., 2002 (紫色线); 以上温度距平平均值 (加粗黑色线); 冷期用灰色阴影表示



(b) 总战争频率 (天蓝色线) 和反叛频率 (红色线)

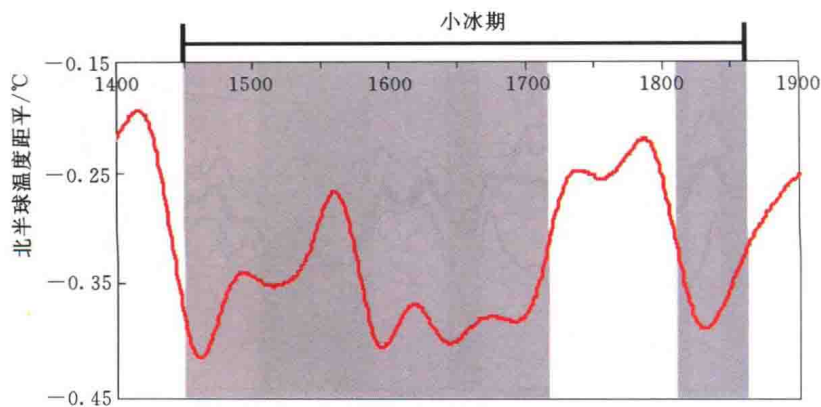


(c) 中国北部地区的战争频率 (红色线)、中国中部地区的战争频率 (天蓝色线) 和中国南部地区的战争频率 (亮绿色线)

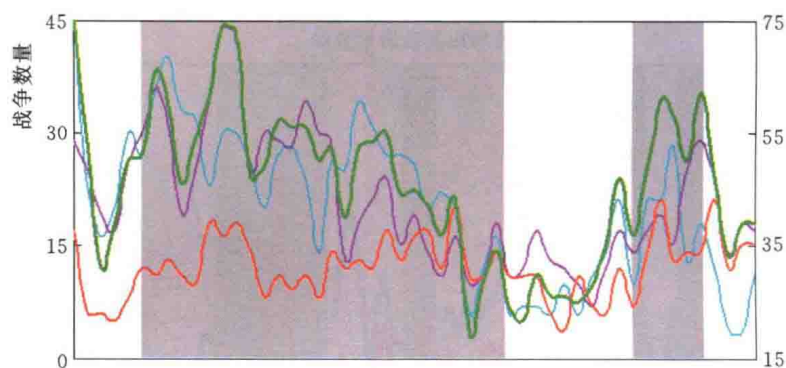


(d) 中国朝代更替和人口规模

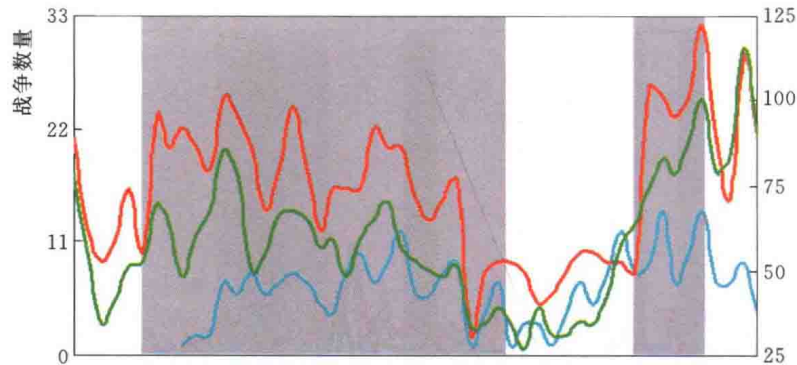
彩图 1 1000—1991 年期间中国的气候变化、战争数量、人口增长和朝代更替



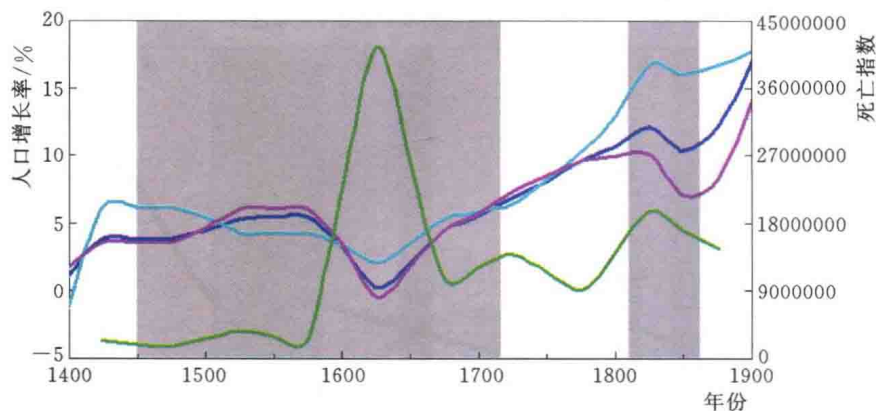
(a)通过 40 年的 Butterworth 低通滤波进行平滑处理后的北半球温度距平



(b)总战争数量:北半球(亮绿色)、亚洲(粉红色)、欧洲(绿松石色)、北半球干旱地区(橙色)

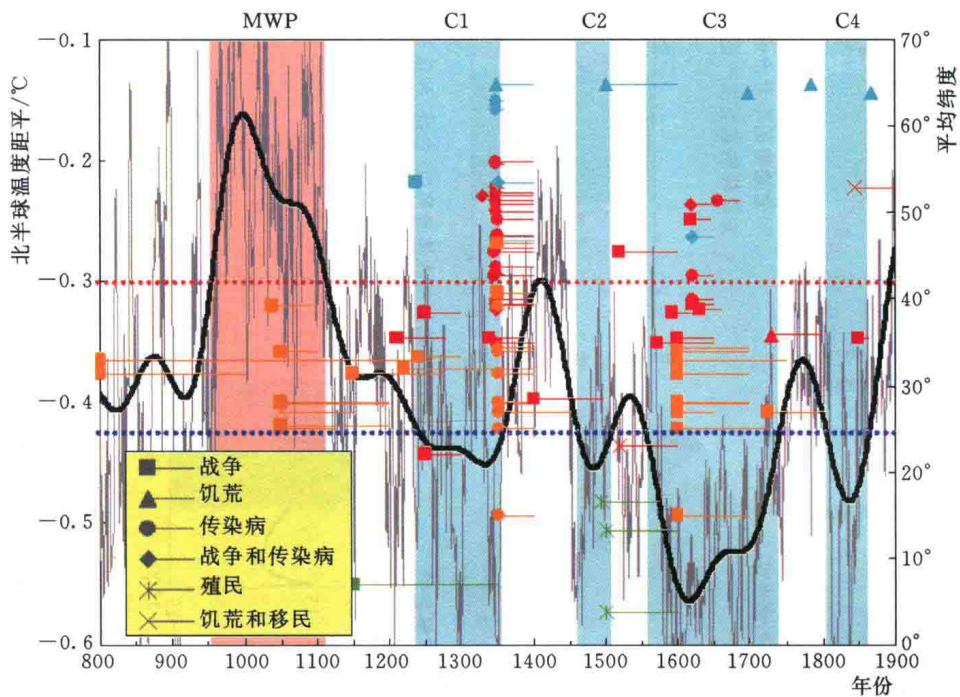


(c)全球战争数量记录:Wright,1942(绿松石色);Luard,1986(橙色),Brecke,1999

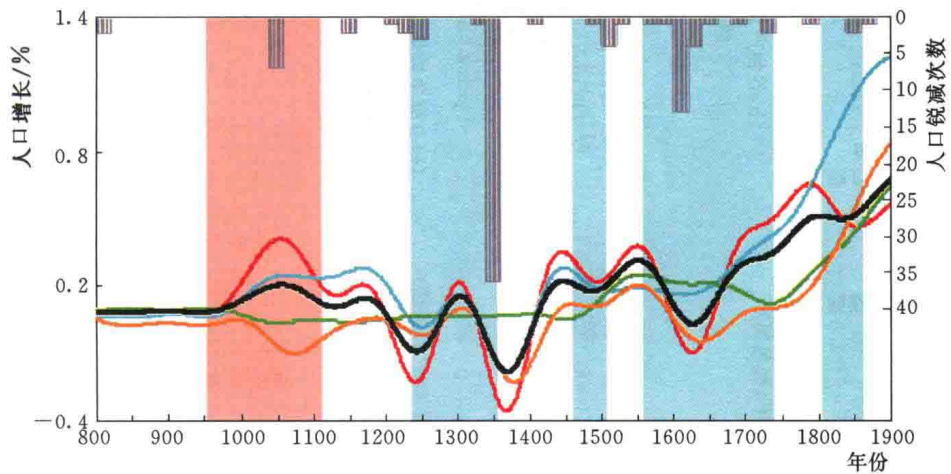


(d)人口增长率(以 20 年为单位):欧洲(绿松石色)、亚洲(粉红色)、北半球(蓝色);北半球死亡指数(亮绿色,以 50 年为单位,对应的是右边的 Y 轴)

彩图 2 1400—1900 年世界不同地理区域的气候变化、战争数量和人口增长:
冷期用灰色阴影表示,所有战争序列都以 10 年为单位

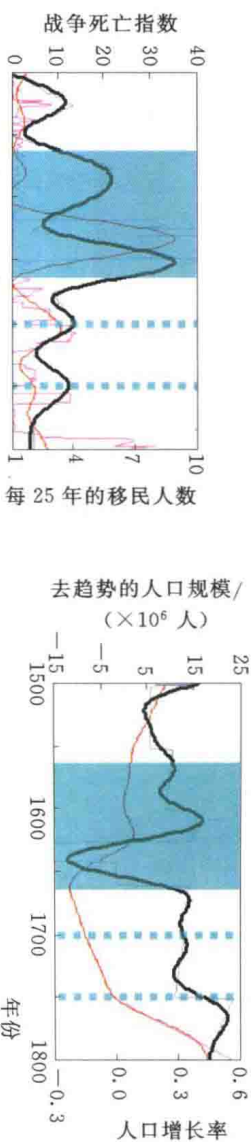
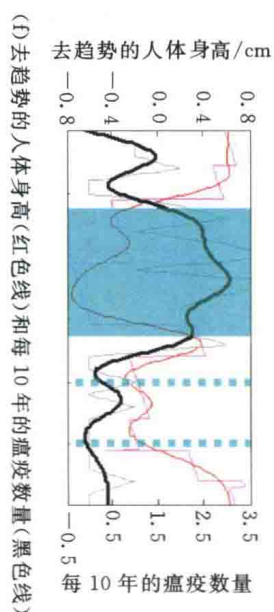
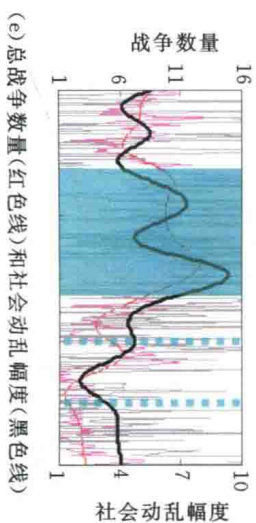
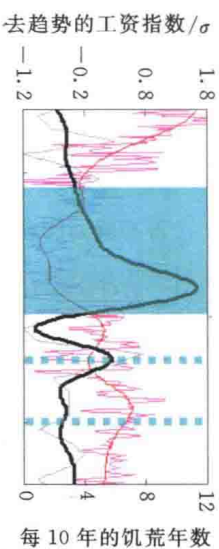
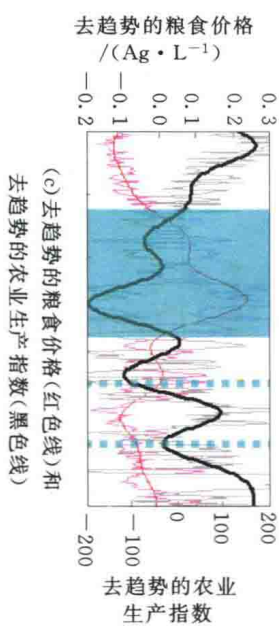
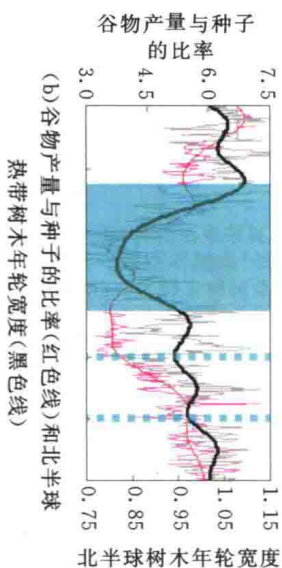
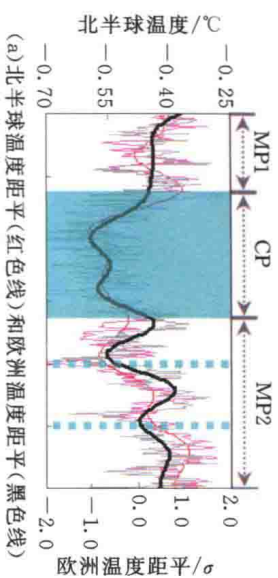


(a) 1961—1990 年北半球温度距平的均值和人口锐减。通过对温度序列(灰色线)的 100 年 Butterworth 低通滤波平滑处理来表征其百年变异(加粗黑色线);红色和蓝色的虚水平线分别表示变暖($>-0.3^{\circ}\text{C}$)和变冷($<-0.42^{\circ}\text{C}$)的阈值。关于每一次人口锐减的细节,相关国家/地区的平均纬度对应的是右边的 Y 轴,相关的气候带用颜色区分(红色—温暖湿润带;绿松石色—寒冷湿润带;亮绿色—热带湿润带;橙色—干燥带);原因是以符号来代表的,参见图例;持续时间用线的长度来表征



(b) 人口锐减和人口增长率:灰色条表示以 20 年为单位的的人口锐减数目,对应于右边的 Y 轴(倒)。在不同气候带的人口增长率用颜色来区分(红色—温暖湿润带;绿松石色—寒冷湿润带;亮绿色—热带湿润带;橙色—干燥带;加粗黑色—北半球)。红色的阴影区域表示中世纪暖期(MWP)的温暖阶段,蓝色阴影区域表示小冰期(C1~C4)的寒冷阶段

彩图 3 800—1900 年间北半球的气候变化、人口锐减和人口增长



彩图 4 1500—1800 年间欧洲人类社会不同变量对气候变化的响应:所有的数据都通过 40 年 Butterworth 低通滤波进行了平滑处理。蓝色阴影代表了危机时期(寒冷时期),蓝色虚线表示短期的冷时段



译者前言
撰稿人

概述	1
中美科学研究中时空问题的视角	4
时空行为研究及其在中国的应用	12
超越我们所知道的空间：隔离、健康和可达性问题中融合时间 的地理学研究	24
建成环境对步行行为的影响：测量问题、理论解释、建模方法和 中国的实验研究	33
时空网络：时间细节道路图的建模、存储和查询	46
基于关键时空机会和路段识别的联合活动时间安排	64
不同粒度下城市道路网络健壮性分析	76
人口普查邮件回复率的空间分析：1990—2010 年	89
从网络文本资料中构建时空语义映射	98
基于历史地理信息系统绘制封建社会晚期中国江南地区县域内部单元边界	110
超越边界：时空棱柱内部之新见	119
一种数据挖掘方法：从无源 GPS 数据中探索活动类型和出行目的	132
气候变化与史上人类危机关系的量化分析	146
传染病扩散的时空距离模式分析	170
空气污染动态暴露评价	179
多学科视角下时空变化模式挖掘	190
当代计算技术在处理时空大数据中的应用	204
基于 RADARSAT-2 极化雷达时间序列影像的短时间间隔土地利用和 土地覆被变化监测	220
理解行为模式的时空轨迹分析	234
地理信息科学与地理学中的实时时空一体化	251

概 述

关美宝, Douglas Richardson, 王冬根, 周成虎

本书的著成得益于近期的两个重要学术活动。首先是美国地理学家协会(AAG)和中国地理学会(GSC)在长期合作的不断发展下,双方就促进共同关心和可相互协作的十个研究领域,正式签订了一份AAG-GSC备忘录。这十项内容包括科研合作,著书出版,举办联席会议、教育研讨会,翻译经典地理学文章及著作,以及合作修订Wiley-AAG地理国际大百科全书等。

促成本书成稿的第二个主要活动是2010年在西雅图召开的AAG年会上,一场名为“地理学与地理信息科学的时空一体化”的专题研讨会。研讨会持续三天,共有五个会场同时进行多达300场的学术报告,反响非常热烈。会议探讨了如何应对时空地理信息科学中,不管是基础理论研究,还是城市交通、气候变化、历史GIS等类专题应用研究所带来的最前沿的学术挑战。中国的科研人员在此次研讨会上的参与和出席尤为积极。

本书旨在加大时空一体化领域的研究力度,汇聚中美两国在这个急速发展的研究领域开展的科研活动。将两国的科研进展并列比较,为推进新的合作与联合研究打下基础。同时,又可团结两国的研究力量,实现协同互助。另外,在一定程度上,本书为创造时空一体化领域有关复杂概念的“共同语言”踏出了第一步。中美两国在时空概念和时空一体化上的术语和方法都源于各自不同且又根深蒂固的文化、历史、宗教和科学传统与基础等。因此,我们认为,这样的努力正是本书精彩和创新之所在。它能帮助弥合两国在本体和哲学上的分歧,缔造共同的术语和对话以助于翻译、结合、描绘和理解那些认识时间、空间以及其在GIS学科中的如何交互等核心概念的基本方法。

当然,如果我们能够促进两国在书中涵盖的各种科学问题乃至社会各层面问题上有更多更深入的交流和理解的话,那么,不管从知识、科学,还是务实的角度上看,中美两国及其文化的发展都将从中获益匪浅。

参与时空一体化研究的国家也绝不仅限于中美两国。本书收录的许多文章都是在前人的研究和当前最新的工作基础上推陈出新,这些研究成果的作者遍及全球,包括欧洲、日本、加拿大和其他一些国家和地区。然而,在这个领域,中美之间的学术与研究交流尤为活跃。从会议、出版、研讨会、学生和教师的留学交换,以及联合研究项目数量的剧增就可以看出。事实上,现在许多美国研究人员都长时间地留在中国工作,而许多中国顶尖的研究人员也将工作重心放在美国的一些大学和研究室。两国的学术交流正迅速增长,在地理学与地理信息科学领域的合作也日渐开放,并有能力创造令人振奋的进步。

从本书的作者中也可以看出中美两国学者在研究工作上的紧密关系。书中的许多文章都是由中美两国的科学家共同撰写的。他们有的是暂时或长期在美国工作的中国科研人员,也有的是长期在中国的大学和研究中心工作的美国学者。因此,我们用“在美学者”和“在华学者”取代美国学者和中国学者的一般称法,以反映当前这种合作关系。在选择出版两国的科研成果时,我们考虑了如何促进未来更多的合作。本书收录了中美两国在地理学与地理信息科学领域主要研究学者的文章,所涵盖的主题为众多研究工作的推进拓展了空间。

能参与到促进两国学术交流与合作的过程中,对于我们主编来说是非常荣幸的一件事情。我们深信,这样的努力将会有力地推动地理和地理空间概念及应用研究的发展。

1 在美学者文章概要

本书共有八篇文章是由在美学者参与编写的,主要探讨了GIS学科有关时空一体化主题的研究,



诸如时空大数据的处理与分析、时空数据挖掘与知识发现以及空气污染动态模拟。

第一篇文章由 Goodchild 和宫鹏共同编写,分析了中美两国在地理研究乃至整个科学发展的独特传统,并讨论了从数据收集与分享的科学方法到中美的文化和政治背景等问题。文章认为,两国在时空领域的研究将会持续不断地融汇发展下去。

关美宝在其著写的文章中探讨了地理学研究中的三个重要概念,即种族隔离、环境暴露和可达性,指出加入时间和人的移动性的考量能使我们更好地认识这三个问题。文章认为分析的重点需要从静态的居住空间拓展到与位置和时间相关联的人类日常生活范畴。只有通过考察人的时空移动轨迹才能全面认识和理解个人的生活经历,而单纯只考虑人类居住的位置很难做到彻底的解读。

Evans 等用时间聚合图(time-aggregated graph)的方法推理、分析并设计算法解决各类社会应用中的时空网络问题。时间聚合图由于节点和边的属性是时间序列的,从而减少了存储时间变化的冗余,同时还保留了空间网络信息。Griffith 和 Chun 将特征向量空间滤波的方法扩展到时空滤波,用以分析美国连续三次的 10 年人口普查过程中邮件回复率的潜在时空结构。分析的结果给目前以及将来普查数据的收集等各种问题提供了十分有帮助的见解。

关美宝、Liu 和 Vogliano 等通过考虑污染浓度的时空变化和个人的时空活动模型,提出了一种改进的评价空气污染对人的影响的方法。他们区分了空气污染对人的影响的两种构成:一是静态地评估在居住区的空气污染程度;二是动态地评估人在每天的移动过程中不同时间所接收的空气污染。这种方法已用于分析和估算美国空气污染可吸入颗粒物 PM₁₀ 对人的影响。

Song 和 Miller 重点探索了时空棱柱的内部结构,讨论和展示了棱柱内部的两种属性,即到访棱柱内部各个位置的概率和速度分布,并用改进的基于效用的收益度量和一种新的可反映潜在环境成本的度量,证明了采用这两种属性的优势。

王玮和 Stewart 提出了一种自动表达时空信息和跟踪移动目标的方法,来揭示灾害相关事件动态演变的空间范围与趋势。这种方法能从文档资料中自动处理事件的语义信息,丰富语义内涵。文章还论述了如何结合自然语言处理技术和本体库来改进从网络信息中抽取出的与灾害事件有关的语义信息。Yang 等以他们近期的项目为例,探讨了如何利用当前最前沿的计算机技术来处理时空大数据。这些技术包括:(1) 网格和云计算;(2) 传感网络、地球观测和仿真模型;(3) 标准化系统;(4) 多维可视化分析。

Yuan 和 Nara 综述了时空轨迹分析方法并讨论了时空大数据所带来的挑战。他们提出了一套针对大量时空轨迹时空分析的概念模型和方法,并用多个例子说明了这种方法能够提取出轨迹中蕴含的复杂活动模式。

在 Zhou、Shekhar 和 Mohan 著写的文章中,他们倡议从跨学科的角度审视挖掘时空变化模型的方法,通过相互交流来促进不同背景的学者碰撞出思想的火花。文章从时空的角度分析了概念的分类与模型,并对比了不同学科的差异。

在最后一篇文章中,Richardson 介绍了实时时空一体化的起源和出现,并制定了一份合作研究计划,以推动这一领域的发展。他还探讨了地理学与地理信息科学中的转型研究,指出我们该如何看待当前学科研究和创新的情况,以及制约或促进学科发展的社会结构、社会背景,从而能为地理信息科学的创新与发现创造更好的条件。

2 在华学者文章概要

在华学者在时空问题的研究上,无论是全球尺度,还是在微观层面,都作出了很大贡献。他们有的在方法上进行了改进和发展,有的对不同领域最前沿的研究和应用做了评述。许多文章也以中国为实例展开研究。因此,这些文章不仅代表了中国在时空研究领域的发展,也反映了中国所面临的环境、社会和城市等问题。

李峯和章典探讨了前工业社会时期气候变化与人类危机的关系。该研究在全球空间尺度和地质年

代时空尺度下，旨在建立起中国、欧洲和北半球其他一些国家和地区在前工业时期气候变化与人口增长停滞、人口下滑以及社会政治混乱之间的关系。作者挑战了马尔萨斯的人类苦难学说，认为是气候恶化导致了土地承载力下降，并最终引发了前工业时期的人类危机。叶嘉安和齐志新针对局部区域的土地利用变化，探讨了利用极化合成孔径雷达（极化 SAR）图像检测较短时间间隔的土地利用和土地覆被变化的能力。该研究采用了 RADARSAT-2 极化 SAR 时间序列影像监测土地开发的早期变化。

谭家齐和苏基朗介绍了一种将中国传统的方志所收集的口头和定性描述的文字信息转变为定量数据的方法，并能将数据可视化地呈现在现代化的历史 GIS 软件中。他们以明清时期松江县大概的乡镇边界绘制为例对方法进行了演示。目前，多数国家的历史 GIS 的空间尺度都只在地县级别，而这种方法可为中国构建一套更小空间尺度的历史地理信息系统。温在弘和蔡宇轩研究了模拟传染病在时空上扩散的方法，并以台湾高雄爆发的一场登革热流行病为例对方法进行验证。实例表明，这种方法可用于检测流行病的产生源头，并区分疾病不同的传播和扩散模式。

本书有五篇文章是围绕时空方法在城市和交通领域的应用研究。柴彦威等对中国国内基于个人的时空行为研究进行了综述，阐述了相关的分析方法、数据收集和研究实例；讨论了在城市交通、旅游和城市规划等方面的应用；并指出基于个人时空行为的方法，提高了我们对中国城市的重建和空间巨变如何影响人们日常生活、社会公平以及环境等问题的认识。林琿等从理论和度量计算上全面地综述了中国建成环境对步行行为的影响，并指出利用定位技术，如全球定位系统（GPS），收集活动一出行行为信息是为了从轨迹数据中获取活动的内容和出行的目的。

王冬根和孙炳霞提出了一种可从无源 GPS 轨迹数据中检测出活动内容和出行目的的数据挖掘方法。这种方法具备自学习和自适应能力，在搜索最优解的过程中，既不需要先验知识，也无须人为干预。方志祥等介绍了一种依赖时间的基于棱柱的方法，来发现那些可成功组织联合活动的关键联系和机会。文章设计和组织了一个涉及四人的联合活动，展示了这种方法的可行性。段滢滢和陆锋采用基于复杂网络的方法从三种不同粒度分析了城市道路网络的健壮性，分别是基于路段、基于路链并和基于社区。文章认为基于社区的方法更适合评估城市路网的健壮性。

致谢

编者衷心感谢以下机构和个人对本书的支持：美国国家科学基金会、中国科学院、美国国立卫生研究院、中国地理学会、美国地理学家协会，以及施普林格出版社的各位编辑。我们同时要感谢负责编辑出版概述的 Miranda Lecea 女士和负责协调将本书译成中文的马晓熠女士。

中美科学研究中时空问题的视角

Michael F. Goodchild¹, 宫鹏²

1. Department of Geography, University of California, Santa Barbara, CA 93106 - 4060, USA
e-mail: good@geog.ucsb.edu

2. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkely, CA, USA
Center for Earth System Science, Tsinghua University, Beijing, China
e-mail: penggong@berkeley.edu

1 引言

一般而言, 科学知识是普遍通用的, 科学方法同样不考虑国界、语言或文化的差异。当然在实践中, 这一断言是不准确的, 科学的构想和实践在世界各地存在巨大的差异。中美两国科学实践的比较最能体现这一事实。随着“文化大革命”的结束, 大学的重新开放, 近三十年的经济快速增长, 中国在较近期进入了国际化科学阶段。

科学构想和实践的差异存在于所有科学水平和科学领域中, 而在地理学中的差异是最大的。由于地理现象是全球性的、超越国界的现象, 因此地理科学的定义要求全球一致性和国际协作。人文系统在一定程度上是由语言、文化和疆界决定的, 而环境系统则不然, 环境数据无法自由交流, 是理解地球环境系统运行机制的障碍之一。

本文着重探讨中美科学构想和实践的差异对时空框架研究的影响。两位作者分别代表美国 (Goodchild) 和中国 (宫鹏), 作为地理学者, 他们的研究重点覆盖了社会地理和环境地理, Goodchild 几年来致力于社会方向的研究, 而宫鹏更注重环境方向。因此本文提出了两种截然不同的视角, 从抽象的科学方法问题到实际数据收集和共享的问题均有所涉及。

接下来的两部分, 两位作者分别论述了美国和中国的视角。最后是简要结论。

2 美国视角

2.1 方法论的视角

一直以来, 科学界认为在所有时间、空间都广泛适用的发现才是极其重要的。在数学、物理、化学领域, 如果某项发现只在一星期中的特定日期、在特定国家或地区才有效, 那它一定是荒谬的。牛顿运动定律、爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论、门捷列夫的元素周期表都是完全独立于空间和时间的。

社会科学和环境科学同样继承了这一视角, 尽管在这两门学科的历史上一直存在对这一视角价值的持续争论。以经济学为例, 这一学科强烈偏爱那些不考虑时间和地球表面的不同、地域条件下经济行为定律如何变化的理论。由于条件的变化, 经济定律的表达方式可能会有所不同, 但定律本身应该保持不变。在生物学中, 达尔文通过对加拉帕戈斯群岛雀类的观察推导出了统一、普适的自然选择定律, 而非一门详细描述空间或时间变化的科学。

美国的地理学科对于这两个观点一直存在争论。律则式观点认为, 地理学应该发现地理领域, 即地面与近地面 (如 Bunge, 1966), 适用于一切时间和地域的地理定律。在 20 世纪 50 年代后期, 这样的定律似乎确实能被发现, 这引起了学者对明显经验规律的极大兴趣, 例如 Zipf 的位序-规模法则和霍顿的河数定律。经济学中的论点促使 Christaller 和 Lösch 预测了关于聚落形态的规律, Thünen 预测了关于土地利用模式的规律。空间相互作用模型预测: 随着距离增大, 交互作用下降。然而这些

规律中有不少被证明只不过是随机过程最可能的结果 (Goodchild, 1992)。Christaller 和其他人预测的规律被证明受噪声影响太大, 仅在噪声最弱的形式下才可观测 (Goodchild, 1969)。

许多美国地理学者反对律则式观点, 更倾向于一个注重记录地域特殊属性的学科, 称之为个殊式视角。当人们发现由律则式视角得出的经验规律不能实现, 对地理现象的解释能力又弱, 并且认为它脱离了现实世界而非致力于改善现实世界, 律则式视角便失去了进一步发展的余地。到 70 年代末, 律则式视角在过去十年内积累的声势已经丧失殆尽。

无论是对地理学还是其他学科, 地图一直是直观表达研究区域的一种重要工具。生物学家早就开始制作栖息地和物种分布地图; 社会学家使用地图来记录城市环境下多样化的人类生活状况; 政治学家们则利用地图来研究选举的动态变化。20 世纪 60 年代首次实现了地图内容的计算机存储, 存储的这些要素可以进行多种操作: 例如印刷之前的地图内容编辑; 面积、距离等地图属性的准确测量以及地球曲面到平面投影转换的详细数学计算。到了 70 年代, 这些功能和其他应用集成起来形成了地理信息系统 (GIS) 的概念, 即一个能够获取、编辑、存储、操作和分析地图要素的集成计算机应用程序。第一个商业 GIS 应用程序出现在 80 年代, 由此踏上商业化之路, 如今 GIS 已成为价值数十亿美元的产业。

GIS 开始发展后的 40 年间, 它的广泛应用已为律则式/个殊式争论, 为地理学科的本质, 为空间和时间在美国科学中的意义做出了新的、深刻的评价。大部分地理学领域的工作都离不开地理信息科学, 即围绕地理信息及其相关技术的科学研究。

空间相关性和空间异质性这两个概念和一些其他附加概念, 目前被公认为地理信息的通用属性 (Anselin, 1989; Goodchild, 2004)。空间相关性是空间统计学和地统计学等学科的基础原理, 对于观测结果, 用最概括的形式可表达为: 相近的事物比距离较远的事物更相似, 这一定义通常被认为是 Tobler 提出的 (Sui, 2004)。空间异质性意味着地球表面表现出不受控制的变化, 因此没有一个地方可以代表整个地球表面。这使得基于地域的技术近期受到了关注。如地理加权回归 (Fotheringham, Brunsdon and Charlton, 2002) 虽然提出了普遍性定律, 但允许定律中的特定参数在不同时空发生变化。

GIS 中的数据库能够获取和表达位置属性, 因而体现了个殊式视角, 或 Varenius 的特殊地理学概念 (Warntz, 1989)。GIS 中的软件负责执行数据分析和建模功能, 相同功能的执行是一致的, 因而可被视为律则式视角的体现, 或 Varenius 的普通地理学概念。在这个意义上, GIS 跨越了律则式/个殊式争论, 将两者统一在单个结构中。

GIS 最早被应用于资源管理领域, 特别是林业中木材生长、开采的管理与规划。目前, GIS 已广泛应用于规划、景观设计和其他学科, 这些学科采用一种干预姿态, 应用科学进行设计、修正, 致力于改善地理领域。近来“地理设计”这个词已经与一种既非律则式也非个殊式, 而是与 20 世纪 70 年代科学地理评论家的积极理念接近的视角联系起来 (Steinitz, 2012)。

为了提高科学界对空间和时间的兴趣, GIS 已经做了许多努力, 使时空框架下的现象研究更为简便 (Liang et al., 2010)。以流行病学为例, 现在发病率专题图的制作、发病率异常区域的确定、该区域及周边地区其他信息的获取已变得容易很多。例如, 地图已经能够建立特定癌症发病率与特定致癌物质接触程度之间的联系。对于研究地表现象的所有学科, 地图 (以及 GIS) 都有可能成为重要的研究工具。然而实质性的怀疑仍然存在。几年前, 作者曾与一位著名的美国经济学家对话, 他认为经纬度形式的地理位置的解释力, 低于任何一对重要社会变量, 例如收入和教育水平。但是这一观点忽视了一个重要因素——纬度和经度本身不用于解释现象 (尽管它们有时也能建立因果关系, 尤其是纬度), 而经纬度计算得到的属性, 比如距离, 更具有解释力。经纬度提供了建立场景的必要关联, 并展示了如何用空间、时间上相近的事物来解释现象。显然, 收入和教育水平的相近不能得出类似的解释性论据。



2.2 新数据源与新问题

制作地图、对地图要素执行多种所需的操作是 GIS 最初的动机。然而，地图的内容通常是观测资料经过高度综合和压缩而成的。例如地形图，就是由数以百万计的地面高程观测点和已识别地物的位置综合而成的。印制的地图对内容的选择也十分挑剔，为了保证地图出版后长期有效，这类地图更注重表达稳定、持久的地表现象，而舍弃暂时的现象 (Goodchild, Fu and Rich, 2007)。

过去几十年的技术发展 (其中许多发生在美国) 为地图的本质和地理信息的可用性带来了深刻的变化。如今，地图已经不是专家们的专属，任何人都能使用现成的数据和软件，花费很少的成本来制作地图，包括实时交通状况图、飞机位置图以及基于智能手机用户当前位置的街景地图等。时间已经有了新的价值，并越来越广泛地与 GIS 和地理信息相集成。然而，要摆脱地图隐喻的影响力 (Goodchild, 1988) 及其对研究和发展的约束还很困难。以汽车为例，它花了许多年来摆脱马与车辆 (无马马车) 的隐喻，新技术的潜力才得到充分认识。相同的模式显然也会影响时间与 GIS 集成。

现在，美国的研究人员可以访问巨量的地理信息，这里面有相当可观的一部分数据经常被称为数字洪水或大数据。飞机、公共汽车、车辆交通和船只的位置接受着持续的监测，在许多情况下能通过互联网查询到。手机开机时持续进行定位跟踪，其位置的不确定性仅为数米。信用卡和借记卡在使用时会产生时空数据，虽然通常仅对银行和执法机构开放。卫星、飞机和无人机搭载的成像传感器每天都产生万亿字节的地理信息数据。路网节点上的地面传感器能够用来监控交通状况，谷歌等公司还使用汽车甚至是自行车来收集街景图像。

由于这些大量新数据的产生，如何将这些数据链接、综合成研究和应用所需的形式成为主要的问题。传统的研究资源，例如美国人口普查，按照严格的程序和规范收集主题数据，采用可复制的流程编制，并与详细的元数据一起记录。正因为如此，多年来基于这些数据的大量研究才切实可行。但是新的数据源通常是不完整的，缺乏严格的抽样设计，元数据与数据质量控制也很少。Elwood、Goodchild 和 Sui (2013) 认为，这个新的大数据时代将会被数据合成和事后质量控制的需求所主导，需要开发一系列新技术。

不同于具备资质的专业人士，由民众开发、提供的地理信息特别适用于这一观点。自发地理信息 (VGI; Goodchild, 2007)，又称众包地理信息，体现在 Open Street Map、Wikimapia 等项目中，同时也是构成地理世界的一个重要知识来源，与传统测绘机构具有同等价值。现在许多公司依靠 VGI 来更新他们的数字地图，美国地质调查局等测绘机构同样很好地利用了市民上传的数据。Goodchild 和 Li (2012) 曾回顾了可用的质量控制策略，日益增长的 VGI 质量研究经常指出，VGI 的精度不劣于那些传统的数据来源，特别是在及时性方面。

前文提及传统地图更强调建筑物、街道和地形等稳定的地理现象，而忽视短暂的现象，比如交通条件。由于地图编制需要该领域的专业人士组成的团队，制作成本昂贵；然而，VGI 利用了民众相对于专业人士分布更为密集这一特点，将可能提供接近实时的适时更新和观测。因此，VGI 在诸如森林大火等灾难时效性信息的创建和传播中已经显得越来越重要 (Goodchild and Glennon, 2010)。利用 twitter 消息内嵌的位置信息或一小部分 tweets 关联的地理定位对 twitter 交通进行的监测都得到了有趣的结果。

3 中国视角

3.1 传统的中国科学

为什么强调实验和逻辑实证主义的现代科学不是起源于中国呢？这一问题困惑了许多人。部分原因是偏重当政者爱好的中国文化的早期成熟 (Gong, 2012a)。中国传统科学的发展重视实用性，并且十分依赖人的经验。中国传统科学的知识传播往往限于师傅与其少量学徒之间，且以口头传授为主。例如，中国传统医学的实践知识通常是家族代代相传的秘密。与西方社会大量出版的知识相比，