

2012-2013

*Report on Advances in
Geography*

中国科学技术协会 主编
中国地理学会 编著

地理学学科发展报告
(地图学与地理信息系统)

地理学研究所

中国科学技术出版社



014033601

P9-12
01
2012-2013

2012—2013

地理学

学科发展报告 (地图学与地理信息系统)

REPORT ON ADVANCES IN GEOGRAPHY

中国科学技术协会 主编
中国地理学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航 C1721814

P9-12

01

2012-2013

014033801

图书在版编目 (CIP) 数据

2012—2013 地理学学科发展报告 (地图学与地理信息系统) / 中国科学技术协会主编; 中国地理学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6542-3

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①地理学—学科发展—研究报告—中国—2012—2013 ②地理信息学—学科发展—研究报告—中国—2012—2013 IV. ①K90-12 ②P208-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 006342 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	左常辰 赵 晖
责任校对	何士如
责任印制	王 沛
装帧设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103354
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	310 千字
印 张	13.25
版 次	2014 年 4 月第 1 版
印 次	2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6542-3/K · 143
定 价	47.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

地理学学科发展报告

(地图学与地理信息系统)

REPORT ON ADVANCES IN GEOGRAPHY

首席科学家 周成虎

顾问组 王家耀 叶嘉安 李德仁 徐冠华 高俊
龚健雅

专家组

组长 周成虎 华一新

成员 (按姓氏笔画排序)

万钢	马廷	王丹	王英杰	兰恒星
艾廷华	刘耀林	华一新	朱庆	汤国安
邬伦	齐清文	冷疏影	吴立新	吴华意
张立强	张国友	李宝林	李满春	杨必胜
杨晓梅	杨崇俊	苏奋振	陆锋	陈静
陈毓芬	周成虎	林琿	贲进	唐新明
龚建华	景宁	游雄	童小华	

学术秘书 马晓熠 杨典华 罗正琴 郭慧泉

序

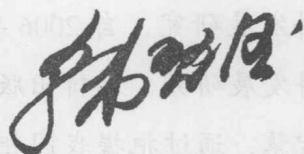
科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。



2014年2月5日

前 言

《2012—2013 地理学学科发展报告(地图学与地理信息系统)》是由中国科协发起、中国地理学会组织编写的第四部地理学学科发展报告。本学科发展报告系统总结了我国近年来“地图学与地理信息系统”学科取得的研究进展和重大突破,通过与国际先进水平比较,明确存在的差距,指出当前学科发展的态势和特点,以及未来3—5年的发展趋势与主要研究方向。

《2012—2013 地理学学科发展报告(地图学与地理信息系统)》项目于2012年正式启动并由中国地理学会组织编写。在项目首席科学家、中国科学院地理科学与资源研究所副所长、中国地理学会常务理事周成虎研究员的支持和号召下,中国地理学会邀请34名权威专家组成专家组,6位院士组成顾问组,下设9个专题小组,共48名专家学者参与本学科发展报告的研讨及撰写。撰稿者都是工作在我国地理学研究第一线的专家及中青年学者。项目启动后,中国地理学会于2012年9月召开第一次研讨会,来自各高校和研究所的专家学者们着重讨论了学科发展报告的学科亮点,确定了专题分组并明确了报告的编写思路。随后的一年内,项目各专题组专家广泛收集和梳理了本学科整体发展趋势和各个专题的最新资料,并全面、深入地调研了大量的国内外文献,经过多次研讨和反复修改,完成专题初稿并交由项目首席科学家进行统稿。2013年9月,中国地理学会召开了第二次学科发展研讨会,专家组集中针对专题内容细节进行评审和讨论,并提出中肯的修改意见。经过两年的努力,再经几易其稿的过程,项目组于2013年11月完成了本报告的编撰工作。

纵观我国地图学与地理信息系统的研究和发展历程,是在国家科技计划和市场需求的双重动力推动和影响下成长起来的。在国家自然科学基金委员会、中国科学院、教育部等部门的支持下,我国地理信息科学的基础理论研究取得了一定发展,并取得了原创性成果;在科技部、发改委、中国科学院等部门的支持下,我国自主知识产权的地理信息系统基础软件发展良好,国产化软件平台技术不断提高,品牌GIS软件得到市场的认同;在各行业和部门的推动和带动下,我国地理信息系统的应用不断深化,地理信息产业蓬勃发展;全国GIS的高等教育规模大、学科面广,为科学研究和产业发展提供了一大批专业人才。

地图学与地理信息系统是在地理学学科发展过程中不断交叉融合与渗透的两大热点。在本学科发展报告中,将二者视为一个学科的两个方面,进行紧密结合并加以深层探讨。地图学与地理信息系统是一门获取、处理和分析地理空间信息的科学技术领域,是跨越了地理科学、测绘科学、信息科学等学科领域的交叉学科。本学报发展报告重点介绍了近两年来我国地图学与地理信息系统的研究进展与整体状况,部分内容概述了近5

年的进展。

在对地图学和地理信息系统学科的研究成果和研究现状的调查中，我们也认识到在学术研究和发表高质量的学术论文方面，与国际先进水平相比还存在一定的差距，国家的基础研究的科研考核体系也有待进一步改进。为了推动地图学与地理信息系统的创新和发展，仍需要继续对核心基础理论进行长期研究，以获得重大突破。

最后，我们由衷地向参与本次学科发展报告编写的诸多专家学者和中国科协表示感谢。感谢各方人士长期以来对地理学学科发展和中国地理学会各方面工作的大力支持和无私奉献；感谢各位院士和专家学者在完成繁重的科研项目和教学任务的同时，投入大量精力和心血，高质量地完成了本学科发展报告，为我国地图学与地理信息系统的创新发展营造了良好的社会基础，为推动我国地理学学科发展做出了重要贡献。

中国地理学会

2013年11月

目 录

序 韩启德

前言 中国地理学会

综合报告

地图学与地理信息系统学科发展研究 3

一、引言 3

二、近年的最新研究进展 5

三、国内外研究进展比较 30

四、发展趋势及展望 34

参考文献 39

专题报告

地理空间认知与表达进展研究 45

地理信息获取与整合近五年进展研究 62

地理信息建模与分析进展研究 75

地学计算进展研究 95

移动 GIS 与位置服务进展研究 106

地理信息共享与服务进展研究 122

地理信息可视化与虚拟地理环境进展研究 145

地图学与国家地图集进展与趋势研究 154

我国 GIS 专业高等教育现状调查研究 171

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Recent Progress and Outlook of Cartography and GIS	185
--	-----

Reports on Special Topics

Progress of Geospatial Cognition and Geospatial Expression	189
Progress of Geographic Information Acquisition and Integration	189
Progress of Geographical Information Modeling and Analysis	190
Progress of Geocomputation	191
Progress of Mobile Geographical Information	
Systems and Location Based Services	192
Progress of Geospatial Data Sharing and Services	192
Development of Geographic Information Visualization and	
Virtual Geographic Environments	193
Recent Achievements and Development Trends of Cartography and	
National Atlas Compiling in China	194
GIS Professionals Survey for Higher Education Situation in China	194
索引	196

综合报告

地图学与地理信息系统

学科发展研究

一、引言

地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 是一门获取、处理和分析地理空间信息的科学技术领域。地理信息系统萌芽于 20 世纪 60 年代初, 加拿大的 Roger F. Tomlinson 和美国的 Duane F. Marble 教授在不同学科领域, 从不同角度提出了发展地理信息系统的思想。1962 年, Tomlinson 提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用地图数据, 并建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息系统 (CGIS), 以实现专题地图的叠加、面积量算等。当时, 来自 IBM 以及 ARDA 的大批工作人员参与了 CGIS 的建立。1972 年 CGIS 全面投入运行与使用, 成为世界上第一个业务化的 GIS 系统。CGIS 在技术上取得了重大突破, 如地图数据的扫描输入、栅格—矢量数据转换; 在系统设计上, 提出空间分块、专题分层的数据结构, 空间数据与属性数据相联结等思想。这对当今 GIS 的发展都有重要的影响。与此同时, Marble 在美国西北大学研究利用数字计算机研制数据软件系统, 以支持大规模城市交通研究, 并提出建立 GIS 软件系统的思想。同期, 计算机辅助制图系统的研究开始发展起来, 并对 GIS 发展产生深刻的影响。来自美国西北技术研究所的 Howard Fisher 教授在福特基金会的资助下, 建立了哈佛计算机图形与空间分析实验室, 开发了 SYMAP 和 ODYSSEY 软件包。SYMAP 对当今栅格 GIS 系统有着一定影响, ODYSSEY 被认为是当代矢量 GIS 的原型。其他国家也开展了 GIS 或相关技术的研究, 如英国的 David P Bickmore 在英国自然环境研究会的资助下, 成立了实验制图部, 从事计算机制图与 GIS 研究。回顾近 50 年 GIS 的发展, 其经历了 20 世纪 60 年代的启蒙期、70 年代的巩固发展、80 年代的应用发展、90 年代的普及化推广和 21 世纪第一个 10 年的地理信息服务发展的不同阶段。

我国地理信息系统发轫于 20 世纪 80 年代初期。中国科学院遥感应用研究所在 1980 年成立的地理环境信息研究室, 揭开了我国地理信息系统研究与应用的序幕; 1983 年, 陈述彭先生发表的《地理信息系统的探索与试验》一文, 提出了地理信息系统的 3 个基本

构成——地理基础、标准化和数字化、多维结构，进而论述了地理信息系统的3个基本特征；1984年颁布的《资源与环境国家信息系统规范报告》，被认为是我国地理信息系统及其标准化的纲领；1985年筹建的资源与环境信息系统国家重点实验室标志着我国地理信息系统的发展全面起步。30多年来，我国地理信息系统取得了长足发展：地理信息表达与分析、地表过程模拟与系统预测等基础研究不断深化，以SuperMap、MapGIS、Geobean等为代表的国产软件技术不断进步，地理信息系统在资源环境、灾害防御、卫生健康、公共安全等领域的应用日益普及。

在GIS的发展过程中，GIS的内涵不断充实，外延不断拓展。目前，对其认识可归纳三个相互独立，又相互关联的观点：第一种是地图观点，强调地理信息系统作为信息载体与传播媒介的地图功能，认为地理信息系统是一种地图数据处理与显示系统。在此，每个地理数据集可看成是一张地图，通过地图代数实现数据的操作与运算，其结果仍然表现为一张具有新内容的地图。测绘及各种专题地图部门非常重视GIS的快速生产高质量地图的能力；第二种观点称为数据库观点，多为具有计算机科学背景的用户所接纳，强调数据库系统在GIS中的重要地位，认为一个完整的数据库管理系统是任何一个成功的GIS系统不可缺少的部分；第三种观点则是分析工具观点，强调GIS的空间分析与模型分析功能，认为地理信息系统是一种空间信息科学。这种观点普遍地为GIS界所接受，并认为这是区分GIS与其他地理数据自动化处理系统的唯一特征。

从整个地理学来看，可以说地理信息系统是以一种新的思想和新的技术手段来解决地理学问题，是地理学研究方法上一次质的飞跃。齐清文较为系统地开展了地理信息科学方法论的研究，他认为：作为地理学方法论体系的分支之一，地理信息科学方法论有着重要的横断型学术地位和广泛的应用需求。地理信息科学方法论的核心由地理信息本体论、地理信息的科学方法和地理信息技术方法3部分组成。其中地理信息本体论在总体上继承了科学哲学中的自然观的思路，反映地理信息的特征、本质、信息机理、功能等，同时又在认识论和方法论的指导下阐述了地理信息的认识论和方法论本质；地理信息科学方法是以系统论、信息化、控制论、耗散结构论、协同论、超循环理论、分形与混沌理论、虚拟现实等信息系统科学理论为指导，在以地理信息为对象的研究活动中总结出来的信息系统整体思维方式，分为图形—图像思维方法、数学模型方法、地学信息图谱方法、智能分析与计算方法、模拟和仿真方法以及系统集成方法等6类；地理信息的技术方法是以改变地理环境中的物质和能量活动存储场所和形式，满足人类的勘探、调查、研究和改造自然环境的需求为目标，依靠地理环境规律和地理研究对象的物质、能量和信息，来创造、控制、应用和改造人工自然系统的手段和方法，包括地理信息采集和监测技术、地理信息管理技术、地理信息处理分析和模拟技术、地理信息表达技术、地理信息服务技术、地理信息网格技术以及地理信息“5S”集成技术等7类（齐清文，2011）。

当今，地理信息科学、地理信息系统技术和地理信息服务呈现一体化发展的综合趋势，地理信息系统的技术不断创新，地理信息科学的理论逐步完善，地理信息服务深化普及，一个地理信息的世界正在形成。近5年来，特别是最近两年，智慧地球、物联网、云

计算等新思想、新方法、新技术不断涌现,极大地促进了地理信息科学的发展,也对 GIS 的发展提出了新的挑战。

二、近年的最新研究进展

我国地理信息系统的研究和发展是在国家科技计划和市场需求双重动力的推动下发展起来的。在国家自然科学基金委员会、中国科学院、教育部等部门的支持下,我国地理信息科学的基础理论研究取得了一定发展,在地理空间采样与内插、地理格网系统分析等方面,取得了原创性成果;在科技部、发改委、中国科学院等部门的支持下,我国自主知识产权的地理信息系统基础软件发展良好,国产化软件平台技术不断提高,品牌 GIS 软件得到市场的认同;在各行业和部门的推动和带动下,我国地理信息系统的应用不断深化,地理信息产业蓬勃发展。

(一) 地理信息表达与组织管理

1. 地理信息表达与数据模型

地理信息的表达与数据模型是地理信息系统的基础研究问题。经典的欧氏空间点一线一面表达和数据模型已趋于成熟,时空动态、非欧氏空间几何表达成为研究前沿。胡最等从地理学语言研究的角度,阐述了 GIS 作为新一代地理学语言的本质特征、结构、功能以及内容体系,明确了其在地理学研究中的地位与作用,并从数字技术的影响、学科范式的转变、发展导向和地理表达能力 4 个方面对 GIS 语言的研究作了展望。这方面的研究在继承地图学作为地理学第二语言的传统基础上,应进一步深化,使其成为地理学甚至整个地球科学研究的一种基础方法与工具(胡最等,2012)。

三维空间数据模型是三维 GIS 的基础,也是现阶段 GIS 研究的重点和热点问题之一。高效、一体化地组织与管理复杂和不均匀分布的地上下三维空间数据成为亟需突破的难点之一。目前的三维空间数据模型大都面向特定的专业领域,如地质模型、矿山模型、地表景观模型、地形数据库等,不能满足地上下三维空间信息的语义表达、动态更新与一致性维护以及综合分析的需要。利用大型关系数据库管理系统进行三维空间数据一体化管理已成为发展方向。刘刚等提出了一种兼顾空间关系与语义关系的地上下一体化的三维空间数据库模型,设计了相应的概念模型、逻辑模型和物理模型,并针对复杂地质体的特点,给出了多尺度地下空间目标概念模型和多层次三维空间索引机制。该模型系统支持文件系统与数据库管理系统及其并行管理系统等多种存储环境,为三维实时可视化与空间分析等应用提供高效数据支持(刘刚等,2011)。

在一般三维空间数据模型研究的基础上,袁林旺等将共形几何代数(CGA)引入 GIS 三维空间数据模型研究,利用共形几何代数多维表达的统一性、几何意义的明确性及运算

的坐标无关性等优势,构建了基于其上的 GIS 三维空间数据模型,有效解决了空间数据模型多维表达与分析框架不统一的问题,形成了新的思路。通过建立不同维度地理对象与 Clifford 代数基本要素(Blades)的映射,实现代数空间中不同维度、不同类型地理对象统一表达与运算;通过对内积、外积几何意义解析,可以给出点、点对、圆、直线、平面和球 6 类基本几何单形的内积和外积表达;利用多重向量实现不同维度、不同类型几何形体的统一表达,构建基于 CGA 的三维 GIS 空间数据模型的整体架构;根据面向对象的思想,可以构建基于 CGA 的三维 GIS 空间数据模型的存储结构及数据编辑、更新机制等(袁林旺等,2010)。

地理信息表达模型不仅包含了通用的基础数据模型,还有许多针对某一应用领域而构建的专业应用基础空间数据模型。当前研究较多是面向导航应用的车辆导航系统的实现需要多尺度路网数据的支持,以加快地图显示速度,提高大范围路径规划效率。导航数据交换标准的国际标准化组织制定的地理数据文件(GDF)虽然从功能上将路网数据分为几何描述层(用于地图显示)、简单要素层(用于路径导引)和复杂要素层(用于路径规划),但还缺乏针对单一功能(如路径规划)的细节层次结构。针对此,郑年波和陆锋等(2011、2010)根据不同功能对导航数据内容与尺度的要求,提出了一种支持高性能车辆导航的动态多尺度路网数据模型。该模型以车行道作为拓扑数据建模的基本单元,以完整道路作为几何数据建模的基本单元,在保证道路语义完整、减少数据冗余的同时,还充分考虑了交通因素的车道相关性;实现了路网拓扑/几何的分离与多尺度表达,能满足不同导航功能对路网数据内容、结构以及尺度的不同要求;实现了交通状态、交通事件、统计行程时间等动态信息与路网的集成表达,能有效地支持出行路径的动态规划。

2. 地理信息组织与管理

有效地组织和管理海量、非结构化的地理空间信息是 GIS 研究的基础性方向,包括空间数据组织模型、属性数据与空间数据一体化管理、高效的空間索引等方面。传统的属性数据与空间数据分离管理、通过关键词连接的方法,是最为常用的技术方法,并已在现有的 GIS 软件系统中得到较为成熟的应用。最新的数据库研究工作集中在底层数据模型的空间拓展和新型的空间数据库两方面。陈荣国等在系统解析关系数据库管理系统基础上,提出了在关系空间数据库内核中拓展空间数据模型的方式,解决了高可信空间数据库系统空间类型定义、空间数据存储、空间索引、空间算子、空间事务、空间查询优化、空间分布式处理以及空间安全访问 8 大关键核心技术问题,成功研制了我国首款高安全级地理空间数据库管理系统 BeyonDB。

空间数据索引是空间数据管理的核心技术。针对现有空间索引剖分结构复杂、节点重叠率高及对多维实体对象检索及运算支撑较弱等问题,俞肇元等提出了一种边界约束的非相交球实体对象多维统一空间索引。利用球的几何代数外积表达,构建了基于求交算子的直线—平面和直线—球面的相交判定与交点提取方法和多维实体对象体元化剖分方法及

包含边界约束的非相交离散球实体填充算法,发展了最小外包球生成与更新的迭代算法与包含球体积修正的批量 Neural Gas 层次聚类算法,在尽可能保证球树各分支平衡性的前提下,实现了索引层次体系的稳健构建。利用几何代数下球对象间几何关系计算的内蕴性与参数更新的动态性,实现了索引结构的动态生成与更新(俞肇元等,2012)。

有序而高效地存储与管理海量空间数据,特别是对地观测数据,形成统一的存储组织标准(基准、尺度、时态、语义),已经成为地理信息科学领域研究与应用重点关心的问题之一(吕雪峰等,2012)。针对智慧城市建设的需要,周东波等提出了一种高效的磁盘、内存、显存三级数据存储粒度与结构一致的数据组织方法:根据城市空间对象数据内容,建立了层次嵌套、多类型混合的空间索引结构,以空间索引节点统一磁盘存储、内存场景管理与绘制缓存的基本操作单元;以绘制缓存对象的紧凑存储结构为基础,统一内存场景管理对象与磁盘存储对象的数据块结构,并将数据布局方法扩展到对象粒度进行磁盘存储组织。该方法的 I/O 调用次数少,数据调度效率高,为大规模三维城市模型的实时绘制奠定了基础(周东波等,2011)。

针对大规模三维城市建模与数据库协同应用,朱庆等提出顾及语义的三维空间数据库模型,设计实现了一种高效的三维 GIS 数据库引擎,支持基于 Oracle 11g 的多模式数据库管理,在多层次三维空间索引、多级缓存、多线程调度以及异步通信传输等关键技术方面取得了重要进展,并用武汉市三维城市模型数据管理中得到应用检验(朱庆等,2011)。

自发地理信息是随着地球信息科学在新地理信息时代中发展出现的新概念,随着新一代互联网和无线网技术的发展而产生,具有海量、无序、非规范性等特点的自发地理信息的组织管理成为新出现的研究问题。李德仁等在分析了自发地理信息(VGI)数据的来源、分类、特点与管理要求的基础上,研究了以高效处理绘图查询与数据更新为目标的 VGI 图形数据管理问题,提出了动态线综合二叉树与缩放四叉树的设计思想,较好地解决了 VGI 图形数据管理中的难点问题(李德仁等,2010)。

全球离散格网模型(DGG)是备受关注的研究问题之一,涉及经纬度格网模型、自适应格网模型和正多面体格网模型,不同类型球面离散格网模型的几何结构、单元特征和应用模式等均有差别,相应的编码、精度、应用、误差、整合和定位等各不相同(赵学胜等,2012)。童晓冲等(2013)针对全球六边形格网,采用直接法和投影法相结合的方式,利用数值投影变换理论,建立平面与球面的对应关系,构建了几何属性更加均匀的全球六边形离散格网系统。与现有的基于 Snyder 等积投影建立的全球格网相比,该格网单元的平均度更优,运算速度大约是 Snyder 投影的 2.5 ~ 3 倍。吴立新等(2012)提出了地球系统空间格网(ESSG)的概念和构建普适性 ESSG 的 8 项基本要求,并基于球体退化八叉树格网(SDOG)设计并实现了一种满足 8 项基本要求的 SDOG-ESSG 模型。

针对全球六边形格网系统的索引问题,贲进、童晓冲等从集合论的角度描述基于正八面体的、孔径为 4 的全球六边形格网系统,通过对偶、中心剖分两项基本操作建立不同层次六边形格网集合与三角形格网集合之间的递推、包含和层次关系,通过若干定理解决格网索引的核心问题,如单元笛卡儿坐标的计算和邻近、子、父单元的判定,从而构建了一