

UCGIS 地理信息科学与技术知识体系 及对我国 GIS 研究的启示

杜培军¹, 陈云浩², 张海荣¹

(1. 中国矿业大学地理信息与遥感科学系, 江苏 徐州 221008; 2. 北京师范大学资源学院, 北京 100875)

摘要:为推进我国地理信息科学与技术发展, 借鉴 UCGIS 于 2006 年提出的地理信息科学与技术知识体系 (Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge), 分析其对我国 GIS 领域研究的若干启示, 包括构建科学合理的地理信息科学与技术学科体系、加强地理空间认知与概念建模的研究、多学科交叉推进地理计算理论与应用研究、推进地理信息科学与技术的相关软科学研究。

关键词:地理信息科学与技术; 知识体系; 地理计算; 空间分析; 地理认知

中图分类号: P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 0504(2007)03 - 0006 - 05

0 引言

自 20 世纪 60 年代 Roger F. Tomlison 提出地理信息系统 (GIS) 概念以来, GIS 在全球得到了快速发展, 各国政府、企业、学术界和社会对 GIS 的认可度不断增强。《Nature》杂志 2004 年 1 月刊登的“Mapping Opportunities”将以遥感与 GIS 为基础的 Geotechnology 和纳米技术、生物技术作为最新出现且最具发展前景的三大技术, 高度评价 GIS 的发展前景^[1]。尽管 GIS 研究取得了丰富的成果, 但仍存在如下不足: 1) 围绕 GIS 的基础研究系统性、集成性不够, 缺乏一个系统、全面的体系框架和研究指南; 2) 关于 GIS 的理论与方法仍有诸多问题需要解决; 3) 作为一门快速发展的学科, GIS 面临的新问题、新方法不断出现, 需要与相关学科交叉进行跨学科的综合研究。

在这一背景下, 大学地理信息科学联盟 (University Consortium of Geographical Information Science, UCGIS) 于 2006 年提出地理信息科学与技术知识体系 (Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge)。这一知识体系对地理信息科学研究、技术开发、产业促进与人才培养具有重要的指导意义, 对于我国 GIS 的发展也极具参考价值^[2]。本文在分析地理信息科学与技术知识体系主要内容的基础上, 结合我国 GIS 研究现状与面临的挑战, 重点探讨这一知识体系对我国 GIS 研究的启示与参考意义, 以期促进我国地理信息科学与技

术的研究。

1 地理信息科学与技术知识体系简介

UCGIS 将地理信息科学与技术知识体系划分为分析方法 (Analytical Methods, AM)、概念基础 (Conceptual Foundations, CF)、地图学与可视化 (Cartography and Visualization, CV)、设计方面 (Design Aspects, DA)、数据建模 (Data Modeling, DM)、数据操作 (Data Manipulation, DN)、地理计算 (Geocomputation, GC)、地理空间数据 (Geospatial Data, GD)、地理信息科学技术与社会 (GIS & T and Society, GS)、组织与机构方面 (Organizational & Institutional Aspect) 十大模块 (图 1)^[2]。对十大模块进一步分析, 可归纳为地理空间与空间数据 (包括概念基础、地理空间数据)、空间数据管理与处理 (数据建模、数据操作)、空间分析与地理计算 (分析方法、地理计算)、可视化与输出 (地图学与可视化)、设计与应用 (设计问题)、GIS 与社会及组织机构 (地理信息科学技术与社会、组织和机构)。

可以看出, 以上知识体系的划分既涵盖了传统 GIS 研究的基本内容, 同时密切关注相关方向的最新研究发展, 并面向地理信息产业化发展与社会化应用, 强调 GIS 与社会以及相关的组织机构问题。这一体系充分体现了当前 GIS 的发展特点与趋势, 对于开展 GIS 理论、方法、工程、应用方面的研究具有重要的参考价值, 对于推进 GIS 教育与人才培养也具有重要的指导意义。

收稿日期: 2006-12-08; 修订日期: 2007-01-30

基金项目: 江苏省自然科学基金创新人才青年学术带头人项目 (BK2006505); 中国矿业大学科技基金项目 (2005B018); 中国矿业大学精品课程建设基金项目

作者简介: 杜培军 (1975-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事遥感信息工程、地理信息科学领域的教学与科研。E-mail: dupjrs@126.com
<http://www.ucgis.org/>

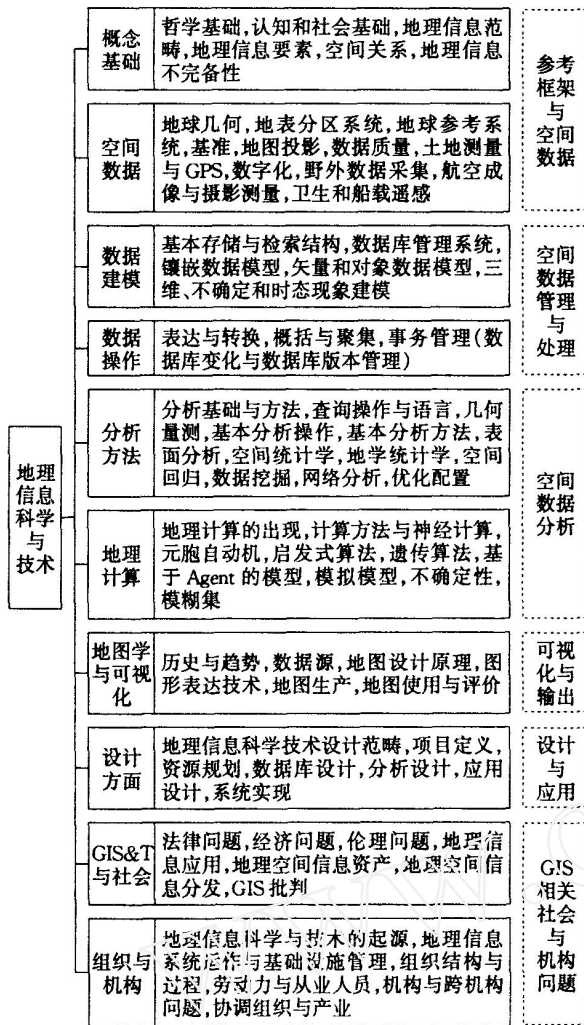


图 1 地理信息科学与技术知识体系
Fig.1 Structure of geographic information science and technology body of knowledge

2 对我国 GIS 科学研究的若干启示

2.1 我国 GIS 研究进展

20 世纪 70 年代末陈述彭院士提出在我国开展 GIS 研究,经过 30 余年的努力,我国 GIS 研究得到了快速发展。国内 GIS 领域的研究主要集中在以下方面^[3-9]:1)关于空间数据的研究,包括空间数据基准、空间数据采集、空间数据标准、空间数据质量等;2)空间数据管理研究,包括空间数据模型、空间数据库、空间数据检索等;3)空间数据处理与分析研究,包括空间运算、叠加分析、缓冲区分析、网络分析、地形分析等;4)空间数据输出与可视化研究,包括地理信息可视化、专题制图、影像地图制图、三维地形建模、虚拟地理环境等;5)GIS 软件开发与应用实践,包括 GIS 软件工程、应用型 GIS 设计与开发、GIS 专题应用等;6)GIS 与其他学科理论、技术交叉集成和地理信息新技术的研究,如网络 GIS、组件式 GIS、移

动 GIS、地理信息共享等。

总体看,我国 GIS 研究具有以下特点:1)GIS 基础问题研究日益深入,一系列基础理论问题(如空间数据不确定性、尺度、地理空间基准、空间统计学、地理空间分析、空间数据挖掘等)得到重视,逐步构建相关理论体系;2)GIS 软件与应用系统开发迅速发展,现代软件技术与 GIS 全面结合,涌现了 Map GIS、GeoStar、SuperMap 等桌面软件和面向不同领域的应用系统,软件产品功能强大并趋于系列化;3)应用研究与工程实践持续推进,GIS 应用方法及应用领域持续拓展,水平不断提高,效益日益增加;4)形成了多学科、多视角研究 GIS 的格局,一方面基于不同的学科背景研究与应用 GIS 的人员不断增加,另一方面 GIS 与相关学科理论、方法与技术不断交叉集成,形成新的研究方向;5)与 GIS 相关的软科学问题逐步受到重视,如产业政策、项目管理等;6)GIS 教育快速发展,形成了多层次的教育体系与人才培养系统,进一步促进了 GIS 研究的发展。上述特点体现了国际 GIS 研究的发展趋势。如果将 UCGIS 的地理信息科学与技术知识体系同我国 GIS 研究相结合,通过引进、借鉴、吸收和学习,可以推进相关理论研究、技术创新、应用实施和产业化进程。

2.2 对构建学科体系的启示

UCGIS 这一知识体系的标题“地理信息科学与技术”(GIS & T)在从“System”到“Science”拓展的同时,进一步强调了“Science”和“Technology”两方面,涵盖范畴更全面,更能体现 GIS 研究和应用的特点。

Goodchild 于 1990 年第四届空间数据处理国际会议(the 4th International Symposium on Spatial Data Handling)题为“空间信息科学(Spatial Information Science)”的演讲中提出将地理信息系统拓展至地理信息科学,1992 年发表于《International Journal of Geographic Information System》(IJGIS)第 1 期的文章题目为“地理信息科学(Geographic Information Science)”^[10]。此后,国际学术组织开展了大量研究,对地理信息系统、地理信息科学、地理信息研究、地理信息服务等论题展开深入探讨^[11]。UCGIS 在 1996 年确定地理信息科学若干优先研究领域的基础上,于 2002 年再次推出了新的研究议程白皮书,从长期研究挑战和短期优先研究领域两方面规划了主要研究论题。长期研究挑战涉及的论题包括:空间本体、地理表达、空间数据获取与集成、尺度、空间认知、时空分析与建模、地理信息不确定性、可视化、

<http://www.ucgis.org/priorities/research/2002researchagenda.htm>

GIS与社会、地理信息工程。近期优先研究领域则包括:GIS与决策、基于位置的服务、地理信息相关管制与伦理问题、地理空间语义网络、遥感数据信息与GIS的集成、地理信息资源管理、应急数据获取与分析、分级与不确定边界、地理信息安全、地理空间数据融合、空间数据基础设施的机构问题、地理信息协作与共享、地理计算、全球化表达与建模、空间化、普适计算、地理数据挖掘与知识发现、动态建模。从最初的地理信息系统到1996年的优先研究领域和2002年的研究规划,再到2006年新的地理信息科学与技术知识体系,在保持连续性与不断拓展范畴的基础上,充分体现了地理信息科学的快速发展。

我国对地理信息科学的研究也高度重视,如间国年等将地理信息科学定义为研究地理信息产生、运动和转化规律的一门交叉学科,是以广义GIS为研究对象的一门学科,是自然科学、技术科学、社会科学、思维科学之间的交叉学科,其主要研究内容包括:地理信息产生、运动过程;地理信息运动转化过程;地理信息获取与处理技术;地理信息技术集成理论与方法;地理信息科学的应用研究^[12]。李德仁指出21世纪GIS研究的一大发展趋势就是建立地理信息科学的理论体系^[6]。尽管国内在相关领域的研究较多,但从整体、宏观的视角对学科名称、体系结构、研究范畴、知识模块等的界定较少,目前一些提法偏于宏观。另一方面,目前“地理信息系统”、“地理信息科学”、“地理信息技术”、“地理信息工程”等术语普遍得到应用,而各术语的含义界定往往不太清晰。如偏重于技术性、工具性定义的“地理信息系统”,作为本科专业名称或学科名称往往容易引发歧义,不能很好地体现专业内涵与知识体系。尽管部分著作从学科、技术系统两个角度对GIS进行定义^[8],但在实践中往往难以明确区分。如果能够界定每一术语的概念范畴、主要内容,对于学科专业的规范化具有重要意义,不仅能够促进相关研究的发展,而且将很好地指导高校GIS专业建设与人才培养。

目前许多机构试图对不同术语的范畴进行界定,UCGIS这一知识体系体现了这方面的进展。如英国东伦敦大学地理信息研究中心将研究内容界定为地理信息科学(Geo-Information Science)、地理信息系统(Geo-Information Systems)和地理信息工程(Geo-Information Engineering);指出地理信息科学主要关注空间数据处理和分析中的通用性问题,如数据结构、可视化、空间分析、空间数据质量与不确定性传播等,地理信息系统主要关注特定软件在不同领域的应用,地理信息工程则关注特定空间信息解决方案的设计

和具体实现。据笔者从中国教育与科研计算机网站高考专业选择咨询中检索,2006年我国有129所高校招收GIS专业本科生,此外有许多从事GIS研究与应用、GIS软件开发与产业化的科研机构和企业。作为一个GIS大国,我国却在学科体系与知识模块等方面缺乏科学权威的规范,显然不能满足学科发展需求。因此,根据当前国内外对GIS相关术语的定义与范畴界定,结合我国GIS研究、教育、应用与产业化发展的特点,客观、系统、全面地确定学科名称、研究领域和主攻方向,构建系统、全面的学科知识体系非常必要。立足我国研究基础,跟踪国际研究进展,确定学科专业体系结构,合理规划知识体系,是我国GIS界面临的严峻挑战,也是UCGIS知识体系从宏观上给我们的总体启示。

2.3 加强地理空间认知与概念描述的研究

地理空间认知与概念模型建立是构建数字化地理空间、建立GIS的基础。目前普遍采用的观点是从对象模型、场模型的角度建立地理空间概念模型,作为空间数据模型的基础。随着认知科学的发展,研究者逐渐认识到需要拓展地理空间认知的方式和手段,构建更有效的概念模型。UCGIS知识体系在这方面提出一些新的观点可供借鉴。

在概念基础方面,首先强调哲学基础的研究,涵盖本体论、认识论和哲学透视3方面内容,进而提出认知与社会基础,包括地理现象感知与认知、从概念到数据、GIS的地理基础、地点和景观、常识地理学、文化影响和政治影响。在对地理空间概念模型建立的基础方面,UCGIS提出了新的研究课题。

近年来,本体论(ontology)在地学研究中逐步得到了应用,并有学者提出了“地学本体”和“地理本体”等概念^[13]。本体有望在空间认知与描述、空间信息集成与共享、空间语义网络构建等方面发挥重要作用。另一方面,目前国内在地理空间认知方面还需要加强其与认知科学、逻辑学、心理学、人工智能、机器学习等的交叉与结合。

2.4 拓展空间分析研究的范畴

早期空间分析研究侧重于GIS中的空间分析,如缓冲区分析、叠加分析、网络分析、地形分析等。王劲峰等提出拓展空间分析的理论体系,并在这一领域进行了大量研究,提出地理空间信息分析的理论体系^[14]。从UCGIS对空间分析方法的内容界定看,拓展空间分析、特别是推进空间分析模型的研究仍是今后研究的重点。分析方法的主要内容包括:理论和分

析起源、查询操作与语言、几何量测、基本分析操作、基本分析方法、表面分析、空间统计学、地学统计学、空间回归与空间计量经济学、数据挖掘、网络分析、优化与配置建模。其中的理论和分析起源、查询操作与语言、几何量测、基本分析操作(包括缓冲区分析、叠置分析、邻域分析、地图算术)、网络分析是目前 GIS 空间分析中广泛研究的内容,地学统计学、空间优化与配置则是近年来的研究热点。另外几方面的内容需要在空间分析的研究中予以高度重视。

首先,UCGIS 在几何量测和基本分析操作的基础上进一步提出了基本分析方法(basic analytical methods),其内容包括:点格局分析、核方法和密度估计、空间聚类分析、空间相互作用、多维属性分析、地图建模、多准则评价和空间过程模型,目前国内这方面的研究还不够系统,有待全面推进。其次,应重视空间统计学、空间回归与计量经济学模型与地理信息分析的综合。目前这些方面的研究主要集中在自然地理学、经济地理学范畴,如《现代地理学中的数学方法》^[15]、《理论经济地理学》^[16]等,而在 GIS 分析方法的集成与应用方面明显落后。推进这一领域的研究也是 GIS 在资源环境与城乡规划、决策优化等领域应用水平深化的必然要求。

我国在空间数据挖掘方面的研究处于国际领先水平,自 1994 年李德仁提出从 GIS 数据库中发现知识后,通过深入研究陆续出版了《空间数据挖掘与知识发现》^[17]、《空间数据挖掘的理论与应用》^[18]等著作。UCGIS 将数据挖掘作为空间数据分析方法中的重要内容,包括大型数据库面临的问题、数据挖掘方法、知识发现、模型识别与匹配等问题。相应而言,UCGIS 在这方面论述的深度和广度尚有欠缺。因此,需要继续推进空间数据挖掘与知识发现方面的研究,巩固我国在该领域的优势地位。

2.5 全面推进地理计算的研究

地理计算是当前国际研究的热点,我国学者较早引入这一概念并开展了相关研究^[19,20],但从总体看,研究仍处于起步阶段。此前国际上关于地理计算的内容长期缺乏较为系统的归纳。UCGIS 知识体系中首次较全面地给出地理计算的研究内容:1) 地理计算的出现:起因和发展趋势;2) 计算问题与神经计算:高性能计算、计算智能、非线性关系与非高斯分布、模式识别、地理空间数据分类、多层前向神经网络、空间尺度算法、规则学习、神经网络规划;3) 元胞自动机:CA 模型结构、CA 转换规则、CA 模拟与校正、CA 与其他地理计算方法集成、典型 CA 应用;4) 启发式算法:贪心启发算法、交互启发法、有概率

的交互启发法、模拟退火、拉格朗日松弛法;5) 遗传算法:遗传算法与全局求解、遗传算法与人工基因组;6) 基于 Agent 的模型:基于 Agent 模型的结构、基于 Agent 模型的规范、自适应 Agent、Agent 行为的微观模拟与校正、基于 Agent 模型的编码;7) 模拟建模;8) 不确定性:不确定性概念模型、误差、尺度和分区问题、地理空间建模中的误差传播理论以及现势性、数据源和尺度问题;9) 模糊集:模糊逻辑、模糊度量、模糊集合运算、标准化、加权规划。

可以看出,地理计算的主要内容实际上是对当前地理信息科学领域关注的高性能计算、非线性科学、人工智能、机器学习、计算智能、模糊数学、进化计算等的归纳集成,国内学者已在这方面开展了相关研究。如何在地理计算的框架下开展研究并取得更多的成果,则是今后研究的任务。当然,这一知识体系还存在值得商榷之处。首先,不确定性这一部分似乎与主题关联较弱,而归入其他模块如“分析方法”或“地理空间数据”可能更为合理。另一方面,对于一些新的机器学习和计算智能方法,如支持向量机(Support Vector Machine, SVM)、人工免疫系统(Artificial Immune System, AIS)尚未予以归纳,特别是未将网格计算(grid computing)及空间信息网格纳入其中。因此,地理计算的体系范畴还将随着相关领域科学技术的发展而不断拓展和完善。

2.6 推进 GIS 相关软科学研究

目前我国对 GIS 的研究主要集中在理论、方法、技术与应用等方面,对相关软科学问题的研究较少,仅在近几年才开始进行地理信息产业政策、公众参与 GIS、地理信息工程管理等方面的研究。从 UCGIS 知识体系也可以看出,随着地理信息产业的发展,GIS 将成为社会化、大众化的工具,因此对相关的法律问题、经济问题、伦理问题、产业政策问题、组织机构、劳动力与从业人员、协调机制、管理策略等开展研究,对地理信息科学与技术的发展具有重要意义。因此,我国应加强对这一领域的研究,推进社会化、大众化背景下 GIS 相关软科学问题的研究。

2.7 加强 GIS 专业建设与人才培养的规范化

与 GIS 理论研究、技术开发及工程实践的快速发展相对应,我国 GIS 专业教育与人才培养发展很快。例如,2006 年招收 GIS 本科专业的高校达 129 所,近 40 所高校与研究机构设置地图制图学与地理信息工程硕士点,近 70 所高校与研究机构设置地图学与 GIS 硕士点,20 多所高校与研究机构设置地图制图学与地理信息工程或地图学与 GIS 博士点。需重视的是,尽管专业与学科点数量很多,但专

业教育水平与人才培养质量明显不能满足需求,最突出的问题就是 GIS 专业毕业生的就业问题。为了培养能够满足市场需求的 GIS 专业人才,必须借鉴 UCGIS 的思路与策略,制订相关的指导性、规范性文件,扎实推进 2003 年首届 GIS 专业教育研讨会上提出的各项建议,实现 GIS 专业建设与人才培养的规范化,加强教育质量和专业水平评估,推进资源共享,实施产学研共建。

3 结语

GIS 的快速发展以及新问题的不断出现,对相关理论方法提出了更多的要求。推进 GIS 科学研究,对构建学科体系、创新应用方法、推广应用工程、促进产业发展、推进社会化应用具有重要意义。UCGIS 面向学科发展趋势与科学技术前沿,提出了地理信息科学与技术知识体系,对我国地理信息科学研究、技术开发、工程实践、人才培养与产业促进具有重要参考价值。本文分析这一知识体系对我国地理信息科学研究的启示,重点分析其对形成学科体系、界定研究内容、加强地理空间认知与概念建模、拓展空间分析研究范畴、推进地理计算研究、开展相关软科学研究、推进 GIS 教育规范化等方面的启示。

UCGIS 知识体系对当前 GIS 研究的一些前沿论题,如虚拟现实 GIS、虚拟地理环境、组件式 GIS、地理信息服务、互操作与地理信息共享等涉及较少,说明该体系尚有待完善;我国在部分 GIS 领域处于领先水平,应结合国际研究趋势,加强协作,联合攻关,推进我国的地理信息科学研究与技术开发。

参考文献:

[1] GEWIN, VIRGINIA. Mapping opportunities [J]. Nature, 2004, 427

- (6972): 376 - 377.
- [2] DIBIASE D, DEMERS M, JOHNSON A, et al. Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge [R]. Association of American Geographers (AAAG), 2006.
- [3] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [4] 龚健雅. 地理信息系统基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] 龚健雅, 杜道生, 李清泉, 等. 当代地理信息技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2003, 28(2): 127 - 131.
- [7] 王家耀. 空间信息系统原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [8] 邬伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 郭达志, 盛业华, 杜培军, 等. 地理信息系统原理与应用 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.
- [10] GOODCHILD M F. Geographic information science [J]. International Journal of Geographical Information System, 1992, 6(1) 31 - 45.
- [11] LONGLEY P A, GOODCHILD M F, MAGUIRE D J, et al. Geographic Information Systems and Science [M]. Wiley, 2005.
- [12] 阎国年, 吴平生, 周晓波. 地理信息科学导论 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000.
- [13] 吴立新, 徐磊, 陈学习, 等. 基于主体人与地学本体的人—地—GIS 关系讨论 [J]. 地理与地理信息科学, 2006, 22(1): 1 - 6.
- [14] 王劲峰, 李连发, 葛咏, 等. 地理信息空间分析的理论体系探讨 [J]. 地理学报, 2000, 55(3): 318 - 328.
- [15] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [16] 王铮. 理论经济地理学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [17] 邱凯昌. 空间数据挖掘与知识发现 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [18] 李德仁, 王树良, 李德毅. 空间数据挖掘的理论与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [19] 刘妙龙, 李乔, 罗敏. 地理计算——数量地理学的新发展 [J]. 地球科学进展, 2000(6): 679 - 683.
- [20] 陈彦光. 地理数学方法: 从计量地理到地理计算 [J]. 华中师范大学学报 (自然科学版), 2005, 39(1): 113 - 119.

Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge and Its Enlightenments to GIS Researches in China

DU Pei - jun¹, CHEN Yun - hao², ZHANG Hai - rong¹

(1. Department of Remote Sensing and Geographical Information Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008; 2. College of Resources Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge proposed by University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS) in 2006, as one of the most important outcomes of GIS community in recent years, has given an overall and systematic summary and explanation to the theoretical, technical and methodological issues on GIS & T. It is very significant for GIS researches and applications in China to learn from this body and use it for reference. Firstly, the framework of Geographical Information Science should be created based on the progress and challenges existed in GIS community and ideas from other organizations so as to give guideline for future development. Secondly, ontology and cognition science should be introduced to promote the studies on spatial cognition and conceptual modeling. Geocomputation is another topic that should be emphasized by integrating with computation intelligence and machine learning, and that will extend the domain of geospatial analysis and modeling. Finally, some soft science issues related to organizations, institutions and relationships among GIS, human being and society and GIS education should be paid more attention in order to meet the socialization and popularization trends of GIS development.

Key words: geographic information science and technology; body of knowledge; geocomputation; geospatial analysis; geographical cognition