

引用格式: 闫国年, 俞肇元, 袁林旺, 等. 地图学的未来是场景学吗? [J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(1): 1-6. [Lv G N, Yu Z Y, Yuan L W, et al. Is the future of cartography the scenario science? [J]. Journal of Geo-information Science, 2018, 20(1): 1-6.] DOI: 10.12082/dqxxkx.2018.170621

地图学的未来是场景学吗?

闫国年, 俞肇元, 袁林旺, 罗文, 周良辰, 吴明光, 盛业华*

1. 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210023; 2. 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点, 南京 210023; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

Is the Future of Cartography the Scenario Science?

LV Guonian, YU Zhaoyuan, YUAN Linwang, LUO Wen, ZHOU Liangchen, WU Mingguang, SHENG Yehua*

1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Nanjing Normal University, Ministry of Education, Nanjing 210023, China;
2. Cultivation Base of State Key Laboratory of Geographical Environment Evolution, Jiangsu Province, Nanjing 210023, China;
3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China

Abstract: The arrival of information age and big spatio-temporal data age brings new demands for the ability of expression and analysis of cartography. The existing theories of cartography are difficult to adapt to the research needs above, and there are still some obvious deficiencies in the aspects of modeling elements, information processing and expression forms. Based on the concept of geographic scenario which is a new cartography, we discuss the connotation and characteristics of geographic scenario and describe the necessity and main technical approaches of transformation from maps to scenes. We also propose a data model, a calculation model and an expression model for the development of cartography in the new era. The data model can be broken through from the unified geometric algebra data model based on the integrated representation of geographic six-elements. The computational model can utilize the mathematical space which solves the multiple information on constructing the solving strategies of the corresponding mappings, associations and operators. Finally, we point out the development direction of the expression model which contains the scenario adaptive combination and multi-model presentation of spatio-temporal distribution, evolution processes and factor interactions.

Key words: cartography; geographic scenario; geographic six-elements

*Corresponding author: SHENG Yehua, E-mail: shengyehua@njnu.edu.cn

摘要: 信息化与时空大数据时代的到来为地图学的表达和分析能力提出了新的需求。现有地图学的理论难以支撑上述需求, 在建模要素、信息处理、表现形式等方面仍存在明显不足。本文以地理场景这一新地图学概念为基础, 论述了地理场景的内涵和特点, 阐述了从地图向场景转化的必要性和主要技术途径, 并提出了用于应对新时代地图学发展需求的数据模型、计算模型和表达模型。数据模型方面可从基于地理信息六要素集成表达的几何代数统一数据模型进行突破; 计算模型则可利用多元信息求解的数学空间, 构建相应的映射、关联及算子化求解策略; 最后提出了兼顾时空分布、演化过程和要素相互作用的

收稿日期: 2017-11-20; 修回日期: 2017-12-26.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41631175、41625004); 国家重点研发计划项目(2017YFB0503500); 江苏高校优势学科建设工程项目(164320H116)。[**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China, No.41631175, 41625004; National Key Research and Development Program of China, No. 2017YFB0503500; A Project Funded by the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions, No.164320H116.]

作者简介: 闫国年(1961-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为地理信息系统理论与应用。E-mail: gnlu@njnu.edu.cn

*通讯作者: 盛业华(1965-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为地理信息系统理论与方法。E-mail: shengyehua@njnu.edu.cn

场景自适应综合与多模式展示的表达模型发展方向。

关键词 地图学;地理场景;地理六要素

1 引言

地图是人类三大通用语言之一,是人类对世界的地理形式的表达^[1]。地图是不同时期自然科学、社会科学和工程技术科学成果综合性的载体,广泛应用于科学研究、国家安全、生产生活等方面。因此,地图不仅是描述世界,还是在更高、更抽象的层面上构建世界^[2]。随着云计算、大数据、虚拟现实等技术的发展,地图数据的来源、属性维度、展现效果、交互手段、计算能力、应用范畴等均得到了很大的拓展^[3-4]。数字空间和电子载体的广泛应用对传统的依赖于物理空间和平面载体的地图产生了极大的冲击,地图制图的对象、制图的主体、制图的模式和制图的技术等方面都在发生着深刻的变化,地图正向着三维空间、实时动态、全要素、全信息、全内容及地理规律表达的方向发展^[5-6]。以多元化、大众化和数字化为特征的革新对地图学产生了巨大的冲击,“地图学是守成还是突围?”地图学的未来究竟在何方,是新地图学?是类地图学?还是泛在地图学?日益成为地图学研究必须面对的关键问题。郭仁忠院士^[7]在《测绘学报》六十周年专刊上正式提出地图学复兴问题,期望通过总结传统地图学的技术特征,寻求地图学在数字时代的发展机遇,推动地图学在信息化时代完成复兴。

本文针对郭仁忠院士的提问作出回应,认为面对新时代新潮流的挑战,地图学的未来应当迈出“突围”的一步。从地理学的学科体系和研究需求出发,作者认为应从地理学视角来拓展地图的概念,通过研究一定时空范围内的各种自然要素、人文要素相互作用所构成的具有特定结构和功能的地域综合体来进一步拓展和发展地图学的理论体系。基于此,作者提出场景学这一地图学的新概念,希望以多尺度嵌套、动静耦合、多要素相互作用的地理场景为基础,通过研究地理场景的理论、构建方法与应用技术,实现对地理对象和现象的空间分布及其时空分异、演化过程及其要素相互作用等信息的描述和表达,从而推动地图学更好地适应新时代地图学发展的整体需求,推动和促进地图学的复兴。

2 地图学发展的困境

传统地图学采用地理空间信息分层表达的方式,以科学的符号系统、地图投影和综合方法来表达复杂地理世界的空间结构和空间关系,成为人类文明史上的伟大创想,也是永恒的地理表达形式^[8]。地图对现实世界及其规律的抽象以各类地理空间数据为基础,以静态刻画和符号化表达的形式加以呈现,在简单要素和关系的表达上具有直观性和抽象性。随着时空大数据时代的到来,大量的研究和分析开始逐渐从基于现实世界的抽象与分析转向基于数据和模型的数字化抽象与分析,地学研究和地学分析更加需要一个可以对地理现象和地理规律进行集成表达的载体。这就要求地图完成从反映现实世界空间结构和空间关系信息转向对地理现象和地理规律的综合集成描述(图1)。不仅要求全面、真实、准确地对现实世界的地理对象和地理现象进行数据采集和场景建模,还要求通过适合的地图语言与抽象符号对其所反映的地理时空格局、过程和相互作用机制进行再现和表达,进一步要求满足制图者、读图者、讲图者和用图者等不同角色的应用需求^[9],实现多视角、多模式、地图内外的用图表达,支撑地图的社会化应用与服务。然而,现有地图学的理论难以支撑上述研究需求,在建模要素、信息处理、表现形式等方面仍存在不足。

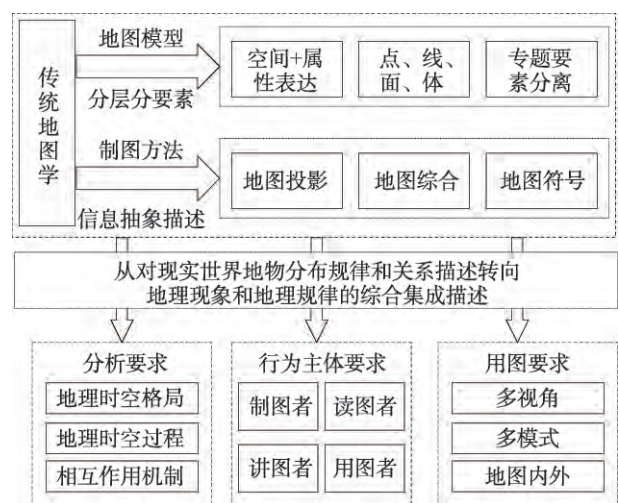


图1 地图学发展新要求

Fig. 1 New demands for the recent development of cartography

2.1 缺乏完备的要素描述

地图学研究对象具有大时空跨度及多尺度特性,包含不同形式、不同类型的复杂地理现象,其随时空尺度演替表现为突变与渐变、离散和连续的并存。随着对地观测和室内外定位与导航等技术的发展,大量实时或准实时变化的各类观测数据的快速积累,海量多维观测数据集的实时动态分析,已成为地图学应用的主流模式。现有的地图数据组织基于“定位-几何-属性”三要素构成,侧重于空间数据表达,利用点、线、面、体等基本的、离散的几何对象实现对复杂的现实地理世界的逼近^[10],用于描述地物的空间分布、扩展以及地物的属性内容。这种要素描述方式难以支撑复杂地理对象、连续地理现象与地理过程的表达^[11-12],缺乏对地理对象和地理现象的地理特征、地理要素之间的时空关系以及地理要素和地理对象的变化过程的强有力的表达。现有地图数据模型多将时间作为属性看待,未将时间作为和空间对等的维度参与表达与分析^[13],不能支持依赖于时空状态与结构连续变化的复杂地理现象发展演化过程的表达与建模。在地理信息表达上,地图的二维特征和固化属性限制了其对现实世界完整的描述,而时空分离的模型难以支持复杂地理实体或连续地理现象的描述及地理过程分析。

2.2 缺乏完备的映射模型

地图投影、地图综合和地图符号是传统地图学技术基础的核心,受传统地图学的特定技术水平和应用条件制约,在三者结合表达复杂地理世界的过程中不可避免地导致信息的损失。由于地球球面的不可展开性,从球面到平面进行映射变换必然带来各种投影误差的影响,而且在二维平面上表达三维地理对象只能采用以高程标注的2.5维方式;由于地图有限的幅面和固定的比例尺的约束,在保持地图可读性和美观性的同时表达尽可能多的内容,必然要对地图要素进行概括综合,从而造成部分地图信息的丢失^[14];由于地图用户需求的多样性,对现实地物进行符号化的过程不仅是抽象再加工的过程,也是对地物定性分类和按需筛选的过程^[15],但对地物形状的近似表达改变了原始地物位置的分布。

2.3 缺乏高效的表达方法

现有地图表达方法主要侧重于视觉展示,缺乏对多模式、多感知及多设备的有效支持^[16],而视觉展示与地学模拟的割裂也使其难以支撑地理分

析。传统地图受显示模式和出版物介质的限制,多以自上而下的俯视视角观察现实世界,将三维世界投影到二维平面,以要素分层的方式来表达地理数据,通过几何量测和目视解译的手段从地图视觉产品中获取地理要素的分布特征。该表达方法缺乏实时动态目标与三维静态地理场景的融合,忽略作为地图认知主体的人日常观察世界的侧视视角,无法有效地使人参与到现实世界的抽象构造以及全方位观察地理现象的分布及其演化过程。

3 从地图到场景

地理要素表达的不连续和时空表达的不统一是导致现有地图学困境的关键性因素。发展多元的要素模型和新型的数理方法可以为解决地图学理论和技术难题提供新的思路。基于地理信息六要素集成表达的几何代数统一数据模型的场景学可能成为地图学在新时代发展下的历史必然(图2)。

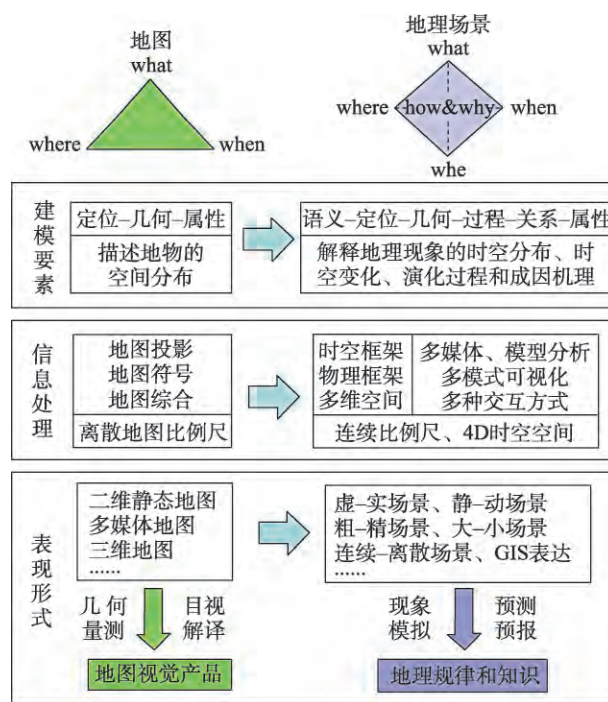


图2 从地图到场景

Fig. 2 Evolution from cartography to scenario science

3.1 发展地理信息六要素表达

随着时空大数据时代的到来,各类应用对地理信息统一表达的需求日渐强烈,地理信息的内涵从以几何、空间、关系等为基础,转变为综合自然、人文、社会等信息,涵盖包含人类社会世界、多媒体信息世界和现实地理世界的人机物三元世界^[17]。在

时空大数据时代,空间信息(定位-几何)、属性信息、语义信息、关系信息、过程信息处于相对均等的地位^[18],然而过去的地理信息表达侧重于时空定位、几何结构和属性特征,导致地图在真实地理世界的多视角表达以及地理知识和地理规律的描述、提取与应用等方面受到较大的掣肘。以地理信息六要素(语义描述、空间定位、几何形态、演化过程、要素相互关系和属性特征)为基础建立统一的场景数据模型,将地理空间的连续性与离散性、时间与空间、地理空间关联性与分异性特征进行集成,为开展地理格局分析、过程模拟和要素相互作用提供重要基础。

3.2 发展多维统一的数学模型

传统地图学以欧氏几何和计算几何为基础的地理信息表达与分析模型在对地理世界的复杂性描述上存在不足,难以支撑复杂地理时空过程和地理规律的表达计算,需要引入具有高维、高弹性、几何与代数融合的多维度融合表达的新型数学理论体系,实现地理时空、数学空间和计算空间的紧密耦合与集成映射,实现复杂地理对象、现象和规律的整合表达。几何代数作为非欧几何发展的重要突破,是连接几何与代数、数学与物理的统一描述语言^[19],可用于实现以代数语言进行几何对象表达、构造与运算。几何代数提供了优越的表达和计算空间,各类几何系统和代数系统均可被映射至几何代数空间,具有统一性与自适应性特征,利用其时空融合表达以及多重向量对不同维度几何对象及属性要素的多重融合与集成表达能力,实现语义描述、空间定位、几何形态、演化过程、要素相互关系和属性特征六要素为一体的几何代数多重向量统一表达,建立地理对象及地理现象表达的层次结构。

3.3 发展多模式场景表达

数字化时代的地图正向着三维空间、实时动态、虚实融合的方向发展,物理全息或计算机全息技术得到广泛应用,地图语言正实现从地理学语言到大众交流的普适性语言的转变。目前,以要素分层模型为基础的地图对地理信息的表达主要集中在地理空间分布与空间结构上,对地理过程、要素相互作用以及地理规律的表达相对薄弱。我们需要重视发展以侧面观测世界、侧面表达世界以及360°全视为主流的全方位多视角看世界的技术方法,重视对人这一认知主体的理解和表达。在六要素表达模型基础上研究以地理语义为基础,地理规

律为驱动的多模式场景表达方法与理论,建立虚-实、静-动、连续-离散、低维-高维场景融合的全息表达模型^[20],是实现地理时空格局、演化过程和地理规律等地理信息综合表达的重要基础。

4 场景学的研究内容

地理场景是一定地域、不同时空范围内各种自然要素、人文要素相互联系、相互作用所构成的具有特定结构和功能的地域综合体,具有多种类型,包括宏观-微观、静态-动态、真实-虚拟、2D-3D、连续-离散、粗糙-精细、室内-室外场景等。地理场景不仅可以承载时间、地点、人物、事物、事件等要素,还可以反映地理事物与地理现象的空间分异、演化过程和相互作用关系。所有地理事物和地理现象都是在特定的地理场景中存在和发生的。地理场景的数据模型、计算模型和表达模型则应成为场景学的核心研究内容(图3)。

4.1 场景的数据模型

地理场景作为地理世界的综合表达形式,侧重于空间分布模式、演化过程和相互作用机制的研究,场景信息不仅是时空信息,还和过程、关系等具有隐含的或显性的关联^[21]。因此,场景数据模型的研究应遵循地理认知原理和地理系统分析方法,将不同尺度的地理场景当作具有特定功能的、层级嵌套的综合体,分析不同类型地理场景的多尺度嵌套与耦合、静态与动态、结构与功能等特征,建立以主题、几何、尺度、过程、关系以及作用机制为主要线索的场景分类体系。在对地理场景进行详细分类的基础上,剖析场景的层次结构特征及其组成要素的空间格局、演变过程和相互作用关系。从尺度变化、动静关系、嵌套耦合模式、水平层级、垂直态势、渐变与突变等方面对地理场景组成要素的基本特征和场景结构特征进行多粒度抽象、描述,构建对多尺度地理场景及其组成要素的地理特征进行整体形式化表达的概念框架和地理场景的多尺度层级认知模型。需要以严格的数理基础,架构地理场景学的理论基础,研究多尺度地理场景数据模型及数据对象的粒度描述、粒度耦合与聚合方式,建立地理场景及其要素与数据对象的映射关系,实现几何框架、物理框架和社会信息框架的融合表达。要从地理规律的抽象表达和描述出发,研究地理场景六要素信息的统一表达^[22],实现对地理学区域性和综合性规律的集成表达。

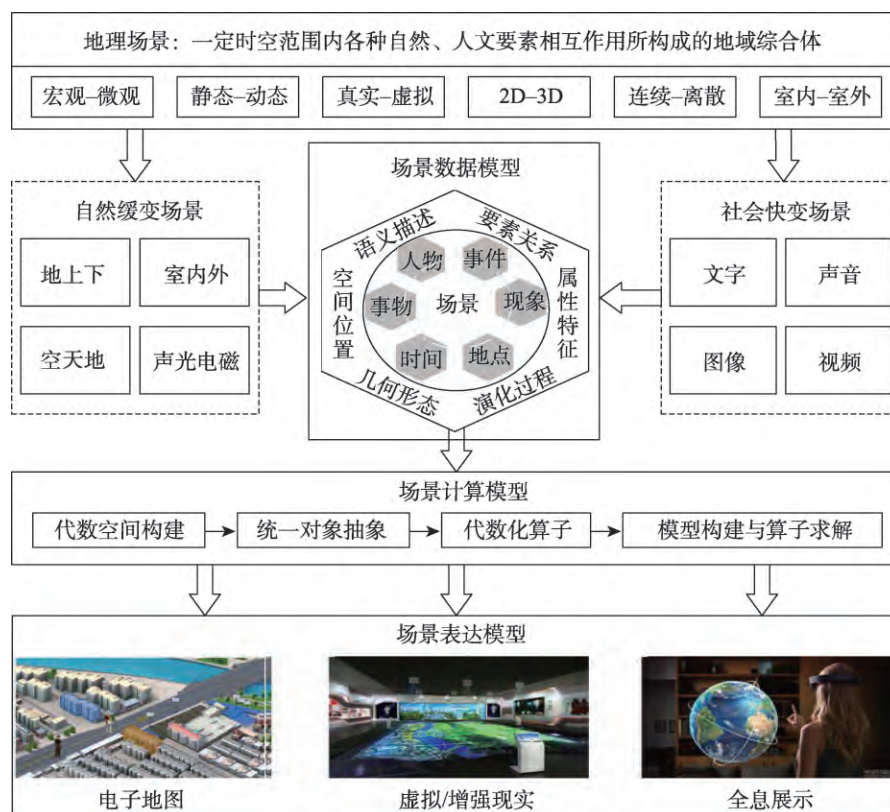


图3 地图的场景学表达框架

Fig. 3 Representation framework of the scenario science based on cartography

4.2 场景的计算与分析模型

地理场景是对现实世界的重构,其核心是建立多元信息向特定的数学空间或数据空间的映射与关联。地理场景的数据模型应能有效整合代数和几何表达,有机集成属性、语义、时空关系等信息,实现多维对象表达、存储结构、拓扑关系维护以及时空过程表达上的一致性。几何代数理论有效利用数学结构所内蕴的对复杂结构的表达能力,实现对高维数据表达的原生支持,实现复杂地理对象和地理过程在非欧空间的统一表达,实现对兼顾平面与球面、欧氏空间与曲面空间中不同维度的流形对象与非流形对象,以及连续对象与离散对象的统一表达^[23]。通过代数空间构建、对象抽象以及空间转换等方法实现几何对象表达与数据组织,利用几何代数空间中的运算规则与算子算法实现对象运算,进而实现多重信息融合的代数化表达。因此,以科学的时空观为指导,引入几何代数这一现代数学方法进行场景模型构建,可建立时空统一的地理对象的描述框架,并有望在地理对象和地理现象的多维表达、分析与建模方面取得突破。

4.3 场景的表达模型

基于地理场景的地理信息表达,不仅需要综合考虑不同层次、不同尺度、动静耦合、全局和局部嵌套的地理场景的整体表达,更要强调在地理场景中各种地理规律的表达。这既能对地理与社会的全方位、多模式三维动态可视化提供支撑,又具有各类地图、场景GIS分析与应用功能。需要研究基于语义的、对象的、关系的、过程的、属性的地理场景信息模型和综合方法;需要定制适合地理现象和地理规律描述与表达的地理场景符号化方法。地理场景需要对现实世界中的全地理、全社会信息进行“地图”表达,是数字化世界的全方位解读,从而实现地理或社会现象及其规律的解释;需要以地理规律为基础,设计多维度场景中兼顾时空分布、演化过程和要素相互作用的场景自适应综合与多模式展示方法;需要利用数字地图、虚拟现实和全息成像等多种形式对地理过程、要素相互作用以及地理规律加以综合呈现,实现地理场景的全息表达。

5 结论

传统地图学强调从现实世界中获取信息来构建地图模型,以此为媒介传播空间认知信息,新地图学则强调依托地理空间模型,以“人”为认知主体参与到反演地理过程、预测现象变化以及学习地理规律和知识的过程中。地理场景作为人和自然因素、社会因素以及其相互关系和相互作用的特定的区域综合,在综合地理时空数据分布特征、地理现象动态生成以及地理规律和规则表达方面具备明显突出于传统地图更偏重空间位置和属性特征的单一表达的特点。从地理学对现实世界的描述出发,在底层数学理论基础上,构建地理世界向数学空间的抽象模式,进而构建可支撑复杂地理对象和地理现象表达的时空统一空间。以地理规律和地理要素相互作用为基础,利用数学空间的构造弹性,融合数字地图、虚拟现实和全息成像等表达技术,为以地理场景为依托的地理时空数据的计算、表达与分析奠定理论、方法和技术基础。

参考文献(References):

- [1] 王家耀.地图文化及其价值[J].地图,2015(3):24-35. [Wang J Y. Map culture and its value[J]. Map,2015(3):24-35.]
- [2] Wood D. The Power of Map[M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2000:1-2.
- [3] 李德仁.展望大数据时代的地球空间信息学[J].测绘学报,2016,45(4):379-384. [Li D R. Towards geo-spatial information science in big data era[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016,45(4):379-384.]
- [4] 朱晓华,闫国年,王建.虚拟现实技术在地理学中的应用[J].地理学与国土研究,1998(3):60-63. [Zhu X H, Lv G N, Wang J. Applications of virtual reality technology in geography[J]. Geography and Territorial Research, 1998(3):60-63.]
- [5] Goodchild M F. Stepping over the line: technological constraints and the new cartography[J]. The American Cartographer,1988,15(3):311-319.
- [6] Goodchild M F. Perspectives on the new cartography[J]. Environment and Planning A, 2015,47(6):1342-1345.
- [7] 郭仁忠,应申.论 ICT 时代的地图学复兴[J].测绘学报,2017,46(10):1274-1283. [Guo R Z, Ying S. The rejuvenation of cartography in ICT era[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017,46(10):1274-1283.]
- [8] 张克权,祝国瑞.试论地图制图学的理论体系[J].武汉测绘科技大学学报,1990,15(2):28-33. [Zhang K Q, Zhu G R. On the theoretical system of cartography[J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1990,15(2):28-33.]
- [9] 孟立秋.地图学的恒常性和易变性[J].测绘学报,2017,46(10):1637-1644. [Meng L Q. The constancy and volatility in cartography[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017,46(10):1637-1644.]
- [10] 闫国年,袁林旺,俞肇元.GIS 技术发展与社会化的困境与挑战[J].地球信息科学学报,2013,15(4):483-490. [Lv G N, Yuan L W, Yu Z Y. Challenges in the development and socialization of GIS technology[J]. Journal of Geo-information Science, 2013,15(4):483-490.]
- [11] Peuquet D J. Representations of Space and Time[M]. New York/London: The Guilford Press, 2002.
- [12] McIntosh J, Yuan M. A framework to enhance semantic flexibility for analysis of distributed phenomena [J]. International Journal of Geographic Information Science, 2005,19(10):999-1018.
- [13] Yuan L, Yu Z, Chen S, et al. CAUSTA: Clifford algebra based unified spatial-temporal analysis[J]. Transactions in GIS, 2010,14(S1):59-83.
- [14] 武芳,巩现勇,杜佳威.地图制图综合回顾与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1645-1664. [Wu F, Gong X Y, Du J W. Overview of the research progress in automated map generalization[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017,46(10):1645-1664.]
- [15] 艾廷华.大数据驱动下的地图学发展[J].测绘地理信息,2016,41(2):1-7. [Ai T H. The development of cartography driven by big data[J]. Journal of Geomatics, 2016,41(2):1-7.]
- [16] 闫国年.地理分析导向的虚拟地理环境:框架、结构与功能[J].中国科学:地球科学,2011,41(4):549-561. [Lv G N. Geographical analysis-oriented virtual geographic environment: Framework, structure and functions[J]. Science China: Earth Sciences, 2011,41(4):549-561.]
- [17] 周成虎.全空间地理信息系统展望[J].地理科学进展,2015,34(2):129-131. [Zhou C H. Prospects on pan-spatial information system[J]. Progress in Geography, 2015,34(2):129-131.]
- [18] Manyika J, Chui M, Brown B, et al. BigData: The next frontier for innovation, competition and productivity[R]. New York: McKinsey&Company, 2011.
- [19] Hestenes D. A unified language for mathematics and physics[J]. Advances in Applied Clifford Algebras,1986,1(1):1-23.
- [20] 闫国年,袁林旺,俞肇元.地理学视角下测绘地理信息再透视[J].测绘学报,2017,46(10):1549-1556. [Lv G N, Yuan L W, Yu Z Y. Surveying and mapping geographical information from the perspective of geography[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017,46(10):1549-1556.]
- [21] Lü G, Yu Z, Zhou L, et al. Data environment construction for virtual geographic environment[J]. Environmental Earth Sciences, 2015,74(10):7003-7013.
- [22] Lü G, Chen M, Yuan L, et al. Geographic scenario: A possible foundation for further development of virtual geographic environments[J]. International Journal of Digital Earth, 2017(19):1-13.
- [23] Yu Z, Luo W, Yuan L, et al. Geometric algebra model for geometry-oriented topological relation computation[J]. Transactions in GIS, 2016,20(2):259-279.