

地学信息图谱的基础理论探讨

陈 燕^{1,2}, 齐清文², 杨桂山¹

(1 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008 2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 文章在分析地学信息图谱的发展现状的基础上, 从基本概念与特点、研究内容与目标、研究意义等几方面来阐述地学信息图谱的基本理论, 最后对地学信息图谱的发展前景进行了展望。

关 键 词: 地学信息图谱; 基础理论; 地球信息科学

中图分类号: P183.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2006)03-0306-05

地学信息图谱是进入 20 世纪 90 年代以来, 由中国科学家首创的一种新概念和新方法。它由著名地理学家陈述彭院士首次提出, 是中国地球信息科学领域科学家的重大创新研究, 是地理信息系统技术及应用发展到相当水平后的必然要求, 它继承传统地学图谱的思维方法, 进一步在遥感图象与地理信息系统基础上, 实现全数字化定量分析。

1 地学信息图谱诞生的背景

地学信息图谱的诞生与传统地图学向现代地图学转换和发展、数字地球倡议提出、“3S”技术进展、地球信息科学形成与发展等大环境密不可分, 是进入信息时代后, 地球科学呼唤新的方法论和理论思维模式、人类社会经济发展中急需协调信息爆炸与有用信息稀缺矛盾过程中的产物。

1.1 传统地图学向现代地图学的迈进

地图被称为“地理学的第二语言”, 是指地图特有的量化、定位和图形显示功能, 甚至超过语言、文字的描述, 而且有信息增值与知识集成的潜力。随着测绘技术的进步, 地图的社会功能发生了明显的漂移。在全天候、高分辨率、高光谱卫星遥感数据极大丰富的今天, 精确定位由全球定位系统承担, 社会经济要素得到地理信息系统的支持, 地图的社会功能完全有可能从空间数据的存储、检索的功能、延伸到数据挖掘、信息提取和知识创新的新阶段。地图不仅仅是定量、定位的描述地球的艺术, 地图已经成为空间与时间分析和图形思维的不

可缺少的科学工具。现代信息与空间科学的飞速进步, 更加深了地图学图形思维与时空分析相结合的必要性可能性^[1]。

进入 21 世纪, 传统地图学的发展面临一系列挑战, 需要全方位、多层次、宽领域的再认识地图学, 需要科学家回答: 现代信息与空间科学的飞速进步对地图学知识创新究竟会产生多大的影响? 地图作为基础信息资源载体的比重相对地可能下降, 如何设计和加强科学深加工的终端产品, 更接近用户战略决策与工程规划设计的需求? 这些都是传统地图学向现代地图学转换的过程中必须解决的问题。换言之, 现代地图学需要发展的是一种既能集成地图学图形概括、图形抽象的优点, 并能动态、连续的反映地物的发展过程, 同时具有较强的空间分析能力的一种研究方法手段^[2]。这是地学信息图谱诞生的分支学科背景之一。

1.2 数字地球倡议和“3S”技术的发展

“数字地球”是指“一种可以嵌入海量地理数据的、多分辨率的和三维的地球的表示, 可以在其上添加许多与地球有关的数据”。它使全球长期的对地观测数据资源得到共享, 既包含自然方面的, 又有人文方面的。同时囊括全球性的大、中、小比例尺的空间数据, 不仅包括地球的各类多光谱、多时相、高分辨率的遥感卫星影像、航空影像, 包括有关可持续发展、农业、资源、环境、灾害、人口、全球变化、城市建设、教育、军事等各方面的数据和信息。此外, 在建设“数字地球”的过程中同样也是

收稿日期: 2004-12-16 修订日期: 2005-06-02
基金项目: 国家 863 信息领域对地观测数据处理与分析技术课题 (2001AA135140)、中国科学院知识创新工程领域前沿项目 (CXDG-D001-01) 资助。
作者简介: 陈 燕 (1976-), 女, 山东淄博人, 博士, 研究方向为遥感应用、地学信息图谱等。Email: chenyan@niglas.ac.cn

需要自然、人文数据、各种信息和知识来支持并提供相应的解决方法; 如何来丰富它们的内容和研究方法? 如何最大限度地利用这些信息资源? 如何处理好这些空间数据? “数字地球”以地球信息科学为基础, 为许多新的科学研究方法与技术的出现与发展提供了良好的契机^[3]。

另一方面, 地球系统作为一个复杂的巨系统, 随着“3S”技术的发展与互联网的普及, 人们采集到了不同时期、不同层次、不同尺度、不同来源、不同表现形式的海量的地学数据。但仅仅有一堆数据是不能解决任何地理问题的, 需要研究这些数据表现的直接信息, 蕴含其中的间接信息、次生信息和相关信息; 需要研究地物和地理现象的物理特征、时空特征、分布形态、空间组合、变化过程和相关信息; 不仅要研究信息的表现形式, 还有研究信息的获取方法^[4]。这就促使人们不再满足于仅仅利用计算机技术来对地理信息进行可视化表达及其空间查询, 而是强调地理信息系统的空间分析和模拟能力, 力求从表观信息中一层又一层地向纵深挖掘和提炼信息, 实现从信息的采集、监测、组织、管理和评价预测, 再到共享与信息服务等一系列环节的便捷化、集成化、智能化和规范化目标^[5], 这也正是地学信息图谱诞生的技术背景。

1.3 地球信息科学的形成和发展

地球信息科学主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存贮、提取以及管理和分析过程中所提出的一系列基本问题, 如数据的获取和集成、地理信息的认知和表达、空间分析、地理数据的不确定性及其对于地理信息系统操作的影响等。地球信息科学新兴的科研领域迫切需要解决大量的技术关键和基础理论问题, 这样地理信息系统技术及其应用才有可能达到一个新的水平。首先需要解决的是: 地理现象、概念的数字化表示。地球信息科学和“数字地球”的一个关键问题就是如何用数字、数学模型来代表地理现象、概念。但是现实世界中的地理现象纷繁复杂, 存在不确定和模糊因素, 目前地理信息系统在用数字和模型代表现实世界方面, 仍然简单、粗糙, 甚至可以说原始, 如何客观、形象的表达地理现象需要一种新的探索与实践。其次是: 地理过程的计算机模拟。地理过程是地理信息要代表的另一主要目标物。地理过程本身更为复杂, 涉及到对地理现象的动态描述, 涉及到第4维——时间维的引入。目前的地理信息系

统在代表和分析3维地理信息方面尚不成熟, 在4维方面还有更大量的研究工作要做^[6~9]。随着上述诸多问题研究的深入, 呼唤地球信息科学采用一种全新的形-数-理一体化的方法论, 同时生成比现有的地学信息表达形式有更高凝炼程度的地学信息产品。这也就是地学信息图谱诞生在一级学科上的背景。

2 地学信息图谱的基本理论体系

2.1 地学信息图谱的基本概念与特点

“地学信息图谱”是按照一定指标递变规律或分类规律排列的一组能够反映地球科学时空信息规律的数字形式的地图、图表、曲线或图象。

地学信息图谱的特点主要有: (1) 采用图形思维中的抽象概括方法和信息分析中的数据挖掘方法, 对大量的地球科学的信息进行分析加工的成果结晶; 地学信息图谱突破了传统的思维方式, 采用了多学科、多领域的先进分析方法, 着眼于本质规律性研究, 建立客观、整体和多指标的综合评价体系; (2) 与经典“地学图谱”的区别是: 首先, 它是建立在现代空间技术、信息科学基础上, 因此信息量极大的丰富; 其次, 它建立在地球系统科学与GIS的基础上, 图谱的生成过程智能化和自动化; 第三, 它建立在“赛博空间”和“虚拟现实”基础之上, 既能够再现过去, 也能够提供预测未来的多种设想和可能方案, 供决策者做出判断; (3) 对于一个区域来说, 地学信息图谱就是一个规范化的框架。每种个体现象, 只要形成了图, 总能够在图谱中找到其抽象映像图; (4) 地球信息图谱具备“谱”的所有功能, 即地球科学领域内空间信息的演示说明功能、分类定位功能和规划指导功能^[10]。

2.2 地学信息图谱的研究进展

1997年初, 陈述彭院士主持组织中国科学院北京地理研究所联合北京大学、浙江大学, 以地球信息图谱为主题申报“973”国家重大基础研究项目, 并组织过初步的研究与探讨, 发表过若干篇论文; 在1999年的香山科学会议上陈述彭院士曾经组织过讨论; 在2000年又邀请专家商讨启动和策划, 例如资源环境与信息国家重点实验室以中国地震数据库为基础, 探讨中国地震空间组合图谱; 针对泥沙发育特征, 研究动力学图谱等。张百平研究员主要研究从建立山地基本地理信息单元开始, 研究山地垂直带信息图谱, 并根据需要研究空间结构

组合。主要从基于山地基本地理信息单元的景观空间结构变化研究图谱。刘高焕、叶庆华等主要利用遥感技术研究黄河三角洲的动态变化图谱。齐清文、廖克等初步探讨过地理客体的时空谱系,以及地学信息图谱与数字地球的关系以及地学信息图谱的建立等^[11~13]。近期一直着力研究从国家自然地图集数据中提取地学图谱,以及建立中国典型区域地学信息图谱库的理论和方法。

目前地学信息图谱的研究还处于概念性探讨与示范阶段。有关地学信息图谱的论文和专著主要包括《地学信息图谱的探索研究》^[14]、《地学信

息图谱研究及其应用》^[15]、《地学信息图谱刍议》^[16]、《资源环境信息图谱机理探讨》^[17]、《地学信息图谱的理论与方法》^[18]、《地学信息图谱与区域可持续发展》等等^[19]。

由此可以看出,研究对地学信息图谱仍需在前人的研究基础之上进一步完善和发展,包括地学信息图谱的理论与方法研究,开发地学信息图谱系统平台并建立典型地物的地学信息图谱,探索地学信息图谱的实际应用等等。

2 3 地学信息图谱的研究内容

地学信息图谱的研究内容如图 1 所示。

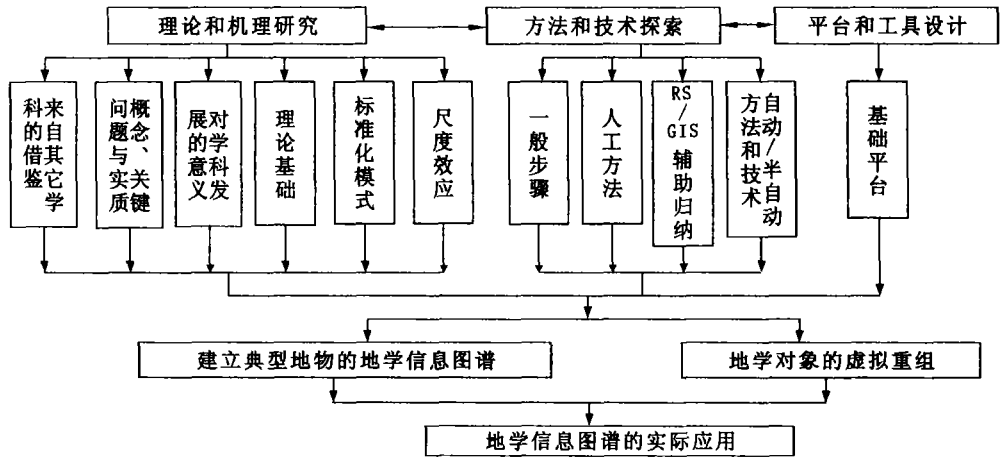


图 1 地学信息图谱的研究框架

Fig 1 Research contents of the Geographical Information Spectrum

研究思路是:借鉴其它学科图谱研究的理论和技术方法,阐述地学信息图谱的基础理论,包括地学信息图谱的基本概念、关键问题与实质、理论基础、标准化模式、时空尺度等等,在理论指导下研究地学信息图谱归纳和提炼的技术与方法,进一步设计实现地学信息图谱的管理、设置、编辑、表达、提炼等功能的平台和工具,实现对典型地物的地学信息图谱样例制作和地物的虚拟重组。最后在理论、技术方法的指导下,利用实现的地学信息图谱样例,探讨地学信息图谱的实际应用。从而进一步在实际应用中进一步促进地学信息图谱理论、技术和方法的完善。地学信息图谱的理论、方法、技术和样例相互结合、相互验证,形成理论方法指导实际样例的制作,而在实际样例制作中,地学信息图谱的理论和方法进一步得到发展和完善。

2 4 地学信息图谱的研究目标

地学信息图谱是形、数、理的有机结合。形是指地形、图象、表格等,数是指定量化的模型和方

法,理是指机理、规则和知识等。地学信息图谱理论不仅要研究地球信息的表达表现方式,信息获取、分析、分解、综合和解译的数理解析方法,信息的发生、传输、认知的机理机制,还要研究上述表现形式、数理解析方法和机理机制之间的关系^[20]。

地学信息图谱是根据实际的各种地学研究对象的有关信息进行科学抽象及适当取舍的加工过程,而不是对其研究对象的简单再现,是对研究对象本质要素的选取、抽象和表达。根据人们的实际需要及理解能力进行抽象(例如符号学和数学的抽象)、取舍,表达的是一种分类化、系统化、概念化、相对比例的各种地学要素图谱,不同程度舍弃了大量容易造成图面和人们理解混淆的相对次要的地学要素,表达的主要是地物或地理现象的结构、形状、范围及其组合态势。在数据的种类、总量、数据的存贮方式、更新速度、表现力、使用介质等方面达到新的高度,从而突破传统模式下对地学研究对象的深度和广度^[21]。

2.5 地学信息图谱的研究意义

地学信息图谱的研究有重要的实际应用价值,至少在以下几个方面有很重要的用途:

1) 地理教学:对不同的自然、社会经济现象发生发展的过程及其相互间的关系进行描述和表达并不是件容易的事。地学信息图谱可以给学生提供一种直观的学习地理学的快速而有效的方式。地学信息图谱可以提供从不同的角度观察不同地质、地貌的形状、构造特征和它们之间的相互关系,同时地学信息图谱可以明确清晰的表达出社会经济现象的发生、发展,比如城镇空间演变图谱可以让学生很清楚的认识和理解一个城市扩展和发展的历程;同时地学信息图谱在教学演示时,观察对象也很容易选择,所以是一种很好的教学工具。

2) 保护生态多样性:通过收集一个地区的有关地形、土壤类型、年度降雨量、植物、陆地使用以及所有权的信息,建立这个地区的相关地学信息图谱,找到影响生态环境变化的主导因子,从而更好的保护生态多样性。

3) 预报气候变化:模拟气候变化最显著的未知因素之一是全球森林的递减率。通过建立某地区的地形变化图谱,就可以确定该地区森林递减率,从而可以实现预报气候变化的功能。

4) 增加农业的生产力:利用卫星图象和全球定位系统得到病虫害图谱,可以及时防止病虫害,提高农业生产力。

5) 预测规划:地学信息图谱可以为一个地方的发展规划、计划提供准确、可靠的参考信息。例如在土地利用中,有了研究区的地学信息图谱给出的参考信息,我们可以进一步制定合理适宜的土地利用类型,充分利用土地资源,达到最大程度的经济、生态效益^[22]。同时也可以利用地学信息图谱提供的信息实现对预测农作物产量的估产等。

3 讨论与展望

“地学信息图谱”是中国科学家的首创,是中国古代整体性的“天人合一”的哲学思想、历史悠久的形象思维与现代高精度理性分析相结合的产物,它继承了传统地学图谱图形思维方法,同时在遥感图象与地理信息系统基础上,实现全数字化定量分析,通过动态仿真与虚拟分析等技术的集成,去提高数据挖掘与知识发现的科学水平,从而为地球系统科学提供了一种运用于空间时代、信息社会

的地球信息科学的新方法;也为设计深加工的地学信息新产品,适应信息高速公路、网络全球化的社会需求,提供高层次的信息产品。

地学信息图谱的核心就是在信息技术手段支持下,以图形支持抽象思维,提取知识。另一方面就是数字抽象,主要研究数学模型反演,解决尺度转换问题;再一方面就是研究各种图谱样例,做出高水平的应用实例。

从应用角度来看,地学信息图谱是地球信息科学和数字地球更高度的综合集成形式,也是数字地球应用的重要手段。地学信息图谱的研究,最终是以解决人口、资源与环境问题,实现国家或地区的可持续发展为目标。

地学信息图谱作为地球系统科学的一种新的研究方法,它首先是:(1) 依托高分辨率卫星更新的海量数据源和融合 GIS、GPS的数据仓库和网络系统,通过数据挖掘与知识创新,提取和浓缩为有效的信息,实现定量与定性分析的综合集成,归纳出简明的时空图谱,客观、形象地反映区域性的自然规律和社会经济发展的规律,实现信息的增值;(2) 根据自然过程或社会经济发展的时空规律来设计动力学模型,用来反演过去、表述现在和预测未来;(3) 是参照经费投资或工程技术等给定的边界条件,分别进行虚拟现实和可视化表达,从而为规划、管理和决策者提出可供抉择(或可修改)的实施方案。

地学信息图谱的研究过程中需要注意三个方面:(1) 地学信息图谱可能是人文与自然要素兼收并融。无论地形图、航空像片、卫星图象,还是地理信息系统等提供的各种数据,都是地球表层景观的综合反映,也是地球系统科学客观认知的基础。研究地学信息图谱,需要系统的综合集成的观念;(2) 地学信息图谱可能具有时空转换的多维显示的功能。经纬度作为地球上的时空坐标体系,曾经孕育了大地测量学和地图投影学的繁荣。它仍将是构建地学信息图谱的框架。在三维平面上描述三维乃至多维的自然与人文现象,曾经成为地学界长期困惑的问题,也许可在地学信息图谱中得到解决;(3) 地学信息图谱可能具有高度的尺度效应。通过运用分形分维的艺术法则,图形叠加与景观单元分析,四叉树与三角链等方法。经过量化的综合集成,合理利用,预期将会发现一些全新的地学规律。实时空间和时态数据库的图形压缩和可视化

技术将会有所突破。

总之,地学信息图谱的研究对于地理科学自身及与地理科学密切相关的城镇规划、环境保护、国土、河湖流域开发和治理等专业的发展、提高有重大的科学意义和应用价值。研究地学信息图谱的最终目的是为社会经济发展、环境保护、科学研究和知识的传播服务。

参考文献:

[1] 陈述彭. 地图科学的几点前瞻性思考 [J]. 测绘科学, 2001, 26(1): 1~ 7

[2] 陈述彭. 地图学面临的挑战与机遇[J]. 地理学报, 1994, 49(1): 1~ 8

[3] 承继成, 李 琦. 关于我国“数字地球”研究框架的建议 [J]. 地球信息, 1998(3): 1~ 2

[4] 陈述彭. 地理科学的信息化与现代化 [J]. 地理科学, 2001, 21(3): 193~ 197.

[5] 陈述彭(主编). 地理信息系统——地学的探索(第四卷•地理信息系统) [M]. 北京: 科学出版社, 1992

[6] 陈述彭, 曾 杉. 地球系统科学与地球信息科学 [J]. 地理研究, 1996, 15(2): 1~ 11

[7] 陈国阶. 论地理学面临的挑战与发展 [J]. 地理科学, 2003, 23(2): 129~ 135.

[8] 陈述彭(主编). 地球信息科学——地学的探索(第六卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2000

[9] 陆大道. 关于“点-轴”空间结构系统的形成机理分析 [J].

地理科学, 2002, 22(1): 1~ 6.

[10] 齐清文, 池天河. 地学信息图谱的理论与方法 [J]. 地理学报, 2001, 56(增刊): 8~ 18.

[11] 陈毓芬, 廖 克. 中国自然景观综合信息图谱研究 [J]. 地球信息科学, 2003, (3): 97~ 102

[12] 廖 克, 秦建新, 张青年. 地球信息图谱与数字地球 [J]. 地理研究, 2001, 20(1): 55~ 61.

[13] 廖 克. 中国自然景观综合信息图谱设计和建立的原则与方法 [J]. 地理学报, 2001, 56(增刊): 1~ 6

[14] 陈述彭(主编). 地学信息图谱的探索研究 [M]. 北京: 商务印书馆, 2001.

[15] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用 [J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337~ 343

[16] 陈述彭. 地学信息图谱刍议 [J]. 地理研究, 1998, (增刊): 3~ 9

[17] 承继成. 资源环境信息图谱机理探讨 [J]. 地理研究, 1998(增刊): 17~ 22

[18] 郝永萍, 李宝林. 浅议地学信息图谱的理论基础与技术支持 [J]. 地理研究, 1998(增刊): 50~ 56

[19] 励惠国, 岳天祥. 地学信息图谱与区域可持续发展 [J]. 地球信息科学, 2000, (3): 48~ 52

[20] 马蔼乃. 思维科学与地理研究 [J]. 地理学报, 2001, 56(2): 232~ 238.

[21] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题 [J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264~ 270

[22] 周 俊, 徐建刚. 小城镇信息图谱分析 [J]. 地理科学, 2002, 22(3): 324~ 329

Basic Theories of Geo-Info-TUPU

CHEN Yan^{1, 2}, QI Qing-Wen², YANG Guo-Shan¹

(1. Nanjing Institute of Geography and Linology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008
2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract Geo-Info-TUPU was put forward firstly by a Chinese scientist during the 1990s. Based on plenty of materials, we concluded that Geo-Info-TUPU is resulted from the developments of the subjects and technologies including cartography, geo-info sciences and “3S”, synchronously influenced by the combination of the imagination and the abstract thinking in the geography science. Based on the analysis of the Geo-Info-TUPU’s development process, we expatiated on the theories of the Geo-Info-TUPU, including the basic conception and character, research contents and objects, and the significance of the Geo-Info-TUPU, finally the prospects of the Geo-Info-TUPU was discussed.

Key words Geo-Info-TUPU; basic theory; Geo-information Science