

论地理信息系统及其在地理学中的地位

何建邦 钟耳顺

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)
国家计委

摘要 地理信息系统技术的兴起代表了地理学发展的一个重要方向。地理信息系统是一门处理地理(空间)数据的综合信息技术, 它属于技术地理学的范畴, 它为资源与环境的管理和规划以及地理学的研究提供了一个革命性工具。另一方面, 地理信息系统的建立和应用又依赖于地理学理论和实用模型的发展。进一步沟通地理信息系统与空间分析之间的关系是目前促进地理信息系统发展的重要课题。

关键词 地理信息系统 技术地理学 空间分析

地理信息系统的出现无疑是近 20 年来地理学的一个革命性事件。它发展之快、应用之广、影响之深刻是其它地理学科无可比拟的。美国学者 H. D. Parker 认为, 地理信息系统的时代已经到来^[1]。

作为一门新兴的高技术, 地理信息系统已引起我国科技界, 特别是地理学界的广泛重视。陈述彭在“地理系统与地理信息系统”^[2]一文中, 充分阐明了地理信息系统在地理学中的重要作用, 指出它是地理学发展的一个重要方向。

为促进我国地理信息系统的正确发展, 对它的一些基本理论问题进行探讨, 无疑是很有必要的。

1 地理信息系统基本概念的讨论

地理信息系统萌发于 60 年代初。1960 年, 加拿大的 R. F. Tomlinson 等人利用计算机进行森林分类和统计取得了成功, 后来在加拿大农业部的资助下, 40 多人经三年研究开发了一个地理数据分析系统^[3]。当时对该系统命名则难以确定, 曾用过“计算机制图与统计系统”(Computer Mapping and Statistical System)、“空间数据系统”(Spatial Data System)、“土地信息系统”(Land Information System)等名称。后来在一位加拿大政府内阁成员建议下, 采用了“加拿大地理信息系统”(Canada Geographic Information System)这一名称。

然而, 地理信息系统作为一个专门的科学术语最早出现于 1968 年。在联邦科学与工业研究组织(CSIRO)的一次学术会议上, Tomlinson 提交了一篇题为“区域规划中的地理信息系统”的论文, 最早提出了地理信息系统的概念。

来稿日期: 1992 年 5 月; 收到修改稿日期: 1992 年 8 月。

现在,地理信息系统 (Geographic Information Systems, 简称 GIS) 这一术语在国际学术刊物上已广泛出现,并且有许多同义词,诸如“地学信息系统”(Geo-Science Information systems)、“地基信息系统”(Geo-base Information Systems)、“自然资源信息系统”(Natural Resources Information Systems)、“地理编码信息系统”(Geo-Coded Information Systems)、“土地信息系统”(Land Information Systems)、“空间信息系统”(Spatial information systems)及“地理数据系统”(Geographic Data systems)^[1-4]等。

另一个比较常用的同义词是“多用途地籍系统”(Multipurpose Cadastre)。它主要是对土地地籍,包括土地的自然要素和所有权等方面内容的记录。有的学者则用“多用途土地信息系统”(Multiple Land Information Systems)这一术语^[5]。

在我国,常把地理信息系统称之为资源与环境信息系统 (Resources and environmental Information System)。

地理信息系统技术通常易于与其他许多空间数据处理科学与技术混淆,如遥感、制图学、测量学、摄影工程和地理学等。所以 R. E. Dahlberg 和 J. R. Jensen 建议采用新的概念模式,把它们统称为“综合空间信息系统”(Integrated Spatial Information System)^[6]。当然,在各种文献中使用最多的是“地理信息系统”这一术语。

那么,什么是地理信息系统?

纵观国际学术界对它的定义,同样是众说纷纭,各家不一。D. F. Marble 等曾把地理信息系统定义为“一种处理空间数据的系统”^[7], J. K. Berry 认为“地理信息系统是内部关联的、自动化的空间信息系统”^[8]。K. C. Clark 则把地理信息系统定义为“一种对空间数据进行采集、存储、提取、分析和显示空间数据的一种工具”^[9]。H. A. Devine 和 R. C. Field 则把地理信息简单定义为“一种扩展了地图功能的工具”^[10]。而 Tomlinson 认为“地理信息系统本身并不是一个单独的领域,而是信息处理和许多涉及空间分析技术的领域之间的一个共同基础”^[11]。美国数字地图与地理信息系统的权威机构—联邦数字地图协调委员会 (FICDC) 在其发布的一个题为《评价地理信息系统技术的方法》的文件中,把地理信息系统定义为“旨在解决复杂的研究、规划与管理问题,让用户采集、管理和分析大量空间数据和相关属性数据的计算机系统”^[12]。

也有学者,如 Calkins 和 Tomlinson,甚至认为地理信息系统并不一定基于计算机^[13]。在 Star 和 Estes 合著的《地理信息系统导论》一书中,还专门讨论了人工地理信息系统^[14]。

俄罗斯学者关于地理信息系统的定义更加广泛,如 Trofimov 把地理信息系统定义为“一种解决各种复杂的地理相关问题,具有内部联系的,一组方法上、数学上、软件、硬件上和组织上的工具集合”^[15]。

也有学者从功能上来定义地理信息系统。如 D. J. Coven 认为地理信息系统是“在解决问题时,处理空间数据的一个决策系统”^[16]。P. Parent 和 R. Church 认为地理信息系统的目的是通过叠加和其他分析操作,把原始数据转换成能支持决策过程的新信息。并可以分为城市、土地、森林、自然资源等许多不同类型的系统^[17]。

英国著名地理信息系统与自动制图学家 D. Rhind 作过这样的回答:“如果问一百个人,什么叫地理信息系统,也许会有九十九种答案,不过地理信息系统是一种技

术”¹⁾。他所强调的地理信息系统是一种技术,并非简单的信息系统。H.D. Parker 也认为“地理信息系统”这个术语本身就容易引起误解,它并非一种特殊的信息系统,而是一种复杂的信息技术。只有把它视为一种技术,才能显示其真正意义。所以他建议最好把地理信息系统定义为“一种存储、分析和显示空间信息和非空间信息的信息技术”^[1]。

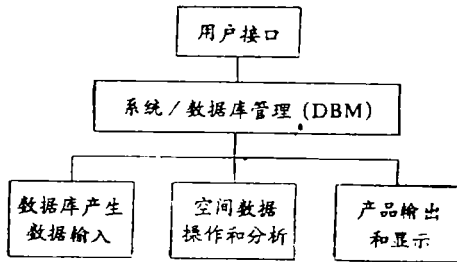


图 1 地理信息系统逻辑构成示意图

Fig. 1 Conceptual structure of a GIS

以上各家观点,虽各持所见,但有一个共同点,即它们都强调地理信息系统对空间数据的处理。所谓空间数据,是指对出现在行星地球的表面及其附近的地理现象的记录,都与地形有关,具有地理位置特征,均可以用地图予以表示。例如一条街道,它是一个地域,占据一定空间,具有特定的地理坐标,同时也具有反映其特征的属性指标。陈述彭认为地理信息系统的特定性质属于空间型,区别于其他统计型信息系统。它的最根本的特点是每个数据都按地理坐标来编码,即首先是定位,然后才是各种定性(分类)、定量的属性^[2]。处理空间数据是地理信息系统的最大特点,是区别于其它信息系统的标志,同时也是它的技术难点和关键所在。

美国联邦数字地图协调委员会(FICCDC)把地理信息系统描绘成图1所示的概念框架^[3],分为用户界面、系统/数据库管理、数据输入和数据库产生、空间操作和分析、产品输出和显示等五大功能部分。

用户界面是操作者与数据库和地理信息系统应用模块进行通讯的方法,是简化和组织用户与系统之间关系的软件功能(包括菜单、帮助显示和图形显示等)。

系统或数据库管理是提供实现地理信息系统功能的环境和控制数据的手段。地理信息系统的数据库与普通数据库(DBMS)比较,具有更强的增加、删除、布尔运算等方面的能力,是一种复杂的数据库系统。它不但处理普通的文字数字数据,而且处理图形数据。著名的地理信息系统专家 M. F. Goodchild 认为地理信息系统是一个使用空间数据库,为查询各种地理要素提供答案的系统^[4]。而这种数据必须基于某种地理模型之上。数据库管理系统必然解决地理坐标信息和与地理实体相关的属性和变量之间的联接。

数据输入是产生数据库和建立地理信息系统的最基本工作,也是一件复杂工作。数据采集、预处理和输入的费用往往超过地理信息系统硬件和软件系统的费用。在数据输入的同时还要进行编码,建立拓扑结构和变量之间的联接。

地理信息系统也被认为是一种处理空间数据的工具箱。地理信息系统各个子系统或模块都提供某种工具,如空间数据查询、拓扑分析、布尔运算等。其它系统,如图像处理系统,自动化制图系统等,虽具有某种功能,但不能象地理信息系统那样成为一个复杂的工具箱。随着地理信息系统技术的发展,人工智能、模糊数学等学科的引入,地理信息系统工具箱能力将不断增强,逐步智能化。

1) 个人通信。

地理信息系统可以根据设计产生各种地图、图表、文字等信息。其最大特点是可以产生新信息。例如,在一个地理信息系统中,可以把有关人口、土地、水资源等多种要素进行叠加,从而产生关于这些要素的综的、相关的新信息以提供给用户。

地理信息系统是一种管理工具和决策支持系统,有着广泛的应用前景。它是一种无形的软技术,其潜力不但取决于技术本身,即硬件和软件的设计,而且取决于对它应用的机构和人员的思想方法,组织实施等方面。所以地理信息系统不是一种单纯的技术,它涉及社会等多方面的要素,是一门介于自然科学和社会科学的综合性技术。综上所述,地理信息系统是为了解决各种复杂的规划与管理问题而设计的用于支持对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示的计算机硬件、软件系统和处理过程。

2 地理信息系统在地理学中的地位

地理学是一门研究地球表层上作为整体及各个事物空间分布规律的科学。Gottmann认为:“如果地球是一个象弹子球那样光滑的均质球体,也许就没有地理学这门科学”^[19]。由于地球的非均一性,地表空间变化的复杂性,又由于地表上的事物极其多样,所以地理学的研究对象极为复杂。对于地理学家,不论从事什么研究,以下三个问题是最基本的:①地理空间中地理现象发生的地点;②现象的特征;③各现象之间的空间关系。要回答这些问题,地理学家必须处理各种描述地理现象的地理数据,而这些数据的最大特点是具有空间位置。在古代,我们的祖先创造了地图来记载地理现象,并以地理坐标来确定其空间位置。地图对地理现象的记载是以一种模拟方式来标记地理数据的。这种模拟方式延续了上千年。随着计算机技术的发展和地理信息系统的兴起,实现了以计算机的数字来记载和表达地理数据。这种由地图的模拟方式到计算机精确的数字表达方式,是地理学过去三十年来的一场巨大变革^[20]。

地理信息系统是计算机技术与地理学相结合的产物,即利用计算机技术处理与地理坐标相关的问题。对于计算机来说,地理信息系统是计算机技术在地理学的应用,它是目前计算机领域中最活跃的方面之一^[21]。从其应用方面说,地理信息系统远远超越了地理学,但从其研究对象和处理方法来看,它仍属于地理学的范畴,是一门边缘地理学科。

地理学是一门古老的科学,同时又是一门正在发展中的科学。随着地理学的不断发展,内容在不断扩大,方法在不断更新。如遥感技术的出现,使得对全球自然环境变化的观测成为可能,大大扩大了地理学家的视野。计算机技术的引入,特别是地理信息系统的兴起,为地理学定量化提供了技术保证。另一方面,地理学对社会的影响也在日益加深。人类社会所面临的许多问题,如人口、资源、环境等问题,都离不开地理学,从而对地理学提出了更高、更新的要求。

现代地理学在不断发展,其主要发展方向可以归纳为两个方面:一是走向综合,走向系统科学,即综合集成,建立钱学森所倡导的地球表层学,加强理论研究。现代地理学的另一发展方向是走向实际和应用,为解决资源与环境等许多复杂问题作出贡献。新技术在现代地理学中的应用及新技术和地理学相结合,产生了一系列新的边缘应用性学科,遥感技术和地理信息系统是现阶段的代表。

就现代地理学而言,牛文元把它划为理论地理学、实验地理学和技术地理学三个分支^[2],地理信息系统应属于技术地理学范畴。陈述彭认为技术地理学主要由定点观测网站、遥感技术和地理信息系统三部分构成¹⁾。根据以上讨论,我们认为现代地理学主要构成如图 2 所示的框架。

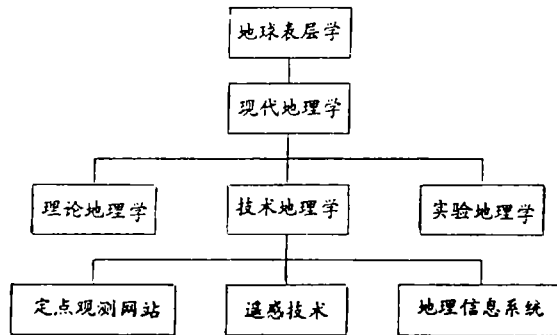


图 2 现代地理学主要构成框架

Fig. 2 Sketch map of the main structure of modern geographical science

地理信息系统与地理学有着密切关系,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的一次质的飞跃。而地理学是地理信息系统的理论依托。Parker 把地理学称之为地理信息系统之“父”^[3]。离开了地理学或地理背景,计算机所处理的空间数据只是一堆无意义的数字;同样离开了地理学模型,计算机也无从建立真正的地理信息系统。另外,地理信息系统与地理学的许多分支,特别是地图学、大地测量学、地形学、遥感技术等有着密切的关系。

在地理信息系统之前,地图就是一种空间信息载体。但地图记载地理信息受到许多方面的限制,其中有两个最基本限制:一是一张地图记载和描述的数据很有限;二是对地图数据的提取只有通过人工进行,而且对图形要素的量算和计量分析极不方便。另外,人们记忆地图信息的能力有限。用传统的地图学进行图层叠加也是困难的、有局限的。而正是地理信息系统提供了一种良好的地图图层叠加工具。

遥感图像是一种综合的地理信息源,它包括各种地理要素;同时又是一种空间信息,为地理现象的空间分析提供定位、定性和定量的数据^[4]。地理信息系统发展至今和遥感技术几乎不可分割。

遥感图像处理通常需要一些辅助数据,以达到最大程度利用其信息量和最高分辨率,地理信息系统可以提供这方面的能力。如利用遥感图像进行高精度专题分类时,就必须利用高程数据、土地覆盖和土地利用等附加数据,这样就自然需要一个较好的地理信息系统环境,地理信息系统可以把从原始资料、实验室和野外考察中所获取的大量数据与遥感数据相结合,从而提高遥感图像处理和解译的精度。另一方面,地理信息系统的应用,在很大程度上又依赖于系统中拥有数据的适时性和精度。对于各种地理信息系统,遥感是

1) 刘高焕,新技术地理学——与学部委员陈述彭教授的一次交谈,地理新论, 1987(2)。

其重要的外部信息源。通过分析和解译航片,然后把解译结果记录在具有各种特征位置的覆盖层上,覆盖层可以通过数字化输入地理信息系统。从现代观点看,地理信息系统必须和遥感有机地结合起来,否则它们均不能发挥各自最大技术潜力。遥感数据几乎总是以栅格数据结构进行处理和存储的。当同时在图像处理系统和栅格地理信息系统工作时,实现数据交换是相对容易的。而今,在许多地理信息系统中,实现栅格和矢量数据互相转换只是一项基本功能。

地理信息系统的出现对地理学产生了巨大影响,它为地理学提供了一个现代化技术工具,使地理学从传统的定性描述走向定量分析,从单系统走向复杂系统具有更好的技术手段。地理信息系统既提出了一种挑战,又提供了一个机会。它对信息的采集和处理能力之大,使我们对信息评价拥有强大的技术手段。充分利用这一现代化工具为资源与环境评价作出贡献。

地理信息系统只是一种技术,一种工具,它并不能代替地理学的其它分支,也不能由地理信息系统本身产生新的地理学理论。另外,虽然地理信息系统的出现极大地推动了地理学的空间分析技术,但是在现阶段,空间分析与地理信息系统之间仍缺乏相互沟通。今天计算机技术已经发展到了一个新的高度,为地理信息系统的发展提供了良好的技术基础,然而空间分析技术却显得不足,阻碍了地理信息系统的设计和应用。研究和空间分析理论和技术以及地理信息系统的相互联系,是目前地理学的一项重要任务。

参 考 文 献

- 1 Parker HD. The Unique Qualities of a Geographic Information System: A Commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1988, **IV**(11).
- 2 陈述彭. 地理系统与地理信息系统地理学报,1991,46(1): 1—7.
- 3 Tomlinson RF. The Impact of the Transition from Analogue to Digital Cartographic Representation. *The American Cartographer*, 1988, **15**(3): 249—261.
- 4 Clark KC. Recent Trends in Geographic Information System Research. *Geo-Processing*, 1986(3): 1—15.
- 5 Clapp JL, Maclaughlin JD etc. Toward a Method for Evaluation of Multipurpose Land Information System. Proc. Annual Conference of the Urban and Regional Information Systems Assoc. 1985.
- 6 Dahlberg RE, Jensen JR. Education for Cartography and Remote Sensing in the Service of an Information Society: the U. S. Case. *The American Cartographer*, 1986, **13**(1): 51—71.
- 7 Marble DF, Peuquet DJ. *Geographic Information Systems and Remote Sensing*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 2 ed. Falls Church, Virginia. 1983. 923.
- 8 Berry JK. Learning Computer-Assisted Map Analysis. *Journal of Forestry*, 1986(10): 39—43.
- 9 Burrough PA. *Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment*. New York: Oxford University Press, 1986. 193.
- 10 Devine HA, Field RC. The Gist of GIS. *Journal of Forestry*, 1986(8): 17—22.
- 11 Tomlinson RF(ed). *Geographic Data Handling*. IGU Commission on Geographic Data Sensing and Processing. Ottawa. 1972.
- 12 Gupta SC(ed). *A Process for Evaluating Geographic Information Systems*. U. S. Geological Survey Open-File Report 88—105. FICCDC. 1988. 3.
- 13 Calkins HW, Tomlinson RF. *Basic Reading in Geographic Information Systems*. Williamsville, New York: SPAD systems Ltd., 1984. 363.
- 14 Star J, Esters J. *Geographic Information Systems: An Introduction*. Prentice Hall, New Jersey. 1990. 4—9.
- 15 Koshkariv AV, Tikunov VS, Trofimov AM. The Current State and the Main Trends in the Development

- of Geographic Information System in the U. S. S. R.. *INT. J. Geographical Information Systems*, 1989, 3(2): 256—272.
- 16 Cowen DJ. On Application Issues in GIS. NCGIA Core Curriculum. 1989. Unit 51.
- 17 Parent P, Church R. On Application Issues in GIS. NCGIA Core Curriculum. 1989. Unit 51.
- 18 Goodchild MF. Geographic Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma. *The Operational Geographer*, 1989, 8: 34—38.
- 19 Cole JP, King CAM. *Quantitative Geography*. Great Britain: John Wiley Sons Ltd. 1968. 1—2.
- 20 Barbara BP. Forward. *American Cartographer*, 1988, 15(3).
- 21 Suguwar S. The Making of a GIS Map. *The Washington Post*, 1989. 8.7.
- 22 牛文元. 论理论地理学. *科学报*, 1989.3.2(2).

ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ITS STANDING ROLE IN GEOGRAPHICAL SCIENCE

He Jianbang, Zhong Ershun

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Key words Geographic Information Systems; Technical Geography; Spatial Analysis

Abstract

The rise of Geographic Information Systems (GIS) is one of the main developing trends in geography science. For facilitating the development of the technology, it is very important and necessary to deal with the basic theories of GIS and its relation with geographical science. |

Many terms are used as synonyms for GIS. This paper reviews the terms and concepts used in the literature of geography. It views that GIS is not a simple information system, but a complex information technology. The significant feature of this technology is focused on the geographic (spatial referenced) data handling. The GIS components are user interface, database management, database creation, spatial data manipulation, analysis and display and product generation. GIS provides a strong tool for management and planning of resources and environment, so it is of an organizational function.

GIS technology is often related with many other sciences that are concerned with spatial data. Specially, GIS has a very strong relation with geography, which can be seen as the "father" science to GIS. Geography offers spatial analysis and operational models to GIS and GIS provides a revolutionary tool to geographical research. It is concluded that GIS belongs to the domain of scientific geography and represents one of the two developing trends in geographical science. At present, the lack of mutual awareness between spatial analysis and GIS is a major impediment to the dissemination and adoption of this technology, which makes a major task for geographer.

作者简介

何建邦,男,1937年1月生,研究员。1962年毕业于武汉测绘学院,以后曾在中国科学院综合考察委员会、地理研究所、遥感应用研究所从事专题制图、自动制图和地理信息系统研究和应用工作。最近的研究课题主要在地理信息系统的规范与标准、自然灾害信息系统的建立和应用方面。目前正在主持编著《我国资源与环境信息系统系列文集》。