

数字地球的研究及其应用 Research and Application of Digital Earth

赵永平

(清华大学土木系 3S 研究中心, 博士后 北京 100084)

承继成

(北京大学遥感与 GIS 研究所, 教授 北京 100871)

随着 1998 年 1 月 31 日美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心关于“数字地球”讲话内容的出台, 以及 OpenGIS 等网站上对该文的发布, 全球从事空间信息研究的科学家们便为之鼓舞, 开始了继 1992 年信息高速公路之后的人类又一大壮举, 即建设“数字地球”的空间信息革命。

事实上数字地球技术的酝酿已经历了数十年的历程。它起源于本世纪 60 年代的数字地理信息革命, 是在遥感、地理信息系统、全球定位系统等技术的不断成熟下, 随计算机和网络通讯技术的飞速发展而不断形成的。到目前为止, 这场技术变革已使我们获取、存储、处理和显示空间信息的方法发生了天翻地覆的变化, 使得我们对有关我们所在的星球以及周围环境、文化现象等史无前例的海量数据的处理成为可能, 而它们中的大部分信息是有关地球的, 即与地表位置有关的信息。

综观历史, 自从人类第一颗卫星升入太空以来, 遥感技术已获取了大量的有关地球的数字信息, 并存储在数字库里, 使我们具备了利用数字信息研究星球的海量信息。然而与此同时, 人类所面对的问题却是大量的信息堆积, 与人们对信息的饥渴之间的矛盾, 无法使用大量的闲置在那里的数据。因此, 迫切需要建立一种有效的途径, 使用这些信息源, 即把大量的原始数据转变为人们可以理解的信息, 并在网络技术的支持下, 共享这些数字资源。这样, 建立一个数字地球, 实现信息资源的共享与合理使用, 便很自然地成为这场空间信息革命浪潮所面临的关键问题。

一、数字地球的关键技术

数字地球的建设是一项巨大的跨世纪项目, 涉及到超海量数据, 没有任何一个政府组织、企业或学术机构可以单独完成这一工程。事实上, 它就像 WWW 一样, 需要数十万的个人、公司、大学、研究机构以及政府组织等的共同参与和辛勤劳动才能

逐步完善。我们必须利用现有技术和资源去逐步建立并完善数字地球, 正如戈尔所说的“尽管这种景象如同科幻小说中描述的一样, 但建立数字地球所需的许多技术和能力已经具备或正在发展中”。

从目前来看, 数字地球主要涉及的是影像和超媒体数据, 而这些数据又具有真三维显示和多维仿真特点, 可以通过它们对地球进行多发分辨率的表示, 并可以在其上添加许多与我们所处的星球有关的地学数据。从现有的计算机技术来看, 目前普遍使用的与数据打交道的工具, 诸如 Macintosh 以及 Windows 等操作系统等都不可能真正地适应这一挑战。因此需要建立一个数字地球, 以使它具有为用户提供导航和搜索地理空间信息的能力, 同时还拥有使地理空间信息生产者发布其产品的机制。这样, 建立主要由一个不同分辨率尺度下的地球三维可视化浏览界面即“用户接口界面”、一个快速增长的网络化地理空间信息世界以及多源信息的集成和显示机制组成的数字地球便成为我们的当务之急, 而要完成这一庞大的体系所需的科学计算、海量存储、卫星图像、宽带网、互操作以及元数据等关键技术, 便是数字地球建设的核心内容。

科学计算 自然界所涉及的领域是包罗万象的, 我们所研究的物质的体积从微小的离子到巨大的天体, 物质的变化周期从 10 亿分之一秒到 10 亿年, 因此用传统的方法很难对其做精确的研究; 而伴随计算机的问世以及高速计算机的出现, 人类已可以通过科学计算和仿真模型对地震、暴雨等自然现象进行模拟。因此, 科学计算便成为数字地球模型中的主要技术, 通过它, 可以对不同的数据进行科学的理解。

海量存储 庞大的信息源是构成数字地球的关键。据初步估计, 一个数字地球可以拥有 10^{15} 字节的信息, 并且它的信息量随着人类对地观测技术的提高会不断地增加。目前陆地卫星等传感器每天向地面传输大量的信息, 仅美国航空航天局的地球行星计划项目, 每天就为数字地球增添 1 000G 的信

息,因此,海量存储技术便成为数字地球的支柱。

卫星图像 1米分辨率的图像已在美国开始使用,它将成为数字地球的核心内容。通过这些信息便可以对地球进行实时观测与更新,而它的精度可达至如同用一架照相机从伦敦拍摄巴黎,可以清楚地看到视场中汽车前灯那么宽范围内的目标。这项神奇的技术可以使人类达到先前用航空相片才可实现的精度,使多尺度数字地球的建立成为可能。

宽带网 和网络技术的发展一样,数字地球所需的信息也将由分布在全球各地的空间数据库组成,它们之间通过高速网络连接在一起,可以实现数据的无缝操作。目前美国已开始建设 10 吉/秒字节传输速率的网络,并把千兆级传输速率作为下一代 Internet 技术的关键。因此,要传输海量数据,进行科学计算,宽带网技术便成为数字地球能否走向实用的关键。

互操作 Internet 和 WWW 技术之所以成功,归功于诸如 TCP/IP 等成功的网络协议的支持,数字地球也存在这一问题。目前国际标准化组织地理信息/地球信息业委员会(ISO/TC 211)、美国联邦地理数据委员会(FGDC)、开放地理数据协会(OpenGIS 协会)等单位都在致力于这一技术的研究,以寻求空间信息互操作的方案。

元数据 元数据是“关于数据的数据”或“关于信息的信息”,它是数字地球的引擎。通过元数据可以对数字地球中自己关心的内容进行查询和浏览,并可以了解所需信息的质量、表示方式等内容。目前 ISO/TC 211 和 OpenGIS 协会等组织已经达成协议,正在制定全球空间数据元数据标准,这一体系将在 1999 年底出台。

除此之外,仍有许多技术在支持着数字地球的建设和发展,只是还需进一步研究才能逐步认识它们的重要性。但上述所涉及的 6 大技术目前已经具有阶段性成果,为建立数字地球奠定了基础。我们的时代已经具备了建立数字地球的能力,并且这种能力将随着时间的推移而不断地提高、完善。

二、数字地球的实现层次

数字地球是人类迄今为止最大的一项空间信息技术工程,因此对于这一体系的建设,决不可急于求成,而需要从全球、区域以及国家等不同层次上去逐步研究、建立,并日趋完善,走向实用。

1. 全球层

数字地球在全球层的发展思想,早在 1996 年 9 月在波恩召开的有关全球空间数据基础设施的国际会议上便确定了。在那次会议上,经各参会国以及大西洋研究所、土地信息研究所(ILI)、Open GIS 协会以及美国联邦地理数据委员会(FGDC)等组织

的共同协商,通过了建设全球空间数据基础设施的建议计划,形成了全面建设空间信息高速公路的全球倡议,它便是数字地球的全球层雏形。

随着全球空间数据基础设施计划的出台,ISO/TC 211、Open GIS 协会等组织便全面开始了与建立数字地球相关的协议和标准的研究与制定工作。到目前为止,ISO/TC 211 已成立了框架和参考模型(WG 1)、地理空间数据模型和算法(WG 2)、地理空间数据管理(WG 3)、地理空间服务(WG 4)以及行业及功能标准(WG 5)等 5 个工作组,并分为 20 个工作小组全面制定地理信息/地球信息业的全球标准。另外,作为全球地理信息产业界最大的国际组织 Open GIS 协会来说,它目前已与 ISO/TC 211 在诸如元数据等许多标准制定方面达成了协议,以共同推进全球地理信息/地球信息的产业化过程。这些组织的事先行动,使目前数字地球在全球层的建立成为可能。

2. 区域层

区域层的数字地球或数字区域建设,是地区性信息共享和经济合作的重要基础。在这一领域建设中,欧洲地理信息标准化委员会(CEN/TC 287)以及亚太地区空间数据基础设施常设委员会都已开展了大量的工作,为数字地球在区域层的建设奠定了基础。其中,CEN/TC 287 成立了 4 个工作组,从地理信息标准化框架(WG 1)、地理信息模型和应用(WG 2)、地理信息传输(WG 3)以及地理信息定位参考系统(WG 4)等方面直接参与有关数字地理信息标准的制定工作;而亚太地区空间数据基础设施常设委员会尽管不参与标准的制定工作,但也成立了地理信息基础设施和组织框架、地籍基础设施问题、亚太区域大地网以及空间数据获取和共享的立法和管理计划等 4 个工作组,领导着亚太地区积极地采纳与使用国际标准,使亚太地区的空间数据能够最大程度地共享,为多尺度数字地球的建设作了大量的准备工作。

当然,数字区域的建设因地区的大小会有不同的划分,它们可以是几个国家层数字地球(或数字国家)的组合物,比如由加拿大、美国以及墨西哥形成的北美数字区域;也可以在有些地区因涉及的国家范围太大时,由数字国家直接构成数字区域,比如印度、中国、俄罗斯等国。因此,数字区域作为数字地球的基本组成,可以根据地区的大小灵活选择建立的模式。

3. 国家层

数字地球在国家层或数字国家的建设,是数字地球中相对容易实现并且非常关键的内容,目前许多国家已开始涉足信息革命浪潮中的这一问题。特别是随着美国联邦地理数据委员会(FGDC)等组织的成立,地学信息正在由先前的封闭状态向开放式

过渡,并且自从美国提出建立国家空间数据基础设施这一计划后,大量已完成或正在制定的空间信息标准已使国家层地学信息共享逐步成为现实,即数字国家的建设已日趋成熟。

目前隶属于联邦地理数据委员会的美国国家空间数据交换中心(Cleaninghouse)已初具规模,具备了数字地球的原始功能。用户已可以通过元数据引擎查询自己感兴趣的地理信息,并可以发布自己的空间数据,使系统能够即时地得到更新。

另外,FGDC正在制定的一系列标准也将推进数字国家中微观信息的共享,即诸如数字城市、数字县城、数字社区等内容的检索、浏览与获取。克林顿总统提出的2000年预算又进一步加大了对这一领域的投资,将促使数字地球信息逐步走向家庭,成为人们日常信息获取与使用的基本方式。

三、数字地球的应用潜力

数字地球的应用潜力是巨大的,它几乎涉及到人类生活的各个方面。因此,随着可访问和可使用的全球地理空间信息的日益增长,以及遥感、全球定位系统等技术对信息的实时支持,数字地球将率先在下列领域取得广泛的应用。

指导虚拟外交 战争、领土争端、贸易冲突甚至周边关系均是外交领域中的棘手问题,而通过数字地球技术则可以使这些问题通过谈判的方法得到解决。当谈判双方通过数字地球用虚拟现实的方法看到所仿真的战争后果、领土争端僵持的结局以及贸易冲突给双方造成的直接损失时,很多问题便会在谈判桌上得到圆满的答案。

打击犯罪活动 打击犯罪是数字地球的另一重要应用。目前美国政府正与司法部联合,准备把区域数字地图软件用于打击犯罪,他们准备把一个个叫做区域犯罪分析地理信息系统的新软件,作为试点发放给华盛顿市巴尔的摩区域的警察使用。该软件可以使社区的警察和居民很方便地共享有关犯罪方面的数据,并通过对犯罪活动的分布和频率信息的分析,使当局重新快速地配备警力资源,主动地抑制与打击犯罪活动。另外,美国加利福尼亚的盐湖城,通过利用GIS分析犯罪模式和帮派活动,已减少了该市的持枪犯罪活动。美国正在准备加大对这一领域的投资,使其具有广泛的应用前景。

适居型社区建设 “适居型社区”(Liveable Community)是戈尔副总统今年9月2日在华盛顿的Brookings Institution演讲时,为美国跨世纪发展所提出的名词,即是指21世纪是一个经济增长的时代,只有通过合理地规划我们的社区,吸引大量的投资,才可赢得经济的合理增长。在这一演讲

中,他指出政府已经准备投资加强对空间数据交换中心的使用,使社区的居民可以通过计算机浏览到他们的公园、建筑物以及农场等信息,甚至可以预测到他们的发展趋势。这样广大居民便可以通过数字地球参与到规划和构建他们舒适的未来社区的活动中,以建立适居型社区。尽管这一应用距发展中国家的社区建设仍有一段距离,但它已经给我们展现出了数字地球实用的潜力。

增加农业生产 随着人口的增长和大量良田被征用,21世纪的农业生产将成为人类可持续发展的瓶颈问题。目前美国正在以每小时50英亩的速度丧失良田,按照这种速度,美国将在下个世纪由目前的世界最大的粮食出口国成为第一大粮食进口国。为此,通过用GIS等技术对这一问题的分析研究,美国农业部已决定在19个州投资1720万美元作为试点工程,并与地方政府匹配的1.05亿美元一起,用于购买217个农场53000英亩良田的发展权,以便使它们仍能用于农业生产。同时,政府还决定加大对空间信息基础设施使用的资助,以使地方政府和居民可以利用空间信息直接参与到农业生产和农业规划之中。而政府、私人以及商业组织正在积极推广的精细农业工程,使农场主开始用卫星图像和全球定位系统等技术对作物的病虫害作早期监测,并规划杀虫剂、肥料和水的合理应用。按照这种模式,通过数字地球的模拟、仿真以及实时管理等特点,便可以进一步引导人们规划农业生产,并有效地提高生产效率。

另外,数字地球还在预测气候变化、保护生物多样性、灾害快速反应以及虚拟教育等领域具有可喜的应用潜力。

正如戈尔所说的,数字地球的建设不可能在一夜之间发生。因此,数字地球的建设不能急于求成,而首先需要建立一个试验场所,让政府、产业界以及学术机构等共同参与研究,在数字地球的机理、模型以及仿真等领域逐步地探索、完善。

事实上,当今的高科技成果已为我们提供了大量机会。首先,大量的地球高分辨率卫星影像、数字地图以及包括经济、社会和人口在内的信息,使我们的数字地球已具备了相当的规模;其次,美国航空航天局的1米分辨率的数字影像使我们建立数字地球至少所需的1米分辨率的全球数字地图成为可能;另外,新一代高速网络(Internet2)和通讯技术的改善,使大量的地学数据正在成为网络的主流,为数字地球的应用开辟了广阔的市场。可以肯定地说,建设数字地球时代已经到来,21世纪人类空间信息研究与应用的热点必将是数字地球。

(责任编辑 肖庆山)