

文章编号: 1001-8166(2009)09-0955-08

数字地球: 10 年发展与前瞻^{*}

郭华东

(中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 国际数字地球学会, 北京 100190)

摘 要: 数字地球是 20 世纪末期间世的定量化研究地球的一个新的战略方向, 是集空间科技、信息科技、地球科学等于一体的交叉学科领域。描述了数字地球的缘起和 10 年发展历程、概念模型与技术框架、科学与商业共享系统, 多层次多学科应用领域和包括国际数字地球会议、学会、学报在内的学术平台的建设。进一步指出数字地球的重要作用与巨大的发展潜力, 提出构建数字地球科学平台的设想。

关 键 词: 数字地球; 空间信息; 共享平台

中图分类号: P628⁺. 4 **文献标志码:** A

1 前 言

地球是目前人类唯一赖以生存的星球, 合理开发与利用地球资源, 有效保护与优化地球环境, 是全人类共同的责任。然而人类社会在经历了近年来的工业革命之后发现, 这个强大的物质文明社会的基础——自然资源的供应正在出现危机, 人类赖以生存的地球环境在受到自然和人为作用越来越严重的破坏, 一系列全球性和区域性的重大资源环境问题正日益严重地威胁着人类的生存和可持续发展。因此, 人类迫切需要更深入地了解地球、理解地球、进而管理好地球, 保护好人类共同的家园。

1999 年 12 月, 来自 20 个国家的 500 余名科学家、工程师、教育学家、管理者及企业家汇聚北京, 于首届国际数字地球会议召开之际发表了著名的“数字地球北京宣言”^[1]。宣言指出: 21 世纪是一个以信息和空间技术为支撑的全球知识经济的时代, 强调综合全球对地观测系统、全球空间数据基础设施、全球导航与定位系统、地球空间信息基础设施及动态过程监控的重要性; 认识到数字地球有助于回应人类面临的诸方面的挑战; 倡议政府、科技界、企业等共同推动数字地球的发展; 建议实施数字地球过

程中, 应优先考虑环境、灾害、资源、可持续发展与人类生活质量等方面。

数字地球北京宣言的发表, 标志着 1998 年戈尔先生提出数字地球概念后该领域在全球范围的正式推进^[2]。数字地球是把有关地球的海量的、多分辨率的、三维的、动态的数据按地理坐标集成起来的虚拟地球, 是地球科学、空间科学、信息科学的高度综合, 数字地球建设是一场意义深远的科技革命, 是地球科学研究的一场纵深变革。

2009 年 9 月, 在首届数字地球国际会议 10 年之后, 第 6 届国际数字地球会议又将在北京召开。数字地球已走过 10 年的道路, 在这个时刻, 回顾数字地球 10 年发展, 前瞻未来走向是有其特殊意义的。

2 数字地球理论技术

2.1 理论框架

地球信息科学是数字地球的理论基础, 它包括地球系统理论和信息科学理论、地球耗散结构与自组织理论和地球分形与自相似理论等。其中, 地球信息理论是基础, 地球系统理论是核心。研究中, 我们提出数字地球概念模型, 指出现实地球、意识地

^{*} 收稿日期: 2009-08-09 修回日期: 2009-08-18

^{*} 基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目“空间观测全球变化敏感因子的机理与方法”(编号: 2009CB723906)资助。

作者简介: 郭华东 (1950-), 男, 江苏徐州人, 研究员, 主要从事雷达遥感、对地观测、数字地球研究。E-mail: hdgu@ceode.ac.cn

球、数字地球三者之间的互动关联关系;构建了包括数字地球抽象模型、大气圈层信息化模型和分析理论 3 个方面组成的数字地球理论框架^[3]。

数字地球主要由空间数据、文本数据、操作平台、应用模型组成。这些数据不仅包括全球性的中、小比例尺的空间数据,还包括大比例尺的空间数据;不仅包括地球的各类多波段、多时相、高分辨率的对地观测影像、各类不同比例尺的数字专题图,还包括相应的以文本形式表现的有关可持续发展、农业、资源、环境、灾害、人口、全球变化、气候、生物、地理、生态系统、水文循环、教育等等不同类别的数据^[4]。操作平台是一种开放、分布式的基于 INTERNET 网络环境的各类数据更新、查询、处理、分析的软件系统。应用模型包括在全球变化、可持续发展、农业、资源、环境、灾害、人口、气候、生物、地理、生态系统、水文循环系统等方面的应用模型。

2.2 关键技术

数字地球发展需要关键技术的支撑,以下是在戈尔所述基础上根据需求进一步归纳的 7 大关键技术^[5-6]。

对地观测技术。对地观测技术为数字地球提供空间数据源^[7-14],是数字地球发展的“血液”供给者。不仅需要高分辨率对地观测数据,也需要中、低分辨率数据。同时,GIS、GPS、虚拟现实技术均很重要。

海量存储技术。由于数字地球不仅涉及海量的空间数据,还会包括大量的经济、社会、人口等于地球有关的非空间数据,所以海量存储技术可为数字地球的应用储备“能量”。

科学计算。通过它可以解决辅助决策问题,同时还能促进产生知识的实验和理论方法创新。尤其是地球科学的实验,因为有的对象或过程不是太大,就是太小,有的速度太快或太慢,他们的跨度可以从十亿分之一秒到十亿年。

宽带技术。数字地球的数据量非常庞大,而且是由很多地区、国家和机构来完成的,浩繁、多源的数据必须通过一系列分布式数据库才能存储。而这些分布式的数据库之间只有通过宽带技术,才能实现数字地球海量数据的调用与共享。

互操作技术。万维网络通过一种简单、通用的网络协议使得其被广泛应用。因此,数字地球也需要通过一种简单的互操作技术,提高地理信息的可读性与可操作性^[15]。

元数据管理与存储技术。元数据是关于数据的

数据,是用于描述数据集的来源、日期、内容、质量、表示方式、空间参考(地理坐标)、管理方式以及其特征的信息。它是数据共享的重要工具。

格网技术。格网是将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体的分布式集成系统。数字地球的格网计算,即是使一些常规的计算资源、空间信息资源形成一个无缝的集成协同计算环境,为海量数据的空间分析提供计算资源的支持^[16]。

值得指出的是,近年兴起的云计算将成为数字地球建设的又一强大计算武器。云计算是分布式处理、并行处理和网格计算的发展,其原理是通过使计算分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或远程服务器中,使得应用者能够将资源切换到需要的领域,根据需要询问计算机和存储系统。这是一革命性进步,其核心内涵是计算能力可以根据需要通过互联网传输。未来只需要一台笔记本或者一个手机,就可以通过网络服务来实现我们需要的一切,包括超级计算这样的任务,最终用户将成为云计算的真正拥有者。

3 数字地球共享系统

近年来世界上研发了一系列可共享的数字地球系统,可分为科学系统和商业系统两种不同性质平台系统。

3.1 科学系统

以下为有代表性的几个数字地球科学系统^[17,18]。

3.1.1 World Wind

World Wind(WW)是 NASA 开发的一个数字地球平台^[19]。WW 可以让你以丰富的三维视觉体验地球的地貌,并且身历其境的对世界上任何位置进行访问。NASA 把 World Wind 作为一个开源的程序发布,以透过同仁的观点来改进它,并最大化 NASA 研究的理念和影响。WW 有以下特色:

- 三维引擎。World Wind 利用高精度的 Landsat 卫星数据和 SRTM 高程数据让用户身临其境地体验丰富的三维地球。只需要简单的鼠标或者菜单操作,就可以控制 World Wind 对其进行浏览,或者自动地缩放到某个地理位置。

- 全球图像。World Wind 展示了一个将 NASA 对地观测数据镶嵌而成的覆盖全球的图像,将 MODIS Terra 等多种卫星上获取的数据拼接在一起,总体上获得 1 km 空间分辨率效果。

• Landsat 7。利用 World Wind 可以看到无缝拼接的 Landsat 7 的详细数据集。该数据集是每个像元 15 m 精度的 Landsat 7 图像集, 并且包括可见光和热红外波段。

• SRTM。把 Landsat 7 和 SRTM 的数据组合起来, WW 可以显示地球的近景图。形象地说, 用户可以沿着任意方向飞行。另外 WW 可以放大这些视图, 这样用户更容易看到细节。

• MODIS。中等精度图像光谱辐射计或者 MODIS 生产一系列每天更新数据。MODIS 记录了火灾、洪水、沙尘暴、烟、暴风雨甚至火山活动。WW 以 250 m 的像素精度发布供下载的 MODIS 图像, 而且每天进行更新。

• 全球与地标集。World Wind 可以浏览和显示多种用户想要的全球数据, 例如, 用户可以下载当日全球的温度数据, 可以浏览降雨、气压、云层覆盖等数据。同时 World Wind 有显示地球上真实的三维地标模型的能力^[20]。

3.1.2 数字地球原型系统 (DEPS/CAS)

由中国科学院知识创新工程推出的数字地球原型系统 (DEPS/CAS) 由基础框架、关键技术和领域应用 3 个部分组成^[21]。第一部分为数字地球理论模型与技术框架; 第二部分涉及空间信息处理、空间数据仓库、虚拟现实、网络计算等关键技术; 第三部分是在不同空间层次和不同领域的应用。

该数字地球原型系统整合了 20TB 广域数据资源、22 个异构数据库系统、131 个计算和处理模型、突破了以下 10 项关键技术, 包括: MODIS 接受系统自动化处理; 网格计算、 workflow 技术与地学计算集成; TB 级服务器群集技术; 分层分幅无缝漫游方法; 大规模空间数据标准化处理; 地学虚拟环境下的交互操作与协同; Page 和 LOD/CLOD 技术大地形数据实时渲染与漫游; 纹理信息优化与 GPU 加速; DEM 的无损压缩技术; 金字塔结构遥感数据快速压缩与回放^[22, 23]。

DEPS/CAS 创建了以大型先进软硬件环境为核心的, 由空间数据接收、地理元数据、模型库、网格地学计算、空间信息库、地图服务和虚拟现实 7 个子系统组成, 含 300 m² 演示空间的高度集成的数字地球原型系统。系统研究制定并具备一套以相关国家和行业标准为参照的综合集成规范, 确保整个系统的无缝衔接, 是一个水平先进、可靠性强、开放度高的大型空间信息资源共享平台^[22, 23]。

该系统展示了在全球、全国和区域 3 个不同层

次不同程度的应用结果, 显示了在数字减灾、数字环境、数字农业、数字遗产^[24]、数字奥运^[25]等领域的重要作用和价值^[26]。

3.1.3 玻璃地球 (Glass Earth)

澳大利亚“玻璃地球”计划的宗旨是使大陆地表以下 1 km 的深度以及发生于其中的地质过程变得“透明”^[27]。“玻璃地球”计划作为一种勘探的理念, 是澳大利亚 100 多年金属矿产勘查经历了巨大的成功和摸索、勘探越来越深化、各种资料密度越来越大、精度越来越高的形势下提出来的, 也是基于过去 20 多年诸多因素, 如各大地质块体的深度风化、块体隐伏、勘探成熟度增加等造成勘探成功率大幅下降的背景下提出的。

“玻璃地球”计划包含 3 个主题, 即: 获取新资料的能力建设, 新资料判识、综合和解译的能力建设, 基于澳大利亚大陆的勘探模式的建立。项目主要包括: 机载重力梯度研究, 机载磁力梯度研究, 航空、航天和地面矿物化学填图, 地球化学勘探过程中的同位素示踪, 使用新型切割介质的高级钻探技术多重作用耦合的地质模型, 基于网络的虚拟与假设的验证能力。

“玻璃地球”计划的预期成果是建立可验证的针对澳大利亚不同地质块体的 4 维地质模型, 并验证这些模型与实际资料的近似程度, 最终这些模型将被用于对潜在的成矿区带进行客观的预测。

3.2 商业系统

2000 年以来, 一些大型的商业公司包括 Google 微软等, 开发了各具特色的数字地球软件系统, 也可称为数字地球的商业系统。数字地球软件系统的发展最早可从 2000 年微软公司推出了第一个以三维地球作为模型的地理教学软件 Atlas 2000 开始。这个软件将全球的地理数据都反映在一个三维地球上, 用户能够通过互联网由粗到细地浏览各种地理数据, 并可以进行属性数据和空间数据之间的双向查询。这个软件主要用作多媒体的地理教学, 它没有提供 GIS 中空间分析等功能, 也没有涉及遥感影像的无缝组织。

随后在 2001 年美国 Keyhole 公司开发了 Earth System, 将大规模矢量、遥感影像和重要点数据集融合进几个 TB 级的全球三维模型中, 这些数据发布可发布到 PCs、PDA 以及无线电设备中, 建立了一个比较完善的网络三维空间信息系统。但它对计算机的配置特别是显卡要求很高, 一般运行在配有 NVIDIA 显卡的客户端上, 对于当时绝大多数普通用

户来说,流畅的运行该系统是比较困难的。

2002年底美国的 Skyline公司推出的 Skyline系列软件,可以基于航空及卫星影像、地形数据和其它 2D、3D 矢量数据, Skyline TerraSuite 软件工具可交互式创建海量、具有影像实景效果的三维地形库场景,并提供场景浏览规划、查询和分析等应用功能。

2003年 ESR I公司推出的 ArcGIS 9中,在 ArcGIS 3D 分析扩展模块中提供了一个新的 ArcGlobe 应用程序,用来对多分辨率全球数据可视化。这个应用程序允许用户对很大三维数据进行可视化分析,并且速度非常快,并可查询相关地属性表。

2005年由 Google公司推出的 Google Earth将数字地球推向一个新的高潮,给国际社会带来空前的震撼。Google公司充分利用其功能强大的搜索引擎和遍布世界各地的网络服务体系,实现了互联网下基于海量遥感数据的自由浏览、查询、测量、路径分析、定位服务等功能,将数字地球科学技术的应用普及到网络上的挑战。同年,Microsoft公司也推出的一种面向网络的 3D 地图搜索服务——MSN 虚拟地球^[28]。

2006年 4月,Leica公司推出 Internet上的三维可视化和分布系统 Leica Visual Explorer (LVE) 3.1 系列相关软件,该软件成为数字地球地图服务的商业运营平台。该软件的最显著特点是:不需要任何预处理就能够快速实时打造三维景观,实现世界范围内成千上万用户的信息共享。使用太空星球视角的浏览环境,如何地方的用户都可以通过互联网,单独利用丰富的 GIS 和分析系列工具浏览和分析三维地形。

2006年 10月, Skyline公司又推出 SkylineGlobe 虚拟地球软件,作为全球性三维数字地图运营服务的基础平台^[29]。2007年 4月,法国政府选择了 SkylineGlobe作为其国家地理空间网络分布平台,计划于 2007年夏末对公众开放基于 SkylineGlobe企业解决方案的三维虚拟地球平台“Geoportail”。这将是首个并唯一一个覆盖全法国范围的高分辨率卫星影像的三维虚拟地球平台。

除以上科学与商业系统外,各国还启动了一系列与数字地球密切相关的计划,如由多个国家政府和国际组织参与的全球综合对地观测系统 (GEOSS) 计划; NASA 的行星地球使命 (MTPE) 计划; NASA 启动的新千年计划 (NMP); 德国的地球工程计划 (EEP) 等,这些计划对数字地球的发展起到了积极的促进作用。

4 数字地球的应用

数字地球可以充分地利用有关地球的所有信息,以促进社会进步和经济发展。数字地球的应用可以划分为全球层、国家层、区域层 3 个层次。全球层是指以整个地球为对象,主要包括全球气候变化、全球植被与土地利用、土地覆盖变化、生物多样性变化、全球海平面及海洋环境变化、全球地形变化及地壳运动监测、全球经济发展水平监测与评估等^[30]; 国家层是指以一个国家为对象,包括资源、环境、经济、社会、人口的动态监测与分析作为研究对象,尤其对于农作物种植面积、长势及估产、洪涝、旱灾、火灾、虫害等的监测,交通及经济状况监测等; 区域层是指以城市、集镇、农村、社区为对象,包括信息化带动传统产业改造和升级,经济社会发展态势、管理与服务等。目前,数字地球、数字中国、数字区域及数字城市、数字流域等研究在我国蓬勃展开^[31~34]。近年来,在数字减灾、数字环境、数字城市^[35]、数字农业、数字海洋、数字能源、数字资源、数字生态、数字水文、数字遗产^[24]、数字健康、数字旅游等方面取得了积极的成果^[36~39]。

数字地球对于发展全球信息产业具有非常重要的作用。作为 Internet 上一个主要的信息载体,社会经济生活的各个部门和行业都可以将自己的信息加载到上面,最终将会形成全世界每年数百亿美元的新的经济增长点。

数字地球已极大地方便了百姓的生活。普通大众可以在数字地球上学习、购物、参观、旅游,也可以通过时间和空间的变化,穿越时空和空间范围,领略风土人情、文学艺术、自然景观、植物、动物、天气等,仿佛身临其境。总之,数字地球将对我们社会生活的各个方面产生巨大的影响。其中有些影响我们可以想象,有些影响也许我们今日还无法想象。

5 数字地球学术平台

数字地球的发展,需要在全球范围提供领域交流的条件与平台。1999年起,先后召开了国际数字地球系列会议,成立了国际数字地球学会 (ISDE) 并创办了学会刊物——国际数字地球学报 (IJDE)。

5.1 国际数字地球会议

由中国科学院发起,联合国内外 19 个部门、单位共同于 1999 年 11 月在北京召开了首届国际数字地球会议 (ISDE1), ISDE1 的主题为“走向数字地球”,来自 26 个国家和地区的 500 余名代表出席,发

表了“数字地球北京宣言”,成立了“国际数字地球会议”国际指导委员会,时任中国前总理李岚清出席会议并报告指出:无论是促进社会的可持续发展,还是提高人们的生活质量,无论是推动当前科技的发展,还是开拓未来知识经济的新天地,数字地球都具有重要意义。第二届数字地球国际会议 (ISDE2) 于 2001 年 6 月在加拿大弗雷德里克顿市召开,主题为“超越信息的基础设施”,来自 30 个国家的 200 余名代表出席会议,分 25 个主题展开研讨;ISDE3 于 2003 年 9 月在捷克布尔诺市召开,主题为“数字地球——全球可持续发展的信息资源”,来自 34 个国家的 250 余名代表出席会议;ISDE4 于 2005 年 3 月在日本东京召开,主题为“全球共享的数字地球”,来自 36 个国家的 345 名代表出席会议;ISDE5 于 2007 年 6 月在美国伯克利市召开,主题为“体验数字地球”,来自 28 个国家的 390 名代表出席会议。

随着数字地球影响的不断增大,每两年一届的国际数字地球会议已难以满足学术交流的需要,经 ISDE 国际指导委员会讨论决定,自 2006 年起,在每奇数年举办一届国际数字地球会议基础上,每偶数年举办一届“数字地球高峰会议”,二者的不同在于前者是进行综合性讨论,后者为专题研讨等。2006 年 4 月,第一届国际数字地球峰会于新西兰奥克兰市举行,主题为“数字地球与可持续发展”,来自 35 个国家的 380 名代表与会,开幕式上,新西兰时任总理拉克拉克作了 30 分钟的大会报告;2008 年 11 月,第二届国际数字地球峰会在德国波茨坦举行,主题为“数字地球与全球变化”来自 15 个国家的 120 名代表参会。

7 个国际性数字地球会议的召开,促进了全球性数字地球的发展。2009 年 9 月,数字地球问世 10 年之际在北京召开的 ISDE6 已有近千人投稿,将成为国际数字地球发展史上里程碑式会议。

5.2 国际数字地球学会

随着数字地球在全球范围的蓬勃发展,人们认识到有必要成立该领域的国际性学术组织。在中国、加拿大、美国、日本、俄罗斯、捷克等 10 余个国家学者共同倡议下,中国科学院及 8 名科学家联名发起成立“国际数字地球学会 (ISDE)”并经国务院批准^[40]。2006 年,ISDE 在北京正式成立,是在中国注册的一非盈利、非政府国际学术组织。学会秘书处依托在中国科学院对地观测与数字地球科学中心,创始主席为路甬祥教授。首届 ISDE 执委会由来自 12 个国家和 4 个国际组织的 26 位学者组成,数字

地球概念提出者 A IGore 先生任学会特别顾问。学会建立了网址为 [http // www. digitalearth-isde. org](http://www.digitalearth-isde.org) 的网站。

5.3 国际数字地球学报

国际数字地球学会自 2008 年起开始与 Taylor & Francis 出版集团联合出版会刊“国际数字地球学报 (IJDE)”。2008 年 3 月, IJDE 创刊号在全球范围内正式发行,该刊是国际数字地球领域第一本专业期刊 (现已收录为 SCI (扩展版) 检索刊物)。编委会由来自 14 个国家的 18 位专家组成, IJDE 为季刊,目前已发行 7 期,出版发表 59 篇文章,作者遍及 24 个国家^[41]。

6 构建数字地球科学平台

数字地球正在成为全球最具挑战性和广泛带动性的科技领域之一,是一个国家科学技术、经济实力和国家安全保障能力的综合体现,是综合国力的重要标志之一。《自然》杂志将与数字地球密切相关的地学技术 (Geotechnology GT) 与纳米材料、生物科技一起誉为 21 世纪三大前沿科学技术^[42]。作为信息产业的重要组成部分,每年全球地球空间信息产业的产值超过 500 亿美元,并还将以每年约 20% 的速度增长;服务于数字地球建设的对地观测计划在逐渐形成,仅近 5 年全世界将发射 130 颗左右的对地观测卫星;以 Google Earth 为代表的数字地球网站正迅速走进千家万户,影响并改变着人们的生活。

我国气象卫星、国土卫星、海洋卫星、环境卫星、测绘卫星等对地观测卫星相继发射或计划发射,国家高技术计划、重点基础研究和自然科学基金计划对空间信息领域予以强有力的支持。国家专项“高分辨率对地观测系统”和大科学装置“航空遥感系统”正在付诸实施,成为建设数字地球的强大动力与信息源。

数字地球具有强大的生命力。从战略角度分析,数字地球是一全球性的科技发展战略目标,数字地球是未来信息资源的综合平台和集成,现代社会拥有信息资源的重要性更基于工业经济社会拥有自然资源的重要性,拥有数字地球等于占据了现代社会的信息战略制高点^[43,44];从科技角度分析,数字地球是国家的重要基础设施,是遥感、地理信息系统、全球定位系统、互联网、万维网、仿真与虚拟现实技术等的高度综合与升华,是人类定量化研究地球、认识地球、科学利用地球的先进工具^[45~47];从国

家需求角度分析, 数字地球可在一定程度上满足国家在资源环境和可持续发展领域的需要作出重要贡献, 可以为国家在社会、经济发展和国家安全方面提供支撑, 可以带动并牵引国家空间领域、信息领域等的不断发展。简言之, 数字地球正在成为人类发展和解决全球性问题的重大需求^[48, 49]。

基于上述, 我们提出构建数字地球科学平台的设想。数字地球科学平台是指综合利用对地观测技术、全球定位技术、计算机技术、网络系统技术、地理信息系统技术、虚拟现实技术、网格技术、数据存储和数据库技术等建立的实现空间数据资源服务、空间信息服务的平台, 是开展数字地球应用研究的工作平台, 也是数字地球应用的最终展示和信息发布系统^[50]。

数字地球科学平台面向国家重大需求、全球问题、国际热点地区和热点问题。该平台分为数字地球、数字中国两个层次和四维模式构建: 数字中国由不同地区构成的空间维、10 个有重大需求的领域维、不同跨度的时间维和由此导出的科学维构成; 数字地球同样由时间维、空间维、领域维和科学维构成。

数字地球科学平台能够为社会和经济发展提供支撑。它一方面立足于支持国家的整体可持续发展, 一方面和全球变化、资源、环境研究的一体化以及国际经济一体化过程紧密地联系起来。

数字地球科学平台可推动地球系统科学的发展。地球系统科学的纵深发展离不开空间信息和数字地球的支撑与推动, 在数字地球科学平台支撑下进行的地球系统过程、人类活动对地球系统的响应机制、全球变化与区域响应研究中可对地球进行有效和系统的观测^[51, 52]。

数字地球科学平台将牵引国家航天航空发展。数字地球需要许多对地观测手段来收集地球信息, 尤其是对地观测卫星可以提供大量的、动态的观测数据, 而各种对地观测卫星的成功发射和稳定运行需要成熟的、有保障的航天技术的支撑^[53, 54]。

数字地球科学平台能够推动对地观测理论与方法创新。这对对地观测提出了新的要求, 并且使对地观测技术面临新的挑战。数字地球也必然指引空间地球信息科学的发展方向。数字地球科学平台为多源空间地球数据提供了一个融合基础, 多种数据和模型在同一环境中统一处理融合, 这必将对数据与模型都提出新的要求。

综上所述, 构建数字地球科学平台有着重要的

科学意义与战略需求。

2009 年 9 月在北京举行的第 6 届国际数字地球会议, 将成为数字地球发展史上一个新的里程碑。回顾 10 年的发展, 我们已看到诸多的设想已变为现实; 展望未来, 我们将体验数字地球的更大潜力。我们正在新的起点上构建数字地球, 让数字地球成为人类美好的信息家园。

参考文献 (References):

- [1] The First International Symposium on Digital Earth Beijing Declaration on Digital Earth [EB/OL]. Beijing 1999. [http // www. isde6. org/bddecl. html](http://www.isde6.org/bddecl.html) 2009
- [2] Gore A I. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21st Century [EB/OL]. California: California Science Center 1998. [http // portal. opengeospatial. org/files/? artifact_ id = 6210](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6210) 2009.
- [3] Wang Xinyuan. GuoHuadong. Digital earth and earth system Science [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(4): 343-347. [王心源, 郭华东. 地球系统科学与数字地球 [J]. 地理科学, 1999, 19(4): 343-347.]
- [4] Chen Jicheng. Guo Huadong. Shi Wenzhong eds. Data Uncertainties in Remote Sensing [M]. Beijing: Science Press 2004 [承继成, 郭华东, 史文中编著. 遥感数据的不确定性问题 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.]
- [5] Guo H. Building up an earth observing system for digital earth [C] // Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Beijing: Science Press 1999
- [6] Li D, Li Q. Geomatics and digital earth [C] // Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Beijing: Science Press 1999.
- [7] Guo Huadong ed. Radar Earth Observation Theory and Applications [M]. Beijing: Science Press 2000 [郭华东编著. 雷达对地观测理论与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [8] Chen Shupeng. Tong Qingxi. Guo Huadong eds. Study of Information Mechanism of Remote Sensing [M]. Beijing: Science Press 1998 [陈述彭, 童庆禧, 郭华东主编. 遥感信息机理研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.]
- [9] Guo Huadong. Earth observation technology and earth observation system [C] // Remote Sensing Development and Strategy. Beijing: Science and Technology of China Press 1996: 13-16. [郭华东. 对地观测技术与对地观测系统 [C] // 遥感新进展与发展战略. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 13-16.]
- [10] Guo Huadong. The progress of remote sensing and application in China [C] // The Progress of Chinese Space Science. Beijing: National Defense Industry Press 1995: 259-295. [郭华东. 中国空间遥感与应用进展 [C] // 中国空间科学进展. 北京: 国防工业出版社, 1995: 259-295.]
- [11] Chen Shupeng. Guo Huadong. Digital earth and earth observation [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(1): 9-14. [陈述彭, 郭华东. “数字地球”与对地观测 [J]. 地理学报, 2000, 55

- (1): 19-14.]
- [12] Guo Huadong. From earth observation to digital earth[C]// The 25th Asian Conference on Remote Sensing. November 22~ 26, Thailand, 2004.
- [13] Guo Huadong. Progress on remote sensing and digital earth[C]// TWAS Conference. Beijing. October 17, 2003.
- [14] Chen Shupeng. Guo Huadong. Earth observation and digital earth-understanding and development[C]// The 20th Asian Conference on Remote Sensing. Hongkong. 1999.
- [15] Lu Y. Building up the digital earth together: sharing global data resources each other[C]// Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Beijing. Science Press. 1999.
- [16] Nicholson B G, Teng Y, Xiao J. *et al*. A framework for ready accessibility to geospatial data using the WWW [C]// Proceedings of the 2nd International Symposium on Digital Earth. Canada. 2001.
- [17] Xue Y, Wang J, Sheng X, *et al*. Building digital earth with grid computing technology-the preliminary results[C]// Proceedings of the 3rd International Symposium on Digital Earth. 2003: 75.
- [18] Chen Shupeng. *Geoinformation Science*[M]. Beijing: Higher Education Press. 2007. [陈述彭. 地球信息科学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.]
- [19] Cheng Jicheng. Guo Huadong. Xue Yong. Introduction to Digital Earth[M]. Beijing: Science Press. 2007. [承继成, 郭华东, 薛勇. 数字地球导论[M]. 北京: 科学出版社, 2007.]
- [20] World Wide[EB/OL]. [http // worldwide.arc.nasa.gov/](http://worldwide.arc.nasa.gov/), 2009.
- [21] Guo Huadong. Shao Yun. Yang Congjun. *et al*. Research on the Basic Theory of Digital Earth[R]. 2003. [郭华东, 邵芸, 杨崇俊, 等. 数字地球基础理论研究报告(中国科学院知识创新工程重要方向性项目)[R]. 2003.]
- [22] Guo Huadong. Fan Xiangtao. Report on Digital Earth Prototype System (V1.0)[R]. 2005. [郭华东, 范湘涛. 数字地球原型系统(V1.0)技术报告(中国科学院知识创新工程重要方向性项目)[R]. 2005.]
- [23] Guo Huadong. Digital earth science platform: DESP/CAS[C]// The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences ISPRS Congress. Beijing. 2008.
- [24] Guo Huadong. Wang Changlin. Spatial Cognition of Human Cultural Heritage[C]// The 216th Meeting. Xiangshan Science Conference. 2003. [郭华东, 王长林. 人类文化遗产信息的空间认知[C]// 香山科学会议第 216 次会议主题报告. 2003.]
- [25] Shao Yun, Guo Huadong. Fan Xiangtao. *et al*. High-spatial resolution remote sensing for environment monitoring and virtual simulating for Beijing Olympic venue Construction[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2008, 12(4): 593-602. [邵芸, 郭华东, 范湘涛, 等. 奥运主场馆区工程环境高分辨率遥感监测与虚拟仿真研究[J]. 遥感学报, 2008, 12(4): 593-602.]
- [26] Guo H, Fan X, Wang C. A digital earth prototype system: DEPS/CAS[J]. *International Journal of Digital Earth*, 2009, 2(1): 3-15.
- [27] GlassEarth[EB/OL]. [http // www. glasseyarth.com/](http://www.glasseyarth.com/), 2009.
- [28] GoogleEarth[EB/OL]. [http // earth.google.com/](http://earth.google.com/), 2009.
- [29] VirtualEarth[EB/OL]. [http // www. microsoft.com/virtualearth/](http://www.microsoft.com/virtualearth/), 2009.
- [30] Skyline[EB/OL]. [http // www. skylinesoft.com/](http://www.skylinesoft.com/), 2009.
- [31] Fukui H. Digital Asia and sentinel Asia initiatives for the sustainable future[C]// Proceedings of the 4th International Symposium on Digital Earth. 2005.
- [32] Yan S, Lin S, Li Q. Digital Hainan and macro-decision support System[C]// Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Beijing. Science Press. 1999.
- [33] Wang X, Kang G, Huo X. System implementation of 3D city simulation and planning aided design[C]// Proceedings of the 5th International Symposium on Digital Earth. 2007.
- [34] Ding Y. The establishment of the high resolution digital national park[C]// Proceedings of the 5th International Symposium on Digital Earth. 2007.
- [35] Guo Huadong. eds. Earth Observation Technology and Sustainable Development[M]. Beijing: Science Press. 2001. [郭华东 编著. 对地观测技术与可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [36] Hu J, Gao Q. Construction & Application of "Digital Yellow River" Fundamental Geographical Information Platform. Report in Institute of Mapping Information Engineering. YREC[EB/OL]. [http // www. yellowriver.gov.cn/zhuanti/hhxxjt/xxbg/200707/15-hj.ppt](http://www.yellowriver.gov.cn/zhuanti/hhxxjt/xxbg/200707/15-hj.ppt), 2009.
- [37] Chen Y in jun. Lu Bu, Yang Ruizhen. *et al*. Development tendency and future prospect of research on agricultural resources management[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2007, 28(6): 21-25. [陈印军, 卢布, 杨瑞珍, 等. 农业资源管理研究发展趋势与未来展望[J]. 中国农业资源与区划, 2007, 28(6): 21-25.]
- [38] Dorit Gross. Agricultural Trend Analysis Using Earth Observation Data[M]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2005.
- [39] Group on Earth Observations[EB/OL]. [http // earthobservations.org/index.html](http://earthobservations.org/index.html), 2009.
- [40] Guo Huadong. Introduction to ISDE[C]// Presented at The 6th Conference on Global Spatial Data Infrastructure. Budapest. Hungary. 2002.
- [41] Publishing report of the International Journal of Digital Earth[R]. Taylor & Francis Group. 2009.
- [42] Gewin V. Mapping opportunities[J]. *Nature*, 2004, 427: 376-377.
- [43] Li Deren. Nil. NSDI and digital earth[J]. *Acta Geodeacita et Cartographia Sinica*, 1999, 28(1): 1-5. [李德仁. 信息高速公路, 空间数据基础设施与数字地球[J]. 测绘学报, 1999, 28(1): 1-5.]
- [44] Xu Guanhua. Sun Shu. Chen Yuntao. *et al*. Meeting the challenge of "Digital Earth"[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(2): 85-89. [徐冠华, 孙枢, 陈运泰, 等. 迎接“数字地球”的挑战[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 85-89.]
- [45] Chinese Academy of Sciences. Suggestions on strategies to develop

- op digital earth in China[J]. *Advances in Earth Science*, 1999, 14 (3): 215-217. [中国科学院地学部. 关于“中国数字地球”发展战略的建议[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 215-217.]
- [46] Li Deren, Li Qingquan. Geospatial information and digital earth [J]. *Journal of Electronic Science and Technology*, 1999, 5: 33-36 [李德仁, 李清泉. 地球空间信息学与数字地球[J]. 电子科技导报, 1999, 5: 33-36.]
- [47] Guo Huadong, Yang Chongjun. Developing national earth observing system for “Digital Earth” [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(2): 329-332. [郭华东, 杨崇俊. 建设国家对地观测体系, 构筑“数字地球”[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 329-332.]
- [48] Xu Guanhua. To establish the “Digital Earth” and promote the sustainable development[J]. *Aerospace China*, 2000, 1: 6-9 [徐冠华. 构筑“数字地球”促进中国和全球的可持续发展[J]. 中国航天, 2000, 1: 6-9.]
- [49] Craglia M, Goodchild M F, Annoni A, et al. Next generation digital earth[J]. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2008, 3: 146-167.
- [50] The Strategic Research Group of Space Science. CAS Roadmap of Space Science Development in China (2050) [M]. Beijing: Science Press, 2009. [中国科学院空间领域战略研究组. 中国至 2050 年空间科学发展路线图 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.]
- [51] Sun Shu, Shi Peijun. Digital earth and its application prospects in the study of global change[J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20 (3): 213-219 [孙枢, 史培军. 数字地球及其在全球变化研究中的应用前景[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 213-219.]
- [52] Chen S, Genderen J. Digital earth in support of global change research[J]. *International Journal of Digital Earth*, 2008, 1(1): 43-65.
- [53] Guo Huadong. Earth observation and digital earth: Progress and the future[C] // The 29th Asian Conference on Remote Sensing, Sri Lanka, 2008.
- [54] Guo Huadong. Earth observation and digital earth[C] // Third ESR Asia Pacific User Conference and Fourth GIS Community Forum, Tokyo, Japan, 2008.

Digital Earth: Ten Years' Development and Prospect

GUO Huadong

(Center for Earth Observation and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences
International Society for Digital Earth, Beijing 100190, China)

Abstract Digital earth emerged at the end of last century, is a new strategic orientation for quantitatively studying the earth and a cross-cutting multidisciplinary field of space science and technology, information science and technology, earth science etc. This paper describes the origin of digital earth and its development background of past ten years, conceptual model and framework, scientific and commercial sharing system, multi-level and multidisciplinary application fields, as well as academic platform building capacity including international symposia and summits on digital earth, the International Society for Digital Earth, and International Journal of Digital Earth. Furthermore, the paper points out the important role of digital earth and its huge developing potentiality, and envision of constructing a digital earth science platform.

Key words Digital earth; Spatial information; Sharing platform.