

地理信息系统的发展轨迹与数字山地构建

周万村, 江晓波

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 地理信息是地理信息系统的主体, 其特质决定了世界上出现的第一个大型信息系统是地理信息系统。地理信息系统是在积累和传承地理信息科学创新进步的基础上, 经历漫长的过程产生和发展, 既是历史的产物, 也是现代的结晶。目前, 地理信息系统随着计算机技术、网络技术、仿真技术的进步处于迅速优化阶段, 是构建数字地球不可或缺的支撑技术。探讨和了解地理信息系统产生和发展轨迹有助于正确确定数字地球(山地)构建的阶段性目标。“数字地球”概念的提出迅速在世界范围内引起强烈反响, 我国政府和科技界高度重视。“数字山地”是“数字地球”重要的有机组成部分。我国是多山国家, 构建数字山地意义重大, 势在必行。阐述了构建数字山地的必要性和可行性, 介绍和讨论了构建数字山地的 14 项研究内容和构建数字山地的科学体系以及关键支撑技术。同时指出, 数字山地的构建是一项复杂的系统工程, 研究与应用并重, 机遇与挑战共存, 任重而道远。

关键词: 地理信息系统, 发展轨迹, 数字山地, 构建

中图分类号: TP391

文献标识码: A

地理信息系统(GIS)的出现距今仅 40 多年, 它却是经历了一个极其漫长的历史过程, 沿着从自然积累、传承到必然产生的渐进轨迹发展而来。地理信息系统既是历史的产物, 也是现代的结晶。地理信息系统面向地理信息, 地理信息认知能力的不断提高和获取、处理、表达技术的不断进步孕育了地理信息系统^[1]。因此, 从地理信息入手, 探寻地理信息系统的产生和发展轨迹, 有助于全面、系统和深刻理解、诠释地理信息系统的技术特征和理论, 以正确把握地理信息系统现在和展望、规划它的将来。这方面尚缺少全面系统的分析研究。地理信息系统应用朝着纵深和更加多样化方向发展, 已成为构建“数字地球”关键支撑技术之一^[2]。“数字地球”概念由时任美国副总统戈尔于 1998 年提出, 很快在世界范

围内引起强烈反响, 并成为研究与开发热点。“数字山地”是“数字地球”重要的有机组成部分。我国山地占国土面积的 2/3, 资源丰富, 发展空间大, 其重要性自不待言。山地目前面临的是开发与保护之间的矛盾。山地开发过度已是不争的事实。环境恶化, 灾害频仍, 生物多样性受到严重威胁和经济发展滞后已引起世人的共同关注^[3]。数字山地不仅帮助领导者和大众获取复杂的、系统的和相同的山地信息, 还可以通过分析与数学模拟, 反演山地要素的过去、展现目前状况和预测未来的动态变化及趋势, 为山地生态环境保护与修复、灾害防治、经济健康持续发展和管理提供互动的数字化、可视化全方位服务。中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所作为国家级从事山地科学研究团队, 也是国内开展遥感

收稿日期(Received date): 2006 - 07 - 21。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新重要方向课题“长江上游覆被变化及信息系统”(KZCX2 - SW - 319 - 01)、四川省科技基础条件平台项目“四川省资源环境信息共享平台”([2005]140107)[Supported by Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences “Land-cover change and information system in the upper Yangtse River”(KZCX2 - SW - 319 - 01) and Basic Background Platform Item of the Department of Science and Technology of Sichuan Province “Sharing platform of Sichuan Resources and Environment Information of Sichuan Province”([2005] - 172 - 140107)]

作者简介(Biography): 周万村, 研究员, 博士生导师, 四川省学术与技术带头人, 中国地理学会地图学与 GIS 专委会副主任, 长期从事遥感和 GIS 理论研究与应用 [Zhou Wancun, Professor, Ph. D. tutor, Science and technology pacemaker in Sichuan province, Vice President of Cartography and GIS Committee, Geographical Society of China, and long-time engages in theory study and application of RS and GIS. E-mail: zhouwc@imde.ac.cn]

和GIS研究与应用的最早单位之一,理应努力为构建“数字山地”做出应有的贡献,为此于2002年专门成立了“数字山地实验室”,2006年组建“数字山地研究应用中心”,开展数字山地相关理论技术研究和数据积累,并已取得了一些成果。

1 地理信息系统的产生和发展轨迹

1.1 地理信息的特质决定了世界上最早出现的第一个大型信息系统是地理信息系统

地理信息是表征地理实体性质、分布特征、相互关系和时空变化等的图像、图形、文字、数据和符号的总称。地理实体涉及到生物圈、水圈、大气圈、地质(岩石)圈和土壤圈的万事万物,而每一种(个)物体都具有其空间状态,决定了地理信息属空间信息的特质,也是地理信息区别于其他信息的一个最重要和最显著的标志。在所有信息中,地理空间信息占到八成左右,并在自然社会发展变化中占有突出地位和发挥极其重要作用。在地理信息系统中地理信息是用地理数据形式表示的,如空间位置、属性特征和时域特征。尽管目前对地理信息系统的描述有所不同,在定义上还存在一些歧义,但有一点已达到共识,即地理信息是地理信息系统的主体,地理信息系统不但要对地理(空间)信息进行处理,还要有对处理的结果进行空间分析的能力。这就是为什么在相关理论和技术条件相对成熟的情况下,世界上最早出现的第一个大型信息系统是地理信息系统,同时也决定了地理信息系统应用的广泛性以及广阔的发展空间。

1.2 地理信息认知能力的不断提高和获取、处理、表达技术的不断进步孕育了地理信息系统

地理信息系统技术不是一蹴而就的,而是随着对地理信息认知获取、处理和表达理论和技术的不断进步与提高,日积月累,循序渐进,在其他相关技术的支持下,经历漫长的过程与遵循一定的自然轨迹产生的,并且具有自身的发展规律。

人类对地理信息的认知通过三个层次,即地理实体→地理数据→地理信息,实现了认识物质到认识信息的大飞跃。人类对地理信息的认知是通过头脑中的海马趾(Hippocampus,即海马状突起)神经元实现的^[4]。海马趾神经元具有可塑性,并且随着自然社会的变化趋于复杂而发育变大,在科学技术不断发展的促进下,人类对地理信息的获取、认知和表

达的方式不断进步与创新。另一方面,人类对地理信息的认知是对地理实体的定性、定位、定量和定时的目的选择及其思索与测量(估)行为结果,并且经历了从定性→定位→定量→定时和从一维→二维→三维→四维→多维的发展变化过程。

人类获取地理信息的手段和方式方法从简单到复杂、从低级到高级、从地对地到地对空到地对地再到宇宙空间对地的进步与发展:原始的耳闻目睹(测)→简单的工具丈量(如树枝、尺子、丈子等)→较高科技含量与水平的仪器测量(如平板仪、水准仪、经纬仪等)→近代、现代高科技的探测与遥感(超声波探测仪、激光测距仪、红外测距仪、航空遥感、航天遥感等)。

人类对地理信息的表达(示)从写意开始,发展到今天的数字地图和数字模型,方法丰富多彩,并逐渐贴近自然、贴近社会和贴近生活:写意(象形,如山体、河流)→符号→晕渲→模型(如北宋沈括以木屑与蜡做地面模型)→数字模型(模拟现实)。计算机硬件和软件技术飞速发展,尤其是大容量存取设备的使用,为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段。用户屏幕和图形、图像卡的发展大大增强了人机对话功能和高质量的图形显示功能,传统的手工制图已被计算机辅助制图所取代。近年来,人类对地理信息的表达也由二维向多维发展。最近美国开发出快速绘制城市三维地图技术,动用飞机,使用激光设备和数码相机进行测距、扫描和拍摄,获得的数据和图片经计算机处理,生成虚拟的三维。这种技术把过去需历经几个月才能绘制完成的类似地形图,仅用4.5 h就能绘制好同区域的三维地图。这项技术由军方支持,系统高速成图功能有助于巷战。2003年,美国得克萨斯大学西南医学中心哈罗德·加纳已设计制造出第一台能产生全息影象的机器,这种全息影象是真正的三维影象,不需要戴特殊的眼镜就能观看。2008年,美国空军将在战斗机上安装全息投影仪,可以展示战场的三维图象。有人预测,在不久的将来,全息立体电视将进入我们的生活。我们对维的表达还往往落后于对维的认识。

人类对地理信息的传输(播)经历了语音流传——文字记载——网络传输的发展历程。计算机网络的建立和发展,使地理信息的传输效率得到极大提高,同时,也使得地理信息系统能够实现更大范围数据通讯和数据共享,使得地理信息系统的应用

前景愈来愈广阔。

遥感技术集地理信息的获取、认知、表达和传输于一身,其产生和飞速发展极大地促进和完备了地理信息系统。遥感是一门多学科交叉的综合性技术,也是目前地理信息系统最重要的信息源。遥感一词早在我国一首古诗里就曾出现过:细听蝉翼寂,遥感雁来声。第一次世界大战期间,德国用于军事目的空中摄影开了航空遥感的先河,上世纪 70 年代初期,美国发射了陆地资源卫星,航天遥感从此在全球开始它的快速发展与辉煌。遥感信息的获取由全色摄影向多光谱和高光谱扫描、由单一平台向多平台、由一个和两个角度向多角度、由低空间分辨率逐步向中、高空间分辨率发展(如快鸟图像 $0.61 \times 0.61 \text{ m}^2$),遥感独具的“宏观探道、微观求真”^[4]的分析功能与优势也因此不断得到加强和提升;遥感信息的时间(相)分辨率也在不断提高,由 26 d (SPOT)、16 d (LANDSAT) 缩短到气象卫星、侦察卫星的天与小时;卫星绕地球拍摄扫描到定点观(监)测。遥感图像解译和地物(目标)识别由目视方法为主发展到目视和自动分类相结合,自动分类识别与分类技术和方法由于精度往往达不到要求而很少单独使用。遥感图像自动分类是建立在地物光谱特征统计、地理知识和地物分布规律分析的基础上,还没有达到真正意义上的地物综合识别分类。这缘于地理环境的复杂多样和地物结构与质地本身以及分布的差异所经常产生的“同物异谱、同谱异物”现象^[5],给自动识别造成诸多的干扰与障碍,因而分类精度难以保证。这个问题在山区尤为突出。遥感图像自动识别分类技术方法近年来有了一些改进,但还没有质的进步,要达到完全真正意义上的实用化,还需要经过较长甚至漫长的研究与探索过程。人们也不能永远停留在靠经验为主的识别判读水平上,遥感数据地物(目标)识别分类的自动化和智能化应该是发展方向。遥感发展的方向还包括:遥感图像定位趋向不依赖地面控制,通过 GPS 三角测量、DGPS 和 INS 惯性导航系统的组合定位;遥感全量化方法将走向实用,通过物理方程和几何方程的有机结合,使理论研究趋向实用^[6]。其前提是自动识别分类精度需达到要求,否则,实用化便无从谈起,因此,要走的路还很长;遥感对地观测趋向实时化,数据处理与分析在轨道上进行,按照需要发回的可以是图像,也可以是信息(矢量、栅格、数据)或图像与信息的叠加;远距离地球探测航天器趋向小型化,

如小卫星或小卫星群,小型卫星的性能(如 2005 年发射的“北京一号”)不会逊于大型卫星,而大型航天器设计、制造和发射成本及使用和维护的费用都很高,周期也长(俄罗斯拟建小型探测卫星群,不久将发射一枚小型远距离地球探测器);遥感成像由二维向三维、四维或多维发展。遥感技术是适应社会发展变化需要的时代产物,由于其信息具有空间(地理)属性特质,它的应用领域涵盖了人类社会经济和自然的许多方面,从军事到民用,从气象到地质,从工业到农业、林业,从城市规划、管理到自然区划,从生态环境保护到灾害监测与救灾,从土地资源到水资源调查评价等等,特别是对解决社会自然的热点和难点问题上往往能发挥重要或关键性作用。如军事专家可以在分辨率 5 m 的卫星影像上看清舰只的形状,2.5 m、1 m 的分辨率分别看清飞机和坦克的形状。我们利用快鸟卫星影像进行城市建筑物分析,能够区分汽车的种类。随着遥感技术的不断发展与进步,其应用的广度和深度也在不断地扩展。如欧洲航天局于 2004 年发射一颗名为 Epidemio 卫星,以协助抗击传染病。该卫星不但能够提供数据以制作区域植被详图,还可以获得相关的全部气象数据,用来分析和评价传染病病原菌和传播者的滋生与繁殖条件。通常,在植被良好的地区,高湿度和大降雨量以及地面高温有利于蚊虫生长繁殖和容易诱发疟疾病。这些因素都会有临界值,一旦趋近,就能够提前采取有效的预防措施。再如,利用遥感技术不但能够有效地进行粮食作物长势监测与产量估测,现在已发展到可以监督水稻质量。日本在每年 8 月,利用美国航天局的卫星对长冈市的水稻进行空中拍摄,并用红外线对水稻叶子的颜色进行分析,水稻叶子的颜色与关系到大米口感的蛋白质有密切关系。因此,水稻收割前就已经能够知道大米的品质如何。英国电信公司的未来学家伊恩·尼尔德和伊恩·皮尔逊在他们合著的《未来技术发展时间表》中预测,2008~2012 年,环境管理中将广泛应用遥感。

1.3 地理信息系统在科学应用领域的不断积累和更新

地理信息系统自 20 世纪 60 年代问世以来,共经历了 1960 年代萌芽时期,1970 年代发展时期,80 年代趋于成熟时期,进入 1990 年代后得到了全面发展,并成为信息产业的重要组成部分。1963 年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 博士提出把常规地图

变成数字(电子)地图的想法,并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。1970年代,计算机硬件和软件技术飞速发展,促使地理信息系统向实用方向迅速发展。从1970年至1976年,美国地质调查局就建成50多个信息系统,作为地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其他如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也相继发展了自己的GIS。与此同时,一些商业公司也先后开发和销售地理信息系统。据统计,在1970年代大约有300多个系统投入使用。1980年代,地理信息系统的数据处理能力、空间分析功能、人机交互、地图输入、编辑和输出技术均有较大发展,地理信息系统逐渐走向成熟。期间,推出了图形工作站、微型PC机性能价格比大为提高,加上计算机网络的建立,使地理信息的传输效率得到极大提高。地理信息系统的系统软件和应用软件的发展,地理数据的处理开始同数学模型、模拟等决策工具相结合,应用不断趋向纵深,并转向更为复杂的区域(如山地)开发。市场上也出现一些有代表性的软件,如ARC/INFO、IGDS/MRS、TIGRIS、SICAD、GENAMAP、MGE等。进入1990年代后,随着微机的发展和数字化信息产品在全世界普及,地理信息系统应用已深入到各行各业。现在的问题是充分利用地理信息系统获取尽可能好的社会效益及和提高服务水平。

从技术体系结构看,其发展大致经历了GIS模块、集成GIS、模块化GIS、组件式GIS、网络GIS(WebGIS)等阶段^[7]。现在通用的是集成式、模块化和组件式GIS软件,WebGIS只在公共信息在线和基于Internet的企业内部业务管理方面应用较广。GIS还由目前二维向三维、四维方向发展,近年来,继Web之后又兴起了网格技术高潮,研究旨在构建后Web(GGG—Great Global Grid)信息时代通用、安全的信息共享与服务协同软件平台,以解决广域范围内分布、异构的各种计算和信息资源的共享与协同问题。美国、英国和日本等发达国家都投巨资开展3G研究,欲抢占制高点,如美国“全球信息网格(Global Information Grid”,预计2020年完成)、英国“英国国家网格(NK National Grid)”；发展中国家,如中国和印度也都大力开展这一方面的研究。

由于GIS的基本功能是描述地理实体(客观事物)的空间位置及相互之间的关系并进行相关分析,具有定性、定量、定位和定时的特点,以及GIS与

可视化技术、多媒体技术、虚拟现实技术的有机结合,大大加强了其分析和辅助决策的功能,扩大了应用领域,加快了普及,同时也加快了更新步伐。

1.4 地理信息系统在传承的基础上步入创新发展快车道

近年来,地理信息系统自身技术理念和其他高科技技术的引入使得地理信息系统已步入一个崭新的快速发展轨道。首先,面向对象的GIS为描述复杂的空间(地理)信息提供了一种直观、结构清晰、组织有序的方法,已被许多大型的地理信息系统软件使用;其次,三维GIS是许多应用领域对GIS的基本要求,但目前的GIS大多只能提供一些较为简单的三维显示和操作功能,还在不断完善并向动态多维(目前四维是热点)发展。另外,地理信息建模系统(GIMS)是用户对地理信息系统的新要求,现在通用的GIS大多只能通过提供进行二次开发工具和环境来满足部分需要。地理信息建模系统不可或缺的模型库和专家知识(经验)库正处于积极开发研制阶段。

网络技术(万维网)、移动通讯、卫星通讯、卫星定位产业,以及物流等相关产业的飞速发展,为地理信息系统的发展和应用提供了广泛的需求。例如:在我国各种类型资源环境共享信息平台如雨后春笋般在各全国乃至各省市建立并投入运行,极大地发挥了地理信息系统的功能。另外,形形色色的电子地图广泛应用于手机通讯、工交、电力、物流配送、仓储零售、人力资源以及供水供气管网等日常生活领域,为人们的生产和日常生活带来极大的便利。另一方面,资源、大气、海洋系列卫星已进入地理信息系统的业务运行中,真正做到了天地合一。总之,GIS正在全面实现信息文本由传统的平面、静态的信息载体变为时空动态变化的立体多媒体和互动信息平台。

地理信息系统的新发展——数字地球。随着全球范围内GIS支持下的对地观测系统(EOS)、国家信息高速公路(NII)、国家空间数据基础设施(NSDI)等重大计划的实施,人类对地球不同层面、不同现象的综合观测能力以及信息的处理、传输和应用能力达到了空前的水平。顺应时代的要求,数字地球计划是美国继信息高速公路之后的又一全球性的科技发展战略目标^[8]。数字地球是带有整体性和导向性的国家战略目标。数字地球运用现代化的科学技术手段(遥感、遥测、GPS等)对地球进行多时相、

多维、多分辨率的全方位观测,并利用 GIS 技术将海量数据处理为有用的信息,通过 Internet - Web 和三维仿真、虚拟技术等各种手段达到信息利用、信息共享的目的,从而为社会经济、科技教育、国防安全等提供服务的—个技术系统^[9]。

2 数字山地的构建

2.1 数字山地的定义和构建数字山地的必要性

数字山地,即利用 3S(RS、GIS、GPS)技术、计算机技术、海量存储和互操作技术以及万维网络技术等手段将山地和与山地相关的大量信息以空间数据和属性数据的形式存储在计算机内,并通过可视化、虚拟表达和三维仿真等技术手段,实现山地信息的系统管理、分析与共享,从而为山地资源的开发、山地环境的保护、山地灾害的防治、山区安全和发展提供决策支持。

我国山地占国土面积的 2/3 以上。山区具有丰富的自然资源,有着巨大的发展空间。但由于山地系统自身的脆弱性,加上人类认识和研究的程度不够,不合理的人类活动使山地环境不断恶化,山地灾害频仍,山区经济发展严重滞后。当一个区域的社会经济发展方式不能与其资源、环境协调时,必然会导致经济落后和环境破坏的双重灾难^[10]。山地作为生态源,面临着严重的生态危机^[11]。20 世纪 70 年代开始,国际上对于山地的研究进入一个新的历史时期,山地研究提上了议事日程^[12]。IGBP, IHDP 等国际组织重视山地生态环境的研究,把“人类活动对山地生态系统的影响研究”列为—项重大的课题进行研究^[13]。1980 年国际山地学会(IMS)正式成立^[11],1983 - 12 国际山地综合发展中心(ICIMOD)正式成立。1990 年代以来,国际社会将山地问题提到了前所未有的高度,不仅从自然科学的角度,同时从人文角度和山区社会可持续发展的角度加以重视研究。1992 年联合国环发大会制定的《21 世纪议程》,把山区可持续发展列为人类社会面临的重大问题。1998 - 11 - 30 第 53 届联合国大会通过决议,宣告将 2002 年定为“国际山地年”。我国政府在新世纪前后相继实施西部大开发战略和全面推进小康社会战略。国内关于山地科学的论述多从 20 世纪 80 年代初开始,丁锡祉、郑远昌、吴积善、余大富、艾南山、钟祥浩^[14-19]等对山地科学的发展历史、研究对象、学科体系、学科性质、研究进展等方面

作了相当深入的论述。

数字地球将使人类认识和改造世界进入一个全面的、系统化的时代。我国政府很早就注意到了数字地球的战略意义,我国科学界对此也高度重视,准备抓住机遇,迎接数字地球的挑战^[20,21]。1999 - 05 中国科学院把“国土环境遥感时空信息分析与数字地球相关理论技术预研究”列为—期知识创新重大项目。1999 - 11 由我国发起并在北京主持召开了首届国际数字山地会议。迄今,国际数字地球会议分别在不同的国家举办了四次。2006 年,首个由我国科学家发起的国际科学组织“国际数字地球学会”在北京成立,旨在推动“数字地球”技术在国民经济和社会可持续发展、环境保护、灾害治理、世界遗产与自然资源保护,以及反对恐怖主义和维护世界稳定等诸多方面发挥更重要的作用。数字地球研究与构建方兴未艾。数字山地是数字地球的有机组成部分和重要研究内容,构建数字山地势在必行。

数字山地将在理论研究上丰富山地科学的研究内容,注入新的研究方法。数字山地通过可视化、虚拟表达和三维仿真等技术手段,实现山地信息的系统管理、分析与共享。数字山地的目标是为山地科学研究、山地资源的开发、山地环境的保护、山地灾害的防治、山区经济发展和安全提供信息、手段和决策支持。数字山地是复杂的系统工程,要根据社会轻、重、缓、急需求和具体条件,科学地规划近、中、长期研究与应用目标,实现跨越式发展。

2.2 数字山地的研究内容和科学体系结构

由于数字山地是一个全新的研究方向和共享技术,—些问题,如研究对象、研究内容、科学体系结构等都需要在长期深入的探索和研究中不断完善。就作者目前的理解,数字山地的研究内容主要有—下几点:

- (1) 山地系统的结构、功能、过程和机理
- (2) 山地表层遥感信息获取和处理原理
- (3) 多源数据的融合技术
- (4) 山地信息认知和知识挖掘技术
- (5) 山地信息元数据和数据的标准化
- (6) 山地信息的精度控制
- (7) 基于 GIS 的互操作技术
- (8) 山地信息的虚拟和三维仿真(空间信息的虚拟现实、非空间信息的可视化)
- (9) 山地信息的存储和网络共享技术
- (10) 山地信息的系统安全

- (11)数字山地的数据库技术
- (12)山地空间数据基础设施的建立
- (13)山地信息优化管理、更新和可持续利用
- (14)数字山地的示范工程
- 数字山地的科学体系结构如图1所示。

2.3 构建数字山地的支撑技术

构建数字山地的支撑技术除上述的地理(山地)信息获取、处理、分析、集成等技术外,如地理信息系统和遥感,还有网络通讯、数据存储和互操作等技术。

数字山地能否实现信息的共享取决于 Internet 的发展和革新。Internet 的出现使得数字山地成为可能。它使得人类通过计算机网络能够实现不同用户对网络资源的共享,把分布在广泛区域中的众多信息处理系统有机地连在一起,构成一个规模更大、功能更强、可靠性更高的综合信息处理系统。但是

现有的 Internet 无法满足数字山地所要求的高速、无缝的传输。实现网络千 G 级别的传输速率是数字山地的重要研究内容之一。

数字山地的数据类型多种多样,既有空间的、属性的,也有矢量的、栅格的。如 ARC/INFO 中的 COVERAGE、ARCVIEW 中的 shape 文件、各类多光谱、多时相、高分辨率的卫星影像、航空影像、大比例尺的电子地图、有关城市人口、经济、社会、资源、发展等方面的统计数据等。而且这些数据以海量著称,并以指数级增长。因此,建设数字山地需要海量的存储技术。由于数据存放在不同系统、不同数据库中,其数据结构、数据格式也不尽相同。实现这些数据的共享、动态调用需要互操作技术。互操作包括两层含义:狭义上说,它是在保持信息不丢失的前提下,从一个系统到另一个系统的信息交换能力;从广义上讲,它是指不同应用(包括软、硬件)之间能

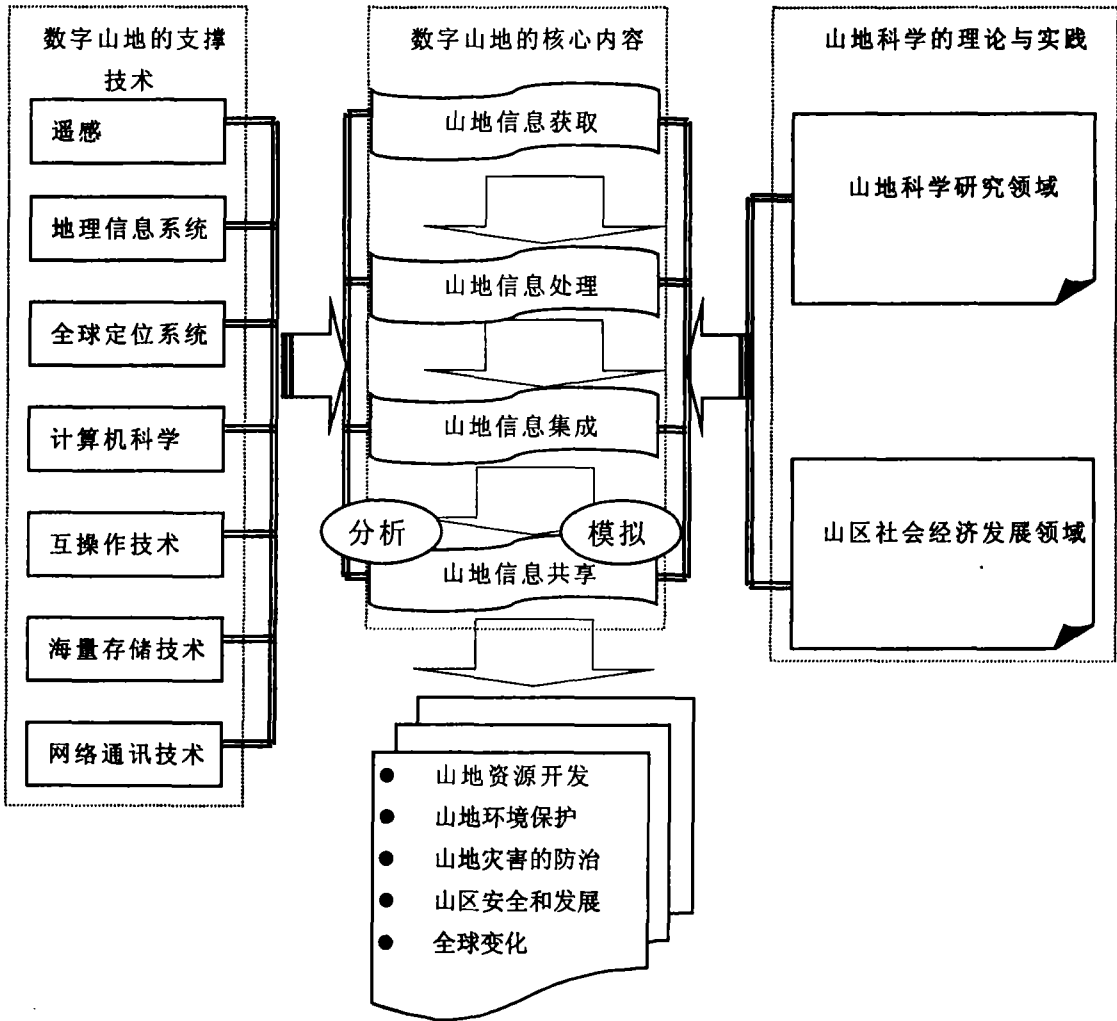


图1 数字山地的科学体系结构

Fig.1 The architecture of the Digital Mountain

够动态地相互调用,并且不同数据集之间有一个稳定的接口。OpenGIS 提出了异构系统之间进行互运算、互操作的规范。

3 结语

地理信息系统经历萌芽、积累与沉淀过程,在传承和发展的基础上产生,既是历史的产物,亦是现代的结晶。地理信息系统是构建数字地球不可或缺的支撑技术,并随着计算机技术、网络技术和仿真技术的创新与进步,而处于迅速优化阶段。数字地球的构建质量在很大程度上取决于地理信息系统水平。目前的地理信息系统技术还有一些不尽如人意的地方,同时期数字地球的构建必须建立在地理信息系统已有功能指标之上,因此探讨和了解地理信息系统产生和发展轨迹有助于正确确定数字地球的阶段性目标。

数字山地是数字地球的有机组成部分,不是在山地研究中的普通应用,而是一种方法论,是更高层次上的拓展,有助于对山地全新的、系统的理解与认识。山地在我国占有非常重要的地位。数字山地的构建意义重大,势在必行。数字山地在我国还处于起步、准备和研究阶段,尚没有取得实质性的进展,但发展势头良好,机遇与挑战并存。

参考文献(References)

- [1] Chen Shupeng, Lu Xuejun, Zhuo Chenghu. Introduction of Geographical Information System[M]. Beijing: Science Press, 1999. 123 ~ 160 [陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 123 ~ 160]
- [2] Yang Chongjun, Wang Xingling, Wang Yuxiang, et al. GIS and "Digital Earth"[J]. *Journal of Fujian Teachers University (Natural Science)*, 2001, 17(1): 99 ~ 102 [杨崇俊, 王兴玲, 王宇翔, 等. 地理信息系统与数字地球[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2001, 17(1): 99 ~ 102]
- [3] Zhou Wancun, Sun Yuqiu, Zhou Renyuan. Remote sensing analysis of the environmental capacity of land cover in Three Gorges Reservoir Area[A]. In: The Collection of Thesis about Impact on Ecological Environment of The Three Gorges Projects and Countermeasure [C]. Beijing: Science Press, 1987. 1072 ~ 1089 [周万村, 孙育秋, 邹仁元. 三峡库区地表覆盖环境容量遥感分析[A]. 见: 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1997. 1072 ~ 1089]
- [4] MA Yaofeng. Introspection to the Concept Map Study of different courses[J]. *Geo-information Science*, 2005, 17(2): 11 ~ 16 [马耀峰. 不同学科概念地图研究的反思[J]. 地理信息科学, 2005, 17(2): 11 ~ 16]
- [5] Zhou Wancun. Integral application of remote sensing, cartography and GIS [J]. *Mountain Research*, 1996, 14 (2): 129 ~ 134. [周万村. 遥感、地图、地理信息系统一体化应用[J]. 山地研究(现山地学报,下同), 1996, 14 (2): 129 ~ 134]
- [6] Li Deren. Towards the development of Remote Sensing and GIS in the 21st Century[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2003, 28(2): 127 ~ 131 [李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 28(2): 127 ~ 131]
- [7] Wu Sheng, Wang Qinmin, Li Huiguo. Analysis and research of intrinsic and extrinsic factors for GIS's progress in recent Years [J]. *Geo-information Science*. 2005, 7(3): 76 ~ 80 [吴升, 王钦敏, 励惠国. GIS 的体系结构与全面社会化应用发展分析[J]. 地理信息科学, 2005, 7(3): 76 ~ 80]
- [8] http://www.regis.berkeley.edu/rhome/whatsnew/gore_digearth.html
- [9] Guo Huadong, Yang Chongjun. Developing national earth observing system for "Digital Earth" [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(2): 90 ~ 93 [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): 90 ~ 93]
- [10] Chen Guojie, Yang Dingguo. Research on Synthetical Exploitation and Sustainable Development in Poor Mountain Area of the Combination of Chongqing, Hubei, Hunan and Guizhou Province [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 2000. 2 ~ 3 [陈国阶, 杨定国. 渝鄂湘黔接壤贫困山区综合开发与持续发展研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2000. 2 ~ 3]
- [11] Xiao Kefei. Economics in Chinese Mountainous Area [M]. Beijing: Earth Press, 1988. 1 ~ 250 [肖克非. 中国山区经济学[M]. 北京: 大地出版社, 1988. 1 ~ 250]
- [12] Jao, D. I. and Messerli, B. Progress in theoretical and applied mountain research, 1973 ~ 1989, and major future needs [J]. *Mountain Research and Development*, 1990, 10(2): 101 ~ 127
- [13] UNESCO, Programme on man and biosphere (MAB), working group on project 20 - 236: Impact of human activities on mountain and tundra ecosystem, Lillehammer, November, 1973. Final report, MAB report 14 [R]. UNESCO, Paris, 1 ~ 132
- [14] Sun Honglie. International Mountainous Institution [J]. *Journal of Mountain Research*, 1983, 1(1): 60 ~ 61 [孙鸿烈. 国际山地学会[J]. 山地研究, 1983, 1(1): 60 ~ 61]
- [15] Ding Xizhi, Zheng Yuanchang. The seconde discussion on montology [J]. *Mountain Research*, 1996, 14(2): 83 ~ 88 [丁锡祉, 郑远昌. 再论山地学[J]. 山地研究, 1996, 14(2): 83 ~ 88]
- [16] Wu Jishan. The advance and orientation of mountain research [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1994, 49 (Suppl.): 660 ~ 668 [吴积善. 山地研究的进展与方向[J]. 地理学报, 1994. 49 (增刊): 660 ~ 668]
- [17] Yu Dafu. Discussion of the objects and contents of menology study [J]. *Mountain Research*, 1998, 16(1): 69 ~ 72 [余大富. 山地学的研究对象和内容浅议[J]. 山地研究, 1998, 16(1): 69 ~ 72]
- [18] Ai Nanshan. My perspective on montology [J]. *Mountain Research*, 1998, 16(1): 1 ~ 2 [艾南山. 也谈山地学[J]. 山地研究, 1998, 16(1): 1 ~ 2]

- [19] Zhong Qianghao. A new science—montane-environmentology[J]. *Mountain Research*, 1998, 16(2): 81 ~ 84 [钟祥浩. 山地学发展的一个新方向——山地环境学[J]. 山地研究, 1998, 16(2): 81 ~ 84]
- [20] Chen Shupeng. The "Digital Earth" as a global strategy and its master point[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(4): 247 ~ 253 [陈述彭. 数字地球战略及其制高点[J]. 遥感学报. 1999, 3(4): 247 ~ 253]
- [21] Xu Guanhua, Sun Shu, Chen Yuntai, 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]

Developing Trace of GIS and Design of Digital Mountain

ZHOU Wancun, JIANG Xiaobo

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract: The geographical information is the main body of the geographical information system (GIS), and its special characteristics decide that the first large-scale system appears in the world is the geographical information system. The naissance and development of geographical information system has experienced a long process of accumulation and inheritance of innovation and progress of geographical information science, so that GIS is not only historical product, but also modern crystallization. At present, the geographical information system is at the rapid optimized stage along with the progress the computer technology, the network technology and the simulation technology, and becomes an indispensable strut technology of the Digital Earth. The discussion and the understanding of the naissance and developing trace of GIS will benefit the gradual design goal of the Digital Earth (Mountain). The concept of the Digital Earth has not only caused great echoes in the world wide, but caused the government and the scientists of the scientific and technical circles to pay close attention. Digital Mountain is the basic constituent of Digital Earth. China is the multi-mountains country, so that it is significant and necessary to design Digital Mountain. The paper elaborates the necessity and the feasibility of designing Digital Mountain, and introduces fourteen research contents, scientific system and key strut technologies of designing "Digital Mountain". At the same time, the paper points out that it is a long and complex system engineering for the establishment of Digital Mountain, which needs to pay equal attention to research and application and which is a long and arduous task, with challenges coexisting with chances.

Key words: geographical information system; developing trace; Digital Mountain; design