

地理信息系统的发展与发展中的地理信息系统

王家耀^{1,2}

(1. 信息工程大学测绘学院, 郑州 450052; 2. 苏州市数字城市工程研究中心, 江苏苏州 215021)

[摘要] 针对目前对地理信息系统(GIS)的发展缺乏系统、规律性研究的问题,分析了地理信息系统产生和发展的社会前景、技术背景和学科背景;探讨了随着计算机通信网络技术的发展而引起的 GIS 体系结构和软件开发模式的变化,认为开放式 GIS 思想和组件式 GIS 更适合网络(网格)环境下数据服务和功能的服务分布式特点;提出 GIS 将向以网络服务(Web service)和网格服务(Grid service)为主要形式的开放式 GIS 方向发展,论述了基于网络服务的地理信息共享与数据互操作的基本架构及其特点,指出 Grid service 为实现信息资源共享和协同解决问题提供了新的机遇和技术途径,强调 Web service 和 Grid service 的核心都是服务,两者既相互联系又有区别。

[关键词] GIS; 体系结构; 开发模式; Web service; Grid service

[中图分类号] P208 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)02-0010-07

1 前言

20 世纪 60 年代初,加拿大建成世界上第一个 GIS,即加拿大地理信息系统(CGIS)。在 GIS 兴起和发展的 40 多年中,虽然出现过许多相近的名词,对其定义也众说纷纭,但“地理信息系统”这个名词在科技文献中是使用最多的^[1]。普遍认为地理信息系统是在计算机软硬件的支持下,运用系统工程科学的理论和方法,综合地、动态地获取、存储、传输、管理、分析和利用地理信息的空间信息系统,具有数据采集与输入、存储与管理、信息查询与空间分析、空间决策支持、地图制图与输出等功能^[2]。

GIS 出现以来,研究其发展的文献还不多见。在国外 T. W. Foresman 主编的 The History of Geographic Information System—Perspectives from the Pioneers^[3],实际上是一部由多位学者合作的论文集,分别论述了环境领域的早期 GIS、数据结构和计算环境的进步、部门的重视、国家作用的发挥、国际经验和发展的思考。在国内,刘琳把三维 GIS、时态 GIS 和网络 GIS 作为 GIS 的发展趋势和研究热点^[4];

金红军等从 GIS 技术创新的主要模式、GIS 企业可创新性、政府如何发挥作用等方面,论述了 GIS 技术创新战略实施方法^[5];钟耳顺提出地理信息系统要融入 IT 主流,与其他 IT 技术相结合^[6];笔者从分析我国 GIS 的发展现状出发,认为自主创新是推动我国 GIS 技术发展的根本,提出了我国 GIS 自主创新的若干技术突破点^[7]。在涉及 GIS 的研究生学位论文中,都有关于 GIS 发展和现状的论述。但总的来说,国内外有关文献对 GIS 发展的论述都不是系统的、规律性的探讨。文章从社会、技术和学科 3 个方面论述 GIS 发展的背景,从计算机通信网络技术的发展探讨其体系结构和软件开发模式的演变,从开放式 GIS 思考研究基于网络服务的地理信息共享与空间数据互操作和基于 Grid service 的资源共享和协同工作,试图从整体技术上讨论 GIS 的发展趋势。

2 GIS 产生和发展的背景

2.1 社会背景

当今的许多问题,如人口、环境、资源、发展等,不仅是全球性的,而且是互相交叉和相互制约的。

[收稿日期] 2008-09-18

[基金项目] 支撑计划资助项目(2007BAH16B03)

[作者简介] 王家耀(1936-),湖北武汉市人,中国工程院院士,解放军信息工程大学测绘学教授,研究方向地图制图学与地理信息工程;
E-mail: wangjy@cae.cn

人类生活在地球上,自身的一切生活都与地球空间信息相关,什么时间、什么地方、发生了什么事情、事发地点的环境及其与周围环境的关系等,这些都是人们特别是领导决策最关心的问题。空间、时间、属性是地球空间信息的三要素,是每个人工作、学习、生活中时刻都要涉及到的。在电子计算机技术出现之前,人们凭借传统测绘产品——地图(当然也包括实地考察)来认知地理环境。传统地图所能表达的范围、信息不仅有限,而且在其上进行各种量算和分析十分繁琐、困难、效率很低,有些综合分析甚至不可能实现。电子计算机技术的出现,使以数字形式存储、管理的地理空间数据和经过空间化(定位)的自然资源和社会经济统计数据的地理信息数据库有可能构建,实现地理信息查询和空间分析功能,为领导认知地理环境并做出决策提供信息和功能的服务支持。具备地理空间信息存储、管理、处理、查询、分析和决策支持功能的信息系统就是 GIS。所以, GIS 是解决人类面临复杂问题的需要。

2.2 技术背景

GIS 具有多学科、多种技术交叉融合的特点,其产生和发展与相关学科和技术的发展密切相关,其中最主要的是电子计算机技术、通信网络技术和卫星对地观测技术、卫星导航定位技术。

电子计算机的最大优势就是对数据的存储和处理能力。GIS 本质上是一种信息处理系统,存储和处理的对象是空间数据,电子计算机的存储容量和计算速度对于 GIS 功能和作用的发挥至关重要,电子计算机技术的发展对其体系结构和开发模式的发展起了重要作用。目前电子计算机的计算速度已达每秒百万亿次,数据存储已达 Tb 级,为 GIS 的进一步发展提供了强大的技术支持。

通信网络对 GIS 的发展影响十分深远, GIS 由单机到基于因特网的企业级再到基于 Internet/Grid 的网络/网格,它的发展历程就证明了这一点。网络对 GIS 发展产生本质意义上的影响,正是网络/网格把分布不同地理位置上的异 GIS 联结了起来,实现信息共享和数据互操作以及信息资源共享和协作工作。

卫星对地观测和卫星导航定位技术对 GIS 的实用化具有重要作用。信息源一直是困扰 GIS 实用性的一个突出问题。自 GIS 诞生以来,很长时间内其空间信息源主要是数字地理数据,由于其现实性差,影响了空间分析的准确性和实用性。以卫星、航天

飞机、飞艇(平流层)、高空侦察机、无人机、超低空轻型飞机为平台进行的航天、航空及地基、海基遥感,可以实时化和全球化获取地球最新信息,成为 GIS 的主要信息源;卫星导航定位系统具有相当高的三维定位精度,具有全天候、全天时工作的特性,与 GIS 相结合,可以充分发挥和扩展其组合功能的作用,如对 GIS 数据进行更新,对移动平台进行实时监控等。同时,对地观测数据还可以作为各种观测台(站)观测到的自然现象数据和统计得到的社会经济与人文方面统计数据进行空间定位(空间化)的载体和框架。只有把空间数据和经过空间化的非空间数据结合在一起,经过分析、加工和数据挖掘从而得到综合性知识, GIS 才能在解决人类面临的全球性问题方面发挥作用。

2.3 学科背景

从学科的角度讲,对 GIS 影响最深远的是地理学与地图学。

地理学经历了传统地理学、计量地理学和地理信息科学的发展过程。地理信息科学是关于地理信息本质特征和运动规律的科学,其研究对象是地理信息。地理信息是关于自然、人文现象的空间分布与组合信息,它表征地理现象的数量、质量、分布特征、内在联系和运动规律及其与社会可持续发展的关系。GIS 是地理信息科学的技术系统,是地理学的第三代语言。比较地理信息流在人脑中的处理过程和电脑(电子计算机)中的处理过程,可以发现二者是一致的,都是信息加工系统,包括信息输入、处理和输出^[8]。Rokker 称地理学为“GIS”之父^[1]。包括地理系统理论、地理信息理论、地理认知理论、地理模型理论等在内的地理学理论可以作为 GIS 学科认识论基础。当然, GIS 也为地理学定量化、动态化研究提供了技术保证,它以一种新的思想和技术手段来解决地理学问题,使地理学从传统的定性描述走向定量分析,从简单系统走向复杂系统。所以,从事 GIS 设计、建立与应用的人们要以地理学或地理信息科学的基本理论作为科学的认识论。

地图学经历了传统地图学、数字地图学、信息化地图学的发展过程。在电子计算机出现之前,人们认识自身赖以生存的地理环境,主要是利用被称为地理学第二代语言的地图、系列地图和地图集,来获取对自然和人文现象与要素的数量、质量、空间分布、相互联系及其随时间变化的特征的认识,存在许多局限性,如记载的地理信息有限,信息提取只能人

工进行、量算分析十分不便等。电子计算机的出现,使地图制图技术、产品形式和使用方式都发生了深刻的革命性变化,数字地图数据库、数字正射影像数据库、数字高程模型库和地理信息数据库纷纷出现,基于这些数据库的信息管理、查询检索、空间分析、可视化和制图输出等功能的研究和应用构成了现在的 GIS。其最大的优势是信息量大,信息查询检索、复杂的量算和空间分析(包括叠置分析)、多维动态可视化等不仅十分方便,而且速度快、精度高。许多学者称 GIS 是地图学功能的拓展和延伸, GIS 源于计算机地图制图和脱胎于地图数据库,而又超越计算机地图制图和地图数据库^[8]。地图学中的地图色彩设计与表示方法、地图制图综合、地图量算与分析、专题数据处理与表示方法等都是 GIS 中常用的方法。所以,地图学被认为是 GIS 的方法论基础。从事 GIS 设计、建立与应用研究的人们都应掌握地图学方法论。

3 计算机通信网络技术的出现和飞速发展引起 GIS 体系结构和软件开发模式的变化

3.1 GIS 体系结构的发展和演进

在计算机通信网络技术出现之前, GIS 是单机独立运行的,互不联系。20 世纪 80 年代末 90 年代初,计算机网络技术的兴起给单机独立运行的 GIS 带来了很大冲击^[2]。在网络环境下, GIS 的体系结构发生了许多变化,于是基于主机的 GIS、桌面 GIS、Web GIS、分布式 GIS、开放式 GIS 等先后出现,并有相应的 GIS 软件,它们有各自的特点。

基于主机的 GIS 是以大型主机作为 GIS 服务器,运行数据库管理系统,所有数据和服务都集中在主机上,所有终端通过与主机相连的网络来访问数据。其优点是数据和服务集中,安全性较好,具有海量数据存储能力;缺点是软件开发难度大,只能以重复备份或脱机拷贝的方式交换数据,效率低。系统初期投入大,当系统能力达到极限时还需要更换更强大的主机,维护费用高^[9]。

桌面 GIS 是将用户界面与交互操作、数据处理和数据管理等功能都集中在个人计算机上,多台个人计算机可通过网络获得数据文件共享。优点是个人计算机价格低廉,整体开发费用低;缺点是多用户同时访问一个共享数据文件时,不仅导致网络开销增加,而且并发控制困难、效率低,很难实现向广域

网扩展。

Web GIS 采用 Client/Server 体系结构^[10]。具体实现分为服务器策略和客户端策略。Web GIS 的服务器策略,即通常说的“胖服务器”,其运行过程是客户机通过 Web 浏览器向服务器发出服务请求, Web 服务器通过 CGI, Server API 等接口把这些请求传递给后端的 GIS 服务器, GIS 服务器按照要求进行处理,并将处理结果形成 GIF 或 JPEG 格式的图像文件反馈给远端的用户浏览器。其优点是客户端可在配置很低的环境下进行复杂的 GIS 操作,客户端与平台无关;缺点是网络传输和服务器负担重,客户端可操作性差。Web GIS 的客户端策略,即通常说的“胖客户端”,其运行过程是服务器不处理用户的所有请求,而是通过服务器向客户端发送运行在本地的客户端软件(Plug-in, ActiveX 及 Java Applet)来处理用户的一些简单请求。当客户发出一些较复杂、高级的操作要求而客户端软件不能处理时,才请求 Web GIS 服务器处理,处理结果以矢量数据格式发还客户端。其优点是 GIS 操作速度快,服务器和网络传输负担轻,基于 Java Applet 的 Web GIS 可在任何平台上使用;缺点是客户端软件功能有限,客户端访问不同数据源需要不同的访问接口,增加了系统开发难度,基于 ActiveX 的 Web GIS 只能在 Microsoft 的 Window 下的 IE 中运行,基于 Plug-in 的 Web GIS 需要先在客户端安装 Plug-in。

分布式 GIS(DGIS)指跨越任意数量的组织、在任意数目的平台上分布、能够被任意数量的用户访问的 GIS 能力。在 DGIS 中,所有的计算资源、GIS 服务器、数据库服务器和地理信息广泛分布在 Internet 上,用户不必关心数据在物理上存储于何处,也并不知道提供服务的 GIS 位于何处,只要遵循一定的开放原则,任何用户可以向任意服务器请求地理信息和服务^[11]。显然,分布式 GIS 是一种理想的方案。可是这里所说的“开放原则”及如何实现“任何用户可以向任意服务器请求地理信息服务”,都是需要进一步研究的问题。

开放式 GIS(Open GIS)指在计算机网络环境下,根据行业标准和接口所建立起来的 GIS。在 Open GIS 中,不同厂商的 GIS 软件及分布式数据库之间可以通过接口互相交换数据,并将它们结合在一个集成式操作环境中。在 Open GIS 环境中,可实现不同空间数据之间、数据处理功能之间的互操作及不同系统或部门之间的信息共享。

应该说这是一种新的理念,为以后的 Web service 和网格服务 Grid service 指明了方向。

3.2 GIS 软件开发模式的发展和演进

随着计算机通信网络技术的快速发展, GIS 软件开发模式经历了许多变化,由最初的 GIS 功能包发展到集成式继而至模块式,并由模块式发展到现在的组件式 GIS。

GIS 功能包是 GIS 发展初期的软件开发模式,由于受到技术上的限制, GIS 软件实际上是一些完成地理信息处理的功能包,只能完成较简单的操作,功能包之间不能很好地协作,也不能形成一个集成系统。

集成式 GIS 是 GIS 功能包模式的发展,它把各种 GIS 功能包集成到一个用户界面上,成为一个独立的整体,相对容易操作,并能完成较复杂的任务;其缺点是系统庞大昂贵,难以开发和维护,且很难与其他的系统集成。这种集成模式的 GIS 一直占据市场的主角。

模块式 GIS 是集成式 GIS 的进一步发展,它把 GIS 软件分成许多功能模块,这些功能模块运行在统一的基础平台上,并具有独立的用户界面。其优点是比较容易开发和维护,且用户可根据需要,订购相应的功能模块;其缺点是完成不同的 GIS 功能必须在功能模块之间来回切换,也很难与其他系统集成。

计算机技术和全球信息网络技术的飞速发展,日益增长和日趋多样化的社会需求,使 GIS 软件开发模式发生了革命性变化,组件化(元件化、控件化、部件化、构件化)成为 GIS 软件开发模式的新发展趋势,组件式 GIS(components GIS, Com GIS)技术应运而生。Com GIS 的基本思想是将 GIS 的各大功能模块分解成许多较小的独立软件单元,称为组件(元件、控件、部件、构件),每个组件完成不同的功能。这些组件可来自不同的厂商和不同时期的产品,可用任何语言开发,开发环境也无特别限制,各个组件之间可根据应用需求,通过可视化界面和使用方便的标准接口可靠而有效地组合在一起,形成最终的应用系统。所以,Com GIS 的核心是标准接口。组件可以重复使用,这样就大大提高了软件生产率。

以上 GIS 软件开发模式“功能包—集成式—模块式—构件式”的发展变化,印证了计算机通信网络技术的飞速发展对 GIS 软件开发模式带来的深刻影响,组件式 GIS 更适合网络/网格环境下数据服务和

功能服务的分布式特点。

4 基于开放式 GIS 思想的网络(网格)服务为实现地理信息共享与数据互操作并向信息资源共享与协同工作发展奠定了技术基础

4.1 基于 Web service 的地理信息共享与数据互操作

国际标准化组织 W3C 对 Web service 定义为: Web service 是统一资源标识符(universal resource identifier, URI)标识的软件应用程序,其接口和物理位置可以通过使用扩展标记语言(XML)来进行定义、描述和发现, Web service 通过支持基于 Internet 的协议来使用基于 XML 的消息传递机制实现与其他软件之间的交互^[12]。

为了实现网络环境下的地理信息共享和数据互操作,国际标准化组织(ISO/TC211)和开放式地理信息系统联盟(OGC)推出了简单对象访问协议(SOAP)、网络服务描述语言(WSDL)和统一描述、发现和集成(UDDI)等一系列标准,构成了 Web service 协议栈,它们都是以 XML 为基础的。

Web service 具有自包含、自组织、自描述、组件化、标准化、网络化、开放性、语言独立性、可互操作性、动态性等特性,使它成为现在乃至将来地理信息共享和互操作的主要途径和发展趋势,很多 GIS 厂商竞相推出基于 Web service 标准的网络 GIS 平台,并在此基础上基于 OGC 规范开发了地理信息服务组件,如网络地图服务(web map service, WMS)、网络覆盖服务(web coverage service, WCS)和网络要素服务(web feature service, WFS)等,它们可以被其他 GIS 及其组件直接调用,以此实现 GIS 之间的地理信息共享与空间数据互操作。

Web service 的基本架构由 3 个参与者和 3 个基本操作构成。服务提供者将其服务发布到服务代理的一个目录上;当服务请求者需要调用服务时,首先利用服务代理提供的目录去搜索该服务,得到如何调用该服务的信息;然后根据这些信息去调用服务提供者发布的服务。当服务请求者从服务代理得到调用所需服务的信息之后,在服务请求者和服务提供者之间通信直接进行,无需经过服务代理。实际上对服务是没有进行管理的,当用户的服务需求涉及到多个服务提供者时,都需要重复前述操作,而且多个服务的组合也需要由用户自己来完成,这对于一般用户是很难甚至是不可能实现的。

4.2 Grid service 为实现资源共享和协同工作提供了新的机遇和技术途径

网格(Grid)这个词源于“电力网格”。根据 Globus 项目负责人 Ian Foster 关于网格的论述:网格的本质是要利用高速互联网把分布在不同地理位置的计算机组织成一台“虚拟的超级计算机”,实现在集中控制的环境中协同使用资源,使用标准的、开放的和通用的协议和接口,提供非平凡的服务^[13]。

网格是一种新的网络环境,即集成的计算与资源环境,有自己的构建平台。目前最有影响力的是 Globus,它提供了一套构建网格的工具 Globus Toolkit (GT),包括相关的服务。目前的 Grid 结构是开放式网格服务结构(open grid service architecture, OGSA),其核心是服务和集成。在 2003 年推出的 GT3 中,OGSA 的基础架构采用的是开放网格服务基础设施(open grid service infrastructure, OGSi),它提供的功能存在多方面的缺陷^[14];在随后推出的 GT4 中,用网格服务资源框架(web service resource framework, WSRF)取代了 OGSi。实际上,它是 Grid 技术吸取了 Web service 的优点而构建的。

WSRF 在 Web service 的标准规范基础上,又新增了 WS-Resource, WS-Resource Lifetime, WS-Renewable References, WS-Service Group, WS-Base Fault 5 个标准化的规范,它们都是围绕 WS 资源来定义和工作的;此外还有一个不属于 WSRF 规范,但却是必不可少的一种标准方法 WS-Notification。这些规范有一套相应的软件体系^[15]。

从 OGSi 到 WSRF 并没有改变 OGSA 的模式,以 WSRF 构建的 Grid service 所表现出来的一切都是“服务”,它有着自己许多的特点或优点,使 OGSA 更加灵活、贴近实现资源共享和协同工作。

Grid service 的核心是服务,用户如何申请、发现和获得服务成为研究的主要问题。分析已有文献^[16~31],结合笔者的研究实验,提出如下的 Grid service 架构:在网格环境下,所有节点分为用户节点、门户节点、管理节点、数据服务节点、功能服务节点和资源(计算、存储)服务节点等 6 类。其中,用户节点指遍布在网格上的用户;门户节点实际上是用户进入网格环境的界面(即用户界面),用户可通过界面展现网格服务目录,确定自己的服务请求;管理节点的任务是负责本虚拟组织(VO)内的用户节点、门户节点和各类服务节点的管理协调,根据用户的请求,实施数据访问与集成、功能服务组合和计

算资源与服务节点的协同工作;数据服务节点、功能服务节点和计算资源服务节点分别提供数据服务、功能服务和计算资源服务。基于 Grid service 的资源共享与协同工作流程是:客户端用户向门户节点提出服务请求,门户节点进行用户认证和权限绑定,并发送给管理节点;管理节点根据经认证和绑定过的用户请求和服务链访问、集成相应的数据,并进行服务组合,最后通过门户节点将结果反馈给用户。

比较基于 Web service 的地理信息共享与空间数据互操作和基于 Grid service 的资源共享与协同工作,可以看出二者既有联系又有区别,可以说是“你中有我,我中有你”,作为当前和今后地理空间信息服务的主流模式,Web service 和 Grid service 技术的实现还有许多问题待研究,特别是 Grid service 技术的实现还任重道远。

5 结语

40 多年来,GIS 在其功能、软件体系结构和开发模式等方面都有了很大进步,发生了重大变化,具有十分广阔的应用前景。但 GIS 作为一种新兴的地理空间信息技术仍在发展之中,未来的发展空间仍然很大。

1)GIS 的产生和发展有着深厚的社会背景、技术背景和学科背景。深刻认识日益复杂和多样化的社会需求,计算机技术、通信网络技术、卫星对地观测技术和卫星导航定位技术的推动作用,及地理学和地图学在认识论和方法论上的作用,过去、现在和将来对促进 GIS 的发展都具有重要作用。

2)计算机与网络通信技术的出现与发展,使网络 GIS 的体系结构和软件开发模式发生了深刻变化。GIS 的软件结构呈现出“基于主机的 GIS—桌面 GIS—网络 GIS—分布式 GIS—开放式 GIS”的演进特点;GIS 的软件开发模式表现出“GIS 功能包—集成式 GIS—模块化 GIS—组件式 GIS”的发展变化。无论是 GIS 的体系结构还是开发模式都在不断进步,并将进一步融入到 IT 主流中。

3)Web service 是 Web GIS 在 Open GIS, DGIS 思想引导下,在 ISO/TC211 与 OGC 推出的 SOAP, WSDL 和 UDDI 等一系列标准支持下实现的,是解决地理空间信息共享和空间数据互操作问题的最佳技术途径,其必将成为当前地理空间信息服务的主流模式。

4)Grid 技术的出现和应用,为实现广义上的资源共享与协同解决问题创造了条件,将数据(知识)

服务、功能服务、计算资源服务和传感器服务注册到注册中心,将构成传感器网、GIS 平台网和网格的深度联网,到那时才有可能实现真正意义上的实时动态化和实用化的 GIS。

5)Grid service 是在 Web service 基础上的发展,在 Grid service 环境下,GIS 包括的功能和数据都将是分布式的,基于用户需求及与之相应的服务链模型的数据访问集成、功能服务迁移与服务组合的“一站式”服务将成为主流服务模式。用户不需要占有数据就可以享用数据,这时数据可以由专业部门或公司生产、维护和更新;用户不需要占有内部紧耦合的 GIS 软件而可以享用功能服务,这时网格服务组件将成为 GIS 软件的主流开发模式。

6)Web service 和 Grid service 的核心都是服务,两者既相互联系又有区别。区别在于前者是无状态、不可管理、不可控制、无序的;而后者则是有状态、可管理、可控制、有序的,用户的操作更简单。两者相互结合、相互借鉴并逐渐融为一体,是当前和今后实现空间信息服务的网络化(网格化)、大众化和普适化的主流技术。

7)Web service 和 Grid service 的实现必须标准先行。我国地理信息服务标准建设滞后,Web service 和 Grid service 的标准建设更为滞后,必须在进行技术攻关的同时,抓紧标准规范研究,包括消息传递、互操作框架、目录服务和注册服务、数据服务、功能服务、地名服务、地图服务、地图覆盖服务、可视化(显示)、网格管理服务等标准,构建实现地理信息服务的标准体系,可引用和参考 ISO/TC211 和 OGC 提出的相关标准,这是一项十分重要而又繁重的任务。

参考文献

- [1] 何建邦,钟耳顺.地理信息系统.地球系统科学[M].陈述彭主编.北京:中国科学技术出版社,1998
- [2] 王家耀.空间信息系统原理[M].北京:科学出版社,2001
- [3] Foresman T W. The History of Geographic Information Perspectives from the Pioneers, Prentice[M]. Hall PTR, 1998
- [4] 刘琳.地理信息系统发展趋势[N].中国测绘报,2008-02-25
- [5] 金红军,潘懋. GIS 技术创新战略实施方法[N].中国测绘报,2008-03-11
- [6] 钟耳顺.地理信息系统要融入 IT 主流[N].中国测绘报,2008-02-06
- [7] 王家耀.自主创新与我国 GIS 的发展[N].中国测绘报,2006-12-20
- [8] 王家耀.地图学与地理信息工程研究[M].北京:科学出版社,2005

- [9] 王家耀,华一新.军事地理信息系统[M].北京:解放军出版社,1995
- [10] 祝玉华.基于 Agent 的 Web GIS 研究及其实现[D].郑州:解放军信息工程大学,2003
- [11] 吴升.分布式地理信息系统平台技术[D].郑州:解放军信息工程大学,2002
- [12] 龚健雅,高文秀.地理信息共享与互操作技术及标准[J].地理信息世界,2006,4(3):18-27
- [13] Ian Foster. What is the Grid? A Three Point Checklist[C/OL]. Argonne National Laboratory and University of Chicago. Foster@mcs.anl.gov. July 20, 2002
- [14] 王家耀,祝玉华,吴明光.论网格与网格地理信息系统[J].测绘科学技术学报,2006,23(1):1-7
- [15] 孙炜,任长明,朱江,等.基于 Web Service 的网格资源架构 WSRF.微处理机,2005,26(1):13-16
- [16] 韩涛. WSRF 标准规范体系研究[J].现代图书情报技术,2007(5):13-16.
- [17] 周成虎.地理信息系统的新时代:网格地理信息系统[J].地理信息世界,2007,5(4):17-17
- [18] 黄方,刘定生,李国庆,等.基于网格的高性能地理信息系统初探[J].地理信息世界,2007,5(4):33-39
- [19] 杨崇俊.网格及其对地理信息服务的影响[J].地理信息世界,2003,1(1):20-22.
- [20] 方金云,何建邦.网格 GIS 体系结构及其实现技术[J].地理信息世界,2002,4(4):36-42
- [21] 崔铁军,郭黎,白振会,等.基于网格的地理空间信息服务关键技术研究[J].测绘科学技术学报,24(5):324-327
- [22] 高昂,陈荣国,张明波,等.面向网格环境的 Java 跨平台 GIS 系统原型实现的关键技术[J].地球信息科学,9(6):65-71
- [23] 饶伟,刘鹏.基于本体的 Grid GIS 服务发现框架研究[J].地理信息世界,2007,5(4):45-48
- [24] 翟永,陈杰,刘磊.国家基础地理信息中心数据存储网格建设[J].地理信息世界,2007,5(4):49-53
- [25] 刘云翔,景宁,陈牵,等.空间信息网格 SIG:新一代的空间信息基础设施和服务框架[J].地理信息世界,2007,5(4):22-27
- [26] 王家耀,吴明光.基于 VO 和 Gossip 的网格空间信息服务发现模型[J].测绘科学技术学报,2007,24(5):313-316
- [27] 吴明光,王家耀.基于密度的小生境粒子群算法在空间信息服务选择中的应用[J].测绘科学技术学报,2007,24(6):420-422
- [28] 吴明光.网格空间信息 workflow 模型研究[D].郑州:信息工程大学测绘学院,2007
- [29] 尹皓,周激流.Web 服务与 Grid 服务之比较研究[J].四川大学学报:自然科学版,2004,41(6):1284-1286
- [30] Northeast regionale Science Center. Web and Grid Service - Architectures and Technologies. Savas Parastatidis [D/OL]. <http://Savas.parastatidis.name>, 2003/12/22
- [31] Martin C B. Writer and Consultant, Mesp. Build Grid Applications based on SOA [EB/OL]. <http://www-128.ibm.com/developerworks/grid/library/gz-soa/index.html>, 2006/02/26

Development of geographic information system and developing geographic information system

Wang Jiayao^{1,2}

(1. Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China;

2. Suzhou Digital City Engineering Research Center, Suzhou, Jiangsu 215021, China)

[**Abstract**] According to the problems of lacking of systematic and regular research in the development of GIS, this paper analyzed the social background, technology background and subject background in which GIS was produced and developed and explored changes of GIS architecture and software development model caused by the development of computer communication Web technology. It considered that the idea of Open GIS and Com GIS, which were distributed, was more fit for both data service and functional service under Web(Grid) environment, and put forward that GIS was developing into Open GIS based on Web services and Grid services. It also discussed the basic architecture and characteristics of sharing geographic information and data interaction based on Web services. At last, it proposed that Grid services provided a new opportunity and a new technology way to share geographic information and solve problems together, and underlined that the core of Web services and Grid services was services that both related and differentiated to each other.

[**Key words**] GIS; architecture; develop model; Web service; Grid service