

文章编号:1671-6833(2003)02-0059-04

“数字黄河”工程及其关键技术支持

周振红¹, 张君静¹, 陈峙峰², 杨国录³

(1. 郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002; 2. 周口市公路局, 河南 周口 466000; 3. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:“数字黄河”工程的建设, 目的是实现黄河信息化管理, 最终实现黄河水利现代化. 围绕“洪水威胁、水资源供需矛盾、生态环境恶化”三个中心, 通过防汛减灾、水量调度、水质监控、水土流失治理与监测、水利工程运行与管理、电子政务及黄河网七个方面的应用牵引, 全面带动“数字黄河”工程的实施. “数字黄河”的关键支撑技术包括地理信息系统、遥感技术、卫星全球定位系统、通信网络技术、空间数据(仓库)及虚拟现实技术. “数字黄河”工程的关键是黄河流域模型的建设.

关键词: 数字黄河; 防汛减灾; 决策支持; GIS; RS; GPS; 虚拟现实

中图分类号: TP 311

文献标识码: A

0 引言

我国第十个五年计划建议中指出:“信息化是当今世界经济和社会发展的的大趋势, 也是我国产业优化升级和实现工业化、现代化的关键环节. 要把推进国民经济和社会信息化放在优先位置”. 该计划明确提出了“以信息化带动工业化, 发展后发优势, 实现社会生产力的跨越式发展”的战略目标, 为我们迎接全球信息化浪潮的挑战指明了方向.

21世纪伊始, 黄河水利委员会提出了全力建设三条黄河的设想, 即建设“原型黄河”、“模型黄河”和“数字黄河”. “原型黄河”, 是指通过黄河工程建设达到“堤防不决口, 河道不断流, 水质不超标, 河床不抬高”, 最终实现黄河的长治久安; “模型黄河”, 是指通过建立黄河流域的实体模型和数学模型, 以模拟黄河流域的自然现象, 进而把握其内在规律; “数字黄河”, 是指通过建立信息化的黄河, 实现黄河治理开发的数字化、网络化、可视化和智能化.

“数字黄河”是黄河信息化的集中体现, “数字黄河”工程建设是一项长期而艰巨的任务, 需要各个方面的专家、学者、技术人员的共同努力, 才有可能实现其宏伟目标. 本文从“应用牵引, 技术支持”出发, 对“数字黄河”工程给予简要阐述.

1 “数字黄河”的涵义、目标和功能

1.1 涵义

参照“数字地球”^[1]的概念, 我们将“数字黄河”定义为: 综合应用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、大规模存储技术、虚拟现实(VR)及分布式计算技术, 以宽带网络为纽带, 对黄河流域及其相关地区的自然、社会、经济等各种信息, 按地理坐标进行整合, 形成由海量空间信息组成的数字化平台, 在这一平台上融入黄河流域的各种模型, 以对黄河治理开发和管理提供决策支持.

从应用角度讲, “数字黄河”是虚拟的物理黄河, 它通过建立黄河流域及其相关地区的数字化研究环境, 来模拟、分析、研究黄河的自然现象, 探索其内在规律, 从而对黄河治理、开发和管理的各种方案决策提供科学技术支持.

1.2 目标

“数字黄河”工程建设目标是实现黄河水利信息化, 进而实现黄河水利现代化. 具体讲, “数字黄河”将利用遥感、遥感、GPS和其他现代化手段实现对黄河流域基础信息和专题信息的自动采集, 建立起黄河流域的现代通信及网络体系, 构建黄河空间信息框架(黄河地理信息系统: HHGIS), 开

收稿日期: 2003-01-19; 修订日期: 2003-02-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50099620); 河南省高校骨干教师基金资助项目

作者简介: 周振红(1963-), 男, 山东省蓬莱市人, 郑州大学副教授, 博士, 主要从事GIS、水利工程DSS方面的研究.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

发基于 HHGIS 的各种应用系统,从而实现“信息传输网络化、信息管理数字化、主要业务智能化、政务办公电子化”,为各个层次的用户提供全面、快捷、准确的信息服务和决策支持,以信息化推动现代化,实现黄河流域的可持续发展.

1.3 功能

从数据处理流程看,“数字黄河”须具备以下五大功能.

(1) 数据采集功能:运用遥感、数字摄影测量、全球定位系统、自动水文站等设施,实时采集黄河气象、水文、泥沙、水质、水土流失等数据.数据采集应快捷,所采集的数据应拥有广泛性和实时性.

(2) 数据传输功能:通过通信网络等的建设,实现数据的快速传输.

(3) 数据存储及处理功能:通过分布式数据库、空间数据仓库建设,对海量的黄河信息进行存储及处理,并以地理坐标为参照系.

(4) 模拟仿真功能:在基本数据、实时采集数据的基础上,运用数学模型和虚拟现实技术等,动态模拟仿真流域环境演变、黄河水沙运动过程、水利工程运行等.

(5) 决策支持功能:以内容全面的知识库为依托,对数学模拟的各种方案结果进行优化分析,从中选择较优的方案,从而对防洪调度、水资源调度、环境保护等给予决策支持.

2 “数字黄河”的应用内容

“数字黄河”工程建设,主要围绕洪水威胁、水资源供需矛盾、生态环境恶化三个中心,通过防汛减灾、水量调度、水质监控、水土流失治理与监测、水利工程运行与管理、电子政务及黄河网七个方面的应用牵引,全面带动“数字黄河”工程的实施,见图 1 所示^[3].

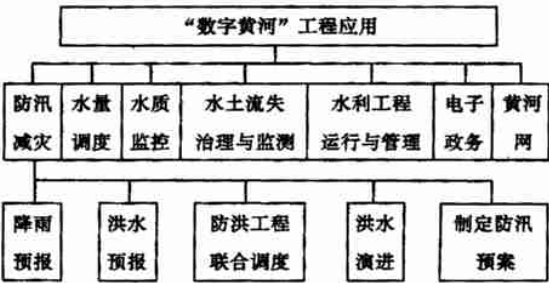


图 1 “数字黄河”工程应用框架

Fig. 1 Application scheme of digital Huanghe engineering

2.1 防汛减灾

防汛减灾是“数字黄河”工程建设的首要目标,即“数字黄河”首先是“数字防汛”.在“数字防汛”中须抓好五个主要环节:降雨预报、洪水预报、防洪工程联合调度、洪水演进和制定防汛预案.

(1) 降雨预报:降雨预报的水平体现在预报的精度和预见期的长短两个方面.“数字防汛”须借助于遥测、遥感等现代技术手段,来提高降雨预报的精度和延长降雨的预见期.

(2) 洪水预报:洪水预报的难点是对流域产汇流规律的认识和把握.借助于遥感、地理信息系统、全球定位系统等现代技术手段,努力弄清流域内下垫面条件,进而为洪水预报模型的建立提供可靠的实验资料和验证资料.

(3) 防洪工程联合调度:根据洪水预报结果,对三门峡、小浪底等水库进行多方案模拟调度运用,从中选择最优方案,以充分发挥中游水库的防洪作用.

(4) 洪水演进:在集成了 3S(RS, GIS, GPS)技术和数字高程模型(DEM)的洪水演进系统中,下游滩区什么时间洪水演进到什么地方;哪个地方先淹;哪段堤防临水等,与防汛有关的重要信息都可以直观地反映在计算机屏幕上.

(5) 制定防汛预案:根据洪水演进结果,提出下游滩区的人员撤退方案或采取其他有效的避险措施;对可能出现险情的控导工程、险工、堤段提前做好料物、人员、机械设备等抢险准备,力争将洪水产生的损失降至最低程度.

2.2 水量调度

根据径流(包括枯水期径流)预报,得知上游的来水流量和来水量(包括地表水和地下水);通过河口地区生态模拟系统,确定某一时段需要黄河维持的最小入海流量或水量;最后,通过水资源实时调配系统,确定区间水资源如何在不同行业或同一行业不同用水户之间进行科学分配.

2.3 水质监控

在黄河干流省(区)际断面和主要支流入黄口设置水质监测断面,对各断面水质状况进行实时监测.通过构造河流污染物的扩散输移模型,对污染物的扩散及输移进行模拟分析,进而对河流水质状况及其变化做出预测,为用水户(特别是城市居民)做出水质预报.

2.4 水土流失治理与监测

黄河流域的水土流失主要分布在黄土高原,其中水土流失面积达 45.4 万 km².“数字黄河”工

程建设,将通过GPS的准确定位,借助于RS及时获取水土流失及治理信息,同时借助于GIS对水土流失治理的经济、社会及生态效益做出宏观评价。

2.5 水利工程运行与管理

通过建立黄河干流控制性水利工程与堤防的运行与管理系统,实时了解和掌握黄河干流上水利枢纽工程的运行状况,为防洪调度及全河水资源的统一调度提供准确的实时依据。

2.6 电子政务

电子政务的建设目标,主要是实现办公自动化、信息资源化,在局域网上实现信息交换、信息发布、视频会议、决策支持等。

2.7 黄河网

黄河水少沙多、水沙异源,是世界上公认的最复杂最难以治理的大河。通过黄河网将黄河治理开发与管理的难题推向世界,以充分利用国内外的智力资源,群策群力,共同把黄河的事情做好。

3 数字黄河的关键支撑技术

从前面“数字黄河”的定义及其实现目标来看,“数字黄河”的关键技术包括通用技术和专用技术两部分。运用于“数字黄河”的通用技术又包括用于信息采集的遥感、全球定位系统,信息传输的通信网络技术,信息存储与处理的空间数据(仓库),和将上述技术融为一体、从而形成“数字黄河”的系统框架体系(或服务平台)的地理信息系统,以及虚拟现实技术;专用技术主要指对黄河流域自然现象进行模拟的各种应用系统。

这里,将上述通用技术称为“数字黄河”工程的关键支撑技术,专用技术称为“数字黄河”工程的核心技术。

3.1 系统集成平台——地理信息系统(GIS)

地理信息系统(Geographic Information System; GIS),是基于计算机技术和网络通信技术解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、分析与应用等问题的空间信息系统。其优势在于它的集地理数据获取、存储、管理、分析、可视化显示与输出于一体的数据流程,在于它的空间分析和辅助决策能力。

组件式地理信息系统(ComGIS)是现代GIS发展的重要趋势,它可以跨平台、网络、应用程序运行,它能改变目前软件生产的开发模式。GIS软件的体系结构正从单机发展到客户/服务器结构,并进一步发展到客户/应用服务器/数据库服务器模

式;万维网地理信息系统(WebGIS),是在互联网上提供地理信息服务。

3.2 信息采集系统

3.2.1 遥感(RS)技术

遥感(Remote Sensing; RS),是指从远距离、高空以至外层空间的各种平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影或扫描,获取地面物体的特征和运动状态的现代化信息采集技术。RS包括光学遥感成像、红外遥感探测、激光遥感、微波遥感等。RS主要用于获取地理空间基础数据——数字正射影像(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字线划图(DLG)和数字栅格图(DRG)数据。

遥感影像的识别技术——图像分类技术正在得到迅速发展,人工神经网络分类法、模糊分类法、纹理分类法和基于知识的图像分类等都取得了明显进展;遥感影像信息的压缩技术,目前最成功的是小波分析方法,它对于遥感影像的实际应用具有十分重要的推动作用。

3.2.2 全球定位系统(GPS)

卫星全球定位系统(Global Positioning System; GPS),是美国研制的导航、授时和定位系统。它由空中卫星、地面跟踪监测站、地面卫星数据注入站、地面数据处理中心和数据通讯网络等部分组成。用户只要拥有GPS接收机,就可获得导航、授时和定位服务。

由于美国政府推行的SA(选择可用性)和AS(反电子欺骗)政策,目前GPS提供的定位精度在10m左右,而为了得到更高的定位精度,我们通常采用差分GPS(DGPS)技术,将一台GPS接收机安置在基准站上进行观测,根据基准站已知精确坐标,计算出基准站到卫星的距离改正数,并由基准站实时将这一数据发送出去;流动GPS接收机在进行GPS观测的同时,也接收到基准站发出的距离改正数,并对其定位结果进行改正,从而达到提高定位精度的目的。差分GPS分为两大类:伪距差分 and 载波相位差分(又称实时动态定位技术RTK,Real Time Kinematic)。前者定位精度可达米级;而后者定位精度则可达厘米级。

除美国的NAVSTAR/GPS卫星定位系统外,还有俄国的GLONASS、欧洲空间局的NAVSAT、国际移动卫星组织的INMARSAT、中国的“北斗一号”双星导航定位系统。

3.3 信息传输系统——通信网络技术

“数字黄河”实质是建立在通信网络基础上的黄河流域地理信息系统,因此通信网络技术是“数

字黄河”的一个非常重要的组成部分,是“数字黄河”信息传输的“神经中枢”。

目前,互联网技术正在飞速发展,在未来几年内,将在统一的IP 交换基础设施上融合现在的固定通信网PSTN、移动通信网、有线电视网和互联网,构筑统一的IP 宽带网络。宽带网络指具有传输文本、语音、视频能力的宽带网,一般指达到或接近 10^{15} 字节带宽的网络。以互联网的出口带宽为例,2001 年 9 月中国的出口带宽已达 5724 兆,与 2001 年 1 月相比,在 9 个月内增加了 105%,即 9 个月内“路面”拓宽一倍。

“数字黄河”的通信网络既涉及国家公网又有黄河专网。根据“数字黄河”工程的实际情况,黄河专网需要建立三级网络:第一级为委机关(包括各种管理及指挥中心),第二级为直属单位,第三级为各重要信息采集站点。

3.4 信息存储与处理中心——空间数据库、数据仓库技术

要解决“数字黄河”中海量的数据存储,须采用大规模数据存储技术,即分布式空间数据库、数据仓库(Data Warehousing)技术。数据仓库是近 10 年发展起来的数据融合技术,它能够对来自多个异构数据库中的数据进行聚集和概括,以满足不同层次用户的联机查询、分析和决策支持要求。由于空间数据的特殊性,空间数据仓库(Spatial Data Warehousing)要比一般数据仓库复杂得多。对空间数据仓库中数据的组织和查询提供支持的空间数据库引擎,是当前研究的热点。

要从大量的、模糊的数据中提取潜在的、有用的信息和知识,需采用数据挖掘(Data mining)技术。空间数据挖掘(Spatial Data mining),要比一般的数据挖掘困难得多,因为空间数据不仅有属性数据,还包括几何特征、拓扑关系等数据,这些都是其他数据所不具备的。目前,对空间数据挖掘所采用的方法包括空间相似分类法、关联规则法、特征分类法以及知识代理等方法。空间数据挖掘尚处在探索阶段,有待深入研究。

3.5 虚拟现实(VR)技术

从“数字黄河”的长远发展来看,虚拟现实(Virtual Reality)技术将发挥重要作用。

虚拟现实,是在计算机图形学、仿真技术、人一机交互技术、多媒体技术以及传感器技术的基础上发展起来的一门交叉技术,是利用计算机生成一种现实世界的虚拟环境,通过传感器使用户

“投入”到该环境中,实现用户与该环境进行自然交互的技术。虚拟现实的重要特点在于它的交互性。按交互性,可将虚拟现实分为:

(1) 视频映射。即用常规的计算机来显示虚拟世界,这是一种平面虚拟现实。

(2) 沉浸式。沉浸式配有头盔式显示器,把用户沉浸到虚拟现实之中。

(3) 分布式。把虚拟现实与Internet 相结合,通过宽带网络使用户与远程传感器联接。

虚拟现实技术必须有大量容量的数据存储、快速的数据处理和宽频信息通道的支撑。

4 “数字黄河”核心技术——黄河流域模型

“数字黄河”工程的主要目的,是通过黄河的数字化信息服务平台,对黄河的治理开发和管理提供科学决策支持。因此,建立黄河流域模型(主要是各类水利模型),来准确模拟其自然现象,进而把握其内在规律,为“数字黄河”的决策支持打下坚实的基础,是“数字黄河”工程建设的关键所在,它直接关系到“数字黄河”工程的成败。

建立起准确的各类水利数学模型(如水动力学模型、流域产汇流模型、输沙计算模型、水质模型、水资源优化配置模型、环境评价模型等),是一项长期而艰巨的任务:一方面,应继续加强基础理论研究,弄清黄河本身的机理,为建模提供理论依据;另一方面,需要进行大量的数值试验,并用实体模型和现场观测的数据来验证。这里要强调的是,水利数学模型大多具有大型、非线性特点,收敛前的迭代过程相对较长,须借助于交互可视化手段,来缩短建模的周期。

在“数字黄河”工程中,构造出各类水利数学模型,还只是模型建设的第一步;第二步,需要考虑如何将各类水利模型融入基于空间信息的分布式系统中。在融入的过程中,必须实现模型的组件化和可视化。模型组件化,指在共同的组件对象标准或规范下,利用语言工具将模型封装成组件,通过接口使用组件提供的服务,这同时也解决了分布式计算平台中的软件互操作问题;模型可视化,是在模型组件化的基础上,利用组件的事件所特有的异步通讯机制,将中间计算结果及时“广播”出来,并转换成动态变化的图形,借此可以快速产生优化方案。

(下转第 66 页)

analysis and surface reconstruction with range data[J]. Graphical Models and Image Processing, 1996, 58(5):109 ~111.

[7] GUO Baining. Surface reconstruction from points to splines[J]. Computer aided Design, 1997, 129(4):269~276.

[8] WRIGHT Richard S, SWEET Michael Jr. OpenGL 超级宝典[M]. 第二版. 潇湘工作室, 译. 北京:人民邮电出版社, 2001.

Research on the Technology of 3D Surface Reconstruction Based on Layer Data

HUANG Yong -Li , XU Hua

(College of Information Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450052,China)

Abstract : Reconstruction of 3D object from a set of plane contours has been widely used .However ,howto solve key problems such as orientation problem and multiple branching problem directly affects the accuracy and application value of 3D object .This paper explores surface rendering of 3D reconstruction and key problems such as multiple branching problem ,orientation problem ,smoothness and continuity etc that must be solved while using the method , and it also improves the method of howto resolve multiple branching problem and orientation problem ,and provides the method that changes multiple branching problem into some single branching problems according to the rate of perimeter of multiple contours and the method that makes alignment of mean point ,which greatly improves the accuracy of 3D reconstruction .

Key words : surface rendering ; 3D reconstruction ; branching ; contours connection ; B spline

(上接第 62 页)

参考文献:

[1] 承继成,林 琿,周成虎,等. 数字地球导论[M]. 北京:科学出版社,2000.

[2] 黄河水利委员会 . 建设数字黄河工程[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002.

Digital Huanghe Engineering and Key Supporting Technique

ZHOU Zhen -hong¹, ZHANG Jun -jing¹, CHEN Shi -feng², YANG Guo -lu³

(1.College of Environmental & Hydraulic Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002, China ; 2.Zhoukou Highway Bureau , Zhoukou 466000, China ; 3.College of Water Resources and Hydropower , Wuhan University , Wuhan 430072,China)

Abstract : Construction of digital Huanghe engineering is to realize information managing , and finally , water resource modernization of Huanghe . Around the three centers of flood danger , water resource offer -demand contradiction , and ecological environment worsening , digital Huanghe engineering is being carried out through the seven application aspects of flood -control , water resource dispatching , water quality monitoring , harnessing and monitoring of soil erosion , running and managing of water conservancy projects , electronic government affairs , and Huanghe net . The key supporting techniques include Geographic Information System , Remote Sensing , Global Positioning System , Net , Spatial Data Warehousing , and Virtual Reality . The key of digital Huanghe engineering is to develop various mathematical models of the Huanghe River valley .

Key words : digital huanghe flood -control ;decision supporting ;GIS ;RS ;GPS ;virtual reality