

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.05.001

数字流域的内涵和框架探讨

张行南^{1,2}, 丁贤荣², 张晓祥²

(1. 河海大学水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 根据数字流域研究现状, 以流域的基本含义为基础, 探讨了数字流域的内涵和框架结构, 论述了数字流域的建设内容和功能、规范标准体系和构建技术, 说明多元海量数据的存储管理和数据的基础分析计算是数字流域的核心, 数据接入和通用服务平台功能是数字流域的主要构成部分, 数字流域工程是对象流域实体数据及其数据采集与传输、应用模型或系统与数字流域的集成。

关键词: 数字流域, 数字流域工程, 数字化

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2009)05-0495-04

1 数字流域研究现状

随着 1998 年数字地球概念的提出, 在自然科学领域出现了一场数字革命, 数字城市、数字省份、数字水利、数字交通等名词蜂拥而出, 数字流域的概念也相应诞生。数字流域是数字化进程的必然产物。水利等领域对流域数字化的需求, 是数字流域诞生的基础。

国内外数字流域的研究和建设速度非常迅速, 与数字流域主题相关的内容比比皆是, 如数字黄河、数字黑河、数字海河流域、数字长江、清江数字流域等。但这些项目或工程并非是完整的数字流域, 只是其建设内容中有些部分与数字流域或数字流域工程紧密相关。

关于数字流域, 李纪人等^[1]系统论述了数字流域的基本概念、发展状况、框架和业务应用系统, 以及数字流域涉及的关键技术、流域模拟模型和常用专业软件, 并对部分成功案例进行了剖析。王光谦等^[2]介绍了数字流域模型的框架结构、关键技术以及模型建立和运行等方面的成果。以黄河流域为例, 给出了模型在流域水资源量计算、洪水模拟、侵蚀产沙、淤地坝规划等领域的初步应用成果。国内有关文献^[3-11]还对数字流域的概念、功能、构建方法、应用领域等进行了讨论, 尤其是基于数字流域概念的流域水文模拟研究论文众多。但现有的文献对数字流域的认识还存在一定的分歧, 大多文献也只是对数字流域的若干组成部分进行了讨论, 没有进行深入的研究。

相对于国内来说, 国外对数字流域的概念不是很明确, 有关数字流域的文献也较少见。但国外一些与 3S 相关的商业软件公司已将数字流域的一些功能开发成相应的模块, 集成到商业软件中。如 HydroEarth、ArcHydro 就是典型的例子。HydroEarth 的核心是数字流域模型, 模型主要是对河流水沙过程中的数据分析和数据处理行为进行抽象或模拟。鉴于流域过程的复杂性, HydroEarth 的模型系统包括庞大的模型体系, 目前重点开发了降雨空间分布、河网自动提取、流域产流产沙、河道汇流、河道演进、水沙平衡分析等模型。

数字流域的英文名词不是非常明确, digital river basin 在国外文献中很少见。2002 年由全国科学技术名词审定委员会公布的《地理信息系统名词》^[12]中没有收录数字流域一词, 也没有给出相对应的权威英文名词。

由此可以看出, 数字流域在认识上差异较大, 归纳起来可将其分成几种类型: (a) 数据库及查询系统; (b) 数字化三维虚拟演示系统; (c) 集成了局部应用模型的封闭系统; (d) 网络环境下的信息系统(包括信息传输部分); (e) 更多的是包罗众多应用在内的集成系统。造成这种现状的主要原因是数字流域至今还没有一个

收稿日期: 2009-04-08

基金项目: 国家自然科学基金(50879017); “十一五”国家科技支撑计划(2008BAB29B08-02); 高等学校博士学科点专项科研基金(20060294002)

作者简介: 张行南(1960—), 男, 江苏张家港人, 教授, 博士, 主要从事水文水资源研究。

公认的定义,含义也不明确。

数字流域研究中有许多问题没有明确的答案或界定,如:数字流域的内涵是什么?数字地球框架下的数字国家、数字省份、数字城市、数字水利、数字交通、数字流域、数字水文等相互间是什么关系?数字流域与信息化或数字化的关系是什么?数字流域应该具有哪些功能?数字流域应用于哪些领域?数字流域应该建立在什么样的环境下?数字流域是指整个流域,还是河流?等。

因此,有必要对数字流域的内涵和外延等基本概念进行研究,在此基础上讨论数字流域的框架结构、技术标准、功能、应用领域等。基于目前数字流域的研究现状,本文探讨了数字流域的内涵,以及数字流域的总体框架结构和基本功能等,旨在引起人们对数字流域研究更大的关注。

2 数字流域的内涵

流域是一个非常广泛的概念,自然界的一切及一切的人类活动都在不同的流域上,与流域密切相关。数字流域的核心应该是流域本身,数字流域内涵的讨论应该以流域本身的内涵为基础。

《中国水利百科全书》对流域的特征给出了明确的界定,包括流域的几何特征、自然地理特征及人类活动的影响。几何特征包括流域的形状、面积、长度、平均宽度、平均比降和平均高度等;自然地理特征包括地理位置、气候条件,以及土壤、地质、地貌、植被、河流、湖泊、沼泽等;人类活动影响包括生活和工农业生产活动、水利工程建设、水土保持、城市化等。从哲学上看,数字流域应该是对真实物质流域的几何特征、自然地理特征及人类活动影响的再现和反映。这种再现和反映,不是机械的、低水平的再现和反映,是与信息查询系统有区别的。

由上述定义可以看出,流域具有2种特征,自然特征(几何与自然地理特征)和人类活动影响特征。数字流域不应只是一种概念,应该是一个看得见、摸得着的实体,最终应该是在计算机软硬件环境下展现的一个“系统”。如果数字流域将流域本身的2种特征都包含在内,则数字流域将变成一个“无界巨系统”。

流域的自然特征相对来说“少变”,是一个“有界的实体”,但其特征有静态和动态2种。流域的地质特性、流域面积、流域地形等基本上是不随时间而变的,是静态的;土地利用、河网分布、道路分布、水利工程分布等是随时间渐变的,也是静态的,而另外一些特征是时变的,是动态的,如降雨和径流过程、水土流失过程等。对于不变和渐变的自然特征,可采用各种专题分布图来描述,而那些时变的自然特征,是一个多变的时间过程,需要相应领域专门的数学物理模型、时间序列分析模型等来描述,如降雨预报模型、流域水文模型、水土流失模型等。这些模型相对比较复杂,具有多重性,且随着科学水平的发展需要不断研究。因此,笔者认为,数字流域应界定在自然特征中相对静态的范围内。

由此可见,数据是数字流域的核心,必须对数字流域包含的数据内容、标量数据表结构、矢量数据结构等,制定出一系列规范和标准,并制定出数据处理、分析、融合的标准方法和流程等。数据的体系和组织结构可分为数据汇聚层、数据存储和管理层、数据访问和交换层、应用服务层、用户访问层和管理层。总之,数据的处理与管理是数字流域的内核。

从技术上看,数字流域是在计算机平台(广义)的数据管理系统,该系统包括对这些数据的存储、处理、检索、决策分析和表达的所有相关理论和技术,是采用数字化方式对一个流域特征的描述。“分析处理”是“再现和反映”的扩充,是围绕自然特征的基本分析模型,如HydroEarth包括降雨空间分布、河网自动提取等模型。

数字流域应具有的功能包括以下几个方面:

a. 首先必须具备数据的输入功能,即多元数据的接入功能,包括各种类型的实时和历史数据。

b. 数字流域不能仅仅是一个数据的存储和管理系统,还应该是一个信息(特别是空间信息)的服务体系,能为应用模型的拓展提供数字化支撑平台。因此,数字流域应该具有对最原始数据处理加工的功能,能提供相应的数据产品。除地理信息系统常用的数据管理和分析功能以外,数字流域还应包含较通用的数据分析模型。如基于DEM的地形分析模型,包括(a)流域流水网的推求,模拟河网和分水岭的生成,地形峰谷和鞍点的生成,流域地理单元解构与拓扑关系的生成,各地形特征值(如流域坡面的坡度和粗糙度、河流路径长度、流域面积等)的定量计算等;(b)子流域与河网分级模型;(c)标准的三维地形仿真模型与展示;(d)水文时间系列分析模型;(e)流域降雨量空间分布特征值统计分析模型;(f)流域下垫面特征值的遥感分析模型等。

c. 可实现数据的共享,避免对数据处理的低水平重复,提高数据处理和管理的水平,便于数据的广泛应用,最大限度地发挥数字流域的作用。

d. 在软件集成方面,具有软件的二次开发功能,便于专业应用模型在计算机平台上的集成.针对二次开发与集成,需制定相应的标准,包括数据输出接口和标准、软件平台的标准接口等.标准是全方位的,应具有普遍性与通用性.

综上所述,笔者认为数字流域是在现代计算机软硬件平台上对流域静态自然特征的数字化再现和反应.它具有多元数据的处理与存储管理、信息查询、基本自然特征分析等功能,为其他应用领域提供数字化基础支撑平台.

3 数字流域工程

笔者认为,在数字流域平台上,利用数字流域的数据接入和服务功能,集成了对象流域的具体数据和相应的专门应用模型,即构成了数字流域工程.其框架体系应如图 1 所示.

3.1 数据

根据流域的含义,数字流域的信息源是多种多样的,数据种类繁多、格式多样.按特征来说有地形、地质、植被、水文等自然特征数据,还有水利工程、城市化等人类活动影响数据;按类型分有径流、降雨等实测的标量数据,也有地形、地质等空间分布(矢量)数据,还有报表、文本、图像、影像等数据;按时间序列来分有历史数据和实时数据.

数字流域的数据接入模块中,数据接入的标准,包括数据本身的标准和数据接入方法的标准、数据加工处理和存储管理标准、为应用提供服务的标准等非常重要.

3.2 应用

人类活动包罗万象,不但丰富,而且复杂多变,可以说是一个“无界的对象”.人类活动除了对社会经济产生影响以外,对流域的自然特征也产生深刻的影响,如用水过程对流域天然径流过程的影响.这种影响的描述需开发和研制各种专业的模型,不应该包含在数字流域的内涵中,应以数字流域为平台进行开发和研制,以实现数据的共享和提高模型的开发效率,因而可将流域水文模型归属于数字流域的服务对象范畴中.数字流域的服务对象包括交通、通讯、城建、环境等,涵盖社会经济发展的方方面面,故服务是不可穷尽的,集成的应用模型可多可少,以满足特定的专业应用需要为准则. HydroEarth 中流域产流产沙、河道汇流、河道演进、水沙平衡分析等模型应属于数字流域工程中应用的范畴.

3.3 数字流域工程

数字流域工程涉及的领域广泛,如数字防汛指挥系统、数字实时洪水预报与调度系统、数字水土保持系统、数字水资源管理系统、数字节水系统、数字水环境保护系统、数字交通系统、数字航运系统等.现有的数字黄河、数字黑河等,都应归属于数字流域工程.工程化的业务运行系统是数字流域工程最显著的特征.

河海大学拟在新安江流域水文模型的发源地——新安江流域,建设一个原型观测系统.针对大气、地表、地下和土壤中“四水”的循环、转换、均衡等水文要素,在新安江流域建设天地一体化水文数据管理和监测体系.具体的建设计划包括以气象遥感为中心的大气水多平台监测系统、以水文站网为核心的地表水多平台监测系统、监测站网与遥感结合的土壤水多平台监测系统、地下水测井监测网络系统、生态水多平台监测系统、水利工程圈监测系统等.原型观测系统建成后,基于现代水文信息技术体系,建立面向新安江流域水文模型深入研究和发展的需要,以及其他水量水质模型深入研究需要的数字流域.在数字流域平台上,接入水雨情实时监测数据和历史数据,流域下垫面基础地理、地质等数据,集成新安江流域水文模型研究需要的相关模型,即构成了以满足新安江模型研究需要的数字流域工程.在此平台上,还可集成其他领域研究所需要的模型,不断扩充该工程的应用领域.

4 结 语

数字地球是一种概念,地理信息系统是一个软件平台,数字流域是一个看得见、摸得着的实体.对数字流域的定义、含义、内容、建设的标准与规范、软硬件平台等应给出严格的定义.数字流域不单是一个简单的数

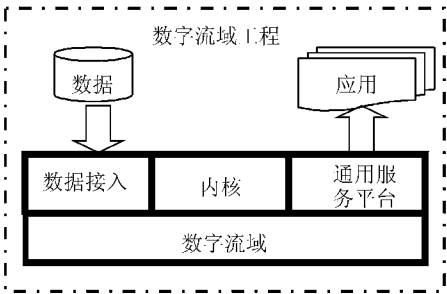


图 1 数字流域工程框架
Fig. 1 Framework of project of digital river basin

据存储和信息查询平台,还应该是一个具有对流域静态自然特征进行分析的功能、可为其他领域的应用提供数字化支撑的平台。这个平台必须是标准化的、开放的,将对象流域的实体数据,及其相应数据的采集与传输、应用模型或系统等与数字流域相集成,便构成了数字流域工程。

类似于地理信息系统的发展历程,数字流域的发展也需要走产品化、市场化的发展道路。数字流域的概念、构架等基础理论问题需要研究,但更重要的是需要尽快制定一套完整的规范 and 标准,推出可市场化运作的产品,才能更有效地推动数字流域的发展。

参考文献:

- [1] 李纪人,潘世兵,张建立,等.中国数字流域[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [2] 王光谦,刘家宏.数字流域模型[M].北京:科学出版社,2006.
- [3] 汤君友,高峻峰.数字流域研究与实践[J].地域研究与开发,2003,22(6):49-51.(TANG Jun-you,GAO Jun-feng.The research and practice of digital watershed[J].Areal Research and Development,2003,22(6):49-51.(in Chinese))
- [4] 康玲,姜铁兵,张勇传.数字流域在防洪减灾中的作用[J].水电能源科学,2001,19(3):40-42.(KANG Ling,JIANG Tie-bing,ZHANG Yong-chuan.Role of digital valley in flood control and disaster degradation[J].Hydroelectric Energy,2001,19(3):40-42.(in Chinese))
- [5] 季芳,张万昌.数字流域中的 WebGIS 设计与实现[J].测绘信息与工程,2009,34(2):25-27.(JI Fang,ZHANG Wan-chang.Design and implementation of digital watershed based on webgi[J].Journal of Geomatics,2009,34(2):25-27.(in Chinese))
- [6] 李壁成,李晓燕,闫慧敏,等.数字流域的结构与功能研究[J].水土保持研究,2005,12(3):101-103.(LI Bi-cheng,LI Xiao-yan,YAN Hui-min et al.Research on the function and construction of digital watershed[J].Research of Soil and Water Conservation,2005,12(3):101-103.(in Chinese))
- [7] 章玉霞.基于 DEM 的数字流域构建方法及研究[J].江淮水利科技,2008(4):42-48.(ZHANG Yu-xia.Method for establishment of digital watershed based on DEM[J].Jianghuai Water Resources Science and Technology,2008(4):42-48.(in Chinese))
- [8] 王建群,张显扬,卢志华.秦淮河流域数字水文模型及其应用[J].水利学报,2004(4):42-47.(WANG Jian-qun,ZHANG Xian-yang,LU Zhi-hua.Digital hydrological model of Qinhuai River basin and its application[J].Journal of Hydraulic Engineering,2004(4):42-47.(in Chinese))
- [9] 任立良,刘新仁.基于数字流域的水文过程模拟研究[J].灾害学报,2000(4):45-52.(REN Li-liang,LIU Xin-ren.Hydrological processes modeling based on digital basin[J].Journal of Natural Disasters,2000(4):45-52.(in Chinese))
- [10] 毛维新,李兰,武见,等.数字流域水文模拟在增江流域中的应用[J].中国农村水利水电,2005(5):27-29,32.(MAO Wei-xin,LI Lan,WU Jian et al.Application of hydrological simulation of digital watershed in Zeng River watershed[J].China Rural Water and Hydropower,2005(5):27-29,32.(in Chinese))
- [11] 祝烈煌,周洞汝.数字流域的三维可视化及基本要素提取[J].计算机应用,2000(增刊):27-29.(ZHU Lie-huang,ZHOU Dong-ru.3-D visualization of digital watershed and data extraction[J].Computer Applications,2000(S):27-29.(in Chinese))
- [12] 地理信息系统名词审定委员会.地理信息系统名词[M].北京:科学出版社,2002.

Connotation and framework of digital river basin

ZHANG Xing-nan^{1,2}, DING Xian-rong², ZHANG Xiao-xiang²

(1. National Engineering Research Center of Water Resources Efficient Utilization and Engineering Safety, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: According to the current situation of researches on digital river basin, the connotation and framework of the digital river basin were discussed based on the fundamental content of a river basin. The content, function, criteria and standards as well as the construction techniques of the digital river basin were addressed. The storage and management of multiple massive data and the basic algorithms to extract the data characteristics were the core to the digital river basin. The data input strategy and service platform was the main component of the digital river basin. A conclusion is drawn that the project of the digital river basin is integrated by the digital river basin with the individual data of a basin, the instruments of the data acquisition and transmission, and the applied models and systems.

Key words: digital river basin; project of digital river basin; digitization