

基于 GIS 的山西永定河植被生态需水管理系统的研建

段晋芳^{1,2}, 郭青霞¹, 解鸿志³

(1. 山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西省忻州市规划局, 山西 忻州 034000; 3. 山西忻州一中, 山西 忻州 034000)

摘 要:在流域植被生态需水信息管理中,数据关系复杂,信息量庞大,因而确定用什么样的方法实现合理有效的信息化管理显得尤为重要。运用可视化编程工具 Visual Basic 6.0 和 MapObjects 组件,开发出山西永定河流域植被生态需水信息管理系统。本研究是在开发前期研究的基础上进行了系统设计、系统的数据库设计以及系统的体系结构设计,实现了对山西永定河流域植被生态需水调查数据的图文一体化管理。并在综合前人研究成果的基础上,在该信息系统中实现了植被生态需水量的计算模型的嵌入。此外还设计实现了信息管理、地图操作、属性查询、空间分析等功能。最后对山西永定河流域植被生态需水量数据进行统计,结果显示该流域每年植被最小生态需水量为 256 817.10 万 m³,最适生态需水量为 427 159.6 万 m³。

关键词:地理信息系统(GIS); MapObjects; 组件式 GIS; 植被生态需水。

中图分类号:X173; TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0254-05

Research of Management System of Ecological Water Requirement of Vegetation Based on the GIS in Shanxi Yongding River

DUAN Jin-fang^{1,2}, GUO Qing-xia¹, XIE Hong-zhi³

(1. College of Resources and Environmental, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China; 2. Planning Bureau of Xinzhou City, Xinzhou, Shanxi 034000, China; 3. The First Middle School of Xinzhou, Xinzhou, Shanxi 034000, China)

Abstract: In the information management course of watershed ecological water requirement of vegetation, that to determine what kind of method to achieve a reasonable and effective information management is very important. The authors utilize Visual Basic 6.0 and MapObjects, develop the information system of watershed ecology water requirement of vegetation of Shanxi Yongdinghe Basin. This study is based on the development of preliminary studies carried out system design, database design and system architecture design. The system realizes integrated management of the texts and maps about Shanxi Yongdinghe watershed ecological water requirement of vegetation. After colligating results of previous studies, design and realize computation model of ecological water requirement of vegetation. The other designed software functions include information management, map operation, attribute query, spatial analysis and so on. Finally, statistical data for the Yongdinghe Basin in Shanxi vegetation ecological water requirement, results show that the minimum ecological water requirement and the suitable ecological water requirement of the vegetation per year is $2.568\,171 \times 10^9$ m³ and $4.271\,596 \times 10^9$ m³ respectively, according to analyses the data of Yongdinghe Basin ecological water requirement of vegetation.

Key words: GIS; MapObjects; Com-GIS; ecological water requirement of vegetation

永定河是海河流域七大水系之一,同时又是官厅水库的重要支流,流域总面积 4.7 万 km²。发源于山西省宁武县管垆山,在山西的流域面积为 1.97 万 km²,占山西海河流域总土地面积的 32.9%。山西永

定河地理坐标在东经 112°10′—114°56′,北纬 38°80′—40°39′,流经的行政区域主要包括大同市大部分(14 017 km²)、朔州市大部分(7 569 km²),以及忻州市宁武、神池、繁峙县的各一部分(795 km²)。整个

流域属大陆性气候,气温南高北低,降水总体上南多北少。

运用 MapObjects 技术和可视化编程工具 Visual Basic 6.0 来开发流域植被生态需水信息管理系统。该系统利用 GIS 对数据的更新查询功能,实现对植被生态需水信息的动态管理;利用 GIS 的分析及其管理功能,把现有多年的气象、植被等资料存储在数据库中,根据需要快速查询分析。将 GIS 与植被生态需水计算模型应用集成,实现对生态需水量的快速计算,提高软件的专业性;在系统实现的状况下,研究植被生态需水情况,为水资源合理配置提供调度决策方案;为流域的植被生态需水管理规划提供一个有效的工作平台和可靠的技术支持。因此建立流域植被生态需水信息管理系统具有一定的实际意义。

1 系统建设

1.1 系统建设目标

本系统采用 COM 技术、GIS 技术和数据库技术,实现山西永定河流域空间数据库和属性数据的显示、查询、分析、计算等功能,从而实现对山西永定河流域植被生态需水信息的科学管理,为相关部门的科学决策提供了可视化的分析工具,以信息化手段推动植被生态需水管理水平的提高。

1.2 系统设计

1.2.1 系统设计目标 系统设计的具体目标是:
(1) 建立流域基础地理数据库(空间数据集)。
(2) 深入调查,并依据空间数据集录入与之相对应的属性数据,建立完整的空间数据库,实现流域植被生态需水信息科学存储,适时更新新数据和图件,且数据标准化。
(3) 实现基本的 GIS 功能,如空间属性信息双向查询、地图基本操作、专题图制作及统计分析等。
(4) 采用 Visual Basic 6.0 开发语言完成整个系统的程序代码的编译。
(5) 将 GIS 与植被生态需水计算模型应用集成,实现对植被生态需水量的计算。

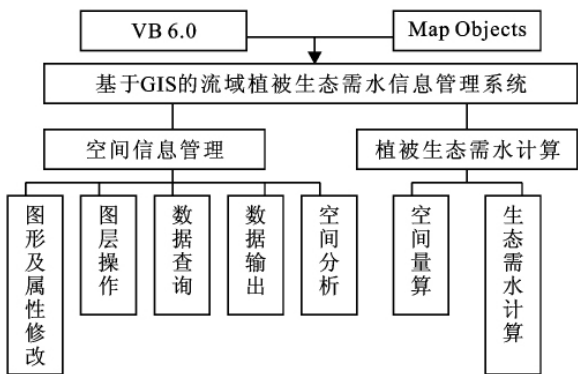


图 1 系统总体设计结构示意图

1.2.2 系统的功能设计 系统的功能设计是系统开

发的一个最重要环节,根据系统需求分析和可行性分析,永定河流域植被生态需水信息系统功能设计大体上分为两大部分:一是植被生态需水量计算;二是空间信息管理(图 1)。

(1)植被生态需水量计算功能。计算思想是在黄土高原森林生态系统中,系统蒸散耗水量(E_t)是其主要的水分支出项^[11],因此可以将其作为植被生态系统的生态需水量。而植被实际蒸散量受大气环境、植被生态特性与生长状况以及土壤水分条件的综合影响,当气候条件和植被种类一定时,植被实际耗水量主要取决于土壤水分含量。从植被蒸散与土壤水分的关系来看,当土壤水分充足时,植被蒸散主要取决于植物的类型和气候因素(例如风速、大气温度和湿度等),而与土壤水分含量无关。而当土壤含水量低于一定的值 S^* (临界土壤含水量,其值与植被和土壤质地有关),植物的气孔开始关闭,水分的蒸散速度开始降低^[7-8]。此时,土壤水分含量就成为林木实际蒸散量的主要限制因素。根据土壤水分常数的概念,林木暂时凋萎含水量(S_t)和生长阻滞含水量(S_r)分别是能保证林木基本生存和正常生长时的土壤含水量下限^[9-10]。因此,可以将这两种情况下的植被耗水量,分别作为最小生态需水定额和适宜生态需水定额(植被单位面积、单位时间内所需要消耗的水量)。其数值可以通过植被潜在蒸散的计算,并利用林木系数 K_t 和土壤水分修正系数 K_s 进行订正而获得:

$$E_a = K_s \times K_t \times P_E$$

式中: E_a ——林地实际蒸散量; P_E ——由气候条件决定的潜在蒸散量; K_s ——土壤水分修正系数,与土壤质地及土壤含水量有关; K_t ——林木系数,与林木种类和生长状况有关。

流域内的植被生态需水量,则可以通过流域植被的生态需水定额及植被面积得到。

① 潜在耗水量(P_E)的计算。如前所述,植被潜在耗水量是某一气候条件下植被的潜在蒸散量,其值只与当地的气候条件有关,可以通过气象资料,根据收集的各县气象台站的气象资料,包括日平均气温、最高气温、最低气温、日平均气压、日平均水汽压、日照时数和风速等。利用 Penman 公式^[12]进行计算。得到流域各个县植被潜在蒸散量的平均值。
② 林木系数 K 的计算。 K_t 是林地最大需水量与潜在耗水量的比例系数,在求得林地的潜在耗水量后,用林木耗水系数 K_t 作调整即可得到林地的实际最大蒸散量,即林地的最大耗水量。在本文中 K_t 值依据陈丽华等的研究结果^[13],以刺槐和油松这两种黄土高原地区造林最常用树种的平均值 0.765 代表乔木树种,

0.612 代表灌木,0.504 9 代表草地。③ 土壤水分系数 K_s 值的计算。在本文的计算中采用 Jensen 公式^[14]来确定土壤水分供应不充足时植被的实际蒸散量随土壤水分含量的变化情况。根据 Jensen 公式,当 $S_w \leq S \leq S^*$ 时,有

$$K_s = \ln[(S - S_w) / (S^* - S_w) \times 100 + 1] / \ln 101$$

式中: S ——土壤实际含水量; S_w ——土壤凋萎含水量; S^* ——土壤临界含水量。

根据前述对植被最小生态需水和适宜生态需水概念的讨论,只要确定了流域植被的临界土壤含水量 (S^*)、暂时凋萎土壤含水量 (S_l)、土壤凋萎含水量 (S_w)和生长阻滞含水量 (S_r),将 $S = S_r$ 和 $S = S_l$ 分别代入 K_s 的计算公式,就可以得到相应的 K_s 值。

根据前人的研究结果^[5-6],采用 Saxton 等的方法,可以计算得到黄土高原地区不同土壤质地类型的水分参数,并进一步计算得到相应的 K_s 值(表 1)。

表 1 不同土壤类型的水分修正参数

土壤 质地	最小生态需水定额 $K_s(S=S_r)$	适宜生态需水定额 $K_s(S=S_l)$
粗砂土	0.5484	0.9007
粉土	0.5365	0.8962
砂粉土	0.5221	0.8903
砂壤土	0.5564	0.9038

利用系统读取流域的空间数据,通过交互式界面选择植被图斑,自动获取图斑面积、植被类型、林木系数、土壤质地类型等一些基础信息。系统设计时,考虑到影响植被生态需水量的各类因子,对于选择的参数全部列入,各项参数都能实现数据库管理,根据实际情况可以进行修改。结合获取的图斑信息和各项构成参数,系统自动进行计算分别得出植被最小生态需水量的值、最适生态需水量的值,计算结果可以自动保存到数据库。

(2)空间信息管理功能。① 空间查询功能:根据查询方式的选择可以分为通过图形查看对应的属性数据和通过属性查找对应的图形两种情况。例如植被图,采用前者,通过选取流域植被图形的不同地点,可以较好地获取整个流域的属性状况,如植被类型、土壤质地、林木系数和面积等;采用后者,可以通过点击查看不同字段的属性,可以查找其相应的空间位置。② 图层管理功能:具有添加图层、删除图层、动态图层、显示图层、隐藏图层等功能。其中动态图层功能包括添加动态图层、添加事件、动态演示、选择事件、移出事件等功能。根据需要,可以方便对空间数据进行分层管理和操作。③ 空间分析功能:包括渲染和缓冲分析。图层的渲染是通过设置图层对象的

Renderer 属性,来对 Maplayer 图层采用不同的渲染方法。本系统设计了图表渲染、类渲染、值渲染等功能。使用渲染功能可以根据需要分类形象地表示出流域的空间地理数据。缓冲区分析是根据数据库的点、线、面实体,自动建立其周围一定宽度范围内的缓冲区域多边形实体,从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。点、线、面矢量实体的缓冲区表示该矢量实体某种属性的影响范围,它是地理信息系统重要的和基本的空间操作功能之一。本系统设计了点缓冲、线缓冲和区缓冲三种功能。④ 图形及属性编辑功能:图形编辑与属性修改是地图编辑管理模块中最重要的部分,也是一个重要的维护管理工具。本系统设计能在当前图层实现点、线、面的添加和删除等功能。属性编辑用于修改图斑中属性数据,在属性菜单中选择属性修改,点击想要修改的图斑,弹出属性对话框,即可完成属性修改工作。⑤ 图形显示功能:在窗口菜单中,可以实现对图形进行放大、缩小、移动、拉框放大和全图显示等功能。点击窗口菜单中的子菜单,在屏幕上拉动或点击就可以实现上述功能。⑥ 打印功能:对于流域的空间数据进行分析操作后,可以实现图形的打印。

1.3 关键技术

本系统充分利用 COMGIS 和数据库等技术,又采用 Visual Basic 6.0 和组件 MapObjects 为二次开发平台,集成 ARCGIS、ACCESS 和 EXCEL 等软件功能,实现流域空间数据和属性数据的显示、查询、计算及分析等功能。

COMGIS 是面向对象技术和组件式软件在 GIS 软件开发中的应用,它的出现为传统 GIS 面临的多种问题提供了全新的解决思路。COM 技术已事实上成为业界标准,GIS 开发人员可以像使用其它 Active 控件一样使用 COMGIS 控件,这样就可以避免传统的 GIS 在系统集成上存在着系统整合性差,自带的二次开发语言难以开发复杂的应用模型,应用开发难度大、成本高等缺点。开发人员根据需要把一些组件快速的组装到一起,不仅大大简化了开发过程,而且极大地缩短了系统的开发周期,随时可以根据实际需要进行灵活方便的系统定制与升级。

美国 ESRI 公司的 MapObject 简称(MO)是一种基于 COM 技术的地理信息系统控件,它由一个称为 Map 的 ActiveX 控件(OCX)和超过三十多种 ActiveX 自动化对象构成,通过这些对象,可以使用任何支持 ActiveX 的程序开发环境(如 Visual Basic,Delphi,VisualC++ 等),开发嵌入式 GIS 应用系统^[1]。

MO 提供了许多功能接口,常用的地图应用基本

上都能实现,例如:创建新的 Shape 文件;更新属性和图形数据;绘制点、线、椭圆、矩形和多边形等图形要素;地图简单点取查询、空间查询、相对位置查询、条件查询等;属性自动标注;空间统计;地图缩放和漫游;丰富的绘图方式,如按值润色、分类显示、绘制密度图、产生含各类图表的专题图等等。通过调用这些接口,能够开发出简单的电子地图应用到复杂的基于 GIS/GPS/RS 的 3S 应用。在标准的 Windows 编程环境下,MO 能够与其它图形、多媒体、数据库开发技术组件完全独立的综合性应用软件,是基于前端应用业务的良好地图开发环境。

2 数据库建设

2.1 数据库设计

(1)空间数据库的设计。空间数据库的建设在 ArcGIS 环境下进行,空间数据的输入采用对图件扫描后进行矢量化方式进行。建立空间数据库^[4],应采用国家测绘局出版的标准图幅地形图作为控制底图,其他地图均以控制底图为准进行配准校核。利用 DEM 并结合植被图和土壤质地图建立。采用 6°分带的高斯克吕格投影,坐标系使用北京 54,高程系统为 1956 年黄海高程基准。矢量化时针对所采集的要素,采用层的概念来组织和管理数据。按照地理要素的不同将其划分为不同的图层。

(2)属性数据库的设计。系统的属性信息主要为数字化后各植被图斑的属性。本系统采用关系数据库 Microsoft Access 来管理属性数据,采用表的方式进行数据组织,各种数据表都存在于一个数据库文件中,便于文件的管理。将图形属性信息的存储以分层为标准存储,即图斑属性信息对应于相应的图斑层,线状地物属性信息对应相应的线状地物层,图形信息与属性信息通过指定的关键字段来建立关联关系。

(3)空间数据库与属性数据库的连接。图形数据库和属性数据库以不同的形式分开存放在数据库中,但它们并不是孤立的,彼此间存在着一定的联系。每一幅基本图形都对应着一个属性数据文件,用以完成对图层地理要素的属性描述,图形中的每一个基本元素对应着数据文件的一个记录,图形单元标识码是要素属性表中的一个关键字段,空间数据与属性数据以此字段形成关联,这种关联使两种数据联成一体。这样可以方便地通过图形进行检索,调用属性数据,同样由属性数据也可以显示、检查图形,实现空间数据与属性数据的双向查询。

2.2 数据库的实现

为了对这些数据进行有效地管理,必须建立一个

功能完善、能够适应多种数据类型的综合数据库管理系统,即分别建立空间数据库、属性数据库。空间数据和属性数据通过操作建立联系,从而既可以在属性意义上进行空间查询和分析,又可以空间定位地进行属性查询和统计运算。

2.2.1 空间数据库 系统空间数据库主要针对与工程相关的所有空间数据进行管理和维护,空间数据包括基础地理信息、植被图、土壤质地图等多个图层的数据,其中既有矢量格式的图形数据又有图像数据(DEM 数据),为便于管理和使用,采用文件方式存放空间数据。矢量数据以 ESRI 公司标准的 shape 文件格式存储,DEM 数据以标准的 Image 图像格式存储。图形数据包括气象站点图层、公路图层、铁路图层、河流图层、流域边界图层、县界图层、植被图层、土壤图层、土壤质地图层。图像数据包括 DEM 图层。

2.2.2 属性数据库 属性数据库主要针对与工程相关的所有属性数据的管理和维护。目前可用的数据库平台很多,比较著名的如 Oracle、Foxpro 和 Microsoft—Office 系列软件 Access 等。根据实际工作情况,在建库时要兼顾数据库功能的完备性、与 GIS 系统的兼容性、数据库软件的通用性以及开发成本的廉价性等因素。综合几方面考虑,选取应用领域广泛的 Microsoft Access 数据库管理属性数据。

Microsoft Access 数据库平台是功能强大的关系型数据库(RDBMS)。可以根据处理数据的特点定义数据格式,具有操作管理数据和控制数据等功能,由于 Access 是面向 Windows 的应用程序,因此可以使用动态交换、对象链接与嵌入以及 ActiveX 定制控件的所有技术,在 Access 的报表和窗体中,可以使用 ActiveX 控件来增强数据库的可操作性,Access 可以支持大量的数据格式和嵌入多种其他数据库文件结构,其中包括 EXCEL 电子表格和 DBASE 等数据文件。

本系统数据库包括的表单内容有植被信息、土壤信息、生态需水信息、气象信息。① 植被信息。包括植被所在的各个县(区)的名称和土壤质地、植被类型和各类型植被的面积。② 土壤信息:主要包括流域土壤的土类、土属、土种。③ 生态需水信息:包括植被类型、土壤质地、林木系数、最小需水定额、最适需水定额、各县的蒸散量、各个图斑的植被面积等。④ 气象信息:包括气象站台基本信息与相应台站点气象数据,台站信息主要包括流域内 19 个站点的基本信息(如台站名称、海拔高度、起测年份、经度和纬度等)和气象数据(1980—2000 年):降水量(mm)、蒸发量(mm)、最高气温(℃)、最低气温(℃)、平均气温(℃)、风速(m/s)、日照时数(h)。

3 系统实现

本系统具有以下功能:(1)数据查询:系统能对流域范围内各类数据进行管理,其中包括添加、删除、查询、更新、维护等。(2)图层控制:系统具有图层缩放、漫游、图层增减控制浏览等功能;(3)信息查询:提供图形、属性查询及二者交互查询功能,同时用户可以通过各种条件设置进行查询;(4)输出功能:系统可以进行图形和数据输出,用户可以以统计图的形式输出各种属性数据;(5)系统维护:提供对空间数据和属性数据的维护功能。(6)计算功能:系统实现对植被最小生态需水量和最适生态需水量的计算。如图 2—3 所示。



图 2 流域最小生态需水计算模块运行界面



图 3 系统运行界面

4 结语

通过研究运用 Visual Basic 6.0 开发语言与 Mapobjects 组件开发出了山西永定河流域植被生态需水信息系统。该系统具有空间和属性数据管理功能,能对流域数据进行更新、修改、查询等操作,能通过专业模型计算植被最小生态需水量和最适生态需水量,通过对计算结果进行统计分析,得出要维持该流域现有植被的基本生存,每年植被总的最小生态需水量为 256 817.10 万 m^3 ,其中乔木 129 579.015 万 m^3 ,灌木 118 753.18 万 m^3 ,草地 8 484.91 万 m^3 ;以维持植被正常生长所需要消耗的水量为标准,该流域每年植被最适生态需水量为 427 159.6 万 m^3 ,这一需水量

是植被最小生态需水量的 1.6 倍多,其中乔木 215 895.56 万 m^3 ,灌木 197 216.55 万 m^3 ,草地 14 047.50 万 m^3 ,经验证符合实际。

该系统的开发和研制大大地提高了山西永定河流域植被生态需水信息管理的现代化水平,为实现该流域植被生态需水信息管理的规范化和信息化奠定了基础,对推动山西永定河流域的发展具有重要的作用。标志着山西永定河流域的植被生态需水信息管理工作已经进入了科学化管理的轨道。然而,由于 MO 不能执行某些高级功能,如高质量的地图输出、表面模型和网络分析等高级空间分析,以及拓扑编码,因此下一步将加强这方面的工作,增强系统的功能。

参考文献:

- [1] 黄瑞,徐学军.基于 MapObjects 的流域 GIS 系统开发及应用[J].计算机工程,2003,13(29):186-188.
- [2] 郭盈发.数据库原理与应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,1998:22-69.
- [3] 刘新民,蔡琼,百康生. Visual Basic 6.0 程序设计[M].北京:清华大学出版社,2005:48-98.
- [4] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2007:67-189.
- [5] 王孟本,李洪建.黄土高原人工林水分生态研究[M].北京:中国林业出版社,2001.
- [6] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:科学出版社,2000.
- [7] Larcher W. Physiological Plant Ecology[M]. Berlin: Springer,1995.
- [8] Nilsen E T, Orcutt D M. Physiology of Plants under Stress: Abiotic Factors[M]. New York: Wiley,1998.
- [9] 李玉山.黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响[J].生态学报,1983,3(2):91-101.
- [10] 余新晓,张建军,朱金兆.黄土地区防护林生态系统土壤水分条件的分析与评价[J].林业科学,1996,32(4):289-296.
- [11] 魏天兴,朱金兆.黄土区人工林地水分供耗特点与林分生产力研究[J].水土保持学报,1999,5(4):45-51.
- [12] Penman H L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass[J]. Proc. Royal Soc., 1948,193:120-145.
- [13] 陈丽华,王礼先.北京市生态用水分类及森林植被生态用水定额的确定[J].水土保持研究,2001,8(4):161-164.
- [14] Jensen E. 耗水量与灌溉需水量[M]. 马文,译.北京:农业出版社,1982.