

基于 ArcGIS 的水资源评价系统的开发与应用
——以迁安市水资源评价为例

周娟¹, 李志萍¹, 徐贵新²

(1. 华北水利水电学院, 郑州 450011; 2. 吉林省水利水电勘测设计研究院, 长春 130012)

摘 要:指出了 GIS 在水资源管理中缺乏专业模型支持的缺陷, 结合迁安市水资源评价, 阐述了基于 ArcGIS 的水资源评价系统开发的环境、模式等关键技术, 构建了以 ArcGIS ArcObjects 组建库为平台, 耦合图层编辑、空间分析、专题图制作等 GIS 通用功能和降水分析、资源量评价等专业应用功能为一体的水资源评价系统。
关键词: ArcGIS; 水资源; 评价系统; 系统集成
中图分类号: P331 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0387-03

Development and Application of Water Resources
Evaluation System Based on ArcGIS
—A Case Study in Qian'an City

ZHOU Juan¹, LI Zhiping¹, XU Guixin²

(1. North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450008, China; 2. Jilin Province Investigation, Design and Research Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Changchun 130012, China)

Abstract: Geographic information system has the formidable spatial data management and analysis ability, but lacks of the support of the specialized model in the water resources management. This paper unifies water resources evaluation of Qian'an city and elaborates the key technologies about development of water resources evaluation system such as development environment, development pattern and so on based on ArcGIS. The system, which is based on soft platform of ArcGIS ArcObjects component, is the integration system of GIS general functions and specialized application function and possesses the function of data layer edition, spatial analysis, special chart manufacture, water resource evaluation and so on.
Key words: ArcGIS; water resources; evaluation system; system integration

水资源的时空分布涉及到地形、地貌、地质构造、水文地质、河流水系、气象气候、植被和水利工程等诸多因子。反映这些因子及各因子间相互关系的数据量十分庞大, 且与空间位置紧密相关, 传统的信息管理方法, 在技术上越来越不适应现代水资源管理的需要, 因此, 借助于计算机等先进技术手段, 以具有强大空间数据处理能力的地理信息系统(Geographical Information System, GIS) 为平台, 开发一套水资源评价系统, 对水资源进行系统化、程序化、科学化管理, 是非常有意义也非常必要的。

随着 GIS 技术的发展和应用领域的不断扩展, 其应用已渗透到各个领域, 在水资源管理领域也得到了迅速发展。如刘青勇、张保祥等以 MapGIS 为平台建立了基于 GIS 的青岛市水资源信息管理与决策支持系统; 武强、杨卫华等采用 OLE 技术, 利用 MapInfo 为运行平台研究了城市水资源管理系统; 邓清海、潘国营等建立了基于 ArcView 3.2 的水资源优化管理信息系统等^[1-3]。但从 GIS 在水资源管理领域的应用来看, 目前主要存在两个问题: (1) 由于通用 GIS 平台缺乏对专业模型支持, 致使通常利用 GIS 系统来采集、管理、分

析和显示水资源数据, 是一种电子地图式的应用, 而专业分析和建模能力缺乏或不足, 这也是 GIS 技术应用于水资源研究最主要的缺陷^[4]; (2) 受 GIS 开发平台的影响, 系统移植性差, 不能脱离原系统单独运行, 运行成本高。本文结合迁安市水资源评价, 利用组件式 GIS 技术, 构建了以 ArcGIS ArcObjects 组建库为平台, 耦合图层编辑、空间分析、专题图制作等 GIS 通用功能和降水分析、资源量评价等专业应用功能为一体, 易于移植、能脱离原系统单独运行、便于维护的水资源评价系统。

1 系统建设目标

迁安市位于河北省东北部的燕山南麓, 滦河岸边, 总面积 1 208 km², 总人口 67.3 万。迁安境内资源丰富, 尤其铁矿资源最为丰富, 素有“铁迁安”之称。全市国内生产总值和地方财政收入多年来在全省各县市中名列第一。随着经济的发展, 迁安市水资源供需矛盾日益突出, 为适应现代水资源管理的需要, 合理开发利用水资源, 保证迁安市的可持续发展, 建立一套以地理信息系统为平台, 能对水资源进行系

*收稿日期: 2006-12-28
基金项目: 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2002AA2Z4291)
作者简介: 周娟(1978-), 女, 河南郑州人, 讲师, 硕士, 主要从事工程结构及水资源研究。

统化、程序化、科学化管理,能为水资源综合利用提供决策支持的水资源管理信息系统,是非常有意义也非常必要的。

依据迁安市水资源开发管理现状以及未来社会发展的需要,本系统建设目标是以 GIS 为运行平台,在迁安市基础地理数据库和专题数据库的基础上,构建基于组件式 GIS 的迁安市水资源评价信息管理系统。系统以电子地图为背景,实现水资源信息(包括地表水、地下水、大气降水、水量等)的存储、浏览、更新、查询、分析、地图视图、图层编辑、空间查询、空间分析、专题层制作和地图输出以及基于 GIS 的降水分析、地表水资源、地下水资源和水资源总量的评价分析。通过本系统的建设能对迁安市水资源进行系统化、程序化、科学化管理,为迁安市水资源综合利用提供决策支持。

基于系统建设目标和水利行业的特点,系统的设计与开发的过程应着重考虑以下几点: (1) 系统要具有良好的可扩展性; (2) 系统要以数学模型和决策分析为支撑; (3) 系统要应用先进成熟的技术,并具有良好的开放性; (4) 系统要能够管理海量数据; (5) 系统要求界面友好、工具丰富。

2 系统开发关键技术

2.1 开发环境

在系统开发环境、开发平台和开发工具上,充分考虑系统的功能性、实用性和兼容性等各方面的要求,选择 ESRI (Environmental Systems Research Institute) ArcGIS Desktop 和 ArcGIS Engine 为开发平台,以 .NET Framework 为开发环境,以 C# 语言为开发工具,开发基于组件式 GIS 的水资源评价信息管理系统软件。

ArcGIS Desktop 是开放的地理信息处理平台,是一系列整合的应用程序的总称,包括 ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox 和 ModelBuilder,具有强大的制图、地理分析、数据编辑、数据管理、可视化和空间分析等功能^[5]。ArcGIS 引入了基于工业标准的组件对象模型 (COM) 技术,它允许将组件插入其他支持 COM 的应用中。

ArcGIS Desktop 全面采用 COM 技术,它提供了超过 1 100 个独立的 COM 组件,它的组件集合组成了 ArcObjects^[6]。ArcGIS Engine 基于 ArcObjects 构建,由一组核心 ArcObjects 包和一些 GIS 可视化组件 (MapControl, PageLayout, ToolbarControl, ReaderControl, TOCControl) 组成,是对 ArcObjects 的重新封装和集成,提供开发者建立自定义 GIS 及地图制作的应用程式,而且 ArcEngine 支持多种开发语言,包括 COM, .NET, JAVA 及 C++。

2.2 开发模式

目前,地理信息系统的开发模式主要有 3 种:

(1) 完全从底层开发,不依赖于任何 GIS 工具软件的独立开发,特点为开发难度大、周期长、投资大。

(2) 基于 GIS 平台提供的二次开发语言的单纯二次开发,特点为开发模式简单易行,许多功能可以直接从原有的 GIS 软件平台中引入过来,但系统移植性差,受开发平台的影响,不能脱离原系统单独运行。

(3) 组件式开发,即在可视化开发环境 (如 Visual Basic, VisualC++ , Delphi, C# 等) 中,将 GIS 控件嵌入用户应用程序中,实现一般 GIS 功能,同时,在同一环境下利用开发语言实现专业应用功能,特点为可缩短程序开发周期,程序易于

移植、便于维护,是目前 GIS 开发的主流。

考虑迁安市水资源评价对系统的功能性、实用性和兼容性等各方面的要求,本系统开发采用组件式地理信息系统 (ComGIS) 的思想。ComGIS 是面向对象技术和组件式软件技术在 GIS 软件开发中的应用。目前 ComGIS 主要有两种形式,一种是由可以实现制图与 GIS 功能的 ActiveX 控件集和对象库构成的组件式 GIS,比如,ESRI 公司 MapObjects 组件; MapInfo 公司的 MapX 组件。对象库中对象的数量较少,方法和属性有限,ActiveX 控件通过属性、事件、方法与应用程序进行交互。可以把 ActiveX 控件在可视化开发环境中 (如 VB, VC++ , Delphi, Java, .NET) 快速集成起来构成应用系统。在这样的系统中,ActiveX 控件充当应用程序和对象库之间的桥梁,应用程序通过 ActiveX 控件使用这些对象,可见,对象库的大小决定了这些系统功能的强弱。这种组件式 GIS 开发方式虽然容易实现系统的开发与集成,但进行 GIS 二次开发灵活性较小,留给开发者的空间不多,软件重用性不高,系统功能有限。另一种形式的 ComGIS 是向用户提供一个 COM 组件库和一个 ActiveX 控件集,用户可以利用这些组件开发出各种 GIS 功能,并在此基础上构建一个 GIS 应用系统^[7]。这种形式更为底层,由于组件库相当复杂,所以开发较前者复杂、难度大,当然功能也强大得多, ArcGIS 的 ArcObjects 是这种组件式 GIS 的代表。这种开发方式由于采用完全的 COM 化和庞大的 ArcGIS 组件库,很好地解决了第一种组件式 GIS 开发的不足。根据水资源评价系统功能的需要,系统以 ESRI ArcGIS 的 ArcObjects 和 ArcGIS Engine 为开发平台,以 C# 语言为开发工具,开发基于 ArcGIS 的水资源评价系统。

2.3 数据库设计

数据库是水资源评价系统的基础,负责对整个系统所涉及的数据进行统一、有效地管理,为各个子系统提供数据服务。数据库结构设计主要从实用、易维护的角度出发,充分考虑检索速度和数据库结构的精练,进行最优化的结构设计。

水资源评价系统的数据主要涉及有: 由地形地貌、行政区划、交通等基础地理数据和由河流水系、降水、蒸发、河川径流、地下水位、供水、用水、需水等水文数据以及水利工程、社会经济等其它数据。为了便于系统对海量数据的高效、安全管理,系统数据采用 ESRI 的地理数据模型 GeoDatabase 进行组织。GeoDatabase 是 ESRI 在其 GIS 平台软件 ArcGIS 8 中引入的一种全新的面向对象的空间数据模型。GeoDatabase 采用一种开放的结构将空间数据 (包括矢量、栅格、影像、三维地形等) 及其相关的属性数据统一存放在工业标准的数据库管理系统 DBMS 中。采用 GeoDatabase 可使系统的地理数据模型具有统一的空间数据智能库、数据的一致性得以保证、更直观地使用数据、更好地制图、多用户并发操作等优点。

3 系统结构和功能

3.1 系统结构

系统的总体结构如图 1 所示。

迁安市水资源评价系统的总体结构划分 3 个层次:

(1) 底层为数据层,为水资源管理决策提供信息支持。主要包括由水雨情信息、取用水统计信息等组成的水资源专

业数据库系统和与水资源管理决策有关的水文、地理、空间、社会经济等数据库系统。

(2) 中间层为系统应用层, 包括 GIS 通用功能子系统、专业应用子系统、输出子系统和系统维护及帮助。为用户提供 GIS 通用操作、专业应用、报表输出和帮助等功能。使系统在数据层的支持下独立运行, 相互关联, 实现水资源的实时监测、规划、管理、配置和决策一体化。

(3) 顶层为系统总控层, 系统通过人机交互界面, 以区域电子地图为背景, 利用 GIS 工具, 直观反映系统各功能模块的内容, 为水资源评价信息的查询、统计等提供便捷的方式, 并实时动态地显示结果。

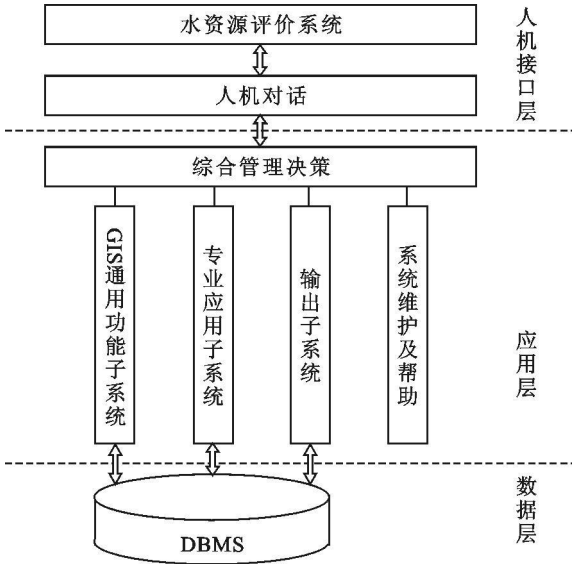


图 1 系统结构

3.2 GIS 通用功能子系统

该子系统主要功能有: 数据编辑查询、视图、地图输出、图层编辑、空间查询、空间分析和专题层制作。如图 2 所示。

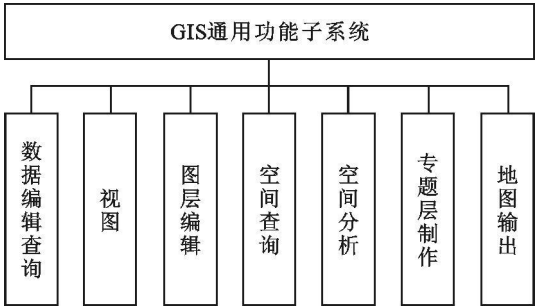


图 2 GIS 通用功能子系统功能结构

(1) 数据编辑查询。系统提供对属性数据库的添加、删除、修改、查询等基本功能。

(2) 视图。系统具有对地图进行放大、缩小、漫游、全屏显示的基本功能, 便于操作者对总体布局和局部地物的了解。系统除可加载显示 mxd, pmf, mxt 和 shp 文件外, 还可加载影像文件, 实现栅格影像和矢量图形的对比分析, 便于矢量图形的局部修改。

(3) 图层编辑。系统提供对地图要素的添加、删除、移动、编辑、修改等功能; 此外系统具有对图层进行点、线、面的符号化添加、移动、删除功能; 为便于确定选择需要进行操作的地物, 系统同时还提供了对不同地物的点、矩形、圆、多边形和折线选择功能。

(4) 空间查询。系统具有图形和属性数据的双向查询功能。用户可以点击地图上某一图层要素, 或画矩形、多边形等图形, 系统能够检索出其属性数据, 并以表格、文本等形式显示; 同时用户也可根据属性数据进行图层要素的查询, 并在地图上闪烁显示所检索到的地理特征。

(5) 空间分析。系统具有缓冲区分析、图层切割、图层叠加、合并多边形、等值线生成等空间分析功能。

(6) 专题图制作功能。系统提供的专题图制作形式有: 分级统计类、柱状符号类、等值图形类、饼状符号类和趋势图形类。对点、线、面状地物都可以选择合适的方式进行专题图的制作, 为专题图添加图例, 选择喜欢的制图风格。制作好的专题图可以保存在图库中, 随时调出使用。

(7) 地图输出。用户可根据需要, 将系统内的属性数据、图层组合、符合条件的查询结果数据、图形文件、专题图文件等都可以进行输出。

3.3 专业应用子系统

该子系统主要功能有: 降水分析、地表水资源评价、地下水水资源评价、水资源总量评价和图形管理。如图 3 所示。

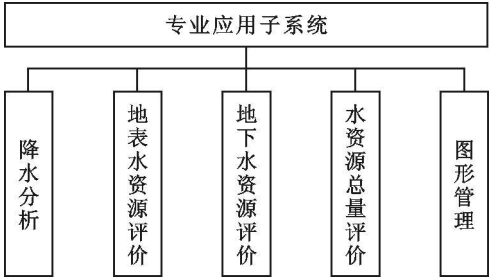


图 3 专业应用子系统功能结构

(1) 降水分析。通过本模块可计算各评价分区降水量。其基本原理为: 以各雨量站为控制点, 根据各雨量站控制面积和降水量, 利用泰森多边形法计算各评价分区降水量。

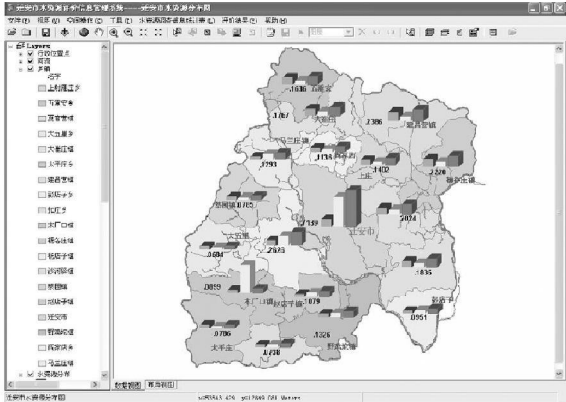


图 4 迁安市水资源分布专题

(2) 地表水资源评价。通过本模块可计算各评价分区地表水资源量。其基本原理为: 根据各水文站径流资料和控制面积, 利用水文比拟法计算各评价分区地表水资源量。

(3) 地下水水资源评价。本模块可计算区域地下水水资源量。其基本原理为: 根据各计算分区降水量、水文地质参数、地下水水位、地下水开采量、地下水侧向补给量、地下水侧向排泄量等基础数据, 利用水均衡原理计算区域地下水水资源量。

(4) 水资源总量评价。本模块能根据地表水、地下水资

总^[12]。而地理信息系统(GIS) 具有强大的空间数据和属性数据的分析处理能力, 将其运用到农用地分等评价中, 不但可以快速获得丰富的农用地资源信息, 还可以在数据分析的基础上, 获得一系列精美专题图件及相关的报表数据, 这些功能为农用地分等评价工作提供了全新的技术支持, 在速度和精度方面具有卓越的优越性^[13]。

(2) 由于农用地分等涉及的范围广、内容复杂、技术要求高, 因此在农用地分等过程中, 必须对所取得的成果进行检验。根据《农用地分等规程》和相关技术简报的有关规定, 采用随机抽样法, 在全县范围内随机抽取 30 个样点, 用 GPS 进行定位, 将样点落实到具体分等单元上。调查抽查分等单元的地等指数和对应该单元单位面积一年内的作物标准粮实际产量进行回归分析。

研究结果表明: 农用地等指数与样点标准粮产量也有较高的相关性, 线性回归的相关系数为 0. 843 1, 而多项式拟合(非线性回归) 的结果表明两者的相关系数为 0. 923 1, 显著高于线性相关, 该研究结果科学、合理。

(3) 对指定作物的产量成本指数的计算主要来自县各乡镇汇总的资料和实地调查。但由于当地政府部门和村民对分等工作重视程度不高, 上传的数据要么不完整, 要么准确性很低, 由此在分等过程中, 土地利用系数、土地经济系数确定困难。尽量减少人造数据, 保证基础数据的准确性和权威性就显得很重要了。

(4) 农用地分等工作技术环节多, 涉及到的地理要素众多, 图形编辑的工作量很大, 而且运算过程也比较繁琐, 运算数据量大。农用地评价信息系统实现了对农用地分等空间信息和属性信息的统一管理, 通过“项目信息统一管理”和“分等流程批处理”技术, 可以大大提高农用地分等的科学化和自动化水平, 提高农地分等工作效率。

(上接第 389 页)

源评价的结果, 计算各分区水资源总量。

(5) 图形管理。本模块能对降水、蒸发、径流、地下水位观测数据进行添加、删除、修改和查询以及统计分析等操作, 并可绘制柱状图、过程线图、动态曲线图、饼图等图形, 如图 4 所示。

4 结 论

(1) 水资源的时空分布涉及地形、地貌、地质构造、水文地质、河流水系、气象气候、植被和水利工程等诸多因子, 地理信息系统具有强大的空间数据管理和分析能力, 为水资源评价信息管理提供一个新颖、高效的平台。

(2) 组件式开发技术现在已经成为 GIS 开发的主流, 与传统的开发方式相比可以降低开发难度, 提高开发效率, 增强系统的灵活性和开放性。本系统以 ArcGIS Desktop, ArcObjects 和 ArcGIS Engine 为开发平台, 以面向对象 C# 语言为开发工具, 开发了基于组件式 GIS 的水资源评价系统。

(3) 对水利工作者而言, 应用 GIS 不仅仅是简单的浏览、查询和空间数据显示等电子地图式的应用, 而是需要更深层次, 带辅助决策支持的系统。本系统耦合视图、图层编辑、空

参考文献:

[1] 彭建. 我国农用地分等定级研究进展与展望[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4) : 167- 170.

[2] 龙辉. 地理信息系统在农用地分等定级中的应用[J]. 国土资源管理, 2002, 19(2) : 26- 29.

[3] 张翠, 孙在宏, 王亚华, 等. 农用地分等及农用地分等信息系统的研究[J]. 南京师大学报, 2001, 24(4) : 120- 124.

[4] 李建华, 张培晶, 杜敏行. 农用地分等定级之管见[J]. 黑龙江国土资源, 2004(4) : 41.

[5] 高中贵, 彭补拙. 我国农用地分等定级研究综述[J]. 经济地理, 2004, 24(4) : 514- 519.

[6] 王洪波. 农用地分等定级的理论与方法探讨[J]. 土壤, 2004, 36(4) : 371- 375.

[7] 但承龙, 王万茂, 厉伟. 农用土地分等定级和估价理论与技术路线的探讨[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2000(4) : 42- 46.

[8] 高向军, 马仁会. 中国农用土地等级评价研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1) : 165- 168.

[9] 农用地分等规程[S]. 国土资源大调查专用, 2001.

[10] 袁秀杰, 冯永军, 等. 计算机支持下的农用地分等研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2003, 34(1) : 100- 103.

[11] 余敦, 赵小敏. 江西省农用地分等信息系统设计与开发[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6) : 208- 210.

[12] 王铁成, 周生路, 王杰臣, 等. 基于 GIS 的农用地质量综合评价方法研究: 以无锡市马山区为例[J]. 干旱区地理, 2001, 24(2) : 118- 122.

[13] 聂艳, 周勇, 陈平, 等. 基于 GIS 的农用地分等信息系统设计与开发[J]. 南京师大学报, 2003, 19(3) : 228- 231.

间分析、专题图制作等 GIS 通用功能和降水分析、资源量评价等专业应用功能。

参考文献:

[1] 刘青勇, 张保祥, 程善福, 等. 基于 GIS 的青岛市水资源信息管理与决策支持系统[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2003, 34(4) : 537- 542.

[2] 杨卫华, 李树文, 赵秀娟, 等. 基于 GIS 的水资源管理系统的开发和应用[J]. 水文, 2005, 25(2) : 29- 32.

[3] 邓清海, 潘国营, 贾军辉, 等. 基于 GIS 的水资源优化管理信息系统[J]. 干旱区研究, 2004, 21(1) : 17- 20.

[4] 魏加华, 王光谦, 李慈君, 等. 地下水地理信息系统设计与实现[J]. 水利学报, 2003(11) : 59- 63.

[5] ESRI 中国(北京) 有限公司. What is ArcGIS 9. 1[M]. 北京: 2005.

[6] 毛峰, 沈小华, 艾丽双. ArcGIS 8 开发与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[7] 宋关福, 钟耳顺. 组件式地理信息系统研究与开发[J]. 中国图象图形学报, 1998, 3(4) : 313- 317.