

基于 3S 的灌区管理 DSS 框架

黎云云¹ 李昌文² 田 帅³ 郑 姣⁴

(1. 四川农业大学信息与工程技术学院 ,四川 雅安 625014 2. 华中科技大学水电与数字化工程学院 ,湖北 武汉 430074 ;
3. 四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室 ,四川 成都 610065 ;
4. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 ,江苏 南京 210098)

摘要 :针对目前国内灌区信息化建设中的实际问题 ,提出了基于 3S 的灌区管理 DSS 框架 ,将系统分为系统主页、数字灌区、采集监控系统、OA 系统、灌溉 DSS 及后台管理 6 个模块。基于信息自动化采集、决策支持、3S、数据库、模拟仿真等技术 ,对灌区系统进行分析 ,以协助决策人员解决灌区水资源优化调度及现代化办公等难题。
关键词 3S ;数字灌区 ;优化调度 ;DSS ;模拟仿真
中图分类号 :TV213.4 ;TV93 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2011)S1-0045-04

水利行业是一个信息密集型行业 ,随着网络的发展对信息的依赖程度越来越高 ,灌区作为水利事业的一部分 ,也不可能独立于信息化浪潮之外。要实现灌区现代化 ,必须借助现代化手段 ,应用 3S、计算机、人工智能等技术 ,建立灌区水资源调度决策支持等系统 ,解决复杂的资源配置利用等问题。由此 ,本文结合黄牧涛等^[1]的“ 数字灌区 ”思想 ,参考大量国内外 GIS 技术在灌区管理中的应用^[2-10]及目前国内灌区信息化建设中的实际问题^[11-12] ,提出了基于 3S 的灌区管理 DSS 框架。

1 开发目标

本研究以系统理论、现代管理等理论为基础 ,采用 Visual Basic ,Matlab 编程语言 ,借助 Visual Studio 2008 ,Arc Engine 9.3 ,SQL Server 2005 等先进的系统平台 ,开发出功能强大、操作便捷、运行高效、性能稳定、面向不同使用对象、适用于区域节水农业科学研究及辅助决策的灌区可视化调度管理决策支持系统 ,主要实现如下目标 :①实现灌区雨水情、气象、工情、土壤墒情、作物生长、灾情等信息的实时自动采集、预测、分析和评估 ;②实现水库、渠系水资源的优化调度 ;③实现灌区政务、人事、财务、工程、物资等管理的信息化和办公自动化 ;④实现灌区各项业务数据的统计、分析、查询与管理 ;⑤最终构成一个空间化、信息化、网络化、智能化、可视化的 5 维(x,y,z 三维坐标 ,时间 ,属性)的数字区域 ,初步建立以测控自动化、办公自动化、信息资源化、传输网络化、管

理决策科学化标志的灌区现代化调度管理决策支持系统 ,为灌区防汛抗旱、节水灌溉、农业生产、信息服务等提供及时准确的信息服务和技术支持。

2 技术路线

技术路线见图 1。

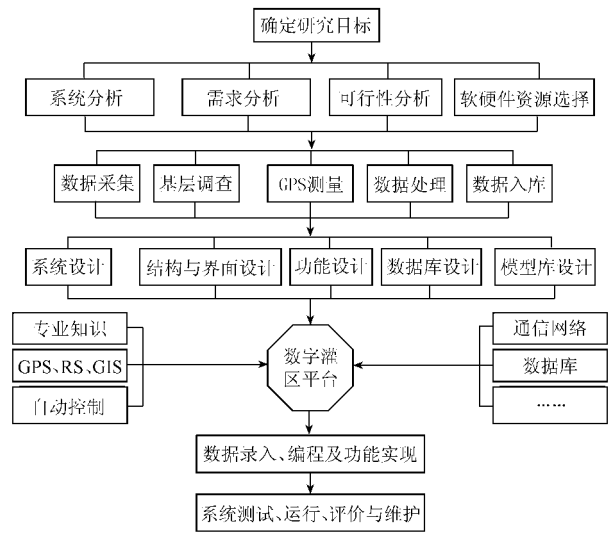


图 1 技术路线

3 系统设计

3.1 系统功能设计

3.1.1 系统主页

所有的模块连接入口均在主页 ,起到了一个向导作用。用户通过主页可了解灌区的基本概况、新

闻公告,遇到问题可以在线留言和咨询专家。

3.1.2 数字灌区

该模块可实现灌区空间数据和属性数据的操作与管理。①信息查询:实现对灌区基本情况、水利工程、实时雨水情、法规条例、行业规范标准等属性数据与空间数据的双向查询以及距离、面积和角度的量测;②图形操作:实现对灌区地形图、行政区划图、水利工程分布图、作物分布图等显示、缩放、漫游、全图、鹰眼、渲染、输出及图层控制;③图形编辑:矢量图形、文本、注记等的编辑;④专题统计:对雨水情、工情、灾情等灌区专题信息进行分类统计,结果以饼状图、曲线图、柱状图和表格等形式显示和打印输出;⑤空间分析:基于地形图、DEM、遥感影像图等建立灌区三维虚拟系统,配置各类背景信息和实时监控信息,进行统计分析、地形分析、水势分析、洪水演进、水文过程模拟、淹没分析、断面生成及各类专题分析,最终实现农作物长势的监测、分析、评价和产量预测,农业灾害的监测、预测和评估等功能,为用水决策创造条件;⑥灌溉仿真:基于 ArcGIS Engine 技术,开发渠系水流、灌溉过程和用水数据的三维灌溉仿真模块,通过实时调整方案,得出切实可行的优化方案;⑦数据输出:对统计、查询结果提供导出报表、信息存储、打印预览和输出等功能。

3.1.3 自动采集和监控系统

自动采集和监控系统包括 6 个模块。①水位流量测报:采用自动水位传感器、雨量采集仪、红外线测距仪、GPS、多普勒剖面仪等现代科技对水位、流量、泥沙等水文要素进行自动遥测、传输和处理;②工情数据测报:利用 GIS 技术,将灌区工情数据与电子地图叠加,形成专题地图,并根据工情信息的变化完成数据的修正、存贮、管理、更新,为防汛抗灾提供有力工具;③气象数据采集:对温度、湿度、日照、霜降、风力、风向、气压等气象数据,实施实地测量和气象卫星观测,并进行标准化、规范化处理;④土壤墒情测报:土壤墒情是灌溉用水调配的决策依据,可由测墒设备进行采集,传输方式视设备至站房距离远近,采用无线或有线方式;⑤田间作物生长测报系统:采用土壤水分监测仪器,分别选取具有代表性的水稻田和旱地,对各主要作物生育期内进行土壤水分动态监测;⑥通讯网络:通过布设光纤或借助互联网和中国电信,集成大坝安全监测系统、水库调度系统、洪水预报系统,灌区用水调度系统以及水情遥测系统,实现各测控点与管理中心的信息传递以及通话功能,增加输配水管理的灵活性和可靠性。

3.1.4 自动办公系统

该系统包括:①水利政务子系统:实现办公自动

化、网上视频会议;②综合管理子系统:实现人事、财务、工程和物资的管理;③多媒体数字档案子系统:实现灌区工程、视频、管理文件、科技情报等档案的数字化;④水费管理子系统:实现水费网上查询与交费等功能。

3.1.5 灌溉 DSS

该模块包括:①水文气象预测:采用流域退水预报及回归分析、成因分析等方法,利用皮尔逊Ⅲ型曲线构建水文气象预报模型,为灌区用水计划和优化调度方案的制订提供依据;②灌溉用水预报^[14]:采用彭曼公式,建立灌溉作物需水量预报模型,采用水量平衡方程计算田间持水量变化过程,基于此,构建作物灌溉预报模型、灌溉时间预测模型、干渠进口所需流量预测模型和水量的动态管理模型,实现灌溉用水预报功能^[14];③排涝量预测:根据灌区排涝实际情况,进行涝灾、渍灾引起的农作物危害分析和地下水水位上升引起的土壤盐碱化影响分析,制定经济合理的排涝效益指标和措施;④灌区发展规划制定:将影响灌区发展规划的各种因素做成 GIS 系统的各个层面,根据作物需水规律,结合灌区的水源工程、土壤、气象、作物种类和农业耕作等条件,分析计算,制定常规配水计划、轮灌应变配水计划、降雨应变配水计划等,从而有计划地蓄水、引水、配水和灌水,以达到科学用水增产之目的;⑤灌区优化调度:综合灌溉管理、模糊控制、最优化等技术,建立灌区各关键设施设备及运行调度的数学模型,依据所收集、监测的土壤墒情、作物需水、灌区水文气象、用水统计等信息支持,生成合理的灌区用水调配方案,避免经验调度式失误,提高灌区运行的经济性和管理水平,包括防洪蓄水优化调度和灌溉供水优化调度两部分;⑥用水变化趋势分析:建立灌区工业用水、生活用水、农业生态用水(农业灌溉用水、牲畜用水和林牧渔用水等)与年份之间的相关关系,由此进行趋势分析;⑦作物种植比优化:在灌区可用水量、单位面积农作物收成、价格、净耗水量和经济支出等前提下,优化分配灌区农作物种植比,使农民收入和管理单位效益最大化;⑧灾情评估与决策:采用概率统计、马尔可夫链、时间序列分析等随机模型技术,对实测的降雨径流、土壤墒情、农作物长势等信息进行分析处理和综合评价,及时进行旱情、洪涝情预报和灾情评估,结合农业专家系统,拟定实施方案,提出对应措施;⑨节水灌溉效益评价:以经济、社会和生态效益最大化为目标,建立多目标分析模型,对节水灌溉效益进行评价,选取众多可选方案中的最优值,实现经济用水。

3.1.6 后台管理

系统管理员通过后台管理窗口进行登陆,完成以下任务。①系统维护:实现对灌区分水闸、雨量计、水位计、服务器等设备、网络、数据等的日常维护,以保证系统运行的安全性与保密性;②用户管理:为防止用户进行越权访问和随意性的信息发布活动,同时满足不同级别用户对系统信息的知晓程度和范围,确保数据安全,将不同用户进行权限设置;③数据管理:数据的采集、格式转换、维护更新以及用户资料库的管理等。

3.2 系统结构设计

灌区管理 DSS 系统采用 VDSS、GIS、网络和多媒体等高新技术,将有关灌区输配水调度管理的各种数据集成管理。整个系统由数据库、模型库、方法库、人机交互系统 4 部分组成。系统结构^[15]如图 2 所示。

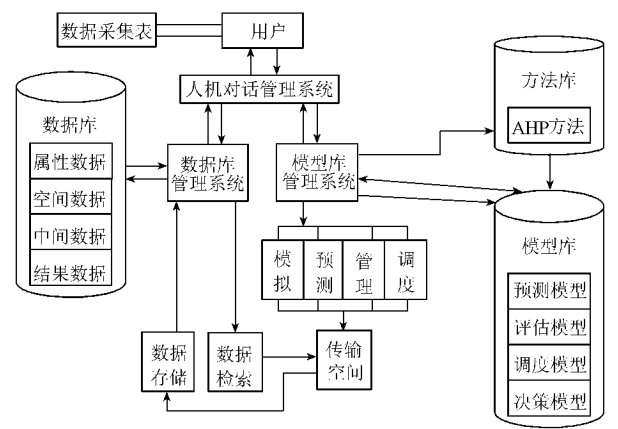


图 2 系统结构

3.3 系统的优缺点

本文提出的灌区决策支持系统框架考虑的因素较多,融合了数字灌区、信息的自动采集和监控、OAS、DSS 和后台管理等理念和较新的技术,内容比较完备,适宜于高度现代化的大型灌区,在投入和人才要求方面较高,是灌区今后发展的方向。缺点是目前我国正处于大型灌区改造以及中小型灌区的规划与建设中,本框架不能完全服务于这一实际情况。但是,基于 3S 和优化决策的思想是可以在中小型灌区中展开的,尤其是土壤墒情与作物长势的卫星遥感,有利于节约灌区成本,提升信息化程度。

4 关键技术与可行性分析

基于 3S 的灌区可视化调度管理 DSS 采用的关键技术是:信息自动化采集、自动化控制、通信网络、决策支持、GIS、RS、GPS、数据库、模拟仿真、专业数学模型、虚拟现实。系统建议方案所采用的以上各相关技术目前在国内外的的发展都较为成熟,从技术

角度来讲系统建议方案是可行的^[16-17]。

4.1 水资源优化配置

本系统建议采用神经网络、遗传算法、动态规划、多目标规划、粒子群算法、等维灰数递补动态预测^[18]等方法,构建数学模型,给出各种条件下推荐的优化方案,实现灌区经济、社会和生态效益协调最大化。以自适应遗传算法(AGA)为例,该算法能够保证解的多样性,具有全局收敛性以及较强的通用性和可扩展性。灌区决策支持系统优化涉及多个目标(如经济、社会、生态等),首先对各目标进行归一化处理,然后赋予一定的权重,将其转化为单目标问题进行求解,目标函数为

$$\max F = \sum_{i=1}^N k_i f_i \tag{1}$$

式中: F 为各目标赋予权重后线性叠加的总项目; k_i 为第 i 个目标的权重,且 $\sum_{i=1}^N k_i = 1$; f_i 为第 i 个目标归一化后的值; N 为子目标的数量。

约束条件集包括:生产条件约束、水资源可利用量约束、水源供水能力约束、可投入资金约束、水量平衡约束、变量非负约束等。

最后,基于 AGA 进行灌区水资源配置方案的优选,实现综合效益的最大化。

4.2 3S 技术的应用

基于 RS,客观、准确、及时地提供作物生态环境和作物生长的各种信息,进行农作物播种面积、作物长势、作物生态环境的遥感监测,作物产量的估算与灾害损失评估;基于 GPS,实现精确定位、田间作业自动导航和地形起伏测量;基于 GIS,实现农田土地数据管理,土壤、自然条件、作物苗情、作物产量等数据查询,绘制各种农业专题地图。GPS 和 GIS 结合,可提供科学种田需要的定位和定量进行田间操作与管理的技术手段;RS 和 GIS 结合,可提供多种数据源,为建立农田基础数据库奠定基础。此外,3S 技术还可实现历史数据和实时数据的动态加载、查询、管理、统计分析、空间分析,水量、水质模拟与预测,土地利用类型提取,土壤侵蚀过程模拟与预测,水保效益评价,灾情监测与评估等。

4.3 系统模块的集成

a. 系统间的集成问题。由于灌区水利信息类型繁多,数量巨大,涉及水文气象、水土保持、水质监测、防汛抗旱、农业灌溉、水库调度管理等多方面,加上历史过程、技术条件、资金投放等原因,使硬件系统遵循的标准不统一,软件和数据异构,给水利信息资源共享带来了困难,迫切需要通过计算机网络技术和结构化的综合规划,将各个分离的信息、功能和

专题应用子系统集成到相互关联的、统一和协调的系统之中。

b. 解决办法。①制定规范统一、适用性强的信息标准化体系,使各项水利信息数据采集、处理、储存过程中有标准可依,有章可循,实现多种传感器、多种协议、多种格式的水利信息共享和解决系统之间的互联和互操作性问题。②采用基于门户的异构软件系统的集成模型、结构和实现方法,通过 Web 服务来实现基于门户的集成。

c. 系统内的集成技术。①利用 MATLAB 构建基于神经网络、动态规划等算法的灌区数学模型,采用 COMBuild 工具,将其做成 COM 组件,供 Visual Basic 调用,实现系统与 Matlab 无缝集成^[19];②采用 ArcGIS Engine 技术实现灌区的三维可视化、空间分析和仿真功能,将 GIS 功能嵌入系统中,达到系统与 ArcGIS 无缝集成;③基于 JSP、HTML 等 Web 开发语言,编写动态 Web 程序,调用开发的模型库、方法库组件,完成相应的功能,并将结果返回给客户端,存储到数据库中。

5 结 语

2011 年灌区信息化建设还处于试点阶段,建设过程中必然会遇到各种各样的问题。本研究提出的基于 3S 的灌区可视化调度管理决策支持系统,采用大量的先进技术,以期结合灌区实际情况,配合农业生产,通过各类相关信息的自动化采集、传输、存储管理、分析、评价和决策,实现合理输配水,进而获得更大的经济、社会和生态效益,并以此带动灌区的现代化。

参考文献:

[1] 黄牧涛,王乘. 数字灌区及其实施方案研究[J]. 科技进步与对策, 2003(12): 52-54.
[2] 徐建新,白雪梅,沈晋,等. 灌区水资源实时优化调配决策软件研制[J]. 水科学进展, 2003(3): 178-183.

[3] 王文川,徐冬梅. 基于 GIS 的灌区水资源用水管理系统设计[J]. 东北水利水电, 2004(11): 63-64.
[4] 饶碧玉,张凌,陈丽红. GIS 技术在高原灌区灌溉管理中的应用研究[J]. 节水灌溉, 2006(6): 48-49.
[5] 陈玲,黄介生. 灌区管理模型与 GIS 的集成及应用[J]. 灌溉排水学报, 2003(3): 29-32.
[6] 卢摩,田富强,胡和平,等. 基于遗传算法和 GIS 技术的灌溉决策支持系统[J]. 水利水电技术, 2003(7): 27-30.
[7] 刘贵德,郭凤台,迟艺侠. GIS 在灌区水资源管理中的应用及进展[J]. 水科学与工程学报, 2006(1): 16-18.
[8] 黄跃进,杨军. 基于 GIS 技术的节水灌溉区划研究[J]. 中国农村水利水电, 1999(12): 10-12.
[9] YANG X, ZHOU Q, MELVILLE M. An integrated drainage network analysis system for agricultural drainage management Part1. the system[J]. Agricultural Water Management, 2000, 45(1): 73-86.
[10] WEATHERHEAD E K, KNOX J W. Predicting and mapping the future demand for irrigation water in England and Wales[J]. Agricultural Water Management, 2000, 43(2): 203-218.
[11] 周亚平,李欣苓,李晓辉,等. 浅析我国大型灌区信息化建设[J]. 水利水文自动化, 2003(3): 1-7.
[12] 黄显峰,邵东国. 我国灌区信息化建设面临的若干问题与对策[J]. 水资源保护, 2005, 21(2): 69-70.
[13] 孟炜. 桃曲坡水库灌区节水灌溉信息化管理系统的研究[J]. 地下水, 2010, 33(5): 64-65.
[14] 乔长录,刘招,茯苓. 基于 COMIS 和 Matlab 的泾惠渠灌区灌溉决策支持系统[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(3): 31-36.
[15] 姚卿达. 数据库及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
[16] 彭彦铭. 中部省份灌区节水信息系统研究[J]. 河南水利与南水北调, 2010(11): 18-20.
[17] 廖征红,丁振华. 广东省灌区信息化建设初探[J]. 广东水利水电, 2003(4): 3-4.
[18] 吴璞周. 基于 WebGIS 的宝鸡峡灌区经济用水决策支持系统设计与实现[D]. 西安: 陕西师范大学, 2008.
[19] 黄牧涛,田勇. 组合智能决策支持系统研究及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 2003(4): 114-119.

(收稿日期: 2011-02-28 编辑: 方宇彤)

· 简讯 ·

第 4 届河口海岸国际研讨会将在越南举行

第 4 届河口海岸国际研讨会将于 2012 年 10 月 8—11 日在越南河内举行。会议由国际泥沙研究培训中心主办,越南水利大学承办。本届大会主题为:视角和设想——变化时代的水。会议主要议题包括 9 个方面:①气候变化;②水文水资源;③水环境与水生生态;④河口海岸水动力学;⑤河口海岸管理;⑥河口及港口水道的维护及管理;⑦河口治理工程技术研究;⑧海岸结构;⑨海岸灾害。会议网址: <http://icec2012.wru.edu.vn/>。

(本刊编辑部供稿)