

基于 COMGIS 和 Matlab 的 泾惠渠灌区灌溉决策支持系统

乔长录, 刘 招, 茯 苓

(长安大学水与发展研究院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 以泾惠渠灌区为研究对象, 采用动态规划、神经网络、遗传算法等多种优化算法基于 Matlab 完成了系统优化模型, 并采用 GIS 的三维可视化和空间分析技术基于 COMGIS 完成了灌溉仿真模型, 同时利用 COM 技术, 建立了系统与 Matlab & ArcGIS 无缝集成的泾惠渠灌区灌溉决策支持系统。系统能够有效地协助决策人员解决泾惠渠灌区灌溉水资源优化调度的难题, 显著提高了灌溉水资源的管理水平。通过将 2008 年实际数据输入运行结果分析来看, 系统能够胜任辅助灌溉决策之重任。

关键词: COMGIS; Matlab; 泾惠渠灌区; 灌溉决策支持系统

中图分类号: TV213.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0031-06

泾惠渠灌区位于陕西省关中平原中北部, 北依仲山和黄土台塬, 泾河、渭河、石川河三面环绕, 内有清峪河横贯; 灌区辖咸阳、西安两市的泾阳县、三原县、高陵县、临潼区及阎良区三县两区, 东西长约 70 km, 南北最宽约 20 km, 总面积约 1 180 km²; 灌区有干渠 5 条, 支渠 20 条, 斗渠 527 条; 蓄水水库两座; 配套机井 1.4 万眼, 抽水站 22 处, 装机 1 824 kW; 灌区设计灌溉面积 8.936 万 hm², 有效灌溉面积 8.399 万 hm²。灌区渠系成网、机井众多, 是一个引、蓄、提相结合, 地表水与地下水综合利用的大型灌区, 灌区土壤肥沃, 交通便利, 历来是陕西省重要的粮、油、肉、蛋、棉等农产品基地。

由于多年来泾河上游水源区不合理的人类活动, 以及全球气候变化的影响, 近年来泾河径流量锐减, 而且季节性分布很不均匀, 使得灌区渠道引水量远远满足不了农业灌溉的需求; 同时灌区已有 60 多年的地下水开发历史, 加之随着国民经济的不断发展, 开采量逐年增大, 使得灌区地下水位持续下降, 到 2003 年泾惠渠灌区平均地下水位埋深已达 16 m, 在降落漏斗区最深可达 40 m。因此, 探索适合于泾惠渠灌区在不同的来水条件下灌溉水资源优化调度的最佳利用模式, 确保灌溉水资源开发利用的最佳社会效益、经济效益和环境效益, 是泾惠渠灌区灌溉水资源优化调度决策所面临的重大课题。

灌溉水资源优化调度是一项复杂的任务, 要综合考虑气象、水文、水源、土壤、作物需水过程、灌溉

面积、种植结构等各种因素的影响, 而这些因素中有些是不确定和不完全的, 既要依赖于大量历史观测资料和数学分析手段的帮助, 又要实时掌握和评价作物生长过程中的环境信息, 然而仅靠人工进行资料汇总和分析计算, 不仅工作量大、时间长, 而且质量也难以保证, 从而延误解决实际问题的时机, 不能及时、准确地提供决策方案。因此, 针对泾惠渠灌区的管理现状, 研究开发智能化、简便实用的灌溉决策支持系统(Irrigation Decision Support System, 简称 IDSS), 对解决泾惠渠灌区灌溉水资源优化调度的难题、提高灌溉水资源管理的水平是非常必要和紧迫的。

决策支持系统的概念于 20 世纪 70 年代在国外首先提出, 到 20 世纪 90 年代已应用到灌溉水资源管理与规划领域, 如 20 世纪 90 年代初, 美国加州水资源局开发了 CIMIS(加州灌溉管理信息系统), 继 CIMIS 之后开发的 AGWATER 专家系统, 以及美国卡罗内达州大学开发的水资源管理决策支持系统(WRMDSS)^[1]。在日本, 也将农户用水情况和灌区需水规律进行综合考虑来确定作物需水, 借助计算机来解决复杂问题。国内在灌溉水资源管理的基本方法和手段等方面开展了全方位的研究, 从灌溉水资源管理和水资源优化配置模式等宏观决策研究到微观的管理指导, 从用水管理监测控制设备的硬件研制到软件系统的开发均取得了许多成果。在水利部水利信息化试点项目开展之后, 国内部分试点灌区开展了计算机在灌区灌溉水资源管理中进行动态

收稿日期: 2009-11-24

基金项目: 国家外国专家局、教育部高等学校学科创新引智计划项目(B08039)

作者简介: 乔长录(1976—), 男, 青海乐都人, 博士研究生, 从事水文及水资源、水利信息化方面的研究。E-mail: QiaoChangLu@126.com。

用水计划及优化配水的实践,并积极地将 GIS 和 DSS 等信息技术引入灌溉水资源管理工作之中,取得了一定的成绩。但有关这方面的研究仅仅是初步的,灌溉水资源管理决策支持系统知识的获取、表达和推理机理的建立尚不完善。尽管如此,决策支持技术应用于灌溉水资源管理,预示着灌溉水资源管理在智能化和现代化发展过程已进入了一个新的阶段,代表着未来发展的必然趋势^[4]。本文提出了灌区尺度上灌溉水资源优化调度决策支持系统的体系结构,并付诸实践,取得了比较满意的效果。

1 系统总体设计

1.1 系统体系结构

面向问题的决策支持系统通常将用于决策分析规则的知识库与解决专门问题的模型库结合于一体,配以完整的数据处理系统,为决策者提供及时准确的信息为宗旨。泾惠渠灌区灌溉决策支持系统服务于灌溉水资源的优化调度,辅助决策者解决灌溉水资源优化调度的决策问题。该系统包括:收集灌区农业气象、泾河水文、灌区地下水文、灌溉制度等历史数据信息和灌区土壤、作物需水量、需水过程、灌溉定额、灌季各作物种植区域、面积等静态数据信息的基础数据采集子系统;监测灌区农业气象、泾河水文、灌区地下水文、灌区土壤墒情、作物苗情等实时数据采集子系统;根据神经网络、遗传算法和动态规划等方法,在 Matlab 环境下构建的数学模型对基础数据、实时数据以及人工交互给定的参数数据进行加工、整理和分析,进而给出各种条件下推荐的优化方案的模型运算子系统;基于 GIS 的三维可视化和空间分析功能的灌溉仿真子系统;灵活方便的人机交互子系统将这些方案提供给决策者,帮助决策者对方案的优劣进行比较,做出正确判断。根据问题的性质和需要,泾惠渠灌区灌溉决策支持系统采用了四库结构,即基础数据库、实时数据库、空间数据库、模型数据库。系统的体系结构如图 1 所示^[3~5]。

1.2 信息采集子系统

数据信息是灌溉决策支持系统的基础,预报、优化和仿真等核心模块的运行,都建立在翔实、准确、实时的数据基础之上,本决策支持系统所要采集的信息有四种类型^[2]:①具有时间序列的历史数据,包括灌区农业气象、泾河水文、灌区地下水文、灌溉制度等;②相对稳定、时空变异小的静态数据,包括地形坡度、土壤类型、土壤结构、根作层深度、作物需水量、需水过程、灌溉定额等;③灌季数据,包括作物种

类、作物品种、种植区域、种植面积等,每个灌季采集一次即可;④时空变异性较大的实时信息,包括气象、水文、土壤墒情、作物苗情等,这些信息的采集通过埋设在田间的各种传感来完成。

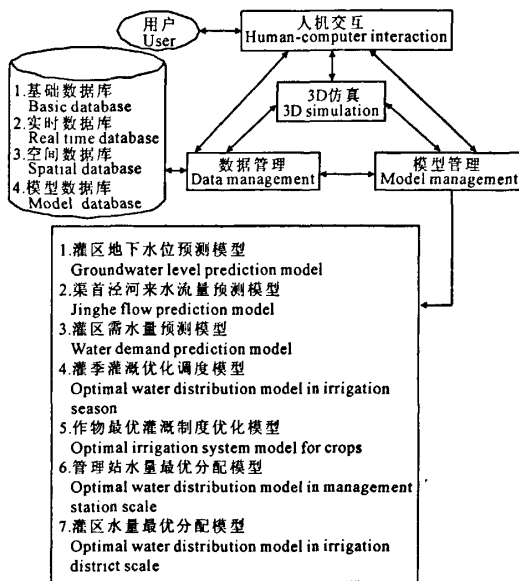


图 1 灌溉决策支持系统的体系结构图

Fig.1 Sketch on structure of irrigation decision support system

1.3 水文预测子系统

水文预测包括灌区地下水位预测和渠首泾河来水流量预测两部分,以灌区多年历史资料和实时监测数据为基础,以数学模型为核心,预测灌区未来年、灌季的有关水文数据,为灌区用水计划和优化调度方案的制定提供依据。

1.4 优化调度子系统

优化调度子系统的功能是依据来水和需水预测,基于一定的智能优化算法,结合灌区实际情况构建的数学模型,实现水资源的合理配置和灌溉系统的优化调度,使有限的水资源获得最大效益。包括灌季优化调度和年度优化调度两部分。

1.5 用水计划子系统

用水计划子系统的功能是根据作物生长期的需水规律,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,经分析计算,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。包括常规配水计划、轮灌应变配水计划、高含沙应变配水计划、降雨应变配水计划四种类型的配水计划的编制以及用水总结等。

1.6 灌溉仿真子系统

优化调度模块得出的结果是整个灌区最优的水

资源配置与调度方案,在优化配置与调度方案的指导下,运行用水计划子系统,可以编排出灌区的用水计划。然而,据此编制的用水计划,其合理性到底几何,能否在执行用水计划前,进行仿真,以做出科学合理的选择,是提高灌溉决策支持系统实用性的关键^[6,7]。因此,系统基于 ArcGIS Engine 技术,开发了三维可视化灌溉仿真模块,让决策者通过反复的仿真分析,调整优化方案,得出切实可行的优化方案。灌溉仿真包括渠系水流仿真、灌溉过程仿真、用水数据仿真分析三方面。

1.7 系统集成设计

本灌溉决策支持系统由若干模块组成,不同的模块采用不同的环境来实现,系统的整体框架及人机交互、数据库管理、模型库管理等均在 Visual C++ 6.0 环境下用 C++ 语言编写;数据库选用 SQL Server 2000 平台,系统采用 ADO 数据引擎进行数据的存取调用;全部数学模型利用 Matlab 强大的科学计算能力,调用神经网络等工具,在 Matlab 7.1 环境下完成;灌溉仿真模块,利用 GIS 的三维可视化功能和空间分析功能,采用 ArcGIS 9 系列的 ArcGIS Engine 技术实现。

为了使系统能够在脱离 Matlab 和 ArcGIS 环境独立运行,实现系统与 Matlab 和 ArcGIS 的无缝集成,系统采用 Matlab 的 COM Build 工具,将在 Matlab 环境下编写的数学模型做成 COM 组件,供 VC++ 调用,实现系统与 Matlab 无缝集成^[8];系统利用 ArcGIS 9 系列的 ArcGIS Engine 提供的 GIS 组件,直接将 GIS 功能嵌入本系统中,实现 GIS 的功能,达到系统与 ArcGIS 无缝集成。

2 数据库系统设计

数据库系统是泾惠渠灌溉决策支持系统的基础信息支撑,包括数据库和相应的管理系统,其目的是实现对灌溉用水管理决策过程中所需各种数据的有效管理和数据更新,提供与其他子系统的传递接口。数据库系统逻辑结构如图 2 所示^[4,5]。

3 模型库系统设计

模型库系统是灌溉决策支持系统五大组成部分之一,由模型数据库及其管理系统等部分构成。

3.1 模型数据库系统

模型数据库是按照各数学模型输入输出需要而专门设计的数据库,是联系基础数据库与模型的纽带,它储存模型所需的特定格式的输入数据和模型运算输出数据,其功能是根据各模型的需要从基础

数据库中析取数据并转换成模型所需要的数据格式,同时将模型运算结果按照其他模型和模块所需的格式进行存储。

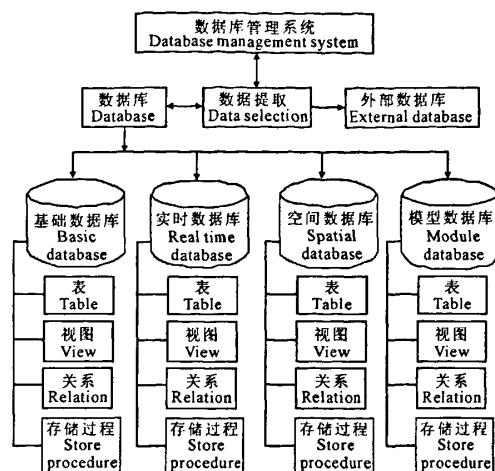


图2 数据库系统逻辑结构图

Fig.2 Sketch on logic structure of database system

3.2 模型库

本决策支持系统中的所有模型在 Matlab 环境下调用神经网络等工具编程实现。模型库管理系统对模型库中的模型实施管理,主要具备模型注册、调用、组织、完成模型之间和用户与模型之间信息交流等基本功能,这些功能通过数据流和操作流实现。

模型库具体由灌区地下水位预测模型、渠首泾河来水流量预测模型、灌区需水量预测模型、灌区灌季优化调度模型、灌区年度优化调度模型等五个模型构成,其中年度优化调度模型又由作物最优灌溉制度优化模型、管理站水量最优分配模型、灌区水量最优分配模型三个子模型组成。

3.2.1 灌区水文预测模型 灌区水文预报就是根据实测系列资料,预测灌区未来有关水文数据,为灌区用水计划和优化调度方案的制定提供依据。泾惠渠灌区水文预测包括灌区地下水位预测和渠首泾河来水流量预测。根据历史实测系列资料进行预测有时间序列法和成因分析法两类。从历年实测的灌区地下水位、渠首泾河来水流量数据可看出,其变化过程相当复杂。对此种系列资料,若采用时间序列法,预测误差会比较大,所以本决策支持系统选用成因分析法来预测,为了提高预测精度,采用 BP 神经网络方法,利用 Matlab 工具进行。

(1) 灌区地下水位预测模型。泾惠渠灌区监测的是各测井的地下水埋深,影响地下水埋深的因素较多,如蒸发量、降水量、灌溉水量及其地下水侧向

补给量等。综合考虑泾惠渠灌区地下水埋深监测的同期实际的观测资料,选择影响地下水月平均埋深的月蒸发量、月降水量和月平均气温 3 个主要影响因子进行模型构建。

(2) 渠首泾河来水流量预测模型。渠首有张家山水文站流量实测资料,泾河上游还有景村水文站流量实测资料,在预报中综合考虑这两个水文站河流断面流量的实测资料,同时还应该考虑渠首上游几个水电站对渠首河道断面来水流量的影响,因此在渠首泾河来水流量预测中,分别以张家山和景村水文站时段平均流量为影响因子进行模型构建。

3.2.2 灌区需水量预测模型 灌区需水量预测就是根据水文信息、气象信息、作物种类、作物种植面积、灌溉定额、土壤墒情、作物苗情等信息,参照以往经验,计算灌区需水量,根据需要,可分为三个层次,第一,年度总需水量预测,计算预测全灌区年度总需水量;第二,灌季需水量预测,计算预测各灌季需水量;第三,实时需水量预测,主要依据实时采集的田间苗情、墒情等信息,计算预测作物生长各阶段实时需水量。

3.2.3 灌区灌季优化调度模型 泾惠渠灌区灌溉水资源有渠首泾河来水、西郊水库以及地下水。灌季优化调度的目的是在一个灌季内,以斗口为控制单元,充分利用泾河来水,增加斗口供水量,减小西郊水库的调度费用,以灌季灌溉收益最大为优化目标,建立优化调度数学模型,以合理安排各级渠道的配水时间和流量,实现灌溉渠系大流量短历时输配水,减小整个渠系的渗水损失^[9]。

考虑到系统的复杂性,将系统分层,第一层解决好斗口开启日期与泵站调度;第二层解决斗口流量;第三层解决斗口水量。

3.2.4 灌区年度优化调度模型 基于作物水分生产函数,以提高全灌区作物产值,降低西郊水库泵站和机井水泵能耗为目标,建立优化调度数学模型。泾惠渠灌区灌溉面积大,供水水源多,系统复杂,因此在优化调度计算中采用大系统分解协调理论将系统分为三层,最上层,即第三层是全灌区平衡协调模型,这一层系统优化的目的就是将系统的总水量分配给各管理站,以获得整个系统效益最大的水量分配方案,全灌区由 16 个管理站组成;第二层是管理站水量最优分配模型,这一层系统优化的目的就是将上一层(全灌区)分配给各管理站的水量,在站内各种作物之间进行分配,以获得站内各种作物之间的水量最优分配方案;第一层是作物最优灌溉制度优化模型,这一层系统优化的目的就是将上一层(管

理站)分配给各作物的水量,在作物各生育阶段进行分配,以获得作物产量最大的分配方案。

(1) 作物最优灌溉制度优化模型。某种农作物最优灌溉制度的设计过程,可看成是一个多阶段决策过程,本文以作物的生长过程为阶段变量、各阶段初可分配的灌溉水量为状态变量、各阶段的实际灌溉水量为决策变量、各阶段水量分配方程和土壤计划湿润层内的水量平衡方程为系统方程,采用 Jensen 提出的在供水不足条件下,水量和农作物实际产量的连乘模型为目标函数,用动态规划进行模型构建,用逐次渐近法进行模型求解^[6]。

(2) 管理站水量最优分配模型。一个管理站内,往往种植有几种作物,且各种作物在不同生育阶段对缺水引起的减产敏感程度不同,在各种作物种植面积和上层(全灌区)供给水量已定的情况下,各农作物之间水量分配不同,其效益也不同,如何将灌溉水量在各作物之间合理分配,获得最大的经济效益,便是本层优化计算要解决的问题。其优化数学模型描述如下:

① 目标函数:以管理站效益最大为目标函数。

$$\max Z_i = \sum_{j=1}^m f_{ij}(Q_{ij}) \cdot S_{ij} \cdot C_j \quad (i = 1, 2, \dots, 16)$$

式中, Z_i 为 i 管理站的效益; i 为管理站序号; j 为作物序号; $f_{ij}(Q_{ij})$ 为 i 管理站 j 作物的单产; Q_{ij} 为 i 管理站 j 作物单位面积灌溉水量; S_{ij} 为 i 管理站 j 作物种植面积; C_j 为 j 作物单价。

② 约束条件:管理站内各种作物灌溉用水量之和等于灌区分配给该管理站的水量。

$$\sum_{j=1}^m Q_{ij} \cdot S_{ij} = W_i \cdot \eta_i \quad (i = 1, 2, \dots, 16)$$

式中, W_i 为灌区分配给 i 管理站的水量; η_i 为 i 管理站灌溉水利用系数。

(3) 灌区水量最优分配模型。泾惠渠灌区有 16 个管理站,在水量不足的情况下,各管理站之间存在一个水量如何分配问题,各管理站之间水量分配不同,其效益也不同,如何将灌溉水量在各管理站之间合理分配,获得最大的经济效益,便是本层优化计算要解决的问题。

在这一层优化计算中,将灌区全年可供总水量分配给下一层(第二层)内各管理站,对每个管理站,可根据管理站多种作物最优水量分配方法,确定其效益最大的该管理站水量最优分配方案,并将获得的该管理站效益反馈给上层(第三层),通过这种交替计算,即可获得整个系统效益最大的水量分配方案。其优化数学模型描述如下:

① 目标函数:以全灌区效益最大为目标函数。

$$\max Z = \sum_{i=1}^{16} Z_i(W_i) - y_u \sum_{i=1}^{16} U_i - y_p \sum_{i=1}^3 q_i$$

($i = 1, 2, \dots, 16$)

式中, Z 为全灌区总效益; $Z_i(W_i)$ 为 i 管理站的效益; y_u 为地下水单方水成本; U_i 为 i 管理站灌溉地下水用水量; y_p 为水库单方水成本; q_i 为 i 管理站水库供水量。

② 约束条件:

a. 管理站引水量之和不能大于渠首全年可引总水量。

$$\sum_{i=1}^{16} W_i \leq W_t \cdot \eta_{wt}$$

式中, W_t 为渠首全年可引总水量; η_{wt} 为渠首至各管理站渠系水利用系数。

b. 各管理站灌溉地下水用水量之和不能大于灌区全年允许地下水开采量。

$$\sum_{i=1}^{16} U_i \leq U_t \cdot \eta_{ut}$$

式中, U_t 为灌区全年允许地下水开采量; η_{ut} 为地下水利用系数。

c. 三原、西张和徐木三个管理站水库供水量之和不大干西郊水库全年蓄水量。

$$\sum_{i=1}^3 q_i \leq q_t \cdot \eta_{qt}$$

式中, q_t 为西郊水库全年蓄水量; η_{qt} 为西郊水库至各个管理站输水的渠系水利用系数。

4 决策过程

泾惠渠灌区水资源调度是一个半结构化的多层次的决策问题。其水资源调度决策流程如图3所示。在决策过程中,每进行一步,决策者对运算结果做出评价。若认为满意,则进行下一步或得到满意结果终止,否则再进行修改和再运算,如此直到决策者认为满意的优化调度方案为止。该决策过程由决策者与模型运算进行交互对话而实现。决策人员依据决策原则、自己的知识和经验,通过系统的人机交互界面,修改模型参数,输入偏好信息,不断进行迭代运算,找到合理的水资源优化调度方案。

5 系统应用

系统的应用是系统开发的主要目的,本系统模块多,将实际数据输入系统,每一模块都有一个模拟

决策结果。现将利用系统的灌区水量最优分配模型进行2008年的灌区水量最优分配方案进行分析,以作简单的验证说明。

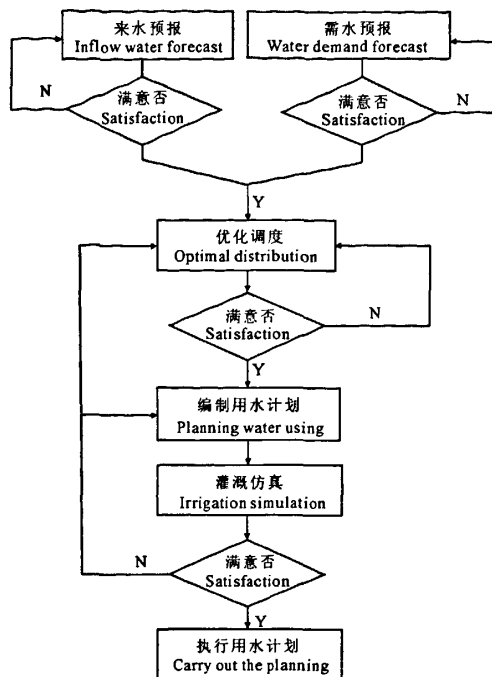


Fig.3 Flow sheet of decision in water resources distribution

运行灌区水量最优分配模型,求解灌区水量最优分配方案,需要以下基础数据:各站作物种植面积,作物价格、产量,小麦生育期基本参数,玉米生育期基本参数,棉花生育期基本参数,油菜生育期基本参数,果树生育期基本参数,各站作物土壤基础数据,灌区降雨数据资料,渠首来水、水库调节库容、水库泵站水费等基础数据,水库供水到各站的渠系水利用系数基础数据,各站各项基础数据。限于篇幅,本文仅给出灌区各站作物种植面积2008年实际数据,见表1。

在给定灌区渠首可供水量为25 000万 m^3 ,西郊水库可调节库容为1 500万 m^3 ,在限制各站地下水可开采量的约束下,经反复模拟运行,得到的各供水水源向各站分配最优供水水量见表2。

系统决策运行的结果与灌区专家依靠经验手工计算的结果十分吻合,因此系统能够胜任辅助灌溉决策之重任。

表 1 灌区 2008 年各站作物种植面积(hm²)
Table 1 Crop planting area of irrigation district in 2008

管理站 Station	作物名称 Plant				
	小麦 Wheat	玉米 Corn	棉花 Cotton	油菜 Rape	果树 Fruiter
三原 Sanyuan	2171	2171	0	28	761
西张 Xizhang	4389	4389	0	0	246
徐木 Xumu	1761	256	0	0	217
高陵 Gaoling	4764	4764	0	0	234
陂西 Beixi	3863	3863	235	0	252
楼底 Loudi	1673	1673	0	22	203
石桥 Shiqiao	3668	101	13	0	1971
杨府 Yangfu	1181	1181	0	0	565
张卜 Zhangbu	2710	2710	0	0	511
三渠 Sanqu	2400	2400	1.3	0	193
泾阳 Jingyang	4091	4091	0	0	129
彭李 Pengli	2799	2799	0	0	149
张家山 Zhangjiashan	889	889	0	0	200
党抽 Dangchou	6496	6496	0	0	200
栎阳 Liyang	2861	2861	0	70	0
新市 Xinshi	2215	2215	0	0	0

表 2 灌区各供水水源向各站分配最优供水量(10⁴ m³)
Table 2 Optimal water supply for every station
from irrigation water source

管理站 Station	渠首 供水量 Quantity of Qushou	水库 供水量 Quantity of reservoir	地下水 供水量 Quantity of groundwater	小计 Sum
三原 Sanyuan	688.61	42.77	138.62	870.00
西张 Xizhang	1809.15	521.85	87.94	2418.94
徐木 Xumu	964.39	935.38	121.19	2020.96
高陵 Gaoling	1351.10	0	121.75	1472.85
陂西 Beixi	798.78	0	186.50	985.28
楼底 Loudi	1537.73	0	72.23	1609.97
石桥 Shiqiao	806.08	0	53.46	859.54
杨府 Yangfu	1481.96	0	93.21	1575.17
张卜 Zhangbu	2245.78	0	182.38	2428.17
三渠 Sanqu	1386.18	0	53.19	1439.37
泾阳 Jingyang	858.62	0	299.51	1158.14
彭李 Pengli	1373.02	0	173.56	1546.58
张家山 Zhangjiashan	771.02	0	104.87	875.88
党抽 Dangchou	2154.00	0	204.58	2358.58
栎阳 Liyang	634.49	0	52.69	687.18
新市 Xinshi	6139.07	0	51.18	6190.26
合计 Sum	25000.00	1500.00	1996.87	28496.87

6 结 语

以上论述系统地介绍了泾惠渠灌区灌溉决策支持系统的体系结构、系统组成以及数据库和模型库,系统本着简便、实用、科学、智能的原则,采用面向对象的程序设计方法研发而成,概括起来该系统具有如下特点:

- 1) 本系统功能较完备。即具备预测、优化调度、仿真分析和 管理功能;
- 2) 系统的体系结构比较合理。系统由模型库、数据库和人机交互界面构成。模型之间的数据传递通过数据库完成。人机交互界面以对话框、表格、图形等多种方式向决策者提供信息,决策者可以通过菜单、工具条以及快捷键等方式完成对数据、模型等的调用;
- 3) 系统采用 COM 组件技术,实现了系统与 Matlab 和 ArcGIS 的无缝集成,使系统结构紧凑、自成一体、无需其他环境的支持;
- 4) 实时数据采集模块是一个完全独立的子系统,运行于数据库服务器上,进行全天候的数据采集。

参 考 文 献:

[1] 吴扬俊,刘维峰,范子文.农业节水决策支持系统[J].决策与决策支持系统,1999,6(2):31—36.

[2] 周明耀,蔡守华,冯小忠,等.灌区灌溉用水管理决策支持系统总体设计[J].水利与建筑工程学报,2004,1(2):5—10.

[3] 梁季阳,蒋业放,成 立,等.柴达木盆地水资源决策支持系统的设计与开发研究[J].自然资源学报,2000,15(1):80—84.

[4] 宋松柏,李世卿,刘建国,等.内蒙古河套灌区灌排信息管理决策支持系统[J].灌溉排水,2001,20(1):80—84.

[5] 肖 华.灌区水资源管理信息系统的研究与应用[J].北京水利,2000,(2):37—39.

[6] 卢 彪,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,2002,7(33):27—30.

[7] 王 煜,王道席,王军良,等. GIS 在水量调度决策支持系统中的应用[J].水科学进展,2003,14(1):114—117.

[8] 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,2007,(4):114—119.

[9] 顾世祥,傅 弊,李 靖.灌溉实时调度研究进展[J].水科学进展,2003,14(5):660—666.

(英文摘要下转第 70 页)

Validation of the effect of DSSAT model on winter wheat under conservation tillage treatments in west Henan

LU Xiang-hui¹, MU Xing-min^{1,2*}, Vinay Nangia³, SUI Yan-yan¹,
YAO Yu-qing⁴, WANG Fei^{1,2}, GAO Peng²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. International Water Management Institute, Colombo 2075, Sri Lanka;

4. Luoyang Institute of Agricultural Sciences, Luoyang, Henan 471022, China)

Abstract: Agricultural system models are tools to represent and understand major processes and their interactions in agricultural system. We used the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) with four different tillage treatments data from a study in west Henan of China to evaluate winter wheat yield, leaf area index and water balance. The model was calibrated using the data of field experiment. The site had a winter wheat-fallow-winter wheat rotation. The treatments were: (1) decrease tillage (DT), 10 ~ 15 cm height straw mulching and once plough 25 cm on 1st July; (2) zero tillage (ZT), zero tillage with 35 ~ 40 cm height straw mulching; (3) subsoiling (SS), 35 ~ 40 cm height straw mulching and subsoiling 40 cm depth on 1st July; (4) conventional tillage (CT), 10 ~ 15 cm height straw mulching and twice plough 20 cm on 1st July and 1st October. DSSAT correctly simulated four tillage treatments variations in winter yield, leaf area index and soil water balance. Winter wheat yield variation was simulated with better satisfaction (the error absolute values was less than 3.95% and the error mean absolute value was 2.78%). Mean value of root mean square errors (RMSE) for simulated leaf area index (LAI) and soil water storage were 0.41 and 0.084, respectively. The predicted water use efficiency for the four tillage treatments were 15.85, 15.40, 16.58 and 15.81 kg/(mm·hm²), respectively, and these values were close to the measured data (16.82, 14.44, 16.86 and 15.66 kg/(mm·hm²), respectively). Although the analysis results showed us the DSSAT V4.5 was very well agreement for simulated winter wheat grown in west Henan, however, these preliminary results are based on one year and four tillage treatments dataset and further long term analysis need to be carried out for improving the understanding of the conservation agriculture cropping systems in west Henan, China.

Keywords: conservation tillage; winter wheat; crop growth; yield; soil water; DSSAT model

(上接第 36 页)

Irrigation decision support system based on COMGIS and Matlab for Jinghuiqu irrigation district

QIAO Chang-lu, LIU Zhao, FU Ling

(Research Institute for Water & Development, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: With Jinghuiqu irrigation district as the research object and based on Matlab & ArcGIS, the Irrigation Decision Support System for Jinghuiqu Irrigation District is established by 3D visualization and spatial analysis techniques and many optimization algorithm, such as dynamic programming, neural networks and genetic algorithms. The IDSS realizes the seamless integration with Matlab & ArcGIS by means of Component Object Model (COM) technology. The IDSS can effectively help decision makers to solve the problem of optimal distribution of water resources in Jinghuiqu irrigation district. The management level of irrigation water resources is significantly improved by use of the IDSS. By analysis of actual data of 2008, the IDSS can be used to help make irrigation decision.

Keywords: COMGIS; Matlab; Jinghuiqu irrigation district; irrigation decision support system