

# 农业经济用水量的决策层次与支持系统设计

南纪琴<sup>1,2</sup>, 赵西宁<sup>1,2</sup>, 尚虎君<sup>1</sup>, 王玉宝<sup>1,2</sup>, 汪有科<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 在分析“农业经济用水量”的概念及其内涵的基础上, 提出了农业经济用水量的决策层次: 宏观决策、中观决策和微观决策。着重分析了农业经济用水量决策系统的功能与框架, 系统具有数据管理、查询服务、分析统计、模型管理、决策支持、方案评估及系统帮助等功能。并进行了数据库和模型库的设计。在此基础上探讨了系统建立的途径。

**关键词:** 农业经济用水量; 决策层次; 决策支持系统

**中图分类号:** S274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0152-05

我国是世界上人均水资源最贫乏的国家之一, 人均占有水资源量约为  $2\ 300\ \text{m}^3$ , 仅为世界平均水平的  $1/4$ 。同时, 我国也是一个农业用水大国, 农业用水量约占总水量的  $70\%$ , 在西北干旱地区甚至达到  $94\%$ , 其中  $90\%$  用于种植业灌溉<sup>[1~5]</sup>。因此要缓解我国各地区水资源日益危机的现状, 首先必须掌握各个地区实际及合理的农业用水量。由于农业用水涉及面广, 影响因素复杂, 要掌握这一问题, 就需要从不同层次进行研究和决策。农业用水的研究和决策究竟包含哪些层次? 不同层次下如何确定农业用水量和需求? 如何合理配置有限的农业用水资源, 才能保证粮食安全及综合效益最大? 为解决以上问题, 本文以农业用水为研究对象, 在对经济合理的农业用水量概念及其内涵分析的基础上, 进一步探讨农业经济用水量的决策层次, 构建决策支持系统, 辅助农业用水的管理和合理利用。

## 1 农业经济用水量的内涵

农业经济用水量的概念是在一定的社会经济条件及水资源问题出现的背景下提出的。随着人口增长和社会经济发展, 导致有限水资源与不断增长的需水量之间的矛盾日益尖锐, 水资源短缺已成为很多地区制约社会经济发展的主要因素, 这就迫使人们寻找有限水资源的最佳分配, 以使有限水资源发挥最大效益, 这也是开展水资源优化配置的前提条件和原动力<sup>[6]</sup>。农业作为用水大户, 这就迫切需要探寻未来农业用水的发展趋势以及有效预测农业经

济用水量和合理配置农业水资源的方案。针对以上情况, 西北农林科技大学承担的国家科技基础性工作专项项目即“西北干旱地区农业经济用水量调查”中, 对农业经济用水量的内涵进行了探索, 提出了经济合理的农业用水量概念。经济合理的农业用水量也就是指在一定的时空范围内, 在总用水量有限、农业用水和工业用水、生活用水、生态用水存在矛盾的情况下, 综合考虑区域内社会经济发展水平、社会发展对水资源的需求、水资源总体状况、农业用水现状与目标、农业用水对未来社会经济的影响等基础条件, 兼顾经济效益、社会效益、生态效益等综合效益最优时所需要的农业用水量。其内涵可从以下几个方面理解, 其一, “农业经济用水量”必须满足未来我国人口增加所需要的粮食, 即保障粮食生产安全; 其二, 大于理想状态的农业用水量(未来可实现的最优农业用水量); 其三, 在当前社会经济条件下, 确保区域经济、社会、生态的综合效益最大; 其四, 经济合理的农业用水量是暂时的农业用水量, 随着现代节水农业技术的发展和大规模推广应用, 是不断减少的动态水量<sup>[5]</sup>。

## 2 农业经济用水量的决策层次

农业经济用水量的研究和决策包括农业各个不同部门和不同用水对象对水资源的消耗、需求和合理分配, 即农业作为国民经济部门、农业内部各行业之间、农业内部各个具体的用水对象在不同社会经济发展水平下的水资源用量和需求量的合理估算及

收稿日期: 2008-07-20

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2006FY210300); 国家 863 计划项目(2006AA100217); 国家科技支撑计划(2007BAD88B10); 国家自然科学基金(50809055); 教育部重点项目(108182); 西北农林科技大学青年学术骨干项目

作者简介: 南纪琴(1983—), 女, 陕西子长人, 在读硕士, 主要从事节水灌溉方面的研究。

通讯作者: 赵西宁(1976—), 男, 陕西渭南人, 助理研究员, 主要从事水土资源高效利用研究。E-mail: xiningzhao@yahoo.com.cn。

预测,以及最优分配,可以概括为三个层次两个方面。其三个层次可用农业经济用水量的宏观决策、中观决策、微观决策来表达。宏观农业经济用水量决策,即农业作为国民经济的一个部门,在四大国民经济部门即工业、农业、生活、生态中所占的用水量决策;中观农业经济用水量决策,即在农业这个大系统下,农、林、牧、渔各个行业的用水量决策;微观农业经济用水量决策,即农业内部具体用水对象的用水量决策,例如粮食作物、经济作物、饲料作物以及不同类型的草地植被和养殖水面等各个具体耗水对象的用水量决策。而在西北干旱地区种植业是农业用水大户,也是近年来研究的重点对象,所以第三层次的决策研究主要是种植业内部用水问题的研究。两个方面表现在:(1) 根据该地区农业生产状况、气候资源条件、经济发展水平和现状,确定不同层次下农业用水量,包括实际用水量和现状下不同时期最低保证用水量与合理用水量;(2) 农业用水量的优化问题,即分析确定不同层次下配置合理的或最优的农业用水量,从而为指导产业结构、农业种植业结构调整、经济发展政策制定和科学研究提供决策支持。

其中,农业用水量的优化分别为:(1) 在水资源总量限定条件下,确定国民经济各部门的经济用水量,即国民经济用水结构优化问题。具体为工业、农业、生活和生态四个用水部门水量最优分配;(2) 在农业总用水量限定条件下,确定农、林、牧、渔各行业的经济用水量,即农业用水结构优化问题;(3) 在狭义农业(种植业)用水量限定条件下,确定农业内部的经济用水量,即种植业用水结构优化问题。具体是在有限水资源条件下,解决各种农作物合理的种植面积和最优的水量分配<sup>[7]</sup>。

根据以上分析,农业经济用水量的各决策层次都有寻优目标、约束条件和输入输出等,从局部来看都是孤立的,但实际上,上、下层和同一层都存在着相互联系、制约和矛盾的复杂关系。同时,有关农业经济用水的数据类型多,数量也相当大,单纯依靠人工的方法管理和分析数据的效率低,工作量和难度较大。基于此,本文在农业经济用水量决策和方法的研究及筛选的基础上,借助现代信息和计算机技术强大的数据管理和处理能力,对农业经济用水量决策支持系统进行了构建。

### 3 决策系统的总体设计

#### 3.1 系统的设计目标

该系统在综合考虑地区社会经济和资源环境等

问题的基础上,以解决农业经济合理用水问题为核心,针对不同部门之间、用户之间利益冲突寻求不同层次的农业经济用水量和合理配置农业水资源利用方案,并以现代农业用水评价理论、技术和方法为基础,结合计算机科学、信息技术的最新发展,以便充分挖掘资源环境、农业用水、农业经济、生态环境、水文气象、空间数据等方面的信息,为农业经济合理用水提供决策支持。系统设计最终目标是建立一套以农业经济用水量数据库平台为基础,集农业用水资源信息监测查询、分析评价和决策支持为一体的C/S模式下的系统。系统在设计开发阶段应遵循“准确性、实时性、实用性、可靠性、先进性和开放性相统一”的原则。

#### 3.2 功能设计

该系统主要针对干旱地区农业经济合理用水分配及优化问题,实现决策系统的数据管理、查询服务、分析统计、模型管理、决策支持、方案评估及系统帮助功能。

(1) 数据管理功能:主要包括数据的录入、维护、更新以及输出等功能。基于基础数据库和相关模型,用户可以生成所需年份的相关数据,并存入临时数据表中。同时若用户具有系统管理员权限,还可以对数据库原始数据进行更新与维护,包括数据库的配置及初始化,限定数据输入的数值界限等,同时对系统的使用情况进行统计,并生成系统使用日志,以方便系统及时更新。

(2) 查询服务功能:用户选择进入不同的决策支持系统,输入具体的区域,启动系统的查询功能,计算机从数据库中查询满足的数据,显示出原始及计算结果的数据。

(3) 分析统计功能:根据历史用水资料及现状农业用水情况,估算及预测农业经济用水量,最后将估算及预测结果与实际农业用水量进行比较,分析其合理性。

(4) 模型管理功能:模型库和模型管理系统主要用于储存决策支持系统的各种模型,进行模型库的建立、维护和运行管理。同时由于决策支持系统模型为数学模型,所以模型库管理系统可借助数据库文件与模型程序,将模型中的各种系数存入数据库文件,方便调用。

(5) 决策支持功能:用户根据需求进入不同的决策支持系统,利用模型库和数据库系统,根据决策目标,选择相关模型和调用相应数据,决策出不同年份的多个优化配水量和最优种植面积方案,从而指导实际。

(6) 方案评估功能:根据各用户具体的决策目标,对决策结果进行多目标综合比较、分析与判定,帮助用户选择最佳配水及最优种植面积方案。

(7) 系统帮助功能:对系统的使用提供帮助文档,指导用户正确操作与运行系统。

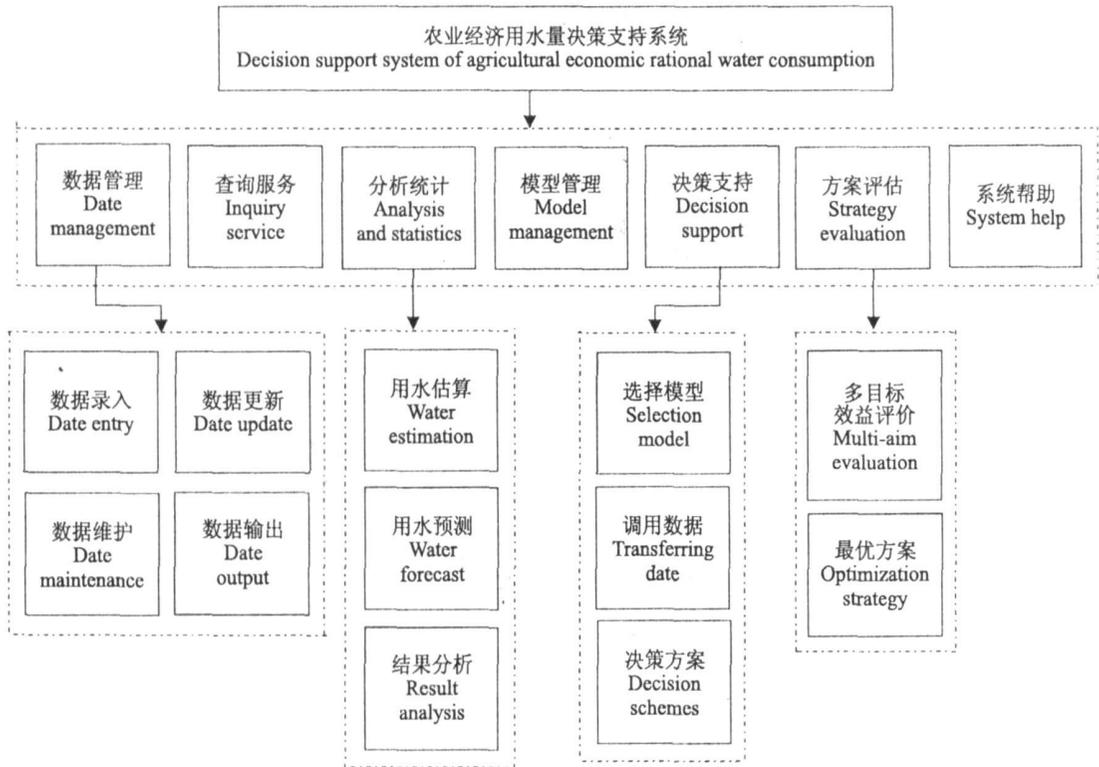


图 1 农业经济用水量决策支持系统功能

Fig. 1 The function of decision support system of economical agricultural water consumption

### 3.3 数据库设计

数据库设计是该系统设计的核心内容之一,该系统以国家科技基础性工作专项项目“西北干旱地区农业经济用水量调查”已经建立起来的“农业经济用水量基础数据库”为基础,建立独立的内部决策数据库。决策数据库依据数据特点包括基本数据库、参数数据库和临时数据库。具体分述如下:

基本数据库:① 区域社会基本经济表:区域名称(或区域编码)、年份、总人口、国民经济产值;② 农业资源表:土地面积、耕地面积、林牧渔业用地面积、畜牧及水产品饲养数量;③ 农业用水状况表:水资源总量、地下水资源量、地表水资源量、灌溉水利用系数;④ 作物种植及产量表:作物名称(或作物代码)、作物类型(按种植结构优化的作物分类确定)、种植面积(或种植比例)、总产量、单位面积产量。

参数数据库:① 农业用水定额参数表:万元产值用水定额、生态补水定额、林牧业灌溉定额、渔业补水定额、牲畜用水定额、生活用水定额;② 种植结构优化作物参数表:区域名称(或区域编码)、作物名

称(或作物代码)、作物类型、净灌溉定额、农作物单位面积对生态的贡献率、产品价格、单位面积净产值、灌溉效益分摊系数、人均粮食保障产量(或粮食最低总需求量)、人均蔬菜保障产量(或蔬菜最低总需求量)、农业最低净产值。

临时数据库:① 四大国民经济部门优化配置结果表:四大国民经济部门最优用水量;② 农、林、牧、渔优化用水结果表:农、林、牧、渔最佳用水比例;③ 种植结构优化成果表:作物名称(或作物代码)、作物最优种植面积。

### 3.4 模型库设计

由于农业用水的多层次及多目标性,难以用一个单一的模型来描述农业经济用水问题,所以根据农业经济用水量的估算预测和优化决策需要,本系统主要有以下模型:① 来水预测模型;② 农业用水量估算模型;③ 定额需水预测模型;④ 农业经济用水量合理分析模型;⑤ 农业用水量分配模型;⑥ 种植结构优化模型;⑦ 农业经济用水量评价模型。

以上模型库的设计采用组件技术(COM/DCOM),库中每个模型相对独立,以动态链接库(DLL)、Ac-

ActiveX 控件(OCX)、可执行文件(EXE)等形式储存,为其它业务系统提供相应的接口,实现特定的运算功能。而基于 COM/DCOM 技术构建的模型,不仅便于各个业务系统对模型的使用,也使模型本身具有良好的扩展性,便于升级维护。为了对各种模型进行统一的组织和存储,需要建立一个文件库存储与模型相关的源程序、说明文件以及 DLL、OCX、EXE 等文件,并建立一个模型字典来索引描述对应的各个模型文件。模型库由模型字典和文件库组成;模型字典采用数据库形式,对模型的名称、编号、模型的文件存储路径、参数要求、输出结果等进行说明,以便于模型的分类、查询和修改;模型文件库则按模型分类在操作系统下建立分级子目录存储。模型分类存放并建立模型文件与模型字典的一一对应关系。操作人员可以对模型文件进行查询、更新、添加、删除等操作,而且在构建业务系统时,只需要考虑模型与业务系统的接口,而无需进行模型开发,从而使模型能被各业务系统灵活调用<sup>[8]</sup>。

## 4 决策系统的构建及实现途径

### 4.1 系统开发环境

该系统在 Windows 操作系统下以 Visual Basic 6.0 为软件开发平台进行研制,数据库采用 Microsoft SQL + Access 数据库,Visual Basic 访问数据库采用 ADO 数据库连接技术。

### 4.2 系统的结构

本系统采用基于客户机/服务器(Client/Server)的体系结构(如图 2 所示)。客户机的使用者可在任

何一台装有本系统的客户机上将客户端的基本数据和实时信息(如来水情况、气象数据、作物种植、用水价格等)通过局域网络传输给服务器。此时,服务器系统根据网络传输的数据,调用相关服务器上外部数据库(Oracle)和内部数据库(SQL + Access)中的数据,结合模型库中各层次各部门的估算需水量、定额需水模型、优化决策模型等计算出各层次的经济合理用水量和多个配水种植面积方案,并对其进行评价决策出最优方案,最后将决策结果和查询信息返回到客户端,指导客户端用户有效地优化分配水量和种植农作物。

### 4.3 系统的实现途径

农业经济用水量决策支持系统采用组件对象模型 COM 技术。并基于 COM 技术产生了 OLE Object Linking and Embedding, ActiveX 等技术,使程序设计和开发的工作量大大减轻<sup>[9]</sup>。系统数据库采用 Microsoft SQL + Access 作为后台数据库,对数据库的访问采用 ActiveX Data Object (ADO)来完成。通过 ADO 的 Connection 对象、Command 对象、Recordset 对象建立与 SQL + Access 的连接,并对数据库中的数据记录进行浏览、新增、删除、修改、查询等操作。数据库与模型库的连接采用动态链接库 DLL 方式进行,即利用 VB 开发出农业估算预测模型、农业水量分配模型、优化决策及评价模型等模型库的 COM 组件,然后利用 DLL 技术实现数据库与模型库链接。VB 6.0 作为前台开发工具,负责组织实现用户所需的功能界面、控制系统进程等。由于数据在后台运行,可大大提高数据访问速度。

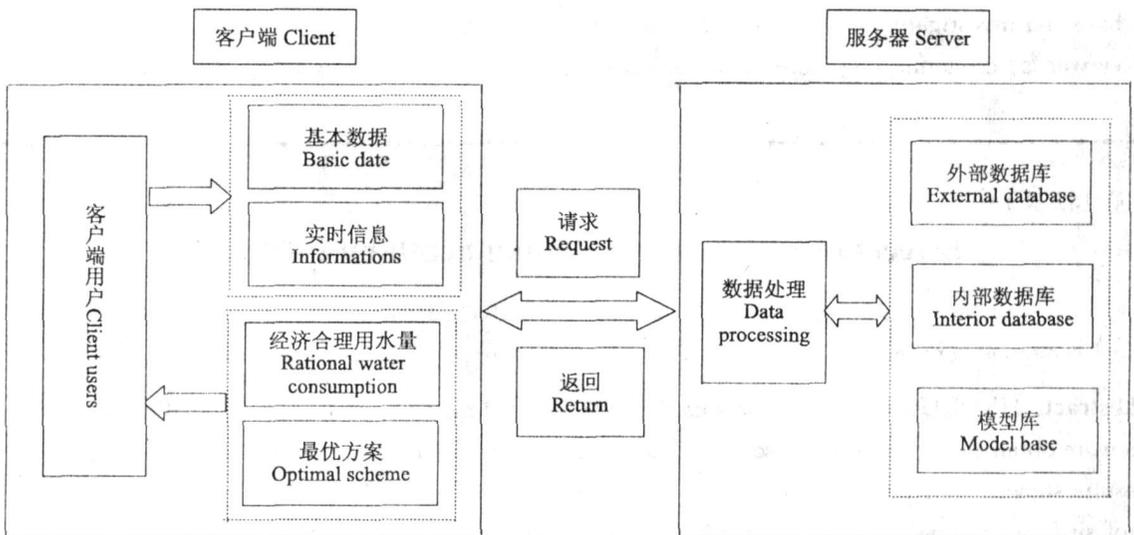


图 2 农业经济用水量结构体系图

Fig. 2 The architectural chart of economical agricultural water consumption

## 5 结 语

本文以农业经济用水量为研究对象,在分析“农业经济用水量”概念及其内涵的基础上,从系统科学的角度探讨了农业经济用水量的决策层次,结合农业经济用水量数据的复杂性特点,构建了农业经济用水量决策支持系统,对系统的设计目标、系统的功能、数据库、模型库进行了设计,并探讨了系统可能实现的途径。决策层次和系统设计模型虽仍需进一步扩充和完善,但其已为农业经济用水的综合分析利用提供了比较便捷的分析软件,实现了数据的自动化分析,可为干旱地区农业经济用水量决策支持系统的构建及下一步的开发提供重要借鉴。

### 参 考 文 献:

[1] 山 仑. 能否实现大量节约灌溉用水? 我国节水农业现状与

展望[J]. 资源环境与发展, 2006, (1): 1-4.

- [2] 李祥东. 论水资源的利用和保护[J]. 科技信息, 2007, (5): 229.
- [3] 新疆统计局. 新疆统计年鉴(1990~2006)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1990~2006.
- [4] 甘肃统计局. 甘肃统计年鉴(2000~2007)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000~2007.
- [5] 吴普特, 赵西宁, 冯 浩, 等. 农业经济用水量与我国农业战略节水潜力[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(6): 13-16.
- [6] 李小琴. 黑河流域水资源优化配置研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2005.
- [7] 吴扬俊, 刘维峰, 范子文. 农业节水决策支持系统[J]. 决策与支持系统, 1996, 6(2): 31-36.
- [8] 张绍峰, 王先锋, 牛永生, 等. 黄河流域水资源保护决策支持体系研究[J]. 人民黄河, 2005, 27(9): 34-36.
- [9] 吴佳鹏, 党志良, 周卫军. 多级提水灌区水资源管理决策支持系统建设[J]. 水资源保护, 2006, 20(1): 60-63.

## Design for decision-making levels and support system of economical agricultural water consumption

NAN Ji-qin<sup>1,2</sup>, ZHAO Xi-ning<sup>1,2</sup>, SHANG Hu-jun<sup>1</sup>, WANG Yu-bao<sup>1,2</sup>, WANG You-ke<sup>1,2</sup>

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Economical agricultural water consumption research has become important content of optimizing allocation of regional water resources and scientific management. On the basis of analyzing the concept and connotation of economical agricultural water consumption, decision-making levels of economical agricultural water consumption is put forward, they are macro decision-making, middle decision-making and micro decision-making. And the structure and function of decision support system of economical agricultural water consumption are emphatically elaborated, including seven functions: data management, inquiry service, analysis and statistics, model management, decision support, strategy evaluation and system help. It also designs the data base and model base and investigates the approach to establish the system.

**Key words:** economical agricultural water consumption; decision-making level; decision support system

(上接第 142 页)

## Effects of soil surface ponding depth on infiltration

LU Dong-xu, LIU Jin-tao\*, SHANG Man-ting, YU Peng

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hehai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China)

**Abstract:** HYDRUS-1D model was used to simulate soil moisture profiles under artificial rainfall and good results were obtained. Then it was also used to simulate infiltration under different surface ponding. The simulation results showed that the infiltration rate differs from each other with different surface ponding. When the depth of surface ponding reduces 0.5 cm, soil moisture reduces 1.2%~2.8% at the same observing location. This phenomenon becomes more apparent when the head of water on the surface increases.

**Key words:** soil; infiltration; surface ponding; HYDRUS-1D