

节水灌溉管理数据库及其管理系统的研究与开发

尚虎君¹, 汪志农¹, 柴 萍²

(1 西北农林科技大学农业水土工程研究所; 2 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 通过节水灌溉预报与决策专家管理数据库系统研究和开发过程的一个实例, 提出了数据库系统和专家系统、计算机模拟相结合的发展模式, 为计算机在农业中的应用提供了一种新的思路, 并对与农业关系密切的气象数据模拟模型建立作了详尽的探讨。
关键词: 节水灌溉; 数据库系统; 农业专家系统; 计算机模拟; 气象数据模拟
中图分类号: S 274; T P39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2002) 02-0097-05

Research and Development of Water-saving Irrigation Database and Its Management System

SHANG Hu-jun¹, WANG Zhi-nong¹, CHAI Ping²

(1 Institute of Agricultural Soil and Water Engineering, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2 College of Agriculture, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: The authors put forward a development mode combined with database system, expert system and computer simulation by research and development of a water-saving irrigation database and its management system. This mode provided a new thinking for applying computer technique into agriculture. The simulation model of meteorological data is discussed in detail. It has a closer relationship with agriculture.
Key words: water-saving irrigation; database system; agriculture expert system; computer simulation; simulation of climatic data

灌溉管理数据及其管理系统是整个农业专家决策系统的基础, 其数据的组织、结构、存储的有效性和安全性决定了整个系统运行的可靠程度和决策的准确度, 而数据的易维护性能和用户界面的友好程度又是整个系统能否通用、是否方便实用以及用户接受程度的基本保证之一。因此, 在数据库管理方面进行了深入细致的研究和分析, 从数据的存储方式、数据库的底层操作平台、数据的元素组成和组织结构、数据处理功能、用户界面及易维护性等方面都进行了慎重的选择和详尽的规划。

1 系统分析与规划

1.1 数据库系统的发展

由于计算机应用的发展, 计算机已从传统的科

学计算、事务处理等领域逐步扩展到工程设计、统计、人工智能、多媒体、网络等领域。这些新的领域要求有相应的数据库技术支撑。数据库技术随着计算机应用的发展基本经历了文件系统、初级数据库系统、关系数据库系统、高级数据库系统四个阶段^[1]。在我国, 由于诸多方面的原因, 初级数据库系统基本没有经历, 而是直接进入关系数据库系统阶段, 并且逐渐向高级数据库系统方向发展。但是, 到目前为止, 关系数据库系统仍是数据库应用的主要方面, 特别是一些比较成熟的半关系型、基本关系型数据库产品的出现和应用, 以及对数据库系统提供了比较完整的语言和功能支持的开发工具的出现, 使其在应用中有更多的选择性和灵活性。

1.2 系统分析

¹ 收稿日期: 2002-02-25
基金项目: 国家重大科技产业示范项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范”(99-021-01-02)。
作者简介: 尚虎君, 男, (1969-), 陕西洋县人, 工程师, 西北农林科技大学农业水土工程研究所。

系统研究的目的在于为作物栽培管理及调控、节水灌溉预报决策、田间节水灌溉技术管理与决策、渠道量水及田间水量优化调配等提供前期数据,并为渠系水管理技术及水资源优化配置与信息管理系统提供持续的、通用的数据支持,因此,数据库系统必须有一定的独立性、综合性、通用性、共享性、易维护性。

数据库系统是以海量的、复杂结构的、持久的、共享的数据的统一管理为目标的应用软件整体,其主要由数据库(DB)、数据库管理系统(DBMS)、数据库应用、系统平台、数据库管理员5部分组成。结合项目研究的特点和硬件环境,选用了 Microsoft Access 的 MDB 数据库作为数据存储方式, Microsoft Visual Basic 6.0 作为数据库管理和应用的开发工具,操作平台为视窗图形界面的 Windows 9x 系列。MDB 数据库具备关系型数据库的基本特点,操作维护容易,并且大多开发工具都为其提供了数据处理接口。VB 是一种适合开发应用软件且有良好图形界面的程序设计语言,同时又是支持面向对象的高级语言开发工具,特别是 VB 6.0 附带的 ADO (ActiveX Object Library) 模型库,它使用了可以对描述型数据存储进行处理的 OLE DB 接口,实现了对多种数据源类型的高效的网络和 Internet 访问的组件数据库结构,包括关系数据、邮件文件、普通文件和电子表格等^[2]。而且随着为适应 Microsoft NET 框架而对 Visual Basic 进行重大修改后重新生成的产品 Visual Basic.NET 的应用,为 VB 开发数据库网络应用软件提供了广阔天地。

农业专家系统作为群体专家知识经验和现代农业高新技术同生产实践之间的桥梁,其目的是把先进实用的农业技术交给生产第一线的广大农民和科技工作者,推动传统农业向现代农业的转变。这也决定了该数据库系统的开发和研究必须要把农民、基层科技人员作为第一用户。基于此,数据库管理系统不仅仅是数据的简单管理,必须要有多种途径获得所需数据,并能对基础数据进行加工处理,以形成各种农业专家系统能直接调用的数据,同时,要有友好的操作界面和直观的图形表示。这些也是通用性和易用性的要求。

1.3 系统规划

对数据库管理系统采用数据管理加模型的模式,以提高系统的适用性,减少数据库应用层——专家系统的数据处理的重复性。

以公用数据库、气象资料数据库、社会资料数据库、土壤资料数据库、品种资料数据库5个物理数据

库为基本存储架构,其中公用数据库保存通用数据和区域用户参数,不同区域的数据资料用不同的数据库保存,由系统自动识别。

为了有利于系统操作维护以及同各种专家系统的连接,数据库系统采用分类存储集中管理的模式,即对数据的维护和常规处理采用集中的管理界面,在该界面下可以完成所有基本数据的录入、维护、常规处理、数据输入输出接口管理等。由于数据的准确性是专家系统运行可靠程度的最重要保证,因而进入数据库管理系统必须要有一定的权限,防止产生数据失真而影响专家系统决策的准确性。

各种资料的管理根据功能和要求以多文档窗口模式进行管理,窗口以表单形式提供操作界面。为保证开发和研究的成果能在生产实际中得以运用,使用户使用方便并能容易地掌握,对功能相似或相近的操作尽可能采用相同的界面,对同一对象的处理尽可能集中在同一窗口完成。在人机交互方面尽可能提供多种方式,并在数据出入口设立数据检查机制。

2 系统体系结构

系统采用了基于构件和模块的软件设计和开发模型,整个支撑环境运行的主窗口、菜单、工具栏、操作窗口等构成系统构件层,数据输入输出构件、查询构件、报表构件、图表处理构件等构成通用处理构件层,数据模拟模块、数据库等构成专用构件层。系统体系结构如图1所示。

整个数据库管理系统由气象资料数据库、社会资料数据库、土壤资料数据库、品种资料数据库构成基本数据存储体系,以菜单和工具栏形式提供命令接口,以数据维护子窗口提供人机交互接口。图2为系统运行主窗口及部分菜单结构图。

3 气象数据模拟关键技术的模型建立

数据库系统如果只局限于原始数据的存储,而没有加工和分析数据的能力,就算不上是个真正的数据库系统。气象资料收集和整理是比较困难的,不同的专家系统和用户对其要求又不一样,有的可能需要历年日气象资料或月气象资料,有的可能要求能提供常年日气象资料或月气象资料,有时某一地区历年资料难以获得,只能获得平均月资料,为了满足各种情况下的不同需求,对气象资料的管理除直接建立数据库外,又增加了模拟生成模块。特别对于节水灌溉预报、作物栽培模拟等需要对未来时段的发展变化作出预测,气象资料的模拟显得尤其重要。

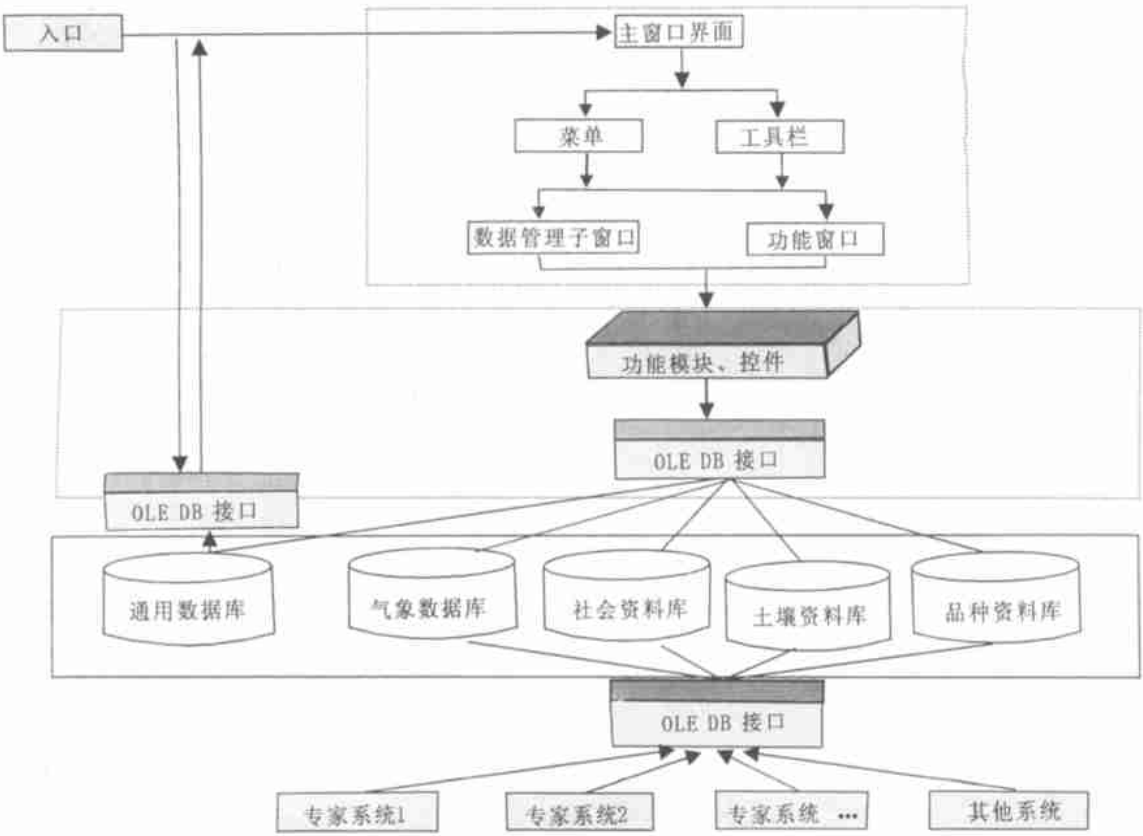


图 1 数据库系统的体系结构

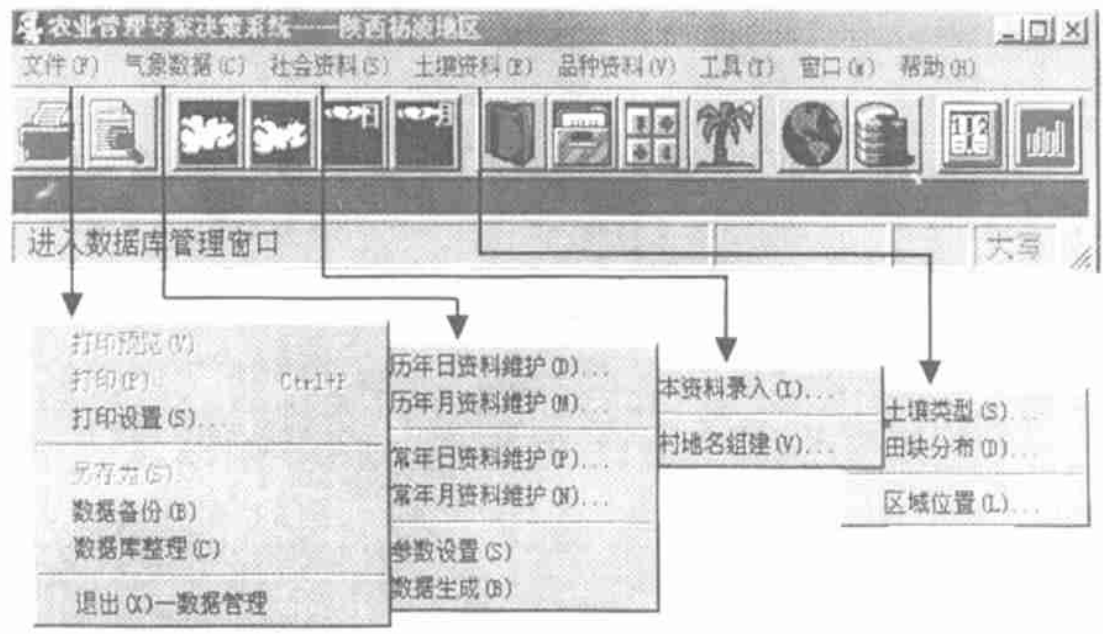


图 2 数据库管理系统主窗口及部分菜单结构图

气候系统是由大气圈、水圈、陆圈、冰雪圈和生物圈等组成的有着有机联系的复杂系统。从我们现在的^[3~6]能力来看,要想完全把握未来时段气候要素的变化规律还是有一定难度的。但是,根据过去时段气候要素的变化以及对其产生主要影响的条件,我们可以找出一些基本稳定的气候特征和在一定程度上反映其变化的规律。气候受地球绕太阳公转和地球自转的影响而呈现一定的周期性,又因为自身一些不确定因素的影响,呈现出一定的随机性。借助随机水文学理论和谐波分析、回归分析等分析方法以及已经成熟的研究成果,建立了日气象资料的模拟模型^[3~6]。

3.1 日气温和日照时数生成模型

$$Y_i(t) = \epsilon(t) \left(A_0 + \sum_{n=1}^k [A_n \cos(n\omega t) + B_n \sin(n\omega t)] \right) \quad (1)$$

式中: $A_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [\bar{Y}_i(j)]$

$$A_n = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^N [\bar{Y}_i(j) \cos(n\omega_j)]$$
$$B_n = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^N [\bar{Y}_i(j) \sin(n\omega_j)]$$
$$\epsilon(t) = \begin{cases} RND(t) + 0.7 & (i = 1, 2, 3) \\ 1.0 & (i = 1, 2, 3 \text{ 且 } \epsilon(t) > 1.15) \\ RND(t) + 0.5 & (i = 4) \end{cases}$$

上述各式中, $Y_i(t)$ 为第 i 个气候要素($i = 1, 2, 3, 4$, 分别表示最高、平均、最低气温及日照时数)在日序第 t 天(从元月 1 日算起, $t = 1, 2, 3, \dots, 365$); $\bar{Y}_i(j)$ 为第 i 个气候要素的多年月平均值($j = 1, 2, 3, \dots, 12$), 其中日照时数为多年平均月总量; $\epsilon(t)$ 为随机因子; n 为有效谐波数, 根据方差贡献或周期图检验确定; ω 为圆频率, $\omega = \frac{2\pi}{365}$; t_j 为第 j 月的 15 日距元月 1 日的天数; N 为周期数, $N = 12$; $RND(t)$ 为随机数, 由计算机产生^[3, 4]。

3.2 日长生成模型

$$D_t = \frac{4}{15} \arcsin \frac{\sin \frac{90.57 + \varphi - \delta}{2} \sin \frac{90.57 - \varphi + \delta}{2}}{\cos \varphi \cos \delta} \quad (2)$$

式中: D_t ——日长(h); φ ——所在区域的纬度; δ ——太阳赤纬, 其值随一年的时间而在 $-23.5 \sim 23.5$ 之间变化, 可采用下式计算:

$$\delta = 23.5 \sin(2\pi \frac{t + 284}{365}) \quad (3)$$

式中: t ——日序(从元月 1 日算起, $t = 1, 2, 3, \dots, 365$)^[3, 5]。

3.3 日总辐射生成模型

$$Q(t) = Q_0(t) \left(a + b \frac{S_t}{D_t} \right) \quad (4)$$

式中: $Q(t)$ ——第 t 天的总辐射模拟值($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$); a, b ——根据日照时数估算太阳辐射的经验系数, S_t ——第 t 天的日照时数(h), D_t ——第 t 天的日长(h), 即最大可能日照时数; ω 为日出时角, $\omega = 7.5 D_t$; $Q(t)$ ——大气顶部的理论太阳辐射量($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$), 采用下式计算:

$$Q_0(t) = \frac{R_0 T}{\rho^2 \pi} (\omega \sin \varphi \sin \delta \sin \omega + \cos \varphi \cos \delta) \quad (5)$$

式中: R_0 ——太阳常数, 其值为 $1.367 \times 10^3 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$; T ——1 天的秒数, 即 86 400 s; ρ ——天文单位表示的日地平均距离, 可用下式计算:

$$\rho = \frac{1}{1 + 0.033 \cos(\frac{2\pi t}{365})} \quad (6)$$

其它参数同(2)式^[3, 5, 6]。

3.4 日雨量生成模型

$$P_j(d) = \begin{cases} \frac{P_j(m) \bar{P}_j}{\sum_{m=1}^{\bar{N}} P_j(m)} & (d = d_m) \\ 0 & (d \neq d_m) \end{cases} \quad (7)$$

式中: d —— j 月的日序, $d = 1, 2, 3, \dots, 28/30/31$; m ——雨日序号, $m = 1, 2, \dots, \bar{N}$; P_j —— j 月平均降雨量; \bar{N} —— j 月平均降雨天数; $P_j(m) = RND(m) \cdot \bar{P}_j$, 对应雨日序号为 m 的降雨日序号由下式产生:

$$d_m = RND(m) \cdot M_j \quad M_j \text{——} j \text{ 月的天数。}$$

以上各式中 $RND(m)$ 为随机数, 由计算机产生。

4 系统的功能

4.1 完善的数据录入、维护、查询功能

系统包容了农业专家系统可能涉及到的大部分基本资料, 对资料的录入、维护、查询提供了完善的处理和保护机制。根据不同的用户需求, 提供了相应的数据入口, 以适应不同地区数据采集环境。对气象资料分成四个入口: 历年日气象资料、历年月气象资料、常年月气象资料、常年日气象资料, 根据资料收集状况, 即可直接录入, 也可由低一级资料自动生成高级资料。对社会资料, 按行政区划进行了分类管理, 又加入了渠系分类标志, 资料细化到田间地块。

4.2 数据分析汇总功能

可对原始资料进行分析汇总, 形成专家系统可

以直接调用的数据, 根据调用目标存入相应数据库或进行图表输出。

4.3 气象资料的模拟功能

采取数据系统和计算机模拟相结合的模式, 可根据地区月平均气象资料或历年气象资料分析产生的常年月资料模拟常年逐日气象资料, 并允许用户对模拟结果数据进行修整, 结果可存入数据库。模拟过程加入了随机化处理机制, 消除了直接平均造成

的平滑趋势, 但保留了气象要素的固有特征。

4.4 图形化数据功能

根据选定的数据要素以直观、趋势化的图表进行显示、输出。输出形式有多种模式可供选择, 可以是二维或三维(立体)的直方图、线条图、区域图等或饼形图, 可以进行图形的数据系列转换、标记选择以及简单的图形处理等。图 3 为系统运行中直接截取的一个杨陵地区常年月平均温度图形显示窗口。

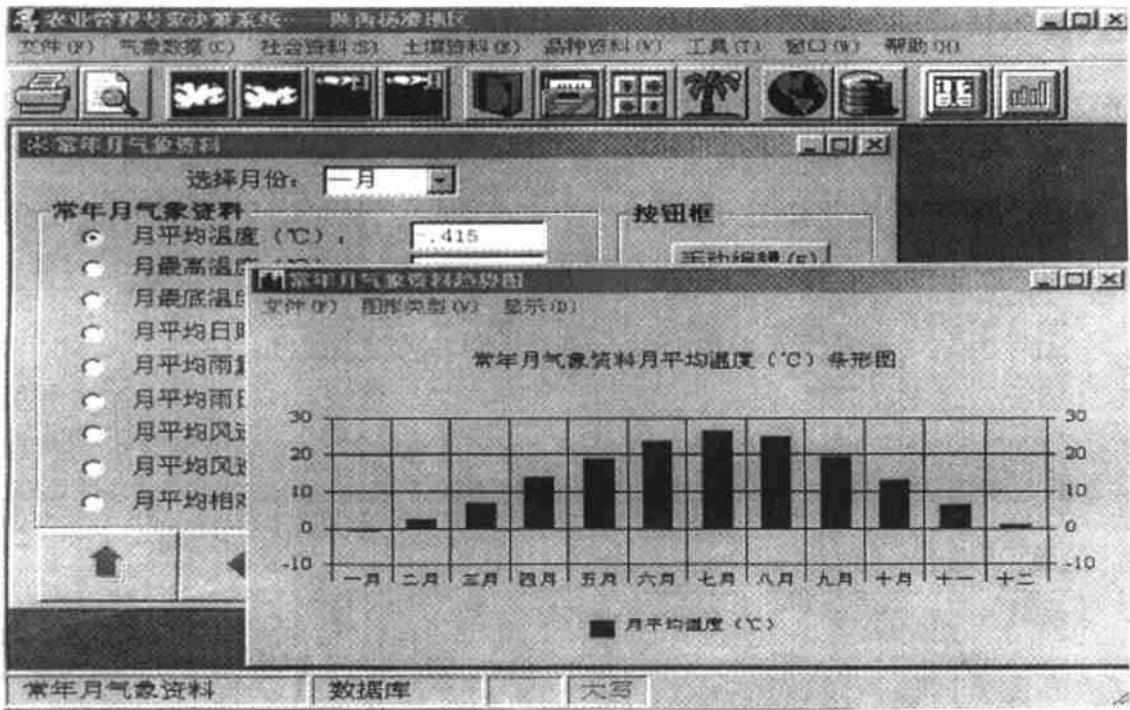


图 3 杨陵地区常年月平均温度直方图

5 结 语

本文通过对农业专家管理数据库系统的研究与开发过程的认真思考, 提出了数据库系统和专家系统、计算机模拟相结合的一种发展模式和途径。改进了过去那种只把数据库管理系统作为纯粹的数据存储管理或只能在专家系统和计算机模拟系统中进行的过程数据库管理, 避免了数据库系统开发的单一参考文献:

性、重复性, 为适合某一专业领域开发通用数据库系统开辟了广阔的前景。随着智能数据库、知识库等高级数据库系统的日益成熟以及我国信息技术和网络通讯技术的日益普及, 数据库的这种结合模式就会如虎添翼, 在各种科学技术应用领域发挥巨大的作用, 并推动理论研究同生产实践的结合走向一个新的台阶。

[1] 徐洁磐. 数据库系统原理[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1999. 7: 3- 4.

[2] Curtis. Smith, Michael. Amundsen, Visual Basic 6.0 数据库编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 11: 508- 510.

[3] 高亮之, 金之庆, 等. 水稻栽培计算机优化决策系统[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992. 11: 52- 54.

[4] 汪志农, 冯浩. 节水灌溉管理决策专家系统[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001. 6: 39- 42.

[5] 康绍忠, 蔡焕杰. 农业水管理学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 12: 82- 85.

[6] 李远华. 节水灌溉理论与新技术[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1999. 1: 57- 60.

[7] 汪志农, 吕宏兴, 等. 节水灌溉管理智能决策支持系统研究[A]. 北京: 中国工程科学[M]. 2001(7): 48- 53.

[8] 张新燕, 蔡焕杰, 等. 集雨灌溉系统降水序列分析研究[A]. 农业水土工程科学[M]. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社, 2001. 8: 141- 146.