

烤烟实时灌溉预报专家决策系统的研究与开发

代丽丹¹ 李向明² 袁有波³ 莫建国⁴ 邵孝侯¹ 罗德芳¹

(1. 河海大学农业工程学院 江苏 南京 210098

2. 云南省烟草公司大理州公司 云南 大理 671000

3. 贵州省烟草科学研究所 贵州 贵阳 5500033

4. 贵州省山地环境气候研究所 贵州 贵阳 550002)

摘要 烤烟实时灌溉预报专家决策系统是严格按照农业专家系统的开发规则,在 Windows XP 环境下,以 Visual Basic6.0 为软件开发平台进行开发的专业软件。文中从灌溉预报专家决策系统开发的理论基础入手,介绍了系统的结构、知识表示方法及推理策略,重点阐述了系统各功能模块设计及实现技术,并进行了大田验证和示范,结果表明系统适用、可靠,深受广大烟农及科技管理人员的欢迎,并被我国知识产权局授予软件著作权。

关键词 烤烟 实时灌溉预报节水灌溉专家系统

烤烟在我国农业生产中占有重要位置,干旱多发性一直是影响烤烟正常生长的一个主要制约因素,另外渍涝灾害也严重影响烤烟的产量和品质。而现阶段,管理不善,特别是田间过量灌溉使得灌溉用水浪费现象很严重,同时不当灌溉也加重了雨后渍涝灾害现象,因此,适时适量的灌溉是提高烤烟产量和品质、节约有限水资源的重要途径。我国农民的整体文化素质还不高,专家型农业科技人员短缺以及农业推广手段落后等因素严重影响先进灌排技术的推广,因此,需要转变传统的农田灌溉观念,利用高新技术,开发一个立足田间、面向农户、可靠而又准确的烤烟节水灌溉实时预报专家决策系统来指导农民进行节水灌溉实践,从而推动节水农业的发展。

系统采用目前国际上先进的软件工程技术、多媒体技术、系统集成技术,将众多节水灌溉及烤烟

栽培专家多年积累的理论、经验、技术和方法经过分析、提炼、整理,在 Windows 操作系统下以 Visual Basic6.0 为软件开发平台,采用 Microsoft Access 作为后台数据库,对数据库的访问采用 ActiveX Data Objects (ADO) 来完成,最终集成为智能化、实用化的烤烟实时灌溉预报专家决策系统,针对烤烟节水灌溉的一整套生产管理提出科学、合理的技术支持。系统以强大的专家决策功能(告诉用户什么时间灌水,灌多少水)为核心,集技术咨询、用户管理、查询、帮助和提示以及报表打印和数据转载功能为一体,适用于管理层、基层技术人员和广大烟农。实践证明,该系统将计算机技术和农学知识有机结合,技术先进、功能丰富、结构规范、界面友好、易学实用,对我国烤烟节水灌溉的发展具有较高的实用价值,已被我国知识产权局授予软件著作权。

据模型（二维表）在计算机中组织、存储、处理和管理数据，具有概念简单、容易理解，使用方便、容易操作及数据库的重构、维护容易等特点。根据关系数据库的设计理论，为消除冗余的关系模式带来的数据插入、更新、删除异常，对关系模式进行规范化设计，采用第三范式（3NF）数据模式^[9]。据专家系统的功能需求建立了一个由四个数据表构成的数据库：

①参考作物需水量表：用来存储由站点注册时提交的气象、当地经纬度等资料计算而得的参考作物需水量 ETO 值及其对应的时间和气象类型。

②基本参数表：用来存储站点注册时提交的当地系数 Q、R、n 以及 a、b 值，其中 Q、R、n 为当地烤烟绿叶覆盖率和作物系数函数关系间的常数与系数，a、b 为实际土壤含水率、田间持水率和凋萎系数函数关系间的常数与系数，该数值均由当地多点（大面积）烟田上试验确定。

③专家决策表：用来存储计算机推理、计算的结论，包括烤烟日耗水量、灌水时间、灌水定额、有效降雨量、渗漏量等决策值和对应的气象、土壤墒情等相关指标。

④用户信息表：用来存储用户名、密码、用户类型等用户基本信息。

在创建以上基本表时，为满足数据库的完整性要求，对表的完整性约束进行了定义，包括限制列取值非空、列取值范围、主码、外码等约束。根据频繁使用的查询条件，在每个基本表上建立了索引，有效加快了对数据库数据的查询速度。

2.3 系统知识库的建立

知识库用来存贮大量相关领域的专业知识，是专家系统解决用户提问或咨询烤烟节水灌溉相关问题的运行基础。将近年来烤烟节水灌溉新技术、新措施及一些相关参数分类，经过识别、形式化、概念化和实现等阶段的处理后，建立烤烟实时灌溉预报专家系统知识库。同时通过总结、归纳和提炼烤烟灌溉理论与技术的研究成果，将烤烟节水灌溉管理所需的各种专门知识概念化，确定概念之间、概念与环境因子之间的关系，建立知识模型。主要知识包括品种选择、灌溉措施、旱情和渍涝灾害诊断、生育期管理等。以烤烟生育期为轴组织知识和规则，

建立了烤烟移栽、旺长前期、旺长中期、旺长后期、成熟期水分管理等知识规则库。

根据烤烟生育特点，将生育期和灌溉措施确定为烤烟知识模型建造的依据，知识又分为浅知识和深知识 2 个层次。先以烤烟生育期为主线建立知识模型，即构成烤烟实时灌溉预报专家决策系统知识模型的主模块，而灌溉技术措施则作为主模块中的功能模块，然后在浅知识模型基础上建立以深知识为尺度的深知识模型，最后利用相应的知识表示和推理机制实现浅知识模型和深知识模型之间的关联，并形成知识规则。

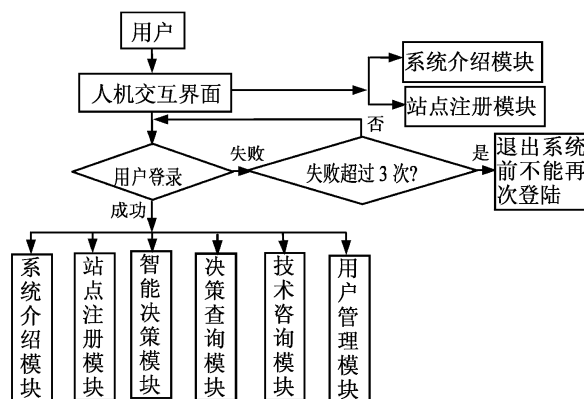
2.4 系统多媒体信息库的建立

主要包括烤烟灌溉的技术资料、渍涝灾害、旱情图片等多媒体素材，在决策时知识规则可以调用多媒体文件，以多媒体形式把用户所需技术信息展现给用户，有效减少了单一文字的枯燥性，大大增强了推理决策的直观性、准确性和形象性，达到图文并茂的效果。

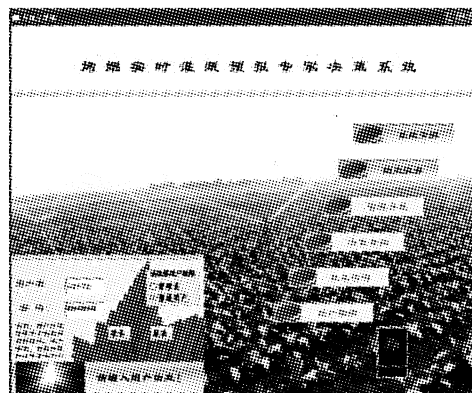
3 系统结构及功能模块设计

烤烟实时灌溉预报专家决策系统的主要应用对象：一是面向农民，为农民种烟提供决策与咨询；二是面向基层农业技术员，通过系统的开发应用提高他们的技术水平；三是面向烤烟生产管理干部，提高宏观决策能力。通过实地与问卷调查，查阅大量相关资料后进行需求分析，确认需求后，为了减少系统的复杂性，基于“层次清晰、功能明确、关系简单”的思想，按照软件工程原理中的“模块内高聚合，模块间低耦合”原则^[9]，把系统设计为独立性较高的六大功能模块，系统功能结构及界面设计如图 2 所示。

由图 2 (a) 所示，用户进行身份验证登录成功前仅具有权限使用系统介绍和站点注册两功能，只有通过身份验证后才具有使用智能决策、决策查询、技术咨询、用户管理四大功能模块的权限。对应的系统功能及界面设计如图 2 (b) 所示，用户启动系统进入主界面后，系统介绍和站点注册两按钮呈亮激活状态，而另外四个按钮呈灰色不可用状态，用户可按提示单击左下角长条按钮，按钮上方出现用户登录对



(a) 系统功能结构示意图



(b) 系统功能界面设计图

图 2 系统功能结构图

话框，用户登录成功后对话框隐藏，四个灰色按钮便呈亮显激活状态。烤烟实时灌溉预报决策系统与当地气候条件关系密切，应以气候条件相差不大的区域为单元进行注册，建议以当地气象站站名为站点注册名进行注册。按系统要求提交必须的当地气象、经纬度等资料进行注册后系统自动为该站点创建一个管理员用户，并以该站点名作为用户名。

①站点注册模块：此模块实现了系统的全国通用性功能，各地只要按气象条件相似的区域为单元提交系统决策所必须的当地气象及相关参数等资料作为背景资料进行注册后，该系统就可作为当地烤烟实时灌溉预报专用软件。首先，单击“读取数据”按钮读取 Excel 格式长系列历史气象及当地经纬度数据，系统自动通过调用模型库中计算参考作物需水量的数学模型计算当地参考作物需水量 ETO，然后按站点、月份和不同的气象类型（晴、曇、阴、雨）分类汇总写入后台数据库参考作物需水量表中；第二步填写常数与系数 Q、R 与 n 及 a、b 值，单击“提交”按钮后系统自动将该值写入后台数据库基本参数表里，则该站点成功注册，同时系统自动为该站点创建一个管理员用户。为满足站点信息管理需求，该模块还设置了站点资料修改功能，能方便修改站点注册时提交的背景资料，并且兼有删除已注册站点的功能。

②用户管理功能模块：系统用户分管理员和普通用户两种身份，不同的用户身份有不同的权限。管理员具有管理普通用户的权限，可创建、删除普通用户，便于系统用户的动态更新，并可修改自身

密码。普通用户只可修改自身密码。

③智能决策模块：该模块为本预报系统的核心模块，提供时段最长为 10 天的烤烟灌溉决策方案。用户只需根据人机对话提示，相继输入当地天气类型（晴、曇、阴、雨）、土壤水分基本参数（如凋萎含水率、临界含水率、田间持水率等）和实时观测的参数（如初始土壤含水率、烤烟绿叶覆盖率等），计算机即可通过推理，快速、准确地作出当地烤烟节水灌溉决策方案。系统提供决策方案的同时在数据网格中输出具体的决策明细，并以图形形式输出预报时段内土壤水分动态变化，用户可把决策明细及结果存入后台数据库专家决策表里，以供查询使用。

④决策查询模块：可根据用户需求按站点和时间对决策明细和决策结果进行组合查询，并将查询结果以报表形式打印输出、转载到 excel 电子表格或者另存为多种格式的文本文件，实现了系统内外的数据传输，并可按查询条件删除不用数据。

⑤技术咨询模块：提供烤烟节水灌溉技术、旱情、渍涝灾害以及相关参数和技术指标的查询，查询结果均以文字、图表、多媒体等多种形式输出，形式生动易懂。

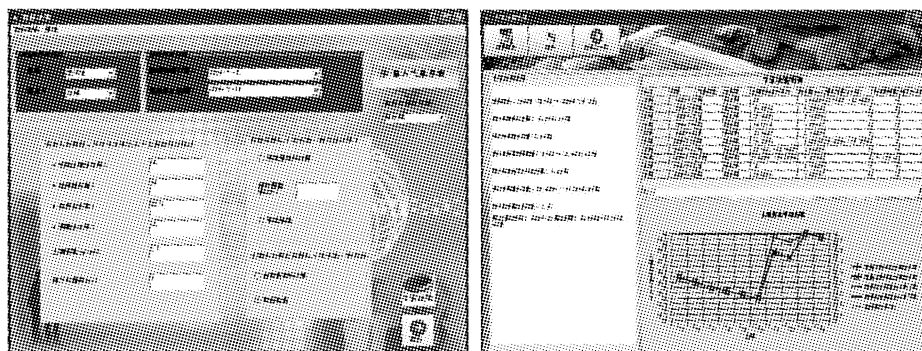
⑥系统介绍模块：包括系统结构和系统使用说明介绍，为使介绍生动易懂，结果均以文字、图表、多媒体等多种形式输出。

4 系统在农田灌溉中的示范应用

烤烟实时灌溉预报专家决策系统于 2008 年初步

研制完成，在贵州省六盘水市某县选择一站点进行大田验证和示范。该地区主要种植品种为 K326 和红花大金元，气象站距离烤烟主要种植区 15km 左右，气象资料由当地气象部门提供。站点注册并登录成功后，用户按人机对话提示输入时段初土壤含水率、当

地相应的土壤特性资料（包括田间持水率、凋萎系数、临界含水率、土壤容重）、地下水埋深、烤烟生育期和气象类型（有降雨时输入雨量等级）等实时资料后，单击“专家决策”按钮，系统很快便输出灌溉决策方案，专家决策输入、输出界面如图 3 所示。



(a) 专家系统决策输入界面

(b) 专家系统决策输出界面

图 3 系统功能结构图

图 3 (b) 中，左侧专家决策结果栏顺序显示：预报时段：2008 年 7 月 5 日—2008 年 7 月 14 日、预计未来耗水总量：33.1m³/亩、预计未来排水总量：0m³/亩、预计未来有效降雨量：6~15m³/亩（对应雨量等级为中雨）、预计未来地下水补给量 0m³/亩、预计未来灌水总量：28.4~37.4m³/亩、预计未来灌水总次数：1 次、第一次灌水时间：2008 年 7 月 10 日、灌水定额：28.4~37.4m³/亩。右侧上部的专家决策明细表里具体显示每日的气象类型、土壤含水率、灌水定额、排水量及地下水补给量等重要信息。右侧下部图形显示田间持水率、烤烟生长适宜的土壤含水率下限及每日土壤含水率动态变化，帮助农技管理员及烟农一目了然地看清在该决策方案下对应的土壤墒情变化。

在示范应用中，烤烟实时预报专家决策系统受到广大基层农技干部和农民的欢迎。大面积应用和试验结果表明，应用专家系统指导烤烟灌溉，可有效指导农民实施科学的灌溉方案、帮助基层农技干部提高技术管理水平，提高管理人员宏观决策能力，有效改善不当灌溉导致的渍涝灾害和水资源的浪费，大大节省了灌溉水资源，大幅度提高了烤烟的产量和质量，增加农民收入。

5 结语

烤烟实时预报专家决策系统严格按农业专家系统的开发规则开发，利用计算机人工智能技术将农业节水灌溉和烤烟栽培专家的知识、经验和解决问题的方法系统化、形式化，并通过模型技术和专家系统技术的有机结合而建成，是专家系统技术和软件工程技术的应用结果。系统人机交互界面友好、适用性、可操作性强，决策推理科学，知识库内容丰富，设置了背景资料导入功能进行站点注册，实现了专家系统全国通用的目标，探索出了专家系统开发的一种新模式。站点注册后用户只需输入烤烟、土壤及天气类型等一些实时资料便可进行预报，能部分代替专家广泛指导生产实践，其辅助功能—强大的技术咨询功能可在短时间内有效提高烟农和技术管理人员的技术水平，对快速推广现代新灌排技术具有很大的促进作用。总的来水，烤烟实时灌溉预报专家决策系统的推广应用可提高先进灌排科研成果的转化率，推动节水农业的发展，专家系统在节水农业中有较广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 茆智, 李远华, 李会昌. 实时灌溉预报[J]. 中国工程科学, 2002, 4 (5): 24~33.
- [2] 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年, 34~56.
- [3] 于英武, 张锋, 袁伯溪等. 灌溉预报技术研究与应用[J]. 中国农村水利水电. 2007, (7): 54~56.
- [4] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000年, 71~97.
- [5] 郭元裕主编. 农田水利学[M]. 第三版. 北京: 中国水利水电出版社, 1995年, 8~13.
- [6] 李会昌. 节水条件下旱作物灌溉预报原理与应用研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学. 1994, 38~63.
- [7] 李远华. 实时灌溉预报的方法及应用[J]. 水利学报, 1994, (2): 46~51.
- [8] 中国烟草公司, 云南省烟草公司, 河海大学农业工程学院等. 烤烟优化灌溉理论和技术研究与应用项目工作总结报告[R], 2007: 4~5.
- [9] 教育部考试中心. 全国计算机等级考试四级教程—数据库工程师[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007年, 35~94.