

## 基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统

曹静, 刘小军, 汤亮, 姚霞, 周昌俊, 曹卫星, 朱艳\*

(南京农业大学江苏省信息农业高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 以气象因子、土壤特性、品种参数、生产条件等数据为农作信息依托, 以具有时空适应性的作物栽培管理动态知识模型为管理决策支撑, 以网络通讯为系统信息发布与流通平台, 运用软件技术与 Web 应用技术, 设计和实现了基于浏览器/服务器 (B/S) 模式的具有 4 层分布结构的网络化作物管理决策支持系统 (knowledge model and web-based decision support system for crop management, KMWDSSCM)。以江苏省为案例区, 对系统进行了示范应用, 结果表明, 系统能在 Internet 环境下有效地进行作物生产管理决策, 在江苏部分地区稻麦生产实践中具有较好的适用性和指导性。

**关键词:** 知识模型; 作物管理; 网络应用; 决策支持系统

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-2030 (2007) 03-0021-06

## Knowledge model and web-based decision support system for crop management

CAO Jing, LIU Xiao-jun, TANG Liang, YAO Xia, ZHOU Chang-jun, CAO Wei-xing, ZHU Yan\*

(Hi-Tech Key Laboratory of Information Agriculture, Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Based on the data of variety, weather, soil, production condition etc. and knowledge model and the four layers web structure of "Web browser/Web server/Application server/Database server", a knowledge model and web-based decision support system for crop management (KMWDSSCM) was developed by using the engineering and technique of the software component and web application. Case studies on KMWDSSCM with the datasets in Jiangsu Province indicated that the system could be effectively applied for crop management and decision support under the web service environment, and showed a good applicability and guidance on rice and wheat production at some areas of Jiangsu.

**Key words:** knowledge model; crop management; web application; decision support system

信息技术的快速发展为作物生产管理的现代化和信息化提供了新的方法和手段, 近 20 年来, 作物信息技术的发展以作物生长模拟模型和管理专家系统的成功研制和应用为突出代表, 通过结合与集成其他关键技术而建立的作物管理决策支持系统, 已经在国内外获得广泛的应用, 并产生了极大的社会、经济和生态效益<sup>[1-4]</sup>。然而现有的作物管理决策支持系统缺少系统的解释性和应用的广适性, 决策性也有待于完善。针对传统型作物管理决策支持系统的上述缺点, 本实验室研究人员将系统分析方法和动态建模技术应用于作物管理知识体系的定量化表达, 建立了具有动态决策功能的作物管理知识模型, 并在此基础上研制和实现了单机版的基于知识模型的作物管理决策支持系统<sup>[5-8]</sup>。随着计算机网络在生产生活中的广泛应用及 Intranet/Internet 的不断普及发展, 逐渐产生了对 B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器) 模式的决策支持系统 (decision support system, DSS) 的应用需求<sup>[9-10]</sup>, 目前国内外关于网络化的 DSS 的报道虽然较多<sup>[11-15]</sup>, 但是基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统尚未见报道。

本研究的目的是以农情基础数据为信息依托, 以具有时空适应性的作物栽培管理动态知识模型为决策支撑, 运用软件工程与 Web 应用技术, 设计和实现基于浏览器/服务器 (B/S) 模式的网络化作物管理决策支持系统 (KMWDSSCM)。系统可以帮助 Web 用户在线设计作物栽培的技术方案和生长指标动态, 并进行基于苗情的实时管理调控, 从而为数字化农作设计提供定量化决策工具。

收稿日期: 2006-10-18

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (30030090); 国家 863 计划资助项目 (2003AA209030, 2004AA115190)

作者简介: 曹静, 博士研究生。\* 通讯作者: 朱艳, 副教授, 主要从事作物模拟与信息农学方面的研究, Tel: 025-84396565,

E-mail: yanzhu@njau.edu.cn。

# 1 系统的结构与功能

## 1.1 系统的结构

整个系统由基于 B/S 结构的数据部件、模型部件和对话部件 3 部分组成 (图 1)。各部分既相互独立, 又相互衔接, 形成一个有机整体。

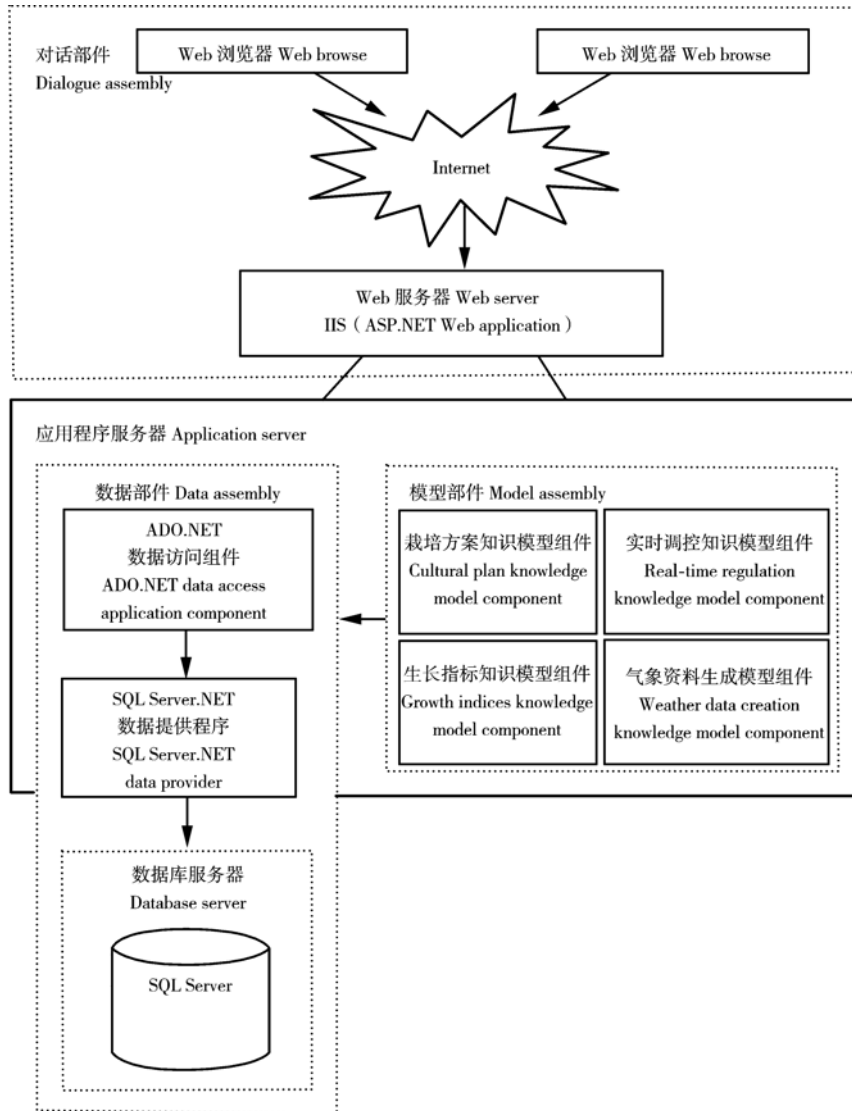


图 1 基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统的 4 层分布结构

Fig. 1 Four layers distribution structure of knowledge model and web-based decision support system for crop management (KMWDSSCM)

1.1.1 数据库服务器 数据库服务器是系统运行的基础, 存贮模型运行所需的基础数据库。基础数据库包括由气象资料、土壤特性、作物参数、品种参数等组成的数据库, 具有权限的用户可以进行数据的查询、修改、添加、删除等。

1.1.2 应用程序服务器 应用程序服务器是该系统的核心, 它由完成系统的各项业务功能的相关组件构成, 如 ADO.NET 数据库访问、栽培方案知识模型、实时调控知识模型、生长指标知识模型、气象资料生成模型等组件, 能动态输出文本、表格、图片等数据信息。

1.1.3 Web 服务器 Web 服务器一方面响应来自客户端的页面和数据查询与更新请求, 另一方面与数据部件和模型部件通信, 将静态的或动态生成的 HTML 页面发送给客户端, 完成对客户端请求的响应。

1.1.4 Web 浏览器 Web 浏览器主要是基于具备 WWW 浏览功能的客户机, 即 IE 等浏览器。一方面, 决策者通过标准的 Web 浏览器从系统底层获得决策信息查询、报表、知识获取和在线分析处理等服务;

另一方面，他们也利用以动态 HTML 编写的 Web 页面向服务器传送包含决策信息的数据更新请求。客户端可以通过标准的 WWW 协议如 TCP/IP、HTTP 等与 Web 服务器通信。

### 1.2 系统的功能

基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统（KMWDSSCM）主要实现了系统管理、数据管理、栽培方案设计、生长指标设计、因苗实时调控、专家咨询和系统帮助等功能（图2）。

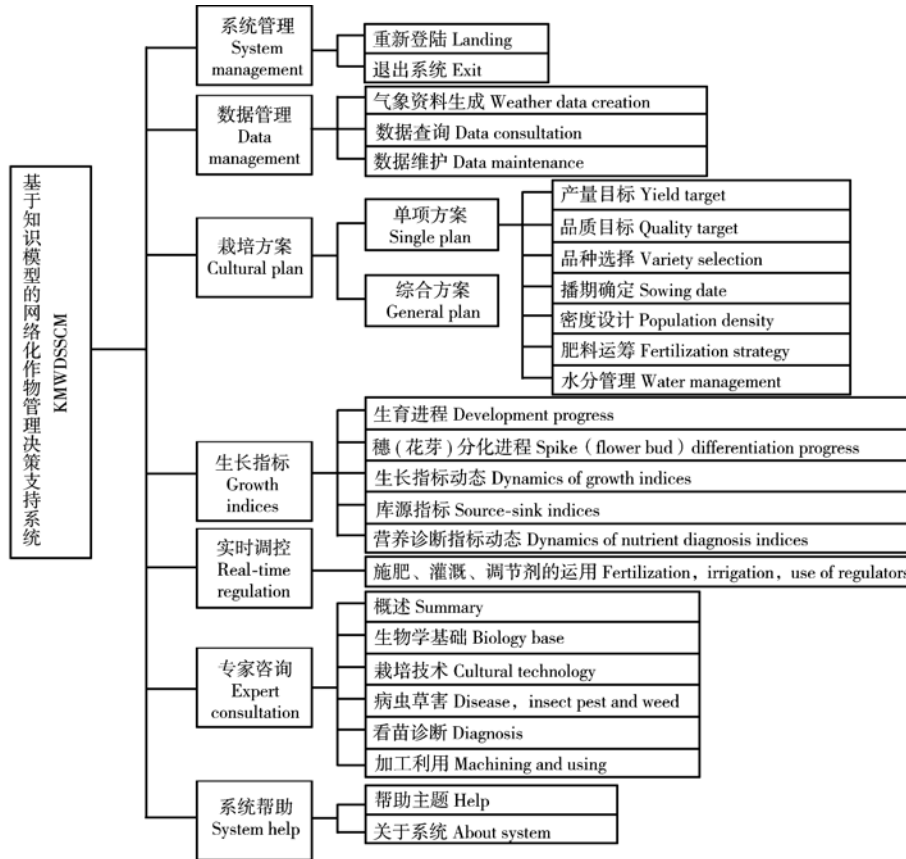


图2 基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统功能图

Fig. 2 Functional structure of KMWDSSCM

## 2 系统的开发与实现

### 2.1 模型部件

2.1.1 知识模型组件的设计与实现 应用 Visual C + .NET 和 ATL (active template library, 活动模板库) 开发作物管理知识模型 COM + 组件。整个知识模型系统包括 3 个自动化组件：栽培方案组件、生长指标组件和实时调控组件。栽培方案组件包括目标产量、品种选择、播期确定、密度设计、肥料运筹、水分管理、综合方案等 7 个接口函数。生长指标组件包括生育进程、穗（花芽）分化、生长指标动态、库源指标、营养诊断指标等 5 个接口函数。实时动态调控组件包括 1 个接口函数。

2.1.2 知识模型库的管理 利用 COM + 的管理控制、即时 (just-in-time, JIT) 激活、对象池、同步等服务来实现对模型的静态管理 (存储管理) 和动态管理 (运行管理)。

### 2.2 数据部件

2.2.1 数据访问组件 应用 C# 及 ADO.NET 开发了基于 .NET 程序集的数据访问组件，实现了以下几个主要功能：SQL Server 数据库的连接，数据库的读取，利用 SQL 语句执行数据的查询、插入、删除、修改、保存等操作，以及关闭数据库链接等。

2.2.2 数据库 数据库管理系统采用 SQL Server 2000 + SP3，数据库初始名称设置为：DSSCMDB。在库中共建立了 7 张表 (图 3)、38 个存储过程以及 3 个触发器。



图 3 KMWDSSCM 数据库基本表

Fig. 3 Database tables of KMWDSSCM

如图 3 所示，KMWDSSCM 的基础数据库中建有 7 张表，分别是：Region——地区（生态点）简要信息表；Weather——基本气象数据表；Soil——基本土壤数据表；Variety\_ Rice——水稻作物品种参数表；Variety\_ Wheat——小麦作物品种参数表；Variety\_ Cotton——棉花作物品种参数表；Variety\_ Rapeseed——油菜作物品种参数表。总体来看，数据库的表结构关系比较简单。为了维护数据的实体（行）完整性和域（列）完整性，对每个表定义了主键及其字段的 NOT NULL、CHECK 等约束，另外建立了 Region-Weather 表中基于 RegionName 字段的主从关系。

存储过程（stored procedure）是利用 Transact-SQL 语言撰写的程序，它的作用是执行一道（或一组）数据库的存储操作，包含查询、新增、修改、删除记录等。本系统建立了 38 个存储过程，其中 10 个以 ‘sp’ 开头命名的查询性质的存储过程为决策的核心——知识模型提供所需的数据集；其他 28 个则以 ‘Load’（查询加载）、‘Insert’（插入新增）、‘Update’（修改更新）、‘Delete’（删除）等命名，为数据库的后台维护服务。

触发器是一类特殊的存储过程，用于保护表中的数据。当有操作影响到触发器保护的数据时，触发器自动执行。一般情况下，对表数据的操作有：插入、修改、删除，因而维护数据的触发器也可分为 3 种类型：INSERT、UPDATE 和 DELETE。本系统建立了关于基本气象数据表的 3 个触发器，以维护该表中气象数据的年完整性。

### 2.3 对话部件

ASP.NET 是微软（Microsoft）公司发布的 .NET Framework 中所包含的一种 Web 应用程序开发模型，用它开发程序可自主选择编译型的开发语言如 Visual C#.NET（简称 C#）和 Visual Basic.NET（简称 VB.NET）等，并且可以实现 Web 页面显示部分与控制逻辑的分离等。因此本研究以 C# 为开发语言，采用 ASP.NET 实现了对话部件。

### 2.4 系统开发环境及开发工具

硬件需求：x86 CPU 1GHz 以上，512MB DDR SDRAM 或以上，IDE 快速硬盘或 SCSI 硬盘，快速以太网卡。软件环境：Windows 2000 Server + SP4 + IIS 5.0（或 Windows 2003 Server + IIS 6.0）+.NET Framework 1.1，数据库采用 SQL Server 2000 + SP3。

开发工具：Visual Studio.NET 2003、UML 建模工具、Visual Assist X、Dream Weaver MX 2004、FireWorks MX 2004 等。

### 2.5 系统的集成

以 Dream Weaver MX 2004 作为系统集成开发工具，应用 B/S 结构的分布式网络平台，结合系统数

数据库和作物管理知识模型组件，采用 ASP.NET 语言作为集成开发语言，实现了基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统。

### 3 系统的示范应用

2005 年分别在江苏省仪征市、吴江市于水稻生长季进行了 2 个比较试验，每个试验分别选取高、中、低 3 种不同土壤肥力的田块各 3 块，每块面积 0.3 hm<sup>2</sup>；2005 年在江苏省如皋市于小麦生长季进行了较为系统的大面积田间试验，选用高、中、低 3 种不同土壤肥力的田块共 10 块，试验区 178.5 hm<sup>2</sup>。每块田一分为二，分别按 KMWDSSCM 提供的系统方案和当地农技推广专家提供的栽培方案进行栽培。由表 1 可以看出，不同示范区按系统方案实施的田块较对照都有一定的增产效果，仪征、吴江水稻的理论产量分别提高了 6.9% 和 7.7%，如皋小麦的理论产量提高了 5.2%。

表 1 江苏部分示范区比较试验获得的产量及产量结构

Table 1 Grain yields and yield components from comparative field experiments at some areas of Jiangsu

| 基础地力<br>Basic soil fertility          | 决策点<br>Decision site | 作物类型<br>Crop type | 穗数/万·hm <sup>-2</sup><br>Spike number |               | 每穗粒数<br>Grain number per spike |               | 理论产量/kg·hm <sup>-2</sup><br>Theory grain yield |               |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|--|---------------|
|                                       |                      |                   | 系统方案<br>System                        | 对照<br>Control | 系统方案<br>System                 | 对照<br>Control | 系统方案<br>System                                 | 对照<br>Control |
| 高肥力<br>High fertility                 | 仪征<br>Yizheng        | 水稻<br>Rice        | 397.8                                 | 365.1         | 112.9                          | 113.1         | 11 016.0                                       | 10 168.5      |
|                                       | 吴江<br>Wujiang        | 水稻<br>Rice        | 269.9                                 | 240.3         | 140.2                          | 143.9         | 8 890.5  | 8 125.5       |
|                                       | 如皋<br>Rugao          | 小麦<br>Wheat       | 539.6                                 | 527.6         | 28.7                           | 27.9          | 5 595.0  | 5 310.0       |
| 中肥力<br>Medium fertility               | 仪征<br>Yizheng        | 水稻<br>Rice        | 385.7                                 | 364.8         | 116.5                          | 114.6         | 10 945.5                                       | 10 179.0      |
|                                       | 吴江<br>Wujiang        | 水稻<br>Rice        | 236.7                                 | 237.9         | 148.6                          | 137.1         | 8 266.5  | 7 663.5       |
|                                       | 如皋<br>Rugao          | 小麦<br>Wheat       | 548.7                                 | 533.7         | 29.1                           | 27.4          | 5 745.0  | 5 595.0       |
| 低肥力<br>Low fertility                  | 仪征<br>Yizheng        | 水稻<br>Rice        | 354.3                                 | 367.8         | 114.6                          | 113.7         | 10 351.5                                       | 9 876.0       |
|                                       | 吴江<br>Wujiang        | 水稻<br>Rice        | 255.0                                 | 250.1         | 135.2                          | 129.8         | 8 061.0  | 7 614.0       |
|                                       | 如皋<br>Rugao          | 小麦<br>Wheat       | 496.5                                 | 484.1         | 27.2                           | 28.9          | 5 520.0  | 5 115.0       |
| 平均增加率<br>Mean increment<br>percentage | 仪征<br>Yizheng        | 水稻<br>Rice        | 3.6%                                  |               | 0.8%                           |               | 6.9%   |               |
|                                       | 吴江<br>Wujiang        | 水稻<br>Rice        | 4.5%                                  |               | 3.2%                           |               | 7.7%   |               |
|                                       | 如皋<br>Rugao          | 小麦<br>Wheat       | 2.5%                                  |               | 0.7%                           |               | 5.2%   |               |

注：仪征、吴江水稻籽粒千粒重分别以 23.5 g、26.5 g 计算，如皋小麦籽粒千粒重以 36 g 计算。1 000-grain weight of rice at Yizheng is 23.5 g and that at Wujiang is 26.5 g, 1 000-grain weight of wheat at Rugao is 36 g.

### 4 结论与讨论

本研究以品种参数、气候因子、土壤特性、生产条件等农情数据为信息依托，以具有时空特征的作物管理知识模型为管理决策的支撑，运用软件工程与 Web 应用技术，设计并实现了基于浏览器/服务器 (B/S) 模式的网络化作物管理决策支持系统 (KMWDSSCM)。与已有的作物管理决策支持系统<sup>[2-4]</sup>相比，本系统具有普适性广、精炼性高、独立性好、使用方便、维护简单、安全性好等显著特点。

系统在江苏省的试验示范结果显示，按系统方案实施的田块其单位面积穗数、每穗粒数、籽粒产量较对照都有一定的增加，因此可以认为 KMWDSSCM 在江苏部分地区稻麦生产实践中具有较好的适用性和指导性。然而由于本研究工作涉及的知识面比较广，所形成的部分应用模型还有待于进一步完善；另

外还需布置多生态点多作物的示范应用试验,以更好地对系统进行检验和评价。

总之,基于知识模型的网络化作物管理决策支持系统较好地克服了传统作物栽培模式及农业专家系统中经验性规则的时空适应性差等弱点,兼备预测和设计功能,可以为 Web 用户在线设计适宜的作物栽培管理方案,并指导实时生长调控,为农作系统的数字化设计和科学化管理奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] 曹卫星,罗卫红. 作物系统模拟及智能管理 [M]. 北京:高等教育出版社,2003:121-133
- [2] Jones J W, Hoogenboom G, Porter C H, et al. The DSSAT cropping system model [J]. *European Journal of Agronomy*, 2003, 18(3/4): 235-265
- [3] 高亮之,金之庆,郑国清,等. 小麦栽培模拟优化决策系统(WCSODS) [J]. *江苏农业学报*, 2000, 16(2): 65-72
- [4] 赵春江,诸德辉,李鸿祥,等. 小麦栽培管理计算机专家系统的研究与应用 [J]. *中国农业科学*, 1997, 30(5): 42-49
- [5] 严定春. 水稻管理知识模型及决策支持系统的研究 [D]. 南京:南京农业大学,2004
- [6] 朱艳. 基于知识模型的小麦管理决策支持系统的研究 [D]. 南京:南京农业大学,2003
- [7] 张怀志. 基于知识模型的棉花管理决策支持系统的研究 [D]. 南京:南京农业大学,2003
- [8] 沈维祥. 基于知识模型的油菜管理决策支持系统的研究 [D]. 南京:南京农业大学,2002
- [9] Shim J P, Warkentin M, Courtney J F, et al. Past, present, and future of decision support technology [J]. *Decision Support Systems*, 2002, 33(2): 111-126
- [10] Carlsson C, Turban E. DSS: directions for the next decade [J]. *Decision Support Systems*, 2002, 33(2): 105-110
- [11] Garrity E J, Glassberg B, Kim Yong Jin, et al. An experimental investigation of Web-based information systems success in the context of electronic commerce [J]. *Decision Support Systems*, 2005, 39(3): 485-503
- [12] Jensen A L, Boll P S, Thyssen I, et al. Pl@nteInfo®—a web-based system for personalised decision support in crop management [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2000, 25(3): 271-293
- [13] Cameron I T. An interactive web-based decision support system for hazardous industry land-use planning [J]. *Computers and Chemical Engineering*, 2000, 24 (2/7): 1057-1062
- [14] 康铃,王学立. 基于 Web services 的 Agent 防汛决策支持系统研究 [J]. *华中科技大学学报:自然科学版*, 2005, 33(12): 99-101
- [15] 李林,褚庆军,班利军. 基于 Internet 作物布局专家支持系统的设计 [J]. *中国农业科技导报*, 2003, 5(1): 27-30

责任编辑:沈波