

# 远程智能诊断与决策支持系统的设计与开发

沙宗尧<sup>1</sup> 边馥苓<sup>1</sup>

(1 武汉大学国际软件学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 在分析远程智能诊断与决策支持系统实现的关键技术因素基础上, 结合农业领域应用, 给出远程智能诊断与决策支持系统核心部件设计及系统实现。

**关键词:** 智能决策支持系统; 知识库; 模型库; J2EE; 精准农业

**中图分类号:** P208

网络技术的飞速发展彻底改变了传统信息系统的操作方式, 传统的单机或两层结构的应用系统越来越多地为多层分布式操作模式所替代。B/S 结构是一种典型的分布式应用, 由于其可以跨越时空界限、系统易于升级及维护, 在信息系统建设中被广泛采纳。远程智能诊断与决策支持系统是建立在分布式网络环境下的以智能决策支持系统为内核、面向特定应用且具有辅助诊断与决策能力的应用系统。

## 1 系统核心结构设计

系统的核心结构设计包括三库(知识库、模型库、数据库)及三者间的信息流设计, 同时, 为了增强系统的适应性, 还设计了基于 XML 的接口。

### 1.1 知识库设计

#### 1.1.1 领域知识的结构化表达

人们提出了产生式规则、谓词逻辑、语义网络、框架等知识表达方法, 各种知识表达方法都有其优缺点。由于面向对象的知识表达用对象的概念表示知识和自然, 且面向对象技术所提供的继承机制允许类的继承, 有利于表示复杂知识的层次结构及知识库的扩充和修改, 对象的封装和消息传递机制可以实现知识推理操作功能, 而产生式规则表示法与人类的判断性知识形式基本一致, 易于实现, 本文综合面向对象的知识表达及规则知识表达的优势, 提出结构化知识表达方法用于知识的形式化方法<sup>[1]</sup>。

#### 1.1.2 推理控制机构

推理机构规定了知识的推理策略及推理控制策略, 而知识推理及控制策略有赖于知识的表达方法, 由知识体完成。本文采用反向推理控制。

反向推理控制策略由事实出发, 在知识及模型的辅助下逐步引出决策结果。为了有效地实现给定问题的求解任务及保证推理过程的顺利执行, 采用了以下 3 种措施: ① 通过农业领域知识与农业专业模型(包括养分需求计算模型、施肥灌溉模型、养分元素协调模型)的集成, 模拟专家级诊断与决策过程。模型将挂接在知识体规则中, 推理机在推理时, 以知识体为主线, 结合模型的数值计算。② 对不完全知识的处理采用允许用户交互、元知识控制的方式解决。③ 对冲突消解采用规则权重的比较优先的策略确定。

#### 1.1.3 系统解释机构

解释机构是智能决策支持系统的重要组成部分, 特别是在远程智能诊断与决策中, 为确保决策结果对用户的可信性, 需要对决策结果作一个合理的解释。解释机构从现有决策的原始数据出发, 对知识与模型利用情况进行“回放”, 给出产生结论的具体过程和理由。黑板模型作为一种高效而通用的知识存储与处理工具, 是一个存储数据、传递信息和处理方法的动态数据库, 能记载问题求解过程中产生的状态信息和中间结果, 如图 1 所示。黑板模型实际上并非专为解释机构而设计的, 推理控制机构是基于黑板模型实现的, 因而黑板是整个问题求解过程的工作区。

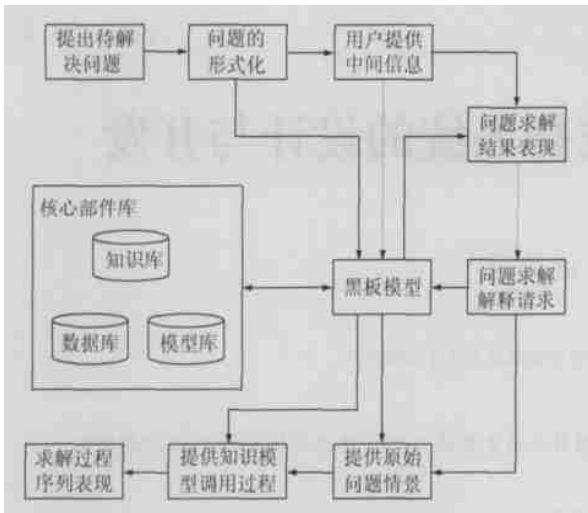


图 1 基于黑板模型的解释机构

Fig. 1 Explaining Framework Based on Blackboard Model

## 1.2 模型库设计

模型是在对所描述的对象与过程进行大量专业研究的基础上总结的客观规律的抽象和模拟,是联系应用系统与专业领域的纽带,是综合分析处理和利用数据的工具<sup>[2]</sup>。

### 1.2.1 模型的表示

按模型的性质和复杂度,本文采用了以下 3 种方法实现分析模型的表示。

1) 数据方式:将模型设计为从输入集到输出集的映射,用模型参数集合确定这种映射关系,模型描述为由一组参数集合和表示模型特征结构特征的数据集合的框架,输入数据集在关系框架下进行关系运算,形成输出数据集。本文将这种方式应用于施肥模型和灌溉模型等。

2) 逻辑方式:采用谓词逻辑表示法,把模型分解为模型结构、约束集、参数集和变量集 4 个基本要素。每一部分用相关谓词表示,并将数值计算隐含在谓词中。当定量计算的模型用逻辑形式表达后,可以与定性的知识统一起来,用谓词演算的方法实现对问题的求解。

3) 程序方式:采用输入、输出格式和算法在内的完整程序表示模型,一个模型按子程序存贮。

同样,由于远程用户的空间异性性,通过逻辑表达方式与定性知识结合实现模型的空间区域适宜性判别,并选择优先模型。

### 1.2.2 模型库维护

系统中模型库的维护包括模型的建立、检验与修正 3 个基本内容。关于模型的建立,采用现有数据的加工分析、已有研究成果归纳、农业生产经验归纳 3 种方式。对模型的检验采用后验分析。对于检验结果不符合的模型,将根据 3 种不

同的模型表示方法,分别采用参数调整、要素调整、模型重编译的方法对模型进行修正维护。

## 1.3 数据库设计

数据库系统是决策支持系统的事实基础,是智能决策支持系统的基本输入。

以农业应用为例,数据库中既包括空间数据(土壤、气候、高程、水域等),也包括属性数据,需要将各类数据集成,进行统一管理。

### 1.3.1 空间库

空间数据库中最重要的是由分散农田、大规模农场的方格网、设施农业的方格网或农作物栽培盆、皿等组成的基本空间决策单元,每个决策单元将分配一个全局的标识号与属性库中的实时及历史农情库内容相关联。此外,不包括基础地形、农业生产资料(土壤、气候、水域)等基本矢量数据等。

### 1.3.2 属性库

属性库提供了智能诊断决策的特定的事实基础,涉及的内容广泛。本系统中,肥料特性库、农作物分类库、农药特性库、基本农事操作方法库、数据分析决策因子及评价因子库、农作物长势诊断因子库、空间决策单元的实时及历史农情库(包括空间决策单元的农作物类型、生长阶段、农作物长势特征、分部位的农作物理化成分、土壤理化性质、杂草性状、对应的农事操作设备)、基本设备库都归属属性库。

## 1.4 知识、模型及数据的信息流分析

领域知识、分析模型与数据、事实的协作与集成应用是本文提出的远程智能决策支持功能实现的基础,其中数据及事实支持是底层的,其作用是支撑知识及模型的应用,而分析模型和知识的关系可以采用独立、单向请求、双向融合 3 种模式。知识库支持是系统运行的核心,系统用户提出的领域问题经过形式化后驱动由知识库构建的实例知识体。图 2 中表示领域知识与分析模型间通信是双向的,在这种模式下,模型可以直接根据其运行状况实现对知识的检索、利用,而知识在被利用的过程中直接进行模型的调用。推理控制机构由知识库的实例化知识体完成,实例化知识体在沒有足够的事实基础或在产生了无法解决的冲突情况下将向系统用户提出事实请求,由用户提供辅助信息或裁决。

## 1.5 接口设计

为了使开发系统平台具有广泛的适应性,智能诊断与决策支持系统平台内部的知识推理、模型分析与事实库、实时数据外部输入以及系统与

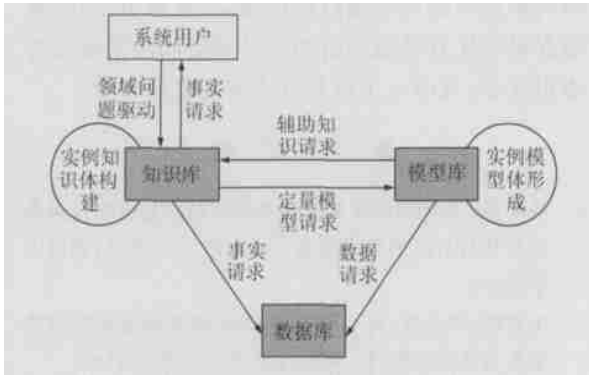


图 2 系统信息流分析

Fig. 2 Information Stream Analysis

其他外部软件间的数据交换均采用 XML 标准文档格式, 从而使智能诊断与决策系统相对于外部输入及结果输出表现形成“黑箱”。由于 XML 是一套定义语义标记的规则, 该标记将文档分成许多部件并对这些部件加以标识, 为解决多层服务模型和多源、多维、多层次信息互操作性提供了有效途径<sup>[3]</sup>, 任何遵循 XML 标准规范的软件均可以与开发系统实现功能上的协作、集成, 从而增强了开发系统的适应性。

## 2 系统总体结构

远程智能决策支持系统是一种基于 BS 的三层或多层结构操作模式, 用户端使用浏览器提出诊断与决策请求, 并提供基本的实时信息支持, 复杂的应用处理集中在后台服务器端。

### 2.1 软件配置

底层的数据管理采用关系数据库管理系统, 在系统的应用层, 由支持网络信息发布的 Web 服务器及专业软件(如 GIS 网上地图发布工具)形成一个集成的应用环境, 系统核心程序运行在该应用环境下, 并监听远端客户请求。

### 2.2 系统运行框架

为了使软件具有清晰的维护结构和广泛的运行环境支持, 系统采用了基于 J2EE 标准、MVC(模型-视图-控制)架构的信息系统配置方案(图 3)。遵循 J2EE 标准的平台是一个分布式的服务器应用程序设计环境, 提供了应用运行的基础框架和基于跨平台语言 Java 的扩展 API。

## 3 应用实例

系统建立在精准农业原理基础上, 不仅可实现集约大规模农业的智能决策, 还可针对分散农

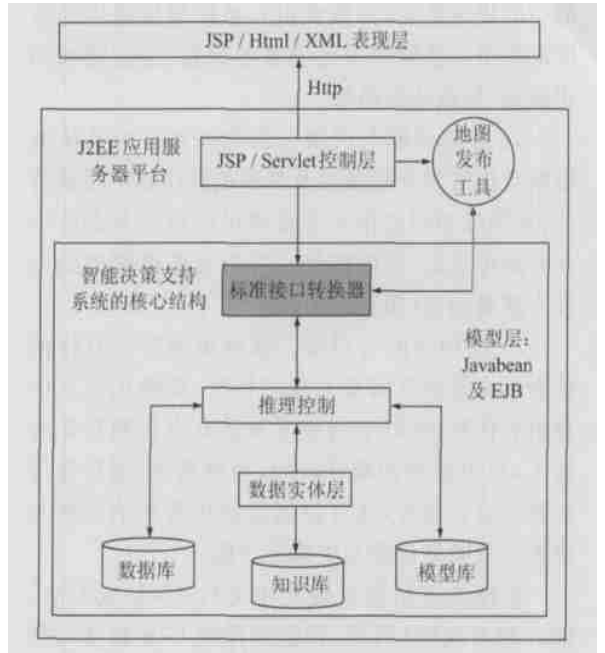


图 3 系统总体运行框架

Fig. 3 General Skeleton of the System

户、设施农业实现远程智能诊断与决策。

1) 施肥诊断与决策。施肥决策针对具体的诊断与决策的空间单元及其种植农作物的现状特征, 在领域知识的指导下推理出农作物可能需要的各类养分补给(诊断结果), 并在施肥模型支持下给出处方施肥结论(决策结果)。图 4 为笔者开发的一个远程农业智能决策支持系统的施肥诊断系统, 用户在可视化图形界面的支持下选择特定

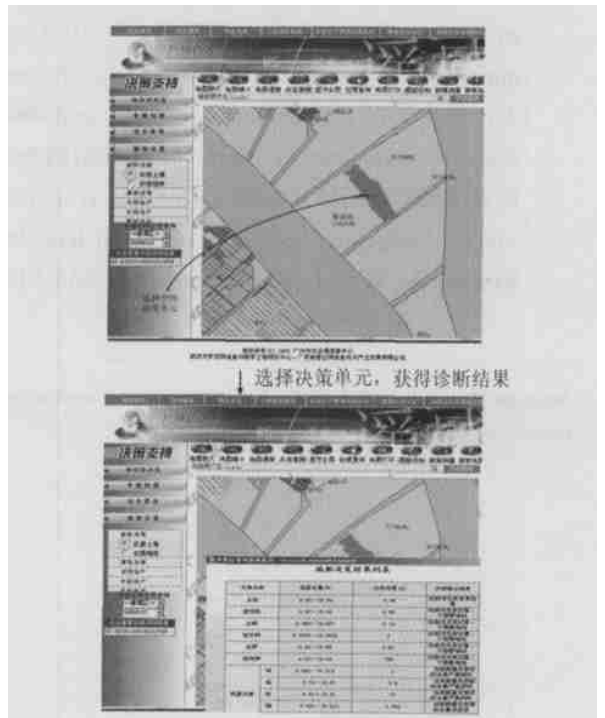


图 4 施肥诊断的实现过程

Fig. 4 Procedure for Fertilizer Application Diagnosis

的空间决策单元(分散农田),系统根据提供的空间决策单元获取该单元的基本信息,经过领域知识推理,形成诊断结果。

2) 灌溉诊断与决策。施肥决策针对具体的诊断与决策的空间单元及其种植农作物的现状特征,在领域知识的指导下推理出该单元是否处于水分胁迫状态(诊断结果),并结合灌溉模型给出处方灌溉结论(决策结果)。

3) 播种诊断与决策。播种决策针对具体的诊断与决策的空间单元现状特征,诊断出适宜的种植农作物,并以空间单元及适宜农作物特征为输入,给出播种的最佳时间、播种密度、播种量等决策结论。此外,还可以实现病虫害防治诊断与决策以及除草诊断与决策等功能。

诊断决策结果以格式化文档 XML 或 GML 输入到表现层(网页、特定插件或 GIS 软件),同时决

策结果也可以通过硬件接口(智能卡)指挥智能农机实施自动或半自动的针对空间决策单元的农田作业,或由人工作业方式实现变量作业。

## 参 考 文 献

- 1 沙宗尧. 智能空间决策支持系统的结构化空间知识表达及其与 GIS 的集成研究:[博士论文]. 武汉: 武汉大学, 2003
- 2 王家耀, 周海燕, 成毅, 等. 关于地理信息系统与决策支持系统的探讨. 测绘科学, 2003, 28(1): 1~4
- 3 王鹏, 马秋禾, 刘立娜. XML-WebGIS 中空间信息共享和互操作的新途径. 计算机应用研究, 2001(12): 142~144

第一作者简介: 沙宗尧, 博士. 现主要从事 GIS 应用、SDSS 空间知识管理研究。

E-mail: zongyaosha@163.com

## Design and Application of Remote Intelligent Diagnosis and Decision-Making Support System

SHA Zongyao<sup>1</sup> BIAN Fuling<sup>1</sup>

(1 School of International Software, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** A kind of intelligent application mode, viz. remote agronomic intelligent diagnosis and decision-making support system (RAIDDSS), is proposed. This kind of application system overcomes the limitation of space and time, thus extremely extends the service and service region. Base on the key factors analysis of remote intelligent diagnosis and decision-making support system, this paper details the realization of knowledge base, analysis model and database (called three bases) design and the integration of the three bases. The integrated system constructs the platform of RAIDDSS. As for the universal system interface within RAIDDSS and RAIDDSS with other systems, a standard XML is used to realize the information exchange and to open a potential base for group server distributed in various places.

**Key words:** IDSS; knowledge base; model base; J2EE; digital agriculture

**About the first author:** SHA Zongyao, Ph. D. majors in application of GIS & spatial knowledge management of SDSS.

E-mail: zongyaosha@163.com

(责任编辑: 洪远)