

# 基于 Oracle 数据库的水稻病虫综合防治专家系统

李 勇<sup>1,2</sup>, 周 强<sup>2</sup>, 张润杰<sup>2\*</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510630;

2. 中山大学生物防治国家重点实验室/昆虫研究所, 广州 510275)

**摘要:** 应用数据库、计算机网络和空间信息技术, 研制出基于 Oracle 数据库的“水稻病虫综合防治专家系统 RIPMES II”。系统包括数据采集、数据维护专家决策和 GIS 应用等子系统, 能解决实时数据采集、海量数据存贮与分析、病虫害防治辅助决策、虫害空间分布特征分析等问题, 是水稻病虫害综合防治的一个有效工具, 同时也可作为类似的专家系统的研究提供参考。

**关键词:** 水稻病虫害; 综合防治; 专家系统; Oracle 数据库

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2005)01-0151-04

## An expert system for rice integrated pest management based on Oracle

LI Yong<sup>1,2</sup>, ZHOU Qiang<sup>2</sup>, ZHANG Run-Jie<sup>2\*</sup> (1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Institute of Entomology & State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** In this study, database, computer network and spatial information tools were used to develop an expert system for rice integrated pest management, RIPMES II based on Oracle. The system consisted of subsystems of data collection, data maintenance, data analysis and result output. The integrated frame was constituted to resolve real time data collection, great data storage, and analysis of spatial distribution characteristics of insect pests, etc. The system provided a valid means for rice integrated pest management and also could be a reference to those who study expert system.

**Key words:** Rice pests; integrated pest management; expert system; Oracle database

专家系统是通过模拟人的推理过程, 利用来源于某领域人类专家的知识, 解决该领域复杂问题的计算机系统(冯国灿等, 1995a, b)。近几十年来, 由于人类对生态环境的破坏严重, 一些病虫害的发生日益频繁, 对虫害的预测预报工作变得更为重要。国外利用专家系统来提高对虫害综合防治水平的研究, 已有较长历史和取得了不错的成绩(Stone *et al.*, 1987; Heng, 1990)。国内从上世纪的中后期开始, 在这一领域开始了深入的研究(冯国灿等, 1995a, b)。

作为国家“八五”攻关课题“水稻病虫害综合防治技术研究”的成果之一, “水稻病虫综合防治专家系统(RIPMES)”于 1995 年研制成功并通过试运行, 至今已过了近 10 年的时间(冯国灿等, 1995a, b)。随着计算机技术的飞速发展, 特别是计算机网络、数

据仓库(data warehouse)、数据挖掘(data mining)、空间信息技术(GIS)等现代信息技术的发展, RIPMES 已无法满足目前的应用需求, 需要进行升级和扩展。主要表现在如下几个方面:(1)RIPMES 没有大型数据库的支持, 无法实现对海量数据的存贮与分析;(2)没有基于网络的数据采集系统的支持, 无法实时获取病虫害发生与分布的数据;(3)RIPMES 的知识和模型是基于文本文件方式存贮, 不易于扩展与维护;(4)病虫害发生具备空间分布的特征, RIPMES 无法实现空间分析的功能;(5)RIPMES 基于 DOS 的操作界面, 已经不适合于目前流行的图形化界面的操作系统。

Oracle 是业界公认的最高效、最稳定的大型数据库管理系统之一, 支持所有工业标准, 它提供强大的应用开发功能。RIPMES 系统涉及大量的动态的

基金项目: 国家“973”项目(G2000016210); 国家自然科学基金项目(39970475); 广东省自然科学基金项目(001255, 960037)

作者简介: 李勇, 男, 1971 年生, 中国科学院博士研究生, 从事生态学与 3S 技术应用研究, E-mail: gz-liyong@21cn.com

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: ls11@zsu.edu.cn

收稿日期 Received: 2004-07-13; 接受日期 Accepted: 2004-12-16

数据,而且还会以很高的速度增长,选择这样的大型数据库对本系统而言是必须的。另外,利用 Oracle 数据库强大的数学运算功能,通过在 Oracle 中构造函数来解决复杂的数学模型的运算问题,将复杂的运算过程交给数据库管理系统去执行,使本系统更专注于对专业问题的解决。

基于上述的原因,对 RIPMES 进行重新设计和开发,在此基础上研制出了新一代的“水稻病虫综合防治专家系统 RIPMES II”。RIPMES II 是一个基于大型数据库、计算机网络和空间信息技术的水稻虫害综合防治与预警专家系统。RIPMES II 继承了 RIPMES 专家系统的主要设计思想,但是在系统设计的完整性、系统结构、开发方式和系统表现上,都有所改进。本文介绍 RIPMES II 的基本结构和功能,并给出了一个新的水稻病虫综合防治专家系统的实例。

## 1 系统的结构和功能

RIPMES II 是一个基于大型数据库(Oracle8i)、计算机网络和空间信息技术的水稻虫害综合防治与预警系统,总体逻辑结构框架分为 3 个层次:人机接口层、系统应用层和数据服务层。系统应用层通过人机接口与分析决策人员交互,在数据服务层数据、模型、方法、知识、图形图像等和系统应用层众多分析功能的支持下,完成专家分析和决策过程中各个阶段、各个环节的多种信息需求和分析功能。

### 1.1 数据采集子系统

数据采集子系统是 RIPMES II 获取实时、准确的虫情数据的基础,是基于 WEB 技术开发的远程数据录入、查询系统,各监测点通过 Internet 网络录入实时的虫情数据并传输到系统的数据库中,也可以随时查询数据库中已有的数据。具有基于网络的数据采集系统的支持,可以实时获取病虫害发生与分布的数据,使 RIPMES II 更具实时性。

### 1.2 数据维护子系统

数据维护子系统是对数据库进行管理和维护。包括对气象信息库、农业信息库的信息录入与管理,对虫情数据库的维护与管理,对知识模型库的扩展与维护等。

### 1.3 专家决策子系统

专家决策子系统通过对虫情数据、农业、气象信息的分析,并调用知识模型库中的有关虫害的知识和模型,利用计算机程序进行推理,并给出预测结果

和防治建议,为防治和决策提供参考。

RIPMES II 的专家决策子系统采用图形化的操作界面,使复杂的程序推理过程可视化,操作人员可以直观地获得模型的各个因子之间的关系,可以通过直接对图形界面中的因子对象赋值,来获得推理结果。

RIPMES II 提供了对 RIPMES 系统的知识模型库的支持,可以直接打开以文本文件存贮的知识与模型库,也可以将文本文件的知识与模型库导入到本系统的 Oracle 数据库中。

### 1.4 GIS 应用子系统

了解害虫的区域性空间分布格局及动态是进行害虫宏观管理的前提和基础。只有掌握害虫的空间动态和时间动态,才能进一步地揭示其暴发的机制并对其未来的发生进行预测(Liebholt *et al.*, 1998; 王正军等, 2003)。水稻病虫害的发生都具备空间分布的特征,要真正实现对虫害的发生、发展以及扩散趋势的预测,没有空间数据和空间分析手段的支持是无法实现的(王海扣等, 1998)。GIS 应用子系统利用空间数据和空间分析手段来实现对虫害的分布、发生、扩散、预警等进行分析。

GIS 应用子系统目前的功能主要包括:空间数据的管理与维护、数据查询与统计、空间分析、数据输出与打印等模块。

## 2 知识模型库的构建

知识模型库用于存放某些领域的专家提供的专门知识和模型,它是决定一个专家系统的性能是否优越的关键部分,也是专家系统建造过程中最为繁琐和棘手的事情(张文庆等, 1995)。各种病虫害的知识模型库的构建是 RIPMES II 的核心。

### 2.1 知识和模型的代表

在 RIPMES 中,知识与模型是采用文本文件的方式存贮,因而在知识与模型的表达方式上,受到很大的限制。RIPMES 将定性的知识与模型统一表示,知识的产生式规则表示为:

rule([条件 1, 条件 2, ..., 条件  $n$ ], 结论)

其中:

条件 I: = cond(变量名, 变量标识符)

结论: = res(变量名, 表达式)

这种方法解决了知识库和模型库的连接问题。但是文本文件存贮的方式,使得对知识模型库的维护较为困难,而且当知识模型库发展到一定的规模,

文本文件过大时,程序运行的速度会受到很大的影响。另外,RIPMES 对复杂的数学模型实现较困难。

RIPMES II 吸取了 RIPMES 的经验和思想,采用数据库来对知识和模型进行存贮,既方便程序进行维护与扩展,也可以利用 Oracle 数据库强大的数学运算功能,通过在 Oracle 中构造函数来解决复杂的数学模型的运算问题。将复杂的运算过程交给数据库管理系统去执行,使应用系统更专注于对专业问题的解决。

## 2.2 知识模型库的构建

以广东省稻区的水稻病虫害管理知识为背景,收集技术专家的经验 and 最新科研成果,形成知识规则,主要构建了如下的几种病虫的知识模型库:稻飞虱专家库,三化螟专家库,白叶枯专家库,纹枯病专家库,纵卷叶螟专家库,多种病虫复合专家库。在 RIPMES II 的研制过程中,根据近 10 年来的研究成果,对知识模型库进行了一定的扩展和修订。并通过编制专门的程序,将 RIPMES 的以文本文件存贮的知识和模型写入到 RIPMES II 的数据库中。系统仍提供对文本文件知识和模型库的支持。

## 3 系统运行实例

数据来源为 1999 年广东省各县晚稻褐飞虱发生情况数据,应用本系统进行晚稻褐飞虱第 7 代发生程度中期预测:启动 RIPMES II 并进入图形化的计算机专家推理界面,装载稻飞虱的知识模型库,选择“褐飞虱第 7 代发生程度中期预测”为目标,系统从虫情数据库中取数据并计算出“褐飞虱第 7 代发生程度数”为 4.0。

此时,系统自动寻找知识模型库中与“褐飞虱第 7 代发生程度数”这一条件因子有关联的知识与模型,并将其以图形化的方式加载到推理界面中。因为一个规则的条件与另一个规则的结论若是相同的,则这 2 个模型就会建立起关联,这样多个知识模型就形成了一个由条件和结论(也是一种条件)组成的网络(图 1)。

当“褐飞虱第 7 代发生程度数”为 4.0,根据知识模型库中的规则“res(‘褐飞虱第 7 代中等偏重发生’,1): - res(‘褐飞虱第 7 代发生程度数’, A), (A > = 3.50), (A < 4.50)”,系统推理得到结果为“褐飞虱第 7 代中等偏重发生”,并自动将已知的条件和

推理得出的结果以不同的颜色在图形界面上表示,并用带箭头的线将其连接起来(图 1)。此时,如果我们在这个界面上,用鼠标双击某一个图形对象,如果该对象是一个纯条件对象(只是条件而不是结论),就会弹出该条件的赋值窗口,可以对该条件因子进行赋值。如果该对象不是纯条件(既是条件又是结论),则会弹出该条件的管理窗口,在该窗口中可以查询会导致该条件(结论)的所有规则。例如,我们双击“抗性品种”,在弹出的窗口中为该条件赋值,设其值为 1(即该条件为真),此时,系统自动对所有的条件进行分析,得到新的结论“褐飞虱第 7 代不需要防治”(图 1)(即:当“褐飞虱第 7 代发生程度数”为 4.0,水稻品种为“抗性品种”这 2 个条件都满足时,结论“褐飞虱第 7 代不需要防治”成立)。

## 4 讨论

RIPMES 实现了知识和模型的统一,为进一步的研究打下了基础。RIPMES II 则更多地从系统的整体结构的完善来进行研究,确立以“以数据为核心”的总体设计思想,从数据采集、数据维护到数据分析与结果输出,建立了一个完整的专家系统的框架结构。同时,RIPMES II 充分地应用了目前最先进的计算机网络、数据库与空间信息技术,解决了 RIPMES 没有解决的实时数据采集、海量数据存贮与分析、空间分布特征分析等问题。RIPMES II 不仅可以应用于水稻病虫害的防治,同样可以应用于林业以及其他的农业作物的病虫害防治,在应用上具有很强的推广价值。

但是,RIPMES II 在解决专家系统的学习功能上,尚需要进一步的研究。目前专家知识库的充实是通过人工录入的方式进行,而没有实现根据专家系统推出的结果自动对专家知识库进行修改。这需要加入专家知识的后验评测功能,考虑到后验评测的复杂性,系统目前并没有加入这一功能。

此外,在 GIS 的应用方面,由于目前的监测点较少,尚没有形成一个覆盖面较广的监测网络,因而对虫害的空间分布特征的研究尚未能深入。进一步的目标是在广东省肇庆地区建立一个覆盖面较广的监测网络,同时结合对遥感(RS)影像的信息提取来获得更精确的虫害发生与分布的数据,研究虫害的发生、扩散与环境、地形、气象等因子的关系。

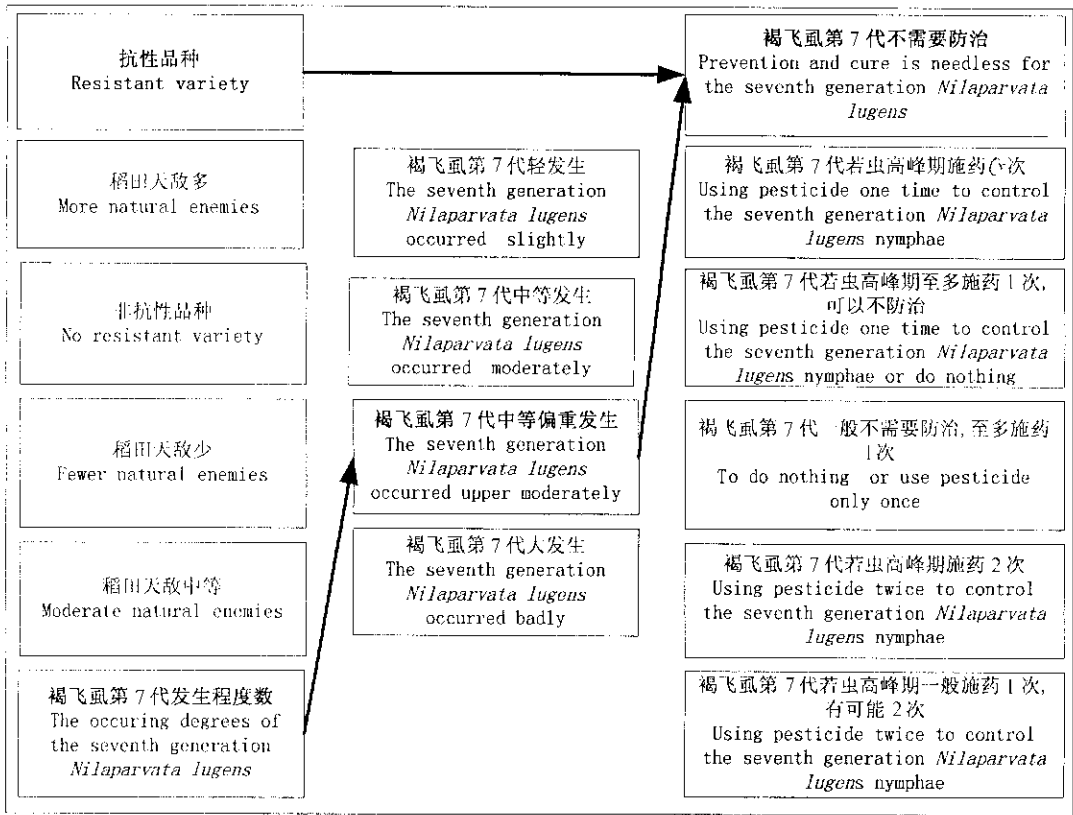


图 1 专家系统 RIPMES II 图形化界面

Fig. 1 Graphical interfaces of the expert system RIPMES II

## 参考文献 (References)

Feng GC, Gu DX, Zhang WQ, 1995a. The expert system for rice integrated pests management: tools of the expert system. *Journal of Biomathematics*, 10(1): 33–38. [冯国灿, 古德祥, 张文庆, 1995a. 水稻主要病虫害综合防治专家系统——系统外壳的研制. *生物数学学报*, 10(1): 33–38]

Feng GC, Zhang WQ, Gu DX, Tang JQ, Zhang RJ, 1995b. Study on rice IPM expert system. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 8 (Suppl.): 7–11. [冯国灿, 张文庆, 古德祥, 汤鉴球, 张润杰, 1995b. 水稻主要病虫害综合防治专家系统的研究. *西南农业学报*, 8(增刊): 7–11]

Heng KL, 1990. Computer expert system for improving insect pest management. *Rev. Agric. Entomol.*, 78(1): 1–11.

Liebold AM, Zhou G, Ravlin FW, Roberts R, 1998. Forecasting gypsy moth defoliation with a geographical information system. *J. Econ. Entomol.*, 91: 464–472.

Stone ND, Coulson RN, Frisbie RE, Loh DK, 1987. Expert system in entomology: three approaches to problem solving. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 32: 161–166.

Wang HK, Wang Q, Cheng XN, Wang MT, Wu XY, 1998. Application of geographical information system in analyzing the dynamic of the brown planthopper in Jiangsu Province. *Journal of Southwest Agricultural University*, 20(5): 432–437. [王海扣, 王群, 程遐年, 王茂涛, 吴晓毅, 1998. 应用地理信息系统分析江苏褐飞虱的发

生动态. *西南农业大学学报*, 20(5): 432–437]

Wang ZJ, Cheng JA, Li DM, 2001. Design and building of GIS database for *Chilo suppressalis*. *Acta Entomologica Sinica*, 44(4): 525–533. [王正军, 程家安, 李典谟, 2001. 水稻二化螟地理信息系统数据库的设计与组建. *昆虫学报*, 44(4): 525–533]

Wang ZJ, Li DM, Xie BY, 2004. Analysis on spatial distribution and dynamics of *Helicoverpa armigera* (Hübner) eggs, based on GIS and GS. *Acta Entomologica Sinica*, 47(1): 33–40. [王正军, 李典谟, 谢宝瑜, 2004. 基于 GIS 和 GS 的棉铃虫卵空间分布与动态分析. *昆虫学报*, 47(1): 33–40]

Zhang WQ, Feng GC, Gu DX, Zhang RJ, Tang JQ, 1995. An expert system for the integrated management of paddy stem borer. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 8(Suppl.): 26–32. [张文庆, 冯国灿, 古德祥, 张润杰, 汤鉴球, 1995. 三化螟综合管理专家系统的研究. *西南农业学报*, 8(增刊): 26–32]

Zhou Q, Zhang RJ, Gu DX, 2003. Spatial distribution patterns of the white-backed planthopper in rice fields. *Acta Entomologica Sinica*, 46(2): 171–177. [周强, 张润杰, 古德祥, 2003. 白背飞虱在稻田内空间结构的分析. *昆虫学报*, 46(2): 171–177]

Zhou Q, Zhang RJ, Gu DX, Zou SF, Xu QF, 2001. Spatial structure and pattern of *Nilaparvata lugens* population in large scale. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 12(2): 249–252. [周强, 张润杰, 古德祥, 邹寿发, 徐起峰, 2001. 大尺度下褐飞虱种群空间结构初步分析. *应用生态学报*, 12(2): 249–252]

(责任编辑: 袁德成)