

猕猴桃优质高效管理专家系统的研制与应用^{*}

毛明策^{1,2}, 上官周平², 刘晓东³, 马书尚¹, 宋晓彬¹, 姚春潮¹, 陆丽娜³

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100; 2 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

3 西安交通大学 电信学院, 西安 710049)

[摘 要] 猕猴桃优质高效管理专家系统是在 Windows NT (4.0) 环境下开发的, 适用于 Internet 的一个人工智能软件系统, 该系统由苗木繁殖技术、高接换种技术、整形修剪技术、疏蕾授粉疏果技术、果园生草技术、优化施肥技术、节水灌溉技术、病虫害防治技术、冻害预防技术、果品保鲜贮藏技术和系统维护等 14 个子系统组成, 介绍了系统结构及其实现技术。应用示范结果表明, 该系统指导的 66.67 hm² 示范果园年增产值 9 000 元/hm², 推广辐射的 6 700 hm² 果园年增产值 2 840 万元。

[关键词] 猕猴桃; 优质高效管理; 专家系统

[中图分类号] S663.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-075-04

当今发达国家广泛利用信息技术作为发展现代农业的重要手段, 其中农业专家系统的研究与应用已达到较高水平^[1]。农业专家系统是运用人工智能和信息工程技术, 总结和汇集农业专家的大量宝贵经验、科技成果、数据资料以及各种相关数学模型建造的计算机软件系统^[2], 通过大面积生产实际应用, 对推动科技进步和农业产业化发展具有重要的实用价值。我国是猕猴桃的发源地, 陕西省猕猴桃栽植面积占全国总面积的 1/2 以上。由于国际猕猴桃种植业从 1993 年起基本在低利润下运行, 而我国现有的猕猴桃在未来 5~10 年内进入盛果期后, 产量将会超过市场消费的需求^[3]。因而应尽快进行品种调整, 采取规范化栽培, 生产优质果, 研究配套贮运加工等技术, 瞄准国际市场走高产优质的路子, 才能取得较好的效益^[4~6]。应用人工智能和专家系统等高新技术对猕猴桃生产管理和猕猴桃产业的持续发展具有重要意义^[1,2]。笔者从系统的观念出发, 开发研制了猕猴桃优质高效管理专家系统, 以期实现猕猴桃生产的信息化管理, 推动猕猴桃产业的健康发展。

1 系统组成

1.1 系统设计原则

在研制猕猴桃优质高效管理专家系统过程中, 应始终以优质高效管理、提高优果生产率和市场占有率为最终目标; 利用人工智能技术、网络技术和多

媒体技术, 采用最简洁的知识表示模式和推理机制来满足用户的需求; 尽可能做到系统具有友好的界面及较强的可维护性、可扩充性和稳定性。

1.2 系统功能与目标

根据猕猴桃优质高效管理过程及其关键技术, 本系统由苗木繁殖技术、栽植技术、高接换种技术、整形修剪技术、疏蕾授粉疏果技术、果园生草技术、优化施肥技术、节水灌溉技术、病虫害防治技术、冻害预防技术、果品保鲜贮藏技术、商品化处理技术、信息服务、系统维护等 14 个子系统组成, 通过上述子系统可对猕猴桃生产管理实现如下 7 个方面的目标: 建立高质量果园, 推荐与资源相适应的品种, 指导用户选择果园品种; 调节树体结构, 形成高效合理的群体, 培育优质果; 为果树生长提供良好的土壤、养分和水分等条件; 开展树体保护, 使树体健壮生长; 提高优果率、果品品质, 以提高市场占有率; 为优果生产提供市场、人才、资源等信息; 充实、修改和完善知识库、数据库和模型。本系统最终要实现的目标为: 每公顷猕猴桃园产果 2 000 kg, 其中重 120~150 g 的单果占 90%; 果实硬度 9 kg/cm² 以上, 可溶性固形物达 10%~12%, 每 100 g 鲜果含维生素 C 100 mg 以上; 果形端正, 符合栽培品种的特性, 果面洁净, 无污染物, 无未愈合破伤、内部溃烂、日灼、腐烂、碰伤、枝叶磨损、虫害、药害、病害等现象; 优果率为 80% 以上。

^{*} [收稿日期] 2001-01-08

[基金项目] 国家 863 计划项目 (863-306-ZD05-03-3); 杨凌农业高新技术产业示范区科研专项基金项目 (A 026)

[作者简介] 毛明策 (1977-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生。主要从事农业信息利用工程方向的研究。

2 系统的基本结构及主要实现技术

2.1 系统的结构组成

本系统主要由人机接口、知识库、模型库、数据库、推理机、知识获取、知识库管理子系统、数据库管理子系统、模型建立子系统、捕获器等组成,其逻辑结构如图 1 所示。

捕获器是一种应用于 Internet 环境下的小程序,它能主动地定时到一些固定的网站上寻找并采集资源。本系统主要是用于捕获几大农产品交易网站的有关猕猴桃交易量和交易价,捕获猕猴桃先进栽培技术并自动建立动态链接,同时也可提供其他农产品网站的友情链接。

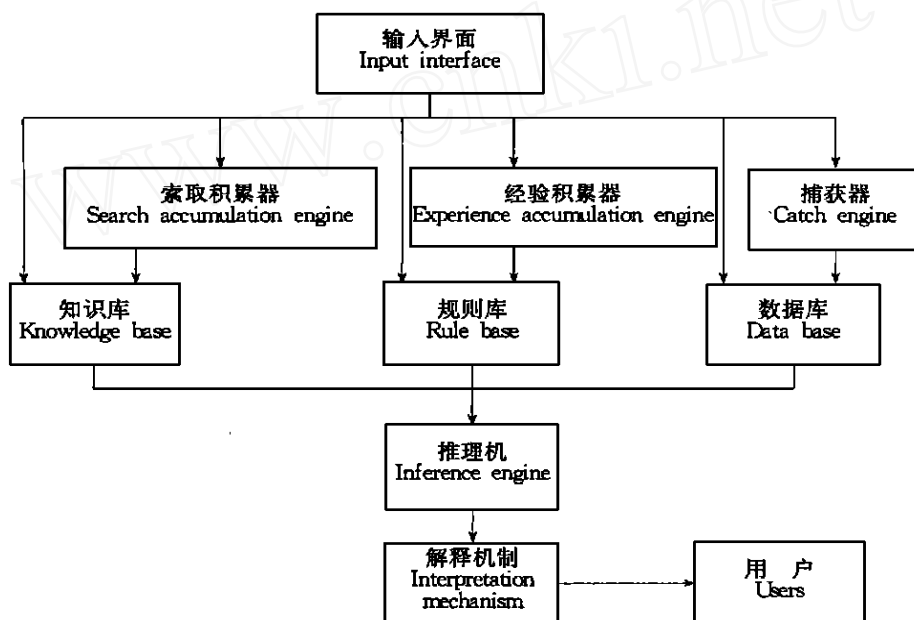


图1 猕猴桃优质高效管理专家系统的结构组成
Fig. 1 The structural composition of high-quality and efficient management of Kiwifruit expert system

知识库综合应用了多种知识表达方法,如产生式表示方法、数学模型、图表、图像、文字记录等;规则库因各子系统的对象而异,如在缺素症诊断中采用不确定性推理,在优化施肥子系统中采用模糊判断等。

2.2 知识表示

本系统中基于事实的知识表示方法主要使用产生式规则,知识库由事实库和规则库两部分组成,有关猕猴桃生长发育过程中的各种天气、病虫害症状、生长表现、果树树龄和各种农作措施操作强度等构成知识库,用于推理。被存入知识库的知识,系统可以根据用户的选择或输入,激活相应的知识进行推理直至得到解决办法或无效退出。

本系统采用产生式规则,其具体形式是:

if E then H (CF = t_r),

其中 E, H 分别为前提条件及结论, E 可为多个子条件用 and 或 or 联接起来的复合条件; t_r 为规则强度。

猕猴桃病害防治技术子系统涉及生产中常见的 20 多种病害,其知识库由 70 多条产生式规则组成,例如猕猴桃细菌性溃疡病害的推理过程为:

r₁: if 猕猴桃发生病害 then 病害发生在地上或地下部;

r₂: if 病害发生在地上 then 病害发生在叶或枝干上;

r₃: if 病害发生在枝干部 then 病害不形成大的子实体;

r₄: if 病害不形成大的子实体 then 枝条上无膏药状病斑;

r₅: if 枝条上无膏药状病斑 then 初期在枝杆上形成红褐色小点,后期从病部流出菌脓遇空气后变成铁锈红色,2月初~3月底为发病高峰期;

r₆: if 符合 r₂~ r₄ then 猕猴桃病害为细菌性溃疡病 (*Pseudomonas syringae* Pv actinidia)。

2.3 经验积累器

由于农业生产的复杂性决定了农业知识的专业

性质, 广泛性、离散性、地域性使得规则中事实界定较为困难, 导致推理效率不高。为此, 本系统研制过程中, 设计了一种简洁的经验型积累机, 其积累过程是: 首先设立一个空白数据区, 然后查询本子系统共有多少条知识(基于知识的)、多少条案例、多少个检索结果, 并根据其各自的关键词创立数据库, 可利用网络上通用的计数器记录每条有关知识的被点击浏览次数, 然后选取前 k 个将其所对应的知识关键词列于系统主界面或子系统界面上, 主界面上需列出热线子系统和热线知识, 其他界面只列出热线知识, 通过这样的热线可以帮助用户更快捷有效地使用本系统。

2.4 “索取”积累器

“索取”型积累器实际是由电子表格组成的数据库, 只不过它是由使用者填写的, 是“索要”更多的知识以丰富系统本身, 以弥补某些领域知识的不足。现有专家系统的知识大多为启发性知识, 这些启发性知识是人类技术专家解决具体问题时, 所表现出的跳跃性思维在计算机内部的表现形式, 它跳过了一个非专家思考问题时所经历的若干中间步骤, 正是由于这些跳跃使得专家系统在一定范围内达到领域专家的效果。这种专家系统是脆弱的, 因为一旦出现启发性知识尚未考虑的情况, 系统就无能为力, 而人类专家却能照样获得解答。解决这种脆弱性的一种方法就是增强专家系统的知识获取能力, 近年出现的“面向对象”专家系统开发技术在这方面做了积极探索^[1]。

索取型积累器以优化施肥子系统为例, 它被放到一个特别的页面上, 弹出施肥子系统“请确定”后将出现下列页面:

请您填写下列数据以便与其他网友交流 您的果园单产为_____ kg/hm ² 您的果园在()县(区) 您自去年收果后至今年收完果期间的施肥量(kg)是: 有机肥_____, 氯化钾_____, 微肥_____ 尿素_____, 磷酸二氢铵_____ 提交 重填
--

填入页面所要求的各项内容后, 单击“完成”, 该页面会被发回服务器保存起来, 以备建立新的数据库。

(1) 当数据积累量小于或等于 30 条时, 它不被启动, 此时“施肥子系统”中没有施肥量, 而只显示陕西省猕猴桃生产标准所建议的施肥标准。

(2) 当数据积累量在 30 至 60 条时, 它将启动,

此时界面撤下固定的施肥标准将提问“您需要提供那种服务?”时列出地点、产量、施肥量、有机肥、尿素、钾肥和磷肥, 如果选择其一且非产量时, 系统将扫描所有数据向您提供某一关键词所对应的产量列表, 同时出现它的生产地和其他检索项, 您还可以选择用其他关键词为依据的排列。

(3) 当数据积累量大于或等于 60 条时, 系统将认为某页新输入的数据表是某次肥料定位试验的 1 个试验记录, 尤其是当某一小地域的记录很多时, 肥料与产量间的关系在试验中将呈现正态分布, 因而可以利用正态分布函数, 求出 b 肥料 m kg 时可得预定产量的 x kg 的概率:

$$P\{X > x\} = \int_x^{\infty} f(x) dx = 1 - \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}} dx$$

其中, x 为预定产量; u 为 m kg b 肥所对应所有记录产量的平均值; σ^2 为 m kg b 肥所对产量的方差。

为了确保系统本身的科学性, 系统初始的数据例子都由专家依据实例或经验输入(数据量在 0~15 条)。当系统启动后, 如果有一用户新输入数据, 系统将利用统计原理加以检验: 当用户输入 1 组数据, 系统将提取其产量, 并从已存的数据库中提取 5~10 个与该产量相等或相近的数据后, 分别计算其所需各种肥料的平均值 u_b , 然后令 x_b 为新输某肥料的数量, 其概率分布:

$$P\{X > x_b, x < u + x_b\} = \int_{x_b}^{u+x_b} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}} dx$$

当 $F_{x_b} < 5\%$ 时认为 b 肥料无效, $F_{x_b} > 5\%$ 则认为有效; 当 4 种肥料中有 2 种无效时, 该数据记录无效。

2.5 经验积累器的使用

经过一段时间的数据累积和训练后, 每当用户链接施肥主页时, 页面将出现如下界面:

请填写您要查询的项目, 一个或多个均可 您的果园单产为_____ kg/hm ² 您的果园在()县(区) 您预备的肥料(kg)是: 有机肥_____, 尿素_____ 磷酸二氢铵_____, 其他_____ 确认 取消

用户应至少填写一个空, 这样系统将按用户的要求依一定规则扫描记录, 然后回答用户的咨询。下面是某次咨询的结果, 用户选择了两项: 地区为周至, 有机肥为 2 300 kg, 希望查询最高产量(这里选择 90% 的概率), 系统给出下列查询结果:

依据您的要求,本系统建议您今年产量宜为 1 800 kg,您将有 90% 的可能获得此产量。

确认

取消

2.6 推理方法及控制策略

根据不同领域问题的特点,本系统采用正向推理,在推理过程中实现模糊性的传递与计算^[1]。在本系统中,病虫害综合防治是一个重要技术环节,考虑到几十张图片在 Internet 网上的传输效率,将文字检索设为默认,在文字输出结果显示图象及防治方法,以互为印证;另外考虑到果园中实际可能同时感染几种病害因而设置了选项“不完全是此病虫害引起的”,它能再次回到开始并记录咨询过的所有病症,完成后一并输出。

3 应用效果

由于猕猴桃果营养丰富,经济效益高,所以种植面积迅速发展,产量逐年大幅度增长。陕西省政府把它列入重点扶持优势产业之一,1997 年全省栽植面

积已达 1.38 万 hm^2 , 占全国总面积的 50% 以上。使用该系统指导的 66.67 hm^2 示范果园通过提高产量以生产优质果率,比旧果园的产值提高 20%,每公顷年增产值 9 000 元,示范园每年增加产值 60 万元。6 700 hm^2 的系统推广示范辐射果园,年增产值达 11.3%,每公顷年增加产值 4 260 元,6 700 hm^2 年增加产值 2 840 万元。猕猴桃优质高效管理专家系统受到陕西省猕猴桃产区各级政府部门的重视和欢迎,促进了猕猴桃果业生产由粗放型向集约型转变、由单纯追求高产向优质高效转变,对引导陕西省猕猴桃产业的健康、持续发展做出了贡献。到目前为止,专家系统辐射推广区域已扩大到陕西省主要猕猴桃产区。应用示范推广结果表明,本专家系统是较为成功的,性能也是稳定可靠的。但由于专家系统的研制和应用在猕猴桃高效优质管理领域尚属首次尝试,专家的知识也必然会不断更新,因此,本系统中的知识库还在不断地扩充和完善,以使之更趋完善可靠。

[参考文献]

- [1] 熊范纶. 农业专家系统及开发工具[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [2] 上官周平. 农业专家系统及其应用[J]. 农业现代化研究, 1994, 13(5): 298-301
- [3] 王仁才. 猕猴桃优质周年管理技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [4] 张指南, 侯志洁. 中华猕猴桃的引种栽培与利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [5] 崔致学. 中国猕猴桃[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1993
- [6] 张洁. 猕猴桃栽培与利用[M]. 北京: 金盾出版社, 1994

The development and application of high-quality and efficient management expert system of Kiwifruit

MAO Ming-ce^{1,2}, SHANGGUAN Zhou-ping², LIU Xiao-dong³, MA Shu-shang¹,

SONG Xiao-bin¹, YAO Chun-chao¹, LIU Li-na³,

(1 College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 College of Telecommunication, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: This paper gives a detailed introduction to the designing aim, function, construction and its main realization technology of the expert system of high-quality and efficient management of Kiwifruit, especially its knowledge expression and the inference mechanism. This expert system is exploited under Window NT (4.0) and Internet platform environment. This system includes 14 sub-systems: propagation methods, variety change by branch grafting, pruning (fruiting habit, winter pruning, summer pruning, pruning male vine), fruit and flower thinning and pollination, weed planting in orchard, manure (soil management, nutrition management), water saving irrigation, disease and pest control, fruit storage (post-harvest handling, grading and packing), and system maintaining part. In 1999, this system has been popularized for more than ten thousand hectares in Shaanxi province, and has gained obvious effects on increasing production.

Key words: Kiwifruit; high quality and efficient management; expert system