

智能体技术在农业专家系统测试软件中的应用

诸叶平^{1,2}, 冯仲科¹, 鄂越²

(¹北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; ²中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081)

摘要: 本文根据农业专家系统研究和应用的现状, 分析了目前农业专家系统开发中存在的问题, 提出了研究开发农业专家系统测试软件的思想; 本文还论述了智能体 (Agent) 的应用研究现状, 提出了基于多智能体的农业专家系统质量检测工具的研究思路和系统设计方法, 论述了系统实现的技术途径, 并讨论了基于多智能体的农业专家系统检测软件的应用前景、问题和发展。

关键词: 智能体; 农业专家系统; 检测软件工具

Application of Agent in Agricultural Expert System Inspection Software

ZHU Ye-ping^{1,2}, FENG Zhong-ke¹, E Yue²

(¹College of Natural Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083; ²Institute of Agricultural Information, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: In reference to the status quo of research and the application of agricultural expert systems, this paper analyzes problems existing in the current development and puts forward the idea of research and development for agriculture-specific software. The experimental application, Agent, examines agronomist research methodology, system design, and technology implementation. In addition, this paper addresses application outlook, potential problems and the development trend of Multi-Agent-based inspection software for agricultural expert systems.

Key words: Agent; Agricultural expert system; Inspection software tool

0 引言

农业专家系统在 20 世纪 80 年代兴起于中国大地, 它是将农业领域专家的知识计算机程序化, 用以传播专家的知识和经验, 模仿人类专家解决农业生产中的问题。这对于农业专家短缺的地区, 是传播农业知识和技术的有效工具。随着计算机技术的发展, 专家的经验已不仅是文字和规则的表现, 而且可以是图形、图像、动画等多媒体信息的服务与知识传播。农业专家系统在指导农业生产、提高农民素质等多方面起到了积极和重要的作用。

20 世纪 70 年代末期美国开始研究农业专家系统, 最初用于农作物的病虫害诊断。1978 年伊利诺斯大学

开发的大豆病虫害诊断专家系统 PPLANT/dh 是世界上应用最早的专家系统。到 80 年代中期, 农业专家系统的研究从单一的病虫害诊断转向生产管理、经济决策与分析、生态环境保护等。经过近 30 年, 特别是近 10 年的发展, 农业专家系统已涉及作物栽培、设施园艺、畜禽养殖、水产养殖、植物保护、育种以及管理决策等领域, 广泛应用于作物生产管理、品种选择、病虫害控制、温室管理、畜禽饲料配方、水土保持、食品加工、财务分析、农业机械选择等方面。中国从“八五”期间开始立项进行农业专家系统的研究与应用, 并取得了一系列成果。自 1992 年开始, 国家“863”计划智能计算机系统主题组织了农业专家系统的研制和应用推广工作。“智能化农业信息技术应用示范工

收稿日期: 2005-10-23; 接受日期: 2006-01-06

基金项目: 国家“863”资助项目 (2004AA115190)

作者简介: 诸叶平 (1959-), 女, 北京人, 研究员, 博士, 研究方向为农业信息技术。Tel: 010-68975172; E-mail: zhuyep@mail.caas.net.cn

程”，以专家系统为突破口，实现智能化农业信息技术的应用与示范，已在全国遍地开花。目前已经建立了 23 个农业专家系统应用的示范区，涉及 21 个省市，其辐射推广已遍布全国 29 个省市，使农业专家系统成为中国应用示范面最广、影响力最大的信息技术之一。到目前为止，可以说，农业专家系统已触及中国农业领域的各个方面，为发展高产、优质、高效农业做出了重要贡献。农业专家系统已经深入广大农民心中，农民对农业专家系统有了新的认识和需求。农业专家系统已经不再自成体系，而是将与模拟模型技术、3S（地理信息系统、全球定位系统、遥感系统）技术、多媒体技术、Web 数据库技术等联合应用，以发挥更大的作用。但农业专家系统的开发和研制中仍存在着规范程度差的弱点。大多数农业专家系统还不易移植、还未形成产业化、现代化水平还不高；农业专家系统的开发还停留在作坊式的开发环境中；数据库、知识库、推理机没有统一的规范和接口标准；还存在着数据共享性差的问题。针对这些问题，需要规范农业专家系统的开发，从而需要一种软件测试工具对农业专家系统进行标准化测试和指导。实现数据资源共享、减少重复开发，就需要制定统一的标准和规范，使农业专家系统的开发在统一技术标准下，统一接口、联合开发、形成中国农业专家系统产业化。因此制定农业专家系统技术规范，并研制相应的测试软件，实现农业专家系统规范化检测是规范化农业专家系统开发、进一步发展农业智能系统的需要。目前“智能化农业信息技术应用示范工程”已经制定了农业专家系统技术规范，但是，还没有关于农业专家测试软件研究的相关报道，研制农业专家系统测试软件，对农业智能系统开发具有指导和督促作用，对规范化农业智能系统开发和提高软件的健壮性具有重要意义。

1 智能体技术应用

智能体 (Agent) 理论和技术作为分布式人工智能的研究领域，自 20 世纪 70 年代末出现以来发展变化很快，引起了众多研究人员的关注，其原因是多智能体系统 MAS (multi-agent systems) 可以在现代计算机科学及其应用领域扮演重要的角色。

80 年代以前，分布式人工智能对协调和协作的研究主要集中在无目标冲突的情况下各智能体的相互帮助，实现目标。这种研究适合于分布式问题求解^[1]。随着多智能体技术研究的深入，各智能体是处于有限

资源、动态的、开发的环境中^[2]，因此，要求智能体在有目标冲突的情况下，通过不断的交互，逐步协调与环境的关系及各自之间的相互行为，以达到共同的目标。

在多智能体系统中，任何一个智能体都需要和其它智能体进行交流、合作，其行为和决策受其它智能体存在和会话规则的影响，并用最通用的言语一行为理论形式化语言使通信着的智能体双方相互了解各自的内部状态和言语目的^[3]。

尽管多智能体在理论上还有许多值得深入研究的课题，然而它已获得十分广泛的应用，涉及机器人协调、过程控制、远程通信、柔性制造、网络管理、交通控制、电子商务、数据库、远程教育和远程医疗等。

在多机器人协调方面，自主多机器人系统，尤其是移动机器人系统，其研究的问题是，多机器人系统如何利用全局信息、知识和技能，通过多智能体系统协调作用完成单机机器人无法独立完成的复杂任务。例如，机器人足球比赛是一种典型的协调 MAS。在比赛中，每个智能体（足球机器人）都具有定向跑步、带球、传球、接球、避碰等个体技能。这些足球机器人通过任务分解、多级学习、动态角色分配等实时策略，构造球队的站位、队形和队员的行为模式，以实现球队在比赛中的协调。

在工业控制方面，多智能体已在电力传输管理、核子加速控制等部门得到应用；在机械制造过程，尤其是在柔性制造系统和计算机集成制造系统中，多智能体也已经获得许多应用。采用多智能体方法对柔性制造系统的任务进行分解，根据合同网协议把任务分配给各智能体（生产单元），由多个生产单元通过对策和协商，协同完成生产任务。

多智能体系统在网络管理与通信等领域的应用日益增多。远程通信系统是需要对相连部件进行实时监控和管理的大型分布式网络。但电话网络中以较快速度添加新的特性时，要确定特性间的关系是否冲突较为困难，传统方法无能为力。采用协商智能体表示，建立一个呼叫相关的智能体。如果智能体监测到某种冲突，那么各智能体之间可以通过协商解决问题，直到建立一个可接受的呼叫连接结构。

在城市交通控制方面，已经建立了基于多 Agent 系统的市区交通控制系统。该系统把每个交通路口信号控制器定义为智能体，这些智能体不仅具有路口交通流状态和相应的控制方法的知识，而且具有紧急情

况下的反应能力和对未来短期车流状况做出预测的能力。智能体间通过联合优化实现全局优化目标。

Internet 已经成为多智能体系统技术的天然试验平台，促进了 MAS 的广泛应用。电子商务在于建立因特网上的自动交易标准、协议和相应的应用系统。

在因特网的智能用户接口和智能搜索引擎中，多智能体系统技术发挥了重要作用^[4]。多智能体技术还在远程智能教学系统开发、远程医疗、网上数据挖掘、信息过滤、评估和集成以及数据库管理等方面得到了应用。在软件测试方面，有面向对象的软件测试多智能体系统研究^[5]。

在农业领域，Badjonski 等人曾经研制过一种遗传育种种多 Agent 专家系统，Bentham 也在作物生产管理

方面进行过类似的尝试^[6]。Parrott 等人提出了基于 Agent 的牛奶生产决策支持系统的解决方案^[7]。应用多智能体理论开发农业专家系统质量检测工具能提高检测的质量和协同工作的能力，值得研究和探讨。

2 基于多智能体的检测软件设计与开发

针对目前农业专家系统开发存在的问题，根据国家“863”计划信息技术领域中“智能化农业信息技术应用示范工程”项目中制定的农业专家系统技术规范，应用智能体技术和理论，作者设计了基于多智能体的农业专家系统测试软件的功能模块和系统框架（图 1）。设计了数据库检测、知识库检测、模型库检测、

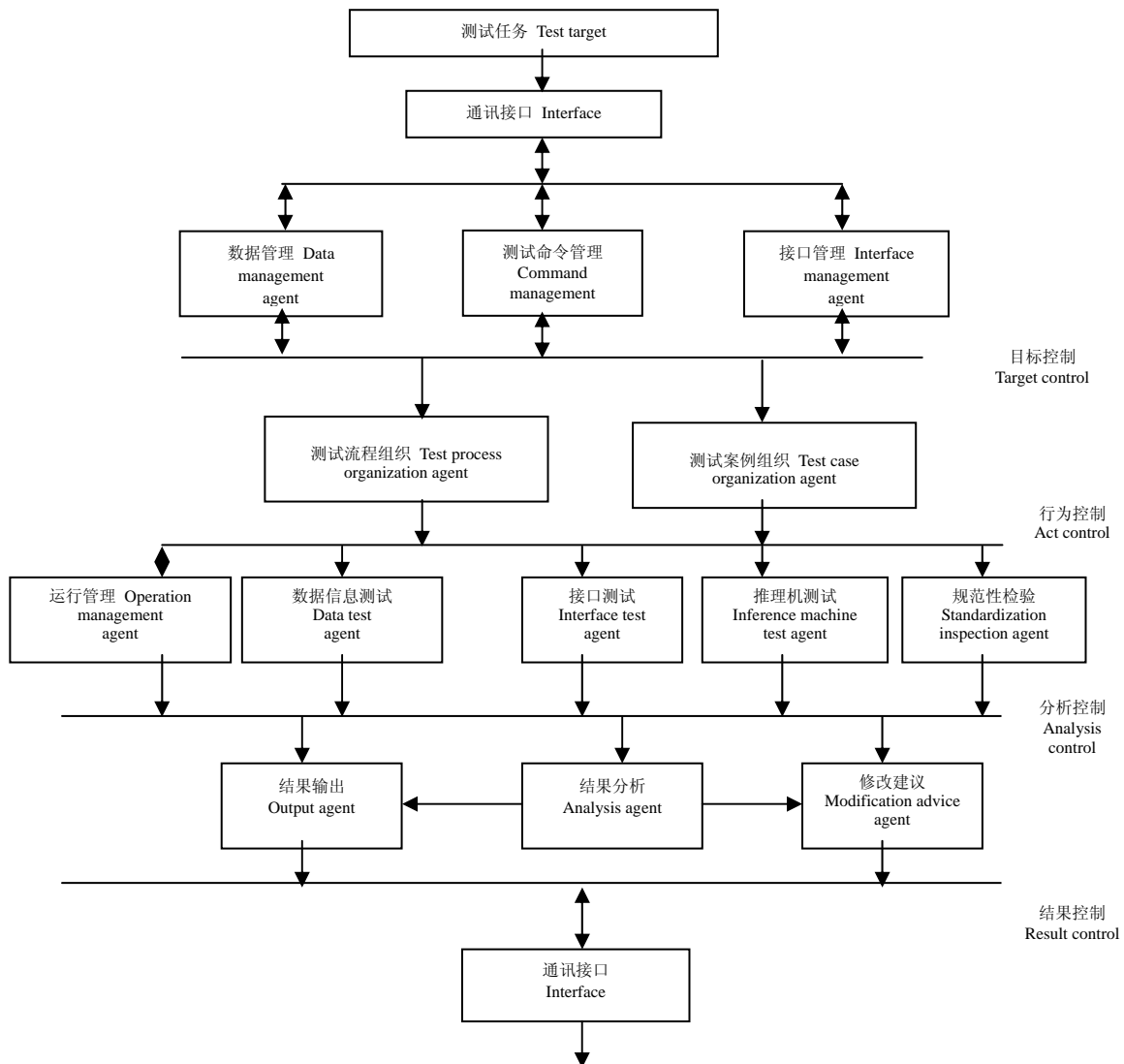


图 1 基于多智能体的农业专家系统测试软件结构图

Fig.1 Structure of multi-agent-based expert system inspection software

程序模块检测、案例维护和帮助等功能模块。在系统结构框架设计方面,设计了目标控制层、行为控制层、分析控制层与结果控制层。目标控制层根据系统检测目标,通过测试命令管理 Agent、数据管理 Agent、接口管理 Agent 将任务分发到测试流程组织 Agent、测试案例组织 Agent 等,每个 Agent 承担各自的任务,实现相应的检测任务管理与分配功能,并具有各自的智能行为。

行为控制层完成各种检测任务,其中主要包括数据信息(数据库、知识库、模型库)检测、接口测试、推理机测试,根据农业专家系统开发规范,完成农业专家系统的规范性检测,并将检测结果送到分析控制层,由分析控制 Agent 对检测结果进行分析、输出,并给出修改建议。

本研究应用系统工程的理论和面向 Agent 的方法,集成应用数据库技术、软件技术和人工智能技术,开发了基于智能体的农业专家系统质量检测工具,用于检验农业专家系统的数据和知识的冗余情况、系统的规范性和健壮性。基于智能体的农业专家系统质量检测工具研究的开发采用 VC++ 程序设计语言,数据库接口采用 ODBC、DAO 和数据引擎,程序模块测试应用软件技术进行系统集成与调用。应用基于数据编写测试脚本方法,自动产生测试案例。这种方法能够为连续的单元测试、集成测试、回归测试自动产生测试脚本。通过这种方法的使用,使得数据编辑步骤最小化,并能自动产生用于测试整个应用程序的测试脚本,而不需要手工编辑和调试测试脚本,仅需要简单地把被测的应用程序提交给最后的工具产品,就自动输出测试结果。

基于智能体的农业专家系统质量检测工具,能测试农业专家系统的数据库、知识库和模型库的标准化程度、冗余情况、数量等,检测过程中,对数据和知识冗余矛盾、系统(或数据)定义错误予以自动报警。能自动生成测试数据,检验被测系统的健壮性、是否具有程序性错误和逻辑错误等。测试软件带有一些案例,并能添加、删除和修改案例,还能自动生成测试数据,用于农业专家系统测试。

3 应用举例

农业专家系统检测软件包括数据库测试、知识库测试、模型库测试、案例生成和维护、健壮性测试等功能,菜单如图 2。

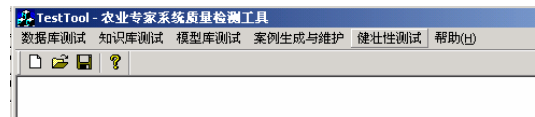


图 2 农业专家系统检测软件菜单

Fig. 2 The menu of agricultural expert system inspection software

数据库测试可以由操作者选择数据库的类型和数据文件名,测试软件根据选择读取数据库内容、检测数据记录数,如果不是规范的数据库,测试软件将提示错误。

知识库和模型库测试,能根据操作者选择的路径、文件名、表名,读取知识库和模型库的信息、统计知识和模型条数、进行冗余检查,实例如图 3。

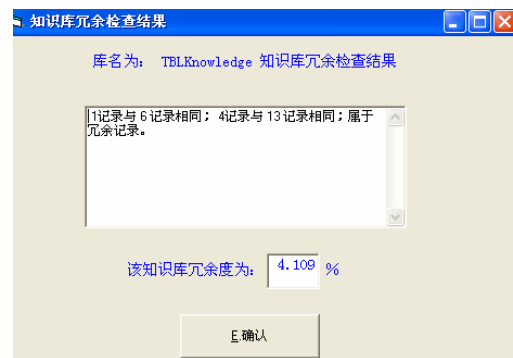


图 3 知识库测试

Fig. 3 Test knowledge base

健壮性测试,可以测试.DLL、.EXE 文件,文件名可以自由选择,可以对农业专家系统的推理机等部件进行测试,被测软件选择如图 4,测试软件能测试出被测模块所包括的方法、属性、需要输入的参数。测试者可以根据被测者提供的文档,输入参数的上、下限,测试软件将自动生成测试案例、自动生成测试脚本,并运行被测模块,自动形成测试报告,报告程序是否通过、有无逻辑错误、输出是否在期望值范围内等。如果对测试结果不满意可以修改和添加测试案例,再次测试。测试实例界面如图 5。

4 讨论

智能体技术是当前人工智能领域研究最为活跃的一个分支,得到了工业和信息领域的高度重视,由于它既具有独立工作的特性,又具有协同工作的优点,对于软件开发,可以在规范的通讯接口下,设计开发不同的智能体完成不同的工作任务,不同任务之间

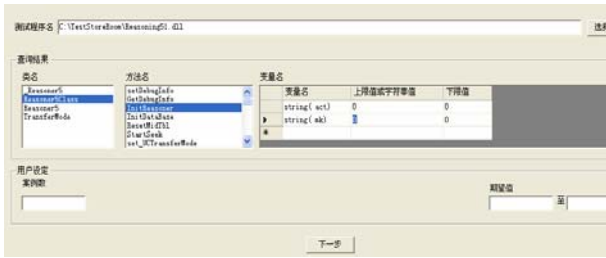


图 4 选择被测模块
Fig. 4 Select tested model

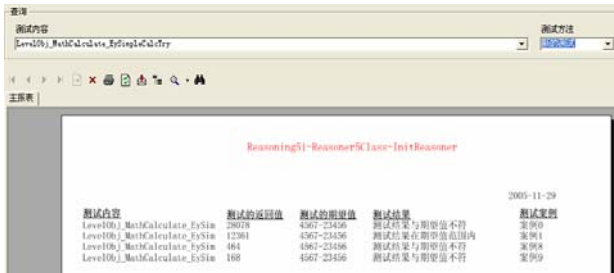


图 5 测试结果
Fig. 5 The test result

既相互独立又互相帮助、协同工作，将这项技术应用于农业专家系统测试软件的研究与开发中，增加了软件系统的智能化程度和开发工作的独立性。农业专家系统测试软件是为了统一农业专家系统的软件环境，实现农业专家系统的快速开发、高效利用和健康发展，促进农业专家系统向标准化和规范化的方向发展。

目前研制的农业专家系统检测软件，还只能检测无界面的程序模块，被检测的软件还局限于基于微软环境开发的程序。但是，这项工作已经拉开了农业软件自动检测的序幕，随着中国软件产业的发展，软件检测工具将发挥重要的作用。

5 结论

本研究探索了智能体技术在农业专家系统测试软件中的应用问题，智能体技术同样可以用于解决农业领域其它问题，尤其是可以利用它的智能特性进行农业生产管理、分析和辅助决策。多智能体是一种结

构化的有明确求解目标的智能体群体，基于多智能体的问题求解可以降低求解难度。

农业专家系统测试软件为农业专家系统的开发、应用和推广提供了质量保证工具，能促进农业专家系统健壮、有效集成和快速发展，促进农业信息技术的发展，从而提高中国农业软件的整体竞争能力。

References

- [1] 史忠植. 智能主体及其应用. 北京: 科学出版社, 2000: 81-83.
Shi Z Z. *Intelligent Agent and Its Application*. Beijing: Science Press, 2000: 81-83. (in Chinese)
- [2] Hewitt C. DAI betwixt and between: From “Intelligent Agent to Open System” science. *IEEE transaction on systems, Man and Cybernetics*, 1991, 12: 1409-1419.
- [3] 简林莎, 段宗涛. 多 Agent 系统的开发应用. 北京电子科技学院学报, 2003, 11(1):41-44.
Jian L S, Duan Z T. Development and application in multi-agent system. *Journal of Beijing Electronic Science and Technology Institute*, 2003, 11(1): 41-44. (in Chinese)
- [4] 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用. 北京: 清华大学出版社, 2004: 240-241.
Cai Z X, Xu G Y. *Artificial Intelligence and Its Application*. Beijing: Tsinghua University Press, 2004: 240-241. (in Chinese)
- [5] 周慧华, 郑明辉, 马光致. 面向对象的软件测试多 Agent 系统研究. 计算机工程与应用, 2004.32: 44-47.
Zhou H H, Zheng M H, Ma G Z. Research of object-oriented software test multi-agent system. *Computer Engineering and Applications*, 2004, 32: 44-47. (in Chinese)
- [6] Bentham M J. FarmSmart: a multi-agent decision support system for crop production. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Computers in Agriculture*, Orlando, FL, 2000: 469-479.
- [7] Parrott L, Lacroix R, Wade K M. Design considerations for the implementation of multi-agent systems in the dairy industry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2003, 38: 79-98.

(责任编辑 张淑兰)