

基于多智能代理的试题库设计与实现

谢印宝

(山东理工大学计算机科学与技术学院, 山东 淄博 255049)

✉xieyinbao@163.com



摘要: 针对传统试题库资源容易枯竭和命题效率低下的问题, 结合操作系统课程的考核大纲, 提出了基于多智能代理试题库的设计思想和利用可视化开发工具Visual FoxPro 9.0的实现方法。首先建立操作系统基本概念和算法的数学模型, 然后定义并编写模型的Agent函数, 从而实现自动生成试题及答案与评分标准的功能。通过引入动态难度系数和相似度, 实现了难度、题型和算法相似的一试多卷或一人一卷的命题考试, 有效地避免了考试作弊现象。数据库设计采用经典的企业建模工具PowerDesigner。实验结果表明, 其在考试命题中具有方便、快速、长效、实用、一试多卷的特点。通过学生考试成绩统计分析, 总分标准差为2.97, 体现了考试的公平性。

关键词: 多Agent; 试题库; 操作系统课程; 智能计算机辅助教学; 管理信息系统

中图分类号: TP391.6 **文献标识码:** A

Design and Implementation of Test Question Bank based on Multi-agent Technology

XIE Yinbao

(School of Computer Science and Technology, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

✉xieyinbao@163.com

Abstract: This paper proposes to design a test question bank based on multi-agent technology and then implement it by using visual development tool Visual FoxPro 9. The proposed bank is designed by combining assessment syllabus of the operating system course, and aims to solve problems of traditional test question bank, such as easily-exhausted questions, low-efficient proposition. First, mathematical model of the basic concepts and algorithms of the operating system is established, and then Agent function of the model is defined and written, so as to automatically generate test questions, answers and scoring standards. Dynamic difficulty coefficient and similarity are introduced to realize a multi-paper or one-person-one-volume proposition test with similar difficulty, question type and algorithm, effectively avoiding exam cheating. Classic enterprise modeling tool PowerDesigner is used for database design. The experimental results show that in proposition, the proposed test question bank is convenient, fast, long-term, practical, and has the characteristics of multiple papers in one test. Through statistical analysis of students' test scores, the standard deviation of the total score is 2.97, which reflects fairness of the test.

Keywords: multi-agent; test question bank; operating system course; intelligent computer-assisted teaching; management information system

1 引言(Introduction)

试题库命题已经成为计算机辅助教学的重要组成部分, 命题的质量和考试效果取决于试题库中试题的数量、题型、难度和分类方法等因素^[1]。国内外许多高校都已研发或购买了相关课程的试题库, 但是由于专业课程和教学大纲的差异, 在实际应用中存在三个问题: 第一, 题库资源枯竭, 即题库

中试题数量有限, 随着时间推移, 试题重复率越来越高, 加上维护成本高, 有的甚至被放弃^[2]。第二, 命题过程烦琐。第三, 无难度系数相同、相似度高的一试多卷或一人一卷的多智能体(Multi-Agent, MA)命题模式。另一方面, 从2009年起, 计算机科学与技术学科实行计算机学科专业基础综合课全国硕士研究生入学统一考试, 操作系统知识约占23%,

重要性毋庸置疑。其考核越来越侧重基础知识应用能力的考查,主要分为两类题型:单项选择题和综合应用题。为此,本文针对计算机科学与技术专业的核心课程之一——操作系统进行设计并实现了基于MA的操作系统试题库,简称OS-Agent(Operating System-Agent)。从2013年使用OS-Agent进行一试多卷或一人一卷命题考试,并不断地进行完善,涉及60多个教学班近1,000套试题,教学效果优良,同时对其他相似课程的试题库建设具有一定的借鉴作用。

2 OS-Agent系统设计(OS-Agent system design)

2.1 体系结构

OS-Agent主要由 n 个模型命题Agent和组卷输出Agent构成。模型命题Agent命名为 M_Agent_i ($i=1, \dots, n$),如图1所示。

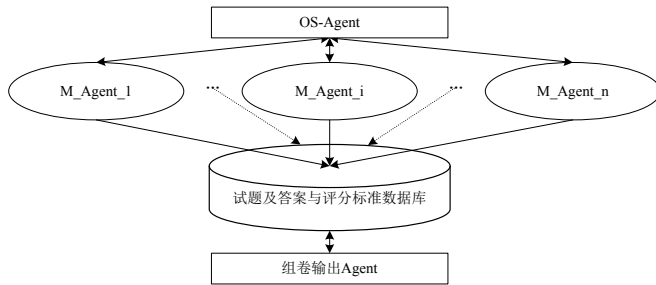


图1 OS-Agent的体系结构

Fig.1 OS-Agent architecture

OS-Agent属于MA系统(MAS),与单Agent相比,MAS具有更显著的自制性和协作性特点,可以更好地满足命题多样化的需求^[3-5]。组卷输出Agent主要根据试卷参数和历史数据,从模型命题Agent已经产生的试题数据库中进行自主性组卷并输出,如根据总分要求确定试题的数量,变化试题顺序,自主设置试卷页面、试卷信息等,最后完成试卷打印的功能。

2.2 数学模型

OS-Agent命题模型定义为如下五元式^[6]:

$$M = (V, X, Y, A, D)$$

定义1 V (Variables)是所有参变量组成的集合,称为参变量集。

$$V = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots\}$$

定义2 X 是自变量组成的集合,且 $X \subset V$,称为自变量集。

定义3 Y 是因变量组成的集合,且 $Y \subset V$,称为因变量集。

定义4 A (Algorithm)是算法组成的集合, $\forall y \in Y$, $\exists x \in X \wedge \exists f \in A$, x 通过算法 f 计算或确定 y ,记为 $y = f(x)$, A 称为算法集。

$$A = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_m\}$$

定义5 D (Domain)是 V 可取值的范围或集合,称为域值。

建立数学模型的算法如下:

Step 1 依据课程教学考试大纲,确定模型 M ;

Step 2 确定 V 和 D ;

Step 3 通过随机函数选定 $y \in Y$;

Step 4 根据Step 3选定的 $y \in Y$ 确定 $x \in X$ 和 $f \in A$,满足 $y = f(x)$;

Step 5 通过随机函数给 $x \in X$ 赋值并由 $y = f(x)$ 求出 $y \in Y$ 值;

Step 6 如果是选择题,由随机函数产生 y 在 A 、 B 、 C 、 D 中的位置;

Step 7 统一命名 M_Agent_i ($i=1, \dots, n$)。

2.3 实例

依据计算机学科专业基础综合课全国硕士研究生入学统一考试中关于操作系统的考核大纲,根据文献[7]—文献[10],目前归纳基本概念模型30个,如操作系统设计目标模型、功能模型和特征模型等,主要用于概念完形填空题命题,随机考核一个属性;单个重点知识点模型10个,如存储器分配模型、地址变换模型、有效访问时间模型、缓冲管理模型和磁盘传输时间模型等,主要用于选择题命题;综合知识点模型6个,如进程同步模型、三级调度模型、避免死锁模型、页面置换模型、磁盘管理模型和文件物理结构模型,主要用于综合题命题。当然,模型可以根据考试大纲动态地增加或减少,特别是添加、修改、删除和检索基本概念模型可以通过对数据表的操作完成。

编写 M_i ($i=1, \dots, 46$)模型的Agent函数,统一命名格式为 M_Agent_i ,如页面置换模型 M_{44} 对应的函数名为 M_Agent_44 ,即当进行Agent命题时,调用函数 $M_Agent_44()$ 就能根据用户确认的命题信息自动完成该模型生成试题、自动求解过程,同时将试题及答案与评分标准保存到OS-Agent相关数据库中。在OS-Agent中,每个函数都是一个Agent个体,具有自主性和高度智能化,因此Agent命题亦称为智能命题,详见用户界面设计。

实例1 若 M 为有效访问时间模型,问题和模型描述如下:

一个具有快表的分页系统中,一次访问内存(Access Memory)的时间是100 ns,访问快表的时间是20 ns,设从快表中能找到所需页表项(页描述子)的概率(Hit Ratio)为80%,计算CPU存取一个数据时的有效访问时间(Effective Access Time)^[8]。

$$V = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$$

其中, x_1 表示一次访问内存的时间, x_2 表示访问快表的时间, x_3 表示从快表中能找到所需页表项(页描述子)的概率, x_4 表示CPU存取一个数据时的有效访问时间。

$$Y = \{x_i \mid i = \text{int}(1 + 4 \times \text{rand}())\}$$

$$X = V[-]Y$$

$$A = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$$

其中, f_1, f_2, f_3, f_4 分别定义为:

$$\frac{x_4 - x_2}{2 - x_3}, \quad 2x_1 - x_4 - x_1x_3, \quad \frac{2x_1 + x_2 - x_4}{x_1}$$

$$(x_1 + x_2)x_3 + (2x_1 + x_2)(1 - x_3)$$

$$D = \{x_1 \in \text{int}(10 + 31 \times \text{rand}()) \times 10, x_2 \in \text{int}(2 + 7 \times \text{rand}()) \times 5, x_3 \in \frac{\text{int}(80 + 19 \times \text{rand}())}{100}, x_4 \in \text{float}\}$$

针对以上问题 $Y = \{x_4\}$, 确定 $X = \{x_1, x_2, x_3\}$, $f_4 \in A$, 即 $x_1 = 100$, $x_2 = 20$, $x_3 = 80\%$, $x_4 = (x_1 + x_2)x_3 + (2x_1 + x_2)(1 - x_3) = 140(\text{ns})$ 。

实例2 OS-Agent调用页面置换模型函数 $M_Agent_44()$, 显示的试题如图2所示。

山东理工大学《操作系统》试卷纸

(A-9653219786) 卷 2013-2014 学年第2学期 班级: 姓名: 学号: 序号: 考订线

03. (10分) 在请求分页系统中, 假设系统为进程P分配5个物理块(Frame), 开始执行时主存中没有页面(Page); 页面访问串(Reference String)如下, 采用Optimal页面置换算法。说明: 低物理地址优先。

4, 7, 4, 2, 0, 5, 2, 5, 6, 7, 0, 3, 6, 5, 6, 2, 6, 7, 4, 3, 7, 0, 5, 4
[1]. (6分) 求缺页中断次数PF(Page-Faults);
[2]. (4分) 求页面置换次数PR(Page-Replacements); 并给出依次被置换的页面Pages。

图2 OS-Agent调用页面置换模型函数 $M_Agent_44()$ 后显示的试题

Fig.2 Test questions displayed after OS-Agent's calling page replacement function $M_Agent_44()$

针对图2中的问题, 其模型描述如下:

$$V = \{x_{11}, x_{21}, x_{31}, \dots, x_{3k}, x_{41}, x_{51}, \dots, x_{5m}, x_{61}, x_{71}, x_{81}, \dots, x_{8n}\}$$

其中, x_{11} 表示进程P分配的物理块个数, x_{21} 表示预先装入主存的页面个数, $x_{31}, \dots, x_{3k}$ 依次表示预先装入主存的页面且 $k = x_{21}$, x_{41} 表示页面访问串的长度, $x_{51}, \dots, x_{5m}$ 依次表示页面访问串中的页面且 $m = x_{41}$, x_{61} 表示缺页中断次数, x_{71} 表示页面置换次数, $x_{81}, \dots, x_{8n}$ 表示依次被置换的页面且 $n = x_{71}$ 。

$$Y = \{x_{61}, x_{71}, x_{81}, \dots, x_{8n}\}$$

$$X = V[-]Y$$

$$A = \{f_i \mid i = \text{int}(1 + 3 \times \text{rand}())\}$$

其中, f_1, f_2, f_3 分别定义为FIFO、Optimal、LRU三种需要重点掌握的页面置换算法。

$$D = \{x_{11} = \text{int}(3 + 3 \times \text{rand}()),$$

$$x_{21} = \text{int}((x_{11} + 1) \times \text{rand}()),$$

$$x_{3i} = \text{int}(8 \times \text{rand}()) (i = 1, \dots, x_{21}),$$

$$x_{41} = \text{int}(20 + 6 \times \text{rand}()),$$

$$x_{5j} = \text{int}(8 \times \text{rand}()) (j = 1, \dots, x_{41})\}$$

函数 $M_Agent_44()$ 自动求解并给出答案与评分标准, 如图3所示。

3-03: [1].Optimal Page Replacement Algorithm:																				6分
4	7	4	2	0	5	2	5	6	7	0	3	6	5	6	2	6	7	4	3	7
4	4	4	4	4	6	6														
7	7	7	7	7	7	7														
	2	2	2	2	2	2														
	0	0	0	0	3	3														
		5	5	5	5	5														
Page-Faults PF=9																				+1分
[2].Page-Replacements PR=4																				+1分
Pages to be replaced list: 4,0,6,7																				+1分
																				+1分

图3 OS-Agent调用 $M_Agent_44()$ 自动求解的答案与评分标准

Fig.3 OS-Agent call $M_Agent_44()$ automatic answer and rule

2.4 数据库设计

OS-Agent数据库设计首先要充分体现Agent的智能特征, 同时考虑系统的通用性和数据库的优化^[11-14]。根据PowerDesigner的概念数据模型建立数据库OS_AgentD.dbc, 共创建六个数据表: 存储难度系数、相似度、考核性质等选项的临时表agent_temp.dbf; 命题教师表agent_teacher.dbf、授课班级表agent_class.dbf、学期表agent_term.dbf; 存储 $M_Agent_i()$ 命题及答案与评分标准数据表agent_test.dbf, 如表1所示; 存储基本概念模型的数据表OSBC_cloze.dbf^[6]。限于篇幅, 只给出了主要数据表的结构, Fields Name命名原则是便于在循环结构中使用。

表1 $M_Agent_i()$ 命题及答案与评分标准数据表

Tab.1 $M_Agent_i()$ make out questions and answers, and scoring table

Fields Name	Fields Type	Fields Width	Note
tfb1id	Character	6	试题ID
tfb11	Character	20	填空题, 选择题答案
tfb12	Character	254	综合题试题(按行存储)
tfb13	Character	254	综合题答案(按行存储)
tfb14	Character	3	评分标准, 如+2、+10
tfb1id_1	Character	4	显示或打印顺序ID

3 关键技术和实现方法(The key technology and implementation method)

Visual FoxPro 9.0(VFP 9.0)系统是Microsoft公司最新发布的一款具备自开发语言的数据库管理系统(DBMS), 是使用非常广泛的小型数据库应用系统的开发工具, 有效削弱了

对数据库服务器和网络环境的依赖，更加方便灵活^[6]。

3.1 命题信息实现智能化

命题之前一般需要输入或选择命题信息，快速确定命题信息成为决定命题效率的关键步骤之一，如OS-Agent根据系统日期自动计算并选择学期^[6]，根据考生班级名称和考试类型，自动给出参考的难度系数和相似度。

3.2 动态难度系数和相似度

为了满足一试多卷的考核要求，考虑学生的基础和层次存在差别，传统的难度系数不能真实反映试题的难度，如一个班同时用两份以上的试题考核，就要确保难度相当、题型相似、算法相似。动态难度系数 d 定义如式(1)。

$$d = (1 - \frac{\alpha}{\beta}) \times \lambda \tag{1}$$

其中， β 为试题总分， α 为预测平均分， λ 为自定义系数，本文取 $\lambda=10$ 。

相似度分为Hi-High、Mi-Middle、Lo-Low三个等级。例如：设定命题信息难度系数2.0，相似度Hi。各份试题 $M_Agent_44()$ 对应的模型中， $x_{11}=4$ ， $x_{21} \in [0,4]$ 且取值相等，即预先装入主存的页面数相同，但装入页面 $x_{31}, \dots, x_{3k}$ 不同； $x_{41} \in [22,24]$ 且取值相等，即页面访问串的长度相同，但页面 $x_{51}, \dots, x_{5m}$ 不同。算法集 $A = \{f_i | i = \text{int}(2 + 2 \times \text{rand}())\}$ ，即Optimal、LRU算法任选，因为二者难度相当。

3.3 用户界面和命题流程

OS-Agent用户界面如图4所示，其中试题信息为传统的试题库部分，不再赘述。



图4 OS-Agent试题库用户界面

Fig.4 OS-Agent test papers database user interface

图4中智能命题流程如下：

Step 1 确认命题信息。

Step 2 单击智能命题命令按钮(Command Button)，系统首先依据命题信息随机调用符合条件的 $M_Agent_i()$ 进行命题并保存在数据库中，然后显示和打印试题及答案与评分标准。

4 实验结果与分析(Experiment results and analysis)

计科1201—1204四个班共146名学生采用OS-Agent的四套试题随机发放同时考试，试题编号A01—A04，难度系数

2.0，相似度Hi。试题共21题，分为3个大题，其中，基本概念填空题10个小题共20分，选择题5个小题共20分，综合题6个小题共60分，卷面共100分。对其中计科1201班38名学生平均成绩的分析统计如表2所示，显而易见，标准差符合实际的需求。另外，最高分100分1名，最低分4分1名；其中选择题得0分2名，得4分3名，得8分4名，由此可见，有效地避免了考试作弊现象。成绩比较如图5所示，总分标准差为2.97，平均成绩基本吻合^[15]。

表2 OS-Agent命题考试成绩分析统计表

Tab.2 OS-Agent test scores analysis table

试题编号	学生人数/人	填空题/分	选择题/分	综合题/分	总分/分
A01	11	19.50	14.90	40.00	74.36
A02	9	16.00	16.00	35.00	67.00
A03	9	18.70	16.00	39.30	74.00
A04	9	17.80	11.60	41.40	70.78
标准差		1.30	1.80	2.39	2.97

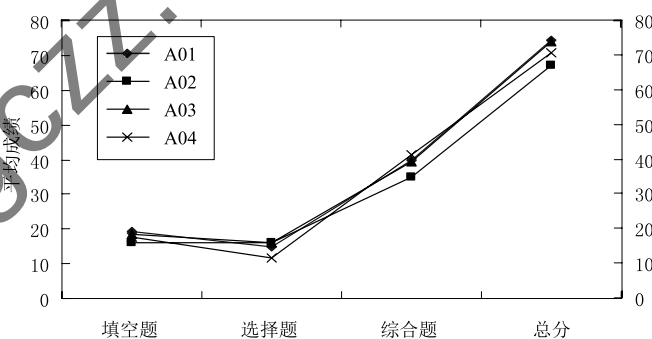


图5 OS-Agent命题考试按试题编号成绩比较

Fig.5 OS-Agent test scores comparison

5 结论(Conclusion)

OS-Agent运用MA技术，彻底改变了传统的试题库命题模式，是一个全新的由 $M_Agent_i()$ 命题的试题库模式，大大提高了命题的效率。图4显示，目前已命题5,312,799套，通过IBM ThinkPad(CPU 1.70 GHz/1.24 GB内存)的连续100万套命题测试，确认命题信息后，一套试题的平均命题时间约为20秒，即单击智能命题到屏幕显示试题的时间(不含打印时间)，整套试题的重复率低于万分之一，系统操作简单，使用方便。同时OS-Agent也可以作为教师辅助教学的工具，命题千变万化，同时给出答案和评分标准；实现了真正意义上的一试多卷或一人一卷的考核，有效避免了抄袭现象，成绩基本符合正态分布，取得了很好的考核效果。但是要真正满足操作系统各类考核要求，还需要不断扩充和完善现有的Agent模型。

参考文献(References)

- [1] 杨丽萍.基于B/S架构的《操作系统》教学辅助系统的研发[J].长春大学学报,2009,19(4):24-26.
- [2] 李铁军,张德强.智能化专家系统试题库的实现途径[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2011,31(6):358-360.
- [3] 李青山,王璐,褚华,等.一种基于智能体技术的软件自适应动态演化机制[J].软件学报,2015,26(4):760-777.
- [4] 乔少杰,韩楠,金澈清,等.基于Multi-Agent的分布式文本聚类模型[J].计算机学报,2018,41(08):1709-1721.
- [5] 陈付龙,周雯,王杨,等.基于Agent的Web教育资源预选择分层模型[J].计算机工程,2013,39(9):119-122.
- [6] 谢印宝,吴志勇.基于Agent的操作系统学习与考试系统[J].山东理工大学学报(自然科学版),2019,33(4):32-36.
- [7] 汤小丹,梁红兵,哲凤屏,等.计算机操作系统[M].4版.西安:西安电子科技大学出版社,2018:92-128.
- [8] ABRAHAM S. Applied operating system concepts[M].7th ed.北京:高等教育出版社,2007:269-281.

(上接第32页)

部分遍历对比输出即可。使用该方法得到的报告具有结构完整、集成度高、内容丰富等特点,因此该方法适用于格式固定、内容丰富的报告的自动生成工作。用户在提供原始模板后需要的操作仅仅是对生成的报告进行核实,该方法有效地提高了工作效率。

4 结论(Conclusion)

随着计算机技术的发展及其在电力行业的普及,使用计算机技术解决电力行业中遇到的实际问题愈发普遍。本文在满足用户需求的基础上克服了开发过程中遇到的困难,形成了一整套完整的从数据库中的实时数据到分析文档的生成流程,并基于该流程开发相应的工具实现了分析文档的自动生成。在具体实现过程中使用电力报表以图表的形式获取用户需要的数据,然后使用POI技术在预设的文档基础上将其生成用户需要的分析文档,最后为了保持格式的一致使用OpenOffice将其格式进行转换,在完成上述流程后即可获得最终的分析文档供用户使用。在实际的应用中,如果需要按照一定的模板定期生成发布文档可参考上述流程,结合实际的需求进行差异化开发,从而简化人工的操作,提高工作效率。

虽然该方法中使用了报表工具和POI技术,但是报表是使用脚本执行的,而使用POI技术的相关导入导出则使用的是Java程序来开发,两者之间存在异步操作,这也导致了可能存在数据不一致的问题,后续开发中可以在Java程序中直接调用报表的功能,并将相应的数据存放在内存中然后导出到模板中。

参考文献(References)

- [1] 周洪林,何兴无.基于Linux的OpenOffice.org应用[J].信息技

- [9] 张尧学,宋虹,张高.计算机操作系统教程[M].4版.北京:清华大学出版社,2019:185-230.
- [10] WILLIAM S. Operating systems internals and design principles[M]. 8th ed.北京:电子工业出版社,2017:325-423.
- [11] 赵韶平.PowerDesigner系统分析与建模[M].2版.北京:清华大学出版社,2014:79-129.
- [12] 李国良,周煊赫,孙信,等.基于机器学习的数据库技术综述[J/OL].计算机学报,2019,42(120):1-33.
- [13] 林子雨,杨冬青,王腾蛟,等.基于关系数据库的关键词查询[J].软件学报,2010,21(10):2454-2476.
- [14] 崔跃生,张勇,曾春,等.数据库物理结构优化技术[J].软件学报,2013,24(4):761-780.
- [15] 王雷,甄子琦,沃天宇,等.基于学习行为数据的操作系统教学效果量化分析[J].计算机工程与科学,2018,40(S1):63-71.

作者简介:

谢印宝(1965-),男,硕士,副教授.研究领域:MIS和数据挖掘.

术,2012,36(07):144-146.

- [2] 唐远涛.基于Web报表开发的研究与应用[D].成都:成都理工大学,2006.
- [3] BAWANKULE K L, RAUT N B. Design and implementation of massive MYSQL data intelligent export system to excel by using Apache - POI libraries[J]. IOSR Journal of Computer Engineering, 2014, 16(5): 58-65.
- [4] 吉豪杰,宋欣潮.POI用户模型的重构与优化[J].软件,2019(5):193-199.
- [5] COMEAU T, GARRETT B, RICHON J, et al. Using OpenOffice as a portable interface to JAVA-based applications[J]. Astronomical Data Analysis Software & Systems XIII, 2004, 314:701-703.
- [6] 杨权.基于OpenOffice服务对新闻编辑方式的改进[J].现代计算机,2017(24):83-86.
- [7] 郭迪,赵政文,王玺.基于cron的计划任务时间管理的设计与实现[J].现代电子技术,2011,34(14):62-64.
- [8] 邵欣欣,张明会,高梓峻.文档生成技术研究与应用[J].软件工程,2018,21(01):15-17.

作者简介:

毛煥锋(1992-),男,硕士,工程师.研究领域:数据挖掘,软件开发.

潘玉春(1981-),男,硕士,工程师.研究领域:电力系统WEB可视化.

朱玉付(1989-),男,本科,工程师.研究领域:软件开发.