

智能计算机辅助教学系统的设计*

王小辉 童 颀

(上海大学计算机系 上海 201800)

摘要 本文首先给出一个智能计算机辅助教学系统的设计思想:个别化、交互式和多媒体综合表示,然后给出该系统的教学流程、体系结构及其各功能模块的设计方法。

关键词 人工智能,计算机辅助教学,神经网络,专家系统。

随着计算机的发展,特别是家庭电脑的普及,人们越来越期望计算机能象优秀教师那样,能生动有效的进行教学,并适时地给予学生动手的机会与提示.为此,人们先后设计了各种 CAI 系统,按其智能高低可分为 3 类:

(1) 早期的 CAI 产品 电子“翻页器”:显示准备好的课文;“技巧—实践”监视器:显示问题并用事先存储的答案和校对说明来回答学生的解答。

(2) 个别化 CAI 系统 能根据学生回答转向相应的处理分支,如 AFO CAI, Ad_hoc, Frame_Oriented CAI.

(3) 智能化 CAI 系统 能根据学生水平编制教学内容和方法,以适应具体的学习者.如 Scholar(Carbonell,1970).

1 设计思想

1.1 计算机辅助教学的心理学基础

教学心理学的 2 个学派:行为学派和认知学派,都极力推崇计算机作为教学工具,认为它是人类教师极好的助手。

Skinner 把巴甫洛夫的条件反射理论发展为刺激—反应原理,并作为行为学派的基础,认为人可以通过刺激—反应模式的反复训练成功地获取知识.问题的关键是训练方法,笨的学生不是学不会,而是跟不上学习进度,没能及时地消化教授的知识.若能根据具体的学生调整教授速度和方法,因材施教,那么每个学生都能学到教给他的任何东西(Liebertde, 1974).人类教师在班级课堂教学中通常难以做到这点,但计算机可以个别地根据学生的学

* 本文研究得到国家 863 高科技项目和上海市科技启明星计划的资助.作者王小辉,1965 年生,博士生,主要研究领域为专家系统,神经网络,多媒体信息系统.童颀,1930 年生,教授,博士生导师,主要研究领域为人工智能与数据·知识工程.

本文通讯联系人:王小辉,上海 201800,上海大学(嘉定校区)计算机系

本文 1995-02-21 收到修改稿

习情况,及时调整教授速度和讲授方法以适应不同学生.

认知学派认为:行为学派对教授现成的东西有效,但“知识=事实性知识+经验性知识”,行为学派的教学方法在教学生学到事实性知识的同时,也抹杀了他们的独立思考的能力.为了克服这个问题,应让学生积极地参与活动,教师的作用是及时鼓励和引导学生.以计算机为基础建立起来的学习环境为学生提供了一个积极学习的场所.^[1]

综合2种不同心理学派的观点,我们认为个别化教学是最有效的教学手段.^[1]

另一方面,要实现真正的个别化,必须有人工智能技术的支持.

1.2 个别化与智能化

根据教学心理学理论,最有效的教学手段是个别化、智能化,即(1)能判断学生的能力;(2)能根据学生的能力选择不同的学习与进度;(3)能根据学习内容的难易程度选择不同的测试问题;(4)能对学生的回答进行解释和部分更正;(5)能根据问题选择补习内容.

因此,在KDICAIs系统设计中,我们以个别化、智能化作为系统设计的目标.另外,为了丰富人机界面、形象表示教学内容,还必须具有多媒体的综合表示.

1.3 教学模式

ICAI教学的主要特点是能对学生因材施教的个别指导.为做到这一点,必须懂得教什么,并了解学生、熟悉教学方法.因此一个好的教学模式应如图1所示,即教师首先了解学生水平,然后根据学生水平选定教学方法,由教学方法选择教学内容,根据内容制定实验和问题,再由学生完成的结果判断学生掌握的程度(即水平).由此反复,直到所学内容符合教学要求.

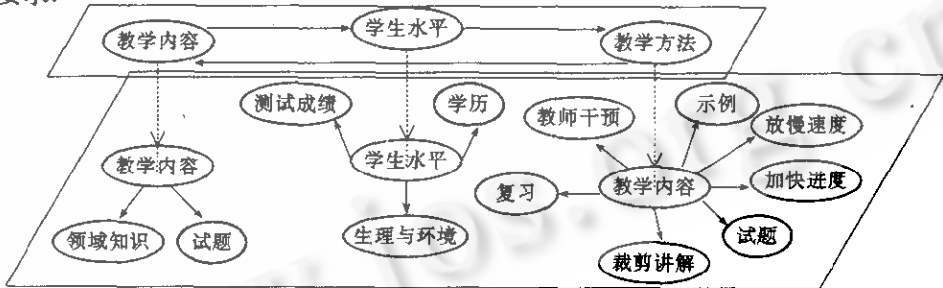


图1 教学模式

2 KDICAIs 的体系结构

根据设计目标,即面向个人、主动交互的教学模式以及多媒体综合表示技术,我们设计的KDICAIs系统的体系结构如图2所示.

该系统采用黑板控制结构^[2],其工作流程为:首先由“学生信息输入模块”接受学生输入的学习计划、学生身份、生理条件和当时环境等信息,并放入黑板中的档案;然后,“学生水平测试模块”根据学生信息和考试成绩(开始时无),判断学生对学习内容掌握的程度,并放入黑板中的学生水平档案中;之后,“课程内容选择模块”根据学生水平、教学方法和学习计划生成教案;“教学模块”根据教案从领域知识库、试题库、多媒体目标库选择具体的教学内容和考试问题,并开始教学,这时学生可以交互式地进行学习和回答问题.“试题分析模块”对

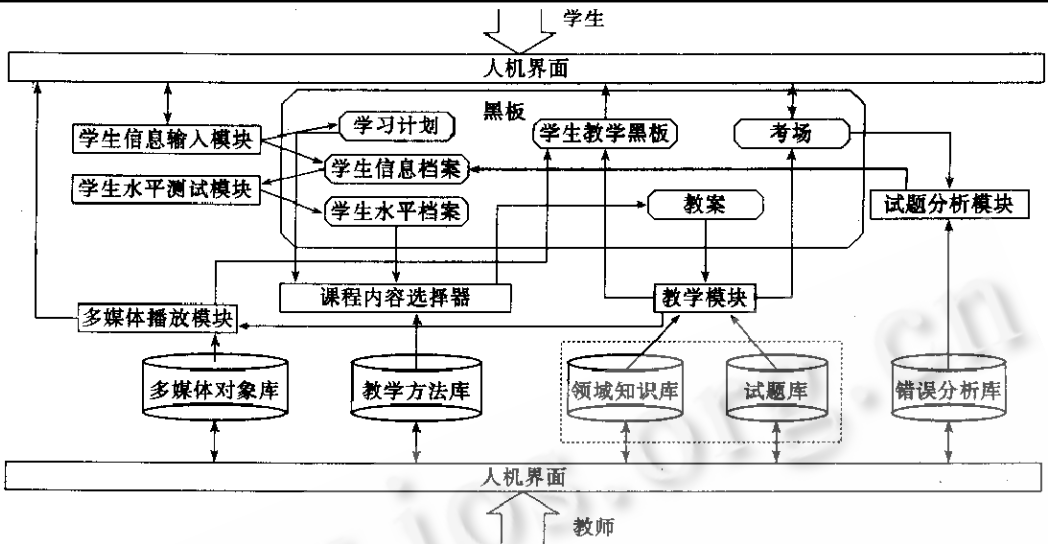


图2 KD-ICAI系统结构图

学生的回答进行分析,解释正确与错误的原因,并算出成绩存入学生信息档案中.如此循环,直至教学内容合格为止.

下面我们按工作流程介绍各模块的设计思想.

2.1 学习信息输入模块设计

学生输入模块的功能是让学生交互式地输入与学习相关的信息.设输入集为 I , 则

$$I = \{G, B, L, P, E\}$$

其中 G : 学习计划说明,如知识表达的学习; B : 姓名、性别、年龄等; L : 学历; P : 生理条件,如记忆力、好动或好静等信息; E : 学习环境,如当时的时间、温度等.

在学生信息输入模块中, L, P, E 的输入方式为选择输入. G 的输入方式为: 系统根据领域知识库的树型结构,提示学生输入学习要求.若学生选择了一个内容,设为节点 g ,则系统自动把该节点的所有子孙节点 g_1, g_2, \dots, g_n 放入学习计划中,从而形成学习计划: $S = g, g_1, g_2, \dots, g_n$, 并放入黑板中.另外,在某些场合调用多媒体播放模块进行输入的声音提示.

2.2 学生水平测试器的设计

由于在教学模型中,决定教学内容与进程的是学生水平,因此学生水平的测试的正确与否直接关系到系统性能的好坏.在 KDICAIs 中我们采用前馈神经网络(BP 算法)来对学生的水平进行测试.在设计神经网络结构时,我们不仅考虑学生的成绩值,而且考虑学生的性别、年龄、学历、生理条件、学习环境等因素;由此选择 15 个参数作为输入结点,输出 3 个结论值,即从 15 维空间向 3 维空间的映射:

$$f_{bp}: X \rightarrow Y,$$

$$X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_{15}),$$

$$Y = (Y_1, Y_2, Y_3).$$

$$Y_i \in \{\text{差}(0-59), \text{及格}(60-75), \text{中}(76-80), \text{好}(80-100)\}, i=1, 2, 3;$$

其中 X_1, X_2, X_3 分别表示学生在该单元内容的概念、技能和应用等问题测试的成绩值; X_4, X_5, \dots, X_{15} 分别表示学生的身份、生理和环境特征; Y_1, Y_2, Y_3 分别表示学生在该单元内容的概念、技能和应用等方面的掌握程度(即水平).

2.3 教学方法库的设计

由于不同教学单元的重点和难度不同,其教学方法和速度要因人而异,何时择要点复习、何时加快进度都需要经验.为此我们用不同的教案来指导对不同水平学生的教学.

定义 1. 教案 讲解某一具体知识内容的基本步骤序列,设为 S , 则 $S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_m)$. S_i 为基本教学步骤.

我们采用产生式规则表示指导教学的启发式知识,其形式为: IF \langle 学生水平表达式 \rangle AND \langle 学习计划信息 \rangle THEN \langle 生成教案 \rangle

具体如:

R_1 : IF \langle 知识表示法概念 $\rangle = \langle$ 差 \rangle

THEN \langle 复习前导课程,讲解概念 \rangle

R_2 : IF \langle 知识表示法概念 $\rangle \geq \langle$ 及格 \rangle

AND \langle 知识表示法应用 $\rangle = \langle$ 差 \rangle

THEN \langle 复习概念,讲解辅助知识,示例典型应用 \rangle

R_3 : IF \langle 知识表示法概念 $\rangle = \langle$ 好 \rangle

AND \langle 知识表示法技能 $\rangle = \langle$ 好 \rangle

AND \langle 知识表示法应用 $\rangle = \langle$ 好 \rangle

AND \langle 下一讲内容的难易程度 $\rangle = \langle$ 相同 \rangle

THEN \langle 讲解下一内容且速度加快 \rangle

...

2.4 课程内容选择器的设计

课程内容选择器实际为一部正向推理机,它利用学生水平的测试值 (Y_1, Y_2, Y_3) 、学习计划 g_i 和教学方法库的知识 R_i 进行推理,决定下一讲的内容和方法,即教案.

2.5 领域知识库的设计

领域知识库存放有关教学内容的专业知识、试题索引及其元知识.为了说明领域知识库的组织与设计,我们先对几个概念进行定义:

定义 2. 知识教学单元 KT(knowledge unit for teaching) 领域知识教学中最基本的教学内容单元. 设为 KT , 则 $KT = (C, S, A, E, P)$, 其中 C : 基本概念教学; S : 基本定律、方法和技能教学; A : 应用实例; E : 相关习题; P : 相关特性(元知识).

例如: 在专家系统原理的教学中,逻辑知识表示为一个知识教学单元.

定义 3. 知识表达单元 KP(knowledge unit for presentation) 领域知识教学中,学生要学习的知识对象. 它可以是知识教学单元(KT),也可由若干其他知识表达单元(KP)组合或类聚而成.

例如: 在专家系统原理的教学中,专家系统原理、专家系统结构、知识表示方法、逻辑表示和规则表示等均为知识表达单元. 其中 KP(专家系统原理)由 KP(专家系统结构)、KP(知识表示方法)等组合而成;而 KP(知识表示方法)由 KP(逻辑表示)和 KP(规则表示)等类聚而成.

显然, $KT \subset KP$.

定义 4. 领域知识树 DKT(domain knowledge tree) 整个领域知识库的知识以知识表

达单元(KP)为节点,按知识的逻辑层次(组合或类聚)组成一颗上下文树,所有叶节点为知识教学单元(KT),所有非叶节点为非知识教学单元。

在 KDICAIs 中,整个领域知识库以领域知识树的形式进行组织.图 3 为专家系统原理的教学中领域知识树的一部分。

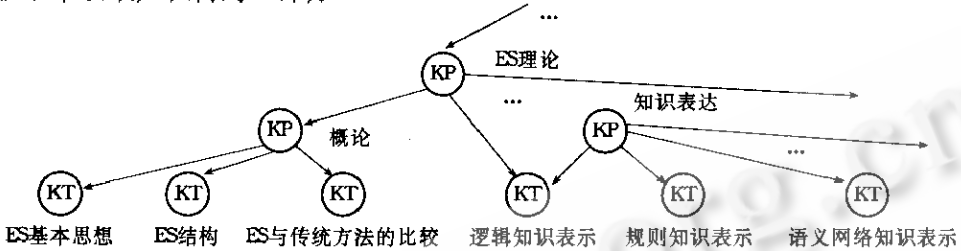


图3 领域知识树DKT

整个领域知识按用途分成 2 类:

〈领域知识〉::=〈教学内容知识〉|〈元知识〉

〈教学内容知识〉::=〈基本概念〉|〈基本定律、方法和技能〉|〈应用实例〉|〈习题〉|〈辅助知识〉

〈辅助知识〉::=〈多媒体表达的知识〉|〈补习知识〉

〈元知识〉::=〈知识教学单元的难易程度值〉|〈知识教学单元的前趋、后继单元索引〉

在 KDICAIs 中,整个领域知识按形式分成 4 种:

〈知识表达形式〉::=〈规则〉|〈框架〉|〈过程〉|〈表格〉

〈规则〉::=IF〈条件〉THEN〈结论〉

〈条件〉::=〈过程〉|〈框架〉|〈条件〉AND〈条件〉|〈条件〉OR〈条件〉

〈结论〉::=〈过程〉|〈过程〉,〈过程〉

〈过程〉::=〈显示文本内容〉|〈列表过程〉|〈显示图象过程〉|〈播放声音过程〉

|〈播放动画过程〉|〈已训练的神经网络处理器〉|〈激活试题〉

〈已训练的神经网络处理器〉::=〈前馈神经网络(BP 算法)〉

定义 $\varphi(A)$ 为集合 A 中的知识的表达形式集合,则:

若 $A_1 = \{\langle \text{教学内容知识} \rangle, \langle \text{补习知识} \rangle\}$, 则 $\varphi(A_1) = \{\langle \text{规则} \rangle, \langle \text{过程} \rangle, \langle \text{框架} \rangle\}$

若 $A_2 = \{\langle \text{多媒体表达的知识} \rangle\}$, 则 $\varphi(A_2) = \{\langle \text{过程} \rangle\}$

若 $A_3 = \{\langle \text{教学内容元知识} \rangle\}$, 则 $\varphi(A_3) = \{\langle \text{表格} \rangle\}$

2.6 试题库的设计

试题库中存放各种选择题,以领域知识的教学单元为单位,每个教学单元的试题分为 3 类:测试概念试题、测试技能试题和测试应用能力试题。

试题的选择由教学的内容驱动。

2.7 教学模块的设计

教学模块实际上为一个数据库检索系统.它根据教案,从领域知识库、试题库、多媒体目标库选择具体的教学内容和考试问题,送到黑板中的教学黑板和考场.检索过程见图 4。

2.8 错误分析库及其出错分析设计

错误分析库存放试题(选择题)各种可供选择的正确与错误情况分析.其数据模型为:

题号	选择	正确程度	分析说明	出题目的
----	----	------	------	------

出错分析模块根据学生在学习和考试中的问题的回答,在错误库中找到相应的分析信息,并显示给学生.在学生完成该教学单元的所有回答后,系统根据学生在概念、技能和应用

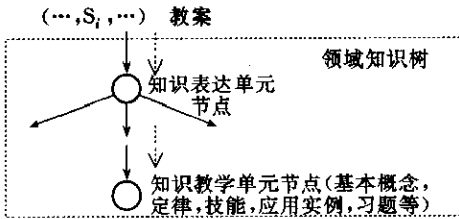


图4 领域知识的检索过程

方面试题的回答结果,算出其在3个方面的累计得分,即把学生所选项中正确程度值进行累计.其得分将作为学生水平测试的主要依据.

2.9 多媒体目标库及多媒体播放模块的设计

多媒体目标库用于综合表示,分为3个子库:声音目标库、图象目标库和动画目标库.声音目标库主要用于人机对话的提示和背景音乐;图象目标库

主要用于领域知识的形象表示;动画目标库主要用于领域知识中某些结构图的动态表示.多媒体播放模块包括声音播放模块、图象播放模块和动画播放模块,它们分别由教案驱动.

3 讨论

在KDICAIs中,我们采用了基于知识的教学方法设计,使得该系统能根据学生的学习情况和其它因素考虑教学内容.因此系统本身文化程度较高,具有一定的通用性,同时随着教学经验的丰富,可方便地加入新的知识.

尽管ICAI这项研究具有广阔的前景,但人们对ICAI所涉及的核心概念和过程——学习、记忆和认知的机理及本质尚未完全清楚,这种现状决定了ICAI系统的瓶颈:建立学生模型困难,难以真正了解学生的学习情况.

因此,今后工作将集中在探索一种新的智能处理模型:把神经网络的模糊决策机制和符号专家系统的推理能力结合起来,利用多重知识源、多种模型进行复合协同知识处理.

参考文献

- 1 黄忠显.智能计算机辅助教育的基础.计算机科学,1988,15(6):70~73.
- 2 Carver N et al. Evolution of blackboard control system. Expert System with Applications, 1994,7(1):1~30.

THE DESIGN OF INTELLIGENT COMPUTER AID INSTRUCTION SYSTEM

Wang Xiaohui Tong Fu

(Department of Computer Science Shanghai University Shanghai 201800)

Abstract In this paper, an individual, interactive, and intelligent computer aid instruction system with multimedia presentation was first proposed. After that, it introduces the way of learn—teaching, control architecture, and designs of components of this system in detail.

Key words Artificial intelligence, computeraided instruction, neural works, expert systems.