

智能教学系统中认知学生模型的实现

陈晓丹, 陈桂兰, 王伟

(黑龙江科技学院计算机与信息工程学院, 哈尔滨 150027)

摘要: 智能教学系统是在一定程度上替代人类教师实现最佳教学的一种智能化教学系统, 其中学生模型是智能教学系统的一个重要组成部分, 是学生知识结构和认知能力的真实客观反映。采用矢量记录法、评判算法和神经网络中的 BP 算法组成的评价体系, 结合认知理论, 对学生的认知能力进行了评价, 在此基础上提出了认知学生模型, 并在“大学计算机基础智能教学系统”中进行了应用研究。

关键词: 智能教学系统; 认知学生模型; 人工智能

Realization of the cognitive student model for intelligent tutoring system

CHEN Xiao-dan, CHEN Gui-lan, WANG Wei

(College of Computer and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: Intelligent tutoring system is replace the human teacher to achieve the best teaching, and the student model is a important part of intelligent tutoring system, and it reflects knowledge structure and cognitive ability of the student. The text applied vector record method, evaluation method, BP method of nerve network and combined cognitive theory to evaluate the student's cognitive ability, and then presented the cognitive student model, verified the model in the university's computer-based intelligent tutoring system.

Key words: intelligent tutoring system; cognitive student model; artificial intelligent

智能教学系统(Intelligent Tutoring System, ITS)是涉及人工智能^[1-2]((Artificial Intelligence, AI)、计算机科学、认知科学、思维科学、教育学、心理学和行为科学的综合性课题^[3], 其研究的最终目的是由计算机系统负担起人类教育的主要责任, 即赋予计算机系统以智能, 由计算机系统在一定程度上替代人类教师实现最佳教学^[4]。

智能教学系统由人机接口、学生模型、教师模型、领域知识库等构成^[5], 如图 1 所示。

其中学生模型作为智能教学系统的一个重要组成部分, 是一种可靠的表示学生认知特征的数据结构^[6], 记录着学生对知识的掌握程度, 是学生知识结构和认知能力的反映, 其实质是解决智能教学系统中的智能化问题。准确地表达出学生在学习过程

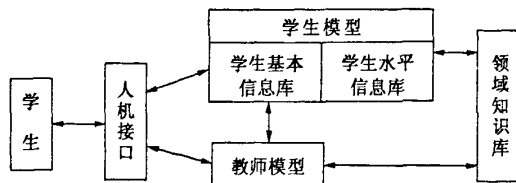


图1 智能教学系统结构图

中的认知状态, 是评价学生模型的关键。相关学者对此开展了研究工作, 先后提出了覆盖模型^[7]和偏差模型^[7]等。其中覆盖模型主要适用于必备教

收稿日期: 2010-06-18

基金项目: 黑龙江科技学院高层次引进人才科研启动基金资助项目(06-122)

作者简介: 陈晓丹(1980-), 女, 硕士研究生, 讲师, 主要研究领域为智能教学系统。

学材料展示的场合,学生知识看作是专家知识的子集,导师的目标是扩大这一子集。偏差模型考虑了学生对知识的处理没有包含在专家领域知识中的部分。但是这两种模型均没有研究认知能力在认知学习过程中的重要作用,因此不能客观真实地反映学习者的认知能力。针对上述模型的特点,本文在前人研究成果的基础上,运用矢量记录法、评判算法和神经网络中的 BP 算法组成的评价体系,并结合认知理论对学生认知能力进行评价,从而构建认知学生模型,并在“大学计算机基础智能教学系统”中进行了实际应用,以考核该模型的适用性。

1 学生认知能力评价

1.1 评价原则

根据认知理论,在知识学习方面,学生模型应能准确描述出学生所掌握的概念、概念间的关系以及概念的属性等。按照布鲁姆的教育目标分类^[8],在认知能力方面,学生模型应能表征学生的识记、理解、应用、分析、综合和评价六个能力。

①识记:记忆、回忆或重复以前呈现过的信息能力,也就是知识的保持能力。

②理解:表示学生对本知识达到的较深刻的认识,能将其系统化和内在化,能用自己的语言来解释所获得的信息的能力。

③应用:将知识(概念、原理或定律)应用于新情况的能力,学生可以在各种特定的具体的情况中使用本知识所论述的抽象概念、原则和理论。

④分析:把复杂的知识分解成若干个独立的部分,认识各部分之间关系的能力。

⑤综合:将有关的知识元素综合起来,形成新知识或新模式的能力。

⑥评价:学生对知识进行高级认知加工的基础上(包括分析、综合),能够对具体的知识以及知识外化形式的事实、思想和方法做出科学的价值判断,根据已有知识或给定的标准对事物做出评价和鉴定的能力。

本文所建立的认知学生模型也将依据上述6个方面对学生的认识能力进行评价。

1.2 评价体系

1.2.1 矢量记录法

信息录入的过程是通过学生登录系统时的录入和记录学生一系列的做题练习过程完成的。知识模型中包含有知识点要达到的教学目标,即识记、理解、应用、分析、综合和评价共六类,也就是说每个知识点都标有一项或多项认知技能,那么在组织题库

时,我们同样采用这种方法,对题目进行认知标识,即每一道题目也会同样反映出学生的一项或多项认知能力。

每一个知识点的测试题目类型,我们把它分为填空题、单选题、判断题。多个知识点组成一套练习题。学生在测试完某一个类型的题目时,会得到一个矢量表,如当学生测试完填空题时,得到的矢量表如表1所示。

表1 矢量表

题号	认知能力					
	识记	理解	应用	分析	综合	评价
1	1	0	-1	1	1	1
2	1	-1	1	0	0	0
3	-1	1	0	0	1	1
4	0	1	-1	-1	1	1
5	-1	0	0	1	1	0

①学生测试时,答对本题,本题所对应的某一项或多项的认知能力得分为1,否则为-1,没参加测试得分为0。

②通过矢量表可以得出,一共有5道题,如第1题涉及识记、应用、分析、综合、评价五项认知技能,其中,学生正确使用了识记、分析、综合、评价4个子认知技能,用错了应用子认知技能。没有参加理解认知技能的测试。依此类推2-5题。

1.2.2 评判算法

对于每一个矢量表计算学生对于各子认知能力 a_i ($i=1,2,3\cdots n$)的正确使用率 $r(a_i)$ 如式(1)所示。

$$r(a_i) = \frac{Na_i(1)}{Na_i(1) + Na_i(-1)}, i=1,2,3\cdots n \quad (1)$$

其中, $Na_i(1)$ 和 $Na_i(-1)$ 分别是子认知技能在某次练习中被正确使用和错误使用的次数,根据上式可以得到一正确使用率矢量,如式(2)所示。

$$R = (r_1, r_2, r_3, \cdots, r_6) \quad (r_i = r(a_i), r(a_i) \in [0, 1], i \in [1, 6]) \quad (2)$$

根据给出的正确使用率矢量,可以得出上面矢量表的正确使用率矢量,如式(3)所示。

$$R = (\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1, 1) \quad (3)$$

每个知识点的测试题型为填空、单选、判断,那么构成一个各种题型各项认知能力的评价矩阵如式(4)所示。

$$G = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{16} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{26} \\ r_{31} & r_{32} & \cdots & r_{36} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中,

$r_{11} \sim r_{16}$ 表示填空题的六项认知能力评价价值。

$r_{21} \sim r_{26}$ 表示单选题的六项认知能力评价价值。

$r_{31} \sim r_{36}$ 表示判断题的六项认知能力评价价值。

定义各种题型的权值:

$$Q = (Q_1, Q_2, Q_3)$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1 \quad (5)$$

Q_1 为填空题的权值; Q_2 为单选题的权值; Q_3 为判断题的权值。

Q_1, Q_2, Q_3 的初始值一开始由专家给定,在经过一定数量学生测试后可动态调整。

$$B = Q \times G = (b_1, b_2, b_3 \dots b_6) \quad (6)$$

计算学生学习本知识点后的综合能力 M 如下式(7)所示。

$$M = \sum_{i=1}^6 b_i \times C_i \quad (7)$$

其中 C 为某项认知能力的权值。六项认知能力的权值如下:

识记 = 0.1400, 理解 = 0.1120, 应用 = 0.1625, 分析 = 0.1800, 综合 = 0.2750, 评价 = 0.1300。

1.2.3 神经网络 BP 算法

BP 算法是用于前馈多层网络的学习算法,它含有输入层、输出层以及处于输入输出层之间的中间层。BP 算法框图如图 2 所示。

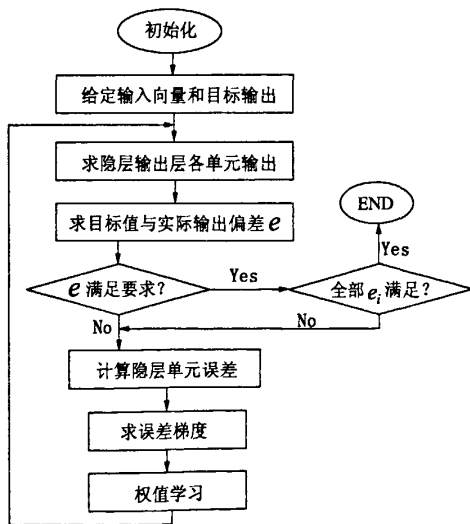


图2 BP 算法框图

以上求得的综合评价矢量还不足以作为教学策略的决策参数,因为要控制学生的学习是否能进入下一章节,不仅要以考试成绩为依据,而且还要以系统提供的各认知能力的综合评价参数为依据。运用人工神经网络中的反向传播模型(BP 模型)来完

成,用上面求得的 M 以及姓名,性别,年龄,学历,生理条件,学习环境,心情,学习效率等作为 BP 模型的输入点,选取学生对概念、技能和应用方面的掌握程度作为输出点。实际上是完成一个多维空间到三维空间的非线性映射:

$X \rightarrow Y, X = \{X_1, X_2, X_3 \dots\}, Y = \{Y_1, Y_2, Y_3\}$ 。其中, $\{X_1, X_2, X_3 \dots\}$ 分别表示 M , 姓名, 性别, 年龄, 学历, 生理条件, 学习环境, 心情, 学习效率等, $Y_i \in$ 差(0~59), 中(60~75), 良(76~85), 优(86~100), Y_1, Y_2, Y_3 分别表示学生对概念、技能和应用方面的掌握程度。从而准确地评价了学生的认知能力, 构成了学生认知能力评价体系。

2 认知学生模型

认知学生模型实际上将学生学习的相关信息分成两部分:一部分为静态信息,主要是登录学生的个人基本信息,如学号、姓名、性别等,它可以通过学生在登录时直接获取。另一部分为动态信息,它是在学生进行学习、测试时动态变化的信息,如在学生登录系统的学习历史的基础上,通过学习信息系统积累,进行不断完善和修改。

学生在每学完一个知识点时,都要通过相应的练习来巩固所学知识,然后要经过测试来评定是否掌握该知识点,达到教学目标。根据以上的评价体系,构建认知学生模型如图 3 所示。

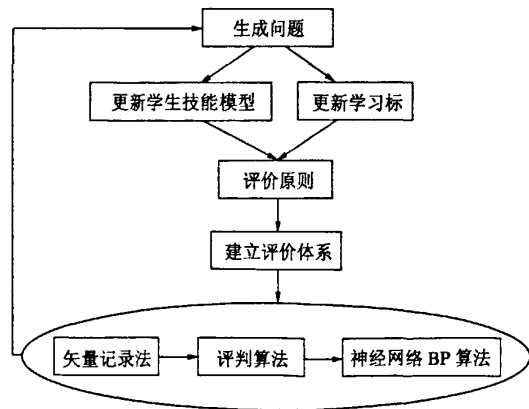


图3 认知学生模型

3 模型应用

本系统是用 VB6.0 作为前台开发的“大学计算机基础智能教学系统”,如图 4 所示。

当学生登录系统后,可根据章节进行习题测试。如学生选择第一章“计算机基础知识”,可看到题型分为填空题、单选题、判断题。其中共有 10 道填空题,如图 5 所示。



图4 大学计算机基础智能教学系统界面

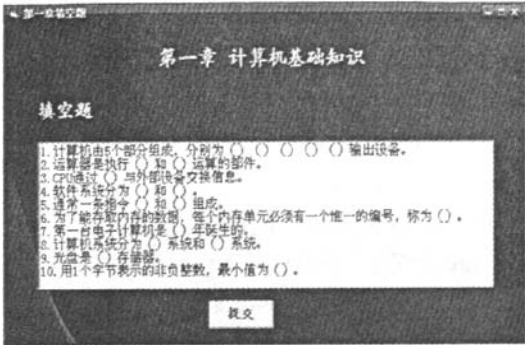


图5 第一章填空题界面

学生开始做题,当题目做完后点击提交,系统根据学生答题情况生成一矢量表,如表2所示,系统保存此矢量表。

表2 填空题矢量表

题号	认知能力					
	识记	理解	应用	分析	综合	评价
1	1	-1	1	0	0	0
2	1	-1	-1	0	1	0
3	0	0	1	1	-1	-1
4	1	1	-1	-1	0	0
5	1	0	0	1	1	0
6	1	-1	0	0	0	1
7	1	0	-1	-1	1	1
8	0	0	1	-1	0	1
9	0	1	-1	-1	1	1
10	1	1	0	0	1	1

根据矢量表2和公式(1)得出

$$r_1=1, r_2=\frac{1}{2}, r_3=\frac{3}{7}, r_4=\frac{1}{3}, r_5=\frac{5}{6}, r_6=\frac{5}{6}$$

$$\text{即 } R=(1, \frac{1}{2}, \frac{3}{7}, \frac{1}{3}, \frac{5}{6}, \frac{5}{6})$$

同理,学生继续做本章单选题与判断题。做完后根据公式(4)得出的认知能力评价矩阵为

$$G=\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{3}{7} & \frac{1}{3} & \frac{5}{6} & \frac{5}{6} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{4}{7} & \frac{2}{3} & \frac{4}{5} & \frac{2}{7} \\ \frac{5}{6} & \frac{6}{7} & 1 & \frac{5}{6} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

本系统在组织题库前由领域专家事先定义了填空题,单选题以及判断题的权值。其中, $Q_1=\frac{1}{6}$,

$$Q_2=\frac{1}{2}, Q_3=\frac{1}{3}, (Q_1+Q_2+Q_3=1)。$$

$$\text{从而得出 } Q=(\frac{1}{6}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3})。$$

根据公式(6)得出

$$B=Q \times G=(\frac{25}{36}, \frac{73}{84}, \frac{29}{42}, \frac{2}{3}, \frac{13}{20}, \frac{155}{252})$$

进而根据公式(7)得出综合能力

$$M=\sum_{i=1}^6 b_i \times C_i=0.6854$$

接下来根据神经网络的BP算法, M 以及姓名,性别,年龄,学历,生理条件,学习环境,心情,学习效率等作为BP模型的输入点,学生对概念、技能和应用方面的掌握程度作为输出点。最后根据 Y_1, Y_2, Y_3 的值得出学生对概念、技能和应用方面的掌握程度,如图6所示。

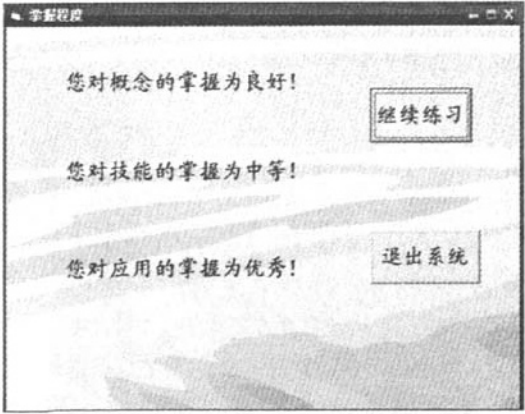


图6 学生掌握程序界面

4 结束语

本文采用矢量记录法、评判算法和神经网络中的BP算法评价体系,并结合认知理论对学生进行了评价,从而提出了认知学生模型。通过“大学计算机基础智能教学系统”实际验证,结果表明该模型可以很好地表现学生的认知状态。学生模型是智能教学系统的关键模块之一,相信随着人类对认知过程的深入研究以及计算机技术的发展,

(下转第25页)

行。硬件和软件调试结束后,还需在样机上进行软件和硬件的联合调试。在调试中,如果出现故障,应分析原因,修改有关的硬件和软件。反复进行这一过程,直至没有错误为止。

(2) 硬件静态调试

硬件静态调试的目的是为了排除明显的硬件故障。集成电路器件未插入电路板之前,必须仔细检查线路连接是否正确。重点检查系统总线(地址总线、数据总线和控制总线)是否存在相互之间短路或与其他信号线短路,特别要防止电源短路。确定电路连线无误后,再插入芯片,接通电源。

(3) 软件调试

软件调试可以利用软件模拟开发系统进行。通常这种系统是由个人计算机和模拟开发软件构成的一种完全依靠软件手段进行开发的系统,开发系统与用户系统在硬件上无任何联系,借助于模拟开发系统,智能仪器软件设计人员可以在计算机上,利用模拟软件实现对单片机的硬件模拟、指令模拟、运行状态模拟。从而完成应用软件开发调试的全过程。

(4) 动态在线调试

智能仪器硬件电路的静态调试只是初步调试,排除了明显的静态故障。由于智能仪器的软件和硬件密切相关,对硬件电路动态故障的检查和诊断、应用软件的调试等必须在联机状态下进行。动态在线调试一般借助于仿真开发系统完成。动态在线调试时,拔掉样机的单片机(或 CPU)芯片,将在线仿真器提供的 IC 插头插入单片机插座的位置。对于样机系统来说,单片机虽然由仿真器代替,但实际运行状态并无明显的差别。由于在线仿真器是在开发系统控制下工作的,因此,可以利用开发系统丰富的硬

件和软件资源对样机系统进行研制和调试。

需要指出的是在系统调试中,还必须对设计要求的全部功能及技术指标进行测试和评价,以确定仪器是否达到预定的设计目标,若发现某一功能或指标达不到要求,则应修改硬件或软件,并进行重新调试直至满意为止。

4 结束语

研发人员进行智能仪器设计时,首先应对仪器的功能要求及技术指标进行分析。在此基础上提出并优化设计方案。在具体设计中应遵从三个设计原则,即“自顶向下”设计原则;软、硬件协调原则;开放式与组化原则。理论设计完成后,应实施软、硬件的分别调试以及联合动态调试。调试应与仪器的功能、技术指标测试并行进行,只有功能、技术指标均满足要求,整个调试工作才算结束。

参考文献:

- [1] 邵明松,赵伟,黄松岭.试论智能仪器进步特征及其概念内涵拓展[J].电测与仪表,2009,9.
- [2] 孙亚飞,陈仁文,周勇,等.测试仪器发展概述[J].仪器仪表学报,2003,24(5):480-484.
- [3] 姜玉柱.智能仪器及其发展前景综述[J].机械工程师,2007,8.
- [4] 杨培双.智能仪器硬件可靠性设计[J].仪表技术,2009,3.
- [5] 杨明,甘欣辉,张景文.智能仪器的量程自动转换设计[J].国外电子元器件,2004,5.
- [6] 吴石增.现代科学仪器与计算机技术[J].现代科学仪器,2006,6.
- [7] 董有祥.智能仪器的设计及发展[J].山西电子技术,2006,1.
- [8] 李昌禧.智能仪表原理与设计[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [9] 赵茂泰.智能仪器原理及应用[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [10] 刘世宇,吴言荪,等.智能仪器监控程序设计研究[J].电子测量技术,2008,6.

责任编辑:张禹

(上接第21页)

学生模型将会得到不断地完善与健全。

参考文献:

- [1] 马少平,朱小燕.人工智能[M].北京:清华大学出版社,2004:125-138.
- [2] 吴泉源,刘工宁.人工智能与专家系统[M].北京:国防科技大学出版社,1995:25-42.
- [3] Li Jing, Zhou Zhurong. Advances in Intelligent Tutoring System[J]. Computer Applied Research, 2005(12):15-20.
- [4] Juan Martinez-Miranda, Arantza Aidea. Emotions in Human and Artificial Intelligence[J]. Computers in Human Behavior, 2005,21(2):323-341.

- [5] 罗伯特 M 加涅.学习条件[M].北京:人民教育出版社,1985:56-59.
- [6] 李铮,赵桂钦.ICA I 系统学习者建模的研究[J].计算机工程与科学,2002,24(3):101-104.
- [7] 王陆.虚拟学习社区原理与应用[M].北京:高等教育出版社,2004:118-119.
- [8] 刘玮,朱学增,夏朝晖.ICA I 系统学生模型的设计[J].计算机应用,1995,15(2):22-24.
- [9] 焦加麟,徐良贤,戴克昌.人工智能在智能教学系统中的应用[J].计算仿真,2003,20(8):49-51.

责任编辑:刘新彩