

56-59

智能辅导系统

赵莹 全炳哲 金淳兆

(吉林大学计算机科学系 长春 130023)

G434

摘要 Here we discuss the main researching problems and the development of Intelligent Tutoring System(ITS), which is the most important and recent researching direction of CAI (Computer Assisted Instruction). The intelligence of ITS refers to the adaptation of its tutoring, which means to provide different tutoring to individual student. The researching on ITS concentrates on how to build student model to simulate the student's cognitive situation, so as to provide adaptive tutoring.

关键词 Student model, Tutoring model, CAI, ITS

六十年代初期,计算机技术开始应用于教学领域,这时的计算机辅助教学(CAI)系统只能用于简单的课程安排和进阶测验。七十年代,随着人工智能(AI)的不断发展和成熟,人们开始考虑把智能性引入CAI系统。进入八十年代后,对CAI的研究向更高的智能化迈进,提出了智能辅导系统(ITS)实现所谓的 learning-by-doing(边学边做)的学习方式^[1]。ITS以成熟的AI技术和认知科学的基本原理为基础,在系统中用学生模型模拟学生对知识的掌握情况,据此对其错误及弱点进行诊断,给以纠正,并提出下一步的辅导规划。与CAI相比,ITS的优势在于它具有:自动解决领域专门问题的能力,辅导内容的自适应性,以及与学生之间混合主动的交流方式。已经开发出来的一些比较成功的系统表明,ITS具有较强的实用性和研究意义。

一、ITS 的结构

根据对三种教学方式及教学效果的调查来看^[10],对于传统的课堂教学,一位老师面对几十个学生使用同一种传授知识的方法,效果较差;如果有经验的老师在讲解之后进行诊断性测验,并根据学生的误解和问题调整其讲解,则效果改进许多;当老师与学生以一对一导师式授课方式传授知识时,教学效果最好。据此,要开发新的教学辅助工具,应当首先考虑使用一对一导师式授课方式,而ITS正是在很大程度上采用了这种教学交流。

ITS从简单、被动的教学工具上升为具有解决问题、分析问题能力的智能辅助手段,其智能性就在于把人类的这种教学方式模型化。所谓“智能”是指一种实现定性模型化的方法[Clancey, W., 1986, Qualitative Student Model];ITS则是一个把教与学、二者间的交互,以及领域知识模型化的系统。一般来说,ITS应包括四个模型:领域知识与推理模型、交互模型、学生模型、辅导模型(见图1)。

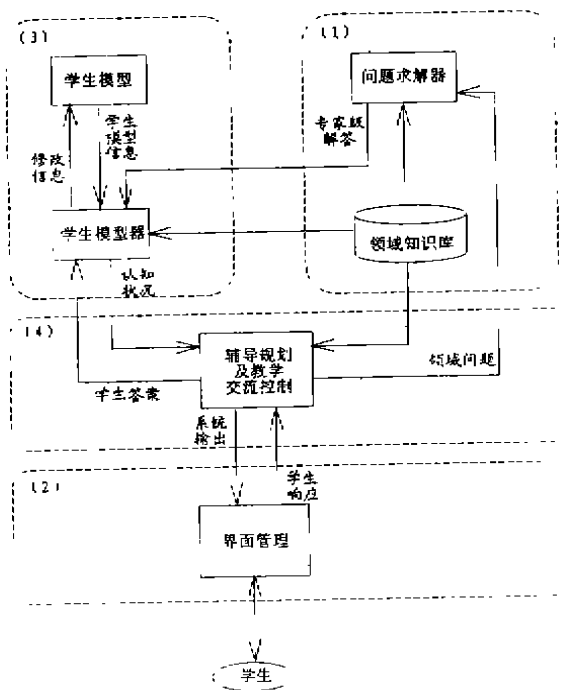


图1

(1)知识与推理模型:对知识库中的知识进行表

赵莹 硕士研究生,主要研究CAI、智能辅导系统和程序自动化等领域。**全炳哲** 副教授,主要研究面向对象技术、软件自动化和CAI等领域。**金淳兆** 教授,主要研究面向对象技术、软件自动化和程序理解等领域。

示和推理。知识库中包括的领域专门知识和解决问题的知识是 ITS 所教领域知识的来源,是解释教学内容和学生提问的基本材料;问题求解器则用这些知识对领域问题生成专家级解答,并以此为标准与学生的解答作对照。

(2)交互模型:用以控制系统与学生之间的交互,把系统的提问、回答、及解释转换成文字或图形等可理解的形式传达给学生,并将学生的回答、问题、及要求转换为系统可识别的内部表示。

(3)学生模型:用以表示学生实际认知状况,通过解释学生的活动得出他对领域知识和技能的掌握情况。一般地,由学生模型记录学生的认知状况;由学生模型器根据辅导规划的要求随时从学生模型中获得学生认知状况,它还通过学生答案与专家级解答的对比确定认知变化,然后对学生模型进行修改。

(4)辅导模型:采用恰当的辅导方法与学生进行教学交流。它能正确表达领域知识并按照一定的顺序传授给学生,同时接收学生提问和对系统提问的响应,把学生解答传给学生模型器。它根据学生的认知状况及领域知识确立恰当的辅导目标,找出合适的辅导策略(或对领域知识进行解释,或对领域问题的解决提供相应的纠正、指引,或对错误给出分析等),完成系统与学生之间的教学交流。

不同的 ITS,由于教学对象、目的及侧重点不同,其具体结构各有特色,但都基本具备这四个模型。由于知识表示与推理是 AI 的主要研究问题,所以我们在此主要讨论学生模型和辅导模型的研究状况。

二、学生模型和辅导模型

学生模型与辅导模型作为 ITS 独特的研究领域,虽然与某些学科(如认知科学、教育学等)有联系,但很少能借鉴它们的成熟技术和成熟原理,有很多问题尚待探讨。

2.1 学生模型

所谓“学生模型化”是指生成一种可靠的表达方式来展示学生懂得什么,能做什么,不懂什么,不能做什么,他想做什么以及他应该做什么。这个模型化过程是根据学生的表现来估测他的学习需求和对知识与技能的掌握情况。这种对学生表现的估测结果就是“学生模型”。任何模型都是为了某种特殊目的而对其表示系统所作的简化,学生模型就是为更有效地讲解知识而对学生认知情况所做的简化。它包含对学生认知情况的解释信息,以支持辅导内容的自适应性和混合主动的交流方式。因此 ITS 对学生模型的设计要求较高,它不仅是学生认知状况的直接表示,还是辅导模型确定相适的辅导目标及策略的根本依据。学生模型的研究涉及认知科学、教育学

和心理等领域,是 ITS 研究的关键问题,具有一定难度。

根据现有比较成功的 ITS 来看,学生模型各具特色,大体上有覆盖模型(Overlay Model)、错误库模型(Bug Library Model)、规划模型(Plan Model)、差别模型(Differential Model)、扩展覆盖模型(Extended Overlay Model),并以前三种为主。

1. 覆盖模型^[1]:假设学生知识是专家知识的一个子集,且任何推理只有一种推理步骤。此模型相当于根据学生表现在知识库(至少是学生应掌握的知识库的一部分)上做一个“涂层”,根据此二者的相似程度判断学生对知识的理解情况。例如著名的 GUIDON 系统。此系统用以讲授医学诊断专家系统 MYCIN 中的医学规则,它的学生模型中记录了规则的使用与掌握情况(包括这条规则的使用历史、系统认为学生对此规则的掌握程度、此规则是否正被用于当前假设),每当学生的响应提供了有关此规则掌握情况的新证据(学生提出疑问、要求帮助时表达出的隐式证据,或回答系统提问时表达出的显式证据),系统就修改学生模型,增高或降低系统对该规则掌握情况的信任度(-1.0~1.0),这个信任度描述了学生知识与专家知识的相似程度,也就表示了学生对领域知识的掌握情况。

2. 错误库模型^[2]:假设学生当前技能是正、误单元子技能的积累,并根据对领域内容及学生实际表现的深入分析建立起“错误库”。此模型记录学生在解题方法上的错误,这些错误能被系统查出并能给以纠正。如果说覆盖模型能记录学生知识中的“概念性”错误,那么错误库模型记录的就是学生解题方法上的“过程性”错误。Brown 和 Burton 正是基于此模型开发了 BUGGY 系统^[3]查找简单数学运算中的过程性错误,如减法借位等。

3. 规划模型^[4]:将学生的思维方式视为一些规划,这些规划是由满足一个目标的活动序列构成的最简单形式。这些活动或是可观察到的(显式的),或是内在的(隐式的)。为正确响应学生而对其规划执行的理解,称为“规划理解”,它也被应用于对话理解等领域。GUIDON2 系统的 IMAGE 学生模型^[5]不同于 GUIDON,使用了比较复杂的规划模型。它的规划中包含目标、活动、层次、意图等内容,用来理解学生的反应及跟踪知识的推理过程。这些规划分别是关于学生活动、系统建议、可能错误等的预测。系统在观察学生活动之前已根据病历或上下文建造几个规划,并按可接受程度分类。若学生活动与某个规划匹配,则暂时认为此规划是对学生活动的最佳解释;否则,由上下文决定它是合理的间接活动还是一条错误。这样,IMAGE 的规划回答了有关学生行为的

这样一些问题,“他正在想什么”,“他应该想什么”,“他下一步想干什么”以及“这个想法的技巧性如何”。

通过对学生模型建立方法的分析,可以发现两种基本的对学生活动的理解方式:

(1)描述性(descriptive):认为学生的行为是合理的,可接受的。目的在于分析和认识,而不是评估或诊断学生行为,因此多采用数据驱动的方式,根据最近观察到的学生活动进行推理和解释。

(2)指定性(prescriptive):出于诊断目的,通过寻找未成功的假设或将推测结果同一个更正确参照物作对比,来找出学生行为中的不足。目的在于对比和诊断,故总体上认为学生行为是有错的,需要纠正的。一般采用模式驱动的方式,如框架理解方法。

上述两种方法出发点不同,侧重点也不同。对于学生的一个活动,描述性方法的可能分析结果是很多的,而指定性方法则只限于预先给定的几个。多数 ITS 采用的是指定性的推理方法,现在有的学者开始考虑将二者结合起来使用。

也有一些研究者在系统中考虑到学习过程、记忆模式等问题,提出了时序函数^[8]、知识的动态排序^[9]等观点与方法,试图在学生模型中更全面地模拟认知过程。

尽管已经研制出了一些比较成功的学生模型,但总结出的成熟技术和成熟原理却比较少。另外,由于缺乏认知科学原理,使得学生模型的设计与开发缺少理论依据和理论指导,尚处于探索与研究阶段。

2.2 辅导模型

辅导模型的研究主要基于对课堂教学交流及面对面教学交流的分析,它涉及教育学、心理学等领域。根据辅导模型所使用的辅导策略来看,从支持开放的探索式学习到支持纠错式的诊断学习,可将辅导模型分为四类:

1. 模拟环境式:属于非指引式的、反应式的方法,学生可以按着自己的意图任意走,这种方法依赖于领域的一个模拟环境,鼓励学生通过探索领域来归纳地学习。它要求学生对领域基本概念已有所了解,希望通过这种学习形成自己的知识结构。其目的在于让学生弄清领域概念间的关系。一个很好的例子是 Envisioning Machine 系统[Roschelle, 1987],它可以形象地模拟物体受力时其速度与加速度的关系,动态显示整个抛物运动中物体速度和加速度的大小与方向。以前这个问题在中学物理教学中很难讲解清楚,利用这个系统,将抽象的概念可视化、形

象化、动态化,就能有效地帮助学生形成正确的思维模式。

2. 辅助式:属描述性的、反应式的方法。在学生探索领域或解决问题时给以帮助,比模拟环境式的方法更具智能性。它不只向学生提供反馈信息,还期望学生关注于高层次的设计,由它来推理以实现计划。RBT(Recovery Boiler Tutor)系统[Woolf et al., 1986]采用的辅导模型就是辅助式的。许多地区造价昂贵的造纸厂锅炉时有爆炸事故发生,究其原因多为技术人员对锅炉结构、原理了解不够引起的操作不当。针对这一特点,利用计算机显示锅炉从整体到局部的内部构造,并提供仪表板、参数变化曲线、及与机器之间简单的在线对话这三种辅助手段。当技术人员进行模拟操作时,系统模拟响应操作结果,还能及时纠正其操作错误并进行解释,以此帮助技术人员由浅入深掌握锅炉的正确操作。实践证明系统的教学效果较好,是目前其他教学辅助手段所不能比拟的。

3. 基于目标式:是一种指引性、规范性方法。为熟练化学习阶段的辅助模型,以达到预先建立的行为目标为基准,因而比较注重学生的行为。当它发现学生行为有错时,通知其错误,并给出正确的方法和解释。例如 Geometry Tutor 系统[Anderson et al., 1985],它利用结构化的解题方法,把几何证明问题的正、反向推理过程用树状链显示出来。每当给出一步证明,系统就判断其依据是否存在,若有,则将此步结论链于该依据之下,否则无法链入说明其有错。

4. 诊断式:是指导性、描述性的方法。侧重点放在观察与分析学生所相信的内容及解决问题的方法。目的是要纠正学生行为所隐含的领域知识中的问题。一方面要巩固、扩展学生知识与能力,另一方面还要揭示、纠正其弱点。用以讲授 MYCIN 中领域规则的 GUIDON 系统[Clancey, 1979]是诊断式教学方法的典型例子。

在 ITS 的开发过程中,究竟采用什么样的辅导方法与相关的领域关系密切,还与教学对象的特点有关。往往单一的教学策略是不够的,一般的系统都是将几种策略结合起来形成辅导模型,多种教学策略相辅相成更符合人类教学交流的特点。如何根据学生的具体需要有针对性地选择相适的辅导策略,并在它们之间做灵活地切换,是目前研究辅导模型的主要问题之一。另外,学生模型的设计方式及其效率对辅导模型的实现也有很大影响。

尽管 ITS 中利用了很多 AI 的原理与方法以实

现其智能性,但它研究的问题却已超出 AI 的范围,ITS 不但要解决问题,还要使用人类的解决方法,以此形成一个解题模型与学生的想法同步;ITS 与用户间的交流内容更广泛,态度更积极主动,并具有完整的条理;ITS 还要用一些特殊方法让学生对所教知识与方法产生深刻印象,以达到教学目的。

三、讨 论

在我国,对于计算机在教学领域应用的研究起步较晚,现在,人们已经认识到,计算机作为一种功能强大的高效工具,日趋简便化、实用化、普及化,在教学领域也将占有一席之地,成为各个教育层次中灵活高效的辅助工具。

在初等教育中,教学内容由教师进行整理并完整详细地表达出来,学生只要通过回顾、记忆、做题逐步理解这些内容。但由于“一言堂”的教学方式,教师不可能针对每个学生给以具体分析和讲解;对于象物理和化学中那种比较抽象的知识难点,不是只凭讲解就能弄懂的。如果把有经验的教师的方法与经验集中在一起,辅以直观形象的表达方式,将会弥补“一言堂”教学方式中的某些不足。恰好 ITS 采用的就是“一对一,面对面”的教学方式。如果采用模拟环境式辅导策略,利用多媒体技术,把声音、图象、动画、文字同教学内容一起用计算机表现出来,使知识表达多样化、形象化、直观化,那么学生能对知识内容发生兴趣,并对那些抽象程度较高的概念有感性认识,从而积极主动地理解消化知识。

对于某些具有中等教育水平的技术人员,他们面对的专业领域实际上是多领域知识的融合。在进行专业学习时,过多横向联系的领域知识不易学习,对相应的测试、监控、调节工具掌握较慢。往往看似简单的仪器却并不容易正确操作,有时即使是一个小疏忽,也很可能造成较大的损失和危险。利用计算机强大的计算能力和存贮能力,在各种模拟方法和模拟设备的辅助下,可以对模拟操作进行综合判断、分析,不仅给出操作结果,还能提供相应的辅助与辅导信息。这类 ITS 具有很大的实用性和开发潜力。

在高等教育中则要求学生有很强的自学能力,教师只把基本概念、难点、要点、及研究方向指示出来,具体问题的解决则留给学生自己。已研制出的一些用于辅导计算机程序设计语言学习的 ITS 证明,它们对于那些需要较多实践经验才能解决的问题有较好的辅导效果,而这类知识只通过听课或自学是无法掌握的。

随着计算机技术在教学领域的应用,人们开发了许多辅助教学系统。之所以将其归纳为 CAI 和 ITS,是因为我们认为二者代表了计算机技术在教学领域应用的两个重要阶段。

计算机辅助教学的研究至今已取得一些成就,如:描述和表达领域任务的各种方法,以及用显式知识来解释学生行为与教学主题的方法,等等;但尚待解决的问题主要有:缺少有关人类学习过程的认知基本原理;各 ITS 无法向其它系统乃至下一代系统提供可重用的部分;缺乏开发系统(shell)及评估手段,等等。

参考文献

- [1] Sleeman, D. et al., *Intelligent Tutoring Systems*, London England, Academic Press 1982
- [2] Clancey, W., *Knowledge-Based Tutoring: The GUIDON program*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1987
- [3] Beverly Woolf, *Intelligent Tutoring System; a Survey*, In Shrobe, H. (Ed.), *Exploring Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, Cal; 1988
- [4] Barr, A. et al., *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 2, Los Altos, California William Kaufmann, Inc., 1982
- [5] Brown, S. et al., *Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills*, *Cognitive Science*, Vol. 2 1978
- [6] Chin, David N. (Ed.), *User Modeling and User-Adapted Interaction; Special Issue on Plan Recognition*, Kluwer Academic, 1991
- [7] London Robert V., *Student Modeling with Multiple Viewpoints by Plan Recognition*, Dissertation, Stanford University, 1991
- [8] Shim Leemseop, *Student Modeling for Intelligent Tutoring System; Based on the Analysis of Human Tutoring Sessions*, Dissertation, in the Graduate School of the Illinois Institute of Technology, 1991
- [9] Edmund Furse et al., *Perception and Experience in Problem Solving*, Proc. of the 13 Intl. Joint Conf. on AI, 1993
- [10] Bloom B. S., *The 2-Sigma Problem; The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring*, *Educational Researcher*, 13 1984