

智能教学系统研究综述 *

许高攀^{1a,2}, 曾文华^{1b}, 黄翠兰²

(1. 厦门大学 a. 智能科学系; b. 软件学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门理工学院 计算机系, 福建 厦门 361005)

摘 要: 介绍了智能教学系统的发展历史和国内外发展情况, 对于智能教学系统研究存在的问题进行了探讨, 并就智能教学系统的发展趋势提出了自己的看法。

关键词: 智能教学系统; 发展史; 智能教学系统结构; 智能教学系统问题

中图分类号: TP182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2009)11-4019-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2009.11.005

Research on intelligent tutoring system

XU Gao-pan^{1a,2}, ZENG Wen-hua^{1b}, HUANG Cui-lan²

(1. a. Dept. of Cognitive Science & Technology, b. Software Institute, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China; 2. Dept. of Computer Science & Technology, Xiamen University of Technology, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: This paper introduced the history and development of intelligent tutoring system briefly, discussed the subsistent problem of the intelligent tutoring system. And brought forward the direction of intelligent tutoring system.

Key words: intelligent tutoring system (ITS); history of development; structure of ITS; subsistent problem of ITS

智能教学系统(ITS)的一个重要特征是教学针对个人,注重一对一的师生关系,讲究因人施教,一个学生一种教学方法。它以认知科学为理论基础,综合人工智能技术、教育心理学、计算机科学等多门学科的成果而形成的一门对学生实施有效教育的技术^[1~4]。教学专家的主要特点是他掌握了该领域大量的专门知识和相应的教学法^[5~7]。计算机也能存储有关某一领域的大量专门知识^[8~15],将教学法的有关知识存入计算机,计算机就能像教学专家一样地工作,并且计算机还有存储量大、不知疲倦、准确快速等人类无法比拟的优点。

1 智能教学系统的发展史和国内外研究情况

计算机用于教育的研究是从 20 世纪 50 年代开始的,当时采用的是一种线性程序,所教知识被预先划分成一系列知识点,通过使学生不断掌握新的知识点而达到教学目的。从 60 年代开始,进入了计算机辅助教学(computer aided instruction, CAI)的研究应用,出现了以分支程序结构实现的教学系统。这种教学系统的特点是先给学生一些教学内容,然后询问问题,当学生回答后,再告诉学生答案正确与否。有时根据学生的响应信息决定学生学习该课程的途径,决定问学生问题的顺序,当发现学生的回答有错误时,便转向纠正材料的分支程序。这种分支结构向着因材施教迈进一步。

进入 20 世纪 70 年代后,人工智能技术有了很大的发展,专家系统大量出现,促使计算机教学研究人员在教学系统中应用人工智能技术,以使教学行为更加有效,它促进了智能教学研究的发展。70~80 年代智能教学系统大量出现。1970 年,Carbonell 等人(Bolt Beranek and Newman, BBN 公司)开发出教授南美洲地理简单情况的 SCHOLAR 系统,该系统研究了教学

法策略和人类的似真推理,被认为是第一个有代表性的智能教学系统;1973 年, Brown 和 Burton 设计成功的 SOPHIE 系统是用电子线路仿真的方法,让学生做一系列测量(如电压、电流、电阻等),通过自然语言对话指导学生检查电路故障并找出故障原因;1975 年, Standford 大学的 Suppes 等人开发出 EX-CHECK 系统,该系统用于逻辑学、集合论和定理证明方面的教学;1975 年, Collins 等人 SCHOLAR 系统基础上研制了一个新的系统 WHY,这个系统就降雨原因的根源辅导学生;1976 年, Burton 成功设计出 WEST 系统,该系统指导学生算术四则运算;1977 年, Standford 大学的 Wescourt 等人成功设计出辅助 Basic 语言教学的 BIP 系统;1977 年, MIT 的 Goldstein 和 Carr 设计成功 WUMPUS 游戏系统,该系统训练逻辑学、概率、判断理论和几何学;1977 年, Standford 大学的 Clancey 等人在著名专家系统 MYCIN 基础上成功设计了 GUIDON 系统;1978 年, Brow 和 Burton 设计了具有诊断学生算术运算错误功能的 BUGGY 系统;1983 年, Stevens Hollan 等人设计了训练海员操作设备的 STEAMER 系统;1984 年, Hohnson 等人研制的有关 PASCAL 编程的 PROUST 系统;1984 年, Actp Anderson 等人研制的 LISP 教学系统;1987 年, Sierra Nlehn 等人研制的预测错误的 Arithmetic 系统。以上这些系统都是智能教学中具有代表性或开拓性意义的系统。

20 世纪 90 年代后,随着智能学习环境(intelligent learning environment, LIE)和智能教学系统开发工具研究的发展,智能教学研究继续向前发展。研究人员开始对在智能教学中加入协作型教学模式(collaborative learning)进行研究,协作型教学模式的特征是为多个学习者提供对同一问题用多种不同观点进行观察比较和分析综合的机会,这种机会显然将对问题的深

收稿日期: 2009-03-08; **修回日期:** 2009-05-16 **基金项目:** 福建省科技厅青年科技人才基金资助项目(2007F3103);福建省教育厅资助项目(JA08222);厦门市科技计划指导性项目(3502Z20089040)

作者简介: 许高攀,男,福建永春人,博士研究生,主要研究方向为软计算技术及应用(gpxu@xmut.edu.cn);曾文华,男,江苏人,教授,博导,博士;黄翠兰,女,福建南安人,副教授,硕士。

化理解、知识的掌握运用和能力的训练大有裨益,其表现形式既可以是支持多个学习者的协作小组学习系统,又可以是计算机对单个学习者进行辅导的学习系统。例如,南加州大学的 RIDES(rapid ITS development environment)是智能教学系统开发工具,北卡大学的 INSTRUCT(implementing the NCTM school teaching recommendations using collaborative telecommunications)、斯坦福大学的 MMAP(middle school mathematics through applications projects)是协作型教学模式的教学系统,德国 DFKI(German Research Institute for Artificial Intelligence)的 Active-Math、德勒维尔大学为盲人研究的英文写作系统、斯坦福大学的 ScoT(the spoken conversational tutor)、北伊利诺斯州大学的 CIRCSIM-Tutor(medical intelligent tutoring system)、布鲁内尔大学的 GENISA(learning environment for teaching simulation modeling)、珀杜大学的日语学习系统、泰国亚洲研究院的医药学习系统、马来西亚多媒体大学的写作教学系统、卡内基大学的 REAP(lexical practice and reading comprehension)、马来西亚多媒体大学的 EGIP(explanation generations for integration problem)等。

国内的智能教学系统研究起步较晚,从发表的论文来看,有北京大学 CAI 研究室开发的用于高等数学教学的 AMITS、信阳师范学院计算机系开发的用于 Pascal 教学的 GenPTS 系统、郑州解放军电子技术学院开发的诊断外设故障的 ICAIPs 系统、北方交通大学开发的 ADA 语言教学系统、华南师范大学计算机系开发的电脑辅助语音教学系统、西安交通大学开发的矢量分析与场论 CAI 系统、北京航空航天大学计算机系开发的用于课件设计的 BHCAI 系统等、张小真的 ICAIDT 系统、刘甘娜的智能辅导系统和理科教学软件《几何专家》。近几年 ITS 的发展较快,一些计算机公司也投入其中,对 ITS 的发展起到了积极的推动作用,如中教软件股份有限公司开发的中教智能教学软件、清华同方的智能教学答疑系统和南京数企资讯科技有限公司的基于 Web 的智能远程教学系统等^[16]。

2 智能教学系统的主要研究内容

2.1 对智能教学系统的理解

所谓 ITS,就是利用人工智能技术和计算机技术实现最佳教学,而“最佳”有两层含义:用计算机模拟优秀的人类教师,用计算机在某些方面超越人类教师。因为单以模拟人类教师或单以利用计算机的优势都不足以说明 ITS 的意义。从字面上,“tutor”在韦氏新世界词典(Webster's New World Dictionary)中的意思是私人教师,具有一对一的含义,所以 ITS 从开始时就非常注重个别化教学的研究和实现。而所谓智能教学(intelligent tutoring),就要求计算机系统能够提供个别化的即因人而异的有效教学。教学是教授者和学习者之间的交互活动,为此,ITS 必须做到三懂:懂知识、懂学生、懂如何教。具体地说,ITS 必须具备并懂得所要教授的知识、了解并记忆学生的知识状况和反应、掌握与学生交互(交流)的方法以及知道如何组织教学内容。按照以上分析,传统上人为地按功能将 ITS 系统分为四个模块:知识库模块(领域专家)、学生模型、教师模型和接口部分,具体的系统因其侧重点的不同而在模块划分上有所不同^[17]。

ITS 的概念涉及到对于智能的理解。不同的时期人们对于智能的理解不一样。有学者提出对于智能教学系统中智能

的具体要求为:a)自动生成各种问题与练习;b)根据学生的水平和学习情况,选择、调整学习内容及进度;c)在理解教学内容的基础上自动解决问题生成解答;d)具有自然语言的生成与理解能力,以便实现比较自由的教学问答系统以提高人机交互主动性;e)对教学内容有解释咨询能力;f)能诊断学生的错误,分析原因并采取纠正措施;g)能评价学生的学习行为;h)在教学中不断改善教学策略。

上述要求是 ITS 中智能的具体化,对于 ITS 的设计有一定指导意义。当然,一个 ITS 具备上述所有特征目前尚不可能。而上述的八点都可归于三个“W”,即懂得教学内容(what)、了解教学对象(whom)、知道如何教(how)。

人们对于 ITS 中智能特征的理解,最直接和最主要的是能对学生进行因材施教的个别指导,ITS 较高的智能表现是学生评价和诊断能力^[18]、教学规划能力^[5-7,19]、自然语言理解能力^[9,15]。因为 ITS 是人工智能用于计算机辅助教学的结果,那么对 ITS 中智能的理解受到了人工智能中关于智能的理解的影响。

研究 ITS 最直接的目的是提高教学质量,而衡量一个系统成功与否的标准是其有效性,故系统的智能性与有效性是一致的。强调系统的智能性的目的有三个:有利于教学系统的有效性、有利于人类认知的研究、有利于未来教育模式的改进。

2.2 智能教学系统的组成结构

关于 ITS 系统结构的描述,即系统模块的划分,有着不同的方法。但就 ITS 各个部分所完成的功能而言,如图 1 所示的四模块结构为大家所接受。

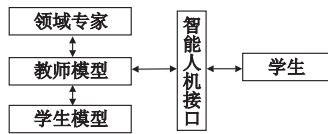


图1 ITS的四模块结构

1)领域专家模块 领域知识^[10-14]的表示对于 ITS 是十分重要的,它不仅决定了教学交互过程的内容,也决定了教学目标的结构。在这个结构中,系统对布置给学生的问题及相关的解释进行选择,并且知识表示还将影响学生错误概念的表示。在 ITS 中,领域专家模块主要完成两个功能:

a)ITS 中知识的来源。系统使用专家模块的知识对学生的行为作出适当的响应,生成相应的问题、任务以及解释。

b)衡量学生知识掌握情况的标准。为了完成该功能,领域专家必须用与学生相似的方式生成问题的解答,因为只有这样才能进行系统行为与学生行为之间的比较。

领域专家中所表示的知识主要有陈述性知识、过程性知识、启发式知识三种。陈述性知识包括领域中的概念、规则以及它们之间的相互关系,是领域知识的主要来源,而概念通常用框架或其他数据结构来表示;过程性知识包括领域中的推理知识,该知识通常用规则形式表示;启发式知识定义了专家用语问题求解的操作和关于如何解题的经验性知识^[8]。

2)学生模型模块^[2-4,19] 系统通过学生模型建立对学生的了解,故学生模型是智能教学系统对人类学生的模拟,包括学生知识状态、认知特点和个性特点等。随着对学生模型的研究,人们提出了多种学生模型的构建方法,包括覆盖模型、差别模型和干扰模型等。覆盖模型认为,任何时刻学生的知识都是专家知识的子集,教学的目的就是使得学生知识趋向于专家知识;差别模型是覆盖模型的改进,该模型将专家知识分为学生

应该掌握的知识和不希望学生掌握的知识两类,学生行为如果与专家行为不同并不一律视为错误,而是有区别地对待,所以该模型既要表示学生模型,又要表示学生与专家的差别;干扰模型则在覆盖模型的基础上加入错误知识的表示,学生的知识不再是专家知识的子集,既有领域专家的知识表示,又有学生可能持有的错误概念的知识。

3) 教师模型,又称为教学策略^[5-7,15,19] 其主要任务是在一定的教学原理的指导下,选择适当的教学内容,并通过接口以适当的表达形式在适当的时刻展示给学生。该模块的主要功能是解决如何组织教学内容的问题,即如何教的问题。

4) 智能人机接口^[20] 人机接口是系统与学生交互作用的部件,包括自然语言处理技术的应用、人机对话的处理、对领域知识库维护的接口、教学策略的修改接口以及学生模型的初始化处理等。

2.3 智能教学系统研究中的主要问题

ITS 是一项涉及计算机科学、教育学、认知科学和人工智能等多门学科的综合课题,其发展受到这些学科发展状况的影响。ITS 中的主要技术问题与这些学科有着密切的联系,而又有不同于这些相关学科的特点,具有特殊性;另一方面,ITS 的突破又可带动这些学科的发展。下面介绍 ITS 研究中存在的主要技术问题^[21]。

2.3.1 知识表示

一个系统中知识的表示对于系统的性能是至关重要的。Stevens 等人认为领域知识的表示在基于知识的 ITS 中起着重要作用。ITS 中的知识表示不仅决定了教学作用的内容,而且形成其目标结构,该目标结构控制着例子、问题和论断的选取。另外,知识表示还影响着错误概念的处理。ITS 中知识表示方法的选择除了要考虑方法的表示能力和方法的简明性外,还有特殊的要求,即要考虑到 ITS 解释功能的实现。以前的 ITS 对知识表示的问题作了不同程度的研究,得出了一些有用的结论,如 WHY 系统的研究表明用几种不同方式观察同一知识的重要性,而 GUDON 系统的研究则主要强调在不同的环境应使用不同的知识表示方法。

知识表示问题^[8-14] 在有关学科如人工智能、计算机科学中研究得较多,取得了很大的进展。但是,由于 ITS 本身的复杂性,以及其对知识表示的特殊要求,ITS 中的知识表示问题还未很好地解决,现有的技术尚不能满足 ITS 对于领域知识和教学知识表示的要求。其他学科的研究也不能代替 ITS 中知识表示问题的研究。

在 ITS 研究的几个主要问题中,前些年人们对知识表示问题研究得较多,研究成果明显,目前仍然存在的问题主要有:

a) 多种复杂知识的表示。智能教学系统中要表示的知识有多种,如领域知识、教学知识和语言知识等,各种知识间存在着复杂的关系,要求有多种表示方法。以前采用的表示方法如规则表示、框架表示、语义网络等的任何一种都不能满足要求。

b) 知识表示的深度。ITS 中知识表示存在的一个较普遍的问题是知识表示的深度不够,即知识表示可以用于问题求解,但不能用于对问题求解的方法进行解释说明。

c) 知识表示的多侧面需求。为了教学的需要,ITS 要求对同一知识有多种不同的表示方式,而如何满足这种多侧面需求是 ITS 中知识表示的难题之一。

2.3.2 学生模型

学生模型^[2-4] 是 ITS 中最重要的部分。当人类对某一情

景或事件进行描述或解释时,人首先会考虑他说话的对象的能力和背景,有针对性地表述和回答。可以说,正因为有学生模型,才谈得上 ITS 的个别化或智能。但是,由于对人类学习过程缺乏根本的了解,学生模型实现的难度很大。

学生模型有多种,如有覆盖模型、错误描述模型、模拟学生模型等,其中用得最多的是覆盖模型。覆盖模型认为专家模型是学生努力的目标,任何时刻学生的知识都是专家的子集,可通过比较两者的差异并结合教学计划而知道下一步该做什么。覆盖模型存在两个问题:若学生在一个孤立环境中表现出某种技能,是否说明他一定具备这种技能?在某一情形下未使用某知识就一定意味着学生不具备这种知识吗?

在学生模型的构造过程中^[19] 首先要考虑的问题是:输入什么,用什么技术得出关于学生的结论,如何才能了解学生?按照 Rich 的说法,有针对单个事实的方法和针对一组事实的方法之分。

学生模型的目标之一就是在不干扰交互作用的情况下,设法对其作出评价并提取关于学生的信息。该技术称为自动协议分析 (automatic protocol analysis) 或安静模型 (silent modeling)。可以这样假定,如果一个学生在开始一节课的学习时连续有几个命令出错,则可以判断该生需要帮助,此模型技术根据用户对于命令的使用情况进行推理。如果将命令替换成概念,该法可用于学生模型,即通过学生对于每个概念的理解正误的反应建立起对于学生的了解,把每个概念同学生的有关信息联系起来(有关信息包括该生是否已用过此概念、与此有关的事实、使用该概念所应具备的知识等)。

从一组事实中得出学生信息的方法是基于这样的假设:通过识别一个或多个特征,可以将其(一个或多个特征)映射到一个原型,该原型以这些特征中的全部或部分为标志。所以说这里的原型实际上是一个共有的特征集合,这样,可以通过使用原型提供学生模型的更多的信息。某些更容易被观察到的特征称之为触发特征 (triggers),当它们被观察到时能激活整个原型。

原型可用于层次结构中,层与层抽象的程度不一样,上层为理想学生,下层为实际学生,这样就可以在最细节的一层提取原型,并可以一层层抽象。

在上述学生模型的构建中尚存在着以下几个问题:a) 冲突如何检测和解决;b) 如果同时有几个原型被触发,则如何判断引起触发的真正原因;c) 解释说明如何实现。

ITS 中学生模型的构建存在的问题包括:a) 如何由学生表现推知学生的知识状态;b) 如何评估学生的认知能力,如何处理学生个性对于学生认知评估模型的影响;c) 如何进行学生错误原因的分析。

2.3.3 对话和交互风格^[2-4,18,20]

在 ITS 中,人机通信也应具有智能的特点。这就涉及到对话的策略,以及要求系统不仅能够理解自然语言,而且能够作出适当的回答。对话处理的难点之一是对话中的有些语句不符合语法规则,必须借助于上下文环境才能够正确理解。Clancey 指出教学系统应具备的关于对话的三种知识:a) 系统需知道对话的模式,也就是独立于说话者的语言表达的类型,这些模式可用来解释或产生人机对话;b) 系统应懂得所讨论的主题;c) 系统应能够作出适当回答,在适当时刻为学生产生正确的信息。

自然语言处理技术^[9,15] 近年来已有较大发展,有些技术已

接近实用化的程度,但现有系统对自然语言的处理能力还很有限,造成这种局面的原因有:a) ITS 要解决的问题很多,研究开发人员对接口智能化重视不够;b) 自然语言处理技术也是在近几年才有较大发展,还未来得及将不成熟的技术用于 ITS;c) ITS 系统的实用性不够,尚未被推广应用,待推广后,人机接口^[20]的问题将会变得很突出。研究开发面向智能计算机教学系统的自然语言处理系统对于 ITS 的性能和推广应用具有极为重大的意义。

2.3.4 解释功能的实现

解释功能是一个智能教学系统应该具备的基本功能之一,但大多数系统的解释功能却很弱,甚至没有该项功能,这是由系统解释功能本身的技术实现难度造成的。

既然专家系统已经取得了某种程度的成功,人们自然会想,将解释功能集成到专家系统上是否可以方便地构造学习系统呢?事实并非如此,因为解释不能充分利用隐含在知识项(如规则)中的全部知识,如理由说明及与其他知识项的因果关系等都是隐式的,而专家系统则对隐式表示的知识不能较好地使用。

2.3.5 机器学习和自改进系统

适应性系统和自改进系统不同,按照 Hartlye 和 Sleemna 的观点,适应性系统能够生成教学材料,并能根据学生的能力改变教学材料的难度,根据各人的嗜好作出相应的选择,对于每一个错误都生成相应的补救练习并加以监控。然而,控制教学操作的规则、用户和任务的表示都需要反复试验,且这些规则和表示因应用领域、任务类型和用户的不同而不同。所以,一个适应系统经过使用可能会变得越来越准确,但当规则集不合适时对其却无能为力。而一个自改进系统则不同,如果需要,可以全部改变有关策略。事实上,一个自改进系统应能够形成假设(hypotheses),并加以检验。

Self 在构建学生模型中用到了机器学习^[22]。他认为传统的机器学习不适合于计算机教学,因其致力于概念的正式的精确定义,而多数情况下学习是个非正式定义的逐步求精的过程。近几年,关于机器学习的研究较多,其中基于事例的机器学习在 ITS 中很有应用前景,并已有多个基于事例推理的教学系统产生。

3 结束语

进入 20 世纪 90 年代后,随着多媒体技术和网络技术的发展,智能教学系统开始向多媒体和网络化的方向发展^[3,23],这也是今后 ITS 的发展趋势之一。随着自然语言处理和机器学习的发展,ITS 最近几年取得了长足的进展。相信随着人工智能学科^[2]的进一步发展,ITS 将更具智能化和个性化^[3]。但 ITS 要完全取代人类教师可能还得有很长的一段时间,毕竟现在的 ITS 只是在某方向的教学系统,不是万能的;而 ITS 要完全根据学生的情况进行自适应调整教学方法和教学策略还有很长的路要走,而且教学效果还有待进一步深入调查。因为再好的教学系统,如果学生不努力学习,其效果也是甚微的。

参考文献:

- [1] ZHANG Jie, CHEUNG B, HUI L. A design of an intelligent tutoring system, TR-2001-01 [R]. Hong Kong: University of Hong Kong, 2001:1-20.
- [2] BAYLARI A, MONTAZER G A. Design a personalized e-learning system based on item response theory and artificial neural network ap-

proach [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (4): 8013-8021.

- [3] CHEN Chih-ming. Personalized e-learning system with self-regulated learning assisted mechanisms for promoting learning performance [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (5): 8816-8829.
- [4] CHU Hui-chuan, CHEN Tsung-yi, LIN Chia-jou, et al. Development of an adaptive learning case recommendation approach for problem-based e-learning on mathematics teaching for students with mild disabilities [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (3): 5456-5468.
- [5] ÖZPOLAT E, AKAR G B. Automatic detection of learning styles for an e-learning system [J]. *Computers & Education*, 2009, 53 (2): 355-367.
- [6] ZHOU Yu-jian, FREEDMAN R, GLASS M. Delivering hints in a dialogue-based intelligent tutoring system [C]//Proc of the 16th National Conference on Artificial Intelligence. Menlo Park: AAAI Press, 1999:128-134.
- [7] BOULAY B, LUCKIN R. Modelling human teaching tactics and strategies for tutoring systems [J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2001, 12 (3): 235-256.
- [8] RICCUCCI S. Knowledge management in intelligent tutoring systems, UBLCS-2008-6 [R]. Bologna, Italy: University of Bologna, 2008:5-73.
- [9] POPESCU O. Logic-based natural language understanding in intelligent tutoring systems [D]. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 2005:9-148.
- [10] GLADUN A, ROGUSHINA J, GARCÍA-SANCHEZ F, et al. An application of intelligent techniques and semantic Web technologies in e-learning environments [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (2): 1922-1931.
- [11] BITTENCOURT I, COSTA E, SILVA M, et al. A computational model for developing semantic Web-based educational systems [J]. *Knowledge-based Systems*, 2009, 22 (4): 302-315.
- [12] FERREIRA A, ATKINSON J. Designing a feedback component of an intelligent tutoring system for foreign language [C]//Proc of SGAI International Conference on Artificial Intelligence. 2008.
- [13] LAU A, TSUI E. Knowledge management perspective on e-learning effectiveness [J]. *Knowledge-based Systems*, 2009, 22 (4): 324-325.
- [14] MORENO R. Constructing knowledge with an agent-based instructional program: a comparison of cooperative and individual meaning making [J]. *Learning and Instruction*, 2009, 19 (5): 433-444.
- [15] BOONTHUM C, LEVINSTEIN I B, McNAMARA D S, et al. NLP techniques in intelligent tutoring systems [EB/OL]. [2009]. <http://csep.psyc.memphis.edu/mcnamara/pdf/NLP-Techniques-in-intelligent-tutoringsy.pdf>.
- [16] 李静, 周竹荣. 智能教学系统新进展 [J]. *计算机应用研究*, 2005, 22 (12): 15-20.
- [17] BISWAS S K, SENDAULA M, SHAHANI H, et al. Architecture of an intelligent interactive tutoring system [C]//Proc of IGIP/IEEE International Symposium on Engineering Education. 2004:403-408.
- [18] CHIOU Chuang-kai, HWANG Gwo-jen, TSENG J C R. An auto-scoring mechanism for evaluating problem-solving ability in a Web-based learning environment [J]. *Computers & Education*, 2009, 53 (2): 261-272.
- [19] GAUDIOSO E, MONTERO M, TALAVERA L, et al. Supporting teachers in collaborative student modeling: a framework and an implementation [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36 (2): 2260-2265.

实现产业标准,但是需要的时间可能更长。c)由政府制定。由政府制定标准的优势在于快速,并能迫使所有生产者在同一标准下进行合作;缺点则是可能缺乏价格和技术竞争^[6]。建议相关组织牵头制定中国的2020 FLOSS 发展蓝图来促进中国 FLOSS 运动。

6.3 投资 FLOSS 研究和开发

稳定的资金支持是一个 FLOSS 项目能够不断完善、长期发展的基本保障。因此,有必要加强欧盟 QualiPSo 项目交流和沟通。建议有关部门思考组织实施中国的 FLOSS 重大专项研究计划以发展战略性技术和服务。

6.4 挖掘典型 FLOSS 应用

我国不乏应用 FLOSS 成功的案例存在,但依然存在着应用范围较窄、宣传力度不够、示范影响面不够等现象。建议:a)在影响力较大的国有企业中率先应用 FLOSS,并加以宣传推广;b)建立中小企业 FLOSS 信息化体验中心;c)对 FLOSS 应用的试点进行长期的跟踪比对,定期公布数据,包括投入的资金、效率、安全性等方面。

6.5 建立 FLOSS 公共平台

中国大多数 FLOSS 的 IT 厂商规模较小,由于成本、技术等因素,FLOSS 的平台移植、技术支持和售后服务等无法与国内外大企业相比,严重地影响了本地中小软件企业的成长及 FLOSS 的发展。因此,有必要建立综合的 FLOSS 公共平台来部分地解决这些问题。

6.6 鼓励 FLOSS 社区

FLOSS 社区环境包括社区、人才、项目以及基金。原则上,社区的建设、组织、发展与壮大应该由从事 FLOSS 软件组织开发的基金、企业或个人承担,但由于国内软件生态不尽如人意,许多软件企业和程序员存在生存压力大、基金操作困难等原因。政府有必要通过中立机构为 FLOSS 社区提供支持和服

6.7 发展 FLOSS 教育

目前我国的 FLOSS 教育仍以高端商业化培训为主,缺乏基础性、普及性教育。为了使人们更好地学到知识和填补数字鸿沟,就需要在大学及其他教育机构中建立开源意识,要在 IT 高等教育中开设 FLOSS 课程以培养高技能专业人才迎接未来的知识经济挑战。建议使 FLOSS 尽快进入国家认可的 IT 考试

体系。

6.8 弘扬 FLOSS 精神

除了鼓励企业将他们开发的代码贡献给 FLOSS 社区外,我国还要弘扬 FLOSS 精神,鼓励 FLOSS 用户作出贡献,这是所谓开源生态中的一个关键因素。未来信息社会取决于开源软件的代码,要将它们要拿出来共享,并作为珍贵资源来管理和维护。此外,FLOSS 社区和所有潜在贡献者间的合作与互动也必须得到鼓励。

7 结束语

开源运动之所以迅速席卷全球并在各国均产生了深刻影响,并不仅仅在于它使得软件源代码可以免费获得、自由修改,而在于它们对自由共享、计算机软件知识产权、计算机软件开发模式和世界软件业竞争格局所产生的并将继续产生的异乎寻常的影响。更重要的是,这种影响已超出计算机软件和整个 IT 界,关涉人类价值观、知识产权伦理精神等深层问题^[5-8]。本文认为发展 FLOSS 有利于我国软件企业的自主创新能力的培育,有利于我国创新文化的形成,有利于我国应对未来全球知识经济的挑战。

参考文献:

- [1] 李国杰. 创新求索录[M]. 北京:电子工业出版社,2008:151-152.
- [2] Open World Forum. 2020 FLOSS roadmap version 2.18[EB/OL]. (2008). <http://www.2020flossroadmap.org/docs/CWF-2020-roadmap%20V2.18-3.pdf>.
- [3] QualiPSo. 2nd QualiPSo conference report[EB/OL]. (2008-11-02)[2009-02-25]. <http://www.qualipso.org/node/121>.
- [4] QualiPSo. Path for 2009 open world forum[EB/OL]. [2009-02-25]. <http://www.qualipso.org/node/120>.
- [5] XU Hong-bong, WAN Jiang-ping. Innovation in open source software with knowledge—three challenges for open source competence centres[C]//Proc of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. 2008:21-25.
- [6] 熊瑞萍,万江平. 开源软件的突围之路——关于开源运动的若干思考[J]. 科技管理研究,2009,29(3):252-255.
- [7] FINK M. Linux 及开放源码在商业经济中的应用[M]. 雷之宇,倪志欣,刘韵,译. 北京:清华大学出版社,2005.
- [8] 立群. 标准突围[M]. 北京:科学普及出版社,2007.

(上接第4022页)

- [20] YEN G G, ACAY D. Adaptive user interfaces in complex supervisory tasks[J]. ISA Transactions, 2009,48(2):196-205.
- [21] BRAVO C, JOOLINGEN W R van, JONG T de. Using Co-Lab to build system dynamics models: students' actions and on-line tutorial advice[J]. Computers & Education, 2009,53(2):243-251.
- [22] SELF J. The application of machine learning to student modelling[J]. Instructional Science, 1986,14(3-4):327-338.
- [23] PETERS B A, SMITH J S, MEDEIROS D J, et al. GENISA: a Web-based interactive learning environment for teaching simulation modelling[C]//Proc of the Winter Simulation Conference. 2001:1605-1612.
- [24] RICKE J, LESH N, RICH C, et al. Building a bridge between intel-

ligent tutoring and collaborative dialogue systems[C]//Proc of the 10th International Conference on AI in Education. 2001:592-594.

- [25] ALPERT S R, SINGLEY M K, CARROLL J M. Multiple instructional agents in an intelligent tutoring system[C]//Proc of the AIED Workshop on Animated and Personified Pedagogical Agents. 1999:1-8.
- [26] KELES A, OCAK R, KELES A, et al. ZOSMAT: Web-based intelligent tutoring system for teaching-learning process[J]. Expert Systems with Applications, 2009,36(2):1229-1239.
- [27] 周晓军. 多媒体智能教学系统研究与设计[D]. 北京:中国科学院计算技术研究所,2000.
- [28] 王英姿. 以知识点为中心的智能教学系统构建方法研究及实用教学系统的设计[D]. 北京:中国科学院计算技术研究所,1997.