

智能教学系统(ITS)的研究现状及其在中国的发展

陈天云, 张剑平

(浙江师范大学 教育学院, 浙江 金华 321004)

摘要: 本文在分析智能教学系统(ITS)概念、结构、特征的基础上, 介绍了 ITS 的研究现状、研究重点, 并分析了 历届 ITS 国际会议论文集论文分布情况, 最后阐述了 ITS 在中国的研究与应用现状, 并探讨了 ITS 的发展趋势。

关键词: 智能教学系统; ITS; 人工智能; 研究现状; 发展趋势

中图分类号: G 434 **文献标识码:** A

人工智能应用于教育的早期就产生了智能教学系统(Intelligent Tutoring System, 简称 ITS), ITS 是一项涉及人工智能、计算机科学、认知科学、教育学、心理学和行为科学的综合性课题。其研究的最终目的是由计算机系统担当学习者的引导者和帮助者, 即赋予计算机系统以智能, 由计算机系统在一定程度上代替人类教师实现最佳教学。ITS 的应用改变了传统的教学模式, 使学生的学习积极性和主动性得到了充分发挥, 提高了教学效率, 有助于学生智力的开发和能力的培养。ITS 的当前状况如何? 有哪些典型系统的应用值得研究? 它的未来发展趋势怎样? 这些都是人们十分关注的问题。

一、ITS 的概念、结构、特征与典型系统

(一) ITS 的概念。ITS 的基本框架最初由 Hartley & Sleeman(1973)提出, 他们认为 ITS 必须处理三类知识: 1. 领域知识, 即专家模型(Expert Model); 2. 学习者知识, 即学生模型(Student Model); 3. 教学策略的知识, 即导师模型(Tutor Model)。^[1]这也是 ITS 的最初研究框架, 之后的 30 年里, 它一直成为指导 ITS 设计与开发的经典理论。虽然 ITS 的发展已有 30 多年, 但关于什么是 ITS 目前国内外尚无统一的定义, 不同的学者结合自己的研究实践提出了不同的看法, 他们的观点分歧主要在于对 ITS 中“T”即智能的理解不同^[2]。目前国内学者普遍接受的一个观点是认为 ITS 是一种借助人工智能技术, 让计算机扮演教师的角色实施个别化教学, 向不同需求、不同特征的学习者传授知识, 提供指导的适应性学习支持系统(Adaptive Learning System)。^[3]

(二) ITS 的结构。ITS 是一个复杂的软件系统, 关于它的结构, 不同的研究者也有不同的观点: 有三模块说(Hartley & Sleeman 等), 即认为 ITS 由学生

模型(Student Model)、专家模型或领域知识库(Expert Model or Domain Knowledge Database)以及导师模型(Tutor Model)三部分组成; 四模块说(Woolf, Burns & Capps, Wenger, Burton and Brown, Dede 等), 即在三模块说的基础上加了一个人机接口模块(Intelligent Interface); 五模块说(Joseph Beck, Mia Stern, and Erik Haugsjaa), 即在四模块说的基础上将专家模型与领域知识库独立出来。国内学者对 ITS 的结构比较赞同四模块说, 即认为一个典型的 ITS 系统主要有四个组成部分: 专家模型(领域知识)、学生模型、教师模型(教学策略)和智能人机接口, 如图 1 所示^[4]。



专家模型(领域知识库): 用于表示教学领域的知识, 以及作为专家能够基于这些知识解决有关问题的求解知识。

学生模型: ITS 通过学生模块建立对学生的了解, 通过比较学生行为与专家行为, 对学生进行智能模拟, 包括学生的知识状态、认知特点和个性特点等。目前, 已有多名学生模型的构建方法, 如覆盖模型、差别模型和干扰模型等。

教师模型(教学策略): 其主要任务是根据一定的教学原理, 选择适当的教学内容并以适当的表达形式, 在适当的时候呈现给学生。该模块运行的关键

在于如何组织教学内容,即解决如何教的问题。

表 1 典型 ITS 系统

智能接口:该部分作为系统与用户的交互界面,为其它各个模块提供智能化的多媒体知识输入、用户信息和行为获取、知识输出的途径。ITS 的智能人机接口一般具备自然语言处理、知识库维护、学生模型初始化、教师模型自适应调整等功能。

(三)ITS 的特征。从系统结构上看,ITS 在一定程度上借鉴了专家系统(ES)的建模方法,以规则推理为系统智能的内核。由此决定了 ITS 的基本特征是:

1. 个性化。系统注重一对一的师生关系(Tutoring),可以根据不同学生的认知特点进行个性化教学。

2. 自主性。系统能够动态了解学生的学习状态,根据学生的学习水平和学习情况选择和调整学习内容和进度,自动生成各种问题,或在理解教学内容的基础上自动解决问题并生成答案。

3. 智能性。系统可以诊断学生学习的错误,分析原因并采取纠正措施,能自动评价学生的学习行为,不断改善教学策略等,旨在以最佳的方式组织教学。

(四)典型的 ITS 系统。关于 ITS 的研究与开发从最初的实验室应用到现在的为具体学科服务,这当中产生了许多实用的 ITS 系统。这里笔者收集了部分典型的 ITS 系统(包括开发者、开发时间以及系统所采用的关键技术等),如表 1 所示。

二、国外 ITS 研究现状与研究重点

(一)研究现状。国外对 ITS 的研究已有 30 多年的历史,相对比较成熟。许多国家和地区如美国、英国、加拿大、欧洲和日本都十分重视 ITS 的研究、开发与应用,先后投入大量的人力和财力,也建立了一大批与 ITS 研究相关的研究机构和学术刊物,为 ITS 的研究与发展起到了巨大的推动作用。

国外 ITS 的研究机构主要设在大学和军方。例如,美国知名大学 Stanford、MIT、Memphis、Carnegi-

系统名称	开发者	时间	教学领域	关键技术
SCHOLAR	Carbonell	1970	地理学	自然语言对话、语义网
SOPHIE	Brown, Burton & deKleer	1975	电子学	自然语言对话
MYCIN	Shortliffe	1976	医学	专家系统
BUGGY	Brown & Burton	1978	算术	错误诊断、不正确知识
LISP Tutor	Anderson, Farrell and Sauers	1984	LISP 语言辅导	认知模型、模式识别
Geometry Tutor	Anderson, Boyle & Yost	1985	几何学	模式识别
PIXIE	Seeman	1987	代数	诊断模型、模式识别
CIRCSIM-Tutor	Byung-In Cho, Joel A Michael, M	1989	医学	自然语言对话
ANATOM-Tutor	Beaumont	1994	适应性超媒体体系	适应性内容呈现
ACLS	Eliot, C. and Woolf, B.	1995	医学	情境模拟
SQL-Tutor	Mitrovic	1996	SQL 语言辅导	约束模型
ADIS	Warendorf 等.	1997	数据库结构	Java 应用程序
Auto-Tutor	Graesser et al.	1997	计算机文化	动态 agent, 自然语言
ML-Tutor	Serengil Güven, Ann Blandford	1998	适应性超媒体体系	符号机器学习
Algebra	Alpert 等.	1999	代数	Java 应用程序
VC Prolog Tutor	Christoph Peylo, Tobias Thelen, G	2000	PROLOG 语言	Internet 技术
SCoT-DC	Herbert H. Clark, Teenie Mallock	2001	船体损坏控制	自然语言对话、模拟
Slide Tutor	Rebecca Crowley, Olga Medvedev	2003	医案诊断	模式识别
AIS-IFT	Remolina, Ramachandran, Daniel	2004	军事	著作系统、运行引擎
MIT-Tutor	Alm, J. L. & Lezak, A.	2004	多属性决策制定	专家模型

e Mellon, Vanderbilt, Massachusetts-Amhurst, Temple 和 Pittsburgh 等。^[5]美国 90 年代以来的 ITS 研究主要是由美国国家科学基金(National Science Foundation, 简称 NSF)和美国国防部(the U.S. Department of Defense)资助的,其中 NSF 资助总数达 0.225 亿美元基金,用于进行人类学习和创造的学习与智能(Learning and Intelligence)研究。而 Memphis 大学历经 15 年开发研究的 Tutor 系统,能够进行不同学科的教学,系统能够对学生的问题适当反应,由计算机进行提示和暗示。Tutor 不通过多项选择就能够根据对问题的键入和口头反应进行决策,对可能产生的语法或语义不正确的语言进行解释等。

从 ITS 的研究领域看,人们通常将 ITS 作为人工智能(AI)研究与应用的一个分支,进行理论、方法,以及应用等方面的探讨。有关 ITS 的会议有 ITS 国际会议(International Conference on Intelligent Tutoring Systems)、人工智能在教育中的应用国际会议(International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED) conferences)以及工业培训、仿真与教育会议(the Interservice/ Industry Training, Simulation & Education Conference)等。《人工智能在教育中的应用国际期刊》(The International

Journal of Artificial Intelligence in Education, I-JAIED) 是该领域的权威学术期刊之一,它通过印刷与网络两种形式发行 (<http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied>)。其它的学术期刊还有《用户建模与用户适应性交互》(User Modeling and User-Adapted Interaction or U-MUAI) (<http://umuai.informatik.uni-essen.de/>), 以及《人—机研究国际期刊》(International Journal of Human-Computer Studies, <http://www.academaispress.com/ijhcs>)等。^[9]

除此之外,国外在军方以及许多大学或研究机构还设立了一些专项的研究中心。例如,美国军方研究机构空军研究实验室(Air Force Research Laboratory, AFR L)、海军研究办公室(the Office of Naval Research, ONR)、陆军研究所(Army Research Institute, AR I)、国防部高级研究计划(the Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)等,^[10]以及 英格兰利兹大学(the University of Leeds)的基于计算机学习单元(The Computer Based Learning Unit, <http://cbl.leeds.ac.uk/>)、马萨诸塞-阿默斯特大学的知识传播中心(The Center for Knowledge Communication, <http://ccbites.umass.edu/ckc/>)和美国西北大学的学习科学学院(The Institute for the Learning Sciences, <http://www.ils.nwu.edu/>)等。^[10]

(二) 研究重点。通过对大量文献的分析,笔者发现不同时期的技术与教学思想影响着 ITS 的研究方向,Shute & Psotka (1996) 曾经总结过过去 30 年来 ITS 的研究重点^[9],结合 Shute & Psotka 的研究,笔者列出了各个时期 ITS 的研究重点,如表 2 所示。

表 2 20 世纪 70 年代以来 ITS 的研究重点

70 年代	80 年代	90 年代	今后
问题解决	模式跟踪	学习者控制	学习环境设计、学习过程设计
<ul style="list-style-type: none"> 简单的学生模型 知识表示 苏格拉底式的教学 技能与策略性知识 反应式的学习环境 错误集合 专家系统 覆盖模型 	<ul style="list-style-type: none"> 更丰富的情境库 基于案例的分析 探索世界 心智模型的演进 模型 自然语言处理 著作工具系统 	<ul style="list-style-type: none"> 自主与协作学习 情景学习与信息加工 虚拟现实 	<ul style="list-style-type: none"> 协作学习环境构建 E-Learning 与基于 Web 的 ITS 复杂的动态学生模型 智能代理(Agent)设计 智能答疑系统 教育游戏设计

从上表的对比分析中,我们可以看出 70 年代研究初期,受人工智能技术的影响,特别是专家系统的成熟,这个时期 ITS 研究的重点是知识表示、知识推理与解释、规则推理、语义网络等方面的研究,关注的侧重点落在比较具体的微观层面上,例如如何进行知识表示、简单学生模型构建、反应式的学习环境等。到了 80 年代,受认知主义学习理论的影响以及人工智能技术的进一步发展,它更加强调对学习

者、教学过程的深入研究。因此研究的重点也主要集中在学习者的心智特征、自然语言处理、著作工具系统等方面,此外在图形功能以及人机交互方面也取得了巨大的进步。进入 90 年代以来,建构主义学习理论的提出,以及 Internet 网络技术、多媒体技术与智能 Agent 技术等的迅速发展,对 ITS 产生了深远的影响。这个时期的 ITS 研究更加关注于学习者控制层面,强调系统为学生创设良好的虚拟学习环境,因此研究重点落在虚拟现实技术的应用以及学习情境的创设方面。主要有以下 4 个方面的主题:(1)系统中允许多大程度的学习者控制?(2)学习者与 ITS 的交互是个别的还是协作的?(3)学习是否被置于特定的情境中或者是遵循信息加工模型?(4)虚拟现实是否能使学习不仅仅局限于 CAI, ITS 甚至是多媒体?

从上面的分析不难看出今后 ITS 的研究将更加关注学生学习环境的构建以及学习过程的设计,利用智能代理、适应性超媒体、贝叶斯推理等技术构建基于 Web 的更加智能化的协作学习系统、智能答疑系统等。

三、历届 ITS 国际会议论文分析

ITS 国际会议每逢偶数年举办一次,并以会议论文集形式出版发行相关研究成果。自 1988 年举办首届 ITS 国际会议以来,至今共举办了 8 届。最近一次 ITS 国际会议于 2006 年 6 月在中国台湾举行。历届 ITS 国际会议的研究主题下的论文数量分布等情况如表 3 所示。

从表 3 可以看出,历届 ITS 国际会议都十分关注自然语言对话、分布式学习环境、学生模型、教与学的评价、教学策略、著作系统等方面的研究。随着信息技术的飞速发展以及人工智能技术的不断进步,许多新的技术和思想被应用到 ITS 的研究中来。通过对历届 ITS 国际会议论文的分析,不难发现未来 ITS 的发展将更加关注学生学习环境的构建以及学生学习过程的控制等方面,另外 E-Learning、问题解决、教育游戏等思想在 ITS 中的应用将越来越受到人们的关注。利用智能 Agent、适应性超媒体、贝叶斯网络、决策支持等技术构建基于 Web 的更加智能化的协作学习系统是 ITS 未来的发展趋势之一。

除 ITS 国际会议外,与 ITS 密切相关的国际学术会议还有人工智能在教育中的应用国际会议(International Conference on Artificial Intelligence in E-

表 3 历届 ITS 国际会议论文集论文主题分类情况

论文主题 \ 类别	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	合计 (篇)
特邀论文	6	6	5	6	5	6	6	40
ITS 结构	8	5	6	6	10	5	—	40
操作系统、工具	4	2	6	3	6	8	3	32
学生模型	11	6	6	6	4	10	12	55
教学策略	8	7	5	6	—	5	—	31
协作学习	0	7	5	3	—	6	8	29
认知模型	6	5	—	3	—	3	2	19
教学评价、反馈	—	4	—	3	25	8	4	44
教学代理	—	—	5	9	10	3	—	27
自然语言对话和分布式学习环境	12	9	—	11	12	11	5	60
智能远程教育	—	—	—	3	—	5	—	8
E-Learning 与基于 Web 的 ITS	—	1	5	2	10	—	7	25
模拟	—	3	—	—	6	—	—	9
贝叶斯推理与决策理论方法	—	—	—	—	—	—	5	5
ITS 中的游戏行为设计	—	—	—	—	—	—	3	3
其他	23	20	22	6	10	9	18	108
合计 (篇)	78	75	65	67	98	79	50	507

education, 简称 AIED)。该会议每逢奇数年举办一次, 至今已举办了 12 届, 最近一次会议于 2005 年 7 月在荷兰的阿姆斯特丹举行。

四、ITS 在中国的研究与应用

与发达国家相比, 中国在 ITS 领域的研究起步较晚, 在理论研究方面仍以引用国外成果为主, 研究工作主要集中在少数大学和研究机构进行, 其成果多为一些“展示性”的系统, 真正投入教学实践的系统不多。随着对基于网络学习认知过程研究的逐步深入, 以及现代信息技术的发展与借鉴, 对 ITS 系统的研究与应用已受到人们的逐步关注, 一些教育软件公司也投入到相关的智能化教育软件的开发中来。

当前, 中国与 ITS 相关的研究机构主要包括: 中国科学院计算技术研究所(<http://www.ict.ac.cn/>)、中国科学院自动化研究所(<http://www.ia.ac.cn/>)、合肥智能机械研究所(<http://www.iim.ac.cn/>)、清华大学智能技术与系统国家重点实验室(<http://www.csai.tsinghua.edu.cn/>)、南京大学人工智能实验室(<http://ai.nju.edu.cn/>)、浙江大学人工智能研究所(http://www.cs.zju.edu.cn/list_yjs_rgzp.php)、北京邮电大学(<http://www.bupt.edu.cn/>)、中国科学技术大学(<http://www.ustc.edu.cn/>)等。此外, 在师范大学的

教育技术学科中开展 ITS 研究与实践有着得天独厚的条件, 例如, 北京师范大学知识科学与工程研究所(<http://www.vschool.net.cn/>)、华南师范大学教育信息技术学院(<http://et.scnu.edu.cn/>)、南京师范大学信息化教育研究所(<http://www.ictedu.cn/>)、浙江师范大学教育信息技术研究所(<http://eit.zjnu.net.cn>)等, 都在 ITS 领域开展了研究与应用。

当前, ITS 研究与应用成果主要涉及基于 Web 的 ITS、适应性学习系统、计算机增强学习的试验研究、基于学习者中心的系统设计研究, 以及自适应的评测等方面。典型的 ITS 研究与应用成果包括:

(一) 智能教学代理^[10]。代理 (Agent) 是一类能代表用户和其他对象以主动服务的方式完成某类任务的软件系统, 智能教学代理是指在教学中应用的具有教学功能的智能代理。可以从多个角度对智能教学代理进行分类。例如, 按功能分有信息代理、任务代理; 按身份分包括教师代理、学生代理和信息资源代理; 按应用场所分包括桌面代理和网络代理。智能教学代理有多种应用模式: 充当教师, 用于辅助教学 (Agent-Based Education), 此即 ITS; 充当教学管理人员 (Agent-Managed Instruction); 充当秘书, 用于处理各种事务; 充当合作学习中的学习伙伴等。

(二) Z+Z 智能教学系统。这是一套由中科院张景中院士主持开发的智能教育系列软件, 其中包括初中代数、三角函数、解析几何、立体几何、初中物理、初中化学等多个软件。该软件的基本功能是能够进行智能解题、人机交互、自动推理和动态作图。该智能教育软件已经通过审定并作为教育部推荐软件列入中小学教材图书目录, 从而为人工智能技术在我国中小学教育的应用迈出了可喜的一步。

(三) 智能汉语教学系统。该系统由浙江大学陈晓钢、陈增武等人研制, 以“基于规则的自然语言形式语法” (RBGs) 为基础, 建造了语法知识库、语法推理机和有一定特色的学生模型, 具有一定的语法分析功能和初步的自然语法理解能力。该系统为学生提供了一个较好的汉语学习环境, 能对学生的汉语作业进行分析、评价并予以纠错指导, 从而表现出不同于一般的汉语辅助教学系统的智能特征。

(四) Multimedia Micro-University (MMU)^[11]。这是一个分布式智能学习系统, 由中国台湾淡江大学信息工程和计算机科学系开发。该系统包括一种

“Agent 通信网络”(Agent Communication Network),使得学习者无论是在什么地方用什么方式上网,都能获得完全的个性化服务。目前,这种设计模式已经用于 MMU 中的 Multimedia Micro-University Virtual Society Agent(MMVS Agent)开发。移动 Agent 的功能根据用户的角色而定,MMU 中提供了三种可供选择的角色:老师、学生、管理员。每个角色都有自己相应的功能。

近年来,中国一些相关的学术研究团体也相继设立专门的机构推动智能化技术在教育中的应用,例如,中国人工智能学会计算机辅助教育(CBE)专业委员会、中国人工智能学会智能教育专业委员会、2005 年 4 月成立的中国教育技术协会信息技术教育专业委员会等。2004 年,中国的第一个智能科学本科专业在北京大学开始招生。在中国教育部 2002 年颁布的普通高中《信息技术》课程标准中,新设立了《人工智能初步》选修课程。上述事实从一个侧面反映了包括 ITS 在内的智能系统的研究、教育与应用已经在中国受到日益重视。

五、ITS 的发展趋势

ITS 的发展涉及计算机科学、教育学、认知科学和人工智能等多门学科,具体说来其发展趋势表现在以下几方面:

(一)现代学习理论的应用。现代学习理论认为学习是一个主动建构的过程,它要求学生从被动的知识灌输对象转变为信息加工的主体和知识意义的主动建构者。学生将在学习过程中,通过主动地选择有用信息,在运用原有的经验的基础上理解新的信息。将现代学习理论用于 ITS,可以激发学生的学习兴趣和学习主动性,为学生建构知识提供有效的信息,满足学生个性化学习的需求。

(二)智能代理技术的应用。从技术的角度来看,智能代理技术应当是由各种技术支撑着的、许多实用的应用特性的集合,系统正是利用这些特性来扩展应用的功能,从而达到能自动执行用户委托任务的目的。在 ITS 中,学生可以使用智能代理技术进行搜索、导引来查询有效知识。由于它具备学习的功能,能够主动、高效地从网络信息空间中发现和收集用户所需要的信息,因此有助于解决使用单一关键字匹配查询、搜索引擎引起的大量无关信息的涌现、信息检索的精确度较低等问题,使得教师和学生在学习的过程中,提高知识选取效率,加强交互学习和自主能动性学习。

(三)自然语言处理技术的应用。在 ITS 的智能人机接口方面,可以结合运用多种自然语言处理技

术的研究成果,提高系统的智能程度。例如,可以通过自然语言人机接口更加方便地进行人机交互;可以使用语义网络技术实现知识点之间的层次关系和复杂的语义联系;可以通过智能模糊查询技术实现系统知识库中知识的查找和利用;可以利用机器翻译技术进行跨语种的知识学习。

(四)虚拟现实技术的应用。虚拟现实技术是多媒体技术的最新发展,其根本目标是达到真实体验和基于自然技能的人机交互。教学是一个传授知识的过程,通过亲身体验可以加速这一过程和巩固所传授的知识,因此在 ITS 中,可以通过在虚拟环境中的亲身体验,来达到演示、操作的教学目的,也为增强学生的学习实践提供了方便、高效的途径。

此外,人们还从认识与方法层面为 ITS 的发展研究对策。例如,利用人工智能技术来研究、发展和操纵能够表现“教”与“学”两方面本质特性的 ITS 模型,并使其能够从新感知的事实进行学习和推理,最终具有一种人类般的动态应变能力。为做到这一点,构建更加有效的学生模型是关键。

从教学策略角度看,ITS 中的协作学习是一个热门的话题。协作学习是指多个学生在没有教师干预的情况下互相帮助、共同解决问题。此外,专业知识的多样化表示也应当引起人们的关注。

从技术开发的角度看,今后的 ITS 研究应当充分关注:提高模拟学习环境的人机交互性;开发更有效的帮助或导航系统;降低 ITS 开发的时间与费用,例如,可以考虑以下两方面的努力:提供强大的创作工具以及提高系统组件的可复用性。

参考文献:

- [1][2][9] Shute, V. & Psotka, J. Intelligent Tutoring System: Past, Present, and Future[A]. D.Knassen, Handbook of Research for Educational Communications and Technology[C]. New York: Macmillan, 1996. 570—600.
- [3] 包勇. 分布式学习环境中的智能指导系统研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2004.
- [4] 吴昊, 冯源, 唐超. 智能教学系统的发展与前瞻[J]. 计算机工程与应用, 2002, (6): 6—8.
- [5][7] Myric Ltd. Outstanding Research Issues in Intelligent Tutoring Systems[DB/OL]. http://whqlibdoc.who.int/hq/pre-wholis/PUB_5.pdf.
- [6][8] R. eva Freedman. What is an Intelligent Tutoring System? [DB/OL]. <http://www.ca.nyu.edu/~freedman/papers/link2000.pdf>.
- [10] 彭昭东. 智能教学代理的结构、开发与应用[J]. 开放教育研究, 2004, (3): 13—15.
- [11] 余胜泉, 吴娟. 信息技术与课程整合——网络时代的教学模式与方法[M]. 上海: 上海教育出版社, 2005. 331—332.