



民族教育信息化文丛

JIYU BENTI DE ZHINENG JIAOXUE
XITONG MOXING GOUJIAN

基于本体的智能教学 系统模型构建

孙瑜 陈娟娟 刘扬◎著



科学出版社

民族教育信息化教育部重点实验室

云南省高效教育资源信息化与智能信息处理技术创新中心

云南省高校民族教育与文化数字化支撑技术工程研究中心

国家自然科学基金项目（编号：61562093）

云南省应用基础研究计划重点项目（编号：2016FA024）

民族教育信息化文丛

JIYU BENTI DE ZHINENG JIAOXUE
XITONG MOXING GOUJIAN

基于本体的智能教学 系统模型构建

孙瑜 陈娟娟 刘扬◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

智能教学系统是人工智能在教育领域的一个研究热点。本书首先从学术论文的角度,梳理了我国智能教学系统的发展现状,论述了本体、学习理论、学生模型等相关领域的研究现状;接着在对民族教育信息资源数字化建设现状及资源特色进行分析的基础上,提出了知识点本体和学习资源本体共同构成领域本体的方法,并实现了以傣族为例的民族教育资源本体知识库的构建和语义检索;然后,在认知主义学习理论的基础上,根据多元智能理论来设计学生模型,并将该理论应用于个性化教学内容组织方式的选取上,在此基础上,通过一个基于多元智能理论的具体的学生模型构建案例,来阐述该模型的理论意义和实用价值;最后,总结并且给出基于本体的智能教学系统模型及其系统原型。

本书可作为高等学校计算机及相关专业硕士或高年级本科学生的教材或教学参考书,也可供从事该领域相关研究的人员或技术开发人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于本体的智能教学系统模型构建/孙瑜,陈娟娟,刘扬著.—北京:科学出版社,2018.8

(民族教育信息化文丛)

ISBN 978-7-03-056021-6

I.①基… II.①孙… ②陈… ③刘… III.①少数民族教育-智能系统-系统建模-研究-中国 IV.①G759.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第312132号

责任编辑:华长印 高丽丽/责任校对:何艳萍

责任印制:张欣秀/封面设计:楠竹文化

联系电话:010-64019653

E-mail: huachangyin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年8月第一版 开本:720×1000 B5

2018年8月第一次印刷 印张:11 1/2

字数:173 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《民族教育信息化文丛》编辑委员会

学术顾问	丁 钢						
名誉主任	伊继东	马 力					
执行主任	甘健侯						
副主任	何 跃	徐天伟	赵 波				
委 员	甘健侯	何 跃	徐天伟	杨 昆	李劲松	封海清	
	侯德东	郑勤红	李天凤	练 硝	王秀成	张绍宗	
	黄海涛	王 凌	刘敏昆	夏幼明	梁 立	陶 云	
	杨 超	段从宇	王 景	周菊香	谷成杰	袁凌云	
	文 斌	钟 维	解 敏	李 睿	王 雯	赵 波	
	孙 瑜	徐 锐	刘六生	朱云东	阮艳萍		
学术秘书	王 俊	明文钦	李冬艳	夏跃龙	李艳红		



总 序

当前，边疆民族地区经济相对落后、区域发展不均衡、教育结构不甚合理，民族教育仍是实现国家教育现代化所亟须弥补的短板。随着现代信息技术的迅猛发展及其在教育中的应用日益广泛和深入，民族教育“追赶式”和“跨越式”发展的时代诉求，催生了“民族”、“教育”和“信息技术”的多学科交叉融合，全新的“民族教育信息化”研究领域应运而生。如何利用信息化手段破解民族教育难题，推进优质资源共享，缩小区域教育差距，提升民族教育质量，实现民族教育均衡发展是民族教育信息化的核心内涵。

伴随着教育信息化从“互联网”到“互联网+”的升级转型，我国民族教育信息化的事业发展迎来了千载难逢的历史机遇。国务院《关于推进“互联网+”行动的指导意见》《关于加快发展民族教育的决定》等指导性政策文件的相继出台，不仅从国家战略的高度指明了民族教育信息化建设发展的总体方向，而且赋予了民族教育信息化全新的发展内涵。2011年7月，教育部科技司批准成立我国第一个教育类教育部重点实验室——民族教育信息化教育部重点实验室（由云南师范大学负责建设）。在国家高度重视教育信息化建设的新形势下，推动云南省教育发展，尤其是民族地区教育信息化建设，是重点实验室义不容辞的责任，也是重点实验室服务云南省教育发展的重要体现。近年来，重点实验室集中学术研究资源和研究队伍，对教育学、民族学、心理学和信息科学等多学科进行交叉融合，形成了跨区域、跨部门和跨行业的民族教育信息化协同体，集中开展了“民族教育资源信息化”“信息化学习环境”“信息化学习环境中的学习行为”“民族文化教育资源信息化应用”四个方面的研究。通过理论研究的示范作用和实践运行的窗口功能，重点实验室致力于有效带动边疆民族地区教育水平的整体提升，促进区域教育均衡发展及实现教育公平，为少数民族地区教育

事业发展做出了应有的贡献。

作为全国首个教育类的教育部重点实验室，“摸着石头过河”的探索与实践既是前进道路上的必然选择，也是助推国家民族教育信息化事业发展应有的担当。重点实验室积极与华中师范大学、华东师范大学、中国科学院计算机网络信息中心、中国科学院信息工程研究所等高校和科研机构开展深度合作，并与云南省民族宗教事务委员会、云南民族大学、楚雄师范学院、玉溪师范学院、红河学院、曲靖师范学院等单位建立实验室联合研究基地，协同开展民族教育信息化的基础理论和实践研究，探索民族教育信息化的未来发展之路。

《民族教育信息化文丛》是重点实验室的代表成果，也是全国第一套系统论述民族教育信息化相关知识的书籍。本套丛书计划出版著作 10 余部，其中，《民族教育信息化概论》侧重于民族教育信息化基础理论和方法的研究；《民族教育信息资源数字化建设与服务》《跨境民族教育研究》《民族文化教育研究》等著作侧重于民族教育信息化方法论在民族教育资源开发、跨境民族教育，以及民族文化教育领域的实践和拓展；《少数民族儿童汉语学习研究》侧重于信息化环境下少数民族儿童汉语学习的实证研究；《信息技术与课程教学融合》《教育信息化应用软件开发实践》《“互联网+民族教育”创新应用探索》等著作侧重于信息技术在民族教育中的深度应用研究。本套丛书深入探索教育信息化与民族教育的融合，多视角研究民族教育信息化建设的发展战略与建设问题，并探讨系统性、跨学科的民族教育信息化协同建设和多元动态协同机制，开展民族教育信息化建设的应用、人才培养和综合示范等方面的研究。

由于我国民族教育信息化的研究尚处于起步阶段，本套丛书所呈现的研究成果仅为重点实验室近年来在民族教育信息化方面所做工作的理论整理和实践总结。本套丛书关于民族教育信息化基础理论、学科知识、研究方法和应用实践的阐释，可能还存在诸多不完善的地方，但“他山之石，可以攻玉”，我们希望与广大同行交流，不断深化对民族教育信息化基本理论问题的研究。另外，我们也希望吸引更多的专家、学者共同参与到民族教育信息化的研究领域中，为我国民族教育事业的发展贡献一份力量。

本套丛书的出版离不开重点实验室各协同部门、联合研究基地、云南省哲学社会科学“民族教育与边疆发展”研究创新团队、云南省高校民族教育与文化数字化支撑技术工程研究中心等师生的辛勤工作；另外，本套丛书得到了国家科技支撑计划项目、国家科技惠民计划项目、国家自然科学基金项目、国家社科基金项目和国家软科学项目等的资助；科学出版社的各位同仁也为本套丛书的出版提供了大力支持，在此一并表示感谢。

伊继东

2015年9月9日于云南昆明



前 言

2003年, Reddy 提出的人工智能中的三个开放问题 (open problem), 其中一个是如何通过使用恰当的语言、在恰当的时间框架、用恰当的方法及恰当的知识粒度把恰当的信息提交给恰当的学生。智能教学系统 (intelligent tutoring system, ITS) 正是这个问题在教育领域的充分体现。

本书介绍了智能教学系统, 运用内容分析法、比较研究法从定性和定量的角度对 1997—2011 年万方数据库所载的学术论文、硕博学位论文及会议论文进行统计和分析, 并根据分析结果梳理出我国智能教学系统在国内的发展脉络及研究现状, 指出其中存在的问题及其产生的原因。

本体是应用领域的一种概念化表示, 本体概念被广泛地应用到计算机领域, 特别是人工智能和知识工程研究中。本体已经成为知识工程、自然语言处理、协同信息系统、智能信息集成、Internet 智能信息获取、知识管理等各方面普遍研究的热点。因此, 随着高度结构化的知识库在人工智能和面向对象系统中的出现, 对于实际应用和理论研究, 本体变得日益重要。

本书对知识表示、本体的概念及相关知识库进行了系统的阐述, 提出了知识点本和学习资源本体共同构成领域本体的方案; 借鉴了框架槽的概念并加以改进, 提出了属性槽、关系槽、约束槽等概念, 实现了属性的有效管理和分类; 在知识点本体构建的过程中, 添加了学习者较为关心的教学属性。民族文化遗产的传承、保护和开发利用是当前重要的研究课题, 本书对民族教育信息资源的数字化建设现状进行了归因分析, 提出适合的解决方案; 然后分析民族教育信息资源的特色, 并根据相关的构建流程, 以傣族文化资源为例, 利用 Protégé 工具实现了傣族民族教育信息资源领域本体知识库的构建。

知识检索是知识库应用在智能教学系统中的一个重要体现, 人们可以根据用户需求检索出相关知识, 本书采用了基于属性值的计算模型, 提出

了属性值的确定需要领域专家和学生共同度量, 考虑到了属性权重的影响因素, 并以傣族音乐实例进行语义扩展查询和功能验证。最后, 对所构建的本体知识库, 利用改进的基于属性值的扩展算法进行简单的语义检索, 同时也验证了本书的理论技术的正确性。

在智能教学系统中, 学生模型是系统的核心组件, 其作用是记录学生的个体特征, 反映学生的个体差异, 为系统进行智能决策提供了决策依据。教学内容是根据学生个体特征定制的, 这既是系统重要的学习支持方式, 也是系统个性化最直接的体现。

本书对学生模型和学习理论进行了研究, 系统地研究了行为主义和认知主义学习理论, 并且就这些理论对学生模型的构建的影响进行了详细的讨论、对比和分析。在此基础上, 提出了基于多元智能理论构建智能教学系统中的学生模型的相关理论和方法。该模型主要包括学生特征、学习风格、认知能力和绩效信息。

同时, 本书对基于多元智能理论学生模型在教学内容呈现方面的应用进行了研究, 提出了基于多元智能的个性化教学内容组织和呈现方式。同时, 分别将多元智能理论与学习风格、多元智能理论与媒体呈现方式, 以及多元智能理论、学习风格和媒体呈现方式相结合, 给出了不同的个性化教学内容的组织呈现方式。根据上述研究, 本书提出了一个基于多元智能理论的具体的学生模型的个性化设计案例。首先, 提取学生的学习特征, 判定出学生的学习风格和认知能力, 并将其判定结果放入绩效信息中; 其次, 给出基于学生模型各个模块的动态组织过程; 最后, 根据学生模型, 对典型的教学内容设计个性化教案。

基于上述研究, 本书最后提出了一个基于本体的智能教学系统模型, 并对该模型进行了详细的阐述和分析; 结合智能教学领域, 基于本体对知识库构建进行了研究, 并设计了傣族文化知识库和“数据结构”课程知识库; 然后设计并实现了傣族知识检索系统原型、“数据结构”课程教学系统原型。

本书可作为高等学校及相关专业硕士或高年级本科学生的教材或教学参考书, 也可供从事该领域相关研究的人员或技术开发人员学习和参考。



目 录

总序

前言

第 1 章	智能教学系统	1
1.1	智能教学系统概述	1
1.2	智能教学系统的研究现状与分析	3
第 2 章	基于本体的知识库构建	15
2.1	知识库	15
2.2	建构主义学习理论与信息加工理论	16
2.3	本体的基本概念和相关理论	17
第 3 章	学生模型及其相关理论	32
3.1	概述	32
3.2	学生模型	33
3.3	学生模型的理论基础——学习理论的起源分析	37
3.4	学习理论及其对学生模型的影响	39
3.5	经典学生模型分析	53
3.6	多元智能理论与学生模型	55
第 4 章	民族教育资源数字化建设	61
4.1	民族教育资源数字化概述	61
4.2	民族教育信息资源数字化建设途径	62

4.3	民族教育信息资源数字化建设成果及特点	62
4.4	民族教育信息资源数字化的现状分析	64
4.5	民族教育信息资源数字化建设的对策研究	70
第5章	民族教育信息资源知识库构建	73
5.1	民族教育信息资源	74
5.2	民族教育信息资源知识库的本体设计	76
5.3	民族教育信息资源领域知识点本体构建——以傣族为例	79
5.4	领域学习资源本体构建——以傣族为例	95
第6章	基于多元智能理论的学生模型构建	107
6.1	学生模型的模块组成	107
6.2	学习者特征	109
6.3	学习风格的判定	109
6.4	学习者的认知能力	110
6.5	学习绩效	116
6.6	学生模型的动态工作过程	116
6.7	多元智能学生模型与其他学生模型比较	117
第7章	民族教育资源本体知识库应用	120
7.1	基于本体的语义检索的理论基础和相关技术研究	120
7.2	基于本体的语义检索系统的设计	121
7.3	语义检索系统的实现	125
第8章	基于多元智能理论的学生模型案例	130
8.1	学生模型案例的设计思想	130
8.2	学生模型案例的素材选取	131
8.3	学生模型案例	132
8.4	个性化教案对比与分析	137

第9章 基于本体的智能教学系统模型.....	140
9.1 智能教学系统模型	140
9.2 原型系统	146
第10章 总结和展望	151
10.1 研究总结	151
10.2 下一步工作展望	152
参考文献	154
附录 1	160
附录 2	165



第 1 章

智能教学系统

21 世纪是数字化的时代，知识爆炸及人类教育终身化的时代要求和教育特征，客观上要求通过先进的智能教学系统部分或全部替代传统课堂教学。随着计算机网络技术、人工智能技术的不断发展，以及社会需求的变化，作为早期计算机辅助教学的衍生物——智能教学系统已经成为当前基于网络教学最热门的话题。

1.1 智能教学系统概述

1.1.1 智能教学系统的定义

智能教学系统（刘玲玲，张荣梅，2009）是涉及人工智能、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，对其研究的最终目的是由计算机系统承担起人类教育的主要责任，即赋予计算机系统智能，由计算机系统在一定程度上代替人类教师实现最佳教学。其核心词为“智能”二字，在不同的时期人们对于“智能”的理解是不一样的，很显然，随着技术的发展及各种理论的充实，人们对于智能的要求越来越高，越来越精准。目前，大多数人对于“智能”的理解体现在系统具有知道教什么（教学资源）、何时教及如何教（教学策略）的能力方面（Shute, Psootka, 1996）。简而言之，智能教学系统必须做到三懂：懂知识、懂学生、懂得如何教。

1.1.2 智能教学系统的功能模块

对于智能教学系统结构的描述，即系统模块的划分，在不同时期有着

不同的划分方法，但是就功能而言，能达到一个共识的局面。如图 1-1 所示，四模块结构是为研究者所接受的（陈天云，张剑平，2007）。

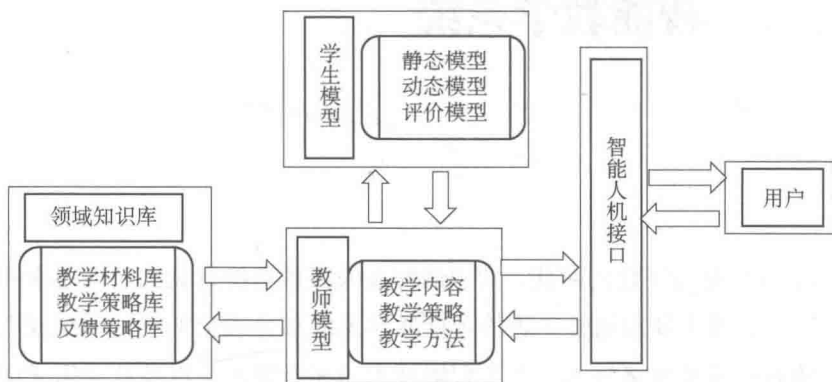


图 1-1 智能教学系统

1.1.2.1 领域知识库

领域知识库又称专家知识模块，它是智能教学系统的重要组成部分，主要解决教什么的问题。其中，最为核心的问题是领域知识的表示，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。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。随着知识表示研究的深入，已经提出了多种知识表示方式，常用的几种知识表示方法有产生式表示法、语义网络表示法、框架表示法、谓词表示法、面向对象表示法、基于范例表示法、基于知识体表示法及其他表示法。不同的知识结构都有一定的针对性和局限性，而且有时同一领域的知识可采用不同的知识表示结构来表示，所以在选定知识表示结构时，应依据具体的情况来确定。

1.1.2.2 学生模型

学生模型是智能教学系统对人类学生的模拟，包括学生的认知特点、学习风格、知识状态、个性特点等，并跟踪学生的学习过程，记录学生的学习状况，准确反映学生的学习进度、学习水平及学习能力等，它是实现个性化教学的基础。目前，学生模型主要有以下几种：静态模型、动态模型、评价模型等。

1.1.2.3 教师模型

教师模型是对人类教师的模拟，即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。

1.1.2.4 智能人机接口

人机接口是系统与学生交互作用的部件,包括学生、教师进入教学系统的交互界面、自然语言的处理、人机对话的处理,以及对领域知识库维护的接口、教学策略的修改接口及学生模型的初始化处理等。自然语言处理的日益成熟,为人机接口的智能化提供了技术支持。

1.2 智能教学系统的研究现状与分析

智能教学系统是人工智能技术在教育中最重要的应用,并成了现代化教学领域的一个研究热点,为了更好地把握智能教学系统,本章运用内容分析法、比较研究法,从定性和定量的角度对1997—2011年万方数据库所载的学术论文、硕博学位论文及会议论文进行统计和分析,并根据分析结果梳理出我国智能教学系统在国内的发展脉络及研究现状,指出其中存在的问题,展望其未来的发展趋势。

1.2.1 智能教学系统的发展状况

1970年,Carbonell等开发了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。

国外对于智能教学系统的开发层出不穷,但国内智能教学系统研究起步较晚,比较典型的有北京大学CAI(Computer Aided Instruction)研究室开发的高等数学智能教学系统,北京航空航天大学计算机系开发的用于课件设计的智能教学系统。

为了更进一步促进智能教学系统的发展,我们试图从已发表的学术论文、博硕士学位论文及会议论文三个角度,定量与定性地去分析我国关于智能教学系统的研究现状,把握其发展脉络,关注其核心技术的研

出其中缺失的要素，从时间轴上去考察智能教学系统研究重心的变化及其原因，并进行相关总结，以期为学者提供一个参考，使智能教学系统有一个良性发展，并推进信息技术环境下终身化与个性化教育的实践与研究。

1.2.2 样本来源

为了使数据更丰富与准确，我们通过检索发现，与智能教学系统相关的论文最早出现在 1997 年。故本书的研究数据来源于万方数据库 1997—2011 年发表的学术论文、博士学位论文及会议论文，以“智能教学系统”为关键词进行检索，共计 257 篇。鉴于学术论文、学位论文、会议论文各有特点，可认为学术论文代表了智能教学系统研究的广度，共检索得到 160 篇；学位论文代表了智能教学系统研究的深度，共检索得到 74 篇；会议论文代表了智能教学系统研究在学术界的高度，共检索得到 23 篇。为了方便研究，我们根据三者独有的特点分开进行统计。

1.2.3 研究工具与方法

对于收集到的 257 个样本，本书采用了内容分析法和比较研究法，从定性、定量的角度进行多维度的分析，试图得到客观的结果。内容分析法属于教育技术学研究方法中的一种，是一种对传播内容进行客观、系统和定量描述的研究方法。其实质是对传播内容所含信息量及其变化的分析，即由表征的有意义的词句推断出准确意义的过程。内容分析的过程是层层推理的过程。比较研究法是根据一定的标准，对两个或两个以上有联系的事物进行考察，寻找其异同，探求普遍规律与特殊规律的方法。

另外，本书采用了 SPSS11.5 和 Excel 这两种统计分析软件进行数据分析，得到各种图表，以便直观地理解和呈现所研究的内容。

1.2.4 智能教学系统的核心技术问题研究现状

研究表明，智能教学系统包括四大模块，鉴于四大模块的功能和范围过于广泛，不便于从微观方面把握智能教学系统的发展现状，故以智能教

学系统中涉及的核心技术问题为研究内容进行定量的分析。

对于学术论文，从期刊种类、发表时间、是否有搭建智能教学系统平台这三个维度进行分析。对于学位论文，由于其所涉及的内容比较庞大，故选取每篇论文的创新点或主要研究点为研究对象，并从申请的学位、获得学位时间、所学专业三个维度进行分析。对于会议论文，从会议时间、会议主题两个维度进行分析。

对于各研究内容的界定如表 1-1 所示。

表 1-1 研究内容界定

研究内容 (类别)	类别界定	典型论文示例
知识表示 (模型)	对知识的一种描述，即用一组约定的符号把知识编码成一组计算机可以接受的数据结构	《本体在课程知识表示中的应用研究》 《智能教学系统中知识表示的研究与设计》
学生模型	是智能教学系统对人类学生的模拟，是一种可靠的表示学生认知特征的数据机构，包括学生的知识状态、认知特点和个性特点等	《智能教学系统中学生模型的研究》 《智能教学系统中认知学生模型的实现》 《多目标的学习者模型研究》
对话和交互风格	人机通信的智能化，能理解自然语言，并作出适当的回答	《智能教学系统中学习环境的设计与实现》
解释功能	对知识、知识的因果关系及推理的解释	无
机器学习和自改进系统	隶属于教师模型，是让计算机能够像人那样自动地获取新知识，并在实践中不断地改进自我，增强能力	《自学习在智能教学系统中的应用》 《智能教学系统中范例推理研究》
Agent 技术	教师 Agent、学生 Agent、管理 Agent 等 Agent 在智能教学系统中的应用	《基于多 Agent 的分布式智能教学系统平台关键技术研究》
理论	从宏观角度对智能教学系统的理论基础和具体应用进行描述	《智能教学系统研究综述》 《智能教学系统 (ITS) 的研究现状及其在中国的发展》
标准化	智能教学系统中各种技术的应用、资源建设开发、平台搭建等各方面的规范性问题	无
其他	以上主要研究内容之外的其他内容	《智能开放式计算机实验辅助教学与管理 系统研究》

在表 1-1 中，我们提出了 9 个方面有关智能教学系统的研究内容。其中，知识表示（模型）、学生模型、解释功能、对话和交互风格、机器学习和自改进系统 5 个因素是参考大多数学者的研究作出的总结（许高攀等，2009）。为了更好地涵盖所有的研究点，本书增加了“理论研究”“其他”；鉴于任何一项技术发展一定程度，都需要制定一定的规则，本书增加了