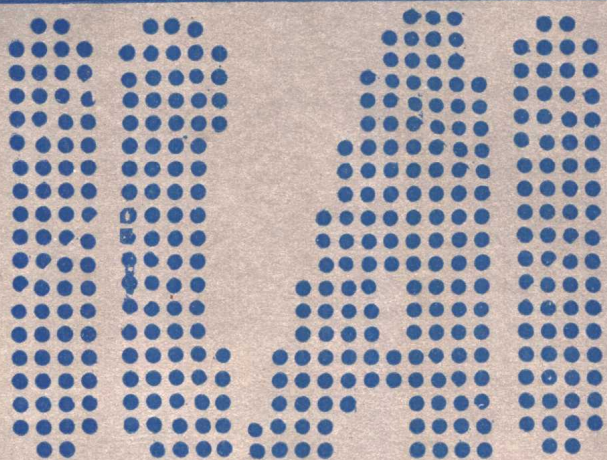


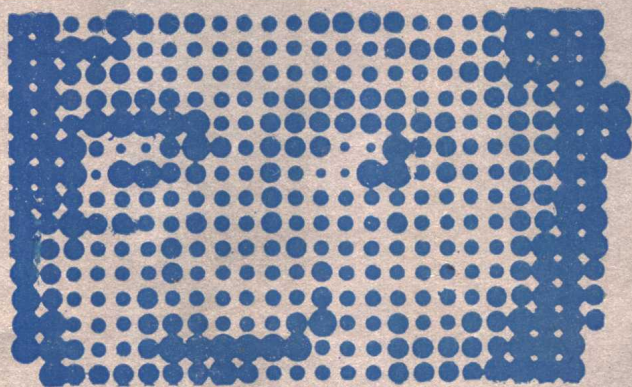
朱学增 殷国富 孙惠英



计算机智能的教学应用·

ICAI 设计技术及实例·

· 四川教育出版社 ·



朱学增 殷国富 孙惠英

计算机智能的 教学应用

—— ICAI 设计技术及实例

四川教育出版社
一九九二年成都

(川)新登字006号

责任编辑:皮俊中

封面设计:田丰

计算机智能的教学应用

四川教育出版社出版发行 (成都盐道街三号)
四川省新华书店经销 绵阳新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/32印张7.125插页2 字数154千
1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷
印数:1—2070

ISBN7-3408-17.5-1/G·1637 定价:2.50元

前 言

计算机辅助教学简称CAI，它能辅助教师实现各个教学环节，帮助学生更好的学习和掌握知识，达到提高教学质量的目的。在1977年IFIP会议上已正式明确CAI是一门边缘交叉的新学科。随着人工智能技术(AI)的出现，专家系统的研究成功，将AI技术引入到传统的CAI中，成为智能计算机辅助教学，又称ICAI。它和一般的CAI不同且具有明显的优越性。它的实现和发展要取决于计算机科学、认知科学及教育学的共同发展。它代表了一种新的教育思想和教育方式，有可能使传统的课堂教学产生巨大的变革。在1989年5月的国际CAI会议上有48篇论文，其中14篇介绍ICAI系统。由此可见，如果说CAI是计算机在教育方面的应用主流，那么ICAI则是CAI发展的必然趋势。

60年代初，国外就开始进行计算机在教育方面的应用研究工作，30年来的研究已经证实了CAI的有效性。在发达国家应用CAI是没有争议的事情，如美国在1986年，75%的学校都在一定程度上应用CAI，他们正朝着学校计算机化道路前进。

结合我国情况，国家推进现代化政策，教育愈来愈受到党和政府的重视，在学校中已配置一定数量的计算机，这为CAI的应用和研究建立了初步条件。如能开发研制出各种形式的ICAI系统，将对我国的高等教育、中小学教育及继续

教育工程提供一种有效的教学手段。完全可以断言, ICAI 在中国有着光明的应用前景。

但到目前为止, 国内还没有一本专门介绍ICAI的书稿, 在不少大学将此课题仅作为博士生、硕士生的论文课题。为能及时将此领域的知识尽快介绍给国内读者, 笔者在最近几年收集整理了国外有关ICAI的资料, 在1989年形成本稿。全书共分九章, 第一章概论。第二章ICAI系统的设计方法学, 这两章较全面、综合性地介绍有关ICAI的建造技术。在此基础上, 从第三章到第五章, 通过三个具体的实例, 介绍采用基于规则的系统结构设计方法, 当前ICAI最普遍的一种系统形式即智能指导系统。第六章是在基于法则设计方法的基础上引入规划技术设计的系统。第七章介绍ICAI的另一种型式即智能微世界的设计问题及实例。第八章介绍应用苏格拉底教学法来设计ICAI系统。最后一章智能著作系统让读者对提高开发ICAI系统的效率应采用的工具有初步的认识以利今后实践中应用。本书参考了国内外众多学者的有关著作和研究论文, 由于篇幅所限, 参考文献未能一一列出, 特此致歉, 需要者可与作者联系索取。

本书可作为大学高年级学生和研究生的教科书, 也可供从事CAI研究的教育工作者参考。书中所介绍的实例可起到较快入门的作用, 在设计系统时就能遵循正确的方法, 避免走弯路。但由于ICAI的复杂性, 笔者学识有限, 谬误和不妥之处在所难免, 恳请读者批评指正。

作 者

1991.5.1

目 录

前言.....	(1)
第一章 概论.....	(1)
§ 1.1 计算机与教育革命.....	(2)
§ 1.2 从CAI到ICAI的发展历史.....	(5)
§ 1.3 ICAI的基础.....	(9)
§ 1.4 专家系统和ICAI系统.....	(16)
§ 1.5 CAI和ICAI.....	(20)
§ 1.6 ICAI系统的形式.....	(22)
§ 1.7 ICAI系统的特点.....	(23)
§ 1.8 ICAI在中国的应用前景.....	(24)
第二章 系统设计方法学	(26)
§ 2.1 ICAI设计指导思想.....	(26)
§ 2.2 ICAI计算机的基本组成.....	(28)
§ 2.3 ICAI系统基本结构.....	(30)
§ 2.4 ICAI功能模块的构造.....	(32)
§ 2.5 教学软件的开发过程.....	(48)
第三章 PIXIE 系统设计.....	(60)
§ 3.1 引言.....	(60)

§ 3.2	脱机环节.....	(61)
§ 3.3	联机环节.....	(65)
§ 3.4	分析环节.....	(68)
§ 3.5	系统增强.....	(69)
第四章	教师助手系统的设计.....	(87)
§ 4.1	引言.....	(87)
§ 4.2	理论基础.....	(88)
§ 4.3	系统组成.....	(89)
§ 4.4	理想学生模型.....	(89)
§ 4.5	模拟错误求解.....	(92)
§ 4.6	接口设计.....	(95)
§ 4.7	教学模块.....	(97)
§ 4.8	教学指导模块的控制结构.....	(100)
§ 4.9	导入教学指导策略.....	(108)
§ 4.10	ICAI的应用.....	(113)
§ 4.11	结语.....	(113)
第五章	ReGIS: 基于规则的ICAI系统.....	(115)
§ 5.1	基于规则教学系统的结构.....	(115)
§ 5.2	教学实施方法.....	(117)
§ 5.3	任务描述.....	(120)
§ 5.4	学生模型.....	(127)
§ 5.5	手段—目的指导规则.....	(129)
§ 5.6	ReGIS模拟实验.....	(133)
§ 5.7	结语.....	(140)

第六章 应用规划技术构造ICAI	(141)
§ 6.1 引言.....	(141)
§ 6.2 基于规划的ICAI.....	(143)
§ 6.3 举例.....	(157)
§ 6.4 结语.....	(169)
第七章 Microworld: 智能化学习环境	(171)
§ 7.1 AIBLE思想的产生和发展.....	(172)
§ 7.2 数学微世界.....	(174)
§ 7.3 数学微世界示例.....	(176)
§ 7.4 数学微世界与CAI的差别.....	(179)
§ 7.5 数学微世界的设计问题.....	(181)
§ 7.6 微世界的设计原则	(184)
§ 7.7 数学微世界的支援设施.....	(186)
§ 7.8 数学微世界的评价.....	(188)
第八章 采用苏格拉底教学法设计WHY系统	(190)
§ 8.1 引言.....	(190)
§ 8.2 理论简介.....	(194)
第九章 智能著作系统	(205)
§ 9.1 CAI软件开发环境概况.....	(205)
§ 9.2 开发ICAI的智能著作系统.....	(207)
§ 9.3 用户接口.....	(210)
§ 9.4 知识库编辑程序.....	(214)
§ 9.5 课文汇编程序.....	(218)

第一章 概 论

计算机辅助教学(Computer—Aided Instruction, 简称CAI)是利用计算机来辅助教师实现各个教学环节,通过学生与计算机之间的交互活动,帮助学生更好地学习,达到提高教学质量的目的。但在没有智能支持的情况下,CAI尽管可能具有很好的教学材料模型,但它并不理解它所教的学生、教材或教学法,实际上是机械地传授知识给学生。如果某个学生不能接受它提供的教学内容,系统并不可能为这个学生改变另外的教学策略。然而,对于复杂的课程,最好的教学认知目标是充分发挥教师的教学艺术,能最佳地组织教学过程来满足各种学生的要求。但在传统的CAI系统中很难实现这一目标。

随着人工智能(Artificial Intelligent, 简称AI)的不断发展和成熟,将AI技术引入到CAI中,使CAI系统可以理解教什么,教谁以及如何教,因而也就能合理安排教学内容,变化教学方法去满足个别教学的需要。以AI技术、认知科学及教育学为基础形成的智能CAI(Intelligence CAI, 简称ICAI)就是尽可能真实模拟教师和学生如何实现最佳教学过程的计算机程序系统。ICAI既是计算机应用技术的一个领域,又代表了一种新的教育思想和教育方式,其目的是改革教学方法,提高教学质量。

§ 1.1 计算机与教育革命

19世纪的工业革命是以机器的应用为特征，它使人类体力方面的能力得以增强；本世纪正在进行的第二次工业革命则以计算机的应用为引导，使人们智力方面的能力得以提高。工业社会正在向信息社会（或称信息时代）过渡，人类社会将发生如下变化：

1、信息知识将成为社会的战略资源。人们必须拥有知识信息，才能参与社会活动，适应社会环境的变化；

2、在信息社会中，大多数人（约占75%以上）从事的是信息知识的管理和生产工作；

3、知识更新速度加快，信息知识流通量剧增，信息传送手段愈来愈先进，人们之间交往联系极为频繁；

4、人们的物质生活和精神生活要求高质量、多样化。无论工作、学习和生活，人们都喜爱多种选择；

5、作为信息处理的有力工具，计算机将成为信息社会每个公民的有力助手，计算机网络将渗透到人类生活的每个角落。

面对这样一个信息社会，工业社会中的那种传统教育模式的弊端愈来愈显现出来。传统教育不能适应信息社会对教育的要求，应该遵循信息社会的教育特征进行教育革命。未来教育将在如下几方面显示出新的格局：

1、由于科学技术飞速发展，新的知识空间剧增，而人们又主要从事信息知识工作，因此，必须普及高水平的连续

基础教育。

2、生活在现代化社会里的人们，对终生学习的欲望和实践还会继续深化。因此社会必须实施离散型终身教育。义务教育的普及和终身教育的发展，使教育结构形成学校教育——继续工程教育——终身教育的一体化体系。

3、教育体制、结构趋向多样化和社会化。教育必须极大地提高教学效率、加速教学进程，缩短学制，以适应社会高速发展的需要。

4、信息社会科技发展的趋势是“知识—技术—生产”一体化，以学科高度分化、综合与技术理论高度理论化和体系化为特点，需要专业知识结构重新调整，设置综合化课程和跨学科专业，实现多学科、多专业综合教育，培养知识广博的综合学科和边缘学科人才。

5、信息社会对人材素质提出更高的要求，特别是思维能力、创造能力和适应能力的要求，强调人的“全面和谐的发展”，强调个别化教育和因材施教。改革传统的教学方式，使学生个性特点充分发展，进行主动的学习。

6、信息社会的教育必须与同时代的科学技术水平相适应。教育技术必须信息化、自动化和智能化。现代教育技术（视听技术、教学机器、计算机等）将广泛应用。

教育如何迎接新技术革命的挑战，适应信息社会的要求呢？最根本的是要在教育思想、教育观念上有一个大转变，以加速教育改革的步伐。

要进行教育革命，首先要重新审视传统的教学观、学生观和学校观。传统教育的目的是教师教学生书本知识，教学功能仅仅是传授书本知识。而现代的教学观则认为教学具有

多方面的功能，它既要传授知识，又要发展多种能力，还要培养思想品德和促进体质发展。两种教学观的根本分歧在于提高教学效果的着眼点不同。

在信息时代，一切取决于效率。而教学的效率则在于怎样使学生在最短时间内高质量地掌握知识，具备不断更新知识、创造新知识的能力。把发展智力提高到应有的地位，不仅是现代生产技术发展提出的要求，也是全面地把握教学任务 and 教学质量标准的要求。

传统的学生观是把学生看成被动地接受知识的客体，而教师是教学的主体。现代的学生观则认为：学生既是教学的对象，又是学习过程能动的主体。在教学过程中，学生是客体和主体的统一。在学习过程中，他应是学习的主人。

传统的学校观认为只有全日制、面授的，进行课堂教学的围墙式学校才是正规的学校。而现代的学校观认为全日制、面授的、有围墙的学校是正规学校的一种形式，半日制的、业余的和其他方式授课的远距离教学、无围墙的学校也是教育场所，同样是正规学校。

信息社会科学技术的飞速发展，将促进教育技术的不断更新和教育新媒体的开发利用。信息科学、智能科学、认知科学等将更多地介入教育科学领域，以探索人类学习规律和掌握知识的奥密，使教学能真正做到最优化。近年来现代教学手段的普遍使用，对教学内容、方法和组织形式产生了巨大的影响。以电视、录像、录音、幻灯、投影等为主的声光教具和独具特色的计算机辅助教学系统将直接引起教学方法和教学形式的一系列改革，打破传统的教学框框，使学生真正成为学习的主体。特别是在ICAI系统中，学生通过人机交

互及时获得反馈信息，主动调整自己的学习进程和速度，使得个别化教学和因材施教达到新水平。把学生从被动听讲、消极接受教师灌输知识的状态下解放出来，使整个教学过程从“以教师为中心”转移到“以学生为中心”的轨道上。

§ 1.2 从CAI到ICAI的发展历史

50年代末期，计算机技术已有相当大的发展，计算机的应用也从数值计算扩展到符号处理等许多方面。人们想，既然计算机能够用于下棋、做语言翻译等比较复杂的智能活动，为何不能用于教学呢？于是，工业发达国家着手进行计算机辅助教育（Computer Based Education，简称CBE）的研究，其应用有两个方面：一是计算机管理教学（Computer Managed Instruction，简称CMI），它用来帮助教师控制和管理教学环境，例如组织教材、安排教学活动、命题评分和评价教学效果等。二是CAI，西欧一些国家称为CAL（Computer—Assisted Learning），用来帮助学生学习，改进教学方法。

最早开始CAI研究的是美国IBM公司，它于1958年设计了一个向小学生教授二进制算术的CAI系统。此后，斯坦福大学开发了IMSSS，伊里诺斯大学开发了PLATO（Programmed Learning and Teaching Operation），现已发展到了PLATO—II。60年代末，CAI走出了实验室，在工业发达国家普遍受到重视和发展，推动了CAI系统的实用化和商品化。70年代，国际信息处理协会（IFIP）

在1970、1975、1977年召开过三次CAI国际会议，并在1977年的会议上，正式明确CAI是一门边缘交叉的新学科。

早期CAI的设计过程是：对课程进行目标分析，构成学习目标的层次结构，然后对各目标的学习任务展开画面设计，每个画面包含课文解释、提问、对应于提问的预想和学生应答，以及反馈信息等。将这些画面按照一定的教学逻辑连接起来，就形成了课件（Courseware）。这种把设计者按预先固定结构而形成的课件称为面向画面的刚性CAI系统（frame—Oriented CAI）。由于这种课件缺乏足够的应变性，继而出现了适应性课件设计技术，在一定程度上将教学内容与教学逻辑分开，根据学生的学习情况，由一个教学决策机构决定向学生提供某一画面的学习内容，但仍是学生完全受计算机控制的学习方法。

到了70年代，CAI的研制者们发现，在传统的CAI系统中，计算机作为知识的传播者，既不懂所教的知识，又不了解它所教的学生，无法起到因材施教的作用。如何创造称职的“计算机老师”呢？需要解决的问题是：（1）系统应能表示课程知识和知识结构；（2）系统能了解每个学生的学习能力、风格及当前知识水平；（3）允许学生用近似自然语言的方式与计算机会话；（4）能最佳地决定在什么时候以什么方式向学生呈现什么信息和提问以及给出什么样的反馈。因此，AI的知识表示、推理方法、自然语言理解等技术，对传统CAI系统进行智能改造是实现上述目标的正确途径。1970年，第一个比较有影响的ICAI系统是由卡博内尔（J. R. Carbonell）研制的教授南美洲地理的SCHOLAR系统。SCHOLAR系统采用语义网络知识表示技术来

表示课程知识。卡博内尔称之为信息结构式 (Information Structure Oriented) CAI系统。该系统能够根据它的语义网络生成提问, 同时也能从网络中探索对问题的回答信息, 因此也允许学生主动向系统提问。众所周知, 地理课程是以陈述事实性知识为主的, 很少有形式结构和算法性的内容, 因而很难利用传统的课件生成方法。SCHOLAR的研制成功把CAI技术推进了一大步, 这意味着其它以陈述性知识或从语言材料为主的课程也能通过应用AI技术而构造CAI系统。AI与CAI的结合, 标志着CAI技术发展到了一个新阶段。继SCHOLAR之后, 世界上已经涌现了许多不同风格的ICAI系统, 其基本情况见表1.1所示。

ICAI早期研究集中在专业知识的表示方面。70年代后期, AI技术被用来构造表示学生状况的学生模型和体现教师教学方法及风格的教师模型。同时在ICAI系统中还溶进了一些教育知识, 包括了解学生的知识水平和因材施教的教学策略。因为CAI研制者们认识到, 教学内容的清晰、易理解的表示方法和对合理地利用这些知识的直观、形象的演示对于一个CAI系统固然重要, 但良好的教师区别于一般领域专家的重要特征之一是他能够了解学生的想法、理解造成学生错误的原因所在, 从而有针对性地进行指导。这方面比较典型的系统是: 电子线路故障诊断教学系统SOPHIE; 计算机游戏教学系统WVMPVS; 蒸汽动力设备教学系统STEAMER等。这样一些有影响的ICAI系统的面世极大地推动了ICAI的理论研究和开发方法学的发展。

80年代以来, ICAI系统的研究集中在使用AI技术确切地表示学生和教师模型上, 使教学系统具有更高层次的应答

表1.1 ICAI 系统示例

系统名称	教学内容	知识表示形成	学生模型	教师模型	开发者	时间
SCHOLAR WHY INTEGRATE SOPHIE	南美洲地理 降雨因素分析 符号积分法 电子线路故障 诊断	语义网络 剧本 规则 语义网络	加权覆盖模型 查错模型 覆盖模型 覆盖模型	苏格拉底式对话教学法 苏格拉底式对话教学法 主动式咨询法 交互式指导法	Carbonell Stevens等 Kimball Brown等	1970 1982 1982 1982
WHST EXCHECK BIP SPADE ALGEBRA GUIDON PROUST	算术运算 逻辑与集合论 BASIC语言 LOGO语言 应用代数 传染病诊断 Pascal语言	规则 规则 规则 规则 规则 规则 语义网络	覆盖模型 覆盖模型 覆盖模型 覆盖模型 覆盖模型 覆盖模型 查错模型	主动式教练法 主动式教练法 主动式教练法 主动式教练法 交互式教练法 交互式教练法 主动式咨询法	Burton等 Suppes Barr等 Miuer Lamtz等 Claney Solonay	1979 1981 1976 1982 1983 1982 1983

敏感性和全局观念。目前,尽管ICAI系统还未最终走出实验室,但取得的进展却是令人鼓舞的。1989年5月在美国召开的第二届国际CAI会议上,提交大会交流的48篇论文中,有14篇介绍了ICAI系统。由此可见,如果说CAI是计算机在教育方面应用的主流,那么ICAI则是CAI发展的必然趋势。

§ 1.3 ICAI基础

著名哲学家F.培根曾有一句名言:“知识就是力量”。可见知识是一种宝贵的资源,知识的产生、改进、转移和利用可以创造巨大的财富。然而知识的积累通常需要较长的时间和较高的代价。保存、整理和传授知识,无疑是一项非常重要而有意义的工作。所以,教育一直被人们视为神圣的事业,教师被誉为“人类灵魂的工程师”。但长期以来,人们把教师的“言传身教”奉为教育的一条金科玉律,课堂就是由黑板、粉笔、简单教具和教师的解说以及静静听讲的学生所组成。这种教育的特征是以传授知识为指导思想的三中心论(教师中心、课堂中心和书本中心)的学校教育。显然,这种教育方式不能适应个别化的因材施教和培养解决问题的能力以及现代社会对教育的要求。从50年代以来,教育界积极进行了教育理论、技术和先进教育手段的探索,取得不少的成果:

1. 程序教学理论及应用

程序教学是以行为主义心理学的理论为基础创造出来的一种教学方法。

在这种教学中,使用所谓教学程序将学习内容分成许多