

# 教学代理与自适应学习技术的新发展

——对美国《教育传播与技术研究手册》(第四版)的学习与思考之六

何克抗

(北京师范大学“未来教育”高精尖创新中心,北京 100875)

**[摘要]** 本文包含三部分:第一部分阐述了教学代理与自适应学习技术(也称自适应学习系统)的内涵及起源;其余两部分分别对这两种技术作了进一步的深入探讨。其中,第二部分是教学代理的理论基础、应用效果和未来发展;第三部分是自适应学习系统的实施、分类、应用环境和今后研究方向。

**[关键词]** 教学代理;智能导师系统;自适应学习技术;学习管理系统;学习者特征

**[中图分类号]** G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2017)05-0011-10

在《教育传播与技术研究手册(第四版)》第七部分(“新兴技术”篇)的第61、62章分别论述了教学代理(Pedagogical Agent,简称PA)和自适应技术(Adaptive Learning Technologies,简称ALT)(任友群,2015)。第61章主要围绕教学代理的理论基础、应用现状及其未来发展三方面展开;第62章从自适应学习技术的内涵、分类、应用及今后研究方向等,对个性化学习进行了认真的分析与思考。

## 一、内涵及起源

教学代理是用于在线学习环境以满足不同教学目标要求的、类似教师的虚拟角色。它们经常作为教师或学习激励者,利用语言或表情与学习者交流;还经常融入在线学习环境中,为学习者提供认知支持(Baylor,1999)以及包含社会文化的学习体验(Gulz,2005)。教学代理能提供类似教师的辅导(如回答问题),减少学习者的焦虑和困惑(代理能

以热情、友好的方式交谈)。当前有两种教学代理:会话式代理(可以与学习者会话)和活动式代理(可以辅导学生完成包括问题解决在内的多种学习活动)。下面我们先回顾教学代理的历史渊源。

教学代理的早期发展可追溯到20世纪70年代的智能导师系统(intelligent tutoring system,简称ITS)。它的特征类似辅导老师,能回答问题、探测学生的错误并提供反馈。这样的智能系统需要多个学科领域的支持,例如教育学、计算机科学、教学系统设计以及心理学等。早期的智能导师系统侧重于导学,至于教学代理功能,则是以后三十年才逐渐发展起来的。近年来,智能导师系统已进展到虚拟角色阶段——拥有复杂的可视化形式,通过虚拟化身(即教学代理)与学习者用多通道方式(例如文本、语音、手势等)进行交互。事实上,早期的智能导师系统主要从认知角度辅助学习者,现在的教学代理则具有多方面的社会文化功能,而且虚拟化身也能

**[收稿日期]** 2016-10-03 **[修回日期]** 2017-08-20 **[DOI编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2017.05.002

**[作者简介]** 何克抗,北京师范大学教育技术学院教授,东北师范大学荣誉教授(终身教授),北京师范大学现代教育技术研究所所长,2001年6月至2006年5月任教育部高等学校教育技术学专业教学指导委员会主任;先后担任过全国教师教育信息化专家委员会主任、中国教育技术协会学术委员会主任、全球华人计算机教育应用学会(GCCCE)第一副主席和国际著名刊物计算机辅助学习(Journal of Computer Assisted Learning)编委等学术职务。

够承担多种角色,包括:助教、教练、专家、顾问、激励者和学习伙伴等。

自适应学习技术指根据学习者的个性特征与具体情况,通过呈现适当信息与学习资料、提供反馈和建议来创设符合学习者需要的智能学习环境的技术。自适应学习技术也称自适应学习系统,它起源于早期的学习管理系统(Learning Management System,简称LMS)。学习管理系统通常为每个学习者呈现完全相同的课程与学习内容,不考虑学习者的个性特征、个人情况与需求,这种一刀切的方式往往导致挫败感,造成学习困难与高辍学率(Dagger et al., 2005; Karampiperis & Sampson, 2005)。解决这类问题,需要使学习管理系统能够自动调整课程与学习材料、学习活动,以符合学习者的个性特征、个人情况与需求,从而为学习者提供个性化的学习体验,这就是自适应学习系统的由来。这种系统通过将学习者的个体差异与学习特征纳入其中,使学习者付出较少的时间与精力即可达到学习目标,从而提高学习的质量与效率。例如,自适应学习系统可以通过调整学习材料或学习活动来适应学习者的先前知识、学习风格及个人爱好;与此同时,自适应学习系统还能有效地利用学习对象和发挥学习同伴的帮助作用(El-Bishouty et al., 2007; Martín et al., 2008)。

## 二、理论基础、应用效果及未来发展

### (一)理论基础

由于教学代理的应用涉及多个学科,从而使研究者能利用多样化视角对这一领域进行探究,所以其理论基础也涉及多个范畴,其中最主要的是以下三种:把计算机视为社会活动者(CACS)、社会认知理论和认知负荷理论。

#### 1. 把计算机视为社会活动者

有关教学代理的大量文献都把计算机视为社会活动者(See computers as social actos)的范例进行了研究(Nass & Brave, 2005)。这类范例认为,人类是以固有的社会和人文方式与媒体进行交互的。为了阐释这一观点,日夫司和纳斯(Reeves & Nass, 1996)通过社会心理学实验研究,收集了不同性格特点的人与人之间的互动、回应及对待方式。研究表明:个体喜欢奉承而不喜欢批评他人。早期有关

人的交互行为实验,与CACS研究者所做电脑程序(把计算机视为社会活动者的软件程序)得出的结果一致。换句话说,人类对媒体的反馈(例如人在电脑程序中的反馈)很大程度上与人与人之间的反馈一致。例如,人喜欢电脑以夸奖的方式给予反馈,而不是以较少表扬的方式(这和上述个体喜欢奉承而不喜欢批评他人完全一致)。将这一实验结果运用于教学代理就意味着:学习者会以通常的社会活动方式(即正常的学习方式)与教学代理互动。这正是把计算机视为社会活动者能够作为教学代理实际应用的理论依据。事实上,研究已证明:学习者能依据代理的外形对其教学作用进行定位(Veletsianos, 2010),而且代理的可视化外观有助于更好地发挥出它所扮演的社会角色的功能(Kim & Baylor, 2006)。

#### 2. 社会认知理论

教学代理系统设计涉及的社会—认知理论有以下三种:一是分布式认知理论。该理论认为,人类的认知分布于世界上众多的个体、工具和人造物品中,而不是在个体大脑中。从这个视角看,教学代理(对学习者来说,代理是一种外部物品)完全可以调节、支持和拓展人类的认知过程。例如,代理通过提出问题、提供建议或另类视角,即可有效地支持和帮助学习者。二是社会交互理论。该理论认为,学习是一种社会交互以及与人协商的过程。教学代理所以能够超越传统的计算机辅助教学以及技术增强的学科教学,是因为它能在学习环境中创造一种社会网络,并通过代理身份作为教师、同伴、协作者或激励者与学习者互动、协商与交流。例如,代理能通过对某事物产生共鸣,支持和加强学习者的情感,从而和该学习者建立较密切的关系。三是示范—认知理论。该理论认为,人类可通过观察他人示范来学习。这种示范可以是现场的实际演示,也可以是一段实际的操作视频(比如,更换厨房水龙头的操作视频)。正是基于这种理论,我们可以设计和制作能在实际教学情境中起到和教师、同伴、协作者或激励者同样作用的教学代理。典型的案例是,针对美国中小学学习计算机科学课程女生偏少的事实,有学者为了鼓励更多的女生参与,建议开发劝说式教学代理(该代理身份应是年轻女性),认为那会有良好的作用(Wilson et al., 2010)。

### 3. 认知负荷理论

认知负荷理论 (Cognitive Load Theory, 简称 CLT) 试图解释不同的任务如何把不同的认知要求存放于有限容量的工作记忆中。认知心理学家认为,人类用“三要素系统”处理信息,这三个要素包括:感觉记忆、短时记忆、长时记忆 (Baddeley, 1992)。认知负荷理论与人类认知结构的短时记忆 (也称工作记忆) 和长时记忆的组件相关。认知负荷理论关注的焦点是哪类信息在工作记忆中被加工。巴德利 (Baddeley, 1992) 认为,工作记忆被分为多个通道。工作记忆的负荷可能受学习任务性质 (内在认知负荷) 以及教学材料的设计所影响。比如,教学材料设计可能影响与学习 (或认知图式) 相关的认知过程 (外部认知负荷) 或相关的认知结构,如具体加工、建构及自动化操作 (相关认知负荷)。

认知负荷理论的核心原则是增加相关认知负荷,减少外部认知负荷 (Kester et al., 2006)。

值得关注的是:认知负荷理论认为,与内容/任务无关的专用教学代理信息 (例如,大量与教学目标关联较少的面部表情),由于也要学习者投入一定的认知努力,因而会增加学习者的外部认知负荷;若将有限的认知资源投入到与学习任务不太相关的信息或媒体中,必然会增加认知负荷,从而对学习产生负面影响 (Clark & Choi, 2005),因为学习者需要将他们的注意力分散到教学代理的大量可视化元素中 (如肢体动作与面部表情),或者分散到教学代理和屏幕上的其他信息之中。

#### (二) 应用效果

根据大多数文献所提供的案例及普遍认同的观点,《手册 (第四版)》第 61 章认为,教学代理的应用效果主要体现在五个方面:

##### 1. 教学代理具有较好的适应性与多功能性

教学代理的适应性体现在能适应学习者的不同学习风格、认知特点以及不同的行为和背景,从而实现个性化教学 (Sklar & Richards, 2010)。之所以有这种适应性,是因为代理能以智能方式回应学习者,如通过针对性的内容传输、学习辅导、具体建议支持学习者的认知加工并提高其元认知技能。

教学代理的多功能特点表现为:通过监控学习者行为,可以确认学习者何时需要帮助、需要何种帮助,然后再做出具有上述适应性的有效帮助;还表现

在:既关注对学习者的认知与元认知能力方面的帮助与提高,又关注对学习者的情感、态度 (例如,激发动机、应对挫折等) 方面的支持与诱导。

教学代理的适应性和多功能性体现较充分且被广泛引用的案例是 AutoTutor, 它的教学策略包括对话、反馈、矫正表、提示、填空以及对使用者更多信息的要求等。孟菲斯大学教学代理研究组通过 AutoTutor 影响学习者情感态度的研究证明:该系统能以混合主导形式与学习者交互,从而有效影响学习者情感态度并提高学习效果 (Graesser et al., 2007)。

##### 2. 教学代理能产生现实仿真

教学代理通过复制人类行为可提供现实的仿真情境。例如,教学代理可利用虚拟的姿态和注视作为一种教学策略,并用有声思维模拟推理过程和元认知,从而展示人类学习行为并使良好的社会行为模范化。在这种应用中,代理是行动者、模拟者、模型以及数字化学习环境的管理者。此外,教学代理还能利用虚拟人物和以自然的方式与学习者交流,增加模拟的可信度 (Woo, 2008)。教学代理的现实仿真如果有较高的可信度,会使学习者认为自己是与真实的人协作,从而与代理产生友谊,并增强与代理之间的情感联系。代理也能通过与学习者分享故事、表达观点、展现态度、抒发情感和鼓励来体现对学习者的个性化学习的支持 (Gulz 2005; Woo, 2008)。

##### 3. 教学代理能反映并体现学习者的社会文化需求

教学代理通过提供大量社会交互机会,可满足学习者在虚拟环境中的社会文化需求。例如,当代理有合适的技能和某学科知识时,可作为同伴学习者和人一起协作学习;教学代理通过提供同伴支持、允许其他学生检查代理的学习错误,从而减少学生的挫折感,并促进学生产生共鸣。有些研究者 (Sklar & Richards, 2010) 认为,教学代理作为学习者的同伴比作为辅导者更易于消除学习者顾虑,被学习者接受。此外,不同种族、性别和不同文化背景的学习者对教学代理的使用,将为他们展示不同的社会文化角色,而这些角色有可能对学习者的学习兴趣、自我效能感以及专业认识产生积极影响。

实证研究 (Hubal et al., 2008) 表明,当学习者拥有与教学代理不受限制的交互机会,学习者会把代理作为会话伙伴,和他们开展社交,并产生愉悦

感。即使学习者和代理之间交互的话题与当前任务无关,也有利于营造学习发生的社会情境和氛围。研究(Kim et al., 2006)还表明,学生更容易受到和他们性别、种族、地位相匹配的代理所影响和说服。

目前,大多数文献都确认教学代理能够反映并体现学习者的社会文化需求,但个别学者也担心:教学代理在起始阶段可能是新鲜的,在后续活动中可能使人厌烦;代理作为导航是有益的,而作为会说话的“传声头像”(talking heads),可能分散学习者的注意力,这方面还需有更多的实验与探索。

4. 教学代理能激发学习者的动机、责任感,提高参与度

提升学习动机是教学代理的关键功能。代理在社会意义上的存在,将引起学习者的关注与兴趣,激发他们的动机,这是因为:1)代理的外观可以代表理想的社会角色(Baylor, 2011);2)代理能丰富和拓宽学习者与计算机之间的交互内容,并为计算机教学赋予激发学习动机和丰富情感的特点,从而使学习者更积极地参与(Lusk & Atkinson, 2007)。

代理扮演的角色是文献关注的焦点。代理的效果表明,代理的存在使学习者将电脑理解为一个社会角色,从而积极地去感知自己的学习体验(Dunsworth & Atkinson, 2007)。此外,代理通过与学习者的语言沟通和非语言暗示(如手势、体态、导航等)可模拟人与人之间的关系,增加学习者的参与度(Dunsworth & Atkinson, 2007)。

有研究者(Chase et al., 2009)还建议:如果改变学习者与代理之间的关系,例如,把教学代理变为可教代理(不是让代理辅导学习者,而是让学习者去教它或辅导它),可能会增加学生的动机与责任感,减少虚拟学习环境的孤独感。查斯(Chase)等人还发现,当学生教可教代理时,会在学习中花更多时间,能较快承认自己的错误。

5. 教学代理能提高学习效果与工作绩效

由于教学代理具有适应性和多功能性,能产生现实仿真,反映并体现学习者的社会文化需求,激发和提高学习者的动机责任感与参与度,所以它最终将提高学习效果与工作绩效。与传统教学强调知识与信息的传递相比,虚拟的教学代理更关注提高学习者的理解、保持、回忆和解决问题能力以及自我效能感与迁移能力(Dunsworth & Atkinson, 2007; Gil-

bert et al., 2005)。

教学代理所提供的多种功能有助于学习者形成深层次理解。例如,代理的手势可改进学习过程中程序性任务的安排;代理的面部表情对学习者的情感态度的诱导更有效;和单一的文本或叙事相比,代理通过和语言或非语言结合的线索,可更好地支持学习者进行信息处理(Dunsworth & Atkinson, 2007)。此外,有学者(Dunsworth & Atkinson, 2007; Kim & Wei, 2011)声称:教学代理能帮助学习者持久地记忆信息,提高解决问题能力,并促进知识迁移;当然,在基于代理的环境中,促进知识与技能的迁移还应考虑教学策略的适当运用,如选择实用的例子(Kim & Wei, 2011);复杂问题解决时最好能分解成若干子问题(Lusk & Atkinson, 2007)。

总的来说,设计良好的教学代理确实能提高学习效果与工作绩效,但也有研究(Clark & Choi, 2005)表明,教学代理未能产生更好的学习效果。这些研究呼吁:加强和改进对教学代理的设计(包括对代理的外观、行为及吸引力的设计),以引起学习者对教学代理的持续兴趣和更多关注。

(三)未来发展

除了有关文献提出的要对教学代理行为(如怎样与学习者互动)、外观(包括美感与吸引力等)和非语言沟通等研究外,第61章还建议应加强对认知与社会文化的焦点、方法论的焦点和在开放环境中支持以学生为中心的探究等三个领域的实验研究,以促进教学代理的未来发展。论据如下:

1. 认知与社会文化的焦点

从文献看,有关教学代理的研究主要集中在认知问题上(如代理的形象对学习者的记忆有怎样的影响;代理应如何激发学习动机以及如何促进学习等)。然而,愈来愈多的学者(Gulz, 2005; Kramer & Bente, 2010)呼吁,应更多地关注社会文化研究。这是因为,基于代理的学习是个社会化过程,加强对“代理—学习者”之间交互的社会文化因素研究,会对教学代理的未来发展产生促进作用。

2. 方法论的焦点

由于教学代理越来越多地整合到复杂的数字化学习环境中(如虚拟世界和电子游戏),我们需要了解的不仅仅是教学代理及其特性对学习结果的影响,还要了解代理—学习者相互作用背后的含义、代

理所使用的环境以及代理在这种环境下的作用(如作为导师的作用或同伴者的作用)。总之,为了对代理技术获得深入、多元的理解,需要采用调查法等了解学习者对教学代理的体验及使用效果;阿迪柯克(Adcock et al., 2006)等利用读者对其研究论文中使用的两种学习环境可用性的评论,来补充他们的实验结果;维勒特西阿纳斯(Veletsianos, 2009)则把准实验设计与扎根理论结合,用于阐明教学代理的表现力以及“有关教学代理的使用和部署、共存于教学中的多个互补且矛盾的事实上面”。

### 3. 在开放环境中支持以学生为中心的探究

教学代理研究领域关注的认知问题似乎与教育技术学科主流的认识形成鲜明对比,具体来说,开放的学习环境(如社交网站和电子游戏)、以学生为中心的学习活动场所,正越来越受欢迎,因为在这样的学习环境中,社会互动和用户贡献是学习体验的核心内容,那些能够参与社会导向对话的代理会在在线学习环境中体现出更高的价值。但是,目前该领域的研究普遍是将代理视为专家角色,能够快速提供指导,而不是支持以学生为中心的探究活动。为此,未来研究的重点应放在以下两种教学代理上:

- 1) 在数字化学习环境中相对独立的代理;
- 2) 在开放学习环境中的代理。

## 三、自适应学习系统的实施、分类、应用及未来研究方向

### (一) 实施现状

为了实现自适应学习的目标,自适应学习系统的实施须遵循两个步骤:

一,确认学习者的个人信息和背景。这将涉及学生建模和情境建模。学生建模指建立并及时更新包含学习者特征、需求等信息的学生模型;情境建模则要确定学习者的背景。布鲁斯洛夫斯基(Brusilovsky, 1996)认为,学生建模有协作和自动化两种方法:在协作方法中,学习者应提供可用来建立和更新学生模型的明确反馈(例如,填写调查问卷或参与考试);在自动化方法中,通过学习者使用自适应学习系统的行为来建立和更新学生模型。学生建模的这两种方法,通常也适用于情境建模,即让系统通过学习者的反馈或自动化方式来识别情境信息。

此外,学生建模和情境建模可以是静态或动态

的。静态建模指只设置一次的学生模型或情境模型(通常在学习者第一次访问系统时设置);动态建模则要持续监控学习者及学习者所处情境,并不断更新学生模型或情境模型的信息。

二,将学习者的个人和背景信息用于支持自适应学习。已经确定的学习者特征及当前学习状况,可用来给学习者提供个性化的学习体验。这种体验可通过不同方式提供。例如,就学科教学过程中呈现的学习对象(或活动)而言,个性化的学习体验包括:所呈现学习对象或活动的数量、顺序、课程内容本身的布局与呈现方式、相关补充材料的数额、课程的导航等。布鲁斯洛夫斯基(Brusilovsky, 2001)指出,通过在线课程的调整来适应学生特征和需求的自适应技术有两个相关领域,即自适应导航支持和自适应内容呈现。自适应导航支持为学生提供浏览课程的不同方式,功能有:直接导航、地图的适用性以及自适应分类、隐藏、注释和链接的生成等;自适应内容呈现则要将教学内容本身呈现给学习者,包括:自适应的多媒体演示、自适应的文本呈现以及自适应的样式等。

此外,在移动和泛在学习环境中,自适应系统除改变浏览课程的导航和内容呈现方式外,还可以引导学习者学习特定的真实生活中的学习对象,使学习者意识到周围还有其他学习者或专家(而不是只有自己单独在线学习),并能根据环境特征,调整或选择相关学习材料(Graf & Kinshuk, 2008)。

自适应学习系统的实施,除了应严格遵循上述两个步骤外,还应关注另一个重要变量,即学习发生时的情境和状况,这是因为早期的适应性或智能教学系统往往把注意力集中在知识和教学目标的特征上,随着研究的深入,注意力才逐步转向认知与元认知,从而使系统更多地依据学习者的学习风格、认知特点、情感状态、兴趣爱好、学习动机等定制课程和学习活动。特别是近年来,随着新技术的发展,移动学习、泛在学习与普适学习越来越流行。于是,学习发生时的情境和状况,自然也成为自适应学习系统必须关注的另一个焦点。

### (二) 划分类型

依据学习者的学习风格、认知能力、情感状态、情境和环境的不同,自适应学习系统(即自适应学习技术)可以分为四大类:

### 1. 基于学习风格的自适应技术

学习风格有多种定义,其中较通用的定义是由宏尼和穆佛德(Honey & Mumford,1992)给出的。他们认为,学习风格指对于能确定一个人学习方式偏好的那些行为和态度的描述。

研究表明,对不同学习风格的适应,可以减少学习所需的时间并提高学习者的整体满意度(Graf & Kinshuk,2007)。自适应学习系统使用几种方法适应学生的不同学习风格并调整相应的教学,包括:1)改变呈现给学习对象类型的段落顺序;2)隐藏那些与学生学习风格不匹配的学习对象、学习对象的元件和学习对象的链接;3)对学习对象进行注解,以说明它符合某种学习风格的程度,在此基础上向不同学生推荐最适合其需求的学习对象。

为了确定学生的学习风格,通常要求学生填写问卷。这些问卷基于“学习者应了解自己如何学习”这一假设。由于学习风格是基于自我报告的测量(是问卷,而非能力测试),所以其信度与效度至关重要,近几年已发展到通过自动化途径确定学习风格。例如,学习者的在线学习行为信息,可用来推断其学习风格。另外,根据学习兴趣可以对学习者进行分类,然后从分类中推断他们的学习风格

菲勒德和斯勒威曼(Felder & Silverman,1988)提出用四个维度描述学习风格:1)积极主动/深思熟虑型;2)感觉/直觉型;3)视觉/语言表达型;4)顺序/全局型。每个学生的学习风格都会涉及这四个维度,只是不同学生的偏向有所不同而已。

以上有关学习风格的研究,都集中于一般的行为模式(例如,学习者访问某个特定学习对象的时间、次数)。然而,近年来有些较复杂的行为模式(如导航模式)也开始受到关注。导航模式能看出学习者如何浏览课程,以何种顺序访问不同类型的学习对象及活动,而学习者在这些活动中的表现,可以有效地改进对学习者的学习风格的识别。传统的学习风格研究(Paredes & Rodríguez,2004),除了集中于一般行为模式外,还着重于用静态方式确定学习风格,但关于学习风格动态建模的研究,目前逐渐受到学术界重视。近年来的学生模型中有关学习风格的信息已不再固定,而是不断更新,只要检测到学生行为与系统最初记录的学习方式不一致,系统就会自动调节对该生学习风格的记录。格拉夫和钦沙克

(Graf & Kinshuk,2013)还提出一种专门计算动态学习风格的数学模型,并把这种自动学生建模整合到学习管理系统中。

### 2. 基于认知能力的自适应技术

《手册》第62章认为,认知可定义为获取知识的心理加工过程(包括意识、感知、推理和判断等)。人类的认知能力包括工作记忆能力、归纳推理能力、信息处理速度、联想信息能力、元认知能力、观察能力、分析能力、抽象能力等。基于认知能力的自适应技术首先要确认学习者的认知能力,然后再利用这些信息为不同认知能力的学习者提供支持。

钦沙克和林恩(Kinshuk & Lin,2003)曾为在线课程如何发展工作记忆和归纳推理等能力提出以下建议:对于低工作记忆能力的学习者,自适应系统可以减少课程路径的数量,并增加这些路径的相关性;同时应呈现较少但更具体的内容,增加可用媒体资源的数量。对于高工作记忆能力的学习者,应呈现更少的相关路径,增加内容的数量及内容的抽象性。

基亚(Jia)等曾提出一种基于模糊集理论的自适应学习系统设计,该系统能考虑“观察、分析、记忆、联想、想象、计算、归纳、抽象、推理”等认知能力。当为学习者提供学习资源时,这些认知能力以及该生的知识水平、兴趣、偏好都被考虑在内;同时基亚等还提出了一种“通过基于学习主题的测试问题来检测学生认知能力”的学生模型。

另一种确定学生认知能力的方法是从学生的课程行为表现去推断,典型例子是钦沙克和林恩(Kinshuk & Lin,2004)提出的认知特征模型(Cognitive Trait Model,简称CTM)。这是一个通过学习者的认知能力描述学习者的模型,它包含四种认知能力:工作记忆能力、归纳推理能力、处理速度和联想学习能力。认知特征模型能担任学习伙伴,提供特定的学习者信息,以便为不同的学习系统查询。由于人的认知能力有持续性,所以该系统可以在后续很长一段时间有效。对认知能力的识别是基于学习者在系统中的行为;每种认知能力都界定了它的交互模式,称为“特征表现(Manifests of Traits,简称MOT)”,所以每个特征表现就是一种体现了学习者认知特征的交互模式。基于多个特征表现的信息,可以计算出学习者的认知特征。

利用学习者行为和表现来推断其认知能力的一

大挑战,是要有足够可靠的信息来建立稳定的学生模型。在这种情况下,有些文献(Graf et al., 2009)已在探索认知能力和学习风格之间的关系,无论是在只考虑学习风格或只考虑认知能力的自适应系统中,通过二者之间的关系,都能产生更多的信息(例如,只考虑学习风格的自适应系统,可利用这种关系增加有关学习者认知能力的信息;而在只考虑认知能力的自适应系统中,通过额外考虑学习风格的数据,可以改进认知能力的检测过程,反之亦然),这样就可以生成更为可靠的学生模型。

### 3. 基于情感状态的自适应技术

在学习过程中,诸如厌倦、困惑、沮丧、信任、满意等情感状态对学习效果影响很大。关于情感状态的自适应研究是个新领域,目前只有少数几个自适应学习系统涉及,有代表性的案例是 AutoTutor(D' Mello et al., 2009)。该系统能诊断学习者的厌倦、困惑和沮丧情绪,并能根据诊断结果选择针对性的教学方法和激励性的对话策略。此外,该系统还嵌入了一个教学代理,教学代理通过口头语言、面部表情等和学习者交流。如果学习者被检测出有负面情绪,AutoTutor 会作出同情和鼓励的回应。另一个案例是 Wayang Outpost(Woolf et al., 2009)。这是个智能导师系统,能让学生与系统进行交互。当学生回答问题后,系统会通过文字信息或情感状态作出回应;在此过程中,学习者的情感状态(如焦虑、沮丧、自信、兴奋或厌倦)会受到细微的关照。

此外,可汗(Khan et al., 2010)等人研发出一个由几个模块组成的、试图将学习风格与情感状态整合到一起的自适应学习系统。该系统一旦检测到学习者有某种消极情感,会提供相关的激励或针对性指导。

确定学生的情感状态,可以采用学生建模的方法。如本文第三部分开头所述,学生建模有协作和自动化两种不同的方法。在协作法中,要确定学生的情感状态,要求学习者经常自我报告情感状态。这种方法的隐患是学习者有可能虚报情感状态或因为要求经常自我报告而感到厌烦。而自动化方法则使用传感器或行为模式的数据(相对客观、真实)。沃尔夫(Woolf et al., 2009)等人对使用传感器(包括面部表情照相机、压力鼠标传感器、皮肤导电传感器和姿势分析座椅传感器)的自动化方法做了研

究,得出的结论是:传感器可以帮助预测和学习相关的情感状态,并提供学习者是否处于非高效状态,是否应进行干预等信息。可汗(Khan et al., 2010)等人通过观察学生的在线课程行为模式,识别学习者的信心、努力、困惑和独立等情感状态(这些行为模式主要涉及学习对象的受访类型和花费时间)。

### 4. 基于情境和环境的自适应技术

德伊(Dey)把情境定义为“任何可以用来描述实体情况的信息。实体可以是一个人、某个地点或被认为与用户和应用程序之间的互动有关的物体,包括用户和应用程序本身。”

由于移动技术的发展,学习可以随时随地发生。不仅台式电脑,移动设备(如智能手机、iPad)也可用于学习。这就使学习者所处情境以及学习者周边环境的特点,成为自适应学习系统应当考虑的重要方面,并为我们把学习者的情境和环境信息,整合到自适应学习系统提供了可能。例如,自适应学习系统可以根据学习者所处情境及周围环境,与学习者互动,促使学习者参与当前的学习活动。适应性语言学习系统 JAPELAS 有这方面的案例(Yin et al., 2004)。该系统用于教授学生用日语表达礼仪;当某位学习者要和他人谈话时,系统将通过该学习者的设备接收另一个人的信息,并从学习者设备的传感器中了解当前情境的信息,然后再基于某种社会关系与现实情境,提出如何作出礼貌表达的建议(例如,当学习者在演讲厅遇到朋友,或在公园遇到教授时,系统会提出用日语礼貌表达的不同建议)。

基于情境和环境的自适应学习系统,还能引导学习者到学习可以更真实地发生的场所。在这种场合,系统主要负责位置感知和规划适当的学习活动,基于学习者先前的知识,系统将为该学习者生成个性化学习路径,然后通过位置感知引导他到可以学习相关知识与概念的场所(Chang & Chang, 2006)。

此外,通过学习者所处的情境及周围的信息,自适应系统也能帮助学习者与同行及专家开展同步交流,帮助他们形成学习小组或展现能够回答他们问题的人。基于学习者的位置和学习者的其他特征,系统还可以提出组建学习小组的建议。

基于情境和环境的自适应系统,大多专注于学习者的当前位置、周围物体、附近同行或专家的信息,也有少数系统开始关注对学习任务或同伴互助

的个性化支持(El-Bishouty et al., 2010; Hwang et al., 2009)。这类系统不仅基于学习者的环境信息,还利用包含在学习者档案中的各种信息(如学习者的原有知识及表现)。

识别情境的最普遍方法是使用传感器,如麦克风、网络摄像头、GPS、加速器等。下面五类情境参数已经得到识别:个人背景、环境背景、学习者与移动设备互动中得到的反馈、个人数据和环境数据。学生个人背景信息指:学生当前的位置、到达时间以及他们的心跳、血压等;环境背景信息包括:传感器位置、周围温度以及靠近传感器的物体或人的信息;从学习者与移动设备的互动中得到的反馈信息涉及存储的文件、问题答案以及学习者对用户界面的特定设置;个人数据信息包括:学习风格、课程安排、先前知识、课程学习进度表以及相关数据库中存储的学生个人数据;环境数据信息指有关环境的详细信息(如有关学习活动的进度安排或使用网站的说明),以及相关数据库中存储的环境数据。

## (二)应用环境

这有两大类:一是基于桌面的学习环境;一是移动/普适/泛在的学习环境。

目前已经开发出许多自适应学习系统,用来支持基于桌面的学习(即通过台式电脑学习)。这主要是根据学习者的特征和需要定制课程。学习者特征包括:先前的知识、学习风格、认知能力与兴趣爱好等,所定制的课程内容及学习活动应尽量适应这些特征。研究表明,学习者在这类课程上(能适应其学习特征的课程上)花费较少的时间,即可获得较理想的成绩(Graf & Kinshuk, 2007)。由于基于桌面的环境通常较恒定,所定制的课程内容及学习活动也相对较稳定(无需经常修改变动)。

随着新技术的快速发展,越来越多的学生使用移动设备学习,从而使移动/普适/泛在的学习环境成为人们关注的另一种学习环境。这种环境能克服课堂或工作场所的局限,将“随时随地学习”的概念引入现实生活,从而扩展了在线学习,并为人们提供了更好的教育经历,诸如智能手机和 iPad 等设备的使用,使师生之间、生生之间联系更紧密,互动更频繁(在不同地区生活的学习者,不论何时,只要有需要,即可访问课程内容并进行交互),新的机遇也随之产生。和基于桌面的环境不同,使用移动设备的

学习情境和环境不再恒定,而是不断变化;上面提到的、基于情境和环境的自适应技术正好能满足“移动/普适/泛在学习环境”的需求。在这种环境下,学习可以在不同背景下、以不同方式发生,而基于各自的情境与环境,学习系统要求有不同的支持。与基于桌面环境不同,这种环境中的移动设备拥有各种各样的嵌入式传感器,可以应用于多种情境的建模,以获得准确的即时信息,用来提供给自适应系统。与此同时,这些传感器也有助于确认学习者特征(如情感状态)。依赖于这些丰富的即时信息支持,自适应系统能为学习者提供针对性的支持与帮助。

## (三)今后研究方向

第 62 章认为,自适应学习技术在改进教学、提高质量方面潜能很大,然而这个领域的研究主要还集中在自适应学习系统的研发上,包括设计、开发自适应的课程内容、相关学习材料、活动机制,以及用于识别学习者特征、情况和需求的方法,还没有考虑如何在大规模教育环境中使用这种技术。为此,作者建议:应更多地关注如何将自适应学习技术应用于课堂,为更多的学习者所用。

实现这一目标,有不同的方法。例如,可以将自适应插件与服务的开发集成到常用的学习系统中。关键是要把现有学习系统和自适应学习系统的长处结合起来,优势互补,创造出既能为教师提供强有力支持,又能根据学习者特征与需求定制课程内容和学习活动的教与学系统。这就要求该系统的研究者与开发者不仅要重视学习者,也要关注教师和管理人员,让教师和管理人员觉得所研发的新系统不仅对学生有用,对于他们自己也很有用、好用(易于使用)。

## [参考文献]

- [1] Adcock, A. B., Duggan, M. H., Nelson, E. K., & Nickel, C. (2006). Teaching effective helping skills at a distance [J]. *Quarterly Review of Distance Education*, (4): 349-360.
- [2] Baylor, A. L. (2011). The design of motivational agents and avatars [J]. *Educational Technology Research and Development*, (2): 291-300.
- [3] Baylor, A. L. (1999). Intelligent agents as cognitive tools [J]. *Educational Technology*, (2): 36-40.
- [4] Baddeley, A. D. (1992). Working memory [J]. *Science*,

(255):556-559.

[5] Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia [J]. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, (11): 87-110.

[6] Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia [J]. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6 (2-3), 87-129.

[7] Chang, A., & Chang, M. (2006). Creating an adaptive mobile navigation learning path for elementary school students' remedy education [C]. *Proceedings of the International Conference on Interactive Computer Aided Learning*. Villach, Austria.

[8] Chase, C., Chin, D., Oppezzo, M., & Schwartz, D. (2009). Teachable agents and the protégé effect: Increasing the effort towards learning [J]. *Journal of Science Education and Technology*, (18): 334-352.

[9] Clark, R. E., & Choi, S. (2005). Five design principles for experiments on the effects of animated pedagogical agents [J]. *Journal of Educational Computing Research*, (3): 209-225.

[10] Dagger, D., Wade, V., & Conlan, O. (2005). Personalisation for all: Making adaptive course composition easy [J]. *Educational Technology & Society*, (3):9-25.

[11] D' Mello, S., Craig, S., Fike, K., & Graesser, A. (2009). Responding to learners' cognitive-affective states with supportive and shakeup dialogues [C]. *Proceedings of the International Conference on Human Computer Interaction. Lecture notes in computer science (Vol. 5612, pp. 595-604)*. Berlin: Springer.

[12] Dunsworth, Q., & Atkinson, R. (2007). Fostering multimedia learning of science: Exploring the role of an animated agent's image [J]. *Computers in Education*, 49 (3): 677-690.

[13] El-Bishouty, M. M., Ogata, H., Ayala, G., & Yano, Y. (2010). Contextaware support for self-directed ubiquitous-learning [J]. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 4 (3): 317-331.

[14] El-Bishouty, M. M., Ogata, H., & Yano, Y. (2007). PERKAM: Personalized knowledge awareness map for computer supported ubiquitous learning [J]. *Educational Technology & Society*, (3): 122-134.

[15] Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education [J]. *Engineering Education*, (7): 674-681.

[16] Gilbert, J., Wilson, D., & Gupta, P. (2005). Learning C with Adam [J]. *International Journal on E-Learning*, (3): 337-350.

[17] Graesser, A. C., Jackson, G. T., & McDaniel, B. (2007). AutoTutor holds conversations with learners that are responsive to their cognitive and emotional states [J]. *Educational Technology*, (47):19-22.

[18] Graf, S., & Kinshuk. (2013). Dynamic student modelling of learning styles for advanced adaptivity in learning management systems [J]. *International Journal of Information Systems and Social Change*, (1): 85-100.

[19] Graf, S., Liu, T.-C., Kinshuk, Chen, N.-S., & Yang, S. J. H. (2009). Learning styles and cognitive traits—their relationship and its benefits in web-based educational systems [J]. *Computers in Human Behavior*, 25 (6): 1280-1289.

[20] Graf, S., & Kinshuk. (2007). Providing adaptive courses in learning management systems with respect to learning styles. In G. Richards (Ed.), *Proceedings of the World Conference on e-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (e-Learn 2007)* [M]. Chesapeake, VA: AACE Press. :2576-2583

[21] Graf, S., & Kinshuk. (2008). Adaptivity and personalization in ubiquitous learning systems. In A. Holzinger (Ed.), *Proceedings of the Symposium on Usability and Human Computer Interaction for Education and Work (USAB 2008)* [M]. Berlin: Springer. :331-338.

[22] Gulz, A. (2005). Social enrichment by virtual characters—Differential benefits [J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, (21): 405-418.

[23] Honey, P., & Mumford, A. (1992). *The manual of learning styles (3rd ed.)* [M]. Maidenhead: Peter Honey.

[24] Hubal, R. C., Fishbein, D. H., Sheppard, M. S., Paschall, M. J., Eldreth, D. L., & Hyde, C. T. (2008). How do varied populations interact with embodied conversational agents? Findings from inner-city adolescents and prisoners [J]. *Computers in Human Behavior*, (3):1104-1138.

[25] Hwang, G.-J., Yang, T.-C., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2009). A context aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments [J]. *Computers & Education*, (2): 402-413.

[26] Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning [J]. *Educational Technology & Society*, (2): 81-91.

[27] Karampiperis, P., & Sampson, D. G. (2005). Adaptive learning resources sequencing in educational hypermedia systems [J]. *Educational Technology & Society*, (4):128-147.

[28] Kester, L., Lehnen, C., Van Gerven, P., & Kirschner, P. (2006). Just-in-time, schematic supportive information presentation during cognitive skill acquisition [J]. *Computers in Human Behavior*, (1): 93-112.

[29] Khan, F. A., Graf, S., Weippl, E. R., & Tjoa, A. M. (2010). Identifying and incorporating affective states and learning styles in web-based learning management systems [J]. *International Journal of Interaction Design Architectures*, (9-10): 85-103.

[30] Kim, Y., & Baylor, A. (2006). A socio-cognitive framework for pedagogical agents as learning companions [J]. *Educational Technology Research and Development*, (6): 569-596.

[31] Kim, Y., & Wei, Q. (2011). The impact of learner attributes and learner choice in an agent-based environment [J]. *Computers in Education*, (56): 505-514.

[32] Kinshuk, & Lin, T. (2003). User exploration based adaptation in adaptive learning systems [J]. *International Journal of Information*

Systems in Education, (1): 22-31.

[33] Kinshuk, & Lin, T. (2004). Cognitive profiling towards formal adaptive technologies in web-based learning communities [J]. International Journal of WWW-based Communities, (1): 103-108.

[34] Kim, Y., Baylor, A. L., & Shen, E. (2007). Pedagogical agents as learning companions: The impact of agent emotion and gender [J]. Journal of Computer Assisted Learning, (3): 220-234.

[35] Kramer, N. C., & Bente, G. (2010). Personalizing e-learning: The social effects of pedagogical agents [J]. Educational Psychology Review, (22): 71-87.

[36] Lusk, M., & Atkinson, R. (2007). Animated pedagogical agents: Does their degree of embodiment impact learning from static or animated worked examples? [J] Applied Cognitive Psychology, (21): 747-764.

[37] Martín, S., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2008). Mobility through location-based services at university [J]. International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijim), 2 (3): 34-40.

[38] Nass, C., & Brave, S. (2005). Wired for speech: How voice activates and advances the human-computer relationship [M]. Cambridge, MA: MIT Press.

[39] Paredes, P., & Rodríguez, P. (2004). A mixed approach to modeling learning styles in adaptive educational hypermedia [J]. Advanced Technology for Learning, 1 (4): 210-215.

[40] 任友群, 焦建利, 刘美凤, 汪琼, 顾小清, 阎寒冰 (2015). 《教育传播与技术研究手册(第四版)》[M]. Handbook of Research on Educational Communications and Technology (Fourth Edition). 上海: 华东师范大学出版社.

[41] Reeves, B., & Nass, C. (1996). The media equation: How

people treat computers, television, and new media like real people and places [M]. New York, NY: Cambridge University Press.

[42] Sklar, E., & Richards, D. (2010). Agent-based systems for human learners [J]. The Knowledge Engineering Review, (2): 111-135.

[43] Veletsianos, G. (2010). Contextually relevant pedagogical agents: Visual appearance, stereotypes, and first impressions and their impact on learning [J]. Computers in Education, (2): 576-585.

[44] Veletsianos, G. (2009). The impact and implications of virtual character expressiveness on learning and agent-learner interactions [J]. Journal of Computer Assisted Learning, (4): 345-357.

[45] Wilson, C., Sudol, L. A., Stephenson, C., & Stehlik, M. (2010). Running on empty: The Failure to teach K-12 computer science in the digital age [R]. Association for Computing Machinery and The Computer Science Teachers Association. Retrieved December 10, 2011, from <http://www.acm.org/runningonempty/fullreport.pdf>.

[46] Woo, H. L. (2008). Designing multimedia learning environments using animated pedagogical agents: Factors and issues [J]. Journal of Computer Assisted Learning, (25): 203-218.

[47] Woolf, B. P., Bursleson, W., Arroyo, I., Dragon, T., Cooper, D., & Picard, R. (2009). Affect-aware tutors: Recognising and responding to student affect [J]. International Journal of Learning Technology, 4 (3/4): 129-164.

[48] Yin, C., Ogata, H., & Yano, Y. (2004). JAPELAS: Supporting Japanese polite expressions learning using PDA(s) towards ubiquitous learning [J]. Journal of Information Systems Education, (1): 33-39.

(编辑: 徐辉富)

## The New Development of Teaching Agent and Adaptive Learning Technology: The Sixth Study Series of the American Handbook of Research on Educational Communications and Technology (Fourth Edition)

HE Kekang

(Advanced Innovation Center for Future Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** This article includes three parts. The first part expounds the connotation and origin of “teaching agent” and “adaptive learning technology” (also known as “adaptive learning system”). The second part discusses the theoretical basis, application effect and future development of “teaching agent”. The third part elaborates the implementation, classification, application environment and future research direction of “the adaptive learning system”.

**Key words:** teaching agent; intelligent tutor system; adaptive learning technology; learning management system; learners' characteristics.