

学习元平台的设计及其应用场景分析

杨现民¹, 程 罡², 余胜泉³

(1.江苏师范大学教育研究院,江苏徐州 221116;
2.国家开放大学,北京 100039;3.北京师范大学教育学部,北京 100875)

[摘要] 1 普适计算技术推动下的泛在学习已成为下一代 e-Learning 的重要发展方向,泛在学习环境的构建是泛在学习成功实施的基础和保障。传统的 e-Learning 资源仍然是当前大多数泛在学习原型系统的核心,但忽视了适合泛在学习自身特性和需求的学习资源的设计与建设。针对此问题,本研究在联通主义学习理论、知识建构理论和生态学习理论的指导下,以泛在学习资源组织模型“学习元”为核心设计开发了一种新型的泛在学习系统——学习元平台(Learning Cell System, LCS)。该系统采用基于本体的资源组织方式,通过开放内容编辑实现资源内容的持续进化发展,可以在多种移动终端上自适应地呈现资源,实现资源之间的动态语义关联,支持社会认知网络的动态生成与共享,并可以基于过程性信息开展个性化的学习评价。最后,对 LCS 潜在的应用场景进行了分析。

[关键词] 泛在学习;学习环境;学习系统;学习资源

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 杨现民(1982—),男,河北邢台人。博士。主要从事移动与泛在学习研究。E-mail: yangxianmin8888@163.com。

一、研究背景

ICT 技术的快速发展给人类的学习带来了巨大的变革,我们正逐步从 e-Learning 走向 Ubiquitous Learning(u-Learning)。^[1]泛在学习作为未来终身学习的理想模式,可以为学习者提供随时随地随意获取信息、协作交流的理想环境,使其表现出泛在性、个性化、情景化、短流程、富交互、去中心化等特性。^[2]

泛在学习环境(Ubiquitous Learning Environment, ULE)的构建是泛在学习成功实施的基础和保障,目前已有不少学者从不同角度出发提出了多种泛在学习环境模型。^{[3][4][5]}通过对多个 ULE 模型的分析,可以将 ULE 模型的组成要素归纳为:多种形态的学习终端、多样化的学习服务、无处不在的学习资源和基础支撑环境(泛在通信网络、服务器、传感器、平台等)。

在 ULE 模型的指导下,一些研究者已在泛在学习系统的设计、开发以及应用方面进行了探索。黄国

祯等人^[6]分析了具有情景感知的泛在学习系统需要具备的基本功能,包括感知学习者所处位置等情境信息(为学习者提供更多适应性的支持,个性化的学习支持服务,支持不同地点间的无缝学习,教学内容适应各种移动终端设备)。日本德岛大学的 Ogata 等人^[7]开发了 BSUL (Basic Support for Ubiquitous Learning)系统,旨在将泛在计算系统融入课堂教学环境,为教室和现场活动提供泛在学习支撑环境,从而评估教室环境下泛在技术对学习者的影响及可能性。黄国祯等人^[8]开发了指导研究新手进行单晶 x 射线衍射操作的情景感知系统,并验证了系统的系统性、真实性和经济性。黄悦民等人^[9]开发了一套泛在英语词汇学习系统 UEVL (Ubiquitous English Vocabulary Learning System)用来辅助学生体验完整的词汇学习过程。

然而,无论是 ULE 模型还是已开发出的泛在学习原型系统,都忽略了一个影响泛在学习效果的关键问题,即泛在学习资源的设计与建设。当前各种泛在

基金项目:国家自然科学基金项目“泛在学习的资源组织模型及其关键技术研究”(项目编号:61073100);江苏师范大学优秀博士人才引进科研支持项目“网络课程资源的动态生成模式研究”(项目编号:9210913105)

学习系统中,使用的都是传统的 e-Learning 资源,如学习对象、视频、CAI 课件、测试题等。传统的静态的、固化的、更新迟缓的 e-Learning 资源无法满足泛在学习的实践需求。泛在学习需要海量的、可进化的、适应性强的、情景化的学习资源。当前大多数泛在学习系统都是以传统 e-Learning 资源为核心进行设计和开发的,虽然扩展了学习的时间和空间,同时也通过传感器等技术实现了学习者的情景感知,但在学习资源的设计、建设、共享等方面存在不足。2009年,北京师范大学的余胜泉教授提出了一种泛在学习的资源组织模型——学习元,^[10]为泛在学习系统的设计、开发和应用提供了新的思路。

学习元是对学习对象的进一步发展,是在汲取学习对象、学习活动技术促进教育资源共享理念的基础上,针对现有学习技术在非正式学习支持不足、资源智能性缺乏、学习过程中的生成性信息无法共享、学习内容无法进化等缺陷,提出的一种新型学习资源组织方式。学习元具有开放性、生成性、进化发展、联通性、内聚性、智能性、适应性、社会性等基本特征。学习元面向具体的微型学习目标,既能自给自足、独立存在,又能实现彼此联通,构建以学习者为中心的个性化知识网络。通俗地讲,学习元是在学习内容的基础上附加一定的语义描述信息、生成性信息、格式信息、学习活动和 KNS(Knowledge Network Service)网络的新型学习资源。^[11]本研究将以学习元为核心,设计并实现一种泛在学习系统,同时对系统在实践中典型应用场景和应用效果进行分析,期望能为泛在学习系统的研究提供新的思路。

二、理论基础

(一) 联通主义学习理论

联通主义^[12]是数字时代的学习理论,由加拿大学者 George Siemens 于 2005 正式提出。George Siemens 有句名言“管道比管道中的事物更重要”,形象地刻画了联通主义的核心思想。联通主义倡导 Networked Learning,认为数字化时代的学习不再是一个人的活动,而是连接专门节点和信息源的过程,学习就是网络的形成。联通主义认为学习不仅仅是学习者建构内部认知结构的过程,而且是“优化内外学习网络”的过程,联通主义强烈地关注外部知识源的联结,而不仅仅是设法去解释知识如何在我们的头脑中形成。

联通主义对于集体学习环境的设计有以下两点启示:一是突出学习资源之间的连接,在资源结点间建立关联的通道;二是突出学习资源与用户之间的连

接,在资源结点与用户之间建立关联的通道。资源之间的关联便于用户快速发现语义相关的资源,起到“知识导航”的作用;资源与用户之间的关联,便于学习者发现与当前学习资源紧密关联的用户(领域专家、学习伙伴等),进而构建自己的人际网络,减少网络学习的孤单感。

(二) 知识建构理论

知识建构理论^[13]是由多伦多大学安大略教育研究院 Marlene Scardamalia 教授和 Carl Bereiter 教授于上世纪 90 年代提出。知识建构理论认为培养学生知识创造能力的最直接的途径,不是通过设计学习任务或活动让学生掌握领域知识、获得特定技能,而是把传统的以知识掌握和技能培养为目标的学习转变为以发展学生社区内的公共知识为目标的知识建构。Scardamalia 指出,^[14]在具体的教学实践中,教师应保证每个学生的观点都得到理解和重视,每个学生都能参与到知识建构中来。教学对话是知识建构的基本途径,知识建构中的话语不仅是为了分享知识,也是提炼和完善知识。

知识建构理论对集体学习环境设计的重要启示在于,集体知识的协同创作与分享是集体学习环境要实现的重要目标之一,知识需要通过集体智慧不断进化,同时,还要突出知识建构过程中对话交互的重要性。

(三) 生态学理论

生态学是研究生物的分布、多样性、生物之间的关系以及生物和外界环境交互的科学。^[15]生态系统是一个“系统的”整体,这个系统不仅包括有机复合体,还包括形成环境的整个物理因子复合体。一个完整的生态系统具有整体性、开放性、动态平衡性、自组织、可持续进化等特征。生态系统是一个有机整体,各生态要素彼此影响、相互协调,维持生态系统的动态发展和平衡。生态学的视角给各领域的研究者提供了认识 and 解决问题的新视角和新思路。近年来,教育技术领域的学者们已开始从生态学的视角研究 e-Learning 领域的各种问题。

生态学理论对于集体学习环境的设计具有如下两点启示:一是从生命有机体的角度看待学习资源,赋予学习资源持续进化和发展的能力;二是突出生态中两大关键物种(用户和资源)的动态联系和相互作用。学习资源作为学习生态系统的关键物种之一,通过开放的结构,允许多用户参与内容编辑,不断丰富内容、精炼结构,实现自身的持续动态发展。资源与资源之间通过用户的各种交互操作(编辑、评论、收

藏、订阅等),可以动态产生各种语义关联,最终形成可无限扩展的资源关系网,实现资源的关联进化。用户之间以资源为纽带通过各种人际交互操作,同样可以动态形成个性化的人际关系网络。

三、系统架构

学习元平台(Learning Cell System, LCS)可定位为一个开放的学习管理系统和内容创作系统,同时也是为学习者营造的一个可自由定制的个人学习环境。学习者在这里不只是被动地接受教师和专家设计好的课程内容与活动,而是能主动地融入学习元生长和进化的过程中,吸收不同来源的知识与智慧,同时贡献自己的学习经验、感悟和批判性意见,在协同的环境中达成共同的知识建构。在开放的体系结构下,学习工具、学习资源、社会认知网络的共享都不再局限于单一的平台内部,而是可以在泛在通讯网络中跨越多个组织和系统,构建无处不在的智能学习空间。系统中的学习资源和活动,以学习元为核心组织,多个学习元又可形成结构灵活的聚合成更大规模的课程,一个学习元可以在多个课程中使用并同时吸收这些课程中用户的集体智慧而持续进化发展。基于这种理念,笔者设计了学习元运行系统,其体系结构如图1所示。

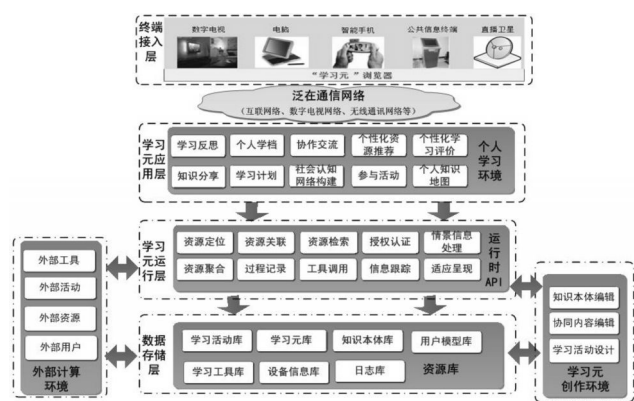


图1 学习元平台的系统架构

(一)数据存储层

数据存储层用来存储LCS中的各种数据。存储层主要包括学习活动库、学习元库、知识本体库、用户模型库、学习工具库、设备信息库和日志库等几大部分。学习活动库主要存储平台中所有资源不同类型的活动信息,如讨论交流、提问答疑、投票、在线交流、学习反思、六顶思考帽等。知识本体库主要存储平台中所有的知识本体,包括已有的领域知识本体以及由用户创建的本体等。用户库主要存储平台中所有的用户信息,包括用户基本信息、用户信任度等。学习工具库主

要存储平台中的所有小工具。设备信息库存储各种常用访问终端的基本信息,如设备类型、物理参数等,用于学习资源在不同设备上的自适应呈现。日志库主要存储平台应用过程中产生的各种操作日志。资源库主要存储平台中所有资源的数据。

(二)学习元运行层

学习元运行时,API为应用层、协同编辑环境和外部工具等提供一系列的服务接口,来实现学习元的定位、关联、聚合与检索,活动运行与工具调用,运行信息跟踪,资源的适应性呈现,学习过程信息的记录,情景感知信息的处理,用户访问的授权认证等功能。对数据存储层的信息读取(如学习元的检索、调用)和写入(如更新学习元的内容、更新用户模型)都通过API完成,该层为学习元的应用环境和编辑环境提供无差别的服务。

(三)学习元应用层

学习元应用层是学习者通过用户接口直接应用的各种系统功能,其核心是围绕个人学习空间的构建来设计各种学习应用。LCS中的个人学习环境包括学习反思、学习档案、学习计划、参与学习活动、个性化学习评价、个人知识地图、个性化资源推荐、学习活动、协作交流等应用功能,学习者可以按需定制各模块,打造最适合自己的个性化学习环境。通过个性化学习环境,学习者不仅可以找到感兴趣的知识,还可以找到知识背后的专家和具有相同兴趣的学习伙伴;学习者可以制订学习计划,建构自己的社会认知网络,利用系统提供的讨论区、聊天室、留言板、实时交流工具等进行协作交流;学习者可以进行学习反思,查看自己的个人学档,与好友分享优秀的资源。由于学习元富含大量的语义信息以及交互式活动设计,基于学习元的资源应用能够支持学习者多种维度的学习,提供适应性的情境化学习资源,促进知识内容的建构与反思,以及用户间的广泛交流与协作。

(四)学习元创作环境

通过学习元的协同建构环境,用户可以在自由、协作的环境下完成学习元的协同创作过程:利用知识本体编辑工具构建学习元的知识模型;利用协同内容编辑工具实现学习元的内容进化;利用活动设计与资源关联工具使学习元的内容呈现与活动设计充分融合,并能有效地复用组件层工具产生的资源(如素材库中的素材资源、答疑工具中的常见问题等);设计评价策略,调用评价工具完成不同类型的学习评价。

(五)终端接入层

通过泛在通信网络(包括互联网络、数字电视网络、无线通讯网络等),用户可随时随地通过一定的终端设备进入 LCS。终端显示层将根据用户所使用的终端设备,如数字电视、电脑、智能手机、公共信息终端、直播卫星等,自动将平台中的学习元进行格式转换,从而使得学习元能在不同的终端设备上呈现。

(六)外部计算环境

依据生态学理论构建的 LCS 具有很强的开放性, LCS 提供开放的 Web 服务接口,可以与外界学习系统进行连通和资源共享。外部的学习系统通过使用 LCS 提供的 Web 服务接口,可以检索学习元、调用 LCS 中比较有特色的学习工具和学习活动。同样, LCS 中的用户,不仅可以查询和访问系统内部的学习元,而且能够获取与 LCS 建立连通的其他系统中的学习资源。

四、特色功能

相对于一般的在线学习系统, LCS 具有以下六个方面的特色:

(一)基于本体的资源组织,实现资源的语义描述和管理

与传统的按分类体系管理资源的方式不同, LCS 采用基于语义 Web 的本体技术来组织平台中的各类学习资源。在学习元中,除了使用 IEEE LOM 规范中定义的标题、语言、描述、关键字等静态元数据外,还设计了一个可扩展的学科知识本体模型,用于表达学习元中学习资源的内在逻辑联系。这个语义元数据模型的关键是要能表达不同类型的学习资源可能包含的共同语义。

针对同一个主题,可能存在不同呈现形式、表达方法和媒体类型的学习资源,但是从中抽象出的内在学科知识结构是相对稳定的,利用本体来表征学习资源中包含的知识结构,就能有效地表征学习资源所包含的与学习相关的语义信息。这个学科知识的本体模型默认包含最基本的知识类型,以及基本的知识属性和关系。在此基础上,参与资源建设的用户可以通过填充这些属性和关系,生成各种知识类型的实例,或者扩展新的知识类型和属性,提供更为丰富的语义表达,最终形成一个与主题相关的、高度内聚的知识网络。

(二)开放内容编辑,实现资源内容的持续进化发展

LCS 中的学习资源不是一经创建就固定不变的,它具有生成性、进化性等特点。平台允许用户对学习

内容进行协同编辑,利用群体智慧促进学习资源的成长。由于平台允许任何用户对学习内容进行编辑,为了保证资源既能充分吸取群体智慧,又能保证吸收的内容对资源的成长是有意义的,避免出现资源杂乱生长,平台采用完备的内容进化智能控制技术结合人工审核技术,实现对学习资源内容进化的有序控制。学习者可通过查看可视化的资源进化路径(如图 2 所示),从整体上了解资源进化的历程,还可以通过版本比较功能发现任何两个内容版本之间的差异。

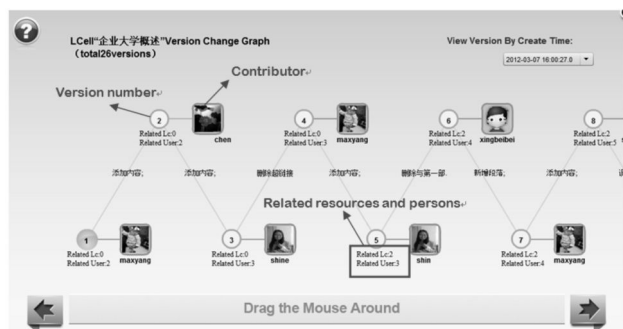


图 2 可视化资源进化路径

(三)学习资源在多种移动终端上的自适应呈现

移动终端的迅速普及促进了泛在学习的发展,目前常用的移动设备包括智能手机、PDA、平板电脑等。这些产品包括不同的品牌和型号,在外观和功能结构上都存在着较大差别。如何在计算能力、屏幕大小等性能差异较大的移动终端适应性展现资源,成为泛在学习的重要影响因素。

LCS 基于高辉等人提出的移动终端上的资源自适应呈现模型(Gao et al., 2012)在 Android 操作系统上开发了移动学习客户端,可以运行在智能手机、平板电脑等移动设备上。通过该客户端,学习者可随时随地创建、浏览、检索学习元,参与在线讨论、批注、评论、提问答疑等学习活动。该客户端支持离线学习,只要学习者通过移动终端登录 LCS,客户端软件会自动下载内容到客户端并进行存储。在没有网络的状况下,学习者同样可以通过浏览 LCS 中的信息进行学习。

该客户端可以实现五个方面的自适应。(1)媒体尺寸和文件大小的自适应:根据移动终端屏幕大小的不同,从学习元服务器获取到的媒体尺寸和大小也会有所不同,例如通过手机获取到的图片尺寸可能为 25*25,而用平板电脑发送同样的请求时获取到的图片尺寸可能是 120*120。(2)学习元布局的自适应:学习元的布局主要取决于两个方面,即屏幕大小和分辨率,不同尺寸的屏幕上看到同一个学习元时会自动调整为最佳的布局方式。(3)交互学习活动的自适应:根据移动终端的运算能力与操作的便捷性,适应性呈

学习目标也各有不同,泛在学习环境就需要为学习者提供个性化的评价标准,从而衡量不同学习对象达到各自不同学习目标的成效。泛在学习要求提供基于过程性信息的评价,将过程性信息记录下来作为评价学习者学习成效的主要依据(如图5所示)。

评价方案 查看学习列表 修改方案 返回学习元

总得分:75.0

评价项目	权重	评价内容	得分
学习时长	30.0%	累计学习时长不少于15分钟	100.0%
讨论交流	20.0%	在RT△ABC中,∠C=90°,∠A=30°,△ABC的周长是2,则BC=—— 10.0% 半径为R,在半圆O的直径AB上取一点D,使∠AOD=45°,求弦AD的长。然后在圆内画一最大的正方形,求正方形的边长 10.0% 80.0% 在RT△ABC中,∠C=90°,∠A=60°,D为AB的中点,AC=2,求△BCD的周长 10.0%	
提问答疑	15.0%	还有其他证明方法吗?	100.0%
发布作品	10.0%	某人偷摸一条河,实际上游地点O离下游地点B200m,他实际游了520m,求河宽。	100.0%
上传资源	10.0%	上传与学习内容相关的资源	100.0%
发表评论	5.0%	对学习元进行评论	100.0%
编辑内容	10.0%	对学习元内容进行编辑并通过审核	100.0%

返回

图5 基于过程信息的个性化评价方案设计

LCS记录学习者在学习过程中产生的各种过程性信息,将这些信息分为学习态度、学习活动、内容交互、资源工具和评价反馈等五大类。评价者(一般为资源的创建者,承担教师角色)根据不同学习者、不同学习目标选取合适的信息,预先设定若干个个性化的评价方案。系统根据学习者的学习目标和知识的掌握程度,从中选择适合的方案作为评价标准,进而根据此评价标准采集数据,采用简单易懂的加权法计算评价结果。为了保证评价的准确性,允许评价者根据学习者的具体表现,对评价结果进行手动修改。评价者和学习者均可实时查看当前的评价结果。

五、应用场景

唯有应用可以推动学习元研究的不断发展。任何系统都需要在实践中找到应用点,才能真正体现其存在的意义和价值。LCS可以为如下五方面的应用提供技术支撑环境。其中,有些应用已经基于某些项目在开展实证研究。

(一)LCS在资源建设方面的应用

LCS支持Web2.0理念指导下的“共建共享”资源建设模式,任何注册用户都可以参与到资源的协同创作中。在学校教育中,教师可以和学生一起创建网络课程,学习的所有过程性信息都将自动保存,最终可以生成符合SCORM规范的标准课程;教师之间也可以通过协作建设校本资源库,教师可以针对同一篇课文集体设计教案,通过不断积累,形成某种教材的整体教学设计方案库。在企业培训领域,人力资源部门也可以发挥全体员工的集体智慧,鼓励普通员工参与

到培训资源的制作中,实现“做中学”、“做中训”,同时在培训过程中发挥内部员工自身的力量构建最适合企业的培训资源库。

(二)LCS在知识管理方面的应用

LCS可以实现个人和组织两个层面的知识管理。个体用户可以基于LCS建设个人知识库,将自己建设的、协作的、感兴趣的所有知识都纳入到个人知识空间中,便于集中管理和维护,同时也可以通过与好友分享,实现知识的传递和分享,还可在使用过程中建立和完善个人的知识网络、人际网络。组织机构可以创建不同的知识群,鼓励组织成员将工作中遇到的问题、解决思路等宝贵的一线实践经验做成LCS,并在组织内部共享传递,促进隐性知识与显性知识的相互转换,最终提高组织整体绩效。目前,北京师范大学的跨越式研究团队和学习元项目团队都在利用LCS开展基于项目的知识管理。

(三)LCS在组织学习方面的应用

LCS不仅仅是一个资源平台,除了提供丰富的资源外,平台还提供丰富的学习活动库和各种学习小工具。通过设计丰富的学习活动,吸引组织成员主动参与到学习中来。通过学习社区聚合、组织人脉和智慧,促进成员之间的协作交流。另外,还可以将与组织学习、工作紧密相关的工具上传到LCS。组织成员遇到问题时,可以通过及时交流或借助专门的学习工具解决难题。LCS的学习活动模块具备在线测评的功能,教师可以创建试题、组织试卷,学生可以通过自测了解自身知识结构的不足。企业培训部门可以通过在线测评对员工进行知识考核,促进员工的在线学习。

(四)LCS在区域网络教研方面的应用

区域网络教研是提升区域教学质量、促进教师专业发展的重要途径。通过学习元平台,教师之间可以相互分享教学经验。教研员可以设定几个教研主题的知识群,将相关学科教师邀请为协作者,通过集体的力量寻求教学研究的突破点;还可以为不同的学科建立学习社区,鼓励同学科的教师网上分享教学资源,交流知识和经验。目前,安徽肥西跨越式实验区的10所学校,50多名小学教师正在应用LCS开展区域网络教研。

(五)LCS在高校网络教学方面的应用

区别于传统LMS,如BBS、Moodle、Sakai、4A……LCS除了具备资源管理、讨论交流、测试、活动设计等教学支持功能外,还融入了更多Web2.0特征,更加关注知识网络和人际网络的构建,能够承担高校

的网络教学任务。目前,北京师范大学教育学部的部分年轻教师已经开始应用 LCS 开展网络教学,例如陈玲博士的本科生课程《多媒体与网络教学资源设计与开发》、余胜泉教授的博士生课程《教育技术新发展》等。

六、小结

本研究在联通主义学习理论、知识建构理论和生态学习理论的指导下,以泛在学习资源组织模型——学习元为核心设计开发了一种泛在学习系统——学习元平台。平台网址为 <http://lcell.bnu.edu.cn>。2009年10月正式启动平台研发,2011年5月系统正式上线,截至2012年6月,LCS共有注册用户5267人,6025个学习元,637个知识群,118个学习

社区,80个学习小工具。目前,LCS已经在某些应用场景中投入试用,结合实际应用中得到的反馈,下一步将重点提升系统的易用性,改善用户体验。同时,在各个应用领域将开展深入的实践探索,提炼应用模型,评价应用效果。

本研究对于泛在学习系统的设计与开发具有如下三点启示:(1) 泛在学习需要适合自身特性的学习资源,传统的 e-Learning 资源需要变革,尤其在开放性、进化性、适应性和情境性等方面,以适应泛在学习实践发展的需要;(2) 注重社会认知网络的动态生成与共享,人与人之间的联通、人与资源之间的联通既是一种学习的方式,也是一种宝贵的学习资源;(3) 考虑到移动设备的多样性和层出不穷,泛在学习系统需要着重考虑学习资源的多终端适应性呈现。

[参考文献]

- [1] Liu, G. Z., & Hwang, G. J. A Key Step to Understanding Paradigm Shifts in e-Learning, Towards Context-Aware Ubiquitous Learning [J].*British Journal of Educational Technology*, 2010, (41): E1~E9.
- [2] 余胜泉. 从知识传递到认知建构、再到情境认知——三代移动学习的发展与展望[J].*中国电化教育*, 2007, (6): 7~18.
- [3] Jones, V. & Jo, J.H.(2004).Ubiquitous Learning Environment: An Adaptive Teaching System Using Ubiquitous Technology [A].In R. Atkinson, C. McBeath, D. Jonas-Dwyer & R. Phillips (Eds). *Beyond the Comfort Zone: Proceedings of the 21st ASCILITE Conference* (pp. 468-474). Perth, 5-8 December[DB/OL].[2012-09-11].<http://www.ascilite.org.au/conferences/perth04/procs/jones.html>.
- [4] Tan, T. S., & Liu, T. Y..The MOBILE-Based Interactive Learning Environment (MOBILE)and A Case Study for Assisting Elementary School English Learning[C].*icalt*, pp.530-534, Fourth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), 2004.
- [5] 张洁. 基于境脉感知的泛在学习环境模型构建[J].*中国电化教育*, 2010, (2): 16~20.
- [6] Hwang, G. -J., Tsai, C. -C., & Yang, S. J. H.. Criteria, Strategies and Research Issues of Context-Aware Ubiquitous Learning [J]. *Educational Technology & Society*, 2008, 11(2): 81~91.
- [7] Hiroaki Ogata, Ryo Akamatsu, & Yoneo Yano. Computer Supported Ubiquitous Learning Environment for Vocabulary Learning Using RFID Tags [P].*IFIP International Federation for Information Processing*, 2005, Volume 171/2005, 121-130, DOI: 10.1007/0-387-24047-0_10.
- [8] Hwang, G. -J., Yang, T. -C., Tsai, C. -C., & Yang, S. J. H.. A Context-Aware Ubiquitous Learning Environment for Conducting Complex Science Experiments[J].*Computers & Education*, 2009, (2): 402~413.
- [9] Huang, Y. -M., Huang, Y. -M., Huang, S. -H., & Lin, Y. -T.. A Ubiquitous English Vocabulary Learning System, Evidence of Active/Passive Attitudes vs. Usefulness/ease-of-use[J].*Computers & Education*, 2011, 58(1): 273~282.
- [10] 余胜泉,杨现民,程罡. 泛在学习环境中的学习资源设计与共享——“学习元”的理念与结构[J].*开放教育研究*, 2009, (1): 47~53.
- [11] 杨现民,余胜泉. 泛在学习环境下的资源信息模型构建[J].*中国电化教育*, 2010, (9): 72~78.
- [12] Siemens, G.. Connectivism, A Learning Theory for the Digital Age [J].*International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2005, 2(1).
- [13] Scradamalia, M., & Bereiter, C.. Computer Support for Knowledge-Building Communities [J].*The Journal of the Learning Sciences*, 1994, 3(3): 265~283.
- [14] Scardamalia, M.. Collective Cognitive Responsibility for the Advancement of Knowledge[M].In B. Smith (Eds.), *Liberal Education in A Knowledge Society*. Chicago, Open Court, 2002.
- [15] Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L.. *Ecology, From Individuals to Ecosystems*[M].Blackwell, 2006.