

数字教育资源的开放成熟度模型研究

——信息化促进优质教育资源共享研究(二)

黄荣怀, 胡永斌, 刘晓琳

(北京师范大学 知识工程研究中心, 北京 100875)

[摘要] 数字教育资源开放共享是推动教育均衡发展、促进教育公平的重要手段,也是当前我国教育信息化的重要推进方向。本文首先回顾了国内外开放课程及开放教育资源的发展历程及典型项目,然后分析了数字教育资源建设的驱动方式和资源传播的推广途径,并从资源的特性及其与用户的关系将数字教育资源的特征归纳为可用性、可达性、广泛性、用户粘性等四大特征。在此基础上,本文提出了数字教育资源的开放性分析框架。该框架的提出有利于对数字教育资源项目推广进行分析和判断,并提出数字教育资源开放共享的真实困境和解决策略。

[关键词] 数字教育资源; 开放教育资源; 开放课程; 开放性特征; 开放成熟度

[中图分类号] G432 [文献标志码] A

[作者简介] 黄荣怀(1965—),男,湖南益阳人。教授,主要从事教育技术、教育信息化、协作学习、智慧学习环境等方面的研究。E-mail:huangrh@bnu.edu.cn。

一、引言

长期以来,经济和社会发展失衡导致我国区域之间、城乡之间、校际之间在教育投入、教学质量、师资水平等诸多方面存在巨大差异。面对教育发展的严重失衡,如果不采取积极有效的措施遏制并逐步缩小区域、城乡、校际之间的教育差异,势必影响社会公平正义和国家和谐稳定。作为社会公平的基石,党中央、国务院高度重视教育资源共享问题。2010年国务院颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出,要“建立开放灵活的教育资源公共服务平台,促进优质教育资源普及共享”。2012年教育部印发的《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》,提出“信息化在促进教育公平和实现优质教育资源广泛共享、提高教育质量等方面具有独特的重要作用”。党的十八大和十八届三中全会明确提出,要“大力促进教育公平,统筹城乡教育资源均衡配置”,“构建利用信息化手段扩大优质教育资源覆盖面的有

效机制,逐步缩小区域、城乡、校际差距”。

教育资源是人类社会资源的重要组成部分,也是教育系统的基本构成要素。顾明远认为,教育资源是指教育系统中支持整个教育过程达到一定的教育目的,实现一定的教育和教学功能的各种资源。^[1]概括起来,教育资源通常包括教师资源、课程资源和物质资源。^[2]自上世纪90年代开始,数字资源随着信息技术的普及而逐步进入教育领域。一般认为,数字教育资源是指为教学目的而专门设计的或者能服务于教育的各种以数字形态存在和被使用的资源^[3],属于课程资源的范畴。与物质资源相比,数字教育资源天然具备易于生产、复制、传播的特性,可在区域、城乡、校际之间开放共享。研究表明,数字教育资源开放共享是当前我国教育信息化领域最迫切的需求之一,也是实现教育均衡发展、促进教育公平的重要手段。^{[4][5][6]}充分发挥信息化的作用,实现我国优质教育资源共享,对促进教育公平和教育均衡发展有着十分重要的意义。

基金项目:全国教育科学“十二五”规划2012年度国家社科基金教育学重点项目“信息化促进优质教育资源共享研究”(项目编号:ACA120005)

开放共享是实现教育资源价值最大化的有效途径,对数字教育资源的应用效果有着决定性的影响。对于数字教育资源开放共享系统的构成要素,郑朴芳等人立足区域教育信息化建设,认为规划、制度、机制、基础设施、信息资源、管理平台、技术、标准/规范、资金、用户、开发者以及管理者等是其构成要素。^[7]张世明从网络生态系统的视角提出数字教育资源共享系统由主体、环境及其关系构成。^[8]钱东明等人从建设和共享的角度提出数字教育资源共享系统的构成要素包括资源的供方、资源的需方,以及影响共建共享的外部技术环境支撑因素和内部的动力机制等四个因素。^[9]本文认为,数字教育资源的开放共享包括资源供给方和资源使用方两个主体,以及资源建设和资源传播两个维度。因此,“何种资源”、“何种情境”、“如何获取”、“如何共享”等问题是教育资源开放共享的基本问题,数字教育资源开放共享系统包含资源形态、应用情境、获取方式和推广方式等四个核心要素。

二、开放课程与开放教育资源

一般认为,开放课程(Open Courseware, OCW)是数字教育资源的一种类型,它更加强调资源以课程为单位进行建设并通过互联网共享。2001年,麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)启动了开放课程项目,该项目倡导将其所开设的全部课程的教学材料和课件公布于网上,供全世界的求知者和教育者免费无偿地享用。2003年,苹果公司启动了旨在为全球所有教师、学生和自学者免费提供教育资源的iTunes U项目,该项目涉及1200所大学和1200所K-12学校,覆盖了文学、科学、健康医药、教育、商业等领域。随着2012年Coursera、Udacity和edX的崛起,MOOCs在世界范围产生了重大影响。作为一种全新形态的开放课程,MOOCs具有完整的课程结构,不仅包括视频讲座、阅读材料、习题集等课程材料,还提供了大数据的支持以及更加丰富的个性化教学服务,这使支持教师与学习者之间、学习者之间以及学习者与内容之间的交互大大提高,有效提高了学习成效。^[10]2013年3月至今,国内北京大学主办的“北大MOOC”、清华大学主办的“学堂在线”以及北京师范大学主办的“京师在线”等MOOCs平台陆续上线,国内开放课程已经发展到了一个新的阶段。

开放教育资源(Open Educational Resources, OER)最早由联合国教科文组织于2002年提出,该组织认为开放教育资源是指“通过信息与传播技术来建立教育资源的开放供给,用户为了非商业的目的可以

参考、使用和修改这些资源”。^[11]经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)认为,开放教育资源是指以教学、学习和研究为目的,为教师、学生和自学者免费提供可使用和修改的数字化材料,主要包括学习内容,用于资源开发、使用和内容分发的软件工具,以及开放许可证。^[12]

从国际上看,世界各国已普遍意识到开放教育资源的价值,并启动了相关的资源建设项目。2012年,英联邦学习共同体(Commonwealth of Learning, COL)与联合国教科文组织(United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, UNESCO)联合调查了全球82个国家和地区的开放教育资源政策,随后发布的《全球开放教育资源政策调查报告》(Survey on Government Open Education Resources Policies)显示:57%的国家认为开放教育资源可以增加学生的学习机会;45%的国家制定了开放教育资源的政策或措施;41%的国家启动了由国家公共资金资助的资源共享项目;在所有参与调查的国家中,平均37%的教育信息化公共资金用于开放教育资源建设和开放。^[13]国际上数字教育资源开放共享可概括为三种方式。其一是由政府发起的资源建设项目,资助建设教育资源库与共享平台,如美国教育资源网、联邦优质教育资源等、欧盟的开放科学教育资源库、新加坡ecumall2.0平台项目、加拿大的EduSource项目、澳大利亚的EdNA项目、印度的NPTEL项目、我国台湾的TOCWC项目等。其二是由学术组织、民间机构或技术公司发起的免费教育资源开放项目,如麻省理工学院的Open Courseware开放课程项目、苹果公司的iTunes U项目、密苏里大学哥伦比亚分校的“eThemes 信息化教育资源”项目等。其三是商业教育机构发起的收费项目,如美国K12国际学校的学前项目、K-8项目以及高中项目,培生集团的高等教育、中小学教育、英语教育等多种项目。

从国内来看,我国已初步建立了覆盖基础教育、职业教育和高等教育的数字教育资源开放共享体系。共享方式主要包括三种,其一是政府主导的资源建设项目,如国家精品课程建设项目、国家精品资源共享课建设项目、职业教育数字资源试点专项、国家基础教育资源网、国家级虚拟仿真实验教学中心建设项目、中国知识基础设施工程(CNKI)、农村中小学现代远程教育工程等。其二是由学术组织、民间机构发起的免费项目,如中国微课程资源共建共享联盟发起的微课程项目。其三是商业培训机构发起的收费项

目,如“好课网”非学历教育项目、超星公司发起的通讯类课程项目等。此外,很多省、市结合自身资源需求和经济发展情况建立了教育信息资源网站或联盟,如上海教育资源库、浙江省教育资源网、泛珠三角区域教育信息资源共建共享工程计划以及长三角教育资源共建共享联盟等。

由此可见,开放课程和开放教育资源受到世界各国的普遍重视,大部分国家已经以项目方式建成了大量的数字教育资源。然而,通过进一步文献调研可以发现,国内外开放资源项目均不同程度地出现了“开放资源使用率低”这一普遍存在的问题,数字教育资源开放共享效果并不理想。^{[14][15][16][17]}对于这一问题的根源,学术界并没有取得一致意见。Tate、Cechinel 等人认为开放资源的质量是影响开放共享的最重要因素^{[18][19]},而 Clements 等人认为当前数字教育资源开放保证体系的缺失才是根本原因^[20]。

当前我国优质教育资源匮乏,区域、城乡、校际之间的教育资源分布存在较大差异,而学术界还没有形成有效的、基于广泛共识的方法对数字教育资源项目推广进行分析和判断,以发现数字教育资源开放共享的真实困境和解决策略。因此,开展数字教育资源开放共享的成熟度研究,以此重新审视我国数字教育资源共享的路径,进而提出利用信息技术手段促进优质教育资源共享的方法和措施,是新时期促进教育公平、提高教育质量的时代要求。

三、建设的驱动方式与传播的推广途径

在基础教育、职业教育、高等教育和继续教育等不同领域,数字教育资源的形态和应用情境略有不同,但大致包括课程介绍、教学大纲、教案或演示文稿、重点难点指导、作业、参考资料、教学视频等,还可包括电子教材、案例库、演示/虚拟/仿真实验实训(实习)系统、作业系统、在线自测/考试系统等不同形态。不同形态的数字教育资源既可用于课堂教学,还可以用于教师培训、教学研究等情境中。^[21]

数字教育资源的开放共享包括资源供给方和资源使用方两个主体,以及资源建设和资源传播两个维度。对于资源建设维度来说,其建设动力来源于资源形态和应用情境两要素的相互作用。资源在确定其形态之前,应预设其应用情境,缺乏应用情境的教育资源,难以满足教师的教学需求和学生的学习需求。同时,当前实际教学过程中,大量的教学情境没有合适的资源可供使用,这就需要增加资源的开发,满足更多的教学情境。

对于资源传播维度来说,资源的推广途径取决于资源供给方的推广方式和资源使用方的获取方式。数字教育资源是互联网时代的教育产品,资源供给方不断策划和丰富资源推广方式,以扩大其所开发资源的影响力和市场效益,而资源使用方则不断丰富其获取方式,以获得更加优质、合适的数字教育资源来满足教育教学。

(一)资源建设的驱动方式

“驱动力”一词来源于系统动力学,其本意是指驱动系统前进和发展的力量。该词也广泛应用于社会科学领域,常被用于系统中主体行为动力分析。驱动方式是资源形态和应用情境的关系,归纳起来包括政策驱动、技术驱动、需求驱动、技术与需求并重等多种方式,如图1所示。

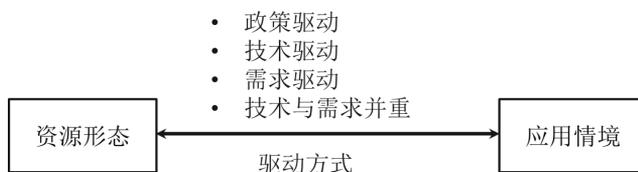


图1 资源建设的驱动方式

政策驱动是由于教育主管部门发布政策的要求而产生的驱动方式,如我国启动国家精品课程、精品资源共享课建设就属于这种驱动方式。技术驱动是指基于新技术来开发新的教育资源和学习服务,从而满足客户需求,如大数据、增强现实等技术的发展产生的学与教方式的改变。通常来说,每一种突破性的技术创新都是基于技术驱动的。需求驱动指新的由于教师的教学需求和学生的学习需求发生变化而导致教育资源和学习服务的开发。技术与需求并重的驱动方式是指新技术发展和教学需求相互作用从而驱动资源共享的驱动方式。目前来看,技术与需求并重是一种较为理想的驱动方式。

(二)资源传播的推广途径

一直以来,营销是商业活动中最重要的策略组成部分,但却很少应用于教育领域。随着互联网越来越强调人与人之间的信息交换和协同合作,其模式更加以用户为中心,其核心是强调参与者之间的互动、分享与关系,这促成了在市场营销领域中价值创造活动及市场主导权力由企业向消费者的转移,从而形成了新趋势下的营销观念变革。^[22]如苹果应用商店变革软件营销模式、小米公司的“饥饿营销”变革手机零售模式等。对于数字教育资源来说,资源传播的推广途径是指从资源供给方向资源使用方传输资源的途径,归纳起来包括被动推广、大众推广、定向推广、服务推广

和整合推广等多种方式,如图2所示。

被动推广是指资源供给方没有进行特意的资源推广和营销。大众推广是指针对所有可能的使用者进行资源推广和营销,以期获得大量的用户使用,这种推广方式可能获得普遍关注。定向推广是针对特定行业、专业、学段或领域的使用者进行资源推广和营销,这种推广方式考虑细分市场。服务推广是指以提供资源、服务的方式对特定使用者进行推广。整合推广是指通过多种渠道,提供服务、资源等多种形式的推广和营销方式。

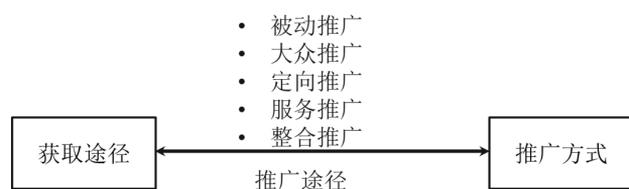


图2 资源传播的推广途径

四、数字教育资源的开放性特征

数字教育资源以数字方式存储和传输,它易于生产、复制和传播。因而,开放性是数字教育的根本特征。国外学者 Hodgkinson-Williams 和 Gray 曾从社会开放度、技术开放度、许可开放度、资金开放度等四个维度提出开放教育资源开放性评估框架(Measuring of Openness of OER)。^[23]这是从一个数字教育资源项目的构成要素提出的开放性评估框架,从资源的特性及其与用户的关系可归纳为可用性、可达性、广泛性和用户粘性等四个方面,其关系如图3所示。

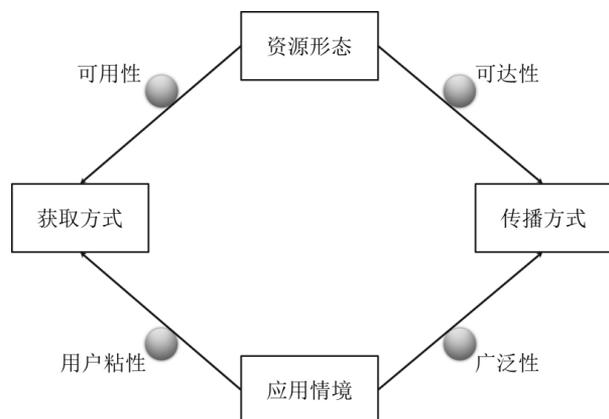


图3 数字教育资源的开放性成熟度评价指标

(一)可用性

“可用性”(Usability)一词最早出现在人机互动领域,现已广泛应用于软件设计、网站设计、产品设计等不同领域。ISO9241-11标准指出,可用性是指产品在特定使用环境下为特定用户用于特定用途时所具有的有效性(Effectiveness)、效率(Efficiency)和用户主观

满意度(Satisfaction)。^[24]而 Nielsen 则认为可用性应该包括易学性、交互效率、易记性、出错频率和严重性、用户满意度等五个要素。^[25]在数字教育资源共享领域,可用性用于表征资源形态和获取方式两个要素的关系,是指教育资源易于使用和易学的程度。

(二)可达性

“可达性”(Reachability)一词来自于数学和计算机学科的图论(graph theory),后在城市交通规划领域得到广泛应用,用以描述某一场所和周边其他场所的相对接近或者分离情况,进而反映出这一场所满足人们对某种活动的需求的难易程度。^[26]沃尔特·汉森(Walter Hansen)在《可达性如何塑造用地形态》(How Accessibility Shapes Land Use)一文中将可达性定义为描述某一场所具有的“交往活动机会的潜力”(Potential of opportunities for interaction)的度量。^[27]在数字教育资源共享领域,可达性用于表征资源形态和推广方式两个要素的关系,是指教育资源到达用户的难易程度。如果资源的可达性较好,则更多用户可以顺利从资源供给方获取资源。

(三)广泛性

“广泛性”(Scalability)一词较为常见的用于社会生活中,一般是指受作用面比较大,或者比较多。如在公共服务领域,广泛性是指公共服务所包含的用户范围广,几乎无所不包,每个公民都有权享有政府的服务。^[28]在图书情报领域,人们所指的图书馆受益者的广泛性是学习者可以不受教室、学校、地域的限制,每一个有意愿接受信息素质培训的人都能不受限制地成为被教育者。在数字教育资源共享领域,广泛性用于表征应用情境和推广方式两要素的关系,是指教育资源能够适应不断增长的学习需求的能力。

(四)用户粘性

“用户粘性”(Stickiness)一词最早出现在电子商务领域,一般是指用户双方彼此的使用频率。“粘度”是衡量用户忠诚度计划的重要指标,一些成功的市场人员都知道要注重培养用户的“粘度”。广义粘度指用户对网站的依赖度、忠诚度和使用程度。对于电子商务领域来说,“如何让顾客变成回头客,让回头客变成老顾客”是该领域对用户粘性的最简理解。通常粘度越高的网站价值越高,因此如何提高用户粘度也是各网站运营的首要任务。在数字教育资源共享领域,用户粘性用于表征获取方式和应用情境两要素的关系,是指数字教育资源或学习服务留存用户的能力——使用户继续使用它们而不使用其他竞争者的教育资源或服务的能力。

五、数字教育资源的开放成熟度分析框架

数字教育资源的开放性特征与资源形态、推广方式、应用情境和获取方式密切相关。其中,可用性用于表征资源形态和获取方式两个要素的关系,可达性用于表征资源形态和推广方式两个要素的关系,广泛性用于表征应用情境和推广方式两要素的关系,用户粘性用于表征获取方式和应用情境两要素的关系。由此形成数字教育资源的开放性分析框架,如图4所示。

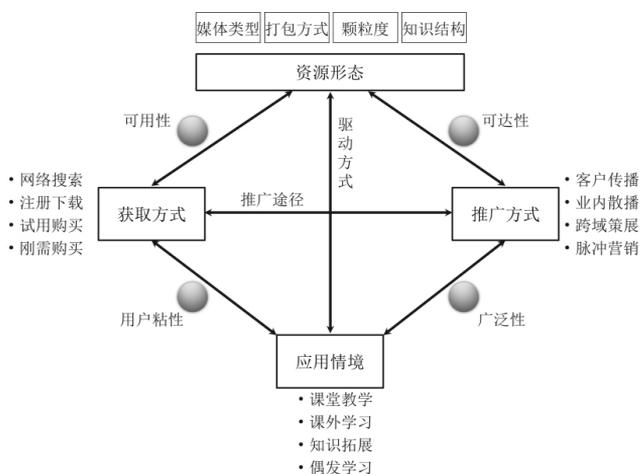


图4 数字教育资源的开放性分析框架

(一)资源形态

资源形态(Shape of Educational Resources)是指数字教育资源是以何种形态存在。由于数字教育资源的复杂性,可从媒体类型、打包方式、知识颗粒度和知识架构等四个维度进行界定。

媒体类型是指用来传播教育资源的工具和载体的类型,包括视频、文本、音频、教学工具/软件、网页型教学课件、演示文稿型教学课件以及多种类型混合等;打包方式是一种能够使学习内容被多种程序读取的、对学习内容进行描述的标准化方式,通过内容封装,学习内容及其元数据被包装到一个文件中,可被完整地进行传输。一般包括独立运行、平台内嵌、章节/知识点打包、资源信息/链接,以及无封装等多种类型;知识颗粒度指学习内容中信息单元的相对大小或粗糙程度,它是资源内容的基本构成单位,通常包括课程、模块/章节/单元、知识点等;知识结构指的是知识排列和组织的基本框架,通常包括完整而清晰的、部分/片段化的、碎片化且清晰的等多种类型。

(二)应用情境

应用情境(Scenarios of Utilization Educational Resources)是指数字教育资源应用于何种场合和情

境,归纳起来包括课堂教学、课外学习、知识拓展和偶发学习等情境。

课堂教学指教育资源被用来支持课堂教和学的应用情境;课外学习是指教育资源被用于教师备课、教研和专业发展,或被用于学习者巩固所学知识或深入探究的应用情境;知识拓展是指教育资源支持学习者围绕某一特定话题或主题进行探究,以加深理解或扩大知识面的一种应用情境;偶发学习指教育资源在非规律或经常性学习中应用的一种情境。

(三)获取方式

获取方式(Accessing Educational Resources by Users)是指资源获取方从资源提供方获取资源的方式和手段,归纳起来包括网络搜索、注册下载、购前试用、刚需购买等不同的方式。

网络搜索是从公共信息源(如搜索引擎、免费数据库等)中获取所需的相关教育资源的资源获取方式;注册下载是指先到指定网站或平台注册登录,然后才能够获取受限教育资源的资源获取方式;购前试用指用户在决定是否购买整个教育资源之前,先在一定的权限范围内试用,然后再决定是否购买的资源获取方式;刚需购买是指资源使用方根据自身需求的购买。

(四)推广方式

推广方式(Circulating Education Resources)是数字教育资源从资源供给方到资源使用方推广资源的方式和手段,归纳起来包括客户传播、业内散播、跨域策展、脉冲营销等多种方式。

客户传播是指资源在使用单位及使用个人之间进行扩散,业内散播是指资源在行业或专业内扩散,跨域策展是指资源在不同领域间进行扩散,脉冲营销是指通过不断的宣传和推广进行扩散。

六、结 语

通过推动数字教育资源建设项目实现教育均衡,促进教育公平是各国的不懈追求,为此世界各国普遍实施了数字教育资源开放共享的实践项目。本文提出的数字教育资源的开放成熟度分析框架,有利于对数字教育资源项目推广进行分析和判断。然而本框架的构建是基于实践经验和理论推演,还有待数字教育资源项目进一步验证和修订。因此,从国际、国内选取典型数字教育资源项目,通过分析资源建设驱动方式、资源推广方式、开放性特征等维度,可进一步验证该框架的有效性,从而认识这些项目运行过程中的真实困境,并给出相应的提升策略。

[参考文献]

- [1] 顾明远. 教育大辞典(第一卷) [M]. 上海: 上海教育出版社, 1990.
- [2] 范诗武. 论学校教育资源的社会共享 [J]. 教育探索, 2003, (3): 49~50.
- [3] 张世明. 数字教育资源共享生态系统研究 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2011.
- [4] 何克抗. 教育信息化是实现义务教育优质、均衡发展的必由之路 [J]. 现代远程教育研究, 2011, (4): 16~21.
- [5] 董泽芳, 何青. 数字鸿沟与教育不平等 [J]. 高等工程教育研究, 2009, (4): 76~80.
- [6] 李馨, 胡小勇, 缪容. 我国基础教育资源建设与应用调查 [J]. 中国电化教育, 2009, (2): 55~58.
- [7] 郑朴芳, 胡小勇. 区域数字化教育资源整合与共享机制研究 [J]. 中国教育信息化, 2011, (2): 71~75.
- [8] 张世明. 数字教育资源共享生态系统研究 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2011.
- [9] [16] 钱冬明, 管珏琪, 祝智庭. 数字教育资源共建共享的系统分析框架研究 [J]. 电化教育研究, 2013, (7): 53~58.
- [10] 余亮, 黄荣怀, 杨俊锋. 开放课程发展路径研究 [J]. 开放教育研究, 2013, (6): 28~35.
- [11] Sally M. Johnstone. Open Educational Resources Serve the World. [DB/OL]. [2014-10-30]. <http://www.educause.edu/ir/library/pdf/EQM0533.pdf>.
- [12] Ischinger, B.. Giving Knowledge For Free: The Emergence Of Open Educational Resources. [DB/OL]. [2014-11-3]. <http://www.oecd.org/edu/ceeri/38654317.pdf>.
- [13] Commonwealth of Learning and UNESCO. Survey on Government Open Education Resources Policies. [DB/OL]. [2014-10-30]. http://www.col.org/PublicationDocuments/Survey_On_Government_OER_Policies.pdf.
- [14] [20] K. Clements, J. Pawlowski, N. Manouselis. Why Open Educational Resources Repositories Fail—Review Of Quality Assurance Approaches[A]. EDULEARN14 Proceedings, 2014, 929~939.
- [15] 任友群, 徐光涛, 王美. 信息化促进优质教育资源共享——系统科学的视角 [J]. 开放教育研究, 2013, (5): 104~111.
- [17] 孙立会. 信息化促进优质教育资源共享的挑战及对策 [J]. 中国教育信息化, 2014, (7): 28~31.
- [18] Tate, M., & Hoshek, D.. A Model for the Effective Management of Re-Usable Learning Objects (RLOs): Lessons from a Case Study [J]. Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects, 2009, 5(1): 51~72.
- [19] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., & García-Barriocanal, E.. Statistical profiles of highly rated learning objects [J]. Computers & Education, 2011, 57(1): 1255~1269.
- [21] McGreal, R., Sampson, D.G., Chen N-S, et al. The Open Educational Resources (OER) Movement: Free Learning for All Students [A]. 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies Proceedings, 2012: 748~751.
- [22] 新趋势下的营销观念变革. 经济日报. [DB/OL]. [2014-11-3]. http://theory.gmw.cn/2013-06/28/content_8103816.htm.
- [23] Hodgkinson-Williams, C., & Gray, E.. Degrees of Openness: The Emergence of Open Educational Resources at the University of Cape Town [J]. International Journal of Education and Development Using ICT, 2009, 5(5): 101~116.
- [24] Wikimedia. Usability. [DB/OL]. [2014-11-30]. http://en.wikipedia.org/wiki/Usability#cite_note-4.
- [25] Nielsen Norman Group. Usability 101: Introduction to Usability. [DB/OL]. [2014-11-30]. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
- [26] Bhat C., Handy S., Kockelman K., Mahmassani, H., Chen, Q. & Weston, L.. Development of an Urban Accessibility Index: A Summary [DB/OL]. [2014-11-30]. http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/4938_S.pdf.
- [27] Hansen, W. G.. How Accessibility Shapes Land Use [J]. Journal of American Planning, 1959, (25): 73~76.
- [28] 李平, 白庆华. 基于匹配度的政府服务渠道、用户与服务整合 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2013, (11): 1761~1766.