

· 高等教育 ·

大数据在高等教育领域应用的探析



□李 燕 陈 伟 张淑林

[中国科学技术大学 合肥 230026]

[摘 要] 高等教育大数据存在碎片化、连续性、多维性、复杂性的特点。运用文献分析法,对国内外关于大数据的高等教育应用现状进行了分析,总结我国高等教育大数据应用存在数据采集及分析解决问题技术薄弱、缺乏统一口径管理、专业人才稀缺、制度缺失等问题,在此基础上,构建高等教育大数据分析应用模型,并从数据文化建设、数据平台搭建、专业人才培养、政策引导等方面提出建议。

[关键词] 大数据; 高等教育; 数据模型; 数据挖掘

[中图分类号] G64

[文献标识码] A

[DOI] 10.14071/j.1008-8105(2017)-0054

Analysis on Application of Big Data in the Higher Education

LI Yan CHEN Wei ZHANG Shu-lin

(University of Science and Technology of China Hefei 230026 China)

Abstract Big data in the higher education is fragmented, consecutive, multidimensional, and complicated. By using the methods of documentary analysis, both at home and abroad, the present situation of the application of big data in higher education is analysed. It shows that there are many problems in the application of big data in the higher education, such as weak data acquisition and data analysis technologies, lack of unified management and institutional mechanisms, and the scarcity of professional talents. Aiming at solving these problems, constructing big data analysis and application mode of the higher education is proposed and suggestions including the constructions of the data culture and data platform, professional personnel training, and policy guidance are presented.

Key words big data; higher education; data model; data mining

引言

“大数据”(Big Data)是近年来的一个热点名词,随着互联网、云计算、移动设备和物联网的迅猛发展,大数据技术已然运用到很多行业和领域,其价值不言而喻,前景愈发光明。2015年我国发布了《促进大数据发展行动纲要》,对10个大数据工程进行了规划,并在“公共服务大数据工程”中明确提出要建设教育文化大数据。高等教育是一个国家教育水平的集中体现,在高等教育领域应用大数据技术无疑具有重要的现实意义。

一、高等教育大数据相关概念

大数据是以容量大、类型多、存取速度快、应用价值高为主要特征的数据集合^[1]。它是数据对象、技术与应用三者的统一:从对象角度看,大数据是超过传统数据库系统采集、存储、分发、管理和分析等处理能力的数据集。从技术角度看,大数据技术是从不同格式的数据中,经过高速传输、海量存储、快速分析到可视化展示等的技术集成。从应用角度看,大数据是运用大数据技术,从大量数据的集合中获得有价值信息,为人们提供决策依据

[收稿日期] 2017-09-22

[作者简介] 李燕(1986-)女,中国科学技术大学公共事务学院博士研究生;陈伟(1971-)男,中国科学技术大学副教授;张淑林(1956-)女,中国科学技术大学研究员。

的行为^[2]。因此,大数据不仅是一种资源,一种技术,还是一个新领域,一种新思维。

(一) 教育大数据

教育大数据是大数据的一个子集,特指教育领域的大数据。杨现民指出教育大数据是整个教育活动中产生的以及根据教育需要采集到的,一切用于教育发展并可创造巨大潜在价值的数据集合^[3]。相较于一般大数据的特点,教育大数据具有:中等体量、非实时性、周期较长、非结构化、高复杂性等特性。它存在于各种教育实践活动,既包括校园环境下的课堂活动、学生日常管理活动、科学研究活动以及校园生活,也包括宿舍、餐厅、运动场、家庭等非正式环境下的学习活动^[4]。

(二) 高等教育大数据

高等教育大数据是在高等教育领域产生的管理信息、科研信息、教与学信息、服务信息、部门信息等的集合,它存在于各类教学活动、日常工作、管理科研中,从管理信息看,包括师资信息、实验设备等,从科研信息看包括论文著作、课题验收等,从教学信息看包括课后作业、教学进度、成绩等,从服务信息看包括讲座、竞赛、物业等,从部门信息看包括就业信息、图书借阅信息、用餐消费信息等,还包括学校师生使用互联网产生和接收到的信息,如QQ、微信、bbs等社交信息,访问各类文献数据库、视频、购物网站的信息等。综上,笔者将高等教育大数据定义为:存在于高等教育领域,能够影响教学活动的一切隐性数据和显性数据的集合。它包括各类学生生源、图书借阅、选修课程、奖学金评定、就业去向、资产信息等显性信息,还包括论坛发帖、参与社团、课堂讨论、网络社交、位置定位等隐性信息。

(三) 高等教育大数据特征

从以上高等教育大数据包含的内容可看出,高校中的教育数据存在碎片化、连续性、多维性、复杂性等特征。

碎片化反映了学生个体学习和生活的习惯,高校生源结构多样化,而且教学活动等以自主学习、研究讨论为主,集体学习为辅,集体行为少,伴随其产生的数据都是零散的。同时在大数据时代移动互联网的发展及新媒体和多元信息的环境下,如碎片化阅读、碎片化学习、微课、慕课等的出现,学生在学习过程中获取是比较零散、不系统、无序、互不关联的知识碎片。碎片化学习已经成为学生学习的一种普遍方式,随之产生的就是大量的碎

片化数据。

连续性则体现了学生学习和生活的规律,例如学生一个学期用餐情况、校园网络登录情况、图书借阅类型、考试成绩等都反映了一个学生的生活习惯与学习成绩的相关性,这些都要基于长期、连续的数据进行统计分析,仅靠短期数据分析不能获得学生的整体情况,难免以偏概全。只有将连续的数据进行系统的分析,才能掌握学生学习和生活规律,更好的指导教学。

多维性能够表征校园活动参与个体的完整状态。如,对一位学生而言,学习成绩、科研论文反映学习效果;借书种类、参与社团反映兴趣爱好;一卡通消费情况反映经济状况、作息规律;上网轨迹、论坛评论反映思想动态、情感走向等。只有将多维度的数据进行综合分析,才能清晰全面地反映学生个体特征。

复杂性体现了校园生活和学习方式的多样性。如成绩、就业率、出勤率、资产等结构化数据,教学软件、学习游戏、多媒体教学资源等非结构化数据;用户使用网络产生的行为数据,物联网、移动互联网感知到的位置数据等。伴随着教师和学生产生的多样化数据,蕴含着巨大的价值,但并不是所有数据都是有用的,需要被收集的,只有将无用的数据过滤掉,全面识别、系统集成、高度融合各类原始数据,提高数据质量,才能挖掘有价值的信息。

二、大数据在高等教育领域应用的现状分析

鉴于大数据在交通、医疗、商业等领域的成功应用,政府、高校、研究机构、企业等逐渐开始认识到大数据将带来一场高等教育变革,于是纷纷投入大量的人力、物力、财力进行高等教育大数据的应用研究。

(一) 国外高等教育大数据有关应用

国外开展大数据应用研究较早,关于大数据在高等教育领域的应用研究相对较多,如英国的“课程精灵”系统(Course Smart)、加拿大的“渴望学习”(Desire2Learn)^[5]、澳大利亚的SNAPP(Social Networks Adapting Pedagogical Practice)系统^[6]、美国的“适应性学习(adaptive learning)”系统^[7]等都较具有代表性。

1. 英国利用大数据的监测功能跟踪和分析学生的学习进展

英国培生集团(Pearson)与其他出版公司共

同开发的“课程精灵”(Course Smart)系统,允许教师们根据学生利用电子教科书进行学习情况的跟踪和分析他们的学习进展,并向助教们显示学生的学习参与度和学习成绩等大量的数据信息,以提高学习者的学习成就。但这一系统尚不具备预测的功能。

2. 加拿大利用学生过去的学习成绩数据预测并改善其未来学习成绩

在加拿大,名为“渴望学习”(Desire 2 Learn)的教育科技公司,已经推出面向高等教育学生的大数据服务项目——“学生成功系统”(Student Success System)。它通过监控学生的学习过程、阅读过程、作业过程、考试与测验过程等获得所需数据,经过程序持续的、系统的筛选、计算、分析,形成每个学生学习情况的详细报告。这份报告不仅包括学生的成绩及作业完成情况,还包括每个题目停留的时间、阅读的次数及时间等更为精准的信息,这些信息便于老师及时找出问题所在,有针对性的给予学生指导或建议。同时也可以预测学生下次的考试成绩。

3. 澳大利亚利用大数据技术进行学习过程预测

澳大利亚卧龙岗大学(University of Wollongong)研发出社会网络适应性教学实践——SNAPP(Social Networks Adapting Pedagogical Practice)系统。SNAPP本质上作为一个诊断工具,它将用户交互产生的网络论坛帖子和回复以可视化的方式呈现。论坛交互的可视化形式为教师提供可快速识别的用户行为模式。教师可以直观看到学习者的网络发帖和回复内容,通过跟踪论坛交流内容,深入了解学习者的行为模式,进而调整教学方式或内容,最大化的为学习者提供适应的教学指导。

4. 美国利用适应性学习为学生提供个性化服务

“我的实验室/高手掌握(My Lab/Mastering)”是一款由培生集团和纽顿公司共同发布的适应性学习产品。该产品通过分析学生在学习过程中产生的大量有价值数据,适应性地为其提供独特的学习服务。学生通过接受个性化的学习支持服务,增长了有效的学习时间,提高了学习效率,最终改善了自己的考试成绩。

由上可知,国外将大数据应用于高等教育领域的探索较早,也逐渐发展出一些成功的应用,特别是在学生学习分析方面已经比较成熟。有的应用已经推广至很多学校,如“希维塔斯学习”已经与25所高校签订了合作协议,为他们提供大数据分析软件、技术和指导^[8]。许多高校已经可以通过大数

据技术监测学生的学习过程、预测学生的考试成绩、评估学习质量等,为每一位学生创设一个量身定做的学习环境和个性化的课程,以提高他们的毕业率。

(二) 国内高等教育大数据有关应用

由于大数据的概念在我国出现只是近年来的事,大数据在一些领域的应用也才逐渐兴起,在高教领域的应用更是刚刚起步。当前,国内已有一些高校和科研机构开展了教育大数据的初步应用研究与实践探索。

1. 中国科学技术大学对贫困学生的“隐形资助”

中国科学技术大学自2004年起,利用大数据技术监测每个学生的校园一卡通在食堂的消费情况,如果其消费低于200元/月,系统就会自动给学生打生活补助。2005年之后,学校改进了数据统计方法:首先利用网络对新生心理和家庭状况进行详细调查,综合各院系平时掌握的学生生活情况,建立了每学期更新的贫困生数据库。再通过多方面的情况统计和优化的大数据分析,筛除不能反映真实情况的“坏数据”(如因减肥、外出用餐而导致的在校食堂消费减少等),为真正贫困的学生提供资助。这种方法不仅解决了学生的生活问题,同时也让贫困生有尊严地接受资助。

2. 西安交通大学的教学质量监测平台

西安交通大学的教学质量监测平台,主要针对普通高校的课堂教学质量问题,从内因(教师、学生)和外因等角度开展深入、系统研究,研制出一套目标导向、过程可控,面向学生、督导、同行专家、管理人员甚至开放学习者等课堂教学质量大数据监测与分析平台;通过这个平台可以检测到教师在授课过程中全程录制的课堂实况;以及学生在学习过程中产生的数据。通过大数据的关联分析,进行教学质量的综合性评价^[9]。

3. 东华大学的智能实验室

东华大学智能实验室利用云平台(东华云)通过服务器虚拟化对实验教学资源进行管理,简化了管理流程,节约了管理成本,提高了服务器资源申请的灵活性,实现了实验资源管理的信息化和透明化。该智能实验室还实现了24小时开放无人在场、跨学院使用等人工无法实现的功能。统计数据显示,智能实验室对学生学习自主性的提高有显著影响,学生在实验室的时间甚至超过了在教室的时间。

4. 同济大学构建大数据平台

为了满足爆炸式增长的用户及其多样化的数据

需求,同济大学携手中科曙光公司,构建了业内领先的大数据柔性处理平台。该平台可以根据不同用户的需求,提供差异化服务,同时针对不同组件,采用分区管理,为学校信息学科及交叉学科研究领域提供高效灵活的应用流程服务。

综上,我国已经开始了大数据在高等教育管理、服务、教学方面的初步探索,但真正融入高等教育教学实践,在学校、区域或更大范围内产生实质性影响的应用实践少之又少。高等教育大数据在促进高校发展方面的价值还未体现出来,还有待进一步的探索。

(三) 我国高教领域应用大数据存在的若干问题

高等教育大数据能够促进高等教育教学模式、管理机制、服务质量的改革。但是从整体来看,我国目前高等教育大数据应用仍然比较零散,缺乏成熟的应用推广模式。在探索新型教育模式的过程中,主要存在以下几个方面的问题。

1. 数据采集及问题解决分析技术薄弱

大数据的教育应用中,数据采集和问题解决分析是核心环节,应用开发者要面对的就是数据采集技术和问题解决分析技术的挑战^[10]。由于我国大数据技术应用研究起步较晚,云计算、虚拟化等技术还不成熟,采集端和采用分析端的提供商数量仍比较少,缺少领军型企业,这成为制约教育大数据行业整体发展的短板。

2. 高校各部门各自为战,缺乏统一口径管理

目前,许多学校使用的多个信息管理平台和软件应用工具产生了大量不同类型的数据,而当前的高校数据管理体制没有对所积攒出的不同类型、零散的原始数据进行恰当地归口管理,普遍存在各自为战的情况,造成了存储系统的利用率不均衡和存储空间的浪费,大量的教育数据被锁在各个数据孤岛上,无法进行有效的整合和利用。

3. 大数据应用专业人才缺乏

相比于交通、医疗、商业、环境等行业,教育行业的数据挖掘起步较晚,且具有很强的独特性和复杂性,它需要一批既懂教育又掌握大数据核心技术的专业人才。尽管国内部分高校已经开设大数据相关专业,但是在配套的课程体系建设、人才培养模式等方面仍处于摸索阶段,短期内难以培养大批合格的教育大数据从业者。专业人才的缺乏是制约我国教育大数据发展的重要因素。

4. 数据安全等相关法规制度缺失

当前,我国尚未建立明确的教育数据管理运营

的机制与制度规定,数据的归属权、开放范围、开放方式、隐私保护等还没有清晰的界定。企业在提供教育数据产品与服务中,往往存在极大的知识产权、应用授权等风险,这在一定程度上制约了教育大数据行业力量的壮大和发展。

三、高等教育大数据应用模型的架构

如何有效地应用大数据?从数据到可视化的教育信息需要经过哪些环节才能真正发挥数据的价值并进行科学的预测,促进学习者个性化学习的实现?笔者在大数据分析必要环节数据采集、数据预处理、数据存储、数据分析、数据解释基础上,构建了高等教育大数据应用模型框架如图1。

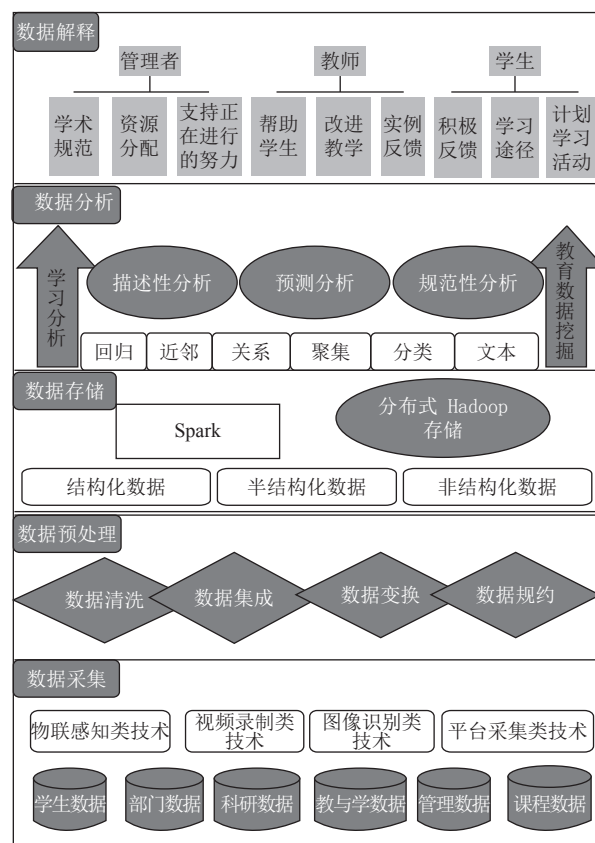


图1 高等教育大数据应用模型框架

(一) 数据采集

高等教育大数据包括管理数据、研究数据、部门数据、课程数据、学生数据、教与学数据等^[11]。数据的采集需要综合应用多种技术,每种技术采集的数据范围和重点都有所不同。主要包括物联网感知类技术、视频录制类技术、图像识别类技术、平台采集类技术四大类^[12]。

(二) 数据预处理

对大数据来讲,高等教育大数据是凌乱的、动

态的、复杂的,为了保证大数据的可用性,首先必须在数据的源头上把好质量关,做好从原始数据到高质量信息的预处理。教育数据预处理环节必须规范数据格式进行初步整合和分析,以便于后续数据的存储、管理与应用。该环节涉及的关键技术包括:数据清洗、数据集成、数据变换、数据规约等方法。

(三) 数据存储

数据存储是指所有数据的集中存放。主要包括各种结构化、半结构化和非结构化的历史数据、预测数据、汇总数据以及需要共享的数据等。高等教育大数据以非结构化数据为主,特别是音视频数据占很大比重,这些数据大多来自课堂录像、教学资源等,具有一定的分析复杂性。因此,教育存储系统不仅需要以极低的成本存储海量数据,还要适应多样化的非结构化数据管理需求,具备数据格式上的可扩展性。

(四) 数据分析

大数据在高等教育领域应用主要依赖三种数据模型即描述性分析、预测性分析和规范性分析^[13]。

1. 描述性分析

描述性分析是为了识别目标样本,而对数据(如生源情况、考试成绩、教师职称等)特征的描述和分析。描述性分析可以为高校提供互动数据,为更好的教学和科研提供政策指导。如教师可以通过学习管理系统监测学生登录次数、页面视图、访问次数、浏览时长、作业情况、测验成绩、论坛发帖等,了解学习者的学习状态(学习需求、学习困难、个人学习风格等),从而调整教学内容,实施干预式教学,增强学习效率。大数据可完善质量监控体系,为实时、全面、动态的质量管理奠定基础^[14]。但是教育机构不仅需要监测学生们现在的表现还需要预测他们未来可能的结果。

2. 预测分析

预测分析是利用各种统计、建模、数据挖掘和机器学习最近的研究和历史数据,寻找趋势和确定相关问题的关联,对事物发展的未来趋势和水平进行判断和推测的一种活动。它可以揭示描述性模型中隐藏的数据关系,把复杂的数据变得直观、简明,为高校提供更好的教育教学决策,减少决策的盲目性。

3. 规范性分析

规范性分析是可执行的工具,建立在描述性分析和预测分析的基础上。规范性分析使决策者了解未来关键任务流程,发现机会(问题)以及提出好

的行动路线。有助于高等教育机构评估现状,在有效和一致的预测基础上做出明智的选择。如高校评估可以通过动态监测、行为矫正、预警预测、群体或个人行为分析等,促进评估的即时性和精准性,进一步了解高等教育的实然状态,制定科学的决策。

Wu认为规定性分析是预测分析的一种类型,规范的分析需要一个预测模型与两个额外的组件:可操作的数据和一个反馈系统,跟踪行动所产生的结果^[15]。简单说来,描述性分析是描述过去,预测性分析是预测未来可能会发生什么,规范性分析是告诉你怎么做才能得到你想要的。

(五) 数据解释

数据解释的过程包括检验所有的假设和重新回顾分析过程,通过数据挖掘技术、数据可视化、描述性和推论性方法,比如相关分析、回归分析、方差分析、多元统计分析、图表分析等技术模型,将数据以图表、视频、报告等方式呈现出来。数据解释的目的是为了辅助教师更好地调整和改进教学策略,促进学生个性化成长,帮助管理者做出科学决策。使高校实现管理科学化、科研深入化、教学模式智能化、学习个性化、评估综合化。

四、促进高等教育大数据应用的有关举措建议

高等教育已经从IT进入到DT时代,我国高等教育将迎来新一轮的变革。针对目前我国高等教育大数据应用存在的技术薄弱、数据孤岛、专业人才缺乏、法规制度不完善等问题,笔者认为促进高等教育大数据应用需要从以下几方面着手:

(一) 拥抱大数据,加强数据文化建设

数据文化是指一个组织或系统内部对其各个层面决策过程的重要性认识,它包括相应的价值观、态度和行为准则。换言之,就是要将用户、技术与开发者汇聚在一起,促成与系统和基础设施升级同等重要的数据认同和文化创新^[16]。高等教育领域倡导和加强数据文化建设,首先要正确认识大数据,拥抱大数据。大数据是一种思维方法、是一种技术、更是一种理念。第二要形成“用数据说话、用数据管理、用数据决策、用数据创新”的文化氛围,助推教学管理从经验型、粗放型、封闭型向精细型、智能化、可视化转型。良好的数据文化,是奠定高等教育认可度和支持大数据发展的基础。

(二) 统一数据口径,搭建大数据平台

不少高校在信息化建设过程中产生了大量零散

的、孤立的数据,这些被遗忘或者是交叉重复的冗余数据被视为“历史资料”,分别归属于不同的部门。高校需要搭建统一的大数据平台(云端),并对数据进行恰当地归口管理,对数据的采集、存放、使用、维护及应用进行统一的指导和规划。建立大数据平台可以更好地挖掘大量的、多类型的数据,为整合、分析和共享大数据打下基础。高校大数据平台,需在整合原有各自为政信息系统的基础上,集成高校办公自动化、教学管理、科研管理、财务管理等重要校务管理信息应用系统数据,升级、建设数据采集设备、数据传输网络、数据储存和分析系统,将简单堆砌的数据转化为辅助高校决策的有力支撑例证,提高数据管理质量和效率,促进资源共享,推动高校资源配置的优化。

(三) 重视专业人才培养,提升数据服务质量

目前,国内部分高校(如北京大学、中国人民大学、首都师范大学等)纷纷开设了大数据相关专业及课程,有针对性地培养高质量的大数据专门人才。专业人才的来源,首先,高校可以自我培养,通过对本校教师进行专业培训,提升其数据素养。另外,可以引进人才。在高等教育信息化进程中,高校应该调整教学和管理队伍结构,完善岗位设置,积极引进大数据应用人才和管理人才。通过大数据人才的引进和培养,为大数据研究和应用提供智力支撑,促进大数据和高等教育的有机结合。

(四) 加强政策引导,促进高等教育大数据的良性发展

2016年4月8日,我国公布了高等教育质量系列研究报告,即1本总报告《中国高等教育质量报告》和3本专题报告,分别是《中国工程教育质量报告》《全国新建本科院校教学质量监测报告》《新型大学新成就——百所新建院校合格评估绩效报告》^[17]。其中总报告《中国高等教育质量报告》是世界上首次发布的高等教育质量“国家报告”,这也标志着我国高等教育数据开放程度的提升。在这一背景下,全国各地都纷纷成立了教育大数据研究机构,很多企业和社会力量也都加入了高等教育大数据开放和应用的行列。高等教育大数据也在促进教育公平、精准教学、个性化学习、辅助管理等方面,取得了一些成就。当然,伴随而来的还有诸多问题,如数据的所有权、数据隐私与安全等。因此,从国家层面对教育大数据的应用进行相应的政策引导显得尤为重要,如成立国家教育大数据研究机构、治理机构、颁发“教育数据运营商”牌照、

加快建设教育大数据产业基地、出台《教育大数据应用发展指导意见》、制定《教育大数据安全管理办法》等^[18]。政策的引导,将进一步明确教育数据标准、归属权、使用权等问题,带动高校和社会各方的参与和合作,促进高等教育大数据应用的快速发展。

总之,高等教育大数据应用是一个不断渐进的过程,数据文化可以提高管理者、教师、学生的数据素养、数据意识,转变传统的思维模式,为大数据应用提供一个良好的氛围,是高等教育大数据应用的基础;高校大数据应用平台拥有强大的数据收集和分析能力,可以有效地提高数据管理质量和效率,促进资源共享,是高等教育大数据应用的动力;专业人才(具有相关学科背景的大数据专业人才)是大数据和高等教育结合的关键;数据安全制度或者法规的建立可以为数据提供合理使用的保障。可以说,大数据在高等教育领域应用的过程中,文化是基础,平台是动力,人才是关键,政策是保障,四者缺一不可。

五、总结与展望

在高等教育领域,大数据正在引领教学、科研和管理的不断创新与变革。在教学方面,大数据正在引领教学模式变革。在科学研究方面,大数据正在开创新的科研范式。在管理方面,大数据助力大学管理智能化。大数据技术的运用有助于引领高等教育创新变革,提升教学、科研、管理服务水平和质量。

综上所述,我国的高等教育大数据蓬勃发展的时代已经来临,高校已经在智能管理、教学质量监测等方面已经进行了大数据应用的初步探索,并取得了显著的成效。随着数据采集、处理、传输和存储能力的进步,未来的高等教育大数据应用将会在教育质量监测和评估、学生适应性学习、管理决策和预测等方面进行更深入的探索。虽然在此过程中,仍然面临着数据处理技术薄弱、人才缺乏、制度缺失方面的挑战,笔者相信在国家大数据战略的背景下,随着教育工作者数据意识的提高,大数据、云计算、数据挖掘、机器学习等技术的不断发展,高校、研究机构、企业将会投入更多的精力进行高等教育大数据应用研究,推动大数据与高等教育的深度融合发展。同时,大数据时代数据信息的精细化程度的提升、数据价值密度的增加、教学科研效率的巨大提高和学生学习行为分析能力的增

强,将促使高校更好地读懂千差万别的学生,有机会了解每一个学生的真实学习情况,为每一个学生提供更加优质、个性化的教育资源。

参考文献

- [1] 国务院. 促进大数据发展行动纲要的通知[Z]. 国发(2015) 50号, 2015-08-31.
- [2] 赵姗. 大数据时代来临, 中国准备好了吗[N]. 中国经济时报, 2013-07-01(A11).
- [3] 杨现民, 唐斯斯, 李冀红. 发展教育大数据: 内涵、价值和挑战[J]. 现代远程教育研究, 2016(1): 50-61.
- [4] 邢蓓蓓, 杨现民, 李勤生. 教育大数据的来源与采集技术[J]. 现代教育技术, 2016(8): 14-21.
- [5] FAHRNI P, RUDOLPH J, SCHUTTER A D. Vendor-Assisted evaluation of a learning management system[J]. The International Review of Research in Open and Distance Learning, 2004, 5(1): 4.
- [6] MACFADYEN L P, DAWSON S. Mining LMS data to develop an “Early Warning System” foreducators: A proof of concept[J]. Computers & Education, 2010, 54(2): 588-599.
- [7] My Lab & Mastering10 Best Practices[EB/OL]. [2014-08-09]. http://www.pearsonmylabandmastering.com/global/northamerica/results/files/MyLab_and_Mastering_10_Best_Practices_2013.pdf.
- [8] 美国高等教育大数据时代来临[EB/OL].[2015-10-31]. <http://www.360doc.com/content/15/1031/10/19682781509607235.shtml>.
- [9] 郑庆华. 高校教育大数据的分析挖掘与利用[J]. 中国教育信息化, 2016(13): 28-31.
- [10] 徐鹏, 王以宁, 刘艳华, 等. 大数据视角分析学习变革——美国《通过教育数据挖掘和学习分析促进教与学》报告解读及启示[J]. 远程教育杂志, 2013(6): 11-17.
- [11] DANIEL B. Big data and analytics in higher education: Opportunities and challenges[J]. British Journal of Educational Technology, 2015, 46(5): 904-920.
- [12] 孙洪涛, 郑勤华. 教育大数据的核心技术、应用现状与发展趋势[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(5): 41-49.
- [13] DANIEL B K. Big data and learning analytics in higher education: Current theory and practice[M]. Berlin: Springer, 2016.
- [14] 胡弼成, 王祖霖. “大数据”对教育的作用、挑战及教育变革趋势——大数据时代教育变革的最新研究进展综述[J]. 现代大学教育, 2015(4): 98-104.
- [15] MIKE W. What is Prescriptive Analytics Really?[EB/OL]. [2016-08-19]. <http://community.lighthouse.com/t5/Science-of-Social-blog/What-is-Prescriptive-Analytics-Really/bc-p/253213#M1480>.
- [16] 李燕, 张淑林, 陈伟. 英国政府数据开放实践、经验与启示[J]. 情报科学, 2016(8): 148-152.
- [17] 教育部发布首份高等教育质量报告[EB/OL]. [2016-04-08]. http://news.xinhuanet.com/legal/2016-04/08/c_128874181.htm.
- [18] 杨现民, 王榴卉, 唐斯斯. 教育大数据的应用模式与政策建议[J]. 电化教育研究, 2015(9): 54-61.

编辑 张莉