

基于眼动追踪技术的教师呈现形式对视频教学效果影响的研究

卫雪婷, 蒋慧萍*, 徐佩瑶

中央民族大学信息与工程学院脑认知计算实验室, 北京
Email: *jianghp@muc.edu.cn

收稿日期: 2021年6月5日; 录用日期: 2021年7月2日; 发布日期: 2021年7月9日

摘 要

目前, 绝大部分在线课程都是以视频的形式呈现。教师作为教学活动的主体, 在课堂上的行为会对学习者的学习效果产生很大影响。但是目前教学视频的研究更多地集中在教学内容, 而很少关注教师主体。本文对不同教师呈现形式的MOOC学习效果进行量化研究, 其中对陈述性知识和程序性知识学习过程中被试的眼动数据进行分析, 数据分析表明老师形象呈现所带来的指导效果有助于学习者更多的关注到视频教学的过程中去, 同时在不增加学习者心里负荷水平的情况下使学习者的心理努力水平得到了提升, 而且教师大窗口形式呈现能够有效地提高MOOC学习者陈述性知识的学习效果。该研究结果为MOOC在线学习的教学视频方案设计提供了一定的参考。

关键词

MOOC, 知识类型, 教师呈现, 眼动追踪技术, 学习效果

Research on the Influence of Teacher Presentation Form on Video Teaching Effect Based on Eye Movement Tracking Technology

Xueting Wei, Huiping Jiang*, Peiyao Xu

Brain Cognitive Computing Laboratory, School of Information and Engineering, Minzu University of China, Beijing
Email: *jianghp@muc.edu.cn

*通讯作者。

文章引用: 卫雪婷, 蒋慧萍, 徐佩瑶. 基于眼动追踪技术的教师呈现形式对视频教学效果影响的研究[J]. 教育进展, 2021, 11(4): 1122-1130. DOI: 10.12677/ae.2021.114174

Received: Jun. 5th, 2021; accepted: Jul. 2nd, 2021; published: Jul. 9th, 2021

Abstract

Currently, the vast majority of online courses are presented in the form of video. As the main body of teaching activities, the teacher's behavior in class will have a great impact on the learning effect of learners. But at present, the research of instructional video focuses more on the teaching content and less on the teacher subject. This paper conducts a quantitative study on the learning effect of MOOC in different forms presented by teachers, including an analysis of the eye movement data of the subjects in the process of declarative knowledge and procedural knowledge learning. The data analysis shows that the guidance effect brought by teacher image presentation helps learners pay more attention to the process of video teaching. At the same time, the level of mental effort of learners is improved without increasing the level of mental load of learners, and the presentation of teacher's large window form can effectively improve the learning effect of declarative knowledge of MOOC learners. The results of this study provide some references for the design of instructional video programs for MOOC online learning.

Keywords

MOOC, Types of Knowledge, Teacher Presentation, Eye Tracking Technology, Learning Effect

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景

在经济全球化与技术不断变革发展创新的信息时代,我国教育信息化开始由初步应用融合阶段向全面融合创新阶段的方向过渡。在这个过程中,不论是国家地区的宏观层面、学校组织的中观层面,还是学习者的个体层面,教育信息化的转变均朝着“平衡多方关系、创新应用发展、追求卓越智慧”的方向发展。智慧学习环境作为智能教育的技术支撑,其突出特征之一是基于移动、物联、泛在、无缝接入等技术,学习者随时、随地、随需地拥有学习机会,更有丰富、优质的数字化学习资源选择。《教育信息化十年发展规划(2011~2020年)》[1]明确提出,在基础教育、高等教育和继续教育环境下,建立优质数字教育资源和共建共享环境。

随着信息技术的快速发展,在线学习已成为学习者获取知识的重要途径。从2015年起,我国多个地区同时进行MOOC平台的线上数字课程搭建,在多个方向收获了巨大成果[2]。因而促使MOOC成为在线教育的新型学习模式,以其大规模、开放性、自主学习以及提供大量免费优质课程资源等特点风靡全球,其教学模式和学习方式对传统教育带来的改变是不可否认的[3]。

到2017年底,全球共有800所大学的9400门MOOC上线,至少注册一门MOOC的学习者有7800万人。除了高等教育和在线教育领域的持续关注以外,基础教育领域也开始有了对MOOC的一些尝试与应用(王左利,2015)[4]。与此同时,MOOC在发展中遇到了前所未有的突出问题,学习者学习持续性不强,退学率高(一般在85%至95%),MOOC质量不能满足学习者需求等(郝丹,2018)[5]。

随着MOOC在线教育平台的快速发展,它所带来的全新的学习过程和教学思路对即将发生的教育变

革的冲击也是大势所趋[6]。同时也促使教育领域专家学者更加关注学习者如何通过 MOOC 平台最有效的获取学习信息,掌握学习内容。教学视频是学习者在 MOOC 平台上获取知识的重要途径之一[7],视频是传递信息的重要介质,是学习者进行网络学习时获取信息的主要接口,其质量将直接影响学习者对课程的参与度和学习效果(李青等,2018)[8]。除了 MOOC 课程设计、教学组织、学习社区等原因以外,视频呈现设计也是非常重要的影响因素之一。已有研究表明,网络课程设计中界面媒体元素的布局对学习者的信息获取效果有直接的影响。因此 MOOC 视频呈现是否合理在很大程度上会对学习者的学习效果产生影响。

由此看来,从视频呈现入手优化 MOOC 教学视频的质量来提高学习者的学习持续性和学习效果是可行且必要的[9]。

2. 研究现状

教学视频中教师呈现的研究现状

在对视觉分配方面的影响,国内外学习者关于教师呈现对学习者的视觉注意分配情况的影响存在着一定的差异,对于我国学习者来说,教学视频中教师图像比 PPT 内容更吸引学习者的视觉注意,而对于国外学习者来说,教学视频中 PPT 内容比教师图像更吸引学习者的视觉注意[10]。这可能是因为不同地区学习者的认知特点存在差异。已有的认知跨文化研究结果表明,西方人的认知特点属于任务导向,即在加工信息时,会对与认知任务有密切关系的信息给予更多关注,并且会忽视与认知任务无关的信息;而东方人的认知特点则属于关系导向,即:不管是与认知任务有直接关联的信息,还是与认知任务没有直接关系的社会信息,均会给予一定的关注[11]。

目前,已经有研究者将认知负荷理论引入到教学视频设计和制作的研究中:国外研究者 Homer 等人将认知负荷理论引入到教学视频研究中,通过比较学习者在有无教师图像教学视频学习过程中所产生的认知负荷发现,在教学视频中呈现教师图像能够增加学习者在视频学习过程中所产生的认知负荷,还出现了注意分散效应[12]。我国研究者皮忠玲综合认知负荷问卷和相关眼动指标比较了学习者在四种不同呈现形式的教学视频学习过程中所产生的认知负荷,结果发现:有 PPT 教师教学组的认知负荷显著大于 PPT 演示文稿组,而显著小于无 PPT 教师教学组和课堂实录组。以上这些研究中的教学视频时长均为 20~25 分钟,研究结果基本上相一致,结果均显示,教学视频中呈现教师图像会提高学习者的认知负荷[13]。

此外,国内研究者张家华等人深入研究了“三分屏”教学视频中视频、动画和照片三种教师呈现形象对学习者的学习效果的影响,结果显示,三者之间的测验成绩(包括保持测验成绩和迁移测验成绩)均没有显著性差异,即教学视频中的教师呈现形象与学习效果之间并无显著的相关性[14]。还有研究者从教学视频中的教师呈现比例和教师姿势两方面入手研究其对学习者学习效果的影响,结果发现:不同的教师呈现比例和不同的教师姿势对学习者的保持测试成绩没有影响,但是对学习者的迁移测试成绩产生了较大的影响,小教师呈现比例和教师姿势均在一定程度上能够提高学习者的迁移成绩[15]。

3. 实验

3.1. 研究对象

从中央民族大学本科一年级新生中随机抽取 40 人(男女各 20 人,年龄均在 18~20 岁),并保证所有被试均满足以下要求:

- 1) 熟练使用计算机,有过视频学习经历,以保证被试在实验过程中因界面呈现和操作原因影响学习效果。
- 2) 裸视力或矫正视力正常、无色盲色弱,听力正常。

3) 均没有系统学习 Photoshop 软件和《微观经济学》相关课程。为保证所有被试具有同样的先前知识,所有被试需完成对应测试科目先验知识测试,测试由对应课程的老师制定,目的用于划分相应课程的学习者是否为初学者。选择测试结果为初学者的学生作为备选研究对象。

4) 流体智力处于同龄人的中等偏上水平,且所有人流体智力水平偏差不超过 10%。

最终选定 18 名智力测试分段在 70%~75%间的被试(男生 9 人,女生 9 人)参加眼动实验,并随机分成三组,每组均包含 6 名被试。

对最终选定的 18 名被试进行计算机随机分组,设定分组要求是:平均分为三组(每组 6 人),每组内男生不少于 2 人不多于 4 人。三个实验组分别被命名为 A、B、C 组。

3.2. 实验材料

3.2.1. 视频材料

为了保证其他学习效果尽可能少的受除教师呈现形式以外的因素影响,我们统计了最受欢迎的 5 个 MOOC 网站上评分前 3 名的课程。我们综合教学过程完整度、考核难易程度、首节课知识点涵盖数、学科跨度四个指标从 9 门课程中选择 2 门。

经过数据整合,得到教学过程完整度系数和考核难易程度系数最高的两门课程:《PowerPoint 从入门到精通》和《微观经济学》。且两门课程满足刺激材料对学科跨度要求。我们从截取《PowerPoint 从入门到精通》和《微观经济学》的首节课中各选取一节陈述性知识学习材料和一节程序性知识学习材料,并保证每段学习材料适合初学者且都具有 6 个知识点。

3 组被试者将会被依次呈现 4 段知识内容、文字呈现、时长完全一致,仅教师呈现形式不同的实验材料(包含 2 段陈述性材料和 2 段程序性材料)。3 组实验材料的设置分别为:

A 组:只以 PowerPoint 形式呈现的视频课程内容;

B 组:以相同 PowerPoint 形式呈现的视频课程内容和授课教师实时(左下角)小窗口(头部)呈现,呈现过程中伴随授课教师目光引导;

C 组:以相同 PowerPoint 形式呈现的视频课程内容和授课教师实时(左半部分)大窗口(半身)呈现,呈现过程中伴随授课教师目光 + 肢体引导。

3.2.2. 刺激文件

眼动采集实验程序利用 ExperimentCenter3.0 软件控制和呈现所用刺激材料。刺激材料包含:提示语、眼动校准、眼动校准确认、视频材料和结束语 5 个部分。

采用 3 (被试组间变量:视频材料呈现方式:PowerPoint 单一呈现/PowerPoint + 教师小窗口头部呈现/PowerPoint + 教师大窗口半身呈现)*2 (被试内变量:视频材料类型:陈述性材料/程序性材料)设计。对每个被试都进行由 4 段视频刺激材料(包含 2 段陈述性材料和 2 段程序性材料)组成的眼动收集。

根据实验设计依次完成实验所需共 12 个刺激材料的制作,并对刺激材料进行对应编号。编号规则:[陈述 1, 陈述 2 (组内材料编号)]。

3.2.3. 学习成绩测量工具

学习成绩测量工具是测量被试学习成绩的主要手段[16],针对陈述性知识课程和程序性知识课程所呈现的不同结果表现形式分别制定对应的测量工具。

1) 陈述性知识学习成绩测量工具

陈述性知识的成绩测量工具由 15 道客观性测试题组成,包含 10 道多选题和 5 个填空题。其中多选题每题 2 分,共 20 分,多选、少选均不得分,这样的问题设置在很大程度上避免了被试人员猜题得分的

几率，有效提高成绩数据采集时的准确度。

2) 程序性知识学习成绩测量工具

程序性知识的成绩测量工具由案例操作测试成绩组成。分别记录被试测试时的有效点击顺序和操作时间。其中有有效点击顺序得分系数为 0.6，操作时间得分系数为 0.4。

3.2.4. 认知负荷测量工具

认知负荷测量工具借用 PAAS 研制的九段自我评定量表，主要从学习者学习过程中的心理努力和心理负荷两个方面来测量学习者的认知负荷。

3.3. 眼动数据采集与分析工具

实验采用德国 SMI 公司生产的 Hi-Speed 型高精度眼动仪系统，系统包括 iViewPC 测试计算机、StimulusPC 图像显示计算机和测试托架[17]。iViewPC 测试计算机[18]与 StimulusPC 图像显示计算机进行同步通讯。实验时受试者将下颚放在安装了红外光源和摄像头的托架上，注视前方 StimulusPC 计算机屏幕上的刺激材料。实验时，通过 iViewPC 测试计算机中的 iViewX 软件采集受试者眼动数据，左单眼采集采样率为 500 HZ，实验前进行校准，确定为注视结果在 1 度视角内 X 轴和 Y 轴的误差小于 1.00，否则重新校准。分析时主要采用 iViewPC 测试计算机中的 BeGaze 软件，联系由 iViewX 软件收集的被试各类的眼动指标和由 ExperimentCenter3.0 呈现的视觉刺激，按键反应的数据也由 iViewX 进行采集。

结果的分析包括两个部分，第一个是行为数据结果，包括被试在测试阶段的正确率和反应时间；第二个眼动的基本指标，主要包括注视数据和眼跳数据，注视主要包括注视点个数、注视时间、注视频率，眼跳指标主要包括眼跳数目、眼跳频率、眼跳时间和眼跳幅度；第三是兴趣区指标，由各兴趣区注视点数目、各兴趣区注视总时间和第一次注视时间组成。采用重复测量的方差分析对眼动指标进行分析。所有数据均由 SPSS23 计算完成，采用 Greenhouse—Geisser 法矫正 P 值[19]。

4. 数据统计

通过对学习界面的划分，把学习界面划分为学习内容区(兴趣区 1: AOI1)和教师呈现区(兴趣区 2: AOI2)。实验实时监测被试在学习过程中对在兴趣区的注视总时间和眼跳数目。

这部分数据分析在于探索教师呈现对学习者视频学习过程中的关注学习内容材料(兴趣区 1: AOI1)与教师画面(兴趣区 2: AOI2)的注意力分配的影响。

研究采用重复测量方差分析，对教师不同呈现形式下学习者在不同兴趣区中的总注视时间及两个兴趣区之间的眼跳次数作描述分析，具体数据见表 1:

Table 1. The statistics of eye movement data when learners watch the teaching videos of the two types of knowledge presented by teachers

表 1. 学习者观看教师不同呈现下两种知识类型教学视频的眼动数据统计

			AOI1 总注视时间		AOI2 总注视时间		眼跳数目		眼跳频率	
人数			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
陈述 1	A	6	90,000.33	104,551.25	18,192.00	20,518.16	1238.67	587.80	4.22	1.97
	B	5	36,776.00	55,642.68	6852.60	10,944.01	366.60	364.66	1.28	1.23
	C	6	15,261.83	16,076.57	4850.33	5299.62	696.67	449.89	2.40	1.61
陈述 2	A	6	8403.50	6776.62	5273.67	5375.12	561.83	461.04	2.58	2.12
	B	5	41,329.00	38,660.05	12,369.80	10,677.34	712.40	559.95	3.26	2.57
	C	6	16,969.17	19,009.76	4480.00	7154.40	650.50	312.72	3.00	1.47

Continued										
程序 1	A	6	94,248.00	70,702.10	10,916.50	9126.53	926.50	472.87	3.83	1.94
	B	5	13,963.00	14,387.99	8345.20	8637.06	566.80	528.80	2.32	2.26
	C	6	17,567.67	23,684.35	18,747.00	28,666.06	648.83	317.80	3.28	1.04
程序 2	A	5	18,473.80	19,677.92	5440.80	9622.08	385.00	315.66	3.30	2.65
	B	5	15,743.80	20,339.73	4521.60	5424.79	297.80	277.39	2.30	2.04
	C	5	18,500.00	10,259.88	8558.80	13,351.54	380.40	125.86	2.96	1.93

4.1. 教师呈现对学习注意力影响

对学习者在视频学习中关注 PowerPoint 内容展示区 AOI1 的总注视时间分析结果表明：

知识类别对其影响的主效应不显著($F(3, 60) = 1.713, p = 0.175 > 0.05$)，即学习者学习陈述性视频课程或程序性视频课程不会对 PowerPoint 内容展示区的注视时间产生统计意义上的影响；教师呈现形式对其影响的主效应显著($F(2, 60) = 3.843, p = 0.028 < 0.05$)，即是否有教师形象呈现及以不同的方式呈现都会使学习者注视 PowerPoint 内容展示区的时间长度产生影响。二者的交互效应显著($F(6, 60) = 2.301, p = 0.047 < 0.05$)。

具体而言，学习者对程序性知识视频学习材料中的 PowerPoint 内容展示区的总注视时间与对陈述性知识视频学习材料中 PowerPoint 内容展示区的总注视时间并没有明显差别($p > 0.05$)。

在教学行为的事后检验中，“PowerPoint 内容呈现”组的学习者在 PowerPoint 内容展示区注视时间显著高于“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口呈现”组，“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口呈现”组学习者比“PowerPoint 内容呈现”组的学习者总注视时间显著多出 37260.348 ($p = 0.007 < 0.05$)。

在视频学习过程中，对学习者在兴趣区 1 与兴趣区 2 之间的眼跳次数结果分析表明：

知识类型的主效应显著($F(3, 60) = 2.963, p = 0.040 < 0.05$)，即学习者会因为学习不同类型知识的视频材料使其在 PowerPoint 内容呈现区和教师呈现区之间的眼跳次数产生显著变化。

教师呈现形式的主效应显著($F(2, 60) = 2.658, p = 0.02 > 0.05$)，即在均有教师呈现的视频学习材料中，教师呈现形式的不同也会使学习者在视频学习材的 PowerPoint 内容呈现区和教师呈现区之间的眼跳次数产生显著变化。

知识类型与教师呈现形式的交互作用不显著($F(2, 60) = 2.658, p = 0.079 > 0.05$)。具体而言，学习者程序性知识学习过程中两个兴趣区之间的眼跳次数，显著低于陈述性知识视频学习过程中的次数($p < 0.05$)。

对教师呈现变化的事后检验显示：在视频学习过程中，“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口呈现”组的学习者在两个兴趣区之间的眼跳次数，显著低于“PowerPoint 内容呈现”组的学习者的眼跳次数($p < 0.05$)。

由此可见，在视频教学过程中，教师形象大窗口呈现可以有效引导学习者更多的关注教学内容。

4.2. 教师呈现形式对视频学习中学习者认知负荷的影响

学习者在认知负荷检验结果表明：

教学行为对其影响的主效应显著， $F(2, 56) = 6.034, p = 0.004 < 0.05$ ；知识类别对其影响的主效应显著($F(3, 56) = 72.071, p = 0.000 < 0.05$)；但是二者的交互效应不显著($F(6, 56) = 0.660, p = 0.682 > 0.05$)。

在教学行为的事后检验中发现，“PowerPoint 内容呈现+教师形象小窗口呈现”组显著高于“PowerPoint 内容呈现”组，均值高出 2.4155 ($p = 0.095 > 0.05$)，即均值差异不具有统计学意义；“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象小窗口呈现”组显著高于“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口

呈现”组，均值高出 1.2905 ($p = 0.369 > 0.05$)，即均值差异不具有统计学意义。

具体见图 1:

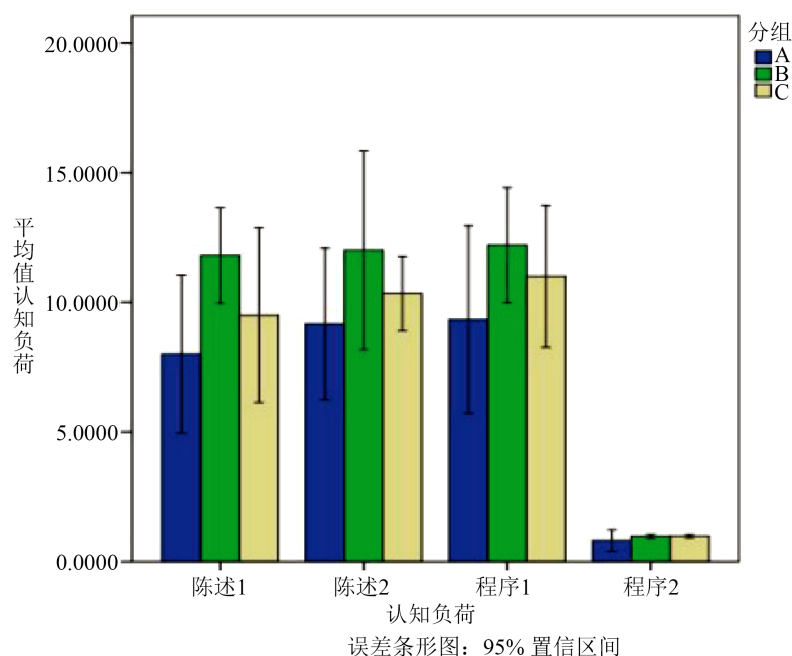


Figure 1. The influence of teacher presentation style on cognitive load in video learning

图 1. 教师呈现形式对视频学习中认知负荷的影响

4.3. 教师呈现形式对视频学习中学习成绩的影响

这部分测试结果分析的目的，在于探索两种知识类型的教学视频中，教师呈现形式对学习者视频学习成绩的影响。学习成绩数据来自学习者学习相关视频课程后完成对应的测试题和案例操作测试。本部分通过收集整理学习者陈述性知识后测成绩，与程序性知识案例操作成绩，采用 SPSS 对数据进行统计分析，对两种知识类型的后测成绩进行单因素方差分析。结果显示：

教师呈现形式主效应显著($F(2, 56) = 4.239, p = 0.019 < 0.05$)，即教师的呈现形式对学习者学习视频材料的学习成绩有显著影响；知识类型主效应显著($F(3, 56) = 13.834, p = 0.000 < 0.05$)；二者交互效应不显著($F(6, 56) = 0.745, p = 0.616 > 0.05$)。

在教学行为的事后检验中：“PowerPoint 内容呈现”组显著低于“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口呈现”组，低了 0.1304 ($p = 0.007 < 0.05$)；“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象小窗口呈现”组显著低于“PowerPoint 内容呈现 + 教师形象大窗口呈现”组，低了 0.1009 ($p = 0.044 < 0.05$)。

具体见图 2。

5. 研究结果与建议

5.1. 研究结果

1) 在 MOOC 教学视频中，教师的呈现所产生的引导效应能有效地引导学习者更多的关注学习内容，并且减少学习者注意力在无教学内容区的注视时间和眼跳次数。引导效果随呈现关键部位数量变化：教师形象通过大窗口半身呈现所提供的引导效应明显优于通过小窗口面部呈现。

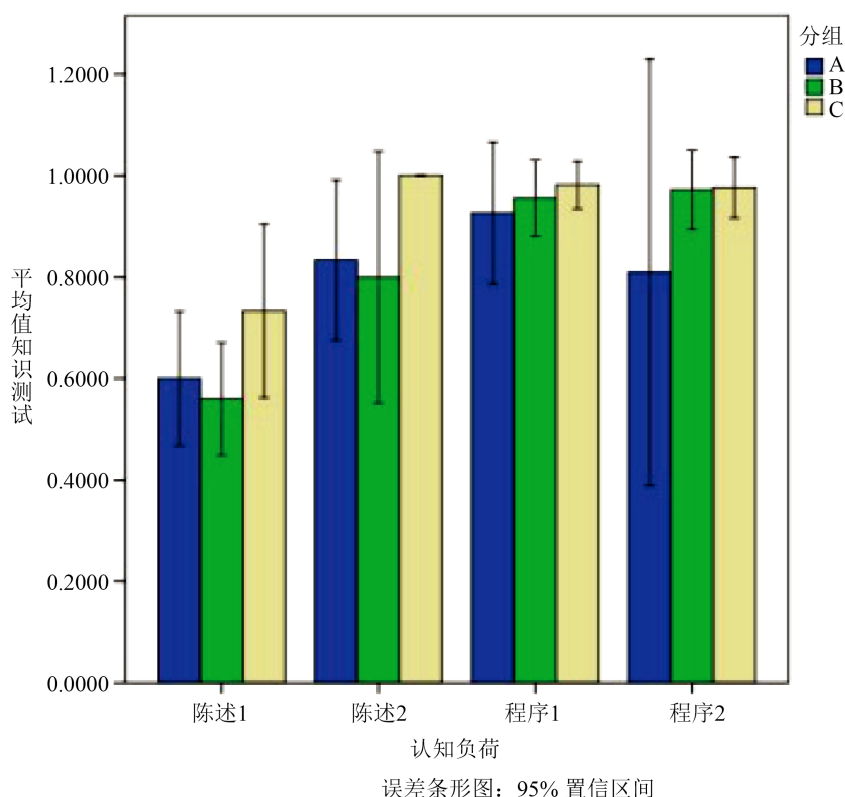


Figure 2. The influence of teacher guided behavior on academic achievement in video learning

图 2. 教师引导行为对视频学习中学习成绩的影响

2) MOOC 教学视频中教师呈现对学习者的心理负荷水平没有明显影响,但教师呈现提高了学习者的心理努力水平,即 MOOC 教学视频里的教师呈现对认知负荷水平产生正向效应。

3) 教师形象通过大窗口半身呈现对 MOOC 学习者的陈述性知识学习成绩有明显的正向影响,即教师大窗口半身呈现有效提高了学习者学习陈述性知识的学习效果。

5.2. 在线教育视频课程设计建议

陈述性知识类型和程序性知识类型 MOOC 视频学习材料中的教师呈现对学习用户的学习进程和成果有很大程度上并不一致的影响。陈述性知识类型 MOOC 教学材料中教师形象可以引导学习用户的关注方向,由此提高学习用户的单位时间学习成果。程序性知识类型 MOOC 教学材料里教师形象存在与否对学习用户的单位时间学习成果没有改变。从这个角度来说,在这个基础之上进行新 MOOC 的研究和搭建时,设计人员需要在设计之前对课程的基本属性进行判断归类,并根据确定的 MOOC 所属的类型决定是否加入教师形象的呈现。具体的,陈述性 MOOC 中加入教师形象呈现能够有效的促进 MOOC 用户的学习效果。但这种促进效果出现规律在程序性 MOOC 中并不存在。也就是说,我们建议设计者在陈述性知识类型 MOOC 中加入教师大比例半身形象的视频呈现,但对于程序性只是类型 MOOC 来说,是否加入教师形象可由设计者的偏好选择是否添加。

总之,在对 MOOC 教学材料学习时,学习用户在单位时间内的注意力资源是有限的,授课的表达时长应该适当。当教师在 PowerPoint 中阐述或扩展有关内容或关键知识内容时,可以出现教师的形象图像。这样 MOOC 用户可以合理分配注意力资源,使学习者可以更专注于学习材料本身。

参考文献

- [1] 王键. 以教育信息化推动职业教育改革创新——解读《教育信息化十年发展规划(2011-2020 年)》[J]. 中国教育信息化, 2012(11): 4-7.
- [2] 于佳. 基于 MOOC 背景下在线开放课程建设的研究与探索[J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(18): 159-160.
- [3] 王左利. MOOC 照进课堂[Z]. 中国教育网络 2015 年 5 月刊, 2015: 3.
- [4] 夏冬生, 孙先念, 朱公志. 微课、慕课和翻转课堂的特性及其相互关联性的探究[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2019(4): 47-49.
- [5] 郝丹, 李薇. 澳大利亚开放大学质量保证的特点与启示[J]. 职教论坛, 2018(2): 102-113.
- [6] 李青, 马洪波. 慕课背景下服务类高职院校审美教育的创新与实践[J]. 美与时代(下), 2018(3): 126-128.
- [7] 李京澳, 齐振国. 基于双重编码理论的微视频设计探究[J]. 中小学电教, 2016(Z2): 121-124.
- [8] 杨九民. 在线视频课程中教师对学习过程与效果的影响[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2014.
- [9] Plass, J.L., Homer, B.D., Pawar, S., Brenner, C. and MacNamara, A.P. (2019) The Effect of Adaptive Difficulty Adjustment on the Effectiveness of a Game to Develop Executive Function Skills for Learners of Different Ages. *Cognitive Development*, **49**, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.11.006>
- [10] 王红艳, 胡卫平, 皮忠玲, 葛文双, 徐益龙, 范笑天, 梁燕玲. 教师行为对教学视频学习效果影响的眼动研究[J]. 远程教育杂志, 2018, 36(5): 103-112.
- [11] 李瑞, 张家华. 智慧学习环境下初中数学探究性课堂的构建及案例设计[J]. 中小学电教, 2017(Z2): 82-84.
- [12] 管珏琪, 孙一冰, 祝智庭. 智慧教室环境下数据启发的教学决策研究[J]. 中国电化教育, 2019(2): 22-28+42.
- [13] Maldonado-Mahauad, J., Pérez-Sanagustín, M., Kizilcec, R.F., Morales, N. and Munoz-Gama, J. (2018) Mining Theory-Based Patterns from Big Data: Identifying Self Regulated Learning Strategies in Massive Open Online Courses. *Computers in Human Behavior*, **80**, 179-196. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.011>
- [14] 刁永锋, 刘明春, 杨海茹. 网络视频公开课程学习行为眼动实验研究[J]. 现代教育技术, 2014, 24(11): 81-87.
- [15] 郑旭东, 杨九民. 高等教育信息化的趋势与大学教学创新的未来: 对 2014 年 EDUCAUSE 高等教育信息化十大议题的解读[J]. 中国电化教育, 2014(8): 37-42.
- [16] 风笑天. 社会研究方法(第四版) [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013: 207-208.
- [17] 刘桂英, 李佳. 眼动追踪技术在化学教育领域的应用[J]. 化学教与学, 2017(12): 2-5.
- [18] 张浩, 吴秀娟. 深度学习的内涵及认知理论基础探析[J]. 中国电化教育, 2012(10): 7-11+21.
- [19] 高雅楠. 基于眼动追踪技术下超市零售业中消费者购买行为的影响研究[J]. 九江学院学报(社会科学版), 2020, 39(4): 124-128.