

# 异步SPOC学习者的在线学习行为研究

## ——基于结构方程模型的实证分析

梁美丽, 张曼茵, 刘建熙

广东外语外贸大学, 数学与统计学院, 广东 广州

收稿日期: 2021年12月6日; 录用日期: 2022年1月4日; 发布日期: 2022年1月11日

### 摘要

在当今的信息时代, 基于互联网的线上学习互动模式迅速发展。在2020年新冠肺炎疫情的影响下, 线上教学模式在全世界范围内广泛地开展, 线上教学的质量和效果对整个教育具有重要的影响。本文基于广东某高校2020年在慕课平台上利用异步SPOC进行高等代数教学的数据, 采用结构方程模型对在线学习行为进行研究。我们发现视频学习既对学生成绩产生直接影响也产生间接影响, 此间接影响是通过其对讨论区学习的直接影响来实现的。比起期末成绩, SPOC成绩和平时成绩两个指标更能反映学生学习效果。这些结论可为线上教学的有效开展提供思路和方法。

### 关键词

结构方程模型, 在线学习行为, 异步SPOC

# Online Learning Behavior Study on Asynchronous SPOC Learners

## —Empirical Analysis Based on Structural Equation Modeling

Meili Liang, Manyin Zhang, Jianxi Liu

School of Mathematics and Statistics, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou Guangdong

Received: Dec. 6<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 4<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 11<sup>th</sup>, 2022

### Abstract

In today's information age, the interactive online learning based on the Internet is developing rapidly. Under the influence of the COVID-19 epidemic in 2020, online teaching is widely carried out all over the world. The quality and effect of online teaching have an important impact on the

**whole education. Based on the asynchronous SPOC data of a taught course of advanced algebra in a university of Guangdong in 2020, we use structural equation model to study online learning behavior. We found that video learning has both direct impact and indirect impact on students' grades. This indirect influence is realized through its direct influence on the discussion area learning. Compared with the final grade, SPOC score and usual academic score can better reflect students' learning effect. These conclusions can provide ideas and methods for effective online teaching.**

## Keywords

Structural Equation Modeling, Online Learning Behavior, Asynchronous SPOC

Copyright © 2022 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. 引言

当今信息时代，基于互联网的线上学习互动模式是一种与时俱进的新型教学模式。2020年突发的新冠肺炎疫情使线上教学模式在全世界范围内广泛地开展。线上教学可以让学生自己组织学习时间，学习计划更具灵活性，如异步 SPOC 的教学模式允许学生选择合适的学习时间进行在线学习，使学生拥有更大的学习自主权；线上平台的教学资源更为丰富，不同学校可以分享交流各自的学习资源，促进资源的极大化利用，师生若能充分利用好这些丰富的资源，对提高教学和学习效率和提升学生学习深度有很大的帮助；学习资源一旦投放到相应的平台上便可永久保存，学生可通过课前预习(课前学习材料和观看视频)与课后回看视频来强化学习；教师亦可通过教学平台的后台数据，及时观察学生的学习情况，适当进行教学测试，可以跟学生进行交流讨论，进而对学生的在线学习给出意见或者建议。

自 2020 年新冠疫情发生以来，国内几乎所有的学校均开展了轰轰烈烈的线上或者线上线下混合式教学实践。可以说，线上或者线上线下混合式教学学习效果影响了数以亿计的师生，相关研究的开展具有时间的紧迫性和必要性。目前，已有许多关于线上或者线上线下混合式教学学习效果影响因素的研究。党旗[1]利用文献研究法、数据统计分析法以及案例研究法三种方法，研究内部因素(包括性别、专业类型等)以及外部因素(包括教师交互频率、课程考核方式等)对学习者在在线学习行为的影响，影响结果体现为学习持续时间和学习成绩。文献[1]研究发现：性别影响学习者的信息发布行为，专业类型对学习者的信息浏览行为、信息发布行为、信息交流行为以及问题解决行为有影响，教师交互频率对学习者的信息发布行为、信息交流行为有影响，课程考核方式影响学习者的信息浏览行为和信息交流行为。成振波、柯善军和秦燕[2]对学生在线学习行为数据和学习成绩进行了相关性以及回归分析，他们分析发现：学习区间对成绩有正相关影响，即学习区间值越高的学生会在课后越早开始线上学习，最终获得更好的学习效果；学习反刍比跟实操成绩之间存在二次曲线关系，即并非学习的时间越久学习效果越好，存在着先上升后下降的二次关系。刘小杏和孙笑倩[3]对学生在线学习数据进行回归分析后发现：任务目标、学习与评价跟学生在线学习行为之间存在正相关关系；教学方式、学习管理与技术支持跟学生在线学习行为之间存在反向关系；学习任务难度与自我效能感对学生在线学习行为的影响不显著。更多相关线上学习的相关研究详见参考文献[4] [5] [6] [7] [8]及其参考文献。

近年来，结构方程模型由于其在分析潜变量间的关系和影响潜变量因素的优点，许多学者利用结构

方程模型进行在线学习的相关研究。如刘馨阳和崔洁[9]基于结构方程模型研究了大学生在线教学满意度的影响因素；马壮林等人[10]基于结构方程模型分析了研究生教育教学质量；沈忠华和郭大光[11]基于结构方程模型探讨了大学生在线学习成效及满意度的影响因素；夏昉等人[12]基于结构方程模型研究了大学生慕课满意度状况。

本文将关注异步 SPOC 线上教学模式，利用已有的异步 SPOC 线上教学数据研究线上教学各个方面对学生学习成绩的影响。如果能够相对准确地找到主要影响因素，那么对学生学习成绩的提高、学习方法的改进、教师改进教学方法等方面都具有积极的意义。

## 2. 在线学习行为研究

### 数据整理与分析

本文选取某高校 2020 年在慕课平台上利用 SPOC 进行高等代数学科学习的 94 位学生的学习数据以及课程成绩作为研究对象，主要选取 SPOC 上的小测成绩、视频观看个数、视频观看次数、视频观看时长、讨论区主题数、讨论区评论数与回复数、考勤、学习情况成绩、平时成绩、期末成绩以及总评等研究指标。其中，SPOC 上的小测成绩、视频观看个数、视频观看次数、视频观看时长、讨论区主题数、讨论区评论数与回复数等指标的数据是从慕课平台后台直接导出的系统数据，平时成绩、期末成绩以及总评等指标数值是教师在课程结束后进行的成绩评定，基于以上指标数据特此作出下列几点说明：

1) SPOC 成绩是 SPOC 平台上发布的随堂测验成绩，是对平时学习情况的一种检验。

2) 以上数据中学生的视频观看个数以及视频观看次数两个指标的数据是完全相同的，说明所有学生并没有重复观看视频，每个视频只观看了一遍，即在本次调查中，学生的视频复看率皆为 0%。

3) 本门课程任课教师发布的总视频个数为 15 个，从以上数据可知，部分学生并没有对所有视频都进行观看，所以我们可以生成一个相关指标：视频观看率，即用视频观看个数去除以视频总个数，用来描述学生观看视频的完成率。

4) 平时成绩是教师根据学生平时表现，包括作业完成情况、课程学习情况等方面综合表现的一个评价。

5) 关于总评成绩这一指标，当期末成绩大于或等于 60 分的时候，总评成绩 = 平时成绩 × 40% + 期末成绩 × 60%；当期末成绩小于 60 分的时候，期末成绩即作为总评成绩。在上述 94 个样本中，期末不及格人数为 4，所占比例约为 4.26%，占比较小。由此观之，总评成绩跟期末成绩和平时成绩之间存在很强的线性关系。

表 1 是四个期末成绩不及格学生的学习数据，与其他 90 位期末成绩及格的学生相比较，不及格学生的 SPOC 成绩和平时成绩都普遍较低。

**Table 1.** Learning data of the students who failed the exam

**表 1.** 不及格学生学习数据

学生代码	SPOC 成绩	视频观看个数	视频观看次数	视频观看时长	讨论区主题数	讨论区评论数与回复数	平时成绩	期末成绩	总评
3	20.00	4	4	53	0	0	69.47	32	32
15	26.67	3	3	0	0	0	61.07	48	48
24	26.67	15	15	182	0	0	75.07	52	52
67	26.67	9	9	233	0	0	81.07	52	52

7) 表 2 是关于上述数据的描述性统计(包括视频观看率):

**Table 2.** Statistics of the data  
**表 2.** 数据描述统计

	N	最小值	最大值	均值	标准差
SPOC成绩	94	0	100.00	57.7894	22.60693
视频观看个数	94	3	15	12.62	3.104
视频观看次数	94	3	15	12.62	3.104
视频观看率	94	20.00%	100.00%	84.1135%	20.69535%
视频观看时长	94	0	817	276.34	163.667
讨论区主题数	94	0	2	.03	.230
讨论区评论数与回复数	94	0	13	1.04	2.623
平时成绩	94	61.07	100.00	86.0976	7.52980
期末成绩	94	32.00	100.00	80.8511	12.11944
总评	94	32	98	82.36	10.808
有效个案数(成列)	94				

### 3. 结构方程模型

#### 3.1. 结构方程模型的概念

结构方程模型(简称 SEM)是一种基于变量的协方差矩阵来分析变量之间关系的统计方法,也称为协方差结构分析。它属于多变量统计分析,是一种验证型的分析方法,是在路径分析模型基础上发展起来的模型,侧重于分析潜变量间的关系和影响潜变量的因素[13]。其中,显变量是指实际测量的内容,潜变量无法直接测量,是由多个观测变量衍生而来的潜在变量。

测量方程和结构方程是结构方程模型的两个主要构成部分。测量方程描述潜在变量和指标之间的关系,结构方程描述潜在变量之间的关系[4]。

#### 3.2. 结构方程模型的优点[13]

- 1) 同时考虑并处理多个因变量。例如,在回归分析中,当计算回归系数时,它将对每个因变量逐一计算。在研究单独每个因变量的影响时,其他因变量的影响将被忽略,而结构方程模型则不会。
- 2) 允许自变量和因变量出现测量误差。结构方程模型中的变量可用多个指标进行测量。
- 3) 同时估算因子结构和因子关系。结构方程模型可以同时考虑因子与题目之间的关系以及因子与因子之间的关系。
- 4) 容许更大弹性的测量模型。传统的因子分析难以处理具有更复杂从属关系的模型,例如一个指标从属于多个因素或考虑到高阶因素,而结构方程模型则可以。
- 5) 估计整个模型的拟合程度。在传统路径分析中,我们只估计每一路径(变量间关系)的强弱。在结构方程分析中,除了估计上述参数外,我们还可以计算不同模型对同一个样本数据的整体拟合程度,以确定哪个模型最接近数据所呈现的关系。

### 3.3. 结构方程模型的应用

#### 3.3.1. 模型的构建与假设

基于数据的初步分析，我们去掉视频观看个数和视频观看次数这两个跟视频观看率完全线性相关的变量，最后作出如下假设：

1) 测量模型由三个潜变量组成，皆为内在潜变量，因为都属于学生自主学习行为，包括视频学习、讨论区学习和学生成绩。测量模型假设如下：

- a) 视频学习由视频观看时长和视频观看率这两个跟视频学习行为相关的显变量所反映；
- b) 讨论区学习由讨论区主题数和讨论区评论数与回复数这两个可反映课后讨论参与度的跟讨论区学习行为相关的显变量所反映；
- c) 学生成绩由 SPOC 成绩、平时成绩和期末成绩三个可直接观察学生学习是否充分的显变量所反映。

2) 结构模型假设如下：

- a) 视频学习对讨论区学习有影响；
- b) 视频学习对学生成绩有影响；
- c) 讨论区学习对学生成绩有影响。

通过以上假设，最后所建立的结构方程模型路径图如图 1 所示。

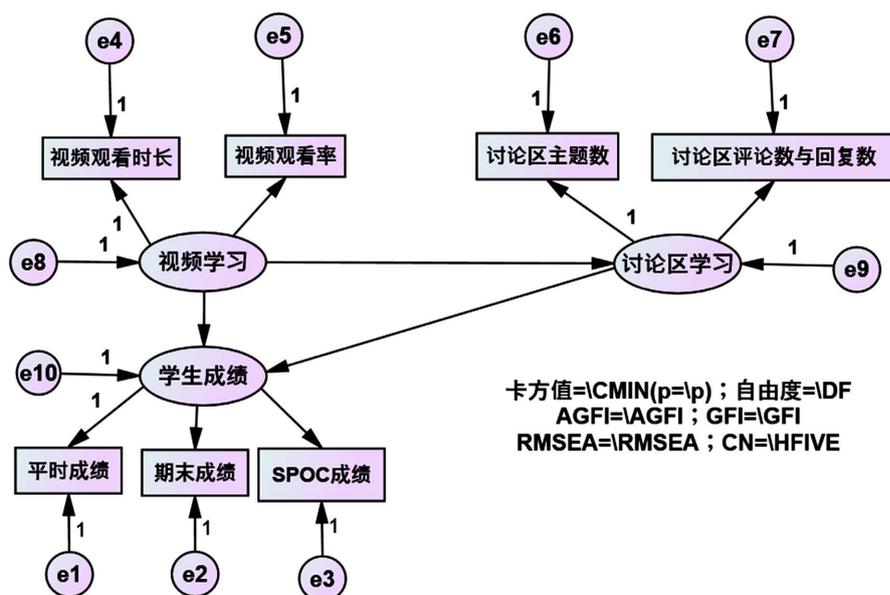


Figure 1. Initial SEM path diagram  
图 1. 初始 SEM 路径图

#### 3.3.2. 模型的检验与改进

通过将数据导入 Amos 计算后，所得到的标准化估计值如图 2 所示。

关于此原始模型的适配度检验，卡方值为 24.076，显著性概率值  $p = 0.012 < 0.05$ ，达到显著水平，拒绝虚无假设，表示观察数据所导出的方差协方差 S 矩阵与假设模型导出的方差协方差  $\Sigma$  矩阵相等的假设无法获得支持，即假设模型图与观察数据无法契合。而 AGFI 值为  $0.812 < 0.9$ ，RMSEA 值为  $0.113 > 0.08$ ，CN 值为  $77 < 200$ ，表示假设模型与观察数据无法适配，所以模型有待进一步修正。

经过修正，增加了  $[e4 \leftrightarrow e6]$ 、 $[e1 \leftrightarrow e2]$  以及  $[e1 \leftrightarrow e6]$  三条残差路径后，即分别假设 e4 和 e6 有共

变关系，e1 和 e2 有共变关系，e1 和 e6 有共变关系，所得到的 SEM 路径图如图 3 所示。由于我们增加了三条残差路径，模型的自由度由一开始的 11 变成了 8。

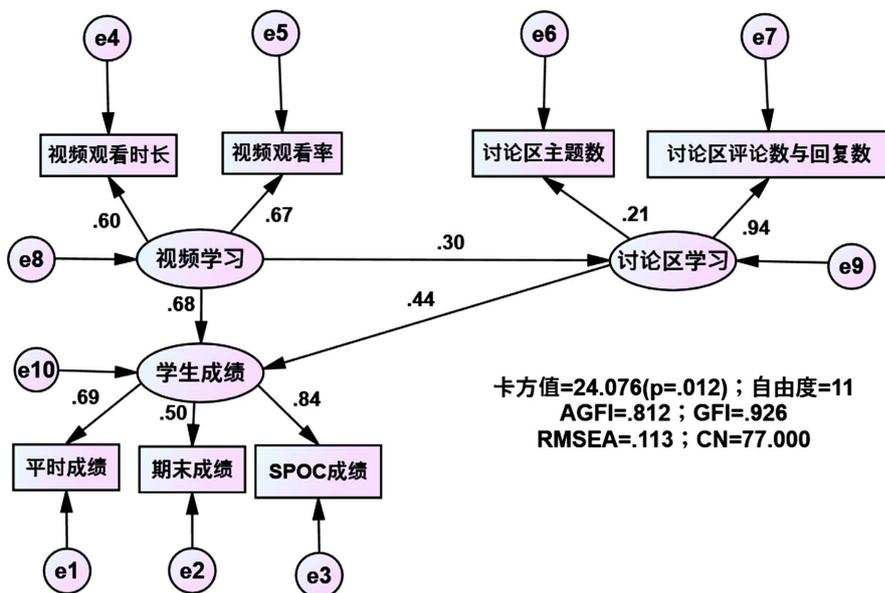


Figure 2. Initial SEM path diagram with standardized estimated value  
图 2. 含标准化估计值的初始 SEM 路径图

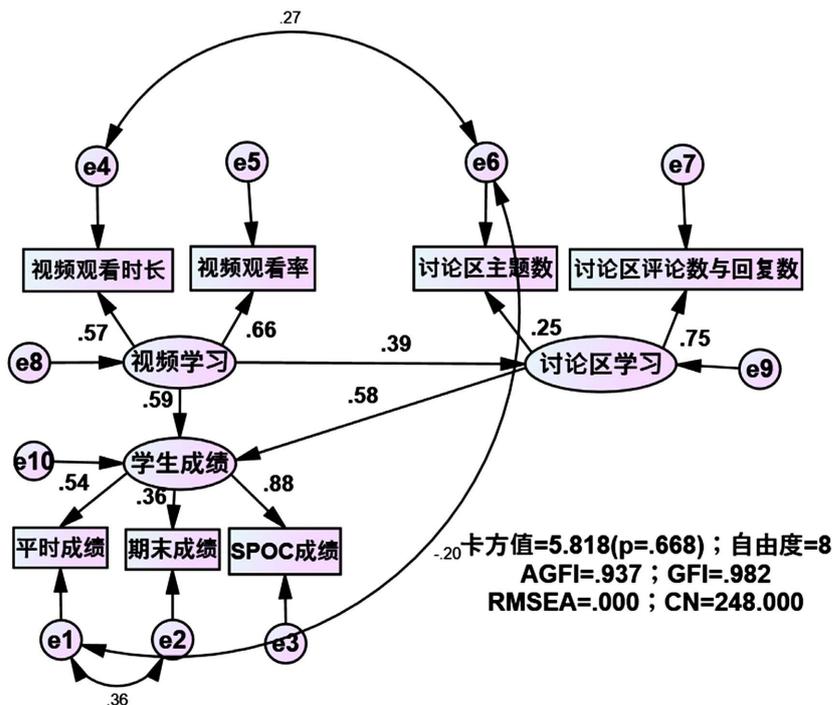


Figure 3. Revised SEM path diagram  
图 3. 修正后的 SEM 路径图

关于修正模型的适配度检验，卡方值为 5.818，显著性概率值  $p = 0.668 > 0.05$ ，未达到显著水平，接受虚无假设，假设模型图与观察数据契合；同时 AGFI 值为  $0.937 > 0.9$ ，GFI 值为  $0.982 > 0.9$ ，RMSEA

值为  $0.000 < 0.08$ , CN 值为  $248 > 200$ , 均达到模型可以适配的标准, 说明修正后的假设模型跟观察数据可以适配。

### 3.3.3. 模型的结果分析

从图 3 可以得出以下结论:

1) 视频观看时长、视频观看率这两个显变量对视频学习这个潜变量的标准载荷系数分别为 0.57 和 0.66, 说明这两个观测变量对视频学习均有显著的正向影响。同时, 视频观看率的标准载荷系数大于视频观看时长的标准载荷系数, 说明在视频学习方面, 视频观看率的影响程度大于视频观看时长。

2) 讨论区评论数与回复数这个显变量对讨论区学习这个潜变量的标准载荷系数为 0.75, 说明这个观测变量对讨论区学习有显著的正向影响; 讨论区主题数对平时表现这个潜变量的标准载荷系数为 0.25, 说明这个观测变量对讨论区学习有正向影响, 但相对于前者而言影响不显著。

3) SPOC 成绩、平时成绩和期末成绩这三个显变量对学生成绩这个潜变量的标准载荷系数分别为 0.88、0.54 和 0.36, 标准载荷系数大小排列为: SPOC 成绩 > 平时成绩 > 期末成绩, 说明在学生成绩这个维度里, SPOC 成绩和平时成绩重要性较为突出, 而期末成绩起到的影响则比较小。学生成绩代表的是对学生学习效果的一种检验, SPOC 成绩、平时成绩两个指标更多反映的是学生平时的学习情况, 而期末成绩是学生一整个学期下来的一次最终检验, 这说明对学生学习效果影响较大的还是平时日常的学习情况。

4) 视频学习对讨论区学习的关联系数为 0.39, 讨论区学习对学生成绩的关联系数为 0.58, 视频学习对学生成绩的关联系数为 0.59, 说明视频学习既对学生成绩产生直接影响, 也先通过对讨论区学习产生直接影响后, 再对学生成绩产生间接影响, 讨论区学习对学生成绩产生直接影响。

## 4. 总结与建议

处于信息技术高度发达的时代, 基于互联网的线上学习互动模式正在大规模地前进发展着, 这对于传统的线下教学模式无疑是锦上添花, 因为它使得学习资源更为丰富, 学习模式更加灵活。为了对线上教学影响因素有进一步的认识, 本文以 SPOC 学习者为主要研究对象, 根据慕课平台相关数据及学生学习成绩, 对学生在线学习行为进行研究。

通过结构方程模型发现, 视频观看时长、视频观看率对视频学习有显著的正向影响; 讨论区评论数与回复数和讨论区主题数对讨论区学习有正向影响, 其中讨论区评论数与回复数影响较显著; SPOC 成绩、平时成绩和期末成绩对学生成绩有正向影响, 其中前两个显变量影响较为显著; 视频学习既对学生成绩产生直接影响, 也先通过对讨论区学习产生直接影响后, 再对学生成绩产生间接影响, 讨论区学习对学生成绩产生直接影响。

为了让学生能够通过在线学习取得良好的学习效果, 综合以上研究分析, 提出以下建议。

1) 完整观看学习视频。针对课程发布的学习视频, 学生需要把每个视频都进行观看, 这样才能全面了解所学内容, 因为学习视频里教师可以将每个知识点讲得更加深入, 让学生更加容易理解, 学生学习效果会比只看教材自学好一些。如果对某个知识点理解不透彻, 学生还需要对视频进行回看, 跟着视频的思路去整理, 这样才能对知识掌握得更牢固。

2) 注重平时学习, 认真完成作业。大多数学校进行期末总评的时候, 并不是完完全全看期末考试成绩, 还会依据平时表现成绩, 而平时表现则需要学生在平时学习的时候多认真对待一些。所以对待平时作业学生需要认真完成, 不能只顾数量不顾质量, 最好是对学习内容能够理解之后再去完成作业, 这样既能巩固学习知识, 也能确保作业完成度。

3) 积极参与课后讨论, 发散思维。课程视频观看完之后可以看看讨论区, 跟其他同学还有教师进行交流, 如果有疑惑的东西也可以一起讨论, 这样可以让学生对所学知识更有印象, 对相关知识的理解也能更深刻。

4) 认真对待课程测验。检验学习成果的主要方式就是进行测验, 学生想知道对所学知识的掌握达到哪个程度, 则要在测验时多下功夫。测验相对于平时作业来说更能检验学习成果, 因为测验频率是低于作业频率的, 需要学生及时对之前所学的内容再次复习, 再次巩固。

在整个研究中, 由于某些条件的限制, 研究结果存在一定的局限性, 主要包含以下两个方面: 一是研究样本较少, 本文选取了 94 个样本, 对于结构方程模型而言, 想要追求相对稳定的 SEM 分析结果, 样本个数最好在 200 以上, 相对而言本文样本较少。二是研究变量较少, 本文虽然一开始选取了 10 个指标以及生成一个相关指标, 但在后续的研究中出于相关性以及常变量的问题, 剔除了些许指标, 使得某些模型研究时变量较少。

## 基金项目

2019 年广东省本科高校教学质量与教学改革工程项目“经管类大学数学教学团队”; 2019 年广东省高等教育教学改革项目“信息化下大学数学公共学习辅导中心的构建——基于学分制改革的教学探索与实践”; 2020 年广东省高等教育教学改革项目“将微课融入《高等数学》课程教学的改革与实践”; 广东省自然科学基金委员会面上项目“定向图和有向图禁用子图典型结构的研究(NO.2018A030313267)”的研究成果。

## 参考文献

- [1] 党旗. SPOC 在线学习行为及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州师范大学, 2019.
- [2] 成振波, 柯善军, 秦燕. SPOC 模式下“计算机辅助工业设计”课程的学习行为分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(9): 149-155.
- [3] 刘小杏, 孙笑倩. 混合式教学环境下 SPOC 学习行为影响因素研究[J]. 河南科技学院学报, 2019, 39(10): 21-26.
- [4] 赵呈领, 李敏, 疏凤芳, 等. 在线学习者学习行为模式及其对学习成效的影响——基于网络学习资源视角的实证研究[J]. 现代远程教育, 2019(4): 20-27.
- [5] 陈翔, 程德华, 陈祖芬. 疫情防控期间学生在线学习效果及其影响因素探究[J]. 中国现代教育装备, 2020(11): 14-17+21.
- [6] 李小娟, 梁中锋, 赵楠. 在线学习行为对混合学习绩效的影响研究[J]. 现代教育技术, 2017, 27(2): 79-85.
- [7] 高菊. SPOC 环境下学习者学习行为分析与建模[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2017.
- [8] 沈欣忆, 刘美辰, 吴健伟, 等. MOOC 学习者在线学习行为和学习绩效评估模型研究[J]. 中国远程教育, 2020(10): 1-8+76.
- [9] 刘馨阳, 崔洁. 大学生在线教学满意度的影响因素——基于结构方程模型的研究[J]. 陕西学前师范学院学报, 2020, 36(9): 120-127.
- [10] 马壮林, 张荣辉, 李露, 等. 基于结构方程模型的研究生教育教学质量分析[J]. 大学教育, 2020(11): 51-55+78.
- [11] 沈忠华, 邬大光. 大学生在线学习成效及满意度的影响因素探究——基于结构方程模型的实证分析[J]. 教育发展研究, 2020, 40(11): 25-36+59.
- [12] 夏昉, 葛楠, 刘金萍, 等. 基于结构方程模型的吉林省医学院校大学生慕课满意度状况研究[J]. 医学与社会, 2020, 33(12): 124-129.
- [13] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用[M]. 北京: 教育科学出版社, 2004.