

MOOCs 环境下个性化学习需求预测建模与仿真

——系统动力学的视角

牟智佳, 王卫斌, 李雨婷, 严大虎

(江南大学 教育信息化研究中心, 江苏 无锡 214122)

[摘要] MOOCs 环境下, 基于学习者前期学习表现进行个性化学习需求预测, 能够进一步优化学习体验, 提高学习者课程参与度。研究以学习者的个性化学习需求为研究内容, 以系统动力学为指导方法, 并交叉使用层次分析法和非线性回归分析确定变量间的数量关系, 建立个性化学习需求预测模型。最后结合两门不同语种课程数据进行模拟仿真分析, 对学习者各方面学习需求变化状况和引起学习需求变化的高杠杆因素进行探索与验证。研究结果表明: 所构建的预测模型包括内容、资源、过程和评价四个需求子系统, 涵盖 3 个状态变量、4 个流率变量、23 个辅助变量和 20 个常量, 能够对学习者的个性化学习需求进行准确预测; 内容难度需求和评价标准需求是个性化学习需求变化的主要体现, 这两方面分别与学习者知识总量和学习投入总量呈正向显著相关; 学习兴趣、需求满足程度以及课程目标是需求预测中需要关注的高杠杆因素; 不同的课程中, 学习者个性化学习需求变化的主要体现与需要关注的高杠杆因素相同, 但高杠杆因素的影响程度会随课程不同而有所变化。

[关键词] MOOCs; 个性化学习需求; 预测建模; 系统动力学; 仿真分析

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 牟智佳 (1987—), 男, 山东栖霞人。讲师, 博士, 主要从事教育大数据与学习分析研究。E-mail: ambitionyt@163.com。

一、问题的提出

近年来, 大规模开放在线课程(MOOCs)凭借其免费性、高质量的学习资源和较好的学习支持服务, 在世界范围内得到推广和应用。然而, 相对于较高的课程注册率, 学习者在课程进行中的参与度逐渐下降, 辍学率较高的问题逐渐凸现出来, 并引起课程教学设计者和研究者的反思。造成学习者参与度降低的主要原因之一是课程内容设计并不符合学习者个性化的学习需求。课程内容尽管是按周进行在线发布, 但内容设计并不是随着课程开展, 也没有基于学生的互动问题和实时需求进行动态更新。因此, 如何基于学生初期的课程学习内容和学习行为数据, 对其进行个性

化学习需求预测以提高其学习投入和学习参与度, 这是当前 MOOCs 环境下改善学习体验方面亟待解决的现实问题。本研究旨在对 MOOCs 环境下的个性化学习需求要素分析基础上, 采用系统动力学方法进行预测系统建模, 最后进行仿真验证和分析, 以期为 MOOCs 平台在个性化学习需求预测功能模块的设计层面提供参考依据。

二、研究方法 with 过程

(一) 研究方法

在研究方法上, 本文采用了内容分析法、访谈法、层次分析法、非线性回归分析、系统动力学, 对 MOOCs 环境下个性化学习需求预测模型进行分析研

基金项目: 2018 年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于测评大数据的学习预警与干预研究”(项目编号: 18YJC880068); 江苏省教育科学“十三五”规划 2018 年度重点资助课题“基于学习测评大数据的智能评价工具设计与应用研究”(课题编号: C-a/2018/01/07)

究。在建模之前,通过访谈和内容分析确定 MOOCs 环境下学习者的个性化学习需求要素,在建模过程中依据系统动力学分析流程,交叉使用层次分析和非线性回归分析确定变量间的数量关系,建立预测模型。系统动力学由 Forrester 于 1956 年首次提出,该方法强调将其所研究的对象视作系统,适用于研究复杂系统的结构、功能与行为之间动态的辩证统一关系^[1]。个性化学习需求是一个由多要素组成的复杂系统,影响因素众多,且大部分因素与个性化学习需求之间没有明确的线性关系,无法直接使用以神经网络模型等为代表的空间静态类预测方法进行预测。而系统动力学方法在处理多因素、非线性的复杂系统问题中具有独特的优势,可以通过整体结构动态分析、数学模型设计和仿真分析实现对个性化学习需求的准确预测。

(二)研究过程

系统动力学是一种基于连续系统仿真对系统动态行为进行建模的方法,结合其分析流程,本研究主要包括以下六个步骤:(1)以学习者个性化学习需求为研究内容,通过文献分析和访谈,对个性化学习需求进行内涵界定和要素剖析;(2)在确定个性化学习需求要素的基础上,结合 MOOCs 平台中的实际构成模块和交互活动过程,对个性化学习需求预测系统的边界进行确定;(3)通过分析个性化学习需求预测系统内部结构之间的反馈循环机制,确定各子系统之间的相互作用,以及内部具体影响因素之间的因果关系,建立个性化学习需求预测因果关系图;(4)进一步明确个性化学习需求预测系统中各状态变量、流率变量、辅助变量和常量,通过层次分析和非线性回归分析确定变量之间的数量关系,构建个性化学习需求预测模型;(5)采用运行检验、历史检验等方法,对个性化学习需求预测模型进行科学性检验,确保模型科学合理;(6)在模型科学性检验基础上,结合两门不同语种的课程数据分别进行模拟仿真分析,对学习者的各方面学习需求变化状况和引起个性化学习需求变化的高杠杆因素进行探索与验证。

三、个性化学习需求预测模型构建

(一)个性化学习需求要素解析

1. 个性化学习需求内涵界定

通过文献梳理发现,关于个性化学习需求的内涵界定尚不多见,但关于学习需求的研究很多,并对其内涵有不同的界定。例如,王迎等通过网络问卷对国家开放大学学习者学习需求进行调查,认为学习需求包括知识种类需求、学习程度需求、学习方式需求、考

核内容及方式需求^[2]。宫华萍等在研究数字语言学习系统质量特性时认为,学习需求是指人们对未知事物的渴求,是在学习动机驱使下为满足自身生活、发展需要的一系列反应,表现了个体的主观状态和个性倾向^[3]。尽管对学习需求的内涵界定存在差异,但从不同定义中可以看出,学习需求是一种学习者为实现自身发展和满足需求差距的主观倾向,包括整个学习过程中多方面与多样化的需求,且存在个体间的差异性。基于此,我们认为个性化学习需求是学习者在差异化的学习活动过程中,基于个性学习偏好特征和需求差距水平等,在内容、资源、过程和评价等层面表现出的所有个性化主观倾向的总和。

2. MOOCs 环境下个性化学习需求要素

在对国内外相关研究文献进行梳理与分析的基础上,初步归纳总结出 MOOCs 环境下学习者个性化学习需求要素。为了更为全面准确地提炼这些要素,采用线上线下相结合的形式,对不同地区参与过 MOOCs 在线学习的学习者开展面对面和在线访谈调研,其中包括在校学生 70 人,教师 20 人,在线教育工作人员 20 人,专家 10 人。在访谈类别上采用开放式访谈,访谈问题包括:(1)您认为通过 MOOCs 平台开展在线学习的过程中会产生哪些学习需求;(2)您是否认同在 MOOCs 课程学习过程中出现过以下这些学习需求。首先,通过访谈问题 1 对已有的要素进行补充和修改,在此基础上借鉴在线学习中关于个性化学习的分类^[4],并结合 MOOCs 实际课程模块构成进行维度划分。最后根据相关研究文献分析和访谈结果,共得到 15 个需求要素和四个维度,各需求要素的描述及其来源见表 1。

在确定个性化需求要素的基础上,向这 120 名访谈对象进行认同感询问,结果显示,大多数访谈对象并不认同学习时间和认知工具这两个要素,而对于其他要素则有较高的认同感。为了进一步确定所要保留的要素,将以上所有要素呈现给另外 10 位远程教育专家,在征求专家的意见后,最终确定将表 1 中除学习时间和认知工具之外的其他需求要素作为 MOOCs 环境下个性化学习需求的所有要素,并将学习伙伴从过程层面维度归为资源层面维度。

(二)个性化学习需求预测系统边界确定

在前期个性化学习需求要素分析的基础上,结合系统论原理,将 MOOCs 环境下个性化学习需求视为由内容、资源、过程、评价四个需求子系统构成的复杂系统。根据活动理论,课程教师、学习者、课程资源以及课程平台是 MOOCs 在线课程中的重要参与元素,

表 1

MOOCs 环境下个性化学习需求要素

维 度	需求要素	需求要素描述	来 源
内容层面	内容难度	学习者对学习内容难易程度的需求,如课程测验的难易程度	任友群等(2015) ^[5]
	内容广度	学习者对课程内容广度的需求,如阅读材料的广度	刘和海等(2016) ^[6]
	学习活动	学习者对课程教师在平台上设计的学习活动的需求,如观看学习视频、阅读学习材料、开展主题讨论、相互评价等	刘清堂等(2014) ^[7] 李胜波等(2016) ^[8] Francisco José García-Peñalvo etc ^[9]
资源层面	资源类型	学习者对平台上课程教师提供的素材性课程资源类型的需求,按照素材性课程资源呈现形式不同,可以简单地分为文本、音频以及视频等	李浩君等(2013) ^[10] Carlos Castaño etc(2015) ^[11] Christopher G. Brinton etc(2015) ^[12]
	资源量	学习者对课程教师提供的资源数量和信息量多少的需求,如课程中视频时间的长短和多少、文本内容多少以及测验题的多少等	刘宇(2015) ^[13] Laura W. Perna etc(2014) ^[14] Ahmed Mohamed Fahmy Yousef etc(2014) ^[15]
过程层面	学习时间	学习者根据自身情况选择合适的时间进行学习的需求	访谈
	学习进度	学习者由于学习快慢程度不同,对学习内容更新速度的需求,如课程教师三天或一周发布一次课程	Allison Littlejohn etc ^[16]
	学习伙伴	在 MOOCs 课程学习过程中对进行交流互动的人的需求,如同伴、教师等	Nan Li etc(2014) ^[17] 许涛(2017) ^[18]
	交互方式	学习者对 MOOCs 课程学习中多种交互方式选择的需求,包括线上交互方式(邮箱、论坛、QQ、微信等)和线下互动方式(见面交流会)	郑勤华等(2016) ^[19] Bo Li etc(2018) ^[20]
	交互频率	学习者对师生交互、生生交互频率,以及获得反馈的需求	Dagmar El-Hmoudova(2014) ^[21] Ahmed Mohamed Fahmy Yousef etc(2014) ^[22]
	认知工具	学习者基于自身学习动机对 MOOC 认知工具的需求,包括知识地图、资源关联、学习痕迹等	汪存友 & 侯小娜(2016) ^[23]
评价层面	评价标准	学习者由于学习内容、资源和过程的不同,对评价标准的需求,如达到预设的学习目标即为合格,可申请证书	姜宛彤等(2017) ^[4]
	考核方式	学习者对最终成绩考核方式的需求,如试卷、论文、作品等	温蕴(2017) ^[24] Meina Zhu etc(2018) ^[25]
	考核时限	学习者由于学习快慢程度不同,对课程考核时限的需求	访谈
	评价反馈	学习者对评价结果反馈的及时性和有效性的需求,如学习者能够及时获得评价反馈,并且反馈结果除了分数之外,还应包括学习者当前学习达到的程度等	杨雪等(2016) ^[26]

四者与需求要素之间的相互作用形成了 MOOCs 课程学习系统中的一系列学习活动,基于此,得出各需求子系统内的内在影响因素主要来自课程教师、学习者、课程资源以及课程平台四个方面,具体包括课程目标、学习兴趣、需求满足程度等,这些因素之间相互作用、相互影响,共同决定着学习者个性化学习需求的动态演变。除了上述四方面影响因素之外,学习者所处的外部环境也会对个性化学习需求动态变化产生一定的影响,包括家庭、工作、语言以及文化,但这些都属于系统边界之外的因素,在本研究中均不加以考虑。最终所确定的个性化学习需求预测系统边界如图 1 所示,最外层的虚线圆圈代表系统的边界,虚线之内属于系统边界内部,以外属于系统边界外部。

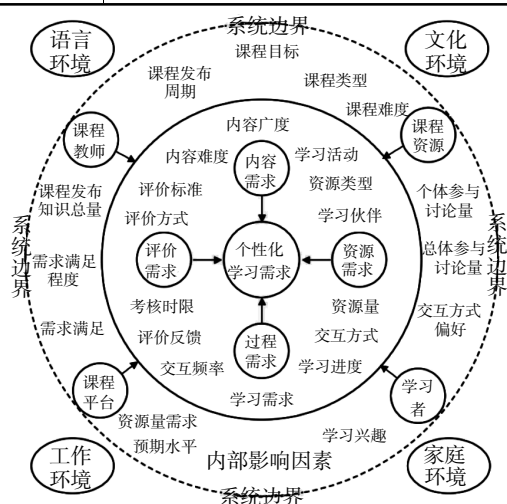


图 1 MOOCs 环境下个性化学习需求预测系统边界

(三) 个性化学习需求预测的因果关系分析

系统动力学通过分析系统内部结构之间的反馈循环机制来研究系统的行为模式及特征,反馈循环是系统中因与果相互作用产生的封闭回路。在对 MOOCs 环境下个性化学习需求系统边界确定基础上,进一步对系统中各子系统之间的相互作用,以及内部具体影响因素之间的因果关系进行整体分析,确定 MOOCs 环境下个性化学习需求预测的因果关系。在此基础上,根据系统动力学中的回路分析法,即由两个以上的因果关系链首尾相连形成反馈回路,且当回路中都是正因果链或包含偶数个负因果链时,即为正反馈回路,否则即为负反馈回路。最后得到个性化学习需求预测因果关系中主要的反馈回路有 9 条,包括 8 条负反馈回路和 1 条正反馈回路,各反馈回路与极性见表 2。通过对反馈回路分析,进一步说明了各反馈回路所属的子系统及子系统中参与反馈回路形成的主要需求要素。

(四) 个性化学习需求预测模型构建

因果关系反馈回路定性地反映了系统内部各因

素之间的因果反馈关系,但不能表达出因素之间的量化关系以及变量之间的具体差异。在此,我们进一步引入状态变量、流率变量、辅助变量和常量以建立系统动态流图(如图 2 所示),其中包括 3 个状态变量(用来表征系统中个性化学习需求总量、学习者知识总量和学习投入总量)、4 个流率变量(用来描述个性化学习需求总量、学习者知识总量和学习投入总量的变化速率)、23 个辅助变量(用来描述状态变量和流率变量之间信息传递和转换过程的中间变量)和 20 个常量。根据系统动力学方程设定基本原则以及变量的实际意义,交叉使用层次分析法和非线性回归分析来解决“参数”软化问题,确定变量之间的数量关系,具体使用过程如下:(1)构造判断矩阵,请评判专家按照九分位的比例标度,对上述同一层次要素的相对重要性进行评判;(2)依据非线性回归方程计算公式,将上述四个维度的十三个要素进行几何平均、归一,得到各个维度要素的相对权重;(3)确立置信范围,通过置信区间公式对所得要素的相对权重进行信度检验,确保了评估预测系统性能的可靠性。最终得到个性化

表 2 个性化学习需求主要反馈回路

所属子系统	反馈回路	回路极性	主要需求要素
内容需求	内容需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+参与讨论度→+互动积极性→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+内容难度需求→+内容需求	负	内容难度需求
资源需求	资源需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+参与讨论度→+互动积极性→+学习伙伴需求→+资源需求	负	学习伙伴需求
过程需求	过程需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+学习投入→+学习速度→+学习进度需求→+过程需求	负	学习进度需求 交互频率需求
	过程需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+参与讨论度→+互动积极性→+交互频率需求→+过程需求	负	
	过程需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+学习速度→+学习进度需求→+过程需求	负	
	过程需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+参与讨论度→+互动积极性→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+学习速度→+学习进度需求→+过程需求	负	
评价需求	评价需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+互动积极性→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+评价标准需求→+评价需求	正	评价标准需求 考核时限需求
	评价需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+学习速度→+考核时限需求→+评价需求	负	
	评价需求→+个性化学习需求增长率→+个性化学习需求总量→-学习满意度→+学习参与度→+参与讨论度→+互动积极性→+学习投入→+知识吸收比率→+学习者知识总量→+学习速度→+考核时限需求→+评价需求	负	

学习需求预测模型的主要动态方程,见表3,其中L表示状态变量,R表示流率变量,A表示辅助变量,C表示常量,该表定量地反映了因素之间的相互关系。

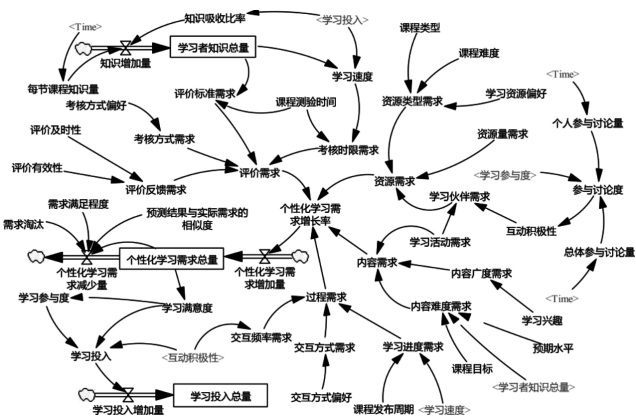


图2 MOOCs环境下个性化学习需求动态流图

表3 个性化学习需求预测模型主要动态方程

变量名称及类型	方程表达式	方程变量说明
个性化学习需求总量 (状态变量)	$L_1 = \text{INTEG}(R_1 - R_2, L_{10})$	L_1 : 个性化学习需求总量 R_1 : 个性化学习需求增加量 R_2 : 个性化学习需求减少量 L_{10} : 个性化学习需求总量的初始值
学习者知识总量 (状态变量)	$L_2 = \text{INTEG}(R_3, L_{20})$	L_2 : 学习者知识总量 R_3 : 知识增加量 L_{20} : 知识初始值
学习投入总量 (状态变量)	$L_3 = \text{INTEG}(R_4, L_{30})$	L_3 : 学习投入总量 R_4 : 学习投入增加量 L_{30} : 学习投入初始值
知识增加量 (流率变量)	$R_3 = C_1 * A_1$	C_1 : 每节课程知识总量 A_1 : 知识吸收比率
互动积极性 (辅助变量)	$A_2 = C_2 / C_3 + A_3$	A_2 : 互动积极性 C_2 : 个人参与讨论量 C_3 : 总体参与讨论量 A_3 : 学习参与度
个人参与讨论量 (常量)	$C_2 = \text{WITHLOOKUP}(\text{Time}, [(0,0) - (20,10)], (2,3), (4,5), (6,10), (8,5), (10,3), ((12,6), (14,4)))$	Time: 时间变量

四、研究结果分析与讨论

(一) 个性化学习需求预测模型的科学性检验

1. 运行检验

运行检验是指通过调整仿真步长(即仿真时间间隔)来观察模型的表现结果,评估模型在运行过程中是否会产生病态结果,考察模型的稳定性。一般情况

下,选择将仿真步长不断地降低为原来的1/2来进行运行检验。在Vensim PLE软件中,分别设置仿真步长TIME STEP的参数为1、0.5和0.25进行仿真模拟,并将三种仿真步长下的仿真结果进行比较。结果显示当仿真步长降低到0.25时,与仿真步长为0.5的仿真模拟结果差别很小,行为模式没有发生明显变化,说明本模型可以采用0.5作为其仿真步长,该仿真步长下模型在运行过程中不会产生病态结果,系统的行为基本稳定。

2. 历史检验

历史检验是指将模型的仿真结果与实际历史数据进行拟合度检验,检查模型仿真结果是否与实际系统相符合,保证所构建理论模型预测结果的可靠性。本研究以edX平台上“Introduction to Engineering and Engineering Mathematics”课程中产生的学习行为数据为分析对象,计算得到实际值,并使用预测误差检验法(MAPE)对所构建模型的仿真数据进行历史检验,当MAPE计算结果小于10%为高精度预测,在10%~20%之间为良好预测,在20%~30%之间为可行预测,大于50%为错误预测。本研究的具体检验结果见表4,可以看出仿真预测值与真实值之间的相对误差均小于10%,说明本模型历史检验的拟合度良好,能准确地模拟课程中学习者个性化学习需求变化趋势。

表4 模型的预测值与真实值比较

参数	学习者知识总量	个性化学习需求总量	学习投入总量
实际值	22	32	53
预测值	20.16	31.24	48.16
MAPE	8.36%	2.38%	9.13%

3. 灵敏度检验

灵敏度检验是指当改变模型中的一个参数时,对比模型的仿真输出结果,检验模型中变量的变动是否合理。以该模型中的“需求满足程度”这一常量参数为

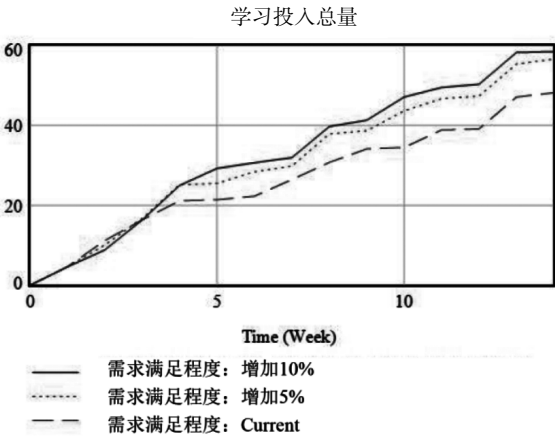


图3 需求满足程度对学习投入总量的影响

例,对课程中数据进行统计分析,获得当前课程中学习需求满足水平为 0.8,并在模型仿真中分别将该参数值设为 0.8、0.84 和 0.88,状态变量“学习投入总量”的模拟结果如图 3 所示。可以看出,当需求满足程度增加时,学习者的学习投入总量将会增加,而且需求满足程度增加的比例越大,学习者的学习投入总量增加得越多。模拟结果表明,需求满足程度发生变化,学习投入总量仅仅表现出数值敏感性,其行为模式不会发生剧烈变动。同理,分析其他变量的模拟结果都没有表现出行为模式的敏感性。因此,可以说明该模型的行为模式不会因参数变化而发生异常变动,可以进行有效的预测。

(二)个性化学习需求预测仿真分析

在检验了个性化学习需求预测模型的科学性后,以“Introduction to Engineering and Engineering Mathematics”课程中学习者前两周产生的数据为基础,在 Vensim PLE 中,设置模型的仿真时间为 14 周,仿真步长为 0.5 周,最后进行个性化学习需求预测仿真分析,探索学习者各方面学习需求变化状况和引起个性化学习需求变化的高杠杆因素。

1. 个性化学习需求要素仿真分析

在因果反馈回路分析中,参与系统动态反馈回路的主要需求要素包括内容难度需求、学习进度需求、交互频率需求、学习伙伴需求、考核时限需求以及评价标准需求。进一步比较这六方面需求和个性化学习需求总量、学习者知识总量、学习投入总量之间的关系,如图 4 所示。可以看出,在需求要素方面,学习内容难度需求和评价标准需求的变化明显,并且内容难度需求与学习者知识总量的变化趋势相似,评价标准需求与学习投入总量的变化趋势相似。为了说明内容难度需求与学习者知识总量、评价标准需求与学习投入总量之间的相关关系及强弱程度,采用双变量相关分析来进行计算。结果表明,内容难度需求与学习者知识总量的 Pearson 相关系数值为 0.893,说明两者之

间为正向高度相关;同样,评价标准需求与学习投入总量之间的 Pearson 相关系数值为 0.732,说明两者之间也为正向高度相关。在显著性上,两个 p 值计算结果都为 $0.000 < 0.005$,说明都呈现显著性的正相关。除此之外,其余四个要素虽也有变化,但与个性化学习需求总量、学习者知识总量、学习投入总量之间没有呈现出明显的变化规律和相关关系。基于上述分析可知,内容难度需求和评价标准需求是个性化学习需求总量变化的主要体现,且分别与学习者知识总量和学习投入总量呈正向显著相关。

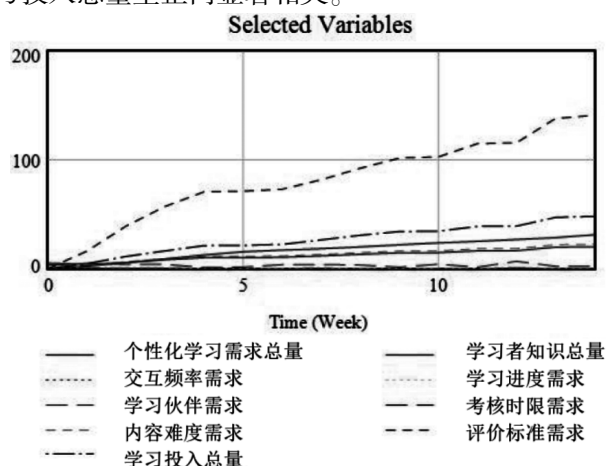


图 4 个性化学习需求要素仿真

2. 个性化学习需求预测影响因素仿真分析

改变模型中的常量参数对仿真结果进行分析,可以找到对现实复杂系统进行调控的重要因素。例如在灵敏度检验中,改变需求满足程度的参数值,发现需求满足程度越高,学习者学习投入也就越多。分别调整学习者、课程资源和课程教师三方面影响因素对应的常量参数值进行仿真,如图 5 所示。结果显示,在学习者方面,当学习者的学习兴趣提高时,学习者的个性化学习需求总量明显增加,同时,在学习投入总量和学习者知识总量的仿真结果中,也表现出比当前状态下的学习投入总量和学习者知识总量明显增加,这表明当学习者在 MOOCs 课程学习中表现出更高的学

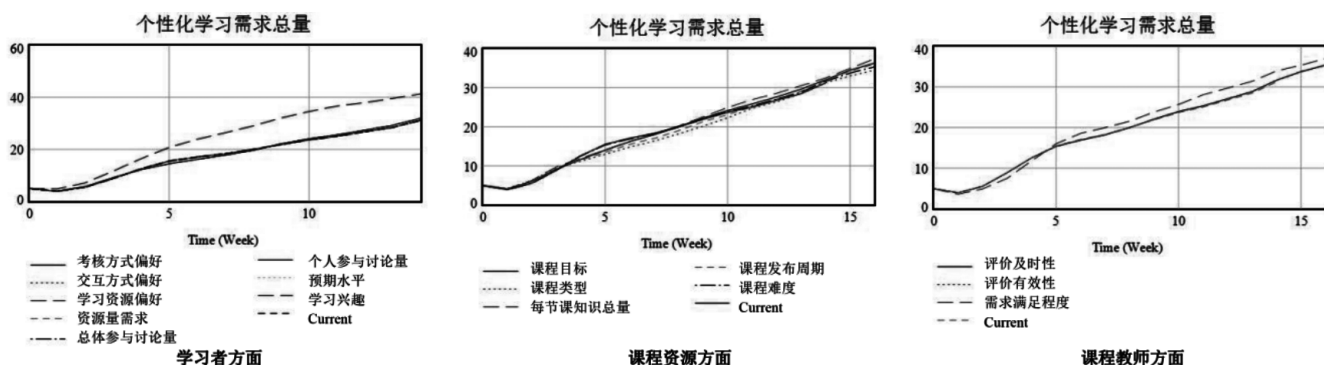


图 5 个性化学习需求预测影响因素仿真

习兴趣时,其对课程学习有更多的需求,并会为了满足自己的这些学习需求而投入更多的时间和精力,最终获得更多的课程知识。在课程资源方面,当5个参数值发生变化时,个性化学习需求总量会发生一定的数量变化,但变化效果不明显,表明课程资源本身的难度、发布周期等并不会对学习者的个性化学习需求总量产生很大的影响,但在学习投入总量和学习者知识总量的仿真结果中,课程目标的提高会使学习投入总量和学习者知识总量明显增加。在课程教师方面,当需求满足程度提高时,学习者的个性化学习需求总量会先低于当前状态下学习者的个性化学习需求总量,之后又高于当前状态。结合灵敏度检验中学习投入总量的变化,当需求满足水平提高时,学习者在课程初期没有深入学习的情况下,基于原有的学习需求很快得到满足,需求总量减少;随着课程学习深入,良好的学习体验使学习者将更多的时间和精力投入到课程学习中,产生更多、更深层次的需求,从而呈现出高于当前状态的现象。

基于以上分析可知,学习兴趣、需求满足程度以及课程目标是影响学习者个性化学习需求变化的主要因素,进一步使用公式来计算其影响程度大小, X 表示改变的因素, Y 表示对应的仿真结果。在灵敏度检验中已经表明该模型的行为模式不会因参数变化而发生异常变动,因此,将这三个因素的参数值分别提高和降低10%,运行模拟仿真,并根据仿真结果数据进行计算,计算结果见表5。可以得到三个因素对个性化学习需求变化的影响程度从大到小依次为:学习兴趣>需求满足程度>课程目标。

表5 各因素影响程度计算结果

	个性化学习需求总量	学习者知识总量	学习投入总量
学习兴趣	0.26	0.29	0.37
需求满足程度	0.08	0.22	0.52
课程目标	0.00	0.02	0.06

(三)个性化学习需求预测仿真分析结果验证

下面进一步选取国内某高校中文专业的“应用文写作与交流”课程进行对比分析,验证上面所得结论的通用性。根据仿真结果,在学习者学习需求变化方面,同样是学习内容难度需求和评价标准需求的变化明显,并且双变量相关分析计算结果显示,内容难度需求与学习者知识总量、评价标准需求与学习投入总量之间的 Pearson 相关系数值分别为 0.783 和 0.712, p 值计算结果都为 $0.000 < 0.005$ 。在高杠杆因素方面,通过调整学习者、课程资源和课程教师三方面影响因素对

应的常量参数值进行仿真结果对比,表现出明显变化的影响因素是学习兴趣、需求满足程度以及课程目标,结合公式计算得到对学习者的个性化学习需求总量影响程度大小分别为 0.21、0.08、0.05。与“Introduction to Engineering and Engineering Mathematics”课程中的仿真分析结果相比,主要的变化是课程目标的影响程度从 0.00 变为 0.05,这是由于“应用文写作与交流”课程属于校内小范围的 MOOCs 课程,学习者主要是本专业的学生,并且其课程学习情况与学业成绩以及学分直接相关,因此,课程目标的设置情况对学习者的个性化学习需求表现出一定的影响程度,但学习兴趣、需求满足程度以及课程目标对个性化学习需求变化的影响程度大小顺序没有变化。

(四)研究结论

本研究得出的结论主要包括以下四个方面:

第一,基于系统动力学方法构建的个性化学习需求预测模型包括内容、资源、过程和评价四个需求子系统,共涉及 3 个状态变量、4 个流率变量、23 个辅助变量和 20 个常量,其中个性化学习需求总量方程展开为: $L_1 = \text{INTEG} \{0.1 \times [L_2 \times A_4 \times C_4 + C_5 + C_6 \times C_7 + C_8 \times C_9 \times C_{10} + C_{11} + C_{12} \times (A_2 + 1) + C_{13} + 2L_2 / (C_{14} + C_{15}) + C_{16} \times A_4 + C_{17} + A_2] / L_1 - (L_1 \times C_{18} \times C_{19} \times C_{20}), L_0\}$, $C_4 \sim C_{20}$ 分别表示课程检验时间、考核方式偏好、评价及时性、评价有效性、学习资源偏好、课程难度、课程类型、资源量需求、学习活动需求、学习兴趣、课程目标、预期水平、课程发布周期、交互方式偏好、需求淘汰、需求满足水平以及预期结果与实际需求的相似度, A_4 表示学习速度。通过科学性检验表明,模型能够有效刻画个性化学习需求的动态变化,为个性化学习需求预测提供准确的预测结果。

第二,在学习者的各方面需求中,内容难度需求、学习进度需求、交互频率需求、学习伙伴需求、考核时限需求以及评价标准需求是参与系统动态反馈回路形成的主要要素。结合仿真分析和双变量相关分析,内容难度需求和评价标准需求是个性化学习需求变化的主要体现,且分别与学习者知识总量和学习投入总量呈正向显著相关。

第三,在个性化学习需求众多的影响因素中,学习兴趣、需求满足程度以及课程目标是主要影响因素,其对个性化学习需求影响程度从大到小依次为:学习兴趣>需求满足程度>课程目标。作用过程主要是通过影响学习参与度、学习满意度和学习投入,进而影响学习者的学习需求和学习效果,是个性化学习需求预测中需要关注的高杠杆因素。

第四,在不同的 MOOCs 课程中,学习者个性化学

习需求变化的主要体现与需要关注的高杠杆因素相同。通过两门课程数据的分析与验证发现,该模型可以迁移应用到不同课程中,并且在不同课程中内容难度需求和评价标准需求依旧是学习者个性化学习需求变化的主要体现,学习兴趣、需求满足程度以及课程目标依旧是需要关注的高杠杆因素,但其影响程度会因课程不同而有所变化。

(五)研究局限与展望

尽管本研究运用系统动力学方法构建了预测模型,并进行了模拟仿真分析,但仍存在两方面不足:一是个性化学习需求的影响因素分析不够全面,如家庭、工作以及文化等方面的影响因素被排除在系统边界之外,没有加以考虑;二是研究还需进一步深入,研究中主要对预测模型的构建过程、检验结果和仿真分析进行了讨论,还未深入探讨如何利用该模型的预测结果来进行教学干预,以及如何设计出符合学习者个性化学习需求的课程内容。基于以上不足,后面将在现有模型基础上进一步考虑家庭、工作、文化等方面的影响,

确保模型能更加接近现实复杂系统的真实情况;选取 xMOOC、cMOOC 等不同类型的 MOOCs 课程进行应用对比分析,探索该模型在不同类型 MOOCs 课程中的预测效果,以及对 MOOCs 课程教学的实际指导意义。

五、结 语

个性化学习需求预测作为学习分析过程中的重要环节,为教学干预提供了科学依据。当前 MOOCs 课程中学习者参与度随着课程进行而逐渐下降的现象,迫切需要课程教师对学习者的个性化学习需求进行预测,以设计出符合学习者个性化学习需求的课程内容。本研究探索性地将系统动力学与个性化学习需求预测相结合,构建了个性化学习需求预测模型,为后期学习者个性化学习需求自动化预测和 MOOC 平台功能模块设计优化提供了新的思路;并通过进一步仿真分析,讨论了个性化学习需求变化的主要体现和需要关注的高杠杆因素,为课程教师预测和把握学习者的个性化学习需求提供了具体参考。

[参考文献]

- [1] ANDERSEN D L, LUNA-REYES L F, DIKER V G, et al. The disconfirmatory interview as a strategy for the assessment of system dynamics models[J]. System dynamics review, 2012, 28(3): 255-275.
- [2] 王迎, 孙治国, 刘述. 国家开放大学学习者学习需求调查[J]. 中国远程教育, 2017(2): 18-25.
- [3] 宫华萍, 尤建新. 学习需求导向的数字语言学习系统质量特性研究[J]. 外语电化教学, 2015(3): 75-80.
- [4] 姜宛彤, 王翠萍, 唐烨伟. 基于系统论的 P-N-CRPE 个性化学习模型建构研究[J]. 电化教育研究, 2017(5): 53-58.
- [5] 任友群, 赵琳, 刘名卓. MOOCs 距离个性化学习还有多远——基于 10 门国内外 MOOCs 的设计分析[J]. 现代远程教育研究, 2015(6): 3-10.
- [6] 刘和海, 李起斌, 张舒予. 基于 Edutools 评价体系的中文 MOOC 平台现状与优化策略[J]. 电化教育研究, 2016(1): 84-90.
- [7] 刘清堂, 叶阳梅, 朱珂. 活动理论视角下 MOOC 学习活动设计研究[J]. 远程教育杂志, 2014(4): 99-105.
- [8] 李胜波, 陈丽, 郑勤华. 中国 MOOCs 课程设计调查研究[J]. 开放教育研究, 2016(2): 46-52.
- [9] GARCÍA-PEÑALVO F J, BLANCO Á, SEIN-ECHALUCE M L, et al. An adaptive hybrid MOOC model: disrupting the MOOC concept in higher education[J]. Telematics & informatics, 2018, 35(4): 1018-1030.
- [10] 李浩君, 吴亮亮, 邱飞岳. 从传统流媒体到移动流媒体学习资源转换系统设计与实现[J]. 电化教育研究, 2013(4): 53-58.
- [11] CASTAÑO C, MAIZ I, GARAY U. Design, motivation and performance in a cooperative MOOC course. [J]. Online submission, 2015, 22(44): 19-26.
- [12] BRINTON C G, RILL R, HA S, et al. Individualization for education at scale: MIIC design and preliminary evaluation [J]. IEEE transactions on learning technologies, 2015, 8(1): 136-148.
- [13] 刘宇. MOOC 冲击下国家精品视频公开课的 SWOT 分析[J]. 中国远程教育, 2015(4): 26-31.
- [14] PERNA L W, RUBY A, BORUCH R F, et al. Moving through MOOCs: understanding the progression of users in Massive Open Online Courses[J]. Educational researcher, 2014, 43(9): 421-432.
- [15] YOUSEF A M F, CHATTI M A, SCHROEDER U. The state of video-based learning: a review and future perspectives [J]. International journal on advances in life sciences, 2014, 6(3): 122-135.
- [16] LITTLEJOHN A, HOOD N, MILLIGAN C, et al. Learning in MOOCs: motivations and self-regulated learning in MOOCs [J]. Internet & higher education, 2016, 29(2): 40-48.

- [17] Li N, VERMA H, SKEVI A, et al. Watching MOOCs together: investigating co-located MOOC study groups [J]. Distance education, 2014, 35(2): 217-233.
- [18] 许涛. 美国慕课发展的创新模式研究[J]. 比较教育研究, 2017(8): 95-103.
- [19] 郑勤华, 于畅, 陈丽. 基于学习者视角的 MOOCs 教学交互状况调查研究[J]. 中国电化教育, 2016(6): 77-85.
- [20] LI B, WANG X, TAN S C. What makes MOOC users persist in completing MOOCs? a perspective from network externalities and human factors[J]. Computers in human behavior, 2018, 85(4): 385-395.
- [21] El-HMOUDOVA D. MOOCs motivation and communication in the cyber learning environment [J]. Procedia social and behavioral sciences, 2014, 131(5): 29-34.
- [22] YOUSEF A M F, CHATTI M A, SCHROEDER U, et al. What drives a successful MOOC? an empirical examination of criteria to assure design quality of MOOCs [C]// IEEE international conference on advanced learning technologies. Athens: IEEE Computer Society, 2014: 44-48.
- [23] 汪存友, 侯小娜. 基于自我决定理论的 MOOC 平台认知工具研究[J]. 现代教育技术, 2016(2): 65-70.
- [24] 温蕴. 基于 SPOC 的开放大学混合学习有效性提升路径探析[J]. 继续教育研究, 2017(8): 87-90.
- [25] ZHU M, SARI A, LEE M M. A systematic review of research methods and topics of the empirical MOOC literature (2014-2016)[J]. Internet & higher education, 2018, 37(2): 31-39.
- [26] 杨雪, 姜强, 赵蔚. 大数据学习分析支持个性化学习研究——技术回归教育本质[J]. 现代远距离教育, 2016(4): 71-78.

Modeling and Simulation of Personalized Learning Needs Prediction under MOOCs Environment: the Perspective of System Dynamics

MOU Zhijia, WANG Weibin, LI Yuting, YAN Dahu

(Research Center for Educational Informatization, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122)

[Abstract] The prediction of personalized learning needs based on learner's early learning performance can further optimize learner's learning experience and improve his participation in curriculum under the MOOCs environment. This study takes the learner's personalized learning needs as the research content, adopts the system dynamics as the guiding method, and cross uses the analytic hierarchy process and nonlinear regression analysis to determine the quantitative relationship between variables to establish a prediction model for personalized learning needs. Finally, the simulation analysis is carried out with the data of two courses in different languages, the changes of learners' learning needs in various aspects and the highly leveraged factors causing the changes of learning needs are explored and verified. The research results show that the prediction model consists of four subsystems including content, resources, process and evaluation. The model covers three state variables, four flow variables, twenty-three auxiliary variables and twenty constants, which can accurately predict the personalized learning needs of learners. The demand of content difficulty and evaluation standard are the main embodiment of personalized learning needs, which are positively correlated with the total amount of knowledge and the total amount of learning input of learners. Learning interest, demand satisfaction, and curriculum objectives are the high leverage factors that need to be paid attention to in prediction. In different courses, the main embodiment of the changes of learners' personalized learning needs and the high leverage factors that need to be paid attention to are the same. However, there will be a change with the high leverage factors' influence degree in different courses.

[Keywords] MOOCs; Personalized Learning Needs; Predictive Modeling; System Dynamics; Simulation Analysis