

# 如何发布推送通知更有效？关于学习类 App 信息推送的研究\*

高思嘉<sup>1,2</sup> 宋婷婷<sup>1,2</sup> 张朋柱<sup>1,2</sup>

(1. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030;  
2. 上海交通大学行业研究院, 上海 200030)

**摘要** 为探索如何设计推送通知以促进学习类 App 用户活跃度, 本文与某医生教育应用平台合作开展了实地实验, 研究推送通知的信息模糊程度和时间距离对用户使用行为的影响。实验结果表明: 采用即刻通知时, 提高信息模糊程度将促进用户使用, 并延长用户的使用时长; 采用提前通知时, 提高信息模糊程度对用户使用的正向影响被削弱。本文的结论丰富了现有关于应用推送和模糊偏好的研究文献, 对于推送通知策略的实施具有一定的实践指导价值。

**关键词** 移动学习, 推送通知, 信息模糊程度, 时间距离

**中图分类号** C931.6

## 1 引言

在当前数字经济时代, 智能手机和形形色色的手机应用 (application, App) 深刻影响了人们获取资讯、学习知识的方式。部分以高质量的专业知识和系统性的学习资料为主要内容的学习类 App, 基于移动通信技术和移动通信设备向用户提供教育信息、教育资源和教育服务<sup>[1]</sup>。这类应用使得学习和教育不再受到时间和空间的限制; 同时, 也为教育领域带来新的商业模式, 使得教育形式不再局限于传统课堂, 融入数字化生态系统之中。用户的活跃程度是学习类 App 得以持续发展的重要动力<sup>[2]</sup>。然而, 随着人们用于手机应用的时间和注意力趋向饱和, 不断涌现出的新应用与大量已有应用共同争夺有限的用户注意力资源, 使得平台间的竞争愈发激烈<sup>[3]</sup>。尤其是以专业知识为主要内容的学习类 App 往往难以获得用户。即使凭借高价值的专业内容获得用户, 但由于学习者对自身知识和技能的缺陷意识不足, 且难以准确识别信息需求以产生学习动机, 因此往往不能坚持使用<sup>[4]</sup>。例如, 网易公开课和学堂在线等在线教育平台提供了广泛全面的视频资源, 吸引了对各类知识感兴趣的, 但也增加了用户在使用时的筛选难度, 许多用户不曾点开任何视频就离开应用, 而开始学习的用户完成课程的比例也不足 10%<sup>[5,6]</sup>。总的来说, 学习类 App 的用户活跃水平较低, 使得大量高质量的专业内容鲜有问津, 造成信息资源的闲置和浪费。因此, 如何提升学习类 App 用户的活跃水平是推动应用持续发展、实现用户价值共创的关键。

手机应用可以向用户进行消息推送, 将特定信息从服务端实时发送到客户端, 显示在锁定屏幕上和通知栏中。因此, 推送通知成为重新连接 (re-engage) 用户、增加用户活跃水平的重要手段之一。当前

---

\* 基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目 (91646205); 国家社会科学基金重大项目 (21ZDA105); 国家自然科学基金青年科学基金项目 (71902114); 国家自然科学基金面上项目 (72372101)。

通信作者: 张朋柱, 上海交通大学安泰经济与管理学院, 教授, E-mail: pzzhang@sjtu.edu.cn。

研究大多关注如何为用户选择个性化内容进行推送以提高用户活跃程度<sup>[7,8]</sup>。然而,实践中对于既定学习内容的推送通知大多使用包含具体知识的内容标题,未考虑在通知转化阶段披露的信息量是否合适,从而缺乏对用户进入应用学习的有效引导,更无法促进用户坚持学习。当前,如何更好地设置推送信息来提升用户活跃程度仍缺乏理论指导。

当用户感知到推送信息的效用越大时,对该信息的内在需要就越强<sup>[9]</sup>。然而,个体在日常决策中常常表现为有限理性,即:决策结果的模糊性和决策与结果的时间距离将影响个体的决策偏好<sup>[10]</sup>。具体来说,模糊性指决策结果为一模糊值,或其出现的概率是模糊的,是影响个体决策的重要因素<sup>[11,12]</sup>。而个体对即刻发生(时间距离近)的事件和未来发生(时间距离远)的事件进行决策时,常常表现出不同的偏好<sup>[13]</sup>。应用到手机应用推送的情境下,推送信息的模糊程度会影响用户决策的模糊性,也即:当平台在推送通知中披露信息更为模糊时,内容包含的信息不在通知中精确展示,使得用户决定是否使用应用时的不确定性更大。但是随着推送信息的模糊程度增加,用户使用行为将如何变化鲜有学者探讨。一方面,已有研究表明个体通常偏好确定性收益而厌恶不确定性收益<sup>[11,14]</sup>,因此,信息模糊程度的增加会使得用户难以确定使用应用可获得的信息效用,对不确定性收益的厌恶可能导致其使用意愿下降。另一方面,信息模糊程度的增加也可以为个体提供额外价值,如不确定结果为决策过程增加了趣味性,使个体感知到愉悦和兴奋<sup>[15]</sup>;此外,在特定情景中(如金融交易),不确定收益更具“凸显性”,更能占据个体的注意力,促使个体表现出对不确定性收益的偏好<sup>[16]</sup>,在这种情况下,用户面对模糊信息时产生更高的使用意愿。因此,信息模糊程度对于用户的使用行为可能会存在正反两方面的影响。

决策与结果的时间距离在手机应用推送情境中表现为推送时机,也即:即刻通知和提前通知。本文试图进一步探究推送时机会如何调节信息模糊程度对于用户使用行为的影响。推送时机的选择改变了用户使用决策与信息收益获得之间的时间距离。当选择提前推送时,时间距离更长。行为经济学研究发现,决策结果的延迟可能会降低个体对不确定性的感知,或增加个体对模糊收益的期待,进而降低个体对未来收益不确定性的厌恶<sup>[17]</sup>。然而,当用户对推送通知可能表现出模糊偏好或模糊厌恶时,时间距离将如何影响个体在不同信息模糊程度下的使用行为仍然有待探索。综上,本文的研究问题为:①手机应用推送通知的信息模糊程度如何影响用户的使用行为;②时间距离将如何调节信息模糊效应。该问题的探索对于如何设置通知的信息模糊程度和时间距离以提升学习类应用的用户活跃程度具有一定的实践意义,同时也将在一定程度上拓展模糊偏好理论的应用场景。

基于以上研究问题,我们与某医生教育手机应用合作开展了一项实地实验,25 361 人次被随机分配到 2(信息模糊程度:高和低)×2(推送时间距离:即刻通知和提前通知)的组间实验中。我们发现,对于即刻推送通知,提高信息模糊程度会增加用户进入应用的可能性,并延长用户使用应用的时间;而对于提前推送通知,提高信息模糊程度对用户进入应用和持续使用的促进效应减小。

## 2 文献综述

### 2.1 学习类手机应用的用户行为

学习类手机应用作为移动学习的实现形式之一,是基于无线移动通信网络技术和无线移动通信设备获取教育信息、教育资源和教育服务的一种新型学习形式<sup>[1,18]</sup>,使得用户可以随时随地开展学习活动,在便捷性、交互性、个性化等方面具有突出优势<sup>[19]</sup>。

部分学者关注如何实现基于移动终端的学习系统的设计与集成,并不断探索优化移动学习中的学习资源与学习范式,尝试增加情境感知和个性化学习等系统功能<sup>[18,20,21]</sup>。Elias 基于通用教学情景提出移动学习一系列设计准则,规范了移动学习系统的教育信息质量以及应具备的系统功能<sup>[20]</sup>。Lonsdale 等基于艺术馆场景的移动学习服务,提出基于用户学习经验的个性化学习内容管理系统设计和基于用户当前情景的智能情景感知系统设计<sup>[21]</sup>。以上研究从系统设计的角度为如何实现高质量、个性化的移动学习提供了解决方案,却忽视了在实施过程中系统功能的实现依赖于用户的实际使用。

部分学者关注实际使用过程中用户的心理因素,并使用问卷调查和案例分析等方法得出感知有用性、感知易用性、感知娱乐性均正向影响使用意愿<sup>[22]</sup>。Chang 等在高中生英语学习情境中将感知便利性、好奇心引入前因变量<sup>[23]</sup>。Huang 等在相同情景中发现感知灵活性调节感知有用性对使用意愿的影响<sup>[24]</sup>。杨金龙和胡广伟对英语移动学习平台的采纳及其向持续使用的转化进行动因路径分析,发现绩效期望、努力期望、感知趣味性、感知成本是重要影响因素<sup>[25]</sup>。以上研究从用户使用的角度构建了学习类 App 用户使用行为的心理影响因素理论模型,但是缺乏对实践的指导,如何影响用户感知从而提升学习类 App 用户活跃水平仍有待探索。

## 2.2 手机应用推送通知策略

一些学者探索了应用通知的内容设计对用户行为的影响,并发现当预期信息效用越大时,用户对信息的内在需要越强<sup>[9]</sup>。Golman 等在实验室实验中发现个体对好消息的获取意愿更高,且倾向于延迟获取预期效用更高的信息<sup>[26]</sup>。Huang 等基于菜谱分享应用,比较了三类推送消息,即推送用户生成内容的利他效果、个人成就、竞争能力,对用户中的应用中的内容分享行为的影响<sup>[27]</sup>。还有一些学者探索了应用通知时机如何影响用户行为,发现在工作日或非工作日,以及一天中的不同时段推送通知对用户使用的不同<sup>[28]</sup>。Zhang 等基于手机阅读应用,使用隐马尔可夫模型识别用户参与阶段,发现基于动态参与水平的应用推送可以减缓用户参与水平的下降<sup>[29]</sup>。

关于应用推送对于用户行为的研究尽管已经较为丰富,但现有研究仍然存在以下不足:①一部分研究主要关注如何设计推送内容来影响用户心理,进而影响用户对于应用的使用,但鲜有研究考虑推送信息模糊性的影响;②对于推送策略的研究关注推送时段对用户参与的影响,而忽略了推送时间与内容消费的时间距离对用户参与行为的影响;③现有研究对于用户的持续使用行为关注较少。本文拟探究推送内容的信息模糊程度和时间距离对学习类 App 用户活跃度和持续使用行为的影响,通过推送内容信息发布设计提升专业学习类 App 的用户活跃水平,一定程度上弥补了当前研究的不足。

## 3 模糊偏好和时间距离调节因子与用户活跃

### 3.1 模糊偏好

个体的模糊偏好被广泛认为是影响个体决策的重要因素。模糊性是指决策结果为模糊值(如大约 20 元、15~25 元等),或者结果出现的概率是模糊的<sup>[11,12]</sup>。Ellsberg 的开创性研究显示,在可能产生经济收益的决策中,个体倾向于选择概率模糊度较低的选项<sup>[11]</sup>。Kahneman 和 Tversky 提出展望理论并发现个体对模糊收益的厌恶和对模糊损失的偏好<sup>[30]</sup>。

进一步,学者们发现个体在收益框架下并非总是模糊厌恶。相比概率确定的博弈,个体倾向于凭借

模糊的信念在自认了解的领域博弈<sup>[31]</sup>。Fox 和 Tversky 为此提供了一种解释,即个体对模糊的厌恶来自比较后的不胜任感,因此,当个体对不确定事件进行独立评估时,则会更专注于事件可能性的评估,忽视事件的模糊程度、权重等次要特征<sup>[16]</sup>。有学者基于凸显理论(salience theory)提出个体在决策时更可能被显著的因素占据注意力,因此在模糊收益更突出时表现出模糊偏好<sup>[32]</sup>。

现有研究大多以实验室实验的方式探究个体对于收益模糊性的偏好,部分基于实际情景的研究多围绕具有实际成本和收益的投资者行为和消费者行为展开。而基于应用推送通知的用户使用决策情景与以往研究情景具有较大差异。本文的决策情景中,用户基于推送通知决定是否进入应用,模糊收益来自不确定的内容信息效用,成本来自使用应用获得内容信息付出的时间和注意力。推送通知信息模糊程度的增加会使得用户难以确定使用应用可获得的信息效用,收益模糊程度增加。若个体在推送通知决策中偏好确定性收益而厌恶不确定性收益,则信息模糊程度更高的通知将导致用户使用意愿的下降,表现为更低的活跃程度。然而,基于不胜任感机制和凸显理论对模糊偏好的影响,内容带来高收益的可能性相较于时间成本更为突出,这使得用户一旦选择忽略信息,会因为“错过”高价值内容而后悔,进而在信息模糊程度更高的通知情境中表现出更高的使用意愿。由于信息模糊对用户活跃程度可能存在正反两种影响,因此,本文要探明的第一个子研究问题是:手机应用推送通知的信息模糊程度如何影响用户的使用行为?

### 3.2 时间距离对模糊偏好的调节效应

个体常常需要为即刻发生(时间距离近)的事件或者未来发生(时间距离远)的事件进行决策,并倾向于对未来发生的结果进行折价<sup>[13]</sup>。个体的时间偏好不仅影响了对未来事件的效用评价,而且会与其他因素共同作用于个体的选择<sup>[33]</sup>。

早期的研究将时间偏好与模糊偏好视作互不影响的<sup>[34]</sup>,即信息的不确定性并不会影响个体对延迟结果的折价,反之也成立。随后的研究则发现两者存在交互效应:与个体对即刻不确定性收益的厌恶相比,其对未来的不确定性收益表现出更低的厌恶<sup>[35,36]</sup>。一些学者将这种交互效应归因为时间距离对不确定性感知的影响。即个体对“此时此刻”外情景的有限感知能力降低了对未来不确定性的感知,从而对发生在未来的确定结果和不确定结果表现出更为接近的偏好程度<sup>[35]</sup>。

此外,有学者认为时间距离对模糊偏好的影响存在其他机制。Lee 和 Qiu 在对消费者行为的研究中发现,当积极的不确定性事件发生在未来时,消费者的愉悦体验被延长,从而感知到持续时间更长的正面感受<sup>[15]</sup>。类似地,Liu 等在实验室情景下发现,当模糊收益推迟时,个体的感知兴奋增加,使得其对未来收益的模糊厌恶低于对即刻收益的模糊厌恶<sup>[37]</sup>。

尽管现有研究大多支持时间距离会影响个体对不确定性的偏好,但在应用推送通知的用户决策中,时间距离将如何影响用户在信息模糊程度不同的情况下的决策仍未被探明。当提前发布通知时,用户获取内容效用产生一定延迟,从而使得用户做出使用决策时感知到其获得的信息收益与当前时刻的时间距离增加。根据有限感知机制,提前通知情景与即刻通知情景相比,用户在信息模糊程度较高和较低的通知中感知到的内容效用不确定性差异减小。此时,通知信息模糊程度对用户使用决策的影响减弱,即时间距离将负向调节用户的模糊偏好。若用户表现出模糊偏好(厌恶),则提前通知的策略将减弱信息模糊导致的用户活跃程度增加(降低)。与之相对,由于时间距离可能增加模糊收益使个体感知到的愉悦和兴奋,对信息模糊程度较高的通知采取提前发布策略,也可能增加了用户对内容的兴趣和期待,从而增加用户活跃程度。为了探明在应用推送通知的情景中时间距离对用户模糊偏好的调节作用,本文要探明的第二个子研究问题是:时间距离将如何调节信息模糊效应?

## 4 实验设计和实施

### 4.1 实验平台

研究团队与中国某医疗互联网公司的医生教育平台展开合作,进行实地实验。该公司开发了一款手机应用,以提供神经外科和神经内科信息服务为主要业务,为相关领域的医疗从业者和医学生提供交流和学习的平台。该应用为面向医疗专业用户的垂直领域学习类 App,从应用目的和应用内容来说,与更常见的面向学生群体的学习类 App 相同,都向用户提供学习知识的平台,由具有资质的专业人士发布录播视频、直播视频、图文内容等形式的学习资料;但是,有别于大多学习类 App 旨在辅助学生提升义务教育阶段的学习能力和知识水平,专业性较强的垂直领域学习类 App 往往以满足人们自发地提升专业能力或拓宽知识水平为目的,因此,更需要用户的自发学习,即促进用户持续使用学习类 App 获取知识。值得注意的是,该平台推出直播会议板块,由平台与国内多所三甲医院神经外科和神经内科合作,邀请院内专家学者分享最新医学研究发现和实践经验。直播会议向平台所有用户免费开放,用户可在直播时与专家进行实时互动。本文针对的即为该直播会议板块。

### 4.2 实验过程

本文基于直播会议业务的推送通知进行实地实验,通过操纵推送通知的信息模糊程度和时间距离,研究通知策略如何影响用户在通知后进入应用及持续使用行为。我们于 2021 年 5 月~6 月在该手机应用内开展实验,对研究问题进行探索。实验对象选取实验前 7 日内活跃用户(即在实验前 7 日至少使用过一次该手机应用)。实验采用了 2(信息模糊程度:低和高)×2(时间距离:即刻通知和提前通知)的组间随机实验,25 361 人次被随机分配到上述四个实验组中。

信息模糊程度是通过操纵推送通知内容中的医学术语得以实现的。具体来说,信息模糊程度较低的通知包含直播会议主题的准确疾病名称或治疗方法,如图 1(a)所示;而信息模糊程度较高的通知则将准确疾病名称或治疗方法替换为其上级医学术语,如图 1(b)所示。

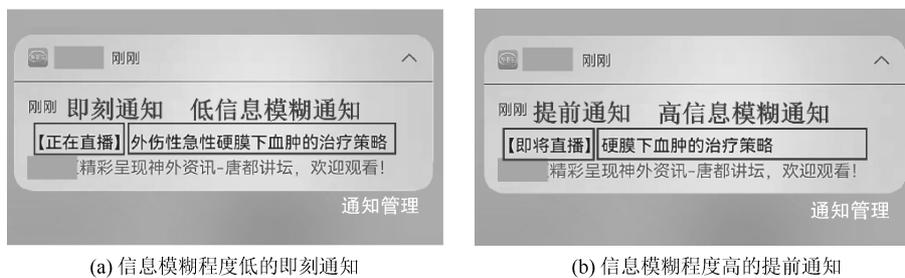


图 1 基于合作手机 App 的推送通知示例

图 1 中关于信息模糊性的操纵显示,更改后的推送内容模糊了直播会议相关的医学知识,增加了用户使用决策的不确定性。例如,模糊程度较低的实验组的 notification 内容为“外伤性急性硬膜下血肿的治疗策略”,模糊程度较高的实验组的 notification 内容对疾病关键词进行模糊处理,notification 内容更换为“硬膜下血肿的治疗策略”。模糊处理的 notification 内容中,硬膜下血肿根据伤后血肿发生的时间,可分为急性硬膜下血肿、亚急性硬膜下血肿和慢性硬膜下血肿,模糊了该直播会议分享的疾病治疗策略。所拟定实验推送内容由

合作平台的医学专业人员审核确认了模糊处理的有效性和通知内容的可行性。

时间距离是通过改变推送通知的时间进行操纵的,我们分别于直播会议开始前十分钟和直播会议开始即刻推送通知来反映时间距离。其中,“即将直播”指代提前通知,而“正在直播”表明即刻通知。

为测量推送通知对用户行为的影响,我们考虑了用户是否使用以及使用行为的持续性。其中,我们用每个实验组的用户收到推送通知后 10 分钟内、20 分钟内和半小时内是否进入应用衡量用户的使用行为;每个实验组中,用在通知后 10 分钟内、20 分钟内和半小时内进入应用的用户的使用时长来衡量通知策略对用户行为影响的持续性。

### 4.3 实验数据

实验数据主要包括三部分信息:①用户收到通知后的行为,包括用户是否进入应用以及使用时长;②用户信息,包括用户加入应用的天数、用户所在地、用户使用的手机操作系统;③用户历史使用行为信息,包括用户在实验前七日内的使用行为,如使用次数、使用时长等。变量描述与样本统计量见表 1。

表 1 变量描述及样本统计量

变量名称	变量含义	均值	标准差	最小值	最大值
用户收到通知后的行为					
Active_10min	= 1 若通知后 10 分钟内进入	0.043	0.204	0	1
Active_20min	= 1 若通知后 20 分钟内进入	0.052	0.223	0	1
Active_30min	= 1 若通知后 30 分钟内进入	0.059	0.236	0	1
Usetime_10min	通知后 10 分钟内进入的用户使用时长(秒)	364.686	1 115.366	0	6 066.021
Usetime_20min	通知后 20 分钟内进入的用户使用时长(秒)	370.033	1 088.932	0	6 066.021
Usetime_30min	通知后 30 分钟内进入的用户使用时长(秒)	391.951	1 098.983	0	6 066.021
用户信息					
Tenure	用户加入天数	341.434	182.256	0	606
Android	= 1 若使用安卓系统	0.693	0.461	0	1
用户历史使用行为					
ActiveTime	总使用时长(秒)	2 815.031	6 413.660	0	38 696.867
Session	进入应用次数	6.323	8.774	0	52
SessionTime	单次使用时长均值(秒)	360.668	921.237	0	25 970.221
LearningTime	总学习时长(秒)	2 701.224	6 125.642	0	36 999.567
LearningSession	进入应用学习的次数	6.257	8.420	0	50
SessionLearningTime	单次学习时长均值(秒)	339.87	823.799	0	25 970.221
EventTime	行为发生时刻均值	14.201	4.393	0	23
LastActiveDay	实验日距上次活跃的天数	2.988	1.962	1	7
BeforeMsg	= 1 若实验日内在通知前进入	0.233	0.423	0	1
BMsg_Usetime	实验日通知前使用时长(秒)	202.894	1 201.090	0	16 931.813
ActiveDay	活跃天数	2.305	1.716	1	7
UseWeChat	使用公司微信公众号	0.302	0.459	0	1

## 5 实证分析

### 5.1 通知策略对用户活跃的影响

在正式的实证分析之前, 首先展示接收通知 10 分钟内进入应用的用户数比例在不同实验组间的差异, 如图 2 所示(接收通知 20 分钟和半小时内进入应用的比例趋势与图 2 基本一致)。我们发现: 时间距离和信息模糊程度对于用户进入应用的比例具有交互作用。其中, 对于即刻通知组( TimeDistance = 0 ), 收到模糊程度较高通知的被试进入应用的比例高于收到模糊程度较低通知的被试。然而, 对于提前通知组( TimeDistance = 1 ), 收到模糊程度较高和较低通知的被试进入应用的比例无明显差异。这一结果促使我们进一步采用实证模型分析信息通知的模糊程度对于用户进入应用的影响, 以及时间距离对其的调节作用。

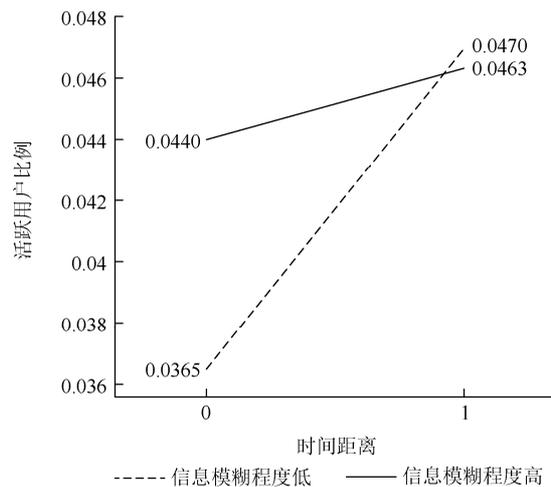


图 2 信息模糊与时间距离的交互效应

进一步, 根据用户是否进入应用这一因变量的特性(“0-1”变量), 我们构造二元选择(Probit)模型进行实证分析, 如下:

$$\text{Active\_10min}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Ambiguity}_i \times \text{TimeDistance}_i + \beta_2 \text{Ambiguity}_i + \beta_3 \text{TimeDistance}_i + X_i \gamma + \varepsilon_i \quad (1)$$

其中, 当用户  $i$  在通知后 10 分钟内进入应用时  $\text{Active\_10min}_i$  取 1, 否则取 0。为了使结果更加稳健, 我们还考虑通知后 20 分钟以及半小时内用户  $i$  是否进入应用。哑变量  $\text{Ambiguity}_i$  表示用户  $i$  在实验中处于信息模糊程度低 ( $\text{Ambiguity}_i = 0$ ) 或者信息模糊程度高 ( $\text{Ambiguity}_i = 1$ ) 的通知组。哑变量  $\text{TimeDistance}_i$  表示时间距离, 其中当用户  $i$  收到提前通知时取 1, 反之, 收到即刻通知时取 0。本文最为关注的系数为  $\beta_1$ , 用以测量时间距离与信息模糊程度的交互作用如何影响用户使用行为。此外, 模型加入了控制变量  $X_i$ , 包括用户信息和用户历史使用行为, 变量描述见表 1。

实证分析的结果如表 2 所示, 第 (1) ~ (3) 列分别报告以通知后 10 分钟、20 分钟以及半小时内是否进入应用为被解释变量的模型回归系数。三个模型的估计结果相似: 信息模糊程度 (Ambiguity) 的主效应显著为正, 用户在收到模糊程度较高的通知后更可能进入应用; 时间距离 (TimeDistance) 的主效应显著为正, 即相对于即刻通知, 用户在收到提前通知时更可能进入应用; 交互项 (Ambiguity ×

TimeDistance) 系数显著为负, 表明时间距离会负向调节用户对信息模糊程度的偏好, 即提前通知与即刻通知相比, 模糊程度的增加对用户进入应用的促进作用减小。这与我们的预期一致, 即时间距离降低了用户对信息模糊程度的感知, 从而对模糊程度较高和较低的通知表现出相近的偏好程度。

表 2 用户采纳行为的结果

	(1) Active_10min	(2) Active_20min	(3) Active_30min
Ambiguity×TimeDistance	-0.134* (0.059)	-0.120* (0.052)	-0.109** (0.041)
Ambiguity	0.115** (0.044)	0.102** (0.035)	0.095** (0.034)
TimeDistance	0.165*** (0.049)	0.115** (0.039)	0.092* (0.038)
样本量	25 361	25 361	25 361
伪 R <sup>2</sup>	0.273	0.259	0.250
对数伪似然	-3 297.159	-3 857.718	-4 271.975
控制变量	控制	控制	控制
日期固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制

注: 括号内为估计系数的异方差稳健标准误

\*\*\*表示  $p < 0.001$ , \*\*表示  $p < 0.01$ , \*表示  $p < 0.05$

## 5.2 通知策略对用户持续使用的影响

进一步, 我们探索通知策略对于用户持续使用行为的影响。考虑到收到通知后进入应用的用户与未进入的用户可能存在系统性差异, 剔除未进入应用的用户进行分析使用了非随机样本, 将导致回归系数估计有偏。因此, 为解决样本选择性偏差问题, 本文采取 Heckman 两阶段模型<sup>[38]</sup>, 考察通知策略对用户活跃和用户持续使用的影响。第一阶段为选择模型, 即 5.1 节式 (1) 中的用户采纳模型。第二阶段为用户持续使用模型:

$$\ln(\text{UseTime}_{10\text{min}_i} + 1) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Ambiguity}_i \times \text{TimeDistance}_i + \alpha_2 \text{Ambiguity}_i + \alpha_3 \text{TimeDistance}_i + Z_i \lambda + \mu_i \quad (2)$$

其中, 被解释变量  $\text{UseTime}_{10\text{min}_i}$  为收到通知后 10 分钟内进入应用的用户  $i$  持续使用应用的时间, 为了使得结果更加稳健, 我们还考虑通知后 20 分钟以及半小时内进入应用的用户  $i$  持续使用应用的时间。哑变量  $\text{Ambiguity}_i$  和  $\text{TimeDistance}_i$  与模型 (1) 中的含义相同。  $Z_i$  是影响用户持续使用的控制变量。

由于采取 Heckman 两阶段模型时, 第一阶段需要满足严格外生性假设, 因此, 第一阶段 [模型 (1)] 的控制变量  $X_i$  包括了模型 (2) 的全部控制变量  $Z_i$  以及额外的外生变量  $\text{Exog}_i$ 。也即:  $X_i = [Z_i, \text{Exog}_i]$ 。  $\text{Exog}_i$  包括两个变量。我们考虑的第一个外生变量是用户是否使用平台的微信公众号。本文的合作公司除通过手机应用向用户提供内容外, 也通过微信公众号向用户提供部分平台内容以及预告通知。微信作为即时通信类手机应用被我国手机用户广泛使用, 使得微信公众号成为网络信息发布和传播的重要方式<sup>[39]</sup>。因此, 用户对平台微信公众号的使用, 可能与推送通知产生协同作用, 从而促进用户使用应用, 但由于微信与该应用是两个独立渠道, 我们认为微信公众号的行为并不会影响用户进入应用后的使用时长。

关于第二个外生变量, 我们考虑用户在过去一周内的活跃天数。历史活跃天数反映用户在一段时间

内使用应用的天数，反映了用户的使用习惯。信息系统持续性的实证研究表明，用户的信息系统使用习惯将和便利条件、使用意向共同影响系统使用<sup>[40]</sup>。当用户经常使用学习类应用并形成习惯后，用户进入应用前的主动认知心理被简化，从而更加可能在收到通知后进入应用。但是我们认为用户每天是否习惯性地进入应用并不影响进入应用后的使用时长。

由于两个阶段存在关联性，即假定  $\varepsilon_i$  和  $\mu_i$  服从联合正态分布。本文在 Heckman 的思想基础上使用最大似然估计 (maximum likelihood estimate) 联合估计两阶段回归系数，以获得更高的整体估计效率。

表 3 展示了用户持续使用模型回归分析的结果，第 (1) ~ (3) 列分别报告以通知后 10 分钟、20 分钟以及半小时内进入应用的用户的使用时长为被解释变量的模型回归系数。三个模型的估计结果相似：其中信息模糊程度 (Ambiguity) 的主效应显著为正，用户在收到模糊程度较高的通知时进入应用的使用时长更长；时间距离 (TimeDistance) 的主效应仅在模型 (1) 中显著为正，在模型 (2) 和 (3) 中不显著，即用户在收到即刻通知和提前通知时进入应用的使用时长无明显差异；交互项 (Ambiguity  $\times$  TimeDistance) 系数显著为负，表明时间距离会负向调节模糊信息对用户使用时长的影响，即提前通知与即刻通知相比，信息模糊对用户使用时长的正面影响被削弱。第一阶段与第二阶段误差项的相关系数  $\rho$  正显著，表明使用 Heckman 两阶段模型的必要性。

表 3 用户使用时长的结果

	(1) Usetime_10min	(2) Usetime_20min	(3) Usetime_30min
Ambiguity $\times$ TimeDistance	-0.656* (0.263)	-0.482* (0.221)	-0.447* (0.217)
Ambiguity	0.484** (0.165)	0.426** (0.139)	0.384*** (0.115)
TimeDistance	0.482* (0.202)	0.297+ (0.168)	0.212 (0.150)
$\rho$	0.961***	0.947***	0.919***
样本量	25 361	25 361	25 361
对数伪似然	-5 420.990	-6 432.763	-7 213.291
控制变量	控制	控制	控制
日期固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制

注：括号内为估计系数的稳健标准误

\*\*\*表示  $p < 0.001$ ，\*\*表示  $p < 0.01$ ，\*表示  $p < 0.05$ ，+表示  $p < 0.1$

以上结果显示，在本实验情境下改变推送通知的发布策略（模糊程度和时间距离）不仅影响用户在收到通知后做出是否进入应用的决策，而且将持续影响用户进入应用后的使用时长。对于学习类 App，通过推送通知向用户推荐特定应用内容时，增加信息模糊程度增加了用户选择进入应用获得内容效用的不确定性，唤起用户对错过内容产生的损失厌恶心理，促使更多用户在通知后转为活跃，并增加了用户使用学习类 App 的时长。然而，当采取提前通知策略时，用户感知到获得内容收益延迟，推送通知与对应内容间的时间距离使得用户对模糊程度较低和较高的通知感知不确定性差异减小，从而表现出相近的活跃比例和使用时长。

### 5.3 稳健性检验

为了确保实证结果的稳健性，我们补充了以下两个分析。首先，不同于 5.1 节分析中使用“用户是否进入应用”作为被解释变量，我们采用“用户使用时长是否大于 0”作为判断用户是否进入应用的依据。被解释变量分别为通知后 10 分钟、20 分钟以及 30 分钟内用户进入应用时长是否大于 0 的 Probit 模型分析结果与主模型结果一致。

其次，在 5.2 节中，我们分析了通知策略对用户使用时长的影响。为了检验结果的稳健性，我们使用用户在应用中的行为记录数（用户在应用内的启动、点击、关闭等行为的总数）评估其在通知后的使用持续性。具体来说，分别将通知后 10 分钟、20 分钟以及 30 分钟内进入应用的用户在应用中的行为记录数的对数值作为 Heckman 两阶段模型中第二阶段的被解释变量，分析结果与通知后用户使用时长的分析结果基本一致。

## 6 结论

通信技术的发展、云平台和数字化基础设施的便利，使得在线教育平台向用户提供实时内容（如直播会议、线上会议等）成为可能。此类时效性强、互动水平高、与用户需求关系紧密的内容的推送通知需要更谨慎地考虑内容披露和发布时机。探索用户的使用决策如何受到推送通知信息特征和推送时机的影响，可以更好地理解用户的学习行为，为学习类 App 的推送通知策略提供实践指导，实现用户的持续学习，同时也将为教育者和开发者提供见解，促进教育的创新。

本文与某手机应用平台合作开展一项实地实验，基于会议直播内容的推送通知，探究了通知信息模糊程度和时间距离对用户进入应用的影响及其持续性。研究的主要发现有两点：①当采用即刻通知时，增加通知的信息模糊程度提高了用户进入应用的可能性以及持续使用时长；②当采用提前通知时，增加通知的信息模糊程度对用户进入应用的促进作用减小，同时也降低了持续使用时长。

本文的研究结论具有以下三点理论贡献：第一，现有研究在实验室场景下探索了不同情境下个体对于收益模糊性的偏好，部分基于实际情景的研究几乎围绕具有实际成本和收益的投资者行为和消费者行为展开。本文通过实地实验的方法，将个体模糊偏好的探索扩展到手机应用使用的信息收益场景，发现个体在推送通知的决策中表现为模糊偏好。

第二，现有研究基于个体决策偏好中的时间偏好，探索了当个体表现为模糊厌恶时，时间距离产生正向和负向调节效应的机制。本文在以往研究的基础上，将时间距离对模糊厌恶的调节作用延伸到模糊偏好的场景，发现在应用推送通知的用户决策中，时间距离能够缩小个体对模糊程度的偏好。

第三，本文在已有研究的基础上，将个体模糊偏好和时间偏好对个体决策结果的影响延伸到决策后行为，探究了在手机应用推送情境下，信息模糊和时间距离的设计策略对用户行为影响的持续性，发现信息模糊对用户使用的促进具有持续影响。

本文对学习类 App 的运营和推广具有以下两点启示。首先，学习类 App 在向用户推送实时内容时，应当更加仔细地考虑推送通知包含的信息量，通过适度增加信息模糊程度、设置内容悬念可以增加用户使用意愿，促使更多的用户转为活跃用户。而当学习类 App 需要提前向用户发布预告通知时，改变推送通知的信息模糊程度无法提升用户活跃程度。由于大多数手机操作系统显示应用推送通知的字数非常有限，应用平台可以综合多方考虑，通过减少通知披露的具体信息，为在通知中使用其他用户转化提升策略提供字数空间，进一步促进用户使用。

其次,通过改变通知策略,不仅可以促进用户做出进入应用的选择,而且可能持续影响用户行为,延长用户进入应用后的使用时间。对于学习类 App,通过改变推送通知的信息模糊程度可以增加用户选择进入应用获得内容效用的不确定性。用户在不愿错过内容的损失厌恶心理下,更可能转为活跃用户,且该效应将继续影响其决策后行为,从而增加了用户使用学习类 App 的时长。

本文仍存在一些不足有待未来研究进一步考虑。首先,虽然我们发现在信息模糊度较低时,通知时间距离的增加促进了用户使用,但是由于本次实地实验无法测量用户心理变量,用户在不同情境下做出使用决策过程中的心理变量差异尚不得而知,对此我们在后续研究中拟进一步挖掘。此外,本文的实验情景为学习类 App,但本文对推送通知提出的策略仅适用于针对内容的推送,研究结论是否适用于学习类 App 营销信息推送或付费课程内容的推送需要进一步探究验证。基于此,我们提出两个未来的研究方向:第一,探索用户面对内容推送、营销信息推送等不同推送通知时做出决策的心理变量和信息处理过程变量,探明个体决策偏好(如模糊偏好和时间偏好)形成的前因和决策过程的信息处理机制是未来研究可以考虑的方向之一;第二,结合通知策略和个性化的内容推送和学习建议,研究在个性化场景下如何优化通知策略以探索数字经济对教育领域的影响也是非常有前景的方向。

## 参 考 文 献

- [1] 叶成林,徐福荫,许骏. 移动学习研究综述[J]. 电化教育研究, 2004, (3): 12-19.
- [2] Anderson S P, de Palma A. Competition for attention in the Information (overload) Age[J]. The RAND Journal of Economics, 2012, 43 (1): 1-25.
- [3] Iyer G, Zhong Z Z. Pushing notifications as dynamic information design[J]. Marketing Science, 2022, 41 (1): 51-72.
- [4] Carneiro R, Lefrere P, Steffens K, et al. Self-regulated Learning in Technology Enhanced Learning Environments[M]. Berlin: Springer Science & Business Media, 2012.
- [5] 袁松鹤,刘选. 中国大学 MOOC 实践现状及共有问题: 来自中国大学 MOOC 实践报告[J]. 现代远程教育研究, 2014, (4): 3-12, 22.
- [6] 杨晓宏,周效章. 我国在线教育现状考察与发展趋向研究: 基于网易公开课等 16 个在线教育平台的分析[J]. 电化教育研究, 2017, 38 (8): 63-69, 77.
- [7] Zhao Q, Wang C, Wang P W, et al. A novel method on information recommendation via hybrid similarity[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2018, 48 (3): 448-459.
- [8] Linden G, Smith B, York J. Amazon. com recommendations: item-to-item collaborative filtering[J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7 (1): 76-80.
- [9] Ganguly A, Tasoff J. Fantasy and dread: the demand for information and the consumption utility of the future[J]. Management Science, 2017, 63 (12): 4037-4060.
- [10] 何大安. 行为经济人有限理性的实现程度[J]. 中国社会科学, 2004, (4): 91-101, 207-208.
- [11] Ellsberg D. Risk, ambiguity, and the savage axioms[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1961, 75 (4): 643-669.
- [12] Camerer C, Weber M. Recent developments in modeling preferences: uncertainty and ambiguity[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1992, 5 (4): 325-370.
- [13] Koopmans T C. Stationary ordinal utility and impatience[J]. Econometrica, 1960, 28 (2): 287-309.
- [14] Einhorn H J, Hogarth R M. Judging probable cause[J]. Psychological Bulletin, 1986, 99 (1): 3-19.
- [15] Lee Y H, Qiu C. When uncertainty brings pleasure: the role of prospect imageability and mental imagery[J]. Journal of Consumer Research, 2009, 36 (4): 624-633.
- [16] Fox C R, Tversky A. Ambiguity aversion and comparative ignorance[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110 (3): 585-603.

- [17] Weber B J, Chapman G B. The combined effects of risk and time on choice: does uncertainty eliminate the immediacy effect? Does delay eliminate the certainty effect?[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 2005, 96 (2): 104-118.
- [18] Bormida G D, Lefrere P, Vaccaro R. The dawn of a new era for mobile and Ambient Learning: MOBIlearn [J]. *Journal of Digital Information Management*, 2003, 1: 43-45.
- [19] Constable H, Keegan D. Foundations of distance education[J]. *British Journal of Educational Studies*, 1990, 38 (4): 384.
- [20] Elias T. Universal instructional design principles for mobile learning[J]. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2011, 12 (2): 143-156.
- [21] Lonsdale P, Baber C, Sharples M, et al. Context awareness for MOBIlearn: creating an engaging learning experience in an art museum[J]. *Proceedings of MLEARN*, 2004, 115-118.
- [22] 顾小清, 付世容. 移动学习的用户接受度实证研究[J]. *电化教育研究*, 2011, 32 (6): 48-55.
- [23] Chang C-C, Tseng K-H, Liang C Y, et al. The influence of perceived convenience and curiosity on continuance intention in mobile English learning for high school students using PDAs[J]. *Technology, Pedagogy and Education*, 2013, 22 (3): 373-386.
- [24] Huang R-T, Hsiao C-H, Tang T-W, et al. Exploring the moderating role of perceived flexibility advantages in mobile learning continuance intention (MLCI) [J]. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2014, 15 (3): 140-157.
- [25] 杨金龙, 胡广伟. 移动学习采纳转化为持续的动因及其组态效应研究[J]. *情报科学*, 2019, 37 (7): 125-132.
- [26] Golman R, Loewenstein G, Molnar A, et al. The demand for, and avoidance of, information[J]. *Management Science*, 2022, 68 (9): 6454-6476.
- [27] Huang N, Burtch G, Gu B, et al. Motivating user-generated content with performance feedback: evidence from randomized field experiments[J]. *Management Science*, 2019, 65 (1): 327-345.
- [28] Bidargaddi N, Almirall D, Murphy S, et al. To prompt or not to prompt? A microrandomized trial of time-varying push notifications to increase proximal engagement with a mobile health app[J]. *JMIR MHealth and UHealth*, 2018, 6 (11): e10123.
- [29] Zhang Y J, Li B B, Luo X M, et al. Personalized mobile targeting with user engagement stages: combining a structural hidden Markov model and field experiment[J]. *Information Systems Research*, 2019, 30 (3): 787-804.
- [30] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: an analysis of decision under risk[J]. *Econometrica*, 1979, 47 (2): 263-292.
- [31] Heath C, Tversky A. Preference and belief: ambiguity and competence in choice under uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1991, 4 (1): 5-28.
- [32] Bordalo P, Gennaioli N, Shleifer A. Salience theory of choice under risk[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2012, 127 (3): 1243-1285.
- [33] Frederick S, Loewenstein G, O'donoghue T. Time discounting and time preference: a critical review[J]. *Journal of Economic Literature*, 2002, 40 (2): 351-401.
- [34] Samuelson P A. A note on measurement of utility[J]. *The Review of Economic Studies*, 1937, 4 (2): 155-161.
- [35] Björkman M. Decision making, risk taking and psychological time: review of empirical findings and psychological theory[J]. *Scandinavian Journal of Psychology*, 1984, 25 (1): 31-49.
- [36] Stevenson M K. The impact of temporal context and risk on the judged value of future outcomes[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1992, 52 (3): 455-491.
- [37] Liu Y, Heath T B, Onculer A. The future ambiguity effect: how narrow payoff ranges increase future payoff appeal[J]. *Management Science*, 2020, 66 (8): 3754-3770.
- [38] Heckman J J. Sample selection bias as a specification error[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1979, 47 (1): 153-161.
- [39] 吴中堂, 刘建徽, 唐振华. 微信公众号信息传播的影响因素研究[J]. *情报杂志*, 2015, 34 (4): 122-126.
- [40] Limayem M, Cheung H. How habit limits the predictive power of intention: the case of information systems continuance[J]. *MIS Quarterly*, 2007, 31 (4): 705-737.

## How to Improve the Effectiveness of Push Notifications? A Research of Pop-up Messages on Learning Applications

GAO Sijia<sup>1,2</sup>, SONG Tingting<sup>1,2</sup>, ZHANG Pengzhu<sup>1,2</sup>

( 1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030;

2. Institute of Industry Research, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030 )

**Abstract** To examine how to improve the effectiveness of push notifications, this study conducts a field experiment in a medical education application. We investigate the impact of information ambiguity and time distance of push notifications on users' subsequent behavior. The results show that when users receive an instant notification, they are more likely to utilize the application (for a longer time) if its information ambiguity is higher. By contrast, when users receive an advance notification, the effectiveness of information ambiguity on user behaviors weakens. Our findings enrich the existing literatures on push notifications and ambiguity preference, as well as shed light on designing pop-up messages.

**Key words** Mobile learning, Push notification, Information ambiguity, Time distance

### 作者简介

高思嘉(1997—),女,上海交通大学安泰经济与管理学院博士研究生,上海交通大学行业研究院成员,研究方向为社交媒体、在线医疗健康平台、用户内容生成。E-mail: sjiagao@sjtu.edu.cn。

宋婷婷(1989—),女,上海交通大学安泰经济与管理学院副教授、博士生导师,上海交通大学行业研究院成员,研究方向为社交媒体、人工智能与用户行为、平台经济。E-mail: songtt@sjtu.edu.cn。

张朋柱(1961—),男,上海交通大学安泰经济与管理学院教授、博士生导师,上海交通大学行业研究院成员,研究方向为智能健康管理、大数据创新导航、数字化商业模式创新。E-mail: pzzhang@sjtu.edu.cn。