

## ·专题:公众科学项目运作与管理机制研究·

编者按:长久以来,科学被认为是神圣的殿堂,科学研究则被认为是科学家聪慧的象征。然而,大数据环境下科研大数据的激增给科学研究带来诸多挑战,科学家迫切需要借助大众力量解决这一困境。与此同时,随着公民科学素养的普遍提升,国家科普政策的推波助澜,公众对科学研究的态度也逐渐从以往被动地接受,到如今主动地关心甚至积极地参与。在这一背景下,基于群体参与及协作的公众科学项目应运而生。

大数据环境下的公众科学凸显出广泛化、多元化、平台化、网络化等诸多特征,平台、任务、志愿者这三个核心要素在公众科学项目运作过程中起到关键作用。平台是公众科学项目的基础设施,任务是公众科学项目的具体表现,而志愿者则是公众科学项目的核心动力,三个要素在机构的组织管理下相互交织碰撞,产生了诸多研究课题。如:从平台角度,如何激励志愿者的参与?从任务角度,哪些因素会影响志愿者完成任务的绩效?从志愿者角度,他们的参与动因是什么?从机构管理角度,如何提高志愿者的信任?

基于上述背景与研究问题,本刊特邀南京理工大学经济管理学院教授、国家自然科学基金项目“基于科研众包模式的公众科学项目运作与管理机制研究”(项目编号:71774083)主持人赵宇翔围绕公众科学这一前沿交叉领域组织了“公众科学项目运作与管理机制研究”专题。专题5篇文章围绕平台、任务、志愿者三个核心元素,分别从公众科学平台的游戏化要素、公众科学项目游戏化设计的评价指标、公众科学项目冷启动阶段的公众参与动因、数字人文类公众科学项目的任务绩效以及公众科学项目中志愿者信任的影响因素展开了学术研究,以期从图书情报学的视角,推动我国公众科学研究的发展。

## 基于 Kano 模型的公众科学平台游戏化要素研究 \*

赵宇翔<sup>1</sup> 刘周颖<sup>2</sup> 徐炜翰<sup>1</sup>

(1.南京理工大学经济管理学院 江苏南京 210094)

(2.南京大学信息管理学院 江苏南京 210046)

**摘要:**文章从游戏化的角度考察了相关要素对用户参与公众科学项目所发挥的激励作用。首先,对游戏化及其在公众科学平台中的应用进行文献梳理。随后,将公众科学平台的16个游戏化要素划分为任务设计、交互设计、反馈设计和奖励设计4个维度,并对其进行信度和效度分析。接着,利用Kano模型将公众科学平台游戏化要素归类为魅力质量、一维质量、必备质量、无差异质量和反向质量,并计算其决策权重。研究结果显示奖励设计维度中的任务完成奖励和阶段奖励、交互设计维度中的排名、任务设计维度中的难度标识和故事情节、反馈设计维度中的实时信息反馈的决策权重较高。最后从这四个维度分别对公众科学平台的游戏化设计提出了对策建议。

**关键词:**公众科学;游戏化要素;Kano模型;用户参与

中图分类号:G315 文献标识码:A DOI:10.11968/tsyqb.1003-6938.2019041

### Investigating Gamification Elements of Citizen Science Platform Based on Kano Model

**Abstract** This paper examines the role of relevant gamified elements in inspiring users participation from the perspective of gamification. Firstly, this paper reviews the literature on gamification and its application in citizen science platforms. Then, 16 gamification elements of the citizen science platform are divided into four dimensions, namely task design, interaction design, feedback design and reward design, and the related reliability and validity are examined. Next,

\* 本文系国家自然科学基金面上项目“基于科研众包模式的公众科学项目运作与管理机制研究”(项目编号:71774083)与中央高校基本科研业务费专项资金资助“大数据驱动的公共文化服务价值共创机制研究”(项目编号:30919011104)研究成果之一。

收稿日期:2019-05-20;责任编辑:胡刚;通讯作者:赵宇翔(yxzhao@vip.163.com)

gamification elements of the citizen science platforms are classified into attractive, one-dimensional, must-be, indifferent and reverse quality, and the weights of gamification elements are calculated by using Kano model. The results show that weights of the task completion reward and stage reward in reward design dimension, the ranking in interaction design dimension, difficulty identification and story plot in task design dimension, and real-time information feedback in feedback design dimension play important roles. Finally, this paper puts forward some suggestions for the gamification design of citizen science platforms based on the findings.

**Key words** citizen science; gamification element; Kano model; user engagement

随着信息技术的日益发展,各类网络平台的建设与运营也日趋成熟,网络用户参与创造、分享和交流的愿望越发强烈,用户角色逐渐由被动接受者转变为主动生成者。目前,商业领域中的众包模式已经基本成熟,并拥有众多的成功案例,如猪八戒网、阿里众包等。而当众包项目以科学发现和解决科技问题为目的,且发起者为科学家或科研机构时,便出现了一种新型的科研协作模式,这引发了众包在互联网环境下开展公众科学的新思路<sup>[1]</sup>。

公众科学(Citizen Science)又被称作公众参与式科学研究,是普通公众参与科研项目并与科研工作者在不同程度上协作的科学活动新范式<sup>[2]</sup>。公众科学项目的良好运行离不开第三方管理机构、科研机构/团队和公众参与者三方力量的分工协作和积极参与<sup>[3]</sup>。目前,国外的公众科学发展相对成熟,主要应用于生态学、动植物学、环境学、气象学以及天文学等自然科学领域<sup>[4-6]</sup>。而随着数字时代的到来,公众科学不再仅仅停留在自然科学的领域,人文科学领域也越来越多地关注这种科研方式。尤其在数字人文领域中,利用公众群体的智慧与力量来完成传统的知识密集型任务已然得到重视,很多文化记忆机构尝试将其丰富的特色馆藏资源开展数字化并进一步挖掘价值,已呈现出大势所趋的态势<sup>[7]</sup>。

公众科学在科研领域中拥有着鲜明的优势,但是这个优势是建立在数量众多且活跃的参与者之上的。在公众科学平台中融入游戏化设计,通过游戏化要素来激励用户参与是推动公众科学项目良好运营的有效途径。目前,国内外对公众科学平台的游戏化设计及优化鲜有研究。本文以公众科学平台为研究对象,对公众科学平台的游戏化要素进行梳理,并基于Kano模型探究不同游戏化要素对公众参与的影响。

## 2 相关工作

### 2.1 游戏化相关研究

游戏化的概念源于这样一种观念:游戏是一种享乐型自我目标系统的巅峰形式<sup>[8]</sup>。在众包领域中,学者认为,游戏化的意图是激发用户的参与动机,以及增加或改变某一特定行为。大多数游戏化应用都是从游戏中借用设计模式,以提高任务完成过程中的游戏体验为目标,如提升自主感、成就感等<sup>[9-10]</sup>。如果在众包的背景下考虑游戏化,就可以把它看作是一种试图将参与者动机从纯粹理性的目标导向转向自我目的性、内在驱动的活动。通过这种动机的重定向,在众包工作的执行中影响参与者的行为。换言之,游戏化要素为内在动机提供助力<sup>[11-12]</sup>,如分数、徽章、排行榜、头像和故事等经常被用在游戏化设计中来激励用户的持续参与<sup>[13]</sup>。而在传统的非游戏化众包系统中,游戏化通常以奖励形式出现,如利用计件工资支付或竞赛奖励等来激发用户参与众包的动机。

在游戏化要素的应用中,分数是最明显的游戏化组件。通常,平台会将分数与排行榜相结合来营造平台中的竞争感。另外,分数与其他游戏化要素进一步结合使用也能起到较好的游戏效果,如时间限制<sup>[14-15]</sup>、团队成员之间进行能力的比较<sup>[16-17]</sup>、以及徽章和具体目标任务<sup>[18-20]</sup>。根据众包类型的不同,众包平台需要针对众包任务的特色来进行个性化的游戏化设计以此来激发用户的参与热情<sup>[21]</sup>。此外,众包中往往还需寻找异质的信息,或者寻求复杂问题的创造性和多样化的解决方案,采用分数、徽章、进度统计、虚拟团队、排行榜等丰富的游戏化要素能提升用户的参与质量<sup>[22]</sup>。一些研究还比较了不同的游戏化设计,并根据实证结果来进行众包的游戏化设计,以实现用户积极的心理和行为结果<sup>[23]</sup>。如游戏奖励能

够显著提高用户完成众包任务的质量,调动用户的积极参与<sup>[24]</sup>;故事线在游戏化众包中也能够对用户参与发挥积极的作用<sup>[25]</sup>。

综上所述,目前大多数文献研究表明在商业众包模式下,游戏化对用户参与行为有着积极促进的效果,鲜有文献研究科研众包模式下游戏化要素对用户参与行为的影响。科研众包模式和商业众包模式两者所侧重的游戏化要素有所差异,在商业模式下那些对用户参与行为具有显著影响的因素或许对于公众科学参与者的影响较弱,并且,公众科学平台的游戏化设计与自身平台特色相融合,使得公众科学平台的游戏化要素具有一定的独特性。鉴于此,本文聚焦于公众科学情境下的游戏化要素发掘,并探索其对用户参与的积极影响。

## 2.2 Kano 模型

Kano 模型是一种质量评价模型,反映的是产品或服务的各质量属性高低与用户满意度之间的关系。在早期的质量管理领域,研究者普遍认为产品质量属性与用户满意度是纯粹的线性关系,即一项产品的属性参数越好,用户对该产品的满意度就越高;各属性要素越差,消费者就越不满意。1959 年,Herzberg<sup>[26]</sup>提出了著名的双因素理论,这一理论也被称为激励-保健理论。当激励因素得到满足时会增大员工的工作积极性,但得不到满足时并不会降低积极性;而保健因素得到满足时不会增大员工的工作积极性,而一旦得不到满足,就会降低员工的工作积极性。

受到 Herzberg 研究的启发,1984 年日本研究者 Noriaki Kano 等<sup>[27]</sup>将双因素理论引入到质量管理领域并加以改进,提出了质量评价的 Kano 模型。Kano 模型将产品的质量属性划分为:魅力质量(A)、一维质量(O)、必备质量(M)、无差异质量(I)和反向质量(R)(各类质量属性与用户满意度关系见图 1)。从 Kano 模型基本框架图中可以看出,只有当必备质量很充分时用户才会感觉满意,说明必备质量属性是用户认为该产品应该具有的属性。一般而言,必备质量属性是产品或服务的基本属性。魅力质量属性是用户未预料的产品质量属性,这种用户意料之外的质量要素会大幅提高用户的满意度。魅力质量要素未被满足对用户的满意度也不会产生太大影响。无论一项产品质量属性参数如何,用户对该产品的满意度都不会有任何变化,则判定为无差异质量。一维质量则与传统认识的质量属性相同,即产品的属性参数越好,用户对该产品的满意度就越高。反向质量属性即会对用户产生反向作用的属性,其参数越高,用户满意度越低,两者呈线性关系。

目前,在图书情报领域,基于 Kano 模型来研究用户与数字资源交互满意度的影响因素<sup>[28]</sup>、图书馆的服务质量<sup>[29-30]</sup>、社会化媒体的用户需求<sup>[31-32]</sup>等相关文献较多。较少有研究基于 Kano 模型从游戏化角度来探索其对用户参与的激励作用<sup>[33]</sup>。Kano 模型能够从正向和反向两个角度更好地理解服务/产品的相关质量属性对用户需求及满意度的影响,并且 Kano

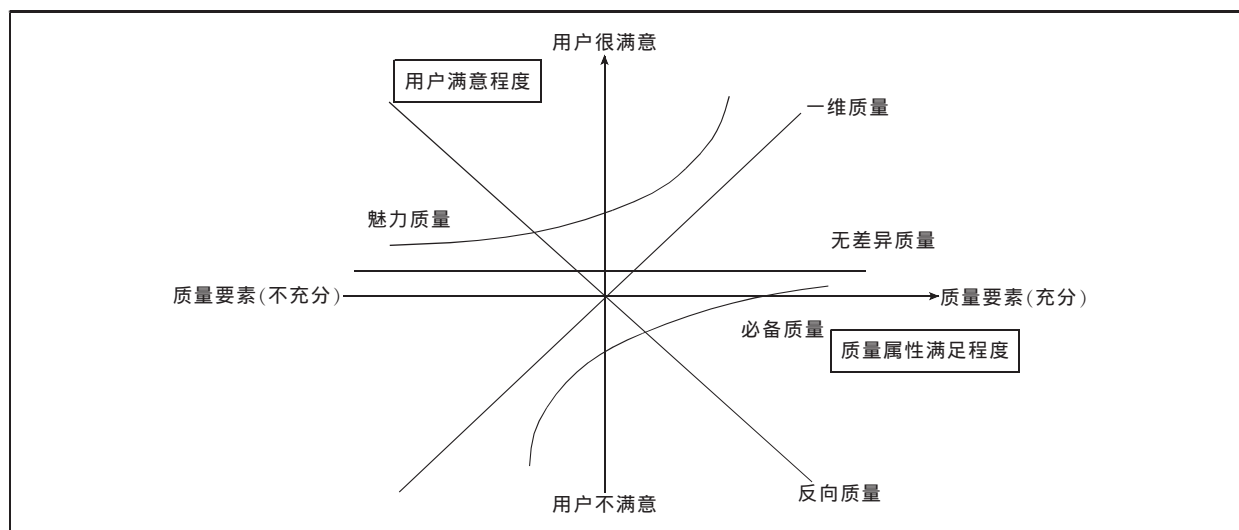


图 1 Kano 模型基本框架<sup>[27]</sup>

模型对服务/产品要素进行分类具有较大的优势。在技术和资金有限的情况下,对服务/产品质量属性的五类划分有助于运营者在服务/平台开发和运营过程中有重点地进行优化。鉴于此,本文将采用Kano模型对公众科学平台的游戏化要素进行研究,以为公众科学平台的游戏化设计与改进提供一定的指导。

### 3 研究设计

#### 3.1 确定公众科学平台游戏化要素

公众科学平台将科研机构/组织与社会公众群体连接起来。公众科学平台在收到科研机构/组织递交的任务后,会对任务进行一系列处理,并推送给社会公众去完成。基于笔者前期的研究<sup>[34]</sup>,以及对公众科学平台实例及相关文献的搜集和梳理,归纳总结出公众科学项目中游戏化任务设计、交互设计、反馈设计以及奖励设计四个评价维度及具体游戏化要素(见表1)。

#### 3.2 问卷初始权重设置

本文使用李克特五点尺度法设计重要度问卷,根

表1 公众科学平台游戏化要素题项

维度	题号	游戏化要素题项	参考来源
任务设计	1	为公众科学项目赋予故事和情节	Taylor, et al <sup>[35]</sup>
	2	故事情节设计借鉴史实事件或影视作品的情节等	Mary <sup>[36]</sup>
	3	用户在项目中作为主人公存在	Clyde <sup>[37]</sup>
	4	在项目过程的不同阶段设置任务关卡	Mary <sup>[36]</sup>
	5	发布的任务有难度系数的标识	Markey, et al <sup>[38]</sup>
交互设计	6	设计群体协作任务	Jason, et al <sup>[39]</sup>
	7	项目存在用户交流系统	Jason, et al <sup>[39]</sup>
	8	用户在项目中存在竞争和排名	Doshi <sup>[40]</sup>
反馈设计	9	用户可以得到实时任务完成度或PK等的信息反馈	Mary <sup>[36]</sup> , Smale <sup>[41]</sup>
	10	用户可以获得其在该项目中获得的勋章、成就的展示	Donald <sup>[42]</sup>
	11	设计用户在项目中的经验等级	Markey, et al <sup>[38]</sup>
	12	设置升级标志并伴随新功能解锁	Markey, et al <sup>[38]</sup>
奖励设计	13	对用户任务的完成进行相应的奖励	Smith & Baker <sup>[43]</sup>
	14	在项目进程的各个阶段都设有相应的奖励	Mary <sup>[36]</sup>
	15	用户在项目中得到的奖励可以用来进行实物的兑换	Smith <sup>[44]</sup>
	16	用户未能达到预期目标时进行相应惩罚	Markey, et al <sup>[45]</sup>

据上文总结的五个维度下的具体要素问项为问卷题项,重要度从高到低将评价划分为5个等级,分别为:非常有必要、有必要、一般、没必要、非常没必要。在一般的问卷设计中,一般默认评价等级之间的指数距离是相等的,即认为各个评价等级间的差距是相同的。但事实上,由于每个人对于评价等级语义的理解不尽相同,所以本文在设计问卷时,没有将评价等级设置成等距的,而是采用了较为广泛使用的模糊语意转换法。模糊语意转换法的原理是将各评分项转化成三角模糊函数,通过得分计算获得具体的权重值。由于本文已将各游戏化要素按重要度划分为五个评价等级,选取各自对应的五项语义,重要度从高到低所对应的权重值分别为0.885、0.700、0.500、0.300、0.115。

#### 3.3 前测问卷

此次设计的问卷内容涉及到了公众科学以及游戏化设计方面的专业知识,虽然在问卷中会有一些解释说明,但是没有接触过该方面知识的被调查者在问卷题项的理解上可能依然会出现一些问题。另外,本文实证问题主要来源于文献调研和案例分析,这些总结得出的问卷问题缺乏成熟的理论作为支撑。为了进一步对设计的问卷问项进行优化改进,在进行正式的问卷调查之前,本文首先开展了前测问卷调查分析。前测问卷题项内容为表1中的16个题项的正向和反向问题。通过实地发放向被调查者共发放前测问卷50份,有效填写的问卷共计49份。

随后,笔者使用SPSS对前测问卷的统计数据进行分析信度和效度分析。一般采用Cronbach's  $\alpha$ 系数来衡量问卷信度,系数值大于0.7作为最低满足标准<sup>[46]</sup>。并计算每个题项同整体的相关关系CITC以及CAID对题项进行筛选,对于CITC系数小于0.4且CAID系数大于问卷整体 $\alpha$ 系数的指标,应该从指标集中删除<sup>[47]</sup>。计算得出,第16个游戏化要素题项符合删除条件。在公众科学平台游戏化设计实例中,该题项确实作为奖励设计的一个重要要素而存在,由于其含义与维度中的其他要素不太一致,可能导致被调查者的评分受到影响。综合考虑后本文决定在正式问卷中删除该题项。

#### 3.4 正式问卷

经过前测问卷题项的调整,删除掉原本第16个



题项,并修改重要度问卷中容易引起歧义或不易理解的题项描述,最终形成了 15 个游戏化要素的正式调查问项。问卷共分为三个部分:第一部分是调查者基本信息。包括个人的性别、年龄、文化程度以及职业;第二部分是要素重要度调查。采用李克特 5 分量表来测量游戏化各要素对激励用户参与的重要性程度;第三部分是 Kano 问卷调查。邀请被调查者对公众科学平台中具备某游戏化要素以及不具备这种游戏化要素两种情况的满意度进行问卷设计,用户对正反两个问题的评价选项为 Kano 模型经典的五类评分,即“喜欢”“理所应当”“无所谓”“能忍受”以及“不喜欢”。

笔者于 2018 年 5 月起参与上海图书馆盛宣怀档案公众科学项目(以下简称“盛档”),并协同策划了“盛档”项目在高校的活动。对来自图书情报学、计算机科学、教育学和设计学等领域的学生和教师进行了“盛档”背景的普及,并对“盛档”公众科学平台的使用与操作进行了指导。经过培训和使用公众科学平台后,参与者均对公众科学和游戏化有一定认识与理解,符合问卷所要收集的调查对象。因此,本文通过“问卷星”网站线上发放和实地发放两种形式对参与过“盛档”项目的人群发放调查问卷,共回收问卷 151 份,除去答题时间过短的、答案重复过多的以及同一 IP 地址多次填写的相似度高的问卷,最终得到有效问卷 138 份,其中大部分来源于实地发放(被调查者的基本信息见表 2)。

被调查者的男女人数之比为 47.1:52.9,男女比例较为均衡。由于报名参加“盛档”的主要群体是本科生,且多以大一新生为主,所以年龄段在 20 岁以下的被调查者占比最高(45.7%),并且大多数被调查者的职业均为学生(96.4%)。被调查者文化程度分布由高到低依次为本科(51.4%)、硕士(42.8%)和博士(5.8%)。

## 4 数据分析

### 4.1 信度和效度分析

信度表示的是研究结果的可靠性程度,效度表示的是研究的真实性和准确性程度。本文利用 SPSS 统计软件分别对游戏化要素重要性问卷和 Kano 问

表 2 被调查者基本信息统计表

项目	分类	人数	比例
性别	男性	65	47.1%
	女性	73	52.9%
年龄	≤20	63	45.7%
	21-25	49	35.5%
	26-30	20	14.5%
	≥31	6	4.3%
文化程度	本科	71	51.4%
	硕士	59	42.8%
	博士	8	5.8%
职业	学生	133	96.4%
	教师	5	3.6%

卷进行了信度和效度分析,计算了要素设计 4 个维度的 15 个设计指标的相关指标。

首先,对问卷进行信度分析。目前研究中测量问卷的信度普遍使用的指标是 Cronbach's  $\alpha$  系数,系数值大于 0.7 作为最低满足标准<sup>[46]</sup>。由于本文的实际问卷部分包括游戏化要素重要度问卷和 Kano 正反归类问卷两部分,所以对这两部分问卷进行总体和各个维度的 Cronbach's  $\alpha$  系数计算。分析结果显示问卷总体、重要度问卷和 Kano 问卷的信度依次为 0.887、0.823 和 0.806,都处于较好的状态(具体每个维度的 Cronbach's  $\alpha$  值见表 3 和表 4)。无论是重要度问卷还是 Kano 问卷中的任务设计、交互设计、反馈设计和奖励设计四个维度的 Cronbach's  $\alpha$  系数值都在 0.7 以上,表明问卷具有较好的信度。

接着,对问卷进行效度检验,包括内容效度和结构效度两个部分。在内容效度方面,问卷中游戏化要素指标均是在对公众科学平台的游戏化研究进行文

表 3 重要度问卷信度分析表

维度	问卷题号	信度
任务设计	1-5	0.838
交互设计	6-8	0.751
反馈设计	9-12	0.782
奖励设计	13-15	0.813

表 4 Kano 问卷信度分析表

设计要素评价维度	问卷题号	正向问题信度	反向问题信度
任务设计	1-5	0.902	0.886
交互设计	6-8	0.798	0.707
反馈设计	9-12	0.839	0.762
奖励设计	13-15	0.872	0.809

献研究的基础上推理得到的,且每个要素都来源于现有的公众科学平台游戏化实例。同时,通过前测问卷调查,本文已经根据被调查的反馈对问卷题项内容表达进行了修正。因此,内容效度较好。在结构效度方面,通过探索性因子分析法(EFA)来进行结构效度检验。在进行探索性因子分析之前,需要进行KMO检验和Bartlett球形检验,其中KMO检验用来比较变量之间的相关系数和偏相关系数,Bartlett球形检验用来验证变量之间是否独立。各维度KMO值反映了各要素间相关性的多少,KMO值越高表明要素间的相关性越强,一般要求高于0.7。Bartlett球形检验一般要求小于0.01。SPSS计算可知,正式问卷中重要度问卷部分、Kano问卷正向问题部分和反向问题部分的总体样本数据的KMO值为0.795、0.815和0.763,Bartlett球形检验显著性 $\text{Sig.}<0.000<0.01$ ,表明三部分问卷样本效度较好(重要度问卷、Kano正向和反向问卷中各维度的相关检测值见表5、表6和表7)。

从表中数据可以看出,重要度问卷、Kano正向和反向问卷中各维度的KMO值普遍都不太高,基本都处于刚刚高于最低要求0.7的状态。重要度问卷、Kano正向和反向问卷中各维度的Bartlett球形检验均为 $\text{Sig.}<0.01$ ,较为理想。每个维度各个题项的因子载荷值也比较理想,基本都在0.6以上。每个维度的解释度都达到了最低标准0.6以上。综上所述,问卷

表5 重要度问卷因子分析表

设计维度	KMO值	Bartlett球形检验	题项	各题项因子载荷	解释总方差(%)
任务设计	0.835	0.000	1	0.729	78.10
			2	0.736	
			3	0.797	
			4	0.819	
			5	0.827	
交互设计	0.745	0.001	6	0.691	72.43
			7	0.709	
			8	0.773	
反馈设计	0.799	0.000	9	0.794	76.20
			10	0.815	
			11	0.688	
			12	0.751	
奖励设计	0.801	0.000	13	0.785	78.50
			14	0.758	
			15	0.812	

表6 Kano问卷正向题项因子分析表

设计维度	KMO值	Bartlett球形检验	题项	各题项因子载荷	解释总方差(%)
任务设计	0.859	0.000	1	0.778	80.98
			2	0.757	
			3	0.829	
			4	0.836	
			5	0.849	
交互设计	0.769	0.001	6	0.731	74.97
			7	0.726	
			8	0.792	
反馈设计	0.784	0.000	9	0.816	78.75
			10	0.833	
			11	0.725	
			12	0.776	
奖励设计	0.848	0.000	13	0.802	80.10
			14	0.771	
			15	0.830	

表7 Kano问卷反向题项因子分析表

设计维度	KMO值	Bartlett球形检验	题项	各题项因子载荷	解释总方差(%)
任务设计	0.806	0.000	1	0.724	76.60
			2	0.709	
			3	0.785	
			4	0.799	
			5	0.813	
交互设计	0.729	0.002	6	0.708	71.67
			7	0.698	
			8	0.744	
反馈设计	0.743	0.001	9	0.773	74.95
			10	0.796	
			11	0.690	
			12	0.739	
奖励设计	0.774	0.000	13	0.758	76.37
			14	0.732	
			15	0.801	

的效度符合要求。

#### 4.2 重要度问卷分析

本节将通过对重要度问卷部分的分析来测量各游戏化要素的重要程度。上文提到使用李克特五点尺度法设计重要度问卷,重要度从低到高的评价划分为:非常没必要、没必要、一般、有必要和非常有必要。这五个选项的权重分别为0.115、0.300、0.500、0.700和0.885。

被调查者选择评分等级个数与等级对应标准值

相乘,并求和得到每个要素的重要度值,如第一个题项被调查者选择五个评分的个数分别为 40、49、28、16 和 5,则第一个题项的重要度值为  $40 \times 0.885 + 49 \times 0.7 + 28 \times 0.5 + 16 \times 0.3 + 5 \times 0.115 = 89.075$ 。同理计算出其余要素的重要度值,为了更加直接方便的比较各要素的重要程度,计算出各要素的相对重要性,汇总了游戏化要素的具体计算数值(见表 8)。

表 8 游戏化要素重要度统计表

设计维度	题号	题项	重要度值	重要度百分(%)
任务设计	1	为公众科学项目赋予故事和情节	89.075	6.86
	2	故事情节设计借鉴史实事件或影视作品的情节等	80.070	6.17
	3	用户在项目中作为主人公存在	87.520	6.74
	4	在项目过程的不同阶段设置任务关卡	88.550	6.82
	5	发布的任务有难度系数的标识	90.385	6.96
交互设计	6	设计群体协作任务	73.050	5.62
	7	项目存在用户交流系统	75.390	5.81
	8	用户在项目中存在竞争和排名	89.445	6.89
反馈设计	9	用户可以得到实时任务完成度或 PK 等的信息反馈	85.935	6.62
	10	用户可以获得其在该项目中获得的勋章、成就的展示	89.230	6.87
	11	设计用户在项目中的经验等级	81.210	6.26
	12	设置升级标志并伴随新功能解锁	86.950	6.70
奖励设计	13	对用户任务的完成进行相应的奖励	95.480	7.36
	14	在项目进程的各个阶段都设有相应的奖励	93.325	7.19
	15	用户在项目中得到的奖励可以用来进行实物的兑换	92.355	7.11

从游戏化要素重要度统计表中可以看出,重要度问卷得出的数据表明,公众科学平台中比较重要的游戏化要素为第 13、14、15 要素。相对不太重要的要素为第 6、7、2 要素。实际上,重要度问卷得到的游戏化要素重要度百分比绝大多数都处于 6%~7%之间,并不能清楚的体现游戏化要素的重要性排序。因此,还需要结合 Kano 问卷对要素进行归类,分析各要素的重要程度和对用户满意度的影响关系,从而为公众科学平台的游戏化设计提供参考。

### 4.3 Kano 问卷分析

#### 4.3.1 游戏化要素归类

本部分进行 Kano 问卷分析。根据问卷数据进行相关 Kano 模型计算,即对游戏化要素进行分类。Kano 模型分类规则(见表 9)。

表 9 Kano 模型归类表

游戏化要素		不具备该要素				
		喜欢	理所应当	无所谓	能忍受	不喜欢
具备该要素	喜欢	Q	A	A	A	O
	理所应当	R	I	I	I	M
	无所谓	R	I	I	I	M
	可以忍受	R	I	I	I	M
	不喜欢	R	R	R	R	Q

计算要素被归于每个质量类别中的比例,即在每个类别中的隶属度,将要素归类到其隶属度最高的类别之中。当某一要素在最高与次高的两类隶属度之间差距小于或等于 5%时,则采用 Berger 等<sup>[47]</sup>提出的归类方法,即通过计算用户满意度系数进行归类。相对满意系数是增加满意系数与减少不满意系数之和,计算公式如下:

$$S_i = \frac{A_i + O_i}{A_i + O_i + M_i + I_i} \quad (\text{公式 1})$$

$$D_i = -\frac{M_i + O_i}{A_i + O_i + M_i + I_i} \quad (\text{公式 2})$$

其中: $A_i$ 、 $O_i$ 、 $M_i$ 、 $I_i$ 、 $R_i$ 、 $Q_i$  分别表示游戏化要素评价表中第  $i$  个要素被归类为 A、O、M、I、R 和 Q 的比例。 $S_i$  为第  $i$  个要素的增加满意系数,即产品提供满足该项质量属性时用户满意度提升的比例; $D_i$  为第  $i$  个要素的减少不满意系数,即产品不满足该质量属性时用户满意度下降的比例。

如果相对满意系数的值大于 1.1 就属于魅力质量要素(A),系数值在 0.9~1.1 之间就属于一维质量要素(O),系数值小于 0.9 就属于必备要素(M)(各个要素在 Kano 二维模型不同质量类别的隶属度和最终判定归类(见表 10)。

从 Kano 模型游戏化要素归类表可以看出,通过对被调查者评分数据的统计,大多数要素有比较明确的类别归属,仅有少数题项在不同类别中隶属度最小差距小于 0.5,需要进行相对满意度系数计算。经进一步计算,题项 4 的用户相对满意系数小于 0.9 被归类为必备质量(M)。题项 12 的用户相对满意系数在 0.9 至 1.1 之间被归类为一维质量要素(O)。游戏化要素经过 Kano 模型的分类,第 1、3、6、8、15 要素被归类为魅力质量(A);第 9、10、12 要素被归类为一维质量(O);第 4、5、13、14 要素被归类为必备质量

表 10 Kano 模型游戏化要素归类表

题号	游戏化要素在各质量类别中的隶属度					是否差异过小<5%	相对满意系数	归类
	魅力质量(A)%	一维质量(O)%	必备质量(M)%	无差异质量(I)%	反向质量(R)%			
1	37.68	23.19	31.88	7.25	0.00	否	—	A
2	27.54	17.39	15.22	35.51	4.35	否	—	I
3	44.20	19.57	21.74	14.49	0.00	否	—	A
4	22.46	26.81	29.71	15.94	5.07	2.9	0.87	M
5	21.01	32.61	40.58	5.80	0.00	否	—	M
6	39.13	13.77	12.32	24.64	10.14	否	—	A
7	21.74	28.26	11.59	36.96	1.45	否	—	I
8	32.61	26.09	29.71	7.97	3.62	否	—	A
9	25.36	43.48	29.00	2.17	0.00	否	—	O
10	26.81	39.86	31.88	14.49	0.00	否	—	O
11	13.77	21.74	24.64	31.16	8.70	否	—	I
12	23.19	29.00	26.09	15.22	6.52	2.91	0.95	O
13	13.04	36.23	50.00	0.72	0.00	否	—	M
14	15.22	38.41	44.93	1.45	0.00	否	—	M
15	35.51	26.09	25.36	10.14	3.00	否	—	A

(M);第2、7、11要素被归类为无差异质量(I)。

此外,除了表10的要素隶属度相关数据外,本研究还根据公式1和2对各要素的增加满意系数和减少不满意系数进行计算,并绘出了用户满意系数分布图(见图2)。由图可以看出,横坐标越大对用户满意度的提升就越大,纵坐标越大对用户不满意度的降低就越大,则处于图右上方的分布要素对增加用户满意度和降低不满意度都有很好的作用,仔细分析可以发现,右上方的要素基本为必备质量要素和一维质量要素,所以在公众科学平台设计中应该着重考虑这些游戏化要素。分布在图右下方的要素主要是魅力质量要素,可以给用户带来惊喜但对降低用户不满意度作用不大,在公众科学平台中可以

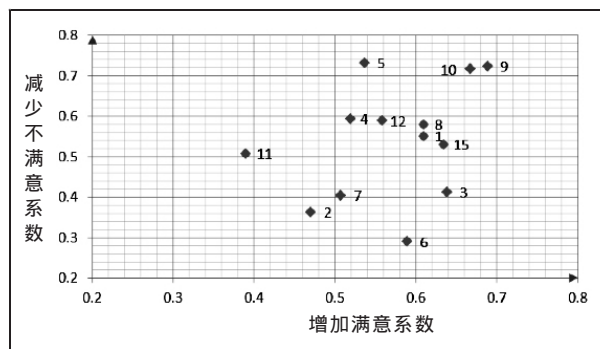


图2 各设计要素用户满意系数分布图

酌情考虑这些要素的设计。分布在图左下角的主要是无差异质量要素,对两方面影响都不大,在公众科学平台中可以适当减少这类游戏化要素的加入,节省项目的投入成本。

#### 4.3.2 游戏化要素的决策权重

Kano 模型调整后得出游戏化要素*i*的重要性权重 $k_i$ 的计算(见公式3),其中, $A_i$ 、 $O_i$ 、 $M_i$ 、 $I_i$ 、 $R_i$ 、 $Q_i$ 分别表示游戏化要素评价表中第*i*个要素被归类为A、O、M、I、R和Q的比例。魅力质量 $k_A=5$ ,一维质量 $k_O=3$ ,必备质量 $k_M=1$ ,无差异质量 $k_I=0$ ,可疑质量 $k_R=0$ ,反向质量 $k_Q=-3$ 。

$$k_i = A_i \times k_A + O_i \times k_O + M_i \times k_M + I_i \times k_I + R_i \times k_R + Q_i \times k_Q \quad (i=1, 2, 3, \dots, 16) \quad (\text{公式3})$$

将重要度问卷分析得到的各要素相对重要性百分比,Kano模型调整后的相对重要性值和用户满意度提升系数这三个数值相乘,作为游戏化要素的最终决策值,再进行百分比计算得到设计要素最终决策权重,该值表示游戏化要素在公众科学平台游戏化设计中所占的重要性比例,可作为游戏化设计的决策支持(各游戏化要素最终决策权重见表11)。

最终决策权重是在综合了全部问卷的评价分析结果之上得出来的,其结果融合了游戏化要素的重要性与满意度,更加合理的反映了各游戏化要素的相对重要程度。

表 11 各游戏化要素决策权重表

题号	重要性百分比(%)	调整后的相对重要性值	用户满意度提升系数	最终决策值	最终决策权重(%)
1	6.86	2.709	1.160	21.56	7.95
2	6.17	1.950	0.834	10.03	3.70
3	6.74	2.968	1.051	21.02	7.75
4	6.82	2.548	1.114	19.36	7.13
5	6.96	2.514	1.268	22.19	8.18
6	5.62	1.728	0.879	8.54	3.15
7	5.81	2.106	0.911	11.15	4.11
8	6.89	2.827	1.188	23.14	8.53
9	6.62	2.303	1.413	21.54	7.94
10	6.87	1.844	1.384	17.53	6.46
11	6.26	1.483	0.897	8.33	3.07
12	6.70	2.696	1.147	20.72	7.64
13	7.36	2.598	1.355	25.91	9.55
14	7.19	2.570	1.369	25.30	9.32
15	7.11	1.817	1.164	15.04	5.54



## 5 结果讨论及对策建议

### 5.1 游戏化要素归类结果讨论

在 Kano 模型中,魅力质量属性是用户未预料的产品属性,会给用户意料之外的欣喜,没有也不会产生太大影响,第 1、3、6、8、15 设计要素属于该质量分类。要素 1 是“为公众科学项目赋予故事和情节”,用户可能认为公众科学游戏化设计中设置故事背景更具趣味性,使科研项目不再晦涩难懂。同理,要素 3 “用户在项目中作为主人公存在”,这种游戏化设计赋予了公众科学项目类似于第一人称视角游戏的感觉,即让用户有游戏主人公的操作和体验,可以大大提升用户的满意度。要素 6 是“设计群体协作任务”,用户在习惯了独立完成任务时,群体协作任务可以带来很大新奇感,让用户积极参与到群体互动之中。同理,要素 8 “用户在项目中存在竞争和排名”也让用户处于群体间进行比较,可以大大提升用户参与项目的兴趣,从而提升参与热情。而要素 15 “用户在项目中得到的奖励可以用来进行实物的兑换”,不同于常见的虚拟奖励,实物的外界刺激也是十分博人眼球的。

一维质量属性越充分则表明用户满意度就越高,两者成正比例线性关系,第 9、10、12 设计要素属于该质量分类。要素 9 是“用户可以得到实时任务完成度或 PK 等的信息反馈”,用户认为明显的完成度提示与完成信息的评估反馈是对自身的认可,进而更好的激发其继续参与项目的动力,相反如果公众科学项目中该设计很差则会大大降低用户的满意度。同理,要素 10 “用户可以获得其在该项目中获得的勋章、成就的展示”和要素 12 “设置升级标志并伴随新功能解锁”越充分,用户就可以更方便的掌握完成的进程和状态,设计不充分则会对用户参与造成很大的困扰,影响满意度。

必备质量很充分时用户才会感觉比较满意,其余情况则非常不满意,说明必备质量属性是用户对该产品的预期需求,只有满足这种需求用户才能接受该产品,必备质量属性一般是产品或服务的基本属性,第 4、5、13、14 设计要素属于该质量分类。要素 4 “在项目过程的不同阶段设置任务关卡”和要素 5

“发布的任务有难度系数的标识”,这些要素都是游戏中比较常见的设计要素,对于项目进程与任务选择都有重要影响,可以避免用户有过高的使用负担,给用户轻松愉快的游戏体验。而要素 13、14 则从奖励设计角度说明了设置一定的奖励对用户满意度的重要影响,可以极大的激发用户的参与动力。本研究认为,划分为必备质量的这些要素在提高参与公众科学项目积极性方面至关重要,这些要素应作为公众科学平台游戏化设计首先要考虑的部分。

无差异质量属性是否充分,都不会对用户满意度产生变化,第 2、7、11 要素属于该质量分类。要素 2 是“故事情节设计借鉴史实事件或影视作品的情节等”,用户可能认为公众科学项目中故事情节是否借鉴经典事件并不重要,他们对该方面并不太关心。同理,要素 7 “项目存在用户交流系统”和要素 11 “设计用户在项目中的经验等级”对用户满意度同样没有影响,用户在独立完成任务为主的公众科学平台上不太会使用社交功能,以及纯粹的等级可能并不能区分用户之间的能力区别等。

### 5.2 游戏化要素最终决策权重排序结果讨论

根据游戏化要素归类结果表及表 11 游戏化要素最终决策权重可以发现,被归类为必备质量(M)的 4、5、13、14 要素中,要素 4 “在项目过程的不同阶段设置任务关卡”并没有位于前列,这从侧面表明关卡的设计一方面为公众科学项目的参与进程带来了节奏感,但另一方面也会在一定程度上影响任务的连续性,影响参与者的使用体验。而被归类为魅力质量(A)的 1、3、6、8、15 要素中,第 15 项“用户在项目中得到的奖励可以用来进行实物的兑换”排名较后,这可能是由于虽然必要的鼓励奖励机制可有效地提升参与效果,但外部的奖励机制,尤其实物化的外部奖励反而在某种程度上会削减用户内在的需求和本身对科学的研究欲望,从而削弱了用户参与的积极性。而第 6 项“设计群体协作任务”处在榜尾,可以推测带有合作性质的群体任务或许的确使人耳目一新,但在以个人为主要行动单位的多数公众科学平台中,似乎并没有太多必须合作才能完成的任务,如果可以独立完成任务被设计为多人合作,反而对用户的参与体验造成影响。

### 5.3 对策建议

根据本文的研究结果,笔者对公众科学项目在任务设计、交互设计、反馈设计和奖励设计四个方面提出相应的游戏化设计建议。(1)在任务设计方面,任务的难度标识和故事情节设计需要重点考虑。任务难度标识能够帮助参与者结合自身能力和任务难度对任务进行选择。当任务难度与自身能力相匹配,参与者能够顺利地完成任务,有助于提升参与者的成就感。参与者也可以从难度低的任务开始挑战,逐渐过渡到难度高的任务,这对参与者科学素养的提升具有较大的帮助。根据公众科学项目特征,将故事情节融入到任务中能够提升用户在完成任务过程中的趣味性和临场感,从而维持参与者的持续参与的热情;(2)在交互设计方面,排名是决策权重较大的游戏化魅力质量要素。排名有助于参与者了解公众科学项目参与群体规模,以及自身贡献度的竞争力。排名这一游戏化要素在众包任务中已有许多应用。在公众科学项目中,设计者可以将排名作为激励用户参与的方式之一;(3)在反馈设计方面,公众科学平台需要根据参与者的任务完成情况,以图形和动画的形式及时给予参与者反馈。如通过进度条来展示任务完成度、通过动画效果来显示用户等级成就和功能解锁等;(4)在奖励设计方面,在用户完成任务后和完成任务过程中设置相应的奖励是游戏化必备质量要素,并且决策权重名列前茅。公众科学平台可以通过虚拟奖励(如积分、经验值等)和实际奖励(如礼物、金钱等)两种方式给予参与者奖励。另外,平台也可以不定期向参与者给予一些惊喜奖励来激

发用户的参与度。游戏化要素不能只是简单、生硬地融入公众科学平台中,需要结合公众科学项目特征有针对性地进行游戏化设计。

### 6 结语

本文梳理了公众科学平台中游戏化要素,并根据 Kano 模型归类方法设计问卷。通过问卷收集的数据,计算出每个游戏化要素的重要度值和 Kano 质量类别隶属度。最后综合各要素相对重要性百分比、相对重要性值和用户满意度提升系数,得到了公众科学平台游戏化要素最终决策权重排序,并根据研究结果提出相应的对策建议。本文将公众科学平台与游戏化要素相结合,为信息管理领域研究公众科学方面填补了空缺,具有一定的理论价值。另外,本文更全面且深入地审视各种游戏化要素,为公众科学平台的游戏化设计提出了优化建议,具有一定的实践意义。

本文的研究也存在一些不足。本文的被调查者主要是参与过上海图书馆盛宣怀抄录公众科学项目的志愿者。由于问卷发放周期较短,且发放范围有限,最终仅回收 138 份有效问卷且样本集中于在校大学生群体。虽然“盛档”是我国大型数字人文类公众科学项目,但实际上该项目的平台运作成熟度有待提升,故本文的普适性和推广性会存在一定的局限。随着我国此类项目的逐渐增多,未来的研究可以选取不同领域下的公众科学项目游戏化要素的质量属性和决策权重进行对比分析,并且尽量确保样本的丰富性及均衡性。

### 参考文献:

- [1] 赵宇翔.科研众包视角下公众科学项目刍议:概念解析、模式探索及学科机遇[J].中国图书馆学报,2017,43(5):42-56.
- [2] Bonney R,Ballard H,Jordan R,et al.Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education.A CAISE Inquiry Group Report[J].Center for Advance of Information Science Education (CAISE),Washington,D.C,2009.
- [3] 赵宇翔,刘周颖,宋士杰.行动者网络理论视角下公众科学项目运作机制的实证探索[J].中国图书馆学报,2018,44(6):61-76.
- [4] Danielsen F,Burgess N D,Balmford A,et al.Local Participation in Natural Resource Monitoring:a Characterization of Approaches[J].Conservation Biology,2009,23(1):31-42.
- [5] 张轩慧,赵宇翔.国际公众科学领域演化路径与研究热点分析[J].数据分析与知识发现,2017,1(7):22-34.
- [6] Devictor V,Whittaker R J,Beltrame C.Beyond scarcity:citizen science programmes as useful tools for conservation biogeog-

- raphy[J].Diversity & Distributions,2010,16(3):354-362.
- [7] Zlodi G,Ivanjko T.Crowdsourcing digital cultural heritage[J].THE FUTURE OF INFORMATION SCIENCES,2013:199.
- [8] Hamari J,Koivisto J.Why do people use gamification services? [J].International Journal of Information Management,2015,35(4):419-431.
- [9] Kai H,Hamari J.A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature[J].Electronic Markets,2017,27(1):21-31.
- [10] Seaborn K,Fels D I.Gamification in theory and action:A survey [J].International Journal of Human-Computer Studies,2015,74:14-31.
- [11] Jung J H,Schneider C,Valacich J.Enhancing the Motivational Affordance of Information Systems:The Effects of Real-Time Performance Feedback and Goal Setting in Group Collaboration Environments[J].Management Science,2010,56(4):724-742.
- [12] Zhang P.Technical opinion:Motivational affordances: reasons for ICT design and use[J].Communications of the Acm,2008,51(51):145-147.
- [13] Hamari J,Koivisto J,Sarsa H.Does Gamification Work?..A Literature Review of Empirical Studies on Gamification[C].Hawaii International Conference on System Sciences.IEEE,2014:3025-3034.
- [14] Harris C G.The beauty contest revisited:measuring consensus rankings of relevance using a game[C].International Workshop on Gamification for Information Retrieval,2014:17-21.
- [15] Kacorri H,Shinkawa K,Saito S.Introducing game elements in crowdsourced video captioning by non.experts[C].Web for All Conference,2014:1-4.
- [16] Lee T Y,Dugan C,Geyer W,et al.Experiments on Motivational Feedback for Crowdsourced Workers[C].ICWSM,2013.
- [17] Saito S,Watanabe T,Kobayashi M,et al.Skill Development Framework for Micro.Tasking[C].Hci International,2014:400-409.
- [18] Bowser A,Hansen D,He Y,et al.Using gamification to inspire new citizen science volunteers[C].Proceedings of the first international conference on gameful design,research,and applications.ACM,2013:18-25.
- [19] Massung E,Coyle D,Cater K F,et al.Using crowdsourcing to support pro.environmental community activism[C].Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.ACM,2013:371-380.
- [20] Preist C,Massung E,Coyle D.Competing or aiming to be average?:normification as a means of engaging digital volunteers [C].Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing.ACM,2014:1222-1233.
- [21] Vasilescu B,Serebrenik A,Devanbu P,et al.How social Q&A sites are changing knowledge sharing in open source software communities[C].Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing.ACM,2014:342-354.
- [22] Geiger D,Schader M.Personalized task recommendation in crowdsourcing information systems—Current state of the art[J].Decision Support Systems,2014,65(C):3-16.
- [23] Choi J,Choi H,So W,et al.A Study about Designing Reward for Gamified Crowdsourcing System[C].International Conference of Design,User Experience,and Usability.Springer,Cham,2014:678-687.
- [24] Tinati R,Luczak Roesch M,Simperl E,et al.Because science is awesome:studying participation in a citizen science game [C].Proceedings of the 8th ACM Conference on Web Science.ACM,2016:45-54.
- [25] Ipeirotis P G,Gabrilovich E.Quizz: targeted crowdsourcing with a billion (potential) users[C].Proceedings of the 23rd international conference on World wide web.ACM,2014:143-154.
- [26] Herzl F.Motivation to work[M].Transaction Publishers,1959.
- [27] Kano N.Attractive quality and must-be quality[J].The Journal of the Japanese Society for Quality Control,1984,14(2):39-48.
- [28] 王萍,王毅,文丽.优化用户满意体验的数字资源建设探究[J].中国图书馆学报,2014,40(5):98-109.

- [29] 齐向华,符晓阳.基于 Kano 模型的图书馆电子服务质量要素分类研究[J].情报理论与实践,2015,38(4):80-85.
- [30] Garibay C,Humberto Gutiérrez,Figueroa A.Evaluation of a Digital Library by Means of Quality Function Deployment (QFD) and the Kano Model[J].Journal of Academic Librarianship,2010,36(2):125-132.
- [31] 涂海丽,唐晓波.微信功能需求的 KANO 模型分析[J].情报杂志,2015,34(5):174-179.
- [32] 涂海丽,唐晓波,谢力.基于在线评论的用户需求挖掘模型研究[J].情报学报,2015,34(10):1088-1097.
- [33] 董凌轩.面向信息素养教育的游戏化设计要素研究[D].南京:南京大学,2015.
- [34] 徐炜翰,赵宇翔,刘周颖.面向众包平台的游戏化框架设计及元素探索[J].图书情报知识,2018(3):26-34,4.
- [35] Taylor L N,Gonzalez S R,Davis V,et al.Bioterrorism at UF: Exploring and Developing a Library Instruction Game for New Students[M].Gaming in Academic Libraries: Collections,Marketing,and Information Literacy,2008:164-174.
- [36] Mary J.Snyder Broussard.Secret Agents in the Library: Integrating Virtual and Physical Games in a Small Academic Library [J].College & Undergraduate Libraries,2010,17(1):20-30.
- [37] Clyde J.Building an information literacy first-person shooter[J].Reference Services Review,2008(8):366-380.
- [38] Markey K,Swanson F,Jenkins A,et al.The effectiveness of a web-based board game for teaching undergraduate students information literacy concepts and skills[J].D-Lib Magazine,2008,14(9/10):1082-1093.
- [39] Jason Battles,Valerie Glenn,Lindley Shedd.Rethinking the Library Game:Creating an Alternate Reality with Social Media [J].Journal of Web Librarianship,2011,5(2):114-131.
- [40] Doshi A.How gaming could improve information literacy[J].Computers in Libraries,2006,25(5):14-17.
- [41] Smale M A.Learning Through Quests and Contests:Games in Information Literacy Instruction[J].Journal of Library Innovation,2011,2(2):36-55.
- [42] Donald J W.The Blood on the Stacks'ARG:Immersive Marketing Meets Library New Student Orientation[J/OL].[2019-04-20].[https://digitalcommons.trinity.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=lib\\_faculty](https://digitalcommons.trinity.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=lib_faculty).
- [43] Smith A,Baker L.Getting a clue:creating student detectives and dragon slayers in your library[J].Reference Services Review,2011,119(4):628-642.
- [44] Smith F A.Games for Teaching Information Literacy Skills[J].Library Philosophy & Practice,2007,9(2):11-20.
- [45] Markey K,Leeder C,Swanson F,et al.BiblioBouts:A Scalable Online Social Game for the Development of Academic Research Skills[J/OL].[2019-04-20].<https://commons.emich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=loexconf2010>.
- [46] Cortina J M.What is coefficient alpha?An examination of theory and application[J].Journal of Applied Psychology,1993,78(1):98-104.
- [47] Berger C.Kano's methods for understanding customer-defined quality[J].Center for Quality Management Journal,1993,2(4):3-36.

**作者简介:**赵宇翔(1983-),男,南京理工大学经济管理学院教授,博士生导师,研究方向:人机交互、社会化媒体;刘周颖(1994-),女,南京大学信息管理学院博士研究生,研究方向:网络信息资源管理、社会化媒体;徐炜翰(1993-),男,南京理工大学经济管理学院硕士研究生,研究方向:人机交互、众包。