

基于贝叶斯网络的用户需求分析方法研究

胡康, 刘伊天, 艾险峰

(武汉科技大学, 武汉 430065)

摘要: **目的** 尝试在设计研究中引入贝叶斯网络分析工具, 结合案例的统计数据计算, 分析用户需求与行为的映射关系, 系统设计快递包装回收的解决方案。**方法** 通过调查问卷法、观察法、访谈法对用户行为进行数据采集, 结合生活方式转变机制模型, 运用贝叶斯网络进行用户研究, 产出需求理解, 指导产品服务系统设计工作的开展。**结果** 快递包装再设计的产品基础属性、使用便捷性、系统完整程度会在很大程度上影响用户行为可持续性以及设计认同度。**结论** 通过研究形成了可持续的快递包装使用系统, 帮助引导用户可持续行为, 从产品全生命周期的理论角度为快递包装回收的产品服务系统设计提供了面向用户研究的全新设计思考方法, 证明了贝叶斯网络在用户研究中解决不确定性问题的积极意义。

关键词: 贝叶斯网络; 用户需求; 快递包装; 产品服务系统; 可持续行为

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0033-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.004

User Requirement Analysis Method Based on Bayesian Network

HU Kang, LIU Yi-tian, AI Xian-feng

(Wuhan University of Science & Technology, Wuhan 430065, China)

ABSTRACT: The work aims to introduce Bayesian Network as an analysis tool in the design research and analyze the mapping relationship between user requirement and behavior combined with the statistical data and calculation results of cases, so as to systematically design the solution for express packaging recycling. By means of questionnaire, observation and interview, data of user behavior were collected. Combined with the mechanism model of lifestyle change, user research was carried out by Bayesian Network to produce requirement understanding and guide the design of product service system. The basic product attributes, ease of use and system integrity of express packaging redesign greatly affected the sustainability of user behavior and design recognition. A sustainable express packaging use system is constructed which is conducive to guiding the sustainable behavior of users and provides a new design thinking method for user-oriented research in the design of product service system for express packaging recycling from the theoretical perspective of the whole life cycle of products, thus proving the positive significance of Bayesian Network in solving the uncertainty problem in user research.

KEY WORDS: Bayesian Network; user requirement; express packaging; product service system; sustainable behavior

近年来, 工业设计与各专业领域的交融变得更加多元化, 理论方法的运用对设计工作的逻辑性与严谨性发展具有积极意义^[1]。Kano 模型能够针对产品功能与用户需求映射展开功能的定级分类, 指导产品设计决策, 文献^[2]通过结合 Kano 模型修正用户需求信息权重来完善质量功能配置方法, 为设计研究提供了

从需求分析到产品特征产出的研究模型。层次分析法的定性定量分析同样在用户需求权重的研究中得到了成功的运用^[3]。用户体验研究的理论方法日趋成熟, 而寻找一个新的理论形式本身存在不稳定的冲突问题, 但是新的探索也是体验设计中用户需求研究进步和拓展必须迈开的又一步, 对用户需求的研究仍然

收稿日期: 2022-10-23

作者简介: 胡康 (1980—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为工业设计及理论研究。

通信作者: 刘伊天 (1998—), 男, 硕士生, 主攻工业设计及理论研究。

会是设计研究的重要方向^[4-5]。值得一提的是在用户需求表现的用户满意度问题上,上述方法在对应的样本容量、个体偏差、相关性问题研究等方面仍存在可以优化的空间。贝叶斯网络拥有更灵活的结构形式与分析方法,能够根据设计师需要的问题导向更有效地指导设计过程,并拥有较高的预测准确度^[6]。基于贝叶斯网络对复杂系统问题的分析能力,本文拟通过构建概率模型的形式指导用户研究。

1 贝叶斯网络

贝叶斯网络(Bayes Network, Bayesian Network)本质上是概率论与图论模型结合的产物,是基于贝叶斯公式解决不确定性问题的关联模型,表现形式上是经典的有向无环图模型,节点对应模型中的变量,有向边代表变量之间的依赖关系^[7]。变量集合的联合概率分布与相互关系均可通过贝叶斯网络的学习和统计推断功能,实现预测、分类、聚类、因果分析等数据采掘^[8]。

概率论本质上是事件描述的一种数学表现形式,可以为人们的主观认知提供准确的评价方式。Pearl在1986年提出贝叶斯网络,提出构成人类知识的基本逻辑不是系列事物的联合概率,而是在小组命题中定义的低阶边缘概率和条件概率^[9],因此贝叶斯网络本身更像是人类思维逻辑的一种规范映射。在文献^[10-11]中,贝叶斯网络将不同领域的知识抽象为概率模型,在定性定量研究中解决不确定性问题并进行推理预测,使各种应用中的问题都归结为计算概率模型中变量的概率分布,并给出了相关的网络构造方法以及网络学习的内容过程。国内关于贝叶斯网络的应用已经有了一定的研究基础,覆盖管理学、工程学、医学等多个领域,如毛子骏等^[12]运用贝叶斯网络进行农业生产中农药问题相关的风险评估研究,分析相关风险因素,发现重要影响因子并展开风险规避研究;刘书庆等^[13]将贝叶斯网络在处理不确定性问题上的适用性,应用于智慧城市信息安全风险评估的量化研究中,针对性地提出了关键问题与治理规划。

2 基于贝叶斯网络的用户需求分析

在工业设计相关领域中,贝叶斯网络的应用研究源于神经网络、用户建模等相关跨学科技术运用研究,目前仍然处于探索阶段,相关的文献比较有限。Garces等运用贝叶斯网络研究设计起始阶段的用户接受度问题,利用贝叶斯网络集合不同信息与数据的能力和推理性质,建立具有设计语言特征的评估体系,进而指导后续设计工作的进行^[14-15]。同时国内不少学者也开始关注基于贝叶斯网络的预测推理功能与机器学习的用户行为研究,包括用户行为的分类预测模型以及用户行为影响因素的路径分析^[16-17]。用

户行为分析中蕴含着用户需求研究的关键信息,因此在设计研究中贝叶斯网络的应用是具有研究价值与意义的。

“以用户为中心”的设计原则,要求设计师对用户需求有准确的理解。设计师同样可以运用贝叶斯网络的因果推理,进行用户行为的调查研究分析,从统计学的角度思考不同影响因素节点与用户行为节点、用户体验节点的因果关系,同时判断影响程度,发掘用户行为中的设计点,优化用户体验。对比现有的典型设计方法,贝叶斯网络在设计活动中的运用同样具有优势:

1) 贝叶斯网络结构决定了方法的目的,而贝叶斯网络灵活的结构特点保证了贝叶斯网络对多种问题的应对能力,因此现阶段团队研究的贝叶斯网络更倾向于用户需求权重与满意度分析,对需求与产品特征的映射同样可以通过新的算法优化网络结构完成。

2) 贝叶斯网络本身是一种基于人类思维逻辑的规范映射形式,因此在网络节点确定的过程中需要对不同影响因素进行明确的分类,规范的贝叶斯网络本身在具备了AHP方法的优势的同时,能够有效补足AHP方法中缺少的要素间的影响关系分析。

3) 贝叶斯网络的实质是概率图模型,个体偏差问题在贝叶斯方法中能够得到有效的界定,但是同样需要更庞大的样本容量来支持概率运算。

4) 相较于Kano模型依赖标准化问卷的绝对基础,贝叶斯网络的问卷调查会更加易于操作并能够进行大范围的数据分析。

但与现有设计方法相同的是,贝叶斯网络仍然可以与多种方法或者算法结合进行使用,这样的复合方法同样具有很强的科学性与实用性^[6]。其初步应用形式与方法流程见图1。

3 基于贝叶斯网络的快递包装可持续设计实例

后疫情时代,快递业的发展进一步加快,快递包装的可持续发展成为了国内外研究的热点。文献^[18]指出消费者的心理因素对快递包装可持续使用的重要性,而从行为的角度考虑产品购买和回收,消费者的特征差异会对行为产生不同的影响。可持续行为的研究更关注用户行为与产品交互方式相关的自然环境^[19],同时文献^[20]指出用户可持续行为问题在包装设计涉及多方协调的复杂网络体系,引导相关群体行为互动的有效性与可持续性会具有更重要的意义。因此,通过产品、服务和系统的设计,实现产品策略与用户关系的动态平衡,引导用户的可持续行为会是一种解决问题的良好形式。

3.1 贝叶斯网络结构构建

这一阶段贝叶斯网络方法的目标是通过估计解

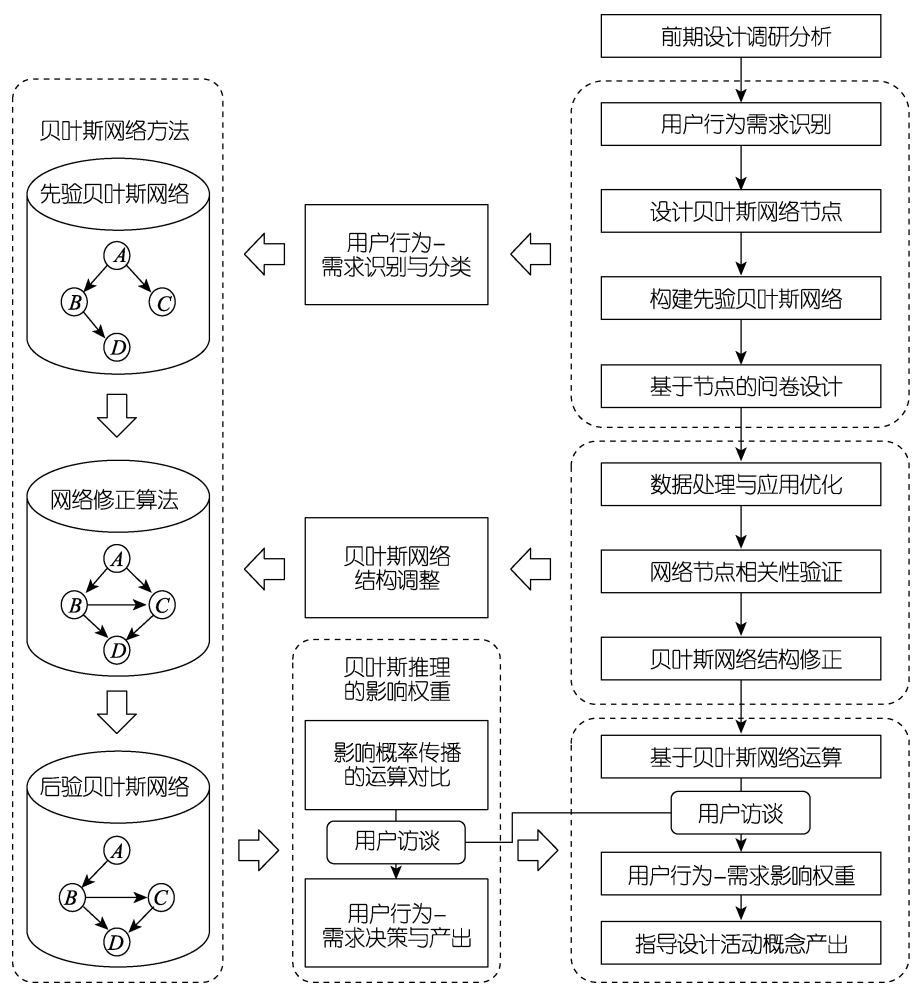


图 1 贝叶斯网络指导设计相关应用形式与方法流程
Fig.1 Application form and method flow of Bayesian Network guiding design

决方案概念的可接受性指数，帮助设计师确定该指数会受到哪些因素的影响，从而为概念验证过程作出贡献。根据变量之间的因果关系以及专家系统，设计师可以建立先验贝叶斯网络，进而有效结合先验知识与数据展开因果分析。

3.1.1 确定贝叶斯网络节点变量

贝叶斯网络的构建需要确定变量集，也就是网络节点，这点需要在设计问卷时进行统一考虑。在用户研究中需要进行最基础的用户属性分类，这也是本次基础研究的核心。快递包装回收的设计涉及对用户行为的引导，是对用户现有生活行为方式的重构，基于生活方式转变机制模型^[5]对用户属性进行分类，归纳出自身条件、外部环境、行为习惯、生活方式、反思属性五类用户属性进行用户研究，可将现有属性分为“用户基础属性”与“行为方式属性”两类，并针对性地进行适应性的内容调整：

1) 在用户基础属性中，自身条件属性可以表现为用户年龄、用户性别以及用户职业等多种表现形式；而外部环境属性的典型代表即社会政策，如表 1 所示。

表 1 用户基础属性
Tab.1 Basic attributes of user

属性分类	节点	节点属性	属性描述
自身条件	A	年龄	用户年龄阶段差异
	B	性别	用户性别群体差异
	-	职业	用户职业内容差异
外部环境	-	社会、政策	客观环境的影响差异

2) 行为方式属性的表现形式主要为用户快递使用行为的相关内容，包括行为习惯中用户使用快递服务的频率和现阶段用户处理废弃包装的习惯；经常使用的快递包装类型能够在一定程度上反应用户生活内容的特征；而反思属性的内容包含了用户对现有生活形式的思考以及对设计师拟定的新设计策划的评价，如表 2 所示。

在实际的先验贝叶斯网络构建中，研究团队认为在现阶段的情景分析中，用户职业相关的差异对用户行为的影响较为复杂，因此并没有将职业属性作为本次研究的重要变量进行分析；在社会政策相关的因子分析中，由于现阶段缺乏明确的社会政策声明，所以用户对政策的信息理解水平并不适合作为分析标准。

表 2 用户行为方式属性
Tab.2 User behavior attribute

属性分类	节点	节点属性	属性描述
行为习惯	C	频率	用户使用频率分级差异
	E	回收	用户回收包装习惯差异
生活内容	D	类型	快递产品包装差异
反思属性	F	认同	设计策划的用户认可度

因此,团队最终针对用户主观控制的行为相关问题构建先验贝叶斯网络,依据用户年龄、用户性别在内的六个指标进行描述,对应 A、B、C、D、E、F 六个变量。

3.1.2 基于贝叶斯网络的用户调研设计

在研究阶段针对快递的部分问题进行了选取,采用设计调研的形式发放问卷。问卷要求测试者根据快递使用中的习惯特征选择分类,方便设计师根据每一个因素节点进行分析运算,并进行用户行为特征与需求重要性分类。根据确定的贝叶斯网络节点变量,问卷选取上述六个维度进行用户数据调研。团队最终回收 453 份调查问卷,通过有效性验证获得 431 份有效问卷,并通过分层抽样筛选出 113 份问卷进行数据结构检验,验证贝叶斯网络运用于用户研究的有效性。431 份有效问卷的具体样本数值见表 3。

表 3 调研问卷具体样本数值
Tab.3 Specific sample value of survey questionnaire

项目名称	项目内容	样本值 (占比/%)
性别	男	219 (50.8)
	女	212 (49.2)
年龄	16~25 岁	122 (28.3)
	26~45 岁	127 (29.5)
	46 岁以上	182 (42.2)
频率	低使用频率	113 (26.2)
	中使用频率	269 (62.4)
	高使用频率	49 (11.4)
包装类型	快递袋	184 (42.6)
	快递盒	243 (56.4)
	文件信封	4 (1.0)
处理方式	方式一:直接丢弃	113 (26.2)
	方式二:选择性利用	266 (61.8)
	方式三:移交回收	52 (12.0)
认同度	认同	309 (71.8)
	一般	87 (20.1)
	不认同	35 (8.1)

由于用户的反思属性具有复杂性,团队针对这一变量设计了对应的三个观察变量,在保证问卷效率的基础上,运用 3 级李克特量表,对“方案认同度”的复杂数据描述进行更全面的补充说明。同时运用 SPSSAU 平台计算 3 个观察变量的克伦巴赫 α 系数

(Cronbach α) 为 0.863,大于 0.8,说明观察变量指标的一致性较好,计算结果见表 4。

表 4 观察变量 Cronbach 信度分析
Tab.4 Cronbach reliability analysis of observed variables

名称	校正项总计相关性 (CITC)	项已删除的 α 系数	Cronbach α 系数
获得的奖励能够促使我更加积极参与	0.723	0.825	
使用这个设计是非常好的行为	0.748	0.800	0.863
使用这个设计对我来说不存在问题	0.751	0.799	

基于调查问卷发现的问题,团队完成问卷调研后寻找了 10 名用户进行单人访谈,以确定差异,补足问卷可能存在的疏漏,建立更加立体有效的样本数据库,指导后续的设计工作。

3.1.3 贝叶斯网络结构学习修正

根据变量之间的因果关系以及专家系统,设计师可以建立先验贝叶斯网络,并有效结合先验知识与数据展开因果分析。但是贝叶斯网络是一种知识表示形式,先验贝叶斯网络仍然存在很强的主观性,因此将数据导入贝叶斯网络模型并进行结构学习是非常重要的。通过分层抽样筛选出 113 份问卷进行数据结构检验,并应用方差分析、假设检验、卡方检验以及 ROC 曲线等方法,对网络结构进行检验运算,见表 5。

假设检验结果显示,在先验贝叶斯网络的结构中,若将显著性水平设置为 0.1,节点(A)与节点(E)的 P 值达到 0.86 远大于显著性水平,因此需要对节点(A)与节点(E)的网络结构进行调整。节点(D)的网络结构同样需要进行调整。同时部分相关节点的假设检验 P 值远小于 0.001 的显著性水平,表明构建的先验贝叶斯网络已经具有较好的逻辑水平,见表 6。

调整节点关系后的后验贝叶斯网络具有更完整的逻辑架构,能够更加有效地辅助后续的用户需求分析,同时网络模型 AUC 值为 0.752,大于 0.7 的标准要求,见图 2。

3.2 数据运算

3.2.1 调研数据处理

根据确定的网络结构,借助 Netica 贝叶斯网络工具,导入调研所得 431 份有效问卷的样本数据,对快递包装相关用户需求进行系统分析评估。具体操作如下:第一,基于数据学习后的后验贝叶斯网络建立贝叶斯网络,节点属性定义为离散型,节点状态设置为调研数据对应的变量形式;第二,将现阶段快递包装用户使用体验的样本数据重新导入贝叶斯网络

表 5 网络节点条件概率方差分析基础数据
Tab.5 Basic data for conditional probabilistic variance analysis of network node

节点	分析内容	$P(n A)$	$P(n B)$	$P(n C)$	$P(n D)$	$P(n E)$
C 频率	标准差 σ	0.050 8	0.036 9	—	—	—
	算术平均	0.081 8	0.083 2	—	—	—
D 类型	标准差 σ	—	—	0.041 2	—	—
	算术平均	—	—	0.066 8	—	—
E 回收	标准差 σ	0.010 8	0.034 7	0.059 1	0.013 6	—
	算术平均	0.021 8	0.076 2	0.084 2	0.022 6	—
F 认同	标准差 σ	—	—	0.033 0	0.010 1	0.087 0
	算术平均	—	—	0.071 8	0.021 8	0.128 2

表 6 基于网络节点条件概率的假设检验
Tab.6 Hypothesis testing based on conditional probability of network node

节点	假设检验	$P(n A)$	$P(n B)$	$P(n C)$	$P(n D)$	$P(n E)$
C 频率	test statistic	8.50	10.76	—	—	—
	P-value	0.07	0.00*	—	—	—
D 类型	test statistic	—	—	5.02	—	—
	P-value	—	—	0.08	—	—
E 回收	test statistic	1.32	10.40	16.89	1.50	—
	P-value	0.86	0.01	0.00*	0.47	—
F 认同	test statistic	—	—	19.06	2.29	57.99
	P-value	—	—	0.00**	0.32	0.00***

注：*表示 $p<0.01$ ；**表示 $p<0.001$ ；***表示 $p<0.000\ 1$

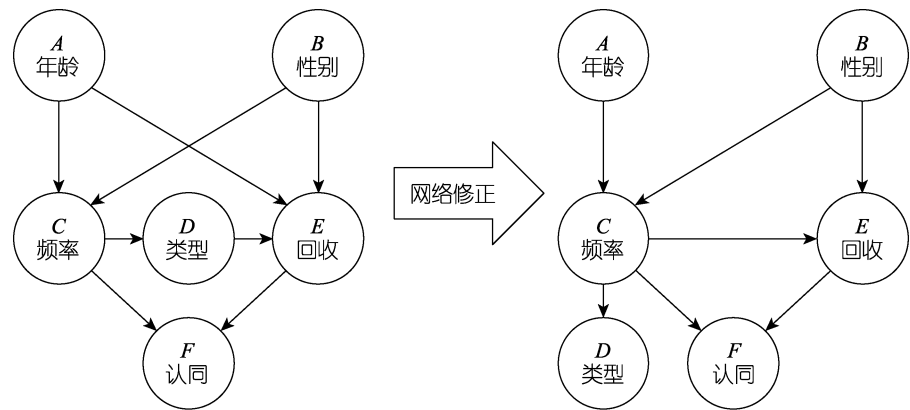


图 2 后验贝叶斯网络
Fig.2 Posterior Bayesian Network

模型，利用软件算法学习参数，计算出贝叶斯网络中每个节点对应的变量指标；第三，设置节点变量数值并进行记录，分析特定变量数据下的用户需求模型变化情况，产出用户需求特征。Netica 建立的贝叶斯网络形式与定向数据分析结果见图 3。

不同基础属性的用户对系统性的快递包装回收设计都表现出认同(F1)的概率较高，达到 71.8%，说明现有快递包装回收问题较为明显，也需要建立系统的快递包装回收体系。快递用户目前已经形成一种比较好的快递包装回收利用意识(E)，用户直接丢弃包装(E1)的概率在 26.2%左右。快递包装形式(D)

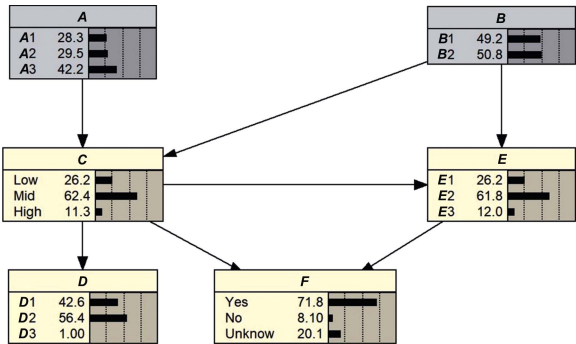


图 3 运用 Netica 贝叶斯网络工具的用户认同分析
Fig.3 User recognition analysis based on Netica

更多的是快递盒、快递袋，最初邮寄形式的文件信封相对较少，这也与如今普及的网络购物形式相呼应。用户的快递使用频率(C)则保持在一个正常的数值水平。

现阶段快递包装用户使用体验的贝叶斯网络定向数据分析如表 7。以调研问卷的统计数据为对照组，实验组定向选择快递包装回收系统设计的认同度(F)分析时，对比发现在不认同(F2)新的回收体系的用户群体性别(B)变量中女性(B1)的概率上升明显，且快递使用率(C)在中高水平(C2/C3)的概率显著提升，分别为 79.5%和 19.5%，现阶段快递回收形式(E)直接丢弃的比例显著下降，使用菜鸟驿站回收箱(E3)的概率明显提升，达到 40.4%，可以推断中高强度的用户在快递包装的回收问题中都已经形成了自己能够接受的方式，新的回收系统提案存在较大的不确定性与复杂性，影响了用户的实际认同度。实验组选择现有快递包装处理形式(E)进行分析时，对比数据显示中等频率群体(C2)的用户直接丢弃包装(E1)的概率降低到

50%，而低频率群体(C1)和高频率群体(C3)的概率分别提升到 32%和 18%，同时他们对提案的认同(F1)概率高达 79.6%，不认同(F2)的概率仅为 0.32%；自己回收利用(E2)用户的整体表现概率变化不大，在快递使用频率(C)的节点中表现为低中等级使用频率(C1/C2)的概率增加，分析原因倾向于过多的快递包装并不利于自己回收利用，工作量大导致用户体验不佳；使用菜鸟驿站回收箱(E3)的用户是中等使用频率(C2)的概率达到 80%，提案的不认同(F2)概率也显著提升到 27.2%，分析结果与之前提及的情况接近。实验组选择用户的快递使用频率(C)进行分析时，使用频率(C1)低的用户有 82.3%的提案认同概率(F1)；中等使用频率(C2)用户的提案认同概率(F1)降低到 67.3%，但仍然较高；在高频率(C3)用户的快递包装处理方式(E)中直接丢弃(E1)与驿站回收(E3)的概率增加到 41.6%和 15%，提案的不认同(F2)概率提升到了 13.9%，但提案认同(F1)概率仍然较高为 72.5%，与前文分析一致。

表 7 控制变量的用户认同影响分析
Tab.7 Influence analysis of user recognition based on control variables

分组	控制变量	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
对照组	—	28.3	29.5	42.2	49.2	50.8	26.2	62.4	11.3	26.2	61.8	12.0	71.8	8.1	20.1
	C1	34.0	24.2	41.8	34.5	65.5	100	—	—	32	65.4	2.67	82.4	0.3	17.3
	C2	25.2	32.6	42.2	49.5	50.5	—	100	—	21	63.6	15.4	67.3	10.3	22.4
	C3	31.8	24.9	43.3	81.3	18.7	—	—	100	41.6	43.4	15.0	72.5	13.9	13.6
实验组	E1	29.1	29.6	41.3	56.1	43.9	32.0	50.0	18.0	100	—	—	79.6	0.32	20.0
	E2	28.3	29.2	42.6	41.4	58.6	27.7	64.3	7.96	—	100	—	72.3	7.67	20.1
	E3	26.2	31.5	42.3	74.3	25.7	5.81	80.0	14.19	—	—	100	52.3	27.2	20.5
	F1	28.6	29.2	42.2	49.2	50.8	30.1	58.5	11.4	29.0	62.2	8.77	100	—	—
	F2	26.2	31.2	42.7	57.2	42.8	0.99	79.5	19.5	1.03	58.6	40.4	—	100	—

3.2.2 运算结果分析

在快递包装回收系统设计的用户研究中，现阶段的包装回收缺乏系统的服务管理，用户需要一个系统、完整的快递包装回收设计来优化快递服务体验。同时系统的操作便捷性、奖励机制的设立能够有效促进系统的可持续运行，保证不同属性用户的参与使用。基于贝叶斯网络的用户调研，通过统计数据计算有针对性地明确了用户需求特征，为后续开展原型、设计策划提供了设计方法与逻辑依据。在网络学习与结构修正过程中，通过数据调整网络结构，纠正设计师思考过程中的主观错误，从而保证设计工作正确高效进行。数据运算结果之间相互能够形成支撑，也证明了运用贝叶斯网络进行用户研究的准确性与可行性。

3.3 设计产出

通过前期用户调研得到用户对快递包装的需求数据，运用贝叶斯网络进行统计数据计算，能够得到

快递包装回收系统设计中的用户需求以及不同属性用户群体的需求差异。在设计过程中将得到的基本需求与特殊差异相结合进行思考，着重针对以下特点进行设计实践：（1）可持续性，这是回收系统的核心，包含系统本身的可持续循环以及用户的可持续行为，两者相辅相成才能够推动设计系统的良性循环；（2）便捷性，便捷性问题涉及回收系统中回收环节能否顺利进行，这也是贝叶斯网络分析过程中用户传统回收习惯带来的潜在风险问题；（3）安全性，这一特点涉及包装本身的物理保护安全以及用户的信息隐私安全问题，这是快递包装的一个基本属性要求，并且拥有比较成体系的相关行业规定法则。基于调研总结的设计要素，团队展开了“Square Package”快递包装回收系统的设计，回收系统的构建不应该是快递服务体系中的一个独立环节，更应该是促进用户行为可持续的双向体系，从而真正实现用户与运营需求的双向动态平衡，见图 4。

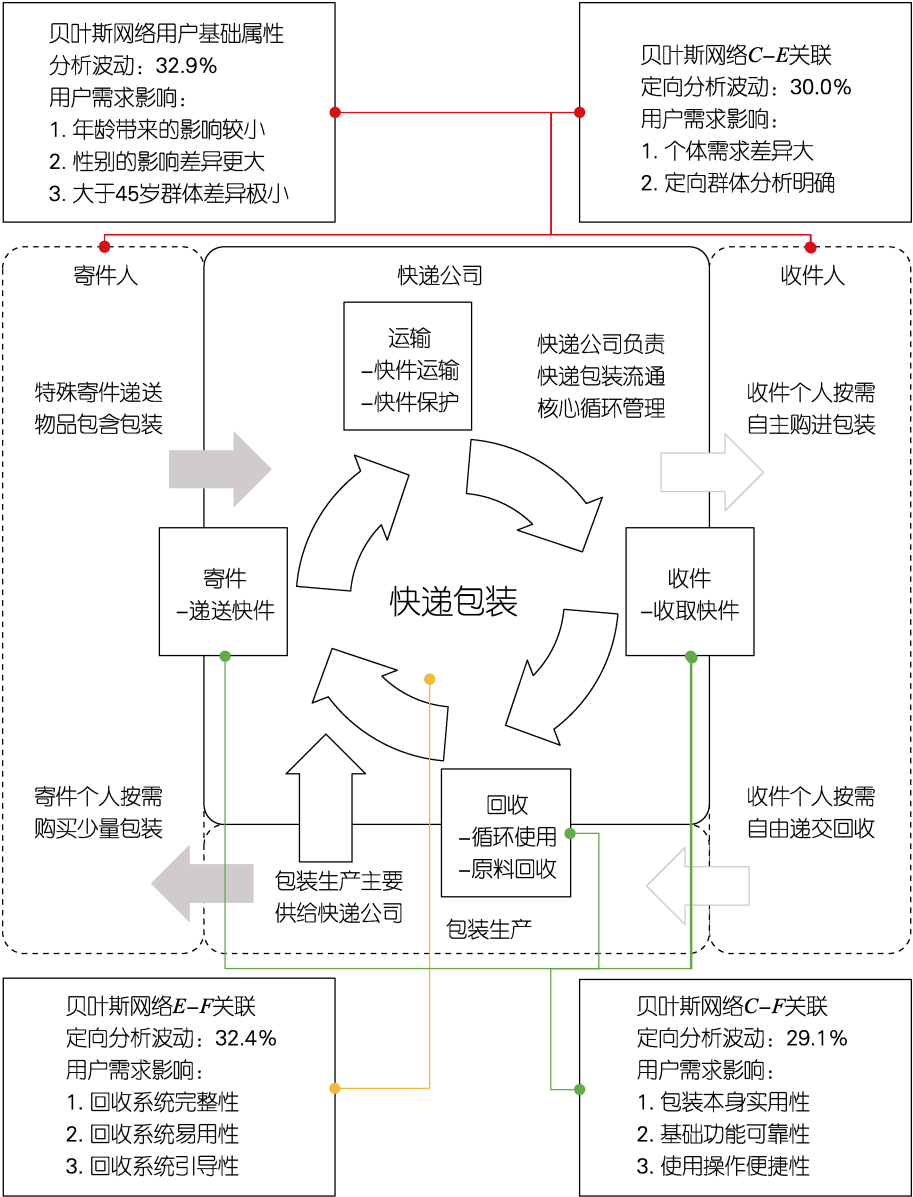


图 4 “Square Package” 快递包装回收产品服务系统设计

Fig.4 "Square Package"—design of service system for express packaging recycling products

3.3.1 可持续性设计

系统设计的完整性与可用性是贝叶斯网络分析过程中最重要的结论产出。由于现阶段用户已经自发地形成了自己的快递包装回收形式，因此在贝叶斯网络的控制变量分析中，节点(E)与节点(F)的相关概率波动较大。新系统设计的完整性以及服务系统对用户的有效引导会在很大程度上影响用户体验与认同度。“Square Package”重新规划系统流程，优化快递服务体验，可以实现快递包装的可持续使用。同时通过设置奖励机制，引导用户的可持续行为，保持不同等级用户的使用黏性与行为可持续性。

3.3.2 便捷性设计

便捷性的需求特征是结合贝叶斯网络定向分析与用户访谈方法总结出的用户需求特征，是通过贝叶

斯网络分析产出的另一个重要结论。“Square Package”旨在为用户提供便捷的操作体验，优化现阶段的回收流程。因此，针对包装循环使用的问题进行了设计，可以进行多种包装形式的变化使用，见图 5。

3.3.3 安全性设计

快递包装安全性的方向选择主要源于问卷调查以及用户访谈的结论，属于用户群体对新设计中快递包装基础功能的关注。气柱袋样式的设计拥有良好的产品基础，适合改造与生产运用，见图 6。

3.4 实践总结

基于设计实践的演示实验，贝叶斯网络确实是在用户需求研究的应用中展现了特殊的分析能力。对比现阶段基于设计思维模式开展的设计实践，设计师在思考用户行为的过程中，传统的思维方式确实容易出现

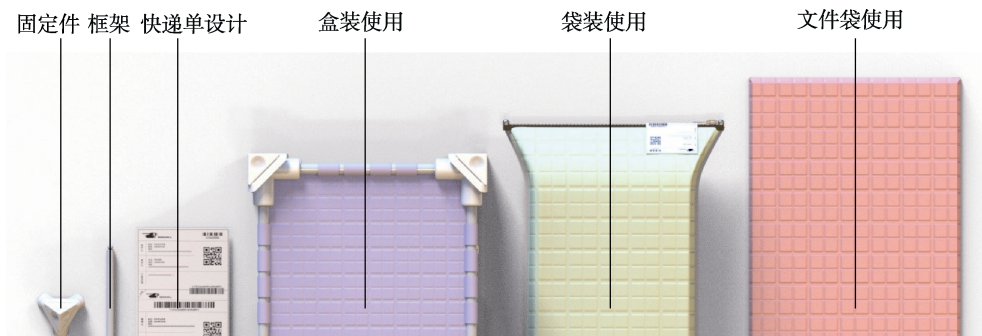


图 5 “Square Package” 快递回收包装便捷设计
Fig.5 "Square Package"—convenient design of express recycling packaging

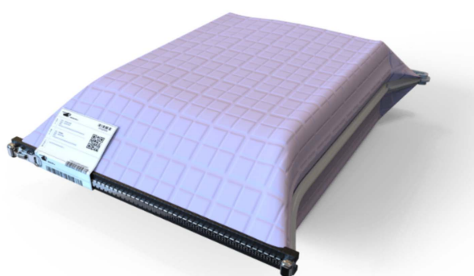


图 6 “Square Package” 快递回收包装的设计
Fig.6 "Square Package"—design of express recycling packaging

主观认知带来的分析错误,例如在分析最基础的用户年龄属性的过程中,传统的分析方法可能会主观带入过多的理解分析,不准确的理解分析产生的结果同样是不准确的;贝叶斯网络能够构建明确的逻辑框架,并基于用户问卷数据开展严谨的数理统计分析,产出更加严谨准确的用户需求分析结果。同样在进阶的用户行为习惯分析中,贝叶斯网络同样能用明确的数据差异展示有效的分析结果。

4 结语

本研究通过探讨学习贝叶斯网络的基本方法与形式,结合案例的统计数据,思考贝叶斯网络在设计学领域的应用价值,并运用运算统计结果指导设计工作的开展。研究证明了贝叶斯网络在用户研究中解决不确定性问题的积极意义:一方面,贝叶斯网络用图表形式为思考问题的行为提供了一个描述框架,其概率论与图论模型属性为感性的设计思维提供了细致严谨的逻辑;另一方面,贝叶斯网络能够引导设计师思考不同用户的行为属性、用户体验需求的相关性水平,发现用户行为背后的实际影响因素,并能够协助设计师高效筛选、分析调研数据,理解用户需求,最终指导设计工作。

然而需要指出的是,贝叶斯网络虽然已经被广泛运用于各个学科领域,但是在设计学中的应用案例却十分有限,因此有关贝叶斯网络的方法运用仍然有非常多的问题需要进一步学习探讨。团队下一步期望针

对贝叶斯网络在用户研究中的运用形式等进行统计数据计算,同时展开设计实践反馈完成方法验证,使贝叶斯网络在用户研究中的运用更加全面高效。

参考文献:

- [1] CASH P J. Developing Theory-Driven Design Research[J]. Design Studies, 2018, 56: 84-119.
- [2] 孙园园, 刘飞, 李丽. 基于 Kano-QFD 的个性化产品属性指标重要度确定方法[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(11): 2697-2704.
SUN Yuan-yuan, LIU Fei, LI Li. Importance Determining Method of Personalized Product Attributes Based on Kano-QFD Integration Model[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(11): 2697-2704.
- [3] 陈媛, 宋端树, 辜俊丽. 集成 QFD/TRIZ/AHP 的产品创新设计模式研究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 150-155.
CHEN Yuan, SONG Duan-shu, GU Jun-li. Product Innovation Design Method Integrated with QFD/TRIZ/AHP[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 150-155.
- [4] 张晓晨, 姚小玉, 梁颖嫦, 等. 工业设计方法的多维分析及其可视化[J]. 包装工程, 2020, 41(4): 34-42.
ZHANG Xiao-chen, YAO Xiao-yu, LIANG Ying-chang, et al. Multi-Dimensional Analysis and Visualization of Industrial Design Methods[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(4): 34-42.
- [5] 辛向阳. 从用户体验到体验设计[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 60-67.
XIN Xiang-yang. From User Experience to Experience Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 60-67.
- [6] LUO Shu-ting, SU C T, LEE Wen-chen. Constructing Intelligent Model for Acceptability Evaluation of a Product[J]. Expert Systems With Applications, 2011, 38(11): 13702-13710.
- [7] 张宏毅, 王立威, 陈瑜希. 概率图模型研究进展综述[J]. 软件学报, 2013, 24(11): 2476-2497.
ZHANG Hong-yi, WANG Li-wei, CHEN Yu-xi. Research Progress of Probabilistic Graphical Models: A Survey[J]. Journal of Software, 2013, 24(11): 2476-2497.

- [8] 林士敏, 田凤占, 陆玉昌. 贝叶斯网络的建造及其在数据采掘中的应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(1): 49-52.
LIN Shi-min, TIAN Feng-zhan, LU Yu-chang. Construction and Applications in Data Mining of Bayesian Networks[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2001, 41(1): 49-52.
- [9] PEARL J. Fusion, Propagation, and Structuring in Belief Networks[J]. Artificial Intelligence, 1986, 29(3): 241-288.
- [10] 胡玉胜, 涂序彦, 崔晓瑜, 等. 基于贝叶斯网络的不确定性知识的推理方法[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2001, 7(12): 65-68.
HU Yu-sheng, TU Xu-yan, CUI Xiao-yu, et al. A Inferential Method of Uncertain Knowledge Based on Bayesian Network[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2001, 7(12): 65-68.
- [11] 王辉. 用于预测的贝叶斯网络[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2002, 34(1): 9-14.
WANG Hui. The Bayesian Network of being Used Forecasting[J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 2002, 34(1): 9-14.
- [12] 毛子骏, 梅宏, 肖一鸣, 等. 基于贝叶斯网络的智慧城市信息安全风险评估研究[J]. 现代情报, 2020, 40(5): 19-26, 40.
MAO Zi-jun, MEI Hong, XIAO Yi-ming, et al. Risk Assessment of Smart City Information Security Based on Bayesian Network[J]. Journal of Modern Information, 2020, 40(5): 19-26, 40.
- [13] 刘书庆, 王怡萍. 产品质量危机事件原因挖掘模型研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(11): 176-182.
LIU Shu-qing, WANG Yi-ping. Research on Causes Mining Model of Product Quality Crisis Event[J]. Operations Research and Management Science, 2021, 30(11): 176-182.
- [14] ARBELAEZ GARCES G, RAKOTONDRAIVAIVO A, BONJOUR E. An Acceptability Estimation and Analysis Methodology Based on Bayesian Networks[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2016, 53: 245-256.
- [15] ARBELAEZ GARCES G, RAKOTONDRAIVAIVO A, BONJOUR E. Improving Users' Product Acceptability: An Approach Based on Bayesian Networks and a Simulated Annealing Algorithm[J]. International Journal of Production Research, 2016, 54(17): 5151-5168.
- [16] 高晶鑫, 隗志才, 倪安宁. 基于贝叶斯网络的出行者目的地选择行为建模与应用[J]. 系统管理学报, 2015, 24(1): 32-37.
GAO Jing-xin, JUAN Zhi-cai, NI An-ning. Modeling and Applications of Traveler Destination Choice Behavior Based on Bayesian Network[J]. Journal of Systems & Management, 2015, 24(1): 32-37.
- [17] 刘建荣, 刘志伟. 基于贝叶斯网络的老年人公交出行行为研究[J/OL]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2022: 1-9. (2022-03-07). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1824.U.20220303.2300.002.html>.
LIU Jian-rong, LIU Zhi-wei. Analysis of the Old's Traveling Behavior by Bus Based on the Bayesian Network[J/OL]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2022: 1-9. (2022-03-07). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1824.U.20220303.2300.002.html>.
- [18] MARTINHO G, PIRES A, PORTELA G, et al. Factors Affecting Consumers' Choices Concerning Sustainable Packaging during Product Purchase and Recycling[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2015, 103: 58-68.
- [19] WANG Qing-zhou, ZHANG Wen-yu, TSENG C P M L, et al. Intention in Use Recyclable Express Packaging in Consumers' Behavior: An Empirical Study[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 164: 105115.
- [20] MATTIA G, DI LEO A, PRATESI C A. Recognizing the Key Drivers and Industry Implications of Sustainable Packaging Design: A Mixed-Method Approach[J]. Sustainability, 2021, 13(9): 5299.

责任编辑: 马梦瑶