

DOI:10.13196/j.cims.2021.12.027

基于 SIR-HCA 模型的自主品牌 汽车企业负面口碑扩散研究

周福礼¹, 叶正梗²

(1. 郑州轻工业大学 经济与管理学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学 管理工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要:为提高国产汽车消费忠诚度,改善客户关系,从微观视角研究了顾客抱怨的产生和负面口碑的扩散过程及规律,指导自主品牌整车企业实施持续改进。首先,依据负面口碑形成过程,将汽车消费生态圈参与个体划分为不同状态,借鉴 SIR 疫病模型,刻画负面口碑传播过程。其次,考虑到抱怨个体的异质性,利用异质元胞自动机建模方法,构建负面口碑传播的动力学模型。最后,借助离散动力学仿真,研究初始抱怨比例、产品质量水平、售后服务水平和抱怨者分布模式等对负面口碑扩散的影响。结果表明,负面口碑的扩散效应明显,产品质量和售后服务作为顾客抱怨的补偿,能够缓解负面口碑的扩散效应;但依靠售后服务水平的提升改善顾客抱怨情况具有局限性;同时,初始抱怨比例和抱怨者分布显著影响负面口碑扩散效果。研究结果建议整车企业应进行预防性质量管理,以围堵供应链上游环节的质量问题。

关键词: SIR 疫病传播模型;异质元胞自动机;负面口碑;自主品牌汽车;扩散研究

中图分类号: C93 **文献标识码:** A

Negative word-of-mouth diffusion study for Chinese domestic automotive enterprises based on SIR-HCA model

ZHOU Fuli¹, YE Zhenggeng²

(1. College of Economics and Management, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. School of Management Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: To improve the consumption loyalty and the customer satisfaction of Chinese domestic vehicle products, the generation mechanism of customer complaints and the diffusion process of negative Word-of-Mouth (WOM) were studied from micro perspective for providing guidance on the Continuous Quality Improvement (CQIP) for Chinese domestic automobile industry. According to the generation process of negative WOM, the participants of vehicle consumers were divided into different states, and Susceptible Infected Recovered (SIR) epidemic model was employed to describe the propagation process of customer complaints. Considering the heterogeneity of the individuals, the Heterogeneous Cellular Automata (HCA) model was constructed to reflect the negative word-of-mouth diffusion dynamically. The discrete dynamic simulation method was simulated to study the negative WOM diffusion affected by the following four indicators: the proportion of initial customer complaints, the quality of product, the level of after-sales service and the distribution pattern of complainer. The simulation result showed that the diffusion for customer complaint of vehicle products was obvious. The product quality and the after-sales service could assist to reduce the

收稿日期: 2020-01-08; **修订日期:** 2020-05-15. Received 08 Jan. 2020; accepted 15 May 2020.

基金项目: 河南省哲学社会科学资助项目(2020CZH012); 河南省科技攻关计划(工业领域)资助项目(222102210005); 河南科技智库调研课题资助项目(HNKJZK-2021-18B, HNKJZK-2022-07B); 省属高校基本科研业务费专项计划资助项目(20KYYWF0107, 21KYYWF0103); 郑州轻工业大学博士科研启动基金资助项目(2018BSJJ071)。 **Foundation items:** Project supported by the Henan Provincial Philosophy and Social Science Planning Program, China (No. 2020CZH012), the Key Technologies R&D Program of Henan Province, China (No. 222102210005), the Think-tank Program of Henan Provincial Science & Technology, China (No. HNKJZK-2021-18B, HNKJZK-2022-07B), the Fundamental Research Funds for Provincial Universities, China (No. 20KYYWF0107, 21KYYWF0103), and the Scientific Research Starting Fund for Doctors from Zhengzhou University of Light Industry, China (No. 2018BSJJ071).

spread of negative WOM, but the improvement of customer satisfaction was limited by the enhancement of after-sales service. Meanwhile, the proportion of initial complaints and the distribution of complainers had a significant influence on negative WOM expansion. To improve the customer satisfaction and loyalty of Chinese domestic automobile products, simulation results suggested that the vehicle plant should carry out preventive quality management and focus on the upstream links of vehicle supply chain by eliminating quality defects.

Keywords: susceptible infected recovered epidemic model; heterogeneous cellular automata; negative word-of-mouth; Chinese domestic automobile; diffusion research

0 引言

我国汽车产销量连续 8 年蝉联世界首位,自主品牌整车企业以其经济适用的竞争优势,发展迅速。随着汽车保有量的增加和消费潜力的拉动,整车销售后的维修、售后、二手车、废旧汽车回收等后市场服务受到业界和学术界的广泛关注^[1-3]。为提高顾客满意度,自主品牌整车企业开始重视汽车消费者的产品体验和消费口碑;口碑(Word-of-Mouth, WOM)指在消费者生态圈内传播的非正式建议^[4]。消费口碑分为正面口碑(Positive Word-of-Mouth, PWOM)和负面口碑(Negative Word-of-Mouth, NWOM)。积极的正面口碑有助于推广产品,并挖掘潜在消费者,帮助企业树立良好的形象和信誉;尤其对于自主品牌整车企业而言,为了凸显中国名牌,消费者口碑显得尤为重要。而负面口碑作为消费体验不满的表现,能够激励企业不断发现问题,并进行改正,不断提供更好的产品和优质服务^[5-6]。负面口碑作为对品牌产品与服务的直观使用体验评论,能显著影响消费者的购买意愿和行为^[7]。负面口碑的形成往往是由于顾客抱怨造成,顾客抱怨一般指在消费体验中,由于感知不满导致的系列行为和非行为反映^[8-9],在互联网发达的线上线下共生消费生态下,通过交流、沟通、实践和情绪感染等方式以负面口碑形式扩散,具有很强的传播性。持续质量改进(Continuous Quality Improvement Procedure, CQIP)的管理实践正是自主品牌整车企业为了打造中国品牌所做出的努力^[10-11]。主机厂通过售后对问题车辆进行三包服务,通过召回质量缺陷车辆改善企业品牌形象^[9, 12]。千台车维修频次 R/1000@3MIS 和千台车顾客抱怨数 TGW/1000@3MIS (Things Go Wrong, TGW) 作为指导自主品牌整车企业持续质量改进的关键指标^[13],对国产汽车的顾客满意度及品牌信誉提升影响重大。

负面口碑作为企业产品、服务及信誉的消极评

论,当发生顾客抱怨时,由于负面口碑的传播效应,将对企业造成不可估量的损失^[14]。主机厂在获取千台车抱怨数指标的静态值,并以其作为质量改进的指导和驱动时^[6],未考虑顾客抱怨的扩散效应。因此,研究汽车消费者顾客抱怨的负面口碑扩散规律有助于从微观视角认识顾客抱怨的影响,更好地帮助自主品牌整车企业制定质量改进策略,改善客户关系,提升顾客满意度,同时能够帮助潜在汽车购买者深刻认识各类汽车质量指数^[15]。基于自主品牌整车企业以 CQIP 为竞争战略的研究背景,本文从微观视角研究顾客抱怨负面口碑的扩散规律。

1 文献综述

顾客抱怨是消费者对产品或服务表达不满的一种行为,常发生在消费个体间^[10]。当汽车消费者对产品发生顾客抱怨时,会以负面口碑形式在汽车生态圈中通过情绪感染和接触等方式扩散。情绪感染是在无意识的情况下自然发生或有意识联想而形成情绪聚合现象,情绪感染过程经历模仿、反馈和感染 3 个阶段^[16]。由于情绪感染的原始性和潜意识性,经常是自动无意识地发生在人际传递过程中^[17]。顾客抱怨主要分布在程序性、感知性和情感性 3 个维度,CAI 等^[18]探究了顾客抱怨的程序性、感知性和情感性 3 个维度对顾客满意度和忠诚度的影响,通过抱怨管理指导顾客积极行为。胡正明等^[19]从私下行动(负面口碑和负面行动)和公开行动(寻求补偿、法律诉讼和向政府抱怨)两个方面对行为性反映进行分类,从被动型(抱怨成本和行业属性)和主动型(理解和期待)两方面对非行为性反映进行分类。当顾客在产品或服务中感知到不满意时,其非行为性反映通常表现为保持沉默和容忍,并不会对企业形象造成直接影响;行为性反映则具有多种形式,也是顾客抱怨研究的核心内容。按照顾客抱怨目的划分,可将顾客抱怨分为寻求赔偿(如向

商家投诉、采取法律行动等)、表达不满(如负面口碑等)和个人抵制 3 种类型^[20]。根据顾客抱怨对象不同将抱怨行为分为直接抱怨(如向商家索要赔偿等)、私下抱怨(负面口碑或不再购买等)和第三方抱怨(采取法律行动)^[21]。

国内外学者对于消费者口碑的研究主要集中在口碑影响因素、口碑与消费者行为及负面口碑管理等方面。顾客抱怨作为负面口碑形成的重要诱因,其影响负面口碑效应的因素包括抱怨强度、传播者与接收者紧密程度、消费者特征及文化、年龄等^[11]。文献[5]对旅游网站上消费者的用户生成内容(User-Generated Content, UGC)和评论进行分析,并分析了影响酒店顾客抱怨的主要因素,认为顾客抱怨作为质量改进的主要驱动,能够指导酒店提升服务质量。SWEENEY 等^[22]探究了人际关系、产品服务和口碑信息特征对消费口碑的影响,由于服务的无形及难以量化等特点,明确了沟通与传播在服务行业消费口碑的重要性。李巍等^[23]利用实验研究方法,分析互联网环境下网络口碑(electronic WOM)对产品和消费者决策过程的影响,并对不同网络平台上的口碑进行实验,分析消费者购买行为。陶晓波等^[24]认为消费者态度的综合作用不仅与网络口碑有关,还与发布平台和信任倾向密切相关。负面口碑管理(抱怨管理)作为品牌管理的重要研究内容,指企业如何通过有效管理手段和策略,降低负面口碑的影响,并改善顾客抱怨情况,提升顾客满意度。EINWILLER 等^[25]认为消费口碑是双刃剑,并研究了大型公司如何应对在 Facebook 和 Twitter 上的顾客抱怨,指出大型公司在应对网络负面口碑最常用的响应策略是提供纠正措施或对抱怨者做出补偿;但组织的反应是适度的。YILMAZ 等^[26]认为正是顾客抱怨驱动企业的发展,提出从顾客抱怨因素和组织经验要素两方面,通过有效的抱怨管理改善企业绩效。可见,现有文献均集中在对负面口碑及其与个体、企业组织 3 方面的影响关系进行研究,未对负面口碑的扩散规律进行深入分析。虽然有对负面口碑传播机制的理论分析^[4, 27],但大都以定性分析或调查问卷等量表形式进行的单因素定量统计分析为主,缺乏从微观视角对扩散规律的实验研究。相比上述口碑管理方面的研究,本研究具有一定的独特性。从研究对象来看,本文不同于以往对电商平台快消品的研究,而关注以自主品牌汽车为代表的耐用装配产品;从研究视角来看,本文不

同于以往对于口碑扩散的宏观群体研究,而通过构建单个消费个体的元胞模型,从微观视角研究负面口碑的传播规律;从研究方法来看,不同于以往的实证和实验研究,本文借助于动力学仿真手段,探究负面口碑的传播规律,旨在为负面口碑传播和抱怨管理提供新的研究思路。

在自主品牌整车企业持续质量改进 CQIP 的研究背景下,从微观视角研究汽车消费者负面口碑的形成机制及扩散规律,为自主品牌整车企业的顾客抱怨管理提供管理启示。通过分析负面口碑的形成机制,构建易感感染恢复—异质元胞自动机(Susceptible Infected Recovered-Heterogeneous Cellular Automata, SIR-HCA)模型,并建立了描述顾客抱怨生成和负面口碑传播的离散动力学模型,为负面口碑传播的影响因素交互作用和抱怨管理研究提供了一种有效可行的方法。

2 基于 SIR 疫病传播模型的负面口碑扩散过程

2.1 负面口碑形成机制

在汽车产品使用过程中,当消费者遇到产品功能故障或消费体验不满时,首先判定是否采取抱怨行为,若采取非行为反映,则没有顾客抱怨发生,即没有负面口碑的形成;若采取行为反映,则会从直接抱怨、第三方抱怨和私下抱怨中作出抉择^[11]。直接抱怨是指消费者会向主机厂 4S 店等售后部门进行质量反馈,进而达到保修、索赔等目的;第三方抱怨是指抱怨者通过向平台或协会等第三方咨询机构进行抱怨,反馈质量使用体验,进行维权行动;售后、索赔和诉讼的结果,往往会形成相应的负面口碑,对企业潜在消费者和企业形象影响深远,汽车产品负面口碑的形成过程如图 1 所示。

负面口碑的传播主要发生在私下抱怨渠道,即处于汽车生态圈的抱怨者会通过评论、口头描述、图片等进行线上、线下的负面口碑传播。影响消费者是否采取行为反映的主要因素一般包括产品故障程度、体验者容忍程度和产品功能期望等。

2.2 负面口碑的 SIR 扩散模型

本文采用 SIR 流行病模型描述负面口碑(NWOM)的传播机制,假设负面口碑(NWOM)传播过程的流行病模型包含 3 种状态人群,即负面口碑易感人群(Susceptible groups of Negative Word-

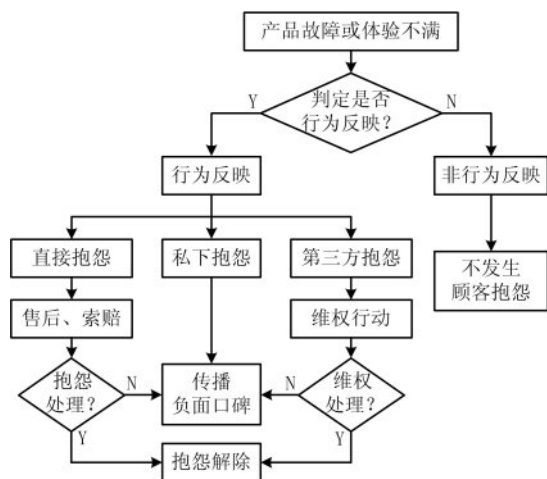


图1 汽车消费者顾客抱怨负面口碑的形成机制

of-Mouth, S-NWM)、负面口碑传播人群 (Infected groups of Negative Word-of-Mouth, I-NWM) 和负面口碑解除人群 (Recovered groups Negative Word-of-Mouth, R-NWM), 其具体描述如下:

(1) S-NWM, 市场中尚未产生和接触顾客抱怨的人群, 不具备负面口碑传播能力。

(2) I-NWM, 市场中处于抱怨状态且具备负面口碑传播能力的人群; 该状态人群可由负面口碑易感人群通过产品体验 (转化概率为 α)、口碑传播 (转化概率 β), 负面口碑解除人群通过二次接触 (转化概率 γ) 转化而来。

(3) R-NWM, 市场中具有负面口碑传播经历、且负面口碑被解除的人群, 该状态人群是公司通过正面宣传和售后改善, 进而消除顾客抱怨的对象群体, 设转化概率为 δ ; 该人群虽然不再进行负面口碑的传播, 但在后续过程中存在二次接触负面口碑并转移成为负面口碑传播人员的可能。

假设全集为时间 τ , 汽车市场上的所有需求人员为 $N(\tau)$, 则上述模型满足 $S(\tau) + I(\tau) + R(\tau) = N(\tau)$ 。SIR 模型传播过程如图 2 所示。

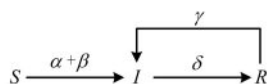


图2 基于SIR疫病模型的负面口碑传播过程

3 基于异质元胞自动机的负面口碑扩散建模

元胞自动机 (Cellular Automata, CA) 是一种网络动力学模型, 元胞自动机模型中主要包括元胞、元

胞空间、邻域; 随着仿真时间推进, 通过元胞之间的微观简单规则推演出宏观系统行为^[28]。对于负面口碑扩散问题, CA 模型能够通过局部推演规则从微观视角描述负面口碑的扩散现象, 并仿真扩散过程, 便于直观科学分析^[29]。

3.1 模型基本假设

为刻画负面口碑传播过程, 通过异质元胞自动机 (Heterogeneous CA, HCA) 和 SIR 流行病模型, 研究汽车产品顾客抱怨的负面口碑传播规律; 为便于问题研究, 假设如下:

(1) 本文研究的负面口碑为某种普通的顾客抱怨, 暂不考虑引起顾客抱怨的具体的故障、质量缺陷、功能不满等, 即不考虑顾客抱怨本身的参数特征。

(2) 汽车消费市场具有稳定的生态圈, 即假设整个汽车消费市场的人群数量恒定, 不会随时间变化, 即不考虑抱怨传播过程中汽车消费市场中人群数量的流入或流出情况。

(3) 消费群体存在异质特性。假设对于顾客抱怨而言, 市场中处于相同状态的消费者之间具有异质性。主要体现在: 易感人群 (S) 具有不同的接触负面口碑的能力; 在接触到不良产品质量时, 易感人群 (S) 对产品质量问题具有不同的容忍程度, 以及成为抱怨人群 (I) 后, 具备不同的负面口碑解除概率等。

3.2 负面口碑扩散的异质元胞机模型

3.2.1 元胞机模型

CA 模型是一个由元胞、元胞空间、邻域和元胞状态构成的四元组, 可表示为^[30]:

$$X_{CA} = (C, Q, V, F). \quad (1)$$

式中: X_{CA} 为异质元胞机; C 为元胞空间; Q 为元胞状态集; V 表示元胞邻域; F 为元胞间状态及其转化规则。

理论研究大多认为元胞是同质的, 但实际上作为负面口碑传播的主体, 汽车抱怨者的忍受能力、传播能力和抱怨能力都因个体不同而存在差异。考虑负面口碑传播主体的异质特性, 本文提出 HCA 模型描述顾客抱怨传播过程, 研究负面口碑的扩散规律。本文所构建异质元胞机模型四元组元素构成如下:

(1) 元胞, 指汽车消费市场中的单个消费者。

(2) 元胞空间 C , 设 C 为包含 $n \times n$ 元胞的二维元胞空间, 代表整个汽车消费生态圈, 是所有相关人

群组成的整个汽车消费市场, C 中的元胞为 C_{ij} ($1 \leq i, j \leq n$)^[31]。

(3) 邻域 V , 汽车市场消费者的分布可以形象地映射到二维元胞自动机中, 且消费者的状态会受到与其直接接触的其他消费者的影响, 模型采用 Moore 型邻域作为元胞的邻域 (如图 3), 即消费者的状态会受到与其相邻的 8 个邻元状态的影响^[31]。在 $n \times n$ 维元胞空间中, 若元胞 C_{ij} 为非边界元胞, 即 $1 < i < n, 1 < j < n$, 其邻域为 (如图 3a):

$$V_{ij} = \{c_{xy} | x \in [i-1, i+1], y \in [j-1, j+1], (x-i)^2 + (y-j)^2 \neq 0\}。$$

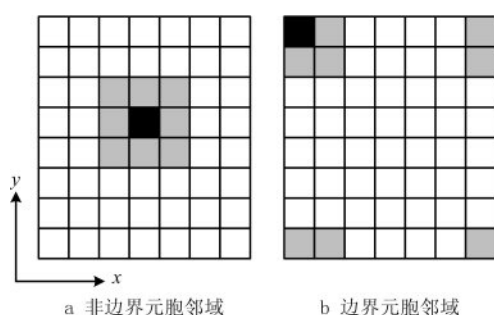


图3 元胞邻域示意图

本文的研究对象是汽车消费者顾客抱怨, 以消费者个体为载体, 考虑到实际社会上人与人的关联中并不存在边界人, 依据社会网络结构的循环特性, 本文假设二维元胞自动机的上下边界和左右边界是联通的, 即将左边界的左邻元视为右边界模块, 同时右边界的右邻元视为左边界模块。若 C_{ij} 是边界元胞, 即 $i = \{1, \dots, n\}, j = \{1, \dots, n\}$, 则其邻域为 (图 3b):

$$V_{ij} = \{c_{xy} | x \in \{a_x, i, b_x\},$$

$$y \in \{a_y, j, b_y\}, (x-i)^2 + (y-j)^2 \neq 0\}。$$

若 $i=1$, 则有 $a_x=n, b_x=i+1$; 同理, 若 $j=1$, 则有 $a_y=n, b_y=j+1$ 。若 $i=n$, 则有 $a_x=i-1, b_x=1$; 同理若 $j=n$, 则有 $a_y=j-1, b_y=1$ 。

(4) 元胞状态 Q , 模型包含 3 种元胞状态 $S = \{S_0, S_1, S_2\}$ 。其中: S_0 为健康状态, 不具备负面口碑传播能力, 其周围的元胞不会受其影响; S_1 为抱怨状态, 具备负面口碑传播能力, 其周围的元胞状态可能会受到其影响而发生转变; S_2 为康复状态, 不具备负面口碑传播能力, 不会对周围消费者产生影响。

3.2.2 负面口碑扩散规则

(1) 负面口碑生成规则 $S \rightarrow I$

负面口碑易感人群 S 在实际产品使用的体验过程中会产生顾客抱怨, 进而发生负面口碑传播, 该部分人群的转化概率与产品质量水平成反比。本文假设销售出的产品质量水平为随机变量 $X = (x_1, x_2, \dots)$, 且 $X \sim N(\mu, 1)$ 。定义综合产品质量水平 $\alpha = f(\mu)$, 且 α 为 μ 的单调增函数。对于一批产品, 随着产品质量水平的提高, 质量水平均值 μ 亦会提高, 则 α 值越大, 该批次产品的综合质量水平越高。在给定的综合产品质量水平 α 下, 顾客会培养出对产品质量的认可度, 本文假设不同顾客对产品质量水平承受的阈值 U_a 为服从正态分布的随机变量 $U_a \sim N(\mu_a, \sigma_a)$ 。对于特定的 S 状态的元胞, 当某个顾客购买的产品质量水平 x_i 小于该阈值时, 表示产品质量无法满足顾客需求, 就会发生状态改变, 成为 I 状态元胞, 即顾客发生顾客抱怨, 形成负面口碑的概率为:

$$p_i = P\{x_i < u_{ai}\}。 \quad (2)$$

(2) 负面口碑初次传播规则 $S \rightarrow I$

本文综合考虑负面口碑传播过程中传播者和接受者特征的影响, 分别从消费者的负面口碑传播能力 a 和负面口碑接受能力 b 两方面出发, 来评价 HCA 模型中的传播者特征和接受者特征, 本文假设两者均服从 $(0, 1)$ 正态分布。

对于某尚未接触负面口碑的 S_0 状态元胞 C_{ij} , 假设其负面口碑接收能力为随机变量 $B = (b_{ij})$ 。

邻域 V_{ij} 中各邻元的传播能力为随机变量:

$$A = \{a_{xy} | x, y \in \Omega\}, \quad (3)$$

式中: $\Omega = \{x \in [i-1, i+1], y \in [j-1, j+1], (x-i)^2 + (y-j)^2 \neq 0\}$ 。

邻元的状态集合为:

$$S = \{s_{xy} \in \{0, 1\} | x, y \in \Omega\}。 \quad (4)$$

式中: 若 $s_{xy} = 0$, 则表示邻元处于健康状态, 不具备负面口碑传播能力; 若 $s_{xy} = 1$, 则表示邻元处于抱怨状态, 具备负面口碑传播能力。

假设存在随机变量 T 满足下式:

$$T = \frac{B}{\sqrt{(\sum_{\Omega} (1 - s_{xy}^2) a_{xy}^2) / n}} \sim t(n)。 \quad (5)$$

式中 $n = \sum_{\Omega} (1 - s_{xy}^2)$ 。本文以 t 指标的值作为元胞受邻元传播的影响指数, 对于给定的阈值 $t_a \geq 0$, 当 $|t| > t_a$ 时, 则表示元胞受到邻元的影响, 会转变为抱怨状态 I , 即负面口碑初次传播概率如下:

$$p = P\{|t| > t_a\}。 \quad (6)$$

(3) 负面口碑二次感染规则 $R \rightarrow I$

对于具有顾客抱怨史的 S_2 状态元胞 C_{ij} , 当再次遇到负面口碑传播时, 其具有更高的负面口碑接受可能。同理, 元胞受邻元传播的影响指数服从 t 分布:

$$T = \frac{B}{\sqrt{(\sum_{\Omega} (1 - s_{xy}^2) a_{xy}^2) / n}} \sim t(n). \quad (7)$$

式中 $n = \sum_{\Omega} (1 - s_{xy}^2)$ 。因具有抱怨史, 该类顾客具有更低的影响指数阈值 $t'_a \in (0, t_a)$ 。当 $|t| > t'_a$ 时, 则表示元胞受到邻元的影响, 会转变为抱怨状态 I 。

即负面口碑二次传播概率为:

$$p = P\{|t| > t'_a\}. \quad (8)$$

(4) 负面口碑消除规则 $I \rightarrow R$

负面口碑的消除受企业市场宣传、售后服务水平等因素的影响, 假设产品的售后服务水平为随机变量 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, 且 $Y \sim N(\eta, 1)$ 。定义综合售后服务水平指数 $\delta = g(\eta)$, 且 δ 为 η 的单调增函数。对于一批产生顾客抱怨的故障维修产品, 随着售后维修水平的提高, 均值 η 亦会得到提高, 则 δ 值越大, 该批次故障产品的综合售后服务水平越高。在给定的综合售后服务水平指数 δ 下, 不同的顾客亦会培养出对服务水准具有差异性的可承受阈值 U_η , 假设服从正态分布 $U_\eta \sim N(\mu_\eta, \sigma_\eta)$ 。对于特定的 I 状态的元胞, 当某个顾客接收的售后服务水平 y_i 大于该阈值时, 则顾客接受维修服务, 就会发生状态改变, 成为 R 状态元胞, 即顾客 i 的负面口碑的消除概率:

$$q_i = P\{y_i > u_{\eta_i}\}. \quad (9)$$

4 仿真分析

针对本文建立的负面口碑扩散异质元胞机模型, 从初始顾客抱怨比例、产品质量水平、售后服务能力和抱怨人群分布类型 4 个方面, 研究不同实验环境下汽车产品顾客抱怨的产生和负面口碑的扩散规律。初始顾客抱怨比例为汽车产品投入消费者市场后, 通过全球质量调研系统 (Global Quality Research Systems, GQRS) 获得的初始顾客抱怨比例, 一般用 $TGW/1000@3MIS$ 指标表示, 能够反映汽车产品在期初的顾客满意情况^[8-9]。本文假设顾客抱怨人群分布模式存在随机分布、小团体分布和垄断型分布 3 种。

为有效平衡仿真速度和仿真结果可观察性之间

的矛盾, 本文拟选定大小为 128×128 的元胞空间进行仿真实验, 仿真时长 $DT=50$ ^[31], 以负面口碑传播人群占总元胞空间比例 r_t 和负面口碑传播人员比例变化率 v_t 作为扩散评价指标, 分别如式(10)和式(11)所示, 以仿真 100 次的平均值作为不同实验场景下的仿真结果。

$$r_t = \frac{\text{dt 阶段负面口碑传播人员}(I \text{ 元胞}) \text{ 数量}}{\text{元胞空间大小}}, \quad (10)$$

$$v_t = \frac{\text{dt 阶段新增负面口碑传播人员}(I \text{ 元胞}) \text{ 数量}}{\text{元胞空间}}. \quad (11)$$

4.1 初始抱怨比例对负面口碑扩散的影响

为探究初始抱怨比例对产品负面口碑扩散的影响规律, 设置销售初期抱怨人群比例为 5%、10%、15% 和 20% 四种情况, 并仿真不同初始抱怨比例下负面口碑扩散情况, 其对应的 S 和 I 人群比例如表 1 所示, 其中抱怨人群比例越低, 消费者对产品的初始印象越高, 期待越高。仿真针对随机分布人群, 假设 $t_a = 3.355$, $t'_a = 2.896$, 产品质量水平、顾客对产品质量水平承受阈值、售后服务能力、顾客对服务水准承受阈值分别服从如下正态分布: $N(0.1, 1)$, $N(-1.3, 0.1)$, $N(0.2, 1)$, $N(-1, 0.1)$ 。

表 1 初始值设定

	情况 1	情况 2	情况 3	情况 4
S 状态比例	0.76	0.72	0.68	0.64
I 状态比例	0.05	0.10	0.15	0.20
R 状态比例	0.19	0.18	0.17	0.16

根据设置的 4 种不同初始状态抱怨传播人群比例, 得到仿真结果如图 4 所示。由图 4a 可知, 随着销售出的故障产品在消费人群中的使用和负面口碑的传播, 顾客抱怨会呈现先增长后稳定的态势, 即存在负面口碑传播的扩散期 (rising period) 和稳定期 (stable period), 扩散期证明了顾客抱怨在消费人群中确实具有传播性; 稳定期则表明, 随着产品故障水平的改进和售后服务的投入, 负面口碑的传播能够得到控制。

另外, 由图 4a 可以看出, 模型中销售初期顾客抱怨人群比例越高, 在负面口碑扩散过程中曲线亦会保留领先地位, 说明在销售初期消费者对产品印象越差, 抱有的期待也较低, 则在负面口碑扩散过程中, 消费者会一直保持这种对产品的整体不良印象,

直到负面口碑达到稳定状态,而这种稳定状态即为一定产品质量水平和售后服务水平下表现出来的真实顾客抱怨情况。

由图 4b 可知,模型中销售初期顾客抱怨人群比例越高,负面口碑传播过程中顾客抱怨人群比例的增加速率越低,说明销售初期顾客对产品的初始印象越差,则越容易接受产品较低的质量水平和较差的售后服务水平,而对负面口碑的传播意愿就会比较小,表明负面口碑传播速度的快慢与企业广告宣传以及初始顾客期待相关。

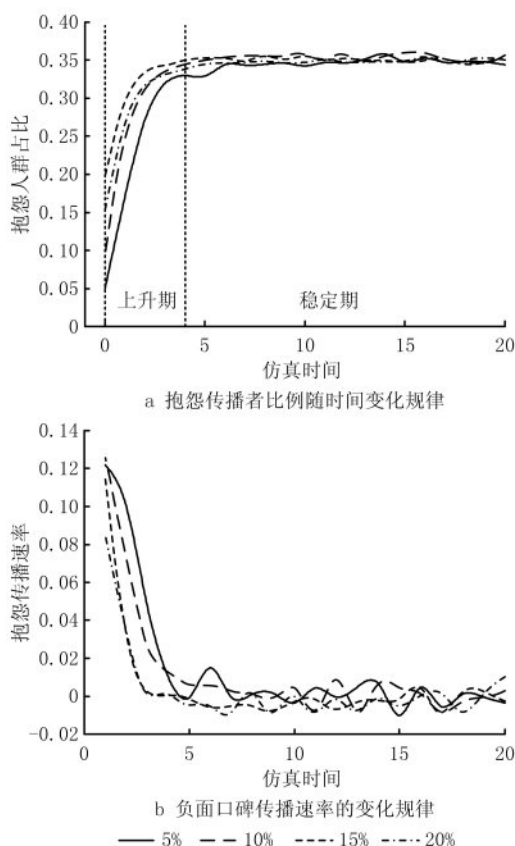


图4 初始抱怨比例对负面口碑扩散的影响规律

4.2 产品质量水平对负面口碑扩散的影响

为探究产品质量水平对顾客抱怨传播的影响规律,本文将产品质量水平 α 设置为 0.1、0.3、0.5 和 0.7,并仿真不同产品质量水平下负面口碑扩散情况,其中 α 值越大,产品质量水平越高。仿真针对随机分布人群,初始人群比例为:S 人群 76%,I 人群 5%,R 人群 19%。假设 $t_a = 3.355$, $t'_a = 2.896$,售后服务能力和顾客对服务水准承受阈值分别服从如下正态分布: $N(0.2, 1)$, $N(-1, 0.1)$ 。

根据设置的 4 种不同的综合产品质量水平,得

到如图 5 所示的仿真结果。如图 5a 所示,随着综合产品质量水平 α 的提高,平衡状态下顾客抱怨人群的平均比例降低,说明产品综合质量水平的提高,能够显著改善负面口碑的传播情况,从而降低市场中顾客抱怨的比例。

另外,由图 5a 可知,4 种综合质量水平条件下,平衡状态下的顾客抱怨比例分别为:

$$M_{\alpha=0.1} = 0.3530, M_{\alpha=0.3} = 0.3263,$$

$$M_{\alpha=0.5} = 0.3057, M_{\alpha=0.7} = 0.2987.$$

由此可知,平衡状态下顾客抱怨改善的百分比分别为:

$$M_{\alpha=0.1 \rightarrow 0.3} = \frac{M_{\alpha=0.1} - M_{\alpha=0.3}}{M_{\alpha=0.1}} = 7.57\%.$$

同理可得: $M_{\alpha=0.3 \rightarrow 0.5} = 6.3\%$, $M_{\alpha=0.5 \rightarrow 0.7} = 2.29\%$ 。

即存在如下关系:

$$M_{\alpha=0.1 \rightarrow 0.3} > M_{\alpha=0.3 \rightarrow 0.5} > M_{\alpha=0.5 \rightarrow 0.7}. \quad (12)$$

式(12)结果表明,在不同质量水平的前提下,同等程度的质量水平改善对负面口碑的传播会产生不同的效果;即随着质量水平的不断提高,通过改善产品质量水平来降低顾客抱怨的方法,其效果会越来越不明显。因而,可以预见,质量水平对负面口碑的影响可能存在门槛阈值;当企业的产品质量水平达到一定程度后,继续提高产品质量水平对改善负面口碑的传播效应将难以发挥相应的显著效果。

由图 5b 可知,在负面口碑的扩散期,产品质量水平越差(即 α 值越小),负面口碑的传播速度越快,说明在负面口碑扩散期,产品质量水平的降低如果不能及时得到提高售后服务水平的弥补,就会导致顾客抱怨的快速传播,对企业的声誉产生不利影响。

4.3 售后服务水平对负面口碑扩散的影响

为探究售后服务水平对顾客抱怨传播的影响规律,分别设置售后服务水平为 0.2、0.4、0.6 和 0.8,并仿真不同售后服务水平指数 δ 下负面口碑扩散情况,其中 δ 值越大,售后服务水平越高。仿真针对随机分布人群,初始人群比例为:S 人群 76%,I 人群 5%,R 人群 19%。假设 $t_a = 3.355$, $t'_a = 2.896$,售后服务能力和顾客对服务水准承受阈值分别服从正态分布: $N(0.2, 1)$, $N(-1, 0.1)$ 。

根据设置的 4 种不同的综合售后服务水平,得到如图 6 所示的仿真结果。如图 6a 所示,随着售后服务水平 δ 的提高,平衡状态下顾客抱怨人群的比例亦会有所降低,说明售后服务水平的提高,能够在

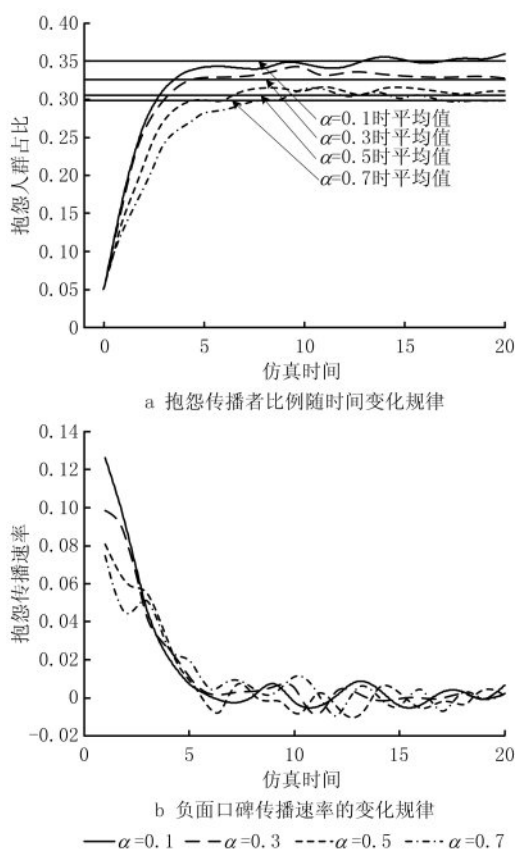


图5 产品质量水平对负面口碑扩散的影响规律

一定程度上改善顾客抱怨的比例。

另外,由图 6a 可见,4 种售后服务水平条件下,平衡状态下的顾客抱怨比例分别为:

$$M_{\delta=0.2} = 0.352\ 5, M_{\delta=0.4} = 0.346\ 5, M_{\delta=0.6} = 0.342\ 2, M_{\delta=0.8} = 0.337\ 3.$$

由此可知,平衡状态下顾客抱怨改善的百分比分别为:

$$M_{\delta_{0.2} \rightarrow 0.4} = 1.71\%, M_{\delta_{0.4} \rightarrow 0.6} = 1.23\%, M_{\delta_{0.6} \rightarrow 0.8} = 1.43\%.$$

通过对比可知,3 种情况下的改善百分比差别较小,可以认为 $M_{\delta_{0.2} \rightarrow 0.4} \approx M_{\delta_{0.4} \rightarrow 0.6} \approx M_{\delta_{0.6} \rightarrow 0.8}$,与上节情景实验(S2)相比,同等程度产品质量水平的改善会比售后服务水平的改善有效,这与质量链在生产系统中的研究结论类似^[32],即在汽车供应链活动中,同等程度的上游环节质量改善比下游环节质量改善更加有效。因此,在汽车制造前期应进行预防性质量管控。

另一方面,由图 6b 可以看出,在负面口碑扩散过程中,虽然负面口碑扩散速度存在略微的差异,但是这种差异并不明显,说明售后服务水平的改善对

负面传播速率的影响有限,同样表明相对于产品质量水平而言,售后服务环节对负面口碑传播影响具有局限性。这可能与消费者心理因素有关,当出现显著顾客抱怨时,虽然能够通过售后服务或召回等措施进行补偿,但难以完全消除消费者对品牌的印象感知。

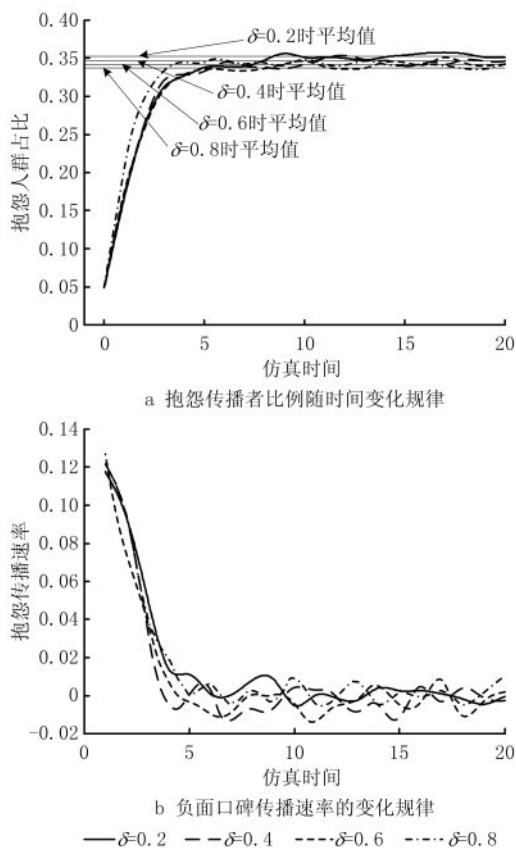


图6 售后服务水平对负面口碑扩散的影响规律

4.4 抱怨者分布对负面口碑扩散的影响

为研究销售初期抱怨人群分布类型对负面口碑传播的影响,本文假设 3 种初始分布类型:随机分布、垄断型分布和小团体分布,如图 7 所示,且初始时刻顾客抱怨人群占总人群的比例相同,即初始人群比例为: S 人群 76%, I 人群 5%, R 人群 19%。假设 $t_a = 3.355$, $t'_a = 2.896$,产品质量水平、顾客对产品质量水平承受阈值、售后服务能力、顾客对服务水准承受阈值分别服从如下正态分布: $N(0.1, 1)$, $N(-1.3, 0.1)$, $N(0.2, 1)$, $N(-1, 0.1)$ 。

抱怨分散程度指不同分布类型中与单个抱怨顾客相邻非抱怨顾客的平均数量,因此 3 种分布状态下的抱怨分散程度满足:垄断分布 < 小团体分布 < 随机分布^[20,31]。

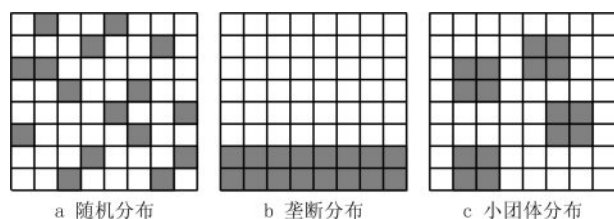


图7 顾客抱怨消费者分布类型

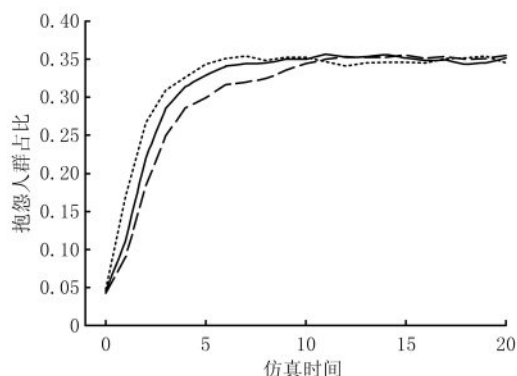
根据设置的3种不同的初始分布类型,得到如图8所示的仿真结果。由图8a可知,抱怨顾客不同的初始分布类型与负面口碑传播速度有显著关系,且随着抱怨顾客分散程度的增加,负面口碑传播的过程越快。这表明,增加市场中抱怨顾客的聚集程度能够降低负面口碑的传播速度。但初始分布类型的不同对平衡状态下顾客抱怨人群的比例则不会产生明显的影响。

另一方面,由图8b可知,小团体分布和垄断型分布下,因聚集效应导致初始阶段负面口碑在市场上的传播速率较低,且随着负面口碑从团体内部向外扩散,传播速率会出现增加的趋势,且聚集程度越大(垄断分布>小团体分布),其前期扩散阶段的速率越小,即 $v_{\text{垄断}} < v_{\text{小团体}}$ 。

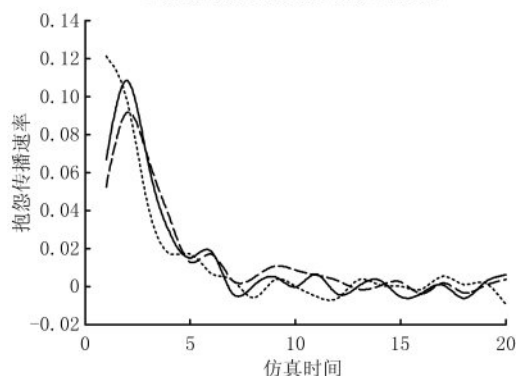
5 验证分析

为验证本文模型的有效性,以某企业现有质量管理信息验证本文的研究结论。借鉴汽车企业持续质量改进过程,通过不同质量状态下,负面口碑(顾客抱怨 TGW/1000@1MIS)的实际衍变,与仿真模型下的负面口碑衍变趋势进行对比。生产实践中质量改进管理活动(Quality Improvement Practice, QIP)前后,整车企业和产品的质量水平处于不同阶段,选取同年度两个持续质量改进活动(QIP 1, QIP 2)前后为研究对象,可知在此过程中,整车产品有3种质量状态(Q1, Q2, Q3),满足 $Q1 < Q2 < Q3$ 。统计3种质量状态下负面口碑变化情况如图9所示。

如图9所示,3种状态下负面口碑分别为111.1, 81.5和79.4,可见 $TGW_Q1_mean > TGW_Q2_mean > TGW_Q3_mean$,且口碑扩散程度(极差值)分别为136.8, 90.3和73.4($D_Q1 > D_Q2 > D_Q3$),通过分析QIP试点项目前后企业实际负面口碑扩散情况,可知其与仿真结果4.2节的



a 抱怨传播者比例随时间变化规律



b 负面口碑传播速率的变化规律

--- 随机分布 - - - 垄断分布 — 小团体分布

图8 抱怨者分布对负面口碑扩散的影响规律

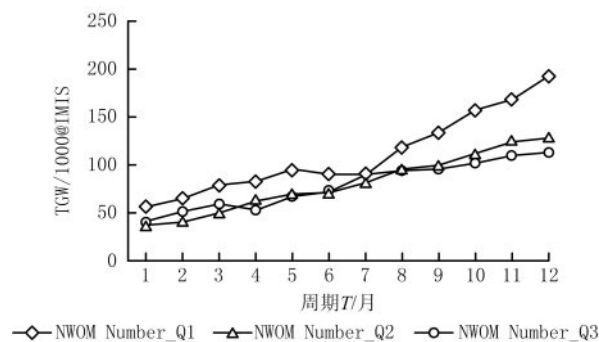


图9 3种质量状态下多周期负面口碑扩散情况

结论一致,从而验证了本文模型的有效性。通过对对象企业的汽车产品顾客抱怨变化情况与仿真结果对比,可见其变化规律具有相似特征,且在负面口碑传播阶段具有高度一致性,印证了仿真模型对于决策的有效价值,同时能够实现仿真预演支持的研究动机。由于质量改进过程是持续、螺旋式的不断完善过程,仿真背景设置下的多个场景难以通过完全的实际生产进行印证,因此,通过QIP试点项目的局部对比印证,来论证仿真模型的有效性。

此外,本文的研究结论与文献[32]研究结论类似,文献[32]以制造系统为研究对象,重点讨论制造单元加工质量对生产系统质量的影响规律。研究结果认为,相比制造系统后端的机器装备,前端的机器对生产系统质量可靠性具有更严重的影响,因此,在生产制造系统中,需对来料质量进行严格管控,尽可能将问题围堵在源头。然而,在制造全球化背景下,本文将汽车产品质量影响推广到包含前端供应链与后端消费者市场的全生命周期中,同样证明上游环节的质量问题围堵比下游环节效率更高。文献[35]从口碑规模和比例两个角度,通过构建宏观视角下的改进 Bass 模型,探析双口碑对新产品营销的影响;文献[36]通过消费者网络模型,进行多情景设计和实验,模拟特色品牌在海外市场的消费群体选择及销售渠道设计,两者均从宏观视角研究负面口碑,采用情景模拟研究方法,得出研究结论并提供管理建议。与不同不同的是,本文则借助口碑生成机制,从微观视角的元胞机建模入手,建立负面口碑传播机制的仿真模型,借助离散动力学理论,丰富了模型的检验指标,从而对理论模型反映负面口碑实际传播情况的能力进行了多方位预判。

6 管理启示

构建 SIR-HCA 模型,刻画自主品牌整车企业负面口碑的传播过程,通过动力学仿真研究,从初始抱怨比例、产品质量、售后服务和抱怨者分布 4 方面,研究不同实验环境下负面口碑扩散的影响规律,得出以下管理启示,指导自主品牌整车企业打造世界级品牌。

(1)顾客抱怨行为以负面口碑形式在汽车生态圈扩散效应明显 研究发现,抱怨者的稳态比例总大于之前的瞬态值,表明 $TGW/1000@3MIS$ 作为千台车顾客抱怨频次的瞬态值,只能在一定程度上表明汽车产品的顾客满意情况,需考虑负面口碑的扩散效应。同时,负面口碑的扩散有两大动力来源:①由于售后服务水平无法有效弥补产品质量水平不足带来的顾客抱怨,此为负面口碑传播的内在动力;②顾客人群之间通过所建立的关系网进行的互相影响和传播,这是负面口碑传播的外在动力。可知,产品质量和售后服务质量作为顾客满意的保障^[1],企

业在进行顾客抱怨管理的过程中,一方面要从售后服务水平和产品质量水平出发,减少内在原因导致的顾客抱怨生成,另一方面还要关注顾客通常进行负面口碑传播的关系网或渠道,及时进行负面口碑传播渠道的疏导和清理工作,以最大限度地降低负面口碑扩散的可能性。

(2)产品宣传等通过外因手段建立起来的前期市场口碑优势具有一定局限性 研究发现,企业虽然通过良好的宣传效果使得消费者在前期对产品具有良好的品牌印象,但随着顾客体验和口碑的传播,前期建立起的品牌形象优势并不会在市场中持续,顾客的抱怨行为最终会在产品质量和售后服务水平的共同影响下而达到一定的程度。这表明,外因的改善对负面口碑传播的影响具有其局限性,而真正对消费者的行为形成产生根本性影响的是产品质量和售后服务水平。因而,企业在经营活动中,对不同因素管理的投入应该有所侧重,即优先完善产品质量和售后服务水平等内在因素,其次是市场宣传等外在因素。

(3)汽车质量水平对负面口碑传播效果具有显著影响 由仿真研究可知,汽车质量水平的提高对顾客抱怨的降低具有显著效果,这表明消费者通过对产品质量水平的体验会产生对产品的普遍印象,亦会形成顾客抱怨的阈值;当阈值不变时,如果产品质量水平提高,即会使产品质量水平超过更多消费者的抱怨阈值而降低抱怨人数,因此在实际经营生产活动中,企业应该将质量水平的提高作为重要目标。但是通过仿真发现,随着质量水平的提升,通过改善质量进而降低顾客抱怨的效果会减弱,这说明通过产品质量水平的提高来改善消费者的行为,并不总会有良好的效果,企业还应该寻求质量水平提高对顾客行为影响的极限,以防质量过剩。但总体来说,汽车质量作为影响消费者满意度的重要因素^[1, 33-34],其提升能够显著改善顾客抱怨情况。

(4)售后服务水平对负面口碑传播效果具有显著影响 由仿真结果可知,售后服务水平的提高能够改善顾客抱怨情况,但具有一定局限性。其局限性主要表现在,售后服务的提升对顾客抱怨改善效果,不及产品质量的提高对顾客抱怨改善效果。这与生产系统质量改进结论类似^[9,32],汽车供应链中上游环节的质量改进比下游环节的质量改进效率更

高。这要求自主品牌整车企业在整车制造过程中,尽可能在供应链前端进行质量问题围堵,并在供应链上游环节的决策过程中进行预防性质量管控。自主品牌整车企业在整车设计、材料、零部件设计、外购件供应商、加工工艺以及工装夹具选择等管理决策环节,不仅应该在这些过程中重视质量设计,还应进行预防性质量管理,预防出现由于前端质量缺陷而造成的顾客抱怨和隐形损失。

(5)抱怨者分布类型对负面口碑传播速度具有显著影响。研究发现,相比垄断分布和小团体分布,随机分布下的负面口碑传播速度最快,这可能是由于随机分布下,非抱怨个体更容易接触到抱怨者,从而增加了负面口碑传播的概率。仿真结论证明,近期长安汽车对旗下CS75的“机油门”召回是明智之举。对于严重质量缺陷的召回,往往是主机厂针对某一小团体顾客抱怨的补偿,小团体抱怨初期并没有随机分布下的较高传播速度,故主机厂采取召回措施进行补偿,虽短期内花费治理成本,但能在大规模扩散前进行有效控制;而对于随机分布下的顾客抱怨,从负面口碑扩散速度和经济上考量,主机厂进行召回可能是不经济的,此时则需要售后服务进行补偿^[12]。

在现代互联网发达的信息社会,汽车线上销售和线上生态圈,使得汽车消费者更容易接触到负面口碑。消费者的交流不再局限于线下沟通,且地理空间的分散程度难以表征消费者的交互距离。线上线下共生的消费模式,加速了汽车生态圈的信息流动,扩大了负面口碑传播效应,导致企业顾客抱怨治理成本的不断增加,这为现代化背景下的自主品牌整车提出更为严峻的挑战。

7 结束语

本文在自主品牌整车企业以持续质量改进为竞争战略,打造属于中国制造的世界品牌背景下,针对千台车顾客抱怨质量指标TGW/1000@3MIS的微观层面,研究了顾客抱怨的形成机制及负面口碑的扩散规律,借用SIR疫病传播和HCA构建模型,仿真分析了初始顾客抱怨比例、产品质量、售后服务水平和抱怨者分布对自主品牌整车企业负面口碑扩散的影响,为负面口碑的研究提供了一种定量分析方法,从而指导自主品牌整车企业进行顾客抱怨管理

和质量改进,为主机厂提高顾客满意和忠诚度,打造知名品牌提供了相关的管理借鉴。

然而,由于顾客抱怨属于消费者在产品体验过程中的复杂行为,本研究在一定假设前提下实施,尚存在进一步的研究空间,主要表现在:①由于负面口碑的传播受到多种复杂因素的影响,其他诸如习惯、消费者心理、文化等影响机理可进一步考虑在内;②本文主要通过控制变量进行仿真分析,未来需提出一种多因素交互作用的动态分析方法,研究更加高效实际的顾客抱怨管理策略;③通过仿真分析,得出不同影响因素对负面口碑扩散有显著影响,且可能存在一定的临界条件,需设计一种量化方法求解门槛阈值;④本文主要从微观视角,利用动力学仿真研究负面口碑的传播规律。仿真分析能够灵活实验模型,但缺乏一定的实践指导意义;而实际案例的分析提高了模型验证的真实性,同时也损失了模型评价和验证多样性。如何实现仿真与生产实际的完全有效统一,是未来研究方向和进一步待解决的关键难题。

参考文献:

- [1] GUAJARDO J, COHEN M A, NETESSINE S. Service competition and product quality in the U. S. automobile industry [J]. *Management Science*, 2016, 62(7): 1860-1877.
- [2] ZHOU F L, LIN Y, WANG X, et al. ELV recycling service provider selection using the hybrid MCDM method: A case application in China [J]. *Sustainability*, 2016, 8(5): 482-495.
- [3] ZHOU F L, LIM M K, HE Y D, et al. End-of-life vehicle (ELV) recycling management: Improving performance using an ISM approach [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 228: 231-243.
- [4] ISMAGILOVA E, DWIVEDI Y, SLADE E, et al. Electronic word of mouth (eWOM) in the marketing context: A state of the art analysis and future directions [M]. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2017.
- [5] DINÇER M Z, ALRAWADIEH Z. Negative word of mouse in the hotel industry: A content analysis of online reviews on luxury hotels in Jordan [J]. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 2017, 26 (8): 785-804.
- [6] ZHOU F L, WANG X, LIN Y, et al. Strategic part prioritization for quality improvement practice using a hybrid MCDM framework: A case application in an auto factory [J]. *Sustainability*, 2016, 8(6): 559-570.
- [7] CHAN G S H, HSIAO A C H, TANG I L F. Word of mouth communication influence of online hotel room reservation con-

- firmation: Case study of individual travelers in Hong Kong [J]. *International Journal of Marketing Studies*, 2017, 9(3): 76-87.
- [8] HSIAO Y H, CHEN L F, CHOY Y L, et al. A novel framework for customer complaint management [J]. *Service Industries Journal*, 2016, 36(13-14): 675-698.
- [9] SONG Jing, GUO Xianda, ZOU Shaoming. An analysis of the key antecedents and moderators of consumer complaining behavior[J]. *Nankai Business Review*, 2010, 13 (2): 68-78(in Chinese). [宋 竞, 郭贤达, 邹绍明. 顾客抱怨行为的前置因素及调节因素分析 [J]. *南开管理评论*, 2010, 13 (2): 68-78.]
- [10] ZHOU F L, WANG X, GOH M, et al. Supplier portfolio of key outsourcing parts selection using a two-stage decision making framework for Chinese domestic auto-maker [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, 128: 559-575.
- [11] ZHOU F L, WANG X, SAMVEDI A. Quality improvement pilot program selection based on dynamic hybrid MCDM approach [J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2018, 118(1): 144-163.
- [12] SHAH R, BALL G, NETESSINE S. Plant operations and product recalls in the automotive industry: An empirical investigation [J]. *Management Science*, 2016, 63 (8): 2439-2459.
- [13] ZHOU Fuli, WANG Xu, LIN Yun, et al. Priority establishment of quality improvement procedure (QIP) part based on fuzzy-VIKOR (F-VIKOR) method [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2016, 22 (12): 2809-2818(in Chinese). [周福礼, 王 旭, 林 云, 等. 基于 F-VIKOR 的质量改善部件优先级确定 [J]. *计算机集成制造系统*, 2016, 22(12): 2809-2818.]
- [14] TU Ming, JING Fengjie, WANG Xingdong. How negative emotions affect consumers' coping behaviors in product-harm crisis: The mediating effects of retaliation desire and recovery expectation [J]. *Chinese Journal of Management*, 2013, 10 (12): 1823-1832(in Chinese). [涂 铭, 景奉杰, 汪兴东. 产品伤害危机中的负面情绪对消费者应对行为的影响研究 [J]. *管理学报*, 2013, 10(12): 1823-1832.]
- [15] LINDER A, SCHMITT S, SCHMITT R. Technical complaint management from a quality perspective [J]. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2014, 25(7-8): 865-875.
- [16] ZHANG Qiyong, LU Jiamei, YAN Zhiying, et al. The mechanism of emotional contagion [J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2016, 48(11): 1423-1433(in Chinese). [张奇勇, 卢家楣, 闫志英, 等. 情绪感染的发生机制 [J]. *心理学报*, 2016, 48(11): 1423-1433.]
- [17] PROCHAZKOVA E, KRET M E. Connecting minds and sharing emotions through mimicry: A neurocognitive model of emotional contagion [J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2017, 80: 99-114.
- [18] CAI R Y, CHI C G Q. The impacts of complaint efforts on customer satisfaction and loyalty [J]. *The Service Industries Journal*, 2018, 38 (15-16): 1095-1115.
- [19] HU Zhengming, WANG Yueling. The research of customer's complaint behavior patterns based on two-dimension perspective [J]. *Economy and Management*, 2010, 24(6): 44-47(in Chinese). [胡正明, 王跃岭. 双维度分类视角下顾客抱怨行为模式研究 [J]. *经济与管理*, 2010, 24(6): 44-47.]
- [20] FAED A, CHANG E, SABERI M, et al. Intelligent customer complaint handling utilising principal component and data envelopment analysis (PDA) [J]. *Applied Soft Computing*, 2016, 47: 614-630.
- [21] ISTANBULLUOGLU D, LEEK S, SZMIGIN I. Beyond exit and voice: Developing an integrated taxonomy of consumer complaining behaviour [J]. *European Journal of Marketing*, 2017, 51(5/6): 1109-1128.
- [22] SWEENEY J, SOUTAR G, MAZZAROL T. Factors enhancing word-of-mouth influence: Positive and negative service-related messages [J]. *European Journal of Marketing*, 2014, 48(1/2): 336-359.
- [23] LI Wei, WANG Zhizhang. Impact of the e-WOM platforms on consumer product judgment: A perspective on attribution theory[J]. *Chinese Journal of Management*, 2011, 8(9): 1345-1352(in Chinese). [李 巍, 王志章. 网络口碑发布平台对消费者产品判断的影响研究—归因理论的视角 [J]. *管理学报*, 2011, 8(9): 1345-1352.]
- [24] TAO Xiaobo, SONG Zhuozhao, ZHANG Xinrui, et al. An empirical study on the effects of online negative WOM on consumers' attitude: Countermeasures of the enterprises [J]. *Management Review*, 2013, (3): 101-110(in Chinese). [陶晓波, 宋卓昭, 张欣瑞, 等. 网络负面口碑对消费者态度影响的实证研究—兼论企业的应对策略 [J]. *管理评论*, 2013, (3): 101-110.]
- [25] EINWILLER S, STEILEN S. Handling complaints on social network sites—An analysis of complaints and complaint responses on Facebook and Twitter pages of large US companies [J]. *Public Relations Review*, 2015, 41(2): 195-204.
- [26] YILMAZ C, VARNALI K, KASNAKOGLU B T. How do firms benefit from customer complaints? [J]. *Journal of Business Research*, 2016, 69(2): 944-955.
- [27] HUANG Minxue, FENG Xiaoliang, WANG Feng, et al. Study on the dissatisfied consumers' online negative word-of-mouth communication [J]. *Wuhan University Journal: Philosophy & Social Sciences*, 2010, 63 (3): 440-445 (in Chinese). [黄敏学, 冯小亮, 王 峰, 等. 不满意消费者的网络

- 负面口碑机制研究[J]. 武汉大学学报:哲学社会科学版, 2010, 63(3): 440-445.]
- [28] WOLFRAM S. Cellular automata and complexity: Collected papers [M]. Boca Roten, Fla., USA: CRC Press, 2018.
- [29] LAI Xianghong, WANG Wenping. Simulation of the spread knowledge inside knowledge-based organization based on cellular automata [J]. Chinese Journal of Management, 2006, 3(5): 514-518(in Chinese). [来向红, 王文平. 基于元胞自动机的知识型组织中知识传播过程仿真研究[J]. 管理学报, 2006, 3(5): 514-518.]
- [30] WHITESIDE R, SMALLBONE L T. A hybrid genetic algorithm with local optimiser improves calibration of a vegetation change cellular automata model [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 2016, 31(4): 717-737.
- [31] YU K P, SU J F, HUI H. Simulation of collaborative product development knowledge diffusion using a new cellular automata approach [J]. Advances in Production Engineering & Management, 2017, 12(3): 265-273.
- [32] ZHOU F L, WANG X, LIN Y. Production effectiveness-based system reliability calculation of serial manufacturing with checking machine [J]. Journal of Computers (Taiwan), 2016, 27(3): 201-211.
- [33] KONSTANTAS D, IOANNIDIS S, KOUIKOGLOU V, et al. Linking product quality and customer behavior for performance analysis and optimization of make-to-order manufacturing systems [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2018, 95(1-4): 587-596.
- [34] ZHOU F L, LIM M K, HE Y D, et al. What attracts vehicle consumers' buying: A saaty scale-based VIKOR (SSC-VIKOR) approach from after-sales textual perspective? [J]. Industrial Management & Data Systems, 2020, 120(1): 57-78.
- [35] ZHANG Xu, HOU Guangming. New product diffusion on two effects of word of mouth: Evidence from movies [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(10): 79-87(in Chinese). [张旭, 侯光明. 双口碑效应下新产品扩散研究—以电影为例[J]. 中国管理科学, 2018, 26(10): 79-87.]
- [36] ZHOU Zhong, XIONG Yan, ZHONG Yong. Research on overseas channels and consumer groups of featured brands: Based on dual perspective of customer experience and oral spreading [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(11): 176-185(in Chinese). [周钟, 熊焰, 仲勇. 特色品牌海外渠道与消费群体研究: 基于顾客体验和口碑传播的双重视角[J]. 中国管理科学, 2018, 26(11): 176-185.]

作者简介:

周福礼(1991—),男,河南洛阳人,讲师,博士,硕士生导师,新加坡国立大学商学院访问学者,研究方向:工业工程、汽车质量管理、物流与供应链管理,E-mail: fl.zhou@email.zzuli.edu.cn;

叶正梗(1989—),男,河南商丘人,副研究员,博士,美国宾夕法尼亚州立大学工业与制造工程系访问学者,研究方向:制造系统分析、可靠性优化,E-mail: yezhengeng@outlook.com。