

基于谣言攻击的产品需求波动 $CISR_a R_d$ 模型研究

张 刚, 霍良安, 马 良

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 与产品相关的谣言影响个体对于产品的判断及购买欲望,进而波及整个供应链中产品的市场需求.考虑个体的情绪和个体对谣言的判断,将经典谣言传播模型中的免疫者 R 细分成为蒙蔽者 R_a 和清醒者 R_d ,两种状态的个体都知道但不传播谣言,不同的是 R_a 受谣言蒙蔽相信谣言不购买产品, R_d 作为清醒者不相信谣言,且继续购买产品.基于系统动力学构建 $CISR_a R_d$ 谣言传播模型,对模型进行稳定性证明,探讨谣言攻击对产品需求的遏制情况,并在此基础上进行了数值模拟.研究表明,与产品相关的谣言严重制约产品的市场需求,商家在应对谣言攻击时所作出的正面宣传对于产品需求的恢复有其积极意义.

关键词: 谣言传播; 供应链; 产品需求; $CISR_a R_d$ 模型

中图分类号: C 931

文献标志码: A

$CISR_a R_d$ Model of Products Demanding Based on Rumors Attack

ZHANG Gang, HUO Liangan, MA Liang

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Rumors related to products affect the individual judgment on the product and the purchase desire, and then spread to the market demand for products in the entire supply chain. Considering the individual's emotion and his judgment on rumors, immune persons R in classical rumor spreading model were subdivided into blinded persons R_a and sober-minded persons R_d . Individuals of the two states both know rumors but don't spread rumors. The difference is that R_a are fooled by rumors completely, and they don't buy the related products, while R_d , as sober-minded persons, don't believe rumors and continue to purchase the products. A rumor spreading model $CISR_a R_d$ was constructed in accordance with the system dynamics, the model's stability was certified, and the rumors' restraining effect on product demand was investigated. On this basis, a numerical simulation was carried out. The result shows that rumors related to products restrict the market demand seriously, and positive publicity in response to rumors attack made by merchants has its positive significance to the recovery of product demand.

Keywords: rumor spread; supply chain; product demand; $CISR_a R_d$ model

收稿日期: 2014-11-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71303157); 上海市自然科学基金资助项目(13ZR1458200); 上海市哲学社会科学基金资助项目(2014EGL007)

第一作者: 张 刚(1989-), 男, 硕士研究生. 研究方向: 物流工程. E-mail: zhangweinxuan@163.com

自20世纪80年代,在“价值链”的基础上延伸出“供应链”这一概念以来,供应链就正式进入人们的研究视野.尽管学术界没有关于供应链的统一定义,但一般认为供应链是一种把生产者、销售者、消费者通过信息流、资金流、产品流连成一个整体的网链结构^[1-2].随着市场竞争的不断激烈,对供应链环节的不确定性和易受攻击性研究已经日益受到学术界的重视,有着理论和现实的双重意义.影响供应链终端产品需求的因素很多,主要包括产品自身市场竞争的失败、自然灾害以及战争等^[3].近些年,在新型社交媒体的助力下,现代化电子商务迅猛发展,彻底改变了传统供应链管理方式^[4].一方面,产品信息能够及时被客户关注与了解;另一方面,与产品相关的谣言也同时影响着个体的购买欲望,进而影响产品的需求^[5-6].

谣言与病毒一样古老,从远古时期开始就伴随着人类.基于病毒和谣言相似的传播机理,大部分谣言模型都在不同程度上借鉴了传染病传播模型.经典的传染病动力学模型,即“仓室”模型^[7],主要有SIS和SIR两种^[8-9].虽然谣言和传染病两者传播机理十分相似,但也有一些区别.传染病感染者不能控制是否传播疾病给其他人,但是当人听到谣言后,他有能力决定是否相信、传播谣言^[10].这表明传播者在两种模型中的角色是不同的:疾病传播模型中传播者完全处于被动状态;谣言传播模型中传播者不仅会选择性地传播谣言,而且还会在传播的过程中对谣言进行主观加工^[11].

由新产品扩散的Bass模型可知,一个产品投放市场后,其被消费者接受并购买的速度,主要受两方面的影响:一是大众传播媒介、商家正面宣传等外部因素的影响;二是口头传播的内部影响^[12].与产品相关的谣言影响个体对于产品的判断以及购买欲望^[13],同时在谣言传播的过程中,商家也会作一些正面的宣传来应对谣言攻击.本文考虑到个体对谣言的情绪和判断的差异性,将经典谣言传播模型中的免疫状态 R 细分成 R_a 和 R_d ,基于系统动力学构建 $CISR_aR_d$ 谣言传播模型,并对模型研究分析,从而探讨谣言攻击对于产品需求波动的影响.

1 基于传播动力学的 $CISR_aR_d$ 模型

基于谣言传播与传染病传播的区别,在对经典谣言传播模型进行改进的基础上,结合Bass模型的核心思想,提出了 $CISR_aR_d$ 谣言传播动力学模型.

假设在整个系统中,个体总数不变,每个特定个体都能够并且必须对应一种典型的状态,接着在系统中将人群划分成无知者、传播者、蒙蔽者、清醒者和抵触者这5种状态.无知者 I ,不知道谣言;传播者 S ,知道并受谣言蒙蔽而传播谣言;蒙蔽者 R_a ,受谣言蒙蔽知道谣言,但是已经处于疲惫状态,对传播谣言失去兴趣;清醒者 R_d ,明白谣言的虚假性,不相信且不传播谣言;抵触者 C ,天生抵触外界信息,因而也不相信或传播谣言.

从产品需求的角度来看,谣言是起负面作用的,因此相信并受谣言蒙蔽的个体不购买产品,如传播者和蒙蔽者.同时考虑到抵触者的特性,本文认为抵触者不信谣言也不购买产品,个体进入这一状态就具有了相应的稳定性,不再发生状态的改变.无知者和清醒者不受谣言蒙蔽,因而不传播谣言且会购买产品.当商家意识到遭受谣言攻击后自然会作正面的宣传予以反击,假设商家的宣传只对蒙蔽状态的个体产生作用,并且商家宣传的内容都有利于产品的购买.当商家宣传开始后,一些受蒙蔽的个体会在正面信息的作用下由蒙蔽状态转为清醒状态.最后引入遗忘机制,谣言传播者由于遗忘等因素对传播谣言失去兴趣,最终也会转移出传播状态.

$CISR_aR_d$ 动力学模型的具体传播规则如下:

- a. 当一个无知者与传播者接触后,他变成传播者的概率为 β ;
- b. 当一个无知者与传播者接触后,由于个体对传播谣言没有兴趣或是免疫等原因,变成蒙蔽者和清醒者,其概率分别为 α 和 γ ;
- c. 考虑到系统中某些个体天生抵触外界信息,因此当一个无知者与传播者接触后,无知者会以一定概率 θ 进入抵触状态;
- d. 当传播者与蒙蔽者接触后,传播者会对传播谣言失去兴趣,以概率 λ 变成蒙蔽者,同时由于遗忘机制或是失去兴趣,传播者自身会以概率 η 向蒙蔽者转变;
- e. 当传播者接触到清醒者后,会以概率 φ 变成清醒者,在商家宣传的外部影响下,蒙蔽者也会逐渐知道真相以概率 p 变成清醒者;
- f. 同时两个传播者之间以概率 ϵ 相接触后,转变成 R_a 和 R_d 这两个状态,其概率分别为 m 和 $(1-m)$.

基于以上假设, $CISR_aR_d$ 传播动力学模型传播示意图如图1所示.

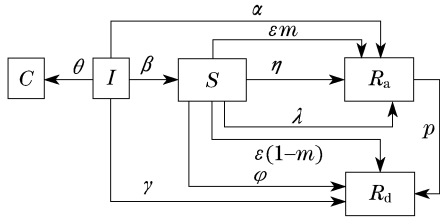


图1 模型的传播规则示意图

Fig.1 Schematic diagram of propagation rules of the model

本文假设所探讨的 $CISR_a R_d$ 传播模型是基于均匀网络的,个体被视为单个的顶点,个体间的相互作用则视为边,样本总数是 N . $C(t), I(t), S(t), R_a(t), R_d(t)$ 分别表示抵触者、无知者、传播者、蒙蔽者和清醒者在谣言传播时刻 t 所占总数的比例, $C(t) + I(t) + S(t) + R_a(t) + R_d(t) = 1$, $C(t), I(t), S(t), R_a(t), R_d(t) \geq 0$.

由经典的 SIR 动态传播模型在均匀网络下推导的平均场方程可知, $CISR_a R_d$ 的谣言传播过程的平均场方程可作如下描述:

$$\begin{cases} \frac{dI(t)}{dt} = -\bar{K}I(t)S(t) & (1) \\ \frac{dS(t)}{dt} = \bar{K}I(t)S(t)\beta - S(t)\eta - \bar{K}S(t) \cdot S(t)\epsilon - \bar{K}S(t)R_a(t)\lambda - \bar{K}S(t)R_d(t)\varphi & (2) \\ \frac{dR_a(t)}{dt} = \bar{K}I(t)S(t)\alpha + \bar{K}S(t)S(t)\epsilon m + S(t)\eta + \bar{K}S(t)R_a(t)\lambda - R_a(t)p & (3) \\ \frac{dR_d(t)}{dt} = \bar{K}I(t)S(t)\gamma + \bar{K}S(t)S(t) \cdot \epsilon(1-m) + \bar{K}S(t)R_d(t)\varphi + R_a(t)p & (4) \\ \frac{dC(t)}{dt} = \bar{K}I(t)S(t)\theta & (5) \\ \alpha + \beta + \gamma + \theta = 1 & (6) \end{cases}$$

式中, $\bar{K}$ 表示样本网络的平均度.

在初始传播阶段只有极少数的人知道谣言,假设最开始只有一个传播者,其余的均是无知者,此时 $CISR_a R_d$ 动态传播模型的初始条件是 $I(0) = (N-1)/N, S(0) = 1/N, C(0) = R_a(0) = R_d(0) = 0$. 显然,每个无知者都是潜在的产品购买者,假定单个个体的需求为 q ,则谣言刚开始传播时的供应链总需求为 $Q_0 = (N-1)q$. 当传播到 t 时刻时,只有无知者 I 和清醒者 R_d 会购买产品, $Q(t) = Q_0[I(t) + R_d(t)]$,受谣言影响而减少的需求为 $\Delta Q(t) = Q_0[1 - I(t) - R_d(t)]$. 当整个网络达到稳定状态

时,设 $I = \lim_{t \rightarrow \infty} I(t), D = \lim_{t \rightarrow \infty} R_d(t)$,则因谣言攻击造成的供应链需求最终减少量为 $\Delta Q_s = Q_0(1 - I - D)$.

2 稳定性分析

由上文分析可知,当系统达到稳定状态时,整个系统只会存在无知者、清醒者和抵触者这3种状态. 为了方便研究,令 $I = \lim_{t \rightarrow \infty} I(t), R(t) = R_a(t) + R_d(t)$,假设 $\lambda = \varphi = \epsilon$,则方程稳定性证明可以作以下推导.

将式(3)与式(4)相加然后除以式(1)得

$$\frac{dR(t)}{dI(t)} = - \left[(\alpha + \gamma) + \frac{\eta}{\bar{K}I(t)} + \frac{\lambda R_a(t) + \varphi R_d(t) + \epsilon S(t)}{I(t)} \right] = - \left[(\alpha + \gamma - \lambda) + \frac{\eta}{\bar{K}I(t)} + \lambda \frac{1 - C(t)}{I(t)} \right] \quad (7)$$

由 $\frac{dC(t)}{dI(t)} = -\theta$ 可得

$$C(t) = -\theta I(t) + C_1 \quad (8)$$

考虑初始条件, $I(0) = \frac{N-1}{N} \approx 1, S(0) = \frac{1}{N} \approx 0, R_a(0) = R_d(0) = C(0) = 0$,可以算出 $C_1 = \theta$,进而可得 $C(t) = -\theta I(t) + \theta$,代入式(7),得

$$\frac{dR(t)}{dI(t)} = - \left[(\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda) + \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}I(t)} \right] \quad (9)$$

求解式(9)可得

$$R(t) = -(\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda)I(t) - \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \ln I(t) + C_2 \quad (10)$$

由初始条件 $I(0) = 1, R(0) = 0$,可得

$$0 = (\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda) \times 1 + \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \ln 1 + C_2 \quad (11)$$

进一步可以计算出

$$C_2 = \lambda - (\lambda\theta + \alpha + \gamma) \quad (12)$$

将式(12)代入式(10)可得

$$R(t) = -(\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda)[I(t) + 1] - \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \ln I(t) \quad (13)$$

考虑到 $\lim_{t \rightarrow \infty} R_a(t) = 0$, 从而求得 $\lim_{t \rightarrow \infty} R_d(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} R(t)$.

由 $I = \lim_{t \rightarrow \infty} I(t) = 1 - \lim_{t \rightarrow \infty} R_d(t) - \lim_{t \rightarrow \infty} C(t)$, 得

$$I = 1 + (\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda)(I + 1) + \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \ln I + \theta I - \theta \quad (14)$$

构造函数 $f(\omega)$, $0 < \omega \leq 1$, 并对其求导可得

$$\begin{aligned} f(\omega) &= \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \ln \omega + \\ &\quad (\lambda\theta + \alpha + \gamma + \theta - \lambda - 1)\omega + \\ &\quad (\lambda\theta + \alpha + \gamma - \theta - \lambda + 1) \\ f'(\omega) &= \frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \frac{1}{\omega} + \\ &\quad (\lambda\theta + \alpha + \gamma + \theta - \lambda - 1) \\ f''(\omega) &= -\frac{\eta + \lambda\bar{K}(1 - \theta)}{\bar{K}} \frac{1}{\omega^2} \end{aligned}$$

由 $\theta < 1, \eta, \lambda, \bar{K}, \omega^2 > 0$, 可得 $f''(\omega) < 0$, 函数 $f(\omega)$ 为凸函数.

考虑到 $\lim_{\omega \rightarrow 0^+} f(\omega) = -\infty$, 因此只需满足 $f(1) \geq 0$, 便能使得在区间 $\omega \in (0, 1]$ 上 $f(\omega) = 0$ 有解, 由 $f(1) = 2(\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda) \geq 0$, 可得 $\lambda\theta + \alpha + \gamma - \lambda \geq 0$, 即

$$\lambda\theta + \alpha + \gamma \geq \lambda \quad (15)$$

显然式(15)这一条件很容易满足, 即模型的稳定状态是存在的.

3 动态模型分析

基于上文的描述来构建一个均匀网络, 在这个网络中个体被视作一个顶点, 个体与个体间的联系作为网络中的边. 为了便于研究, 令整个网络中单个个体的购买需求为 $q = 1$, 整个网络的平均度为 $\bar{k} = 10$, 网络规模为 $N = 10^6$, 则整个网络的初始条件为 $I(0) = (10^6 - 1)/10^6$, $S(0) = 1/10^6$, $R_a(0) = R_d(0) = C(0) = 0$, $Q_0 = 10^6 - 1$. 取参数 $\alpha = \gamma = \varphi = \lambda = 0.1, \beta = 0.6, \theta = 0.2, \eta = \varepsilon = 0.3, m = 0.5, p = 0.9$. 各群体随系统时间 t 的变化趋势如图2所示.

图2显示各群体在系统中所占比例随系统时间 t 的变化趋势. 随着时间的推移, 传播者比例 $S(t)$ 快速地上升, 表明此时的系统中相信并传播谣言的人在急剧地增加; 当达到某一峰值后, 理性群体开始占据主导, 此时 $S(t)$ 便开始下降; 当传播者全部消失后, $S(t)$ 的值就变为0. 在整个传播阶段只有无知

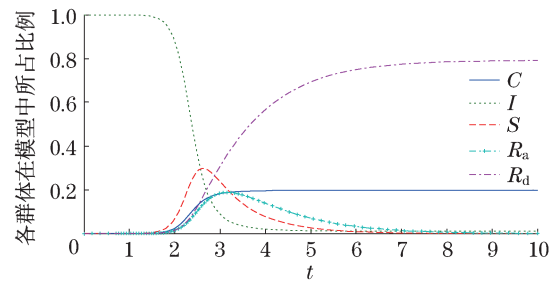


图2 各群体随系统时间的变化趋势图

Fig.2 Trend chart of each group along with system time

群体中的个体会进入抵触状态, 因此抵触者比例 $C(t)$ 随着系统时间的推移开始上升. 当无知者趋于零开始稳定后, 抵触者比例也会在某一直值处趋于稳定. 整个动态过程中, 无知者扮演的都是向其他状态转变的角色, 因此无知者比例 $I(t)$ 在达到稳定状态前一直处于下降状态, 表明越来越多的人接触并知道了谣言. 当无知者与传播者接触后会以一定概率转变成蒙蔽者, 在商家宣传的正面引导下, 蒙蔽者逐渐意识到谣言的虚假性又会向清醒状态转变. 如果无知者转变成蒙蔽者的速度大于蒙蔽者转变为清醒者的速度, 蒙蔽者比例 $R_a(t)$ 就会上升, 反之曲线则下降. 清醒者一部分来自无知者, 另一部分来自蒙蔽者, 因此在整个过程中 $R_d(t)$ 曲线先是缓慢上升, 然后随着无知者和蒙蔽者一起趋于稳定.

与产品相关的谣言影响个体对产品的判断及购买欲望, 进而波及整个供应链产品的需求. 由传播动力学模型的特点可知, 模型中不同参数对供应链需求的影响不同, 谣言传播参数 $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ 对总需求的影响情况如图3所示.

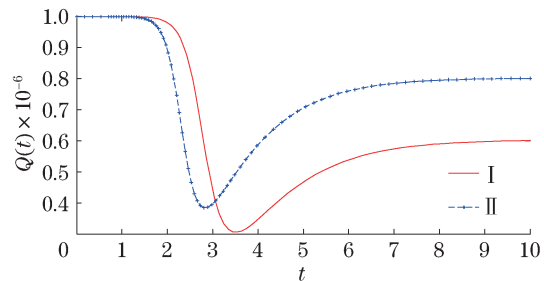


图3 总需求在不同参数下随系统时间的变化趋势图

Fig.3 Trend chart of total demand along with system time under different parameters

图3显示了供应链总需求 $Q(t)$ 随系统时间 t 的变化情况. 首先随着谣言的传播, 传播者和蒙蔽者数量相对较多, 无知者和清醒者则刚好相反, 整个供应链的总需求急速下降. 需求的多少展现了谣言破坏的力度, 需求越少说明谣言攻击对供应链需求的

破坏就越大. 不同参数对总需求的影响不同, 曲线 I 的参数为 $\alpha = 0.05, \beta = 0.5, \gamma = 0.05, \theta = 0.4, \varphi = 0.1, \lambda = 0.1, \eta = 0.3, \varepsilon = 0.3, m = 0.5, p = 0.9$; 曲线 II 的参数为 $\alpha = 0.1, \beta = 0.6, \gamma = 0.1, \theta = 0.2, \varphi = 0.1, \lambda = 0.1, \eta = 0.3, \varepsilon = 0.3, m = 0.5, p = 0.9$. 不难发现, 曲线 I 和曲线 II 随着谣言的传播都会出现一个最低点(谷底), 但是两者最低点的位置不同, 曲线 I 最低点非常接近 0. 同时, 总需求最后稳定的值等于参数 α, β, γ 的和. 曲线 I 稳定于 0.6, 其参数为 $\alpha = 0.05, \beta = 0.5, \gamma = 0.05$; 曲线 II 稳定于 0.8, 其参数为 $\alpha = 0.1, \beta = 0.6, \gamma = 0.1$. 曲线 I 和曲线 II 最终的稳定值不同, 表明无知者向传播者、蒙蔽者和清醒者转变的概率决定了系统稳定后的供应链总需求.

参数 θ 表示的是无知者与传播者接触后, 无知者向抵触者转变的概率; β 则反映出无知者与传播者接触后相信谣言而变为传播者的概率. 从供应链需求的角度来看, 传播者虽然不购买产品, 但是传播者在一系列的状态转变后最终会变成清醒者, 而个体一旦进入抵触状态就永远不会购买产品. 整个供应链的需求随参数 θ 与 β 的比值而变化, 其变化情况如图 4 所示.

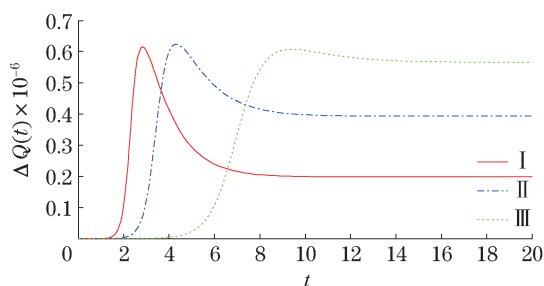


图4 需求的减少量随系统时间的变化趋势图

Fig.4 Trend chart of demand reduction along with system time

图4显示了需求的减少量 $\Delta Q(t)$ 在不同参数下随系统时间 t 的变化情况. 当参数 $\alpha = \gamma = \varphi = \lambda = 0.1, \eta = \varepsilon = 0.3, m = 0.5, p = 0.9$ 固定后, θ/β 的值决定需求的最终减少量. 起初随着谣言的传播, 无知者开始向其他状态转变, 由于抵触者和传播者以及蒙蔽者都不是产品购买者, 因此需求减少曲线迅猛上升, 然后随着传播者的减少以及蒙蔽者向清醒者的转变, 整个供应链的购买需求又开始恢复, 即需求减少曲线逐渐下滑, 直到最后达到稳定状态. 曲线 I 的参数 $\theta/\beta = 1/3$, 曲线 II 的参数 $\theta/\beta = 1$, 曲线 III 的参数 $\theta/\beta = 3$, θ/β 对应的值越大, 相应的最终

需求减少量也越大. 同时参数 θ 与 β 的比值还影响着需求减少曲线变动的平滑程度, 曲线 I 变化迅速, 而曲线 III 变化则相对平缓, 表明无知者转变为抵触者的概率与转变为传播者概率的比值越大, 供应链需求的波动就越剧烈.

当谣言开始传播后, 无知者会随着谣言的传播而减少, 导致供应链的需求逐渐下降. 商家为了应对谣言攻击带来的需求减少, 会通过正面宣传来促使那些相信谣言的蒙蔽者明白真相, 由蒙蔽状态转换到清醒状态, 以此来恢复供应链中断的需求. 商家的正面宣传在谣言传播过程中对需求恢复的作用如图 5 所示.

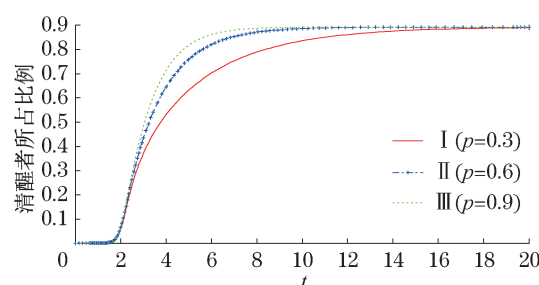


图5 商家宣传力度对清醒者变化趋势的影响

Fig.5 Trend chart about the influence of business publicity efforts on sober persons

图5显示的是参数 p 对清醒者 R_d 变化趋势的影响情况. 参数 p 表示的是蒙蔽者在受到商家正面宣传的影响后, 由蒙蔽状态向清醒状态转变的概率, 反映的是商家正面宣传的力度. 从图中可知, 当参数 $\alpha = \gamma = \theta = \varphi = \lambda = 0.1, \beta = 0.7, \eta = \varepsilon = 0.3, m = 0.5$ 固定时, 不同的参数 p 对清醒者的变化情况不同. 虽然 $R_d(t)$ 在整个过程中都是先上升, 然后达到稳定状态, 且最终达到稳定的值相同, 但是曲线 I 上升的速度最为缓慢, 曲线 III 上升的速度最为迅速. 这表明, 参数 p 的值不影响供应链最终的需求, 它只影响受谣言攻击后供应链需求恢复的速度. 无论商家宣传的力度大小如何, 蒙蔽者最终都会向清醒状态转变, 即蒙蔽者所导致的需求减少终会随着时间的推移而恢复.

参数 α 表示的是无知者与传播者接触后变为蒙蔽者的概率; γ 表示的是无知者转变成清醒者的概率. 虽然蒙蔽者最终会在商家正面宣传的影响下由蒙蔽状态转变为清醒状态, 不影响供应链最终的需求, 但对供应链需求恢复速度的快慢会产生差异. 在激烈的市场竞争中, 对那些生命周期短的产品而言, 以最短的时间恢复因谣言攻击而减少的需求也是很有现实意义的. 清醒者是产品的购买者, 通过清

醒者的多少可以衡量供应链需求的大小. 参数 α, γ 对清醒者的影响如图 6 所示.

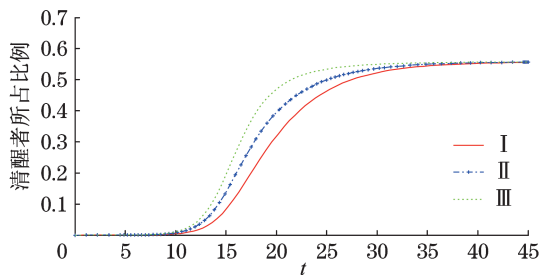


图 6 无知者的转变对清醒者变化趋势的影响

Fig. 6 Trend chart about the influence of ignorant persons' change on sober persons

图 6 显示的是参数 α, γ 对清醒者变化趋势的影响. 从图中曲线可知, 当参数 $\beta = \theta = \varphi = \lambda = 0.1, \eta = \varepsilon = 0.3, m = 0.5, p = 0.2$ 固定后, 参数 γ 与 α 值的变化对清醒者最终的数量没有影响, 但是影响曲线的上升速度. 曲线 I 中 $\gamma/\alpha = 1/7$, 曲线 II 中 $\gamma/\alpha = 1$, 曲线 III 中 $\gamma/\alpha = 7$, 显然曲线 I 上升较为平缓, 曲线 III 上升则最迅速, 表明无知者转变为清醒者的概率与转变为蒙蔽者的概率的比值越大, 清醒者达到稳定值的速度就越快, 即供应链中断的需求恢复就越迅速. 从恢复供应链中断的需求的角度来看, 商家宣传是一种事后遏制, γ 与 α 的比值更是一种事前遏制.

参数 p 表示的是商家为了应对谣言攻击导致的供应链需求减少而作的正面宣传, 在整个系统中, 谣言攻击会导致无知者向传播者、蒙蔽者、清醒者和抵触者这 4 个群体转变. 考虑到传播状态、蒙蔽状态和抵触状态的个体都不购买产品, 且商家的正面宣传会让蒙蔽者向购买群体清醒者转变, 因此商家正面宣传的介入与否对供应链总需求有着至关重要的影响. 商家正面宣传的介入与否对供应链总需求的影响如图 7 所示.

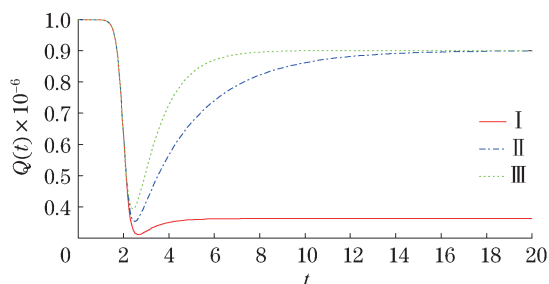


图 7 商家宣传力度对总需求变化趋势的影响

Fig. 7 Trend chart about the influence of business publicity efforts on total demand

图 7 显示的是商家正面宣传的介入与否对供应链总需求 $Q(t)$ 变化趋势的影响, 当参数 $\alpha = \gamma = \theta = \varphi = \lambda = 0.1, \beta = 0.7, \eta = \varepsilon = 0.3, m = 0.5$ 固定, 参数 $p \neq 0$ 时, p 值的大小对产品的最终需求没有影响, 但是影响产品达到最终总需求的速度. 当参数 $p = 0$ 时, 表明商家的正面宣传没有介入, 此时产品的最终需求明显比参数不为零的时候小. 曲线 I 中 $p = 0$, 曲线 II 中 $p = 0.35$, 曲线 III 中 $p = 0.9$. 在谣言的攻击下, 代表供应链总需求的 3 条曲线都会随着系统时间的推移迅速下降, 但曲线 II 和曲线 III 会在商家正面宣传的作用下向上回升, 最终在某一值处趋于稳定. 而没有商家正面宣传介入的曲线 I 虽然也会在某值处趋于稳定, 但其最终的总需求则相对较小. 显然商家正面宣传的介入与否对供应链最终需求有非常重要的影响, 但是介入的力度即 p 值的大小不会对供应链总需求产生影响, 它只影响供应链总需求达到稳定状态所需要的时间.

4 结 论

对均匀网络中谣言攻击对供应链需求的遏制进行研究分析, 在对经典疾病传播模型进行改进的基础上提出了 $CISR_a R_d$ 模型. 从定量分析的角度研究了社会网络中谣言传播对供应链需求破坏的影响, 发现商家的正面宣传在谣言传播过程中对于供应链需求的恢复有积极意义. 虽然在谣言最初传播的时候谣言对供应链需求破坏的速度大于商家宣传对需求恢复的速度, 随着整个系统中传播者 S 的减少, 谣言传播活动逐渐终止. 但是只要有蒙蔽者的存在, 外部商家的正面宣传就会起作用, 就能够对谣言攻击导致的需求破坏进行遏制.

本文的研究揭示了谣言传播对供应链需求的遏制, 同时也从定量分析的角度论证了在市场经济中商家所作的广告等宣传对谣言攻击导致的需求中断有遏制作用. 本文的不足之处是只在均匀网络的基础上进行研究, 没有考虑其他网络拓扑结构. 同时对模型中某些参数的研究有待进一步细化, 以探究其对整个模型的影响.

参考文献:

- [1] 迈克尔·波特. 竞争优势[M]. 陈小悦, 译. 北京: 华夏出版社, 2005.
- [2] 王非, 胡信步. 供应链管理若干问题研究综述[J]. 人文地理, 2005, 20(3): 26-30.

- [3] Tamg C. Perspectives in supply chain risk management[J]. International Journal of Production Economics, 2006, 103(2): 451 - 488.
- [4] 秦桂英, 刘宇熹. 基于云计算的供应链运营模式研究[J]. 上海理工大学学报, 2013, 35(3): 245 - 250.
- [5] Kacen J, Hess J D, Chiang W Y K. Bricks or clicks? consumer attitudes toward traditional stores and online stores[J]. Global Economics and Management Review, 2013, 18(1): 12 - 21.
- [6] Tang O, Musa S N. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 133(1): 25 - 34.
- [7] Kermack W O, McKendrick A G. A contribution to the mathematical theory of epidemics[J]. Proceedings of the Royal Society of London, Series A, 1927, 115 (772): 700 - 721.
- [8] 张芳, 司光亚, 罗批. 谣言传播模型研究综述[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2009, 6(4): 1 - 11.
- [9] 赵来军, 吴盼. 考虑传播率和移出率变化的谣言传播规律研究[J]. 上海理工大学学报, 2014, 36(4): 345 - 350.
- [10] Huang J Y, Jin X G. Preventing rumor spreading on small-world networks[J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2011, 24(3): 449 - 456.
- [11] Zheng M H, Lü L Y, Zhao M. Spreading in online social networks: the role of social reinforcement[J]. Physical Review E, 2013, 88(1): 2252 - 2279.
- [12] Bass F M. A new product growth for model consumer durables[J]. Management Science. 1969, 15 (5): 215 - 227.
- [13] 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, 25(3): 101 - 110.

(编辑: 丁红艺)

(上接第 47 页)

- [7] Ravi V. Optimization of complex system reliability by a modified great deluge algorithm[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2004, 21(4): 487 - 497.
- [8] Al-milli N. Hybrid genetic algorithm with great deluge to solve constrained optimization problems[J]. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2014, 59(2): 385 - 389.
- [9] 盛虹平, 马良. 混沌大洪水算法求解函数优化问题[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(5): 1626 - 1627.
- [10] Kifah S, Abdullah S. An adaptive non-linear great deluge algorithm for the patient-admission problem[J]. Information Sciences, 2015, 295: 573 - 585.
- [11] 吴鹏. Matlab 高效编程技巧与应用: 25 个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [12] 王秀梅, 秦体恒. 基于混沌优化算法的最小二乘圆参数估计[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 30(8): 101 - 104.

(编辑: 丁红艺)