

文章编号:1003-207(2023)10-0215-10

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.2433

基于ANP和随机Petri网的突发事件网络 舆情危机预警机制研究

田世海,王春梦,杨文蕊

(哈尔滨理工大学经济与管理学院,黑龙江 哈尔滨 150000)

摘要:突发事件网络舆情危机一旦爆发,会引发民众心理不安,影响社会安定。为及时有效预报危机触点、预防舆论爆发和预控事态升级,研究危机预警已刻不容缓。本文首先依据突发事件网络舆情的信息属性建立预警条块指标,并采用ANP对条指标进行定权—分类—评级,得到风险度由高到低的三级风险指标(I级、II级和III级);再结合预警体系框架构建了“阶梯并联式”预警机制;最后以“北京新发地疫情”为例,利用随机Petri网与马尔科夫链的同构性对预警机制进行仿真分析。结果表明,I级和II级风险指标实时值和增长率均与舆情危机爆发概率之间存在非线性关系,I级、II级和III级风险指标增长率之间的交互关系产生了预警临界面,据此制定了预警启动规则,为有关部门提前采取针对性的防范措施提供决策参考。

关键词:ANP;随机Petri网;网络舆情;危机预警;马尔可夫链

中图分类号:G206

文献标识码:A

1 引言

互联网以及社交媒体巨大发展活力和韧性打破了舆情传播的时空界限,高度集中化的群体传播与交互行为^[1]作用于网络系统,极易触发舆情危机。突发事件引爆的舆论话题在网络平台上持续发酵,公众情绪变化剧烈且呈几何级裂变扩散,严重影响社会和谐安定。而突发事件网络舆情危机预警机制可以提高预警响应速度,争取响应时间,快速进入应急流程,为政府采取防范措施争取时间,减弱或消除舆情带来的不良影响。因此,研究突发事件网络舆情危机预警机制,对营造晴朗的网络空间有重大意义。

网络舆情危机预警是控制负面舆情^[2]、制定高质量应急决策^[3]和危机公关^[4]的重要环节。目前对预警机制的研究主要呈现三种态势:一是预警识别,通过引入卷积神经网络^[5]、二分网络和关联网络^[6]、图嵌入与graph2vec算法^[7]等技术对舆情相关话题、风险路径或关键用户进行识别,从而提高网络舆情预警机制的精度^[8];二是预警监测,基于扫描

统计量^[9]、条件随机场风险分类模型^[10]等手段提取危机爆发时间点等主要信息,动态监测舆情危机风险;三是预警研判,利用大数据分析和计算实验等技术^[11]提高数据研判在危机预警中的效用。

危机预警机制的关键是预警指标筛选和预警方法设计。预警指标层面,杨小溪等^[12]从信息生态视角,将信息本体与信息环境、信息人和舆情间的关联——映射到信息生态位宽度、信息繁衍状态和信息竞合关系,构建了预警指标。黄炜等^[13]基于网络恐怖事件爆发的原因、进程和结果构建预警指标,发现事件传播初期的网络热度和影响力最为显著。预测方法层面,刘樑等^[14]从关键信息角度刻画突发事件舆情的预警情况,采用DEMATEL对指标定权,构建多层次模糊综合评价预警模型。上述文献给本文的研究提供了启发,但均无法清晰直观地呈现危机预警这一复杂系统的运作规律,而随机Petri网对于复杂系统的仿真建模有很强的适应能力。现有文献引入Petri网构造一种链状结构来反映群体事件^[15]、重大传染病^[16]以及网络信息系统^[17]的演化、传播和配置情况,对结构内部单一指标进行敏感性分析,但鲜有将Petri网应用于舆情危机预警领域,故本文在借鉴Petri网构造危机预警演化结构链的基础上,着重分析系统内多指标的交互影响,并绘制三维图来剖析预警系统的运作状态。

上述研究为危机预警奠定了基础,但还有以下不足:①注重预警指标构建原则与量化方法,忽略

收稿日期:2020-12-23; 修订日期:2021-04-06

基金项目:教育部人文社会科学研究规划项目(22YJA630080);黑龙江省哲学社会科学研究规划项目(22SHB170)

通讯作者简介:田世海(1972—),男(汉族),黑龙江哈尔滨人,哈尔滨理工大学经济与管理学院,教授,博士,研究方向:网络舆情,E-mail:tshttt2004@163.com.

预警指标风险程度;②关注单一指标的影响,缺乏不同阶段多指标的分类研究;③侧重构建预测或预警模型判断预警等级,无法清晰直观地呈现这一复杂系统的运作规律。因此,本文将三种视角有机结合,首先,依据突发事件网络舆情的信息属性建立预警条块指标,并采用ANP对其定权、排序分类后作风险评级(Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级)处理;其次,构建集实时监测和态势预测于一体的“阶梯并联式”预警机制,并利用随机Petri网直观呈现预警系统的动态运行过程;最后,结合马尔科夫与Petri网的同构性分析多风险指标间的交互影响关系,制定行之有效的预警启动规则。

2 网络舆情危机预警机制分析

网络舆情危机预警机制的目的是超前拉响危

机警报,及时采取应急防范措施,有效避免危机爆发,以防焦躁消极的舆论氛围加重网络负担,引起社会不安。能否协助政府有关部门“对症下药”是完善预警系统的重要影响因素,而预警指标的合理选取与分析,可以了解舆情信息和舆情环境,制定强指向性的防范措施,减少预判干扰、预判不足带来的损失。

2.1 选取指标

本文主要以舆情信息属性为指标选取原则,分析指标间的条块关系,确定块和条指标。其中,块指标分为事件信息块(即与突发事件本体相关的信息)、风险信息块(即煽动网民的虚假信息)、衍生信息块(即从突发事件演化而来的其他信息)、官方信息块(即代表政府的权威信息)。具体指标选取参考文献[18,19],如表1所示。

表1 危机预警条块指标体系

块指标	条指标	量化指标(单位时间内)
事件信息块 B_1	事件信息可靠度 C_{11}	权威媒体发布事件信息数
	事件信息关注度 C_{12}	事件信息浏览访问数
	事件信息传播度 C_{13}	事件信息转发点赞评论数
	事件信息行为度 C_{14}	事件信息图片、表情、视音频数
	事件信息情绪度 C_{15}	消极情绪的信息增加数
风险信息块 B_2	风险信息关注度 C_{21}	风险信息浏览访问数
	风险信息传播度 C_{22}	风险信息转发点赞评论数
	风险信息行为度 C_{23}	风险信息图片、表情、视音频数
	风险信息情绪度 C_{24}	消极情绪信息增加数
	衍生信息关注度 C_{31}	衍生信息浏览访问数
衍生信息块 B_3	衍生信息传播度 C_{32}	衍生信息转发点赞评论数
	衍生信息行为度 C_{33}	衍生信息图片、表情、视音频数
	信息披露度 C_{41}	事件追踪信息数
官方信息块 B_4	事件处理度 C_{42}	相关处理措施信息数
	不实信息甄别度 C_{43}	辟谣信息数
	奖惩力度 C_{44}	政府对该事件奖惩信息数

2.2 基于ANP的危机预警指标风险等级划分

预警条块指标对舆情危机的影响蕴含着舆论漩涡中各方的利益矛盾,防范措施应以此为鉴,故需要对预警指标进行风险等级划分,无论是预警响应还是应急防范,都应重视风险级别高的预警指标,注意低风险指标对预警和应急防范的干扰。预警指标间优势度不同,对舆情危机影响程度则不同。利用优势度计算出条块指标权重,得到风险程度不同的条指标,进而划分预警指标的风险级别。根据预警风险级别将预警流程细分化,提高预警时效性及防范的针对性和操作性。因此本文通过条块指标间的优势度,利用ANP计算各条指标权重,并划分预警指标风险级别(Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级),为预警机制设计提供依据。

2.2.1 构建ANP结构模型

根据表1的预警指标体系,以块指标为控制层 B_m ,条指标为网络层 C_{ij} ,确定各个影响因素的相互关系,构建突发事件网络舆情危机预警ANP结构模型,如图1所示。

2.2.2 基于ANP的危机预警指标风险评级

按照ANP计算规则,构建未加权超矩阵、加权超矩阵、极限超矩阵,最终得出预警指标 C_{ij} 的权重向量 R 。根据ANP计算结果,将上述矩阵排序,得到权重排序向量 R' ,再将其均分为三类,得到三级风险指标,即Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级。

2.3 危机预警机制

预警机制内各要素合理配置是保证该预警流程正常运行的前提,实时监测与态势预测并行是预

警机制及时拉响警报的重要环节,而协助有关部门打好预控提前量是预警的主要目的。依据上述预

警指标的风险级别,构建“阶梯并联式”突发事件网络舆情危机预警机制,如图 2 所示。

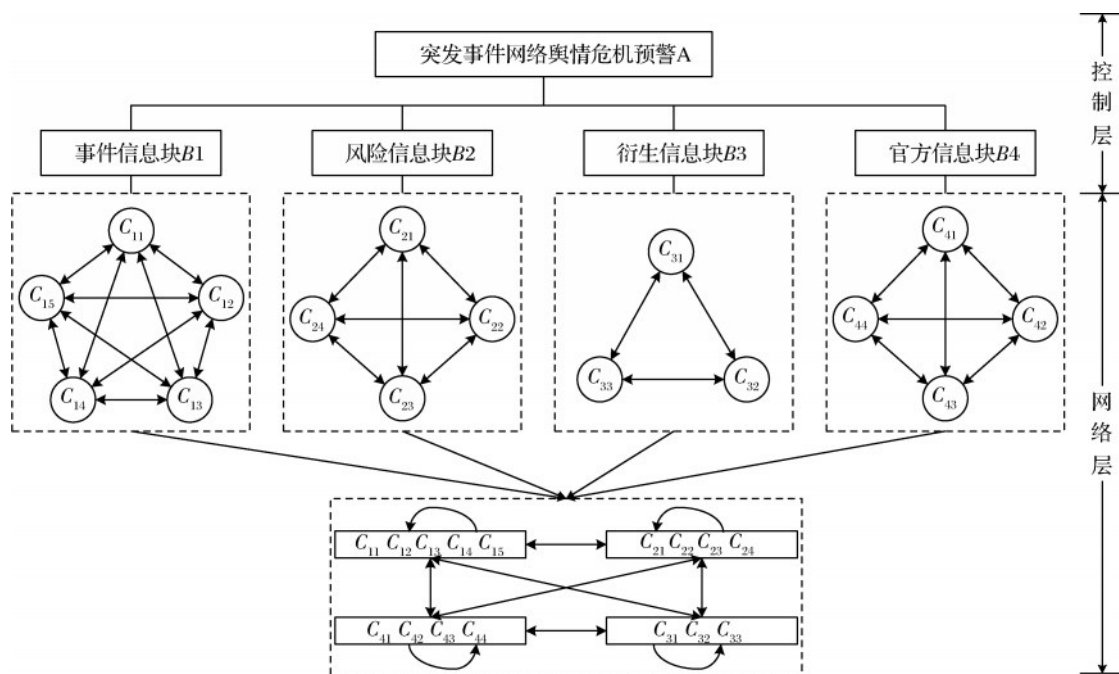


图 1 危机预警 ANP 结构模型

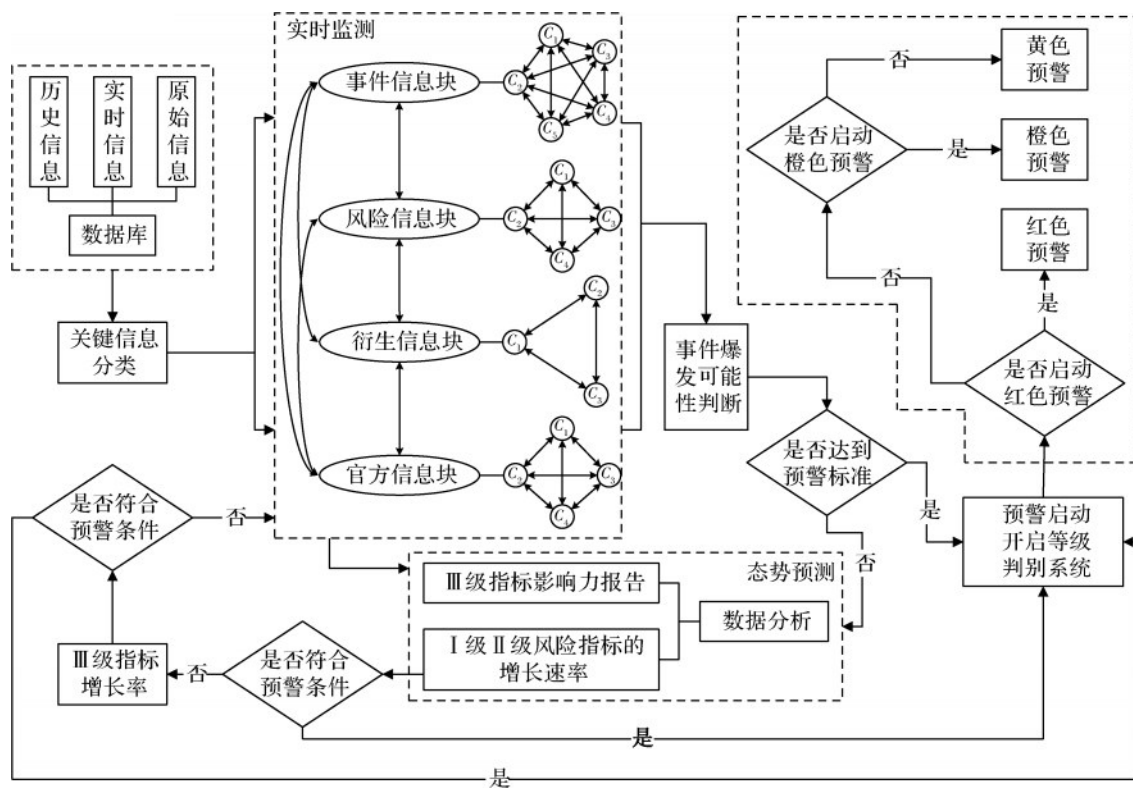


图 2 “阶梯并联式”危机预警机制

3 网络舆情危机预警 SPN 模型分析

时间是预警模型中的重要参数,运用随机 Petri 网 (SPN),可以保证预警系统能及时有效地提供警告信息,方便有关部门实时掌握舆情恶化动态,并采取有效措施。SPN 中的变迁 t 被定义为 Molloy 形

式的指数分布函数^[20]:

$$\forall t \in T: F_t = 1 - e^{-\lambda_t x} \quad (6)$$

其中,参数 $\lambda_t > 0$ 表示变迁 t 的平均实施速率,随机延迟时间变量 $x \geq 0$ 。

SPN 一般被定义为包含六个元素的有向图: $SPN = (P, T, F, W, M, \lambda)$ 。

(1) $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 是网络舆情危机预警关键要素的有限集合, $n > 0$ 为要素的个数。

(2) $T_i = \{t_1, t_1, \dots, t_k\}$ 表示网络舆情危机预警要素变迁的有限集合。

(3) $F \subseteq \{P \times T\} \cup \{T \times P\}$ 是变迁输入和输出的有向弧元素集合, 分别表示触动预警进程的条件和阶段性成果。

(4) $W: F \rightarrow N^+$ 是弧权函数, 对有向弧赋权重, $N^+ = \{1, 2, \dots\}$ 。

(5) $M: P \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ 是标识集合, 它为一向量, 表示突发事件网络舆情预警动态进程中可能出现

的状态, M_1 是初始标识, 代表系统的初始状态;

(6) $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ 是突发事件网络舆情预警要素的变迁点火速率集合, 其与时间变迁相关联, 时间变迁服从负指数分布, λ 表示分布函数的参数。

由于 SPN 与连续时间马尔可夫链的同构性^[24], 本文借助马尔可夫链的平稳分布来分析动态舆情预警系统的启动问题, 具体建模步骤如下:

步骤 1: 构建 SPN 模型。依据“阶梯并联式”危机预警机制建立 SPN 模型。模型由 9 个网络舆情预警要素和 12 个要素变迁组成, 如图 3 所示。

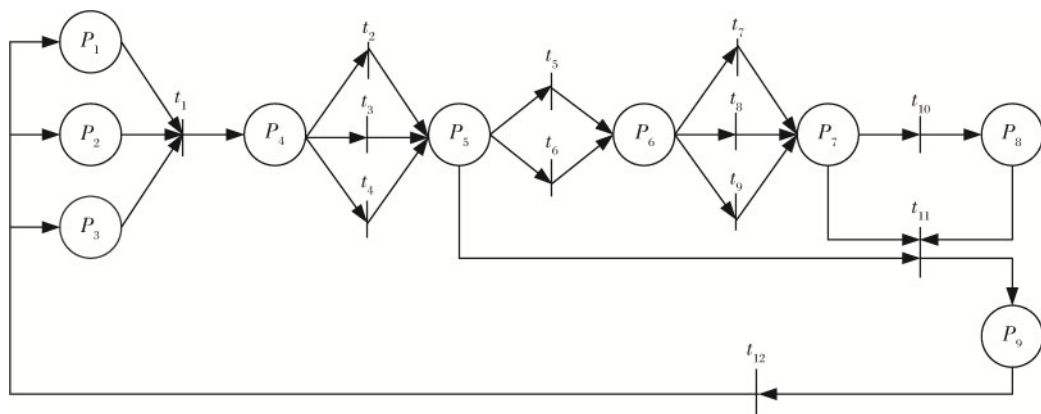


图3 危机预警 SPN 模型

各个要素和要素变迁的含义如表2和表3所示。

表2 突发事件网络舆情预警要素有限集合

P_1 : 历史信息数据	P_6 : 舆情态势扩大
P_2 : 原始信息数据	P_7 : 舆论爆发
P_3 : 实时信息数据	P_8 : 官方信息滞后
P_4 : 关键信息整合	P_9 : 危机预警
P_5 : 舆情态势不佳	

表3 突发事件网络舆情预警要素变迁的有效集合

t_1 : 数据库更新	t_7 : I 级风险上升
t_2 : I 级风险评定	t_8 : II 级风险加大
t_3 : II 级风险评定	t_9 : III 级风险加深
t_4 : III 级风险评定	t_{10} : 矛盾冲突激化
t_5 : 舆情热度上升	t_{11} : 事件升级
t_6 : 不实信息滋生	t_{12} : 预警启动、官方进行管控

步骤 2: 产生可达图。由图 3 所示 SPN 模型确定初始标识: $M_1 = (1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ 。根据 SPN 的触发规则, 建立如下可达标识:

$$M_1 = (1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$M_2 = (0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$M_3 = (0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$M_4 = (0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$M_5 = (0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)$$

$$M_6 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$M_7 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$M_8 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$M_9 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$M_{10} = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$M_{11} = (0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0)$$

$$M_{12} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$$

步骤 3: 构建马尔可夫链。依据步骤 2 中的可达集, 构建与 SPN 同构的马尔可夫链, 如图 4 所示。

图 4 中有向弧表示该 SPN 模型从一个状态向另一个状态的转换过程。每条弧上的标注代表该弧所对应的变迁的平均实施速率 λ_j 。令 $p(M_i)$ ($i = 1, 2, \dots, 12$) 为危机预警 SPN 模型稳定状态下 M_i 的概率, 则稳态概率 $P = (p(M_1), p(M_2), \dots, p(M_{12}))$ 。根据马尔可夫平稳分布相关定理和切普曼—柯尔莫哥洛夫方程可得:

$$\begin{cases} P\Gamma = 0 \\ \sum_{i=1}^n p(M_i) = 1 \end{cases} \quad (7)$$

由图 4 所示马尔可夫链和式 (7), 得到系统状态概率间的关系式:

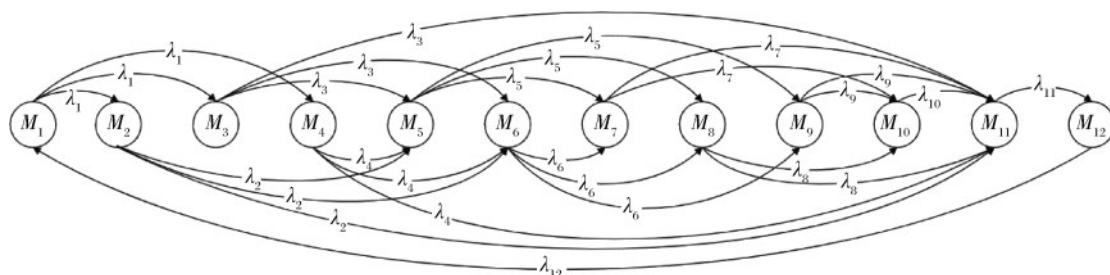


图4 危机预警SPN模型同构的马尔可夫链

$$\begin{cases}
 3\lambda_1 P(M_1) = \lambda_{12} P(M_{12}) \\
 3\lambda_2 P(M_2) = \lambda_1 P(M_1) \\
 3\lambda_3 P(M_3) = \lambda_1 P(M_1) \\
 3\lambda_4 P(M_4) = \lambda_1 P(M_1) \\
 3\lambda_5 P(M_5) = \lambda_2 P(M_2) + \lambda_3 P(M_3) + \lambda_4 P(M_4) \\
 3\lambda_6 P(M_6) = \lambda_2 P(M_2) + \lambda_3 P(M_3) + \lambda_4 P(M_4) \\
 2\lambda_7 P(M_7) = \lambda_5 P(M_5) + \lambda_6 P(M_6) \\
 2\lambda_8 P(M_8) = \lambda_5 P(M_5) + \lambda_6 P(M_6) \\
 2\lambda_9 P(M_9) = \lambda_5 P(M_5) + \lambda_6 P(M_6) \\
 \lambda_{10} P(M_{10}) = \lambda_7 P(M_7) + \lambda_8 P(M_8) + \lambda_9 P(M_9) \\
 \lambda_{11} P(M_{11}) = \lambda_2 P(M_2) + \lambda_3 P(M_3) + \lambda_4 P(M_4) + \lambda_7 P(M_7) + \lambda_8 P(M_8) + \lambda_9 P(M_9) + \lambda_{10} P(M_{10}) \\
 \lambda_{12} P(M_{12}) = \lambda_{11} P(M_{11}) \sum_{i=1}^{12} P(M_i) = 1
 \end{cases} \quad (8)$$

由式(8)得到相应的状态转移矩阵 Γ :

$$\Gamma = \begin{bmatrix}
 -3\lambda_1 & \lambda_1 & \lambda_1 & \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -3\lambda_2 & 0 & 0 & \lambda_2 & \lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_2 & 0 \\
 0 & 0 & -3\lambda_3 & 0 & \lambda_3 & \lambda_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_3 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -3\lambda_4 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_4 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -3\lambda_5 & 0 & \lambda_5 & \lambda_5 & \lambda_5 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3\lambda_6 & \lambda_6 & \lambda_6 & \lambda_6 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\lambda_7 & 0 & 0 & \lambda_7 & \lambda_7 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\lambda_8 & 0 & \lambda_8 & \lambda_8 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\lambda_9 & \lambda_9 & \lambda_9 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{10} & \lambda_{10} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{11} & \lambda_{11} \\
 \lambda_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{12}
 \end{bmatrix}$$

4 实例分析

本文以“北京新发地疫情”事件为例,分析突发事件网络舆情预警启动规则。2020年6月11日,官方通报北京新增1例新冠确诊病例,打破56天本地无新增情况。据官方通报,确诊病例行动轨迹几乎均与北京新发地市场有关,并在新发地切割三文鱼的案板上发现新冠病毒,北京各大超市第一时间下架三文鱼,舆论迅速关联新冠疫情爆发初期的武汉海鲜市场,一时之间关于“北京新冠疫情源于新发地市场”“新冠病毒宿主或为三文鱼”等言论成为舆论焦点,公众对北京疫情不可控的恐慌不安情绪迅速攀升。更有其他省份不断出现关联病例,多地将北京纳入管控范围,加剧了公众对疫情再度大规模

爆发的担忧。同时,有关“支付宝追踪新发地35万人数据”等谣言滋生,谴责“支付宝泄露数据,侵犯隐私”等言论在网络上不断发酵,最终在2020年6月15日达到舆论高峰。因此,本文根据“北京新发地疫情”舆情态势来研究危机预警指标评级情况及SPN模型的仿真分析。

4.1 危机预警指标风险等级划分

采用1~9标度法邀请专家打分,根据该突发事件的实际情况和图1结构模型,得到突发事件网络舆情预警条指标间的相对重要性,并运用yaanp软件构建突发事件网络舆情预警条指标权重体系,重新排序,得到风险排序指标。

预警指标风险等级划分采取ABC分类法。A类因素累计发生频率大于70%,为重要影响因素;B

类因素累计发生频率在 20% 左右,为次要影响因素;C 类因素累计发生频率在 5%~10% 之间,为一般影响因素,可忽略不计。因此结合本文数据,第 1~8 个风险排序指标的累计权重为 0.7003,将其归为 I 级风险指标,为重要影响因素;第 9~13 个风险

排序指标的累计权重为 0.2147,将其归为 II 级风险排序指标,为次要影响因素;第 14~16 个风险排序指标累计权重为 0.0850,将其归为 III 级风险指标,为一般影响因素,可作为参考指标使用,详细结果如表 4 所示。

表 4 危机预警指标风险评级

危机预警指标体系				危机预警指标风险评级			
块指标	块指标权重	条指标	条指标权重	风险排序指标	风险排序指标权重	风险指标等级权重	风险指标等级
事件信息 块 B_1	0.2442	事件信息可靠度 C_{11}	0.0479	事件信息传播度 C_{13}	0.1563	0.7003	I 级
		事件信息关注度 C_{12}	0.0969	事件信息关注度 C_{12}	0.0969		
		事件信息传播度 C_{13}	0.1563	风险信息关注度 C_{21}	0.0799		
		事件信息行为度 C_{14}	0.0770	风险信息传播度 C_{22}	0.0779		
		情绪转移度 C_{15}	0.0682	事件处理度 C_{42}	0.0776		
风险信息 块 B_2	0.3793	风险信息关注度 C_{21}	0.0799	事件信息行为度 C_{14}	0.0770	0.2147	II 级
		风险信息传播度 C_{22}	0.0779	情绪转移度 C_{15}	0.0682		
		风险信息行为度 C_{23}	0.0302	信息披露度 C_{41}	0.0665		
		情绪转移度 C_{24}	0.0516	情绪转移度 C_{24}	0.0516		
衍生信息 块 B_3	0.2396	衍生信息关注度 C_{31}	0.0340	事件信息可靠度 C_{11}	0.0479	0.0850	III 级
		衍生信息传播度 C_{32}	0.0440	衍生信息关注度 C_{32}	0.0440		
		衍生信息行为度 C_{33}	0.0334	不实信息甄别度 C_{43}	0.0372		
		信息披露度 C_{41}	0.0665	衍生信息关注度 C_{31}	0.0340		
官方信息 块 B_4	0.1369	事件处理度 C_{42}	0.0776	衍生信息行为度 C_{33}	0.0334	0.0850	III 级
		不实信息甄别度 C_{43}	0.0372	风险信息行为度 C_{23}	0.0303		
		奖惩力度 C_{44}	0.0213	奖惩力度 C_{44}	0.0213		

4.2 危机预警仿真分析

由表 4 可知, I 级、II 级和 III 级风险指标对突发事件网络舆情预警的影响重要性不同,但其各自对危机预警的影响程度和三指标间的交互影响作用尚不明确。为此,本文根据“北京新发地疫情”的舆情态势,采用 UiBot 爬取 2020 年 6 月 15 日 9:00—10:00 的数据,经筛选和整理,确定相关参数。假定数据库更新频率为 20 次/分钟,则 $\lambda_1 = 20$;由采集的数据可知, I 级、II 级和 III 级风险指标的影响速率分别为 9 条/分钟、3 条/分钟和 1 条/分钟,则 $\lambda_2 = 9$, $\lambda_3 = 3$, $\lambda_4 = 1$,在此期间,舆情热度上升(变迁 t_5),不实信息滋生(变迁 t_6),但政府及时辟谣,不妨设 $\lambda_5 = 3$, $\lambda_6 = 1$ 。分析数据可知, I 级、II 级和 III 级风险指标的增长率为 0.7、0.25 和 0.38,则 $\lambda_7 = 0.7$, $\lambda_8 = 0.25$, $\lambda_9 = 0.38$ 。随着各种指标因素的交互影响导致矛盾冲突激化(变迁 t_{10}),事态升级(变迁 t_{11}),形势愈加紧迫,从而拉响警报(变迁 t_{12}),故可设 $\lambda_{10} = 13$, $\lambda_{11} = 8$, $\lambda_{12} = 1$ 。在此基础上,通过变动某一变量 λ_i 对该运作系统进行仿真,求解稳态概率并分析其影响规律,进而以此为依据制定预警启动规则。

4.2.1 I 级风险指标对各稳态概率的影响

考虑 I 级风险指标对突发事件网络舆情预警各状态稳态概率的影响,变动 I 级风险指标实时值(单位时间内的数据量) λ_2 ,其他因素 $\lambda_i (i = 1, 3, \dots, 12)$

不变,得到 I 级风险指标实时值对各状态稳态概率的影响,如图 5 所示;变动 I 级风险指标增长率 λ_7 ,其他因素 $\lambda_i (i = 1, \dots, 6, 8, \dots, 12)$ 不变,得到 I 级风险指标增长率对各状态稳态概率的影响,如图 6 所示。

由图 5 可知,当 I 级风险指标实时值(λ_2)变动时,舆情预警概率曲线较为平缓,说明 I 级风险指标实时值对舆情危机有直接影响,但影响程度相对较小。由图 6 可知,当 I 级风险指标增长率(λ_7)变动时,舆情预警概率曲线变化较为明显,可见 I 级风险指标增长率对舆情预警概率影响程度更大。

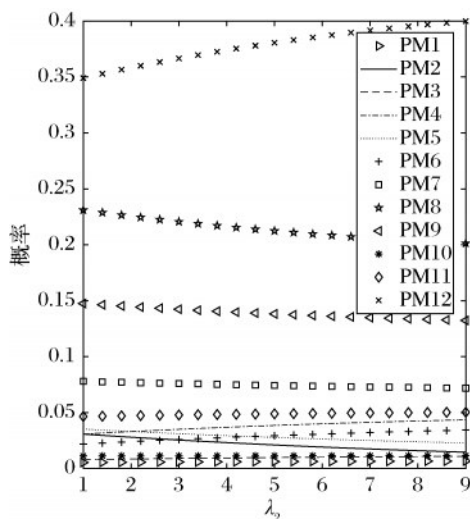


图 5 I 级风险指标实时值对稳态概率的影响

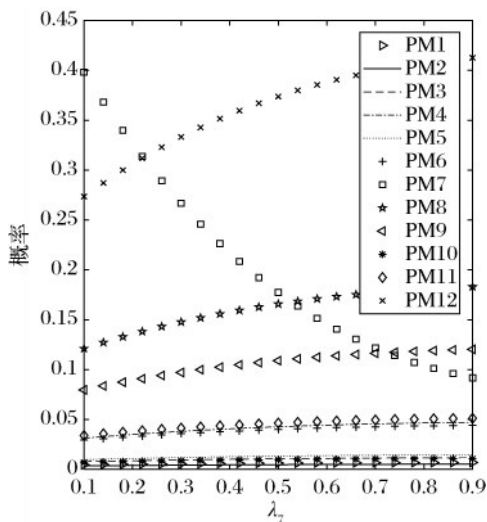


图6 I 级风险指标增长率对稳态概率的影响

4.2.2 II 级风险指标对各稳态概率的影响

考虑 II 级风险指标对突发事件网络舆情预警各状态稳态概率的影响,变动 II 级风险指标实时值 λ_3 ,其他因素 $\lambda_i (i=1, 2, 4, \dots, 12)$ 不变,得到 II 级风险指标实时值对各状态稳态概率的影响,如图 7 所示;变动 II 级风险指标增长率 λ_8 ,其他因素 $\lambda_i (i=1, \dots, 7, 9, \dots, 12)$ 不变,得到 II 级风险指标增长率对各状态稳态概率的影响,如图 8 所示。

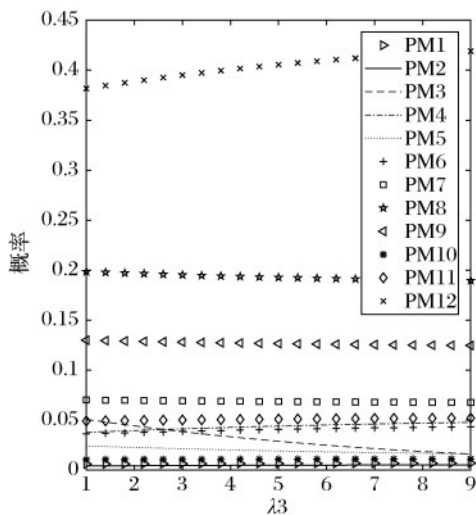


图7 II 级风险指标实时值对稳态概率的影响

由图 7 可知,当 II 级风险指标实时值(λ_3)变动时,舆情预警概率曲线较为平缓,说明 II 级风险指标实时值对舆情危机有直接影响,但影响程度相对较小。由图 8 可知,当 II 级风险指标增长率(λ_8)变动时,舆情预警概率曲线变化较为明显,显然,II 级风险指标增长率对舆情预警概率影响程度更大。

由各级风险指标实时值和增长率的分析可知,实时值对稳态概率有直接影响但影响程度较小,而增长率的影响程度更大。若仅考虑实时值的影响,会延长预警的响应时间,导致舆论信息滞后,应对时间被压缩,不利于危机措施的有效实施,致使预

警效果不佳。因此综合各要素影响,减弱反应滞后带来的危害,需要制定行之有效的预警启动规则。

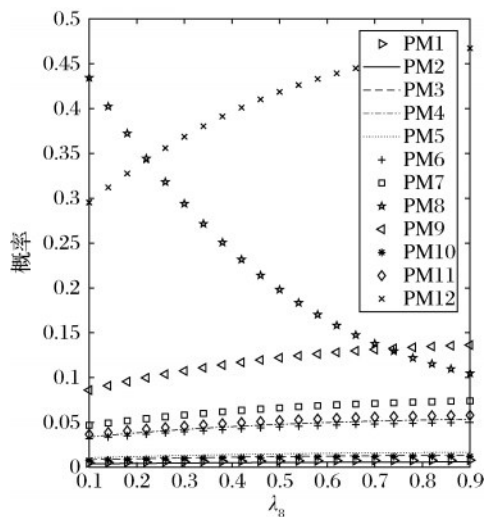


图8 II 级风险指标增长率对稳态概率的影响

4.3 危机预警启动

考虑到危机预警机制要兼具时效性、超前性和防范性,故在设计预警启动规则时,有如下考量:

(1)时效性。从多方面(步骤 1~步骤 3)判断预警启动级别,预留出足够的反应时间。上述实验表明,指标实时值会影响舆情危机演变态势,但若忽略指标增长率,仅通过观测指标实时值研究危机的爆发,则会导致反应滞后、处置时间压缩。

(2)超前性。通过分析 I~II 级风险指标实时值、I 级和 II 级风险指标增长率对预警概率的影响以及 I~III 级风险指标增长率间的交互影响,估计危机爆发的概率,在危机进一步扩散前拉响警报,实施超前防控,控制危机扩散速度。

(3)防范性。构造黄、橙、红三个警级,每个警级对应不同指标,警报一旦响起,立即根据警级定位风险指标,以此为重要参考制定强针对性决策,以防“爆炸式”危机发生,造成不可挽回的局面。

依据上述分析,本文采取侧重分级的方式制定预警启动规则。

步骤 I 级和 II 级风险指标实时值的交互影响达到预警标准,则启动预警,进入步骤 4,否则进入步骤 2。

根据上述实验可知,I 级和 II 级风险指标的实时值对突发事件网络舆情预警有直接影响,因此首先分析两者交互影响是否达到预警要求。各项参数取值如下 $\lambda_1=20$, $\lambda_4=1$, $\lambda_5=3$, $\lambda_6=1$, $\lambda_7=0.7$, $\lambda_8=0.25$, $\lambda_9=0.38$, $\lambda_{10}=13$, $\lambda_{11}=8$, $\lambda_{12}=1$,将其代入式(8)得到 I 级和 II 级风险指标实时值和预警概率之间的关系式:

$$\frac{1}{P} = \frac{0.1111}{\lambda_2} + \frac{0.1111}{\lambda_3} + 2.3221$$

其中, P 代表危机预警概率 $P(M_{12})$, λ_2 和 λ_3 分别代表 I 级和 II 级风险指标实时值。如设定警报阈值为 0.1, λ_2 和 λ_3 变动下, 舆情处于危机状态的概率变化如图 9 所示, 则当 $\lambda_2 = 3.962$, $\lambda_3 = 2.675$ 时, 危机预警概率为 41.81%, 此时直接进入预警评级系统, 启动预警。

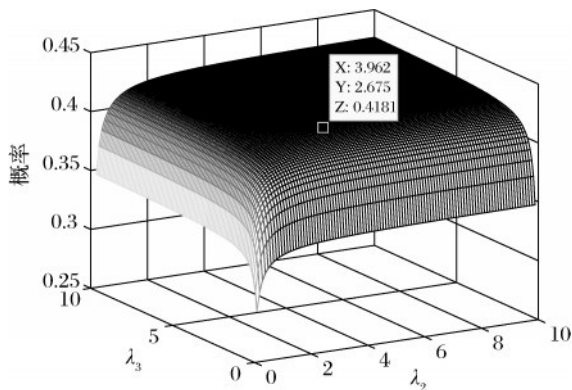


图9 λ_2 和 λ_3 变动下舆情处于危机状态的概率

步骤 2: I 级和 II 级风险指标增长率的交互影响达到预警标准, 则启动预警, 进入步骤 4, 否则进入步骤 3。

由上述实验可知, I 级和 II 级风险指标增长率对突发事件网络舆情预警的影响程度较明显, 因此分析两者交互影响是否达到预警要求。各项参数取值 $\lambda_1 = 20$, $\lambda_2 = 9$, $\lambda_3 = 3$, $\lambda_4 = 1$, $\lambda_5 = 3$, $\lambda_6 = 1$, $\lambda_9 = 0.38$, $\lambda_{10} = 13$, $\lambda_{11} = 8$, $\lambda_{12} = 1$, 将其代入式 (8), I 级和 II 级风险指标增长率和预警概率之间的关系式为:

$$\frac{1}{P} = \frac{0.1111}{\lambda_7} + \frac{0.1111}{\lambda_8} + 1.7683$$

其中, P 代表危机爆发的概率 ($P(M_{12})$), λ_7 和 λ_8 分别代表 I 级和 II 级风险指标增长率, λ_7 和 λ_8 变动下, 舆情处于危机状态的概率变化如图 10 所示。

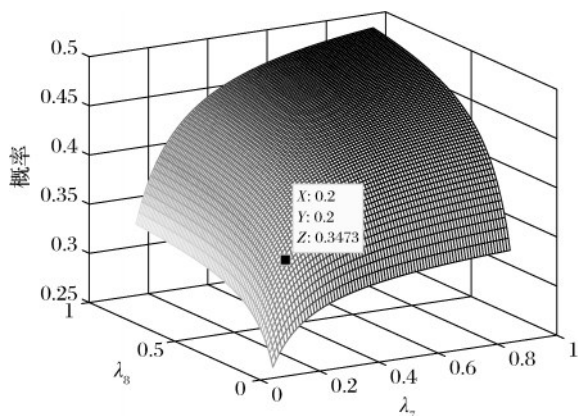


图10 λ_7 和 λ_8 变动下舆情处于危机状态的概率

由图 10 可知, 当 $\lambda_7 = 0.2$, $\lambda_8 = 0.2$ 时, 危机预警的概率是 34.73%, 此时直接进入预警评级系统, 启动预警。

步骤 3: I ~ III 级风险指标增长率的交互影响达到预警标准, 则启动预警进入步骤 4, 否则重新进

入步骤 1。

III 级风险指标增长率所占权重较小, 对网络舆情危机预警影响较弱, 但可作为参考指标分析其与 I 级、II 级风险指标增长率的交互影响是否达到预警要求。各项参数设置为 $\lambda_1 = 20$, $\lambda_2 = 9$, $\lambda_3 = 3$, $\lambda_4 = 1$, $\lambda_5 = 3$, $\lambda_6 = 1$, $\lambda_{10} = 13$, $\lambda_{11} = 8$, $\lambda_{12} = 1$, 并假设三级预警临界值 $P(M_{12})$ 为 0.388, 将其代入式 (8), 得到 I ~ III 级风险指标增长率之间的交互关系式为:

$$\frac{0.1111}{\lambda_7} + \frac{0.1111}{\lambda_8} + \frac{0.1111}{\lambda_9} = 1.1000$$

其中 λ_7 、 λ_8 、 λ_9 分别代表 I 级、II 级和 III 级风险指标增长率, 如当 $\lambda_7 = 0.12$, $\lambda_8 = 0.28$, $\lambda_9 = 0.50$ 时达到预警临界 ($\lambda_7, \lambda_8, \lambda_9$ 均大于预设阈值, 则启动预警), 如图 11 所示, 直接进入预警评级系统, 启动预警。

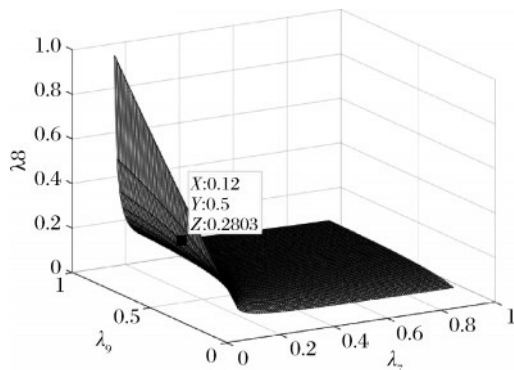


图11 λ_7 、 λ_8 和 λ_9 变动下预警临界曲面

步骤 4: 预警启动, 进入预警评级系统。若预警概率 $P \in [0.1, 0.2]$ 或达到预警临界曲面, 则启动黄色预警; 若预警概率 $P \in (0.2, 0.3]$ 或达到预警临界曲面, 则启动橙色预警; 若预警概率 $P > 0.4$ 或达到预警临界曲面, 则启动红色预警。预警等级不同, 警情则不同, 依照警情采取不同预警措施, 及时有效安抚网民恐慌情绪, 防止或阻断突发事件网络舆情危机爆发。

根据预警启动规则, 由上述参数得出“北京新发地疫情”的预警概率 $P = 0.4217 > 0.4$, 故启动红色预警, 而且蚁坊数据舆情热度图显示, 2020 年 6 月 15 日舆情态势达到高峰, 与本文研究情况一致。蚁坊数据舆情态势如图 12 所示。

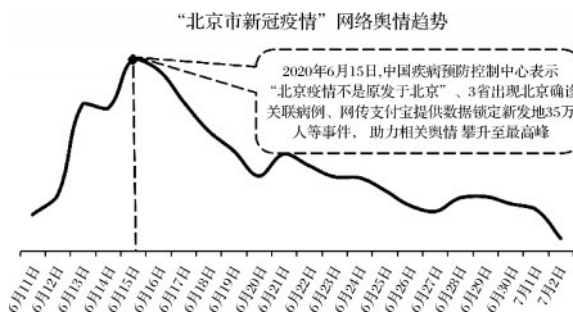


图12 蚁坊数据舆情态势

5 结论

本文以预警的时效性、超前性和防范性为原则,构建合理可行的突发事件网络舆情危机预警机制,采用MATLAB 2017a仿真模拟风险指标对网络舆情危机的影响,最后制定了预警启动规则。

(1)利用ANP对预警条指标进行定权—分类—评级,得到三级风险指标(I级、II级和III级风险指标),并依据三级风险指标的强弱度构建突发事件网络舆情预警机制。风险指标是预警系统的基本要素,本文对选定的预警条指标做评级处理,有重要影响的条指标归为一类,将风险指标量化,并结合“阶梯并联式”预警机制,为预警决策提供科学依据。

(2)利用随机Petri网与同构的马尔科夫链分析“北京新发地疫情”网络舆情预警系统内各状态的稳态概率。通过定量分析,得到三级风险指标对疫情舆论危机的交互关系,为预控对策提供参考依据。

(3)结合三维图制定阶梯并联式舆情预警启动规则和评级标准。根据I级和II级风险指标实时值对预警概率做出判定,若达到预警标准,则进入预警评级系统,启动相应级别预警,否则,继续监控I级和II级风险指标增长率;若I级和II级风险指标的增长率达标,则进入预警评级系统,启动相应级别预警,否则继续监控I级、II级和III级风险指标的交互影响;若三级风险指标的交互影响达标,则进入预警评级系统,启动相应级别预警,否则重启系统。

本文为构建突发事件网络舆情危机预警系统提供了新思路,构建量化指标和“阶梯并联式”预警机制,科学剖析了预警运作过程,为制定预控措施提供参考决策。未来的研究中还可以对突发事件网络舆情危机的防范措施与应急流程进行探讨。

参考文献:

- [1] 林燕霞,谢湘生,张德鹏. 复杂交互行为影响下的网络舆情演化分析[J]. 中国管理科学, 2020, 28(1): 212—221.
Lin Yanxia, Xie Xiangsheng, Zhang Depeng. Analysis of online public opinion evolution under the influence of complex interaction behaviors [J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28(1): 212—221.
- [2] 顾秋阳,吴宝,池仁勇. 考虑思考时滞的社交网络舆情最优控制模型[J]. 中国管理科学, 2021, 29(11): 215—223.
Gu Qiuyang, Wu Bao, Chi Renyong. Optimal control model of social network public opinion considering thought time—lag [J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29(11): 215—223.
- [3] 徐选华,马志鹏,陈晓红. 基于公众偏好大数据分析的大群体应急决策质量动态演化研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(7): 140—149.
Xu Xuanhua, Ma Zhipeng, Chen Xiaohong. Dynamic evolution research on emergency decision quality of large group based on the public preferences big data [J]. Chinese Journal of Management Science, 2022, 30(7): 140—149.
- [4] 孙继伟,李晓琳,王轶群. 企业危机管理中自媒体舆论引导策略的探索性研究[J]. 管理科学, 2020, 33(5): 101—115.
Sun Jiwei, Li Xiaolin, Wang Yiqun. Exploratory research on we media public opinion guide strategy in enterprise crisis management [J]. Journal of Management Science, 2020, 33(5): 101—115.
- [5] Bhandari A, Pal N R. Can edges help convolution neural networks in emotion recognition? [J]. Neurocomputing, 2021, 433: 162—168.
- [6] 李金,申苏浩,孙晓蕾,等. 重要数据跨境流动背景下风险路径的识别与分级. 中国管理科学, 2021, 29(3): 90—99.
Li Jin, Shen Suhao, Sun Xiaolei, et al. Identification and classification for risk paths in the context of cross—border important data flow [J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29(3): 90—99.
- [7] Masood M A, Abbasi R A. Using graph embedding and machine learning to identify rebels on twitter [J]. Journal of Informetrics, 2021, 15(1): 101—121.
- [8] 谭雪晗,涂艳,马哲坤. 基于SNA的事故灾难舆情关键用户识别及治理[J]. 情报学报, 2017, 36(3): 297—306.
Tan Xuehan, Tu Yan, Ma Zhekun. Analysis of key users in accident public opinion spread on social network theory [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2017, 36(3): 297—306.
- [9] 裴江南,杨书宁,翟劼. 基于扫描统计量的微博中突发事件舆情动态监测方法[J]. 情报学报, 2015, 34(4): 414—423.
Qiu Jiangnan, Yang Shuning, Zhai Jie. Method for dynamic monitoring of online public opinion in emergency events based on scanning of micro—blogs [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2015, 34(4): 414—423.
- [10] 许诺,唐锡晋. 基于百度搜索新闻词的社会风险事件5W提取研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(2): 334—342.
Xu Nuo, Tang Xijin. A Study on 5W Extraction for societal risk events based on hot new search words [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2020, 40(2): 334—342.
- [11] 杜洪涛,孟庆国,王君泽. 互联网数据在舆情研判中的效用研究[J]. 中国软科学, 2016(4): 34—44.
Du Hongtao, Meng Qingguo, Wang Junze. Effectiveness of internet data in the public opinion analysis task [J]. China Soft Science, 2016(4): 34—44.
- [12] 杨小溪,郑珊珊,晋兆雨,等. 基于信息生态理论的网络舆情预警评价指标体系研究[J]. 情报理论与实践, 2021, 44(3): 143—148.
Yang Xiaoxi, Zheng Shanshan, Jing Zhaoyu, et al. Research on evaluation index system of network public opinion hotness based on information ecology theory

- [J]. Information Studies: Theory & Application, 2021, 44(3): 143—148.
- [13] 黄伟, 黄建桥, 李岳峰. 网络恐怖事件预警指标体系研究[J]. 情报杂志, 2017, 36(4): 41—46.
Huang Wei, Huang Jianqiao, Li Yuefeng. Early warning index system of online terrorism event[J]. Journal of Intelligence, 2017, 36(4): 41—46.
- [14] 刘樑, 沈焱, 曹学艳, 等. 基于关键信息的非常规突发事件预警模型研究[J]. 管理评论, 2012, 24(10): 166—176.
Liu Liang, Shen Yan, Cao Xueyan, et al. Research on early—warning of unconventional emergencies based on key information [J]. Management Review, 2012, 24(10): 166—176.
- [15] 赵金楼, 高宏玉. 基于随机 Petri 网的网络群体事件演化模型研究[J]. 情报学报, 2015, 34(10): 1040—1047.
Zhao Jinlou, Gao Hongyu. Evolution model of network colony incident based on stochastic petri nets[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2015, 34(10): 1040—1047.
- [16] 李勇建, 王循庆, 乔晓娇. 基于广义随机 Petri 网的重大传染病传播演化模型研究[J]. 中国管理科学, 2014, 22(3): 74—81.
Li Yongjian, Wang Xunqing, Qiao Xiaojiao. Spread model of major infectious disease based on generalized stochastic petri nets [J]. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(3): 74—81.
- [17] 刘宇, 梁循, 杨小平. 基于 Petri 网的微博网络信息传播模型[J]. 中国管理科学, 2018, 26(12): 158—167.
Liu Yu, Liang Xun, Yang Xiaoping. Information propagation model of microblog network based on petri nets [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(12): 158—167.
- [18] 杨柳, 罗文倩, 邓春林, 等. 基于灰色关联分析的舆情分级与预警模型研究[J]. 情报科学, 2020, 38(8): 28—34.
Yang Liu, Luo Wenqian, Deng Chunlin, et al. Classification and early warning model of public opinion based on grey correlation analysis [J]. Information Science, 2020, 38(8): 28—34.
- [19] 林琛. 基于网络舆论形成过程的舆情指标体系构建研究[J]. 情报科学, 2015, 33(1): 146—149+161.
Lin Chen. Research on the construction of public opinion indicator system based on the formation process of public voice [J]. Information Science, 2015, 33(1): 146—149+161.
- [20] Molly M K. Discrete time stochastic petri nets[J]. IEEE Trans Software Engineering, 1985, 11(4): 417—423.

Research on the Early Warning Mechanism of Network Public Opinion Crisis for Emergencies Based on ANP and Stochastic Petri Net

TIAN Shi-hai, WANG Chun-meng, YANG Wen-rui

(School of Economics and Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150000, China)

Abstract: Once an emergency network public opinion crisis breaks out, it will cause unrest among the people and hinder social stability. In order to forecast crisis contacts in a timely and effective manner, prevent the outbreak of public opinion, and pre-control the escalation of the situation, it is urgent to study crisis warning. Firstly, the early warning block indicators are established based on the network public opinion information attributes of emergencies in this paper, the weights are determined by ANP, and the three-level risk indicators which is from high to low risk (level I, II, and III) are obtained through the cumulative weight ratio in the ABC classification method thoughts. Secondly, the “cascade-parallel” early warning mechanism based on the framework of the early warning system is designed to monitor real-time dynamics and predict the future situation. Finally, taking the “new outbreak in Beijing” as an example, the early warning mechanism is simulated and analyzed by using the isomorphism of the Stochastic Petri Net and the Markov chain. The results show that the nonlinear relationship is found between the real-time value of level I and level II risk indicators and the probability of occurrence of public opinion crisis, as well as the growth rate of risk indicators, and the interactive relationship among the growth rate of level I, level II and level III has produced the critical surface of early warning. According to these analyses, the three-dimensional graph is drawn and the early warning start rule is formulated. In the rule, the interactive relationship among different indicators is considered, the early warning activation level from many aspects is judged, and the alert level is divided into three categories from small to large: yellow, orange and red, so as to provide decision-making reference for relevant departments to take targeted preventive measures in advance.

Key words: ANP; Stochastic Petri Net; network public opinion; crisis warning; Markov chain