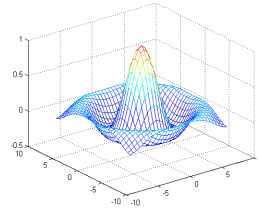


五一数学建模竞赛



目 录 自媒体时代的消息传播问题

摘 要

本文针对自媒体时代的信息传播问题,通过查阅相关资料绘制了信息传播机理网络,建立了 PR-SIR 信息传播模型,来分析各种条件影响下的信息传播变化过程。

对于问题一,本文将信息传播过程中的网络节点分为三种:未知者(Ignorant)、传播者(Spreader)和免疫者(Stifler)。基于 PageRank 算法,以传统传染病模型为依靠,本文依次建立传播者免疫机制、未知者传播机制模型,构绘出信息传播网络图,通过稳态分析建立三节点密度函数表达式。最终建立非均质无标度网络下的 PR-SIR 消息传播模型,以“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”消息为例,分析未知者、传播者和免疫者节点密度函数随时间的变化过程。最后根据所建 PR-SIR 传播模型评估“雄安新区”消息传播过程中免疫者密度随时间的变化规律并与在新浪微博数据中心采集到的数据进行对比分析,验证了 PR-SIR 传播模型的有效性。

对于问题二,本文在查阅大量资料后,将在信息传播过程中出现与之高度关联的消息这一因素归结为“外部社会加强因子 h ”对 PR-SIR 消息传播模型的影响。通过合理假定参数,不断变化 h 值,仿真出传播者、免疫者节点密度随时间的变化曲线,可定量反映出 h 值在传播过程中变化特性。最后本文假设 $t=5$ 时刻出现关联消息,模拟关联消息出现前后的传播者密度曲线,解释在信息传播过程中出现与之高度关联的消息对整个过程的影响。

对于问题三,本文分别讨论不同类型信息和不同自媒体平台对信息传递的影响,在每个影响因素下,分别讨论出现差异的原因并进行数值算例验证。本文分别用信息传播着的权威度之和 $d(i)$ 和网络特征平均度 k 来描述不同类型信息和不同自媒体平台特性。通过合理假定参数,不断变化 $d(i)$ 和 k 值,仿真出传播者、免疫者节点密度随时间的变化曲线,可定量反映出改变信息类型和自媒体平台对传播过程的影响。

对于问题四,本文通过对比分析消息的一般传播过程、发布关联消息后的消息传播变化情况、不同类型消息的传播差异以及同一类型消息在不同自媒体平台上的传播差异,得出不同情况对消息传播过程的影响,从而针对性地提出切实有效的措施以控制消息在自媒体平台上的传播过程。

关键词: 自媒体 PR-SIR 消息传播模型 非均质网络 PageRank 算法

一、问题重述

电视剧《人民的名义》中人物侯亮平说：“现在是自媒体时代，任何突发性事件几分钟就传播到全世界。”相对于传统媒体，以互联网技术为基础的自媒体以其信息传播的即时性、交往方式的平等性和交往身份的虚拟性等特点，已经成为公民获取信息、表达情感与思想、参与社会公共生活的重要载体，并逐渐渗透到政治、经济、文化、社会等诸多领域。

本文将结合实际情况，建立数学模型，解决以下问题：

问题 1. 建立一条消息在自媒体平台上传播的数学模型，以“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息为例，分析其传播过程。

问题 2. 假设某条消息在自媒体传播的过程中，出现了新的与之高度关联的消息（例如相关单位或知名人士发布了新的消息），建立数学模型，分析并说明新消息出现后传播过程的变化情况。

问题 3. 请建立数学模型分析（1）不同类型的消息是否在自媒体传播过程中是否存在差异。（2）同一消息在不同自媒体平台上传播是否存在差异。最终通过数值算例进行验证。

问题 4. 结合所建立的模型，写一份分析报告，阐述对自媒体时代消息传播的见解，并进一步提出自媒体平台管理的建议。

二、问题分析

2.1 问题一的分析

问题一要求建立一条消息在自媒体平台上传播的数学模型，并以“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息为例，分析其传播过程。在查阅了各种消息传播模型并对各种模型适用条件、效果评价等方面进行了对比分析，同时考虑到在现今的自媒体时代，其在线社交网络是一种非均质无标度网络，节点之间存在着较大的拓扑结构差异等特点，故在自媒体时代消息的传播过程需要考虑非均质网络的影响，充分利用节点之间的拓扑信息。最终，本文选用基于 PageRank[1] 的在线社交网络消息传播模型作为消息在自媒体平台上传播的数学模型，并采集媒体社交网络数据集来分析模拟消息的传播过程。

2.2 问题二的分析

问题二要求分析：某条消息在自媒体传播的过程中，如果出现了新的与之高度关联的消息（例如相关单位或知名人士发布了新的消息），建立数学模型，分析并说明新消息出现后传播过程的变化情况。由问题一建立了消息在自媒体平台上传播的数学模型，当某条消息在传播过程中出现新的与之高度关联的消息时，将这种对消息的传播影响归结为外部社会加强因子的变化，即新消息发布前，消息在 $h=2$ 的条件下传播，某一时刻发布新消息后，消息在 $h=2$ 传播的基础上以

$h=4$ 的条件下继续传播，并可作出两种条件下传播节点密度的变化情况，以此便可分析出新消息出现后传播过程的变化情况。

2.3 问题三的分析

问题三要求建立数学模型分析（1）不同类型的消息在自媒体传播过程中是否存在差异。（2）同一消息在不同自媒体平台上传播是否存在差异？并通过数值算例进行验证。本文依旧在问题一建立模型的基础上分析不同类型消息在相同自媒体平台上的传播差异和同一消息在不同自媒体平台上的传播差异。本文将不同类型消息的改变归结为消息传播者的权威度上面，分析在四种权威度即四种不同 d 值的情况下传播节点密度 $S(t)$ 和免疫节点密度 $R(t)$ 的变化情况；同理，对于不同的自媒体平台，其网络的平均度不同，故分析四种 k 值情况下传播节点密度 $S(t)$ 和免疫节点密度 $R(t)$ 的变化情况，对比即可发现在不同条件情况下消息的传播差异。

2.4 问题四的分析

问题四要求通过已建立的消息传播模型对自媒体的消息传播过程作一个分析报告，包括对自媒体消息传播的见解及对自媒体平台管理的建议。本文通过分析消息的一般传播过程、发布关联消息后的消息传播变化情况、不同类型消息的传播差异以及同一类型消息在不同自媒体平台上的传播差异，得出不同情况对消息传播过程的影响，从而针对性地提出切实有效的措施人为控制消息在自媒体平台上的传播过程。

三、模型假设

- 1.假设在社交网络中每个人的在线概率相同，可以反应网络的整体在线活跃度。
- 2.假设消息传播过程中免疫者的最终数量能够反映消息的传播范围。
- 3.假设初始时网络中所有节点的状态为未知者，根据相应的选择策略选择最初的传播源。
- 4.假设仿真实验中免疫者密度迭代 t 次后的结果可作为自媒体消息传播的评估值。
- 5.假设自媒体中消息的不同类型可通过消息传播者的权威度之和的来量化。
- 6.假设在消息传播生命周期内，网络总用户 N 保持不变。
- 7.假设信息的固有传播概率 λ 是一定值。

四、符号说明

符号	说明
θ	用户在线接受并传播消息的概率（活跃程度）
t	消息的传播时间
ω	网络用户对消息的不敏感度
ε	免疫增长因子
ρ	信息传播增长速率相关系数
$\alpha(t)$	传播者的免疫概率函数
$pr(i)$	节点 i 的 PageRank 值
$d(i)$	消息传播者的权威度之和
$\eta(i)$	未知者 i 接收消息后成为传播者的传播概率
λ	消息的固有传播概率
h	为外部社会加强因子
$I(t)$	t 时刻未知者密度
$S(t)$	t 时刻传播者密度
$R(t)$	t 时刻免疫者密度
k	网络特征平均度
N	网络总用户

五、模型建立与求解

经过以上的分析和准备，我们将逐步建立以下数学模型，进一步阐述模型的实际建立过程。

5.1 问题一的模型建立与求解

5.1.1 模型的建立

在实际的自媒体在线社交网络中，每个网络中的个体都有着复杂的活跃状态，在消息的传播过程中只有那些处于在线活跃的用户才可能接收到并传播消息。故为了模拟这种网络特征，我们引入在线概率 θ 来表示用户在线接受并传播

消息的概率。为简化模型，本文假设每个用户为相同的在线概率。

本文建立 PR-SIR 消息传播模型，将网络中节点分为三种类型：未知者（Ignorant）、传播者（Spreader）和免疫者（Stifler）。其模型的传播仿真过程是基于离散的时间序列模型。初始时，先将网络中所有节点的状态都置为未知者，然后根据相应的选择策略选择最初的传播源，将所选节点的状态置为传播者，最后根据传播规则迭代传播直至网络中的消息传播过程完成。

5.1.1.1 传播者的免疫机制

由于在消息传播过程中，随着时间 t 的推移，消息的接收者会逐渐对消息失去兴趣，消息的传播能力会逐渐降低，接受者的免疫概率会增加。故定义传播者的免疫概率函数：

$$\alpha(t) = \frac{\omega}{1 + e^{\rho - \varepsilon t}} \quad 0 < \omega \leq 1, \rho > 0, \varepsilon > 0 \quad (1)$$

其中， ω ：网络用户对消息的不敏感度，可视为传播者的自退化速率； ε ：免疫增长因子； ρ ：信息传播增长速率相关系数；当 $\rho = 0$ 、 $\varepsilon = 0$ 时， $\alpha(t) = \frac{\omega}{2}$ 退化为固定免疫概率。

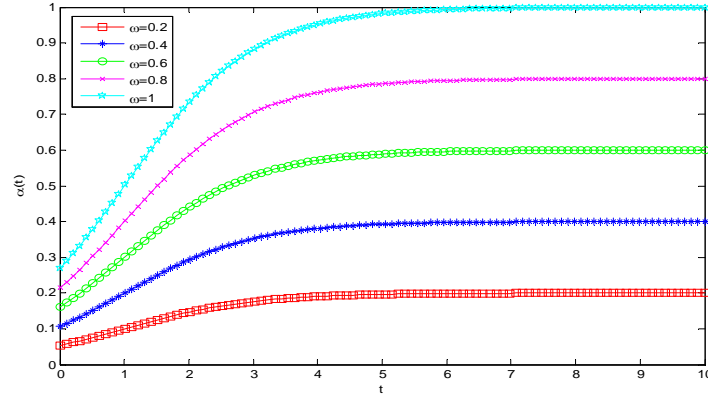


图 1-1 不同 ω

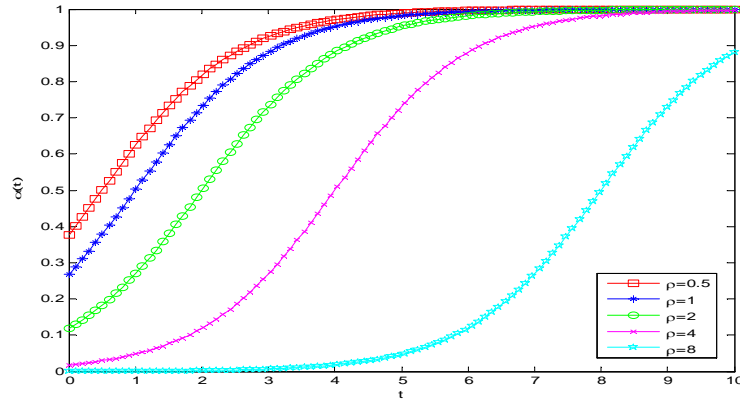


图 1-2 不同 ρ

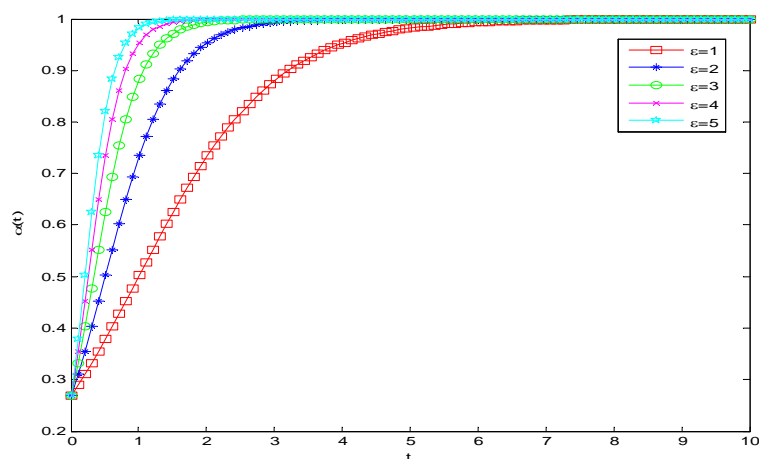


图 1-3 不同 ε

图 1 不同参数变化时免疫概率 α 随时间变化情况

免疫机制：

❖ 网络用户对消息的不敏感度（ ω ）对免疫概率的影响：

当 ρ 、 ε 为定值时， $\alpha(t)$ 随着 ω 的增加而增大。说明用户对消息的不敏感度越高，传播者变为免疫者的概率越大。 ω 的大小决定了最终免疫概率的大小。

❖ 信息传播增长速率相关系数（ ρ ）对免疫概率的影响：

当 ω 、 ε 为定值时， $\alpha(t)$ 随着 ρ 的增加而减小。说明消息传播的速度越快，传播者变为免疫者的概率越小。

❖ 免疫增长因子（ ε ）对免疫概率的影响：

当 ω 、 ρ 为定值时， $\alpha(t)$ 随着 ε 的增加而增大。说明用户的在各种因素下免疫程度越大，传播者变为免疫者的概率越大。

❖ 传播时间（ t ）对免疫概率的影响：

当其他自变量保持不变时， $\alpha(t)$ 随着时间 t 的增加而增大。说明随着时间的推移，免疫概率会逐渐增大，这反映了消息在传播过程中会逐渐失去传播能力，符合现实中消息传播的规律。

5.1.1.2 未知者的传播机制

首先本文以基于链接分析衡量网页的重要性的网页排序算法 PageRank 算法来定义自媒体平台中不同节点的权威度 $pr(i)$ 。 $pr(i)$ 值越高，节点排名越高，说明在线社交网络中该节点权威度越高。定义 $pr(i)$ 值的计算公式为：

$$Pr(i) = \frac{1-q}{N} + q \sum_i \frac{Pr(i)}{L(i)} \quad (2)$$

其中， q 为跳转因子。在信息的传播过程中，未知者会接收到多个来自入度邻居中传播者的信号，只有那些处于传播状态的邻居才会向他传播消息。为了体现接收到多个消息的加强效应，本文定义接收到消息的总量为 $d(i)$ ，即消息传播者的权威度之和：

$$d(i) = \sum_{j \in \text{adj}(i)} pr(j) \quad (3)$$

式中 $\text{adj}(i)$ 为用户 i 的入度邻居的传播者集合。在消息的传播过程中，定义未知者 i 接收消息后成为传播者的传播概率为：

$$\eta(i) = \theta(1 - (1 - \lambda)^{hd(i)}) \quad (4)$$

λ ：信息的固有传播概率，该参数反应消息本身的影响力而与网络结构无关；
 θ ：信息接收者的在线概率； h ：外部社会加强因子，来自社会的关联消息、舆情方向等均影响 h 的取值。

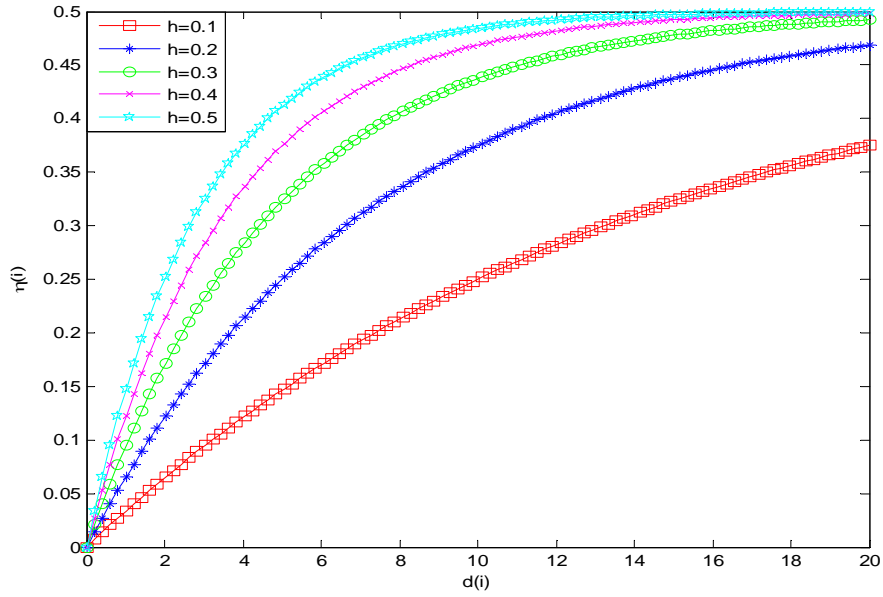


图 2-1 不同 h

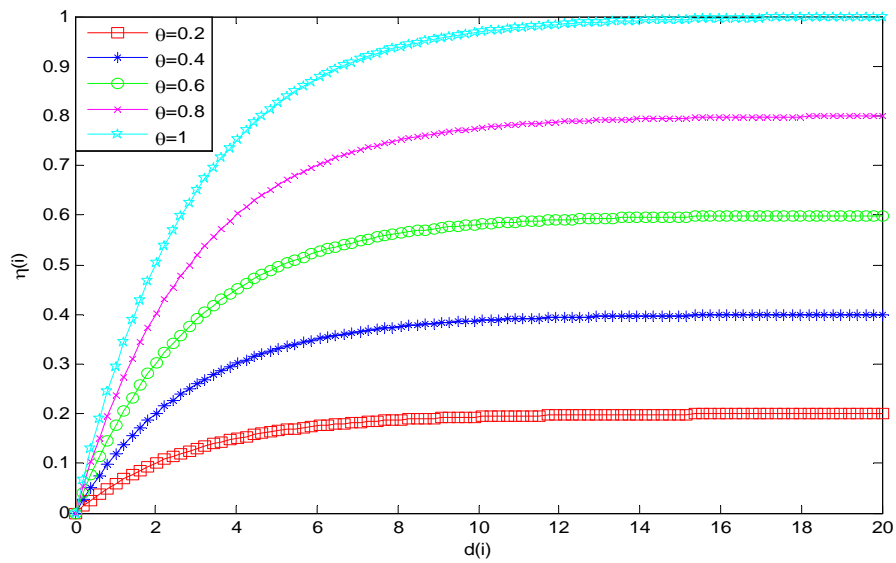


图 2-2 不同 θ

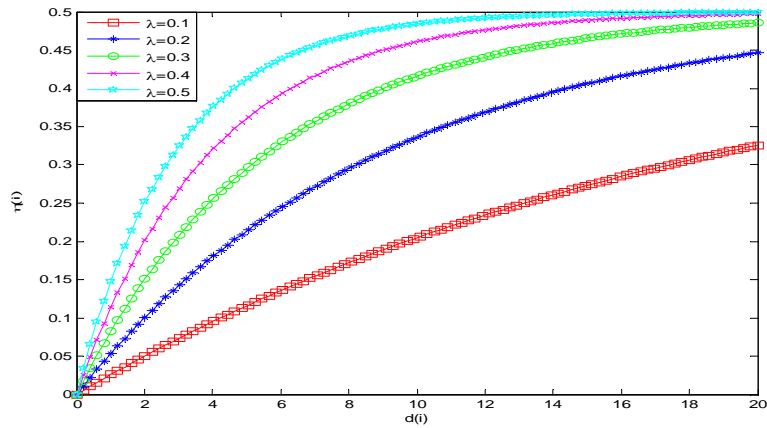


图 2-3 不同 λ

图 2 不同参数变化对传播概率 η 的影响

传播机制：

- ❖ 信息接收者的在线概率 θ 对传播概率的影响[7]：

当其他自变量保持不变时， $\eta(i)$ 随着 θ 的增加而增大。说明用户的在线概率越高，用户越活跃，未知者变为传播者的概率越大。 θ 的值与消息的类型、用户个人偏好等因素有关。

- ❖ 信息的固有传播概率 λ 对传播概率的影响：

当其他自变量保持不变时， $\eta(i)$ 随着 λ 的增加而增大。说明提高信息的固有传播概率，能提高未知者变为传播者的概率。本文假设信息的固有传播概率是一定值。

- ❖ 外部社会加强因子 h 对传播概率的影响：

当其他自变量保持不变时， $\eta(i)$ 随着 h 的增加而增大。说明用户的在外部社会加强因子的作用下，积极的，正能量的加强因子有利于提高未知者变为传播者的概率。

- ❖ 消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 对传播概率的影响[3]：

当其他自变量保持不变时， $\eta(i)$ 随着消息传播者的权威度增加而增大。说明了意见领袖在信息传播方面的领导作用，有利于提高未知者变为传播者的概率。

5.1.1.3 PR-SIR 模型模拟信息传播过程

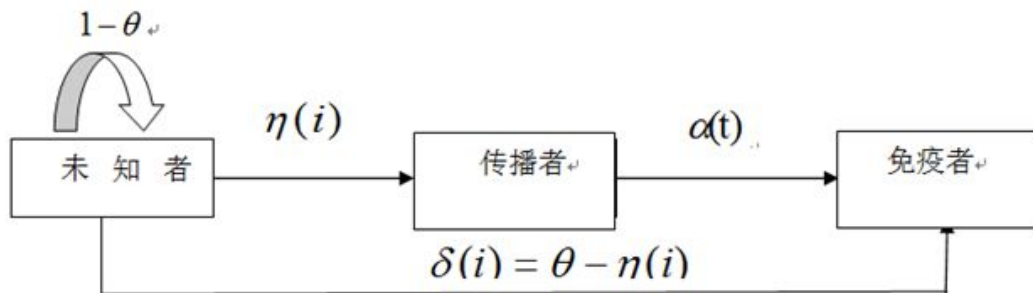


图 3 PR-SIR 模型模拟信息传播过程

本文以节点为例描述自媒体网络中节点的状态转移过程如图 3 所示：

- ❖ 未知者—传播者：未知者以在线概率 θ 在线且接收消息，能够传播的未知者将以 $\eta(i)$ 的概率成为传播者，不在线的未知者会一直保持未知状态。
- ❖ 传播者—免疫者：网络中的传播者都会向他的出度邻居广播消息，同时记录自己的存活时间 t ，根据退化规则逐渐成为免疫者
- ❖ 未知者—免疫者：未知者以在线概率 θ 在线且接收消息，但由于个人倾向或是其他原因不能转发评论等继续传播的，从而未知者将以 $\theta - \eta(i)$ 的概率成为免疫者。

最终免疫者由两部分组成：未知者接收信息后免疫和传播者退化后免疫。网络中免疫者的数量可以反映参与传播的人数，即消息传播的影响力，传播过程中传播者的最大数量可以反映消息的传播范围，迭代次数可以作为传播的时间。

5.1.1.4 稳态分析

首先定义 $I(t)$, $S(t)$, $R(t)$ 分别为 t 时刻未知者密度，传播者密度和免疫者密度。且：

$$I(t) + R(t) + S(t) = 1 \quad (5)$$

定义随时间演化的 PR-SIR 模型：

$$\frac{dI(t)}{dt} = -\eta(i)kI(t)S(t) - \delta kI(t)S(t) \quad (6)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \eta(i)kI(t)S(t) - \alpha(t)k((S(t) + R(t))) \quad (7)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \alpha(t)kS(t)((S(t) + R(t))) + \delta kI(t)S(t) \quad (8)$$

初始时刻假设仅有一个节点发布消息，即初始条件：

$$I(0) = \frac{N-1}{N}, S(0) = \frac{1}{N}, R(0) = 0 \quad (9)$$

由于在传播过程中稳态为：某个时刻消息不再传播，此时未知者和免疫者密度不再发生改变，传播者密度最终数目为 0。本文用稳态时刻的免疫者密度 $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = R(\infty) = R$ 来衡量某条消息在自媒体中的影响范围。

$$\frac{dR(t)}{dI(t)} = \frac{\alpha(t)kS(t)((S(t) + R(t))) + \delta kI(t)S(t)}{-\eta(i)kI(t)S(t) - \delta kI(t)S(t)} \quad (10)$$

即：

$$dR(t) = \frac{\delta - \alpha}{-(\eta + \delta)} dI(t) - \frac{\alpha}{(\eta + \delta)I(t)} dI(t) \quad (11)$$

对 (11) 式进行积分：

$$-\frac{\eta + \alpha}{\alpha} R = \ln(1 - R) \quad (12)$$

令 $\frac{\eta + \alpha}{\alpha} = \varsigma$ ，则式 (12) 可以写成：

$$e^{-\varsigma R} = 1 - R \quad (13)$$

$$I = 1 - R \quad (14)$$

式 (13) 超越方程有解[2]。

5.1.2 模型的求解：“雄安新区”自媒体平台传播过程

以“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息为例，根据以上假设，详细描述在自媒体平台上该消息的传播过程。

5.1.2.1 参数的选择

表 1 参数取值

参数符号	θ	λ	h	ω	ρ	ε	N	k
取值	0.5	0.5	2	0.5	2	1	5000	14

根据式 (5)，(6)，(7)，(8) 和 (9)，通过选取适当的初值，见表 1。

5.1.2.2 过程仿真及传播过程说明

利用 MATLAB 绘制图像，说明当“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息在某自媒体平台上从传播初始到传播结束这一过程中，未知者密度，传播者密度和免疫者密度这三类节点密度随时间 t 的变化过程，见图 4。

- ❖ 传播初始阶段：当 $t=0$ 时，未知者概率为 1，即该消息未在自媒体平台进行公布、传播时，此时公众全部对此消息未知。
- ❖ 传播中间阶段：当 $t \in (0, 4)$ 时，未知者中有 50% 处于不在线状态仍然属于未知者，未知者中在线者一部分作为传播者，向周边出度进行宣传；一部分对该消息免疫从而成为免疫者。通过图像我们可以清楚看出，在 $t \in (0, 4)$ 时，未知者概率逐步减小，传播中间阶段速率最大，传播首尾速率较小；传播者概率由 0 逐步增加，当 $t=2.5$ 时达到峰值最大值，之后逐步减小，转化为免疫者；免疫者概率在 $t \in (0, 4)$ 时逐步增加，未知者中在线接收该消息的用户不断成为该过程的免疫者。
- ❖ 传播稳定阶段：当 $t > 4$ 时，传播者概率变为零，未知者概率逐步稳定在 $I(t) = 0.2729$ ，免疫者概率逐步稳定在 $R(t) = 0.7271$ ，说明从该消息开始传播到稳定不再传播阶段，共经历 $t=4$ (day) 时间，并且在该消息传播的第二天和第三天之间传播者达到峰值。最终，“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息在某自媒体平台上在全部用户 ($N=5000$) 中，免疫者概率达到 0.7271，未知者概率为 0.2729。在信息传播过程中三类节点密度随时间的具

体取值见表 2。

为验证仿真结果的准确性，本文在新浪微博和百度自媒体平台查询了“中共中央、国务院决定设立河北雄安新区”这条消息自开始传播到稳定阶段话题讨论总量随时间变化的趋势图，见图 5,图 6。可见：4 月 2 日到 4 月 6 日为话题急速传播阶段，4 月 6 日以后该话题传播者概率逐步减少，免疫者量趋于稳定，与仿真结果相对应。

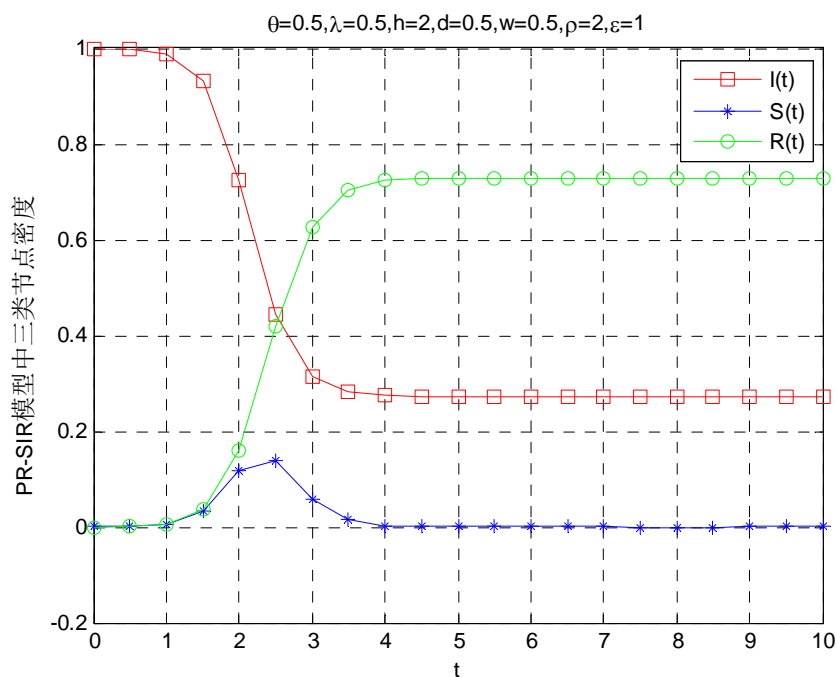


图 4 PR-SIR 模型中三类节点密度

表 2 信息传播过程中三类节点密度取值列表

t	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
I(t)	0.9998	0.9979	0.9871	0.9306	0.7255	0.4430	0.3144	0.2811	0.2743	0.2731
S(t)	0.0002	0.0011	0.0065	0.0339	0.1163	0.1378	0.0577	0.0142	0.0027	0.0004
R(t)	0.0000	0.0009	0.0063	0.0354	0.1583	0.4192	0.6279	0.7047	0.7230	0.7264
t	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
I(t)	0.2730	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729	0.2729
S(t)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R(t)	0.7270	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271	0.7271



图 5 新浪微博“雄安新区”话题讨论趋势图

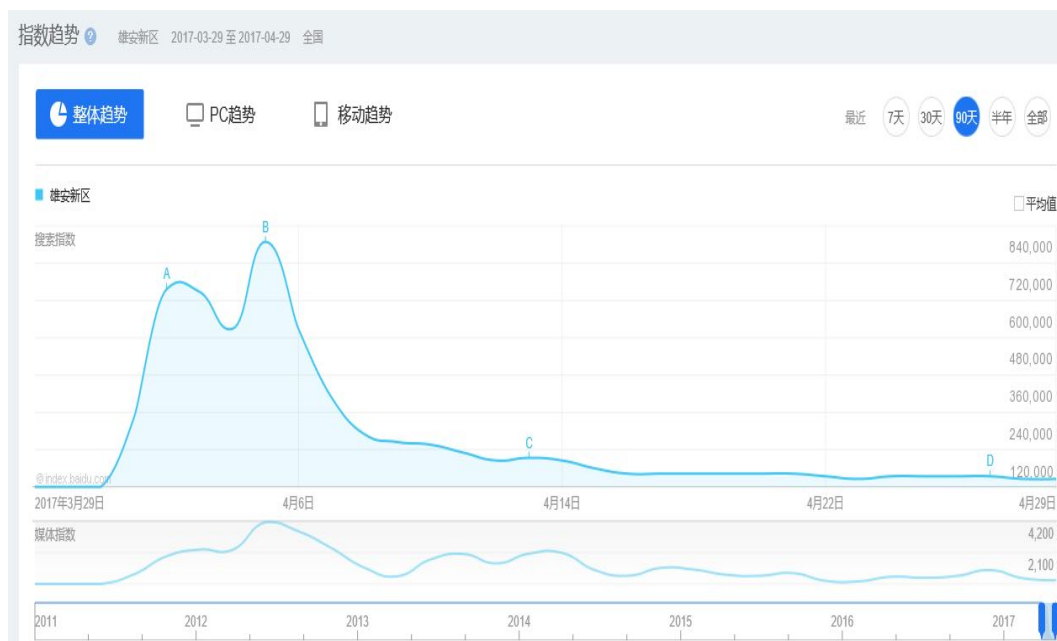


图 6 百度搜索“雄安新区”话题讨论趋势图

5.2 问题二的模型建立与求解

假设某条消息在自媒体传播的过程中，在传播过程末期出现新的与之高度关联的消息（例如相关单位或知名人士发布了新的消息），这属于改变了外部社会加强因子（ h ）对传播概率 $\eta^{(i)}$ 以及三类节点密度的影响。当高度关联的消息出现后，往往提高了该消息的社会传播速度与范围，从而更有权威性，拓宽型高度关联的消息会使得 h 变大。根据式（5），（6），（7），（8）和（9），改变 h 值，得出在该消息在传播过程中传播者和免疫者密度随时间的变化过程，见图 7，图 8。

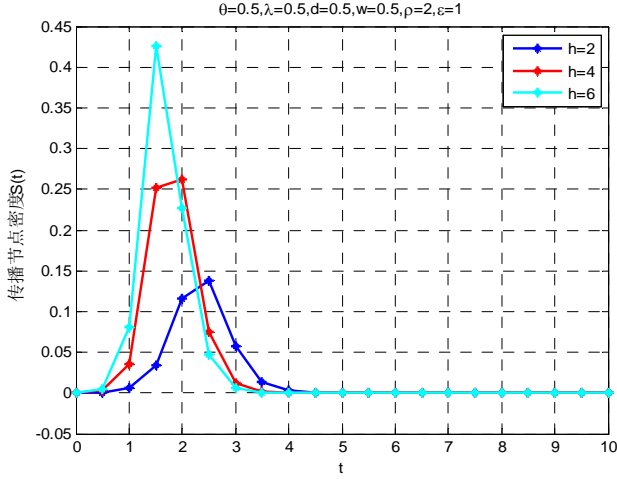


图 7 h 变化对 $S(t)$ 的影响

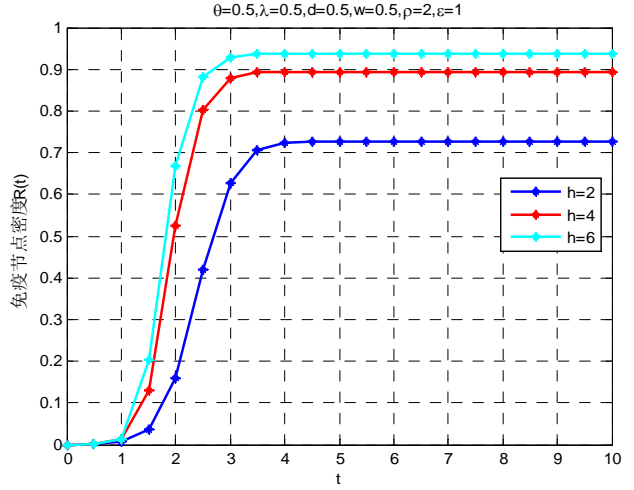


图 8 h 变化对 $R(t)$ 的影响

当 h 增加时，从图像 7 可以看出， h 越大，传播节点密度峰值越大，达到峰值所需要的时间越短。

当 h 增加时，从图像 8 可以看出， h 越大，免疫节点密度峰值越大，达到峰值所需要的时间越短。这说明，当增加外部关联消息后，能够驱使更多的未知者转变为传播者进而转变为免疫者，稳态时，免疫节点的密度峰值增大。

现模拟一消息在传播过程 $t=5$ 时出现新的有高度相关联的消息。假设该模型中的初值外部社会加强因子 $h_{初}=2$ ， $h_{终}=4$ ，经过仿真模拟，可得出传播者密度随时间的变化过程，见图 9。在 $t=5$ ，传播者密度减为 0 时，突然有新关联消息，使得传播者密度逐步回升，并且在第 7 天再次达到峰值（第二个峰值），之后传播者密度逐步回落。此时，稳态时的免疫者密度相比未发布相关关联消息时上升，未知者密度相比未发布相关关联消息时下降。说明消息在自媒体传播的过程中，在传播过程末期出现新的与之高度关联的消息（例如相关单位或知名人士发布了新的消息），会使得传播过程达到第二个小高潮，延长传播时间，扩大影响范围，并且使得稳态阶段免疫者密度升高，未知者密度下降。

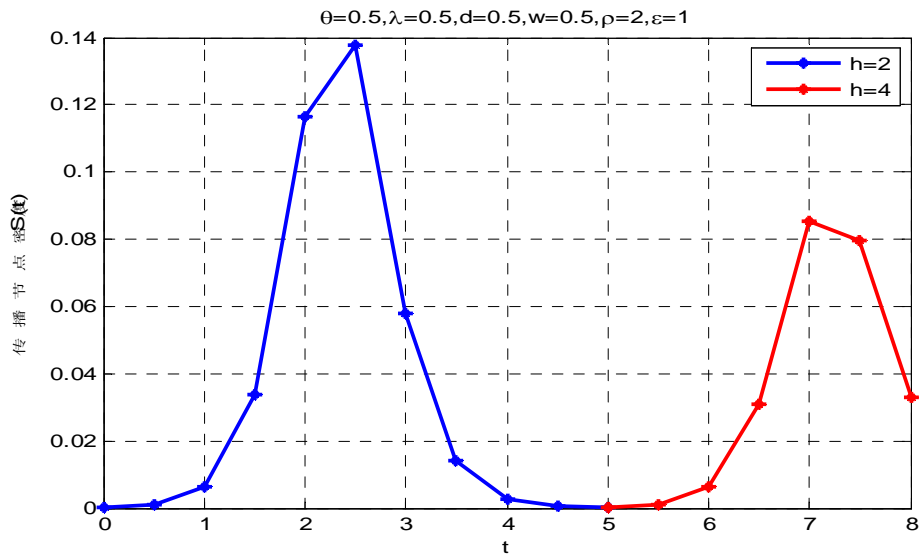


图 9 外部社会加强因子对传播节点密度的影响

5.3 问题三的建立与求解

5.3.1 不同类型的消息在自媒体传播过程中的差异

5.3.1.1 差异分析

在自媒体传播过程中，不同类型的消息可以体现在消息的发布者不同、消息的涉及领域不同等，不同类型的消息吸引公众的吸引度不同，会造成截然不同的传播节点密度，免疫节点密度和无知节点密度。不同类型的消息的区别特征主要体现在消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 不同，权威度越高的消息类型其传播概率越高，相应的三节点传播密度也会不同。

5.3.1.2 数值算例验证

为验证不同消息类型在在自媒体传播过程中的确存在差异，现进行仿真模拟。取 $d=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$, 其余参数参考表 1 进行选取。利用 MATLAB 绘制不同消

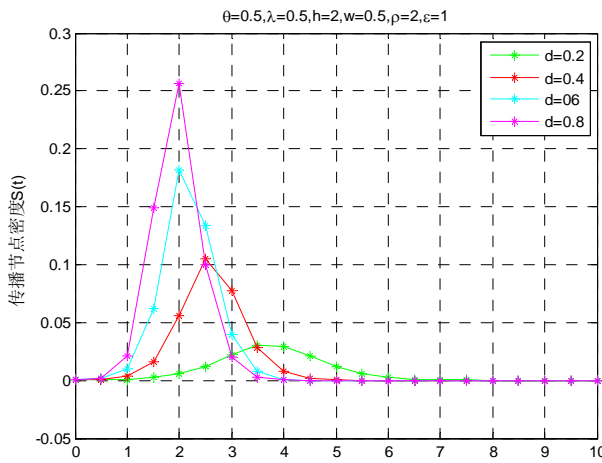


图 10 消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 对 $s(t)$ 影响

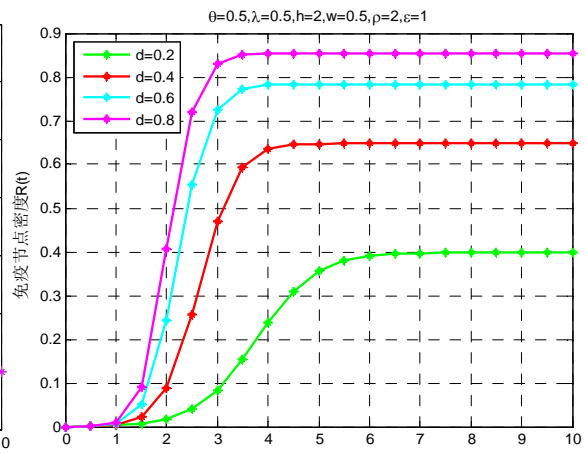


图 11 消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 对 $R(t)$ 影响

息传播者的权威度之和 $d(i)$ 对 $S(t), R(t)$ 的影响，见图 10, 图 11。

由图 10 可见，不同消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 越大，传播节点密度所达峰值越大，达到峰值所需的时间越短。这说明越权威发布的消息，其在传播过程中所达到的传播密度越大，且能在越短的时间内达到最好的传播效果。

由图 11 可见，不同消息传播者的权威度之和 $d(i)$ 越大，免疫节点密度所达峰值越大，达到峰值所需的时间越短。这说明越权威发布的消息，其在免疫过程中所达到的传播密度越大，且在稳态时免疫者密度更高，未知者密度更低，能保证更多的公众接收消息，扩大该消息的影响范围。

5.3.2 同一消息在不同自媒体平台上传播的差异

5.3.2.1 差异分析

在自媒体传播过程中，同一消息可在不同的自媒体平台上传播。由于不同自媒体平台其节点数目、边数目、平均度、极聚系数及平均路径长度等网络参数是不同的。本文爬取某地区新浪微博用户、博客、百度贴吧及知乎四个自媒体平台的平均度 k 作为衡量不同自媒体平台的特征参数。 K 的取值分别为 14,20,26 和 32。

5.3.2.2 数值算例验证

为验证网络特征平均度 k 在自信息传播过程中的确存在差异，现进行仿真模拟。取 $k=14,20,26,32$,其余参数参考表 1 进行选取。利用 MATLAB 绘制网络特征平均度 k 对 $S(t),R(t)$ 的影响，见图 12,图 13。

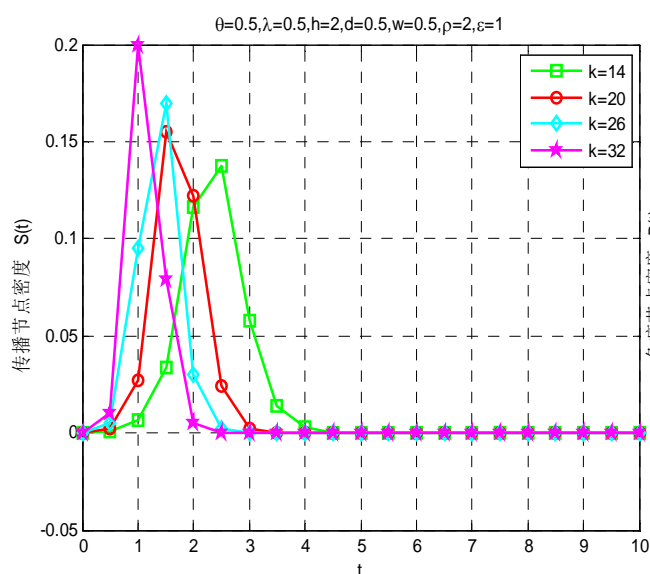


图 12 网络特征平均度 k 对 $S(t)$ 影响

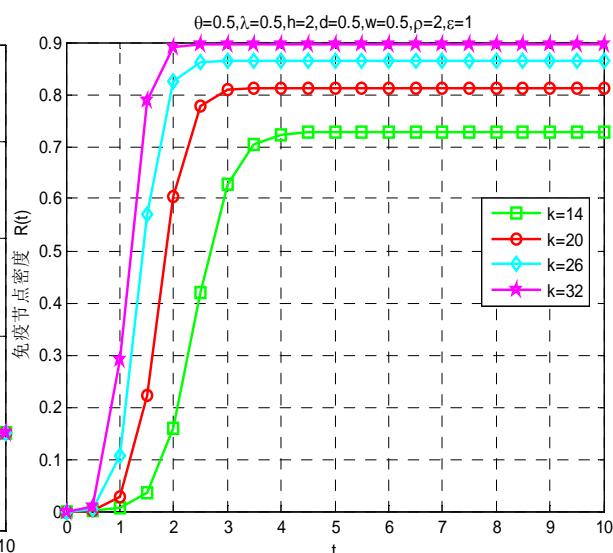


图 13 网络特征平均度 k 对 $R(t)$ 影响

由图 12 可见网络特征平均度 k 值越大，传播节点密度传播节点密度所达峰值越大，达到峰值所需的时间越短。这说明自媒体平台的网络平均度越大，其在传播过程中所达到的传播密度越大，且能在越短的时间内达到最好的传播效果。

由图 13 可见网络特征平均度 k 值越大，免疫节点密度所达峰值越大，达到峰值所需的时间越短。这说明自媒体平台的网络平均度越大，其在免疫过程中所达到的传播密度越大，且在稳态时免疫者密度更高，未知者密度更低，能保证更多的公众接收消息，扩大该消息的影响范围。

5.4 问题四：分析报告

由问题一所建 PR-SIR 模型即未知者-传播者-免疫者传播模型分析可得，在消息传播初期，未知者密度为 1，即全部公众对此消息呈未知状态；随着模型时间增长，出现指定消息发布源后，传播者密度在消息传播初期增长，当增长到一定程度后呈降低趋势，也即消息传播初期传播者的传播意愿由于未知者数量较低而不断增长，增长到一定程度后传播者的传播意愿呈下降趋势，最终传播概率为 0，传播过程停止，此时传播者转变为免疫者，与此同时未知者密度不断降低达到最小值，免疫者密度逐渐增长到一定程度后保持稳定状态，由于在 PR-SIR 模型中认为消息传播末期达到稳态时，免疫者的最大密度可以代表已知此消息的用户总数，也即此次消息的最大传播范围。由此可得，在自媒体平台消息的传播过程中，消息的传播速率先增加后减小，已知此消息的用户数前期增长速率较快，之后增长率下降为 0，此时已知消息的用户数量达到稳定的最大值。

在消息传播后期，传播速率呈降低状态，已知消息的用户数增长率逐渐降低，用户总数趋向稳定，此时若出现新的与之高度关联的消息（例如相关单位或知名人士发布了新的消息）时，外界加强因子 h 发生变化，从而导致传播速率反向增长，传播速率开始第二次回升，使得已知消息的用户总数增长率再次上升一定程度后下降，重复第一次变化过程。说明关联消息的出现导致传播者的传播意愿出现两次峰值，延长了消息的传播时间，最终使得已知消息的用户总数进一步增多，扩大了消息的传播范围。因此分析可得在自媒体平台消息传播中，可以通过自媒体平台用户不断发布新的关联消息，可以延长消息的传播时间，扩大消息的传播范围，达到更好的宣传力度。

由图像分析可得，不同类型的消息在自媒体平台传播时，其对应的权威度之和也不同，权威度之和越大，传播过程中的传播密度越大，最终已知此消息的用户总数越多。因此，在自媒体消息传播时，选择权威性越强的用户作为消息发布源，消息的转发率越高，传播速率越快，影响范围更广。

同一类型的消息在不同自媒体平台上传播时，其对应的网络特征平均度不同，平均度越大，说明自媒体平台的注册用户数量越多，用户之间的关系更复杂，关联性更强，传播度更广，传播速率越大，达到峰值所需时间更短。因此，选择在注册用户更多的自媒体平台上（如新浪微博）发布消息，用户间有向关系更复杂，传播力度更广，更能保证更多的用户接收消息，扩大消息的影响范围，达到更好的宣传效果。

5.4.1 对自媒体时代消息传播的见解

5.4.1.1 自媒体相较于传统媒体的新特点

与传统媒体相比，首先是传播主体发生了变化[4]。在传统媒体时代，传播主体是指传统的新闻机构，或者掌控机构的个人，受众则是指接受大众传媒的个体；而自媒体的传播主体是指网络上有独立的传播主体的个体，它可以是网络上的任何一个人。其次，传播方式发生了变化。传统媒体严格遵循一对多的传播模式，它的传播方式是线式的；而在自媒体的传播过程中，它完成了由点到点、点到面的一对多、一对一、多对多、多对一的网状传播方式。传播方式的转变使自媒体的传

播效果与传统媒体有着很大的不同。另一方面,自媒体更加注重用户的交互作用,用户既是网站内容的浏览者,也是网站内容的制造者,帮助用户在模式上由单纯的“读”向“写”以及“共同建设”发展;由被动地接收互联网信息向主动创造互联网信息发展,从而更加人性化。自媒体与同样以网络为依存的新媒体相比,它拥有了更大的话语空间与自主权,使用者可以自由的构建自己的社交网络等。自媒体成为了草根平民大众张扬个性、表现自我的最佳场所。

表 3 自媒体相较于传统媒体的新特点

其他传统媒体通讯工具特点	自媒体信息传播特点
Email: 封闭式、传播能力和媒体功能较弱	开放式, 传播能力和媒体功能较强
短信: 信息封闭, 一对一	信息公开, 一对多, 交互性强
论坛: 公共空间, 以话题为中心	个人空间, 以用户为中心
博客: 内容信息完整丰富, 互动性较差	内容信息较短, 互动性较强
即时通讯工具: 信息封闭, 注重好友关系, 交互式信息传播	信息公开, 注重单向关注, 广播式信息传播
社交网站: 封闭式, 注重好友关系, 功能丰富	开放式, 注重单向关注, 功能单一

5.4.1.2 自媒体消息传播特点

1. 传播主体意识增强, 自主选择受众
 - 1) 在微博的使用过程中, 信息的发布和转播都缺失“把关人”, 此时的信息发布易于失控。由于微博使用的门槛很低, 在传播的过程中, 微博的发布乃至转播在很大程度上是一个非理性的行为, 是一种失控的状态, 唯一能控制的是网站的发布内容管理系统以及个人的媒介素养。
 - 2) 在微博的使用过程中, 消息的传播者和传受者时而分离时而融合, 没有稳定和特定的分离。
 - 3) 微博的传播使用过程中, 由于它依赖于一定的人际传播, 具有排他性即可以控制谁不能够成为其听众(如: 拉入黑名单设置), 这一功能有别于传统媒体。
2. 传播内容简短、碎片式信息、去中心化特质
 - 1) 传播内容简短易懂, 便于接纳与转播。
 - 2) 微博传播的信息去中心质。
 - 3) 信息聚合与共享的原则, 每个用户既是传播的主体也是受众, 同时也是传播媒介, 每个用户都成为了微博客信息传播的驱动力。
3. 传播速度快, 传播效果可瞬间形成强大的舆论波[5]

随着自媒体平台影响力的扩大,用户注册数量急剧增长且网络话题也从日常琐事转向社会事件,自媒体逐渐发展成为介入公共事务的新媒体,成为网络舆论中最具影响力的一种,改变了传统网络舆论格局的力量对比。自媒体平台中的用户对接收到的信息可以随意进行转发,转发后的信息该用户的所有“粉丝”都可以阅读,甚至可以多次转发,这使得传播速度更加快速更加广泛。当某一讯息发布后,可以呈“核裂变”式以几何级数效应迅速扩散。

5.4.2 自媒体平台管理建议

自媒体平台由于门槛较低,用户注册数量庞大且用户素养参差不齐,同时自媒体平台也缺乏正确有力的舆论引导及监督力量,因此平台在运行过程中很容易出现各种由于管理不当产生的漏洞。尤其是当敏感性较强的社会事件发生时,自媒体平台的消息极易在短时间内迅速膨胀并产生“信息爆炸”现象。如果缺乏政府及运营商正确的引导及管理,这种爆炸性的信息传播过程很容易被不法分子利用,成为他们传播谣言、危害社会公共安全甚至是分裂国家和民族的工具。

目前我国对于网络传播的管理机制尚在不断探索和完善过程中,同样也对以微博为代表的主流自媒体平台缺乏行之有效的管理办法。考虑到自媒体平台信息传播过程中具有全球性、即时共享性、信息碎片化、传播性极强等特征,作为政府部门、运营商方面应该采取有效措施加强并完善自媒体平台的管理,保证自媒体平台的健康运行。

首先,政府应当填补法律空白,完善相应的法律法规,引导并协助运营商加强对自媒体平台的管理意识,正确引导和监督自媒体平台的信息内容及传播过程。其次,政府方面应主动适应自媒体环境,加强对自媒体的舆论引导。自媒体平台中信息犹如巨大洪流,政府既要做到保护公民自由表达的权利,同时也要对舆论进行合理的引导,做到快速反应、有效防止虚假新闻扩散、信息公开透明等。

其次,自媒体运营商应负责对媒体平台带来的负面影响加以规范和管理,用正确的舆论去引导,内容上进行有效调控,或者利用技术手段等措施对自媒体信息进行过滤,以更好地引导网络舆情,制定对自媒体管理的规章制度是从宏观层面上保证微博传播的规范化,对预防其带来的负面影响起到一定的作用。做到既保证公民自由充分地参与,又做到遵纪守法,维护网络道德和文明。进一步实行和加强“实名制”管理制度,加强对自媒体用户的信息管理,督促用户在信息传播过程中加强自身约束。

考虑到自媒体用户主要趋于高学历,年轻化即各大高校的大学生构成了自媒体用户的主体力量,因此对于各大高校来说,在自媒体平台有组织地构建多个高素质舆情建设队伍是做好网络舆情引导工作的关键。这支队伍建设应当包括专家教授、学校领导,学生骨干等各类人才,具备过硬的思想素质,过强的创新开拓精神,主动搭建起校园内外和媒体之间的沟通桥梁,通过网络评论发表正面言论,树新风,扬正气,努力形成健康向上的网上舆论主流。

最后,自媒体用户本身也要提高自身的媒体素养,对待网络形形色色的信息应当加强辨识能力。在人人可以表达的自媒体平台上,传播者与传受者一起参与“碎片化”信息的传播,同时也应加强自我约束及监督力度,对网络信息的真实性保持谨慎态度,避免碎片化信息的洪流中迷失自我,应当学会整合资源、综合各种信息,在充分行使言论自由权利的同时也要自身的所作所为负责。

六、模型优缺点

6.1 模型的优点

(1) 我们运用了基于 PageRank 的在线社交网络消息传播模型，即 PR-SIR 消息传播模型。该模型充分考虑到了现今的自媒体平台网络是一种非均质的无标度网络，节点之间存在着较大的拓扑结构差异，因此要充分利用节点之间的拓扑信息，考虑非均质网络的影响，故不能用均质网络即传统的基于“平均场”的假设。因此本模型更加符合实际的消息传播模型。

(2) 我们定义了节点消息传播者的权威度之和为接收到的消息总量，基于 PageRank 算法，从而使建立的模型更加合理。

(3) 我们查阅的资料很丰富，对比了不同类型的消息传播模型，最后建立起了 PR-SIR 模型，并绘制出三种类型节点的传播图，通过数据拟合，结果与实际符合的很好。

(4) 在分析模型变化的过程中，我们充分运用了控制变量分析方法，绘制了在不同因素影响下不同类型节点密度随时间的变化情况，更加清楚直观的表达消息的传播变化情况。

(5) 在考虑传播者转变为免疫者的概率时，加入了时间因素，即随着时间的推移，传播者转变为免疫者的概率增大，而不以单一不变概率转化。这样的处理更加合理。

6.2 模型的缺点

(1) 在模型建立和分析过程中，由于引入了多种变量和影响因素，故在分析时对于无关因素是直接给定某一定值，这可能与实际存在某些未知的偏差。

(2) 由于知识的有限，我们只能考虑模型涉及的影响因素，而现实中影响消息传播的因素或许有很多种，因此本文所建模型在某种程度上而言具有局限性。

(3) 在分析不同类型的消息在自媒体传播过程中存在的差异和同一消息在不同自媒体平台上传播的差异时，拾取相关影响因素方面存在人为因素的干扰，这可能会对模型的分析产生影响。

七、参考文献

- [1]陈 皋,吴广潮. 基于 PageRank 的在线社交网络消息传播模型 [J]. 计算机与现代化, 2017, (257): 101-105.
- [2]陆静,余小清,万旺根. 微博网络消息传播的 ISSR 模型 [J]. 应用科学学报, 2015, 33 (2): 194-202.
- [3]张晓伟. 在线社交网络下基于信任度的消息传播模型 [J]. 计算机应用 2014, 34 (2) :411-416.
- [4]张美玲,罗忆. 以微博为代表的自媒体传播特点和优势分析 [J]. 湖北职业技术学院学报, 2011, 14 (1) :45-48.
- [5]蒙在桥,傅秀芬. 基于在线社交网络的动态消息传播模型 [J]. 计算机应用, 2014, 34(7) : 1960-1963.
- [6]郑 蕾,李生红. 基于微博网络的信息传播模型 [J]. 通信技术, 2002, 45(2) : 39-41.

附录

分析消息传播过程:

```
% prsir.m
function y=prsir(t,x,theta,eta,alpha,k)
theta=0.5;lambda=0.5;h=2;d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
k=14;
y=[-theta*k*x(1)*x(2), eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)), al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';
```

```
% Command Window
ts=0:0.5:10;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45('prsir',ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,1),'rs-',t,x(:,2),'b*-',t,x(:,3),'go-'),grid,
xlabel('t');ylabel('PR-SIR模型中三类节点密度
');legend('I(t)', 'S(t)', 'R(t)');
title('\theta=0.5, \lambda=0.5, h=2, d=0.5, w=0.5, \rho=2, \epsilon=1')
```

分析 d 变化对传播节点的影响:

```
% prsira.m
function y=prsira(t,x,theta,eta,alpha,k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
y=[-theta*k*x(1)*x(2), eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)), al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';
```

```
% Command Window
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.2;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,2),'g*-'),grid,
hold on
```

```

ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.4;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsir(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,2),'r*-'),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.6;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsir(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,2),'c*-'),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.8;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsir(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,2),'m*-'),grid,
grid on
xlabel('t');ylabel('传播节点密度
S(t)');legend('d=0.2','d=0.4','d=0.6','d=0.8');
title('\theta=0.5,\lambda=0.5,h=2,w=0.5,\rho=2,\epsilon=1')

```

出现新的关联消息对传播节点密度 $S(t)$ 的影响时:

```

% prsir.m
function y=prsir(t,x,theta,eta,alpha,k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
k=14;

```

```

y=[-theta*k*x(1)*x(2), eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)), al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';

```

```

% Command Window
ts1=0:0.5:2;
theta=0.5;lambda=0.5;h=2;d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45('prsir', ts1, x0); [t,x]
plot(t, x(:, 2), 'b*-','linewidth', 2), grid,
hold on
ts2=2:0.5:8;
theta=0.5;lambda=0.5;h=4;d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45('prsir', ts2, x0); [t,x]
plot(t, x(:, 2), 'r*-','linewidth', 2), grid,
grid on
xlabel('t'); ylabel('传播节点密度S(t)'); legend('h=2', 'h=4');
title('\theta=0.5, \lambda=0.5, d=0.5, w=0.5, \rho=2, \epsilon=1')

```

h 变化对免疫节点密度的影响:

```

% prsira.m
function y=prsira(t, x, theta, eta, alpha, k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
y=[-theta*k*x(1)*x(2), eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)), al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';

```

```

% Command Window
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t, x, theta, eta, alpha, k), ts, x0); [t,x]
plot(t, x(:, 3), 'b*-','linewidth', 2), grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;

```

```

lambda=0.5;
h=4;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'r*-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=6;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'c*-','linewidth',2),grid,
grid on
xlabel('t');ylabel('免疫节点密度R(t)');legend('h=2','h=4','h=6');
title('\theta=0.5,\lambda=0.5,d=0.5,w=0.5,\rho=2,\epsilon=1')

```

d 的变化对免疫节点密度的影响:

```

% prsira.m
function y=prsira(t,x,theta,eta,alpha,k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
y=[-theta*k*x(1)*x(2),eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)),al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';

```

```

% Command Window
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.2;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'g*-','linewidth',2),grid,
hold on

```

```

ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.4;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'r*-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.6;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'c*-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.8;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'m*-','linewidth',2),grid,
grid on
xlabel('t');ylabel('免疫节点密度
R(t)');legend('d=0.2','d=0.4','d=0.6','d=0.8');
title('\theta=0.5,\lambda=0.5,h=2,w=0.5,\rho=2,\epsilon=1')

```

k 变化对传播节点密度影响:

```

% prsira.m
function y=prsira(t,x,theta,eta,alpha,k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
y=[-theta*k*x(1)*x(2),eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)),a1

```

$\text{pha} * k * x(2) * (x(2) + x(3)) + (\text{theta} - \text{eta}) * k * x(1) * x(2)]'$;

```
% Command Window
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k), ts, x0); [t,x]
plot(t,x(:,2), 'gs-', 'linewidth', 2), grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=20;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k), ts, x0); [t,x]
plot(t,x(:,2), 'ro-', 'linewidth', 2), grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=26;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k), ts, x0); [t,x]
plot(t,x(:,2), 'cd-', 'linewidth', 2), grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=32;
x0=[4999/5000, 1/5000, 0];
```

```

[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,2),'mp-','linewidth',2),grid,
grid on
xlabel('t');ylabel('传播节点密度
S(t)');legend('k=14','k=20','k=26','k=32');
title('\theta=0.5,\lambda=0.5,h=2,d=0.5,w=0.5,\rho=2,\epsilon=1')

```

k变化对免疫节点密度影响:

```

% prsira.m
function y=prsira(t,x,theta,eta,alpha,k)
w=0.5;rho=2;epsilon=1;
alpha=w./(1+exp(rho-epsilon*t));
y=[-theta*k*x(1)*x(2),eta*k*x(1)*x(2)-alpha*k*x(2)*(x(2)+x(3)),al
pha*k*x(2)*(x(2)+x(3))+(theta-eta)*k*x(1)*x(2)]';

```

% Command Window

```

ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=14;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'gs-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=20;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'ro-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;

```

```

eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=26;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'cd-','linewidth',2),grid,
hold on
ts=0:0.5:10;
theta=0.5;
lambda=0.5;
h=2;
d=0.5;
eta=theta*(1-(1-lambda).^(h*d));
k=32;
x0=[4999/5000,1/5000,0];
[t,x]=ode45(@(t,x) prsira(t,x,theta,eta,alpha,k),ts,x0);[t,x]
plot(t,x(:,3),'mp-','linewidth',2),grid,
grid on
xlabel('t');ylabel('免疫节点密度
R(t)');legend('k=14','k=20','k=26','k=32');
title('\theta=0.5,\lambda=0.5,h=2,d=0.5,w=0.5,\rho=2,\epsilon=1')

```