

编号：B023

# 重大公共卫生事件应对效果量化评价研究 ——以北京市新冠肺炎疫情防控为例

论文题目：重大公共卫生事件应对效果量化评价研究  
——以北京市新冠肺炎疫情防控为例

参赛学校：云南大学

参赛成员（作者）：陈睿靖、李芮瑶、蓝欢

指导老师：陈黎

## 目录

摘要.....	ii
Abstract.....	ii
一、 前言.....	1
(一) 研究背景.....	1
(二) 文献综述以及研究内容.....	2
(三) 研究方法.....	3
1. 疾病传播指标构建方法.....	3
2. 指标体系构建方法.....	3
3. 政策评价模型方法.....	6
二、 重大公共卫生事件应对政策分析.....	7
三、 数据描述性分析.....	11
(一) 数据说明.....	11
(二) 描述统计.....	11
四、 重大公共卫生事件应对效果模型构建.....	16
(一) 指标体系构建.....	16
1. 指标体系备选库选取.....	16
2. 指标体系筛选.....	18
(二) 建立评分模型.....	21
1. 针对一级指标进行评分.....	21
2. 总体评分模型构建.....	25

(三) 政策评价模型构建 .....	27
1. t 检验对重大公共卫生事件应对效果的评价 .....	27
2. Holt 两参数指数平滑对重大公共卫生事件应对效果的评价 .....	27
五、 研究结论以及展望.....	29
(一) 主要结论 .....	29
(二) 研究不足之处及改进方向 .....	30
参考文献.....	31
致谢.....	35

## 表目录

表 1 政策分析表.....	8
表 2 分词词频统计表.....	10
表 3 重大公共卫生事件应对效果指标体系备选库.....	17
表 4 指标权重.....	19
表 5 重大公共卫生事件应对效果指标体系.....	21
表 6 新冠传播下的二级指标权重.....	21
表 7 新冠传播评分.....	22
表 8 居民消费及生活水平下的二级指标权重.....	23
表 9 居民消费及生活水平评分.....	23
表 10 疫情关注度下的二级指标权重.....	24
表 11 疫情关注度评分.....	24
表 12 一级指标权重.....	25
表 13 总评分.....	26
表 14 t 检验对应 P 值表 .....	27
表 15 无政策影响下的二级指标评分.....	28
表 16 无政策影响下的一级指标评分.....	28

## 图目录

图 1 患病人数、死亡人数、境外输入以及新增疑似病例变化.....	12
图 2 治愈人数、在院人数以及基本再生数变化.....	12
图 3 CPI 及 PPI 变化.....	13
图 4 北京海关出口额以及进口额变化.....	14
图 5 航空、公路以及铁路客运量变化.....	15
图 6 新冠、隔离以及核酸检测搜索量变化.....	15
图 7 口罩、消毒以及发热搜索量变化.....	16
图 8 Spearman 秩相关系数图.....	20
图 9 新冠传播评分图.....	22
图 10 居民消费及生活水平评分图.....	24
图 11 疫情关注度评分图.....	25
图 12 总评分图.....	26
图 14 有无政策的一级指标评分比较.....	29

## 摘要

重大公共卫生事件应对效果评价对于总结重大公共卫生事件的应对经验、提高应对措施的科学化和准确化有重要作用。但是重大公共卫生事件应对效果评价涉及多个方面及许多难以量化的指标,并且国内外对于重大公共卫生事件应对效果评价主要以文字分析为主,有关量化的评价方法较少,因此本文构建了重大公共卫生事件应对效果评价的指标体系,并进行量化评价。

本文以重大公共卫生事件应对效果评价为研究对象,并以北京新冠肺炎疫情防控为实例进行分析。根据指标体系构建原则,从新冠传播、居民消费及生活水平,区域活动以及疫情关注度四个方面构建重大公共卫生事件应对效果评价的指标体系,通过量化分析得到应对效果评价的统计测度研究。模型建立过程中用到方法有:灰色关联分析、熵值法、Spearman 秩相关系数、Critic 权重法、Bonferroni 算子、t 检验、SEIR 模型以及 Holt 两参数指数平滑模型。

结合相关政策分析后,通过使用两样本 t 检验、SEIR 模型以及 Holt 两参数指数平滑模型进行量化评价研究。其中 t 检验的结果为:在疫情爆发前和在疫情爆发后政策颁布前的总评分在显著性水平 0.05 下不相同,在疫情爆发后政策颁布前和在疫情爆发后政策颁布后的总评分在显著性水平 0.05 下不相同,而在疫情爆发前和在疫情爆发后政策颁布后的总评分在显著性水平 0.05 下是相同的。以及通过 SEIR 模型以及 Holt 两参数指数平滑模型对无政策影响下的数据进行拟合,并与真实数据进行比较得到以北京市新冠肺炎疫情防控为例的重大公共卫生事件应对效果是有效的结论。

**关键词:**重大公共卫生事件应对效果、指标体系、t 检验、Holt 两参数指数平滑模型、SEIR 模型

## Abstract

The evaluation of the response effect of major public health events plays an important role in summarizing the response experience of major public health events and improving the scientific and accurate response measures. However, the response effect evaluation of major public health events involves many aspects, and many indicators are difficult to quantify. At home and abroad, the response effect evaluation of major public health events is mainly based on text analysis, and there are few quantitative evaluation methods. Therefore, this paper constructs an index system for the response effect evaluation of major public health events and conducts quantitative evaluation.

In this paper, the response effect evaluation of major public health events is taken as the research object, and the prevention and control of Covid-19 epidemic in Beijing is taken as an example for analysis. According to the principle of index system construction, the index system of response effect evaluation of major public health events is constructed from four aspects: new crown communication, residents' consumption and living standard, regional activities and epidemic attention, and the statistical measurement of response effect evaluation is obtained through quantitative analysis. The method used in that process of establishing the model include grey relational analysis, entropy method, Spearman rank correlation coefficient, Critic weight method, Bonferroni operator, t-test, SEIR model and Holt two-parameter exponential smoothing model.

Combining with the relevant policy analysis, the quantitative evaluation research is carried out by using the two-sample t-test, the SEIR model and the Holt

two-parameter exponential smoothing model. The result of the t test is that the total score before the outbreak of the epidemic and the total score before the policy is issued after the outbreak are different at the significance level of 0.05. The total score before the policy is issued after the outbreak and the total score after the policy is issued after the outbreak are different at the significance level is not the same at 0.05. And the total score before the outbreak and the total score after the policy is the same at the significance level of 0.05. Through the SEIR model and the Holt two-parameter exponential smoothing model to fit the data without policy influence, comparing with the real data, it is concluded that the response to major public health incidents taking the prevention and control of the new crown pneumonia epidemic in Beijing as an example is effective.

**Key words:** response effect of major public health events; index system; t-test; Holt two-parameter exponential smoothing model; SEIR model



## 一、 前言

### (一) 研究背景

2020 年年初，新冠肺炎疫情在全球爆发，世界各国都陷入重大突发公共卫生事件中。这次新冠肺炎疫情是新中国成立以来传播速度最快、感染范围最广、防控难度最大的一次重大突发公共卫生事件，但我国通过采取有效措施将疫情遏制住。这次疫情是一场危机，同时也是对我国治理体系和治理能力的一次考验，需要引起人们高度的重视。

从整体上看，新冠肺炎疫情对我国国民经济、社会生活等方面产生了重大冲击。据国家统计局公布的数据显示，受疫情影响，2020 年 1-2 月我国经济运行主要指标增速大幅下降。但在颁布相关疫情防控工作通知后，3 月份以来生产生活秩序稳步恢复，经济指标显著上升。通过分析目前经济发展趋势，随着我国疫情防控工作的胜利，生产生活秩序逐渐恢复，各行各业制造采购经理指数均有不同程度的回升，疫情对经济的影响逐渐减弱。我国在疫情防控工作中取得了较为瞩目的胜利。

但以现有经济指标来衡量应对效果是片面的，因为新冠疫情不仅影响经济指标，还影响人民生命安全、社会稳定等方面。此外，国内外面对新冠疫情的爆发，通过采取不同的防疫政策，对不同方面有着不同的影响，从而产生的应对效果不尽相同。因此，建立合适的评价指标体系，衡量疫情应对效果，并在此次疫情中总结经验、吸取教训是一个值得研究的问题，也是量化评价研究中的空白领域。针对重大公共卫生事件应对效果的量化评价研究不仅对我国应对效果的评价有效，也可对世界各国防控工作进行客观评价。

## (二) 文献综述以及研究内容

新冠疫情爆发以来,国内外学者密切关注,我国现阶段虽取得了阶段性的胜利,但由于全球疫情的蔓延,防控工作仍不能放松警惕。新冠病毒传染性较强,在基本传染指数  $R_0$  下,新冠病毒达 2.2,这说明假设没有免疫力的情况下,一个感染者平均会传染给 2.2 个人 [1]。在疫情爆发的过程中,国家于 1 月 23 日起采取相应措施并取得显著成效,有效抑制了新冠病毒的蔓延。陈云松、陈步伟等人利用流行病经典模型对疫情期间的传播趋势进行模拟分析,反映了减少人员接触可以有效降低传染风险,同时构建全国城市疫情风险指标,证明疫情传播具有时空特征,地缘扩散性是防控的重要考虑因素 [2]。王刚、黄锬等人提出疫情发展动力模型量化评估管控措施,其利用各个时期疫情人数平均增长率构建模型,得出若管控措施推迟 1-7 天,则感染者的数量将是现存感染者的 13 倍以上 [3]。但其并未构建指标体系进行政策评价,因此将其考虑的疫情传播相关指标纳入指标体系构建是必要的。

在政策评估方面,赵莉晓综合考虑公共政策评估与创新测度框架,提出了按照政策制定、政策执行、政策效果三个方面评估政策的合理性的创新政策评估理论框架,设定相应的评估标准,形成了全过程的评估方案,并对政策评估提供了新的思考方向 [4]。柴士改,李金昌构建经济增长新动能指标体系,从投入、产出两大方面为视角,以及新资本、新技术、新人才等 10 个子指标分析我国经济增长状况,表明我国经济增长新动能加快成长,产出新动能大于投入新动能,投入产出效率持续向好 [5]。曹蕾以动态筛选指标为落脚点,以实现差异化评价为主线,分别从经济、社会、生态和环境等四个方面入手,构建开放性的区域生态文明建设指标体系,综合运用多种计量分析模型,对区域生态文明建设评价进行研究,为科学规划和调控区域生态文明建设发展提供了技术支撑 [6]。苏为华介绍了统计指标体系的构建内容、构建过程、构造方法以及指标体系的测试,给予

了统计指标体系的建立流程 [7]。但目前阶段的文献并没有建立过重大公共卫生事件应对效果的指标体系，因此本文将以北京市新冠肺炎疫情防控为例，建立重大公共卫生事件应对效果指标体系，并对应对效果进行量化研究。

### (三) 研究方法

本文通过分析文献，确定指标体系的指标选取及建立，通过灰色关联分析进行指标体系重要性检验，以及相关性检验对指标体系的必要性进行检验，再通过熵权法评估检验其完整性，最后对各指标进行赋权，得到相关评分。

#### 1. 疾病传播指标构建方法

##### □ 基本再生数

基本再生数为流行病学关键指标，指在特定无干预环境中每例病患能够传染的人数，计算公式为

$$R_0 = 1 + \omega T + P(1 - P)(\omega T)^2 \quad \text{公式 (1)}$$

$$\omega = \ln(Y_t) / t \quad \text{公式 (2)}$$

其中 $\omega$ 为早期增长率， $t$ 为疾病传播天数， $Y_t$ 为 $t$ 时刻有症状感染者数量， $P$ 为潜伏期人群转向感染者的概率， $T$ 为潜伏期与传染期的总时长 [8]。

#### 2. 指标体系构建方法

##### □ 灰色关联分析

灰色关联分析法是根据因素之间的发展趋势相似的或者相异的程度，即所称的“灰色关联度”，作为衡量因素之间关联度的一种方法 [9]。灰色关联分析的方法流程如下：

首先，确定母序列以及子序列；其次，进行数据预处理：针对指标的数据的范围，单位不同等情况，一般需要对指标进行归一化处理，常见方法有：初值化、均值化、百分比变化、倍数变化、极差最大值变化以及区间值变化 [9]；本文采用的为区间值变化，其计算公式如下：

$$Y_k = \frac{X_k - \min_k X_k}{\max_k X_k - \min_k X_k}, \max_k X_k - \min_k X_k \neq 0 \quad \text{公式 (3)}$$

然后通过下式计算灰色关联系数：

$$\zeta_{ik} = \frac{\min_i \min_k |X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|}{|X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_i \max_k |X_{0k} - X_{ik}|} \quad \text{公式 (4)}$$

其中  $i$  代表维度， $k$  代表对应的子序列的数据所在位置。

最后计算关联度

$$r_{0i} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \zeta_{ik} \quad \text{公式 (5)}$$

#### □ Spearman 秩相关系数检验

Spearman 秩相关系数是一种与分布无关的，可用于度量变量之间联系的强弱的检验方法。首先，将数据按从小到大的方法进行排列，记  $X'_i, Y'_i$  为原始序列  $X_i, Y_i$  在排列后所在的位置，然后计算其秩次差  $d_i = X'_i - Y'_i$  [10]。则 Spearman 秩相关系数计算公式如下：

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad \text{公式 (6)}$$

计算出 Spearman 秩相关系数后，可以通过相关系数检验临界值表找到对应置信水平的检验值，从而判断两个指标是否相关 [10]。

#### □ 熵值法指标评估

熵值法的基本思路是根据指标变异性的的大小来确定客观权重。若某个指标的信息熵越小，则表明该指标值的变异程度越大，其提供的信息量越多，在综合评价中所能起到的作用也越大，从而可得其权重也就越大。相反，信息熵越大，则

相应结果与上面相反 [11]。其计算步骤为：首先，求各指标在在各方案下的比值

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \quad \text{公式 (7)}$$

其次，计算各指标的信息熵

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad \text{公式 (8)}$$

最后，计算权重：

$$W_j = \frac{1-E_j}{n-\sum E_j} \quad \text{公式 (9)}$$

#### □ Critic 权重法

Critic 权重法是通过评价指标之间的对比强度和冲突性，从而综合衡量指标的客观权重 [12]。指标的变异性是通过如下公式计算：

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad \text{公式 (10)}$$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n-1}} \quad \text{公式 (11)}$$

指标冲突性的计算公式如下：

$$R_j = \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij}) \quad \text{公式 (12)}$$

信息量计算公式如下：

$$C_j = S_j \times R_j \quad \text{公式 (13)}$$

根据以上信息，此时可得到相应指标的客观权重，其计算公式如下：

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad \text{公式 (14)}$$

#### □ Bonferroni 算子

由于各个指标之间往往不是相互独立的，因此采取 Bonferroni 算子计算评

分,从而消除指标之间的影响和依赖,使得评价结果更加公正客观 [12]。其计算公式如下:

$$y_i = \left( \frac{\sum_{k,l=1, k \neq l}^n (w_k X_{ik})^p (w_l X_{il})^q}{\sum_{k,l=1, k \neq l}^n w_k^p w_l^q} \right)^{\frac{1}{p+q}} \quad \text{公式 (15)}$$

### 3. 政策评价模型方法

#### □ 方差非齐性的独立两样本 t 检验

针对原假设  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , 由于此时方差是非齐性的, 因此构建如下的检验统计量:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \sim t(v) \quad \text{公式 (16)}$$

其中

$$v = \frac{\left( \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{s_1^4}{n_1^2(n_1-1)} + \frac{s_2^4}{n_2^2(n_2-1)}} \quad \text{公式 (17)}$$

根据构造的检验统计量即可判断原假设是否成立 [13]。

#### □ Holt 两参数指数平滑

该方法用于对含有线性趋势的序列进行修匀。其基本思想为: 假定一个具有比较固定的线性趋势序列, 每期递增或者递减  $r$ , 那么可由公式表达出其估计值, 公式如下:

$$\hat{x}_t = x_{t-1} + r \quad \text{公式 (18)}$$

通过上述公式即可得到此时的估计 [14]。

#### ③ SEIR 模型

SEIR 是预测传染病传染人数的常用模型, 它将人群分为 4 类: 易感染人群 (S)、潜在感染人群 (E)、感染人群 (I)、移除人群 (治愈或死亡人群) (R) [15]。则 SEIR 的动力学方程如下所示:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\frac{\beta_1 SE}{N} - \frac{\beta_2 SI}{N} \\ \frac{dE}{dt} = -\frac{\beta_1 SE}{N} - \frac{\beta_2 SI}{N} - aE \\ \frac{dI}{dt} = aE - gI \\ \frac{dR}{dt} = gI \end{cases} \quad \text{公式(19)}$$

在上式中，N 为总人数，且有  $N=S+E+I+R$ ，t 为时间步长。从而计算得到  $\beta_1$  和  $\beta_2$  的值，同时 a 取 1/7，g 取 1/14，构建 SEIR 模型 [15]。

## 二、 重大公共卫生事件应对政策分析

在新冠疫情爆发后，国家出台了相应的措施去应对此次重大公共卫生事件。本文是以北京市为例进行构建相应的指标体系，但各省市在应对此次重大公共卫生事件时会受到国家、地方政府的政策措施影响。因此本文既考虑了国家政策措施，也考虑了地方政府的政策措施。

首先从时间上看，从 2020 年 1 月至 2020 年 3 月，国家以及北京地区总共出台了 38 条政策、通知以及应对措施，从多方面防控疫情以及维持社会稳定。在 2020 年 4 月至 2021 年 3 月期间出台了 14 条政策、通知以及应对措施，这是针对疫情的小规模爆发而出台的。因此在本文中，将以 2020 年 1 月至 3 月作为政策出台期，并认为此时出台了政策但其相应的影响还未完全体现，从 2020 年 4 月起至 2021 年 3 月认为是重大公共卫生事件应对效果显现期，并对此进行分析。最后针对主要的政策以及措施出台的影响方面，我们可以得到以下结论：

表 1 政策分析表

时间	政策	层面	方面
1 月 24 日	《关于严格预防通过交通工具传播新型冠状病毒感染的肺炎的通知》[16]	国家	交通
1 月 26 日	《关于做好进出武汉交通运输工具管控全力做好疫情防控工作的紧急通知》[17]	国家	交通
2 月 28 日	《做好公路交通保通保畅工作以及确保人员、车辆正常通行的措施》[18]	国家	交通
1 月 24 日	《关于防控新型冠状病毒感染的肺炎的公告》[19]	国家	出入境
1 月 24 日	《关于加强新型冠状病毒感染的肺炎疫情社区防控工作的通知》[20]	国家	区域防控
2 月 25 日	《关于依法科学精准做好新冠肺炎疫情防控工作的通知》[21]	国家	区域防控
2 月 29 日	《进一步规范和加强新冠肺炎流行期间消毒工作的通知》[22]	国家	消杀工作
2 月 11 日	《关于加强新冠肺炎首诊隔离点医疗管理工作的通知》[23]	国家	隔离点
1 月 27 日	《北京市人民政府办公厅关于落实“四方责任”进一步加强重点人群、场所和单位新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控工作的通知》[24]	北京	公共场所
2 月 12 日	《关于印发新冠肺炎流行期间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理指南的通知》[25]	国家	公共场所
3 月 17 日	《关于统筹做好新冠肺炎疫情防控全面有序开展预防接种工作的通知》[26]	国家	疫苗
1 月 27 日	《关于有序做好春运期间群众出行核酸检测工作的通知》[27]	国家	核酸检测
1 月 26 日	《关于坚决维护防疫用品市场价格秩序的公告》[28]	国家	社会稳定
2 月 12 日	《关于压实“菜篮子”市长负责制以及做好农产品稳产保供工作的通知》[29]	国家	社会稳定
2 月 17 日	《关于加强疫情期间医疗服务管理满足群众基本就医需求的通知》[30]	国家	社会稳定
1 月 23 日	《北京市人力资源和社会保障局关于做好疫情防控期间维护劳动关系稳定有关问题的通知》[31]	北京	社会稳定
3 月 20 日	《应对新冠肺炎疫情影响强化稳就业举措的实施意见》[32]	国家	社会稳定
2 月 9 日	《要求切实加强疫情科学防控有序做好企业复工复产工作的通知》 <sup>[33]</sup>	国家	复工复产
3 月 12 日	《组织 29 个工作组开展复工复产情况调研的措施》[34]	国家	复工复产



针对交通方面,国家层面在减少人员流通、人员聚集以及发热病人筛查上做出了要求。如《关于严格预防通过交通工具传播新型冠状病毒感染的肺炎的通知》上指出:在火车、汽车、飞机、船舶等交通工具上发现病例或疑似病例后,要立即通知前方最近设有留验站的城市的车站、港口客运站、目的地机场做好留验准备<sup>[16]</sup>。这些举措有效的减少了人员之间的接触,降低了传播的风险,同时还进一步排查发热病人,做到“早发现、早报告、早隔离、早治疗”,新冠肺炎“四早”技术方案[16]。

针对区域防控方面,以国家措施为例,指导社区防疫,采取网格化管理,严格监控进出社区的人员,对密切接触者落实居家隔离的措施。《关于依法科学精准做好新冠肺炎疫情防控工作的通知》指出:加强人员社会管控,严防输入和扩散风险;做好重点场所防控,严防扩散风险[21]。从多方面管理社区居民,做到社区内人员少接触、社区外人员不进入。在减少人员接触、阻断疫情传播上取得了不错的效果[21]。

针对公共场所管理方面,北京市层面和国家层面都做出了指示。北京市的通知明确重点关注重点人群、重点场所和重点单位,加强对其管理[24]。国家层面则对公共场所的空调通风系统做了规范要求,严防在公共场所新冠病毒的传播[25]。这些举措在疫情期间减小了公共场所传播的几率,同时也限制了人员的流动,既保证场所正常运行,也保障场所安全。

针对社会稳定方面,国家层面和北京市层面均出台了措施,本文选取了一些重要的文件进行归纳。在北京的通知里强调企业应保障员工的权利,同时企业可以采取集中工作、集中休息方式保持正常生产经营。其表明北京层面关注点在保障就业、企业生产运营等方面。在国家层面则关注人民的生活保障问题,同时对就业也采取了一些措施,减少因新冠疫情而带来失业的问题。

针对复工复产方面,国家层面做出了指示。要求分批上岗、保证交通安全、

严防新冠传播。同时国家层面还深入一线调研，了解就业情况和企业生产营业情况<sup>[33]</sup>。同时指导支持地方提高服务便利度，帮助企业解决因疫情冲击带来的实际困难，保障农民工等返岗就业、促进企业尽快恢复产能[34]。

通过对上述的政策文本利用 R 语言实现对其分词、词频统计，并按照词频统计的结果进行排序，结果如表 1 所示。由于分词后仍有一些停用词与无政策特征的词干扰，将其去除（如：疫情、人员等），并对词语中的同义词等合并，整理出有效的高频词语前 30 位。

表 2 分词词频统计表

分词	词频	分词	词频
疫情	145	医疗	40
防控	143	患者	39
健康	75	社区	37
就业	72	病例	36
企业	70	复工	35
消毒	59	机构	34
感染	55	交通运输	31
隔离	54	运输	30
卫生	48	风险	30
开展	47	生产	30
检测	44	医疗机构	30

对以上高频词语的统计可知，新冠疫情的防控政策在遵循以人民的生命为重的时候，考虑社会稳定以及民生问题，体现了国家“把人民利益摆在至高无上的地位”。高频词“防控”体现了我国对打赢这场看不见的战争的决心。“健康”、“感染”、“患者”、“隔离”、“检测”、“医疗”等显示出国家对于人民生命安全的

重视以及对新冠患者采取的措施的完整性。“就业”、“企业”、“复工”、“生产”等表明我国在疫情期间下，对待企业的生存问题、以及人们的就业问题的重视，积极推动复工复产，维护社会的正常生活秩序。“社区”、“机构”、“交通运输”等词语显示了我国对于人群接触的管控，限制人们出行，以社区为单位的管控方式以防止新冠病毒的传播。

### 三、 数据描述性分析

#### (一) 数据说明

本文数据来源于北京市统计局，北京市卫健委以及百度搜索指数。所选数据的时间范围是 2019 年 01 月至 2020 年 03 月，在新冠传播方面包括患病人数、死亡人数、治愈人数、在院人数以及根据计算所得的基本再生数，在居民消费以及生活水平方面为：CPI、PPI、北京海关出口额以及北京海关进口额，在区域活动方面选取了航空客运量、公路客运量以及铁路客运量，最后在疫情关注度方面选取了口罩搜索量、新冠搜索量以及消毒搜索量等。本文将基于以上数据，建立相关的指标体系，评分以及通过建模进行政策评价。

#### (二) 描述统计

根据以上收集的数据，本节将进行描述统计分析。从而通过数据的直观描述了解政策以及新冠爆发对新冠传播、居民消费以及生活水平、区域活动和疫情关注度这四方面的影响。

##### 1.新冠传播

针对新冠传播方面，首先绘制患病人数、死亡人数、境外输入以及新增疑似病例归一化后的数据折线图，如图 1。由图 1 可知，在疫情爆发后，患病人数、死亡人数和新增疑似病例大幅上升，而境外输入具有一定的延时性，从而在爆发

一个月后才大幅上涨。在 2020 年 6 月患病人数再次增加，这是由于北京新发地批发市场外来物资的传染，导致接触传播，从而再次出现峰值。

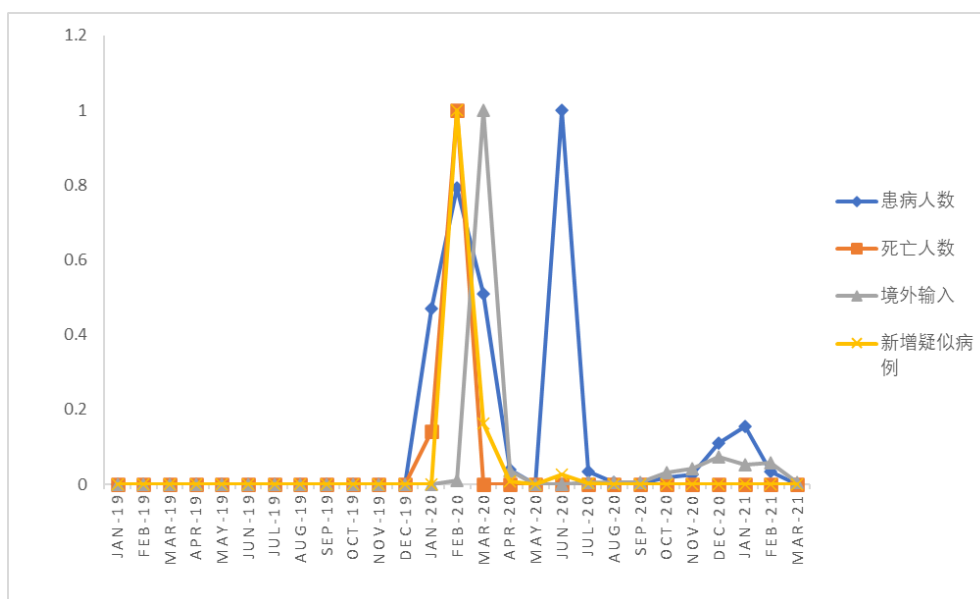


图 1 患病人数、死亡人数、境外输入以及新增疑似病例变化

依据图 1，并结合有关的医疗以及疫情防控的政策可知，在 2 月以及 3 月患病人数、死亡人数以及新增疑似病例开始下降。随着针对境外输入病例的政策颁布，境外输入病例也在 4 月发生大幅下降。并且随着针对境外货物的新冠检测政策的颁布，7 月患病人数大幅下降。

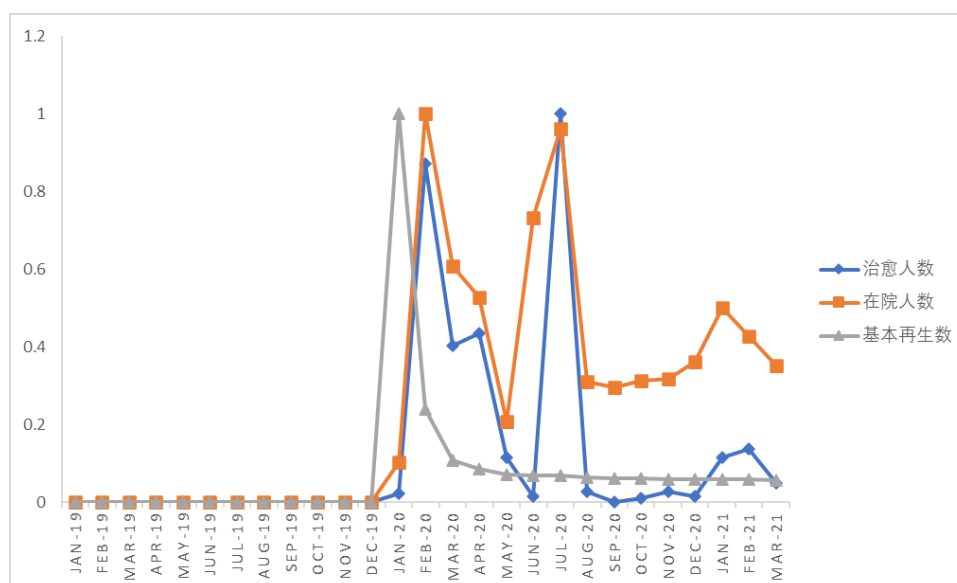


图 2 治愈人数、在院人数以及基本再生数变化

针对治愈人数、在院人数以及基本再生数的数据，进行绘制的折线图，如图

2。由图 2 可知,当疫情爆发后,治愈人数与在院人数随病例的增加大幅上升,而随着治疗以及防控政策的颁布,其数量持续下降。与图 1 类似,6 月境外货物所携带的新冠病毒传入使得 7 月的治愈与在院人数上涨,但随着政策的发布,其数量在 8 月下降。基本再生数是衡量病情传播的指标,因此在相关政策颁布后,其数值也大幅下降,并趋于稳定。

## 2.居民消费以及生活水平

针对居民消费以及生活方面,首先对 CPI(消费者价格指数)以及 PPI(生产者物价指数)进行绘制折线图,所得结果如图 3 所示。

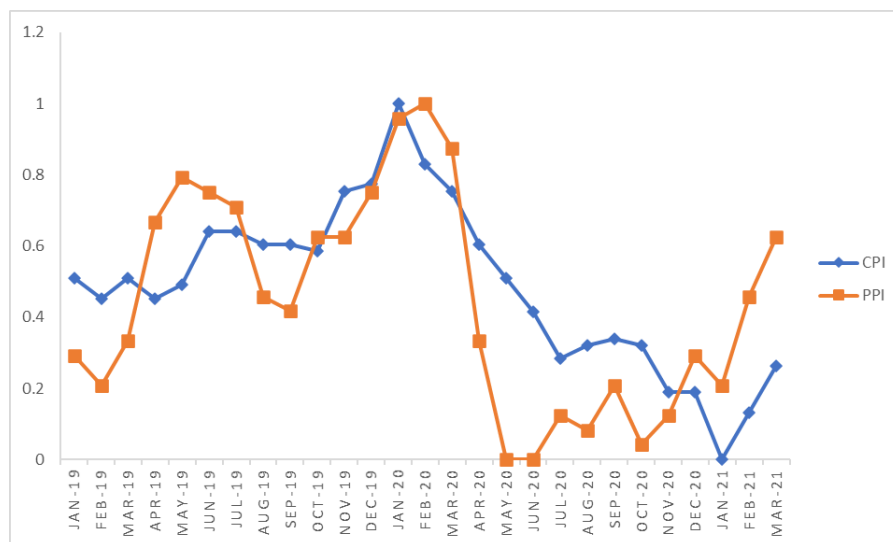


图 3 CPI 及 PPI 变化

从图 3 可以看出, CPI 对疫情的敏感度高于 PPI, CPI 从 2 月开始缓慢下降,而 PPI 有相应的滞后性,从 3 月开始发生大幅度下降,但随着有关经济调整的政策发布, CPI 以及 PPI 也随着时间缓慢增加。

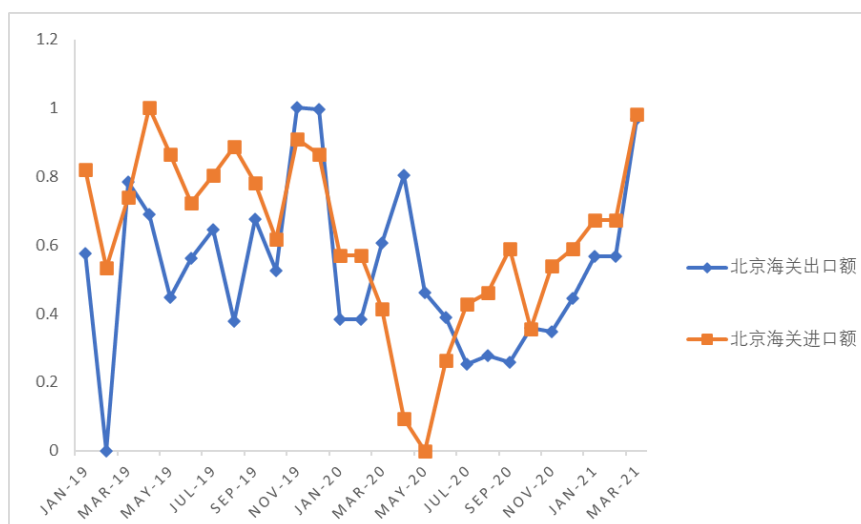


图 4 北京海关出口额以及进口额变化

绘制北京海关出口额以及进口额的数据折线图，所得结果如图 4。在疫情爆发时，北京海关进口额发生明显下降，但随着国内疫情好转以及进口需求，北京海关进口额随着一定的波动缓慢回升。出口额在 1 月与 2 月大幅度下降，但随政策的公布逐渐上升。由于世界经济形势的紧张，出口额出现回落，再随着经济形势的逐渐好转不断上涨。

### 3. 区域活动

针对区域活动，绘制航空客运量、公路客运量以及铁路客运量的折线图。从图 5 可知，随着疫情爆发以及国家交通和区域防控政策的发布，2 月和 3 月的航空、公路以及铁路客运量到达谷底。随着疫情防控和治疗的相关政策的发布，疫情好转，从而客运量逐渐上升。又由于 2021 年 1 月和 2 月异地过年政策的颁布，客运量在这个时间段再次回落，但随着小规模疫情的结束，客运量再次上升。

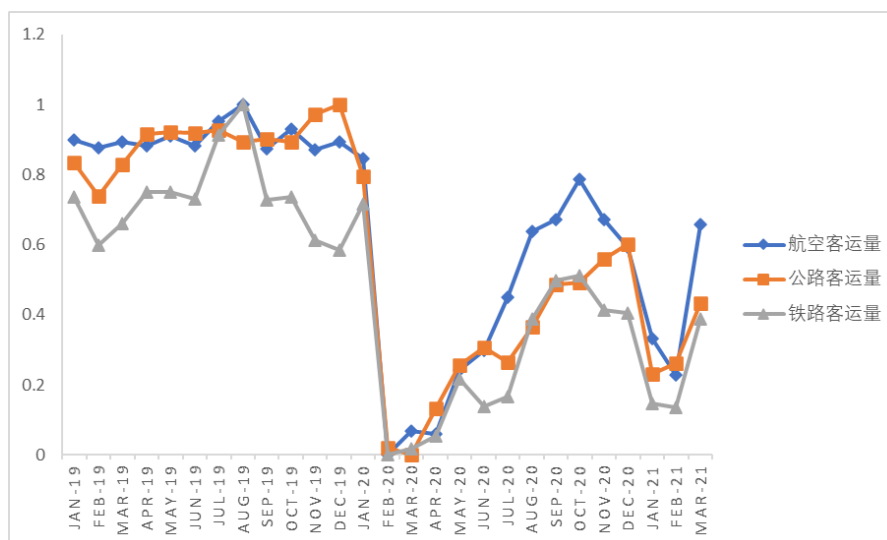


图 5 航空、公路以及铁路客运量变化

#### 4.疫情关注度

针对疫情关注度方面，首先绘制新冠、隔离以及核酸检测搜索量的折线图，结果如图 6 所示。在疫情爆发前，新冠和隔离的搜索量为 0，核酸检测搜索量具有小规模波动性，但随着疫情的爆发其搜索量大幅上涨。并随着防控政策的颁布其搜索量开始回落，其间根据小规模疫情的爆发以及相关国家政策（如：提交核酸检验报告、异地过年等）的颁布，使得这些词的搜索量出现较大的波动性。

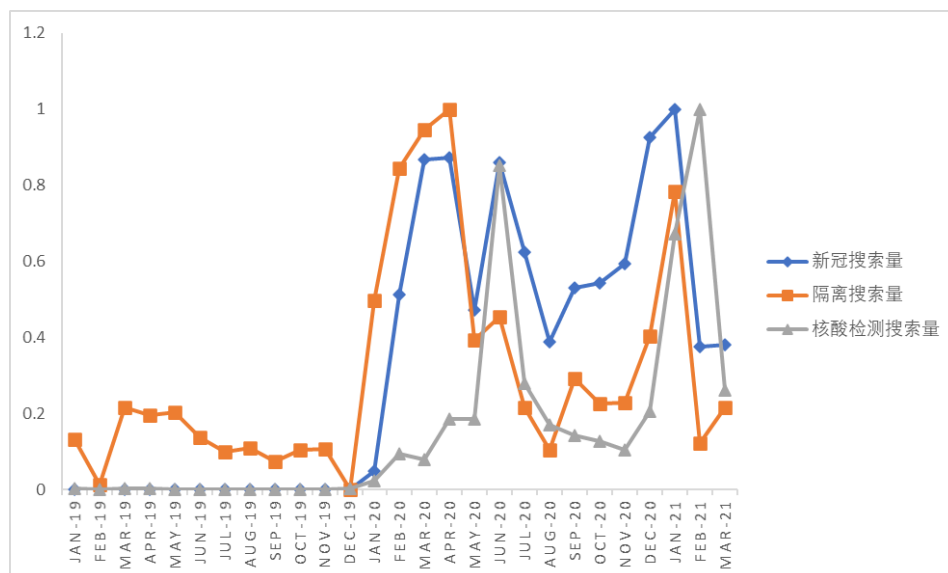


图 6 新冠、隔离以及核酸检测搜索量变化

其次，针对口罩、消毒以及发热的搜索量绘制折线图，如图 7。这三个词的搜索量在疫情爆发前都是稳定的，但随着疫情的爆发其搜索量大幅提高，达到这

段时期的最高峰。随着政策的颁布（如加大口罩生产以及区域防控等），其搜索量再次回落至稳定状态。

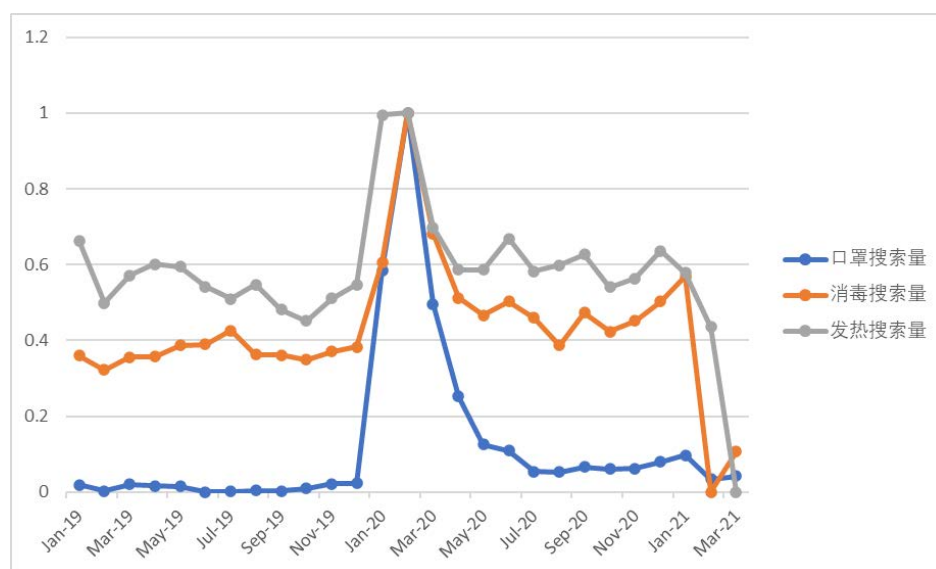


图 7 口罩、消毒以及发热搜索量变化

## 四、重大公共卫生事件应对效果模型构建

依据上述描述统计分析可知，疫情传播、居民消费以及生活水平、区域活动和疫情关注度四个方面会受到重大公共卫生事件应对政策的影响。因此针对如何衡量重大公共卫生事件应对效果及评价，本节将建立相应的指标体系，并根据指标体系构建模型对政策效果进行评价。

### （一）指标体系构建

#### 1. 指标体系备选库选取

通过对大量文献的归纳、研究以及分析，本文首先明确了利用指标体系的构建对新冠肺炎疫情防控等重大公共卫生事件应对效果进行量化研究的目的。

其次，针对这个目的，本文将通过对新冠疫情的影响方面以及影响程度分析进行选取指标。因此选取了新冠传播、居民消费及生活水平，区域活动以及疫情



关注度作为一级指标，并作为构建评价指标体系的四个主要组成部分。

并根据这四个一级指标，选取了具有代表性的数据，从而构成相应的指标备选库。初步入选的指标，应当尽可能涵盖对重大公共卫生事件的效果体现。并将从重要性，必要性以及完整性等角度考虑，通过灰色关联分析，Spearman 秩相关系数分析以及熵值法评价，剔除不合适的指标，在兼顾全面的前提下确保指标体系的必要性。

最后，根据 Critic 权重法以及 Bonferroni 算子，由二级指标计算一级指标评分，并通过熵值法计算最终评分。

表 3 重大公共卫生事件应对效果指标体系备选库

目标	一级指标	二级指标
重大公共卫生事件 应对效果	新冠传播	患病人数
		死亡人数
		治愈人数
		疑似病例
		境外输入
		在院患者
		基本再生数
	居民消费及生活 水平	PPI
		CPI
		居民收入
		居民支出
		GDP
		固定资产投资额
		北京海关出口额
		北京海关进口额
		北京海关进出口差额
	区域活动	流入量
		流出量
		航空客运量
		公路客运量
		铁路客运量
	疫情关注度	新冠搜索量
		口罩搜索量
		消毒搜索量
		隔离搜索量
		发热搜索量
		核酸检测搜索量

表 3 表示的是根据多方面比较以及大量数据检索后所选取的指标体系备选库。因为应对重大公共卫生事件所颁布的政策法规是在短时间内颁布的，从而在评价重大公共卫生事件的应对效果时，应当通过月度数据了解相应的政策效果，所以本文所建立的指标体系备选库只挑选包含月度数据的指标。

在指标体系中，第一步删除了只包含季度数据以及年度数据的指标，如居民收入、居民支出、GDP、固定资产投资额、流入量和流出量。此时指标备选库所包含的指标为：(1)新冠传播：患病人数、死亡人数、治愈人数、疑似病例、境外输入、在院患者以及基本再生数；(2)居民消费及生活水平：CPI、PPI、北京海关出口额、北京海关进口额以及北京海关进出口差额；(3)区域活动：航空客运量、公路客运量以及铁路客运量；(4)疫情关注度：新冠搜索量、口罩搜索量、消毒搜索量、隔离搜索量、发热搜索量以及核酸检测搜索量。

## 2. 指标体系筛选

指标体系的构建过程中，加入过多的指标将会影响后续分析以及评价，因此需要对指标体系进行筛选。本文将通过灰色关联分析、熵值法以及 Spearman 秩相关系数筛选相应的指标。

首先，通过灰色关联分析以及熵值法计算相应指标的权重，得到的数据如表 4 所示。

表 4 指标权重

指标	灰色关联分析	熵值法
<b>CPI</b>	0.04998	0.00748
患病人数	0.05003	0.08679
死亡人数	0.05601	0.16770
治愈人数	0.04992	0.08212
在院人数	0.04099	0.04166
基本再生数	0.05313	0.07279
境外输入	0.05397	0.12813
新增疑似病例	0.05601	0.15780
<b>PPI</b>	0.04468	0.01536
北京海关出口额	0.04532	0.00642
北京海关进口额	0.04405	0.00602
北京海关进出口差额	0.04786	0.01287
航空客运量	0.03827	0.00896
公路客运量	0.03654	0.01045
铁路客运量	0.03940	0.01238
新冠搜索量	0.03818	0.03974
口罩搜索量	0.04990	0.05864
消毒搜索量	0.05700	0.00539
隔离搜索量	0.04643	0.02139
发热搜索量	0.05557	0.00338
核酸检测搜索量	0.04677	0.05452

从表 4 中可以看出,不同的方法得到的指标权重是不一致的,有的指标在灰色关联分析下权重高,而有的在熵值法下权重高。航空客运量、公路客运量、铁路客运量以及新冠搜索量的灰色关联分析权重低于 0.04,从而依经验认为这几个指标相对于其他指标不太重要。然后通过熵值法所得到的权重,可知 CPI、PPI、北京海关出口额,北京海关进口额、航空客运量、消毒搜索量以及发热搜索量的权重较小。为进行综合比较,因此对各个指标计算其 Spearman 秩相关系数,所得结果如图 8 所示。

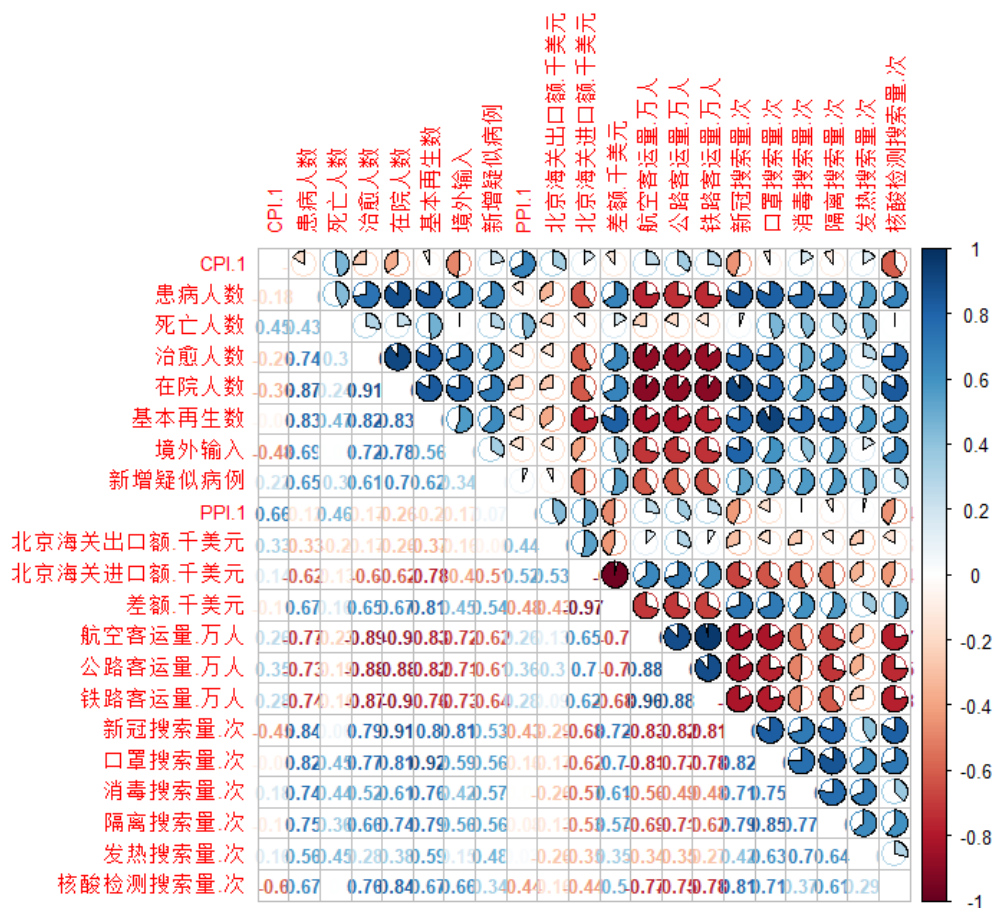


图 8 Spearman 秩相关系数图

从图 8 中可以看出,此时 Spearman 秩相关系数绝对值大于 0.8 的指标较多。结合灰色关联分析和熵值法所考虑删除的指标:北京海关出口额、北京海关进口额和航空客运量,加上 Spearman 秩相关系数和客观事实综合考虑分析后,再删除在院人数和新冠搜索量。

经过筛选后的指标体系如表 5 所示。所构建的指标体系分为新冠传播、居民消费及生活水平、区域活动和疫情关注度 4 个一级指标,在这 4 个一级指标下又分为多个二级指标。其中新冠传播一级指标所对应的二级指标有:患病人数、死亡人数、治愈人数、疑似病例、境外输入以及基本再生数;居民消费及生活水平一级指标所对应的二级指标有: PPI、CPI 和北京海关进出口差额;区域活动一级指标所对应的二级指标有:铁路客运量;疫情关注度一级指标所对应的二级指标有:口罩搜索量、消毒搜索量、隔离搜索量、发热搜索量以及核酸检测搜索量。

表 5 重大公共卫生事件应对效果指标体系

目标	一级指标	二级指标
重大公共卫生事件 应对效果	新冠传播	患病人数
		死亡人数
		治愈人数
		疑似病例
		境外输入
		基本再生数
	居民消费及生活 水平	PPI
		CPI
	区域活动	北京海关进出口差额
		铁路客运量
	疫情关注度	口罩搜索量
		消毒搜索量
		隔离搜索量
		发热搜索量
		核酸检测搜索量

## (二) 建立评分模型

### 1. 针对一级指标进行评分

构建完相应的指标体系后，现进行二级指标对一级指标的评分以及权重赋值。本文采取 Critic 权重法计算二级指标的权重，所得的二级指标权重如表 6 所示。

表 6 新冠传播下的二级指标权重

二级指标	患病人数	死亡人数	治愈人数	疑似病例	境外输入	基本再生数
权重	0.1493	0.2333	0.1632	0.1114	0.1769	0.1659

从表 6 中可以看出，此时对新冠传播最重要的二级指标为死亡人数，其次为境外输入，基本再生数以及治愈人数，然后为患病人数，最后为疑似病例。并且根据 Bonferroni 算子可以得到新冠传播的评分如表 7 所示。

表 7 新冠传播评分

月份	新冠传播评分	月份	新冠传播评分
2019 年 01 月	0	2020 年 03 月	32.2338
2019 年 02 月	0	2020 年 04 月	6.67777
2019 年 03 月	0	2020 年 05 月	1.8934
2019 年 04 月	0	2020 年 06 月	7.4780
2019 年 05 月	0	2020 年 07 月	7.5063
2019 年 06 月	0	2020 年 08 月	1.1365
2019 年 07 月	0	2020 年 09 月	0.4940
2019 年 08 月	0	2020 年 10 月	1.5346
2019 年 09 月	0	2020 年 11 月	2.1403
2019 年 10 月	0	2020 年 12 月	3.5168
2019 年 11 月	0	2021 年 01 月	5.3166
2019 年 12 月	0	2021 年 02 月	3.9535
2020 年 01 月	18.8665	2021 年 03 月	1.2762
2020 年 02 月	65.7808		

从表 7 中可以看出，当疫情严重时，分数大幅上升，而当相应的应对措施实施时，评分大幅下降。将其用图表示，所得结果如图 9 所示。在疫情爆发时评分大幅上升，而当相应的应对措施出台后，开始大幅下降，后期由于如国外疫情依然在大范围传播等原因导致波动，但总体评分不高。因此可以推测，重大公共卫生事件的应对措施是有效的。

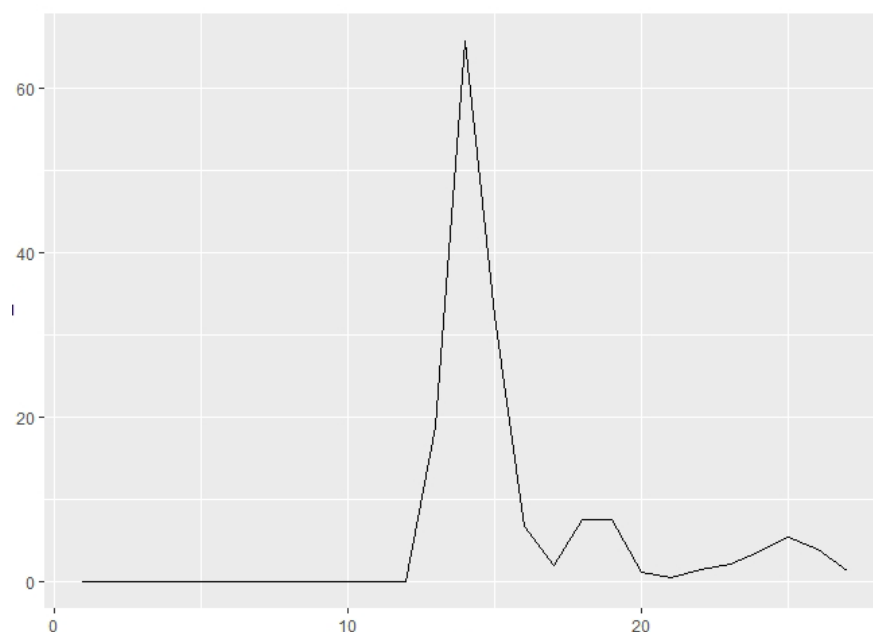


图 9 新冠传播评分图

针对居民消费及生活水平一级指标所得的二级指标权重如表 8 所示。

表 8 居民消费及生活水平下的二级指标权重

二级指标	PPI	CPI	北京海关进出口差额
权重	0.3600	0.2211	0.41189

由表 8 可知，对居民消费及生活水平评分影响最大的为北京海关进出口差额，其次为 PPI，最低为 CPI。并且根据 Bonferroni 算子可得居民消费及生活水平评分，结果如表 9 所示。

表 9 居民消费及生活水平评分

月份	居民消费及 生活水平评分	月份	居民消费及 生活水平评分
2019 年 01 月	28.7942	2020 年 03 月	73.2651
2019 年 02 月	31.3314	2020 年 04 月	60.9396
2019 年 03 月	36.1853	2020 年 05 月	38.2179
2019 年 04 月	27.2727	2020 年 06 月	28.9927
2019 年 05 月	37.4750	2020 年 07 月	28.0491
2019 年 06 月	50.8876	2020 年 08 月	26.1080
2019 年 07 月	46.1754	2020 年 09 月	28.6605
2019 年 08 月	29.3160	2020 年 10 月	26.4939
2019 年 09 月	38.1509	2020 年 11 月	22.6846
2019 年 10 月	50.7554	2020 年 12 月	29.1505
2019 年 11 月	44.8996	2021 年 01 月	17.5335
2019 年 12 月	51.5342	2021 年 02 月	30.7435
2020 年 01 月	71.8881	2021 年 03 月	26.7263
2020 年 02 月	68.8506		

当疫情严重时，分数上升，而当相应的应对措施出台后，其评分大幅下降。将其用图表示，所得结果如图 10 所示。虽然在疫情爆发前，居民消费及生活水平是有一定的波动的，但其峰值小于在疫情爆发后的评分，当应对措施实施后，其逐渐恢复到原先水平，即具有一定的波动性，但不会出现极高的峰值。

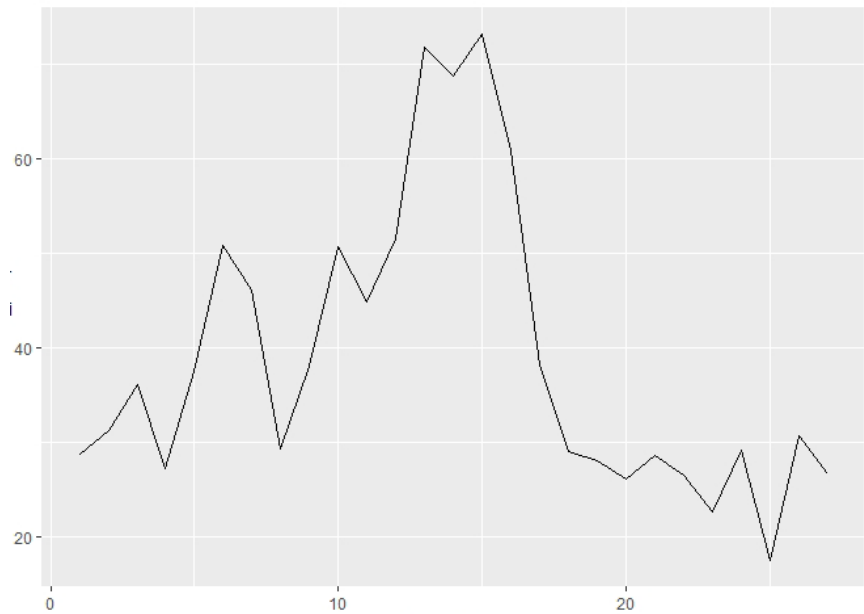


图 10 居民消费及生活水平评分图

针对疫情关注度一级指标所得的二级指标权重如表 10 所示。

表 10 疫情关注度下的二级指标权重

二级 指标	口罩 搜索量	消毒 搜索量	隔离 搜索量	发热 搜索量	核酸检测 搜索量
权重	0.1440	0.1516	0.1948	0.1851	0.3245

由表 10 可知，对疫情关注度评分影响最大的为核酸检测搜索量，其次为隔离搜索量，最后为发热搜索量和消毒搜索量最低的为口罩搜索量。并且此时根据 Bonferroni 算子计算得到的居民消费及生活水平评分如表 11 所示。

表 11 疫情关注度评分

月份	疫情关注度 评分	月份	疫情关注度 评分
2019 年 01 月	17.6082	2020 年 03 月	50.3840
2019 年 02 月	11.2398	2020 年 04 月	46.3370
2019 年 03 月	18.4070	2020 年 05 月	33.0071
2019 年 04 月	18.3583	2020 年 06 月	54.5118
2019 年 05 月	18.7726	2020 年 07 月	30.9707
2019 年 06 月	16.2754	2020 年 08 月	23.9596
2019 年 07 月	15.4016	2020 年 09 月	29.2553
2019 年 08 月	15.3380	2020 年 10 月	25.0457
2019 年 09 月	13.4660	2020 年 11 月	25.0732
2019 年 10 月	13.8829	2020 年 12 月	34.5145
2019 年 11 月	15.2418	2021 年 01 月	56.0555
2019 年 12 月	13.0657	2021 年 02 月	31.2385
2020 年 01 月	44.9750	2021 年 03 月	12.9190
2020 年 02 月	67.1350		



当疫情爆发的时候，分数迅速上升，而当相应的重大公共卫生应对措施采取后，其评分大幅下降。将其用图表示，所得结果如图 11 所示。在疫情爆发前，疫情关注度是趋于平稳的，但在疫情爆发后，其评分达到该时间段内的最大值，当应对措施出台后，其逐渐下降，并随着时间推移越来越低。又因为疫情小规模爆发，其评分出现了一定的波动性。

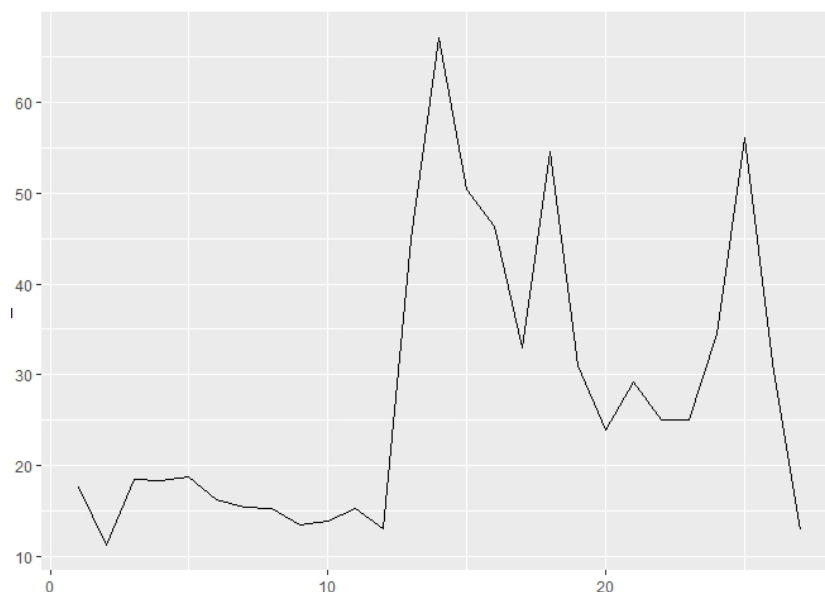


图 11 疫情关注度评分图

针对区域活动，此时对应的二级指标只有铁路客运量，于是用 1 减去铁路客运量的归一化数据并乘 100 作为此时区域活动二级指标的评分。其变化如与描述统计部分对铁路客运量的描述相反，在此不再赘述。

## 2. 总体评分模型构建

得到相应的一级指标评分后，使用熵值法对四个一级指标进行赋权，并得到最终评分。此时的权重如表 12 所示。

表 12 一级指标权重

一级指标	新冠传播	居民消费及生活水平	区域活动	疫情关注度
权重	0.6294	0.1092	0.0750	0.1865

由表 11 可知，对于重大公共卫生事件应对效果影响最大的为新冠传播，其次为疫情关注度和居民消费及生活水平，最低的为区域活动。此时所得的总体评

分如表 13 所示。

表 13 总评分

月份	总评分	月份	总评分
2019 年 01 月	8.4046	2020 年 03 月	45.0411
2019 年 02 月	8.5246	2020 年 04 月	26.5985
2019 年 03 月	9.9345	2020 年 05 月	17.3936
2019 年 04 月	8.2758	2020 年 06 月	24.4887
2019 年 05 月	9.4636	2020 年 07 月	19.8083
2019 年 06 月	10.6084	2020 年 08 月	12.6152
2019 年 07 月	8.5672	2020 年 09 月	12.6626
2019 年 08 月	6.0618	2020 年 10 月	12.1826
2019 年 09 月	8.7166	2020 年 11 月	12.8961
2019 年 10 月	10.1031	2020 年 12 月	16.2909
2019 年 11 月	10.6489	2021 年 01 月	22.1146
2019 年 12 月	11.1756	2021 年 02 月	18.1507
2020 年 01 月	30.2292	2021 年 03 月	10.7272
2020 年 02 月	68.9337		

随着疫情的出现，总体评分大幅上升，又因为重大公共卫生事件应对措施的实施，评分开始下降，并随着时间的推移，其逐渐下降到与疫情爆发前相类似的分值。将其用图表示，所得结果如图 12 所示。在疫情爆发前，总评分是趋于平稳的，但在疫情爆发后，其评分达到最大，在应对措施出台后，其逐渐下降，并随着时间推移越来越低。由于疫情小规模爆发，其评分出现了一定的波动性。

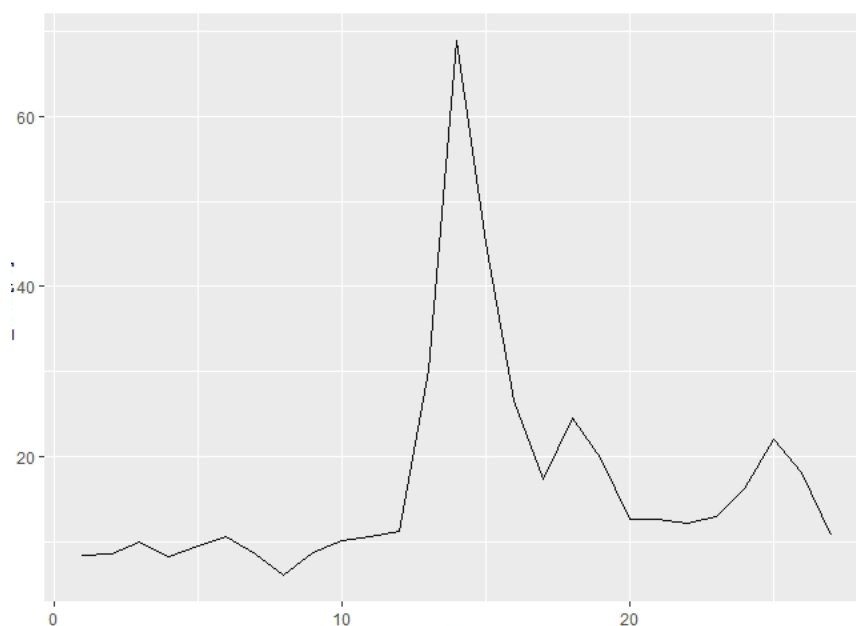


图 12 总评分图

### (三) 政策评价模型构建

#### 1. t 检验对重大公共卫生事件应对效果的评价

根据政策密集出台和疫情最严重的时间段,将评分时间段分为三段,即 2019 年 1 月至 2019 年 12 月(记为 1),2020 年 1 月至 2020 年 3 月(记为 2),2020 年 4 月至 2021 年 3 月(记为 3),首先对其进行方差齐性的 Levene's 检验,计算所得 P 值,得其小于 0.05 的显著性水平,因此认为此时的数据方差是非齐性的。从而进行总体方差不等的两样本 t 检验,其结果如表 14 所示。

表 14 t 检验对应 P 值表

	1	2
2	<0.05	
3	0.062	<0.05

从表 13 知,当显著性水平为 0.05 时,2019 年 1 月至 2019 年 12 月的评分与 2020 年 1 月至 2020 年 3 月的评分有显著差异,2019 年 1 月至 2019 年 12 月的评分与 2020 年 4 月至 2021 年 3 月的评分无显著差异,2020 年 1 月至 2020 年 3 月的评分与 2020 年 4 月至 2021 年 3 月的评分有显著差异。从而可知当显著性水平为 0.05 时,以新冠肺炎疫情防控为例的重大公共卫生事件应对效果是有效的。

#### 2. Holt 两参数指数平滑对重大公共卫生事件应对效果的评价

现将所得的指标进行截断,将其分为 2019 年 1 月至 2020 年 2 月、2020 年 3 月至 2020 年 5 月以及 2020 年 6 月至 2021 年 3 月三段。然后针对 2019 年 1 月至 2020 年 2 月的数据进行构建 Holt 两参数指数平滑模型以及 SEIR 模型,从而模拟 2020 年 3 月至 2020 年 5 月无政策影响下的二级指标评分,再通过之前所得的二级指标对一级指标的权重得到 2020 年 3 月至 2020 年 5 月无政策下的总体评分。

通过使用 SEIR 模型,可以得到 2020 年 3 月至 2020 年 5 月的疫情传播下各三级指标的数据拟合值,再通过这些拟合值以及上述得到的权重可得此时的疫情

传播二级指标评分；然后，通过使用 Holt 两参数指数平滑模型，可得 2020 年 3 月至 2020 年 5 月的各数据的拟合值，再通过这些拟合值以及上述所得权重可得居民消费及生活水平、区域活动和疫情关注度二级指标得分。所得结果如表 15 所示

表 15 无政策影响下的二级指标评分

	2020 年 3 月	2020 年 4 月	2020 年 5 月
疫情传播	24.0604	38.5110	30.4941
居民消费及生活水平	75.9131	81.1613	86.4041
区域活动	91.2144	113.7117	136.2090
疫情关注度	67.1350	133.3859	169.3812

根据上述结果所得的二级指标评分，再根据熵值法所确定的一级指标权重，最后得到的一级指标评分如表 16 所示。

表 16 无政策影响下的一级指标评分

	2020 年 3 月	2020 年 4 月	2020 年 5 月
一级指标评分	48.3110	64.6734	66.8772

将拟合数据与真实数据进行比对，可以看到若无政策影响则整体评分将会持续向上增长，若有政策颁布，则情况将如真实数据一样，当政策公布实施后，发生大幅度下降。因此可知重大公共卫生事件应对效果是有效的。

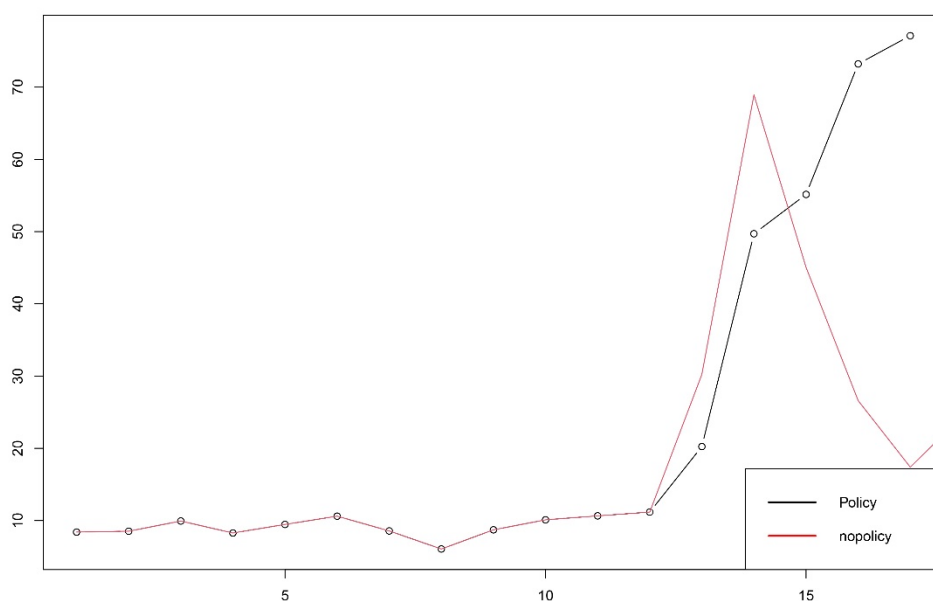


图 13 有无政策的一级指标评分比较

将拟合数据与真实数据进行比对，可以看到若无政策影响则整体评分将会持续向上增长，若有政策颁布，则情况将如真实数据一样，当政策公布实施后，评分大幅下降。因此可知重大公共卫生事件应对效果是有效的。

## 五、 研究结论以及展望

### (一) 主要结论

首先，通过上述分析可知，针对重大公共卫生事件的应对效果分析，我们所建立的指标体系是合理的，并且通过了灰色关联度分析、Spearman 秩相关系数以及熵值法的检验，并反映了客观事实。由于科学技术的发展，本文引入了之前各种指标体系建立都不曾包含的关注度这一一级指标，从而将网络发展带来的变化引入到了指标体系中。本文得指标体系最终确定为四个一级指标，并且每个一级指标下包含着若干二级指标，根据指标体系为重大公共卫生事件的应对效果进行了评分。

其次，通过描述性分析知，在 2020 年 4 月至 2021 年 3 月期间国家以及北京

地区出台了相关政策后,居民消费价格指数(CPI)、患病人数、死亡人数、治愈人数、基本再生数、境外输入、新增疑似病例、生产价格指数(PPI)、贸易差额、铁路客运量、口罩搜索量、消毒搜索量、隔离搜索量、发热搜索量、核酸检测搜索量数值基本上都在 2021 年 2 月后趋于稳定状态。

最后,在疫情爆发前总体评分趋于稳定的较低的数值,而在疫情爆发后,评分迅速上升,当针对重大公共卫生事件的应对措施的实施后,总体评分再次下降到一个较低水平,因此说明重大公共卫生事件应对的效果是明显的。通过进行了 t 检验,得到在实施重大公共卫生事件应对措施前后,评分是有显著差别的结论,从而可以有 95%的把握确定重大公共卫生事件应对的效果是显著的。并通过构建 SEIR 以及 Holt 两参数指数模型对三级指标进行无政策下的模拟,得到了无政策下的二级指标和一级指标评分,可以得到政策明显降低了相应评分,说明重大公共卫生事件应对的效果是有效的。

## (二) 研究不足之处及改进方向

针对此次所建立的指标体系以及政策评价的模型构建还有许多不足之处,首先是指标体系的备选库指标较少,因此在接下来的研究中,将进一步扩大指标体系的备选库。其次是评分方式还存在一定局限性,接下来的研究中应当在现有评分方式上进行修正使得评分方式更加准确。最后,针对应对效果评价方面的模型还不够全面,因此接下来的研究会考虑其他方法,从而对重大公共卫生事件应对效果进行更深层次的评价,使得评价更加准确细致。

## 参考文献

- [1] Qun Li, M.Med., Xuhua Guan, et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia[J]. N Engl J Med 2020; 382:1199-1207.
- [2] 陈云松, 陈步伟, 句国栋, 张柏杨, 许子妍, 徐荣婧. 突发重大疫情下城市系统风险量化评估方法[J]. 西安交通大学学报, 2020, 40(4):33-41.
- [3] 王刚, 黄锬, 乔方利. 疫情管控效果的一种定量化评估方法:以 COVID-19 为例[J]. 科学通报, 2020, v.65(11):53-59.
- [4] 赵莉晓. 创新政策评估理论方法研究——基于公共政策评估逻辑框架的视角[J]. 科学学研究, 2014, 032(002):195-202.
- [5] 柴士改, 李金昌. 中国经济增长新动能统计测度研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(1):47-58.
- [6] 曹蕾. 区域生态文明建设评价指标体系及建模研究[D]. 华东师范大学, 2014.
- [7] 苏为华. 论统计指标体系的构造方法[J]. 统计研究, 1995, 02:63-66.
- [8] 卢琴, 郭文娟. 年龄结构流行病模型基本再生数数值计算[J/OL]. 数学的实践与认识:1-8[2021-05-27].
- [9] 孟杰, 陈兴福, 杨文钰, 李志飞, 张玉, 宋九华, 杨兴旺. 基于灰色关联度分析和 DTOPSIS 法综合评价青川柴胡资源[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(03):433-437.
- [10] 陈昊. 基于 Spearman 秩相关系数法的上海市水体水质变化特征分析[J]. 环境科技, 2020, 33(03):28-33.
- [11] 王富喜, 毛爱华, 李赫龙, 贾明璐. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. 地理科学, 2013, 33(11):1323-1329.
- [12] 王伟明, 徐海燕, 张发明. 基于 CRITIC-G1 和 Bonferroni 算子的学术期刊综合评价研究[J]. 情报理论与实践, 2020, v.43;No.316(05):108-113.

- [13] 杨建芹.独立样本  $t$  检验在学生学业质量评价中的应用[J].大连教育学院学报,2016,32(02):52-53.
- [14] 吴越,张焕明.基于 Holt 两参数指数平滑法和 ARIMA 模型的长三角粮食产量的预测[J].武汉轻工大学学报,2020,39(01):30-36.
- [15] 甘雨,吴雨,王建勇.新冠肺炎疫情趋势预测模型[J/OL].智能系统学报:1-10[2021-05-13].
- [16] 国家卫生健康委员会. 关于严格预防通过交通工具传播新型冠状病毒感染的肺炎的通知[Z]. 2020-01-24.
- [17] 交通运输部. 交通运输部关于做好进出武汉交通运输工具管控全力做好疫情防控工作的紧急通知[Z]. 2020-01-26.
- [18] 国务院办公厅. 国务院办公厅印发通知: 做好公路交通保通保畅工作 确保人员车辆正常通行[Z]. 2020-02-08.
- [19] 海关总署. 海关总署 国家卫生健康委员会关于防控新型冠状病毒感染的肺炎的公告[Z]. 2020-01-24.
- [20] 国家卫生健康委员会. 关于加强新型冠状病毒感染的肺炎疫情社区防控工作的通知[Z]. 2020-01-24.
- [21] 国务院应对新型冠状病毒感染肺炎疫情联防联控机制. 关于依法科学精准做好新冠肺炎疫情防控工作的通知[Z]. 2020-02-25.
- [22] 国家卫生健康委员会. 关于进一步规范和加强新冠肺炎流行期间消毒工作的通知[Z]. 2020-02-29.
- [23] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委办公厅关于加强新冠肺炎首诊隔离点医疗管理工作的通知[Z]. 2020-02-11.
- [24] 北京市人民政府办公厅. 北京市人民政府办公厅关于落实“四方责任”进一步加强重点人群、场所和单位新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控工作的通知[Z].



2020-01-27.

[25] 国家卫生健康委员会. 关于印发新冠肺炎流行期间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理指南的通知[Z]. 2020-02-12.

[26] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委办公厅关于统筹做好新冠肺炎疫情防控全面有序开展预防接种工作的通知[Z]. 2020-03-17.

[27] 国务院应对新型冠状病毒感染肺炎疫情联防联控机制. 关于有序做好春运期间群众出行核酸检测工作的通知[Z]. 2021-01-27.

[28] 国家市场监督管理总局. 国家市场监督管理总局关于坚决维护防疫用品市场价格秩序的公告[Z]. 2020-01-26.

[29] 国务院应对新型冠状病毒感染肺炎疫情联防联控机制. 国务院应对新型冠状病毒感染肺炎疫情联防联控机制关于压实“菜篮子”市长负责制做好农产品稳产保供工作的通知[Z]. 2020-02-12.

[30] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委办公厅关于加强疫情期间医疗服务管理 满足群众基本就医需求的通知[Z]. 2020-02-17.

[31] 北京市人力资源和社会保障局. 北京市人力资源和社会保障局关于做好疫情防控期间维护劳动关系稳定有关问题的通知[Z]. 2020-01-23.

[32] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于应对新冠肺炎疫情影响强化稳就业举措的实施意见[Z]. 2020-03-20.

[33] 国务院联防联控机制. 国务院联防联控机制印发通知要求切实加强疫情科学防控有序做好企业复工复产工作[Z]. 2020-02-09.

[34] 中共中央办公厅国务院办公厅. 中共中央办公厅国务院办公厅印发通知 组织 29 个工作组开展复工复产情况调研[Z]. 2020-03-12.

[35] 许力飞. 我国城市生态文明建设评价指标体系研究. 中国地质大学.

[36] 于倩, 侯福均, 杜玉琴,等. 区间犹豫模糊 Bonferroni mean 算子在多属性决策

中的应用[J]. 运筹与管理, 2017, 26(009):13-20.

[37] 俞越童,邹慧琴,姚月保,杨瑞琦,崔述生,闫永红.基于 AHP-CRITIC 法结合正交设计优选复方血竭跌打膏中四味中药提取工艺[J].世界科学技术-中医药现代化,2020,22(08):2807-2816.

[38] 陈景海,黄华花,林嘉鑫.AHP-CRITIC 法在门诊药房药师绩效考核中的应用[J].中国现代应用药学,2019,36(06):753-756.

[39] Hua-Wen Wu,Jin Zhen,Jing Zhang. Urban rail transit operation safety evaluation based on an improved CRITIC method and cloud model[J]. Journal of Rail Transport Planning & Management,2020.

[40] Ayşegül Tuş,Esra Aytaç Adalı. The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem[J]. OPSEARCH,2019,56(2).

[41] Yuanlei Xu,Jih Kuang Chen. Evaluation on Financial Performance of Real Estate Companies by Combining CRITIC and VIKOR Method——Study of Vanke Group[A]. Singapore Management and Sports Science Institute, Singapore 、International Communication Sciences Association, Hong Kong.Proceedings of 2017 4th International Conference on Management Innovation and Business Innovation (ICMIBI 2017)[C].Singapore Management and Sports Science Institute, Singapore、International Communication Sciences Association, Hong Kong:智能信息技术应用学会,2017:6.

[42] A. Arami,C. Lucas,M. Nili-Ahmadabadi. Attention to multiple local critics in decision making and control[J]. Expert Systems With Applications,2010,37(10).

## 致谢

非常感谢本次统计建模过程中指导老师的耐心指导！在论文选题、梳理框架等环节，老师都为我们付出了宝贵时间和极大心血，并且在编写论文的大方向上也提供了宝贵的意见。当我们在构建模型过程中遇到棘手的问题时，老师也耐心指导，让我们少走了很多弯路。在此衷心感谢老师对我们的无私帮助！

最后，也十分感谢本组成员之间密切地分工协作，共同完成了本次建模论文的创作！