

技术方法

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002564

重庆市新型冠状病毒肺炎疫情风险分区分级 评估方法比较研究

李辉智¹, 易大莉², 李高明³(1. 西南政法大学网络安全教研室, 重庆 401120; 2. 陆军军医大学学报编辑部, 重庆 400038;
3. 陆军军医大学卫生统计学教研室, 重庆 400038)

【摘要】目的:探讨新型冠状病毒肺炎疫情风险分区分级评估方法。**方法:**以重庆市为研究对象,收集疫情风险评价的 5 个重要影响因素,包括累计确诊病例数、前 14 d 累计新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP;采用单指标评价方法、层次分析方法和系统聚类方法,分别在 2 月 17 日、2 月 26 日,对重庆市 38 个区县的风险等级进行评估;并对这 3 种方法的评估结果进行比较。**结果:**总体上,3 种方法的评价结果基本一致,如万州区属于风险特高地区,2 月 17 日有 6 个低风险地区,2 月 26 日有 14 个低风险地区,主城区(除北碚区)均属于高风险地区。相对于单指标评价方法,层次分析方法增加了一些低风险地区,系统聚类方法的结果差别相对较大。**结论:**单指标评价方法简单明确,但仅考虑了疫情指标;层次分析方法综合了各领域专家智慧,且可对各地区危险程度进行排序,但操作稍复杂;系统聚类方法强调整体上的相似性,但可解释性欠缺。总之,3 种评价方法的结果都具有一定的合理性。相对而言,层次分析方法分类结果更合理,建议作为新型冠状病毒肺炎疫情风险综合研判的首选方法。

【关键词】新型冠状病毒肺炎;疫情风险;分区分级;评估方法**【中图分类号】**R181.8+1**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2020-03-17

Comparative study on assessment methods of epidemic risk of COVID-19 in Chongqing

Li Huizhi¹, Yi Dali², Li Gaoming³(1. Teaching and Research Section of Network Security, Southwest University of Political Science and Law;
2. Department of Journal Editorial, Army Medical University; 3. Teaching and Research Section of Biostatistics,
Army Medical University)

【Abstract】Objective: To explore the assessment method of epidemic risk of coronavirus disease 2019 (COVID-19). **Methods:** Chongqing was taken as study object and five vital influencing factors, including cumulative number of confirmed cases, cumulative new cases in the first 14 days, population density, intensity of population movement, and GDP, were collected. The risk level of 38 districts in Chongqing on February 17th and 26th were evaluated by using single index evaluation method, analytic hierarchy process (AHP) and hierarchical clustering method. Evaluation results of these three methods were compared. **Results:** On the whole, evaluation results of three methods were basically consistent. For example, Wanzhou District was a particularly high-risk area. On February 17th, there were six low-risk areas. On February 26th, there were 14 low-risk areas. Main urban areas (except Beibei District) were high-risk areas. There were more low-risk areas through AHP method when compared with single index evaluation method. However, results of clustering analysis method were quite different. **Conclusion:** The single index evaluation method is simple and clear, but only the epidemic index is considered. The AHP method, which is slightly more complex, integrates opinions of experts in various fields and can be used to rank the risk degree of each region. The systematic clustering method emphasizes the similarity of overall feature, but lack of interpretability. In a word, results of three evaluation methods are reasonable. Relatively speaking, results of AHP is more reasonable, which is suggested to be the preferred method for the comprehensive analysis of COVID-19 epidemic risk.

【Key words】coronavirus disease 2019; epidemic risk; regional division; evaluation methods

2020年2月17日,国务院联防联控机制印发了《关于科

作者介绍:李辉智,Email:1286457749@qq.com,

研究方向:网络大数据、统计分析。

优先出版:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20200630.1141.004.html

(2020-07-01)

学防治 精准施策 分区分级做好新冠肺炎疫情防控工作的指导意见》^[1],同时颁布了疫情风险评价标准,即单指标评价方法。2月17日,重庆市发布《重庆市新冠肺炎疫情分区分级分类防控实施方案》,结合实际情况给出了各个地区的风险等级评估标准和结果,并于2月26日进行了重新评估和等

级调整。各地区已经根据不同风险等级,采用了相应的疫情防控策略,并严格付诸执行和实施^[9]。单指标评价方法划分标准:低风险区县是指本行政区域内无确诊病例,或连续 14 d 无新增确诊病例;中风险区县是指本行政区域内 14 d 内有新增确诊病例,累计确诊病例不超过 50 例,或累计确诊病例超过 50 例,14 d 内未发生聚集性疫情;高风险区县是指本行政区域内累计确诊病例超过 50 例,14 d 内有聚集性疫情发生。这种风险评价方法仅仅基于当前“疫情指标”,明显存在不足。①众所周知,传染病流行的“风险”不仅与目前的流行状况有关,还与该流行地区的人口流动、社会经济(体现医疗发展水平)有关。②这种评价方式的主观性太强。例如,考虑连续“14 d”无新增确诊病例这一指标,主要依据 14 d 为潜伏期时间,但迄今为止潜伏期还没有一个确切的结论。③累计确诊病例以“50 例”为判断标准,无确切的理论依据和数据支持。而且,重庆市除万州外,其余地区均未达到 50 例累计病例。所以,进一步探讨新的风险综合评价方法具有重要的实际应用价值和指导意义^[13-14]。

风险评估和管理方法多集中于社会经济学研究,目前常用的有以下几种模型:层次分析法、聚类分析法、蒙特卡洛模拟法、灰色系统理论、人工神经网络法、故障树分析法、贝叶斯理论、影响图法和马尔可夫过程理论等^[9]。这些方法有不同的适应范围,如灰色系统理论、蒙特卡洛模拟法、马尔可夫过程适于时间序列分析;贝叶斯理论基于先验分布;人工神经网络法、影响图法基于已有大量数据。因此,本研究将层次分析法、聚类分析法引入疫情风险综合评价,同时考虑影响风险评价的 5 个重要指标,包括累计确诊病例数、前 14 d 累计新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP,体现了疫情、人口和社会经济各方面情况^[6-8]。并对这 3 种方法进行比较分析,从而为新型冠状病毒肺炎疫情综合研判、科学划分疫情风险等级提供科学方法。

1 数据与方法

1.1 数据收集和整理

1.1.1 网络数据和文献数据来源 本研究风险综合评价涉及 5 个指标:累计确诊病例数、前 14 d 新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP。研究纳入 38 个地区,不包括 3 个经开区,因为 3 个经开区虽然是独立的行政区,但人口密度和 GDP 无法单独核算。为便于和重庆市的实际评价结果进行比较,评价的时间点确定为 2 月 17 日和 2 月 26 日。

疫情数据来源于重庆市卫生健康委员会网站^[9]。收集指标包括累计确诊病例数和每天确诊病例增加数,同时计算 14 d 累计病例增加数。收集数据的时间跨度为 2020 年 2 月 3 日至 2020 年 2 月 26 日。

人口密度和 GDP 数据来源于《重庆统计年鉴——2019》^[10],包括常住人口(万人)和驻地面积(平方千米),人口密度单位为万人每平方千米,GDP 的单位为亿元。人口流动强度数据来源于重庆迁徙详情——百度地图迁徙大数据^[11-12],重庆流动人口流向特征分析数据^[13]。

当然,风险评估是基于复工、恢复正常秩序状态后的人

口密度和流动情况。所以,有关的信息不能采用在评价时间点的数据。

1.1.2 数据整理 将数据整理为以下矩阵形式 X ,从而便于层次分析和系统聚类方法的应用。

	累计 病例	新增 病例	人口 密度	流动 强度	GDP
地区 1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$
地区 2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,4}$	$X_{2,5}$
.....					
地区 38	$X_{38,1}$	$X_{38,2}$	$X_{38,3}$	$X_{38,4}$	$X_{38,5}$

1.1.3 问卷设计与调查数据 由于层次分析方法需要确定 5 个指标的权重,依据 T. L. Saaty 法,采用 1~9 比较尺度,设计了成对比较调查表^[14]。调查了 25 位相关领域的专家,其中包括统计学专家 5 位、流行病学专家 10 位、卫生管理专家 5 位、临床医学专家 5 位。调查表的数据收集见表 1。

表 1 基于疫情风险评估 5 个指标重要性两两比较调查表

指标	确诊 病例	新增 病例	人口 密度	流动 强度	GDP
确诊病例	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
新增病例	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
人口密度	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
流动强度	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
GDP	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

注: $a_{ij}=1$,元素 i 与元素 j 对疫情的重要性相同; $a_{ij}=3$,元素 i 比元素 j 对疫情略重要; $a_{ij}=5$,元素 i 比元素 j 对疫情重要; $a_{ij}=7$,元素 i 比元素 j 对疫情重要得多; $a_{ij}=9$,元素 i 比元素 j 对疫情极其重要

1.2 方法

1.2.1 单指标评价方法 依据国务院的评价标准,将风险分级评价流程总结如图 1 所示,称为单指标评价方法。

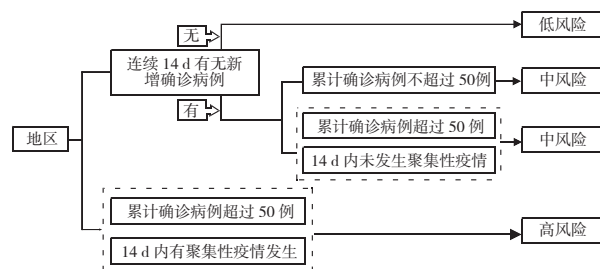


图 1 风险分级单指标评价流程图

根据以上流程图,采用 R 语言编程,可得到类别判别结果。

1.2.2 层次分析方法 层次分析方法是基于多指标的综合评价方法^[15]。首先,通过问卷调查,得到针对 5 个评价指标的判断矩阵,经过矩阵的一致性检验后,计算出 5 个指标的权重向量。采用线性变换方法,得到累计确诊病例数、前 14 d 累计新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP 指标的风险评分矩阵,乘以权重向量得到各个地区的综合总评分。本研究采用层次分析方法可以得到风险评分,从而可以对各个地区的风险程度进行综合排序。同时,结合重庆市的分类结

果,确定各地区的风险分类。

本研究层次分析的基本步骤如下:

第一步,建立层次结构模型。如图 2 所示。

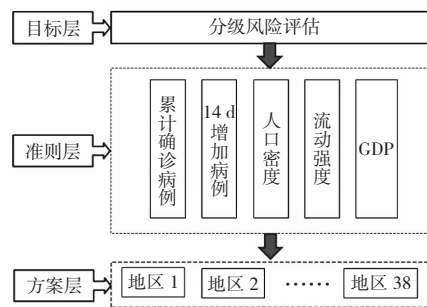


图 2 分级风险评估层次结构模型

第二步,构造判断矩阵。对层次结构模型准则层的 5 个风险影响因素,用成对比较法和 1~9 比较尺度构造成对比较矩阵 $A=(a_{ij})$,具体见表 1。

第三步,判断矩阵的一致性检验。计算成对比较矩阵 A 的随机一致性比率 CI ,当 $CI<0.1$ 时,判定成对比较矩阵 A 具有满意的一致性,或其不一致程度是可以接受的。

第四步,计算权重向量 W 并做一致性检验。对每一个成对比较矩阵 A 计算最大特征根及对应特征向量,利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。检验 CR ,当 $CR<0.1$ 时通过,特征向量(归一化后)即为权重向量;若不通过,需重新构造成对比较矩阵。

第五步,风险评分计算。基于原始数据矩阵 X ,得到单指标的风险评分矩阵 $Score$ 如下。

	累计 病例	新增 病例	人口 密度	流动 强度	GDP
地区 1	$S_{1,1}$	$S_{1,2}$	$S_{1,3}$	$S_{1,4}$	$S_{1,5}$
地区 2	$S_{2,1}$	$S_{2,2}$	$S_{2,3}$	$S_{2,4}$	$S_{2,5}$
...	...	...	...	...	...
地区 38	$S_{38,1}$	$S_{38,2}$	$S_{38,3}$	$S_{38,4}$	$S_{38,5}$

其中, $S_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)}$ (第 5 个指标分子调换)。

然后计算 $Score \times W$,得到各地区综合风险评分。

1.2.3 系统聚类方法 系统聚类法是基于多指标的综合评价方法^[16-17],即将每个地区的累计确诊病例数、前 14 d 新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP 指标视为一个风险“向量”,如万州区风险向量为(118,15,0.047,1.2,982.58),在聚类分析中也称为一个样品。

	累计 病例	新增 病例	人口 密度	流动 强度	GDP
样品 1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$	$X_{1,5}$
样品 2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,4}$	$X_{2,5}$
...	...	...	...	...	...
样品 38	$X_{38,1}$	$X_{38,2}$	$X_{38,3}$	$X_{38,4}$	$X_{38,5}$

由于各指标的绝对数相差较大,因此采用 R 语言的 $scale$ 函数进行标准化,得到标准化矩阵 $scale(A)$ 。

系统聚类法基于标准化矩阵 $scale(A)$,把最靠近的样品(即距离最小的样品)首先聚为小类,再将已聚合的小类按其类间距离再合并,不断继续下去,最后把一切子类都聚合到一个大类,这样就可以得到整个聚类的过程。

系统聚类法不能得到风险评分的排序,但可以直接进行地区风险程度的分类,如本研究应该分为 3 类,对应高、中、低风险。

1.3 统计软件

所有程序采用 R version 3.6.2 (2019-12-12)编写^[16]。

2 结果

2.1 单指标评价结果

根据风险分级单指标评价流程图,得到重庆市各地区单指标评价的结果,并和《重庆市新冠肺炎疫情分区分级分类防控实施方案》中的实际分类结果进行比较,结果见表 2。

表 2 单指标风险评价结果

主城	地区	2 月 17 日				2 月 26 日			
		确诊 病例	新增 病例	重庆 划分	单指 标法	确诊 病例	新增 病例	重庆 划分	单指 标法
是	北碚区	0	0	高	低▲	0	0	高	低▲
是	大渡口区	7	0	高	低▲	7	0	高	低▲
是	巴南区	6	3	高	高	6	1	高	高
是	渝北区	16	4	高	高	17	2	高	高
是	九龙坡区	20	5	高	高	21	1	高	高
是	沙坪坝区	8	6	高	高	9	1	高	高
是	渝中区	20	7	高	高	20	0	高	高
是	南岸区	15	8	高	高	15	4	高	高
是	江北区	28	12	高	高	28	3	高	高
否	南川区	0	0	低	低	0	0	低	低
否	武隆区	1	0	低	低	1	0	低	低
否	秀山县	1	0	低	低	1	0	低	低
否	城口县	2	0	低	低	2	0	低	低
否	彭水县	2	0	低	低	2	0	低	低
否	黔江区	2	0	低	低	2	0	低	低
否	江津区	4	1	中	中	4	0	低	低
否	梁平区	4	1	中	中	4	0	低	低
否	永川区	5	2	中	中	5	0	低	低
否	丰都县	10	4	中	中	10	0	低	低
否	大足区	14	7	中	中	14	0	低	低
否	垫江县	20	7	中	中	20	0	低	低
否	酉阳县	1	1	中	中	1	0	中	低▲
否	巫山县	10	3	中	中	10	0	中	低▲
否	涪陵区	3	1	中	中	5	2	中	中
否	璧山区	9	1	中	中	9	1	中	中
否	荣昌区	9	2	中	中	9	1	中	中
否	铜梁区	9	2	中	中	10	2	中	中
否	巫溪县	13	2	中	中	14	1	中	中
否	石柱县	14	2	中	中	15	1	中	中
否	开州区	20	2	中	中	21	1	中	中
否	忠县	20	5	中	中	21	2	中	中
否	云阳县	25	7	中	中	25	4	中	中
否	长寿区	21	9	中	中	22	5	中	中
否	奉节县	20	11	中	中	22	4	中	中
否	綦江区	23	13	中	中	23	2	中	中
否	潼南区	18	14	中	中	18	3	中	中
否	合川区	23	14	中	中	23	2	中	中
否	万州区	108	52	高	高	118	15	高	高

注:表中“重庆划分”是重庆市风险等级实际划分结果。标注“▲”是“单指标法”和“重庆划分”不同的地区。

2.2 层次分析评价结果

本研究采用自制问卷,调查了 25 位相关领域的专家。基于 1~9 比较尺度和成对比较法,获得了累计确诊病例数、前 14 d 新增病例、人口密度、人口流动强度和 GDP 指标的重要性比较矩阵,即风险评估判断矩阵 A 。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 7 & 5 & 7 \\ 3 & 1 & 9 & 7 & 9 \\ 1/7 & 1/9 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/9 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

权重向量 $W=(0.291, 0.535, 0.066, 0.074, 0.034)$ 。

判断矩阵和权重向量的一致性检验: $CI=0.06, CR=0.054$,通过一致性检验。

根据权重向量 W 和 5 个指标的实际数据,得到层次分析风险评价结果,见表 3。

2.3 系统聚类方法评价结果

根据系统聚类分类图(图 3),2 月 17 日风险等级划分为:

极高风险={万州区}

高风险={渝中区,渝北区,江北区,九龙坡区,沙坪坝区}

低风险={梁平区,南川区,黔江区,城口县,武隆区,秀山县,彭水县,酉阳县}

其余区县为中风险地区。

表 3 层次分析风险评价结果

主城	地区	人口密度	流动强度	GDP	2 月 17 日				2 月 26 日			
					确诊病例	新增病例	风险评分	等级划分	确诊病例	新增病例	风险评分	等级划分
是	北碚区	0.105	3.5	551.79	0	0	4.3	低	0	0	4.3	低
是	大渡口区	0.323	8.3	185.64	7	0	10.2	高	7	0	10.0	高
是	巴南区	0.055	4.6	781.22	6	3	9.0	高	6	1	9.4	高
是	渝北区	0.110	8.3	1 543.09	16	4	13.1	高	17	2	16.0	高
是	九龙坡区	0.275	11.9	1 211.25	20	5	18.3	高	21	1	16.6	高
是	沙坪坝区	0.286	10.2	936.41	8	6	15.9	高	9	1	13.3	高
是	渝中区	2.824	13.7	1 203.85	20	7	27.4	高	20	0	19.7	高
是	南岸区	0.328	6.5	724.78	15	8	18.4	高	15	4	24.1	高
是	江北区	0.385	10.1	1 027.87	28	12	27.4	高	28	3	25.1	高
否	南川区	0.022	0.7	280.37	0	0	3.3	低	0	0	3.3	低
否	秀山县	0.020	0.2	228.13	1	0	3.4	低	1	0	3.3	低
否	彭水县	0.013	0.4	170.11	2	0	3.9	低	2	0	3.8	低
否	武隆区	0.014	1	175.97	1	0	3.9	低	1	0	3.9	低
否	黔江区	0.019	0.9	247.29	2	0	4.0	低	2	0	3.9	低
否	城口县	0.006	0.3	55.78	2	0	4.0	低	2	0	4.0	低
否	江津区	0.041	1	902.33	4	1	4.1	低	4	0	3.0	低
否	酉阳县	0.011	0.1	157.96	1	1	4.5	低	1	0	3.4	低
否	梁平区	0.035	0.5	331.26	4	1	5.2	低	4	0	4.0	低
否	永川区	0.069	2.1	845.67	5	2	6.2	低	5	0	4.1	低
否	巫山县	0.016	0.2	142.64	10	3	9.1	中	10	0	5.7	低
否	丰都县	0.021	0.6	234.96	10	4	10.1	中	10	0	5.8	低
否	大足区	0.053	1.2	517.65	14	7	14.0	中	14	0	6.5	低
否	垫江县	0.045	0.7	316.95	20	7	15.8	中	20	0	8.2	低
否	荣昌区	0.065	0.9	504.88	9	2	7.4	中	9	1	8.7	中
否	璧山区	0.079	1.1	527.3	9	1	6.5	中	9	1	8.8	中
否	涪陵区	0.039	1.4	1 076.13	3	1	3.7	中	5	2	10.2	中
否	巫溪县	0.010	0.1	103.73	13	2	8.9	中	14	1	10.3	中
否	石柱县	0.013	0.1	175.97	14	2	9.0	中	15	1	10.4	中
否	开州区	0.043	0.7	473.13	20	2	10.3	中	21	1	11.6	中
否	铜梁区	0.051	1.1	456.98	9	2	7.6	中	10	2	12.7	中
否	忠县	0.032	0.6	307.95	20	5	13.7	中	21	2	15.5	中
否	云阳县	0.025	0.4	275.05	25	7	17.0	中	25	4	23.5	中
否	长寿区	0.058	1.3	712.93	21	9	17.6	中	22	5	25.9	中
否	奉节县	0.018	0.5	300.68	20	11	19.8	中	22	4	22.8	中
否	綦江区	0.039	1.1	555.63	23	13	22.5	中	23	2	15.7	中
否	潼南区	0.043	1.3	380.95	18	14	22.7	中	18	3	18.5	中
否	合川区	0.058	1.2	712.93	23	14	23.2	中	23	2	15.4	中
否	万州区	0.047	1.2	982.58	108	52	84.6	高	118	15	84.6	高

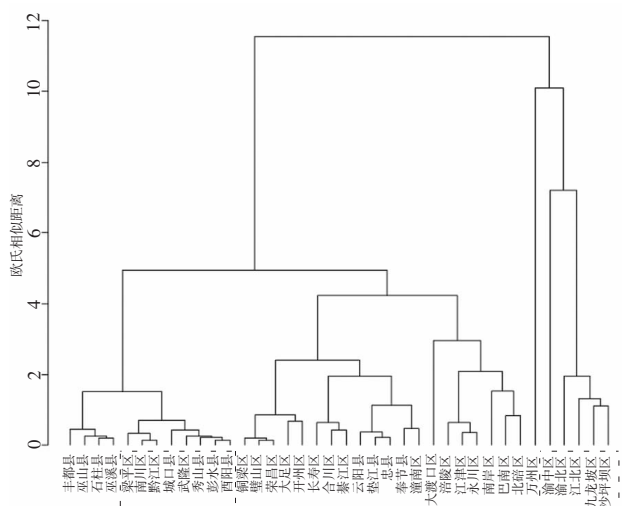


图3 2月17日风险聚类系统图

根据系统聚类分类图(图4),2月26日风险等级划分为:
极高风险={万州区}

高风险={渝中区,渝北区,江北区,九龙坡区,沙坪坝区}

低风险={石柱县,巫溪县,丰都县,巫山县,梁平区,南川区,黔江区,城口县,武隆区,秀山县,彭水县,酉阳县}
其余区县为中风险。

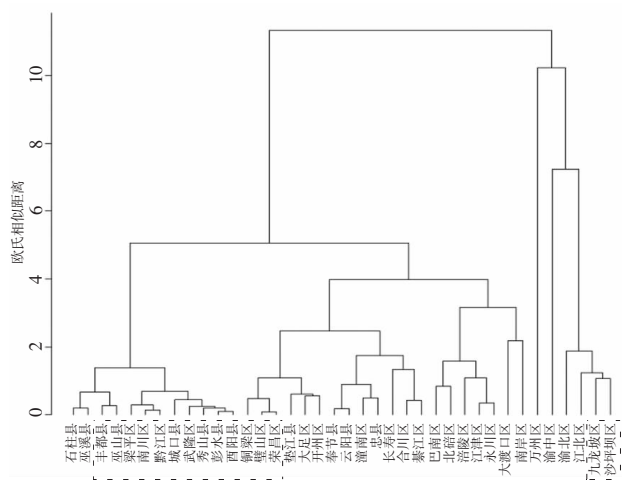


图4 2月26日风险聚类系统图

2.4 3种风险评价方法结果的比较

把以上3种方法的分类结果重新列表,并和重庆市的实际分类结果进行直观的比较,结果见表4。

3 讨论

单指标风险评价结果和重庆划分情况比较,不同之处在于:①对于2月17日的风险评价,北碚区和大渡口区应该是低风险,但是《方案》^[2]考虑到这2个地区属于主城区,因此划为高风险;②对于2月26日的风险评价,由于酉阳县区累计确诊病例为1,新增病例为0,巫山县累计确诊病例为10,新

表4 风险评价方法结果比较

主城 地区	重庆 划分	2月17日			2月26日		
		单指 标法	层次 分析	聚类 分析	单指 标法	层次 分析	聚类 分析
是 北碚区	高	低▲	低▲	中▲	高	低▲	低▲ 中▲
是 大渡口区	高	低▲	高	中▲	高	低▲	高 中▲
是 巴南区	高	高	高	中▲	高	高	高 中▲
是 渝北区	高	高	高	高	高	高	高
是 九龙坡区	高	高	高	高	高	高	高
是 沙坪坝区	高	高	高	高	高	高	高
是 渝中区	高	高	高	高	高	高	高
是 南岸区	高	高	高	中▲	高	高	高 中▲
是 江北区	高	高	高	高	高	高	高
否 南川区	低	低	低	低	低	低	低
否 秀山县	低	低	低	低	低	低	低
否 彭水县	低	低	低	低	低	低	低
否 武隆区	低	低	低	低	低	低	低
否 黔江区	低	低	低	低	低	低	低
否 城口县	低	低	低	低	低	低	低
否 江津区	中	中	低▲	中	低	低	低 中▲
否 酉阳县	中	中	低▲	低▲	低	低	低
否 梁平区	中	中	低▲	低▲	低	低	低
否 永川区	中	中	低▲	中	低	低	低 中▲
否 巫山县	中	中	中	中	低	低	低
否 丰都县	中	中	中	中	低	低	低
否 大足区	中	中	中	中	中	低▲	低▲ 中
否 垫江县	中	中	中	中	中	低▲	低▲ 中
否 荣昌区	中	中	中	中	中	中	中
否 璧山区	中	中	中	中	中	中	中
否 涪陵区	中	中	中	中	中	中	中
否 巫溪县	中	中	中	中	中	中	中 低▲
否 石柱县	中	中	中	中	中	中	中 低▲
否 开州区	中	中	中	中	中	中	中
否 铜梁区	中	中	中	中	中	中	中
否 忠县	中	中	中	中	中	中	中
否 云阳县	中	中	中	中	中	中	中
否 长寿区	中	中	中	中	中	中	中
否 奉节县	中	中	中	中	中	中	中
否 綦江区	中	中	中	中	中	中	中
否 潼南区	中	中	中	中	中	中	中
否 合川区	中	中	中	中	中	中	中
否 万州区	高	高	高	高	高	高	高

注:标注“▲”表示与“重庆划分”不同的地区

增病例为0。因此,单指标方法的低风险地区还包括酉阳县和巫山县。

层次分析评价结果和单指标风险评价结果比较,不同之处在于:①对于2月17日的风险评价,大渡口区由于人口密度和流动关系,被划分为高风险地区;而江津区、酉阳县、梁

平区和永川区被划分为低风险地区(2月26日单指标风险评价也为低风险地区);②对于2月26日的风险评价,大足区和垫江县划分为低风险地区。因此,层次分析方法得到的结果和单指标风险评价结果基本一致。

系统聚类评价结果和层次分析评价结果比较,不同之处在于:①对于2月17日的风险评价,主城区(包括北碚区)全部归为中风险以上,主要因为人口密度和流动强度具有较高相似性。同理,江津区、永川区由于相似性均划为中风险地区。②对于2月26日的风险评价,大足区和垫江县也划分为中风险地区,而巫溪县和石柱县划分为低风险地区。

综上所述,以上方法的划分结果基本一致,特别是单指标方法和层次分析方法的一致性更高,说明都具有一定的合理性。但是,这些方法有各自的优缺点:划分方法主观性较强,如北碚区的2个疫情指标均为0,但考虑到与主城区邻近,所以划分为高风险地区;单指标方法的优点是计算简单、容易操作,但此方法的主观性太强,且没有考虑社会经济因素的影响;层次分析方法综合多个指标的信息,同时融合本领域多位专家的智慧,这种方法可以对各个地区的风险进行量化评分,因此也可以对各个地区风险进行排序,便于领导层决策管理;系统聚类方法将风险向量视为5维空间的一个点,然后基于各个地区特征的相似性将距离邻近的点聚为一类,方法简单,易于操作,但该方法同等对待各个指标的重要性,结果的可解释性较弱。

风险评估在国际上已有大量研究,主要集中在9种研究模型,但对疫情的风险评估研究较少。本研究针对疫情风险评价的缺陷,比较了适合疫情评价的3种方法。从结果来看,本研究认为层次分析方法相对合理。但由于没有金标准验证,因此必须结合今后的实际数据,进一步验证评价方法的合理性。

参 考 文 献

- [1] 杨毅. 国务院联防联控机制印发《关于科学防治精准施策分区分级做好新冠肺炎疫情防控工作的指导意见》[EB/OL]. (2020-02-18) [2020-02-26]. <http://m.news.cctv.com/2020/02/18/ARTIjwniMVhZSOcW9HYWKvC7200218.shtml>.
- [2] 重庆市新型冠状病毒肺炎疫情防控工作领导小组. 关于印发重庆市新冠肺炎疫情分区分级分类防控实施方案的通知 [EB/OL]. (2020-02-19) [2020-02-26]. http://www.cq.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/lzyj/qtgw/202002/t20200219_5273455.html.
- [3] 王天灵. 从风险管理看疫情应对[EB/OL]. (2020-02-14) [2020-02-27]. http://dzb.henandaily.cn/html/2020-02/14/content_402428.htm.
- [4] 郑伟. 新冠肺炎疫情对风险管理的启示[EB/OL]. (2020-02-28) [2020-03-04]. http://pl.sinoins.com/2020-02/28/content_331258.htm.
- [5] 刘艳琼,沈永平,陈英武. 风险评估理论方法及国内外研究现状述评[C]. 中国系统工程学会会议论文集,2004:240-251.
- [6] Redding DW, Atkinson PM, Cunningham AA, et al. Impacts of environmental and socio-economic factors on emergence and epidemic potential of Ebola in Africa[J]. Nat Commun, 2019, 10(1):5258.
- [7] Chretien JP, Riley S, George DB. Mathematical modeling of the West Africa Ebola epidemic[J]. Elife, 2015, 4:e09186.
- [8] Read JM, Bridgen JRE, Cummings DAT, et al. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions[J]. medRxiv, 2020[Epub ahead of print]. DOI: 10.1101/2020.01.23.20018549v2.
- [9] 宣传统战部. 重庆市卫生健康委员会网站疫情通报[EB/OL] (2020-02-26) [2020-02-26]. http://wsjkw.cq.gov.cn/ztlz_242/qlzhxxgzbdfyyqfkgz/yqtb/.
- [10] 重庆市统计局国家统计局重庆调查总队. 重庆统计年鉴——2019[EB/OL]. (2019-12-16) [2020-02-28]. <http://tjj.cq.gov.cn/tjnj/2019/zk/indexce.htm>.
- [11] 百度地图慧眼团队. 全国迁徙详情——百度地图迁徙大数据[EB/OL]. (2019-12-31) [2020-02-28]. <http://qianxi.baidu.com/>.
- [12] 腾讯位置大数据. 腾讯地图:人口迁徙图[DS/OL]. (2019-12-31) [2020-02-29]. <https://heat.qq.com/qianxi.php>.
- [13] 钱韬,王伟. 2018年重庆流动人口规模及特征分析[J]. 重庆统计, 2019(7):7-11.
- [14] Achu AL, Thomas J, Reghunath R. Multi-criteria decision analysis for delineation of groundwater potential zones in a tropical river basin using remote sensing, GIS and analytical hierarchy process (AHP)[J]. Ground Sustain Dev, 2020, 10:100365.
- [15] Mohamed SA. Application of geo-spatial Analytical Hierarchy Process and multi-criteria analysis for site suitability of the desalination solar stations in Egypt[J]. J African Earth Sci, 2020, 164:103767.
- [16] Valderrama JFB, Valderrama DJLB. Two cluster validity indices for the LAMDA clustering method[J]. Appl Soft Comput, 2020, 89:106102.
- [17] Nguyen PHD, Tran D, Lines BC. Fuzzy set theory approach to classify highway project characteristics for delivery selection[J]. J Constr Engin Manag, 2020, 146(5):125-130.

(责任编辑:冉明会)