· 专题报道 ·

基于 TOPSIS 法疟疾防治系统脆弱性评估*

咸越[1,2],邵天[1,2],唐尚锋[1,2],黄月英[1,2],刘春燕[1,2],贺知菲[1,2],付航[1,2],冯占春[1,2]

摘　要:目的　评估中国疟疾防治系统的脆弱性,为疟疾的风险管理提供策略建议。**方法**　采用分层随机抽样和典型抽样相结合的方法于 2015 年 7 月—2016 年 2 月在湖北、安徽和广西 3 个省共抽取 8 个样本县(区),通过文献检索、小组头脑风暴和专家咨询等方法编制调查问卷对样本县(区)疟疾流行现状和居民的疟疾防治知识进行调查,选出代表性指标,运用 TOPSIS 法对样本县(区)的疟疾防治系统脆弱性进行评估。**结果**　通过文献检索、小组头脑风暴和专家咨询,最终选取经济脆弱性、社会脆弱性、政治脆弱性、卫生系统脆弱性和敏感性 5 个维度共 19 个指标,权重系数为 0.009 2 ~ 0.103 7,其中,疫区流入人员数量(0.100 6)和政府疟疾风险关注度(0.103 7)权重系数较大;中国 8 个样本县(区)疟疾防治系统脆弱性从高到低依次为湖北省潜江市(0.652 42)、安徽省淮南田家庵区(0.578 39)、安徽省肥西县(0.509 58)、湖北省广水市(0.459 92)、广西省都安县(0.405 82)、安徽省淮南谢家集区(0.369 89)、广西省天峨县(0.234 74)、广西省南丹县(0.181 66),总体的系统脆弱性不高。**结论**　中国疟疾防治系统总体脆弱性不高,政府疟疾风险关注度和疫区流入人员数量是影响疟疾防治系统脆弱性最为重要的风险因素。

关键词:疟疾;防治系统;脆弱性评估;TOPSIS 法
中图分类号:R 531.3　**文献标志码**:A　**文章编号**:1001-0580(2017)04-0536-04　DOI:10.11847/zgggws2017-33-04-06

Evaluation on vulnerability of malaria control system in China based on TOPSIS method

XIAN Yue*, SHAO Tian, TANG Shang-feng, et al (* *School of Medicine and Health Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei Province* 430030, China)

Abstract: Objective　To assess the vulnerability of malaria control system in China and to provide suggestions for malaria risk management. **Methods**　Using stratified random sampling and typical sampling, we selected 8 counties in Hubei, Anhui and Guangxi provinces for a survey between July 2015 and September 2016. Representative indicators for epidemic and control of malaria were established by using literature research, brainstorming, expert consultation, and questionnaire survey. The vulnerability of malaria control system in the selected areas was evaluated with technique for order-preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method. **Results**　A total of 19 indicators referring to 5 domains of the malaria control system (economic vulnerability, social vulnerability, political vulnerability, health system vulnerability and sensitivity) were identified and the weight coefficients of the indicators ranged between 0.009 2 and 0.103 7, with the two higher values for the weight coefficient for the number of mobile population (0.100 6) and government attention to malaria risk (0.103 7). The overall vulnerability of malaria control system in the surveyed areas was not at a high level and the vulnerability scores from high to low for the 8 areas were 0.652 42 (Qianjiang municipality of Hubei province), 0.578 39 (Tianjia′an district of Huainan municipality of Anhui province), 0.509 58 (Feixi county of Anhui province), 0.459 92 (Guangshui municipality of Hubei province), 0.40582 (Du′an county of Guangxi Zhuang Autonomous Region), 0.578 39 (Xiejia district of Huainan municipality of Anhui province), 0.234 74 (Tian′e county of Guangxi Zhuang Autonomous Region), and 0.181 66 (Nandan county of Guangxi Zhuang Autonomous Region), respectively. **Conclusion**　The overall vulnerability of malaria control system in China was not high and is mostly influenced by the number of mobile population in epidemic areas and the government attention to malaria risk.

Key words: malaria; prevention and control system; vulnerability assessment; TOPSIS method

疟疾是严重危害中国人民身体健康和生命安全、影响社会经济发展的重要寄生虫传染病[1]。建国以来,我国疟疾防治工作效果明显,疟疾疫情大幅下降[2],基本建立较完备的疟疾防治系统[3]。2010 年我国全面开展消除疟疾工作,并确定到 2020 年达到全国消除疟疾的目标。但是由于自然界的不确定性,疟疾这类传染病的风险将会长期存在[4],随时考验着我国疟疾防治系统应对突发公共卫生事件的能力。我国的疟疾防治系统是指涵盖卫生系统和流动人口管理部门等其他政府部门的联合体,各个部门相互合作,共同承担着消除疟疾的工作任务。疟疾的复燃、暴发和流行,不仅与疟疾传染源、传播媒介等必要条件有关,还与其防治系统脆弱性紧密相关。因此,如何识别、分析和评估疟疾防治系统的脆

* **基金项目**: 国家自然科学基金(71473097)
作者单位: 1. 华中科技大学医药卫生管理学院,湖北 武汉 430030; 2. 湖北省人文社科重点研究基地—农村健康服务研究中心
作者简介: 咸越(1991 -),女,江苏盐城人,硕士在读,研究方向:农村公共卫生与卫生政策。
通讯作者: 冯占春,E-mail:zcfeng@hust.edu.cn
数字出版日期:2017 - 3 - 31 7:39
数字出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20170331.0739.006.html

弱性是中国疟疾管理工作转型时期亟待探讨的问题之一。为评估中国疟疾防治系统的脆弱性，为疟疾的风险管理提供策略建议，本研究于 2015 年 7 月—2016 年 2 月在湖北、安徽和广西 3 个省共抽取 8 个样本县(区)，通过文献检索、小组头脑风暴和专家咨询等方法编制调查问卷对样本县(区)疟疾流行现状和居民的疟疾防治知识进行调查，选出代表性指标，运用 TOPSIS(technique for order-preference by similarity to ideal solution)法对样本县(区)的疟疾防治系统脆弱性进行评估。结果报告如下。

1　资料与方法

1.1　*资料来源*　根据我国疟疾流行和分布现状，采用分层随机抽样和典型抽样相结合的方法，分别在湖北省抽取 2 个县(区)、安徽省和广西省各抽取 3 个县(区)作为样本地区。通过文献检索、小组头脑风暴和专家咨询等方法，编制《县(区)疾病预防控制中心(局)调查记录表》，获取各样本地区疾病预防控制中心(局)关于疟疾流行现状的相关统计数据；编制《关于居民疟疾防治知识的调查问卷》调查样本地区居民的疟疾知识水平及居住环境。同时运用关键人物访谈法，分别对样本地区疾病预防控制机构负责疟疾防控的工作人员以及医院感染科、防保科工作人员共 26 人进行面对面半框架式访谈，获取当地疟疾防治系统脆弱性管理现状的相关资料。

1.2　*方法*

1.2.1　评价指标及其权重的确定　系统脆弱性是由系统面对外界扰动的敏感性和反应能力构成[5]，因此疟疾防治系统脆弱性主要从经济、社会、政治、卫生系统脆弱性以及风险敏感性等 5 个维度进行评估。通过德尔菲法对 24 名从事蚊媒防治、卫生行政管理、疟疾防控与治疗等相关领域的专家进行咨询，选取代表性较强评价指标并赋权，并运用熵值法进行指标权重优化。

1.2.2　TOPSIS 法　TOPSIS 法又称理想解法，是有限方案多目标决策分析中的一种常用方法，在医院绩效评价、卫生事业管理、卫生决策、传染病风险评估等领域均有广泛应用[6-8]。TOPSIS 法基本原理是建立评价对象各指标中最优效用函数值构成最优方案，各指标中最劣效用函数值构成最劣方案，计算各个评价对象距最优方案和最劣方案的程度，距最优解越近且距最劣解越远则越优，再将评价对象进行优劣排序，从而作为判别。在疟疾防治系统脆弱性评估指标中，有些指标对疟疾防治系统脆弱性为正向贡献，而有些是负向贡献，这就给疟疾防治系统脆弱性评估造成困难。加权 TOPSIS 法对原始数据的趋同化和归一化处理可以消除这一问题的影响，对样本资料无特殊的要求[9]，能够直观、可靠、精确地反映各比较对象之间的差距[10]。

(1)指标进行趋同化处理：将负向指标通过倒数变换使其成为正向指标。对趋同化后的高优指标数据矩阵的每一个元素再进行归一化处理。基于原始数据，计算第 i 个样本数据第 j 项指标的比重或概率，再与指标权重相乘，计算公式如式 1 和式 2 所示[10-12]，最终建立归一化后的数据矩阵 $Z=(Z_{ij})$。

$$Z_{ij}^{*}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}x_{ij}^{2}}},(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m) \quad (1)$$

$$Z_{ij}=k_jZ_{ij}^{*}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}x_{ij}^{2}}},(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m;k=1,2,\cdots,m) \quad (2)$$

处理后的 Z 矩阵为：

$$Z=\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1m} \\ Z_{21} & \cdots & \cdots & Z_{2m} \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{nm} \end{bmatrix}$$

式中，i 为组别，分别表示 8 个样本县(区)；j 为指标序号，X_{ij} 表示第 i 个样本第 j 个指标的数据，Z_{ij}^{*} 表示经标准化后的第 i 个样本第 j 个指标的数据，k_j 表示第 j 个指标数据的权重。

(2)确定最优方案和最劣方案：采用最大值(max)和最小值(min)函数得到矩阵中每列的最大值和最小值，得出最优方案 Z^{+} 和最劣方案 Z^{-}。

(3)综合评价：根据欧式距离如式(3)和式(4)[13]得出各评价对象与最优方案和最劣方案的距离 D_i^{+} 和 D_i^{-} 以及各评价对象与最优方案的接近程度 C_i，C_i 值为 1 表示比较对象各指标均处于最优水平，C_i 值为 0 表示比较对象各指标均处于最劣水平。即，C_i 值越大，疟疾防治系统脆弱性综合评价越高。

$$D_i^{+}=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Z_{ij}^{+}-Z_{ij})^{2}} \text{ 和 } D_i^{-}=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Z_{ij}-Z_{ij}^{-})^{2}},(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m) \quad (3)$$

$$C_i=\frac{D_i^{-}}{D_i^{+}+D_i^{-}} \quad (4)$$

1.3　*统计分析*　采用 Epi Data 3.0 建立数据库录入数据，应用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

2　结　果

2.1　*疟疾防治系统脆弱性评价指标及其权重的确定(表 1)*　根据我国疫情和防治现状，结合相关文

献研究,遵循指标全面性和独立性的原则,通过小组头脑风暴和专家筛选,选取经济脆弱性、社会脆弱性、政治脆弱性、卫生系统脆弱性和敏感性 5 个维度共 23 个指标;在此基础上通过专家咨询进行综合评判,进一步完成指标筛选,最终选取 19 个指标,权重系数为 0.009 2 ~0.103 7。同时根据 8 个样本县(区)的实际情况,采用熵值法对疟疾防治系统脆弱性评估指标体系的权重系数进行优化,具体指标如表 1。

表 1　疟疾防治系统脆弱性评价指标体系

一级指标	二级指标	综合权重
经济脆弱性	X1 农村居民均年均收入	0.037 3
	X2 人均疟防经费	0.036 6
社会脆弱性	X3 疫区流入人员数量	0.100 6
	X4 居住环境	0.056 4
	X5 居民疟疾知识水平	0.052 0
政治脆弱性	X6 输入性预防工作参与主体	0.045 5
	X7 疟疾风险管理制度体系	0.065 0
	X8 协作机制	0.049 3
	X9 协作程度	0.052 2
卫生系统脆弱性	X10 每千常住人口疟防人员数	0.073 4
	X11 哨点医院数	0.009 2
	X12 媒介监测点数	0.017 3
	X13 显微镜数/乡镇	0.020 9
	X14 抗疟药物可及性	0.012 6
	X15 血检率	0.066 9
	X16 疟疾人员疟疾知识正确率	0.066 5
	X17 病例管理及时率	0.076 1
风险敏感性	X18 政府疟疾风险关注度	0.103 7
	X19 疾控疟防人员风险意识	0.058 5

2.2　疟疾防治系统脆弱性评估指标 Z 矩阵建立(表 2)　对选取的 19 个指标进行趋同化与归一化处理,形成最终的加权决策矩阵 Z。采用最大值(max)和最小值(min)函数得到矩阵中每列的最大值和最小值,得出最优方案 Z^+ = (0.020 8,0.034 8,0.041 1,0.022 1,0.024 5,0.025 0,0.034 7,0.032 4,0.021 0,0.058 6,0.004 0,0.014 1,0.007 8,0.005 8,0.023 7,0.028 9,0.037 0,0.0414 8,0.024 4);最劣方案 Z^- = (0.006 4,0.001 2,0.000 0,0.018 5,0.015 0,0.006 3,0.017 4,0.006 5,0.003 0,0.002 2,0.000 0,0.000 0,0.006 7,0.003 7,0.023 7,0.020 8,0.024 7,0.031 1,0.018 1)。

2.3　疟疾防治系统脆弱性评估指标综合评价　中国 8 个样本县(区)疟疾防治系统脆弱性从高到低依次为湖北省潜江市(0.652 42)、安徽省淮南田家庵区(0.578 39)、安徽省肥西县(0.509 58)、湖北省广水市(0.459 92)、广西省都安县(0.405 82)、安徽省淮南谢家集区(0.369 89)、广西省天峨县(0.234 74)、广西省南丹县(0.181 66)总体的系统脆弱性不高。

表 2　疟疾防治系统脆弱性评估指标 Z 矩阵

指标	湖北省潜江市	湖北省广水市	安徽省淮南田家庵区	安徽省肥西县	安徽省淮南谢家集区	广西省都安县	广西省天峨县	广西省南丹县
X1	0.008 6	0.010 6	0.008 1	0.008 2	0.006 4	0.020 8	0.015 8	0.018 8
X2	0.005 4	0.005 8	0.001 2	0.034 8	0.004 4	0.005 8	0.001 7	0.003 3
X3	0.041 1	0.041 1	0.041 1	0.041 1	0.041 1	0.041 1	0.000 0	0.000 0
X4	0.022 1	0.021 9	0.019 8	0.018 5	0.019 0	0.018 7	0.019 5	0.019 7
X5	0.024 5	0.015 0	0.016 7	0.021 5	0.015 0	0.017 6	0.017 7	0.017 0
X6	0.025 0	0.006 3	0.018 8	0.018 8	0.006 3	0.012 5	0.018 8	0.012 5
X7	0.017 4	0.017 4	0.034 7	0.017 4	0.017 4	0.034 7	0.017 4	0.017 4
X8	0.025 9	0.006 5	0.032 4	0.013 0	0.006 5	0.006 5	0.019 4	0.006 5
X9	0.024 0	0.024 0	0.024 0	0.015 0	0.003 0	0.018 0	0.015 0	0.015 0
X10	0.058 6	0.025 1	0.032 5	0.011 5	0.011 1	0.002 6	0.002 3	0.002 2
X11	0.000 0	0.004 0	0.000 0	0.004 0	0.004 0	0.004 0	0.002 0	0.004 0
X12	0.000 0	0.000 0	0.007 1	0.014 1	0.000 0	0.000 0	0.007 1	0.000 0
X13	0.007 8	0.007 8	0.007 8	0.007 8	0.006 7	0.007 8	0.006 7	0.006 8
X14	0.004 4	0.003 8	0.004 0	0.003 8	0.004 8	0.005 8	0.003 7	0.004 9
X15	0.023 7	0.023 7	0.023 7	0.023 7	0.023 7	0.023 7	0.023 7	0.023 7
X16	0.023 2	0.021 8	0.028 9	0.023 1	0.021 7	0.021 7	0.026 0	0.020 8
X17	0.024 7	0.024 7	0.024 7	0.024 7	0.037 0	0.024 7	0.024 7	0.027 7
X18	0.041 5	0.041 5	0.041 5	0.041 5	0.031 1	0.031 1	0.031 1	0.031 1
X19	0.020 0	0.020 9	0.018 1	0.024 4	0.018 7	0.021 8	0.021 2	0.019 7

3　讨　论

系统脆弱性最初用于自然灾害和社会现象等领域中[14]。随着研究的深入,此概念逐渐拓展至公共健康、社会经济、生态环境以及人力资源等众多领域[5]。脆弱性在风险评估过程中的作用逐渐受到关注和认可,成为评估风险的一项重要指标。系统脆弱性是指系统预测、处理和抵御灾害而且从灾害

中恢复的能力[15]，疟疾防治系统脆弱性分析为疟疾风险评估提供了新的研究视角，而且将关注点从单一的流行病学角度扩展至疟疾风险管理体系的能力上来，为改进中国疟疾风险管理体系结构有一定的参考价值。

从样本县(区)的脆弱性评估情况看，疫区流入人员数量和政府疟疾风险关注度的权重系数相对较大，提示此 2 项指标是影响疟疾防控系统脆弱性的关键风险要素来源。首先，随着国际交往日益频繁，我国赴非洲、东南亚等疟疾高发区劳务输出、旅游或学习等出入境人员的数量大量增加[3]，由于流动人口的高度分散与疟疾输入的不确定性，输入性疟疾的防治与管理逐渐成为疟疾消除工作的难点[16-17]。而疫区流入人员数量作为输入性疟疾风险的重要来源，成为影响系统脆弱性的关键要素之一。其次，随着疟疾病例逐年降低，一些地区的领导及疟疾防治人员在思想上逐渐麻痹松懈，防治工作力度有所削弱，加之各级政府在防治疟疾方面的相对投入不断减少，尤其是一些已经通过疟疾消除考核的地区，政府的重视程度和风险意识的降低是导致疟疾防控系统脆弱性增大的重要原因。

从样本地区疟疾系统脆弱性综合评价结果看，湖北省潜江市曾经是四类流行区，反而疟疾防治系统脆弱性排在首位。首先，潜江市的疟疾工作未纳入卫生行政部门的考核范畴，卫生行政部门对疟疾的重视程度较低，而广西省南丹县临近疫区，政府十分重视疟疾防控工作，近十年来采取了一系列的措施消灭传染源，既改善了居民居住环境又降低疟疾传播风险。其次，潜江市疟疾防治人员占每千人口比例较低，明显低于脆弱性最低的广西省的都安县、天峨县和南丹县三地；再次，目前疟疾防治经费逐年降低，当前的疟疾防治经费甚至满足不了基本疟疾防治工作的需要，各基层疾控单位均面临着经费短缺的问题[18]。此外，现阶段的疟疾政策不能完全适应疟疾防治工作的需要。从 8 个样本县(区)整体情况来看，虽然各地区均建立了疟疾风险管理政策体系，均有疟疾领导小组、应急制度、疟疾风险沟通制度、疟疾工作督导与考核制度及疟防人员培训制度等政策，但媒介监测制度、疟疾工作奖惩制度、疟疾防治对接制度以及流动人口管理制度尚未在所有样本县(区)建立。

综上所述，现阶段疟疾输入性风险增大，疫区流入人员数量成为社会脆弱性关键要素，同时流动人口管理等制度尚未建立完善；此外，由于本土病例的下降，疟疾防治经费的缩减，政府风险敏感性降低，因此在下一阶段疟疾防治工作重点应集中于对流动人口的严格监测和管理，尤其是疫区流入人员，防止疟疾跨国跨区复杂传播网络的形成；各级政府应保持对疟疾防治工作的重视程度，保持监测预警与应急处置能力，增强疟疾风险敏感性，推动疟疾消除各项相关工作落实；在疟疾消除后期，增强经费测算，提高经费利用效率，切实完善疟疾风险管理政策体系，降低疟疾防控系统脆弱性，为消除疟疾顺利实现提供制度保障。

参考文献

[1] Yin JH, Yang MN, Zhou SS, et al. Changing malaria transmission and implications in China towards National Malaria Elimination Programme between 2010 and 2012[J]. PLoS One, 2013, 8(9): e74228.

[2] 丁俊. 疟疾流行现状研究进展[J]. 中国公共卫生, 2012, 28(5): 717-718.

[3] Zhou S, Li Z, Cotter C, et al. Trends of imported malaria in China 2010-2014: analysis of surveillance data[J]. Malar J, 2016, 15: 39.

[4] 李友卫, 逯延华, 王健. 从重大传染病分析公共卫生政策的选择及发展[J]. 中国卫生政策研究, 2009, 2(7): 43-46.

[5] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法[J]. 地理科学进展, 2008, 27(2): 18-25.

[6] 王朝杰, 陈李梅. TOPSIS 法和 RSR 法相结合在疾控机构绩效考核中的应用[J]. 中国公共卫生管理, 2015, 31(1): 41-42.

[7] 吴洪涛, 孙广宁, 陈秀芝, 等. 国家基本公共卫生服务项目执行情况综合评价[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(6): 715-717.

[8] Wang M, Fang H, Bishwajit G, et al. Evaluation of rural primary health care in western China: a cross-sectional study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2015, 12(11): 13843-13860.

[9] 徐静, 张天琦, 季江南, 等. 运用 TOPSIS 法综合评价中医适宜技术包推广效果[J]. 中国中医药信息杂志, 2016, 23(9): 18-22.

[10] 董云萍, 夏冕, 张文斌. 基于 TOPSIS 法的公立医院公益性评价研究[J]. 医学与社会, 2010, 23(5): 29-30.

[11] 张振东, 潘妮, 梁川. 基于改进 TOPSIS 的长江黄河源区生态脆弱性评价[J]. 人民长江, 2009, 40(16): 81-84.

[12] 张永领, 游温娇. 基于 TOPSIS 的城市自然灾害社会脆弱性评价研究-以上海市为例[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 109-114.

[13] 张洪, 张燕. 基于加权 TOPSIS 法的旅游资源区际竞争力比较研究-以长江三角洲为例[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(5): 500-505.

[14] Hsu WK, Chiang WL, Chen CW. Earthquake risk assessment and optimal risk management strategies for Hi-Tech Fabs in Taiwan[J]. Naturak Hazards, 2013, 65(3): 2063-2076.

[15] 仇蕾洁, 郑文贵, 马安宁. 农村基层公共卫生应急人力系统的脆弱性及评价方法[J]. 中国卫生事业管理, 2015(10): 724-725.

[16] Feng J, Xiao H, Xia Z, et al. Analysis of malaria epidemiological characteristics in the People's Republic of China, 2004-2013[J]. Am J Trop Med Hyg, 2015, 93(2): 293-299.

[17] Liu Y, Hsiang MS, Zhou H, et al. Malaria in overseas labourers returning to China: an analysis of imported malaria in Jiangsu province, 2001-2011[J]. Malar J, 2014, 13: 29.

[18] 唐尚锋, 黄锐, 付航, 等. 新医改下我国公共卫生财政投入问题研究[J]. 中国卫生经济, 2014, 33(9): 55-58.

收稿日期：2016-10-10　（郭薇编辑　刘铁校对）