



2016 – 2021年安徽省马鞍山市水痘3种预警方法效果评价

赵志荣 查兵 陈健

Evaluation of early warning effect of varicella in Maanshan, Anhui, 2016–2021: based on three methods

Zhao Zhirong Zha Bing Chen Jian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3784/jbjc.202208300385>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[应用移动平均法预警学校结核病疫情的分析](#)

Study on early warning for tuberculosis outbreaks in school using moving average method

疾病监测. 2017, 32(5): 418 <https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2017.05.016>

[基于移动流行区间法建立重庆市手足口病预警模型](#)

Establishment of early warning model of hand, foot and mouth disease based on moving epidemic method in Chongqing

疾病监测. 2020, 35(11): 1020 <https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2020.11.013>

[移动流行区间法在手足口病监测预警中的应用](#)

Application of moving epidemic method in surveillance and early warning of hand foot and mouth disease

疾病监测. 2019, 34(4): 348 <https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2019.04.015>

[2016 – 2020年浙江省舟山市儿童流感流行病学特征研究及移动流行区间法的预警应用](#)

Epidemiological characteristics of influenza in children during 2016–2020 and application of moving epidemic method in early warning in Zhoushan

疾病监测. 2021, 36(2): 142 <https://doi.org/10.3784/jbjc.202005310199>

[改进的负二项回归模型在大连市水痘流行高峰开始时间预警中的应用](#)

Application of improved negative binomial regression model in early warning of peak time of varicella incidence in Dalian

疾病监测. 2019, 34(10): 937 <https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2019.10.017>

[安徽省马鞍山市2014 – 2018年腹泻患者中致泻性大肠埃希菌病原学及流行特征分析](#)

Etiologic and epidemiologic characteristics of diarrheogenic *Escherichia coli* in diarrhea patients in Maanshan, Anhui, 2014–2018

疾病监测. 2019, 34(11): 1010 <https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2019.11.013>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

技术与方法



开放科学
(OSID)

2016—2021 年安徽省马鞍山市水痘 3 种 预警方法效果评价

赵志荣，查兵，陈健

摘要：目的 探索适合安徽省马鞍山市水痘流行的预警方法，为早期防控水痘疫情提供科学依据。方法 分别运用移动百分位数法、累积和控制图法、指数加权移动平均法对 2016—2021 年马鞍山市水痘监测数据进行分析，比较灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及约登指数，评价 3 种方法的预警效果。**结果** 累积和控制图法预警效果最优， $h=0.5$ ， $k=1.5$ 时灵敏度及特异度均达 100.00%；其次为移动百分位数法， P_{95} 时灵敏度及特异度分别为 100.00%、94.59%；再次为指数加权移动平均法，在 $k=1$ ， $\lambda=0.15$ 时灵敏度及特异度分别为 99.33%、89.19%。**结论** 3 种预警方法均有良好的预警效果，其中累积和控制图法和移动百分位数法更适合基层实际运用。

关键词：水痘；预警；移动百分位数法；累积和控制图法；指数加权移动平均法

中图分类号：R211；R183.3

文献标志码：A

文章编号：1003-9961(2023)08-0962-04

Evaluation of early warning effect of varicella in Maanshan, Anhui, 2016–2021: based on three methods Zhao Zhirong, Zha Bing, Chen Jian. Maanshan Prefectural Center for Disease Control and Prevention, Maanshan 243011, Anhui, China

Corresponding author: Chen Jian, Email: chenjian0120@126.com

Abstract: **Objective** To explore appropriate early warning method of varicella epidemic in Maanshan of Anhui province, and provide evidence for the timely prevention and control of varicella epidemic. **Methods** By using moving percentile method, cumulative sum control chart method, exponential weighting smoothing method, the surveillance data of varicella in Maanshan during 2016–2021 were analyzed, and the sensitivities, the specificities, the positive predictive values, the negative predictive values and Youden's indexes of the three methods were compared and evaluated. **Results** The cumulative sum control chart method ($h=0.5$, $k=1.5$) had the best early warning effect with the sensitivity and specificity of 100.00% respectively. The sensitivity and specificity of moving percentile method with P_{95} were 100.00%, 94.59%, respectively. The sensitivity and specificity of exponential weighting smoothing method ($k=1$, $\lambda=0.15$) were 99.33%, 89.19%, respectively. **Conclusion** In this study, the three early warning methods had good effects, but the moving percentile method and the cumulative sum control chart method were more suitable for the practical use at grass roots level.

Key words: Varicella; Early warning; Moving percentile method; Cumulative sum control chart method; Exponential smoothing method

自 2008 年 4 月 21 日始，中国疾病预防控制中心启动了传染病自动预警(时间模型/时空模型)系统^[1]，实现了对法定传染病的实时监测预警。安徽省马鞍山市于 2008 年运行的传染病自动预警系统类型属于时间模型，目前县(区)级疾控机构对预警信息的响应与处理工作逐步走向规范，在实际运行中，对提高各级疾控机构及时发现传染病异常信息提供了极大帮助。但是，国家传染病自动预警系统未能对市级以下基层的水痘等非法定传染病实现预警。近年来，马鞍山市水痘疫情一直居突发公共卫

生事件的首位，在传染病监测预警中急需建立水痘的预警方法。马鞍山市卫生应急作业信息管理系统开发需要建立一套适合的监测预警阈值体系。基于现状，本研究利用几种常见预警方法对水痘的阈值进行研究，选择适合马鞍山市水痘最优预警阈值，为马鞍山市水痘流行预警方法的建立提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料 2016 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日马鞍山市传染病监测数据来源于中国疾病预防控制中心信息系统传染病监测子系统和突发公共卫生事件信息管理系统，整理并建立数据库。

1.2 方法

1.2.1 数据校正 周发病数校正的计算方法以 2020 年为例，计算 2015—2019 年历史同期均数(μ)及标准

作者单位：马鞍山市疾病预防控制中心，安徽 马鞍山 243011
作者简介：赵志荣，女，湖北省武汉市人，硕士研究生，主任医师，从事急性传染病控制，Email: zhaozhirong1204@126.com
通信作者：陈健，Tel: 0555-8366355, Email: chenjian0120@126.com
收稿日期：2022-08-30 网络出版日期：2023-05-18

差(σ), 设校正数据 X' =历史同期 $\mu+1.28\sigma$, 若 2020 年周数据 $\geq X'$, 选择 X' , 否则选择 2020 年数据。2016—2019 年各年周发病数校正计算方法同上^[1]。

1.2.2 移动百分位数法 选取 2016—2020 年及同期前后摆动 2 周的水痘周校正发病数据作为历史基线数据, 对 2021 年水痘疫情进行预警, 分别计算 P_{60} 至 P_{95} 每隔 5 个百分数的 8 个不同预警界值, 建立预警模型。

1.2.3 累积和控制图法 通过不断累加计算观察值与期望值的差值, 逐渐放大数据出现的波动, 从而更加快速灵敏地识别微小异常情况。累积和控制图法计算公式: $S_0=0, S_t=\max[0, S_{t-1}+(X_t-r-K)]$, 式中 t 为时间, X_t 为观察值, r 为期望值, k 为观察值大于期望值的最小偏移量, S_0 为最初累积和值, S_t 为当前累积和值, S_{t-1} 为上一期累积和值。该模型运算时需要确定两个参数, 及阈值 H 和参考值 K 。本研究将 h 和 k 的取值范围设定为 $0.50\leq h\leq 2.00, 0.00<k\leq 1.50$, 通过对参数不同取值范围的设定, 计算最佳预警模型。

1.2.4 指数加权移动平均法 即通过对历史序列数据的加权平均数作为当前预期数的估计值, 在使用历史数据时采用指数加权, 随着序列数据远离当前的期数, 对历史数据权数呈指数递减。本研究将 λ 和 k 的取值范围设定为 $0.10\leq \lambda\leq 0.30, 1.00\leq k\leq 2.00$, 通过对参数不同取值范围的设定, 计算最佳预警模型^[2]。

1.2.5 判断标准 传统的“流行”定义指某种疾病的发病水平超过历年一般水平。本研究流行标准依据既往的研究结果, 以 2016—2020 年水痘校正周发病数($\mu+2\sigma$)作为判断流行的参考标准^[3]。

1.2.6 评价指标 灵敏度: 预警信号发现真流行事件的能力; 特异度: 发现非流行事件的能力; 阳性预测值: 预警信号在真流行事件中的比例; 阴性预测值:

未发预警时非流行事件中的比例; 约登指数: 流行事件与非流行事件的综合指标。

2 结果

2.1 水痘流行概况 2016—2020 年马鞍山市水痘发病率介于 49.29/10 万~143.98/10 万, 其中 2016 年发病率最低, 2019 年最高; 各年度均居全市全部传染病病种前列, 除 2016 年为第 6 位, 2017—2020 年均列第 3 位。

2021 年马鞍山市水痘发病率 104.68/10 万, 其中雨山区最高(137.36/10 万), 当涂县最低(74.95/10 万)。全市水痘流行呈现明显的季节性, 全年 2 个高峰, 最高峰出现在 11 月至次年 1 月, 次高峰为 5—6 月, 见图 1。

2016—2021 年马鞍山市共报告传染病突发公共卫生事件 149 起, 病例数 3 715 例; 其中水痘事件 55 起, 病例数 1 937 例, 事件数及病例数分别占比 36.91%、52.14%, 二者均居突发公共卫生事件之首。

2.2 移动百分位数法 移动百分位数法计算出 P_{60} ~ P_{95} 的 8 个预警界值, 随着百分位数增高, 特异度、阳性预测值和约登指数均逐步升高, P_{95} 时评价指标均达最高, 即灵敏度 100.00%, 特异度 94.59%, 阳性预测值 88.24%, 约登指数 0.95。见表 1。

2.3 累积和控制图法预警 累积和控制图法设定 h 和 k 的取值范围分别为 $0.50\leq h\leq 2.00, 0.00<k\leq 1.50$, 计算最佳预警模型, 当 $h=0.50, k=1.50$ 时效果最佳, 即灵敏度 100.00%, 特异度 100.00%, 阳性预测值 100.00%, 约登指数 1.00。见表 2。

2.4 指数加权移动平均法 指数加权移动平均法在 $k=1.0, \lambda=0.15$ 时模型最佳, 即即灵敏度 99.33%, 特异度 89.19%, 阳性预测值 77.78%, 约登指数 0.83。见表 3。

2.5 预警效果比较 比较移动百分位数法、累积和

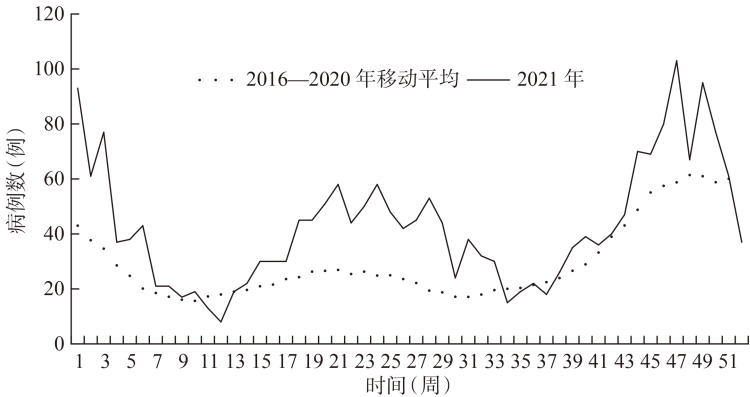


图 1 2016—2021 年马鞍山市水痘周发病数分布
Figure 1 Weekly distribution of varicella cases in Maanshan, 2016—2021

表 1 2021 年马鞍山市水痘移动百分位数法不同预警界值功效评价

评价指标	预警界值							
	P60	P65	P70	P75	P80	P85	P90	P95
灵敏度 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
特异度 (%)	29.73	37.84	48.65	54.05	62.16	75.68	86.49	94.59
阳性预测值 (%)	36.59	39.47	44.12	46.88	51.72	62.50	75.00	88.24
阴性预测值 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
约登指数	29.73	37.84	48.65	54.05	62.16	75.68	86.49	94.59

表 2 2021 年马鞍山市水痘累积和控制图法预警功效评价

评价指标	k=0.5				k=1.0				k=1.5			
	h=0.5	h=1.0	h=1.5	h=2.0	h=0.5	h=1.0	h=1.5	h=2.0	h=0.5	h=1.0	h=1.5	h=2.0
灵敏度 (%)	100.00	100.00	100.00	86.67	100.00	100.00	80.00	66.67	100.00	73.33	53.33	46.67
特异度 (%)	59.46	78.38	86.49	91.89	83.78	94.59	97.30	94.59	100.00	100.00	94.59	100.00
阳性预测值 (%)	50.00	65.22	75.00	81.25	71.43	88.24	92.31	83.33	100.00	100.00	80.00	100.00
阴性预测值 (%)	100.00	100.00	100.00	94.44	100.00	100.00	92.31	97.50	100.00	90.24	83.33	82.22
约登指数	59.46	78.38	86.49	78.56	83.78	94.59	77.30	61.26	100.00	73.33	47.93	46.67

表 3 2021 年马鞍山市水痘指数加权移动平均法预警功效评价

评价指标	k=0.5				k=1.0				k=1.5			
	λ=0.10	λ=0.15	λ=0.20	λ=0.25	λ=0.10	λ=0.15	λ=0.20	λ=0.25	λ=0.10	λ=0.15	λ=0.20	λ=0.25
灵敏度 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	80.00	93.33	100.00	100.00	13.33	53.33	73.33	86.67
特异度 (%)	59.46	54.05	29.73	24.32	97.30	89.19	78.38	72.97	100.00	97.30	97.30	94.59
阳性预测值 (%)	50.00	42.86	36.59	34.88	92.31	77.78	65.22	60.00	100.00	88.89	91.67	86.67
阴性预测值 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	92.00	97.00	100.00	100.00	74.00	84.00	90.00	95.00
约登指数	59.46	54.05	29.73	24.32	77.30	82.52	78.38	72.97	13.33	50.63	70.63	81.26

控制图法, 及指数加权移动平均法的预警结果的各项指标, 累积和控制图法在 h 和 k 的取值范围分别为 $0.50 \leq h \leq 2.00$, $0.00 < k \leq 1.50$ 范围内取值, 当 $h=0.50$, $k=1.50$ 时效果最优, 灵敏度、特异度及阳性预测值均为 100.00%, 约登指数达 1.00; 其次是移动百分位数法选用 $P95$ 阈值; 指数加权移动平均法在 $0.10 \leq \lambda \leq 0.30$, $1.00 \leq k \leq 2.00$ 范围内取值, 当 $k=1.00$, $\lambda=0.15$ 时最佳, 但与前两种方法比较略差。见表 4。

3 讨论

本研究利用的 3 种常见预警模型, 均属于时间维度预警模型。实际应用过程中, 这 3 种预警方法简单、明确、稳定、参数设定不过于复杂, 尤其适合基层单位使用, 在本研究中此 3 种预警模型均能达到较高的灵敏度和特异度。移动百分位数法原理上类似于休哈特控制图的“中位数-极差”控制图, 国家传染病自动预警系统的时间维度预警模型即选用移动百分位数法。王瑞平等^[4]于 2018 年利用控制图

法首次以传染病暴发不同规模设定水痘最佳预警阈值, 本研究在水痘 $P95$ 阈值时灵敏度及特异度为最优, 较王瑞平等^[4]得到的水痘预警阈值高, 可以避免预警信号过多干扰, 减少工作量, 在基层应用中更倾向选用此预警方法。指数加权移动平均法运算需要确定 2 个参数, 适用于历史基线比较平稳的监测序列, 数据季节性波动和近期数据的大幅增加都会对预测预警的准确性造成较大影响, 本研究 $\lambda=0.15$, 对最近数据获得 15.00% 的权重, 历史数据获得 85.00% 的权重, 指数加权移动平均法较其他 2 种方法略差, 基层应用受限。累积和控制图法在近些年疾病控制领域得到广泛应用, 历史上成功预测多起暴发疫情^[5-8]。本研究中, 累积和控制图方法最佳, 基层应用虽然效果好, 但仍需调试参数。

由于 2018—2019 年安徽省马鞍山有多起规模较大的水痘疫情发生, 病例数较多, 即使采用平滑方法或去除部分暴发疫情病例数的方法无法消除影响, 因此本研究参照国家疾病预防控制中心制定

表 4 2021 年马鞍山市水痘预警模型结果比较

预警方法	灵敏度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	约登指数
移动百分位数法	100.00	94.59	88.24	100.00	0.95
累积和控制图法	100.00	100.00	100.00	100.00	1.00
指数加权移动平均法	99.33	89.19	77.78	97.00	0.83

手足口病预警基线参数的方法,采用以均数加 1.28 倍标准差为上控线校正历史疫情影响^[1]。

关于金标准选择,目前多数文献沿用均数加 2 倍标准差的方法^[9-10]。也有文献以《国家突发公共卫生事件相关信息报告管理工作规范(试行)》的要求^[11-12]。按照规范要求,达到水痘突发公共卫生事件报告标准为 1 周内,同一学校、幼儿园等集体单位中,发生 10 例及以上水痘病例。目前只有学校传染病症状监测行业标准在以学校规模分级方面有借鉴价值^[13]。

本研究通过 3 种预警方法对马鞍山市水痘疫情进行预警阈值的研究,筛选并评价 3 种方法的功效,研究表明 3 种方法均有良好的功效,适合市级疾控机构日常对水痘流行的监测预警。县(区)级疾控机构可以利用上述预警方法建立本辖区内重点传染病的监测阈值,对国家传染病自动预警系统中已有的阈值可进一步优化,选出适合本地的预警方法。

本研究的不足之处是缺乏及时性指标的评价,即判断在传染病暴发或流行探测中预警模型发出的信号能否尽早发现事件;评价及时性需确定暴发事件开始时间,因此常用模拟暴发来研究及时性,在真实事件中非常困难。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

志谢 感谢长期以来在马鞍山市传染病监测工作中辛勤付出的所有同仁

参考文献

[1] 中国疾病预防控制中心. 全国传染病自动预警(时间模型)试运行工作方案[R]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2008.
Chinese Center for Disease Control and Prevention. Proposal on pilot operation of China infectious disease automated-alert and response system[R]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2008.

[2] 杨维中. 传染病预警理论与实践[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
Yang WZ. Early warning of infectious disease theory and practice[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.

[3] 成瑶, 刘新风, 孟蕾, 等. 甘肃省 2016 年 7 种常见急性传染病预警阈值研究[J]. 中华流行病学杂志, 2018, 39(3): 352-356. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.03.020.
Cheng Y, Liu XF, Meng L, et al. Study on early warning threshold values for 7 common communicable diseases in Gansu province, 2016[J]. Chin J Epidemiol, 2018, 39(3): 352-356. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.03.020.

[4] 王瑞平, 吴毅凌, 毛琦, 等. 传染病暴发规模对传染病预警阈值设定的影响[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(6): 882-885.
Wang RP, Wu YL, Mao Q, et al. Influence of the scale of infectious disease outbreak on the setting of early warning threshold of infectious disease[J]. Chin J Health Stat, 2018, 35(6): 882-885.

[5] 张洪龙, 赖圣杰, 李中杰, 等. 累积和控制图法在传染病暴发探测中的应用[J]. 中华流行病学杂志, 2010, 31(12): 1406-1409.

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.12.019.
Zhang HL, Lai SJ, Li ZJ, et al. Application of cumulative sum control chart algorithm in the detection of infectious disease outbreaks[J]. Chin J Epidemiol, 2010, 31(12): 1406-1409. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.12.019.

[6] 杨筱婷, 刘新风, 孟蕾, 等. 甘肃省流感流行预警方法探研[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(3): 430-433. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.03.029.
Yang XT, Liu XF, Meng L, et al. Study on early warning method for influenza epidemic in Gansu province[J]. Chin J Epidemiol, 2016, 37(3): 430-433. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.03.029.

[7] Wang RP, Jiang YG, Zhao GM, et al. "Outbreak gold standard" selection to provide optimized threshold for infectious diseases early-alert based on China infectious disease automated-alert and response system[J]. Curr Med Sci, 2017, 37(6): 833-841. DOI: 10.1007/s11596-017-1814-9.

[8] 李静, 杨鹏, 吴双胜, 等. 应用累积和模型探测北京市猩红热流行起始时间的预警分析[J]. 中华流行病学杂志, 2013, 34(5): 526-530. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.05.025.
Li J, Yang P, Wu SS, et al. Early detection on the onset of scarlet fever epidemics in Beijing, using the cumulative sum[J]. Chin J Epidemiol, 2013, 34(5): 526-530. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.05.025.

[9] 王棠, 明小燕, 李十月. 湖北省手足口病控制图法预警效果评价[J]. 中国公共卫生, 2015, 31(10): 1324-1326. DOI: 10.11847/zgggws2015-31-10-25.
Wang T, Ming XY, Li SY. Efficiency of control graph method in early warning for hand-foot-mouth disease in Hubei province, China[J]. Chin J Public Health, 2015, 31(10): 1324-1326. DOI: 10.11847/zgggws2015-31-10-25.

[10] 王瑞平, 陈立凌, 刘成, 等. 苏州市重点传染病移动百分位数法预警阈值优选分析[J]. 中国卫生统计, 2014, 31(4): 598-601, 605.
Wang RP, Chen LL, Liu C, et al. Study of early detection for principal communicable diseases by moving percentile method in Suzhou city[J]. Chin J Health Stat, 2014, 31(4): 598-601, 605.

[11] 中华人民共和国卫生部. 国家突发公共卫生事件相关信息报告管理工作规范(试行)[R]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2005.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Health ministry country norm of information report and management on public health emergency events[R]. Beijing: Ministry of Health of the People's Republic of China, 2005.

[12] 戴启刚, 许可, 黄昊, 等. 2010—2015 年江苏省流感流行特征分析和预警阈值确定的探讨[J]. 现代预防医学, 2017, 44(10): 1739-1744.
Dai QG, Xu K, Huang HD, et al. Epidemiological overview of seasonal influenza during 2010-2015 and study of the threshold for early warning in Jiangsu province[J]. Mod Prev Med, 2017, 44(10): 1739-1744.

[13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 772—2020 学校传染病症状监测预警技术指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
National Health Commission of the People's Republic of China. WS/T 772—2020 Technical guidelines for the syndromic surveillance and early warning of infectious diseases in school[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.



赵志荣

ORCID: 0000-0001-5578-228X

作者贡献:

赵志荣: 数据分析与论文撰写

查兵: 查阅文献与数据整理

陈健: 查阅文献、论文修改

本文创新点和学术评论句见开放科学(OSID)平台, 欢迎扫描开放科学(OSID)二维码, 与作者开展交流互动

引用本文: 赵志荣, 查兵, 陈健. 2016—2021 年安徽省马鞍山市水痘 3 种预警方法效果评价[J]. 疾病监测, 2023, 38(8): 962-965.

DOI: 10.3784/jbjc.202208300385

Zhao ZR, Zha B, Chen J. Evaluation of early warning effect of varicella in Maanshan, Anhui, 2016-2021: based on three methods[J]. Dis Surveill, 2023, 38(8): 962-965. DOI: 10.3784/jbjc.202208300385

(本文编辑: 闫东)