

安徽医科大学学报

Acta Universitatis Medicinalis Anhui

ISSN 1000-1492, CN 34-1065/R

《安徽医科大学学报》网络首发论文

题目：移动流行区间法在安徽省冬春季流感流行阈值估计与强度分级中的应用
作者：朱标, 朱梦, 龚磊, 李淑雯, 吴家兵, 朱青青
收稿日期：2026-03-09
网络首发日期：2026-05-08
引用格式：朱标, 朱梦, 龚磊, 李淑雯, 吴家兵, 朱青青. 移动流行区间法在安徽省冬春季流感流行阈值估计与强度分级中的应用[J/OL]. 安徽医科大学学报.
<https://link.cnki.net/urlid/34.1065.R.20260507.1733.016>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

移动流行区间法在安徽省冬春季流感流行阈值估计与强度分级中的应用

朱 标, 朱 梦, 龚 磊, 李淑雯, 吴家兵, 朱青青

(安徽省疾病预防控制中心传染病预防控制所, 合肥 230601)

2026-03-09 接收

基金项目: 安徽卫生健康委重点项目 (编号: AHWJ2023A10152)

作者简介: 朱 标, 男, 医师;

朱青青, 女, 主任医师, 硕士生导师, 通信作者, E-mail: 5441581@qq.com

摘要 目的 利用移动流行区间法 (MEM) 探索建立安徽省流行性感冒预警方法, 为安徽省流感防控工作提供科学的参考依据。**方法** 基于流感哨点监测医院和网络实验室每周在“中国流感监测信息系统”中上报的监测数据, 分析全省每周流感病毒检测阳性率 (PR), 利用 MEM 分别估计新冠疫情前后安徽省冬春季流感流行阈值与分级强度阈值, 采用交叉验证法对对 MEM 预警效果进行评价。**结果** 通过 PR 和 MEM 获得流感流行阈值与分级强度阈值, 新冠疫情前流感流行开始阈值、中强度阈值、高强度阈值、极高强度阈值和结束阈值分别为 17.08%、38.47%、53.20%、59.71%和 12.34%; 此时模型的灵敏度为 0.98、特异度为 0.86、马修斯相关系数为 0.84、约登指数为 0.84。新冠疫情后流感流行开始阈值、中强度阈值、高强度阈值、极高强度阈值和结束阈值分别为 25.61%、43.81%、63.29%、74.46%和 17.82%; 此时模型的灵敏度为 0.86、特异度为 0.92、马修斯相关系数为 0.78、约登指数为 0.77。**结论** MEM 在安徽省冬春季流感流行阈值与分级强度阈值估计中的应用效果较好, 新冠疫情后的流感流行阈值与分级强度阈值高于新冠疫情前。

关键词 流行性感冒; 移动流行区间法; 阈值; 预警; 强度分级; 冬春季

中图分类号 R183.3

Application of the moving epidemic method in the estimation of influenza epidemic thresholds and intensity classification in Anhui province during winter and spring seasons

Zhu Biao, Zhu Meng, Gong Lei, Li Shuwen, Wu Jiabing, Zhu Qingqing

(Institute for Infectious Disease Control and Prevention, Anhui Provincial Center for Disease

Abstract Objective To develop an early - warning approach for influenza in Anhui Province using the Moving Epidemic Method (MEM), offering a scientific basis for influenza prevention and control in the province. **Methods** Based on the surveillance data reported weekly by influenza sentinel hospitals and network laboratories in the “China Influenza Surveillance Information System”, the weekly influenza virus detection positive rate (positive rate, PR) across the province was analyzed. The MEM was used to estimate the epidemic threshold and classification intensity threshold of influenza in Anhui Province before and after the COVID-19 pandemic, respectively. The early warning effect of the MEM was evaluated using cross-validation. **Results** Epidemic and graded intensity thresholds of influenza were derived using PR and MEM. Prior to the COVID - 19 pandemic, the starting, medium - intensity, high - intensity, extremely - high - intensity, and ending thresholds of influenza epidemics were 17.08%, 38.47%, 53.20%, 59.71%, and 12.34% respectively. At this point, the model exhibited sensitivity of 0.98, specificity of 0.86, Matthews Correlation Coefficient of 0.84, and Youden Index of 0.84. After the COVID - 19 pandemic, these thresholds were 25.61%, 43.81%, 63.29%, 74.46%, and 17.82% respectively. At this point, the model demonstrates sensitivity of 0.86, specificity of 0.92, Matthews Correlation Coefficient of 0.78, and Youden Index of 0.77. **Conclusion** MEM shows good applicability in estimating the epidemic and graded intensity thresholds of influenza during the winter and spring in Anhui Province. Both the influenza epidemic threshold and graded intensity thresholds after the COVID-19 pandemic are higher than those before the pandemic.

Key words influenza; moving epidemic method; threshold; early warning; intensity grading; winter and spring

Found program Key Project of Health Commission of Anhui Province (No. AHWJ2023A10152)

Corresponding author Zhu Qingqing, E-mail: 5441581@qq.com

流行性感冒（简称流感）是一种由流感病毒感染引起的急性呼吸道传染性疾病，具有传染性强，传播速度快、范围广以及人群普遍易感等特点，是我国及全球的重要公共卫生

问题，全球每年因流感导致的死亡病例可达 29~65 万例^[1-3]，不仅对人群健康造成严重威胁，也给医疗资源带来沉重负担。如何在流感暴发或流行出现前识别疫情风险，发出早期预警信号，并及时引导公众采取合适的防控措施是当前研究的重点。目前国内外已有多种可用于流感流行预警的模型，各有适用场景与局限性^[4-7]：差分自回归移动平均模型（autoregressive integrated moving average, ARIMA）擅长捕捉时间序列的趋势与周期性，但对疫情突发波动的适应性较弱，且难以量化流行强度等级；累积和控制图法（cumulative sums, CUSUM）和指数加权移动平均法（exponentially weighted moving average, EWMA）通过监测数据偏离基线的累积效应实现异常预警，侧重“有无流行”的判断，缺乏对流行强度的分级识别能力；移动百分位数法（movable percentile method, MPM）通过历史数据百分位数设定阈值，操作简便但对数据分布特征敏感，难以动态适配流感流行的年度变异；Serfling 回归是基于季节性基线拟合实现预警，但其假设的季节性模式难以覆盖疫情前后数据分布的突变场景。MEM 由 Vega et al^[8]学者于 2008 年提出，基于历史数据探究流感流行阈值和强度分级阈值，该模型结构简单且适应性强，目前已在国内外众多地区广泛应用^[9-17]，其核心优势在于无需预设数据分布类型，通过动态移动的历史流行区间构建基线，能精准估计流行起始阈值与分级强度阈值，契合“分级预警”的核心需求。该研究利用 MEM 模型对 2013—2024 年安徽省流感监测数据进行分析，探究安徽省冬春季流感流行阈值与分级强度阈值，并比较新冠疫情流行前后的差异，为安徽省流感疫情防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究涉及数据均来源于“中国流感监测信息系统”，研究人员选择并导出安徽省流感监测哨点医院和网络实验室在 2013—2024 年期间报送的所有已审核监测数据，按周统计全省流感病毒检测阳性率，并使用 MEM 进行数据建模。

1.2 MEM 的模型原理与建模步骤

MEM 由 Vega et al 所提出^[8]，该模型以国家或地区的历史监测数据为基础构建，通过在时间序列设置上滑动窗口，依据监测指标占最大累计和百分比（maximum accumulated rates percentage, MAP）的最小连续周数确定流行季，进而测算下一季流行开始/结束的阈值和强度阈值。其建模过程可以归纳为以下 3 个核心步骤：第 1 步是界定流行季的起止时

间，基于 MAP 确定满足累计占比要求的最少连续周数，并以此明确流行季的具体时长，进而将流行周期划分为流行前期、流行期及流行后期。第 2 步是计算流行阈值，通过提取各历史流行季流行前期 n 个最高监测指标值 ($n=30/N$ ，其中 N 为纳入分析的流行季节总数)，将其算数均数的 95%CI 上限设定为流行季的流行阈值。第 3 步是计算流行强度阈值，分别提取各历史流行期的 n 个最高监测指标值，以其几何均数的单侧 40.0%、90.0% 和 97.5% 分位数上限，依次作为中强度、高强度以及极高强度流行的判定阈值。综合上述流感流行阈值和流行强度阈值，可以将流感活动水平划分为 5 个等级，具体如下：基线水平（周监测指标 < 流行阈值）、低强度流行（流行阈值 ≤ 周监测指标 < 中强度流行阈值）、中强度流行（中强度流行阈值 ≤ 周监测指标 < 高强度流行阈值）、高强度流行（高强度流行阈值 ≤ 周监测指标 < 极高强度流行阈值）以及极高强度流行（极高强度流行阈值 ≤ 周监测指标）。

1.3 交叉验证

通过交叉验证法对 MEM 模型的预警效果进行评价，具体操作如下：将纳入模型中的每个独立流行季依次作为目标流行季（每次只选取 1 个流行季，直到完成所有流行季的预警），剩下的流行季作为“历史”监测数据用于模型分析，从而计算模型的特异度（specificity）、灵敏度（sensitivity）、阴性预测值（negative predictive value, NPV）、阳性预测值（positive predictive value, PPV）、马修斯相关系数（matthews correlation coefficient, MCC）及约登指数（Youden Index）等指标，以此全面评估 MEM 模型的预警效果。

1.4 统计学处理

采用 Excel 2016 建立安徽省流感病毒分周检测阳性率的数据库，数据分析借助基于 R4.3.3 的“MEM.packages”程序包完成。

2 结果

2.1 安徽省历年流感病毒监测情况

哨点医院监测安徽省 2013—2024 年冬春季流感病毒检测阳性率为 20.34%，其中各年度冬春季阳性率分别为 2013/2014 (20.02%)、2014/2015 (12.51%)、2015/2016 (18.08%)、2016/2017 (21.33%)、2017/2018 (27.28%)、2018/2019 (28.61%)、2019/2020 (20.85%)、2020/2021 (0.16%)、2021/2022 (18.96%)、2022/2023 (26.10%)、2023/2024 (27.48%)。2020/2021 年度冬春季一直处于较低水平，其他年度均显示有较强的季节性流行趋势。见图

1。

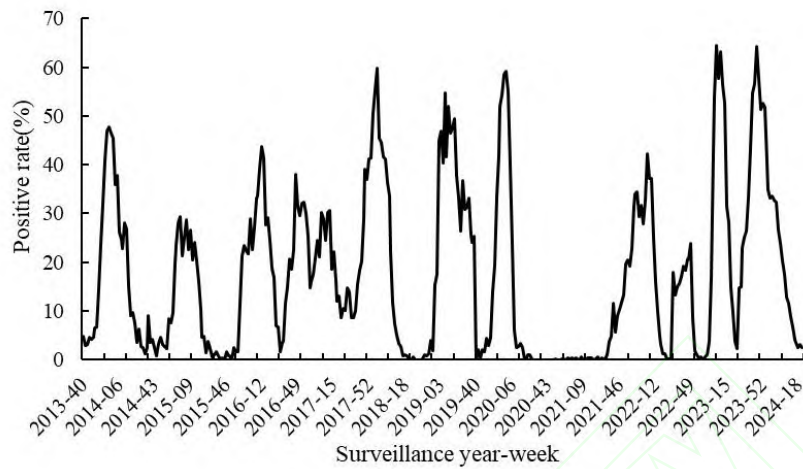


图 1 安徽省 2013—2024 年冬春季哨点医院监测流感病毒的阳性检出率

Fig.1 Positive rate of influenza virus monitored by Sentinel hospitals in Anhui Province during winter and spring, 2013—2024

2.2 流行季节的选择

本研究分别探究新冠流行前后的流感流行阈值与流行强度阈值，由于新冠疫情期间干预措施的实施，2020/2021 年流感病毒阳性率一直处于较低水平，与其他流行季的数据存在较大偏差，易对建模产生较大影响；此外，MEM 模型一般对单峰流行的拟合效果较好，所以本研究仅纳入安徽省 2013—2024 年期间本年底第 40 周至次年第 20 周的流感病毒检测阳性率进行冬春季流感流行的分析。

2.3 MEM 模型参数选择

本研究对模型关键参数 (δ 值) 在 2.0~3.0 之间不同取值下的拟合效果进行评价，评价指标有灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、马修斯相关系数和约登指数，根据综合评价结果选择最优的 δ 值。在新冠疫情前选定 2.4 为最优 δ 值，此时灵敏度为 0.98、特异度为 0.86、马修斯相关系数为 0.84、约登指数为 0.84；在新冠疫情后选定 2.9 为最优 δ 值，此时灵敏度为 0.86、特异度为 0.92、马修斯相关系数为 0.78、约登指数为 0.77。见图 2 和图 3。

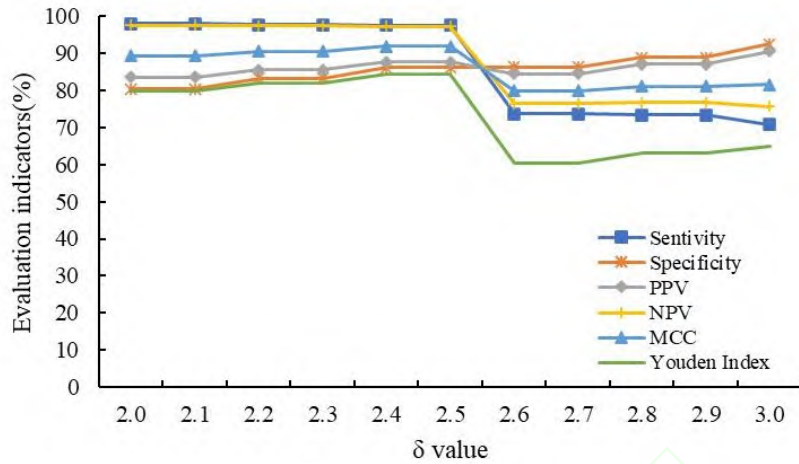


图 2 新冠疫情前不同参数 (δ 值) 设置下的 MEM 模型拟合效果

Fig.2 Fitting performance of the MEM model under different parameter (δ value) settings before the COVID-19 pandemic

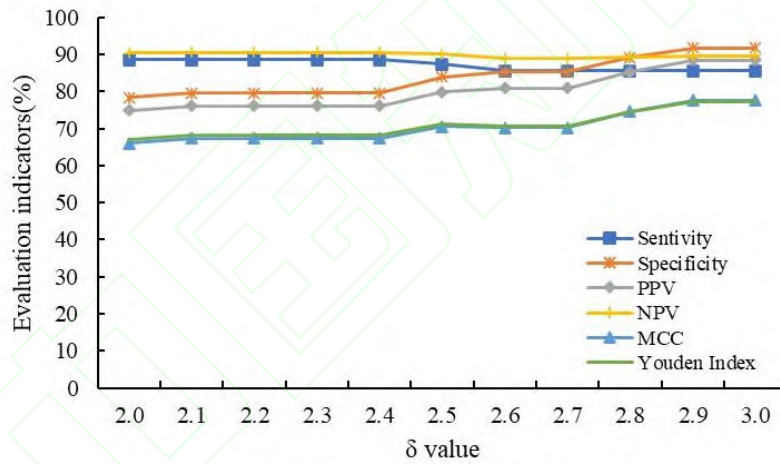


图 3 新冠疫情后不同参数 (δ 值) 设置下的 MEM 模型拟合效果

Fig.3 Fitting performance of the MEM model under different parameter (δ value) settings after the COVID-19 pandemic

2.4 MEM 模型交叉验证评价

新冠疫情前：在 2013—2019 年度流行季中每次单独抽取 1 个流行季作为目标流行季，其余的流行季作为“历史”监测数据来估计目标流行季的流行阈值，利用交叉验证的方法来评价模型拟合和流行阈值的预警效果，评价指标值分别为特异度 (0.92)、灵敏度 (0.98)、

约登指数 (0.91) 以及马修斯相关系数 (0.91)。新冠疫情后: 运用与新冠疫情前相同的方法, 评价指标值分别为特异度 (0.89)、灵敏度 (0.88)、约登指数 (0.77) 以及马修斯相关系数 (0.76)。

2.5 MEM 模型的阈值估计与强度分级

将安徽省 2013—2019 年冬春季流感病毒检测阳性率数据作为新冠疫情前流感流行基线, δ 值取 2.4; 2019—2020 年和 2021—2024 年冬春季流感病毒检测阳性率作为新冠疫情后流感流行基线, δ 值取 2.9, 建立 MEM 预警模型, 分别计算安徽省新冠疫情前后流感流行阈值和分级强度阈值。结果显示, 在新冠疫情前, 安徽省流感冬春季流行开始阈值为 17.08%, 中强度阈值为 38.47%, 高强度阈值为 53.20%, 极高强度阈值为 59.71%, 结束阈值为 12.34%。在新冠疫情后, 安徽省流感流行季开始阈值为 25.61%, 中强度阈值为 43.81%, 高强度阈值为 63.29%, 极高强度阈值为 74.46%, 流行结束阈值为 17.82%。

3 讨论

流感病毒因其传染性强、潜伏期短且易突变的特点, 每年在全球范围内引起较大范围流行, 给人群带来严重的疾病和经济负担^[18-21]。既往研究显示, 2005—2019 年中国流感相关全因死亡率为 14.33/10 万, 且可导致较高的超额死亡^[19-20]。此外, 由于不同地区环境、气候以及人群免疫水平等因素的差异, 流感在不同地区的流行特征不同, 难以用较为统一的标准判断各地区的流行水平^[22-23]。MEM 模型通过利用各地区历史监测数据, 估算当地流感流行阈值与分级强度阈值, 及时掌握流感活动水平, 为流感疫苗接种、医疗资源储备以及非药物干预措施的制定提供科学的参考依据。

MEM 模型要求纳入分析的疾病流行季数在 5~10 个为最佳, 最低不得少于 3 个, 纳入的流行季较少会影响模型精度, 过多又会导致模型受长期趋势的影响^[8, 13-14]。同时, 纳入分析的数据还应该保持在相近的量级, 若存在较大变化或差异时应考虑去除异常年份或去趋势化处理^[13-14]。参数 δ 是用于划定流行和非流行期的重要指标, 一般取值范围在 2.0~4.0 之间, MEM 模型默认取值为 2.8, 不同研究中 δ 取值不尽相同, 应根据模型拟合结果进行设置。如徐张懿等^[14]在青海省开展的研究中 δ 的取值为 2.7, 谭亚运等^[24]在对中国 7 个气候区流感流行阈值开展的研究中 δ 的取值为 2.0~3.0。本研究是在 2.0~3.0 之间, 以 0.1 为间隔, 利用 MEM 模型的“roc. analysis”函数计算模型在不同 δ 取值下的灵敏度、特异度、马修斯相关系数和约登指数等指标, 并进行综合评估, 最终在 2013—2019 年流行季取 δ 为

2.4, 在 2019—2024 年（除 2020—2021 年）流行季取 δ 为 2.9 进行建模分析。“中国流感监测信息系统”中主要有流感样病例数（influenza-like illness, ILI）、流感样病例数百分比（influenza-like illness percent, ILI%）和流感病毒检测阳性率等监测数据，需根据数据质量和模型拟合效果进行选择。既往研究曾使用 ILI、ILI%和流感确诊病例数等进行数据建模^[15-16, 25]；与徐张懿等^[14]、谭亚运^[24]、Gao et al^[17]的研究相同，本研究使用流感病毒检测阳性率进行数据建模，该数据由各网络实验室检测获得，准确性和特异性较好。ILI 易受医务人员诊疗标准、报告单位数量、节假日等特殊时间的影响，ILI%易受其他具有流感样症状病原体感染的影响，如新型冠状病毒、呼吸道合胞病毒、人偏肺病毒以及肺炎支原体等感染引起的病例也会导致 ILI%的持续上升，易对建模质量产生影响^[14]。

本研究剔除了 2020—2021 年流行季的数据，分别对 2013—2019 年共 6 个流行季、2019—2020 年和 2021—2024 年共 4 个流行季的流感病毒检测阳性率进行分析，估计全省 2019—2020 年和 2024—2025 年 2 个流感流行季的阈值和分级强度阈值。研究结果显示，MEM 在 2019—2020 年预警的模型灵敏度为 0.98，特异度为 0.92；在 2024—2025 年预警的模型灵敏度为 0.88，特异度为 0.89，2 个流行季的模型拟合效果均良好。2019—2020 年和 2024—2025 年流行季的流行阈值分别为 17.08%和 25.61%，2024—2025 年流行季（新冠疫情之后）的流行阈值和分级强度阈值均高于 2019—2020 年流行季（新冠疫情之前），这可能是由新冠疫情之后流感监测敏感性的提高和患者就诊主动性的增加所致。

本研究存在部分局限性。研究仅纳入每个流行季第 40 周至次年第 20 周的监测数据，主要是因为 MEM 模型是由 Vega et al 首先提出并在欧洲运用，欧洲地区每个流行季通常只有 1 个流感流行高峰^[8, 26-28]；安徽省地处我国南部地区，每个流感流行季可能出现夏季和冬春季 2 个流行高峰^[24]，为排除夏季高峰对数据建模的影响，本研究仅截取了各流行季的冬春季监测数据纳入分析，未能探究流感全年预警情况。后续研究将进一步提升监测数据质量、优化研究方法，弥补这一局限。

参考文献

[1] Iuliano A D, Roguski K M, Chang H H, et al. Estimates of global seasonal influenza-associated respiratory mortality: a modelling study[J]. *Lancet*, 2018, 391(10127): 1285-300. doi:10.1016/S0140-6736(17)33293-2.

[2] Uyeki T M, Hui D S, Zambon M, et al. Influenza[J]. *Lancet*, 2022, 400(10353): 693-706. doi:10.1016/S0140-

6736(22)00982-5.

[3] 朱 梦, 侯 赛, 冯玉杰, 等. 2018—2023 年安徽省流行性感冒哨点监测结果分析[J]. 安徽医科大学学报, 2023, 58(11): 1942-6. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2023.11.023.

[3] Zhu M, Hou S, Feng Y J, et al. Analysis of sentinel surveillance of influenza in Anhui Province from 2018 to 2023[J]. *Acta Univ Med Anhui*, 2023, 58(11): 1942-6. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2023.11.023.

[4] Tsan Y T, Chen D Y, Liu P Y, et al. The prediction of influenza-like illness and respiratory disease using LSTM and ARIMA[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(3): 1858. doi:10.3390/ijerph19031858.

[5] Panahi M H, Parsaeian M, Mansournia M A, et al. Detection of influenza epidemics using hidden Markov and Serfling approaches[J]. *Transbound Emerg Dis*, 2021, 68(4): 2446-54. doi:10.1111/tbed.13912.

[6] Wang X, Wu S, MacIntyre C R, et al. Using an adjusted Serfling regression model to improve the early warning at the arrival of peak timing of influenza in Beijing[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0119923. doi:10.1371/journal.pone.0119923.

[7] Adeoye A, Onifade I A, Bayode M, et al. Artificial intelligence and computational methods for modelling and forecasting influenza and influenza-like illness: a scoping review[J]. *Beni Suf Univ J Basic Appl Sci*, 2025, 14(1): 93. doi:10.1186/s43088-025-00682-2.

[8] Vega T, Lozano J E, Meerhoff T, et al. Influenza surveillance in Europe: comparing intensity levels calculated using the moving epidemic method[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2015, 9(5): 234-46. doi:10.1111/irv.12330.

[9] Bouguerra H, Boutouria E, Zorruga M, et al. Applying the moving epidemic method to determine influenza epidemic and intensity thresholds using influenza-like illness surveillance data 2009-2018 in Tunisia[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2020, 14(5): 507-14. doi:10.1111/irv.12748.

[10] Biggerstaff M, Kniss K, Jernigan D B, et al. Systematic assessment of multiple routine and near real-time indicators to classify the severity of influenza seasons and pandemics in the United States, 2003-2004 through 2015-2016[J]. *Am J Epidemiol*, 2018, 187(5): 1040-50. doi:10.1093/aje/kwx334.

[11] Bangert M, Gil H, Oliva J, et al. Pilot study to harmonize the reported influenza intensity levels within the Spanish Influenza Sentinel Surveillance System (SISSS) using the Moving Epidemic Method (MEM)[J]. *Epidemiol Infect*, 2017, 145(4): 715-22. doi:10.1017/S0950268816002727.

[12] Green H K, Charlett A, Moran-Gilad J, et al. Harmonizing influenza primary-care surveillance in the United Kingdom: piloting two methods to assess the timing and intensity of the seasonal epidemic across several general practice-based surveillance schemes[J]. *Epidemiol Infect*, 2015, 143(1): 1-12. doi:10.1017/S0950268814001757.

[13] Yang W, Li Z, Lan Y, et al. A nationwide web-based automated system for outbreak early detection and rapid response in China[J]. *Western Pac Surveill Response J*, 2011, 2(1): 10-5. doi:10.5365/WPSAR.2010.1.1.009.

[14] 徐张懿, 赵金华, 丁小津, 等. 移动流行区间法在青海省流感流行阈值制定中的应用[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(12): 1447-52. doi:10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.12.016.

- [14] Xu Z Y, Zhao J H, Ding X J, et al. Application of moving epidemic method (MEM) in the formulation of influenza epidemic threshold in Qinghai Province[J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2021, 25(12): 1447-52. doi:10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.12.016.
- [15] Khaleel H A, Alhilfi R A, Rawaf S, et al. Identify future epidemic threshold and intensity for influenza-like illness in Iraq by using the moving epidemic method[J]. *IJID Reg*, 2024, 10: 126-31. doi:10.1016/j.ijregi.2023.12.005.
- [16] Vega T, Lozano J E, Meerhoff T, et al. Influenza surveillance in Europe: establishing epidemic thresholds by the moving epidemic method[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2013, 7(4): 546-58. doi:10.1111/j.1750-2659.2012.00422.x.
- [17] Gao Y, Zhou Y, Luo S, et al. Application of the moving epidemic method for influenza surveillance in Kunming[J]. *Front Public Health*, 2025, 13: 1601781. doi:10.3389/fpubh.2025.1601781.
- [18] Feng L, Feng S, Chen T, et al. Burden of influenza-associated outpatient influenza-like illness consultations in China, 2006-2015: a population-based study[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2020, 14(2): 162-72. doi:10.1111/irv.12711.
- [19] Li L, Liu Y, Wu P, et al. Influenza-associated excess respiratory mortality in China, 2010-15: a population-based study[J]. *Lancet Public Health*, 2019, 4(9): e473-81. doi:10.1016/S2468-2667(19)30163-X.
- [20] Li J, Chen Y, Wang X, et al. Influenza-associated disease burden in China's mainland: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 2886. doi:10.1038/s41598-021-82161-z.
- [21] Putri W C W S, Muscatello D J, Stockwell M S, et al. Economic burden of seasonal influenza in the United States[J]. *Vaccine*, 2018, 36(27): 3960-6. doi:10.1016/j.vaccine.2018.05.057.
- [22] Tamerius J, Nelson M I, Zhou S Z, et al. Global influenza seasonality: reconciling patterns across temperate and tropical regions[J]. *Environ Health Perspect*, 2011, 119(4): 439-45. doi:10.1289/ehp.1002383.
- [23] Russell C A, Jones T C, Barr I G, et al. The global circulation of seasonal influenza A (H3N2) viruses[J]. *Science*, 2008, 320(5874): 340-6. doi:10.1126/science.1154137.
- [24] 谭亚运, 曾令佳, 秦颖, 等. 谭亚运, 曾令佳, 秦颖, 等. 移动流行区间法在中国 7 个气候区流感流行阈值制定中的应用效果评价[J]. *中华预防医学杂志*, 2019, 53(10): 5. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.10.010.
- [24] Tan Y Y, Zeng L J, Qin Y, et al. Evaluation of the application of moving epidemic method on making influenza epidemic thresholds in the 7 climate zones in China[J]. *Chi J Prev Med*, 2019, 53(10):5. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.10.010.
- [25] Harcourt S E, Morbey R A, Smith G E, et al. Developing influenza and respiratory syncytial virus activity thresholds for syndromic surveillance in England[J]. *Epidemiol Infect*, 2019, 147: e163. doi:10.1017/S0950268819000542.
- [26] Biggerstaff M, Kniss K, Jernigan D B, et al. Systematic assessment of multiple routine and near real-time

indicators to classify the severity of influenza seasons and pandemics in the United States, 2003-2004 through 2015-2016[J]. *Am J Epidemiol*, 2018, 187(5): 1040-50. doi:10.1093/aje/kwx334.

[27] Murray J L K, Marques D F P, Cameron R L, et al. Moving epidemic method (MEM) applied to virology data as a novel real time tool to predict peak in seasonal influenza healthcare utilisation. The Scottish experience of the 2017/18 season to date[J]. *Eur Commun Dis Bull*, 2018, 23(11): 18-00079. doi:10.2807/1560-7917.ES.2018.23.11.18-00079.

[28] Rakocevic B, Grgurevic A, Trajkovic G, et al. Influenza surveillance: determining the epidemic threshold for influenza by using the Moving Epidemic Method (MEM), Montenegro, 2010/11 to 2017/18 influenza seasons[J]. *Eur Commun Dis Bull*, 2019, 24(12): 1800042. doi:10.2807/1560-7917.ES.2019.24.12.1800042.

