

2015—2025 年河南省猩红热流行病学特征分析 与发病趋势预测模型评估

孙湘园, 黄佳敏, 王盼盼, 张钰, 齐海汇, 王孟茹, 王浩, 陈伟, 郭小芳

河南省疾病预防控制中心应急办公室, 河南 郑州 450016

摘要: 目的 分析 2015—2025 年河南省猩红热流行病学特征和发病趋势, 评估不同时间序列预测模型在该病流行趋势预测中的应用性能。**方法** 自“中国疾病预防控制中心信息系统”中收集 2015—2025 年河南省猩红热发病数据, 采用 JoinPoint 回归模型分析长期的发病趋势, 通过 R4.5.1 软件构建 SARIMA、XGBoost 和 Prophet 模型, 预测 2025 年 1—9 月河南省的猩红热发病数, 采用平均绝对误差(mean absolute error, MAE)、均方根误差(root mean square error, RMSE)、平均误差率(mean error rate, MER)和对称平均绝对百分比误差(symmetric mean absolute percentage error, SMAPE)评价模型预测效果。**结果** 2015—2025 年河南省累计报告猩红热发病 16 071 例, 无死亡报告, 年平均发病率 1.52 / 10 万, 呈年度双峰季节性分布, 高峰集中于 4—7 月和 11 月至次年 1 月; 高发于 4~<10 岁儿童和豫北城市。发病趋势呈阶段性变化: 2019—2022 年发病数显著下降 ($APC=-47.85\%$, $P<0.05$), 2023 年起快速上升 ($APC=105.62\%$, $P<0.05$)。Prophet 模型综合性能最优, MAE (22.96)、RMSE (28.50)、MER (11.87%)、SMAPE (17.64%) 值均低于 SARIMA 和 XGBoost 模型, 其短期 (≤ 5 个月) 预测效果好, 5 个月后预测精度逐渐下降。结论 2015—2025 年河南省猩红热发病趋势呈“平稳—骤降—回升”3 个阶段, 发病人群和地区特征分布较稳定。在短期预测中, 与 SARIMA 和 XGBoost 模型相比, Prophet 模型展现出更优的性能。

关键词: 猩红热; 流行病学特征; 发病趋势; 预测; 模型

中图分类号: R151.1,R181.3 **文献标识码:** A

Epidemiological characteristics and evaluation of an incidence trend prediction model for scarlet fever in Henan Province, 2015-2025

SUN Xiangyuan, HUANG Jiamin, WANG Panpan, ZHANG Yu, QI Haihui, WANG Mengru,
WANG Hao, GUO Xiaofang

Emergency Office, Henan Center for Disease Control and Prevention, Zhengzhou, Henan 450016, China

Corresponding author: GUO Xiaofang, E-mail: 13938570723@163.com

Abstract: Objective To analyze the epidemiological characteristics and incidence trend of scarlet fever in Henan Province from 2015 to 2025, and to evaluate the application performance of different time series prediction models in forecasting the epidemic trend of the disease. **Methods** The incidence data of scarlet fever in Henan Province from 2015 to 2025 were collected from the China Disease Control and Prevention Information System. JoinPoint regression model was used to analyze the long-term incidence trend. SARIMA, XGBoost, and Prophet models were constructed using R 4.5.1 software to predict the incidence of scarlet fever in Henan Province from January to September 2025. The prediction performance of the models was evaluated using mean absolute error (MAE), root mean squared error (RMSE), mean error rate (MER), and symmetric mean absolute percentage error (SMAPE). **Results** A total of 16 071 scarlet fever cases were reported in Henan Province from 2015 to 2025, with no deaths, and the annual average incidence rate was 1.52 per 100,000 population. The incidence showed an

基金项目: 2025 年河南疾控科技攻关专项计划项目 (HNCDCRKCX202505)

作者简介: 孙湘园, 医师, 硕士研究生, 研究方向: 疾病控制

通讯作者: 郭小芳, E-mail: 13938570723@163.com

annual bimodal seasonal distribution each year, with peaks concentrated from April to July and from November to January of the following year. The disease was highly prevalent in children aged 4-10 years and in northern cities of Henan Province. The incidence trend presented phased changes: the number of cases decreased significantly from 2019 to 2022 ($APC=-47.85\%$, $P<0.05$), and increased rapidly from 2023 onward ($APC=105.62\%$, $P<0.05$). Prophet model had the optimal comprehensive performance, with MAE (22.96), RMSE (28.50), MER (11.87%), and SMAPE (17.64%) all lower than those of SARIMA and XGBoost models. It showed a good short-term prediction performance (≤ 5 months), and prediction accuracy gradually decreased when the forecasting period exceeded 5 months. **Conclusions** The incidence trend of scarlet fever in Henan Province from 2015 to 2025 presented a three-stage pattern of "stability-plunge-recovery", with relatively stable distribution characteristics in terms of population and regions. In short-term prediction, Prophet model exhibited better performance compared with SARIMA and XGBoost models.

Keywords: Scarlet fever; Epidemiological characteristics; Incidence trend; Prediction; Model

猩红热是由 A 组链球菌感染所致的综合征, 典型临床表现为可褪色砂纸样红斑丘疹、特征性草莓舌及渗出性咽炎。该病好发于学龄期儿童及青少年, 在学校等人群密集场所传播风险较高^[1]。19 世纪至 20 世纪初, 猩红热曾被列为致命性疾病, 自青霉素等抗菌药物广泛应用后, 全球范围内该病的发病率与死亡率均显著下降^[2]。近年来, 以英国为代表的多个国家相继出现猩红热疫情复燃现象, 尤其自 2022 年 9 月以来, 法国、荷兰、瑞典等欧洲多国报告猩红热及侵袭性 A 组链球菌感染病例激增, 且发病群体以 10 岁以下儿童为主^[3-4]。2011 年中国猩红热发病率的急剧上升, 再次引发了学界对该疾病的广泛关注^[5]。

既往研究显示, 河南省猩红热发病具有显著季节性特征, 每年 4—5 月出现发病高峰, 11 月至次年 1 月出现次高峰, 且 2011 年以来疫情呈明显上升趋势^[6-7]。时间序列模型可对时序数据进行拟合与预测, 揭示疾病发展演变规律, 通过对传染病时序数据的分析, 能够实现疫情发展趋势监测、早期预警及防控效果评估^[8-10]。基于此, 本研究通过分析 2014 年后河南省猩红热的流行病学特征, 构建 SARIMA、XGBoost 及 Prophet 模型对 2025 年发病数进行预测, 对比不同模型的拟合及预测效能, 筛选最优预测模型, 为河南省猩红热精准防控提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料 来源于“中国疾病预防控制中心信息系统”。按“发病日期”和“现住址”选取 2015—2025 年河南省猩红热病例数据。

1.2 研究方法

1.2.1 时间变化趋势 采用 JoinPoint5.4.0 软件进行发病趋势分段回归分析, 计算年度变化百分比 (annual percent change, APC)、平均年度变化百分比 (average annual percent change, AAPC), 定量评价 2015—2025 年报告发病率的时间变化趋势。若 APC 和 AAPC 小于 0, 提示发病呈逐年下降趋势; 反之, 若 APC 和 AAPC 大于 0, 则表明发病呈上升趋势。

1.2.2 预测模型构建 使用 R4.5.1 软件建立河南省猩红热月发病数的 SARIMA、XGBoost 和 Prophet 模型进行拟合与预测, 以 2015—2024 年发病数为训练集, 2025 年 1—9 月发病数为测试集, 评价不同模型预测效果。

SARIMA 模型通过 auto.arima 函数自动优化参数, 筛选得到最优季节性时间序列模型 SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)₁₂。模型非季节性参数包含自回归阶数 (p)、差分阶数 (d) 与移动平均阶数 (q), 季节性参数包含自回归阶数 (P)、差分阶数 (D) 与移动平均阶数 (Q), 季节周期长度适配月度数据设定为 12。模型以 AIC 值作为参数筛选依据, 对模型残差进行 Ljung

—Box 检验。

Prophet 模型借助 R 语言的 prophet 包构建,针对猩红热发病数据的时序特征进行建模。根据年度季节性特征,捕捉猩红热发病数的年度周期波动规律,趋势项与变化点相关参数均使用模型默认设置。拟合阶段采用默认的线性近似方法描述序列趋势,基于预先生成的数据框调用 predict()函数完成对应时段的发病数预测。

XGBoost 针对猩红热发病数时序数据,先通过自定义函数 create_time_features()完成特征工程:按日期排序后衍生基础时间、多阶滞后及滚动统计特征,筛选 year、month、season、lag_1、lag_12、rolling_3_mean6 个核心特征并转换为矩阵格式;再设计含树深度、学习率、迭代次数的 8 组参数网格,基于基础 R 实现 5 折交叉验证,遍历参数组合并以平均 RMSE 为指标筛选最优参数。

1.3 统计学分析 采用 WPS 2010 和 SPSS 22.0 软件对数据进行整理和分析,计数资料用[n(%)]或[n/(10 万)]表示,使用 Joinpoint 5.4.0 软件分析变化趋势,地区分布采用 ArcMap 10.8.2 软件建图。采用 R4.5.1 软件建立 SARIMA、XGBoost 和 Prophet 模型进行拟合与预测,使用平均绝对误差(mean absolute error, MAE)、均方根误差(root mean square error, RMSE)、平均误差率(mean error rate, MER)和对称平均绝对百分比误差(symmetric mean absolute percentage error, SMAPE)对所有建立的模型进行评估^[11-12],以确定最佳模型。各项指标取值越低代表模型拟合效果越优。通过与观测值进行比较评价模型效果,并预测 2026 年发病数据。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 流行特征 2015—2025 年河南省累计报告猩红热发病 16 071 例,其中临床诊断病例 15 124 例、确诊病例 947 例。年均发病率 1.52 / 10 万,无死亡报告,猩红热发病水平总体呈现先下降后上升趋势,2020 年出现断崖式下跌,2023 年起发病率持续回升,2025 年发病水平已接近 2015 年基线水平。见图 1。

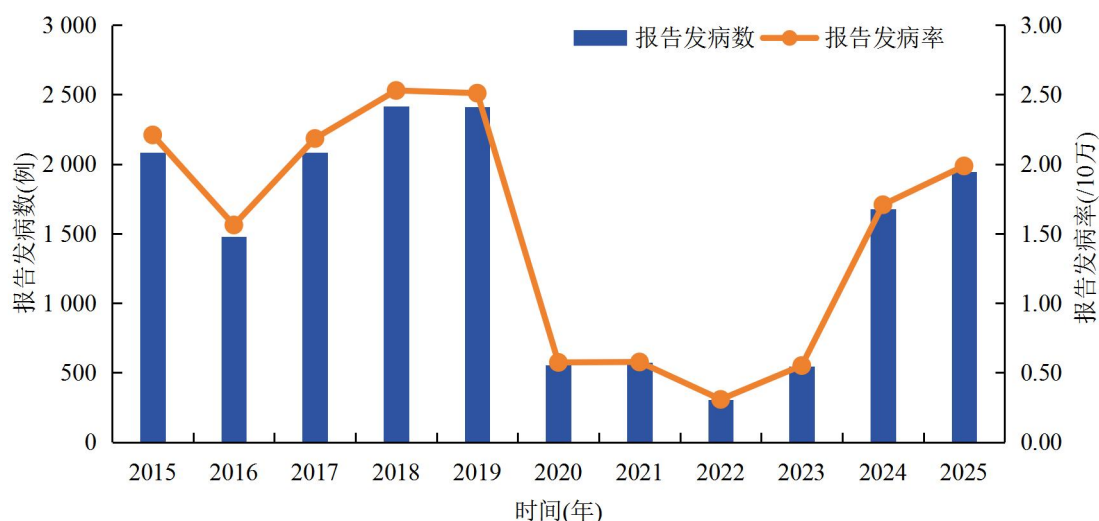


图 1 2015—2025 年河南省猩红热发病情况

病例在各月份均有分布,按时间维度划分为 2015—2019 年、2020—2022 年、2023—2025 年 3 个阶段,各阶段发病整体表现为年度双峰流行特征。见图 2。两个流行高峰时段相对固定,主要集中在 4—7 月及 11 月至次年 1 月,高峰月份无明显改变。见图 3。人群分布方面,所有病例中男性 9 715 例,女性 6 356 例,男女性别比 1.53 : 1,近 10 年男女发病数比在 1.14~1.59 范围内波动,无明显上升或下降趋势。年龄最小为 2 天,最大

为 70 岁，主要集中在 4~<10 岁年龄组，其中 6 岁年龄组年均发病率最高(19.23 / 10 万)。见图 4。职业构成以幼托儿童(48.42%)、学生(35.72%)和散居儿童(15.00%)为主。地区分布上，河南省各地市均有猩红热病例报告，年均发病率最高的地区分别为：濮阳市(4.70/10 万)、焦作市(4.12/10 万)和郑州市(4.01/10 万)。各年份高发地区格局较稳定，未出现明显地域扩散或聚集转移趋势。见图 5。

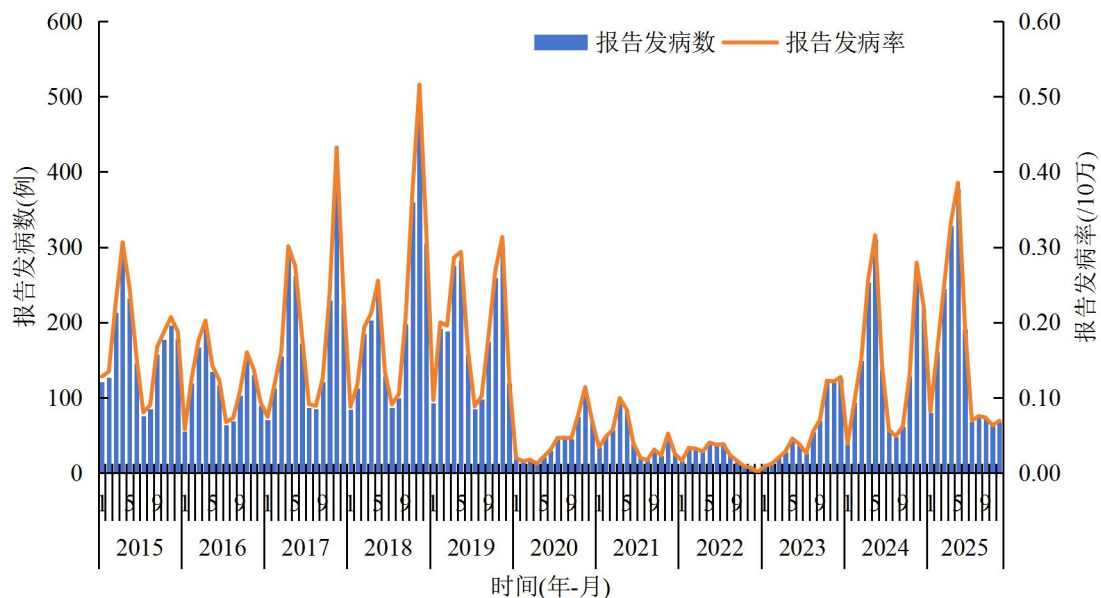


图 2 2015—2025 年河南省猩红热发病时间分布

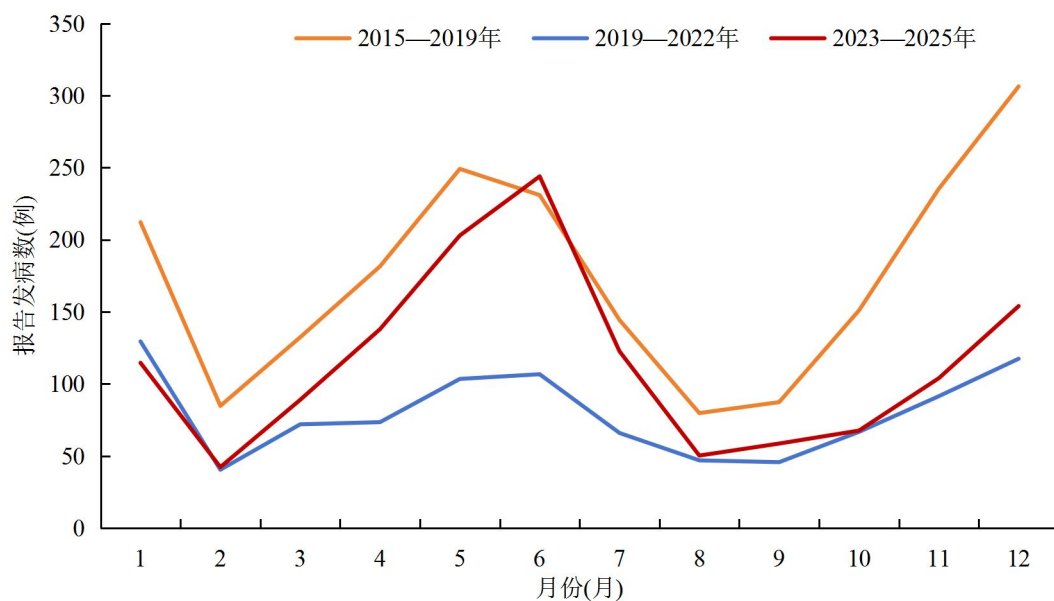


图 3 2015—2025 年河南省猩红热月分布图

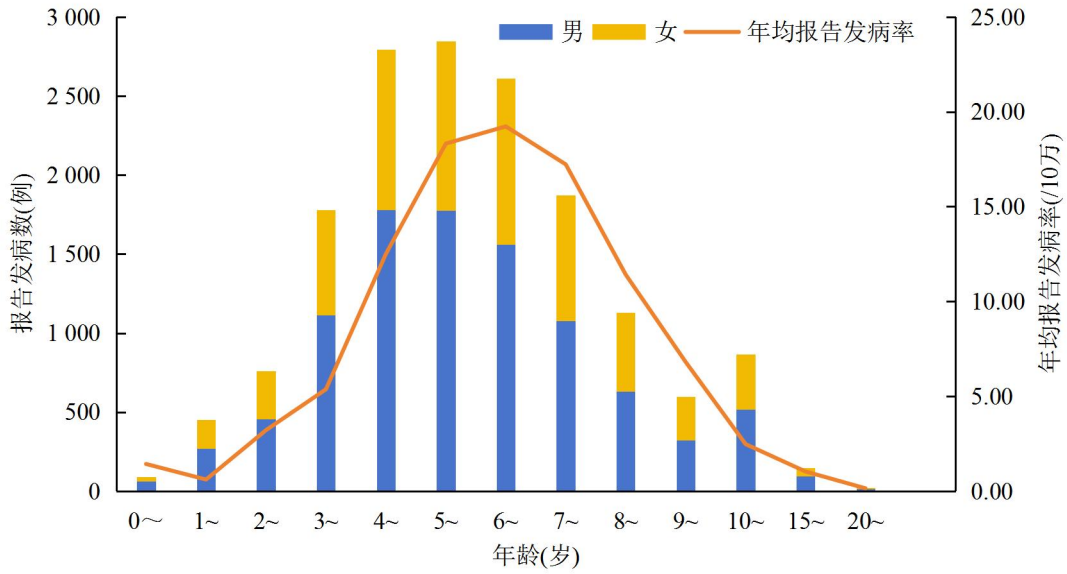


图 4 2015—2025 年河南省猩红热分年龄组和性别发病情况

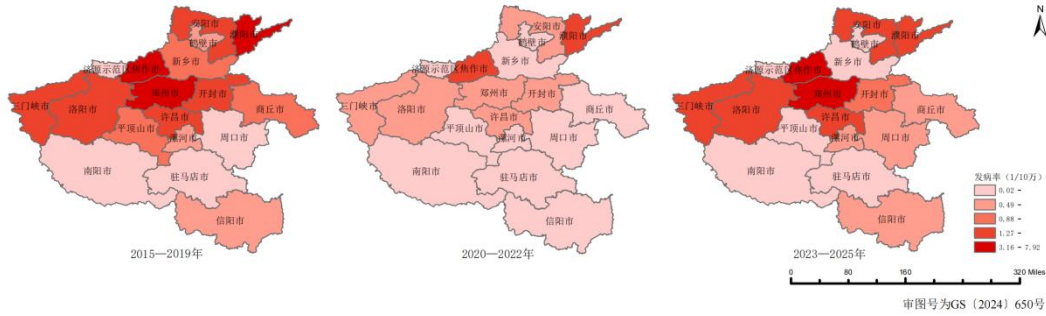


图 5 2015—2025 年河南省猩红热分阶段猩红热不同地区发病情况

2.2 不同时间段发病趋势分析 JoinPoint 回归分析结果显示，2015—2025 年河南省猩红热发病趋势呈显著的三阶段时序变化特征，核心转折点分别为 2019 年和 2022 年。分阶段分析结果显示，2015—2019 年发病率维持平稳态势，无统计学显著变化 ($APC=-0.22\%$, $P=0.80$)，2019—2022 年发病率呈急剧下降趋势 ($APC=-47.85\%$, $P<0.001$)，2022—2025 年发病率趋势迅速逆转，呈显著上升态势 ($APC=105.62\%$, $P<0.001$)，见表 1。2015—2025 年发病率整体变化平稳 ($AAPC=2.03\%$, $P=0.46$)。

表 1 2015—2025 年河南省猩红热分阶段发病数趋势变化

时间段(年)	APC(95%CI, %)	P 值	AAPC(95%CI, %)	P 值
2015—2019	-0.22 (-13.57~44.71)	0.797		
2019—2022	-47.85 (-58.47~29.96)	< 0.001	2.03(-4.7846~10.6157)	0.462
2022—2025	105.62 (51.93~261.77)	< 0.001		

2.3 发病趋势预测

2.3.1 建模结果 通过 auto.arima 函数自动优化模型参数，筛选出的最优 SARIMA 模型为 $ARIMA(2, 1, 2)(1, 0, 0)_{12}$ ，该模型的 $AIC=1409.09$ 。残差的 Ljung-Box 检验结果表明， $Q=0.22$, $P=0.64$ ，无法拒绝残差为白噪声序列的假设，证明模型充分提取了序列信息，拟合效果有效，可用于后续预测。根据月度长时序数据的双峰季节性与阶段性波动特征优化 Prophet 模型参数，模型最佳趋势变化点先验尺度、季节性先验尺度分别设为 0.25 和 11，变化点数设置为 5，预测区间宽度设置为 0.95。XGBoost 模型最终确定 $max_depth=3$ 、 $\eta=0.1$ 、 $nrounds=100$ 、 $subsample=0.8$ 为最优组合，兼顾模型拟合精度与泛化能力。

2.3.2 模型拟合效果对比 为综合评估不同时间序列模型对猩红热发病数的拟合能力，本研究选取 SARIMA、Prophet 和 XGBoost 三种模型，基于 2015 年 1 月—2024 年 12 月河南省猩红热月度发病数数据建模。拟合结果显示，XGBoost 模型表现最优，Prophet 模型拟合效果次之，SARIMA 模型拟合精度相对最差。见表 2。整体而言，XGBoost 和 Prophet 模型预测的各项误差指标均明显低于 SARIMA 模型，表明基于机器学习的模型对猩红热发病时序数据的拟合能力优于传统时间序列模型。

表 2 不同模型拟合效果比较

模型	拟合效果			
	MAE	RMSE	MER(%)	SMAPE(%)
SARIMA	34.38	48.32	29.20	40.31
XGBoost	19.98	28.14	17.91	26.91
Prophet	29.54	39.16	25.37	37.27

2.3.2 模型预测效果对比 基于上述三种模型（SARIMA、Prophet、XGBoost），对 2025 年 1—9 月河南省猩红热发病数进行预测，并与同期实际发病数据进行对比验证，见表 3。结果显示，Prophet 模型预测表现最优，其 MAE（14.23）RMSE（18.23）MER（7.46%）和 SMAPE（6.07%）均显著低于 XGBoost 与 SARIMA 模型，见表 4。综合来看，Prophet 模型综合性能最优，泛化能力强且拟合与预测表现均衡。见图 6。

表 3 2025 年 1—9 月不同模型预测结果

月份	真实值	预测值（95%CI）		
		SARIMA	XGBoost	Prophet
1	218	262(165~359)	210(155~265)	214(138~290)
2	80	147(9~284)	119(63~174)	65(-10~141)
3	161	100(-52~252)	94(38~149)	163(83~236)
4	245	118(-37~274)	194(138~249)	225(138~305)
5	328	212(54~369)	264(209~320)	337(248~417)
6	377	290(126~454)	213(158~269)	340(243~428)
7	191	234(56~412)	254(199~310)	215(129~302)
8	68	169(-26~365)	124(69~180)	116(38~199)
9	74	124(-83~331)	61(6~116)	123(43~207)

表 4 不同模型预测效果比较

模型	MAE	RMSE	MER(%)	SMAPE(%)
SARIMA	77.40	82.96	39.99	46.59
XGBoost	58.36	72.20	30.15	33.57
Prophet	22.96	28.50	11.87	17.64

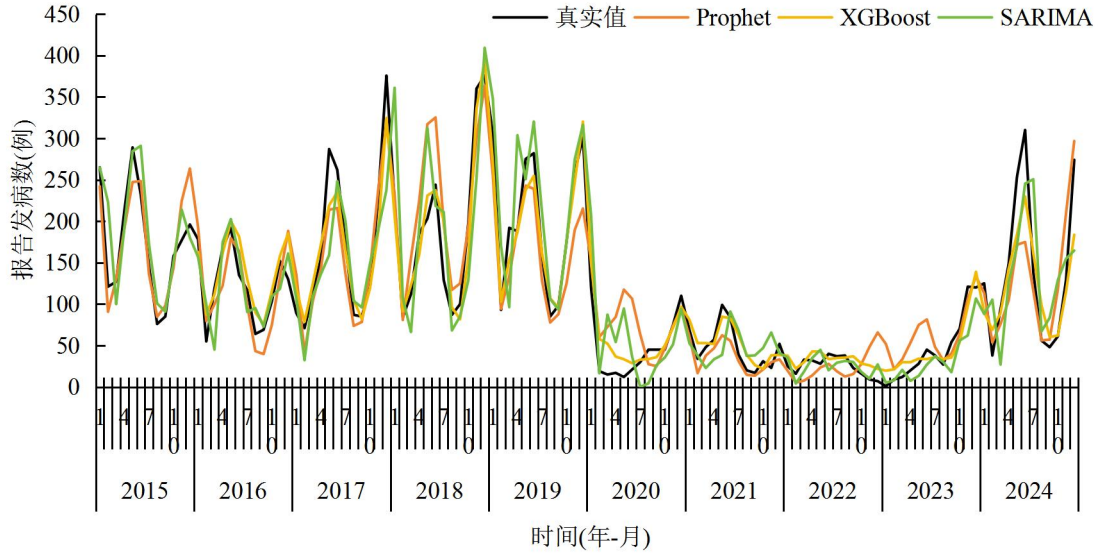


图 6 不同模型拟合和预测结果

2.3.3 短期预测效果分析 基于 Prophet 模型分别开展 2025 年 1—9 月猩红热发病数的分时长预测验证，以预测值与真实值的误差指标为评估依据。结果显示，1 个月短期预测时 Prophet 模型性能最优，各项误差指标均达到最低水平，2—5 个月短期预测范围内，模型预测精度保持在可控区间，未出现显著波动，展现出较强的预测稳定性；而当预测时长延伸至 6 个月及以上的中期尺度时，模型预测精度呈现持续下降趋势，预测值与实际值的偏差逐步扩大。见表 5 和图 7。

表 5 Prophet 模型不同时长预测效果比较

预测时长 (月)	MAE	RMSE	MER(%)	SMAPE(%)
1	4.34	4.34	1.99	2.01
2	9.62	10.97	6.46	11.27
3	6.98	9.01	4.57	7.87
4	10.4	11.32	5.91	8.4
5	9.95	12.03	4.82	6.96
6	14.23	18.23	6.07	7.46
7	15.6	19.13	6.83	8.07
8	19.66	24.67	9.44	13.59
9	22.96	28.5	11.87	17.64

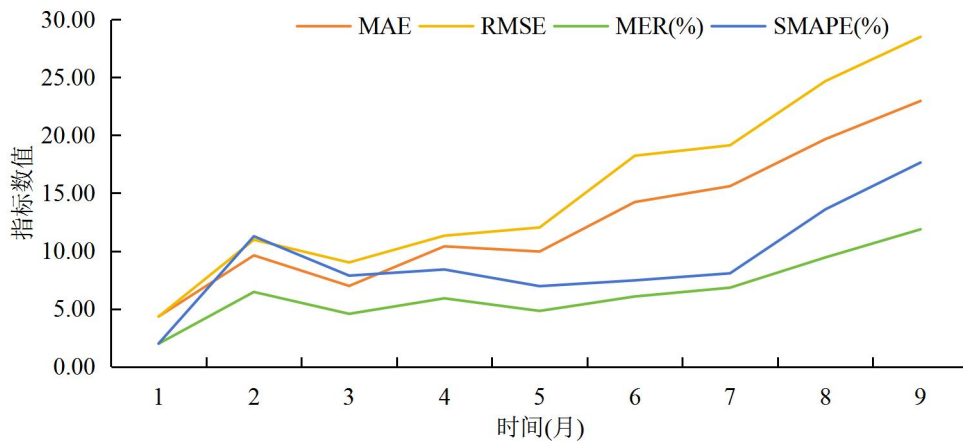


图 7 Prophet 模型 2025 年 1—9 月短期预测效果

3 讨论

结果显示, 2015—2025 年猩红热发病显示双峰季节性分布, 发病高峰集中于 4—7 月和 11 月至次年 1 月, 该季节分布与既往研究结果一致^[6-7], 提示河南省猩红热流行的季节驱动因素具有长期稳定性, 推测可能与气候条件变化、人群聚集性活动强度及呼吸道传染病传播的季节特征密切相关。从人群分布特征分析, 4~9 岁组为高发年龄组, 病例构成以幼托儿童、学生和散居儿童为主, 近 10 年猩红热人群分布特征虽存在小幅年度波动, 但整体无显著变化趋势, 进一步表明学校及托幼机构为猩红热防控重点关注场所。高发区域稳定聚集于濮阳、焦作、郑州等河南省北部城市, 且地域聚集性具有延续性^[6-7], 原因可能是河南省总体呈西疏东密发热人口空间分布格局, 郑州及其周边地市人口聚集明显^[13]。且豫北冬春干燥, 更有利于猩红热飞沫传播, 较低的气温也增加了病原体在密闭空间内传播的机会^[14]。除人口和气候因素外, 不同城市医疗机构对猩红热的诊疗能力和报告意识的不均衡也会造成影响。

2015—2025 年河南省猩红热发病数呈现先下降后上升的阶段变化特征, 与全国同期流行态势基本一致^[15], 2019 年、2022 年为两个关键转折点。2019—2022 年河南省猩红热发病数急剧减少, 可能与新冠疫情期间采取的防控措施有关。人员流动管控、校园停课、个人防护等措施, 有效阻断猩红热通过飞沫及密切接触传播, 多重因素叠加推动发病水平显著回落^[16]。2023—2025 年河南省猩红热发病数显著上升, 与国内其他地区研究结果一致^[16-18], 其原因可能在于 2023 年疫情防控措施放宽后, 人群流动及聚集恢复至新冠疫情前水平, 叠加长期干预导致的免疫屏障弱化、易感人群积累, 使猩红热发病数快速反弹。

预测模型在疾病预防控制中扮演着重要角色^[19]。本研究构建 SARIMA、Prophet 及 XGBoost 模型, 拟合 2015—2024 年河南省猩红热发病数并预测 2025 年 1—9 月发病水平, 同时探究 Prophet 模型不同预测时长的性能差异。结果显示, 三种模型性能差异显著。SARIMA 作为经典线性模型, 难以捕捉气候、人口流动等非线性特征^[20], SARIMA 拟合及预测效果均欠佳。XGBoost 凭借集成学习优势可有效拟合非线性关系^[21], 但在本研究场景下预测效果不理想。Prophet 融合时序分解与机器学习算法^[22], 拟合精度略逊于 XGBoost, 但显著优于 SARIMA, 泛化能力最优, 拟合与预测效果较好, 更适宜本研究场景下的预测。Prophet 模型的不同时长预测分析表明, 随着预测时长增加, MAE、RMSE、MER、SMAPE 指标均明显升高, ≤5 个月短期预测性能良好, 超过 5 个月后精度持续下降, 符合时间序列预测普遍规律^[23-24]。综上, 本研究构建的 Prophet 模型在 ≤5 个月短期预测中性能出色, 可有效预测河南省猩红热月度发病趋势。

综上所述, 2015—2025 年河南省猩红热呈年度双峰流行特征, 高发人群为 10 岁以下幼托儿童、学生及散居儿童, 豫北发病率高于豫南, 与本地既往流行规律一致。新冠疫情期间, 发病数受防控措施影响骤降, 新冠过后发病数逐步回升, 2024 年已恢复至疫情前水平。Prophet 模型对猩红热月度发病数的短期预测效果良好, 长期预测仍需更全面的数据开展深入分析。未来应进一步整合气象、社会经济、人口流动等多源数据, 构建多模型组合预测框架, 以提升预测效果, 为传染病精准防控提供支撑。

4 参考文献

- [1] SABIR S, PERERA TB. Scarlet Fever[M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025.
- [2] MATSUBARA VH, CHRISTOFOROU J, SAMARANAYAKE L. Recrudescence of scarlet fever and its implications for dental professionals[J]. Int Dent J, 2023, 73(3): 331-336.
- [3] Managing scarlet fever[J]. Drug Ther Bull, 2017, 55(9): 102.
- [4] VALCARCEL SALAMANCA B, CYR PR, et al. Increase in invasive group A streptococcal infections (iGAS) in children and older adults, Norway, 2022 to 2024[J]. Euro Surveill, 2024, 29(20): 2400242.

- [5] LIU Y, CHAN TC, YAP LW, et al. Resurgence of scarlet fever in China: A 13-year population-based surveillance study[J].Lancet Infect Dis,2018,18(8):903-912.
- [6] 陈伟,赵晓静,张杰,等.河南省 2005-2014 年猩红热流行特征分析[J].中华疾病控制杂志,2016,20(1):9-12.
- [7] 郭小芳,刘颖,何景阳.河南省 2003 ~ 2010 年猩红热流行特征分析[J].现代预防医学,2012,39(22):5983-5984,5994.
- [8] 潘静静,王文华,王莹莹,等.ARIMA 季节性模型在河南省猩红热发病预测中的应用[J].河南预防医学杂志,2022,33(12):899-902,912.
- [9] 周慧娴,龙前进,邓春燕,等.传染病时间序列分析在传染病监测和早期预警中的应用[J].现代疾病预防控制,2025,36(2):159-164.
- [10] 刘天,黄继贵,侯清波,等.传染病时间序列预测模型选择探讨[J].预防医学情报学杂志,2024,40(3):239-244.
- [11] CHICCO D, WARRENS MJ, JURMAN G. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation[J].PeerJ Comput Sci,2021(7):e623.
- [12] LIU Q, LI Z, JI Y, et al. Forecasting the seasonality and trend of pulmonary tuberculosis in Jiangsu Province of China using advanced statistical time-series analyses[J].Infect Drug Resist,2019(12): 2311-2322.
- [13] 张硕.河南省人口分布时空演变及其影响因素分析[D].郑州:河南理工大学,2024.
- [14] 王孟颖,张昭玉,张金,等.2010-2019 年辽宁省沈阳市猩红热发病与气象因素的关联性分析[J].预防医学论坛,2022,28(10):734-738.
- [15] 张云飞,申雨欣,苗雨露,等.2010—2023 年全国猩红热流行特征及趋势分析[J].实用预防医学,2025,32(9):1046-1051.
- [16] 蔺洁,梁智超,胥婉婷,等.新型冠状病毒感染疫情防控措施对克拉玛依市常见呼吸道传染病发病影响的定量评估[J].实用预防医学,2025,32(1):9-14.
- [17] 张龙飞,何文华,张艳,等.2014—2023 年兰州市 0~14 岁儿童呼吸道传染病流行特征及趋势分析[J].现代预防医学,2025,52(16):2938-2944.
- [18] 李晓娟,王仕莲,苏建娟,等.2014—2023 年云南省猩红热流行趋势及时空分布特征[J].中华疾病控制杂志,2025,29(5):527-535.
- [19] 宋雨昕,叶倩,赵盟生,等.疾病风险动态预测模型方法前沿进展与精准预防[J].科技导报,2024,42(12):75-91.
- [20] SUDARSHAN VK, BRABRAND M, RANGE TM, et al. Performance evaluation of emergency department patient arrival forecasting models by including meteorological and calendar information: A comparative study[J].Comput Biol Med,2021(135): 104541.
- [21] HOU N, LI M, HE L, et al. Predicting 30-day mortality for MIMIC-III patients with sepsis-3: A machine learning approach using XGboost[J].J Transl Med,2020,18(1):462.
- [22] LIAO S, YANG C, LI D. Improving precise point positioning performance based on Prophet model[J].PLoS One,2021,16(1):e0245561.
- [23] 陈媛英,陆沛超,夏莲,等.玉林市手足口病发病趋势分析与预测模型效能评估[J].应用预防医学,2025,31(6):541-546.
- [24] 卢文海,宋丽霞,熊华威,等.基于 Prophet 模型的深圳市手足口病日发病率趋势分析与预测[J].中国公共卫生,2025,41(5):585-591.