

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20245245

· 论 著 ·

## 2011—2021 年浙江省肺结核发病率预测：基于三体模型和三体预测法

楼润平, 潘依菲, 王棣楠, 张允馨

(海南大学国际商学院, 海南 海口 570228)

**[摘要]** **目的** 研究三体模型和三体预测法在预测肺结核发病趋势中的应用。**方法** 使用浙江省 2011—2021 年肺结核月度发病率数据, 基于三体模型和三体预测法构建预测模型, 并评估该预测模型的预测性能。**结果** 基于三体模型和三体预测法获得的预测模型 1 和预测模型 2 的平均相对预测误差分别为 7.94%、8.43%, 而使用自回归移动平均(ARIMA)模型获得的平均相对预测误差为 8.87%, 以上平均相对预测误差均处于区间(7.9%~8.9%), 显示预测模型表现优秀。**结论** 三体模型是表现优秀的时间序列预测模型, 三体预测法是表现优秀的时间序列预测方法, 具有较高的应用价值。

**[关键词]** 肺结核发病率; 三体模型; 三体预测法; 时间序列; 预测误差

**[中图分类号]** R183.3

### Prediction of pulmonary tuberculosis incidence in Zhejiang Province from 2011 to 2021: based on trinity model and trinity forecasting method

LOU Run-ping, PAN Yi-fei, WANG Di-nan, ZHANG Yun-xin (International Business School, Hainan University, Haikou 570228, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the application of the trinity model and trinity forecasting method in predicting the incidence trend of pulmonary tuberculosis (PTB). **Methods** By applying the monthly PTB incidence data in Zhejiang Province from 2011 to 2021, a prediction model was constructed based on the trinity model and trinity forecasting method. Predictive performance of the model was evaluated. **Results** The mean relative prediction errors of model 1 and model 2 based on trinity model and trinity forecasting method were 7.94% and 8.43%, respectively. The mean relative prediction error obtained by adopting autoregressive integrated moving average (ARIMA) model was 8.87%, and the above mean relative prediction error were all in the range of 7.9%–8.9%, which presented an excellent performance of the forecasting model. **Conclusion** The trinity model is an excellent time series forecasting model, and the trinity forecasting method is an excellent time series forecasting method, with high application value.

**[Key words]** incidence of pulmonary tuberculosis; trinity model; trinity forecasting method; time series; predicting error

我国结核病发病数位居全球的第 3 位, 属于全球结核病高负担国家<sup>[1]</sup>。因此, 肺结核发病趋势、发病人数和发病率等问题在我国受到医务工作者、医疗卫生管理人員和医学研究人员的广泛关注。秘玉清等<sup>[2]</sup>使用自回归移动平均(ARIMA)模型对山东省 2009—2017 年肺结核发病率进行了预测研究。

付之鸥等<sup>[3]</sup>使用 ARIMA、SVR、BPANN、ARIMA-SVR、ARIMA-BP 模型对江苏省 2009—2018 年肺结核发病趋势进行了预测研究。林淑芳等<sup>[4]</sup>使用 ARIMA 模型对福建省 2010—2019 年肺结核发病率进行了预测研究。

《疾病监测》2022 年第 5 期刊登了一篇题为《基

**[收稿日期]** 2023-11-17

**[基金项目]** 海南省自然科学基金高层次人才项目(723RC462)

**[作者简介]** 楼润平(1977-), 男(汉族), 海南省儋州市人, 教授, 主要从事时间序列预测、企业数字化管理、企业创新管理研究。

**[通信作者]** 楼润平 E-mail: lourp@163.com

于自回归移动平均模型的浙江省肺结核发病趋势预测》的文献<sup>[5]</sup>,该文作者使用浙江省 2011—2021 年肺结核月度发病率时序数据,构建 ARIMA 模型对浙江省肺结核发病率进行预测。本文第一作者楼润平(以下简称“笔者”)在著作<sup>[6]</sup>中提出了三体模型和三体预测法,该预测模型和预测方法泛化能力强,简洁实用,且适用于多个场景。

鉴于此,本文拟使用文献<sup>[6]</sup>提出的三体模型和三体预测法,使用与文献<sup>[5]</sup>同样的数据集(即浙江省 2011—2021 年肺结核月度发病率数据)进行预测研究,并与文献<sup>[5]</sup>所述 ARIMA 模型的预测性能进行比较。希望该研究过程及其结果能为广大读者提供有益的认识和启示,能为医学界的研究人员、管理人员、医务工作者开展相关预测研究提供有益的实践参考,能为学术界提供文献借鉴和文献积累。

## 1 资料与方法

1.1 资料来源 2011 年 1 月—2021 年 12 月浙江省肺结核发病率原始数据来源于中国疾病预防控制中心信息和《浙江统计年鉴》。为便于比较,本文使用的训练集和测试集与文献<sup>[5]</sup>相同,即本文以 2011 年 1 月—2020 年 12 月浙江省肺结核发病率时序数据作为训练集,以 2021 年 1—8 月浙江省肺结核发病率时序数据作为测试集,同时报告了 2021 年 1—12 月浙江省肺结核发病率的平均相对预测误差(mean relative prediction error, MRPE)。

1.2 研究方法 笔者提出了三体模型和三体预

测法<sup>[6]</sup>,该预测模型和预测方法简洁实用,泛化能力强。该书提供了大约 30 个实例及原始数据,读者可以复制出跟书中完全一样的预测模型、预测结果和可视化图形。该预测模型和预测方法适用于日度、月度、季度和年度等级别的时间序列<sup>[6]</sup>。

1.2.1 时间序列的特征及分类 对于时间序列的特征,不同学者从不同视角出发,形成各自的归类。伍德里奇<sup>[7]</sup>认为,时间序列具有趋势、季节、冲击、长期和累积等特征。韩伯棠<sup>[8]</sup>认为,时间序列具有趋势、季节、周期和不规则四个特征。笔者将时间序列的特征简要归结为趋势、波动和惯性<sup>[6]</sup>。

时间序列的诸多特征互相叠加、组合,形成了类型多样的时间序列。基于对时间序列特征的简化归类及独特认识,笔者将纷繁多样的时间序列归结为三类,并以形象名字“青云直上”“一江春水向东流”“形影不离”命名<sup>[6]</sup>。

1.2.2 三体模型和三体预测法 文献<sup>[6]</sup>中提出的“三体模型”如下所示:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \sum_{i=1}^m \theta_i x_i + \sum_{j=1}^3 \delta_j y_{t-j} + \epsilon \quad (\text{公式 I})$$

在公式 I 中, $\beta_0$  为常数项, $\epsilon$  为误差项。 $t$  为单位时间变量,用于描述时间序列的趋势。 $t$  的初值设为 1,按步长 1 依次递增。 $x_i$  为描述波动特征的变量,为 0~1 虚拟变量。 $y_t$  为因变量,当  $j = 1, 2, 3$  时, $y_{t-j}$  分别为滞后一阶、二阶、三阶因变量。 $y_{t-j}$  主要用于衡量时间序列的惯性特征。文献<sup>[6]</sup>中提出的三体预测法如图 1 所示:

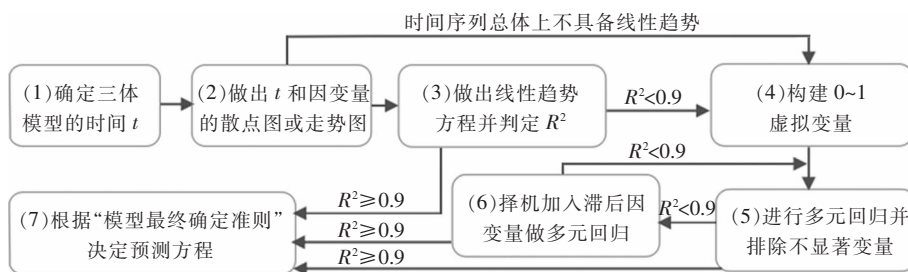


图 1 笔者提出的三体预测法框架

Figure 1 Framework of trinity forecasting method

1.2.3 三体模型的确定准则和应用场景 文献<sup>[6]</sup>提出了确定三体模型的三个准则,分别为  $R^2$  平方准则、简洁准则、相对预测误差(relative prediction error, RPE)准则。文献<sup>[6]</sup>使用三体模型和三体预测法对大约 30 个实例进行了演示,这些实例涉及了

手机出货量、猪肉消费量、冰箱需求量、机场客运量、集装箱吞吐量、电子废弃物回收量、垃圾清运量、微信用户数量、中国国内生产总值(GDP)、城镇家庭人均收入、农村家庭人均收入等场景。上述 30 个实例涉及了时间序列日度、月度、季度、年度级别时序。

1.3 预测模型的预测性能 应用预测误差来衡量预测模型的预测表现(即预测性能)。预测值偏离真实值(或实际值)的幅度,称为预测误差。衡量预测误差的公式有多个,本文在此使用 RPE 和 MRPE。

(1)RPE:

$$RPE_i = \frac{|真实值 - 预测值|}{真实值} \times 100\% = \frac{|R_i - F_i|}{R_i} \times 100\% \quad (公式 II)$$

(2) MRPE:

$$MRPE = \frac{\sum_i RPE_i}{n} \quad (公式 III)$$

在公式 II、III 中, $R_i$  表示第  $i$  个真实值, $F_i$  表示第  $i$  个预测值, $i$  为标号( $i = 1, 2, \dots, n$ ), $n$  为测试集的样本数量。

1.4 统计学分析 应用 Excel 软件对时间序列月度数据进行汇总整理,通过 Stata 软件对时序数据进行建模及回归分析,按照三体预测法框架获得回归结果和预测模型。

## 2 结果

2.1 浙江省肺结核发病率走势图和趋势线 根据三体预测法的操作步骤,先做出 2011 年 1 月—2021 年 12 月浙江省肺结核发病率走势图,见图 2。通过鸟瞰视图,可以直观看出:该时间序列具有典型的趋势特征;许多数据点远离趋势线,波动幅度较大,表明该时间序列具有典型的波动特征。

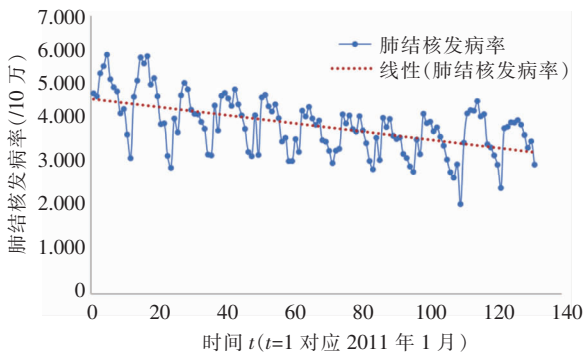


图 2 2011 年 1 月—2021 年 12 月浙江省肺结核发病率走势及趋势图

Figure 2 PTB incidence trends in Zhejiang Province from January 2011 to December 2021

2.2 时间序列的特征及类别 图 2 所示的时间序列具有典型的波动特征,时间序列类别属于“形影不离”,时间序列在三体模型中设置波动变量和惯性变量,即可做出具有优秀预测表现的预测模型。

2.3 预测模型的建立 依据图 1 所示的三体预测法框架,以 2011 年 1 月—2020 年 12 月浙江省肺结核发病率时序数据作为训练集,获得两个符合要求的预测模型,见表 1。预测模型 1、预测模型 2 的  $R^2$  分别为 0.880 8、0.875 0,表明此两个预测模型均能解释浙江省肺结核发病率大约 88% 的变化。

表 1 浙江省肺结核发病率月度数据预测模型

Table 1 Forecasting model based on monthly PTB incidence data in Zhejiang Province

变量说明	变量名	预测模型 1( $t$ )	预测模型 2( $t$ )
1 月	$m_1$	0.973 392* (9.38)	1.027 613* (9.75)
3 月	$m_3$	1.412 372* (13.53)	1.199 527* (12.50)
4 月	$m_4$	0.538 653* (5.49)	0.557 710* (4.98)
5 月	$m_5$	0.656 172* (6.07)	0.462 319* (4.79)
7 月	$m_7$	0.350 910* (3.81)	0.355 483* (3.67)
8 月	$m_8$	0.165 242# (1.78)	0.229 111△(2.43)
11 月	$m_{11}$	-0.271 892△(-2.93)	-0.216 045△(-2.30)
滞后一阶	$y_{t+1}$	0.708 447* (12.21)	0.731 595* (10.98)
滞后二阶	$y_{t+2}$	-	0.135 634△(2.16)
滞后三阶	$y_{t+3}$	0.199 079* (3.52)	-
常数项	constant	0.064 981(0.33)	0.253 950(1.34)
	$R^2$	0.880 8	0.875 0

注: \* 表示  $P < 1\%$ ; # 表示  $P < 10\%$ ; △ 表示  $P < 5\%$ 。

使用表 1 所示的预测模型 1 和预测模型 2,计算 2021 年 1—12 月每个月浙江省肺结核发病率预测值;根据公式 II,分别获得预测模型 1 和预测模型 2 每个月的 RPE 值;根据公式 III,分别计算 2021 年 1—8 月和 1—12 月预测模型 1 和预测模型 2 的 MRPE 值,结果显示 2021 年 1—8 月预测模型 1 和预测模型 2 的 MRPE 分别为 7.94%、8.43%,其预测误差在可接受范围内,模型预测表现优秀。2021 年 1—12 月预测模型 1 和预测模型 2 的 MRPE 分别为 7.78%、7.92%,模型预测表现优秀。见表 2。

表 2 2021 年 1—12 月浙江省肺结核发病率实际值、预测值和预测误差

Table 2 Actual value, predicting value and predicting error of PTB incidence in Zhejiang Province from January to December 2021

时间	实际值 (/10 万)	预测模型 1		预测模型 2		时间	实际值 (/10 万)	预测模型 1		预测模型 2	
		预测值 (/10 万)	RPE (%)	预测值 (/10 万)	RPE (%)			预测值 (/10 万)	RPE (%)		
2021 年 1 月	3.238 5	4.249 5	31.22	4.323 8	33.51	2021 年 9 月	3.990 8	3.931 6	1.48	3.954 7	0.90
2021 年 2 月	2.657 5	3.091 2	16.32	3.094 8	16.46	2021 年 10 月	3.669 7	3.761 3	2.50	3.749 9	2.19
2021 年 3 月	4.159 0	4.052 2	2.57	3.836 9	7.74	2021 年 11 月	3.833 3	3.238 8	15.51	3.263 9	14.85
2021 年 4 月	4.197 2	4.194 8	0.06	4.214 8	0.42	2021 年 12 月	3.241 6	3.575 2	10.29	3.556 1	9.70
2021 年 5 月	4.310 4	4.223 7	2.01	4.351 0	0.94	1—8 月 MRPE(%)		7.94		8.43	
2021 年 6 月	4.301 2	3.946 6	8.24	3.976 7	7.54	1—12 月 MRPE(%)		7.78		7.92	
2021 年 7 月	4.365 4	4.298 6	1.53	4.340 8	0.56						
2021 年 8 月	4.249 2	4.181 0	1.61	4.260 2	0.26						

为进一步评估上述两个预测模型对 2022 年浙江省肺结核发病率的预测表现,收集了 2022 年 1—12 月浙江省肺结核发病人数,然后使用公式“发病

率 = 新增病例数/同年份常住人口数”计算出对应月份的发病率。见表 3。

表 3 2011 年 1 月—2022 年 12 月浙江省肺结核发病率(/10 万)

Table 3 PTB incidence in Zhejiang Province from January 2011 to December 2022 (/100 000)

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
2011 年	5.038 0	4.966 3	5.545 1	5.725 1	6.015 4	5.396 2	5.192 3	5.087 6	4.536 4	4.646 6	4.001 7	3.404 6
2012 年	4.955 2	5.359 7	5.947 3	5.793 5	5.978 4	5.260 8	5.423 8	4.968 0	4.263 2	4.283 4	3.463 3	3.161 3
2013 年	4.405 7	4.057 0	4.991 8	5.302 2	5.139 7	4.626 6	4.522 5	4.511 6	4.319 9	4.146 4	3.498 3	3.476 4
2014 年	4.734 4	4.103 3	4.978 2	5.047 3	4.914 5	4.725 4	5.138 2	4.763 6	4.485 3	4.143 3	3.561 3	3.455 8
2015 年	4.488 0	3.487 7	4.940 1	5.000 0	4.713 1	4.582 4	4.764 0	4.413 6	3.827 2	3.921 6	3.331 5	3.333 3
2016 年	3.888 8	3.563 8	4.605 5	4.457 5	4.699 4	4.406 9	4.246 3	4.354 6	3.861 7	3.822 0	3.590 9	3.280 4
2017 年	3.595 7	3.642 2	4.511 6	4.282 6	4.483 0	4.137 7	4.075 1	4.465 1	4.105 5	3.785 3	3.334 5	3.121 6
2018 年	3.922 6	3.358 7	4.422 8	4.189 5	4.394 6	3.970 3	3.890 8	3.929 6	3.512 5	3.409 9	3.194 3	3.059 9
2019 年	3.874 8	3.505 3	4.526 8	4.289 7	4.324 6	4.084 0	4.181 6	3.946 3	3.721 0	3.369 4	3.048 6	2.917 9
2020 年	3.247 6	2.248 7	3.797 4	4.534 6	4.618 2	4.602 8	4.845 9	4.460 3	4.516 0	3.757 2	3.676 6	3.476 8
2021 年	3.238 5	2.657 5	4.159 0	4.197 2	4.310 4	4.301 2	4.365 4	4.249 2	3.990 8	3.669 7	3.833 3	3.241 6
2022 年	2.925 3	2.458 6	4.444 3	3.752 5	3.743 3	4.102 2	4.260 3	4.105 2	4.128 0	3.658 2	3.624 8	2.625 8

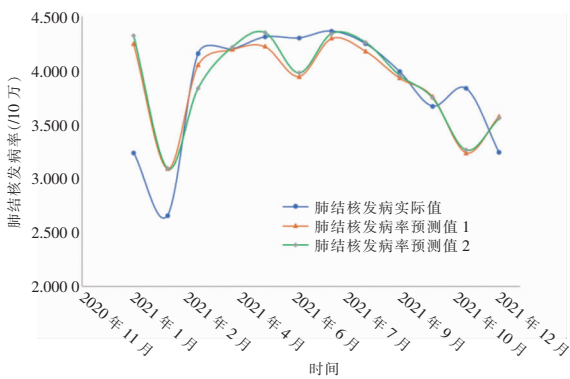
对预测模型而言,其对测试集的 MRPE 在(0, 10%),则定义为预测表现优秀;MRPE 在(10%, 15%),则定义为预测表现良好。使用表 1 的预测模型 1 和预测模型 2,分别对 2022 年 1—12 月浙江省肺结核发病率进行预测,MRPE 分别为 13.72%、14.32%,两者均处于(10%, 15%),说明预测表现良好。见表 4。

为便于直观比较,以 2021 年 1—12 月为横坐标,2021 年 1—12 月浙江省肺结核发病率实际值、预测模型 1 和 2 的预测值为纵坐标,做出了 2021 年 1—12 月浙江省肺结核发病率实际值和预测值走势图,结果显示预测值的曲线走势非常贴近实际值的曲线走势,说明预测值与真实值之间的误差相对较小。见图 3。

**表 4** 2022 年 1—12 月浙江省肺结核发病率实际值、预测值和预测误差

**Table 4** Actual value, predicting value and predicting error of PTB incidence in Zhejiang Province from January to December 2022

时间	实际值 (/10 万)	预测模型 1		预测模型 2	
		预测值 (/10 万)	RPE (%)	预测值 (/10 万)	RPE (%)
2022 年 1 月	2.925 3	4.065 4	38.97	4.173 0	42.65
2022 年 2 月	2.458 6	2.900 5	17.98	2.833 8	15.26
2022 年 3 月	4.444 3	3.864 5	13.05	3.648 9	17.90
2022 年 4 月	3.752 5	4.334 6	15.51	4.396 6	17.16
2022 年 5 月	3.743 3	3.869 1	3.36	4.064 4	8.58
2022 年 6 月	4.102 2	3.601 7	12.20	3.501 5	14.64
2022 年 7 月	4.260 3	4.069 1	4.49	4.118 3	3.33
2022 年 8 月	4.105 2	3.993 6	2.72	4.156 3	1.24
2022 年 9 月	4.128 0	3.790 0	8.19	3.835 1	7.10
2022 年 10 月	3.658 2	3.837 6	4.90	3.830 8	4.72
2022 年 11 月	3.624 8	3.202 0	11.66	3.274 1	9.67
2022 年 12 月	2.625 8	3.454 8	31.57	3.402 0	29.56
1—12 月 MRPE(%)		13.72		14.32	



**图 3** 2021 年 1—12 月浙江省肺结核发病率实际值和预测值走势曲线图

**Figure 3** Curves of actual PTB incidence and trends of predicting PTB incidence in Zhejiang Province from January to December 2021

**2.4 预测模型及预测方法比较** 以 2011 年 1 月—2020 年 12 月浙江省肺结核发病率月度时序数据作为训练集,2021 年 1—8 月浙江省肺结核发病率月度时序数据作为测试集,使用 ARIMA 模型计算出 MRPE 为 8.87%<sup>[5]</sup>。本研究通过预测模型 1 和预测模型 2 获得的 MRPE 分别为 7.94%、8.43%,预测误差令人满意,模型预测表现优秀。三体模型和

ARIMA 模型之间的 MRPE 非常接近,均处于区间 (7.9%~8.9%),均属于表现优秀的预测模型。

### 3 讨论

评价预测模型之间的优劣,可以从三个方面进行考察:(1)预测模型的预测误差。对于预测模型而言,其预测误差越小,预测表现越好,此种评价指标显而易见。(2)预测模型的泛化能力。对于预测模型而言,其泛化能力(即一般化能力)越强,则适用场景越多,越具备广泛应用价值。(3)预测模型的简洁实用。基于成本收益视角,在同等预测表现的情况下,简洁实用的预测模型比复杂的好。

本研究基于三体模型和三体预测法,使用与文献<sup>[5]</sup>同样的训练集,即以 2011 年 1 月—2020 年 12 月浙江省肺结核发病率月度时序数据作为训练集,获得两个有价值的预测模型 1 和预测模型 2。本研究使用与文献<sup>[5]</sup>同样的测试集,即以 2021 年 1—8 月浙江省肺结核发病率月度时序数据作为测试集,经过对比分析,获得预测模型 1 和预测模型 2 的 MRPE 分别仅为 7.94%、8.43%,预测性能优秀。文献<sup>[6]</sup>指出,最终预测模型的确定准则之一,是 R<sup>2</sup> 要达到 0.9,此准则属于高标准要求。在某些案例和场景中,R<sup>2</sup> 接近 0.9,也是可以接受的。因此,上述两个预测模型是令人满意的。

对 2011 年 1 月—2021 年 12 月浙江省肺结核发病率月度时序数据开展的预测研究表明,三体模型和三体预测法泛化能力强健,应用场景广泛。笔者期待未来有研究人员使用三体预测法就其他省份的肺结核发病率时序数据开展预测研究,以便进一步检验三体模型和三体预测法的泛化能力。

本研究基于三体模型和三体预测法对浙江省肺结核发病率月度时序数据开展的预测研究过程及其结果表明,三体模型和三体预测法简洁实用:做出时序数据走势图,判断时间序列的特征及类别,依据三体预测法做出预测模型,评估预测模型的预测表现。笔者认为,在能够解决实践问题并且实效相同的情况下,从成本收益视角而言,简洁实用的模型比复杂的更值得推广。

对于 2011 年 1 月—2022 年 12 月浙江省肺结核发病率月度时间序列,1 月份数据波动较大,而本文的预测模型和预测方法未能充分捕获,导致预测误差较大,从而影响了预测模型的综合表现。比如,以 2022 年全年的月度时间序列作为测试集,则预测

模型的预测表现只达到了良好,而未能达到优秀。这是本文不足之处,未来尚需进一步改进。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

#### [参考文献]

- [1] 王威,叶一农,吴智龙,等. 2010—2020 年广东省佛山市肺结核发病趋势及流行特征分析[J]. 疾病监测, 2021, 36(10): 1039 - 1043.  
Wang W, Ye YN, Wu ZL, et al. Incidence trend and epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis in Foshan, 2010 - 2020[J]. Disease Surveillance, 2021, 36(10): 1039 - 1043.
- [2] 秘玉清,张继萍,殷延玲,等. 基于 ARIMA 模型的山东省肺结核发病趋势预测[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(6): 879 - 881.  
Mi YQ, Zhang JP, Yin YL, et al. Prediction of tuberculosis incidence trend in Shandong province based on ARIMA model [J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2018, 35(6): 879 - 881.
- [3] 付之鸥,周扬,陈诚,等. 时间序列分析与机器学习方法在预测肺结核发病趋势中的应用[J]. 中国卫生统计, 2020, 37(2): 190 - 195.  
Fu ZO, Zhou Y, Chen C, et al. Application of time series analysis and machine learning methods in predicting the incidence of tuberculosis[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2020, 37(2): 190 - 195.
- [4] 林淑芳,周银发,张山鹰,等. 2010—2019 年福建省肺结核流行特征及发病预测模型应用[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(7): 768 - 774.  
Lin SF, Zhou YF, Zhang SY, et al. Analysis of tuberculosis epidemiological characteristics and application of incidence prediction model in Fujian Province from 2010 to 2019[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2021, 25(7):

768 - 774.

- [5] 茅蓉,王远航,葛锐. 基于自回归移动平均模型的浙江省肺结核发病趋势预测[J]. 疾病监测, 2022, 37(5): 652 - 656.  
Mao R, Wang YH, Ge R. Prediction of incidence of pulmonary tuberculosis in Zhejiang based on autoregressive integrated moving average[J]. Disease Surveillance, 2022, 37(5): 652 - 656.
- [6] 楼润平. 经济管理预测实用方法: 三体模型和三体预测法[M]. 北京: 经济科学出版社, 2023.  
Lou RP. Practical methods for economic and management forecasting: trinity model and trinity forecasting method[M]. Beijing: Economic Science Press, 2023.
- [7] 杰弗里·M. 伍德里奇. 计量经济学导论: 现代观点[M]. 6 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.  
Wooldridge JM. Introductory econometrics introductory econometrics: a modern approach[M]. 6th ed. Beijing: China Renmin University Press, 2018.
- [8] 韩伯棠. 管理运筹学[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2020.  
Han BT. Management operations research[M]. 5th ed. Beijing: Higher Education Press, 2020.

(本文编辑:文细毛)

**本文引用格式:**楼润平,潘依菲,王棣楠,等. 2011—2021 年浙江省肺结核发病率预测:基于三体模型和三体预测法[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(7): 806 - 811. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20245245.

**Cite this article as:** LOU Run-ping, PAN Yi-fei, WANG Di-nan, et al. Prediction of pulmonary tuberculosis incidence in Zhejiang Province from 2011 to 2021: based on trinity model and trinity forecasting method[J]. Chin J Infect Control, 2024, 23(7): 806 - 811. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20245245.