

· 公共卫生与预防医学研究 ·

## 基于 ARIMA 模型的江苏省不同地区肺结核发病趋势的预测

游楠楠<sup>1</sup>, 刘巧<sup>2,3</sup>, 李忠奇<sup>3</sup>, 羊海涛<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>东南大学公共卫生学院, 江苏 南京 210009; <sup>2</sup>江苏省疾病预防控制中心慢性传染病防制所, 江苏 南京 210009; <sup>3</sup>南京医科大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系, 江苏 南京 211166

**[摘要]** **目的:**应用差分自回归移动平均(autoressive integrated moving average, ARIMA)模型对江苏省常州市和盐城市的肺结核发病情况进行预测,探索其用于预测江苏地区肺结核疫情的可行性,为今后结核病防控工作提供参考依据。**方法:**收集并整理江苏省常州市和盐城市2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数资料,使用R3.5.2软件建立ARIMA模型,分别对两市2017年1—12月肺结核月登记发病数进行预测,以平均绝对百分比误差(mean absolute percent error, MAPE)、均方根误差(root mean square error, RMSE)和平均绝对误差(mean absolute error, MAE)评估ARIMA模型预测的准确性。**结果:**常州市的最优预测模型为ARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)<sub>12</sub>, 盐城市的最优预测模型为ARIMA(1, 1, 1)(0, 1, 1)<sub>12</sub>。用于预测2017年肺结核月登记发病数时,两市的MAPE分别为8.718 6和16.727 8, RMSE分别为14.061 7和39.487 2, MAE分别为11.381 3和33.349 8。**结论:**ARIMA模型预测常州市肺结核月登记发病数的拟合效果相对较好,故推测该模型更适用于苏南地区肺结核疫情的短期预测和动态分析。

**[关键词]** ARIMA模型;时间序列分析;肺结核;预测

**[中图分类号]** R181.8

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2020)06-909-07

**doi:**10.7655/NYDXBNS20200626

## Forecast of tuberculosis incidence in different regions of Jiangsu Province based on ARIMA model

YOU Nannan<sup>1</sup>, LIU Qiao<sup>2,3</sup>, LI Zhongqi<sup>3</sup>, YANG Haitao<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Public Health, Southeast University, Nanjing 210009; <sup>2</sup>Institute for Prevention and Control of Chronic Infectious Diseases, Center for Disease Control and Prevention of Jiangsu Province, Nanjing 210009; <sup>3</sup>Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

**[Abstract]** **Objective:** The autoregressive integrated moving average (ARIMA) model was used to predict the number of registered tuberculosis cases in Changzhou and Yancheng in Jiangsu Province, in order to explore its feasibility for predicting tuberculosis epidemic situation in Jiangsu Province, and provide reference for future tuberculosis prevention and control work. **Methods:** The data on the number of registered tuberculosis cases in Changzhou and Yancheng of Jiangsu Province from January 2005 to December 2016 were collected, and the ARIMA models were established by the R3.5.2 software. The number of registered tuberculosis cases in January to December 2017 was predicted, with mean absolute percentage error (MAPE), root mean square error (RMSE) and mean absolute error (MAE) to evaluate the accuracy of ARIMA model predictions. **Results:** The optimal prediction models for Changzhou and Yancheng were ARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)<sub>12</sub> and ARIMA(1, 1, 1)(0, 1, 1)<sub>12</sub>, respectively. In the predicted number of registered tuberculosis cases in 2017, the MAPE values of the two cities were 8.718 6 and 16.787 8, the RMSE values were 14.061 7 and 39.487 2, the MAE values were 11.813 1 and 33.349 8, respectively. **Conclusion:** The ARIMA model has a relatively good fitting effect in predicting the monthly number of registered tuberculosis cases in Changzhou, so it is speculated that the model is suitable for short-term prediction and dynamic analysis of tuberculosis in the southern of Jiangsu.

**[Key words]** ARIMA model; time series analysis; tuberculosis; prediction

[J Nanjing Med Univ, 2020, 40(06):909-914, 919]

**[基金项目]** 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX19-1131)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: yanghtjscdc@163.com

结核病(tuberculosis, TB)是由结核分枝杆菌引起并经呼吸道传播的一种慢性传染性疾病,其中肺结核占90%以上<sup>[1]</sup>。据WHO最新报告显示<sup>[2]</sup>,2017年全球估算新发TB 1 000万例,死亡160万例。在全球传染病死亡病例中TB位居首位,虽然抗TB药物的问世使得全球TB死亡率得到有效控制,但耐药结核已成为威胁全球健康的主要原因之一<sup>[3-4]</sup>。中国是全球30个TB高负担国家之一,2017年新发病例88.9万,仅次于印度位居世界第二<sup>[2]</sup>。若能对TB发病情况作出准确预测,就能采取有效措施控制TB疫情。传染病发病趋势的准确预测,是近期或长远防控传染病的应对策略之一,对于传染病控制工作意义重大。近年来,时间序列分析方法尤其是差分自回归移动平均(autoregressive integrated moving average, ARIMA)模型不断地应用于医学等各研究领域,并取得良好效果。本研究以江苏省常州市和盐城市2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数为基础构建ARIMA模型,分别预测两市2017年肺结核发病趋势并评估模型预测效果,探讨ARIMA模型用于预测江苏地区肺结核疫情的可行性,为今后TB防控工作提供参考依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

按照2018年人均国内生产总值对江苏省13个地级市进行排序,依次为无锡市、苏州市、南京市、常州市、镇江市、扬州市、南通市、泰州市、徐州市、盐城市、淮安市、连云港市和宿迁市。随后从前6名和后7名中随机各抽取一市作为研究地区,最终常州市和盐城市被选中并纳入本研究。从中国疾病预防控制中心信息的子系统——结核病管理信息系统中收集了两市2005年1月—2017年12月肺结核月登记发病数资料。其中2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数用作ARIMA模型的构建,2017年1—12月肺结核月登记发病数据用于ARIMA模型的验证。此外,两市2005—2017年人口数据来自江苏省统计年鉴。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 ARIMA模型的基本思想

ARIMA模型,是20世纪70年代由Box和Jenkins提出的一种时间序列分析方法<sup>[5]</sup>。常见的时间序列通常是由季节性周期变化、长期变化趋势以及随机成分等3个方面组成<sup>[6]</sup>。对于具有季节性变化趋势的时间序列模型预测通常需要建立季节性时间序列模型,ARIMA模型的基本思想是用相应数学模型

描述一组依赖于时间的随机变量之间的自相关性,利用预测对象发展的延续性并根据已发生的既往序列值来预测未来值<sup>[7]</sup>。由于传染病易受季节变化的影响,因此研究中常使用ARIMA乘积季节模型对传染病的流行趋势进行预测,ARIMA乘积季节模型可将时间序列中的季节性与非季节性部分相结合,表达式为ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)<sub>s</sub>,其中p、d、q和P、D、Q分别为非季节和季节自回归(autoregressive, AR)阶数、差分阶数、移动平均(moving average, MA)阶数,s为周期长度<sup>[8]</sup>,可用于预测有季节趋势、周期变动和随机变异的时间序列资料<sup>[9]</sup>。

#### 1.2.2 建模过程

ARIMA模型的建立可归纳为以下几个步骤:数据的平稳化、模型识别和确定参数、参数估计和模型诊断、模型预测<sup>[10]</sup>。①数据的平稳化:平稳序列通常表现为均数和方差不随时间变化,若时间序列出现明显上升、下降、周期性趋势或经ADF(Augmented Dickey-Fuller)检验 $P > 0.05$ ,则该序列为非平稳序列。非平稳序列须进行普通差分或季节性差分转换为平稳序列,而平稳序列常具有短期相关性,在自相关系数图中,随着延迟期数增加,平稳序列的自相关系数会迅速衰减到0。随机性序列可通过Ljung-Box检验进行判断,当序列被证实为非白噪声时,方可对该序列建立ARIMA模型。②模型识别和确定参数:利用自相关分析和偏自相关分析等方法对处理后的平稳性序列进行分析,通过绘制序列图、自相关图(autocorrelation function, ACF)和偏自相关图(partial autocorrelation function, PACF)确定p、q、P和Q的范围。在确定模型参数时,应先确定季节性模型的P和Q值,再确定非季节性模型的p和q值,参数确定通常采用从低阶到高阶逐步尝试的方法,取值一般不超过2。③参数估计和模型诊断:运用最大似然法或最小二乘法估计模型参数,然后对模型的残差序列进行白噪声检验( $P > 0.05$ ,则表示残差为白噪声),再根据校正后的赤池信息准则(corrected Akaike information criterion, AICc)与贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion, BIC)值等系数确定最优模型(AICc和BIC值均最小)。④模型预测:采用最优模型分别对常州市和盐城市2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数进行拟合,预测两地2017年1—12月肺结核月登记发病数,并对模型预测效果进行评价。

#### 1.3 统计学方法

使用Excel 2016整理肺结核月登记发病数,利

用R3.5.2软件中的“forecast”、“ggplot2”和“tseries”程序包完成数据的建模、拟合和预测。采用平均绝对百分比误差(mean absolute percent error, MAPE)、均方根误差(root mean square error, RMSE)和平均绝对误差(mean absolute error, MAE)作为准确性评价指标,评估ARIMA模型预测评估肺结核月登记发病数的准确性,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 常州市ARIMA模型预测

2005年1月—2016年12月常州市登记肺结核病例23 921例,每年3—5月和8—11月为高发期。其中,2005年发病人数最多,年登记率为82.19/10万(2 890/351.63万),2016年登记率最低,为39.24/10万(1 471/374.90万),登记发病数总体上呈逐渐下降趋势(图1)。由于肺结核月发病情况有周期性变化,经过一阶差分和一阶季节差分使其平稳化后,肺结核月登记发病序列呈现平稳,因此d和D的值均为1。对该序列进行ADF检验,证明该序列在差分后已经平稳( $P < 0.05$ ),并绘制ACF图和PACF图(图2),对p、q、P、Q分别赋值0或1,比较备选模型的AICc、BIC以及残差序列Ljung-Box统计量Q和p值,确定了3个备选模型分别为ARIMA(0,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>、ARIMA(1,1,0)(0,1,1)<sub>12</sub>和ARIMA(1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>,所对应的AICc值为1 213.88、1 241.71和1 214.02, BIC值分别为1 222.31、1 250.14和1 225.20,发现ARIMA(0,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>模型的AICc值和BIC值均最小,且该模型残差通过了白噪声检验(前24阶,  $P > 0.05$ ),经最大似然法检验模型中的参数包括1阶移动平均(MA,1阶)和1阶季节性移动平均(seasonal

moving average, SMA)(SMA,1阶)均显著( $P < 0.000 1$ ),故确定此模型为最优模型。使用该模型对常州市2017年1—12月肺结核的月登记发病数进行预测,预测发病人数、实际发病人数、95%可信区间(95%CI)、绝对误差和相对误差统计如表1所示,显示常州市2017年肺结核月登记发病数均在预测值(95%CI)范围内,相对误差均在22%内,提示该模型预测效果较好。

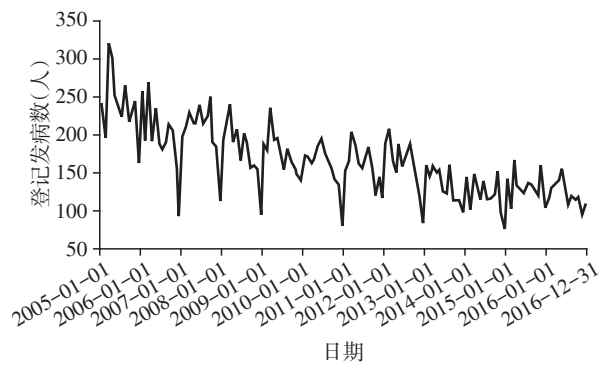
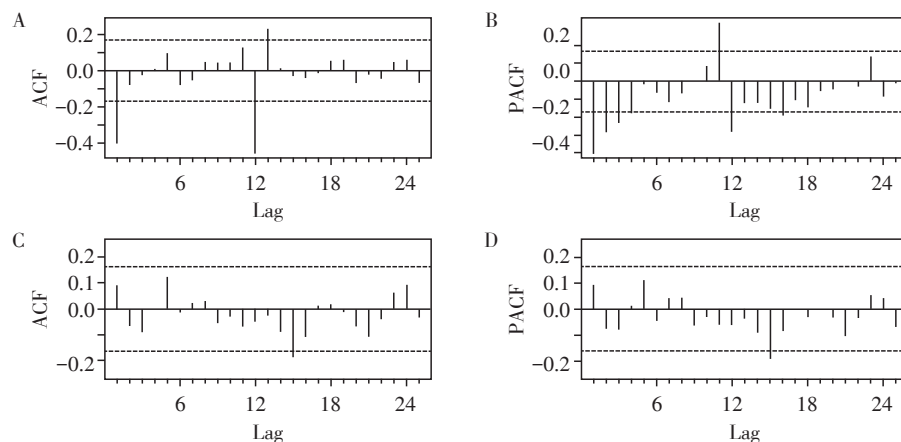


图1 常州市2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数时间序列图

Figure 1 Time series chart of the registered number of tuberculosis cases in Changzhou from January 2005 to December 2016

### 2.2 盐城市ARIMA模型预测

2005年1月—2016年12月盐城市登记肺结核病例46 370例,每年1月、3—5月和8—11月高发。其中,2005年登记发病数最多,年登记率为64.46/10万(5 148/798.67万),2016年的登记率最低,为32.22/10万(2 676/830.53万),总体上登记发病数呈逐年降低趋势(图3)。由于盐城市肺结核月登记发病数为非平



A、B:差分后平稳序列的ACF图(A)和PACF图(B);C、D:残差的ACF图(C)和PACF图(D)。

图2 自相关函数(ACF)图与偏自相关函数(PACF)图(常州市)

Figure 2 Autocorrelation function(ACF) chart and partial autocorrelation function(PACF) chart(Changzhou)

表1 常州市2017年1—12月肺结核月登记发病数预测值和实际值比较

Table 1 Comparison of predicted and actual values of monthly registered tuberculosis cases in Changzhou from January to December 2017

月份	实际值(例)	预测值(例)	95%CI	绝对误差(例)	相对误差(%)
1月	147	130.18	84.34~176.02	16.82	11.44
2月	152	119.90	73.17~166.64	32.10	21.12
3月	159	147.14	99.52~194.75	11.86	7.46
4月	129	130.78	82.30~179.25	-1.78	-1.38
5月	121	134.52	85.20~183.84	-13.52	-11.17
6月	142	123.52	73.37~173.67	18.48	13.01
7月	13	117.03	66.06~168.00	5.97	4.86
8月	119	127.03	75.25~178.80	-8.03	-6.75
9月	122	114.68	62.12~167.25	7.32	6.00
10月	112	111.65	58.30~165.00	0.35	0.31
11月	111	104.73	50.61~158.85	6.27	5.65
12月	91	76.91	22.03~131.79	14.09	15.49

稳序列,在进行一阶差分和一阶季节差分后,初步认为序列图平稳,因此d和D值均为1。经ADF检验证明该序列在差分后已经平稳( $P < 0.05$ ),并绘制ACF图和PACF图(图4),对p、q、P、Q分别赋值0或1,比较备选模型AIC<sub>c</sub>、BIC以及残差序列的Ljung-Box检验结果,确定了6个备选模型分别为ARIMA(0,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>、ARIMA(1,1,0)(0,1,1)<sub>12</sub>、ARIMA(1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>、ARIMA(0,1,1)(0,1,2)<sub>12</sub>、ARIMA(1,1,0)(0,1,2)<sub>12</sub>和ARIMA(1,1,1)(0,1,2)<sub>12</sub>,所对应的AIC<sub>c</sub>为1 393.29、1 416.19、1 387.84、1 391.76、1 414.38和1 386.58,BIC值分别为1 401.73、1 424.63、1 399.03、1 402.94、1 425.56和1 400.48,发现当p=1、q=1、P=0、Q=1时AIC<sub>c</sub>和BIC值最小,且该模型的残差通过白噪声检验(前24阶, $P > 0.05$ ),经最大似然法检验模型中的各项参数(AR、MA和SMA)均显著( $P < 0.001$ ),故确定ARIMA(1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>为最佳模型。使用该模型对盐城市2017年1—12月肺结核的月登记发病数进行预测,预测发病人数、实际发病人数、95%可信区间(95%CI)、绝对误差和相对误差(表2),可知盐城市2017年肺结核月登记发病数均在预测值(95%CI)范围内,相对误差在-42%至17%之间,表明该预测模型可行。

### 2.3 ARIMA模型预测效果评价

分别使用最优ARIMA模型预测常州市和盐城市2017年肺结核月登记发病数,两市2017年肺结核预测登记发病数分别为1 438例和2 523例,所有预测值均在95%CI范围内,两地总体预测值与实际值相对误差分别为-6.54%(-90/1528)和5.74%(137/

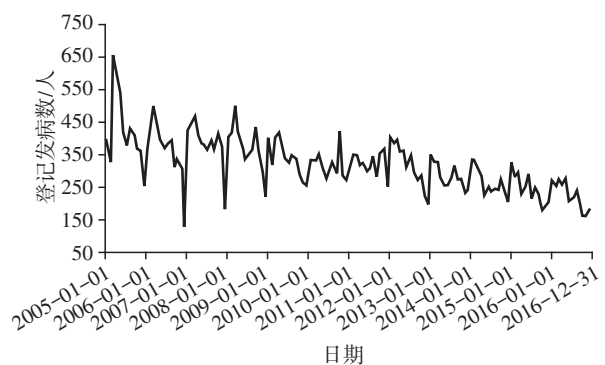


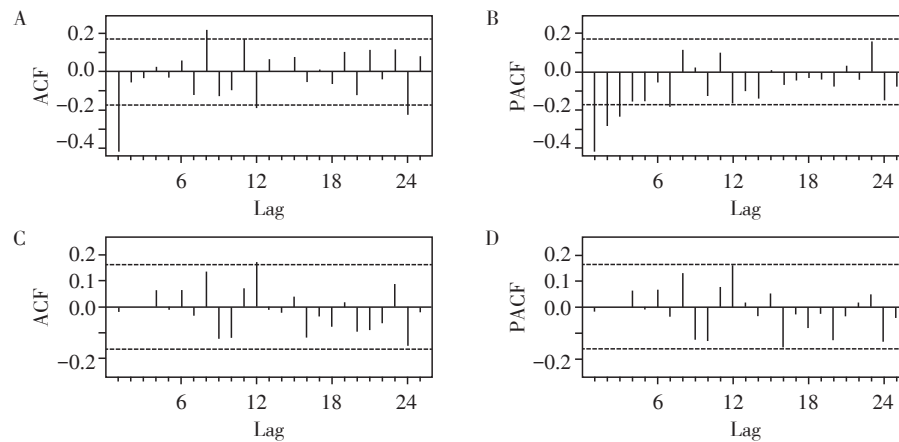
图3 盐城市2005年1月—2016年12月肺结核月登记发病数时间序列图

Figure 3 Time series chart of the registered number of tuberculosis cases in Yancheng from January 2005 to December 2016

2 386),表明模型预测效果较好。此外,通过MAE、RMSE及MAPE 3个指标评价两地ARIMA模型预测效果,ARIMA模型用于预测常州市肺结核疫情时的MAPE、RMSE、MAE均小于盐城市,说明该模型在江苏地区可能更适合用于预测常州市的肺结核疫情(表3)。

### 3 讨论

目前,传染病预测模型种类繁多,在实际工作中根据传染病的流行特征选取合适的预测模型可有效提高预测准确度。传统的时间序列模型要求序列具有平稳的线性趋势,而TB发病率通常存在季节性和周期性,一般呈现出非线性的序列特征。ARIMA模型是目前为止应用最成熟、最经典的时间序列模型之一,模型构建过程较为简单、预测结果



A,B:差分后的平稳序列的ACF图(A)和PACF图(B);C,D:残差的ACF图(C)和PACF图(D)。

图4 自相关函数(ACF)图与偏自相关函数(PACF)图(盐城市)

Figure 4 Autocorrelation function(ACF) chart and partial autocorrelation function(PACF) chart(Yancheng)

表2 盐城市2017年1—12月肺结核月登记发病数预测值和实际值比较

Table 2 Comparison of predicted and actual values of monthly registered tuberculosis cases in Yancheng from January to December 2017

月份	实际值(例)	预测值(例)	95%CI	绝对误差(例)	相对误差(%)
1月	209	270.83	181.12~360.54	-61.83	-29.58
2月	195	248.12	154.27~341.97	-53.12	-27.24
3月	183	259.70	165.42~353.98	-76.70	-41.91
4月	184	223.82	129.48~318.17	-39.82	-21.64
5月	247	227.39	133.03~321.74	19.61	7.94
6月	246	205.80	111.44~300.15	40.20	16.34
7月	171	195.21	100.85~289.57	-24.21	-14.16
8月	254	218.24	123.88~312.60	35.76	14.08
9月	179	191.64	97.28~286.00	-12.64	-7.06
10月	171	166.37	72.01~260.72	4.63	2.71
11月	167	156.10	61.74~250.46	10.90	6.53
12月	180	159.24	64.88~253.60	20.76	11.53

表3 ARIMA模型预测常州和盐城市肺结核月登记发病数的MAPE、RMSE和MAE

Table 3 MAPE, RMSE and MAE of the registered number of tuberculosis cases in Changzhou and Yancheng predicted by ARIMA model

地区	MAPE	RMSE	MAE
常州	8.718 6	14.061 7	11.381 3
盐城	16.727 8	39.487 2	33.349 8

准确度高,且将各种复杂因素的综合效应统一蕴涵于时间变量之中<sup>[11-12]</sup>,因此被广泛应用于多种法定传染病的发病预测。考虑到TB的流行趋势和特点,本研究选择江苏省两个不同城市,用ARIMA模型预测肺结核月登记发病数并评估其准确性,由于两地的地理位置和经济水平存在一定差距,因此在医疗卫生

条件、人口流动性以及居民健康素养方面可能存在一定差异,故希望探索最适合使用该模型的地区。

2005—2016年江苏省TB网络直报数据显示,常州市和盐城市肺结核登记发病数呈现逐年下降趋势,发病人数主要集中在每年的3—6月和8—11月,表现出明显的季节性。此外,每年3月登记的发病数达到峰值,可能与我国传统习俗相关,春节主要在每年2月,这期间就医人数相对较少,因此每年3月份发病数达到峰值,形成所谓的“春节效应”<sup>[13-15]</sup>。根据ARIMA模型预测常州和盐城市2017年肺结核年登记率分别为37.96/10万(1 438/378.84万人)和30.54/10万(2 523/826.15万),而两地的实际年登记率分别为40.33/10万(1 528/378.84万人)和28.88/10万(2 386/826.15万人),预测效果较为理想。但值得注

意的是,常州市肺结核年登记率有一定波动性,发现2007年、2012年、2015年及2017年登记率异常升高,可能与该年份人口流动性大、人口结构和当地TB防控措施有关。通过MAE、RMSE及MAPE三个指标的比较发现,ARIMA模型预测2017年常州市肺结核月登记发病数准确度较高,对今后TB防控工作具有参考意义,当地各级疾病预防控制中心可使用ARIMA模型预测今后肺结核发病趋势。研究表明,不同地区的气象因素(如温度、湿度、降水量等)、人口流动性、经济水平、性别及年龄等均可构成影响ARIMA模型预测结果的重要因素<sup>[16-18]</sup>。ARIMA模型对盐城市肺结核月登记发病率预测结果的准确度与常州市相比较低,可能是由于发病率影响因素(如当地医疗卫生水平较低、气象因素复杂、人口迁徙数量变化等)不同所致。盐城市地处北亚热带向暖温带气候过渡的地带,气候受海洋影响较大,相较于常州等苏南地区经济发展较慢,加之大量青壮年外出务工等造成人口流动,这些均可能影响该地的肺结核发病率。盐城市的肺结核年登记发病率均低于常州市,总体上都呈现缓慢下降趋势,但在2014—2017年,常州市的肺结核年登记发病率基本持平,而盐城市的年登记发病率下降趋势相对明显,这也在一定程度上解释了ARIMA模型预测盐城市肺结核发病情况的效果相对较差。

由于ARIMA模型适用于短期预测,且依赖大量可靠且完整的回顾性资料,因此在传染病监测工作中需考虑ARIMA模型预测的时效性,并将可能存在的影响因素纳入预测模型考虑范围内,提高传染病预测的准确度和效益<sup>[19]</sup>。多数研究表明,ARIMA模型用于传染病预测具有短期时效性<sup>[20-22]</sup>。本研究根据经济发展水平和地理位置分布,按照经济发展水平将江苏省13个地级市分成两层,并从中分别随机选择常州市和盐城市作为研究对象,且两市肺结核既往发病数据资料均来源于TB网络直报系统,有较好的时间延续性,因此本研究在研究对象的选择和样本资料获取方面具有可靠性。

综上,本研究表明ARIMA模型可用于江苏省TB发病的短期预测和动态分析,尤其适用于如常州市等苏南地区的肺结核发病趋势预测,对今后肺结核发病预测模型的选择以及防控工作具有一定参考价值。

#### [参考文献]

[1] 王黎霞,成诗明,陈明亭,等. 2010年全国第五次结核病流行病学抽样调查报告[J]. 中国防痨杂志,2012,34

- (8):485-508
- [2] World Health Organization. Global tuberculosis report 2018[R]. Geneva:WHO,2018
- [3] FLOYD K, GLAZIOU P, ZUMLA A, et al. The global tuberculosis epidemic and progress in care, prevention, and research: an overview in year 3 of the end TB era[J]. *Lancet Respir Med*,2018,6(4):299-314
- [4] GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2017, 390 (1100):1151-1210
- [5] LIAO Z, ZHANG X, ZHANG Y, et al. Seasonality and trend forecasting of tuberculosis incidence in Chongqing, China[J]. *Interdiscip Sci*,2019,11(1):77-85
- [6] 易燕飞. 基于时间序列模型的传染病流行趋势及预测研究[D]. 长春:长春工业大学,2016
- [7] 张文娟,刘文东,胡建利,等. 基于ARIMA模型的江苏省梅毒疫情预测[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*,2017,37(5):649-652
- [8] 沈忠周,马 帅,曲翌敏,等. ARIMA模型在我国法定传染病报告数中的应用[J]. *中华流行病学杂志*,2017,38(12):1708-1712
- [9] 胡碧波,傅克本,许亮亮,等. 应用ARIMA模型预测TB发病率研究[J]. *预防医学*,2018,30(10):1011-1015
- [10] 张国良. 三种模型在TB发病预测中的应用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2014
- [11] WANG H, TIAN C W, WANG W M, et al. Time-series analysis of tuberculosis from 2005 to 2017 in China[J]. *Epidemiol Infect*,2018,146(8):935-939
- [12] 王永斌,李向文,柴 峰,等. ARIMA模型在我国梅毒发病率预测中的应用[J]. *现代预防医学*,2015,42(3):385-388,417
- [13] 吕锐利. 春节效应对传染病网络直报工作的影响[J]. *中国热带医学*,2014,14(11):1364-1366
- [14] 魏 珊,陆一涵,高眉扬,等. 中国主要法定报告传染病的“春节效应”研究[J]. *复旦学报(医学版)*,2013,40(2):153-158
- [15] 言晨绮,王瑞白,刘海灿,等. ARIMA模型预测2018-2019年我国肺结核发病趋势的应用[J]. *中华流行病学杂志*,2019,40(6):633-637
- [16] 孙 焯. 我国恙虫病地方性流行南北异质性比较研究[D]. 上海:中国人民解放军军事医学科学院,2016
- [17] 陈 佳,谢 娜,邓 晟,等. 新疆喀什百日咳与气象因素的多元时间序列分析[J]. *职业与健康*,2018,34(13):1834-1839
- [18] PAREEK M, GREENAWAY C, NOORI T, et al. The impact of migration on tuberculosis epidemiology and con-

(下转第919页)

- [6] 宗雯琦,戴月,甄世祺,等. 2015年江苏省食源性疾病暴发事件的流行病学特征分析[J]. 食品安全质量检测学报,2016,7(10):4272-4277
- [7] 吴雨晨,宗雯琦,戴月,等. 2016年江苏省食源性疾病暴发事件流行病学分析[J]. 江苏预防医学,2017,5(3):262-265
- [8] 毛雪丹;胡俊峰;刘秀梅. 2003—2007年中国1060起细菌性食源性疾病流行病学特征分析[J]. 中国食品卫生杂志,2010,22(3):224-228
- [9] 孔媚兰,袁宝君,朱谦让,等. 生食海产品中副溶血性弧菌半定量风险评估[J]. 南京医科大学学报(自然科学版),2014,34(7):959-964
- [10] 吴云凤,袁宝君. 南京市零售生鲜鸡类食品中沙门氏菌的污染状况调查[J]. 南京医科大学学报(自然科学版),2015,35(2):284-287
- [11] 唐震,沈赟,秦思. 2017年江苏省食源性疾病中致泻大肠埃希氏菌的感染状况及耐药性分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版),2018,38(10):1371-1375
- [12] 周群霞. 2000年—2004年江苏省化学性食物中毒情况分析[J]. 江苏预防医学,2005,12(4):54-55
- [13] 崔燕,梁效成. 2011—2015年甘肃省化学性食源性疾病暴发事件分析[J]. 首都公共卫生,2017,8(4):165-166
- [14] GOULD L H, ROSENBLUM I, NICHOLAS D, et al. Contributing factors in restaurant-associated foodborne disease outbreaks, foodnet sites, 2006 and 2007[J]. J Food Prot, 2013,76(11):1824-1828
- [15] MITCHELL R E, FRASER A M, BEARON L B. Preventing food-borne illness in food service establishments: Broadening the framework for intervention and research on safe food handling behaviors[J]. Int J Environ Health Res, 2007,17(1):9-24
- [16] ALLWOOD P B, JENKINS T, PAULUS C, et al. Hand washing compliance among retail food establishment workers in Minnesota[J]. J Food Prot, 2004, 67(12):2825-2828
- [17] 吴洪涛,高润国,马安宁,等. 我国食品安全领域问题重要性研究[J]. 中国卫生事业管理,2016,33(10):753-756
- [18] 林海,张冠峰,王翠玲,等. 某市集体食堂食物中毒流行病学分析[J]. 中国食品卫生杂志,2008,20(6):524-526
- [19] 李玉清,唐丽霞. 餐饮行业推行食品卫生监督量化分级管理的效果[J]. 中国卫生产业,2017,22(8):42-43
- [20] 刘秀兰,陈立章. 美国餐饮服务食品安全监管分析[J]. 中国现代医学杂志,2011,5(21):1559-1564
- [21] WATSON R, DEARY I, THOMPSON D, et al. A study of stress and burnout in nursing students in Hong Kong: a questionnaire survey[J]. Int J Nurs Stud, 2008, 45(10):1534-1542

[收稿日期] 2019-03-14

(上接第914页)

- trol in high-income countries: a review[J]. BMC Med, 2016,14(1):48
- [19] 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
- [20] SHI Y, LIU X, KOK S Y, et al. Three-month real-time dengue forecast models: an early warning system for outbreak alerts and policy decision support in Singapore[J]. Environ Health Perspect, 2016, 124(9):1369-1375
- [21] ZHANG X, ZHANG T, PEI J, et al. Time series modelling of syphilis incidence in China from 2005 to 2012[J]. PLoS One, 2016, 11(2):e0149401
- [22] KANE M J, PRICE N, SCOTCH M, et al. Comparison of ARIMA and random forest time series models for prediction of avian influenza H5N1 outbreaks[J]. BMC Bioinformatics, 2014, 15(1):276

[收稿日期] 2019-08-27