

2005—2021 年新疆肺结核季节流行特征及阶段趋势对比

买力曼·巴哈尼¹, 萨拉瓦提·哈日特别克¹, 聂艳武¹, 田茂再^{2,3}, 张利萍³

1. 新疆医科大学公共卫生学院, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2. 中国人民大学统计学院, 北京 100872;
3. 新疆医科大学医学工程技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830017

摘要: **目的** 分析 2005—2021 年新疆肺结核流行现状和传播规律, 为进一步做好肺结核防控提供参考依据。 **方法** 基于 2005—2020 年全国和新疆肺结核年报告发病率, 建立连接点回归(joinpoint regression, JPR)模型对比肺结核的阶段变化趋势; 以 2005 年 1 月—2021 年 8 月新疆肺结核报告月发病数建立 Prophet 模型和季节性自回归移动平均(auto regressive integrated moving average, ARIMA)模型, 分析肺结核发病季节变化特征, 并比较模型的拟合精度。 **结果** JPR 模型拟合结果显示, 相较于全国缓慢下降且无明显转折点, 新疆肺结核发病率变化曲线被 2 个明显的转折点划分为 3 个阶段: 缓慢下降阶段[2005—2015 年, 年度变化百分比(annual percent change, APC) = -1.988, $P < 0.05$], 不明显上升阶段(2015—2018 年, APC = 19.071, $P > 0.05$)和明显下降阶段(2018—2020 年, APC = -36.048, $P < 0.05$); 总体上变化趋势较为平稳。Prophet 模型和 ARIMA(1, 1, 2) × (1, 1, 1)₁₂模型结果提示, 新疆肺结核易在 1 月和 3 月高发, 9 月为发病低谷; Prophet 模型拟合效果优于传统的 ARIMA 模型。 **结论** 2005—2021 年新疆肺结核报告发病率远高于全国, 且存在明显季节效应, 应进一步加强春季肺结核的防控。

关键词: 肺结核; 连接点回归模型; Prophet 模型; 自回归移动平均模型; 季节特征

中图分类号: R521; R181.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)11-1285-05 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.11.002

Comparison of seasonal epidemic characteristics and stage trends of pulmonary tuberculosis in Xinjiang, 2005–2021

MAILIMAN Bahani¹, SALAWATI Haritebieke¹, NIE Yan-wu¹, TIAN Mao-zai^{2,3}, ZHANG Li-ping³

1. School of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830017, China;

2. School of Statistics, Renmin University of China, Beijing 100872, China;

3. College of Medical Engineering and Technology, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830017, China

Corresponding author: ZHANG Li-ping, E-mail: zhanglp1219@163.com

Abstract: **Objective** To analyze the epidemic status and transmission law of pulmonary tuberculosis in Xinjiang in recent years, and to provide a basis for further prevention and control of pulmonary tuberculosis. **Methods** Based on the annual reported incidence rates of pulmonary tuberculosis in the nationwide and Xinjiang in 2005–2020, a joinpoint regression (JPR) model was established to compare the changing trend of pulmonary tuberculosis. According to the number of monthly

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72163033, 72064036, 72174175); 省部共建中亚高发病成因与防治国家重点实验室开放课题资助项目(SKL-HIDCA-2020-9)

作者简介: 买力曼·巴哈尼(1997-), 女, 哈萨克族人, 硕士在读, 研究方向: 流行病与卫生统计学。

通信作者: 张利萍, E-mail: zhanglp1219@163.com。

[Z]. 2018-03-11.

[2] 唐涤尘, 胡玉凤, 李蓓思, 等. 湖南蚊类调查[J]. 湖南预防医学参考, 1986; 3(3): 37-42.

[3] 汤林华, 许隆祺, 张湘君, 等. 发病不稳定地区疟疾误诊原因分析[J]. 中国热带医学, 2007, 7(7): 1111-1112.

[4] 段绩辉. 湖南省寄生虫病防治工作 70 年历程[J]. 实用预防医学, 2019, 26(10): 1153-1156.

[5] 唐来仪, 李庆俊, 庞禄林, 等. 湖南省嘉禾、衡东、湘乡三县(市)基

本消灭疟疾后流行病学特征和监测方法的研究[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1995, 8(增刊): 58-61.

[6] 周旻, 彭朝阳, 何华先, 等. 2010—2020 年岳阳市输入性疟疾疫情监测分析[J]. 实用预防医学, 2022, 29(4): 491-493.

[7] 王郭清, 段绩辉, 张湘君. 输入性疟疾流行病学特征及临床表现与诊治情况分析[J]. 实用预防医学, 2017, 24(8): 934-937.

收稿日期: 2022-03-25

reported pulmonary tuberculosis cases in Xinjiang from January 2005 to August 2021, Prophet model and seasonal autoregressive integrated moving average (ARIMA) model were established to analyze the seasonal variation characteristics of pulmonary tuberculosis incidence, and the fitting accuracy of the two models was compared. **Results** The fitting results of the JPR model showed that compared with the slow decline and having no obvious turning point in the nationwide, the changing curve of pulmonary tuberculosis incidence rate in Xinjiang was divided into three stages by two obvious turning points: slow decrease stage (2005–2015, annual percent change (APC) = -1.988, $P < 0.05$), unobvious increase stage (2015–2018, $APC = 19.071$, $P > 0.05$) and significant decrease stage (2018–2020, $APC = -36.048$, $P < 0.05$). On the whole, the changing trend was relatively stable. Results of Prophet model and ARIMA (1, 1, 2) \times (1, 1, 1)₁₂ model showed that the incidence of pulmonary tuberculosis in Xinjiang was high in January and March, but low in September. The fitting effect of Prophet model was superior to that of traditional ARIMA model. **Conclusion** The reported incidence rates of pulmonary tuberculosis in Xinjiang in 2005–2021 were far higher than those of the nationwide, and there was a significant seasonal effect. It is necessary to further strengthen prevention and control of pulmonary tuberculosis in spring.

Keywords: pulmonary tuberculosis; joinpoint regression model; Prophet model; ARIMA model; seasonal characteristic

肺结核是由结核分枝杆菌复合群引起的以肺部感染为主的传染性疾病,主要通过空气和飞沫传播^[1-2]。当活动性结核患者在咳嗽、打喷嚏时,会形成单个结核杆菌飞沫悬浮于空气中传染新的宿主^[3]。据《世界卫生组织 2021 年全球结核病报告》显示,2020 年全球估计有 987 万新发结核病例,我国估算的结核病新发患者数为 84.2 万,与 2019 年相比增加 0.9 万^[4]。新疆位于我国的西北边陲,肺结核发病率一直居全国前列,约为全国平均水平的 2.9 倍^[5],且新疆肺结核疫情常年呈现“三高一低”(感染率高、患病率高、农村疫情高、年递减率低)的特征,形势依旧严峻^[6-7]。因此,作为新疆一个重大的公共卫生问题,挖掘肺结核的特异性流行特征和季节规律,对肺结核的预防和控制显得尤为重要。

本研究通过构建连接点回归模型,挖掘全国和新疆肺结核发病趋势阶段转折点和不同阶段趋势上的变化特点,结合 Prophet 模型和自回归移动平均(auto regressive integrated moving average, ARIMA)模型捕捉新疆地区结核病在季节上的变化特征并对短期内肺结核发病趋势做出预测,以期对肺结核的监测和预防提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 2005—2020 年肺结核发病率和人口学相关统计数据来源于《中国统计年鉴》和《新疆统计年鉴》;2005 年 1 月—2017 年 12 月年肺结核月报告发病数据来源于公共卫生科学数据中心,2018 年 1 月—2021 年 8 月的数据来源于新疆维吾尔自治区卫生健康委员会的官方网站发布数据。

1.2 模型简介

1.2.1 连接点回归(joinpoint regression, JPR)模型 JPR 模型首次由 Kim 等人提出,主要用于描述传染病

发病率和死亡率的发展趋势和影响因素^[8],已成功应用于多种流行病相关研究^[9-10]。JPR 模型构建可通过可视化数据分析软件 Joinpoint regression program 4.7 (简称 Joinpoint 4.7 软件)完成,该模型由美国国家癌症研究所研发,是一款将长期时间序列分成若干段有统计学意义的区段,并能定位数据变化趋势和转折点的软件^[11]。

基于 Joinpoint 4.7 软件进行肺结核报告发病率回归分析时,步骤如下:以年序列号作为自变量,因变量为年发病率;结合正态性检验结果,选择较优模型;通过计算年度变化百分比(annual percent change, APC)和平均年度变化百分比(average annual percent change, AAPC),分析各个区段和总体变化趋势。当 $APC > 0$ 时,说明该阶段肺结核发病率呈上升趋势,反之,呈下降趋势;若未发现有意义转折点,可认为发病趋势呈单调递增或递减。

1.2.2 Prophet 模型 2017 年 Facebook 发布的 Prophet 模型,是一个基于 Python 和 R 的强大的时序预测工具^[12]。季节 Prophet 模型通过对流行病发病数时间序列的趋势项和周期项进行分解,能较好地捕捉流行病传播的季节特征,在流行病预测方面通常体现较强的鲁棒性^[13-14]。

1.2.3 ARIMA 模型 ARIMA 模型是一种经典的时间序列模型,该模型可有效捕捉时间序列的季节周期变化、长期趋势变化及随机成分变化^[15],被广泛应用于多个领域。由于肺结核作为一种呼吸系统疾病,易受季节变化影响,可尝试用 ARIMA 乘积季节模型拟合肺结核季节特征^[16]。

1.2.4 拟合效果评价 本研究选用常用的均方根误差(root mean squared error, RMSE)、平均绝对百分比误差(mean absolute percentage error, MAPE)作为模型

评价指标,通过比较 *RMSE* 和 *MAPE* 大小判断模型拟合和预测效能,其计算公式如下:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|^2} \tag{1}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \times 100\% \tag{2}$$

其中, y_i 为每月肺结核实际发病数; \hat{y}_i 为模型预测值。

描述性统计分析以及正态性检验通过 SPSS 24.0 软件完成,检验水准 $\alpha=0.05$;基于 Joinpoint 4.7 软件完成 2005—2020 年全国和新疆肺结核年报告发病率的 JPR 模型分析,采用 R 4.0.1 软件完成 2005 年 1 月—2021 年 8 月新疆肺结核月报告发病人数的 Prophet 模型和 ARIMA 模型分析。

2 结果

2.1 2005—2020 年全国和新疆肺结核报告发病率对比 观察 2005—2020 年全国和新疆肺结核报告发病率,发现全国年报告发病率逐年递减,新疆地区呈现波动变化,在 2018 年时发病率达到最大值304.94/10 万,随后 2 年呈明显的下降趋势,见表 1。

表 1 2005—2020 年全国和新疆肺结核发病率情况

年份	发病率(1/10 万)	
	全国	新疆
2005	96.31	205.63
2006	86.23	192.60
2007	88.55	199.99
2008	88.52	202.93
2009	81.09	186.35
2010	74.27	164.46
2011	71.09	157.83
2012	70.62	181.17
2013	66.80	172.73
2014	65.63	175.99
2015	63.42	184.53
2016	61.00	185.66
2017	60.53	202.59
2018	59.27	304.94
2019	55.55	169.05
2020	47.76	118.35

2.2 JPR 回归结果分析 对所收集的历年肺结核发病率报告数据进行 *K-S* 正态性检验,结果显示:全国数据呈正态分布($Z=0.12, P>0.05$),而新疆数据并不服从正态分布($Z=0.26, P<0.05$)。分别尝试用线性和对数线性模型拟合全国和新疆发病率数据并对比 *RMSE* 值,线性模型拟合结果 *RMSE* 值分别为 0.126 (全国)和 2.131 (新疆),对数线性模型拟合结果 *RMSE* 值为 0.106(全国)和 1.631(新疆),故采用对数线性模型拟合 JPR 模型。

全国肺结核年报告发病率的 JPR 模型表达式为:

$E[y_i | x_i] = e^{84.546 - 0.040x_i}$,新疆肺结核年报告发病率的表达式为: $E[y_i | x_i] = e^{45.575 - 0.020x_i + 0.195(x_i - 2015)^+ - 0.622(x_i - 2018)^+}$ 。

2005—2020 年全国肺结核的发病率变化无转折点,整体呈下降趋势($APC = -3.911, 95\% CI: -4.346 \sim -3.457, t = -18.864, P < 0.001$)。新疆地区报告发病率变化趋势存在 2 个较为明显的转折点,其将时间轴分为 3 段,其中 2005—2015 年为缓慢下降期($APC = -1.988, 95\% CI: -3.557 \sim -0.394, t = -2.870, P = 0.021$);2015—2018 年为上升期($APC = 19.071, 95\% CI: -2.868 \sim 45.964, t = 1.977, P = 0.083$);2018—2020 年为快速下降期($APC = -36.048, 95\% CI: -49.705 \sim -18.682, t = -4.291, P = 0.003$)。总体呈下降趋势,但下降趋势并无统计学意义($AAPC = -3.737, 95\% CI: -7.971 \sim 0.692, t = -1.659, P = 0.097$),见图 1。

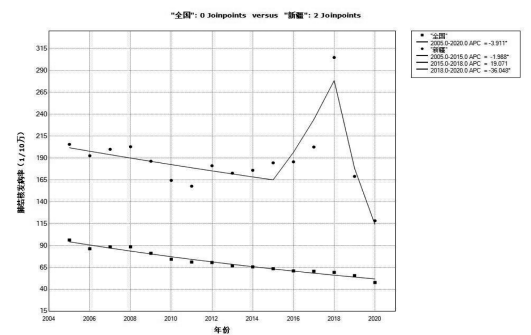


图 1 2005—2020 年全国和新疆肺结核发病率 JPR 分析

JPR 阶段性趋势分析结果显示,新疆肺结核发病率明显高于全国,随着新疆不断加大结核防控力度,除卫生资源相关因素外,区域高发病率可能还与其独特的地理位置和气候有关,因此进一步分析新疆结核疫情同季节的相关性。

2.3 Prophet 模型结果分析 基于 Prophet 模型对全疆 2005 年 1 月—2021 年 8 月肺结核月报告发病数进行趋势和季节性分解,从趋势分解部分可以看出,新疆肺结核发病数在该时间段呈先上升再下降趋势,季节趋势分解图则提示,肺结核在一年四季都有可能传播,其中冬春季高发,冬春季交替期间最易流行;夏季和秋季新发病例数有下降趋势,8、9 月发病人数下降幅度最大,为全年最低,见图 2。

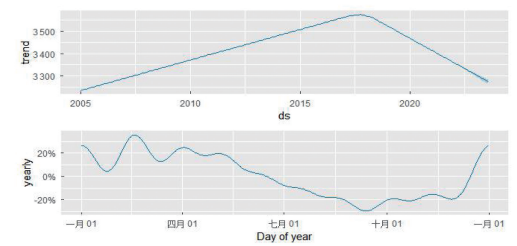


图 2 2005 年 1 月—2021 年 8 月肺结核发病数 Prophet 模型趋势分解图

2.4 ARIMA 模型结果分析 根据 2005 年 1 月—2021 年 8 月新疆地区肺结核月报告人数,构建乘积 $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ 模型。从时序图和季节指数分布图可以看出,序列存在较强季节性特征,每年的 1、3 月为肺结核高发月份,9 月为低谷期。为消除季节性对时间序列的影响,对其进行一阶差分和一阶季节差分处理。单位根检验结果提示,处理后序列基本平稳($t=-7.1984, P=0.01$),可以确定模型参数 $d=1, D=1$ 。差分处理序列的自相关函数(autocorrelation function, ACF)和偏自相关函数(partial autocorrelation function, PACF)均为二阶截尾。可确定 p, q 和 P, Q 的取值范围在 0~2 之间,列出所有可供选择模型,根据赤池信息量(akaike information criterion, AIC)和贝叶斯统计量(Bayesian information criterion, BIC)最小原则,选择出较优模型为 $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ ($AIC=2\ 825.79, BIC=2\ 844.98$),见图 3、图 4。

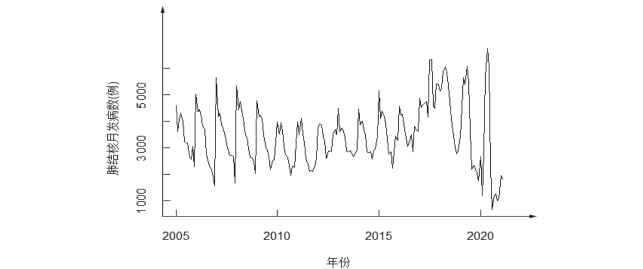


图3 2005 年 1 月—2021 年 8 月新疆肺结核月报告发病数时序图

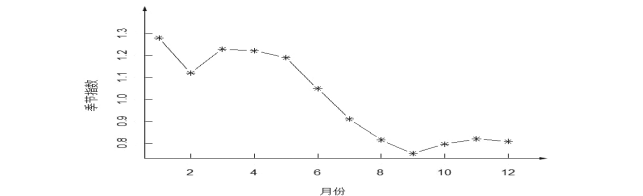


图4 新疆地区肺结核季节指数分布图

模型诊断结果见表 2,各参数估计结果均通过检验($P<0.05$)。Ljung-Box 对残差序列检验结果显示,模型残差为白噪声序列($Q=12.1433, P=0.992>0.05$)。从残差 ACF 和 PACF 图同样可看出,该时间序列残差间不相关,见图 5。可认为, $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ 模型拟合新疆肺结核报告发病数是可行的。

表 2 模型参数估计				
模型	参数	s. e 值	t 值	P 值
AR(1)	0.392	0.154	2.551	$P=0.006$
MA(1)	-0.531	0.149	-3.545	$P<0.001$
MA(2)	-0.313	0.093	-3.369	$P<0.001$
SAR(1)	0.566	0.140	4.028	$P<0.001$
SAR(2)	-0.855	0.122	-6.993	$P<0.001$

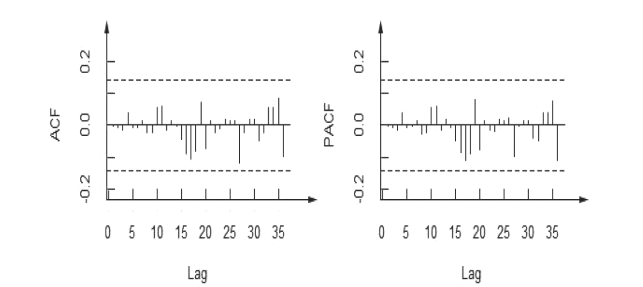


图5 新疆肺结核发病数残差序列的 ACF 和 PACF 图

应用 $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ 模型拟合 2005 年 1 月—2021 年 8 月的新疆肺结核报告人数,真实值与拟合值都落在置信区间范围内,模型拟合度较好,见图 6。

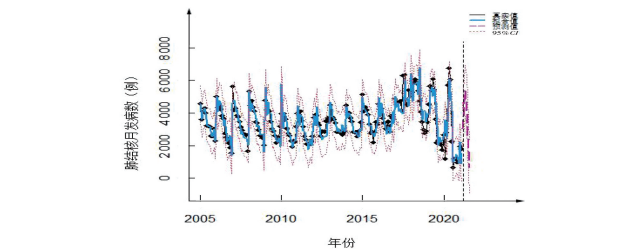


图6 $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ 模型拟合及预测效果图

2.5 Prophet 和 ARIMA 模型预测效果评价 以 2005 年 1 月—2021 年 2 月报告发病数作为训练集,2021 年 3 月—2021 年 8 月发病数作为测试集,对比 Prophet 和 ARIMA 模型在拟合肺结核数据集时的预测精度。结果显示,Prophet 模型拟合结果更接近真实值,Prophet 和 ARIMA 模型的预测精度 RMSE 为 834.076、1 317.320,MAPE 分别为 31.137%、39.022%,提示 Prophet 模型在拟合肺结核月报告发病数时优于季节 ARIMA 模型,见图 7、表 3。

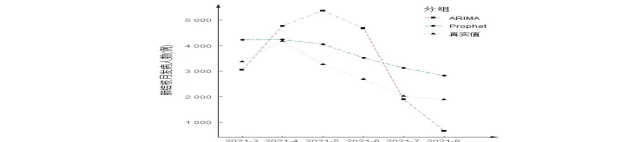


图7 Prophet 和 $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ 模型预测效果对比图

表 3 Prophet 和 $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_{12}$ 模型预测值比较

时间	实际值	Prophet			ARIMA		
		预测值	绝对误差	相对误差	预测值	绝对误差	相对误差
2021 年 3 月	3 372	4 222	850	0.252	3 053	-319	0.076
2021 年 4 月	4 177	4 237	60	0.014	4 767	590	0.139
2021 年 5 月	3 257	4 050	793	0.243	5 369	2 112	0.521
2021 年 6 月	2 684	3 522	838	0.312	4 677	1 993	0.566
2021 年 7 月	2 025	3 133	1 108	0.547	1 896	-129	0.041
2021 年 8 月	1 890	2 833	943	0.499	660	-1 230	0.434

3 讨论

肺结核是一种严重威胁群众健康的慢性呼吸道传染疾病,其传播速度快,治疗时间长,早发现、早诊断、早治疗是肺结核防控的重要步骤。本研究基于 JPR 模型分析了全国和新疆 2005—2020 年肺结核发病率的变化趋势,结果显示,全国肺结核发病率逐年递减。新疆存在两个明显的转折点,第一次转折出现在 2015 年,2005—2015 年新疆肺结核发病率以 2% 的速度呈现逐年下降趋势,考虑这趋势很可能同自治区 DOTS(现代肺结核控制策略)系统的建立和“三位一体”的防治策略全覆盖有关,这两项措施有效提升了新疆疫情报告时效性和治疗效率,同时卡介苗接种工作的有效开展也同发病率降低有关;第二次较为明显的转折点出现在 2018 年。2018 年开始,全区在健康体检工作中纳入了肺结核症状的筛查并将胸部 X 线检查范围扩大到 15 岁以上的全部新疆籍居民,做到肺结核筛查的全覆盖,这一举措明显增加了疑似肺结核或结核病的发现力度。同一时期全疆综合医疗机构诊疗水平的提高,对肺结核患者采取集中隔离以及加大门诊和住院报销比例、落实了结核病人“集中服药+营养早餐”政策等保障措施^[17],提高防治效果,发病率呈现递减趋势,这与陈皓月等^[18]研究结果一致。此外由于新冠肺炎疫情的暴发,其防控措施减少了传染源的流动,同时肺结核患者监测和治疗有了一定的搁浅,可能也是肺结核报告人数降低的原因,在今后的监测中需要注意和警惕的。

从新疆肺结核发病数的季节分布特征可以看出,新疆虽然全年均有新发病例的报告,1 月和 3 月是明显的高发期,夏秋季发病人数相对减少,与聂艳武等^[19]的研究结果一致。研究发现,1 月高发,很可能同新疆 1 月天气寒冷,室内通风次数不多,空气流通不畅,随之增加了肺结核传播的风险^[20]。3 月份为新疆的冬春交替季节,气候多变,沙尘天气等因素均有利于结核菌生存与传播。肺结核在全年均会传播,人们应该做好个人防护,避免聚集,增强自身体质,降低传染风险。

乘积季节 ARIMA(1, 1, 2)×(1, 1, 1)₁₂ 模型可很好地揭示肺结核发病季节趋势,且能够与疾病的季节特征相结合做出短期预测,但由于差分过程中损失一定的数据或处理异常数据能力欠缺^[21],使得其预测效能稍低于 Prophet 模型。Prophet 模型将新疆肺结核发病数序列分解成趋势项和季节项,自动处理所存在的异常和缺失值,同时可灵活调整参数,使模型的拟合精度高于传统的时间序列模型,更适合肺结核的监测和预警工作。

新疆地区经过多年的肺结核防治经验总结,以及不断地探索和实践,最终形成一套适合新疆实际的肺结核防控治疗方案。值得一提的是,2020 年以来受到新冠疫情的影响,医疗卫生资源被占用,也可能是这阶段检出病例数减少的原因之一,防控结核传播上仍然面临着巨大挑战。三种模型在分析新疆肺结核发病人数的阶段变化特征和季节性分布特点方面,展示了各自良好的性能,对肺结核防疫政策的制定和防控措施效果评估均有一定参考意义。

参考文献

- [1] Dheda K, Barry CE, Maartens G. Tuberculosis[J]. Lancet, 2016, 387(10024):1211–1226.
- [2] 陈大川,王在义. 肺结核诊断的研究进展[J]. 临床肺科杂志, 2016, 21(1):145–148.
- [3] 安瑞芬. 肺结核可疑者痰涂片阳性诊断及相关进展[J]. 中国处方药, 2016, 14(9):16–17.
- [4] World Health Organization. Global tuberculosis report[R]. Geneva: WHO, 2021:1–52.
- [5] 贺湘焱,徐月贞,陆阳,等. 新疆结核病预防控制现状分析及对策建议[J]. 卫生软科学, 2017, 31(10):52–56.
- [6] 张为胜,李德洋,陈阳贵,等. 2014—2019 年乌鲁木齐市新发涂阳肺结核流行特征及治疗转归分析[J]. 中国防痨杂志, 2021, 43(6):562–568.
- [7] 王希江,王森路,赵珍,等. 2010—2017 年新疆维吾尔自治区涂阳肺结核患者流行病学特征分析[J]. 结核病与肺部健康杂志, 2019, 8(3):209–217.
- [8] 曾四清. Joinpoint 回归模型及其在传染病流行趋势分析中的应用[J]. 中国卫生统计, 2019, 36(5):787–791.
- [9] 张静,谢今朝,刘聪,等. 2004—2019 年广州市艾滋病抗病毒治疗老年患者特征变化趋势:基于 Joinpoint 回归的回顾性队列研究[J]. 现代预防医学, 2021, 48(12):2276–2280.
- [10] 李嘉铃,韦俞伽,董柏青,等. 2008—2017 年我国手足口病发病和死亡变化趋势研究[J]. 疾病监测, 2022, 37(2):233–240.
- [11] Kim HJ, Fay MP, Feuer EJ, et al. Permutation tests for joinpoint regression with applications to cancer rates[J]. Stat Med, 2000, 19(3):335–351.
- [12] 彭湃,刘敏. 基于 Prophet-LSTM 组合模型的短期负荷预测方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2021, 33(11):15–20.
- [13] 李顺勇,张钰嘉. LSTM 和 Prophet 模型在肺结核发病数预测中的应用[J]. 河南科学, 2020, 38(2):173–178.
- [14] 王晓飞,王波,陆玉玉,等. 基于 Prophet-LSTM 模型的 PM2.5 浓度预测研究[J]. 软件导刊, 2020, 19(3):133–136.
- [15] 刘晓迪,马洁,修璟威,等. 乘积季节模型在我国肺结核疫情预测中的应用[J]. 山东大学学报(医学版), 2018, 56(9):71–76.
- [16] 张伟文,贺湘焱,古丽娜扎尔·艾克拜尔,等. 季节时间序列分析在新疆地区涂阳结核疫情预测预警中的应用[J]. 实用预防医学, 2019, 26(1):26–29.
- [17] 刘年强,王新旗,王希江,等. 新疆结核病防治回顾与展望[J]. 疾病预防控制通报, 2020, 35(4):80–84.
- [18] 陈皓月,雷淑钦,戴江红. 新疆新型结核病防治服务体系实施效果评价[J]. 疾病预防控制通报, 2016, 31(6):55–58.
- [19] 聂艳武,郑彦玲,孙亚红,等. 基于季节性 ARIMA 模型的新疆肺结核发病预测分析[J]. 实用预防医学, 2021, 28(11):1324–1328.
- [20] 吕德良,余卫业,徐健,等. 深圳市涂阳肺结核患者维生素 d 营养状况及其影响因素分析[J]. 中华健康管理学杂志, 2018, 12(4):349–354.
- [21] 赖晓莹,钱俊. ARIMA-LSTM-XGBoost 加权组合模型在肺结核发病趋势预测的研究[J]. 现代预防医学, 2021, 48(1):5–9.