

# 2013—2022 年镇江市结核病流行病学及发病预测

张伊楠<sup>1</sup> 董邓波<sup>1</sup> 耿俊玲<sup>1</sup> 潘洪秋<sup>2\*</sup>

1 华北理工大学公共卫生学院, 河北省唐山市, 063210;

2 镇江市第三人民医院, 江苏省镇江市, 212021;

**摘要:** 分析 2013—2022 年镇江市结核病流行特征及时空分布, 以供防控参考。使用 MATLAB 构建 LSTM、SVM 和 BP 模型预测 2023—2027 年肺结核发病趋势。2013 至 2022 年, 镇江累计报告病例 10377 例, 年均发病率 32.54/10 万, 呈下降态势, 发病高峰在 3 月至 8 月, 男性发病率高于女性, 且主要集中在 60 岁以上的老年人群中, 其中农民占比高达 47.08%。预计 2023—2027 年肺结核发病率将呈波动上升趋势, 应综合施策提升镇江肺结核防控能力。

**关键词:** 结核; 流行特征; 镇江; 发病预测

**DOI:** 10.69979/3029-2808.25.07.025

结核病为全球第二大致命传染病<sup>[1]</sup>。2022 年, 全球共报告 1060 万结核病病例, 中国肺结核病例占全球 7.1%, 位列第三, 凸显我国结核病防控压力大<sup>[2]</sup>。空间流行病学在疾病防控中广泛应用<sup>[3]</sup>且, 机器学习模型在处理时间序列非线性关系上优于传统数学预测模型。且由于镇江市结核病时空分布与预测研究存在不足。故本研究通过解析 2013—2022 年镇江市肺结核描述流行病学特征, 并运用 SVM、BP 与 LSTM 模型预测其发病趋势, 旨在为精准防控与政策制定提供依据。

## 1 资料和方法

1. 资料来源: 镇江市疾控中心汇总了 2013—2022 年结核病病例数据, 涵盖性别、年龄、职业。人口数据由镇江市统计局提供, 面状矢量地图图层来自《国家基础地理信息中心》

2. 描述性分析: 采用三间分布方法进行描述分析。

3. 模型构建: LSTM 模型、BP 神经网络与 SVM 模型适于预测多种疾病发展趋势。构建模型使用 2013 年 1 月至 2021 年 12 月结核病月发病例数据作为训练集, 2022 年同期数据作为测试集, 共开发了三个模型。

(1) LSTM 模型 设时间步长 12, 用 adam 优化, 以均方误差为损失函数, 训练至多 1200 次, 输出反归一化预测值。

(2) BP 神经网络模型 基于 MAE 和 RMSE 优化, BP 神经网络构建为 12 节点输入层、5 节点隐藏层、1 节点输出层的多层前馈网络。

(3) SVM 模型 通过径向基核函数构建 SVM 模型,

运用网格搜索与 5 折交叉验证优化参数, 最终选定  $C=4.0$  和  $\gamma=0.8$  作为最优模型参数。

4. 统计学分析: 使用 Excel2021 整理筛选数据, 进行三阶分布描述。使用 SPSS25. APC 检验显示,  $APC>0$  且  $P<0.05$  时数据上升, 反之则下降。

## 2 结核病流行特征

### 2.1 结核病三间分布特征

#### 2.1.1 时间分布

2013 年至 2022 年, 镇江市结核病发病率显著降低, 从 48.84/10 万降至 20.3/10 万, 显示这一变化具有显著性 ( $P<0.05$ ), 与病例数变化趋势一致。该疾病在 3 月至 8 月高发, 每月均有病例报告。

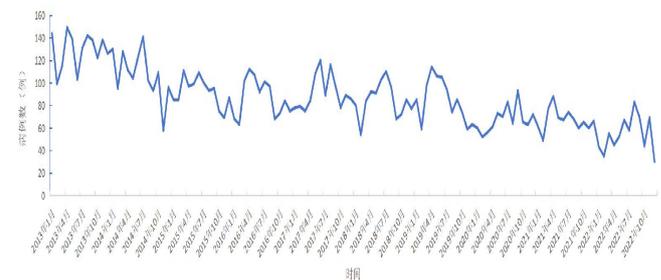


图1 2013—2022 年镇江市结核病各月份发病数的分布情况

Figure 1 Monthly distribution of tuberculosis cases in Zhenjiang from 2013—2022

#### 2.1.2 人群分布

男性病例多于女性。男性发病率为 55.64/10 万, 女性为 21.24/10 万, 年龄  $>60$  岁男性发病率最高。(图

2)。

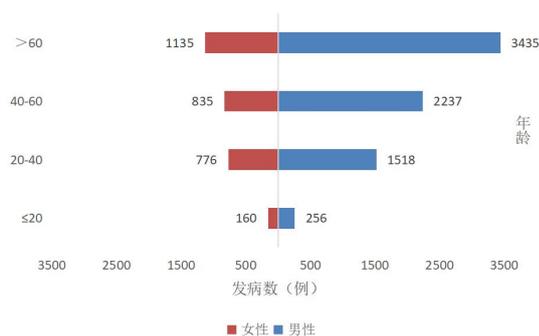


图2 2013—2022年镇江市结核病各病例年龄性别分布图

Figure 2 Age and sex distribution of tuberculosis cases in Zhenjiang, 2013-2022



图3 2013—2022年镇江市结核病病例职业分布

Figure 3 Occupational distribution of tuberculosis cases in Zhenjiang, 2013-2022

2013至2022年,结核病职业病例中,农民占比47.08%,达4539例;家务/待业人员占比16.09%,为1551例;离退人员占比11.68%。

### 2.1.3 人群分布

镇江全市各行政区均有结核病报告,丹阳市病例数最多但年均发病率最低,为31.66/10万。镇江市5个主城区(京口区、润州区、丹徒区、丹阳市、句容市、扬中市)在同期共有3756例结核病病例,年均发病率为39.39/10万,高于非主城区的37.83/10万。

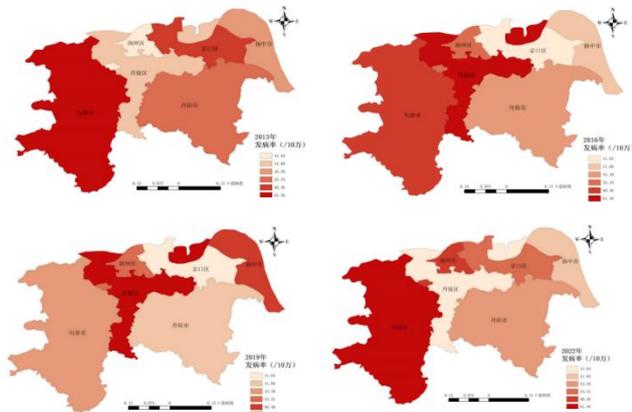


图4 2013、2016、2019、2022年镇江市结核病发病率的地区分布

Figure 4 Regional distribution of tuberculosis incidence in Zhenjiang: 2013, 2016, 2019, and 2022.

## 2.2 模型效果比较

SVM模型在RMSE与MAE指标下性能最佳,优于其他两种模型,详情参见表2。

表2 三种模型对结核病逐月发病率的拟合及预测效果比较

Table 2 Comparison of three models' fitting and forecasting effects on monthly TB incidence.

模型 (Model)	拟合效果 (Fitting Effect)		预测效果 (Forecasting Effect)	
	MAE	RMSE	MAE	RMSE
LSTM	10.5771	13.1535	9.6532	12.1133
SVM	3.3837	6.6553	3.8955	7.4717
BP	8.4319	11.2296	8.7344	11.1074

## 2.3 SVM预测

2023年1月—10月发病人数,对比实际数据,验证短期预测精度,适用于2023—2027年发病趋势分析。

未来两年,镇江市结核病发病将整体下降,但春夏季发病率较高;预计未来三年,发病风险可能上升。见表3、图5。

表3 最优模型预测结果与实际值对比

Table 3 Comparison of optimal model predictions with actual values.

月份 (Month)	病例数 (Cases)	预测值 (Prediction)	相对误差 (%) (Relative Error)
1	36	40.79	13.31
2	59	69.31	17.47
3	65	45.78	-29.57
4	77	61.23	-20.48
5	87	74.24	-14.67
6	77	63.19	-17.94
7	82	78.43	-4.35
8	76	62.03	-18.38
9	53	49.92	-5.81
10	55	74.63	35.69

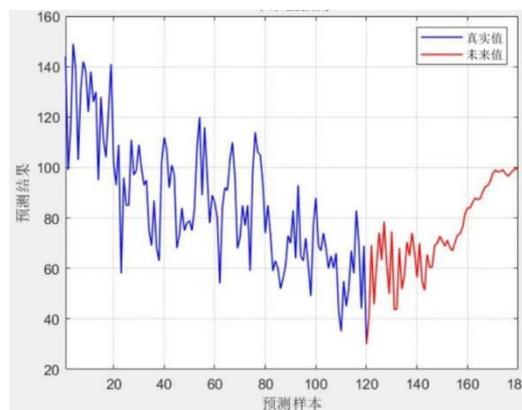


图5 2023—2027年镇江市结核病逐月发病人数预测情况  
Forecast of monthly TB cases in Zhenjiang, 2023-2027

### 3 讨论

研究分析了2013至2022年镇江市结核病病例的时空变化分布特征,预测了未来5年发病趋势,旨在支持该市制定精准结核病防控策略。

2013至2022年,结核病年发病率与年度报告病例数整体呈现下降趋势。这可能由于控制结核病流行的核心是政府、卫生部门高度关注并持续实施公共卫生措施。镇江市春夏季结核病发病高峰。结核病潜伏期长,冬季室内高密度活动及低湿冷环境不利阳光照射,易诱发疾病。春节前后人口流动易增传传染源与密切接触者间的传播机会<sup>[4]</sup>。应强化宣教,提升个人防护意识,确保防控措施到位。60岁以上人群是结核病的主要发病群体,与其它研究一致<sup>[5]</sup>。老年人免疫力下降及多基础疾病是主要因素<sup>[6]</sup>。男性结核病报告病例多于女性。男性参与更多社交活动可能引起性别差异归因。性激素影响下,男性与女性在免疫学差异致男性结核病发病率相对较高。推动性别平等,提升疾病意识<sup>[7]</sup>。优先促进性别平等与提升疾病意识。农民群体病例数最多,缘于贫困、频繁外出务工及高强度劳动<sup>[8]</sup>。需强化此类群体的后续监控。结核病在经济欠发达、人口密集地区更普遍。经济地位低限定了患者对结核病及公共卫生政策的认知。未来防控应实施差异性、精准施策,聚焦重点区域,提升效率。2023-2027年肺结核发病率或上升,需优化防治并强化监测宣教。

研究存在一定局限。受新冠影响,2020至2022年结核病新发病例数或偏离实际。本研究未解释结核病因果,未来需完善SVM模型以提高准确性。

2013至2022年镇江肺结核发病率下降。春夏季高发。男性、老人和农民是结核病高发群体,需重点关注。预计未来五年肺结核发病率将上升。需多措并举,增强镇江肺结核防控能力。

#### 参考文献

- [1]舒薇,刘宇红.精进臻善惟实励新:世界卫生组织《2022年全球结核病报告》解读[J].中国防痨杂志,2023,45(05):454-7.
- [2]World Health Organization.Global tuberculosis report 2023[EB/OL][Z].
- [3]Zhu B,Fu Y,Liu J,et al.Spatial distribution of 12 class B notifiable infectious diseases in China:A retrospective study[J].PLoS One,2018,13(4):e0195568.
- [4]王田田,陈邦华,吴晓旻,et al.2011-2021年湖北省武汉市乙型肝炎流行特征分析及发病预测[J].疾病监测,2023,38(11):1351-6.
- [5]Zhang Y,Ye J,Hou S,et al.Spatial-temporal analysis of pulmonary tuberculosis in Hubei Province,China,2011-2021 [J].PLoS One,2023,18(2):e0281479.
- [6]Gao L,Lu W,Bai L,et al. Latent tuberculosis infection in rural China: baseline results of a population-based, multicentre, prospective cohort study[J].Lancet Infect Dis,2015,15(3):310-9.
- [7]Li Y,Cao X,Li S,et al.Characterization of Mycobacterium tuberculosis isolates from Hebei, China:genotypes and drug susceptibility phenotypes[J].BMC Infect Dis,2016,16:107.
- [8]Duan Y,Cheng J,Liu Y,et al.Epidemiological Characteristics and Spatial-Temporal Analysis of Tuberculosis at the County-Level in Shandong Province,China,2016-2020[J].Trop Med Infect Dis,2022,7(11).

作者简介:张伊楠(1999-),女,硕士在读,研究方向:流行病与卫生统计学