

# ARIMA 模型预测乌鲁木齐市吸毒人群 艾滋病病毒感染状况

张曼<sup>1</sup>, 王云霞<sup>1</sup>, 王凯<sup>2</sup>, 娄鹏威<sup>2</sup>, 芮宝玲<sup>1</sup>

1. 乌鲁木齐市疾病预防控制中心, 新疆 乌鲁木齐 830026; 2. 新疆医科大学医学工程技术学院数学教研室

**摘要:** **目的** 预测乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 感染情况, 为防治工作提供科学的参考依据。 **方法** 利用乌鲁木齐市 2009–2016 年吸毒人群艾滋病感染率数据, 应用 ARIMA 模型, 预测乌鲁木齐市吸毒人群 2017–2019 年 HIV 感染率。 **结果** 预测吸毒人群艾滋病感染率的模型为 ARIMA(2, 1, 0), 拟合效果较好, 利用模型外推预测乌鲁木齐市 2017–2019 年的吸毒人群 HIV 感染率分别为 7.7%、6.4%、5.9%。 **结论** 运用 ARIMA(2, 1, 0) 模型模拟预测吸毒人群 HIV 感染率在时间序列上的变化趋势较为方便适用, 乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 流行呈下降趋势。

**关键词:** 吸毒人群; HIV; ARIMA 模型; 预测

**中图分类号:** R181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2018)03-0310-03 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2018.03.016

## Prediction on the prevalence of HIV/AIDS among drug addicts in Urumchi City with ARIMA model

ZHANG Man\*, WANG Yun-xia, WANG Kai, LOU Peng-wei, RUI Bao-ling

\* Urumchi Center for Disease Control and Prevention, Urumchi, Xinjiang 830026, China

**Abstract:** **Objective** To forecast the infection status of HIV among drug addicts in Urumchi City so as to provide scientific references for its prevention and control. **Methods** According to the data about the infection rates of HIV/AIDS among drug addicts in Urumqi City from 2009 to 2016, the infection rate of HIV among drug addicts in Urumqi City during 2017–2019 was predicted by autoregressive integrated moving average (ARIMA) model. **Results** The established model regarding forecasting HIV infection rate among drug addicts was ARIMA (2, 1, 0) model and the fitting results showed that the model was excellent. The predictive results showed that the infection rates of HIV in Urumqi City in 2017–2019 were 7.7%, 6.4% and 5.9% respectively. **Conclusions** ARIMA (2, 1, 0) model is convenient and suitable to predicting the changing tendency of HIV infection rate in time series. The results reveal that HIV epidemic among drug addicts in Urumqi City shows a downward tendency.

**Key words:** drug addicts; human immunodeficiency virus (HIV); ARIMA model; prediction

**基金项目:** 乌鲁木齐市科学技术局资助项目 (Y161310024)

**作者简介:** 张曼, 女, 陕西西安人, 主任医师, 主要从事艾滋病性病防控工作。

随着艾滋病在全球范围内的广泛传播, 通过建立数学模型的方法来研究艾滋病的传播规律及趋势越来越受到重视<sup>[1]</sup>。时间序列模型预测方法主要有指数

性抑制致病菌在肠道的定植<sup>[5-6]</sup>。另外肠道正常菌群如双歧杆菌、乳杆菌等生理有益菌具有多种生物拮抗功能, 通过营养争夺产生各种有机酸, 降低肠道 pH 值<sup>[7]</sup>。目前研究不同喂养方式对婴儿肠道微生态研究少, 本研究能为以后的研究提供新的思路和试验数据支撑。同时从肠道微生态的角度上分析了母乳喂养对婴儿健康的益处, 为大力提倡母乳喂养, 指导育龄妇女合理喂养婴儿提供科学依据。

### 参考文献

- [1] He X, Tian Y, Guo L, et al. Oral-derived bacterial flora defends its domain by recognizing and killing intruders—a molecular analysis using *Escherichia coli* as a model intestinal bacterium[J]. Microb Ecol, 2010,

60(3):655–664.

- [2] Qin J, Li R, Raes J, et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing[J]. Nature, 2010, 464(7285):59–65.
- [3] 姚联珠, 朱耀华, 王跃飞. 游泳抚触联合母乳喂养对早产儿发育影响分析[J]. 实用预防医学, 2016, 23(5):581–583.
- [4] 王小卉, 杨毅, 徐秀, 等. 不同喂养方式对婴儿肠道菌群的影响[J]. 中国儿童保健杂志, 2004, 12(1):40–42.
- [5] Bodera P, Chcialowski A. Immunomodulatory effect of probiotic bacteria[J]. Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov, 2009, 3(1):58–64.
- [6] 刘欣. 微生态制剂的临床应用和作用机制[J]. 中国微生态学杂志, 2004, 16(4):252–256.
- [7] 陈春雷, 李兰娟. 感染微生物学的研究进展[J]. 国外医学流行病学传染病分册, 2005, 32(5):271–273.

收稿日期: 2016-12-27

平滑预测、自回归移动平均模型 (autoregressive integrated moving average, ARIMA)、趋势曲线预测、移动平均预测等<sup>[2]</sup>。吸毒人群是艾滋病感染传播的高危人群,具有共用吸毒针具、发生无保护性行为等特征<sup>[3]</sup>。为掌握乌鲁木齐市吸毒人群艾滋病病毒 (HIV) 流行趋势,本文采用 ARIMA 模型对乌鲁木齐市 2017-2019 年吸毒人群 HIV 的感染情况进行预测研究,为乌鲁木齐市卫生管理部门制定艾滋病防治策略、合理配置卫生资源提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 资料来自 2009-2016 年乌鲁木齐市各级疾病预防控制中心报至中国疾病预防控制中心信息系统中的吸毒人群艾滋病哨点监测数据。吸毒人群是指口服、吸入或者注射海洛因、可卡因、鸦片、吗啡、大麻、K-粉、冰毒、摇头丸、麻古等毒品的人。

1.2 方法

1.2.1 三次样条插值 三次样条插值方法是将每两实际数据点之间估计出 3 个数据点。对已知的 2009-2016 年乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 感染率 8 个实际数据点进行插值处理后可得出 29 个数据点,使后续的时间序列分析更为可靠和科学。

1.2.2 模型预测 通过对模型平稳性判定、识别、选择最优模型、模型检验后,利用 ARIMA 模型对乌鲁木齐市吸毒人群 2017-2019 年 HIV 的感染率进行预测。

2 结果

2.1 吸毒人群 HIV 感染率插值 对已知的吸毒人群 2009-2016 年的感染率进行插值,得出 29 个数据点,插值后数据,见表 1。

表 1 乌鲁木齐市吸毒人群原始与插值处理后 HIV 感染率

| 时间   | 实际数据 | 插值后数据               |
|------|------|---------------------|
| 2009 | 26.6 | 26.6,23.3,20.9,19.9 |
| 2010 | 18.7 | 18.7,18.4,18.5,18.6 |
| 2011 | 18.7 | 18.7,18.7,18.4,18.0 |
| 2012 | 17.5 | 17.5,16.9,16.3,15.6 |
| 2013 | 14.9 | 14.9,14.1,13.3,12.6 |
| 2014 | 12.2 | 12.2,12.2,12.3,12.6 |
| 2015 | 12.8 | 12.8,12.9,12.6,11.9 |
| 2016 | 10.6 | 10.6                |

2.2 利用 ARIMA 模型预测吸毒人群 HIV 感染情况

2.2.1 原序列平稳性判定 ADF 检验结果显示,在 0.05 检验水准下,吸毒人群 HIV 感染率原序列为非平稳序列,经过一阶差分后,经 ADF 单位根检验后显示平稳, $P=0.0362$ 。

2.2.2 模型识别 序列平稳后根据自相关系数和偏自相关系数判断模型。 $p$  由偏自相关图 (partial Correlation function, PACF) 决定,从第  $n$  阶开始落入 2 倍标准差范围内,则  $p=n$ ;  $q$  由自相关图决定 (autocorrelation function, ACF),从第  $m$  阶开始落入 2 倍标准差置信区内, $q=m$ ;  $d$  为差分到平稳序列的次数。从图 1 中可以看出吸毒序列的自相关 2 阶以后便迅速衰减到 2 倍标准差置信区间以内,所以  $p=0$  或 1 或 2;偏自相关 1 阶以后衰减进入 2 倍标准差置信区间以内,所以  $p=0$  或 1。由于本研究经过了二阶差分,因此  $d=2$ 。

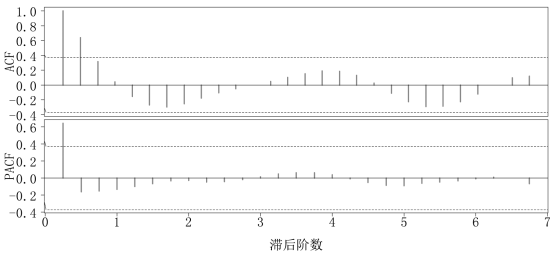


图 1 吸毒人群序列的 ACF 和 PACF 图

2.2.3 最优模型选择 对吸毒者序列的  $p$ 、 $d$ 、 $q$  进行不同的组合,剔除所有参数同时为 0 的可能。对生成的所有可能模型,根据参数有统计学意义以 AIC、SBC、AICC 最小原则选择最优模型。经过分析得出参数有统计学意义的最优模型 ARIMA(2, 1, 0),  $t$  检验统计量的  $P<0.05$ ,说明模型的参数有统计学意义,见表 2。

表 2 吸毒人群 ARIMA(2, 1, 0)模型参数检验

| 模型参数  | 回归系数     | 标准误     | $t$ 值     | $P$ 值    | AIC    | AICC   | BIC    |
|-------|----------|---------|-----------|----------|--------|--------|--------|
| AR(1) | 1.965 6  | 0.027 3 | 72.000 0  | <0.000 1 | -20.54 | -19.54 | -16.54 |
| AR(2) | -0.975 3 | 0.024 5 | -39.808 1 | <0.000 1 |        |        |        |

2.2.4 模型检验 根据 AIC、SBC、AICC 最小原则确定最优模型后,对拟合模型的残差进行白噪声检验。吸毒 ARIMA(2,1,0)模型进行残差白噪声检验后  $P=0.634 5$ 。

2.2.5 模型预测 采用 ARIMA(2,1,0)模型拟合 2009-2016 年期间吸毒人群 HIV 的感染率,2009-2016 年吸毒人群实际 HIV 的感染率分别为 26.6%、18.7%、18.7%、17.5%、14.9%、12.2%、12.8%、10.6%,拟合值分别为 26.6%、18.3%、18.8%、17.7%、15.1%、12.1%、12.8%、11.4%。通过平均百分比误差 (MAPE) 评估模型拟合的精度,计算得到 MAPE 的值为 0.7,表明模型拟合效果较好。通过最优模型可预测出 2017-2019 年乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 的感染率,见图 2。利用模型对今后 3 年乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 的感染率情况进行预测,其结果为:2017 年

7.7%、2018 年 6.4%、2019 年 5.9%。

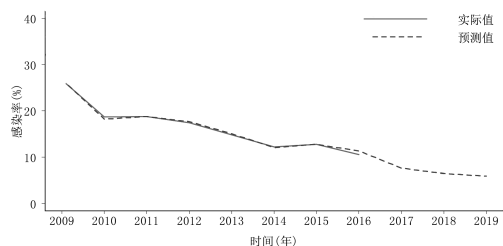


图2 吸毒人群 HIV 感染率的实际值和 ARIMA(2,1,0)模型预测值

### 3 讨论

本文利用 2009–2016 年乌鲁木齐市吸毒人群哨点监测 HIV 感染率资料,通过识别、估计、诊断等过程拟合建立了吸毒人群的 ARIMA(2,1,0)模型。结果显示该模型可以作为 HIV 预测预警的数学模型,雷娜、刘黎等利用哨点监测资料使用数学模型分别对江苏省和成都市 AIDS 疫情进行了估计与预测,杨秋英和韩丽涛等也有类似的研究<sup>[4–7]</sup>。他们的研究结果对当地艾滋病防控工作都起到了积极的推动作用。本文也可以为有关部门为吸毒人群制定有效的干预策略措施提供决策依据。但是,本研究模型结构设计较为简单,未充分考虑各项干预措施在吸毒人群中的实施特点,具有一定的局限性。但是,作为短期预测,还是科学的<sup>[8]</sup>。

采用 ARIMA(2,1,0)模型预测乌鲁木齐市 2017–2019 年吸毒人群 HIV 感染率分别 7.7%、6.4%、5.9%,呈逐年下降趋势。表明乌鲁木齐市吸毒人群中的 HIV 流行速度正在减缓,乌鲁木齐市近 20 年针对吸毒人群采取的社区美沙酮药物维持治疗、清洁针具

交换、健康教育等干预措施有效,与云南省和广西的调查相似<sup>[9–10]</sup>。如果排除自然趋势的影响,从 HIV 感染率的变化来看,可以认为乌鲁木齐市所采取的 HIV 防控措施取得了一定效果。也说明了实施行之有效的干预措施能够遏制 HIV 在吸毒人群中的传播。但是,乌鲁木齐市吸毒人群 HIV 感染率高于国内的平均水平,我国吸毒人群 2008 年至今,发病率基本稳定在 0.50%~0.90%之间,处于较低流行水平<sup>[11]</sup>。乌鲁木齐市今后应进一步扩大吸毒人群干预覆盖面,并与公安机关合作增加美沙酮维持治疗的人数;开展针具交换活动,在发放清洁针具的同时也发放安全套,发展同伴教育员,开展同伴教育。

### 参考文献

- [1] Lewis F, Greenhalgh D. Three stage AIDS incubation period: a worst case scenario using addict–needle interaction assumptions [J]. Math Bios, 2001, 169(1): 53–87.
- [2] 曹务春. 传染病学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 96.
- [3] 梁均和, 陈安妮, 蔡惠霞, 等. 江门市吸毒人群高危行为及 HIV、梅毒、HBV、HCV 感染状况调查 [J]. 华南预防医学, 2005, 31(1): 15–16.
- [4] 雷娜, 彭志行, 还锡萍, 等. 江苏省 AIDS 疫情估计和预测分析研究 [J]. 中华预防医学杂志, 2010, 44(11): 1012–1017.
- [5] 刘黎, 彭志行, 施超, 等. EPP 模型在江苏省艾滋病疫情估计、预测与分析中的应用 [J]. 中华疾病控制杂志, 2010, 14(6): 479–483.
- [6] 杨秋英, 郭广行, 陈卉. 基于时间序列 ARIMA 模型的艾滋病发病率预测研究 [J]. 中国医学装备杂志, 2016, 13(1): 1–3.
- [7] 韩丽涛, 阮玉华, 周义仓, 等. 西昌市静脉吸毒人群 HIV/AIDS 流行趋势分析 [J]. 中国艾滋病性病杂志, 2004, 10(4): 257–259.
- [8] 谭京广, 杨峥嵘, 陈琳, 等. 深圳市艾滋病病例报告灰色预测 [J]. 实用预防医学, 2015, 22(12): 1521–1523.
- [9] 杨莉, 杨朝军, 蒋岩, 等. 云南省吸毒人群和男男性行为人群 HIV-1 新发感染调查 [J]. 中国皮肤性病杂志, 2014, 29(8): 817–819.
- [10] 陈怡, 唐振柱, 沈智勇, 等. 2007–2012 年广西壮族自治区吸毒人群艾滋病流行趋势分析 [J]. 疾病监测杂志, 2013, 28(8): 643–647.
- [11] 徐勇, 张磊, 凌莉. 应用传染病动力学模型估计我国吸毒人群 HIV 年发病率 [J]. 中华疾病控制杂志, 2016, 20(3): 215–219.

收稿日期: 2017-04-23

(上接第 307 页)

为养老机构的消毒和传染病防控工作提供了参考依据。此次的消毒监测主要针对养老机构内消毒效果的细菌学检测,没有进行消毒制度、人员配备、消毒设施配备等软硬件方面的研究,这将是养老机构消毒工作的进一步研究方向。

### 参考文献

- [1] 田靓, 朱仁义, 朱秋丽, 等. 全国三省养老机构卫生消毒现状 [J]. 中国消毒学杂志, 2012, 29(6): 503–505.
- [2] 汤泓, 章洁, 沈莉. 上海市长宁区 2001–2003 年流感监测情况分析 [J]. 上海预防医学杂志, 2004, 16(9): 433–434.
- [3] 陈冬华, 钱杰, 姜欣志, 等. 上海市嘉定区集体单位流感样病例监测分析 [J]. 医学动物防制, 2012, 28(9): 1004–1006.
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 国家卫生计生委办公厅关于印发《养老机构医务室基本标准(试行)》和《养老机构护理站基本标准(试行)》的通知 [EB/OL]. (2014-11-18) [2016-10-

30]. <http://www.nhfp.gov.cn/yzygj/s3593/201411/dd043c3899684a8e8286abaffbd265c.shtml>.

- [5] 朱仁义. 规范养老机构消毒工作我国将出台首个养老机构消毒卫生标准 [J]. 中国卫生标准管理, 2011, 2(1): 63–69.
- [6] 汤嵩喆, 陈越火, 沈伟. 上海市养老机构消毒质量调查 [J]. 中国消毒学杂志, 2012, 29(7): 591–592.
- [7] 汤泓, 章洁, 沈莉. 上海市闸北区 5 家养老机构 2013–2014 年消毒质量监测 [J]. 上海预防医学杂志, 2015, 27(12): 793–794.
- [8] 蔡恩茂, 徐仁芳, 褚秀娟, 等. 上海市长宁区 20 所养老院传染病管理及消毒现状调查 [J]. 医学动物防制, 2011, 26(7): 564–565.
- [9] 陈必敬, 胡祖荃, 龚江海. 上海市虹口区敬老院消毒卫生状况调查 [J]. 上海预防医学杂志, 2002, 14(6): 281–282.
- [10] 宋灿磊, 李澜, 曹志城. 金山区 2012 年诺如病毒聚集性胃肠炎流行病学特征分析 [J]. 实用预防医学, 2014, 21(3): 294–296.
- [11] 庞志钊, 马志辉. 石家庄市托幼机构物体表面消毒效果分析 [J]. 实用预防医学, 2016, 23(2): 219–220.

收稿日期: 2016-12-06