

阿片类药物危机调查研究

吴晓青¹, 赵子昱¹, 李双², 马宇乔², 潘逸焯², 刘熙鹏^(通讯作者)

(华南理工大学, 广东 广州 510641)

摘要: 为了制定有效的战略, 调查阿片类药物滥用的蔓延。我们首先使用伪最大似然 (PML) 理论来改进 SIS 模型, 然后我们使用改进的模型来表征阿片类药物在五个状态中的传播。根据我们的模型, 我们确定俄亥俄州是阿片类药物使用开始的状态。因此, 我们使用 K-means 聚类将俄亥俄州的县划分为三类, 并进一步调查一个特定类别的县。然后我们找到阿片类药物使用的原始县—汉密尔顿。此外, 我们预测俄亥俄州的阿片类药物滥用将是 2020 年最严重的。

关键词: 最大似然 (PML) 理论; K-means 聚类; 阿片类药物

一、问题背景

自阿片类药物问世以来, 阿片类药物已广泛用于缓解疼痛。但由于其强烈的成瘾和其他副作用, 世界各国都严格控制阿片类药物。美国正在经历关于滥用阿片类药物的国家危机。虽然联邦组织正在努力“拯救生命并防止阿片类药物的负面治疗效果”, 但吸毒成瘾者人数仍在上升。因此, 研究阿片类药物使用的传播并揭示其背后的社会经济因素至关重要。

二、本文工作

本文工作: 建立一个模型来表征阿片类药物在五个州的传播, 然后;

(一) 预测病情何时何地最差

(二) 确定阿片类药物使用开始的具体位置。

我们首先使用 PML 来改进 SIS 模型。然后我们通过获得模型的衍生物来预测滥用将在何时何地变得最糟糕。要找到阿片类药物使用的来源, 我们使用 K-means 聚类将俄亥俄州的县划分为三类, 并进一步调查一个特定类别的县。

三、阿片类药物传播模型

(一) 基于 SIS 模型的阿片样扩散模型

首先, 我们讨论基本的 SI 模型。根据假设, 每个阿片类药物滥用者都会诱导 $\lambda s(t)$ 人服用阿片类药物。由于总人口数为 N , 因此每年都有 $\lambda N i(t) s(t)$ 新成瘾者。通过引入代表每年每个成瘾者的传染率的 μ , 我们将得到等式 (1):

$$N \frac{di}{dt} = \lambda N s i - \mu N i \quad (1)$$

$$\begin{cases} s(t) + i(t) = 1 \\ i(0) = i_0 \end{cases} \quad (2)$$

由 (1) (2) 得到:

$$\begin{cases} \frac{di(t)}{dt} = \lambda i(t)[1 - i(t)] - \mu i(t) \\ i(0) = i_0 \end{cases} \quad (3)$$

$$i(t) = \frac{1}{1 + (1/i_0 - 1)e^{-\tilde{\mu}t}} \quad (4)$$

然后, 得到:

$$N \frac{di}{dt} = \lambda N s i - \mu N i \quad (5)$$

1. 我们使用 MATLAB 拟合曲线, 得到阿片类药物滥用者在州人口中随时间的比例分布。

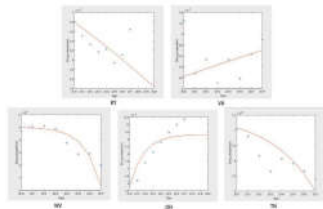


图 1: 阿片类药物滥用者在州人口中的比例随时间的变化

通过调查每个州十年前的图表, 我们确定 OH 是阿片类药物使用开始的最可能状态。因为俄亥俄州的图表是最早从 0 开始成长并且上升最快的图表。

2. 然后, 我们用 MATLAB 分析了五个州吸毒者比例时变曲线的导数, 发现俄亥俄州和弗吉尼亚州的衍生物在未来一段时间内仍大于零, 证明了这两个州的吸毒成瘾者比例在未来呈上升趋势。俄亥俄州的衍生物将在 2020 年左右达到零。这意味着俄亥俄州即将在 2020 年的大规模阿片类药物危机中爆发。

(二) 找到阿片类药物使用开始的县 [3]

K-means 聚类是根据样本之间的欧几里德距离的聚类方法。我们首先从 NFLIS 中提取俄亥俄州 88 个县的药物报告。然后, 我们使用 2010–2013 年的平均药物总报告作为一个指标, 将 2014–2017 年的平均药物总报告作为另一个指标, 并使用 SPSS 处理数据。

结果显示: 阿片类药物滥用开始的最可能的类别包含两个县: Cuyahoga 和 Hamilton。使用基于 SIS 模型的阿片样扩散模型进行调查, 我们发现汉密尔顿是阿片类药物滥用的起源。因为它的图形比 Cuyahoga 早得多。

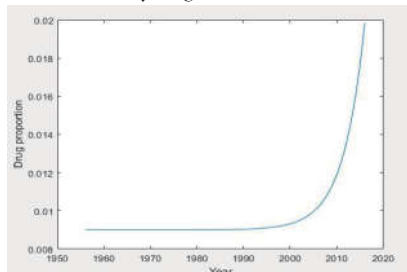


图 2: 几年前汉密尔顿人口中阿片类药物滥用者的比例

四、结论

(一) 阿片类药物滥用的起源可能是俄亥俄州汉密尔顿市。

(二) 有效性战略应包括至少两个方面: 减少现有阿片类药物滥用者数量和防止人们滥用阿片类药物的方法。

参考文献:

- [1] Gray A, Pan J, et al. A Stochastic Differential Equation SIS Epidemic Model. Siam Journal on Applied Mathematics. 2011, 71(3): 876–902.
- [2] Tianshu Zhang. Parameterr estimation and its application to a certain type of the epidemic model[D]. Jiangsu University[D]. Liaoning Normal University, 2016.
- [3] Juan Hui, Chuanhui Qu. Improved K means Clustering Algorithm[J]. Shipboard Electronic Countermeasure, 2017, 40(06): 91–93.

作者简介:

吴晓青、赵子昱、李双、马宇乔、潘逸焯、刘熙鹏 (通讯作者), 华南理工大学。