

小；新冠肺炎的爆发初期对短期经济的增长有较大影响，后期因疫情得到较好的防控 GDP 增长也趋于稳定，因此，新冠疫情对我国 GDP 有较大影响。

2、基于人口重心模型的人口流动研究

人口流动的空间分布对新型冠状病毒传播的影响。新冠病毒的传播特征是高传染性和高隐蔽性，传播途径是呼吸道飞沫传播和接触传播。根据传播特征和传播途径，人口流动是影响新型冠状病毒传播的一个重要因素^[1]。

以云南省为例针对新型冠状病毒传播研究的人口重心模型进行研究。子区域依次是昭通市、丽江市、大理州、曲靖市、保山市、昆明市、楚雄州、德宏州、玉溪市、红河州、普洱市、版纳州，收集其地理坐标，再收集各州市的每月底的患病人数，利用人口重心模型的坐标公式计算出各州市的人口重心坐标，探究 2020 年疫情的患病人口重心的移动。

人口重心的纵坐标和横坐标：

$$Y_{G \times} = \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

$$X_{G \circ} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

x_i 和 y_i 表示子区域的横坐标和纵坐标， p_i 表示第 i 个子区域的新冠确诊人数数量， n 表示局部研究区域内子区域的个数^[2]。

表 2 人口重心的纵坐标和横坐标

| 时间 | $Y_{G \text{纵}}$ | $X_{G \text{横}}$ |
|------------|------------------|------------------|
| 2020-01-30 | 11.80851 | 4.685405 |
| 2020-02-29 | 12.10379 | 5.41087 |
| 2020-03-31 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-04-30 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-05-31 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-06-30 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-07-31 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-08-31 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-09-30 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-10-31 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-11-30 | 53.95918 | 5.293261 |
| 2020-12-31 | 53.95918 | 5.293261 |

根据坐标图表，云南各地方的患病人口重心在 2020 年 1 月到 3 月有变化，但 4 月到 12 月的患病人口重心无变化。说明疫情初期控制疫情扩散的能力较弱，到了中期和后期，云南的疫情基本得到了控制，新型冠状病毒的传播没有初期那么恶劣。

3、基于 SIR 模型的年龄结构研究

SIR 确定模型是以常微分方程为驱动力的模型 [3]。通常，在传染病传播期间，SIR 确定模型将整个染病疫区的所有人群分为三类：易感者 (Susceptible)：记为 $s(t)$ ，表示 t 时刻未感染但可能随时感染上疾病的人数。

感染者 (Infective)：记为 $I(t)$ ，表示 t 时刻已经被疾病感染，出现发病症状且具备传染力的人数。

移除者 (Removed)：记为 $R(t)$ ，表示 t 时刻从感染者中治愈或因病死亡移除的人数和从易感者中获得疫苗接种并获得免疫力的人数 [4]。

记 t 为时间， x 为年龄， y 为病程， A 为人的最大寿命， C 为最大病程， b_{1i} 、 b_{2i} 、 b_{3i} 分别代表三类人群的出生率，

d_{1i} 、 d_{2i} 、 d_{3i} 分别代表三类人群的死亡率， f_{1i} 、 f_{2i} 、 f_{3i} 分别代表时刻 t 这一区域的人口迁移。 a 表示 I 类人群传染死亡的概率， b 表示 S 类人群被感染的概率， g 表示 I 类人群因治愈而成为 R 类人群的概率， k 表示 S 类人群预防接种成功的概率。可建立用常微方程组表示的数学模型^[5]：

$$\frac{dS}{dt} = (b_1 - b_2)S + b_2I + b_3R + f_1 - bSI - kS$$

$$\frac{dI}{dt} = f_2 + bSI - (d_2 + a + g)I$$

$$\frac{dR}{dt} = f_3 + gI + kS - d_3I$$

(1)

这一微分模型如(1)没有考虑到年龄因素对新型冠状病毒传染的影响^[6],而本课题所讨论的出生率、死亡率以及染病率都与年龄的大小有关,且新型冠状病毒的发展情况,通常还与发病时间的长短和病程有关。因为年龄和病程这两个因素在常微模型中都未加以讨论,所以为了更详细的描述新型冠状病毒的发展规律,需进一步考虑年龄及病程等因素对新型冠状病毒的影响。

由密度函数的定义,在时刻 t ,年龄在区间 $[x, x + dx]$ 中的S类及R类人数分别为 $s(t, x)dx$ 及 $r(t, x)dx$,年龄及病程分别在区间 $[x, x + dx]$ 及 $[y, y + dy]$ 中的I类人数为 $i(t, x, y)dxdy$,从而在时刻 t 这三类人的总数分别为

$$S(t) = \int_0^A s(t, x)dx$$

$$I(t) = \iint i(t, x, y)dxdy$$

$$R(t) = \int_0^A r(t, x)dx$$

(2)

由(2)知在时刻 t ,人口总数为 $N(t) = S(t) + I(t) + R(t)$ 。

由于新生儿属于易感者,其年龄应从 $x=0$ 开始;在时间区间 $t = dt$,年龄在区间 $[0, dt]$ 中的S类人数=在时间区间 $[t, t + dt]$ 中出生的婴儿人数,可得到在 $x=0$ 处的一个边界条件:

$$(t, 0) = \int_0^A [b_1(t, e)s(t, e) + \int_0^C b_2(t, e, t)dt + b_3(t, e)r(t, e)]d$$

$$\text{且 } i(t, 0, y) = 0, r(t, 0) = 0。$$

由于S类人中的发病者变成了I类人,因此其病程从 $y=0$ 开始,所以S类人的发病数=在时刻 $t + dt$,年龄在区间 $[x, x + dx]$ 及病程在 $[0, 0 + dx]$ 中的I类人数,故可得出 $y=0$ 的边界条件为: $i(t, x, 0) = b(t, x)s(t, x)I(t)$ 。

同时S类人接种成功的人数=在时刻 $t + dt$,年龄在区间 $[0, dx]$ 中的R类人数 $r(t, 0)dxdt$,即

$$r(t, 0) = k(t, 0)s(t, 0)。$$

综上所述可得结论:在 t 时刻,年龄结构对新型冠状病毒的传播无显著影响。

4、结论

本文通过查阅新型冠状病毒肺炎病毒的疫情实时动态追踪中各地区的确诊病例、国家统计局中的GDP、中国天气网中的气温,对影响新冠肺炎病毒传播的因素进行分析。首先根据地理位置与确诊病例进行描述性分析,得出新型冠状病毒的确诊病例与地理位置有一定的相关性,中南地区高于其他地区,但其原因中南地区是疫情的爆发源。其次通过LSD多重比较,得出新冠病毒的传播受地理位置的影响。再次通过对新冠数据进行相关性分析,气温对新冠肺炎的传播影响较小;并且疫情对我国GDP造成巨大冲击,对我国经济发展产生了巨大影响。根据人口重心模型得出新冠肺炎爆发初期人口坐标变化大,导致疫情扩散的能力强,后期因疫情防控政策使人口重心坐标趋于稳定,疫情扩散能力逐渐变弱。最后,通过SIR模型对年龄结构与新冠疫情的研究得出,年龄结构与新冠疫情无关。

综上所述,新冠疫情与地理位置、GDP、人口流动有关,对当前新冠疫情防控政策既要保证全方位实施,对不同的地区也要有针对性。

基金项目: 保山学院校级科研项目:多元统计分析模型下的新型冠状病毒分布特征研究(XSKY018)。

参考文献

- [1] 何学洲. 基于GIS的人口空间统计分析研究与实现[D]. 首都师范大学, 2008.
- [2] 杨朝娟. ArcGIS支持下三峡库区适度人口重心迁移研究——基于生态足迹视角[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(16): 12-13.
- [3] 陈创. 基于SIR模型在新冠肺炎中的应用与研究[D]. 兰州大学, 2021.
- [4] 张艳霞, 李进. 基于SIR模型的新冠肺炎疫情传播预测分析[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2020, 37(01): 94-101.
- [5] 张佳. SIR模型及其在SARS疫情中的应用[D]. 山东大学, 2019.
- [6] 徐宝春. 基于SIR模型的SARS传染病研究[D]. 山东大学, 2019.

作者简介: 王云涛(2000), 男, 云南保山人, 保山学院在校生, 研究方向: 应用统计。