

综述

基于 Netlogo 的疫情传播与防控仿真系统模型研究

郑茸丹 吴文坚 赵舒扬 付英豪 杨波*

(江西财经大学 江西南昌 330013)

【摘要】在疫情防控的背景下,本文在传统的传染病模型的基础上加以改进,用仿真和建模的方式对新冠肺炎的传播机理进行研究,采用Netlogo仿真软件进行新冠肺炎传播的系统动力学模型。通过建模更加直观的对传染病传播规律进行描述,对新冠肺炎疫情的传播进行可视化,为国家应对新冠病毒肺炎疫情提出可行性建议。

【关键词】疫情扩散; Netlogo仿真建模; 系统动力学; 防控措施建议

Modelling of epidemic spreading and prevention and control simulation system based on Netlogo

Rongdan Zheng, Wenjian Wu, Shuyang Zhao, Yinghao Fu, Bo Yang *

(Jiangxi University of Finance and Economics Nanchang, Jiangxi, 330013, China)

[Abstract] In the context of epidemic prevention and control, this paper improves on the traditional infectious disease model by using simulation and modelling to study the transmission mechanism of C. neoformans, and adopts the Netlogo simulation software to carry out the system dynamics model of C. neoformans transmission. The modelling provides a more intuitive description of the infectious disease propagation law, visualises the spread of the neocoronavirus pneumonia epidemic, and puts forward feasible suggestions for the national response to the neocoronavirus pneumonia epidemic.

[Keywords]: Epidemic spread; Netlogo simulation modelling; system dynamics; suggestions for prevention and control measures

1 引言

疫情传播与防控仿真系统模型是一种重要的工具,用于研究和分析传染病在人群中的传播方式、速度以及不同防控策略的效果。近年来,全球范围内爆发的传染病疫情,如 COVID-19,已经引起了广泛的关注和研究。这些疫情对社会、经济和公共卫生系统产生了巨大的影响,因此,了解疫情传播规律以及制定有效的防控策略变得至关重要。在传染病疫情研究中,仿真系统模型是一种非常有价值的工具,可以帮助我们理解不同因素对疫情传播的影响,预测疫情未来的发展趋势,并评估不同的干预措施的效果^[1]。基于仿真的方法可以模拟人群的行为、疫情的传播动态以及政府或卫生部门的应对措施,从而为决策者提供科学依据,帮助他们更好地应对疫情。本研究旨在基于 Netlogo 平台,开发一个疫情传播与防控仿真系统模型,以深入研究不同传染病在人群中的传播过程,并探讨不同防控策略对疫情传播的影响^[2]。Netlogo 是一个广泛应用于建模和仿真的工具,它具有直观的界面和强大的建模能力,适用于模拟复杂的人群行为和传播过程。

2 疫情传播的仓室模型构建

根据历史数据及医学常识可做出如下决策,将某城市总人数 N 划分为七类人群,建立七个仓室,即易感者 (S),潜伏者 (E),确诊患者 (I)、无症状感染者 (A)、治愈者 (R)、病死者 (D) 和疫苗接种者 (V)。基于实际的新冠肺

炎病毒传播过程,将其抽象为七个仓室之间的动态转移模型,如图 1 所示。

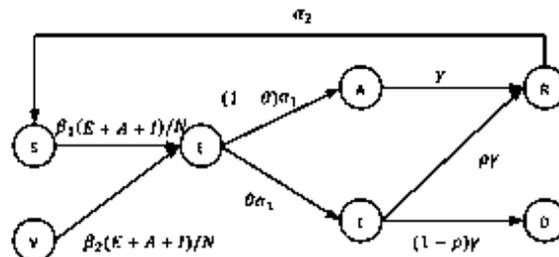


图 1 疫情传播的状态转移

构建这个模型的关键是描述人群从一个仓室到另一个仓室的转移过程,其中, S 、 I 、 R 分别表示易感人群、感染人群和康复人群的数量, t 是时间, β 表示感染率, γ 表示康复率 [3]。这些微分方程描述了随着时间的推移,人群从易感状态向感染状态转移,然后从感染状态向康复状态转移的过程。

3 疫情扩散仿真模型的构建

通过简单的主体类型构造,以及一些基础操作,在完成主要实验之后,对实验结果进行分析时,可以构造其他的主体类型进行更深层次的研究。在传染病 SIR 传播模型中,在医院外部,前六类主体根据 speed (出行范围) 随机移动。当 (S) 主体遇见 (I) 主体之后,综合宿主自身的身体素质以及病毒毒性等因素,决定 (S) 主体是否变成潜伏者 (E) 主体, (E) 主体在 7-14 天变为确诊者 (I) 主体或者无症状感

染者 (A) 主体。确诊者 (I) 主体、无症状感染者 (A) 主体分别经过不同的时间段后进入医院治疗 [4]。假设进入医院的患者不再移动,根据宿主自身的身体素质以及病毒毒性等因素确定宿主的死亡率,为了简化我们的模型,在一开始我们假设医院内的死亡率是确定的。

即在医院的患者要么按照死亡率死去,要么成功被治愈,变成治愈者 (R) 主体。同时 (V) 作为疫苗接种者主体与易感染者 (S) 主体的基本运动状况相似,唯一的不同就是身体产生了抗体,感染的概率大大降低了。

4 结论

基于疫情传播的医学理论和系统动力学的基础上,本实验采用设定初始感染人数来观察疫情的传播,假定新型冠状病毒的确诊者为 30 万,易感人群为 170 万。通过自主调控各种不同类型的病毒传染率,观察实际结果。结果得出病毒的传染率与防控措施密切相关,在适宜的隔离日期和一定程度的治疗的基础上,效果明显更好;同时病毒的种类不同,病毒的传染率不同,Omicron 明显在三种病毒里传染率更高,整座城市沦陷的速度也更快;医院的床位明显就是防控疫情水平的上限,所以从长期来看,提升当地的医疗水平才可以真正实现控制疫情^[5]。但是短期来看,进行一定程度的隔离具有一定的效力,人们亟待解决的应该是在有效的时间内调度有限的医疗资源,同时如何提升自身的医疗水平,避免医疗卫生事件再次肆虐地球。

从累计确诊人数、死亡人数、疫情控制的时间来看,限制出行与隔离得出的数据均是最少的,能够从根源上控制疾病的传播。然而,保护措施虽然能够减少累计确诊人数和死亡人数,但是并不能使疫情得到很快控制,反而延长了疫情控制的时间。接种疫苗也能使累计确诊人数、死亡人数、疫

情控制时间更少,但需要大规模接种才有效。但是当我们接种疫苗之后,病毒可能会发生变异,毒性可能变强也可能变弱,从长期来看唯一的解决办法就是提升当地的医疗水平,建设完整的生命健康保护防线。

5 讨论

(1) 大规模接种疫苗,提升个人免疫力。由于中国人口基数大,隔离和限制出行并不能完全避免疫情的传播,如果逐个感染进行群体免疫风险过大。尤其是中国老龄人口基数大,老人对于疫情防控的防护不能完全做到有效,且老年人免疫力低下,感染一次新冠后对身体损伤比较大,因此需要抓紧普及疫苗的接种,尤其针对老年人群体 [6]。

(2) 节约医疗资源,有效保护人民健康。针对无症状感染者以及轻症感染者建议居家隔离而不是集中隔离。居家隔离可以正常进行工作生活,对社会经济状况影响较小,并且对患者心理健康有好处,同时能够大量节省医疗资源给重症患者。

(3) 对重症地区分区域集中隔离。在被隔离的人群中,需要将不同类型的病人进行分开隔离,避免不同病毒交叉传播和集中传染,甚至可能进化出新型病毒。能够针对不同类型的病人采取集中治疗的方式。

(4) 对重症地区限制非必要出行。限制出行能够从根本上减少人们接触的频率和距离,进而减少被感染的概率和疫情扩散的范围。从实验中也能够看出限制出行对于现在不断严峻不断变异的病毒来说是最有效抑制的方式。

(5) 提升医疗卫生水平,提高个人基本卫生素养。个人是健康保护的第一责任人,在努力提升各地医疗水平,建设统一的医疗资源调度体系的同时,个人也要做好自我卫生健康保护,加强卫生健康安全教育。同时在心理上加以疏导,做好疫情预防防控,防止突然恶化的疫情和舆论态势。

参考文献:

- [1]Liu, D., Zheng, X., & Zhang, L. (2021). Simulation of spatiotemporal relationship between COVID-19 propagation and regional economic development in China.Land, 10 (6), 599.
- [2]Hosseini, S., Abdollahi Azgomi, M., & Rahmani Torkaman, A. (2016). Agent-based simulation of the dynamics of malware propagation in scale-free networks.Simulation, 92 (7), 709-722.
- [3]Hunter, E., Mac Namee, B., & Kelleher, J. (2018). An open-data-driven agent-based model to simulate infectious disease outbreaks.PloS one, 13 (12), e0208775.
- [4]Kponyo, J. J., Coker, K., Agyemang, J. O., & Der, J. An Algorithm to Determine the Extent of an Epidemic Spread: A NetLogo Modeling Approach.
- [5]Izewski, N. (2022). A NetLogo COVID-19 Virus Simulation Model for Determining Better Strategies at Handling a Virus Outbreak.
- [6]Bai, S. (2020). Simulations of COVID-19 spread by spatial agent-based model and ordinary differential equations.International Journal of Simulation and Process Modelling, 15 (3), 268-277.