



2020 年江苏省研究生数学建模科研创新实践大赛 C 题

数据驱动在疫情特征描述、防疫效果度量及“重启”策略建模

当下，COVID-19 疫情正肆虐全球。在世界各国积极防疫的同时，无数科学工作者也在试图破解疫情难题。这是一种新病毒疫情，人们对于这场疫情有太多的认知缺失，导致防疫工作非常被动。比如该病毒的潜伏期多长、潜伏期的传染性多大，还比如无症状感染者的传染性多强等。另一方面，疫情的控制关乎千家万户，各国的国情和民情不同，采取控制疫情的手段不同，程度也不同，防疫效果自然千差万别。建立评价防疫效果的客观模型，不仅有利于总结前期的防疫经验教训。也有助于人们从疫情中学习防疫，以应对未来的疫情。此外，COVID-19 疫情对经济的冲击也是前所未有的。世界各国（地区）都面临着抗疫和开放经济活动的两难选择，即为了抗疫多大程度限制经济活动。重启民生意味着承担风险，虽然有学者从经济学角度权衡抗疫和经济活动的收益、成本和风险。但面对史无前例的重大疫情，似乎单纯的经济学视角是不够的。经过几个月的防疫，各国逐步开始“重启”，客观衡量各国“重启”时机选择的合理性将有利于决策者科学地制定“重启”策略。

这次疫情中，WHO 及时公布各国疫情数据（每天的新增确诊人数、新增死亡人数、新增治愈人数等），这些数据相对真实和透明。显然，这些数据中包含了疫情传播信息，也与防控疫情的效果有关，还能体现疫情的走势。我们希望大家利用 WHO 公布的数据（包括你自行收集的有关数据），回答以下问题：

1. 众所周知，今天的确诊者是在之前被感染的，但一般不太可能是昨天。人们在疫情期间，经常谈论潜伏期，以及处于潜伏期的人（包括无症状感染者）

是否具有传染性。现在关于 COVID-19 的潜伏期是通过跟踪和回溯得到的大致时间，有较大的不确定性。显然，潜伏期是随机的，因人而异。另外，我们有理由相信受到感染者在发病进程的不同阶段传染强度不同。如果能明确传染强度随时间变化的函数，将有利于政策制定者更合理的安排防疫举措。请根据 WHO 提供的各国确诊数据等，建立估计潜伏期的分布和传染强度随时间变化的模型，并估计 COVID-19 的平均潜伏时间。请给出模型及求解算法的详细设计。

2. 传染病的防治原则：控制传染源；切断传播途径；保护易感人群。控制传染源首先要确定传染源，这就需要检测。而实现切断传播途径和保护易感人群的简便方法就是戴口罩和保持社交距离，这也是现在各国（地区）防疫的通行做法。受技术手段和经济条件的制约，各国（地区）的检测程度有较大的差异。而戴口罩和保持社交距离的防疫举措在世界各地执行的情况也不尽相同。这就造成了各国疫情的传播趋势千差万别。请根据疫情传播趋势数据建立数学模型度量各国防疫效果。请收集美国、意大利、法国、澳大利亚、韩国、印度等国家的确诊数据集，利用所建立的防疫效果模型计算并对比上述国家的防疫效果，分析造成防疫效果差异的原因。

3. 由于疫情对各国的经济和人们的日常生活产生了巨大的冲击，各国不可能等到疫情消失才重启经济。但毫无疑问“重启”势必会带来传染源与易感人群的接触强度和接触时间的增大，容易产生二次大规模传播。所以确保不出现疫情的二次爆发是“重启”的必要条件。请利用 WHO 公布的数据（包括新增确诊数、现存确诊人数和新增死亡人数等）建立“重启”时机选择策略的数据分析模型。选择 1-2 个问题 1 中所提及国家，分析其相应的“重启”时机选择策略，给出“重启”建议。

数据来源

World Health Organization (WHO):

<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>

参考文献

[1]. Van den Driessche P, Watmough J. Further notes on the basic reproduction number. Mathematical Epidemiology. 2008: 159-178. Part of the Lecture Notes in

Mathematics Book Series, Springer

- [2]. Norden E. Huang, Fangli Qiao, A data driven time-dependent transmission rate
fro tracking an epidemic: a case study of 2019-nCoV, Science Bulletin, 2020
- [3]. Yi-Cheng, Ping-En Lu, Cheng-Shang Chang, Tzu-Hsuan Liu, A time-dependent
SIR model for COVID-19 with undetectable infected persons, 2020