

# 2020 年“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛

## 第一阶段

### C 题 抗击疫情,我们能做什么?

2020 年 3 月 12 日,世界卫生组织(WHO)宣布,席卷全球的冠状病毒引发的病毒性肺炎(COVID-19)是一种大流行病。世卫组织上一次宣布大流行是在 2009 年的 H1N1 流感爆发期间,该病感染了世界近四分之一的人口。但是,当时该决定因制造了不必要的恐慌而受到批评。SARS 尽管影响了 26 个国家,但仍未被认为是大流行病,MERS 也没有被认为是大流行病。世卫组织表示,大流行是“新疾病的全球传播”。对于达到大流行水平与否,当下没有定量的严格标准,也没有触发该定义的病例或死亡数量阈值。也就是说“大流行”特征所指的并非疾病的严重性,而是疾病传播的广泛程度。目前,在全球已有超过 200 个国家/地区报告了病毒感染病例。但由于各国的人口和经济情况差别较大,病毒检测能力和国家防疫政策都不尽相同,所以报告的病例是否就真实反映了病毒传播的情况?如何能够对于疫情情况给出更加有效的量化指标,这是世卫组织非常关心的问题。

“无症状感染者”全称是“新冠病毒无症状感染者”,指无临床症状、但呼吸道等标本新冠病毒病原学检测呈阳性者。无症状感染者可分为两种情形:一是感染者核酸检测呈阳性,经过 14 天潜伏期的观察,均无任何可自我感知或可临床识别的症状与体征,始终为无症状感染状态;二是感染者核酸检测呈阳性,采样时无任何可自我感知或可临床识别的症状与体征,但随后出现某种临床表现,即处于潜伏期的“无症状感染”状态。无症状感染者存在传染性。但传染期长短、强弱有待确定。很多人担心“无症状感染者”会成为新的传染源,那么,到底会不会呢?部分专家认为鉴于无症状感染者的呼吸道标本能检出病原核酸,但由于无咳嗽、打喷嚏等临床症状,病原排出体外引起传播的机会较确诊病例相对少一些。另外,《英格兰医学杂志》上近日有报告说,一名

感染者从未出现症状,但所释放的病毒量与出现症状的人相当。因此,也有一部分科学家猜测:一些感染者“在症状轻微或无症状时具有高度传染性”。但要强调的是,类似状况的患者规模仍不清楚。

早在 2 月 17 日,中国疾控中心流行病学组在《中华流行病学杂志》上发表的大规模流调论文就提到,截至 2 月 11 日,中国疾控中心共收到国内报告病例 72314 例,含有 889 例无症状感染者,比例约占 1.2%。日本一个研究小组的报告称(研究论文 3 月 12 日刊登在 *Eurosurveillance* 杂志),对钻石公主号游轮上的 634 名新冠肺炎病例进行统计模型分析,估计无症状感染者所占比例为 17.9%。张文宏团队撰文指出,以目前部分研究为例,感染新冠病毒的人群中,无症状感染者的比例大约为 18%—31%。不过有些患者仅出现很轻微的症状,在隔离观察期间也不一定被发现,也常常被认为是无症状。无症状感染者的识别具有一定的困难,如何快速地、准确地、最小成本地识别和判断也是世界各国非常关注的问题。

**第一阶段问题:** 请你的团队通过深入的数据分析,建立合理的数学模型来解决以下问题:

1. 建立数学模型,综合考虑人口数、感染数量、病死人数、疫情持续时间、经济状况、医疗条件、人口密度、防疫政策等因素,给出一个合理的界定“流行”(Epidemic)和“大流行”(Pandemic)病的定量条件。
2. 考虑到无症状感染者具有一定的传染性,且不容易发现,但全民进行病毒检测又成本太高,且时间过长,不利于复工复产,我们试图寻找一种更为有效的方法来最大限度地降低无症状感染者的传播风险,比如对一个地区进行抽样病毒检测来评估该地区的无症状感染者的分布情况,再制定不同的隔离和检测措施。请结合问题一的模型,针对一两个国家(或地区),给出切实可行的病毒检测抽样方案,并给出无症状感染者分布预测模型和针对相应预测结果的应对方案。
3. 给世界卫生组织写一封信,阐述你的团队对于疫情情况的判断,并给出一些防控建议和降低风险的思路。

附件一是一些网络上公开的疫情数据,更新的数据可以从

<https://github.com/datasets/covid-19> 下载。