

COVID-19 疫情期间生活物资的科学管理问题

一、背景介绍

进入 2022 年以来全国范围内陆续出现了多次较大规模疫情爆发事件^[1-2]。在大规模疫情爆发期间由于我国采用封闭式管理方式来实现疫情的快速清零，从而疫情期间各类人群的科学管理变得尤为重要^[3-4]。由于大部分地区管理者尚未遇见如此大规模爆发的疫情及不同地区疫情爆发时长、人口规模与地理位置等的差异性，众多地区仍未形成较为科学的统一管理模式，使得疫情的清零周期普遍较长。在对大规模的人员采用封闭式管理的情况下，关联地区的经济发展持续放缓，再考虑到全球经济形势及疫情等因素所导致的经济下行压力^[5]，我们急需形成规范化的疫情快速清零机制。

在疫情期间由于对确诊病例、无症状感染者及密切接触者采用集中治疗或隔离的手段，因此此类人群的科学管理较易实现。然而，对于大量、分散居家隔离人员实现统一化管理成为新的难点问题，目前我们所搜集到的典型问题包括如下三个方面：

(1) 生活物资的科学发放问题：在疫情期间由于采用封闭式管理方式，居民的生活物资发放成为所有问题中的焦点问题。如果发放不当不仅会影响隔离居民的生活，还很有可能在生活物资发放过程中造成疫情的二次传播。

(2) 特殊群体的管理问题：小区里往往具有一定规模的行动不便或信息化水平较低的特殊群体。对于这些人群的管理会消耗掉大量的人力资源，加剧了疫情期间防疫人员与资源的紧缺。另外，在大规模疫情期间高校学生们的科学管理问题也是需要重点关注的问题。

(3) 为援助与医务人员提供高效服务问题：在疫情期间援助与医务人员的服务对疫情的防控与治疗起到无可替代的作用。只有对这些人群实现高效的服务，才能够更快地控制疫情^[6]。然而，援助与医务人员所需的物资与广大居民的需求可能存在显著差异，我们需要付出更多的时间和精力去凑齐相关物资。这项工作也是一项不可忽视的重要任务。

本赛题聚焦第一个问题，解决疫情期间生活物资的科学管理问题，在全面提高疫情防控效率的同时，努力节约相关部门的人员投入与经费支出，并为今后的应急管理方案打下坚实的理论与实践基础。

二、问题的描述

疫情期间生活物资的管理是一项复杂的系统工程。交警、高速公路管理部门、商务局、邮政部门、防疫部门、民委及市场监管局等均参与其中。通常疫情发现的越早越有利于疫情的防控，然而在实际管理过程中仍会出现疫情发现较晚的特殊情况。如果疫情发现较晚，大量的人群间有了错综复杂的交互，全民居家隔离与全民核酸检测成为了较优的选择。由此产生的大规模居家人群的科学管理成为了新的难点。

在大规模疫情爆发期间可能会涉及到成百上千的小区及几百万规模的居家隔离人员。不同小区人口规模不同且组织化水平参差不齐。在疫情爆发初期，不少居民得到可能封城的消息后都去购买生活物资而导致大规模人员聚集。没有采购到足够物资的人群也通过其它平台订购生活物资，增加了疫情传播的风险。当时网络平台上的讨论也说明在疫情的初期存在一定程度的管理混乱，百姓们唯恐得不到足够数量的生活物资而恐慌^[7-8]，疫情期间生活物资的科学管理被推上了风口浪尖。

相关数据分析表明，在疫情期间政府完全有能力调动足够数量的生活物资。只是生活物资发放给社区居民的渠道不畅^[9]。因此我们需要制定科学的管理方案来高效应对疫情。值得庆幸的是在最近几个月在不同城市大规模疫情的控制过程中我们积累下了众多宝贵的经验。其中采用蔬菜包的做法为疫情期间居民生活物资的有效发放起到了一定的作用。

蔬菜包主要以新鲜蔬菜为主，因其人人每天必须，且保质期相对较短，从而配送频率较高，造成人员间密切接触。米、面、油及肉等虽然也是居民迫切需要的生活物资，但因保质期长且主要由政府储备，因此其配送任务可以穿插到蔬菜包的配送过程。另外，水果也是居民们普遍需要的，如果生产出来却无法销售也对经济发展不利，因此在不增加疫情传播风险的情况下，也要考虑诸如水果等非必须食品的科学供应。由于蔬菜无论在数量、频次、影响等方面都更突出，故本赛题聚焦蔬菜的科学供应。

三、需要解决的问题

目前我们搜集到了长春市 9 个区的各项基础数据，不同区的隔离人口数量与生活物资投放点数量如附件 2 所示。这 9 个区的交通网络基础数据和主要小区的相关数据如附件 3 所示，各区交通网络图及其小区的分布图如图 1 所示。请你们结合数学建模的方法解决如下几个问题：

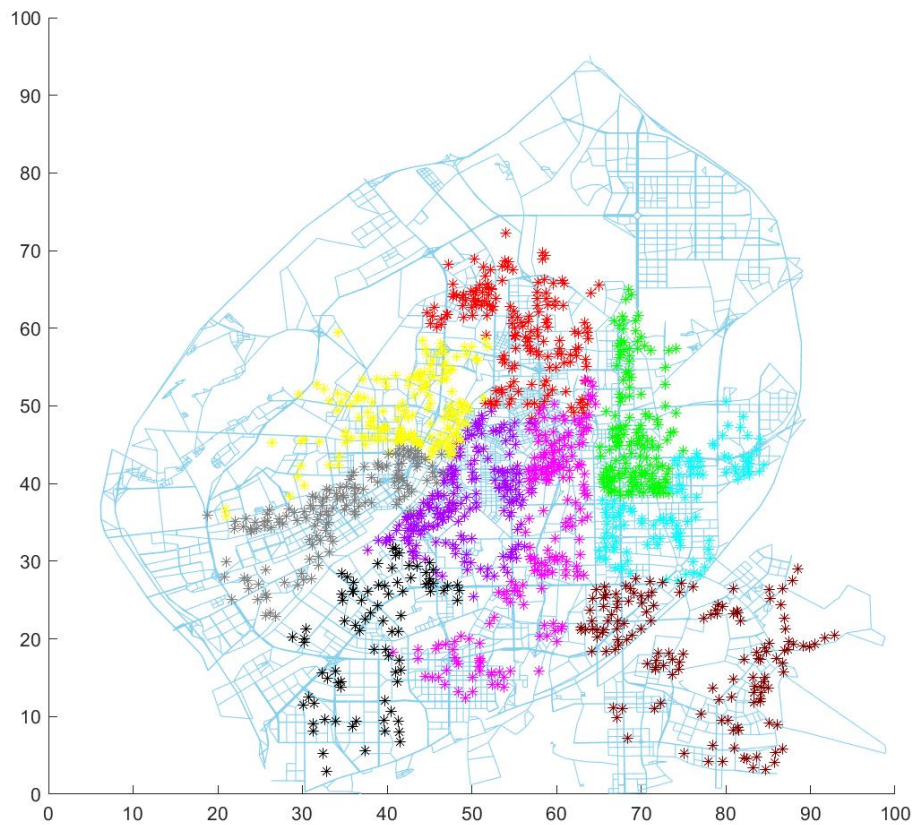


图 1 长春市 9 个区交通网络与主要小区分布图

问题一：各种生活物资的大规模流动方式对疫情的影响

不少城市的疫情在短时间内无法得到快速控制，反思其原因，有一种观点认为疫情的发展或被控制扑灭与生活物资发放方式有关。请结合附件 1 中所提供的长春市 COVID-19 疫情期间病毒感染人数数据及其它附件数据或你们能搜集到的数据对长春市实行发放蔬菜包前后效果进行判别与分析，以利今后的防控工作。

问题二：生活物资投放点数量与位置问题

在疫情爆发初期长春市的生活物资主要通过若干个投放点进行发放。考虑到在疫情初期既需要大量的人力资源又同时要求尽量减少人员流动、接触，投放点的数量显得尤为重要。在附件 2 中提供了当时长春市不同区域投放点数量分布结果。请结合附件 3 中和附件 4 中有关数据，讨论投放点数量的合理性，并通过数学建模进行适当的优化。另外，请充分考虑未来疫情、自然灾害等特殊事件，对于政府储备物资和大规模物资分拣场所的位置与数量规模进行合理规划，并提出最优的选址数量、规模及其潜在的备用场所位置。

注：请务必将相关结果以表格的形式放置在正文中，其中主要参数包括选址

位置及所属区域、选址半径、管辖范围小区个数及管辖范围内人口数等关键信息应该体现在表格中。

问题三：生活物资的科学发放问题

在疫情期间生活物资的发放过程中蔬菜作为一类人们急需且保质期较短的特殊产品，其分配的效果比较重要。长春市经过一段探索发现蔬菜包形式既减轻本市志愿者的数量与工作量又减少人员对蔬菜的接触。请依据附件 5 分析蔬菜包需求、发放规律，并根据附件 3 中的各小区位置与人口信息，评价并调整 4 月 10 日至 4 月 15 日蔬菜包供应方案。

问题四：为长春市做好大规模封控情况下居民生活物资有序发放预案

长春市三月的疫情虽然安全扑灭，但未雨绸缪，请你们在第二、三问的基础上，结合附件 3 给出的长春市街道和小区情况的表格，做出特殊时期保障居民生活物资供应的详细预案（有序网络图）。网络上游是各项物资来源（每个区选一个地点，参赛队可自行根据坐标选择），中游是各项物资的集散地（集散地数量自行选择，可以先按附件 2 设置，再调整优化），网络下游是长春市所有小区。物流是一个周期内各天通过网络各条边所运输的各项生活物资的数量（开始可以只考虑蔬菜，不同日期可以发送不同品种蔬菜以增加居民的蔬菜品种）。开始时，网络的各条边可以不使用真实的街道，认为两点之间由最短路连接。后来可以选择少数行政区按真实街道选择路线，直至全市。由于是特殊时期，所以节省人力（工作量按运输里程与小区居民人数乘积计算）是最重要的指标，同时希望减少人员的直接、间接接触。在完成有序网络图后请进一步考虑用卡车运送物资，大卡车每辆可装 10 吨，小卡车每辆可装 4 吨，观察预案有无显著不同。

注：请以图形或表格的方式精简地将相关结果在正文中表述出来，并请对照指标分析与评价你们给出的发放预案的优势。

四、数据说明

（1）附件 1：长春市 COVID-19 疫情期间病毒感染人数数据（数据来自长春市卫生健康委员会网站 <http://wjw.changchun.gov.cn>）

（2）附件 2：长春市 9 个区隔离人口数量与生活物资投放点数量（数据为某天的截面数据，不同天的人口数可能存在误差）

（3）附件 3：长春市 9 个区交通网络数据和主要小区相关数据（数据为网络抓取的近似数据）

（4）附件 4：长春市疫情期间每日生活物资相关数据（数据由长春市商务局提供）

（5）附件 5：长春市疫情期间每日各区蔬菜包相关数据（数据由长春市商务局提供）

参考文献

- [1] 李洁,武洁雯,庞明樊,房元圣,纪瀚然,杨昕娉,梁作如,张荣娜,赵青,戚晓鹏. 2022 年 4 月全球新型冠状病毒肺炎疫情风险评估[J]. 疾病监测, 2022,37(05):574-578.
- [2] 韩辉,伍波,贾娇娇,宋悦谦. 2022 年 4 月全球传染病疫情概要[J]. 疾病监测, 2022,37(05):568-570.
- [3] Cao Y, Shan J, Gong Z, et al. Status and challenges of public health emergency management in China related to COVID-19[J]. *Frontiers in Public Health*, 2020,8:250.
- [4] 金卫健,徐浩,黄传峰,蒋诚智. 基于前景理论的大规模传染疫情应急管理决策研究[J/OL]. *中国管理科学*:1-13[2022-06-28].DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.1541.
- [5] 朱民,徐钟祥,巩冰,李长泰. 2022 年全球经济金融: 结构性通货膨胀之剑和央行的挑战[J]. *国际金融研究*, 2021(12):3-13.DOI:10.16475/j.cnki.1006-1029.2021.12.002.
- [6] Liu J, Bai J, Wu D. Medical supplies scheduling in major public health emergencies[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021,154:102464.
- [7] David J, Visvalingam S, Norberg M M. Why did all the toilet paper disappear? Distinguishing between panic buying and hoarding during COVID-19[J]. *Psychiatry research*, 2021,303:114062.
- [8] Fu P, Jing B, Chen T, et al. Propagation model of panic buying under the sudden epidemic[J]. *Frontiers in public health*, 2021,9:675687.
- [9] 姜凯凯,高滢尘,孙洁. 依托便利店构建生活物资应急配送终端体系——以日本便利店的灾后救援经验为例[J]. *国际城市规划*, 2021,36(05):121-128.DOI:10.19830/j.upi.2020.453.