

开题报告

修格致

2020 年 1 月 29 日

目录

1 选题背景	5
2 研究现状与问题归纳	9
2.1 流行病的传统数学模型	9
2.2 社会接触模型	9
3 研究内容	11
3.1 研究框架	11
3.2 研究内容	11
3.2.1 流动配置问题	11
3.3 预期创新点	11
4 论文组织结构及时间安排	13
4.1 论文组织结构	13
4.2 时间安排	13
参考文献	15

Chapter 1

选题背景

2020 年一月，新型冠状病毒 2019-nCoV 流感在武汉开始肆虐，并迅速传遍全国。该事件映射出大城市在面对突发灾害时，应对能力之差，以及公共应对措施的匮乏。城市政策应该是规模、密度、形态三位一体的 [3]。如何更好地理解城市在面对突发情况时合理的宏观应对措施，应是每个有地理学思维人的共同问题。历史上，天花、黑死病、痢疾、霍乱等瘟疫都留下了惊人的死亡数字。而近期的 SARS、禽流感、H1N1 等疾病的流行也引起了世人的恐慌。公元前 1100 多年前，印度或埃及出现急性传染病天花。公元前 3 前 2 世纪，印度和中国流行天花。公元 165 180 年，罗马帝国天花大流行，1/4 的人口死亡。6 世纪，欧洲天花流行，造成 10% 的人口死亡。17、18 世纪，天花是欧洲最严重的传染病，死亡人数高达 1.5 亿。19 世纪中叶，中国福建等地天花流行，病死率超过 1/2。1900 1909 年，俄国因天花死亡 50 万人。霍乱于 1817 年首次在印度流行，1823 年传入俄国，1831 年传入英国。19 世纪初至 20 世纪末，大规模流行的世界性霍乱共发生 8 次。1817 1823 年，霍乱第一次大规模流行，从“人类霍乱的故乡”印度恒河三角洲蔓延到欧洲，仅 1818 年前后便使英国 6 万余人丧生。1961 年出现第七次霍乱大流行，始于印度尼西亚，波及五大洲 140 多个国家和地区，报告患者逾 350 万。1992 年 10 月，第八次霍乱大流行，席卷印度和孟加拉国部分地区，短短 2 3 个月就报告病例 10 余万，死亡人数达几千人，随后波及许多国家和地区。疟疾每年在全球有五亿宗病例，导致超过 100 万人死亡，大部份在非洲发生。世界卫生组织指出疟疾平均每 30 秒杀死一个 5 岁以下的儿童；疟疾也是导致非洲经济一直陷于困境的主要原因之一。公元前

430 前 427 年，雅典发生鼠疫，近 $1/2$ 人口死亡，整个雅典几乎被摧毁。第一次世界性鼠疫大流行；始于公元 6 世纪，源自中东，流行中心为近东地中海沿岸，持续近 60 年，高峰期每天死亡万人，死亡总数近 1 亿人。第二次世界性鼠疫大流行；史称“黑死病”，1348-1351 年在欧洲迅速蔓延，患者 3-5 天内即死，3 年内丧生人数达 6200 万，欧洲人口减少近 $1/4$ ，其中威尼斯减 70%，英国减 58%，法国减 $3/4$ 。此次“黑死病”延续到 17 世纪才消弭。第三次世界性鼠疫大流行；1894 年，香港地区爆发鼠疫，波及亚洲、欧洲、美洲、非洲和澳洲的 60 多个国家，死亡逾千万人。其中，印度最严重，20 年内死亡 102 万多人。流行性感冒简称流感，是由流感病毒引起的急性呼吸道传染病，能引起心肌炎、肺炎、支气管炎等多种并发症，极易发生流行，甚至达到世界范围的大流行。1918-1919 年，爆发了席卷全球的流感疫病，导致 2,000-5,000 万人死亡，是历史上最严重的流感疫症。自 2003 年来全世界已有 14 个国家 357 人感染了禽流感病毒，其中 219 人因感染了该病毒而死亡。目前的 H5N1 型病毒株仅能通过禽类传染给人体，必须防范它与人类的流行性感冒病毒株接触进行基因重组，突变出“人传人”的禽流感病毒。禽流感一旦在人际传播，数亿人生命将受到威胁。HIV 是艾滋病的病原体，主要通过体液、血液传播。艾滋病联合规划署和世界卫生组织在“2006 艾滋病流行最新情况”报告中说，世界上每隔 8 秒钟就有一人感染 HIV，全球每天有 1.1 万人感染 HIV，与此同时，每天有 8000 名感染者丧命。SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome, 严重急性呼吸道综合症，俗称非典型肺炎) 是 21 世纪第一个在 23 个国家和地区范围内传播的传染病。2002 年 11 月 16 日中国广东佛山发现第一个非典型肺炎的病例。截至 2003 年 7 月 11 日，全球共 8096 名患者，死亡人数达 775，死亡率约为 9.56%。目前已经找到治疗方法，中国和欧盟科学家联手，成功找到了 15 种能有效杀灭非典病毒的化合物。香港大学的研究表明，蝙蝠可能是 SARS 病毒野生宿主。

流行病传播也跟随着一些地理空间上的思考。我们知道，流行病传播的过程，是通过人与人交互以及人在各种尺度上的移动实现的 [1]。另一方面，疾病的控制也可以理解为缩减疾患出现的区域，使之不影响人们的正常生产生活。在历史上，我们也有一些成功的先例，利用地理信息系统的方式来对抗流行病的传播。我们举 1832 年英国霍乱的例子：英国医生约翰·斯诺 (John Snow, 1813-1858) 发现，伦敦霍乱的大量病例都是发生在缺乏卫生设施的穷人区，他利用伦敦死亡登记中心的死者住址数据，将霍乱疫情的起源定位到了布劳德大街上的一口公共水井。这个发现使得水井被废除，疫情

也得以消失。斯诺医生绘制的流行病地图是历史上影响最深远的可视化作品之一。这也是地理信息系统的思想的早期胜利。这说明用地理学的视角去理解疾病传播是有意义而自然的。

而随着城市化进程的不断推进，便捷的城市交通也加剧了流行病的蔓延的速度和控制的难度。

数学模型可以作为真实系统的一个很好的模仿。一个好的数学模型可以解释很多对真实世界的观测结果，给出洞见，并提升我们对系统本质的理解，对未来的决策也有指导意义。对于疾病传播来说，网络科学是一个比较合理的建模方式。我们也可以找到比较成熟的方式来对该类问题进行处理[2]。

Chapter 2

研究现状与问题归纳

流行病学在数学上有着悠久的历史。现在的主流框架将问题归纳为两个层次：单点的疾病发展，以及疾病在网络框架下的传播。

2.1 流行病的传统数学模型

传染病的基本数学模型就是 SEIR 模型该模型假定人群分为 4 种，分别是：易感者 (SUSCEPTIBLES)，潜在的可感染人群 (EXPOSED)：潜伏者，已经被感染但是没有表现出来的人群；感染者 (INFECTIVES)，表现出感染症状的人；抵抗者 (RESISTANCES)，感染者痊愈后获得抗性的人。亦有称 R 为 RECOVERER 的，也就是恢复者，但是实际上如果是致死性疾病，死者也是算进这一项里的，毕竟死者妥善处理以后无法被感染也无法感染别人，和恢复者是一样的。通过对这几种人群数量的动态演化观测，我们可以确定疾病传播的不同阶段，进而制定防疫策略。

2.2 社会接触模型

Chapter 3

研究内容

3.1 研究框架

3.2 研究内容

3.2.1 流动配置问题

静态资源配置问题已经被广泛研究。我们在这里面向问题的另一个方向，即有目标的流配置问题。该问题受到基础设施的空间分布、人口固有密度、移动性加权等问题的影响，体现出极度复杂的特性。而在对于疫情防控来说，隔离程度又是一个必然要解决的重大问题。我们有必要将其抽象成流动配置问题来进行统一处理。

3.3 预期创新点

全他妈是创新点。

Chapter 4

论文组织结构及时间安排

4.1 论文组织结构

第一章为**绪论**。主要介绍文章的研究背景、研究意义，梳理网络上流行病学的研究现状，探索其在空间上扩展的潜力。并描述论文研究框架。

第二章为空间疾病传播模型的临界现象。

第三章为空间抗打击规划及应急疏散方案。

第四章为交互时间修正的重力模型对疾病传播的动态影响分析。

第五章为结论及展望。

4.2 时间安排

2020 年 7 月，完成论文的绪论部分，并完成空间疾病传播临界现象的小论文撰写。

2020 年 8 月，整理、敲定论文第二章；

2020 年 11 月，完成论文第三章撰写；

2021 年 6 月，完成论文第四、五章撰写；

2021 年 12 月至 2020 年 2 月，完成博士论文初稿；

2021 年年 3 月，结合导师意见完善博士论文；

20 年年 4 月，完成博士论文，开展博士论文答辩工作；月，完成博士论文，开展博士论文答辩工作；2020 年年 5 月至月至 2020 年年 6 月，参

照评审意见对博士论文进行修改，并完成学月，参照评审意见对博士论文进行修改，并完成学位论文提交。位论文提交。

参考文献

- [1] Vitaly Belik, Theo Geisel, and Dirk Brockmann. Natural human mobility patterns and spatial spread of infectious diseases. *Physical Review X*, 1(1):011001, 2011.
- [2] István Z Kiss, Joel C Miller, Péter L Simon, et al. Mathematics of epidemics on networks. *Cham: Springer*, 598, 2017.
- [3] 修春亮 and 祝翔凌. 针对突发灾害: 大城市的人居安全及其政策. *人文地理*, 18(5):26–30, 2003.