

柴彦威, 许伟麟, 张文佳, 等. 新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学研究框架 [J]. 地理科学, 2020, 40(10): 1585-1592. [Chai Yanwei, Xu Weilin, Zhang Wenjia et al. A research framework of precise epidemic prevention and control from the perspective of Space-time Behavioral Geography. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(10): 1585-1592.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2020.10.001

新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为 地理学研究框架

柴彦威¹, 许伟麟¹, 张文佳², 李春江¹, 李彦熙¹

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院, 广东 深圳 518055)

摘要: 面向新冠肺炎疫情精准防控的重大需求, 时空间行为地理学可以发挥其独特的学科价值。以时间地理学、行为主义地理学、移动性地理学等时空间行为的地理学经典理论为基础, 以时空路径表达、活动的复杂情境分析、风险感知地图分析为核心方法, 以时空间行为风险评估、居民时空间行为规划与引导、心理情绪引导与智慧社区治理为重点应用方向, 尝试搭建疫情精准防控的时空间行为地理学研究框架。未来时空间行为研究应该立足人本导向、流动性导向和应用导向, 突出时空间行为地理学在城市规划、城市管理、居民服务等方面的应用价值。

关键词: 疫情精准防控; 时空间行为; 时间地理学; 行为地理学; 移动性地理学

中图分类号: C912.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2020)10-1585-08

2020 年, 新冠肺炎疫情在全球大规模蔓延。世界卫生组织于 1 月 30 日将新型冠状病毒疫情列为国际关注的突发公共卫生事件^[1], 并于 3 月 11 日宣布新冠肺炎疫情为全球大流行^[2]。新冠肺炎不仅严重威胁公众的生命健康, 而且还极大扰乱正常的社会秩序, 造成社会的恐慌情绪。因此, 如何做好疫情精准防控来减少疫情对生命健康的危害以及对人们生活的影响, 已经成为政府和公众十分关注的问题。

面向新冠肺炎疫情精准防控的重大需求, 时空间行为地理学可以发挥其独特的学科价值。应对新冠肺炎疫情, 一些地理学者从宏观时空尺度开展了相关研究, 但缺乏基于人的、微观的、行为与空间互动的研究视角。时空间行为是地理学的重要研究范式, 通过对微观尺度下不同主体时空行为 and 环境的交互分析, 可将研究成果应用于疫情发展不同阶段的应急管理和服务, 对实现疫情精准防控具有独特价值^[3]。然而, 在本次新冠肺炎防控过程中, 时空间行为地理学的应用价值尚

未被充分挖掘, 其中可能的原因就是缺乏清晰的时空间行为认识论和方法论。时空间行为地理学的分析方法如何应用于应急管理和服务, 在国际学术界仍然处于探索阶段。鉴于此, 本文尝试搭建一个疫情精准防控的时空间行为地理学研究框架, 以为未来相关研究和应用实践提供参考。

1 应对新冠肺炎疫情的地理学响应

1.1 应对传染病疫情的地理学研究回顾

医学、流行病学、心理学等学科是研究疫情的主要力量, 但是地理学以其独特的时空间视角参与疫情研究, 在疫情防控中发挥着不可或缺的作用。早在 1854 年英国伦敦霍乱病流行时, 约翰·斯诺(John Snow)就运用地理学的思维方式, 在地图上标注死者的地理位置, 发现霍乱来自水污染^[4]。这一重要发现不仅帮助政府成功遏制疫情传播, 而且对后来伦敦以及其他城市的市排水系统规划与管理产生了重要影响^[5]。此后, 地理学领域关于传染病疫情的研究也逐渐增加。尤其是进入 21 世

收稿日期: 2020-04-26; 修订日期: 2020-06-15

基金项目: 北京大学“新型冠状病毒感染的肺炎防控攻关专项”基金项目(7100602972)资助。[Foundation: Peking University Foundation of the Prevention and Control of Novel Coronavirus (7100602972).]

作者简介: 柴彦威(1964-), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市社会与行为地理研究。E-mail: chyw@pku.edu.cn

通讯作者: 许伟麟。E-mail: willing393@pku.edu.cn

纪后,全球发生了 SARS、H1N1 等重大突发公共卫生事件,引起了地理学对疫情研究的高度重视。由于疫情的传播具有一定的时空规律性,大量的研究集中在各类传染病疫情的时空格局^[6,7]、影响因素分析^[8]、时空传播的模型模拟^[9]等方面,从而为疫情防控提供了科学依据。同时,随着地理信息技术在公共卫生领域的广泛应用,通过 GIS 建立疫情传播动态监测系统和疫情防控辅助决策系统成为可能。例如,2003 年 SARS 爆发期间,中国科学院地理与资源研究所集成时空数据采集和空间分析等技术,研制了“国家 SARS 疫情控制与预警信息系统”,在 SARS 疫情的信息采集、管理、分析及其防治与监控措施的发布等方面发挥了重要的作用^[10]。此外,传染病疫情不仅威胁公众的身心健康,而且还影响到社会的政治、经济、文化等各个方面,政治地理学^[11]、经济地理学^[12]、交通地理学^[13]、文化地理学^[14]、旅游地理学^[15]等领域的学者也从各自的学科视角出发,研究传染病疫情的社会效应,从而为应对疫情的社会影响提供建议。

1.2 应对新冠肺炎疫情的地理学研究

为了应对本次新冠肺炎疫情,地理学者迅速开展了若干研究。地理学研究的议题主要包括以下方面。首先是疫情发展的时空格局研究。例如,新冠肺炎疫情在广东省的时空扩散特征^[16],以及珠海市新型冠状病毒肺炎聚集发生的时空规律和传播路径研究^[17]。其次是空间风险评估和分区分级防控研究。例如,基于确诊病例数和人口流动相对风险系数的组合关系,对河南省各县区风险类型进行划分^[18]。再次是跨区域人员流动的动态估算研究。例如,基于开源腾讯位置请求大数据等多源地理时空大数据,推算 2020 年 1 月 24 日前从武汉流入湖北省内各地的人数及其分布特征^[19]。还有医疗资源供需匹配的研究。例如,对全国各个省份医用防护用品短缺的状况进行评估,为全国医护资源配置提供科学依据^[20]。最后是防控措施的效果评价研究。例如,武汉市的“封城”措施对疫情传播速度的影响^[21]。这些研究为中国中央和地方政府以及国际社会做好疫情防控工作提供了

有力支撑。

与此同时,地理学者积极开展应用实践的探索。地理学者领导的科研团队积极研发疫情防控的信息平台。例如,中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室研发了“全国基层组织新冠肺炎疫情动态监控系统”,根据疫情发展不同阶段防控的实际需求,相继更新了系统的新版本。该系统具有风险评估、人员流动管理等功能,在全国推广应用,为各地疫情防控提供支撑^[22]。

1.3 新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学研究意义

应对传染病疫情,地理学不仅要立足于宏观的时空尺度揭示疫情的时空扩散,而且要基于个体的风险认知和时空间行为,研究城市内部、社区尺度疫情扩散的时空路径及时空精准防控对策。时空行为地理学是透视人的行为与时空间互动的的方法论,利用高时空精度的行为数据,有助于深入揭示人的行为、疫情、设施等在时空间上的复杂关系,提高疫情防控的时空间精度^[3]。例如,确诊患者的活动轨迹信息对于精准识别风险区域、风险时段具有着重要价值,可辅助居民时空间行为风险自查;通过对时空间行为需求、时空资源和时空间风险的交互分析,可用于引导应急状态下居民的时空间行为;通过对居民行为的情绪反应特征分析,可精准干预其消极情绪。

实践表明,时空间行为地理学对于疫情精准防控具有重要价值。在本次疫情防控过程中,一些助力居民疫情防控的应用取得了良好社会效应,有的应用已经体现了时空间行为地理学的思想和方法。例如,“新冠肺炎患者同行程查询工具”用于帮助居民查询自己是否曾与确诊患者乘坐同一交通工具^①;“确诊病例轨迹查询平台”提醒居民外出活动时避开高风险的区域^②;“口罩预约”小程序引导居民在特定的时间段前往指定的地点购买口罩,尽可能避免因人群集聚造成交叉感染的风险^③。这些探索性应用启示我们要着眼于居民个人的实际需求,从人的时空间行为分析入手,为居民提供个性化、精准化、智慧化服务,为各级政

① 人民日报发布了“新型冠状病毒肺炎确诊患者同行程查询工具”。用户只要输入日期、车次和地区等信息,即可查询到对应行程是否与自己披露的确诊患者同行。详见: <https://mp.weixin.qq.com/s/b5EF82pEKo9qnggTerBpzA>

② 南都大数据研究院技术部在各地卫健部门公布确诊病例活动轨迹的基础上,搭建了“全国确诊病例轨迹查询平台”。用户可以查询确诊病例的活动轨迹。详见: <https://mp.weixin.qq.com/s/X4DccYnhUyWtYYH2-wH62g>

③ 大参林医药集团股份有限公司提供了“大参林口罩预约服务”程序。用户可以参与口罩预约活动。预约成功后,用户需要在特定的时间到指定的药店购买。详见: https://mp.weixin.qq.com/s/DH8mAX5Z2ZnTspjN3_CqIlg

府部门、社区管理者的精细化管理提供支撑。因此,本文基于时空间行为地理学的理论和方法,尝试建构面向疫情精准防控的研究框架,从而为疫情防控的研究和实践提供参考。

2 面向新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学框架

研究框架的建构必须注重理论和应用结合,在了解居民防疫需求的基础上,思考时空间行为地理学的应用出口。在本次新冠肺炎疫情传播期间,居民时空间行为风险大大增加,日常活动受到制约,并且不可避免产生了恐慌情绪。因此,如何帮助居民评估时空间行为风险,合理安排其日常活动,减少不必要的紧张情绪,构成了居民防疫的主要需求。面向这些需求,本文构建面向新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学研究框架(图1)。该框架强调客观制约与时空间利用的时间地理学、强调主观感知与决策过程的行为主义地理学、强调活动移动及其变化情境的移动性地理学,这是理论基础;以时空路径可视化表达、活动的复杂情境分析、风险感知地图分析为核心研究方法;以时空行为风险评估、居民时空行为引导与规划、情绪引导与智慧社区治理等为重要的应用方向。

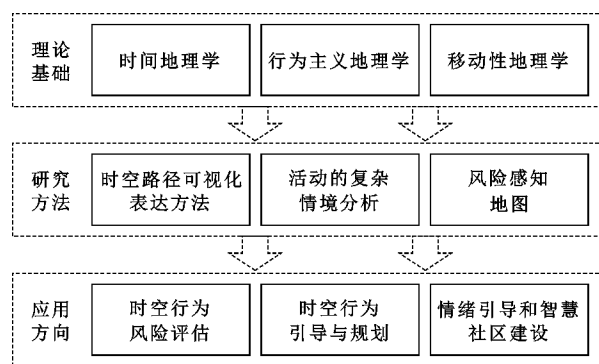


图1 面向新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学框架

Fig.1 A research framework of COVID-19 prevention and control from the perspective of Space-time Behavioral Geography

2.1 理论基础

首先,时间地理学强调在特定时空制约下,个体活动的连续性与活动空间的完整性^[23]。制约的概念强调个体的行为活动并非完全自由的,而是受到多种外部因素的影响^[24]。疫情期间,新冠肺炎

传染风险对居民的时空行为即是一种制约,居民为了规避感染病毒的风险,不得不减少不必要的家外活动。并且,本次疫情还派生出诸多制约,导致居民的日常活动安排发生了很大变化。例如,政府对部分小区采取封闭式管理,限制了小区居民的外出活动,是一种新的权威制约;部分超市、餐馆等生活设施关闭限制了个人的基本生活服务需求,是一种组合制约;没有口罩的公众将被限制进出公共场所,是一种新的能力制约。多种制约影响下,个体常态的时空间行为规律被打破,其日常的时空路径、活动先后顺序、活动空间、时间分配等发生很大的变化,并在疫情发展的不同阶段表现出不同的特征。

其次,行为主义地理学将心理学的相关理论引入地理学,研究个体对环境的态度、认知、偏好等主观能动方面及其行为决策过程^[25],以及对时空间行为的影响^[26]。行为主义地理学的“空间认知-空间偏好-空间行为”的研究范式被应用于灾害风险感知研究^[27]。区别于其他学科的风险感知研究,行为主义地理学方法更加重视风险感知的时空间属性。如果无法把握公众时空间风险感知的特征,就难以准确对公众的风险感知进行合理的干预。有学者就指出 SARS 结束后很长时间内,人们对之前疫情的重灾区依旧是高风险感知,而这种没必要的高风险感知制约了人们的时空间行为,也不利于社会的和谐稳定^[28]。

另外,移动性地理学关注个体的时空移动与复杂环境之间的交互作用及其后果^[29]。居民活动和移动过程中所处的环境特征每时每刻都在发生变化,时空间行为效应由个体移动和动态变化的环境特征相互作用所决定^[30]。譬如,在疫情防控期间,居民感染病毒的风险取决于其在移动过程中与传染源的邻近性。缺乏移动性视角就无法为居民提供时空精准及个性化的风险评估,也无法指导居民采取时空精准的防控措施,甚至可能造成居民对疫情防控过于松懈或过度紧张。再如,以区县为空间单元进行风险评估和风险等级划分,可以为分区分级防控提供指导,但是这种方法一定程度上抹平了居民在空间单元内移动和活动情境风险的差异性,难以为居民提供个性化的、精准的风险评估结果。

2.2 研究方法

第一是时空路径可视化表达方法。活动的时

空路径及符号系统,精准刻画了个体完整一天的时空间行为^[31]。在疫情防控期间,居民的个人风险不仅取决于其所在小区的风险等级,更受到居民外出活动和出行穿行区域的风险以及遇到的其他个体的影响。以图2中居民1为例,虽然其所在的小区为低风险区,且前往采购生活物资的超市也是低风险区,但是采购药物的药店属于中风险区。更重要的是,居民1在超市采购物资的过程中可能与来自高风险区的居民2相遇,大大增加了其感染病毒的风险。这种时空路径可视化的方法能够直观地表达居民在移动过程中风险的动态变化特征。

第二是活动的复杂情境分析方法。活动的复杂情境主要包括地理情境、社会情境、技术情境、情绪情境等^[32]。面向疫情精准防控的需求,除了考虑时空路径关联的地理情境外,还需要考虑社会情境、技术情境、风险感知情境。其中,社会情境反映了居民活动过程中的活动同伴及接触到的陌生人群,有助于评估时空间行为风险以及追踪密切接触者。技术情境反映了居民活动过程中采用的交通出行工具等,可用于更为精准评估居民的行为风险。风险感知情境反映了居民活动中的风险感知水平,可为居民的情绪引导提供指导。图2表达了居民1活动的复杂情境,居民1在药店购买药物和乘坐公共交通返回家中时感知风险较高,在超市购物时没有意识到其接触了来自高风险地区的居民2,因此感知风险一般。这意味着居民1

有可能低估了在超市购物过程中的风险,因此需要对其进行有针对性的宣传和知识普及。

第三是风险感知地图分析方法。风险感知是指人们对某一事物或决策结果所带来损失的认知^[33]。风险感知地图呈现居民风险感知的空间特征,如感知风险的范围大小、距离远近、空间方向等。基于该方法,调查居民在疫情发展不同阶段时空风险感知的特征及其变化,并将大量的风险感知地图进行叠加分析,可以识别出某一时间段内居民持续感知高风险的区域,从而有助于政府和社区管理者对风险及时处置,并对居民的风险感知和情绪进行合理干预。

2.3 应用方向

2.3.1 时空行为风险评估

疫情期间居民时空行为的风险性大大增加,在缺乏安全措施防护的情况下,任何人的时空行为均有感染上病毒的风险。居民难免会担心自己已经发生的时空行为是否安全、实时的时空行为是否安全、即将发生的时空行为是否有风险。因此,有必要建构评估居民时空行为风险的方法。一方面,基于时间地理学和移动性地理学方法,利用高精度的时空轨迹数据,通过比较确诊患者活动轨迹和非确诊居民活动轨迹的时空临近性,可以精准评估居民时空行为风险高低,实现动态监测以及实时报告潜在风险,亦可评估企划活动路径的风险,帮助公众选择最优的出行线路。另一方面,基于行为地理学方法,研究居民对时空行为风险

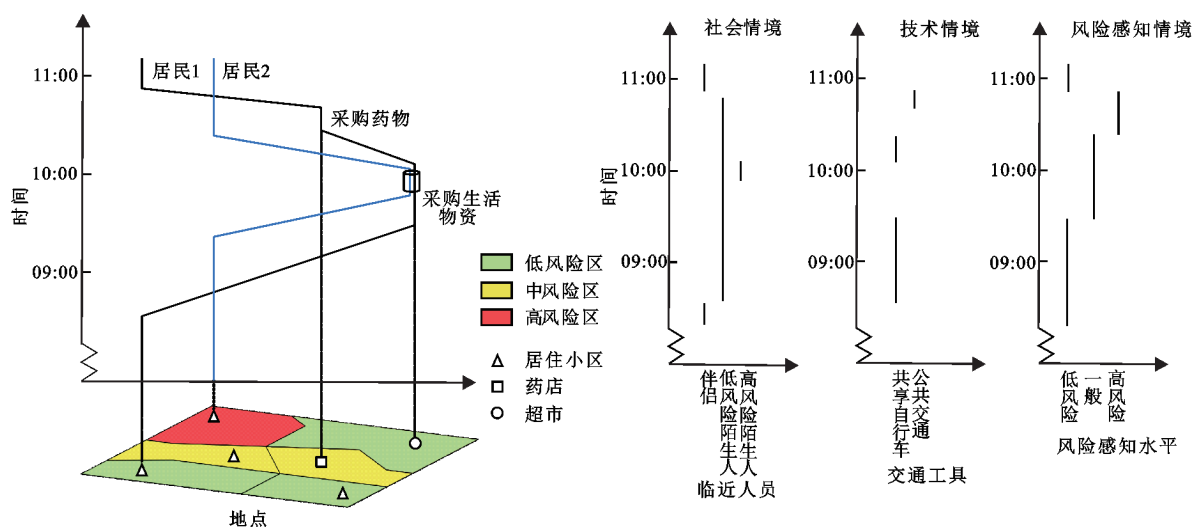


图2 居民1和居民2的时空路径可视化表达方法

Fig.2 Approach to visualize the space-time paths of the Resident 1 and Resident 2

的主观评价,从而对居民的风险感知进行有效干预。

2.3.2 居民时空行为引导与规划

居民在疫情期间受到多种时空制约,但居民为了维持基本的生活需求,不可避免地要开展一些家外活动,因此有必要引导居民合理安排家外活动。通过将居民的时空行为需求与时空资源进行精准匹配,可以为居民家外活动安排提供引导。在分析居民时空行为规律和偏好的基础上,将居民活动需求与商业设施的营业时间或公共设施的开放时间进行匹配,结合城市实时人流热力图、活动空间的风险情况、道路交通情况等信息,最终为居民提供个性化、精细化的活动方案。特别是在疫情严重的地区,居民购买紧缺物资的行为决策缺乏依据,有可能导致大家一起疯抢物资而增加交叉感染的风险,或导致个人购买不到物资而增加额外的出行。通过将行为企划和商业设施进行匹配,可以引导居民前往何处购买物资、如何前往以及何时前往,避免居民因信息不对称而导致的活动企划失败。

另外,在疫情发展的不同阶段,应急管理措施需要进行动态调整。疫情爆发阶段,政府采取强有力的空间管制措施来干预人员集聚,遏制疫情传播。随着疫情逐步得到控制,与疫情状况不匹配的过度管制可能会降低居民的生活质量。因此,时间地理学方法可以用于指导社区或城市管理者对设施可利用的时间窗口进行规划。通过了解居民对服务设施的时空利用需求,在考虑最大限度规避风险的情况下,通过服务设施的时空供给与调控,实现行为与设施的在时空上的精准耦合,在遏制疫情传播的前提下尽量满足居民日常生活刚性需求,减小疫情对居民生活的影响。

2.3.3 情绪引导和智慧社区建设

居民在疫情期间极易出现负面消极的情绪,包括悲伤、恐慌、愤怒、焦虑、无奈、无安全感等^[34],因此有必要对居民的情绪进行引导。居民的时空行为及其所处的情境是影响心理情绪的重要因素^[35]。借助行为地理学的研究方法,根据个体时空轨迹及实时情绪,深度挖掘不同活动、不同场景下影响居民情绪的环境因素并加以优化,对缓解特殊时期居民负面情绪、提高个体生活满意度具有重要意义。

智慧社区可以基于居民的行为特征,在情绪

引导方面发挥作用。作为城市的基本组成单元,社区是城市规划和治理的重要抓手,也是公共空间管理与居民行为引导的基层单元。疫情期间,居民的活动空间集中在社区周边,社区不仅是居民的居住空间,也是重要的休闲和社交空间。社区建成环境(如公共空间、设施可达性等)和社会环境(如社区安全、社会融合等)深刻影响着居民的心理健康,基层社区治理可以在居民情绪引导方面发挥作用。首先,社区能进行精细化的居民信息采集与人流物流监控,精准化的信息公开与共享能降低风险感知的不确定性,增强居民的安全感;其次,社区是密切日常交往、促进社会融合与邻里互助的主体,良好的社区建设能够增强居民的地方感与归属感;最后,居民需求导向的、多元主体参与的、自下而上的社区生活圈规划能满足疫情时期差异化、个性化的设施供给与生活服务需求,提高居民的获得感。

3 疫情之后的时空间行为地理学新动态

3.1 人本导向

未来时空间行为地理学的价值取向应该回归人本主义,为提升城市常态下和应急态下居民生活福祉而努力。当前中国城市进入高质量发展阶段,城市发展的核心目标正由空间扩张、经济增长等逐步转变为强调以人为本的城市精细化管理、居民生活质量提升等^[36]。未来时空间行为地理学要发挥在人本城市建设中的学科价值,就应该切实从人的感受和需求出发,研究不同家庭成员、不同类型社区的居民、弱势群体在疫情发展不同阶段时空资源需求及时空间行为特征的变化,特别是对老人、小孩、女性等群体、不同生命历程的家庭、不同类型的社区有专项的时空间行为研究,为制定从常态向应急态转变阶段、从应急态恢复至常态阶段的城市管理和居民服务措施提供科学决策的依据,尽可能保障疫情发展不同阶段行为与设施、资源的匹配,将疫情对居民生活的影响降至最低,为提升居民的生活质量做出学科应有的贡献。

3.2 移动性导向

结合大数据方法,深入理解常态和应急态下居民的移动性特征。随着交通和通讯技术的快速

发展,人们的移动性大大增强。移动性增强使得城市社会空间呈现出复杂的特征,甚至成为诸多城市问题的直接或间接诱因,例如疫情的大规模传播就与人的移动密切相关。只有掌握人的复杂移动性特征,才能为移动性的治理提供有效对策。近年来,传感器技术、实时定位技术、移动互联网技术的快速发展与普及,使得获取海量的、高时空精度、长时间序列的个体移动轨迹成为可能,极大地提升了移动性研究的数据质量^[37]。时空行为地理学与计算机科学等学科的交叉,则为移动性研究奠定了扎实的技术和方法^[38]。未来的时空行为地理学需要加强移动性研究,一方面探索居民移动性的规律特征,特别是应急态下的移动性规律,归纳总结不同人群的移动模式,建立模型解释其机制。另一方面,分析人类在地理空间移动所遭遇的动态变化的地理情境、社会情境、情绪情境,探索移动行为和多情境之间的交互机理。考虑到重大应急管理事件的不可重复性,计算机模拟居民时空行为变化是一条必要的研究途径。

3.3 应用导向

时空行为地理学要体现其经世致用的学科价值,就必须坚持应用导向。在经典时空行为地理学理论的基础上,结合大数据和人工智能算法,构建时空交互、过程交互、多主体交互和主客观交互为核心的时空行为交互理论,揭示从常态到应急态、从个体到群体到城市的“行为-空间-时间”互动演化机制,解决城市发展的问题和人的需求问题。未来时空行为地理学寻找应用出口时可以重点关注如下方面:一是面向城市管理的应用需求。将时空行为地理学的理论、方法和应用价值,融入到城市网格化管理、城市体检、城市体征诊断、城市信息平台建设等工作中,从实时、常态与应急3个时间尺度识别城市问题,制定解决方案。二是面向城市规划的应用需求。通过“平灾结合”的规划设计理念,组织城市的时空规划、社区生活圈规划,把城市安全体系建设融入居民日常行为,提高城市日常管理和应急管理的能力,增强城市和社区应对各种风险的韧性。三是面向居民行为决策的需求。通过移动智能端将信息反馈给居民,为居民提供实时性、个性化、精细化的决策支持,引导居民采用更为高效、安全、智慧的行为方式。

参考文献(References):

- [1] 邓圩, 廖丹. 世界卫生组织将新型冠状病毒疫情列为PHEIC[EB/OL]. 人民网-国际频道, <http://world.people.com.cn/n1/2020/0131/c1002-31565617.html>, 2020-01-31/2020-04-23. [Deng Wei, Liao Dan. The World Health Organization lists the new coronavirus epidemic as PHEIC. People's Daily Online, <http://world.people.com.cn/n1/2020/0131/c1002-31565617.html>, 2020-01-31/2020-04-23.]
- [2] 谢莲. 世卫组织宣布新冠疫情为全球大流行, 古特雷斯呼吁行动[EB/OL]. 新京报, <http://www.bjnews.com.cn/world/2020/03/12/702593.html>, 2020-03-12/2020-04-23. [Xie Lian. WHO declares the new crown epidemic as a global pandemic, Guterres calls for action. Beijing News, <http://www.bjnews.com.cn/world/2020/03/12/702593.html>, 2020-03-12/2020-04-23.]
- [3] 段进, 杨保军, 周岚, 等. 规划提高城市免疫力——应对新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈[J]. 城市规划, 2020, 44(2): 115-136. [Duan Jin, Yang Baojun, Zhou Lan et al. Planning improves city's immunity: A written conversation on covid-19 breakout. City Planning Review, 2020, 44(2): 115-136.]
- [4] Snow J. On the mode of communication of cholera (2nd ed)[M]. London: John Churchill, 1855.
- [5] 仇振武. 1853-1854年英国霍乱与水源治理[D]. 南京: 南京大学, 2019. [Qiu Zhenwu. Cholera of 1853-1854 and management of water resources in modern Britain. Nanjing: Nanjing University, 2019.]
- [6] 张旭, 霍爱梅, 姚晓丽, 等. 空间分析技术在研究传染病时空传播规律中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(7): 79-81. [Zhang Xu, Huo Aimei, Yao Xiaoli et al. Application of spatial analysis technology in studying the law of spatiotemporal propagation of infectious diseases. Surveying and Spatial Geographic Information, 2015, 38(7): 79-81.]
- [7] 李美芳, 欧金沛, 黎夏. 基于地理信息系统的2009-2013年甲型H1N1流感的时空分析[J]. 地理研究, 2016, 35(11): 2139-2152. [Li Meifang, Ou Jinpei, Li Xia. Spatio-temporal analysis of influenza (H1N1) in China during 2009-2013 based on GIS. Geographical Research, 2016, 35(11): 2139-2152.]
- [8] 曹志冬, 王劲峰, 高一鸽, 等. 广州SARS流行的空间风险因子与空间相关性特征[J]. 地理学报, 2008, 63(9): 981-993. [Cao Zhidong, Wang Jinfeng, Gao Yige et al. Risk factors and autocorrelation characteristics on severe acute respiratory syndrome in Guangzhou. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(9): 981-993.]
- [9] Li M, Shi X, Li X et al. Epidemic forest: A spatiotemporal model for communicable diseases[J]. Annals of the American Association of Geographers, 2019, 109(3): 812-836.
- [10] 刘纪远, 钟耳顺, 庄大方, 等. SARS控制与预警地理信息系统的研制与应用[J]. 遥感学报, 2003, 17(5): 337-344. [Liu Ji-yuan, Zhong Ershun, Zhuang Dafang et al. Development and application of national SARS disease controlling and pre-warning information system. Journal of Remote Sensing, 2003, 17(5): 337-344.]

- [11] Budd L C, Bell M, Brown T et al. Of plagues, planes and politics: Controlling the global spread of infectious diseases by air[J]. *Political Geography*, 2009, 28(7): 426-435.
- [12] Percoco M. The fight against disease: Malaria and economic development in Italian regions[J]. *Economic Geography*, 2013, 89(2): 105-125.
- [13] Ge E, Lai P, Zhang X et al. Regional transport and its association with tuberculosis in the Shandong province of China, 2009-2011[J]. *Journal of Transport Geography*, 2015, 46: 232-243.
- [14] Casino V J. Social geography(ies) III: Bugs[J]. *Progress in Human Geography*, 2018, 42(2): 286-296.
- [15] Cahyanto I, Wiblishauser M, Penningtongray L et al. The dynamics of travel avoidance: The case of Ebola in the U. S.[J]. *Tourism Management Perspectives*, 2016(20): 195-203.
- [16] 刘逸, 李源, 黎卓灵, 等. 新冠肺炎疫情在广东省的扩散特征[J]. *热带地理*, 2020, 40(3): 367-374. [Liu Yi, Li Yuan, Li Zhuoling et al. The diffusion characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in Guangdong Province. *Tropical Geography*, 2020, 40(3): 367-374.]
- [17] 刘郑倩, 叶玉瑶, 张虹鸥, 等. 珠海市新型冠状病毒肺炎聚集发生的时空特征及传播路径[J]. *热带地理*, 2020, 40(3): 422-431. [Liu Zhengqian, Ye Yuyao, Zhang Hongou et al. Analysis of the spatio-temporal characteristics and transmission path of COVID-19 cluster cases in Zhuhai. *Tropical Geography*, 2020, 40(3): 422-431.]
- [18] 刘勇, 杨东阳, 董冠鹏, 等. 河南省新冠肺炎疫情时空扩散特征与人口流动风险评估——基于1243例病例报告的分析[J]. *经济地理*, 2020, 40(3): 24-32. [Liu Yong, Yang Dongyang, Dong Guanpeng et al. The spatio-temporal spread characteristics of 2019 novel coronavirus pneumonia and risk assessment based on population movement in Henan Province: Analysis of 1243 individual case reports. *Economic Geography*, 2020, 40(3): 24-32.]
- [19] 刘张, 千家乐, 杜云艳, 等. 基于多源时空大数据的区际迁徙人群多层次空间分布估算模型——以COVID-19疫情期间自武汉迁出人群为例[J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(2): 147-160. [Liu Zhang, Qian Jiale, Du Yunyan et al. Multi-level spatial distribution estimation model of the inter-regional migrant population using multi-source spatio-temporal big data: A case study of migrants from Wuhan during the spread of COVID-19. *Journal of Geo-information Science*, 2020, 22(2): 147-160.]
- [20] Zhou C, Su F, Pei T et al. COVID-19: Challenges to GIS with Big Data[J]. *Geography and Sustainability*, 2020, 1(1): 77-87.
- [21] Tian H, Liu Y, Li Y et al. An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China[J]. *Science*, 2020, 368: 638-42.
- [22] 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 中国科学院区域可持续发展重点实验室新冠疫情防控和科技支撑工作取得新进展[EB/OL]. http://www.lrsd.org.cn/xwdt/zhxw/202003/t20200309_545937.html, 2020-03-09/2020-04-20. [Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling has made new progress in the prevention and control of COVID-19 and scientific support. http://www.lrsd.org.cn/xwdt/zhxw/202003/t20200309_545937.html, 2020-03-09/2020-04-20.]
- [23] Hägerstrand T. What about people in regional science[J]. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 1970, 24(1): 7-21.
- [24] 柴彦威, 赵莹. 时间地理学研究最新进展[J]. *地理科学*, 2009, 29(4): 593-600. [Chai Yanwei, Zhao Ying. Recent development in time geography. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(4): 593-600.]
- [25] 柴彦威, 塔娜. 中国行为地理学研究近期进展[J]. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 1-11. [Chai Yanwei, Ta Na. Recent progress of behavioral geographic research in China. *Arid Land Geography*, 2011, 34(1): 1-11.]
- [26] Golledge R G, Stimson R J. Spatial behavior: A geographic perspective[M]. New York: Guilford Press, 1997.
- [27] 柴彦威, 颜亚宁, 冈本耕平. 西方行为地理学的研究历程及最新进展[J]. *人文地理*, 2008, 23(6): 1-6. [Chai Yanwei, Yan Yaning, Okamoto Kohei. Development of behavioral geographic research in western countries and its recent progress. *Human Geography*, 2008, 23(6): 1-6.]
- [28] 王志弘, 朱政骥. 风险地理, 恐惧地景与病理化他者台湾 SARS 治理之空间/权力分析[J]. *中国地理学会会刊*, 2007(38): 23-43. [Wang Zhihong, Zhu Zhengqi. Risk geography, landscape of fear and pathologicalized others: A Space/power analysis of SARS governance in Taiwan. *Bulletin of the Geographical Society of China*, 2007(38): 23-43.]
- [29] Kwan M, Schwanen T. Geographies of mobility[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2016, 106(2): 243-256.
- [30] Kwan M. The uncertain geographic context problem[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, 102(5): 958-968.
- [31] Lenntorp B. Paths in space-time environments: A time-geographic study of movement possibilities of individuals[J]. *Environment and Planning A*, 1977, 9(8): 961-972.
- [32] Kajsa Ellegård, 张艳, 蒋晨, 等. 复杂情境中的日常活动可视化与应用研究[J]. *人文地理*, 2016, 31(5): 39-46. [Kajsa Ellegård, Zhang Yan, Jiang Chen et al. Visualization and applications of daily activities in the complex context. *Human Geography*, 2016, 31(5): 39-46.]
- [33] Slovic P. Perception of risk[J]. *Science*, 1987, 236(4799): 280-285.
- [34] 陈健行, 史靖宇, 赵旭东. 新型冠状病毒肺炎流行期间开展有效心理援助的思考[J]. *同济大学学报(医学版)*, 2020, 41(1): 5-8. [Chen Jianxing, Shi Jingyu, Zhao Xudong. Consideration of effective psychological aid in epidemic of COVID-19. *Journal of Tongji University (Medical Edition)*, 2020, 41(1): 5-8.]

- [35] McQuoid J, Dijst M. Bringing emotions to time geography: The case of mobilities of poverty[J]. *Journal of Transport Geography*, 2012, 23: 26-34.
- [36] 陈明星, 叶超, 陆大道, 等. 中国特色新型城镇化理论内涵的认知与建构[J]. *地理学报*, 2019, 74(4): 633-647. [Chen Mingxing, Ye Chao, Lu Dadao et al. Cognition and construction of the theoretical connotation for new-type urbanization with Chinese characteristics. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(4): 633-647.]
- [37] 陆锋, 刘康, 陈洁. 大数据时代的人类移动性研究[J]. *地球信息科学学报*, 2014, 16(5): 665-672. [Lu Feng, Liu Kang, Chen Jie. Research on human mobility in big data era. *Journal of Geo-Information Science*, 2014, 16(5): 665-672.]
- [38] 刘经南, 方媛, 郭迟, 等. 位置大数据的分析处理研究进展[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2014, 39(4): 379-385. [Liu Jingnan, Fang Yuan, Guo Chi et al. Research progress in location big data analysis and processing. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(4): 379-385.]

A Research Framework of Precise Epidemic Prevention and Control from the Perspective of Space-time Behavioral Geography

Chai Yanwei¹, Xu Weilin¹, Zhang Wenjia², Li Chunjiang¹, Li Yanxi¹

(1. *College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871*; 2. *School of Urban Planning and Design, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China*)

Abstract: The COVID-19 spread globally in 2020. Scholars in the field of geography and cognate disciplines have conducted COVID-19 research in order to mitigate the effects of this epidemic. However, within the growing number of geographical scholarship on COVID-19, little attention has been paid to the micro analysis of human behaviors. This paper argues that Space-time Behavioral Geography has great potential to play an significant role in epidemic prevention and control. It constructs a research framework of precise epidemic prevention and control from the perspective of Space-time Behavioral Geography. This framework integrates the classical theories of Space-time Behavioral Geography, including Time Geography, Behavioral Geography and Mobility Geography, with the approach of visualizing the space-time paths, the approach of visualizing the daily activities in complex contexts and the approach of analyzing risk perception map. This framework can be employed to assess the risk of space-time behaviors, to guide residents to optimize their space-time behaviors, to improve residents' psychological health and smart-community governance. This paper calls for the study of space-time behavior in the future to follow the principles of people-oriented, mobility oriented and application-oriented, so as to highlight its application value in urban planning, urban management, residential services.

Key words: precise epidemic prevention and control; space-time behavior; Time Geography; Behavioral Geography; Mobility Geography