

城市虚实活动系统的理论构建

李春江^{1,2}, 柴彦威¹

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 加拿大多伦多大学地理与规划系, 多伦多 M5S 2Z9)

摘要: 人类社会正处于显著的数字化转型阶段, 人类活动系统的基本特征与内在机理正在发生重大变化, 特别是虚拟空间中的活动日渐多元化与自我体系化, 并更加主动和频繁地与实体空间活动产生着十分复杂的互动。目前关于人类活动系统数字化转型的研究愈发重视虚拟空间中行为的多样性与复杂性, 强调超越虚实二元的对立视角, 将技术使用作为活动系统不可分割的一部分。本文提出城市虚拟空间活动系统与城市虚实活动系统的概念, 一方面强调城市虚拟空间活动已逐渐形成相对独立系统的趋势, 另一方面则聚焦于城市虚实空间活动系统的互动关系, 并且从理论上构建城市虚实活动系统, 以便深化理解城市活动系统的数字化转型并提出相关的政策建议。本文从理论和方法创新、实证议题创新以及应用实践创新等侧面, 系统论述城市虚实活动系统的概念体系与研究内容框架, 为数字化转型下的城市空间提供新的理论与方法, 为智慧城市生活圈规划与数字生活治理提供科学参考。

关键词: 城市活动系统; 城市虚拟空间; 城市虚实活动系统; 信息通讯技术; 时空行为; 时间地理学

DOI: 10.11821/dlxb202404002

1 引言

数字化、信息化正在重塑城市空间和人类活动以及二者之间的相互关系, 逐渐形成数字媒介的人地关系^[1]。首先, 数字技术所依赖的基础设施建设改变了城市空间, 但技术可达与使用的不平等也带来了数字鸿沟和新的城市社会分异问题^[2]; 其次, 认识和理解城市空间的数据来源与分析方法获益于数字技术, 数字技术影响了城市空间的知识生产过程, 并在一定程度上影响了城市空间知识生产的结果^[3]; 最后, 数字技术越来越多地参与到个体对城市空间的感知以及个体在城市空间的生产和生活中, 由此带来城市活动系统的根本改变^[4]。

人类活动的数字化转型是当今城市化发展与城市空间重构的核心。数字技术给城市空间带来的最重要影响就是改变了人类活动系统的基本特征与内在机制^[5-6]。近期数字地理学研究正从数字基础设施分布研究转向数字媒介的日常实践研究, 探究数字平台参与下的工作、养育、社会交往等实践发生的转变, 以及该转变对于城市空间和城市场所的意义^[7-8]。这些研究意味着一个可能的作用机制, 即技术通过影响城市活动系统, 进而改

收稿日期: 2022-10-26; 修订日期: 2023-12-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(42071203, 42271199) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.42071203, No.42271199]

作者简介: 李春江(1995-), 男, 广西南宁人, 博士, 研究方向为时间地理学、城市时空行为规划。

E-mail: lcjiang@pku.edu.cn

通讯作者: 柴彦威(1964-), 男, 甘肃会宁人, 博士, 教授, 研究方向为行为地理学、时空行为规划。

E-mail: chyw@pku.edu.cn

变城市空间^[9]。特别是疫情爆发与疫情防控政策加速了日常活动的数字化转型,线上活动的渗透率不断提高,新的线上活动形式不断出现,城市活动系统的时空特征与模式显著改变,引发了地理学和城市研究等学科关于未来的数字生活方式与数字时代的城市空间将会如何发展的广泛讨论^[10-11]。

研究数字生活方式的基本内容与时空特征,探讨数字时代人类活动与城市环境的互动关系,已经成为国内外相关研究的前沿。已有研究主要关注信息与通讯技术(Information and Communications Technology, ICT)对居民日常活动的影响,认为ICT使用对实体空间的活动产生了替代、补充、改变和中性等各种作用^[12-13],以及对城市空间带来了集聚、扩散、双重影响或不显著等影响^[14-15]。同时,近年来日益兴起的大数据范式下的城市空间研究也与时空行为紧密相关。数字技术改变了城市空间知识的生产方式,大规模、长时间序列、精度较高的移动定位大数据改变了城市空间研究的数据来源与研究方法,扩展了城市空间的研究议题^[16-17]。因为移动定位大数据主要是人在实体和虚拟空间中的行为记录^[18],大数据范式下的城市空间研究本质上也是基于人的虚实活动来透视城市的空间、时间、语义与网络结构等特征。但是已有研究主要将ICT使用作为一种客体和影响因素,而随着移动信息通讯技术以及物联网技术的出现,网络活动日益丰富,技术深刻的嵌入到日常活动系统中^[19]。因此,有必要从活动系统的视野出发,研究信息通讯技术以及智能技术对日常生活的影响,特别是需要关注虚拟空间活动的基本构成、内涵与影响机制以及虚实活动之间的相互关系。

数字生活的基本特征、未来数字社会发展中城市虚实活动系统的构建,既是当前城市研究中的重要科学问题,也是新型智慧城市和智慧社会规划、建设、管理的现实需求。凭借近10亿网民和70%的互联网渗透率,中国是目前全球最大的数字社会,也是数字技术和生产生活结合面最广、程度最深的国家。中国共产党“十九大”报告中提出“数字中国、网络强国、智慧社会”战略,“十四五”规划首次将“加快数字化发展、建设数字中国”单独成章,以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式与治理方式变革。其中,人民福祉是数字化发展的出发点和落脚点,美好数字生活图景有赖于人工智能、5G、无人驾驶、区块链、元宇宙等新一代数字信息技术在智慧便捷的公共服务、智慧城市、智慧社区与数字家庭建设等日常生活中发挥作用^[20]。

本文旨在构建面向未来的城市虚实活动系统的概念与研究框架,试图扩展数字生活研究与实践的理论视角。本文首先梳理城市活动系统数字化转型的相关研究进展,作为城市虚实活动系统概念提出的研究背景,其次从理论视角、研究方法与研究议题等方面阐释虚实活动系统概念的理论内涵,进一步提出城市虚实活动系统的研究框架,最后讨论这些新概念与现实社会生活结合的可能方向。

2 城市活动系统的数字化转型

城市活动系统(或称之为城市移动—活动系统、城市活动—移动系统)指的是构成规律性和惯常性的居民行为在时空间中形成特定顺序的活动序列。这一概念源自于20世纪60年代城市地理学与城市规划学关于人类活动和环境关系研究的结合,也是行为地理学、时间地理学与活动分析法完美结合的产物^[21-23]。数字时代下,城市活动参与主体的数字化程度加深,城市活动系统中的部分行为得以借由数字技术媒介完成,由此带来城市活动系统的数字化转型^[24]。

2.1 数字化转型对城市活动系统的影响

2.1.1 ICT对城市活动系统的影响 ICT对城市活动系统产生了重大影响。直观上,ICT使用可能会替代个体在实体空间中亲自参与的活动与出行,或者会激发更多这样的活动和移动。尽管大量实证研究试图探究ICT与活动—移动究竟是替代还是补充关系,但仍未获得一致性结论^[12-13, 25-30]。比如,虽然多数研究认为远程办公和远程会议可以替代工作通勤和会议出行^[13],但这样的结论对所有情境并不一致。远程办公者通勤出行减少,同时与通勤和工作地工作相伴随的时空制约也得以放松,因此非通勤出行可能增加^[31-32]。有些研究发现,部分居家办公者与非远程办公者相比,非通勤出行大幅增加,甚至超过了其减少的通勤距离,这抵消甚至扭转了远程办公对可持续交通的积极效应^[33]。同时,以家庭单元的研究发现,居家办公释放了家庭有限的机动资源,激发了非居家办公的家庭成员的小汽车出行,提高了家庭整体的小汽车依赖程度^[34-35]。此外,序列研究表明居家办公会提高个体对于长时间通勤的接受度,进而通过居住和工作地的调整带来真实通勤时间和距离的增加^[36]。这说明远程办公对城市活动系统的影响需要考虑工作活动和非工作活动的关系、家庭成员之间的互动关系以及长短期效应。

另外,即使个体层面的居家办公确实能够带来完全居家办公所在工作日的出行减少^[37],但在区域层面,居家办公却和更多的工作和非工作出行呈正相关^[38],这说明ICT在个体和在群体的影响可能是不同的。类似的,在线购物对购物活动及购物相关出行影响的相关研究也未取得一致结论,这可能受到变量测度、购买商品类型、购物过程、研究区域与时间、分析方法等的影响^[39]。此外,模型控制变量的选择差异也可能是研究结论不一致的原因之一^[29]。此类研究一般会控制个人和家庭社会经济属性、互联网和手机可用性、建成环境等变量;部分研究则进一步发现个人活动模式、个人社交网络、互联网使用态度、信息素养等因素也会对ICT使用与日常活动的关系产生影响^[40-42]。

除研究设计、数据、方法、变量选择和测度等方面的差异外,替代和补充关系的争论难以获得一致性的重要原因未能将个体的ICT使用放置在活动系统中进行考察,即特定类型的ICT使用(如网购)对相应的实体空间活动和出行(如线下购物和相关出行)的影响会通过活动与活动之间的相互作用传导到整个活动系统中,从而促使活动系统整体的数字化转型^[43]。因此,比起带有技术决定论色彩的替代和补充关系,个体在时空中开展活动和出行的方式与特征发生改变可能是更为普遍的结论。

ICT影响下个体活动—移动模式的改变包括活动破碎化、多任务、活动地点、交通方式与路线选择改变、以及活动时间利用变化等方面。其中,破碎化指的一个活动可以分为多个子活动在时间和空间中广泛地、非连续的分布^[44],多任务指的是个体同时开展2个或2个以上的活动^[45]。一般来说,日常活动的数字化程度越高,日常活动的破碎化程度就越高、多任务也更为普遍,但同时也受到活动类型和网络使用态度的影响^[46-49]。活动地点、交通方式与路线选择则与日益完善的交通信息与交通规划服务有密切关系^[50]。相关研究指出,个体对交通信息的行为响应结果还不是很明确,不过交通信息有利于个体应对不确定性、改善交通过程的体验与情绪^[51]。近期的一些实证研究则发现,年轻群体以及对技术有更积极态度和更深入理解的个体更有可能在日常生活中使用更多的交通辅助应用,这会进一步改变其交通方式,比如造访更多的新地点、参与更多的社交活动等^[52-53]。此外,线上活动与线下活动竞争个体有限的时间资源,进而引发日常活动时间利用的重新分配。针对多年份、不同地区的时间利用数据研究发现,ICT使用的增加与更少的非必要的实体空间活动和移动相关;特别是家内外的运动、社会交往与休闲娱乐时间可能减少^[54-57]。

2.1.2 ICT对城市活动系统的嵌入 近年来ICT向移动化、智能化的发展使得技术不仅局限于日常活动的某些方面,而是深度嵌入于活动系统之中,因此出现了关注新技术与新的数字实践对活动系统影响的研究。Gössling总结了西方国家中与移动性相关的手机应用程序(APP)类型,发现除了经典的交通信息、交通规划以及远程办公、在线社交与网购等应用外,还有共享交通工具、打车、支付和比价、停车、二手车买卖、体力活动与健康等应用程序^[58]。这些应用程序会通过不同途径影响交通出行行为,进而影响活动系统。更重要的是日常活动和出行与手机APP深度绑定,这为政策制定者与科技公司合作利用APP改变活动—移动系统、促进日常活动的可持续性提供可能^[59]。比如,一方面,实时公交信息提高了公交出行的可靠性,共享(电)单车增加了主动出行工具的及性,健康与体力活动应用程序可以激励个体开展主动交通方式;另一方面,共享汽车与打车应用的使用降低了自己拥有小汽车的兴趣。这两方面的共同作用带来了一种新的远离小汽车的生活方式,这已经在西方发达国家中有所体现^[60-61]。然而,导航、停车等APP的使用也可能便利小汽车出行,进而提高了小汽车使用。事实上,一项基于出行即服务(Mobility as a Service, MaaS)的探索性实验研究表明,通过智能手机应用的干预并不能减少小汽车依赖,这是因为个体出行时先选择交通工具,而APP仅是辅助、支持该工具的顺利开展^[62]。这说明基于ICT的行为干预还需要增加对个体关于环境可持续意识和态度的调整,环境态度有可能作为ICT使用和积极环境行为的中介变量^[42]。

2.1.3 突发事件对数字化转型的加速 2020年疫情的爆发及相关的疫情防控政策极大推动了城市居民活动系统的数字化转型。已有研究发现,疫情严重和封控期间居家办公、网络购物、外卖、在线教育、线上社交等数字实践增加,以及与之相关的出行减少、活动空间范围缩小等活动—移动模式变化^[32, 63-65]。然而,随着全球范围内疫情防控措施的取消,更重要的研究问题是这些网络活动的增加以及活动—移动模式的改变在多大程度上在“后疫情”城市中保持,因为这些变化将会在长期尺度上重塑城市空间^[11]。目前相关研究仍比较有限,部分研究指出在疫情封控期间有更多居家办公和网购的个体通常也具有更高的在疫情后维持相应习惯的意愿^[66-68];少数实证研究则发现,在疫情封控结束后的一段时间内,个体仍然维持了部分的居家办公和网络购物习惯^[66, 69-70],这可能与在疫情期间形成的以家为中心的生活方式有密切关系^[71]。然而长期尺度上的线上活动的变化及其对实体空间的活动与出行的影响仍有待观察。

2.2 城市活动系统数字化转型的理论解释

城市活动系统研究的理论包括行为主义地理学、时间地理学与移动性地理学(移动范式)。这3种理论为城市活动系统数字化转型提供了解释,同时理论本身也在不断扩展以更好地将ICT使用纳入分析框架。

2.2.1 城市虚实活动的决策分析 行为主义地理学强调从个体行为决策过程来理解空间现象^[72],将ICT使用与实体空间的活动—移动视为实现同一个活动目标的不同决策。基于此,已有研究构建了一个两层次多元离散选择模型来模拟个体日常活动的时间分配与虚实活动空间的选择^[73]。此外,对于单个活动是选择线上还是线下开展而言,为了变换活动地点而产生的出行成本并不是唯一的考虑因素,包括线上和线下活动参与的效用差异、以及利用出行时间开展其他活动的可能性都会产生影响^[74]。为此,考虑活动选择与时间分配的微观经济学模型,对个体选择传统的线下活动还是线上活动、为了开展线下活动而选择的交通模式与路径、ICT使用、以及在出行中开展活动等决策进行联合模拟。可见,行为主义地理学通过将虚拟空间活动纳入行为决策模型,进而模拟城市活动系统的数字化转型。

2.2.2 城市虚实活动的制约分析 时间地理学通过制约的概念框架与符号系统来描述和分析不可分割个体在时空间中的日常活动及机制^[75],其基本概念和符号系统在ICT时代得到创新扩展,以理解城市活动系统数字化转型的内在机制。个体的不可分割性、个体处于连续的时空间中的基本假定在ICT使用背景下没有发生改变;实体在场的有限可达性与空间容纳的有限性得到一定放松,因此,在场与不在场之间界限的模糊是探究活动系统数字化转型机制的基本出发点^[76]。

时间地理学通过不断发展驻点、活动束、企划、制约等来刻画和解释虚拟空间中的个体行为^[76-77]。比如,时空棱柱、潜在路径区域等反映能力制约和可达性的概念在虚拟空间中的重要性下降,而活动束、企划等反映组合制约和主观因素的概念则更为重要。有研究发展了时间地理学的符号系统,特别是创新了虚实混合活动的复杂情境表征,包括活动目的(企划情境)、活动同伴(社会情境)、活动方式(技术情境)以及活动的虚实空间等^[78-80]。另外,时空去耦合与时空再耦合是日常活动数字化转型的内在机制。一方面,ICT被认为可以放松活动与特定的时间和空间的耦合,进一步放松时空制约与提高时空可达性^[81-82];另一方面,移动ICT的发展与“半同步”的媒介组合则使得活动与其所处的时空情境耦合起来,对日常活动安排产生影响^[83-84]。

2.2.3 城市虚实活动的移动性分析 移动性地理学发源于社会科学领域的“移动性转型”或“移动性范式”,认为不再从功能性和工具的视角来考察实体空间的位移,而强调将移动视为一种社会实践,考察其发生的物质基础、含义以及所需能力^[85]。值得一提的是,移动性地理学承接了社会、科学和技术范式,将ICT放置在行动者网络之中,以关系视角来研究ICT与城市活动系统,考察在日常生活的活动和移动中ICT是如何被使用的^[86-88]。比如,移动ICT对出行的支持具体分为交通开始前的企划计划与道路选择以及交通途中持续进行的重新组织与临时调整^[89]。

此外,随着ICT的多样化发展及其与日常生活结合程度的不断深化,以手机APP为中心的城市活动研究成为新的趋势。这是因为智能手机和其中的APP已经成为日常生活不可分割的一部分;即使是在同一种活动和出行过程使用不同的APP,其功能及其对活动系统的影响也是不同的,而且APP本身也具有自身发展和演变的规律。因此,在以个体以及社会实践作为分析对象之余,还需要补充以应用程序为分析对象的研究。比如,以手机APP为中心的人类移动性研究方法就是基于特定的APP而不是用户或实践展开分析,探究给定的APP在与个体和其他实体互动过程中会涌现的新的人类—应用实体及其特征,并且围绕涌现的新事物,研究其中人类—应用之间的互动关系,特别是关注这种新的实体与人类社会可持续性的关系^[90]。另一个值得关注的新探索是扩展了的活动理论,认为使用不同APP时个体的活动系统在对象、动机、结果、社区与规则等方面存在差异^[91]。当然,这些以APP为中心的研究最后仍然需要回答活动系统的数字化转型。

2.3 城市活动系统数字化转型的方法与数据创新

城市活动系统数字化转型中的主要研究方法除了扩展后的活动分析法以外,还发展了基于GIS的计算和可视化以及基于手机信令大数据的分析方法。

2.3.1 城市活动系统的活动分析法 广义的人类活动分析法指的是“通过居民日常活动规律的探讨来研究人类空间行为及其所处城市环境的一种研究视角”^[23]。在ICT研究中,一般的研究思路是构建测度ICT使用的指标,并描述指标以反映ICT使用特征,然后构建模型分析ICT使用的影响因素和(或)ICT使用与实体空间的活动和移动特征的相关关系(或路径效应),最后通过系数和显著性获得研究结论^[92-93]。这样的研究方法虽然成熟且直接,但是它将ICT使用视为活动系统的外生要素。

ICT使用已经深刻地嵌入到了城市活动系统之中,不同的APP使用在实体空间的活动与移动等要素之间存在着复杂的相互关系。部分研究采用结构方程模型探究了ICT使用在整个活动系统中与其他活动和出行的复杂关系^[31, 94];也有少数研究意识到线上活动及其对应的线下活动和出行之间存在复杂的内生关系,进而通过设置内生变量和外生变量来更有效的模拟ICT对活动系统的影响^[95-96]。

2.3.2 城市活动系统的地理计算与三维可视化 基于GIS的地理计算与三维可视化工具不断创新完善,以进行虚实混合空间中的活动—移动研究。早期研究认为ICT使用扩展了人类对于活动机会的虚拟可达性,个体不需要亲自前往某地也能与处在该空间的人、物和信息发生交互^[97]。因此,利用GIS可以在三维时空框架中对个体的实体空间活动与虚拟空间活动进行同时建模与可视化。其中实体空间活动是连续的时空路径,而虚拟空间活动表征为在时空路径之上向外延伸出去的、与不同时空实体互动的活动束^[77, 98]。以此为基础,可以计算个体在赛博空间中所可达或可交互的赛博机会^[79],以及扩展时间地理学的时空棱柱以测度在虚拟空间中交互的时空可达性和面对面交互在ICT支持下的潜在机会^[99-100]。随着移动ICT的发展,ICT的接入和速度都极大提高,虚拟空间活动的可达性不再成为需要关注的议题。因此,近期的研究开始转向交通APP的使用,关注MaaS如何提高个体交通出行的可达性^[101]。

2.3.3 城市活动系统的大数据研究 以手机信令为代表的时空大数据为研究城市活动系统的数字化转型提供了重要的数据基础。ICT使用产生了海量的时空大数据,多数研究采用社会感知框架,基于时空大数据所体现的人类活动特征来透视城市的时空结构^[18]。不过,对于人类活动本身在ICT使用下发生了何种转变以及转变的内在机制却鲜有讨论,这是缺乏研究理论和议题创新的主要原因^[102]。基于手机信令数据的研究突破主要体现在个体活动移动模式的提取以及个体在虚拟空间中的活动情况的提取^[103-104]。比如,个体拨打电话的频率、上网活动强度和其活动空间大小和出行距离正相关^[105]。更具体的活动目的与上网内容分析表明,通勤者会有更多的与工作有关的网络使用,移动性欠缺的个体会会有更多的网络游戏与购物活动,到访更多独特地点的个体会更多偏好与汽车和旅游相关的网络内容^[103]。

2.4 从城市活动系统数字化转型到城市虚实活动系统

当前研究在理论、方法和实证方面对ICT使用带来的城市活动系统数字化转型做出了积极的回应。可以看到,已有研究愈发关注ICT使用的丰富性与复杂性,指出ICT使用不是简单的活动渠道由线下变为线上,而是具备有别于实体空间活动的新活动,需要对其时空特征、行为模式、节律特征与内在机制开展针对性的研究^[60, 95, 106]。同时,研究也逐渐超越经典的替代和补充争论,将ICT使用视为活动—移动系统不可分割的一部分;技术通过活动—移动之间的关系网络,最终促成城市活动系统的数字化转型^[43]。然而,这种丰富的ICT使用与数字化的活动系统仍然缺乏一致且有效的概念加以阐释。为此,本文提出虚拟空间活动系统与城市虚实活动系统这一组概念来扩展城市活动系统数字化转型研究的理论深度。

一方面,与ICT使用相比,虚拟空间活动突出“活动”的本质内涵、活动之间相互关联形成“系统”的关键特征、以及“虚拟空间”的重要属性。把虚拟空间活动的类型、特征、模式、规律等要素作为分析对象,还可以与经典的实体空间活动相关要素进行比较。同时,研究对象不仅是某类技术的使用,还可以是所有虚拟空间活动所构成的活动系统。此外,对虚拟空间属性的强调也呼应了以APP为对象的理论视角^[90]以及近期关注移动APP使用的实证研究^[58],即虚拟空间本身所具备的特征会对活动开展产生影响。

另一方面,城市虚实活动系统概念将虚拟空间活动与实体空间活动整合在同一个活动系统中,标志了城市活动系统数字化转型的可能方向,即虚实活动的高度融合^[107]。城市虚实活动系统概念有利于突破ICT使用与实体空间活动一移动二元对立的传统思路,通过将虚实活动、虚实活动之间的互动关系以及互动中涌现的活动模式整合在一起,从而探究数字化转型下日常活动呈现出的新特征。这也与理论和实证进展保持一致,包括更多关注虚拟空间活动如何让城市活动系统发生改变而不是替代和补充的确定关系^[43],利用活动目的(企划)统一虚实活动^[73, 76-77],以及将ICT放置于活动系统的行动者网络中等^[86-88]。此外,随着ICT使用的丰富性与数据可获取性的不断提高,单独刻画虚拟空间活动并与实体空间活动相关联,进而实现对城市虚实活动系统的分析建模成为可能^[108],这也是数据和方法层面的研究创新。

综上所述,本文提出虚拟空间活动与城市虚实活动系统的创新概念,链接当前城市活动系统数字化转型研究的最新进展,并为未来研究奠定理论基础。

3 城市虚实活动系统的理论构建

3.1 城市虚实活动系统的概念

参照城市活动系统的概念^[21-22],城市虚实活动系统指的是服务于人类需求的、具有规律性和惯常性的活动内容与在时间和数字媒介地理空间(虚实混合空间)中形成特定顺序的活动序列。城市虚实活动系统进一步包括城市虚拟空间活动系统、城市实体空间活动系统以及虚实活动的相互关系(图1)。其中,城市实体空间活动系统即经典的城市活动系统,指的是在实体空间中开展的活动和移动、共同在场的时空要素(如同处一室的活动同伴)及所构成的活动序列;城市虚拟空间活动系统指的是利用数字技术开展的各类活动与虚拟移动、媒介在场的要素(如在线社交对象)及所构成的活动序列。需要指出的是,一个特定活动的开展可能同时依赖虚实空间要素,因此对虚拟和实体空间活动系统的区分,主要在于对虚拟空间活动的特征与机制的关注,对二者的研究最终还要落实到虚实活动之间高度复杂的交织关系以及虚实活动系统的构建。

3.2 城市虚实活动系统的理论

时间地理学、行为主义地理学和移动性地理学是城市虚实空间活动系统的基础理论。近期的相关研究已经扩展了这3个理论在数字时代下的概念框架、理论模型、符号

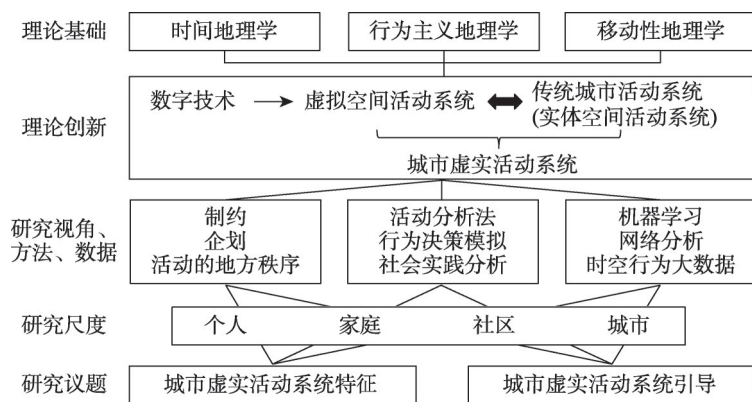


图1 城市虚实活动系统的理论构建

Fig. 1 Theoretical elements of urban physical-virtual activity system

系统与研究视野,可用于解释虚实空间活动系统的发生机制。但是,制约、企划、活动的地方秩序等概念需要进一步得到发展以适应虚实空间活动系统^[107]:虚拟空间活动仍然受到各类制约,但特征与实体空间活动不同,比如APP设计会对活动产生权威制约;企划是服务于同一个目标的一系列活动^[109],其在虚实活动概念体系中扮演关键角色,因为虚实活动均为个体日常生活的目标服务;活动的地方秩序是个体为了完成企划而构建的时空安排,虚拟空间活动会进一步引入媒介秩序,与地方秩序交织共同对虚实空间活动产生影响。

3.3 城市虚实活动系统的研究方法 with 议题

活动分析法、行为决策模拟与社会实践分析等经典的城市活动系统研究方法需要进一步创新扩展,并结合机器学习、网络分析等前沿方法和时空行为大数据,最终实现对城市虚实空间活动的可视化分析与行为建模方法。特别的,技术使用所形成的数字足迹为虚拟空间活动建模和分析方法提供了很好的数据基础。同时,社会实践分析的质性方法等可以对单个或特定APP类型的虚拟空间活动特征、机制及其影响等展开深入探究,以补充定量研究在机制研究和理论建构方面的不足。

此外,从个体、家庭、社区、城市等多尺度开展虚实空间活动系统的研究尤为重要。近期的前沿研究已经开始重视虚拟空间活动的复杂性,将其视为一个相对独立的、动态变化的实体,而不是静止的、实体空间活动的附属,并对虚拟空间活动的类型、时空特征、活动模式、相互关系与影响因素等开展独立研究。同时,从个体虚实活动系统出发,分析家庭、社区、城市等多尺度和不同人群的虚实空间活动的特征差异以及互动模式也是整体解构与建构城市活动系统的重要方面。

4 城市虚实活动系统的研究框架

基于对已有研究不足的认识和虚实活动系统的理论构想,本文进一步提出城市虚实活动系统的研究框架,包括理论与方法研究、实证研究与应用探索等3个方面(图2)。理论研究面向日常活动的数字化转型,发展时间地理学、行为主义地理学和移动性地理学等理论与方法,构建适用于城市虚实活动系统研究的概念体系、理论框架与方法体系。实证研究方面,首先考察城市虚拟空间活动系统的特征、模式、活动关联与影响因素,进一步分析虚拟空间活动与实体空间活动的互动模式和情境差异,最后对个人和群体的虚实活动系统的特征、机制等进行分析。应用创新研究方面,探索个人、家庭、社区以及城市等多尺度媒介秩序口袋的转变,分析数字化背景下城市空间资源面临的挑战,以探索中国城市应对数字化转型的理论 with 路径。

4.1 城市虚实活动系统的理论 with 方法研究

实体空间活动和虚拟空间活动相互交织形成的城市虚实活动系统对相关理论形成了挑战,需要发展时间地理学、行为主义地理学和移动性地理学以构建城市虚实活动系统的理论 with 方法基础。

4.1.1 技术媒介秩序口袋的概念构建 数字技术媒介的秩序口袋是城市虚实活动系统中的核心概念。结合时间地理学中的活动的地方秩序口袋概念^[110]与移动性地理学中技术影响的关系视角^[87, 90],技术媒介秩序口袋指的是在一定的空间范围内,为实现其中各主体活动目标(企划)所形成的由数字技术媒介的时空要素秩序^[83]。地方秩序口袋指的是为了实现企划而形成的共同在场的时空秩序,而媒介秩序口袋则纳入了由于虚拟空间活动开展所引入的媒介秩序,二者相互交织形成新的秩序,对虚实活动产生影响。一个显著的

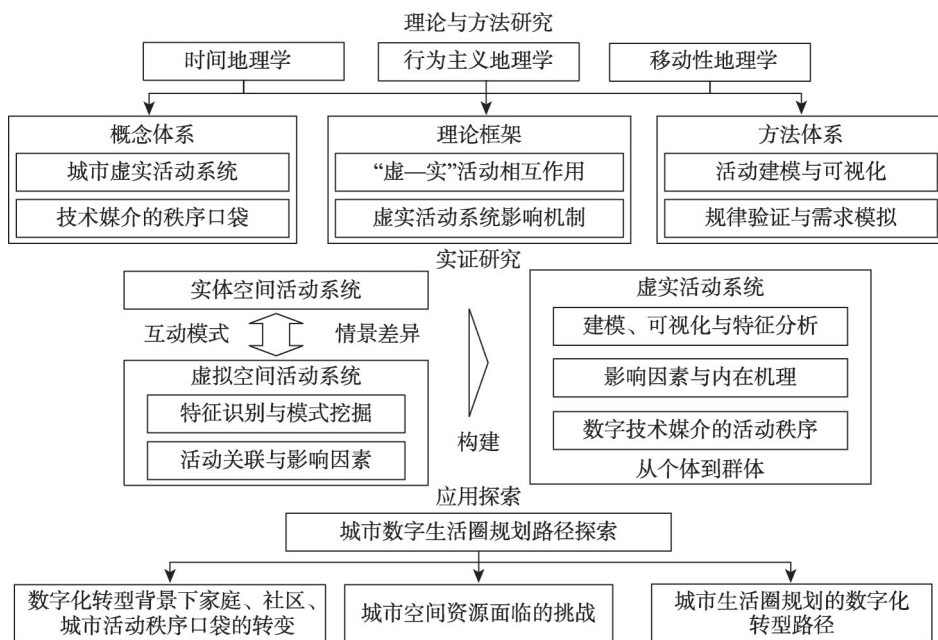


图2 城市虚实活动系统的研究框架

Fig. 2 A framework of the research content of urban physical-virtual activity system

例子就是疫情期间家长的远程办公和孩子的居家学习形成的新的家庭秩序。此外，虚实活动系统是以个体及群体为基础（“人”的维度），而数字技术媒介的秩序口袋则基于空间（“地”的维度）；二者相互关联，有利于将基于“人”的研究与基于“地”的规划实践相关联。

4.1.2 虚实活动相互作用的理论框架 虚实活动相互作用是城市虚实活动系统研究的关键问题。构建虚实活动相互作用的理论框架，一方面需要剖析实体空间活动和虚拟空间活动的构成及存在的可能的相互关系，比如相互支持、媒介转换、需求替代、需求激发、时间竞争等^[43]。虚实活动共同支持个体满足日常活动需求；不同的ICT媒介会形成差异化的虚拟空间活动特征，并与实体空间活动产生不同的关联；虚拟空间活动的加入会对个体交通需求产生影响，既可能替代交通需求，也可能会激发更多的交通出行；某种类型虚实活动的相互关系还可能通过活动之间的关联对整个活动系统产生影响，其中时间预算意味着不同虚实活动之间存在的时间竞争关系。另一方面，时间地理学的制约和企划概念可以用于理解虚实活动发生的机制。个体根据其需求和所面临的时空制约来安排其虚实活动以最大化效用^[73]，已有研究发现ICT使用能够减少活动开展所受到的时空限制，特别是在场和不在场界限的模糊^[81-82]，但虚拟空间活动也受到新的制约^[84]。企划指的是服务于同一个目标的一系列活动^[109]，企划用于统合虚实活动，因为二者均服务于个体日常活动目标^[24]。

4.1.3 城市虚实活动建模模拟的方法体系 城市虚实活动系统的研究方法体系包括城市虚实活动的建模、模式识别与可视化、影响因素识别与交互机制分析、大小数据结合的虚实活动模拟和预测等方面，其中虚实混合空间行为的GIS建模技术以及虚实活动的复杂情境可视化方法等是创新的关键方向。应该跳出绝对时空间的研究框架，从活动序列（相对时间）和活动的复杂情境（相对空间）来分析虚实活动^[111]。比如，多通道序列分析（Multi-channel Sequence Analysis）技术可以将活动的多元情境与活动序列进行联合分

析,理解虚实活动发生的特征、模式及的差异^[112]。在模式识别、影响因素和机制分析方面,除扩展经典的活动分析法之外,还可以结合时间地理学的企划与制约分析框架与移动性地理学的社会实践分析思路,从质性角度深入探讨活动系统的数字化转型过程^[113]。此外,需要结合大小数据进行分析,特别需要探索基于手机信令中用户 APP 使用数据的虚拟空间活动建模方法以及与信令轨迹的联合分析方法^[108],并利用强化学习与行为决策模型,探索以调查小数据抽取关系、多源大数据验证规律与模拟预测的混合方法路径^[16]。

4.2 城市虚实活动系统的实证研究

城市虚实活动系统的实证研究分为逐层递进的 3 个方面,即城市虚拟空间活动系统研究、城市虚拟空间活动系统和城市实体空间活动系统的互动研究、城市虚实空间活动系统的特征和机理研究。

4.2.1 城市虚拟空间活动系统研究 城市虚拟空间活动的类型、时间特征(时间分配、时间节奏)、空间特征(活动与虚拟场所(如手机 APP)的对应关系与联系强度)、时空特征(不同时段在不同虚拟场所的活动密度分布)、媒介组合特征(通过技术实现的社交活动和空间联系)等。采用聚类分析和复杂网络分析等模式识别方法,探究虚拟空间活动开展的基本模式与人群差异、不同类型虚拟空间活动关联以及虚拟空间活动的时空秩序。此外,可以基于机器学习或计量经济学模型,探讨城市虚拟空间活动特征的影响因素。已有研究指出,虚拟空间活动的因素包括个人和家庭社会经济属性、互联网使用特征、互联网使用态度以及建成环境等^[114]。一般而言,男性、年轻、社会经济地位更高的群体以及更丰富的互联网使用经验、更积极对待网络和技术的态度与更多的虚拟空间活动相关;建成环境可达性一般与虚拟空间活动负相关,但过低的可达性可能也无法提供如当日配送、外卖等需要线上线下结合的网络活动。因此,需要检视不同类型的虚拟空间活动以及典型虚拟场所中活动的影响因素是否存在差异。

4.2.2 城市虚实空间活动的互动研究 城市虚拟空间活动与实体空间活动的相互关系研究聚焦于服务相同企划的虚实活动发生的情境差异的比较,包括活动时间、活动地点、活动类型、活动同伴等。此外,分析虚实活动的多任务特征以及前后台特征也是核心内容。所谓前台活动指的是个体在活动日志中填写的主要活动,可能是实体或虚拟空间活动;后台活动指的是个体汇报的平行于主要活动发生、有可能干扰前台活动的其他活动,以虚拟空间活动为主^[115]。与多任务描述多个平行的、互不干扰的活动不同,前后台活动描述了同时发生的活动之间存在的交织关系,这也是移动 ICT 背景下虚实活动的新特征^[83, 115]。进一步的,可以采用聚类分析和复杂网络分析等方法,识别虚实活动之间可能存在的相互作用模式。

4.2.3 城市虚实空间活动系统的机理研究 实体空间活动和虚拟空间活动均为个体需求和目标服务的,因此,最终需要把二者及其关系整合起来,从虚实活动系统整体来研究城市活动系统的数字化转型。一方面,采用以多通道序列分析技术为核心的研究方法,建模虚实活动系统,探讨其特征参数,并分析其影响因素。特别的,需要探究典型的技术媒介的活动秩序,作为虚实活动系统的表征。另一方面,采用基于活动日志的半结构访谈等质性研究方法,利用企划和制约等概念深入理解典型虚拟场所中的虚拟空间活动及对活动系统的作用机制,并进一步探讨其对实体空间的长期效应^[90]。此外,从个体虚实活动系统出发,利用时空行为大数据扩展到群体汇总层面的虚实活动系统,进一步研究群体虚实活动系统的特征、典型序列与影响因素。

4.3 城市虚实活动系统的应用创新研究 在基于“人”的城市虚实活动系统研究成果的基础上,分析基于“地”的媒介秩序口袋,并以生活圈规划为例,探索城市生活圈规划

数字化转型路径。①以家庭为基本分析单元,探讨家作为活动的地方秩序口袋转变为数字媒介的秩序口袋的基本特征以及转变过程^[116]。研究城市家庭成员在家内虚实活动的基本特征及关系,以及不同家庭成员的活动特征和活动关系(支持、冲突)。特别关注非家庭活动(如远程办公)是如何通过数字技术使得家外其他组织的秩序安排嵌入家庭生活秩序,并以此改变不同家庭成员的日常活动安排的过程^[117]。②以社区生活圈为基本分析单元,研究城市社区成员在社区生活圈内虚实活动的汇总特征,以及作为基本生活空间的社区生活圈中的时间、空间、组织等资源是如何支持社区居民在社区及家内的虚实活动。③采用时空行为大数据,分析城市尺度的虚实活动秩序口袋特征,模拟预测城市层面居民虚实活动需求。进一步的,结合家庭、社区、城市秩序口袋的转变,分析数字化转型对城市空间、城市设施和城市组织提出的新需求,研判当前城市空间资源面临的挑战。基于当前城市规划数字化转型的基本要求与城市生活圈规划的最新进展,基于居民行为需求模拟和城市设施供给综合研判,探索城市生活圈规划数字化转型路径与对策。

5 结论与讨论

自20世纪90年代以来,信息与通讯技术的蓬勃发展使得人类社会进入了信息社会。受到技术决定论的影响,ICT早期被认为能造成“距离的终结”。随着技术的发展与认识的深化,这种仅关注技术作用的论断已被抛弃,而大量的研究表明距离在信息社会中仍然是影响人类活动的重要因素,地理空间的差异与不平等对ICT仍然适用。与之相对应的,地理空间的概念也增加了数字技术和信息技术的维度,地理赛博空间、混合信息空间、灰空间、流动空间、数字场所等概念的持续涌现,说明以临近性为基础的物质空间(实体空间)和以网络为基础的赛博空间(虚拟空间)互动融合,共同构成了数字时代人类活动的载体。

近年来信息社会正快速发展为移动信息社会,无线局域网、4G/5G、物联网、元宇宙等技术正在促成“万物互联”的全新格局。此时,技术不再是一成不变的客体,而在人地关系中扮演更主动的角色——技术能够表征、媒介、转化人地关系^[1]。值得注意的是,这种表征、媒介、转化的作用有赖于人类利用技术开展的活动,而人类活动与空间互动的结果也会反作用于技术,使得技术发生改变^[4,9]。另一方面,智慧城市建设越来越强调对人类美好生活的回归^[118-119]。因此,从理论发展与现实需求两方面,人类活动系统的数字化转型是未来地理学面向移动信息社会的重要创新点,也是理解城市空间数字化转型的核心。

在城市活动系统数字化转型的新背景下,本文提出了城市虚实活动系统的新概念与理论框架:通过深入分析虚拟空间活动及与实体空间活动的互动关系,研究虚实活动系统的特征与模式,通过扩展数字技术媒介秩序口袋等概念,探索技术媒介效应如何从活动传导到空间和场所,从而深入理解地理空间的数字化转型。本文所提出的概念与研究框架能为人文地理学在应对数字化转型中的理论创新提供思路,也能为以人为本的新型智慧城市规划和数字生活治理等实践创新提供科学参考。

城市虚实活动系统如何应用于技术和社会的新发展,仍然是需要继续深入讨论的前沿话题。①移动信息技术的新发展将进一步提高日常生活和城市空间的智能化。智能家居、可穿戴设备、无人驾驶、车路协同、智慧城市设施的发展与物联网和数据云等数字基础设施建设结合,将极大扩展日常生活的数字化和智能化。不仅是活动完成的媒介发生了改变,而且活动所依赖的物质实体也实现了数字化和网络化,这会进一步加速日常

活动的转型^[19]。通过虚实活动系统研究,可以认识当前各类活动以及活动所关联的物质实体的数字化与网络化程度,进而探讨未来智能技术的发展方向与智能生活样态。②技术的发展还会产生新的活动形态,并最终构建形成数字生活方式。当前研究主要关注的是已有的实体空间活动如何数字化、线上化,但是技术的发展还会产生新的活动形态,比如网络直播、文字视频博主、众包服务、零工经济等。疫情防控离不开数字技术的支持,居民层面也形成了如居家协同办公、上门做饭、线上问诊等新的数字实践。虚实活动系统研究强调对典型虚拟场所与虚拟空间活动对活动系统影响机制的深入理解,可以通过对新活动的案例研究来探索未来数字生活方式的可能形态。③数字生活圈将作为中国智慧城市规划与数字城市治理的重要载体。一方面,互联网使用与居家时间紧密相关,疫情下“家”更是成为重要的活动锚点^[71],这意味着“家”在日常生活的重要性逐步提高。当然“家”空间不能实现日常生活的全部需求,因为物质和服务仍需要通过家外获取。因此,社区生活圈将作为最有效率且最可持续的提供日常生活物质和服务的空间范围。另一方面,中国信息技术应用全球领先,日常生活中涉及的大多数公共服务与商业消费已经实现居家办理、委托上门、预约到访等多种实现形式。但无论哪种情况,都离不开数字生活圈中设施与物流的支持,以及对居民数字生活需求和问题的研判^[120-121]。未来研究可以从虚实活动系统出发,分析研判数字生活需求与生活圈应需供给,打造配送生活圈、数字消费生活圈与数字服务生活圈,最终形成中国特色的数字生活方式。

参考文献(References)

- [1] Ash J, Kitchin R, Leszczynski A. Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography*, 2018, 42(1): 25-43.
- [2] Gilbert M. Theorizing digital and urban inequalities: Critical geographies of 'race', gender and technological capital. *Information, Communication & Society*, 2010, 13(7): 1000-1018.
- [3] Zook M A, Graham M. Mapping DigiPlace: Geocoded Internet data and the representation of place. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2007, 34(3): 466-482.
- [4] Yousefi Z, Dadashpoor H. How do ICTs affect urban spatial structure? A systematic literature review. *Journal of Urban Technology*, 2020, 27(1): 47-65.
- [5] Wang Bo, Lu Peiying, Zhen Feng. Urban geography research in the e-society: A perspective from human activity. *Geographical Research*, 2018, 37(10): 2075-2086. [王波, 卢佩莹, 甄峰. 智慧社会下的城市地理学研究: 基于居民活动的视角. *地理研究*, 2018, 37(10): 2075-2086.]
- [6] Xi Guangliang. *Urban Mobility and Smart City Spatial Organization*. Beijing: The Commercial Press, 2021. [席广亮. 城市流动性与智慧城市空间组织. 北京: 商务印书馆, 2021.]
- [7] Anwar M A, Graham M. Between a rock and a hard place: Freedom, flexibility, precarity and vulnerability in the gig economy in Africa. *Competition & Change*, 2021, 25(2): 237-258.
- [8] Repenning A. Workspaces of mediation: How digital platforms shape practices, spaces and places of creative work. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2022, 113(2): 211-224.
- [9] Afradi K, Nourian F. Understanding ICT's impacts on urban spaces: A qualitative content analysis of literature. *GeoJournal*, 2022, 87(2): 701-731.
- [10] Bryson J R, Andres L, Davies A. COVID-19, virtual church services and a new temporary geography of home. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2020, 111(3): 360-372.
- [11] Florida R, Rodríguez-Pose A, Storper M. Critical commentary: Cities in a post-COVID world. *Urban Studies*, 2023, 60(8): 1509-1531.
- [12] Aguilera A, Guillot C, Rallet A. Mobile ICTs and physical mobility: Review and research agenda. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2012, 46(4): 664-672.
- [13] Andreev P, Salomon I, Pliskin N. Review: State of teleactivities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2010, 18(1): 3-20.
- [14] Dadashpoor H, Yousefi Z. Centralization or decentralization? A review on the effects of information and communication technology on urban spatial structure. *Cities*, 2018, 78: 194-205.
- [15] Sun Bindong. A scientific prediction of the impact of informatization on the urban spatial form. *Frontiers*, 2021(9): 74-81. [孙斌栋. 科学预判信息化对城市空间形态的影响. *人民论坛·学术前沿*, 2021(9): 74-81.]

- [16] Qin Xiao, Zhen Feng. Combination between big data and small data: New methods of urban studies in the information era. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(3): 321-330. [秦萧, 甄峰. 大数据与大数据结合:信息时代城市研究方法探讨. *地理科学*, 2017, 37(3): 321-330.]
- [17] Yang Xiping, Fang Zhixiang. Recent progress in studying human mobility and urban spatial structure based on mobile location big data. *Progress in Geography*, 2018, 37(7): 880-889. [杨喜平, 方志祥. 移动定位大数据视角下的人群移动模式及城市空间结构研究进展. *地理科学进展*, 2018, 37(7): 880-889.]
- [18] Liu Y, Liu X, Gao S, et al. Social sensing: A new approach to understanding our socioeconomic environments. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 105(3): 512-530.
- [19] Kong Yu, Zhen Feng, Zhang Shanqi. Progress and prospects of the impact of smart technology on urban residents' activities. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(3): 413-425. [孔宇, 甄峰, 张姗姗. 智能技术对城市居民活动影响的研究进展与展望. *地理科学*, 2022, 42(3): 413-425.]
- [20] Long Ying, Zhang Enjia. Smart urban planning under the framework of data augmented design. *City Planning Review*, 2019, 43(8): 34-40, 52. [龙瀛, 张恩嘉. 数据增强设计框架下的智慧规划研究展望. *城市规划*, 2019, 43(8): 34-40, 52.]
- [21] Chapin F S J, Brail R K. Human activity systems in the metropolitan United States. *Environment and Behavior*, 1969, 1(2): 107-130.
- [22] Chapin F S J. Activity systems and urban structure: A working schema. *Journal of the American Institute of Planners*, 1968, 34(1): 11-18.
- [23] Chai Yanwei, Shen Jie. Activity-based approach to human spatial behavior research. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(5): 594-600. [柴彦威, 沈洁. 基于活动分析法的人类空间行为研究. *地理科学*, 2008, 28(5): 594-600.]
- [24] Li Chunjiang, Zhang Yan. The time geography response to the digital transition of everyday life. *Progress in Geography*, 2022, 41(1): 96-106. [李春江, 张艳. 日常生活数字化转向的时间地理学应对. *地理科学进展*, 2022, 41(1): 96-106.]
- [25] Ben-Elia E, Lyons G, Mokhtarian P L. Epilogue: The new frontiers of behavioral research on the interrelationships between ICT, activities, time use and mobility. *Transportation*, 2018, 45(2): 479-497.
- [26] Mokhtarian P L. Telecommunications and travel: The case for complementarity. *Journal of Industrial Ecology*, 2002, 6(2): 43-57.
- [27] Mokhtarian P L. A typology of relationships between telecommunications and transportation. *Transportation Research Part A: General*, 1990, 24(3): 231-242.
- [28] Mokhtarian P. If telecommunication is such a good substitute for travel, why does congestion continue to get worse? *Transportation Letters*, 2009, 1(1): 1-17.
- [29] Van der Waerden P, Bérénos M, Wets G. Communication and its relationship with digital and physical mobility pattern: A review. *Advances in Transport Policy and Planning*, 2019, 3: 3-27.
- [30] Mouratidis K, Peters S, van Wee B. Transportation technologies, sharing economy, and teleactivities: Implications for built environment and travel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2021, 92: 102716. DOI: 10.1016/j.trd.2021.102716.
- [31] De Abreu E S J, Melo P C. Home telework, travel behavior, and land-use patterns: A path analysis of British single-worker households. *Journal of Transport and Land Use*, 2018, 11(1): 419-441.
- [32] Budnitz H, Tranos E, Chapman L. Telecommuting and other trips: An English case study. *Journal of Transport Geography*, 2020, 85: 102713. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102713.
- [33] Wöhner F. Work flexibly, travel less? The impact of telework and flextime on mobility behavior in Switzerland. *Journal of Transport Geography*, 2022, 102: 103390. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2022.103390.
- [34] Kim S N, Choo S, Mokhtarian P L. Home-based telecommuting and intra-household interactions in work and non-work travel: A seemingly unrelated censored regression approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2015, 80: 197-214.
- [35] Kim S N. Is telecommuting sustainable? An alternative approach to estimating the impact of home-based telecommuting on household travel. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2017, 11(2): 72-85.
- [36] De Vos D, Meijers E, van Ham M. Working from home and the willingness to accept a longer commute. *The Annals of Regional Science*, 2018, 61(2): 375-398.
- [37] Ellmér E. Telework and daily travel: New evidence from Sweden. *Journal of Transport Geography*, 2020, 86: 102777. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102777.
- [38] Zhu P Y, Wang L P, Jiang Y P, et al. Metropolitan size and the impacts of telecommuting on personal travel. *Transportation*, 2018, 45(2): 385-414.
- [39] Le H T K, Carrel A L, Shah H. Impacts of online shopping on travel demand: A systematic review. *Transport Reviews*,

- 2022, 42(3): 273-295.
- [40] Hong J, Thakuriah P V, Mason P, et al. The role of numeracy and financial literacy skills in the relationship between information and communication technology use and travel behaviour. *Travel Behaviour and Society*, 2020, 21: 257-264.
- [41] De Abreu E S J, de Oña J, Gasparovic S. The relation between travel behaviour, ICT usage and social networks. The design of a web based survey. *Transportation Research Procedia*, 2017, 24: 515-522.
- [42] Wu G Q, Hong J, Thakuriah P. Assessing the relationships between young adults' travel and use of the internet over time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2019, 125: 8-19.
- [43] Varghese V, Chikaraishi M, Jana A. The architecture of complexity in the relationships between information and communication technologies and travel: A review of empirical studies. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, 11: 100432. DOI: 10.1016/j.trip.2021.100432
- [44] Couclelis H. Pizza over the Internet: E-commerce, the fragmentation of activity and the tyranny of the region. *Entrepreneurship & Regional Development*, 2004, 16(1): 41-54.
- [45] Lenz B, Nobis C. The changing allocation of activities in space and time by the use of ICT: "Fragmentation" as a new concept and empirical results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2007, 41(2): 190-204.
- [46] Keseru I, Macharis C. Travel-based multitasking: Review of the empirical evidence. *Transport Reviews*, 2018, 38(2): 162-183.
- [47] Pawlak J. Travel-based multitasking: Review of the role of digital activities and connectivity. *Transport Reviews*, 2020, 40(4): 429-456.
- [48] Alexander B, Hubers C, Schwanen T, et al. Anything, anywhere, anytime? Developing indicators to assess the spatial and temporal fragmentation of activities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2011, 38(4): 678-705.
- [49] Arranz-López A, Soria-Lara J A. ICT use and spatial fragmentation of activity participation in post-COVID-19 urban societies. *Land Use Policy*, 2022, 120: 106302. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106302.
- [50] Xiang Z, Wang D, O'Leary J T, et al. Adapting to the Internet. *Journal of Travel Research*, 2015, 54(4): 511-527.
- [51] Ben-Elia E, Avineri E. Response to travel information: A behavioural review. *Transport Reviews*, 2015, 35(3): 352-377.
- [52] Jamal S, Habib M A. Investigation of the use of smartphone applications for trip planning and travel outcomes. *Transportation Planning and Technology*, 2019, 42(3): 227-243.
- [53] Jamal S, Habib M A. Smartphone and daily travel: How the use of smartphone applications affect travel decisions. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 53: 101939. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101939.
- [54] Vilhelmson B, Thulin E, Elldér E. Where does time spent on the Internet come from? Tracing the influence of information and communications technology use on daily activities. *Information, Communication & Society*, 2017, 20(2): 250-263.
- [55] Vilhelmson B, Elldér E, Thulin E. What did we do when the Internet wasn't around? Variation in free-time activities among three young-adult cohorts from 1990/1991, 2000/2001, and 2010/2011. *New Media & Society*, 2018, 20(8): 2898-2916.
- [56] Thulin E, Vilhelmson B. More at home, more alone? Youth, digital media and the everyday use of time and space. *Geoforum*, 2019, 100: 41-50.
- [57] Wu G Q, Hong J, Thakuriah P. Investigating the temporal changes in the relationships between time spent on the internet and non-mandatory activity-travel time use. *Transportation*, 2022, 49(1): 213-235.
- [58] Gössling S. ICT and transport behavior: A conceptual review. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2018, 12(3): 153-164.
- [59] Andersson A, Winslott Hiselius L, Adell E. Promoting sustainable travel behaviour through the use of smartphone applications: A review and development of a conceptual model. *Travel Behaviour and Society*, 2018, 11: 52-61.
- [60] Ortat N, Vincent-Geslin S, Boudreau J A. The youth on the move: French and Canadian young people's relationship with the car. *Applied Mobilities*, 2020, 5(2): 171-185.
- [61] Sabouri S, Brewer S, Ewing R. Exploring the relationship between ride-sourcing services and vehicle ownership, using both inferential and machine learning approaches. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 198: 103797. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103797.
- [62] Storme T, De Vos J, De Paepe L, et al. Limitations to the car-substitution effect of MaaS. Findings from a Belgian pilot study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, 131: 196-205.
- [63] De Haas M, Faber R, Hamersma M. How COVID-19 and the Dutch 'intelligent lockdown' change activities, work and travel behaviour: Evidence from longitudinal data in the Netherlands. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2020, 6: 100150. DOI: 10.1016/j.trip.2020.100150
- [64] Bin E, Andruetto C, Susilo Y, et al. The trade-off behaviours between virtual and physical activities during the first

- wave of the COVID-19 pandemic period. *European Transport Research Review*, 2021, 13(1): 1-19. DOI: 10.1186/s12544-021-00473-7.
- [65] Legeby A, Koch D, Duarte F, et al. New urban habits in Stockholm following COVID-19. *Urban Studies*, 2023, 60(8): 1448-1464.
- [66] Javadinasr M, Magassy T B, Rahimi E, et al. The enduring effects of COVID-19 on travel behavior in the United States: A panel study on observed and expected changes in telecommuting, mode choice, online shopping and air travel. *arXiv*, 2021.arXiv:2109.07988.
- [67] Kolarova V, Eisenmann C, Nobis C, et al. Analysing the impact of the COVID-19 outbreak on everyday travel behaviour in Germany and potential implications for future travel patterns. *European Transport Research Review*, 2021, 13(1): 1-11. DOI: 10.1186/s12544-021-00486-2.
- [68] Nguyen M H. Factors influencing home-based telework in Hanoi (Vietnam) during and after the COVID-19 era. *Transportation*, 2021, 48(6): 3207-3238.
- [69] Barbour N, Menon N, Mannering F. A statistical assessment of work-from-home participation during different stages of the COVID-19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, 11: 100441. DOI: 10.1016/j.trip.2021.100441.
- [70] Nayak S, Pandit D. Potential of telecommuting for different employees in the Indian context beyond COVID-19 lockdown. *Transport Policy*, 2021, 111: 98-110.
- [71] Li C J, Thulin E, Chai Y W. Changes in everyday Internet use and home activity during and after pandemic-related lockdowns: A case study in Shuangjing subdistrict, Beijing. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2023, 114(2): 117-132.
- [72] Ta Na, Chai Yanwei. Disciplinary position and research frontiers of behavioral geography. *Progress in Geography*, 2022, 41(1): 1-15. [塔娜, 柴彦威. 行为地理学的学科定位与前沿方向. *地理科学进展*, 2022, 41(1): 1-15.]
- [73] Wang D G, Li J K. A two-level multiple discrete-continuous model of time allocation to virtual and physical activities. *Transportmetrica*, 2011, 7(6): 395-416.
- [74] Pawlak J, Polak J W, Sivakumar A. Towards a microeconomic framework for modelling the joint choice of activity-travel behaviour and ICT use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2015, 76: 92-112.
- [75] Ellegård K. *Thinking Time Geography: Concepts, Methods and Application*. London: Routledge, 2018.
- [76] Schwanen T, Kwan M P. The Internet, mobile phone and space-time constraints. *Geoforum*, 2008, 39(3): 1362-1377.
- [77] Shaw S L, Yu H B. A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical-virtual space. *Journal of Transport Geography*, 2009, 17(2): 141-149.
- [78] Couclelis H. Rethinking time geography in the information age. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2009, 41(7): 1556-1575.
- [79] Ren F, Kwan M P. Geovisualization of human hybrid activity-travel patterns. *Transactions in GIS*, 2007, 11(5): 721-744.
- [80] Vilhelmson B, Thulin E. Virtual mobility, time use and the place of the home. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2008, 99(5): 602-618.
- [81] Schwanen T, Dijst M, Kwan M P. ICTs and the decoupling of everyday activities, space and time: Introduction. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2008, 99(5): 519-527.
- [82] Shen Y, Ta N, Chai Y W. The Internet and the space-time flexibility of daily activities: A case study of Beijing, China. *Cities*, 2020, 97: 102493. DOI: 10.1016/j.cities.2019.102493.
- [83] Thulin E, Vilhelmson B, Schwanen T. Absent friends? Smartphones, mediated presence, and the recoupling of online social contact in everyday life. *Annals of the American Association of Geographers*, 2020, 110(1): 166-183.
- [84] Thulin E, Vilhelmson B. Pacesetters in contemporary telework: How smartphones and mediated presence reshape the time-space rhythms of daily work. *New Technology, Work and Employment*, 2022, 37(2): 250-269.
- [85] Cresswell T. *Mobilities I: Catching up*. *Progress in Human Geography*, 2011, 35(4): 550-558.
- [86] Green N. On the move: Technology, mobility, and the mediation of social time and space. *The Information Society*, 2002, 18(4): 281-292.
- [87] Schwanen T. Matter(s) of interest: Artefacts, spacing and timing. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 2007, 89(1): 9-22.
- [88] Dickinson J E, Ghali K, Cherrett T, et al. Tourism and the smartphone app: Capabilities, emerging practice and scope in the travel domain. *Current Issues in Tourism*, 2014, 17(1): 84-101.
- [89] Peters P, Kloppenburg S, Wyatt S. Co-ordinating passages: Understanding the resources needed for everyday mobility. *Mobilities*, 2010, 5(3): 349-368.
- [90] Schwanen T. Beyond instrument: Smartphone app and sustainable mobility. *European Journal of Transport and*

- Infrastructure Research, 2015, 15(4): 675-690.
- [91] Ettema D. Apps, activities and travel: An conceptual exploration based on activity theory. *Transportation*, 2018, 45(2): 273-290.
- [92] Xi G L, Cao X Y, Zhen F. The impacts of same day delivery online shopping on local store shopping in Nanjing, China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, 136: 35-47.
- [93] Xi G L, Zhen F, Cao X J, et al. The interaction between e-shopping and store shopping: Empirical evidence from Nanjing, China. *Transportation Letters*, 2020, 12(3): 157-165.
- [94] Ren F, Kwan M P. The impact of the Internet on human activity-travel patterns: Analysis of gender differences using multi-group structural equation models. *Journal of Transport Geography*, 2009, 17(6): 440-450.
- [95] Dias F F, Lavieri P S, Sharda S, et al. A comparison of online and in-person activity engagement: The case of shopping and eating meals. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2020, 114: 643-656.
- [96] Lavieri P S, Dai Q C, Bhat C R. Using virtual accessibility and physical accessibility as joint predictors of activity-travel behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2018, 118: 527-544.
- [97] Adams P C. A reconsideration of personal boundaries in space-time. *Annals of the Association of American Geographers*, 1995, 85(2): 267-285.
- [98] Kwan M P. Human extensibility and individual hybrid-accessibility in space-time: A multi-scale representation using GIS//Janelle D G, Hodge D C. *Information, Place, and Cyberspace*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2000: 241-256.
- [99] Yu H B, Shaw S L. Exploring potential human activities in physical and virtual spaces: A spatio-temporal GIS approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 2008, 22(4): 409-430.
- [100] Yin L Y, Shaw S L, Yu H B. Potential effects of ICT on face-to-face meeting opportunities: A GIS-based time-geographic approach. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(3): 422-433.
- [101] Liu L, Miller H J. Measuring the impacts of dockless micro-mobility services on public transit accessibility. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2022, 98: 101885. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101885.
- [102] Ferreira D, Vale M. Geography in the big data age: An overview of the historical resonance of current debates. *Geographical Review*, 2022, 112(2): 250-266.
- [103] Wang Y H, Correia G H de A, van Arem B. Relationships between mobile phone usage and activity-travel behavior: A review of the literature and an example. *Advances in Transport Policy and Planning*, 2019, 3: 81-105.
- [104] Zhang Y, Yang L T, Jiang H, et al. Mining mobile internet lifestyles in distinct urban areas: Tales of two cities. *IEEE Access*, 2018, 6: 36208-36217.
- [105] Yuan Y H, Raubal M, Liu Y. Correlating mobile phone usage and travel behavior: A case study of Harbin, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2012, 36(2): 118-130.
- [106] Kellerman A. *The Internet as Second Action Space*. Routledge, 2014.
- [107] Li C J, Thulin E, Chai Y W. Understanding the Hybridization of Everyday Activities from a Time-Geographic Perspective. *Annals of the American Association of Geographers*, 2024, 114(1): 185-199.
- [108] Liu X T, Chen M, Claramunt C, et al. Geographic information science in the era of geospatial big data: A cyberspace perspective. *The Innovation*, 2022, 3(5): 100279. DOI: 10.1016/j.xinn.2022.100279.
- [109] Ellegård K, Zhang Xue, Zhang Yan, et al. Pockets of local order and its application in human activity research. *Human Geography*, 2016, 31(5): 25-31. [Ellegård K, 张雪, 张艳, 等. 基于地方秩序嵌套的人类活动研究. *人文地理*, 2016, 31(5): 25-31.]
- [110] Ellegård K, Liu Bochu, Zhang Yan, et al. Concept of project in time-geography and its empirical case studies. *Human Geography*, 2016, 31(5): 32-38. [Ellegård K, 刘伯初, 张艳, 等. 时间地理学的企划概念及其研究案例. *人文地理*, 2016, 31(5): 32-38.]
- [111] Shaw S L, Sui D. Understanding the new human dynamics in smart spaces and places: Toward a splatial framework. *Annals of the American Association of Geographers*, 2020, 110(2): 339-348.
- [112] Liu B C, Widener M J, Smith L G, et al. Disentangling time use, food environment, and food behaviors using multi-channel sequence analysis. *Geographical Analysis*, 2022, 54(4): 881-917.
- [113] Line T, Jain J, Lyons G. The role of ICTs in everyday mobile lives. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(6): 1490-1499.
- [114] Loo B P Y, Wang B. Factors associated with home-based e-working and e-shopping in Nanjing, China. *Transportation*, 2018, 45(2): 365-384.
- [115] Thulin E, Vilhelmson B. Bringing the background to the fore: Time-geography and the study of mobile ICTs in everyday life//Ellegård K. *Time Geography in the Global Context*. London: Routledge, 2018: 96-112.
- [116] Ellegård K, Vilhelmson B. Home as a pocket of local order: Everyday activities and the friction of distance.

- Geografiska Annaler: Series B, Human Geography, 2004, 86(4): 281-296.
- [117] Manzo L K C. Love in the time of COVID-19: How couples stayed 'at home' during the first lockdown in Italy. *Social & Cultural Geography*, 2023, 24(3/4): 428-446.
- [118] Zhao F, Fashola O I, Olarewaju T I, et al. Smart city research: A holistic and state-of-the-art literature review. *Cities*, 2021, 119: 103406. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103406
- [119] Chai Yanwei, Shen Yue, Chen Zifeng. Towards smarter cities: Human-oriented urban planning and management based on space-time behavior research. *Urban Planning International*, 2014, 29(6): 31-37, 50. [柴彦威, 申悦, 陈梓烽. 基于时空行为的人本导向的智慧城市规划与管理. *国际城市规划*, 2014, 29(6): 31-37, 50.]
- [120] Niu Qiang, Yi Shuai, Gu Zhongtai, et al. New concept and approaches to the reconfiguration of service facilities of online and offline community life circle: A case study of Wuhan. *Urban Planning Forum*, 2019(6): 81-86. [牛强, 易帅, 顾重泰, 等. 面向线上线下社区生活圈的服务设施配套新理念新方法: 以武汉市为例. *城市规划学刊*, 2019(6): 81-86.]
- [121] Xiao Zuopeng, Han Laiwei, Chai Yanwei. Review on embedded life circle planning in territorial space planning system. *Planners*, 2022, 38(9): 145-151. [肖作鹏, 韩来伟, 柴彦威. 生活圈规划嵌入国土空间规划的思考. *规划师*, 2022, 38(9): 145-151.]

Theoretical construction of urban physical-virtual activity system

LI Chunjiang^{1,2}, CHAI Yanwei¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Department of Geography and Planning, University of Toronto, Toronto M5S 2Z9, Canada)

Abstract: Human society is currently in the stage of significant digital transformation. The basic characteristics and internal mechanisms of human activity systems are undergoing major transitions. In particular, activities in virtual space are becoming diversified and self-systematical, and they more actively and frequently interact with the activities in the physical space in a complex way. At present, research on the digital transformation of human activity system increasingly emphasizes the variation and complexity of the behavior in virtual space. The research also highlights the necessity to go beyond the duality of physical and virtual space and to integrate technological use with activity system. This paper innovatively proposes the concepts of urban virtual space activity system and urban physical-virtual activity system. On the one hand, the new concepts emphasize the characteristics of urban virtual space activity that it increasingly becomes an independent activity system (of urban physical space activity). On the other hand, the concepts focus on the interaction relationships between urban physical and virtual activity systems. The theoretical construction of urban physical-virtual activity system can deepen the understanding of the digital transformation of urban activity system and further provide policy implications. This paper systematically states and discusses the conceptual and research frameworks of urban physical-virtual activity system in the dimensions of theoretical and methodological innovation, empirical topics innovation, and practical innovation. The concept and elements of urban physical-virtual activity system can provide new theories and methods to analyze urban space in digital transformation, and scientific support for urban life circle planning in smart cities and governance of digital life.

Keywords: urban activity system; urban virtual space; urban physical-virtual activity system; information and communication technologies; space-time behavior; time geography