

# 时空间行为研究动态及其实地应用前景

柴彦威, 申悦, 肖作鹏, 张艳, 赵莹, 塔娜

(北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

**摘要:**随着国内外时空间行为研究的数据采集、计算挖掘、三维可视化与时空模拟等理论与技术的不断革新, 时空间行为研究日益呈现出研究数据多源化、研究方法科学化、研究对象个体化、研究主题应用化等趋势。海外的时空间行为研究在结构化理论、GIS以及其他社会科学领域中得到广泛的理论应用, 中国的时空间行为研究经历了时间地理学的引入与描述性统计、城市空间与时空间行为的互动机理研究、基于位置感知设备的数据采集与规划应用等3个阶段, 正在步入实践应用的重要时期。时空间行为研究在城市规划、社会管理、居民服务等领域具有广泛的应用前景。

**关键词:**时空间行为; 时间地理学; 城市规划; 社会管理; 居民服务

## 1 时空间行为研究的新趋势及应用需求

改革开放以来, 中国经历了社会与经济的深刻变革, 城市空间处于不断重构的过程之中<sup>[1]</sup>。而时空间行为业已成为解读城市空间结构重构的重要视角<sup>[2]</sup>。中国经济社会发展“十二五”规划以“调结构、转方式、促民生”为主线, 突出经济结构调整与经济发展方式转变, 弱化了经济建设指标, 不断强调社会建设和环境建设, 加大了公共服务和民生保障力度<sup>[3]</sup>。面临新时期转变城镇建设方式、促进社会和谐公正、提高居民生活质量和保护生态环境等要求, 城市地理学与城市规划学者应在土地利用、设施布局、交通规划和公共政策等基础上, 更多地考虑居民的时空行为特征及多样化需求。可以肯定地说, 通过时空间行为的研究与应用, 能够弥补基于土地利用的静态城市规划对人类日常活动考虑不足的弊端, 能够促进城市规划及管理更加关注人的行为的制约及能动因素, 深入了解居民个性化的服务需求, 从而使城市规划更加精细、社会管理更加智慧、居民服务更加个性。因此, 中国社会经济的转型与发展亟需时空间行为研究的实践应用。

随着国内外时空间行为研究的数据采集、计算

挖掘、三维可视化与时空模拟等理论与技术的日益革新, 时空间行为研究呈现出一系列新趋势<sup>\*</sup>。首先, 在研究数据方面, 传统的以活动日志和出行日志等以问卷调查获取数据转向问卷数据与基于位置感知设备的定位数据相结合<sup>[5-6]</sup>, 研究数据更加精细化、准确化、动态化, 多种来源、不同结构的时空行为数据趋于整合。其次, 在研究方法方面, 多层模型、结构方程模型等较为复杂的计量模型被越来越多地应用于时空行为的分析与模拟中<sup>[7]</sup>; 质性方法与定量方法的结合在挖掘空间现象背后的深层机制中起到了重要作用。随着三维GIS、T-GIS的发展, 时空间行为在GIS三维空间中的可视化得以实现<sup>[8-10]</sup>; 质性方法与GIS可视化相结合的地理叙述方法(geo-narrative)在一定程度上弥补了传统时间地理学分析方法中过于强调客观制约而忽视主观决策的缺陷<sup>[11]</sup>。因此, 时空间行为的研究方法呈现出多元化的趋势, 也逐渐由基于空间的分析与统计转向基于人的分析与统计。

再次, 在研究对象方面, 时空间行为的研究逐渐从宏观走向微观, 建立在个别人、个别行为及其组合的统计分析基础上的时空行为研究逐渐成为热点, 研究对象也逐渐由群体走向个体, 由现象走向机制<sup>[12]</sup>。

收稿日期: 2012-01; 修订日期: 2012-02.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071102); “十二五”国家科技计划项目(2012BAJ05B00)课题(2012BAJ05B04)。

作者简介: 柴彦威(1964-), 甘肃会宁人, 北京大学城市与经济地理系副系主任, 教授, 博士生导师。主要研究方向为时间地理学、社会地理学、城市与区域规划。E-mail: chyw@pku.edu.cn

\* 2011年美国地理学者年会上, 时空整合的地理学与地理信息科学主题会场成为最受关注的亮点, 来自全球各地的涉及地理、GIS、规划、交通、生态等多个领域的300多名学者发言交流<sup>[4]</sup>, 足以窥视时空间行为研究已成为热点与前沿。

最后,在研究内容方面,时空间行为研究一直关注城市社会中的新问题、新现象,如基于信息与通信技术(ICT)进行的虚拟空间中的行为<sup>[13-15]</sup>、在全球气候变化背景下居民出行产生的碳排放<sup>[16]</sup>、居民的生活质量与幸福感等<sup>[17]</sup>。并且,时空间行为研究开始与城市规划与管理相结合,逐渐走向实际应用。

综上所述,时空间行为研究的数据采集技术逐渐完备、方法逐渐完善、研究逐渐深入,并且紧扣当今社会的关键与热点问题,如何从时空行为研究的理论研究扩展到对城市社会与行为的实践应用,以及城市管理政策干预成为目前新的探索前沿。

## 2 时空间行为的研究动态

### 2.1 时空间行为研究的国际动态

以时间地理学为核心的时空间行为研究,注重现实物质性的本体论认识,突出对“区域中的人”的理解与挖掘<sup>[18]</sup>,通过时空间框架下的人类空间行为的研究深化了“人、时间与空间”的认识,建立了地理学学科传统下的“时空哲学”,奠定了时空间行为研究的时空观和方法论。与此同时,在应对相关学科的批评<sup>[19-20]</sup>及新技术的变革中,时空间行为研究显示出了其学科自身的开放性、兼容性与应用性。时空间行为研究的认识论与方法论为其他学科的理论建构也提供了重要参考<sup>[21]</sup>,对社会科学各领域产生了巨大影响<sup>[22]</sup>。

#### 2.1.1 时间地理学与结构化理论的结合

1980年代以来,时空间行为的重点逐步转向对人类内心世界的意义、观点、情感、感受的关注,转向对人类生活的关联性以及社会生活现状本身的思考,强调日常生活的时空情境性,捕捉特定环境与社会背景中的人与事物的地方性,表达特定的时空情境中“在场”和“不在场”事物之间的关联性和整体性<sup>[23-24]</sup>。哈格斯特朗有关情景理论与合成理论的区别等论断,从时间地理学的视角充实了社会科学领域的情景理论,闪烁着人本主义的精神,一定程度上也推动了地理学区域传统的复兴<sup>[25]</sup>。

在时间地理学的理论体系中,社会被理解成为区域个体的时空活动路径及其关联构成的网络,社会的生产与再生产存在于人的日常实践中。吉登斯在结构化理论中吸收了时间地理学的个体论、时空观以及个体行为者日常实践的思考,吸收了时间

地理学关于日常生活时空情境的核心思想,建构了社会结构二重性的理论<sup>[26]</sup>。人类活动互动在时间和空间中的情景化、区域化与结构化、日常实践的在场与不在场、能动性、结构性在时间和空间中的持续相互作用等成为社会系统、社会关系生产与再生产的关键,成为社会整合和系统整合的关键。

时间地理学与结构化理论在日常生活的时空情境性上存在理论共鸣<sup>[27-28]</sup>。在个体生命路径、个体日常生活实践与宏观的社会再生产、地方性与地方化等方面存在多个理论结合点,在主观与客观、制约与能动性、时间与空间、短期与长期、例行与惯常、情景与领地等多个方面擦出火花,成为时间地理学社会化与社会学科理论化的典范例作。

#### 2.1.2 时空 GIS 与地理可视化

早期的时空间行为研究由于数据限制,往往以抽象、简化的代表性个体数据进行分析,传统的活动日志数据存在着时空定位不准确、时空尺度短、调查成本高等缺点<sup>[29]</sup>。随着 GIS 学科快速发展、具有地理编码的数字化地图的可获得性、计算机运算与处理能力的提高、LAT 和 LBS 的技术成熟,时空间行为研究的技术环境得到大大改善。可以说,时间地理学的复兴,一方面受益于 GIS 学科的发展,另一方面,它也对这些学科提出了技术需求,并从学科内容体系、产业化应用等方面为 GIS 学科提供了理论和技术支撑,催生了地计算、地理可视化模拟以及 T-GIS 的欣欣向荣。

考虑个体受到时空制约后的时空可达性的测度一直是时空间行为研究的重要方面。早期的算法是,通过时空棱柱的平面投影建构潜在路径范围(PPA)或者潜在活动空间,可以计算个体在一定时间预算和活动分布制约下可能到达的最大空间范围<sup>[30-32]</sup>。Miller 将时空棱柱的概念引入 GIS<sup>[33]</sup>,Kwan 首次在 GIS 中实现个体可达性的测度<sup>[34]</sup>,Shaw 基于 GIS 环境开发了时空可视化的软件平台<sup>[35]</sup>。因此,基于 GIS 的技术平台,时空间行为研究和 GIS 学科合力开拓了个人、城市等多尺度、多内容的地理可视化(Geo-visualization)与地理模拟(Geo-simulation)。围绕着大数量、大尺度、大范围的人类活动-移动模式的实时跟踪、动态模拟、场景交互与探索分析,地理信息科学扩充了研究面,产生了一大批基于时空间行为研究的算法挖掘、分析工具、软件平台等技术成果<sup>[36-37]</sup>,奠定了相关学科工具化、产品化和产业化的基础。

### 2.1.3 时空间行为研究在其他社会科学领域

时空间行为研究旗帜鲜明的微观个体面向、时空结合优势等特点在理论研究、政策分析中逐步显示出其理论长处,并为其他学科所吸收借鉴,广泛应用在社会公共政策的分析中。例如,时空间行为研究已经应用于交通行为决策、基于活动的交通系统模型<sup>[38]</sup>、交通需求管理系统、交通政策评价、交通出行的个体感受<sup>[39]</sup>、与交通相关的社会排斥问题<sup>[40]</sup>、交通出行的排放等环境外部性问题<sup>[41]</sup>等研究之中。

另外,时空可达性对个体差异的敏感性对于解释社会及空间公平问题更为有效。在对弱势群体的分析中,研究残障人士、儿童、女性和低收入群体、以及其他面临社会排斥风险的人群,揭示弱势、少众群体的生活状态、时空制约程度和日常行为模式,成为制定公平社会政策的基础。时空可达性被用于评估城市公共服务设施的时间和空间配置对不同人群活动计划实现的影响的差异性,进而解释社会公平问题和社会分异等问题<sup>[42-48]</sup>。

可见,时空间行为研究更加贴近个人、贴近日常行为,试图对真实的人、真实的生活世界进行全面的理解。这种日常生活的地理学对其他相近学科产生着持续影响,如儿童地理学、老年地理学、女性地理学、赛博地理学、福利地理学、健康地理学、犯罪地理学、企业地理学等<sup>[49-52]</sup>。时空间行为研究正逐渐拓展着学科边界与应用领域。

## 2.2 中国时空间行为的研究动态

相对于欧美与日本等国,中国的时空间行为研究在理论、方法与实践应用等方面都存在着一定的差距。但是,中国学者在城市规划、社会管理与公共政策制定等方面的参与条件却有明显优势。因此,如何开展中国特色的时空间行为研究,加强面向实践的应用研究,已成为中国学者面临的紧迫问题。

总体上看,中国的时空间行为研究经历3个发展阶段:时间地理学的引入与描述性统计研究阶段,城市空间与时空间行为的互动机理研究阶段,基于位置感知设备的数据采集与应用研究阶段。

20世纪90年代初期,柴彦威将时间地理学理论与方法介绍到中国,开启了中国时空间行为研究的描述性统计阶段。通过兰州、大连、天津、深圳等城市居民的活动日志调查,北京大学柴彦威研究组

分析了城市居民的时间利用与日常活动时空间结构,并详细研究了通勤、购物、休闲、迁居等行为的时空间特征<sup>[53-54]</sup>。但是,这个阶段的时空间行为研究总体上以描述性统计分析为主,对各城市居民的时空间行为进行了汇总分析。尽管考虑了不同属性居民之间行为规律的时空间差异,但存在数据采集单一、分析方法过于简单、对城市空间与居民行为的互动机理分析不深入等问题。

随着中国时空间行为研究逐渐从宏观走向微观、从描述走向解释<sup>[12]</sup>,其研究议题更加广泛和研究内容更加深入,其研究方法也趋于多元化,尤其是基于GIS的时空间分析以及三维可视化方法等的应用有助于对人类时空活动的复杂模式进行识别、复杂计量模型的应用对于揭示城市空间与个体行为互动机制更为有效<sup>\*\*</sup>。在居民通勤<sup>[58-60]</sup>、购物<sup>[61-64]</sup>、休闲<sup>[65]</sup>、迁居<sup>[66-68]</sup>等各类行为的时空间特征分析的基础上,这一阶段开始关注城市空间对居民行为的影响,以及居民在城市空间制约下的行为决策,挖掘城市空间与居民行为的互动机理,探讨城市活动—移动系统的运行机制。同时,面临不断发展的社会经济条件,人本主义、女性主义、后现代主义等研究方法论也为中国的时空间行为研究提供了重要视角,居民网上行为<sup>[13-15]</sup>、出行交通碳排放<sup>[16]</sup>等新的研究问题也为其注入了新的活力。目前,这些研究作为时空间行为前沿议题仍在不同城市开展和深化,对于理解中国城市社会转型及社会公平问题、城市居民生活方式的转变及生活质量的提高、低碳城市空间规划等理论与实践问题积累更多的实证研究、多维度的研究视角、以及有针对性的政策建议。

近期,中国的时空间行为研究进入了基于新型信息技术的数据采集与规划应用阶段。信息通信技术(ICT)与定位技术的飞速发展时为空间行为研究的数据采集提供了新的契机。近年来,通过中国国内学者的不懈努力以及与海外学者的积极交流,中国在时空数据的采集、挖掘及三维可视化等技术方面已实现了与国际接轨,如基于时间地理学的人类时空行为分析方法在GIS中的实现——APA、基于手机和GPS等移动数据采集与传统问卷调查相结合的数据采集方法在北京天通苑与亦庄的实践、基于序列比对方法对大样本时空行为模式的挖掘

<sup>\*\*</sup>空间行为与规划研究会应运而生,先后在香港、长春、上海、北京召开5次研讨会,吸引了地理学、城市规划学、城市交通学以及GIS等领域的学者参加,产生了大量研究成果<sup>[55-57]</sup>。



等为时空行为研究的理论与实践应用提供了支撑和保障。

在规划应用方面,同济大学的王德研究组开展了长期并富有成效的探索与尝试。他们已经将消费者行为研究应用于上海南京路 and 北京王府井的商业街规划与改造上<sup>[69-70]</sup>;他们还利用网上虚拟环境获取上海世博会参观数据,对参观者游览行为进行模拟,并给出世博园区的规划改进建议<sup>[71-72]</sup>。另外,黄潇婷通过对颐和园旅游者时空行为模式挖掘,给出旅游者行为优化和旅游管理规划方案<sup>[65]</sup>。上述规划及实践案例为时空行为研究在城市规划、旅游规划以及大型事件的应急管理等方面进行探索性及应用性实践,积累了宝贵的经验,有着重要的意义。但这些时空行为研究在规划管理中的应用案例,由于数据采集的瓶颈,样本分布的空间与时间尺度往往比较有限,研究方法和技术也难以进行统一及推广。

在更大时空尺度上,GIS与信息科学领域的学者在数据获取途径与挖掘技术手段等方面具有明显优势。例如,Kang等<sup>[73]</sup>、Huang等<sup>[74]</sup>通过对具有时空信息的海量手机通话数据进行挖掘,总结了城市中居民移动的一般性模式。他们还对上海、青岛等城市浮动车数据进行挖掘,通过对海量时空行为汇总来透视整个城市移动系统的空间结构<sup>[75]</sup>。当然,由于受到学科视野的限制,他们在城市规划管理中的应用研究仍显不足。

近年,将问卷调查与新一代信息技术、定位技术相结合、试图实现数据规模与深度相平衡的新方法正在试验中。2010年,Shen和Chai对居民GPS轨迹识别以及与网上活动日志填写相结合的调查方法进行小规模尝试,对北京市100位居民的为期一周的活动日志和移动轨迹进行了调查<sup>[76]</sup>。Sun等在对广州居民调查的基础上,结合居民的GPS轨迹与土地利用数据,识别了居民的出行目的<sup>[77]</sup>。

可见,基于ICT与定位技术的数据采集与实践应用是目前国际上的前沿领域,也是中国时空行为研究发展的重要趋势。目前,中国的时空行为研究正处于由第二阶段向第三阶段的过渡期。中国学者需要在了解国际前沿理论、先进方法与实践研究进展的基础上,积极创新数据采集、挖掘与分析的技术与方法,努力将其与中国的本土理论和规划实践应用相结合。

### 3 时空行为研究的实践应用前景

#### 3.1 时空行为研究在城市规划中的应用

中国传统的城市规划将城市居民作为均质的整体对待,通过预测人口总体规模决定土地开发量,进而根据用地比例标准划分不同功能,组合形成城市空间结构。然而,中国正处于经济、社会、空间的快速转型时期,城市空间范围与人口规模不断增加,人与人之间的差异日渐显著,居民的需求也日趋多样化和个性化。传统的城市规划对居民的实际需求与主观决策考虑不足,难以对超长通勤、时空可达性降低、出行结构失衡、交通碳排放超标等城市问题做出及时、精细的响应,实际效果与理想状态存在较大差异。因此,时空行为研究能够弥补传统城市规划对居民时空行为的规律与决策机制考虑的不足,传统的基于土地的、静态的、蓝图式的城市规划亟待与时空行为研究相结合,从而转向基于人的、动态的、精细化的规划。

时空行为研究在国外城市规划中已得到了广泛的应用,产生了一大批成功案例。早在20世纪70年代时间地理学提出初期,时空行为研究就尝试与城市规划相结合,将个人时空制约的分析应用于指导城市资源配置的实践中<sup>[30,78]</sup>。随着数据采集方法的革新,大规模、长时间、高精度的时空行为数据采集进一步为时空行为研究在大时空尺度下的规划应用打开了新的局面。

总体上看,时空行为研究的规划实践应用主要体现在两方面,一方面,可以对现有的空间结构、设施配置等进行分析,发现问题,并进行优化;另一方面,可以在居民时空行为决策的基础上对规划方案进行模拟。当然,对时空的关注也为时间秩序的加入、从时空结合的角度提出规划方案提供了可能。具体来讲,时空行为研究主要应用于空间规划、交通规划、公共设施规划等方面。

(1) 在空间规划的应用方面,主要是通过居民行为数据的时空汇总分析,发现整个城市活动-移动系统的时空特征及存在问题,进而对空间结构进行优化和调整。并且,大时空尺度的行为数据汇总更具说服力。因此,基于手机基站定位技术获取的手机使用数据显示出较好的有效性。例如,美国麻省理工学院城市感知实验室(MIT SENSEable City Lab)利用意大利米兰市的手机使用数据进行了城市“移动景观”研究<sup>[76]</sup>。但是,该类数据的获取

受制于移动运营公司,并且在居民隐私保护方面存在一定的隐患,不同国家与地区数据获取的难易程度不同。目前,国际上仅有意大利<sup>[79]</sup>、法国<sup>[80]</sup>、爱沙尼亚<sup>[81]</sup>、中国<sup>[82]</sup>等为数不多的国家具有基于手机定位数据开展相应研究的条件,更多的研究基础仍是基于问卷调查。

(2) 时空间行为分析已在交通规划中得到了广泛应用。早在20世纪70年代,Lenntop在时间地理学理论的基础上开发了计算机模拟模型,对交通规划方案进行了模拟<sup>[52,75]</sup>。后来,时空间行为研究的分析框架启发了城市交通规划界对出行的重新认识,促进了活动分析法的产生,促使交通规划学者结合社会与空间背景从个体出行的制约与决策机制角度理解交通问题<sup>[83-87]</sup>。与此同时,时空间行为研究在交通规划中的应用还体现在交通需求量、系统优化和安全监控等方面,基于时空间制约的个体可达性的测度更新并丰富了传统的基于距离的可达性测度方法<sup>[88]</sup>。

(3) 在公共设施规划的应用方面,时空间行为分析发挥了重要作用。时空间行为研究能够较好地了解居民、尤其是特定群体(女性、老年人、儿童、残障人士等)的实际需求,从而兼顾效率与公平,合理配置设施的布局与开放时间。例如,神谷浩夫对日本家庭进行活动日志调查,分析参加工作的已婚女性由于照顾孩子而受到的制约,提出延长公办托儿所营业时间、并在地铁站附近建设一些托儿所的建议<sup>[89]</sup>。除了市政、商业、医疗、教育等公共设施的时空配置,对于居民灾害避难时空行为的研究在防灾规划中具有较好的应用前景。

另外,对于特定地区的规划,如旅游区规划、社区规划、校园规划等,时空间行为研究不仅强化了传统规划的调查与分析方法,还丰富了其内涵。例如,旅游者时空行为研究能够直接表述现实的旅游市场行为规律和偏好,为深度旅游市场的分析提供支持;旅游者时空行为与旅游设施、产品服务的相互作用分析为旅游要素规划和旅游产品提升提供研究基础;在时空行为研究的基础上引入时间要素,可实现精细化的旅游动态管理<sup>[90]</sup>。再比如,时空间行为研究将社区作为动态的日常生活空间而不是静态的物质空间,有助于城市规划中对于社区概念的重新构建,引导社区规划更加关注居民个体的需求<sup>[91]</sup>。

### 3.2 时空间行为研究在社会管理中的应用

时空间行为研究关注时间与空间、关注人的需求面,为以人为本的城市社会管理提供了新方法、新途径。时空间行为研究在社会管理中的实践应用主要体现在管理系统提升、特殊群体管理、出行管理、住房管理及应急管理等方面。

首先,在管理系统提升方面,时空间行为研究的数据采集、挖掘、分析工具能够从技术手段方面提升管理系统,使其更加动态化、科学化、智慧化。其次,对特殊群体、如流动人口、残障人士等的管理方面,时空间行为研究能够促使在管理中切实考虑被管理对象的需求与决策,使管理更加人性化。再次,通过违法乱纪行为、如移动摊贩、车辆乱停乱放等的时空分析,有利于对该类行为进行遏制与预警。与此同时,时空间行为研究基于活动的分析能够对居民出行进行科学引导和管理。另外,居民应急避难行为的时空特征与决策机理的分析能够为应急管理提供重要支撑<sup>[92]</sup>。比利时学者通过在一定范围内安装蓝牙信号接收装置获取居民手机的蓝牙信号,研究在比利时重大活动Werchter摇滚音乐节期间,居民在广场及附近的时空行为<sup>[93]</sup>,是基于移动数据的时空行为研究在重大事件管理中应用的典型案例。

### 3.3 时空行为研究在居民服务方面的应用

1995年,哥本哈根世界社会发展首脑会议通过的《行动纲领》第七条指出:“社会发展的终极目的是改善和提高全体居民的生活质量<sup>[94]</sup>。”为了应对中国城市社会与经济的快速转型,满足日趋多样化的居民生活需求,提高全体居民的生活质量,就需要考虑不同群体乃至不同个体的个性化需求<sup>[95,17]</sup>。时空间行为研究特别关注人,既关注人类群体,也关注个体;既关注个人受到的客观制约,也关注个人的主观决策。因此,时空间行为研究在为城市规划与社会管理提供科学依据的同时,也应该将知识反馈给居民,为居民提供个性化的服务,引导居民做出更加高效、健康、智慧的时空间行为。时空间行为研究能够为居民提供的服务主要体现在个性化信息发布、个人决策支持服务、行为引导等方面。

首先在个性化信息发布方面,主要通过对不同群体及个人行为的时空间规律的把握,利用手机、计算机、GPS、LED显示屏等终端进行个性化的信息发布。并且,根据信息发布个性化以及实现的难易程度分阶段进行实施。在初级阶段,主要面向群



体发布信息,尤其是面向女性、儿童、老年人、残障人士等特殊群体。在高级阶段,主要是面向个体的信息发布。

其次,在个人决策支持服务方面,主要是为居民提供时空制约下的次序行为选择集。目前已有的最为典型的个人决策支持服务是基于位置的服务(LBS),即是移动运营商根据移动用户的当前位置而为其提供的特定信息增值服务,其关键技术是手机移动定位。但是,这种服务只考虑了空间因素而未考虑时间。因此,利用时间地理学框架将居民的时空制约进行综合诊断,通过居民行为选择的历史记录及其偏好因子的分析,从客观制约与主观决策相结合的角度进行更加精细、智慧化的位置服务。例如,个人在午休时段外出就餐时,可根据其用餐前的出发地点和用餐后需要到达的位置、可以外出的时间、拟采用的交通方式等信息,分析其时空棱柱,并结合各个餐馆用餐需要的平均时间等,为其提供可能的餐馆;并且,结合各餐馆的基本情况与居民选择偏好分析,可为其提供餐馆的次序选择集。

最后,所谓行为引导,就是在信息发布与决策支持服务的基础上对居民进行行为引导,使居民的行为更加高效、健康与环保。如在个人决策支持服务中通过次序选择集引导居民就近活动,减少不必要的交通出行;或提供每种交通方式的能量消耗、污染物排放量等信息,引导居民采取健康、环保的出行方式;或利用多种信息发布渠道进行合理停车诱导,减少机动车由于找不到停车位而进行绕行。

## 4 结论与讨论

时空行为研究关注人的时空行为规律,关注个体的时空制约,关注人的时空行为决策机制,是基于个体、基于行为来解读与优化城市空间结构的重要途径。随着时空行为相关理论与技术的革新,时空行为研究呈现出研究数据多源化,研究方法的科学化,研究对象的个体化,研究主题的应用化等趋势。中国的时空行为研究经历了从引进、本土化到创新发展阶段,尽管在理论与方法上仍然面临很多问题,但在城市规划与公共政策等方面的应用尝试业已展开。面向未来,时空行为研究任重道远。来自城市地理学、城市规划学、交通规划学、地理信息科学等多学科的合

作尤显重要,具有中国特色的时空行为研究与应用模式呼之欲出。

时空行为研究的应用表现在理论与实践等两个方面。在理论应用方面,结构化理论与时间地理学的结合、时空行为研究与GIS的互动都是很好的范例。并且,时空行为研究在公共政策分析、交通出行分析、社会公平研究等方面也显示出较强的应用有效性。在实践应用方面,时空行为研究使城市规划从单纯的空间规划走向时空规划、使社会管理更加智慧化与人性化、使居民服务更加个性化、使居民时空行为更加高效、健康、智慧与环保。时空行为研究还将在智慧城市规划、智慧城市管理、智慧社区、智慧交通与智慧出行等方面起到重要作用。基于时空行为研究,可以构筑从短期日程安排、中期生活圈到长期生命历程的个人行为规划。

致谢:本研究得益于与关美宝教授、萧世伦教授、王冬根教授、王德教授、于洪波博士、马修军博士、刘瑜博士、陈洁博士、刘志林博士、黄晓婷博士、周素红博士以及张文佳等同学的学术交流,特此致谢。

## 参考文献

- [1] 吴缚龙,马润潮,等.转型与重构:中国城市发展多维透视.南京:东南大学出版社,2007.
- [2] Chai Y, Zhou S, Cai Y, et al. Recent progress of human geography in China: Retrospect and prospect. *Japanese Journal of Human Geography*, 2007, 59(6): 2-22.
- [3] 胡鞍钢,鄢一龙,王亚华.中国“十二五”发展主要目标与指标.清华大学学报:哲学社会科学版,2010,25(1): 105-112.
- [4] 张国友,柴彦威.2011年美国地理学家协会年会在西雅图举行.地理研究,2011,30(5): 963-964.
- [5] 柴彦威,张文佳,张艳,等.微观个体行为时空数据的生产过程与质量管理:以北京居民活动日志调查为例.人文地理,2009,24(6): 1-9.
- [6] 黄潇婷,柴彦威,赵莹,等.手机移动数据作为新数据源在旅游者研究中的应用探析.旅游学刊,2010,25(8): 39-45.
- [7] 张文佳,柴彦威.时空制约下的城市居民活动—移动系统:活动分析法的理论和模型进展.国际城市规划,2009,24(4): 60-68.
- [8] 赵莹,柴彦威,陈洁,等.时空行为数据的GIS分析方法.地理与地理信息科学,2009,25(5): 1-5.
- [9] Kwan M P. GIS methods in time-geographic research: Geocomputation and geovisualization of human activity

- patterns. *Geografiska Annaler B*, 2004, 86(4): 267-280.
- [10] 关美宝, 申悦, 赵莹, 等. 时间地理学研究中的GIS方法: 人类行为模式的地理计算与地理可视化. *国际城市规划*, 2010, 25(6): 18-26.
- [11] Kwan M P, Ding G X. Geo-narrative: Extending geographic information systems for narrative analysis in qualitative and mixed-method research. *The Professional Geographer*, 2008, 60(4): 443-465.
- [12] 柴彦威. 行为地理学研究的方法论问题. *地域研究与开发*, 2005, 24(2): 1-5.
- [13] 申悦, 柴彦威, 王冬根. ICT对居民时空行为影响研究进展. *地理科学进展*, 2011, 30(6): 643-651.
- [14] 甄峰, 魏宗财, 杨山, 等. 信息技术对城市居民出行特征的影响: 以南京为例. *地理研究*, 2009, 28(5): 1307-1317.
- [15] 孙志群, 柴彦威, 王冬根. 深圳市民网上购物行为的空间特征. *城市发展研究*, 2009, 16(6): 106-112.
- [16] 马静, 柴彦威, 刘志林. 基于居民日常出行行为的城市交通碳排放的影响机理研究. *地理学报*, 2011, 66(8): 1023-1032.
- [17] 张文佳. 面向个人生活质量的城市活动: 移动行为研究[D]. 北京大学, 2010.
- [18] Hägerstrand T. What about people in regional science. *Papers and proceedings of the regional science association*, 1970, 24(1): 7-21.
- [19] Buttimer A. Grasping the dynamism of the lifeworld. *Annals of the Association of American Geographers*, 1976, 66(2): 277-292.
- [20] Hägerstrand T. Diorama, path and project. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 1982, 73(6), 323-329.
- [21] Lenntorp B. Time geography: At the end of its beginning. *GeoJournal*, 1999, 48(3): 155-158.
- [22] Corbett J. Torsten Hägerstrand: Time Geography[M/OL]. 2005-10-13[2011-10-02]. <http://www.csiss.org/classic/content/29>.
- [23] Gregson N. On duality and dualism: The case of time geography and structuration. *Progress in Human Geography*, 1986, 10(2): 184-205.
- [24] Hägerstrand T. Presence and absence: A look at conceptual choices and bodily necessities. *Regional Studies*, 1984, 18(5): 373-379.
- [25] 约翰斯顿 R J. 地理学与地理学家. 唐晓峰, 译. 北京: 商务印书馆, 1999.
- [26] Giddens A. *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. London: Polity Press, 1984.
- [27] Pred A. Place as Historically contingent process: Structuration and the time-geography of becoming places. *Annals of the Association of American Geographers*, 1984, 74 (2): 279-297.
- [28] Pred A. Social reproduction and the time-geography of everyday life. *Geografiska Annaler B*, 1981, 63(1): 5-22.
- [29] 柴彦威, 赵莹. 时间地理学研究最新进展. *地理科学*, 2009, 29(4): 1-8.
- [30] Lenntop B. *Paths in space-time environments: A time geography study of movement possibilities of individuals*. Lund: The Royal University of Lund, 1976.
- [31] Burn L D. *Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility*. Mass: Lexington Books, 1979.
- [32] Dijst M. Two-earners families and their action spaces: A case study of two Dutch communities. *GeoJournal*, 1999, 48(3): 195-206.
- [33] Miller H. Modeling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 1991, 5(3): 287-301.
- [34] Kwan M P. Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis*, 1998, 30 (3): 370-394.
- [35] Shaw S L. Handling disaggregate spatiotemporal travel data in GIS. *GeoInformation*, 2000, 4(2): 161-178.
- [36] Shaw S L, Yu H, Bombom L S. A space-time GIS approach to exploring large individual-based spatiotemporal datasets. *Transactions in GIS*, 2008, 12(4): 425-441.
- [37] Chen J, Shaw S-L, Yu H, et al. Exploratory data analysis of activity diary data: A space-time GIS approach. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(3): 394-404.
- [38] Miller H J. Activities in space and time//Stopher P, Button K, Haynes K, et al. *Handbook of Transportation (5): Transport Geography and Spatial Systems*. Pergamon: Elsevier Science, 2004.
- [39] Wang D, Li F. Are people happier spending time on physical activities or virtual activities? Exploring the subjective well-being of individuals' daily time-space experiences[C/CD]. *Proceedings of the 2011 Annual Conference of AAG*, Seattle, US.
- [40] Miller H J. *Social Exclusion in Time and Space, Moving through Nets: The Social and Physical Aspects of Travel*. Oxford: Elsevier, 2006.
- [41] Handy S, Krizek J. K. The role of travel behavior research in reducing the carbon footprint: From the U.S. perspective. *The Triennial Meeting of the International Association of Travel Behavior Research*, Jaipur, India, 2009.
- [42] Kwan M-P. Gender, the home-work link, and space-time patterns of nonemployment activities. *Economic Geography*, 1999, 75(4): 370-394.
- [43] Kwan M-P. Feminist visualization: Re-envisioning GIS as a method in feminist geographic research. *Annals of the Association of American Geographers*, 2002, 92(4): 673-691.

- 645-661.
- [44] Weber J, Kwan M-P. Evaluating the effects of geographic contexts on individual accessibility: A multilevel approach. *Urban Geography*, 2003, 24(8): 647-671.
- [45] Casas I. Social exclusion and the disabled: An accessibility approach. *Professional Geographer*, 2007, 59(4): 463-477.
- [46] Casas I, Horner M W, Weber J. A comparison of three methods for indentifying transport-based exclusion: A case study of children's access to urban opportunities in Erie and Niagara counties, New York. *The International Journal of Sustainable Transportation*, 2009, 3(4): 227-245.
- [47] Neutens T, Schwanen T, Witlox F, et al. Evaluating the temporal organization of public service provision using space-time accessibility analysis. *Urban Geography*, 2010, 31(8): 1039-1064.
- [48] Neutens T, Witlox F. The prism of everyday life: Towards a new research agenda for time geography. *Transport Reviews*, 2011, 31(1): 25-47.
- [49] Cao X, Mokhtarian P L, Handy S L. Neighborhood design and the accessibility of the elderly: An empirical analysis in Northern California. *The International Journal of Sustainable Transportation*, 2010, 4(6): 347-371.
- [50] Li F, Wang D. A space-time approach to studying social segregation in physical and virtual spaces[C/CD]. *Proceedings of the 2011 Annual Conference of AAG*, Seattle, US.
- [51] Kwan Mei-Po. Geographies of health. Special issue of *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, forthcoming.
- [52] 刘志林, 柴彦威. 企业研究的时间地理学框架: 兼论泰勒模式的时间地理学解释. *地域研究与开发*, 2001, 20(3): 6-9.
- [53] 柴彦威. 中日城市结构比较研究. 北京: 北京大学出版社, 1999.
- [54] 柴彦威, 刘志林, 李峥嵘, 等. 中国城市的时空结构. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [55] 刘卫东, 柴彦威, 周尚意. 地理学评论(第1辑): 第四届人文地理学沙龙纪实. 北京: 商务印书馆, 2009.
- [56] 周尚意, 刘卫东, 柴彦威. 地理学评论(第2辑): 第五届人文地理学沙龙纪实. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [57] 柴彦威, 王德, 张文忠, 等. 地理学评论(第3辑): 空间行为与规划. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [58] 张艳, 柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究. *地理研究*, 2009, 28(5): 1327-1340.
- [59] 周素红, 刘玉兰. 转型期广州城市居民居住与就业地区位选择的空间关系及其变迁. *地理学报*, 2010, 65(2): 191-201.
- [60] 周素红, 闫小培. 基于居民通勤行为分析的城市空间解读: 以广州市典型街区为案例. *地理学报*, 2006, 61(2): 179-189.
- [61] 柴彦威等. 城市空间与消费者行为. 南京: 东南大学出版社, 2010.
- [62] 张文佳, 柴彦威. 基于家庭的购物行为时、空间决策模型及其应用. *地理研究*, 2010, 29(2): 338-350.
- [63] 马静, 柴彦威, 张文佳. 北京市居民购物出行影响因素的空间分异. *经济地理*, 2009, 29(12): 2006-2011.
- [64] 张文忠, 李业锦. 北京城市居民消费区位偏好与决策行为分析: 以西城区和海淀中心地区为例. *地理学报*, 2006, 61(10): 1037-1045.
- [65] 黄潇婷. 基于时间地理学的景区旅游者时空行为模式研究: 以北京颐和园为例. *旅游学刊*, 2009, 24(6): 82-87.
- [66] 张文忠, 刘旺, 李业锦. 北京城市内部居住空间分布与居民居住区位偏好. *地理研究*, 2003, 22(6): 751-759.
- [67] 冯健, 周一星. 郊区化进程中北京城市内部迁居及相关空间行为: 基于千份问卷调查的分析. *地理研究*, 2004, 23(2): 227-242.
- [68] 刘望保, 闫小培, 曹小曙. 广州城市内部居住迁移空间特征及其影响因素研究. *人文地理*, 2007, 22(4): 27-32.
- [69] 朱玮, 王德. 王府井大街消费者行为的时空特征研究: “步行网格”方法的应用. *城市规划*, 2007, 31(2): 62-69.
- [70] 朱玮, 王德, Harry, 等. 多代理人系统在商业街消费者行为模拟中的应用: 以上海南京东路为例. *地理学报*, 2009, 64(4): 445-455.
- [71] 王德, 马力. 2010年上海世博会参观者时空分布模拟分析. *城市规划学刊*, 2009(5): 64-70.
- [72] 王德, 朱玮, 黄万枢, 等. 基于人流分析的上海世博会规划方案评价与调整. *城市规划*, 2009, 33(8): 26-32.
- [73] Kang C G, Gao S, Liu Y, et al. Analyzing and Geo-visualizing Individual Human Mobility Patterns using Mobile Call Records. *The 18th International Conference on Geoinformatics*, Beijing, China.
- [74] Huang A, Ma X J, Chai Y W, et al. Individual activity data collection based on mobile positioning infrastructure in Beijing. *The 18th International Conference on Geoinformatics*, Beijing, China.
- [75] Kang C G, Liu Y, Wu L, et al. Patterns of intra-city human mobility: An urban morphology perspective [C/CD]. *Proceedings of the 2011 Annual Conference of AAG*, Seattle, US.
- [76] Shen Y, Chai Y W. The collection, management and application of space-time data of individual behavior: Based on location-based technology[C/CD]. *Proceedings of the 2011 Annual Conference of AAG*, Seattle, US.
- [77] Sun B X, Wang D G. Identifying activity type and trip purpose from data collected by passive GPS [C/CD]. *Proceedings of the 2011 Annual Conference of AAG*, Seattle, US.
- [78] Lenntorp B. A time-geographic simulation model of indi-



- vidual activity programs//Carlstein T, Thrift N, Parkes D. Timing Space and Spacing Time. Human Activity and Time Geography. London: Edward Arnold, 1978: 162-180.
- [79] Ratti C, Pulselli R, Williams S, et al. Mobile landscapes: Using location data from cell phones for urban analysis. *Environment and Planning B*, 2006, 33(5): 727-748.
- [80] Licoppe C, Diminescu D, Smoreda Z, et al. Using mobile phone geolocalisation for 'socio-geographical' analysis of co-ordination, urban mobilities, and social integration patterns. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 2008, 99(5): 584-601.
- [81] Ahas R. and Mark U. Location based services: New challenges for planning and public administration? *Futures*, 2005, 37(6): 547-561.
- [82] Ma X J, Wei Z Y, Chai Y W, et al. Integrating map services and location-based services for geo-referenced individual data collection. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Boston, 2008.
- [83] Jones P M, Dix M C, Clarke M I, et al. Understanding Travel Behavior. Aldershot: Gower Publishing Co. Ltd, 1983.
- [84] Shaw S L. What about "time" in transportation geography? *Journal of Transport Geography*, 2006, 14(3): 237-240.
- [85] Timmermans H, Arentze J. Analysing space-time behaviour: New approaches to old problems. *Progress in Human Geography*, 2002, 26(2): 175-190.
- [86] 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.
- [87] 张文佳, 柴彦威. 时空制约下的城市居民活动—移动系统: 活动分析法的理论和模型进展. *国际城市规划*, 2009, 24(4): 60-68.
- [88] 柴彦威, 赵莹, 张艳. 面向城市规划应用的时间地理学研究. *国际城市规划*, 2010, 25(6): 3-9.
- [89] Hiroo K. Day care services and activity patterns of women in Japan. *GeoJournal*, 1999, 48(3): 207-215.
- [90] 塔娜, 柴彦威. 时间地理学及其对本导向社区规划的启示. *国际城市规划*, 2010, 25(6): 36-39.
- [91] 黄潇婷. 时间地理学与旅游规划: 以颐和园景区为例. *国际城市规划*, 2010, 25(6): 40-44.
- [92] 陈晋, 李强, 辜智慧, 等. 灾害避难行为的模拟模型研究(I): 基本模型的建立与计算机实现. *自然灾害学报*, 2000, 9(4): 65-70.
- [93] Van Londersele B, Delafontaine M, Van de Weghe N. Bluetooth tracking: A spy in your pocket. *GIM International*, 2009, 23(11): 23-25.
- [94] 联合国社会发展问题世界首脑会议. 行动纲领, 1995.
- [95] 韩淑丽. 中国居民生活质量研究: 客观生活质量指标体系的构建及实证分析[D]. 东北财经大学, 2006.

## Review for Space-time Behavior Research: Theory Frontiers and Application in the Future

CHAI Yanwei, SHEN Yue, XIAO Zuopeng, ZHANG Yan, ZHAO Ying, TA Na  
(College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** In the last decades, great advances have been made in data collection, mining, geo-computerization, 3Ds visualization and space-time simulation and others aspects. Owing to these technological improvements, we are embracing a new research stage that data are increasingly multi-sourced, methods scientific, objects micro-cosmic and practical. In other countries, space-time research has exerted widespread influences on the theory of structuration, GIS and other social sciences. In China, followed by about 20 years' introduction and innovation, especially study on the interactive mechanism between urban space and space-time behavior, and explorative real-time data collection experiments using LBS, solid foundations have been laid to further our research towards application. We believe that space-time behavior studies have great potential application in urban planning, social governance, citizen services and other domains.

**Key words:** space-time behavior; time geography; urban planning; social governance; citizen service

本文引用格式:

柴彦威, 申悦, 肖作鹏, 等. 时空间行为研究动态及其实践应用前景. *地理科学进展*, 2012, 31(6): 667-675.