

交通发展区位测度的理论与方法

王姣娥^{1,2}, 焦敬娟³, 黄 洁¹, 金凤君^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049; 3. 北京交通大学经济管理学院, 北京 100044)

摘要: 交通建设所引致的区位条件改善对促进各类生产要素集聚和地方经济发展, 重塑区域空间结构具有重要作用, 因此, 交通区位的测度一直是地理学的核心议题之一。随着交通网络的不断发展与完善以及新技术、新模式、新因素和新业态的出现, 地方传统区位条件被重构, 个人出行理念和模式发生了一系列变化。① 交通区位的测度逐渐从依托空间位置和交通设施发展水平的传统地理区位扩展到依托网络连通性、可靠性与出行便捷性的“流空间”新区位; ② 研究对象从关注不同地方的区位特征扩展到关注群体出行规律和个体行为差异的微观区位选择; ③ 研究内容从交通设施网络的可达性扩展到基于“门到门”的全链条出行服务; ④ 大数据挖掘技术和GIS-T技术的发展也使得交通区位的测度朝着更加精确化和精准化的方向迈进。

关键词: 区位; 信息技术; 大数据; 复杂网络; GIS

DOI: 10.11821/dlxb201804006

1 引言

早在1955年, 吴传钧先生就在《地理学报》发表的“铁路选线调查方法的初步经验”一文中, 明确了铁路设计与地理调查需要关注的问题^[1]。由于地理工作者既具有自然地理背景, 又拥有丰富的经济地理知识, 吴先生认为地理学者适合担任铁路选线调查工作, 其提出的铁路选线调查方法更是为地理学者参与交通选线工作提供了宝贵的经验, 也是吴先生早期对于交通地理学发展的重要贡献。吴先生最核心的学术贡献是提出了人地关系地域系统的理论及主要研究内容^[2]。人地关系地域系统的核心宗旨是研究人类和地理环境的相互作用关系, 而交通基础设施的建设一方面需要遵循自然系统的分布格局, 另一方面又要服务于国民经济发展需求, 并最终体现为人类活动所引致的地球表面物质环境再建构和空间秩序再安排^[3]。

交通建设主要通过改变区位条件, 进一步对城市和区域发展产生影响, 因此, 区位成为地理学研究的核心内容之一。理论层面, 古典区位论、新古典区位论、现代区位论和新经济地理学中均将运输成本作为解释经济活动空间布局、空间变化及空间相互作用的核心变量^[4]。实践层面, 随着全球化和信息化的快速推进, “流”、网络和节点逐渐成为影响世界经济体系空间结构、区域空间结构和城市空间结构的重要因素^[5]。交通网络作为承载区域和城市间联系的物理网络, 在不同尺度的空间结构调整和区位重构中扮演着重要角色。

收稿日期: 2018-01-29; 修订日期: 2018-03-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41722103, 41701132) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41722103, No.41701132]

作者简介: 王姣娥(1981-), 女, 湖南涟源人, 研究员, 主要从事交通地理与区域发展研究。E-mail: wangjie@igsrr.ac.cn

通讯作者: 黄洁(1988-), 女, 广西桂林人, 助理研究员, 主要从事交通地理研究。E-mail: huangjie@igsrr.ac.cn

近年来,随着科学技术(尤其是交通技术和信息技术)的进步,交通运输的发展呈现出一系列的新技术、新模式、新业态和新因素,这些变化对传统交通区位的评价提出新的要求。其中,交通技术革新促进了高速铁路、高速公路、航空等高速交通网络的快速扩张,加速了铁路的电气化改造以及铁路货运、公路货运以及集装箱运输的大型化、重型化等,导致交通运输便捷性、时效性等因素逐渐成为衡量交通区位重要因素;互联网和信息技术的发展促进了共享单车、共享汽车和汽车租赁行业等新业态和新模式的产生,同时也加速了公路客运和公路货运的智能化,这为交通区位评价提供了新的研究视角。鉴于此,有必要系统梳理交通运输发展的新趋势,探讨交通运输发展新趋势对城市新区位评价方法、技术和数据等的影响,这对于深入揭示交通运输与区域经济发展耦合关系具有重要理论意义,同时也可对未来综合交通和区域发展提供指导和建议。

2 交通发展新特征与学术研究转向

2.1 新技术

近年来,技术革新为交通运输方式的创新和提升提供了契机。交通技术革新导致交通运输向高速化、规模化、网络化发展,并对传统交通区位产生了极大的改变。其中,速度是引领轨道交通技术的核心动力,由此促进了铁路电气化改造、铁路提速、高速铁路的快速发展以及铁路货运集装箱化等能力方面的提升,并引发了地理学者关注客运高速化对城市可达性和区位势能等的影响^[6]。城市轨道交通新技术促进云轨、地铁、轻轨和磁悬浮轨道在城市的建设,部分学者利用最短旅行时间和网络可达性等模型分析轨道交通所引致的城市内部区位条件变化。其次,运输规模和最远续航能力是引领航空运输发展的重要目标。波音787和空客380在中远途航线中得到应用,航空运输体系中采用航线、频率刻画的节点优势逐步转向可售座位数和实际载运客流量。再次,智能化是公路交通技术革新的发展目标,以提高安全性和运输能力为目标,获取并利用交通“大数据”对城市区位测度成为新的研究手段。大型化、重型化和高速化是航海运输发展新趋势,这些技术的发展促使集装箱网络演化特征及其对港口城市区位特征影响^[7],并逐渐成为学术界关注热点。

2.2 新模式

随着新技术的出现,新的交通组织模式也会影响到交通区位的测度。轴辐模式、增长极、双核结构、交通廊道、交通经济带是最经典的空间组织模式^[8-9],并在交通规划、区域发展规划中得到广泛应用。近年来,随着交通运输的快速发展,新的交通组织与产业发展模式被不断提出,包括:①“临空经济区”^[10]。该模式的提出主要基于航空运输的快速增长,带来了机场及其周边的产业聚集,从而围绕机场在城市内部形成了新的功能区块。②“临港产业区”^[11]。伴随着中国港口功能的全面升级和临港产业的集聚,临港产业区的发展对城市空间形态、结构产生了极大的影响。③公交导向型开发模式(transit-oriented development, TOD)^[12]。这是基于“交通—土地利用”互动关系的土地开发模式,其重点在于充分利用大容量公共交通建设导致的区位条件变化,围绕站点在微观尺度上合理组织土地利用功能结构,并从宏观尺度对城市空间结构造成影响。近年来,学者们将TOD模式进一步拓展到区域和城市群尺度,以期进一步对宏观区位和空间格局造成影响^[13]。以上临空经济区、临港产业区和TOD模式的共同特点是,将机场、港口、地铁站点等交通节点从承担单纯的运输功能转向“交通枢纽—城市经济节点—城市

功能区”的综合体,强调交通枢纽既是运输网络中的重要节点,又是城市内部地方经济发展的重要空间载体,这种对交通枢纽多重职能的认识会进一步对城市区位测度、城市内部空间结构以及职住区位选择产生影响。

2.3 新业态

伴随智能手机的快速普及和信息技术的高速发展,移动互联网正以前所未有之势融合、渗透及改造传统行业,同时催生诸多“互联网+交通”的新兴业态,对社会经济发展和居民个人出行理念产生较大影响^[14]。具体表现为:①传统出租车与网约车平台合作。如“互联网+租车行业”、“互联网+货物运输”,“互联网+”模式为传统客运市场、物流行业带来了新的服务体验和新的管理模式。②手机应用平台型企业成为“互联网+智慧出行”的主体,形成共享汽车、快车、专车、共享单车、共享停车等新业态。交通新业态改变了原有的供给与需求之间的关系,提出了“出行即服务”的概念。因此,交通研究需要从更微观的角度、更精细的时空尺度、更丰富的经济社会属性来探讨微观尺度居民出行、企业运输的特征,并形成区位测度新思路。与此同时,“互联网+交通”新业态的发展为基于个人出行路径、出租车出行轨迹、企业物流等大数据的获取提供了可能,从而为交通新区位测度带来了新的发展契机。

2.4 新因素

集成新技术、新模式和新业态的现代交通系统,促使交通地理学的研究内容日益丰富,为交通相关理论和定量研究带来了新的发展动能。技术层面,信息技术、通讯传输技术、电子传感技术等快速发展增加了交通运输的弹性^[15],促进了人口、商品、知识和资本的快速流动,改变了居民活动的时间、空间及其相互关系。同时,上述技术革新作为改变城市“流空间”的关键因素,对改善居民出行的体验、智慧城市和智慧交通建设具有十分重要的作用。另外,数据挖掘和GIS空间分析技术的进步和融合丰富和扩展了交通区位测度的内容、范围、方法和数据,包括对地理环境的感知、高速的空间流移动、个体之间的社交关系等^[16],有利于识别城市空间结构、区域间空间流动的时空特征、人类出行活动规律等。数据层面上,高精度、长时间序列和多空间尺度的大数据获取难度的降低,使交通数据能更大程度反映人类特定的经济社会活动^[17],揭示经济社会文化的复杂性。

3 新区位测度的理论框架体系

传统交通区位的测度主要强调城市或节点所在的地理位置,更多地是从交通设施本身的发展状态和水平来评价交通区位。而交通发展的新技术、新模式、新业态和新因素对传统交通区位测度的理论和方法体系提出了更高的需求。与此同时,现代信息技术、互联网的快速发展以及智能手机的普及,为交通研究提供了丰富的数据来源;大数据计算与处理技术的发展、复杂网络方法的应用和GIS技术的进步,为交通区位的测度提供了新的技术与方法体系(图1)。具体表现为:

(1)理论层面。近年来,随着“流空间”网络的兴起,交通区位的测度突破了从传统物理空间来评价交通区位,更多地侧重从网络组织、交通流、居民出行便捷性(“门到门”)等方面来评价。从研究对象而言,随着高速铁路、高速公路、航空、远洋集装箱、城市轨道交通等现代化交通技术的进步,高速交通在交通网络研究中的重要性也越来越凸显;同时,交通区位的测度也从单一交通运输方式逐渐扩展到综合交通运输。与

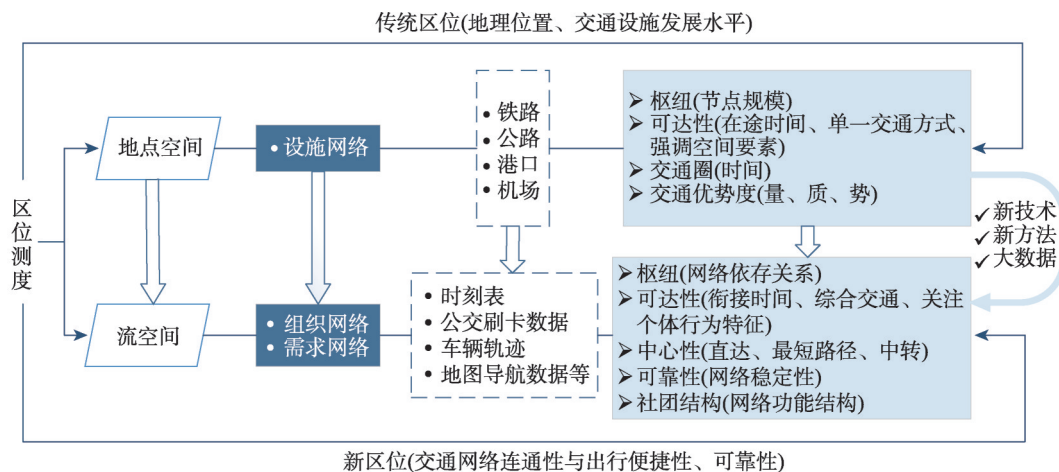


图1 交通区位测度的技术与方法体系演变

Fig. 1 Evolution of technological framework on measuring transport location

此同时,由于大数据获取能力增强以及对微观个体的关注,交通研究开始从基于群体性的规律转向基于个体的非集计分析理论,将微观个体的研究转移到具有某种共同属性的微观人群,从而从个体来探究不同类型人群的时空活动规律。

(2) 数据层面。随着IT技术、尤其是移动计算技术的发展,大数据为交通地理的学术研究提供了越来越丰富的资源。具体而言,交通大数据的类型包括:高速公路收费站数据,交通售票数据、基于GPS的车辆轨迹数据(出租车、滴滴快车、共享单车等)、公交卡数据及电子地图导航数据等。这些数据的特点为数据量大、种类繁多、增长速度快,每条数据往往可以关联到个体,且均包含地理标识和时刻信息等。在交通地理学的研究中,大数据的研究更关注人、地点、时间的耦合关系及其演化规律,因此对数据可视化、数据挖掘技术和时空分析手法提出了新的挑战^[18]。

(3) 技术方法层面。一方面,随着大数据获取能力的增强,数据挖掘技术的进步也不断成为区位测度的重要手段,并主要通过R、Python、Oracle或Matlab等编程语言来实现。另一方面,随着GIS技术的发展以及复杂网络的兴起,GIS-T和网络分析方法成为测度新区位的重要技术方法,评价的关键性指标也从可达性、枢纽逐步扩展到中心性、可靠性、社团k-核等。同时,可达性的研究内涵也发生了较大的变化,从关注在途距离与时间转向“门对门”的整体出行服务链条,从单一交通方式转向综合交通运输方式,从基于空间要素的评价转向关注个体行为特征的评价。

4 新区位测度的技术方法体系发展导向

4.1 GIS-T空间分析技术发展驱动

随着GIS技术的不断发展与应用,其已经成为测度区域或城市新区位特征的重要手段,并初步形成了一套有效的GIS-T空间数据组织与处理的理论与方法体系。基于GIS-T空间分析技术的城市新区位测度主要是通过可达性进行表达。随着GIS-T技术的提升,可达性的测度也逐渐由原有的依托单一交通方式向综合交通方式转变,由基于模拟分析向兼顾定量模拟和实时数据的模型转变,由强调空间要素向关注个体行为特征转变等。

具体表现在：① 基于综合交通网络的可达性测算技术^[19]。综合考虑不同交通方式的技术经济特征，构建依托于GIS网络分析和栅格分析的定量模型，根据不同交通方式的运行时速和路网距离定量模拟多种交通方式的最短旅行时间，以及综合考虑定量模拟结果与时刻配置的综合交通可达性测算。② 基于定量模拟与交通实时“大数据”的测算模型。构建了综合考虑不同交通方式时刻配置问题以及交通拥堵等路况信息的可达性测度模型和方法体系。其中，定量模拟的模型主要包括基于GIS的网络分析和栅格分析的测算模型，为进一步提高模拟真实性，增加对地形、坡度等因素的综合考量^[20]；交通实时“大数据”主要包括铁路时刻表、长途列车时刻表、公交时刻表、航空时刻表等时刻配置数据以及不同交通工具的GPS轨迹数据等。③ 关注个体行为的时空数据表达与分析方法，即个体时空可达性和群体互动时空可达性^[21-22]。传统的可达性研究强调空间要素，用于衡量区域之间的物理接近度^[23]，而时空可达性面向个体出行行为进行研究，分析个人在一定时空条件下开展各种活动的自由度^[24]。

4.2 复杂网络理论驱动的测度

传统地理学侧重于分析交通网络的空间格局、时空演变规律及与经济社会发展的关系。20世纪末，复杂网络理论的发展为交通运输网络的复杂性研究开辟了一种全新的分析视角^[25]。相关研究表明交通网络结构尤为复杂，有别于长期以来理论和实践研究的随机网络^[26-30]。复杂网络以复杂系统的实体（如车站、城市）及实体间的相互作用或关联（如线路、列车频次）构建网络，并利用统计物理学分析网络结构及其动力学特征^[26]。基本分析包括3个指标：平均路径长度、集聚系数和度分布，其中平均路径长度和集聚系数是衡量网络是否具有“小世界”效应的指标，而度分布则是衡量网络“无标度”特征的指标。交通运输网络复杂性测度除以上3个指标外，还包括两方面的深入分析：① 网络静态结构分析，如中心性、核数（ k -Core）、度相关性、簇度相关性以及网络的层次结构、社团结构等^[27]；② 网络动力学分析，即分析网络变化（如遭受攻击）等动力学情况下结构指标的动态或网络的整体涌现行为，如可靠性（Reliability）或鲁棒性（Robustness）、传播性（Epidemic）、同步（Synchronization）等^[28]。

目前，基于复杂网络理论对交通运输网络的复杂性分析已有较广泛研究，主要研究领域涉及航空、轨道交通（铁路与地铁）、城市公交与道路等交通运输网络^[29]。但从交通地理学视角对交通网络复杂性的研究仍具有一定的独特性，其研究更多地侧重于借鉴复杂网络分析方法对城市节点的交通区位测度。研究对象由以往的交通设施网络转向组织网络，并构建基于网络依存关系的城市网络功能结构测度方法，从直接相连、最短路径、中转功能等视角评价城市节点在网络中的重要性，从而突破传统区位的研究范式^[30]；同时，在研究中重视经济社会属性、距离、邻近性与自然地理格局等要素与交通网络组织的关联关系，从而揭示了地理要素在交通网络中的重要性。

4.3 “流空间”视角下的空间级联系统与枢纽测度

随着远洋航运、高速公路、航空、高速铁路等交通技术的不断进步，现代交通基础设施的建设深刻地影响着人类经济社会行为和空间行为，并在功效空间构建方面引致集聚和扩散两种力量。其中，集聚的力量导致了城市的增长、城市连绵区的形成、人口和产业的集中等，扩散的力量导致了全球化、空间相互作用、社会经济活动空间分异等一系列变化，促进了空间网络模式的形成与发展。并主要表现为两方面：① 空间级联系统。交通设施网络及其运输组织网络、物流配送网络更多地采用空间及联系统的视角来进行研究，并通过采用首位联系度、枢纽指标评价模型、流场模型、交通优势度模型等来揭示网络的等级结构、空间体系、综合区位评价和枢纽识别等^[19, 31-33]。② 轴辐组织模

式。轴辐网络是一种既有效率又有规模经济的运营组织模式,也属于一种特殊的空间级联系统,最开始主要应用于航空运输中。轴辐模式的构建主要在于如何甄选枢纽机场及构筑枢纽机场的腹地范围和喂给节点,现在广泛应用于远洋航运、航空运输、物流配送、快递网络中。随着新区位评价的理论框架发生变化,枢纽的识别也从传统的节点属性指标构建方法扩展到“流空间”网络组织中^[26-27]。

4.4 大数据驱动下的技术方法变革

随着IT技术(尤其是移动计算技术)和卫星导航技术的发展,大数据引发了越来越多的关注。在交通大数据的驱动下,学者们的研究可以归纳为:① 基于不同类型的大数据,关注数据挖掘方法的研究以提升精确度^[34]。基于GPS数据,道路交通流估计及预测在时间和空间的精度均得以提高。基于公交卡数据,城市轨道交通流仿真模型的开发综合考虑了乘客出行的更多细节,如考虑乘客换乘、出行路线估计等。基于个人出行轨迹数据,数据挖掘方法攻克了提取交通行为信息的难题,进而揭示了个人出行的时空特征和规律。② 结合经济社会属性,分析交通出行的个体时空特征和规律。整体而言,交通出行的研究向多维度的数据挖掘发展。运用个体轨迹挖掘技术,研究者们分析了城市居民的出行活动规律和时空差异,以及居民就业地迁移^[35]。基于公交卡数据,研究城市居民职住分离问题,优化居民出行效率。③ 基于交通流、个体出行行为的时空特征,揭示城市空间结构、经济社会现象的时空分布格局。基于出租车GPS数据,估计城市道路交通流,归纳其时空分布特征,进而识别道路网络的结构特征。运用城市轨道客流分布的空间规律,解释了轨道交通流与城市空间结构的紧密关系^[36]。基于站点尺度的客流量分布,划分站点类型,揭示了地铁站的周边建成环境,进而探究了交通与土地利用的关系^[37]。

4.5 关注个人出行特征的测度

随着人本主义思潮的兴起,以个体为视角的研究在人文地理领域已经越来越普遍。居民的日常出行受城市工业化、信息化、智能化发展的影响,可以反映城市空间组织,并且交通需求也逐渐多元化,因此,个人出行特征已经成为交通地理学的重要视角。在微观角度的研究中,城市居民出行的研究已经有了丰厚的理论积淀,包括个人出行轨迹模型,出行选择行为模型,社会、经济、环境等不同约束条件的交通出行模型^[38]。基于理论研究,经典的交通调查研究范式已经引入了出行目的、年龄、性别、职业、居住地点等因素,微观角度、典型街区的研究成为解释城市空间结构宏观变化的新视角^[39-40]。近年来,个体出行特征的研究主要有以下变化:① 研究居民通勤规律以反应个体就业区位、居住区位的选择机制。居民通勤的时空特征可以反映城市职住分布、空间组织和效率,是城市规划、交通规划与政策制定的关注重点。因此,基于通勤视角来测度居住与就业的空间关系一直是城市地理、城市经济、交通地理学的热点问题,尤其是在中国房价、土地政策、交通规划、经济等演化与变革的关键时期^[41]。② 分析个体经济社会属性带来的出行差异和居民出行空间范围测度。基于居民的经济社会属性,计量经济学模型、出行行为选择模型、微观经济学理论等应用于个人出行的活动范围划分、出行时间价值研究、通勤时间差异化^[42-43]。值得指出的是,当前的研究在出行模式上有了更为精确的划分,并且结合交通大数据在空间范围上有了拓展,不再拘泥于典型街区和社区的研究。③ 分析宏观政策对微观个体职住区位选择、出行差异的影响。个体出行行为的差异与土地市场化改革、住房政策、单位制度改革、城市空间扩展等息息相关^[44]。探究个体出行体验差异,分析个体特征的空间集聚现象,或者运用聚类算法将个体出行特征进行科学地分类,解释出城市转型过程中的宏观政策影响。

5 交叉融合背景下未来新区位测度发展趋势

5.1 开放系统和国际视野下的综合交通区位测度

“十三五”时期,中国交通基础设施建设的首要任务是构建现代综合交通一体化运输体系,服务于国家“一带一路”倡议、长江经济带和京津冀战略。在“一带一路”建设中,重点围绕六大经济走廊,与沿线国家共同打造多条国际运输通道。因此,近年及未来一段时间内,跨境陆路运输、国际航空运输等迅速发展,多式联运、“互联网+交通”、中欧班列等新的运输组织模式迅速崛起,围绕交通强国和实现“一带一路”基础设施互联互通,未来的交通区位测度更倾向于开放系统和国际视野下的综合交通区位度量,具体体现在:①研究尺度。交通区位测度的尺度将从小范围、国家境内扩展到跨国家、跨区域和全球尺度的研究。②研究空间。交通区位的测度对象将从原来的封闭空间、封闭网络转变为考虑外部连通性、全局影响等的开放空间和开放网络。③枢纽识别。枢纽识别是综合交通区位测度的重要内容之一,测度方法将从采用单一运输方式发展为采用多种交通方式联运下的综合交通枢纽研究,且国防安全、国家战略需求和政策导向也将成为考虑的因素。总体而言,综合交通区位测度将需要结合宏观背景,向大尺度、综合性、开放网络和国际视野等方向发展。

5.2 集成可达性和流动性的交通区位测度

可达性和流动性是交通地理学的两大核心概念,也是分析交通与经济发展、交通与生态环境、交通与社会公平等方面的重要方法^[45]。其中,可达性的测度不仅包括基于空间阻隔、基于空间相互作用、基于机会累计和基于空间连接等四个方面,还包括基于时空距离和时空棱柱,这些方法均揭示城市或地点在地理空间的区位特征;流动性则更多地反映人流和物流所引致的“流空间”区位特征,可凸显的“地方”与“无地方”的差异,提高时空灵活性。随着信息技术和大数据挖掘技术的进步,出租车出行、浮动车数据、智能交通卡、高速公路收费数据、火车和飞机售票数据、长途货运等个体微观时空数据不断被挖掘,这些数据为综合考虑可达性和流动性特征的城市交通区位测度提供可能。此外,GIS-T技术的发展为时空数据的存储、分析和可视化等提供技术支撑。因此,未来交通地理学的研究将在综合考虑不同交通方式之间衔接性的同时,可综合考虑不同交通方式的可达性和流动性对城市交通区位的影响,即分析和评价城市区位的时空特性。

5.3 基于多交通方式的复杂交通区位测度

早期,交通设施网络发育程度和发展水平对地方区位和居民出行影响最大;随着铁路、公路、航空、城市道路等交通设施的不断建设,设施网络的完善程度对居民出行时间和便捷性的影响逐渐减弱,但是多种交通方式增加了区位测度的复杂性。宏观层面,由于不同交通方式既存在竞争又存在合作,传统区位向多交通方式集成的复杂区位测度升级嬗变。微观层面,受到不同交通方式的衔接模式和衔接效率的影响,便捷性及换乘时间将越来越成为影响居民出行决策的重要因素之一。整体来看,基于多种交通方式衔接也就是“门到门”的居民出行在途时间测度方法应运而生,该方法综合考虑居民从家到交通站点的时间、等候时间、乘坐交通工具的旅行时间和不同交通方式之间换乘时间,总体称之为在途时间。居民出行的在途时间测度逐渐成为综合交通区位测度的重要方法。未来交通地理学的研究将着眼于交通系统综合服务能力、不同交通方式的衔接效率和衔接模式。新的科学命题包括:整合不同交通模式的大数据以测度在途时间;结合手机GPS数据、人类轨迹数据等测度不同交通方式之间衔接效率,识别重要换乘点、瓶颈点等;考虑换乘时间、衔接效率等因素的系统模拟,探讨重大基础设施、政府重大决

策带来的区位变化。基于这些命题的探索,未来在途时间的测度技术将趋向于综合化、系统化和动态化。

5.4 基于“出行链全过程”服务的交通区位测度

近年来,“互联网+交通”给居民出行带来了巨大的影响,改变着交通出行结构、交通组织模式,影响着个人出行的测度与微观区位选择的关系。首先,“出行即服务”的概念被提出,交通服务将覆盖出行的全过程,关注整个出行链的总效率。其次,伴随智慧交通建设,新的交通组织模式和出行需求使得居民出行链发生改变,进而改变居民出行的时空行为。再次,老龄化、职住分离、出行目的差异等因素都将进一步影响微观区位测度和个人出行的路径和方式选择。最后,智慧交通建设和交通组织新模式等新因素也将进一步影响个人的出行行为,并为微观区位的精细化测度提供可能。因此,为更好地服务于个人出行的多样化需求,未来的交通区位测度研究将着眼于基于交通出行链的全过程研究,全面地解析微观区位选择与个人出行的影响因素。研究方法将采用“大数据与小数据”相结合,依托于大数据挖掘技术深入分析个体及群体的出行范围、时间和空间分布规律,同时应用传统的交通调查来研究其出行选择的影响机制,并更好地解释个体出行差异与社会属性的关系、影响个体区位选择的因素,从而为相关学科提供区位测度的理论依据和技术方法,为新时期交通地理学研究的交叉融合提供可行性。

6 结语

随着新技术、新模式、新业态和新因素的产生,交通地理学的发展进入了多学科交叉、多技术综合与多源数据融合的阶段,从而为交通区位测度的理论构建与方法研究提供了更多的机遇。智慧交通建设和交通可持续发展也对交通地理学的发展提出了新的研究命题与挑战。面对中国国民经济的快速发展和交通运输体系的不断进步,交通区位测度新理论的构建与新方法的提出有助于交通地理学更好地服务于国家发展战略需求与解决居民实际出行需求,从而促进交通运输体系的精细化管理,促进交通运输与国民经济发展、城市规划的协同化发展。

参考文献(References)

- [1] Wu Chuanjun, Sun Chenglie, Deng Jingzhong. Primary experiences for how to choose the railway layout: A survey method. *Acta Geographica Sinica*, 1955, 21(2): 155-164. [吴传钧, 孙乘烈, 邓静中. 铁路选线调查方法的初步经验. 地理学报, 1955, 21(2): 155-164.]
- [2] Wu Chuanjun. Human-environment system is the research core of geography. *Economic Geography*, 1991, 11(3): 1-6. [吴传钧. 论地理学的研究核心: 人地关系地域系统. 经济地理, 1991, 11(3): 1-6.]
- [3] Jin Fengjun, et al. *Spatial Organization of Infrastructure, Economy and Society*. Beijing: Science Press, 2012. [金凤君, 等. 基础设施与经济社会空间组织. 北京: 科学出版社, 2012.]
- [4] Liu Weidong, et al. *Philosophies of Economic Geography*. Beijing: Science Press, 2013. [刘卫东, 等. 经济地理学思维. 北京: 科学出版社, 2013.]
- [5] Lu Dadao. Lu Dadao: Major regional strategies in China: The orientation of three major agglomerations. *China Science Daily*, 2015-03-06(2). [陆大道. 陆大道: 中国重大区域战略: 三大城市群的明确定位. 中国科学报, 2015-03-06(2).]
- [6] Jiao J, Wang J, Jin F, et al. Impacts on accessibility of present and future HSR lines in China. *Journal of Transport Geography*, 2014, 40: 123-132.
- [7] Wang Chengjin. Spatial organization networks of world marine container transportation. *Geographical Research*, 2008, 27(3): 636-648. [王成金. 全球集装箱航运的空间组织网络. 地理研究, 2008, 27(3): 636-648.]
- [8] Jin Fengjun, Wang Chengjin, Wang Jiao'e, et al. New development and contribution of transport geography in China.

- Economic Geography, 2009, 29(10): 1588-1593. [金凤君, 王成金, 王姣娥, 等. 新中国交通运输地理学的发展与贡献. 经济地理, 2009, 29(10): 1588-1593.]
- [9] Zhang Wenchang, Jin Fengjun, Fan Jie. Transport Economic Belt. Beijing: Science Press, 2002. [张文尝, 金凤君, 樊杰. 交通经济带. 北京: 科学出版社, 2002.]
- [10] Zhang Lei, Chen Wen, Song Zhengna. Scope determination of the airport industrial zone: A case study of the Yangtze River Delta. Progress in Geography, 2011, 30(10): 1255-1262. [张蕾, 陈雯, 宋正娜. 空港经济区范围界定: 以长三角枢纽机场为例. 地理科学进展, 2011, 30(10): 1255-1262.]
- [11] Han Zenglin, Yang Wenyi, Guo Jianke, et al. The determination of the port-petrochemical industries' agglomeration level in the Bohai Sea Rim. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(8): 1135-1144. [韩增林, 杨文毅, 郭建科, 等. 环渤海地区临港石化产业集聚水平测度. 地理科学, 2017, 37(8): 1135-1144.]
- [12] Wang Jiao'e. Development mechanism and model construction of TOD for Chinese cities. Progress in Geography, 2013, 32(10): 1470-1478. [王姣娥. 公交导向型城市开发机理及模式构建. 地理科学进展, 2013, 32(10): 1470-1478.]
- [13] Lv Tao, Yao Shimou, Cao Youhui, et al. Layout patterns of the intercity rail transit of urban agglomerations in China. Progress in Geography, 2010, 29(2): 249-256. [吕韬, 姚士谋, 曹有挥, 等. 中国城市群区域城际轨道交通布局模式. 地理科学进展, 2010, 29(2): 249-256.]
- [14] Zhao Guanghui. Research on the evolution and policy of transformation service under the background of "Internet Plus" in China. China Business and Market, 2016(3): 39-48. [赵光辉. 我国“互联网+”交通服务的演进与政策. 中国流通经济, 2016(3): 39-48.]
- [15] Qin Xiao, Zhen Feng. The impacts of information channels on moving space: A case study on Nanjing. Geographical Research, 2016, 35(10): 1846-1856. [秦箫, 甄峰. 信息渠道对城市居民迁居空间的影响: 以南京为例. 地理研究, 2016, 35(10): 1846-1856.]
- [16] Liu Yu. Revisiting several basic geographical concepts: A social sensing perspective. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(4): 564-575. [刘瑜. 社会感知视角下的若干人文地理学基本问题再思考. 地理学报, 2016, 71(4): 564-575.]
- [17] Jiang Xiaorong, Wang Shenglan, Yang Yongchun. Research on China's urban population mobility network based on Baidu LBS big data. Population & Development, 2017, 23(1): 13-23. [蒋小荣, 汪胜兰, 杨永春. 中国城市人口流动网络研究: 基于百度LBS大数据分析. 人口与发展, 2017, 23(1): 13-23.]
- [18] Schwanen T. Geographies of transport I: Reinventing a field? Progress in Human Geography, 2016, 40(1): 126-137.
- [19] Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(8): 787-798. [金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. 地理学报, 2008, 63(8): 787-798.]
- [20] Jiang Haibing, Xu Jiangang, Qi Yi. The influence of Beijing-Shanghai high-speed railways on land accessibility of regional center cities. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(10): 1287-1298. [蒋海兵, 徐建刚, 祁毅. 京沪高铁对区域中心城市陆路可达性影响. 地理学报, 2010, 65(10): 1287-1298.]
- [21] Huang J, Wang J. A comparison of indirect connectivity in Chinese airport hubs: 2010 vs. 2015. Journal of Air Transport Management, 2017, 65: 29-39.
- [22] Huang J, Levinson D M. Circuitry in urban transit networks. Journal of Transport Geography, 2015, 48: 145-153.
- [23] Yang Jiawen, Zhou Yixing. Accessibility: Concept, measure and application. Geography and Territorial Research, 1999, 15(2): 61-66. [杨家文, 周一星. 通达性: 概念、度量及应用. 地理学与国土研究, 1999, 15(2): 61-66.]
- [24] Chai Yanwei, Shen Yue, Xiao Zuopeng, et al. Review for space-time behavior research: Theory frontiers and application in the future. Progress in Geography, 2012, 31(6): 667-675. [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.]
- [25] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks. Nature, 1998, 393: 440-442.
- [26] Mo Huihui, Wang Jiao'e. Complex Transport Network: Structure, Process and Mechanism. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2012. [莫辉辉, 王姣娥. 复杂交通网络: 结构、过程与机理研究. 北京: 经济管理出版社, 2012.]
- [27] Wang Jiao'e, Mo Huihui, Jin Fengjun. Spatial structural characteristics of Chinese aviation network based on complex network theory. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(8): 899-910. [王姣娥, 莫辉辉, 金凤君. 中国航空网络空间结构的复杂性. 地理学报, 2009, 64(8): 899-910.]
- [28] Chen Yu, Wang Jiao'e, Jin Fengjun. Robustness and fragility of Chinese air transport network. Geography and Geo-Information Science, 2015, 31(3): 59-64. [陈娱, 王姣娥, 金凤君. 中国国内航空网络的可靠性评价. 地理与地理信息

- 科学, 2015, 31(3): 59-64.]
- [29] Gao Zhonghua, Li Manchun, Chen Zhenjie, et al. Research on small world characteristic of urban road network. *Geography and Geo-Information Science*, 2007, 23(4): 97-101. [高中华, 李满春, 陈振杰, 等. 城市道路网络的小世界特征研究. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(4): 97-101.]
- [30] Mo Huihui, Wang Jiao'e. Complexity perspectives on transportation network. *Progress in Geography*, 2008, 27(6): 112-120. [莫辉辉, 王姣娥. 交通运输网络的复杂性研究. *地理科学进展*, 2008, 27(6): 112-120.]
- [31] Wang Chengjin. Research method of inter-urban traffic flow fields: A case study of railway passenger flow in China. *Geographical Research*, 2009, 28(6): 1464-1475. [王成金. 城际交通流空间流场的甄别方法及实证: 以中国铁路客流为例. *地理研究*, 2009, 28(6): 1464-1475.]
- [32] Wang Chengjin. Spatial organizational network of logistics company in China. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(2): 135-146. [王成金. 中国物流企业的空间组织网络. *地理学报*, 2008, 63(2): 135-146.]
- [33] Ding Jinxue, Jin Fengjun, Wang Chengjin, et al. Evaluation, optimization and simulation of the spatial layout of transport hubs in China. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(4): 504-514. [丁金学, 金凤君, 王成金, 等. 中国交通枢纽空间布局的评价、优化与模拟. *地理学报*, 2011, 66(4): 504-514.]
- [34] Kwan M P, Schwanen T. Geographies of mobility. *Annals of the American Association of Geographers*, 2016, 106: 2, 243-256.
- [35] Wang De, Zhu Chasong, Xie Dongcan. Research on Intra-city employment mobility in Shanghai: Based on cell phone data. *Chinese Journal of Population Science*, 2016(1): 80-89. [王德, 朱查松, 谢栋灿. 上海市居民就业地迁移研究: 基于手机信令数据的分析. *中国人口科学*, 2016(1): 80-89.]
- [36] Zhong C, Arisona S M, Huang X, et al. Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 2014, 28(11): 2178-2199.
- [37] Yin Qin, Meng Bin, Zhang Liying. Classification of subway stations in Beijing based on passenger flow characteristics. *Progress in Geography*, 2016, 35(1): 126-134. [尹芹, 孟斌, 张丽英. 基于客流特征的北京地铁站点类型识别. *地理科学进展*, 2016, 35(1): 126-134.]
- [38] Lu Feng, Liu Kang, Chen Jie. Research on human mobility in big data era. *Journal of Geo-information Science*, 2014, 16(5): 665-672. [陆锋, 刘康, 陈洁. 大数据时代的人类移动性研究. *地球信息科学学报*, 2014, 16(5): 665-672.]
- [39] Zhou Suhong, Liu Yulan. The situation and transition of jobs- housing relocation in Guangzhou, China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(2): 191-201. [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.]
- [40] Han Huiran, Yang Chengfeng, Song Jinping. Impact factors and differences in commuting efficiency between public transit and private automobile travel: A case study on the Beijing metropolitan area. *Geographical Research*, 2017, 36(2): 253-266. [韩会然, 杨成凤, 宋金平. 公共交通与私家车出行的通勤效率差异及影响因素: 以北京都市区为例. *地理研究*, 2017, 36(2): 253-266.]
- [41] Cao Xiaoshu, Lin Qiang. A SEM-based study on urban community resident's travel behavior in Guangzhou. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(2): 167-177. [曹小曙, 林强. 基于结构方程模型的广州城市社区居民出行行为. *地理学报*, 2011, 66(2): 167-177.]
- [42] Tana, Chai Yanwei. Car ownership, car use and activity space in suburban Beijing: An analysis based on GPS activity survey. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1149-1159. [塔娜, 柴彦威. 北京市郊区居民汽车拥有和使用状况与活动空间的关系. *地理研究*, 2015, 34(6): 1149-1159.]
- [43] Chai Yanwei, Zhang Yan, Liu Zhilin. Spatial differences of home-work separation and the impacts of housing policy and urban sprawl: Evidence from household survey data in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(2): 157-166. [柴彦威, 张艳, 刘志林. 职住分离的空间差异性及其影响因素研究. *地理学报*, 2011, 66(2): 157-166.]
- [44] Liu Zhilin, Wang Maojun. Job accessibility and its impacts on commuting time of urban residents in Beijing: From a spatial mismatch perspective. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(4): 457-467. [刘志林, 王茂军. 北京市职住空间错位对居民通勤行为的影响分析: 基于就业可达性与通勤时间的讨论. *地理学报*, 2011, 66(4): 457-467.]
- [45] Gui Qinchang, Liu Chengliang, Dong Luyao, et al. Knowledge visualization and dynamics of foreign transport geography research. *Human Geography*, 2016(6): 10-18. [桂钦昌, 刘承良, 董璐瑶, 等. 国外交通地理学研究的知识图谱与进展. *人文地理*, 2016(6): 10-18.]

Theory and methodology of transportation development and location measures

WANG Jiao'e^{1,2}, JIAO Jingjuan³, HUANG Jie¹, JIN Fengjun^{1,2}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Variations of locational conditions caused by transport infrastructure construction largely promoted the agglomeration of production factors and the local economy and reshaped the regional structure. Hence, measuring transport location has become one of the fundamental topics in geography. Recently, along with transport development, as well as the emergence of new technology, new models, new factors and new industrial forms, the locational conditions have been reconstructed and individual travel concept and patterns changed. The existing research on measuring transport location considers not only the location in the geographic context in terms of the spatial location and transport infrastructure network but also the location in the flow of space concerning the network connectivity, reliability and travel convenience. The research objects changed from various locations to the micro-location regarding group travel characteristics and differences at the individual level. The research contents included door-to-door trips in the accessibility of transport networks. Meanwhile, techniques of big data and GIS-T methods make measuring transport location more accurate.

Keywords: location; information technology; big data; complex network; GIS