

区域交通基础设施可达性研究进展

蒋海兵¹, 张文忠¹, 祁 毅², 周 亮³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 南京 210093;

3. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

摘 要:随着中国区域交通基础设施快速发展,可达性研究受到学界与规划界广泛关注。本文通过梳理近20年来国内外区域交通基础设施可达性研究的发展脉络,从可达性时空变化及其地域效应方面总结国内外区域交通可达性研究的各自特点与发展方向,判断未来国内相关研究主题。综合比较可知,区域交通可达性的空间格局与时空演变研究仍是国内外交通地理学的研究热点问题。国外研究评价指标丰富,空间分辨率不断提高,分析技术方法日益多样,研究内容更趋于多元化,不断拓宽了可达性研究与应用领域。国内研究发展快,但研究指标体系有待完善,空间分辨率仍有待提高,亟待考虑交通需求与政策干预等现实因素。

关 键 词:交通基础设施;可达性;公平性;溢出效应

doi: 10.11820/dlkxjz.2013.05.012

1 引言

可达性概念由 Hansen(1959)首次提出,将其界定为交通网络中各节点相互作用的机会大小,也被 Morris(1978)界定为经济活动借助某种交通系统从某地到另外一个地方的容易程度。可达性在经济活动空间分布与经济发展中扮演着重要的角色,优越的可达性能够为公司或个人对外开拓业务创造必要的机会(Linneker et al, 1996),它是交通系统的主要产品(Schürman et al, 1996),也是交通基础设施最直接的空间影响。快速交通设施建设缩短通勤时间,带来了空间压缩,增强区域之间的联系,创造某地区的空间优势,相互交通成本的降低增强经济系统的竞争力,有利于形成规模经济与专业经济(Forslund et al, 1995)。可达性研究涵盖内容广泛,根据研究理论与视角的差异,可达性研究包括交通基础设施的可达性、基于社会经济活动的可达性、基于个体需求的可达性及基于效用函数的可达性4个方面(Geurs et al, 1995)。从研究地域尺度来看,可达性研究包括城市公共服务设施可达性与区域交通可达性两方面。本文仅对区域交通基础设施

可达性研究展开评述,下文中的可达性仅指区域交通基础设施可达性。

近年来中国区域交通基础设施建设步伐加快,高速铁路、高速公路、过江通道、跨海大桥等快速交通项目陆续规划、上马或运营,各地交通发展需求驱动了国内交通可达性研究的发展,使之成为交通地理学研究的热点问题。可达性分析不仅能有效地评估新建或规划的交通设施可达性收益的分布格局与变化,判断这些交通网络能否有效地提高区域交通效率与公平性,而且可用来探讨可达性影响下的区域空间结构与旅游空间结构演变等,该方向研究前景广阔。本文通过整理20年来国内外区域交通基础设施可达性的研究进展,梳理国内外交通基础设施可达性研究发展历程与特点,对比国内外研究的特色与研究方向,发现国内研究中存在的差距与不足,为今后国内相关研究提供参考与借鉴。

2 国外区域交通可达性研究

欧洲学者普遍认为:“可达性缺乏是制约欧洲外围落后地区经济竞争力的重要瓶颈”(European

收稿日期:2012-09; 修订日期:2013-02.

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41230632);中国博士后科学基金面上项目(2011M500374);国家自然科学基金青年项目(41001093)。

作者简介:蒋海兵(1978-),男,江苏建湖人,讲师,博士后,主要从事城市和区域发展研究。E-mail: jianghb@igsnrr.ac.cn

通讯作者:张文忠(1966-),男,内蒙古呼和浩特人,研究员,博士生导师,从事城市和区域发展研究。E-mail: zhangwz@igsnrr.ac.cn

Commission, 2004)。区域交通基础设施改善是促进区域经济发展与缩小地域经济差异的关键因素(Holl et al, 2004),带来区域之间的“时空塌陷”。国外诸多研究均表明:可达性和机动性、经济发展、社会福利和环境影响关系紧密,可达性经常用来衡量区域交通设施的社会、经济与环境的综合影响,相关成果也多从可达性时空变化与可达性地域空间效应展开探究。

2.1 国外区域交通可达性时空变化研究

(1) 评价指标与技术方法日益多样化

交通可达性分析方法为规划师和决策者整合空间规划与交通规划提供重要评价工具(Halden, 2003),可达性度量技术方法日臻完善与成熟。1959年Hansen将重力法运用到可达性研究中,1960年Garrison最早将图论理论引入可达性研究,并得以广泛应用。Keeble等(1981)发展了经济潜力指数来描述欧洲公路可达性。

可达性评价方法包括距离法、累积机会法、重力法、平衡系数法、拓扑法等,学者们根据这些方法提出了相应的评价指标,分为日常可达性、经济潜力、网络效率指数、区位指数、 a 、 u 与 b 指数等(陈洁等, 2007)。其中,最短时间距离考虑到拥挤时间与交通方式的换乘时间,经济潜力指数还考虑到“自潜力”问题。并且研究中经常采用多个指数来评价可达性,以弥补单个可达性指数不足,增强可达性分析与解释的全面性。比如加权平均时间测度新建设施对城市中远距离影响,日常可达性与潜力指数则反映设施对城市中短距离的作用,日常可达性与加权平均旅游时间不考虑距离衰减,而潜力指数则考虑距离衰减。此外,个别研究采用数据包络法(DEA)与主成分分析法(PCA)综合各类可达性指标,得到复合指标来评价可达性(Martin et al, 2007)。

交通可达性分析结果受到源点、目的地、成本、交通方式、空间范围、交通类型、动态性及空间分辨率等参数影响。交通类型指个人出行、货物交通及综合型;交通方式包括铁路、公路、水运、航空与综合陆路交通方式,其中陆路综合交通可达时间计算方法有3种:①综合选择到目的地的最快交通方式,涉及到交通方式中转与换乘;②计算总可达性,即将多种交通方式的可达性按一定权重叠加得到总可达性;③综合对比多种交通方式,选择最快的交通方式,不涉及中转与换乘。目的地既可是中

心城市或城市群,也可以为高铁站点、机场、高速公路入口及交通节点等;源点则既可为中心城市,也可为一般城市、乡镇、社区、交通小区、城市群等。动态性则说明在不同阶段各地交通可达性的演变,既包括历史可达性演变,也有基于交通规划对未来可达性变化的预测,以及新建设施可达性影响评价。地理范围既可是国家或大洲,也可为局部地区,上述因素均影响着可达性评价指数结果。

20世纪90年代以来,随着GIS分析技术在可达性研究中得到应用与普及,最短时空距离与拓扑运算更加便捷,并为微观单元尺度的海量数据运算提供可能。网络法与栅格法均用来测算最短时间距离,亦可用空间句法方法展开拓扑计算。利用GIS技术,采用网络分析、栅格分析、拓扑分析技术,测度最短时间距离与拓扑网络值,进而测算各类可达性指标。国外普遍采用网络分析法来测算节点最短时间距离,然后在以节点可达性值插值,从而得到区域可达性地图,其精度取决于空间单元尺度。少数研究运用栅格技术描述铁路、公路与航空日常与潜力指数的三维空间特征(Schürman et al, 1997; Spieckermann et al, 1996; Vickerman et al, 1999),划分城市与交通站点等服务范围(Upchurch et al, 2004),能更好地展示区域可达性空间格局的细节。

(2) 研究视角日趋多元化,内容更加丰富

目前交通时间可达性空间格局与演变研究仍然是交通地理学的研究热点问题,研究对象包括陆路、水陆及航空可达性等方面。学者们通过定量评价规划建设的快速交通基础设施网络演变对区域可达性的影响,证明了快速交通网络建设均有利于提高边缘区域可达性水平(Holl, 2004; Gutiérrez et al, 1996)。例如,Gutiérrez等(1996)与Holl(2007)分别评价高铁与高速公路对未来欧洲与西班牙陆路综合交通可达性的影响,高铁可达性带来“隧道效应”,扭曲“环状”可达性格局,塑造“岛状”或“带状”格局。Monzón等(2013)认为高铁可达性收益水平与可达性初始水平、站点分布、到站点交通网络质量及人口中心的邻近程度等因素有关。

近年来,可达性时空演化研究越来越考虑现实影响因素,除从交通设施供给角度来研究外,还从交通需求差异与管理政策方面剖析,研究视角更加多元化,研究内容更加丰富,对现实可达性的模拟程度不断提高。例如,Vandenbulcke等(2009)分析交通拥挤对可达性的影响,Condeço-Melhorado等

(2011)与Keith等(2010)分别探讨交通价格政策与交通干预政策影响下的可达性变化特征;Condeço-Melhorado等(2011)以经济成本为阻抗参数,描述道路价格政策带来的可达性影响。可达性格局与变化研究主要内容包括:规划或新建快速交通网络带来的可达性时空格局变化,新建或规划交通设施可达性的空间收益经常作为评价设施效率影响的重要指标;区域交通可达性格局演变与未来格局预测;交通需求、政策与管理引起的可达性变化等。

(3) 空间分辨率不断提高

空间分辨率反映在不同行政单元下的可达性,显示区域可达性的详细程度,分辨率越高则描述的可达性细节越清晰。2000年以来,相关研究的空间分辨率越来越高,更好地展示了可达性空间格局的细节。2000年以前,欧洲的研究单元尺度多数局限于NUT2或NUT3空间统计单元,并以时间成本为阻抗参数。例如,Lutter等(1992)计算欧共体国家的NUTS3地区通过陆路综合交通到194个经济中心的平均时间,并将中心城市3小时内可到达人口规模作为日常可达性指标。2000年以后出现了以更微观的行政区(NUT5)为统计单元的研究(Holl, 2007)。Monzon等探讨高铁影响下西班牙8100个市镇可达性变化。Vandenbulcke等以NUT6为统计单元,比较比利时交通高峰时段与低谷时段可达性差异。Gutiérrez等(2010)将西班牙划分成800个交通区,计算各区的公路可达性。

(4) 研究的时间跨度扩大

可达性研究的时间跨度扩大,从关注局部地区单个交通投资项目短期可达性变化到注重探讨国家交通网络发展与总体规划带来可达性长期演变过程探讨。20世纪90年代对新建或规划的快速交通设施可达性影响研究较多,包括高铁、海峡隧道、高速公路等。2000年以来,更多研究探析区域可达性的长期演变特征与规律,时间跨度从20~150年之间(Holl, 2007; Kotavaara, 2011; Axhausen et al, 2011)。Axhausen等描述了瑞典1850-2000年间的全国交通可达性演变特征,揭示了其可达性的长期演变规律。

2.2 可达性地域空间效应研究

(1) 可达性影响下的社会经济变化研究

尽管可达性与区域社会经济关系复杂,不过学者仍普遍认为可达性与经济发展、城市化和大规模

人口增长关系紧密,可达性地域空间效应研究是可达性研究的重要组成部分。近年来快速交通网络可达性地域空间效应研究的成果不断涌现(Bröcker et al, 2010; Chen et al, 2011; Givoni, 2006; Loo et al, 2002; Sasaki et al, 1997),主要探讨可达性收益如何转化成社会经济效益等各种不同地域效应,解析可达性对社会经济等影响机制,它包括可达性对人口分布、区域经济联系强度与城市体系等影响研究。

Linneker等(1996)研究表明,伦敦M25公路可达性变化对区域经济发展与就业的积极促进作用。Kotavaara等(2011)对芬兰近40年来人口变化与陆路可达性关系研究显示,人口倾向集中于公路可达性高的地区。Willigers等(2011)认为,高铁站点可达性有助于改善写字楼的区位条件,并能提升其城市空间地位。当然也有持不同观点的学者,如Schürmann等(1997)认为,可达性与其他社会经济变量的相关性体现历史集聚的过程,而并非完全是交通设施的简单影响。Andersson等(2010)基于享乐模型,发现台湾高铁可达性对城市房地产价格影响较小,高铁票价与住宅区位模式等因素制约了可达性影响。Páez(2004)认为剔除区域背景因素作用,可达性对经济活动空间分布的影响减弱。

学者在探讨可达性与人口变化关系时采用多种统计分析手段,不仅有传统统计方法,也有地统计等方法,基于多种统计方法与评价模型可定量地分析区域交通可达性影响下的社会经济变化,揭示可达性演变与社会经济变化之间的内在关联机制。Páez采用空间自回归模型分析可达性对东亚人口与人均GDP的空间分布影响;Ribeiro等(2010)应用空间回归模型探讨可达性对人口与购买力空间变化的影响。上述两项研究较之传统相关分析,考虑了各参数的空间依赖性因素。Kotavaara等(2011)采用广义相加模型分析可达性变量与人口变化相互关系。

(2) 交通公平性研究

公平性是可达性地域空间效应研究的主要内容,交通基础设施被认为是实现区域公平的关键因素(López et al, 2008)。区域公平发展是交通政策制订的重要目标,减少各地发展机会的差别,提高外围地区到中心城市可达性成为欧洲国家交通总体规划的目标。例如,Wee等(2011)基于区域可达性探讨公平性与社会隔离性;Monzón等(2013)研究高

铁给区域带来的公平与效率影响。

可达性分析不仅广泛应用于交通基础设施规划评估,而且其均衡程度还作为交通公平性的评价标准(López et al, 2008; Schürman et al, 1997),所以决大多数可达性研究中都涉及到交通公平性的内容。通过可达性指数与公平性分析,可判断新建设施或未来交通规划是否推动区域可达性的均衡发展。可达性收益的空间格局与可达性指数作为评价区域公平性的重要依据,通常可分为静态指数与动态指数,并综合采用可达性指数、变异系数、基尼系数、皮尔曼秩相关系数等非均衡指数来评价交通公平性(López et al, 2008)。学者们认为没有理想的公平性指数,建议采用互补的指数来评价公平性。个别研究尝试通过交通“公平地图”展示区域公平性差异;但多数研究成果表明,各地可达性存在清晰的中心—外围格局,外围地区可达性会因为新建设施而得到提高。非均衡的可达性收益将扩大可达性差距与不公平性,加剧空间极化格局(Monzón et al, 2013);而有关区域可达性差距是扩大还是缩小的看法不一,部分学者认为它同可达性指数多少与地理范围及区域发展阶段的选择有关(Gutiérrez, 2001)。高速交通网络带来的公平性水平下降可以通过次级交通网络构建来改善。

(3) 交通可达性的溢出效应研究

交通溢出效应指甲地区交通基础设施建设使乙或丙地区获得甲地区的交通投资收益(Pereira et al, 2003)。新建交通设施影响能突破某地范围,在邻近地区产生“溢出效应”,该效应被认为在欧洲一体化过程发挥重要作用。Gutiérrez等(2010)认为,目前可达性分析在交通规划方面应用潜力并未得到充分挖掘,而交通空间溢出效应探索则拓宽了可达性应用领域。基于可达性分析的交通基础设施投资的空间溢出效应研究现正处于起步阶段,并可进一步深入,从而成为国外可达性研究的新方向。在可达性研究中,空间溢出效应指某地区交通基础设施投资对其他地区可达性影响,并可回答在某些地区的直接交通设施投资中有多少投资转移到其他地区(Gutiérrez et al, 2010),通过该研究又可以辨析某些地区的空间溢出是否有益于推动交通公平性。近期可达性指数在空间溢出效应研究中得到应用(López et al, 2008; Gutiérrez et al, 2010, 2011; Condeço-Melhorado et al, 2011)。Gutiérrez等(2010)基于经济潜力指数提出,应用区域提取法评价交通

基础设施投资的空间溢出效应,分析西班牙各地规划高速公路带给其他地区的空间溢出效应。López等(2008)采用网络效率指数,定量地评价2005-2020年西班牙交通与基础设施战略规划中的铁路与公路扩展给周边国家带来的空间溢出效应。Condeço等(2011)在基于溢出效应与公平性对公路收费政策带来可达性的地域空间效应,以及分析空间溢出效应对公平性的影响程度的研究中,均采用可达性指数评价空间溢出效应与公平性。可达性分析能较好地刻画交通基础设施投资溢出效应的空间范围与强度(Laird et al, 2005),可更好地理解区域交通设施投资给其他地区带来收益的空间分布特征,弥补以往相关研究不能反映新建或规划建设的交通设施网络影响的局限。交通设施通过网络将其效应延伸到遥远的地区(Martin et al, 2007),区域交通基础设施的空间影响不仅在国家尺度上,而且在地区尺度上亦将带来溢出效应;溢出效应的定量化可确定交通基础设施给不同区域带来的收益,但目前可达性在交通设施溢出效应评估方面的研究仍较少。

综上所述,近期国外区域交通可达性研究趋势为:① 空间分辨率提高,涉及单元尺度不断偏向微观,个别研究甚至以社区为单元来研究全国的可达性格局,提高区域可达性计算的精度,能更好地描述可达性细节;不仅分析新建交通设施对区域间可达性影响,并且阐明它对区域内可达性影响,反映微观单元尺度研究的必要性(Holl, 2004; Rienstra et al, 1998; Weisbrod et al, 1998)。② 研究的时间跨度加长。③ 研究内容更加丰富,视角日益多样化,可达性应用领域不断拓宽。可达性时空演变研究开始关注交通收费政策、交通拥挤及交通政策设计等因素对可达性影响;可达性地域空间效应研究基于可达性探讨交通投资溢出效应。④ 评价指标体系与技术方法更加全面与丰富,模拟仿真水平提高。可达性时空格局研究不仅有单项指标,也有互补综合性评价指标,考虑更多现实影响因素;可达性地域空间效应研究既采用传统统计方法,也应用地统计等方法。

3 国内区域交通可达性研究

近年来中国快速工业化与城市化推动了区域交通基础设施建设步伐,区域交通设施日趋大型

化、高速化与公交化,并成为各地投资的热点工程。2000年以后中国交通运输投资额急剧上升,高速公路网、铁路客运专线、航空干线体系快速形成,长大交通干线建设成就巨大,但出现了交通网络过度扩张的现象(陆大道,2012)。而可达性分析工具能较好地反映区域交通网络系统效率,显示交通网络布局的合理性。

快速交通网络极大地压缩了地区间的时间距离,“时空收敛”效应日趋突显,创造出更多交通区位优势,大幅度提高了日常可达性,深刻地改变人们生产与生活方式,有利于企业在更大范围内实现资源的优化配置,增强中心城市对周边区域经济社会发展的辐射力,扩大了中心城市腹地范围,并将促使城市获得更多的发展机会。陆大道(1995)强调,国家、地区与企业之间能否进行合作,以及合作的规模,在相当程度上取决于它们之间的可达性;尤其是对可达性敏感产业,可达性在一定程度上决定了区域内社会经济的空间结构。同时,可达性也带来了非均衡的时间空间收缩,将会扩大沿线城市与外围地区之间的可达性差距,加剧各地发展机会的不均衡。随着快速交通基础设施迅猛发展,公众与学界关注新建设施或交通规划是否会带来通达程度的大幅度提高,交通设施数量与规模的投入能否带来交通便捷性质的飞跃等问题。由此带来的区域交通可达性及其地域空间效应问题受到地理学者的广泛关注,其中交通基础设施可达性研究持续升温,并且可达性分析方法亦被广泛用于区域规划研究领域。

2000年以来,交通可达性研究逐渐成为中国经济地理与区域规划研究的热门领域,成为21世纪地理学综合研究的主要领域之一(宋长青等,2005),并取得了丰硕的研究成果。

3.1 区域交通可达性研究方法

可达性分析的常用方法包括最短路径模型与网络分析、拓扑算法、及栅格分析与空间句法等,国内学者还设计了矢量—栅格集成法。矢量—栅格集成法集合了网络分析与栅格法的优点,提高了可达性计算结果的精度,既能发挥网络分析中节点位置精度高的特点,描述跳跃式通行,又利用栅格法提高了面状空间数据的精度(祁毅,2008)。此外,空间句法在区域交通可达性方面的应用,是通过拓扑算法和空间句法模型来构建可达性评价模型,定量地分析都市圈路网发育的空间结构性规律(刘承良

等,2009)。但与国外相比,国内多数研究较少考虑潜力模型的“自潜力问题”,陆路综合交通中转时间及城市内部拥挤时间。

可达性评价指数不仅包括日常时间距离、区位指数、经济潜力指数、环路指数、网络结构指数、集成度及连接度,国内学者还提出了交通优势度概念与评价模型,考虑多种交通方式影响,评价各地区交通发展条件(金凤君等,2008)。在可达性对社会经济影响机制方面,采用生产函数、交通优势度、传统统计分析手段与GIS技术,但传统统计分析未能排除空间自相关的影响。

3.2 区域交通可达性空间格局与演变研究

基于可达性分析不同交通方式下的交通基础设施可达性空间格局与演变,评价新建或规划待建交通网络获得的可达性优化效果。按照交通方式划分,区域交通可达性研究主要包括铁路、公路与陆路综合交通可达性。

(1) 铁路可达性研究

针对不同区域描述铁路交通网络发展与可达性空间格局演化,分析铁路提速和高铁对可达性空间格局的影响机制,评价其在网络优化中给不同城市带来的收益水平(金凤君等,2004;罗鹏飞等,2004;孟德友等,2010;魏立华等,2004),认为铁路网络扩展、铁路提速与高铁建设带来显著的“空间收敛”效果,站点邻近区域受益较大,形成了重要经济轴带。铁路可达性的提高促进了城际间联系与合作,扩大交通枢纽中心的服务范围(金凤君等,2004;王姣娥等,2005)。高铁促进沿线站点城市产业结构调整,吸引新行业和旅游者进入沿线城市,全国性高铁网络的形成有助于促进国土均衡发展(张楠楠等,2005)。

(2) 公路可达性研究

主要探讨了全国、跨省区与省区的公路网络演化与可达性空间格局及其演变特征(曹小曙等,2005;Li et al, 2001;吴威等,2006;张兵等,2007),公路可达性一般呈现“核心—外围”环状结构,沿主要干线突出,公路交通网络日益完善提高了可达性均衡程度。

(3) 综合交通可达性研究

该研究考虑各种陆路交通方式组合下区域交通可达性水平,评价各城市区位条件,包括长三角地区(张莉等,2006;吴威等,2010)、京沪地区(蒋海兵等,2010a)、泛珠三角地区(Hou et al, 2011)、武汉

城市圈(陆锋等, 2008)及江苏陆路综合交通可达性空间格局与演变及预测研究(吴威等, 2009), 过江通道带来的城市可达性变化研究(吴扬等, 2008)。多数研究区内可达性, 个别研究还考虑了区内与区外的综合交通可达性(张莉等, 2006; 陆锋等, 2008)。在上述研究中, 可达性空间格局研究描述各类交通设施可达性空间特征, 评价新建交通设施影响下的可达性空间格局与变化, 通过对比不同时期可达性空间格局与变化, 揭示可达性空间演变趋势与规律。可达性空间格局演变从时间跨度来看, 既有几十年的、也有上百年交通网络可达性的长期演变, 或者基于交通规划预测未来各种交通模式可达性格局; 从空间尺度看, 日益关注国家、地区或城市群整体的交通网络发展与交通规划实施带来的可达性空间格局演变。

3.3 可达性地域空间效应研究

国内交通可达性地域空间效应研究侧重于探讨可达性对社会经济影响, 剖析可达性变化与区域社会经济互动的关系, 力图揭示两者间的内在机理。一般认为: “交通可达性与城市社会与经济发展之间具有不同的响应关系, 经济发展水平高低制约交通成本, 交通条件的改善在微观层面上影响经济活动的区位选择(金凤君等, 2008)。

近年来国内相关研究侧重于分析可达性对经济(黄晓燕等, 2011; 刘海隆等, 2008; 孟德友等, 2011; 王成金等, 2011; 朱兵等, 2010)、人口分布(王振波等, 2010)、旅游空间结构(陈浩等, 2011; 靳诚等, 2012; 汪德根等, 2012)和城市与区域空间结构(张莉等, 2009; 蒋海兵等, 2010b)等的影响机制。通过大量实证研究探讨了可达性对社会经济与区域空间的影响机制, 以及基于可达性的旅游区与城市腹地划分对旅游区与城镇体系规划的指导意义。研究表明, 可达性与经济发展具有同步响应关系, 交通可达性与经济发展耦合度高, 缩短各地可达性差距有助于区域协调发展。例如, 高铁有助于促进沿线第三产业发展, 增加就业机会, 加快形成沿线经济发展走廊(胡天军等, 1999)。优越的可达性具有稳定区域经济发展、强化各地经济联系、促进人口集聚、拓展中心城市腹地范围、完善旅游空间网络体系等作用。个别研究认为, 交通可达性对区域经济影响具有阶段差异性, 初期作用显著, 后期效果日趋减弱(Hou et al, 2011)。

交通公平性为区域经济发展提供一种机会公

平。主要通过设计公平性评价体系与标准, 结合可达性水平来综合评估各地交通公平性水平, 而可达性的均衡程度成为评价公平性的依据之一。李思铭等认为全国高速公路阶段性建设推动可达性梯度变化呈现“倒U型”变化, 证实了威廉姆斯的假说, 初期可达性差距扩大, 后期逐步缩小(Li et al, 2001); 吴威等(2006)与Hou等(2011)分别对长三角与大珠江三角洲地区可达性研究也得到了类似的观点。国内交通公平性研究仍然将公平性作为可达性研究的组成部分(吴威等, 2006; 张兵等, 2007; 钟业喜等, 2011), 使用可达性的变异系数来测度交通均衡度评价交通公平性, 由于各地交通网络发展阶段不同, 各地公平性研究结论也不一致。

综观国内相关研究, 不但吸收了国外研究理论、研究思路与技术方法, 而且对指标体系与技术方法有所创新。通过评价交通设施可达性, 描述国内可达性空间格局与演变, 探究可达性与社会经济的响应机制, 并且提出交通设施布局、城镇体系与旅游空间结构优化建议。

4 研究评价与展望

目前国外对区域交通可达性时空演变研究仍为交通地理学的研究热点, 在方法上日益关注微观单元尺度, 重视描述区域内部可达性变化细节, 评价指标体系丰富。在内容上考虑交通政策与供需等因素, 使可达性研究视角日趋多样化, 不仅考虑时间可达性, 而且考虑经济成本可达性, 模拟结果更加贴近现实。可达性的地域效应研究采用空间自回归分析等多种统计手段, 探讨了可达性影响下人口与社会经济空间格局; 交通基础设施投资的空间溢出效应研究能较好地解释某地区交通投资是否及多大程度使其他周边地区受益。国外主要采用网络分析法来测算最短时间距离, 基于微观单元尺度数据与海量的交通网络数据集, 能够细致地测算交通网络上的城市可达性, 但采用节点插值来表征区域可达性, 未能考虑地表陆路交通状况, 包括地形、地貌与水文条件, 可达性精度仍然受制于网络数据量与插值节点数量。

国内相关研究虽然起步晚, 但是通过借鉴国外研究理论、模型、技术方法及研究思路, 相关研究得到长足发展, 并在技术方法与评价指标上有所创新与发展。尽管如此, 与国外相比国内相关研究内容

的广度和深度仍有待进一步提高,多数研究仍然热衷于交通时间可达性格局与演变本身,较少探讨交通调控干预政策与交通需求等关键因素影响下的经济成本可达性。多数研究仍停留在相对较大的单元尺度,数据处理量有限,可达性精度仍有待提高;空间测算模型有待完善,公平性评价指标较为单一;传统统计分析在地域效应研究中未排除空间自相关因素。国内外多数交通公平性研究从交通供给角度以可达性作为评价依据,均较少综合考虑可达性与社会需求因素对公平性展开剖析。

通过梳理国内外相关研究进展,判断未来国内相关研究主题将包括:

(1) 国内中长期地区与全国交通规划的可达性评价。随着当前各地交通基础建设,各地快速交通基础设施规划需求仍将不断增强,与此相关的区域交通可达性时空演变研究仍将作为热点,同时随着可达性研究精确程度的不断提高,将会更好地模拟现实各地的通达程度,并为区域交通规划提供更为科学的依据。

(2) 基于可达性的城市体系与旅游空间结构变化研究。快速交通网络正在重塑城市与城市群的区位优势,改变各地区的城市体系与旅游空间结构格局。对此,城市与区域规划和旅游规划均会提出相关的研究要求,分析区域可达性与区域空间结构的关系是该类规划研究的内在需求。

(3) 区域交通可达性地域空间效应研究。围绕新建区域交通设施可达性变化带来的社会、经济、人口等效应研究将日趋增多。

(4) 从供需角度探讨交通可达性时空变化。目前国内交通可达性研究大多从交通供给角度来探讨各地时间可达性,未从需求角度来剖析费用可达性。由于不同社会群体的消费水平与能力差异和各地经济发展水平差异,对于快速交通方式的使用效率与交通拥挤程度均有所不同,所以亟待结合基于社会经济活动、个体需求、效用函数的可达性,并综合考虑交通管理与政策等方面,从供需两方面探讨区域可达性的时空格局与演变。

致谢:感谢江西师范大学钟业喜教授等专家提出的宝贵建议。

参考文献(References)

Andersson D E, Shyr O F, Fu J. 2010. Does high-speed rail accessibility influence residential property prices: Hedonic

estimates from southern Taiwan. *Journal of Transport Geography*, 18(1): 166-174.

Axhausen K W, Froelich P, Tschopp M. 2011. Changes in Swiss accessibility since 1850. *Research in Transportation Economics*, 31(1): 72-80.

Bröcker J, Korzhenevych A, Schürmann C. 2010. Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects. *Transportation Research Part B*, 44(7): 795-811.

Cao X S, Xue D S, Yan X P. 2005. A study on the urban accessibility of national trunk highway system in China. *Acta Geographica Sinica*, 60(6): 903-910. [曹小曙, 薛德升, 阎小培. 2005. 中国干线公路网络联结的城市通达性. *地理学报*, 60(6): 903-910.]

Chen C L, Hall P. 2011. The impacts of high-speed trains on British economic geography. *Journal of Transport Geography*, 19(4): 689-704.

Chen H, Lu L, Zheng S T. 2011. The tourism spatial pattern evolution of the Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 66(10): 1427-1437. [陈浩, 陆林, 郑嬿婷. 2011. 珠江三角洲城市群旅游空间格局演化. *地理学报*, 66(10): 1427-1437.]

Chen J, Lu F, Cheng C X. 2007. Advance in accessibility evaluation approaches and applications. *Progress in Geography*, 26(5): 100-110. [陈洁, 陆锋, 程昌秀. 2007. 可达性度量方法及应用研究进展评述. *地理科学进展*, 26(5): 100-110.]

Condeço-Melhorado A, Gutiérrez J, Martín J. 2011. Spatial impacts of road pricing: Accessibility, regional spillovers and territorial cohesion. *Transportation Research Part A*, 45(3): 185-203.

European Commission. 2004. Decision No 884/2004/EC of the European parliament and of the council of 29 April 2004. *Official Journal of the European Union*, L167: 1-36

Forslund U M, Johansson B. 1995. Assessing road investment: Accessibility changes, cost benefit and production effects. *The Annals of Regional Science*, 29(2): 155-174.

Geurs K T, Van Wee B. 2004. Accessibility evaluation of land-use and transports strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2): 127-140.

Givoni M. 2006. Development and impact of the modern high-speed train: A review. *Transport Reviews*, 26(5): 593-611.

Gutiérrez J, González R, Gómez G. 1996. The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography*, 4(4): 227-238.

- Gutiérrez J. 2001. Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography*, 9(4): 229-242.
- Gutiérrez J, Condeço-Melhorado A, Martín J C. 2010. Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment. *Journal of Transport Geography*, 18(1): 141-152.
- Gutiérrez J, Condeço-Melhorado A, López E, et al. 2011. Evaluating the European added value of TEN-T projects: A methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS. *Journal of Transport Geography*, 19(4): 840-850.
- Halden D. 2003. Accessibility analysis concepts and their application to transport policy, programme and project evaluation//Pearman A, Mackie P, Nellthorp J. *Transport projects programmes and policies: Evaluation needs and capabilities*. Aldershot, UK: Ashgate: 227-242.
- Hansen W G. 1959. How accessibility shapes land-use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2): 73-76.
- Holl A. 2004. Manufacturing location and impacts of road transport infrastructure: Empirical evidence from Spain. *Regional Science and Urban Economics*, 34(3): 341-363.
- Holl A. 2007. Twenty years of accessibility improvements: The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography*, 15(4): 286-297.
- Hou Q, Li S M. 2011. Transport infrastructure development and changing spatial accessibility in the Greater Pearl River Delta, China, 1990-2020. *Journal of Transport Geography*, 19(6): 1350-1360.
- Hu T J, Shen J S. 1999. Effect analysis of Jing-Hu High-Speed Railway on regional economic development. *Economic Geography*, 19(5): 101-104. [胡天军, 申金升. 1999. 京沪高速铁路对沿线经济发展的影响分析. *经济地理*, 19(5): 101-104.]
- Huang X Y, Cao X S, Li T. 2011. The relationship between regional transport superiority and regional economic performance in Hainan. *Geographical Research*, 30(6): 985-999. [黄晓燕, 曹小曙, 李涛. 2011. 海南省区域交通优势度与经济发展关系. *地理研究*, 30(6): 985-999.]
- Jiang H B, Xu J G, Qi Y. 2010a. The Influence of Beijing-Shanghai High-Speed Railways on land accessibility of regional center cities. *Acta Geographica Sinica*, 65(10): 1287-1298. [蒋海兵, 徐建刚, 祁毅. 2010a. 京沪高铁对区域中心城市陆路可达性影响. *地理学报*, 65(10): 1287-1298.]
- Jiang H B, Xu J G. 2010b. Delimitation of urban hinterland areas of the prefecture level or above in China based on traffic accessibility. *Journal of Lanzhou University: Natural Sciences*, 46(4): 58-64. [蒋海兵, 徐建刚. 2010b. 基于交通可达性的中国地级以上城市腹地划分. *兰州大学学报: 自然科学版*, 46(4): 58-64.]
- Jin C, Huang Z F. 2012. Tourism regionalization in Yangtze River Delta based on accessibility. *Geographical Research*, 31(4): 745-757. [靳诚, 黄震方. 2012. 基于可达性技术的长江三角洲旅游区划. *地理研究*, 31(4): 745-757.]
- Jin F J, Wang J E. 2004. Railway network expansion and spatial accessibility analysis in China: 1906-2000. *Acta Geographica Sinica*, 59(2): 293-302. [金凤君, 王姣娥. 2004. 二十世纪中国铁路网扩展及其空间通达性. *地理学报*, 59(2): 293-302.]
- Jin F J, Wang C J, Li X W. 2008. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 63(8): 787-798. [金凤君, 王成金, 李秀伟. 2008. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. *地理学报*, 63(8): 787-798.]
- Keeble D, Owens P L, Thompson C. 1981. Regional accessibility and economic potential in the European community. *Regional Studies*, 16(6): 419-432.
- Keith D, Martin R. 2010. Applying accessibility measures to assess a transport intervention strategy: A case study of Bromsgrove. *Journal of Maps*, 6(1): 181-191.
- Kotavaara O, Antikainen H, Rusanen J. 2011. Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970-2007. *Journal of Transport Geography*, 19(4): 926-935.
- Laird J, Nellthorp J, Mackie P. 2005. Network effects and total economic impact in transport appraisal. *Transport Policy*, 12(6): 537-544.
- Li S M, Shum Y M. 2001. Impacts of the national trunk highway system on accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 9(1): 39-45.
- Linneker B, Spence N. 1996. Road transport infrastructure and regional economic development: The regional development effects of the M25 London orbital motorway. *Journal of Transport Geography*, 4(2): 77-92.
- Liu C L, Yu R L, Xiong J P, et al. 2009. Spatial accessibility of road network in Wuhan metropolitan area. *Acta Geographica Sinica*, 64(12): 1488-1497. [刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 2009. 武汉都市圈路网空间通达性分析. *地理学报*, 64(12): 1488-1497.]
- Liu H L, Bao A M, Chen Xi, et al. 2008. The effect of transport accessibility on regional economic performance. *Acta Geographica Sinica*, 63(4): 428-434. [刘海隆, 包安明, 陈曦, 等. 2008. 新疆交通可达性对区域经济的影响分

- 析. 地理学报, 63(4): 428-434.]
- Loo B P Y. 2002. The potential impacts of strategic highways on new town development: A case study of Route 3 in Hong Kong. *Transportation Research Part A*, 36(1): 41-63.
- López S, Gutiérrez J, Gómez G. 2008. Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: An accessibility approach. *European Planning Studies*, 16(2): 277-301.
- Lu D D. 1995. Regional development and spatial structure. Beijing, China: Science Press: 117-124. [陆大道. 1995. 区域发展及其空间结构. 北京: 科学出版社: 117-124.]
- Lu D D. 2012. The proposition to avoid the over advance and inappropriate construction of China's transport infrastructures. *Scientia Geographica Sinica*, 32(1): 2-10. [陆大道. 2012. 关于避免中国交通建设过度超前的建议. 地理科学, 32(1): 2-10]
- Lu F, Chen J. 2008. Location superiority and accessibility analysis on Wuhan metropolitan region. *Progress in Geography*, 27(4): 68-74. [陆锋, 陈洁. 2008. 武汉城市圈城市区位与可达性分析. 地理科学进展, 27(4): 68-74.]
- Luo P F, Xu Y L, Zhang N N. 2004. Study on the impacts of regional accessibility of high-speed rail: A case study of Nanjing to Shanghai region. *Economic Geography*, 24(3): 407-411. [罗鹏飞, 徐逸伦, 张楠楠. 2004. 高速铁路对区域可达性的影响研究: 以沪宁地区为例. 经济地理, 24(3): 407-411.]
- Lutter H, Puetz T, Spangenberg M. 1992. Accessibility and peripherality of community regions: The role of road, long-distance railways and airport networks, Report to Commission of the European Communities, DG XVI. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Martin J C, Reggiani A. 2007. Recent methodological developments to measure spatial interaction: Synthetic accessibility indices applied to high-speed train investments. *Transport Reviews*, 27(5): 551-571.
- Meng D Y, Fan K S, Lu Y Q, et al. 2010. Level and spatial pattern of interprovincial accessibility before and after train-speed upgrading. *Progress in Geography*, 29(6): 709-715. [孟德友, 范况生, 陆玉麒, 等. 2010. 铁路客运提速前后省际可达性及空间格局分析. 地理科学进展, 29(6): 709-715.]
- Meng D Y, Lu Y Q. 2011. Impact of high-speed railway on accessibility and economic linkage of cities along the railway in Henan Province, China. *Scientia Geographica Sinica*, 31(5): 537-543. [孟德友, 陆玉麒. 2011. 高速铁路对河南沿线城市可达性及经济联系的影响. 地理科学, 31(5): 537-543.]
- Monzón A, Ortega E, López E. 2013. Efficiency and spatial equity impacts of high-speed rail extensions in urban areas. *Cities*, 30(1): 18-30.
- Morris J M, Dumble P L, Wigan M R. 1978. Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research Part A*, 13(2): 91-109.
- Páez A. 2004. Network accessibility and the spatial distribution of economic activity in eastern Asia. *Urban Studies*, 41(11): 2211-2230.
- Pereira M A, Sagalés O R. 2003. Spillover effects of public capital formation: Evidence from the Spanish regions. *Journal of Urban Economics*, 53(2): 238-256.
- Qi Y. 2008. The study on planning support system based on spatial accessibility analysis of public transportations[D]. Nanjing, China: Nanjing University. [祁毅. 2008. 基于公共交通可达性分析的规划支持系统研究[D]. 南京: 南京大学.]
- Ribeiro A, Antunes A P, Páez A. 2010. Road accessibility and cohesion in lagging regions: Empirical evidence from Portugal based on spatial econometric models. *Journal of Transport Geography*, 18(1): 125-132.
- Rienstra S, Rietveld P, Hilferink M, et al. 1998. Road infrastructure and corridor development//Lundqvist L, Mattsson L G, Kim T J. Network infrastructure and the urban environment: Advances in spatial systems modelling. Berlin: Springer Verlag: 395-414.
- Sasaki K, Ohashi T, Ando A. 1997. High-speed rail transit impact on regional systems: Does the Shinkansen contribute to dispersion? *The Annals of Regional Science*, 31(1): 77-98.
- Schürman C, Spiekermann K, Wegener M. 1997. Accessibility indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung* 39. Dortmund: Institut für Raumplanung, Universität Dortmund.
- Song C Q, Leng S Y. 2005. Some important scientific problems of integrative study of Chinese geography in 5 to 10 years. *Acta Geographica Sinica*, 60(4): 546-552. [宋长青, 冷疏影. 2005. 21世纪中国地理学综合研究的主要领域. 地理学报, 60(4): 546-552.]
- Spiekermann K, Wegener M. 1996. Trans-European networks and unequal accessibility in Europe. *European Journal of Regional Development*, 3(4): 35-42.
- Upchurch C, Kuby M, Zoldak M, et al. 2004. Using GIS to generate mutually exclusive service areas linking travel on and off a network. *Journal of Transport Geography*, 12(1): 23-33.
- Vandenbulcke G, Steenberghen T, Thomas I. 2009. Mapping

- accessibility in Belgium: A tool for land-use and transport planning? *Journal of Transport Geography*, 17(1): 39-53.
- Vickerman R W, Spiekermann K, Wegener M. 1999. Accessibility and economic development in Europe. *Regional Studies*, 33(1): 1-5.
- Wang C J, Ding J X, Yang W. 2011. Policy and spatial effect of expressway planning network in China. *Acta Geographica Sinica*, 66(8): 1076-1088. [王成金, 丁金学, 杨威. 2011. 中国高速公路规划网的空间效应与政策机制. *地理学报*, 66(8): 1076-1088.]
- Wang D G, Chen T, Li L, et al. 2012. Enlightenment and research of tourism impact on high-speed rail. *Scientia Geographica Sinica*, 32(3): 322-328. [汪德根, 陈田, 李立, 等. 国外高速铁路对旅游影响研究及启示. *地理科学*, 32(3): 322-328.]
- Wang J E, Jin F J. 2005. Railway network organization and spatial service system optimization in China. *Acta Geographica Sinica*, 60(3): 371-380. [王皎娥, 金凤君. 2005. 中国铁路客运网络组织与空间服务系统优化. *地理学报*, 60(3): 371-380.]
- Wang Z B, Xu J G, Zhu C G, et al. 2010. The county accessibility divisions in China and its correlation with population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 65(4): 416-426. [王振波, 徐建刚, 朱传耿, 等. 2010. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系. *地理学报*, 65(4): 416-426.]
- Wee V B, Geurs K. 2011. Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11(4): 350-367.
- Wei L H, Cong Y G. 2004. The influence of inter-cities express passenger train on spatial structure of metropolitan area. *Economic Geography*, 24(6): 834-837. [魏立华, 丛艳国. 城际快速列车对大都市区通达性空间格局的影响机制分析. *经济地理*, 24(6): 834-837.]
- Weisbrod G, Treyz F. 1998. Productivity and accessibility: Bridging project-specific and macroeconomic analyses of transportation investments. *Journal of Transportation and Statistics*, 1(3): 65-79.
- Willigers J, Van Wee B. 2011. High-speed rail and office location choices: A stated choice experiment for the Netherlands. *Journal of Transport Geography*, 19(4): 745-754.
- Wu W, Cao Y H, Cao W D, et al. 2006. Spatial structure and evolution of highway accessibility in the Yangtze River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 61(10): 1065-1074. [吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 2006. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化. *地理学报*, 61(10): 1065-1074.]
- Wu W, Cao Y H, Cao W D, et al. 2009. Spatial pattern of regional comprehensive transportation cost. *Scientia Geographica Sinica*, 29(4): 485-492. [吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 2009. 区域综合运输成本的空间格局研究. *地理科学*, 29(4): 485-492.]
- Wu W, Cao Y H, Liang S B. 2010. Temporal and spatial evolution of integrated transport accessibility in the Yangtze River Delta: 1986-2005. *Progress in Geography*, 29(5): 619-626. [吴威, 曹有挥, 梁双波. 2010. 20世纪80年代以来长三角地区综合交通可达性的时空演化. *地理科学进展*, 29(5): 619-626.]
- Wu Y, Xu J G, Wang Z B, et al. 2008. GIS-based approach for the quantitative evaluation of accessibility in Yangzhong. *Areal Research and Development*, 27(5): 124-127. [吴扬, 徐建刚, 王振波, 等. 2008. 基于GIS技术的扬中市可达性定量研究. *地域研究与开发*, 27(5): 124-127.]
- Zhang B, Jin F J, Yu L. 2007. Research on the optimization of highway network in Hunan Province and the evolution of spatial pattern in recent 20 years. *Geographical Research*, 26(4): 712-721. [张兵, 金凤君, 于良. 2007. 近20年来湖南公路网络优化与空间格局演变. *地理研究*, 26(4): 712-721.]
- Zhang L, Lu Y Q, Zhao Y Z. 2009. Delimitation of central cities attracting scope based on time accessibility: A case study of the Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 28(3): 803-816. [张莉, 陆玉麒, 赵元正. 2009. 基于时间可达性的城市吸引范围的划分. *地理研究*, 28(3): 803-816.]
- Zhang L, Lu Y Q. 2006. Assessment on regional accessibility based on land transportation network: A case study of the Yangtze River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 61(12): 1235-1246. [张莉, 陆玉麒. 2006. 基于陆路交通网的区域可达性评价. *地理学报*, 61(12): 1235-1246.]
- Zhang N N, Xu Y L. 2005. Research on the impacts of high speed rail on regional development. *Areal Research and Development*, 24(3): 32-36. [张楠楠, 徐逸伦. 2005. 高速铁路对沿线区域发展的影响研究. *地域研究与开发*, 24(3): 32-36.]
- Zhu B, Zhang X L, Gui D W, et al. 2010. The relationship between urban development and transport accessibility in Xinjiang. *Progress in Geography*, 29(10): 1239-1248. [朱兵, 张小雷, 桂东伟, 等. 2010. 新疆城镇发展与交通可达性相互影响. *地理科学进展*, 29(10): 1239-1248.]
- Zhong Y X, Lu Y Q. 2009. Assessment of fair space of opportunities for regional development based on accessibility. *Scientia Geographica Sinica*, 29(6): 809-816. [钟业喜, 陆玉麒. 2009. 基于可达性角度的区域发展机会公平性评价. *地理科学*, 29(6): 809-816.]

Research progress on accessibility to regional transportation infrastructure

JIANG Haibing¹, ZHANG Wenzhong¹, QI Yi², ZHOU Liang³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

3. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: With the rapid development of regional transportation infrastructure in our nation, the research on accessibility to transportation infrastructure has been increasingly receiving attentions from academia and scholars in planning field. This article attempts to review the literature of domestic and foreign studies on accessibility to regional transportation in the recent 20 years, summarize characteristics and prospects of the studies from the aspects of temporal-spatial variations of accessibility and the aspects of its regional spatial effect, and predict hot topics of the related domestic research in the future. Through systematically comparing the similarities and differences of domestic and foreign research, we conclude that the research on temporal variations of regional accessibility is still an important topic at home and abroad. As shown in the related foreign literature, there are numerous evaluation indicators; spatial resolutions of accessibility have been continuously improved; more and more analytical technique and methods are being developed. When simulating accessibility, more complex and realistic factors are taken into account, such as traffic congestion, transfer, etc. Foreign research tends to be more diversified, and continues to explore new fields and new applications, such as spillover effect, etc. In the related domestic literature, the research develops quickly and adopts foreign research methods and ideas, but more studies on index system are needed and spatial resolution needs to be further improved. We should also consider more important realistic factors in accessibility research, such as traffic demand and policy intervention etc.

Key words: transportation infrastructure; accessibility; equity; spillover effect