

积极应对人口老龄化战略下适老化出行的建成环境研究*

Examining the Built Environment Suitable for the Elderly's Travel under the Background of the National Strategy "Actively Addressing Population Aging"

杨林川 唐祥龙 刘吉祥 YANG Linchuan, TANG Xianglong, LIU Jixiang

摘要 党的十九届五中全会将积极应对人口老龄化上升到最高层级的国家战略,全方位地做好应对老龄化的各种准备、满足老年人多元需求由此成为国家中心工作之一。移动性与老年人的身心健康、生活质量及福祉息息相关,其受到社区建成环境的直接影响。基于2015年福建省厦门市居民出行调查数据,提取12 082个60岁及以上的老年人样本,建立多层二元logit和多层负二项回归模型,识别影响老年人出行倾向和次数(频率)的建成环境要素。结果表明:(1)土地利用混合度与老年人移动性正相关;(2)商业设施可达性与老年人移动性正相关;(3)人口密度和公交线路密度对老年人移动性的影响较为复杂,存在提升移动性的最优取值区间;(4)社会经济属性和建成环境对出行倾向和次数的影响较为相似,但也有所差异。

Abstract In October 2020, the Fifth Plenary Session of the 19th CPC Central Committee proposed the national strategy "actively addressing population aging". Therefore, making great preparations for population aging and satisfying the needs of older adults become the core work of China now. The mobility of the elderly, which is closely related to their physical and mental health, quality of life, and well-being, is directly affected by the built environment. Based on the 2015 Xiamen Travel Survey data, this study develops a multilevel binary logit model and a multilevel negative binomial regression model to identify the built environment correlating with travel propensity and trip frequency of older adults. The results show that: (1) Mixed land use positively affects the mobility of older adults; (2) Accessibility to the commercial center positively affects the mobility of older adults; (3) The relationship between population density, bus route density, and the mobility of older adults is complex. There is an optimal mobility-enhancing range for the two built environment variables; and (4) The effects of socioeconomic and built-environment variables on the travel propensity and trip frequency are similar.

关键词 老年人;建成环境;人居环境;移动性;多层二元logit模型;多层负二项回归模型;生活质量

Key words older adult; built environment; human settlement; mobility; multilevel binary logit regression model; multilevel negative binomial regression model; quality of life

文章编号 1673-8985 (2022) 01-0156-07 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220122

作者简介

杨林川

西南交通大学建筑学院

特聘研究员,博士生导师

上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室

客座研究人员

唐祥龙

西南交通大学建筑学院

硕士研究生

刘吉祥(通信作者)

上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室

客座研究人员

厦门大学建筑与土木工程学院

助理教授,博士,u3004679@connect.hku.hk

0 引言

人口老龄化已逐渐成为众多国家及地区的普遍现象和发展趋势。2019年,世界上65岁及以上老年人口数量为7.0亿人。根据联合国人口署预测,到2030年、2050年、2100年,世界上65岁及以上老年人口数量将分别达到10.0亿人、13.0亿人、24.6亿人。除了绝对数量的迅猛增长,老年人口占总人口的比重也在

*基金项目:同济大学建筑与城市规划学院上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室2021年度开放基金“健康老龄化背景下社区建成环境对老年人步行活动的非线性作用机制研究”(编号20210202);四川省科学技术厅2022年四川省软科学项目“积极应对人口老龄化战略下社区适老化步行环境建设研究”(编号2022JDR0178)资助。

不断上升。2019年该比重为9.1%，预计2030年、2050年、2100年将达到11.7%、15.9%、22.6%^[1]。我国是当今世界上老年人口最多的国家，老龄化形势非常严峻。根据最新公布的第七次全国人口普查数据，60岁及以上老年人口数量为2.64亿人，占比为18.7%；65岁及以上老年人口数量为1.91亿人，占比为13.5%。

近年来，我国政府部门开始重视人口老龄化相关问题。2016年10月，国家住建部、发改委、国土资源部、交通运输部等25个部门联合公布《关于推进老年宜居环境建设的指导意见》，明确了构建适老居住环境、适老出行环境、适老健康支持环境、适老生活服务环境、敬老社会文化环境的老年宜居环境建设工作内容。2017年3月，国家卫计委、发改委等13个部门印发《“十三五”健康老龄化规划》。2020年10月底，党的十九届五中全会明确提出“实施积极应对人口老龄化国家战略”，第一次将积极应对人口老龄化提升到国家战略的高度，确定为国家的中心工作之一。2021年3月，“实施积极应对人口老龄化国家战略”被写入“十四五”规划纲要。人口老龄化对国家社会经济的多个方面有着重要影响。全方位、多维度地采取积极有效的措施，做好应对老龄化的各种准备具有必要性与紧迫性，满足老年人的日常生活需要势在必行^[2]。

移动性（即流动性，mobility）不仅指交通出行的能力，还包括物质空间创造的移动条件和移动机会^[3]。普遍认为，移动性和老年人的生活质量和福祉息息相关，移动性的丧失会显著降低福祉^[4]。对老年人而言，较之居住移动性（较长距离的居住迁移），日常移动性（购物、休闲等较短距离的出行）更为重要^[5]。日常移动性是个人生活、社会交往，以及社会情感福祉的前提条件。具体而言，老年人由于其生命周期阶段的变化（如退休）或与年龄增长有关的遭遇（如伴侣死亡），社会交往变得越来越少^[6]。然而，老年人可通过出行获取城市服务，进行社会交往，实现社会参与，这直接影响到他们的生活质量。

建成环境（built environment）是指人为建设

的各种建筑物和场所，以及可通过人的活动加以更改的环境^[7]。它是人居环境（human settlement）和地理环境（geographical environment）的重要组成部分，受到城市规划、地理、交通、公共健康、GIS等多个学科的关注。最常用的建成环境量化方法是“3Ds”模型^[8]。该模型包括密度（density）、多样性（diversity）和设计（design）。此后，“3Ds”模型进一步拓展为“5Ds”模型（增加了目的地可达性destination accessibility和公交可达性distance to transit）和“7Ds”模型（增加了出行需求管理demand management和人口统计特征demographics）^[9]。

建成环境决定了不同活动的空间分布及活动之间的时间约束（阻抗），直接影响个体移动性^[10]。大量实证研究显示，建成环境对个体移动性和出行行为（travel behavior或mobility behavior）有显著影响，其特征可能对出行起着促进或抑制的作用^{[11][14]}。因此，从社区建成环境入手，探讨如何提升老年人移动性，满足其出行需求，促进其出行，以提高其生活质量和福祉，十分必要^{[12][7]}。识别与老年人移动性紧密相关的社区建成环境要素是精准规划干预及建成环境优化方案实施的第一步^[13]。

本文以厦门市为例，研究建成环境对老年人移动性的两个重要指标——出行倾向（propensity to travel）和出行次数（trip frequency）的影响，分析适老化出行环境特征，尝试回答“老年人在什么样的建成环境中更愿意出行”“老年人出行倾向和次数受到哪些建成环境要素的显著影响”“建成环境对老年人出行倾向和次数的影响是否有较大差异”的问题。本文运用多层二元logit模型（即多层logistic回归模型）和多层负二项回归模型分别估计建成环境要素对老年人出行倾向和次数的影响并进行比较，为积极应对人口老龄化战略背景下的规划干预提供理论支持和科学支撑。

1 文献综述

现有关于老年人移动性的研究从内容上大体可分为两类：描述性分析和影响因素分

析。前者回答“是什么”的问题，而后者回答“为什么”的问题。由于影响因素众多，仅凭前者难以确定到底是哪一个或哪些建成环境特征造成了老年人移动性的差异，因此严谨地进行研究设计，并应用计量模型控制干扰因子（confounders），消除其影响，识别真正影响移动性的因素至关重要。通常来说，描述性分析是影响因素分析的必要前提和重要基础。

1.1 描述性分析

描述性分析主要关注老年人出行方式、目的、时长（即时耗）、出发到达时间、行程起讫点等多个指标，总结老年人移动模式（travel pattern或mobility pattern）。Collia等^[14]基于2001年全美家庭出行调查的分析发现：在美国，老年人出行频率、时间和距离显著低于年轻人；90%左右的老年人出行需要借助小汽车，而公共交通所占比例低于2%；老年人的通勤出行远低于年轻人。Newbold等^[15]分析了多个年度的加拿大综合社会调查数据，发现老年人的出行频率显著低于年轻人；老年人出行主要靠开车和搭车，而使用公共交通（铁路和巴士）所占比例极低；在所有的户外活动中，购买商品和享受城市服务相关的出行排在第一位。Rosenbloom等^[16]分析澳大利亚老年人的出行行为，指出：老年人汽车出行所占比例为73%，而公交仅占5%；55.6%的老年人每年仅有1—2天使用公共交通。Tacken^[17]分析荷兰全国交通调查数据，指出大约50%的老年人出行靠小汽车，低于7%的出行靠公共交通，40%—50%的出行靠步行和自行车。

一些国内研究总结了老年人的出行模式。刘嘉丽等^[18]通过调查问卷分析，发现上海市农村老年人生活型出行比例低，生存型出行比例高。Szeto等^[19]分析了2011年香港交通习惯调查数据，得出以下结论：90%以上的老年人依靠公共交通出行；老年人使用公共交通的比例明显高于年轻人；老年人的主要出行目的为购物和餐饮，而年轻人则为通勤和通学；多数老年人避开早晚高峰，实现错峰出行。

部分研究并未着眼于老年人总体出行特

征和模式,而是聚焦在某一类别的出行(比如购物出行、休闲出行)。Schwanen等^[20]对比了荷兰兰斯塔德有车和无车老年人休闲出行行为的差异。Schmöcker等^[21]比较了老年人和残疾人的工作出行频率、个人事务出行频率、购物出行频率,和休闲出行频率。刘正莹等^[22]分析了大连老年人户外休闲出行频率,并总结了它与建成环境的关系。曹根榕等^[23]梳理了上海中心城区老年人步行购物行为特征。杨东峰等^{[24]101}运用比较案例研究方法,归纳了老年人日常购物出行行为特征。

1.2 影响因素分析

影响因素分析主要运用由政府部门或研究者自行组织的出行调查数据,建立计量经济模型(如多元回归模型、离散选择模型、结构方程模型)来分析和识别影响老年人移动性的重要因素,明确哪些建成环境要素能起到决定性的作用,并估计这些要素的边际效应或者弹性。少量研究基于比较案例的研究方法^{[24]101}。主要的出行行为影响因素可分为两大类:个人或家庭的社会经济属性(如年龄、性别、是否有小汽车、家庭成员数量等)和社区(或邻里)建成环境属性(如人口密度、就业密度、土地利用混合度、公共交通可达性等)。除此之外,公共交通服务属性(如优先座位和免费公交)、社会环境、态度、偏好等影响因素也得到一些关注。

个人或家庭的社会经济属性(内部属性)被认为是影响老年人移动性的重要因素。现有研究发现了多种显著影响老年人移动性的社会经济属性,如年龄^{[25]75}、性别^{[25]75}、教育水平^{[25]75}、家庭结构^[26]、家庭成员数量^{[11]14}、健康状况^[27]、家庭消费^{[25]75}、家庭收入^[28]、有无小汽车^{[25]75}、有无驾照^{[11]14}、有无工作^{[25]75}、是否独居^{[12]79}、种族^[29]。

建成环境(外部条件)受到较多关注。其测度指标包括人口密度、土地利用混合度(熵值)、公共交通可达性、交叉口密度、休闲设施可达性、街道绿化等。国外学者较早开始了这方面的研究。例如,Wachs^[30]在1970年代末便开始关注美国老年人出行问题,认为居住

在内城和郊区的老年人出行需求有显著差异。Michael等^[31]对老年人邻里步行特征进行分析,得出购物中心可达性与美国波特兰地区老年人移动性显著正相关的结论。Pettersson等^[32]通过构建多层回归模型,发现人口密度对菲律宾马尼拉市老年人的出行频率有显著正向影响。

国内的相关研究起步较晚。杨东峰等^{[24]105}从比较案例分析的角度,对影响老年人购物的建成环境要素进行识别,发现老年人移动性与交叉口密度之间无明显联系。Yang等^[33]发现街景绿化率对香港老年人步行时间的影响具有空间异质性。刘吉祥等^[34]采用极端梯度提升决策树模型,探究建成环境和老年人活力出行之间的复杂非线性关系,得出适当提高与老年人相关服务设施的可达性可以有效促进他们出行的结论。冯建喜等^[35]认为人口密度正向显著影响老年人移动性。

1.3 小结

如上所述,国内外学者运用由政府部门组织的大规模交通出行调查(样本量通常上万)或者由研究人员自行组织的出行方式调查(样本量通常为几百到几千)的数据对老年人移动性进行了诸多研究,得出卓有成效的研究成果。从研究地域上看,北美、澳洲、西欧起步较早,成果相对丰硕。近几年来,逐渐出现了一些亚洲城市的研究。

现有研究存在两点不足。一方面,它们往往关注了不同的移动性指标,包括出行频率、出行倾向(是否出行)、出行时间或距离、步行时长、步行频率、步行倾向(是否步行)、公共交通出行频率等。它们并未基于同一案例地,对比建成环境对多个相关移动性指标的影响异同。另一方面,现有研究大多采用单层模型,忽略了数据中可能存在的嵌套结构,比如个人嵌套于社区或者交通分析小区(Traffic Analysis Zone, TAZ)。多层模型对不同层级变量(如个人一层的变量和社区一层的变量)之间的交互影响进行准确把握,没有浪费层级信息,往往参数估计更精确,得出的结果更符合

实际^[36]。因此,本文关注两个重要的移动性指标——出行倾向和次数,运用多层(两层随机截距)二元logit模型和多层负二项回归模型分别估计它们与建成环境要素的关系,并进行对比。

2 数据解析

本文选取福建省厦门市作为案例地。厦门市位于我国东南沿海,是首批经济特区之一,下辖包括思明、湖里等在内的6个区级行政单元。

2.1 出行行为和社会经济属性数据

出行行为数据是指过去24小时内受访老年人的详细出行活动信息,包括行程起讫点、出发到达时间、出行目的、主要出行方式等。社会经济属性数据包括受访老年人的性别、户籍、年龄、文化程度、家庭人数和有驾照等信息。

以上两类数据均来自厦门市交通运输局组织的2015年厦门市居民出行调查。该调查日期为于2015年6月13日—19日,由各区、街道办、镇及所属居委会配合集美大学和北京晶众智慧交通科技有限公司完成。采用分层抽样的方法,共计发放调查问卷120 603份,收回96 010份(不含6周岁以下儿童15 025人,以及集体户部分约5 000人),其中有效答卷为93 861份,有效回收率为97.8%,抽样率为3.1%。本文提取2015年厦门市居民出行调查中的60岁及以上人群进行分析。

2.2 社区建成环境数据

根据“5Ds”建成环境指标体系并兼顾数据获得性,对社区建成环境在ArcGIS 10.6软件中进行测度。从OpenStreetMap上爬取POIs(points of interests)、AOIs(areas of interests)、边界等矢量数据。社区建成环境变量包括人口密度、土地利用混合度、交叉口密度、公交线路密度和商业设施距离。

2.3 变量

本文将在过去24小时内的老年人出行倾向和次数作为两个移动性指标。出行倾向设定为虚拟变量(0或1)。如果在过去24小时内,受访老年人完成一次及以上的出行(步行、骑行、

公交出行等),该变量取值为1,否则取值为0。出行次数是离散变量。

本文的自变量包括两种类型:个人或家庭社会经济属性变量和建成环境变量。其中,性别、年龄、文化程度、家庭成员数量、有无驾照等个人或家庭社会经济属性变量是控制变量,人口密度、土地利用混合度、交叉口密度、公交线路密度、商业设施距离等建成环境变量是解释变量。人口密度和公交线路密度用一组虚拟变量进行表示。具体的变量分类及解释见表1。

3 模型构建

由于出行倾向和次数分别是虚拟变量和离散变量以及数据存在嵌套结构(每一个社区可能有多个老年人样本),因此采用多层(两层随机截距)二元logit模型和多层负二项回归模型分别对老年人出行倾向和次数进行建模。

3.1 多层二元logit模型

多层二元logit模型的公式为:

$$\Pr(y_{ij} = 1 | \mathbf{x}_{ij}, u_j) = \frac{\exp(\mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + u_j)}{\exp(\mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + u_j) + 1} \quad (1)$$

式中: y_{ij} 是居住在社区 j 的老年人 i 的出行倾向(虚拟变量); \mathbf{x}_{ij} 是居住在社区 j 的老年人 i 的自变量矩阵(1行 q 列, q 为自变量个数); $\boldsymbol{\beta}$ 是系数矩阵(q 行1列); u_j 是社区 j 的随机效应; $\Pr(y_{ij} = 1 | \mathbf{x}_{ij}, u_j)$ 是在 \mathbf{x}_{ij} 和 u_j 的条件下, $y_{ij}=1$ 的概率。

3.2 多层负二项回归模型

多层负二项回归模型的公式为:

$$y_{ij} | \zeta_{ij} \sim \text{Poisson}(\zeta_{ij}) \quad (2)$$

$$\zeta_{ij} | u_j \sim \text{Gamma}\left(\frac{1}{\alpha}, \frac{1}{1 + \alpha u_j}\right) \quad (3)$$

$$\mu_{ij} = E(y_{ij} | \mathbf{x}_{ij}, u_j) = \exp(\mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + u_j) \quad (4)$$

$$\Pr(y_{ij} = y | u_j) = \frac{\Gamma(y + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(y + 1)\Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left(\frac{1}{1 + \alpha u_j}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left(\frac{\alpha u_j}{1 + \alpha u_j}\right)^y \quad (5)$$

式中: y_{ij} 是居住在社区 j 的老年人 i 的出行次数(离散变量); ζ_{ij} 是潜变量; u_j 是社区 j 的随机效应; α 是常量; \mathbf{x}_{ij} 是居住在社区 j 的老年人 i 的自变量矩阵(1行 q 列, q 为自变量个数); $\boldsymbol{\beta}$ 是系数矩阵(q 行1列); u_j 是在 \mathbf{x}_{ij} 和 u_j 的条件下, y_{ij} 的期望; $\Pr(y_{ij} = y | u_j)$ 是在 u_j 的条件下, $y_{ij}=y$ 的概率。

4 分析结果

本文运用多层二元logit模型和多层负二项回归模型分别估计建成环境要素对老年人出行倾向和次数的影响。剔除变量信息不完整的样本后,样本量为12 082。在进行正式多层回归分析之前,建立不包含任何自变量的多层回归空模型(零模型),发现随机截距方差(组间方差)显著不为0,说明有建立多层模型的必要。表2显示了正式多层二元logit模型和多层负二项回归模型的分析结果。似然比检验(likelihood-ratio test)的结果表明多层模型的解释能力显著高于单层模型。

老年人的个人或家庭社会经济属性是本文的控制变量。它们在两个模型中的表现(显著性和方向)极为一致。性别、年龄、文化程度、家庭成员数量、有无驾照在两个模型中均显著。这说明男性、年轻、文化程度高、家庭成员数量少以及拥有驾照的老年人出行倾向更高和出行次数更多。这与已有的研究结果较为相似^[37]。首先,男性老年人出行倾向和次数均高于女性。受我国传统观念和“男主外,女主内”的家庭分工模式影响,男性老年人出门处理个人和家庭事务的机会高于女性。其次,年龄越大的老年人移动性越低,这是因为随着年龄增长,老年人的身体机能不断衰退,出行能力逐渐受到制约。此外,老年人的文化程度正向影响其移动性,合理的解释是文化程度越高的老年人更倾向于参加社交活动。最后,家庭成员越多,老年人移动性越低。原因是在多人家庭中,家庭成员可以为老年人分担家务(如购买日常生活用品、药品等),降低了他们出门的必要性^{[11]14}。

分析建成环境对老年人移动性的影响是

表1 变量描述和描述性统计

Tab.1 Description and summary of the dependent and independent variables

变量	描述	均值/比例	标准差	
因变量	出行倾向	虚拟变量,在过去24小时曾经出行=1,未曾出行=0	0.76	—
	出行次数	离散变量,在过去24小时的出行次数,单位:次	1.99	1.52
自变量: 个人或家庭社会经济特征	性别	虚拟变量,男性=1,女性=0	0.50	—
	年龄	连续变量,单位:岁	67.63	6.93
	文化程度	定序变量,小学及以下=1,初中=2,高中或中专=3,大专=4,本科=5,研究生及以上=6	2.06	1.67
	家庭成员数量	离散变量,单位:个	3.15	1.39
	有无驾照	虚拟变量,拥有驾照=1,没有驾照=0	0.10	—
	人口密度 ≤ 300	作为对照组的虚拟变量,如果人口密度 ≤ 300人/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.76	—
	300 < 人口密度 ≤ 400	虚拟变量,如果300人/hm ² < 人口密度 ≤ 400人/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.13	—
	人口密度 > 400	虚拟变量,如果人口密度 > 400人/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.11	—
	土地利用混合度	连续变量,即土地利用熵值 = $-\sum p_i \ln p_i / \ln N$, p_i 为第 i 种土地所占比例, N 为土地种类	0.68	0.15
	交叉口密度	连续变量,单位:条/hm ²	0.22	0.25
自变量: 建成环境指标	公交线路密度 ≤ 1.5	作为对照组的虚拟变量,如果公交线路密度 ≤ 1.5条/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.84	—
	1.5 < 公交线路密度 ≤ 2.0	虚拟变量,如果1.5条/hm ² < 公交线路密度 ≤ 2.0条/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.10	—
	公交线路密度 > 2.0	虚拟变量,如果公交线路密度 > 2.0条/hm ² ,该变量为1,否则为0	0.06	—
	商业设施距离	连续变量,单位:km	9.20	0.01

资料来源:笔者自制。

本文的核心。土地利用混合度在模型一、模型二中均在1%的水平上显著。这表明土地利用混合度越高,老年人越愿意出行。这是因为土地利用混合度越高,往往对应着目的地类型越丰富。换句话说,社区土地利用混合度越高,设施功能往往就越复合、齐全,越容易满足老年人的多种需求(如餐饮、休闲、娱乐、购物等),因此越能吸引老年人出行。此外,商业设施距

离在两个模型中均在1%的水平显著,且系数为负,表明商业设施可达性越高,老年人越愿意出行。这符合预期,也与黄建中等^[38]的研究结论一致。

在模型一中,人口密度为300—400人/hm²的虚拟变量在10%的水平上显著,而人口密度大于400人/hm²的虚拟变量并不显著。这说明生活在特定人口密度区间的社区的老年人更

倾向于出行。也说明人口密度和老年人移动性变量的关系较为复杂,使用连续变量来表示人口密度可能并不合适。在模型二中,两个人口密度虚拟变量均不显著。

在模型一中,公交线路密度在1.5—2.0条/hm²的虚拟变量在10%的水平上显著,而公交线路密度大于2.0条/hm²的虚拟变量并不显著。这说明生活在特定公交线路密度区间的社区的老年人更倾向于出行。也说明在一定程度上,公交可达性具有老年人移动性提升作用,但是超出一定范围后,该作用发生明显变化。公交线路密度和老年人移动性变量的关系较为复杂,使用连续变量来表示公交线路密度可能并不合适。这与Yang^[11]和Yang等^[12]在香港的实证研究发现有一致的地方,但也有一定的差异。一方面,上述研究认为,东亚国家的大多数城市属于公交依赖型城市(transit-dependent city),特点是公交分担率较高(比如香港接近90%),因此公交可达性提升个体移动性就极为合理了。本文提供了公交可达性具有移动性提升作用的实证证据。另一方面,不同于既有研究,本文还说明了公交可达性对移动性的提升作用并非是无条件的。

国内外通常根据60岁或65岁的年龄阈值设定来界定老年人。为了确保主要结论的可信度和稳健性,本文将老年人界定的年龄阈值从60岁改设为65岁(样本量从12 082缩减到7 198),并重新估计模型一和模型二,对结果稳健性进行检验。表3展示了稳健性检验结果。由此发现核心变量系数在符号和显著性上几乎没有变化,证明本文的主要结论具有稳健性。

5 结论与启示

本文以厦门市作为案例地,融合2015年厦门市居民出行调查数据和社区建成环境数据,建立多层二元logit和负二项回归模型,探索以“5Ds”模型刻画的建成环境与老年人移动性(包括出行倾向和次数)的内在联系,识别显著影响老年人移动性的建成环境因素,为我国未来规划和建设适老化出行环境提供重要理论参考和科学依据。研究发现:土地利用

表2 多层二元logit模型和多层负二项回归模型分析结果

Tab.2 Multilevel binary logit and negative binomial regression modeling results

模型结果		模型一:出行倾向		模型二:出行次数		
		系数	z值	系数	z值	
变量	个人或家庭社会经济特征					
	性别	0.085*	1.71	0.028*	2.03	
	年龄	-0.071**	-20.33	-0.021**	-19.43	
	文化程度	0.177**	6.99	0.038**	5.86	
	家庭成员数量	-0.310**	-16.71	-0.046**	-8.71	
	有无驾照	0.519**	5.37	0.108**	4.91	
	300 < 人口密度 ≤ 400	0.563*	2.40	0.046	0.73	
	人口密度 > 400	-0.041	-0.18	-0.043	-0.69	
	建成环境指标					
	土地利用混合度	1.013**	3.66	0.342**	4.04	
交叉口密度	0.160	0.64	0.026	0.37		
1.5 < 公交线路密度 ≤ 2.0	0.397*	1.65	0.091	1.41		
公交线路密度 > 2.0	-0.269	-0.98	-0.037	-0.49		
商业设施距离	-0.021**	-3.15	-0.005**	-2.63		
常量		6.117		17.22	1.904	18.11
组间方差		0.721		0.056		
对数似然值		-5 811.140		-20 750.580		
样本量		12 082				

注:**、*分别表示在1%、10%的水平上显著。

资料来源:笔者自制。

表3 稳健性检验结果

Tab.3 Robustness check results

模型结果		模型三:出行倾向		模型四:出行次数		
		系数	z值	系数	z值	
变量	个人或家庭社会经济特征					
	性别	0.020	0.32	0.044*	2.37	
	年龄	-0.082**	-16.35	-0.029**	-17.16	
	文化程度	0.230**	7.45	0.052**	6.19	
	家庭成员数量	-0.354**	-14.84	-0.072**	-9.86	
	有无驾照	0.374*	2.62	0.115**	3.19	
	300 < 人口密度 ≤ 400	0.568*	2.24	0.077	0.96	
	人口密度 > 400	0.025	0.10	-0.011	-0.14	
	建成环境指标					
	土地利用混合度	1.002*	3.07	0.392**	3.43	
交叉口密度	0.166	0.62	0.050	0.56		
1.5 < 公交线路密度 ≤ 2.0	-0.321	-1.08	-0.041	-0.43		
公交线路密度 > 2.0	0.422	1.61	0.108	1.32		
商业设施距离	-0.022*	-2.89	-0.005*	-1.88		
常量		7.081		14.72	2.445	15.61
组间方差		0.787		0.089		
对数似然值		-3 650.590		-12 132.550		
样本量		7 198				

注:**、*分别表示在1%、10%的水平上显著。

资料来源:笔者自制。

混合度、商业设施距离、人口密度和公交线路密度是厦门老年人移动性的空间影响因子。具体而言,土地利用混合度和商业设施可达性与老年人移动性正相关;人口密度和公交线路密度对老年人移动性的影响较为复杂,存在提升移动性的最优取值区间;社会经济属性和建成环境对出行倾向和次数二者的影响较为相似,但也有所差异。

我国是“未富先老”、“未备先老”、老年人口数量最多的国家。老龄化程度的不断加剧已促使决策者、学者和大众开始关注老龄化相关问题。在积极应对人口老龄化国家战略背景和重大需求下,各个学科对老龄化相关问题进行研究将更有必要性。由于社区是老年人日常生活和社会交往的主要空间^[39],通过相关政策干预与规划设计来提高社区环境的适老化水平,对改善老年人群体的身心健康、生活质量及福祉十分必要。构建满足老年人需要的支持性生活环境是未来的研究重点,也是城市规划、城市管理、公共管理、人文地理、公共健康等学科参与解决众多地区共同面临的科学问题的重要手段。

老年人移动性与其身心健康、生活质量和幸福感等息息相关,因此它成为学界关注的热点。但是,不可避免地,老年人面临着日常移动性自然衰退的问题。本文识别影响老年人移动性的社区建成环境要素,明确适老化出行的建成环境指标,为关注老年人的空间设计和规划提供技术支持和决策依据,以更好地响应积极应对人口老龄化战略,服务于社区与城市的发展。本文旨在通过建成环境的优化,提升老年人移动性,促进其出行,减少因孤独、身体机能退化以及社会排斥等造成的生活幸福感缺失的问题。因此,本文既具有科学价值——加深人们对老年人出行这一重要问题的认识和理解,又具有现实意义——为提升老年人移动性的社区环境规划方法探讨和空间环境调整与优化提供重要依据。本文与《国家积极应对人口老龄化中长期规划》中提到的“打造高质量为老服务”的工作任务相一致,是对世界卫生组织提出的老年友好城市(age-friendly city)、老年友好社区(age-friendly

community) 概念以及当前积极应对人口老龄化国家战略的积极响应。

本文发现土地利用混合度和商业设施可达性对老年人出行倾向和次数有显著影响。因此认为:首先,在人口老龄化的时代,构建功能复合、多样的社区环境显得十分重要。其次,在未来的城市空间规划布局中,应该更多地考虑在老年人聚集区域配置充足的商业设施,以满足其生活需要。需要注意的是,老年人对不同商业设施的偏好有明显区别。比如,相对于大型购物商场或大型超市,他们可能更倾向于前往菜市场、便利店等小型生活服务设施^[40]。因此,在适老化规划设计中,充分考虑商业设施异质性必不可少。此外,本文还发现人口密度和公交可达性与老年人移动性的复杂关系。优化完善建成环境时,不能盲目地提升/降低某一个或多个指标,需要明确它们并非越大越好或者越小越好,而是存在最适合的取值区间^[41]。这样才能在有限的投入制约下,更好地提升老年人移动性。

需要指出的是,囿于数据缺乏,本文未能将一些可能的影响因素(如偏好和态度)纳入分析。未来将组织多期调研,搜集相关数据,以便对老年人出行及其影响因素之间的关系进行更深入的探讨。

参考文献 References

- [1] United Nations. World population prospects 2019[M]. 2019.
- [2] 郑功成. 实施积极应对人口老龄化的国家战略[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(22): 19-27. ZHENG Gongcheng. Implementing a national strategy of responding proactively to population aging[J]. Frontiers, 2020(22): 19-27.
- [3] 黄建中, 胡刚钰, 李敏. 城市建成环境与老年人移动性衰退相互关系研究回顾与展望[J]. 华中建筑, 2017, 35(6): 102-107. HUANG Jianzhong, HU Gangyu, LI Min. Research review and prospect on the relationship between urban built environment and mobility decline in the

- elderly[J]. Huazhong Architecture, 2017, 35(6): 102-107.
- [4] CAO J, ZHANG J. Built environment, mobility, and quality of life[J]. Travel Behaviour and Society, 2015, 5: 1-4.
- [5] 黄建中, 吴萌, 肖扬. 老年人日出行行为的影响机制研究——以上海市中心城区为例[J]. 上海城市规划, 2016(1): 72-76. HUANG Jianzhong, WU Meng, XIAO Yang. The mechanism of the elderly's daily travel behavior: evidence from Shanghai central city[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2016(1): 72-76.
- [6] VAN DEN BERG P, KEMPERMAN A, DE KLEIJN B, et al. Ageing and loneliness: the role of mobility and the built environment[J]. Travel Behaviour and Society, 2016, 5: 48-55.
- [7] HANDY S L, BOARNET M G, EWING R, et al. How the built environment affects physical activity: views from urban planning[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2002, 23(2): 64-73.
- [8] CERVERO R, KOCKELMAN K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1997, 2(3): 199-219.
- [9] EWING R, CERVERO R. Travel and the built environment: a meta-analysis[J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3): 265-275.
- [10] 李敏, 胡刚钰, 黄建中. 上海市老年人社区服务设施需求特征研究——基于步行能力差异的视角[J]. 上海城市规划, 2017(1): 25-31. LI Min, HU Gangyu, HUANG Jianzhong. Research on the demand characteristics of community service facilities for the elderly in Shanghai: based on the perspective of walking abilities difference[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2017(1): 25-31.
- [11] YANG L. Modeling the mobility choices of older people in a transit-oriented city: policy insights[J]. Habitat International, 2018(76): 10-18.
- [12] YANG L, CUI X. Determinants of elderly mobility in Hong Kong: implications for elderly-friendly transport[J]. China City Planning Review, 2020, 29(1): 74-83.
- [13] CHENG L, CHEN X, YANG S, et al. Active travel for active ageing in China: the role of built environment[J]. Journal of Transport Geography, 2019, 76: 142-152.
- [14] COLLIA D V, SHARP J, GIESBRECHT L. The 2001 national household travel survey: a look into the travel patterns of older Americans[J]. Journal of Safety Research, 2003, 34(4): 461-470.
- [15] NEWBOLD K B, SCOTT D M, SPINNEY J E. Travel behavior within Canada's older population: a cohort analysis[J]. Journal of Transport Geography, 2005, 13(4): 340-351.
- [16] ROSENBLUM S, MORRIS J. Travel patterns of older Australians in an international context: policy

- implications and options[J]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1998, 1617(1): 189-193.
- [17] TACKEN M. Mobility of the elderly in time and space in the Netherlands: an analysis of the Dutch National Travel Survey[J]. *Transportation*, 1998, 25(4): 379-393.
- [18] 刘嘉丽, 胡刚钰, 黄建中. 特大城市农村地区老年人交通出行特征及影响因素研究——以上海市为例[J]. *城市发展研究*, 2018, 25 (11): 135-139.
LIU Jiali, HU Gangyu, HUANG Jianzhong. Study on the characteristics and influencing factors of old people's traffic trip in rural areas of megacity: taking Shanghai as an example[J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(11): 135-139.
- [19] SZETO W Y, YANG L, WONG R C P, et al. Spatio-temporal travel characteristics of the elderly in an ageing society[J]. *Travel Behaviour and Society*, 2017, 9: 10-20.
- [20] SCHWANEN T, DIJST M, DIELEMAN F M. Leisure trips of senior citizens: determinants of modal choice[J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2001, 92: 347-360.
- [21] SCHMÖCKER J D, QUDDUS M, NOLAND R. Estimating trip generation of elderly and disabled people: analysis of London data[J]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2005, 1924(1): 9-18.
- [22] 刘正莹, 杨东峰. 邻里建成环境对老年人户外休闲活动的影响初探——大连典型住区的比较案例分析[J]. *建筑学报*, 2016 (6): 25-29.
LIU Zhengying, YANG Dongfeng. Exploring the impact of the built environment on outdoor recreational activities of the elderly in the neighborhood: a comparative study of four typical neighborhoods in Dalian[J]. *Architectural Journal*, 2016(6): 25-29.
- [23] 曹根榕, 卓健. 城市老年人步行购物对商业设施选择的时空影响因素分析——基于上海中心城区3个典型居住区的实证研究[J]. *上海城市规划*, 2017 (4): 101-106.
CAO Genrong, ZHUO Jian. Analysis on influencing factors of the choice on commercial facilities for the elderly going shopping on foot in the city: an empirical study of three typical residential communities in central Shanghai[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2017(4): 101-106.
- [24] 杨东峰, 刘正莹. 邻里建成环境对老年人身体活动的影响——日常购物行为的比较案例分析[J]. *规划师*, 2015, 31 (3): 101-105.
YANG Dongfeng, LIU Zhengying. The influence of built environment on senior activities: daily shopping activity analysis[J]. *Planners*, 2015, 31(3): 101-105.
- [25] WONG R C P, SZETO W Y, YANG L, et al. Public transport policy measures for improving elderly mobility[J]. *Transport Policy*, 2018, 63: 73-79.
- [26] FENG J, DIJST M, WISSINK B. Elderly co-residence and the household responsibilities hypothesis: evidence from Nanjing, China[J]. *Urban Geography*, 2015, 36(5): 757-776.
- [27] 冯建喜, 黄旭, 汤爽爽. 客观与主观建成环境对老年人不同体力活动影响机制研究——以南京为例[J]. *上海城市规划*, 2017 (3): 17-23.
FENG Jianxi, HUANG Xu, TANG Shuangshuang. Comparing the influences of objective and subjective built environments on physical activities participation among the elderly: a case study of Nanjing, China[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2017(3): 17-23.
- [28] 陆伟, 周博, 安丽, 等. 居住区老年人日常出行行为基本特征研究[J]. *建筑学报*, 2015, (z1): 176-179.
LU Wei, ZHOU Bo, AN Li, et al. Study on basic characteristics of daily travel behavior of elderly in residential districts[J]. *Architectural Journal*, 2015(z1): 176-179.
- [29] EVANS E L. Influences on mobility among non-driving older Americans[J]. *Transportation Research Circular E-C026*, 2001(7): 151-168.
- [30] WACHS M. Transportation for the elderly: changing lifestyles, changing needs[M]. Oakland: University of California Press, 1979.
- [31] MICHAEL Y, BEARD T, CHOI D, et al. Measuring the influence of built neighborhood environments on walking in older adults[J]. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2006, 14(3): 302-312.
- [32] PETERSSON P, SCHMÖCKER J D. Active ageing in developing countries: trip generation and tour complexity of older people in Metro Manila[J]. *Journal of Transport Geography*, 2010, 18(5): 613-623.
- [33] YANG L, LIU Y, LIANG Y, et al. Spatially varying effects of street greenery on walking time of older adults[J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2021, 10(9): 596.
- [34] 刘吉祥, 肖龙珠, 王波. 建成环境对老年人活力出行的影响——基于极端梯度提升决策树的研究[J]. *科技导报*, 2021, 39 (8): 102-111.
LIU Jixiang, XIAO Longzhu, WANG Bo. Non-linear effects of built environment on elderly's active travel: an extreme gradient boosting approach[J]. *Science & Technology Review*, 2021, 39(8): 102-111.
- [35] 冯建喜, 杨振山. 南京市城市老年人出行行为的影响因素[J]. *地理科学进展*, 2015, 34 (12): 1598-1608.
FENG Jianxi, YANG Zhenshan. Factors influencing travel behavior of urban elderly people in Nanjing[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(12): 1598-1608.
- [36] 杨菊华. 多层模型在社会科学领域的应用[J]. *中国人口科学*, 2006 (3): 44-51, 95.
YANG Juhua. Application of multilevel modeling techniques in social science research[J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2006(3): 44-51, 95.
- [37] LUIS F, GÓMEZ D C, PARRA D B. Built environment attributes and walking patterns among the elderly population in Bogotá[J]. *America Journal of Preview*, 2010, 38(6): 592-599.
- [38] 黄建中, 马煜箫, 胡刚钰. 基于健康视角的老年人出行行为研究进展[J]. *科技导报*, 2020, 38 (7): 69-75.
HUANG Jianzhong, MA Yuxiao, HU Gangyu. A review of research on travel behaviors of the elderly from a health perspective[J]. *Science & Technology Review*, 2020, 38(7): 69-75.
- [39] 李经纬, 范晨璟, 田莉, 等. 社区建成环境对老年人社会交往活动的影响研究[J]. *人文地理*, 2021, 36 (1): 56-65.
LI Jingwei, FAN Chenjing, TIAN Li, et al. Study on the impact of neighborhood built environment on social activities of elderly[J]. *Human Geography*, 2021, 36(1): 56-65.
- [40] FENG J. The influence of built environment on travel behavior of the elderly in urban China[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2017, 52: 619-633.
- [41] YANG L, AO Y, KE J, et al. To walk or not to walk? Examining non-linear effects of streetscape greenery on walking propensity of older adults[J]. *Journal of Transport Geography*, 2021, 94: 103099.