



DOI:10.12404/j.issn.1671-1815.2305515

引用格式: 邬岚, 成迎吉, 尹超英, 等. 基于信息干预的慢行出行行为[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(19): 8314-8322.

Wu Lan, Cheng Yingji, Yin Chaoying, et al. Non-motorized travel behavior based on information intervention[J]. Science Technology and Engineering, 2024, 24(19): 8314-8322.

基于信息干预的慢行出行行为

邬岚, 成迎吉, 尹超英, 任斯奇, 陆豪冬

(南京林业大学汽车与交通工程学院, 南京 210037)

摘要 为研究影响出行者选择慢行出行行为的信息及其影响程度, 基于保护动机理论分析慢行出行行为的信息干预作用机制, 通过慢行交通行为调查问卷及信息干预实验, 研究信息干预前后出行者出行行为的变化, 分析信息干预对慢行出行行为的影响机制。研究表明: ①健康类信息、环境类信息和政策引导类信息对于慢行出行都有促进作用, 其中政策引导类干预效果最佳。②自我效能、严重性、反应效能、成本四个要素对于慢行出行的意愿程度有显著的影响作用, 人口统计学变量对信息干预实验效果并无显著影响。信息干预能够对出行者的慢行出行产生正相关影响, 能有效诱导慢行出行。

关键词 慢行出行; 信息干预; 保护动机理论; 出行引导

中图分类号 U491; **文献标志码** A

Non-motorized Travel Behavior Based on Information Intervention

WU Lan, CHENG Ying-ji, YIN Chao-ying, REN Si-qi, LU Hao-dong

(College of Automobile and Traffic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

[Abstract] To investigate how the information influence travelers' choice of non-motorized travel behavior and its degree of influence, the information intervention mechanism of non-motorized travel behavior was analyzed based on the theory of protective motivation. Through questionnaires and information intervention experiments on non-motorized travel behavior, the changes in travelers' travel behavior before and after the information intervention were studied. The impact mechanism of information intervention on non-motorized travel behavior was analyzed. The results show these as follows. Health information, environmental information, and policy guidance information all contribute to non-motorized travel, with policy guidance interventions having the best effect. Self-efficacy, severity, reflective efficacy, and cost have a significant impact on the level of willingness to engage in non-motorized travel, while demographic variables have no significant effect on the effectiveness of information intervention experiments. Information interventions can positively correlate with travellers' non-motorized travel and can be effective in inducing non-motorized travel.

[Keywords] non-motorized travel; information intervention; protection motivation theory; travel guide

随着城市化进程的加快, 道路资源逐渐紧缺步行等慢行交通得到重视, 基于慢行出行的研究不断深入, 实践证明慢行系统对于解决城市交通问题具有重要作用^[1-3]。利用信息传播的效率高、范围广、成本低等特性, 对出行行为进行干预, 如何达到成本低、影响持久的目的, 值得探讨和研究。吴娇蓉等^[4]选取公共设施沿街布置、成片布置和混合布置的 3 种典型居住小区, 研究三类小区公共设施的布局与非通勤活动的慢行出行行为的相关性, 发现混合布置的居住区居民慢行出行行为最多, 公共设施布局对日均 1 次及以上的慢行出行影响最大。通过建立考虑慢行交通影响的多目标区域交通路径优

化双层规划模型, 王建新等^[5]构建出一个路网饱和度和明显下降, 对街区内的居民影响和生态环境破坏明显减少的街区交通微循环网络。苏书杰^[6]从步行的安全感及其影响因素开展研究, 提出街道行人出行行为的丰富程度与步行环境质量有密切关系, 且行人对街道的安全性感受更多来自步行环境给人的安全感, 为提升出行安全感以促进行人选择步行提供了可选方案。为了研究影响慢行交通方式选择的指标, 陈文强等^[7]利用 Lasso-logistic 回归模型筛选影响慢行出行选择的显著性指标, 并结合神经网络模型得出空气质量、交通状况、道路熟悉程度等是影响步行选择的显著性因素。马欢欢等^[8]

收稿日期: 2023-07-21; 修订日期: 2023-11-27

基金项目: 国家自然科学基金(72204114); 教育部人文社科基金(22YJC630191)

第一作者: 邬岚(1977—), 女, 汉族, 湖北武汉人, 博士, 副教授。研究方向: 公交规划与智能化运营组织、网络建模及优化。E-mail: wulan@njfu.edu.cn。

利用地理空间分析方法和 PageRank 算法,对南京市新街口商业区公共自行车的使用行为进行研究,结果表明公共自行车慢行行为存在明显的通勤与商业中心辐射的空间特征差异。保护动机理论常被学者运用在医学方面以及临床研究中,王萧等^[9]对保护动机理论的应用现状进行综述,发现大多研究以基于保护动机理论的干预为主,涉及保护动机理论的意图和行为预测较少。例如,依据保护动机理论,齐家钰^[10]基于新冠肺炎疫情前后的居民出行行为问卷调查数据,对居民公共交通转移行为和出行频次减少行为进行了分析,证实疫情的环境、限行的策略以及自身安全等因素促使居民出行方式和出行频次的改变。

从上述研究可以看出建成环境、出行安全感、出行环境和出行习惯对慢行出行均有明显的影响,但这些研究大多数是用不同指标来评估出行行为,没有对出行的认知和动机以及导致出行行为改变的具体因素的充分解释。

而信息传播作为一种宣传和舆论政策措施,在多元动机影响出行方式选择过程中具有显著调节作用并具有高度政策响应度^[11]。信息干预是一种能够直接作用于行为并能改变行为的外设变量,被应用于医疗、环境治理以及出行行为的研究中,可以通过影响人们的感知、偏好和能力来影响人们的自觉行为的改变。基于信息干预机制,范爱华^[12]从更全面的视角剖析了不同交通干预措施对客观出行方式选择和偏主观感受的出行行为感知结果的影响,并结合异质出行群体划分结果,揭示了不同干预措施对各异质出行群体影响的差异。Stark 等^[13]利用信息干预促进更健康的出行方式,在奥地利和德国进行了为期一年的连续两波调查,使用结构方程模型分析干预效果,来研究青少年交通相关态度和交通方式选择的易变性。通过研究有心理健康问题的成年人的出行选择,Mackett 等^[14]发现政策干预能鼓励他们出行。通过引入拥堵收费和票价折扣作为变量,建立改进的出行决策模型,汤静妍等^[15]发现合理设置拥堵收费和票价折扣标准这类政府管理政策可以促进出行者选择公共交通出行。Geng 等^[16]界定了亲环境动机和自利动机的概念,通过建立多元回归模型,分析多重动机对出行方式选择的影响。在此研究基础上,Geng 等^[17]继续挑选实验组研究环境和健康信息对于鼓励车主选择步行和骑行的效果,并在实验中发现健康信息比环境信息更易鼓励出行者慢行。为了解析各影响因素对社交网络交通信息使用意向的影响,李睿等^[18]用结构方程模型分析潜变量对使用意向的

直接或间接影响效应,发现感知风险性对使用意向具有负向影响,其余变量对使用意向均为正向影响,其中感知易用性、感知有用性对使用意向的影响总效应最为显著。

现有研究已经表明,信息干预对出行行为的选择存在影响。然而,以往实验较少考虑政府管理政策作为信息对于出行行为的干预。且对于出行者内在情感是否使其受信息干预后改变出行行为未做过多解释。综上,现将对慢行出行有显著影响的各项指标转化成不同信息,分别为健康信息与环境信息,并增加以往研究忽略的政策引导类信息。针对以往研究的不足,引入保护动机理论框架,通过实地调研、问卷调查及后期信息干预实验来解释以下两个问题。

(1)哪种类型的信息(环境,健康,政策)在促进慢行出行方面发挥主导作用?

(2)什么样的认知或情感过程影响了车主是否会根据信息干预改变其汽车使用行为,转向慢行出行?

1 研究理论与方法

1.1 信息干预与保护动机理论机理

信息政策是指对具体行为信息的传播和反馈,旨在影响、改变受众的行为方式与选择,通常具有成本低、效果较好的特点^[19]。本文提及的信息干预是指通过纸传单、海报、电子显示屏以及网络平台等形式发布,主要以文字和图像等方式呈现的,提示出行者绿色出行或减少小汽车出行等一系列引导信息。因此本文通过信息干预的手段,期望促进出行者慢行交通的发展。

PMT(Protection Motivation Theory)理论是预测行为改变的重要理论^[20],该理论从动机因素探讨健康行为^[21],认为个体通过对威胁评估和应对评估的认知进一步形成保护动机,从而出现采取行动或抑制行动的结果。其中威胁评估由脆弱性、严重性、奖励3个要素组成,应对评估由反应效能、自我效能和反应成本3个要素组成。其中脆弱性是指个人感受到威胁所产生的伤害,其应对能力的大小。严重性是指个人感受到威胁所产生的伤害,其产生的严重程度。奖励指选择高风险行为的同时获得的高收益。反应效能指个人对于采取某种保护行为是否可以减少威胁的认知。自我效能指自己有能力采取保护行为的自信心。反应成本指采取保护行为所造成的相关时间与经济成本。本文调查问卷的结构和内容融合了保护动机理论的要素,基于 PMT 理论的影响机制,研究目的是增强出行者慢行出行

的严重性、脆弱性、反应效能和自我效能,降低出行者机动车出行的回报与反应成本。

Fisher 等^[22]提出的“信息-动机-行为技巧”模型 (information-motivation-behavioral skills model, IMB) 是在心理干预和健康行为干预中广泛应用的行为改变干预模型之一。Fisher 等^[22]指出信息、动机、行为技巧是促进行为改变的关键要素,并且强调只有三个要素均具备时所预期的行为才能发生改变。其中,信息是行为改变的必要先决条件,动机是个体对行为转变所持有的态度和行为准则,行为技巧则强调行为实施所掌握的客观技能以及主观上的自我效能。模型中的信息、动机、行为技巧三要素既可以作为实体直接影响行为,也可以通过相互作用间接影响行为。研究表明,IMB 干预模型在解释个体行为和行改变方面取得了较好的解释和预测力。

1.2 模型假设条件

1.2.1 信息与慢行出行行为

在出行者慢行出行行为改变的“信息-动机-行为技巧”信息干预模型中,信息是促进出行者慢行出行行为发生改变的必要先决条件,出行者获取正向信息越多,自觉实施相应行为的可能性就越大。因此,文中提出以下假设:

H1a:环境信息会增加选择步行或骑车的出行行为。

H1b:健康信息会增加选择步行或骑车的出行行为。

H1c:政策信息会增加选择步行或骑车的出行行为。

1.2.2 保护动机与慢行出行行为

保护动机是出行者慢行出行行为的心理倾向。Fisher 等^[22]认为个体实施某种行为会受到行为动机的影响。基于此,本文提出以下假设:

H2a:随着脆弱性和严重性的增加,选择步行或骑车的出行行为也会增加。

H2b:随着奖励的增加,选择小汽车的出行行为也会增加。

H2c:随着自我效能和反应效能的增加,选择步行或骑车的出行行为也会增加。

H2d:随着反应成本的增加,选择小汽车的出行行为也会增加。

1.3 问卷设计与调查

1.3.1 问卷设计

在量表设计中,包含个人属性、出行特性以及基于保护动机理论的出行态度调查三个部分,由被调查者根据实际情况如实填写。其中个人属性包

括性别、年龄、家庭机动车保有量以及家庭每月可支配收入 4 个维度;出行特性包含主要使用的交通方式、使用该交通方式的出行距离、时间以及次数;动机问题基于保护动机理论的六要素,即严重性、脆弱性、奖励、自我效能、反应效能和反应成本,各设计 2 个问题,共 12 题。使用李克特五分量表法,得到出行者对于不同观点的态度,同时方便进行量化处理,用于解释信息干预实验下出行行为改变的显著差异性,具体内容如表 1 所示。

表 1 保护动机六要素定义

六要素	定义
严重性	①大量使用小汽车会带来严重的环境污染,比如雾霾天气并且会带来的能源消耗以及温室气体排放问题
	②大量使用小汽车,造成的污染将对出行者的健康造成巨大危害
	③因为大量机动车的出行,对生态环境已经造成了一定的破坏
脆弱性	④由于大量使用汽车出行,我们的健康已经开始恶化,相关疾病明显增多
	⑤开车出行使我得到了便利,并且能拓宽我的人际关系
奖励	⑥开车出行使我获得更多的个人时间和空间,让我享受到了舒适性
	⑦日常出行时,我很愿意为了保护环境而优先选择步行、自行车或公共交通
自我效能	⑧即使外在条件较差,我也有很强的自制力在出行时去选择那些更绿色环保的出行方式
	⑨使用步行、自行车或公共交通是节能环保的绿色行为
反应效能	⑩使用步行、自行车或公共交通是节能环保的绿色行为
	⑪用步行或骑自行车代替汽车出行会牺牲出行者在出行途中的便利性和舒适性
反应成本	⑫用步行或骑自行车代替汽车出行会影响出行者的心情,并增加时间成本

在文献回顾和专家意见基础上开发各潜变量测量题项,并对初始问卷测试与修订,最终形成包含 21 个题项的正式问卷。

1.3.2 数据收集

此部分数据用于支持基于信息干预的慢行交通出行行为分析,数据采集基于网络调研与实地调查的方式。考虑到近些年扬州市政府在《扬州市城市总体规划》中将发展慢行交通列为重要任务以及 3 月对扬州市居民出行的实地调查后,将问卷采集

对象选定为扬州市居民。于2023年4月通过线上平台问卷星共发放540份问卷,回收519份,进行有效性筛选后保留503份,有效回收率93.15%,问卷分为三类,内容的前两个部分个人属性与出行特性、基于保护动机理论的慢行交通态度调查三类问卷都相同,第三个部分干预信息分别是环境、健康、政策,并由此将居民分为三组。为后续干预实验数据的获取做准备。

2 信息干预实验

2.1 问卷样本描述性分析

2.1.1 个人属性部分统计

由表2可知,本次有效参与调查人数共503人,其中男性225人,女性278人,样本中女性比例略高于男性,男女比约为5:4。参与本次问卷调查的被调查者年龄段主要分布在18~59岁年龄段,样本占比91.1%,因本次调查通过网络进行,18岁以下的青少年和60岁以上的老年人填写的概率较小。多数被调查者(80.3%)家庭拥有私家车,可能是随着经济发展与用车成本的降低,越来越多的家庭能够负担起私家车的费用。被调查者中家庭月可支配收入在5 000~10 000元的占比最高(37.0%),其次是2 000~5 000元(34.6%)。

表2 样本个人基本属性描述

Table 2 Personal basic attribute description

类别	人数	占比/%	
性别	男	225	44.7
	女	278	55.3
年龄	18~29岁	164	32.6
	30~39岁	132	26.2
	40~49岁	93	18.5
	50~59岁	69	13.7
	60岁及以上	45	8.9
有无私家车	有	404	80.3
	无	99	19.7
家庭月可支配收入	2 000元以下	22	4.4
	2 000~5 000元	174	34.6
	5 000~10 000元	186	37.0
	10 000~20 000元	103	20.5
	20 000元以上	18	3.6

2.1.2 出行特性统计

由表3可知,在本次调查的有效样本503份中,只有20%的被调查者日常出行的主要方式为骑行或步行,1/4(23.7%)的被调查者选择小汽车,约一半(51.7%)被调查者选择公共交通,与样本中77.7%拥有家庭私家车的结果不一致,可能是由于私家车的停车难与堵车问题,以及公共交通的花费低。绝大部分(70.7%)的被调查者使用主要交通方

表3 样本出行基本属性描述

Table 3 Travel basic attribute description

类别	人数	占比/%	
主要交通方式	小汽车	119	23.7
	公共交通	260	51.7
	骑行	92	18.3
	步行	32	6.4
该交通方式的出行距离	0~1 km	28	5.6
	1~3 km	107	21.3
	4~6 km	111	22.1
	7~10 km	110	21.9
	11~15 km	93	18.5
	16~20 km	28	5.6
	20 km以上	26	5.2
该方式的一周出行次数	1~3次	141	28.0
	4~6次	238	47.3
	7~10次	81	16.1
	10次以上	43	8.5
该方式的单次出行时间	0~5 min	24	4.8
	5~20 min	153	30.4
	20~40 min	189	37.6
	40~60 min	92	18.3
	60 min以上	45	8.9
一周选择慢行交通次数	0次	44	8.7
	1~3次	206	41.0
	4~6次	123	24.5
	7~10次	52	10.3
	10次以上	78	15.5

式的出行距离在1~10 km,在该距离内慢行交通工具有一定的优势。近一半(47.3%)的被调查者一周使用主要交通方式出行的次数为4~6次。该主要交通方式的单次出行在5~40 min的占68%。

2.2 信效度检验

运用SPSS对样本进行可靠性分析,由表4检验结果显示,所有的测量题项的Cronbach's α 系数在0.787~0.890,均超过了0.7的基本标准,表明量表的内部一致性和稳定性较好。

运用主成分分析法进行探索性因子分析,目的是观察测量指标与潜变量之间的关系是否与预期一致。对样本数据进行KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)样本测度及巴特利特(Bartlett)卡方球形检验,得到KMO值为0.909>0.7,通过了显著水平为5%的显著性检验,说明模型各变量之间的相关性较高,适合做探索性因子分析。

表4 量表效度检验

Table 4 Scale validity test

类别	数值	
KMO 取样适切性量数	0.909	
近似卡方	1 989.357	
Bartlett 球形度检验	自由度	136
	显著性	0.000

2.3 信息干预实验内容设计

本文设计干预慢行出行的信息分为三种,分别是健康信息、环境信息和政策引导信息,均与关键词“慢行交通与健康”“机动车与污染”“政策制定”相关。使用李克特五分量表法与 RP(revealed preference)调查法,得到出行者在不同情境下对于慢行交通的选择态度。具体干预内容如下:

1) 健康信息

(1) 定期体育锻炼可以降低死亡率、心血管疾病、冠心病和中风,以及降低患癌症和 2 型糖尿病的风险。

(2) 适量的运动可以缩短入睡时间,延长睡眠时间,改善睡眠质量和生活质量。

(3) 骑行能预防大脑老化、提高心肺功能,锻炼下肢肌力和增强全身耐力。

(4) 步行是最简单的锻炼方式,不易受伤,且可以缓解神经肌肉紧张,增强消化腺的分泌功能,促进肠胃有规律的蠕动。

(5) 步行或骑行因环境开放、空气流通,可降低传染病的传播概率。

2) 环境信息

(1) 机动车污染物排放已成为我国许多城市空气污染的主要来源之一,选择绿色低碳的出行方式可以节约能源、减少污染。

(2) 道路交通噪声是城市环境噪声的主要组成部分,而交通噪声主要来自于机动车的运行,适当使用慢行交通可以减少噪声污染。

(3) 露天停车场会改变城市的气流方向和速率,加剧城市热岛效应。

(4) 如果一个人将每周不超过 2 km 的 5 次行程从驾车改为步行,每年可减少碳足迹 86 kg。如果每周 4 d 骑行上班,每天骑行 8 km,每年可减少开车 3 220 km,相当于少使用了 380 升汽油和减少了 750 kg 二氧化碳排放。

(5) 中国大城市的 PM_{2.5} 排放量中,汽车尾气占 20%~35%,特别是在强雾霾期间,汽车尾气对空气污染的高达 47%,而慢行出行能减少污染。

3) 政策引导信息

(1) 政府将增加共享自行车、共享电动车的投放量。单车单次的骑行价格为 30 min 1.5 元,每超 15 min 加 1 元。

(2) 政府将增设绿色步道,对人行道进行优化设计,完善设施配备,以保证出行安全。

(3) 政府将提高地铁网络覆盖率,加密公交站点布设。

(4) 城市中心区域将采用拥堵收费政策(即在交通

拥挤时段,对部分区域道路使用者收取一定的费用)。

(5) 政府将对步行或骑行通勤予以一定的补贴,一些企业为员工提供骑行与步行补贴。

2.4 信息干预实验过程

本次进行信息干预实验的具体操作如下:

实验开始前建立 3 个微信群,将接受干预实验的 540 名出行者平分为三组,每个微信群上限为 180 人,对三个微信群分别进行环境信息、健康信息、政策引导信息的干预,即对各实验组的参与者推送 2.3 节中对应类别的五条干预信息,隔天发送一次,共计 9 d。在所有信息推送结束后,对出行者重新进行出行问卷调查,对出行者接收信息后对实际行动或已完成的行为进行统计。

如图 1 所示,问卷收集过程分为三个阶段,分别用 P1、P2 与 P3 表示。

第一阶段调查(P1),在信息干预实验之前收集参与者的个人基础信息以及基本出行情况,包括性别、年龄、家庭机动车保有量以及家庭每月可支配收入,出行方式、出行频率、出行时间以及出行距离。

第二阶段调查(P2),在健康、环境与政策引导类信息的基础上各细分五种小信息,并对三个实验组分别进行信息干预实验,以达到更好的实验目的。

第三阶段调查(P3),在信息干预实验之后收集出行者该阶段的基本出行情况,同样包括出行方式、出行频率、出行时间以及出行距离,与 P1 出行特征内容相同,以便两个阶段进行对比。

3 结果与分析

3.1 多元线性逐步回归分析模型概述

多元回归模型的一般表达式为

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

式(1)中: Y 为因变量; X 为自变量; β_0 为常数项; β_k 为回归系数; ε 为随机变量。

将信息干预实验前后出行者的基本出行情况进行收集整理,比较三种不同类型干预信息的干预效果,其中 Y 代表慢行交通选择意愿程度, X 代表保护动机理论的六个因素。并分析人口统计学变量和保护动机理论六要素是否对干预实验效果有显著影响。

3.1.1 信息干预实验前后出行变化分析

信息干预前后的出行时间及出行次数的变化,以及相关的独立样本 t 检验的结果如表 5 所示。

对于最常使用公共交通出行的参与者,实验结束后一部分出行者从公交出行转为慢行出行,三个组分别减少 0.98、0.99、0.88 次。推测在短距离内,对出行者进行适当的信息干预,可以促使出行者的慢行动机转为慢行行为,增加步行与骑行的次数。

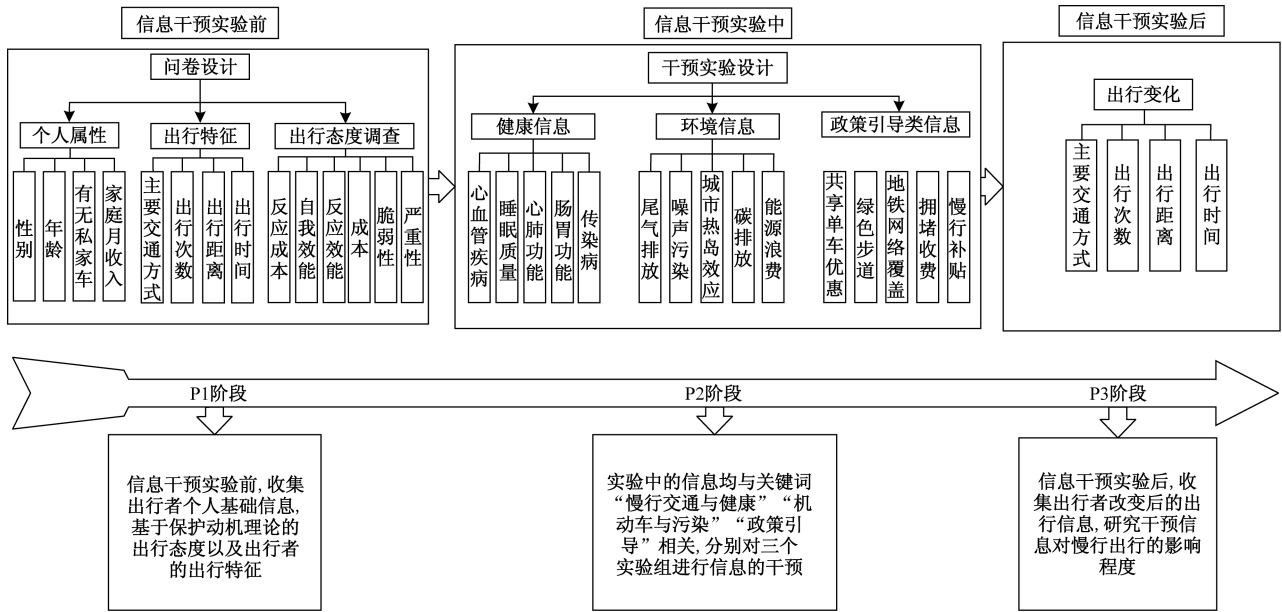


图1 信息干预实验流程图

Fig. 1 Technical roadmap flowchart of information intervention experiments

表5 干预前后出行变化

Table 5 Time and trip differences before and after the experiment

变量	环境信息组			(2) - (1)			健康信息组			(5) - (4)			政策信息组			(8) - (7)		
	T1 (1)	T2 (2)	<i>p</i> (3)	T1 (4)	T2 (5)	<i>p</i> (6)	T1 (7)	T2 (8)	<i>p</i> (9)									
出行时间差 _{步行}	21.77	34.84	13.07*** (<0.001)	20.69	34.75	+14.06*** (<0.001)	22.49	30.38	+7.89* (0.021)									
出行次数差 _{步行}	4.54	5.69	+1.15*** (<0.001)	4.53	5.69	+1.16*** (<0.001)	5	5.81	+0.81*** (<0.001)									
出行时间差 _{骑行}	19.31	40.90	+21.59*** (<0.001)	19.91	41.67	+21.76*** (<0.001)	20.06	33.03	+12.97*** (<0.001)									
出行次数差 _{骑行}	4.08	5.06	+0.98*** (<0.001)	4.09	5.07	+0.98*** (<0.001)	3.78	4.6	+0.82*** (<0.001)									
出行时间差 _{公交}	23.76	31.32	+7.56(0.055)	19.46	31.19	+11.73** (0.009)	21.31	32.15	+10.84*** (<0.001)									
出行次数差 _{公交}	5.29	4.31	-0.98*** (<0.001)	5.18	4.19	-0.99*** (<0.001)	6.11	5.23	-0.88*** (<0.001)									
出行时间差 _{汽车}	17.65	51.67	+34.02(0.138)	24.06	37.5	+13.44(0.149)	20.44	11.43	-9.01** (0.006)									
出行次数差 _{汽车}	6.88	6.15	-0.73* (0.028)	6.36	5.58	-0.78** (0.002)	6.54	5.38	-1.16*** (<0.001)									

注:列中的数据是平均值和*p*值。T1和T2分别代表第一阶段问卷和第二阶段问卷。粗体数字表示有显著差异(*表示*p*<0.05,**表示*p*<0.01,***表示*p*<0.001)。

对于选择汽车出行的参与者,实验后选择汽车出行的次数均有减少,但幅度不大。其中政策信息干预组的效果最显著,平均减少1.16次,健康信息干预组次之,平均减少0.78次,环境信息干预组最后,平均减少0.73次。

三个不同类别的干预信息实验组中,实验后的步行和骑行次数都有显著提升,平均步行次数分别增加1.15、1.16、0.81次,平均骑行次数分别增加0.98、0.98、0.82次;步行和骑行的出行时间也相应地增加了。

综上所述,从信息干预前后出行行为变化的显著性来看,三种类型的干预信息中政策信息干预组的效果最好,对于促进慢行出行有着主导作用,其次是健康信息,最后是环境信息。

3.1.2 保护动机理论结构的线性逐步回归

为研究保护动机理论六要素及人口统计学变

量与信息干预实验效果之间的关联性,分别以信息干预实验前后的某种交通方式出行时间差与出行次数差为因变量,以保护动机理论六要素及人口统计学变量为自变量,进行逐步线性回归分析。

如表6所示,除公共交通出行时间差和汽车出行时间差与保护动机理论六要素无显著相关以外,其余6项都可以在95%置信水平下通过PMT理论中的要素来解释。其中 D_{time} 和 D_{trip} 分别代表信息干预实验前后的出行时间差与出行次数差。

从人口统计学变量的角度分析,仅汽车出行次数差将性别这一项纳入了逐步线性回归分析中,其余组别都与人口统计学变量无关。可知人口统计学变量对信息干预实验效果并无显著影响,即性别、年龄、家庭月可支配收入、家庭是否拥有私家车等因素并不影响信息干预实验对出行者交通方式选择的改变。

表6 保护动机理论和人口统计学变量的逐步线性回归结果
Table 6 Stepwise linear regression results for PMT constructs and demographics

参数	未标准化系数		标准化系数	t	显著性	共线性统计		
	Beta	标准错误				Bet	容差	方差扩大因子 VIF
出行时间差 _{步行} ($R^2 = 0.222$, 自相关性检验值 1.724)	(常量)	-5.426	3.857	-1.407	0.164			
	自我效能	7.259	2.947	0.298	2.463	0.016	1.466	
	严重性	6.837	3.205	0.258	2.133	0.036	1.466	
出行次数差 _{步行} ($R^2 = 0.621$, 自相关性检验值 1.948)	(常量)	0.052	0.096	0.537	0.592			
	反应效能	0.335	0.083	0.361	4.045	0.000	1.886	
	自我效能	0.328	0.078	0.318	4.208	0.000	1.358	
	严重性	0.191	0.092	0.187	2.070	0.041	1.930	
出行时间差 _{骑行} ($R^2 = 0.167$, 自相关性检验值 2.293)	反应成本	0.116	0.058	0.155	2.000	0.049	1.432	
	(常量)	8.964	3.295		2.721	0.007		
	反应效能	11.766	2.301	0.398	5.112	0.000	1.016	
出行次数差 _{骑行} ($R^2 = 0.453$, 自相关性检验值 2.230)	反应成本	-5.613	2.153	-0.203	-2.606	0.010	1.016	
	(常量)	0.198	0.074		2.661	0.009		
	反应效能	0.217	0.061	0.241	3.538	0.001	1.447	
	自我效能	0.249	0.050	0.309	4.943	0.000	1.222	
出行时间差 _{公交}	严重性	0.185	0.058	0.211	3.174	0.002	1.377	
	脆弱性	0.148	0.059	0.173	2.506	0.013	1.485	
	保护动机理论中的六要素与实验前后公交出行时间差无显著性相关,因此无数据对应							
出行次数差 _{公交} ($R^2 = 0.301$, 自相关性检验值 1.928)	(常量)	-0.227	0.122		-1.859	0.066		
	严重性	-0.156	0.082	-0.191	-1.889	0.062	1.310	
	自我效能	-0.250	0.075	-0.300	-3.317	0.001	1.052	
	脆弱性	-0.183	0.088	-0.206	-2.072	0.041	1.271	
出行时间差 _{汽车}	反应效能	-0.166	0.083	-0.189	-1.989	0.050	1.163	
	保护动机理论中的六要素与实验前后汽车出行时间差无显著性相关,因此无数据对应							
	(常量)	0.359	0.534		0.673	0.506		
出行次数差 _{汽车} ($R^2 = 0.264$, 自相关性检验值 1.201)	自我效能	-0.546	0.183	-0.445	-2.977	0.006	1.033	
	性别	-0.959	0.342	-0.420	-2.808	0.008	1.033	

为观察保护动机理论六要素的正相关性和负相关性,将上述数据整理简化在表7中。

在95%的置信水平下,严重性对于步行出行时间增加、步行和骑行出行的次数增加有显著的积极影响。这表明赞同大量使用汽车带来的污染会对健康和生态环境造成巨大危害的出行者在信息干预实验后更加倾向于增加步行和骑行。

表7 保护动机理论与出行时间/次数差异的相关性
Table 7 Correlations between PMT and time/trip differences of four travel modes

参数	严重性	脆弱性	奖励	自我效能	反应效能	反应成本
出行时间差 _{步行}	+	*		+	*	
出行次数差 _{步行}	+	*		+	***	+
出行时间差 _{骑行}					+	***
出行次数差 _{骑行}	+	**	+	+	***	+
出行时间差 _{公交}						
出行次数差 _{公交}		-	*		-	**
出行时间差 _{汽车}						
出行次数差 _{汽车}						-

注: *表示 $p < 0.05$, **表示 $p < 0.01$, ***表示 $p < 0.001$ 。“+”代表正向影响,“-”代表负向影响。

对于与公共交通替代品相关的对应评估,自我效能是最重要的预测因素,它对步行和骑行次数的增加有显著影响,也对公共交通出行次数的减少有显著影响。当个体的自我效能感更强时,他们更有可能减少公共交通的使用并选择慢行交通出行。

3.2 多元线性逐步回归模型建立

本次实验中,人口统计学变量对于信息干预实验前后出行行为变化的影响很弱,可以忽略不计,而保护动机理论六要素对于实验前后步行或骑行的行为变化有着显著影响,可对其进行进一步研究。故本节建立选择慢行交通的意愿程度与保护动机理论六要素之间的模型,以量化保护动机理论六要素对慢行交通选择的影响。

3.2.1 多元线性逐步回归模型

慢行交通的意愿程度可由信息干预实验过程中获得:在每次的信息推送结束后,发布投票活动,要求参与者在认真阅读完推送信息后对“阅读完此条信息后,我会更愿意选择步行或骑行出行。”这一问题进行投票。选项设置采用李克特五分量表法,计算所有问题的平均值以量化参与者对选择慢行

交通的意愿程度。

保护动机理论的六个要素评估值可由 T1 阶段的问卷填写中获得:问卷基于保护动机理论的六要素,即严重性、脆弱性、奖励、反应效能、自我效能和反应成本,各设计 2 个问题。使用李克特五分量表法,对每个要素所对应的两个问题评分取平均值,即为该要素的评估值。

将参与者选择慢行交通的意愿程度作为因变量,保护动机理论中的六个要素(严重性、脆弱性、奖励、自我效能、反应效能、反应成本)评估值作为自变量,运用 SPSS 软件进行多元逐步线性回归分析,建立模型。

在 95% 的置信度下,拟合检验结果如表 8 所示,经四次拟合后基于 PMT 六要素的慢行出行模型通过显著性检验与 t 检验,即 6 个要素中有 4 个对出行者选择慢行出行有显著影响,按影响效果由高到低分别是自我效能、反应效能、严重性、成本,而脆弱性和奖励在本次调查中没有显著影响,不纳入模型中。

表 8 回归系数表

Table 8 Regression coefficient table

变量名称	未标准化系数		标准化系数 Beta	t	显著性
	Beta	标准错误			
常量	0.150	0.051		2.948	0.003
X_1 反应效能	0.288	0.044	0.312	6.595	<0.001
X_2 自我效能	0.301	0.037	0.352	8.253	<0.001
X_3 严重性	0.211	0.040	0.228	5.253	<0.001
X_4 成本	0.069	0.034	0.086	2.064	0.040

根据表 8 中的回归系数,多影响因素作用下的慢行交通选择意愿程度预测模型可表达为

$$Y = 0.150 + 0.288X_1 + 0.301X_2 + 0.211X_3 + 0.069X_4 \quad (2)$$

式(2)中: Y 为慢行交通选择意愿程度; X_1 为反应效能评估值; X_2 为自我效能评估值; X_3 为严重性评估值; X_4 为成本评估值。

3.2.2 多元线性逐步回归模型检验

拟合度检验,调整后 $R^2 = 0.537$,说明自变量对因变量有 53.7% 的解释能力,模型的拟合能力较好。模型中 4 个变量所对应的 VIF 值全部小于 5,说明模型没有多重共线性问题,模型构建良好。DW 值为 1.844,满足上述要求,说明样本之间相互独立,变量没有自相关性,模型构建良好。综上所述,该模型可用于预测慢行交通出行选择意愿。

4 结论

本文基于保护动机理论,从信息干预的角度出

发,以扬州市居民为实验对象通过采集调查问卷,针对以往研究的不足,将政策引导类信息加入信息干预实验,同时考虑出行者内在认知与情感,采用多元线性回归模型分析保护动机 6 要素对出行行为的潜在影响。分析出行者信息干预的模型,对比不同类型信息对于慢行出行的影响作用,为推动绿色交通、提高慢行出行率提供依据。主要研究结论如下:

(1)健康类信息、环境类信息、政策引导类信息,这三类信息对于慢行出行都有积极的促进作用,其中政策引导类干预效果最好。

(2)保护动机理论中的自我效能、严重性、反应效能、成本四个要素对于慢行出行的意愿程度有显著的影响作用,决定了车主是否会根据信息干预改变他们的汽车使用行为,转向慢行出行。人口统计学变量对信息干预实验效果并无显著影响。

本文的干预实验考虑了信息对于出行者潜在和外在的双重影响,可以为扬州市慢行交通的规划提供方法和途径。通过政策引导类信息与健康信息结合进行宣传,投放信息干预的短视频以及定时发送干预短信等手段将建成环境的信息、健康信息与政策信息及时有效的告知出行者,能够促使出行者增加慢行出行,提高慢行出行率。

参 考 文 献

- [1] 董春娇,郑炎,王晟由,等.“点、线、面一体化”的区域慢行交通线网规划方法[J].北京交通大学学报,2020,44(6):66-73.
Dong Chunjiao, Zheng Yan, Wang Shengyou, et al. Planning method of regional slow traffic line network of “integration of point, line and surface”[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2020, 44(6): 66-73.
- [2] 李根,翟伟,邬岚.基于梯度提升决策树的汇合交互作用研究[J].浙江大学学报(工学版),2022,56(4):649-655.
Li Gen, Zhai Wei, Wu Lan. Fusion interaction study based on the gradient lifting decision tree[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Edition), 2022, 56(4): 649-655.
- [3] 陈诗意,潘义勇,魏双秋.基于改进行程时间估计模型的最优路径选择[J].华东交通大学学报,2023,40(1):60-66.
Chen Shiyi, Pan Yiyong, Wei Shuangqiu. Optimal path selection based on an improved travel-time estimation model[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2023, 40(1): 60-66.
- [4] 吴娇蓉,华陈睿,王达琳.居住区 3 类典型公共设施布局对慢行出行行为的影响分析[J].东南大学学报(自然科学版),2014,44(4):864-870.
Wu Jiaorong, Hua Chenrun, Wang Dalin. Analysis of the influence of three types of typical public facilities in residential areas on slow travel behavior[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2014, 44(4): 864-870.
- [5] 王建新,钱勇生,曾俊伟,等.考虑慢行交通影响下的交通微循环路网优化设计[J].科学技术与工程,2023,23(17):

- 7566-7572.
Wang Jianxin, Qian Yongsheng, Zeng Junwei, et al. Optimal design of traffic micro circulation network considering influence of slow traffic[J]. Science Technology and Engineering, 2023, 23(17): 7566-7572.
- [6] 苏书杰. 步行环境对出行安全感和出行行为的影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.
Su Wenjie. The influence of walking environment on travel security and travel behavior[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017.
- [7] 陈文强, 王雪梅, 王涛, 等. 基于深度学习的慢行交通方式选择行为预测模型[J]. 公路交通科技, 2022, 39(12): 204-212.
Chen Wenqiang, Wang Xuemei, Wang Tao, et al. Selection behavior prediction model of slow traffic mode based on deep learning[J]. Highway Traffic Technology, 2022, 39(12): 204-212.
- [8] 马欢欢, 周年兴, 谢引引, 等. 商业中心区公共自行车慢行行为空间模式研究——以南京市新街口为例[J]. 现代城市研究, 2019(6): 16-23.
Ma Huanhuan, Zhou Nianxing, Xie Yinin, et al. Study on the spatial mode of the slow traffic behavior of the public bicycle in the commercial center area—Take Nanjing Xinjiekou as an example[J]. Modern Urban Research, 2019(6): 16-23.
- [9] 王萧, 马红梅, 陈媛, 等. 保护动机理论在国内外的应用现状[J]. 职业与健康, 2019, 35(8): 1146-1148, 1152.
Wang Xiao, Ma Hongmei, Chen Yuan, et al. Application status of conservation motivation theory at home and abroad[J]. Career and Health, 2019, 35(8): 1146-1148, 1152.
- [10] 齐佳钰. 疫情对居民出行行为的影响分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
Qi Jiayu. Analysis of the impact of the epidemic on residents' travel behavior[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [11] 黄文博, 陈艳艳, 柴树山. 手机信息干预下寒冷赛区行人候车决策行为[J]. 吉林大学学报(工学版), 2023, 53(1): 132-40.
Huang Wenbo, Chen Yanyan, Chai Shushan. Decision-making behavior of pedestrians waiting in the cold competition area under the intervention of mobile phone information[J]. Journal of Jilin University (Engineering Edition), 2023, 53(1): 132-40.
- [12] 范爱华. 考虑异质性的交通干预对方式选择与出行感知的影响研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.
Fan Aihua. Study on the impact of the heterogeneous traffic intervention on mode choice and travel perception[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2020.
- [13] Stark J, Berger W J, HöSsinger R. The effectiveness of an intervention to promote active travel modes in early adolescence[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2018, 55: 389-402.
- [14] Mackett R L. Policy interventions to facilitate travel by people with mental health conditions[J]. Transport Policy, 2021, 110: 306-313.
- [15] 汤静妍, 胡明伟, 何国庆. 基于行为经济学前景理论的出行决策[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(19): 8523-8529.
Tang Jingyan, Hu Mingwei, He Guoqing. Travel decision based on prospect theory of behavioral economics[J]. Science Technology and Engineering, 2022, 22(19): 8523-8529.
- [16] Geng J, Long R, Chen H, et al. Exploring multiple motivations on urban residents' travel mode choices: an empirical study from Jiangsu Province in China[J]. Sustainability, 2017, 9(1): 136.
- [17] Geng J, Long R, Yang L, et al. Experimental evaluation of information interventions to encourage non-motorized travel: a case study in Hefei, China[J]. Sustainability, 2020, 12(15): 6201.
- [18] 李睿, 陈坚, 赵翰林, 等. 社交网络交通信息出行者使用意向分析模型[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(27): 11359-11364.
Li Rui, Chen Jian, Zhao Hanlin, et al. Analysis model of travel intention of using traffic information from social network[J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(27): 11359-11364.
- [19] 王延荣, 尼鲁帕·加帕尔, 梁婧茹, 等. 信息干预对农户节约集约用水行为的影响——基于黄河流域中下游地区调查数据的分析[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(4): 54-62.
Wang Yanrong, Nilupa Japaer, Liang Jingru, et al. The influence of information intervention on farmers' intensive water conservation behavior—Based on the analysis of the survey data in the middle and lower reaches of the Yellow River Basin[J]. Resources and Environment in Arid Areas, 2023, 37(4): 54-62.
- [20] 洪巍, 王晨雪, 吴林海, 等. 基于保护动机理论的食品安全网络谣言关注度影响因素研究[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(11): 3121-3138.
Hong Wei, Wang Chenxue, Wu Linhai, et al. Study on the influencing factors of food safety online rumors based on protective motivation theory[J]. System Engineering Theory and Practice, 2022, 42(11): 3121-3138.
- [21] 彭琳, 张秀霞. 保护动机理论在不同疾病中的应用研究进展[J]. 全科护理, 2023, 21(6): 791-796.
Peng Lin, Zhang Xiuxia. Progress in the application of protective motivation theory in different diseases[J]. General Care, 2023, 21(6): 791-796.
- [22] Fisher J D, Fisher W A. Changing AIDS-risk behavior[J]. Psychological Bulletin, 1992, 111(3): 455.