研究新冠肺炎影响下居家办公、出行行为与汽车拥有情况变化之间的相互作用

Yunhan Zheng（通讯作者）

土木与环境工程系，麻省理工学院，剑桥，马萨诸塞州
20139 电子邮箱：yunhan@mit.edu；ORCiD：
0000-0001-5114-7561

Nicholas Caros

土木与环境工程系，麻省理工学院，剑桥，马萨诸塞州
20139 电子邮箱：caros@mit.edu

Jim Aloisi

麻省理工学院城市研究与规划系，美国马萨诸塞州剑桥，
邮编 02139 电子邮箱：jaloisi@mit.edu

Jinhua Zhao

麻省理工学院城市研究与规划系，美国马萨诸塞州剑桥，
邮编 02139 电子邮箱：jinhua@mit.edu；ORCiD：
0000-0002-1929-7583

arXiv:2303.06012v1 [stat.AP] 10 Mar 2023

利益冲突声明：无。**致谢：**本研究得到麻省理工学院能源倡议的未来交通研究和巴尔基金会的支持。

新冠肺炎疫情影响下居家办公、出行行为与汽车拥有情况变化之间的相互作用研究

摘要

新冠肺炎扰乱了社会，改变了人们学习、工作和生活的方式。然而，2021年春季疫苗的问世，促使马萨诸塞州的许多疫情前活动于2021年秋季逐步恢复。本研究利用2021年秋季在大波士顿地区通过地图式调查工具收集的数据，探讨新冠肺炎导致的出行行为变化，并考察促成这些变化的潜在因素。首先，研究开发了一种结构方程建模方法，用以捕捉多种出行选择之间的相互作用，包括居家办公、出行方式使用以及汽车拥有情况变化。此外，研究还将风险感知和对居家办公的态度等态度因素纳入框架，以解释行为变化。其次，研究采用离散选择建模方法，分析2021年秋季通勤方式选择的变化。结果显示，2021年秋季，人们更倾向于开车通勤；而在疫情期间购车的人，更倾向于到工作地点办公。我们的研究结果可为规划人员和政策制定者在后疫情时代制定交通需求管理决策提供依据。

关键词：新冠肺炎、远程办公、通勤方式选择、出行行为、汽车拥有量

1. 引言

COVID-19 疫情显著改变了个人出行选择和社会活动。疫情期间，居家办公（WFH）安排大幅增加（1, 2），出行行为也发生了深刻变化。随着有效疫苗和新型抗病毒药物的出现，以及疫情引发的公众普遍疲劳，人们逐渐回归日常生活常态。如今，了解 COVID-19 期间发生的行为变化会在多大程度上持续下去，尤其是在 COVID-19 限制措施解除、社会逐步恢复正常活动模式之际，具有重要意义。了解后疫情时期人们的行为变化及其背后的因素，有助于公共交通运营者和政策制定者确定可加以干预的因素，从而鼓励人们作出某些出行选择。除了社会人口统计特征和建成环境特征等传统的出行行为预测因素外，在预测人们的出行行为变化时，也应考虑风险承担态度、风险承担认知以及对居家办公的态度等新因素。因此，本研究构建了一个综合模型，用以捕捉风险承担认知、对居家办公的态度、现场办公天数、汽车拥有量变化和出行行为的同时影响。鉴于居家办公对出行需求产生了深远影响，我们另行构建模型，研究影响人们居家办公选择及其对居家办公满意度的因素。

我们收集了2021年秋季大波士顿地区居民的出行选择和态度调查数据。当时，COVID-19 限制措施大多已解除，人们正逐渐重返办公室。通过估计受访者在疫情前和2021年秋季的出行行为模型，本研究旨在了解新冠肺炎对2021年秋季出行行为和态度的影响。尽管已有大量研究探讨疫情期间疫情对出行需求的影响（3、4、5），但对于 COVID-19 限制措施解除后这一时期的出行需求，相关研究仍然很少。对于那些关注后疫情时期出行变化的研究，大多数收集的是受访者自我报告的出行行为预期——

——即对后疫情时期出行行为的预期。本研究是为数不多的研究之一，利用回顾性出行行为和态度数据，考察美国城市中影响2021年秋季出行选择的因素。

本文采用三管齐下的方法，探究影响2021年秋季出行行为和居家办公的因素。首先，我们采用结构方程建模方法，研究：1）不同出行选择之间的相互作用，包括私家车、Uber 和 Lyft 等交通网络公司（TNC）、公共交通（PT）和步行的使用频率，以及汽车拥有量和现场办公频率的变化；2）使用不同出行方式时感染新冠肺炎的感知风险如何影响出行行为。通过比较疫情前和2021年秋季的结果，我们确定了新冠肺炎疫情导致这些关键变量之间的关系发生了哪些变化。尽管已有文献探讨了 COVID-19 疫情期间居家办公与出行行为之间的关系，但我们提出了一个全面的概念框架，强调出行行为、居家办公、汽车拥有量和出行相关态度之间的相互关系，并使用结构方程模型（SEM）对其进行检验。

其次，我们构建了一个独立的结构方程模型，以研究影响居家办公选择和居家办公总体满意度的因素。模型考虑了态度因素，包括对居家办公在工作效率、工作与生活平衡等多个维度上的满意度，以及对不同出行方式的风险感知。了解这些态度因素对于制定政策措施、鼓励积极行为并促进社会成果至关重要（6）。

第三，采用离散选择建模方法，预测受访者的主要通勤方式。由于后新冠时期居家办公可能会在一定程度上持续，因此我们将居家办公与传统出行方式选项（汽车、主动出行和公共交通）一并纳入出行方式选择集。除了社会人口统计数据等常见调查数据外，我们还在调查问卷中加入了基于地图的调查工具，以收集受访者居住地和通勤行程的位置。

这一调查设计可用于收集出行方式特定属性（例如出行时间）和建成环境变量（例如 距中央商务区（CBD）的距离）。本研究利用这些丰富的数据来源，通过分别针对疫情前时期和2021年秋季估计离散选择模型，评估新冠肺炎对受访者通勤选择的影响。

本文其余部分安排如下。第 2 节回顾了与新冠肺炎对出行行为的影响相关的既有文献。第 3 节介绍背景信息，并梳理新冠肺炎疫情期间马萨诸塞州发生的重大事件时间线，以便为调查问卷结果提供背景。第 4 节介绍本研究使用的数据和方法。第 5 节呈现实证结果和估计模型，第 6 节则进行讨论并总结全文。

2. 文献综述

本研究以疫情发生前数十年来有关出行行为的研究为基础，同时借鉴了大量探讨 COVID-19 疫情对全球出行影响的论文。本节回顾这两个领域的既有文献，随后总结近期有关疫情引发的出行行为变化的研究，并指出本文所要解决的研究空白。

多年来，出行行为的态度因素一直是一个内容丰富的研究领域（7、8、9）。本文采用的结构方程建模，是一种广受欢迎的方法，可用于揭示观测到的出行行为与大量内生、外生及潜变量之间的关系（10）。数十项研究运用结构方程建模，确定土地利用特征（11）、居住地点（12、13）和生活方式（14）等不同因素对出行行为的影响。类似本文所采用的方法，这些方法也被用于对汽车拥有量进行建模（15）。

COVID-19 疫情对出行需求和出行模式产生了巨大影响。许多研究对出行需求变化的幅度和方向进行了量化。一些研究使用移动电话汇总数据，将美国及其他国家疫情期间的出行模式与疫情前的出行模式进行比较（16、17、18）。Benita（3）对疫情期间出行模式的相关文献进行了出色的综述。自疫情暴发以来开展的调查问卷发现，芝加哥（19）和更广泛的美国（20）都出现了可测量的趋势：远程办公正逐渐取代通勤。其他有关未来意向的调查问卷发现，许多通勤者预计，疫情消退后会减少使用公共交通，转而选择私家车（21）。

近年来，研究人员开始关注新冠肺炎疫情如何影响出行决策。许多此类离散决策（例如交通方式选择）都采用逻辑回归（Logit）进行建模。由于担忧新冠肺炎，许多研究均观察到人们转而选择非共享出行方式的趋势（例如 公共交通、出租车）（22, 23）。Anwari等人（24）发现，在孟加拉国，农村地区互联网普及率不足，导致疫情期间工作出行减少有限。Parady等人（25）采用多种不同的统计模型检验态度对出行频率的直接效应，并发现对他人自我控制能力评价较低，与多个活动类别的活动频率下降相关。Abdullah等人（4）建立了一个逻辑回归模型，探讨疫情前后影响交通方式选择的社会经济因素和态度因素，但未纳入汽车拥有量或远程办公频率。最后，Beck等人（26）利用来自2020年春季（疫情相对早期阶段）的调查数据，估计了一个用于分析远程办公日选择的有序Logit模型。

集成选择与潜变量（ICLV）离散选择模型也被用于确定未观测到的潜在因素是否会影响新冠肺炎

疫情期间的出行和工作决策。Barbour 等人（27）于2020年夏季开展了一项调查问卷，以估计两个二元模型：一个模型用于分析从现场办公转为远程办公的选择，另一个模型用于分析新冠肺炎疫情后继续现场办公的选择。Aaditya 和 Rahul（28）采用类似的方法，探讨了潜在影响因素在印度疫情后交通方式选择中的作用。有趣的是，该研究发现，对新冠肺炎的认知以及对疫情封锁政策的看法会对交通方式选择产生显著影响。Chen 等人（29）利用基于2020年荷兰居民调查问卷估计的综合选择与潜变量模型，得出了类似结果。

多项关于疫情期间出行行为的研究也使用了结构方程模型。Irawan 等人（30）通过对印度尼西亚居民开展调查问卷，探讨了态度、规范和远程办公对疫情期间出行频率及网约车使用变化的影响。作者发现，对新冠肺炎风险持较为宽松的态度，可以预测疫情期间日常出行减少幅度较小。Javid 等人（31）以及 Elias 和 Zatmeh-Kanj（32）分别在巴基斯坦和以色列使用结构方程模型，揭示了人们对新冠肺炎在公共交通工具上传播的态度与疫情期间公共交通使用频率之间的关系。Jiao 等人（33）通过考察纵向数据发现，得克萨斯州休斯敦的新冠肺炎病例数增加，可以预测随后一周总体出行减少。另一项有趣的研究则使用结构方程建模，确定了影响澳大利亚人对后新冠时期远程办公偏好的态度因素和社会决定因素（6）。

自新冠肺炎疫情暴发以来，也有许多研究聚焦于美国背景下的远程办公与通勤。Asmussen 等人（34）采用陈述偏好模型，量化影响得克萨斯州远程工作者工作地点选择的因素，发现工作场所环境至少与工作地点的地理位置同等重要。Salon 等人（35）回顾了疫情后美国远程工作者在多种出行相关选择方面出现的变化，包括航空出行、搬家和通勤，并探讨这些变化是否可能长期持续。Tahlyan 等人则采用了略有不同的方法，

（36）利用对美国各地远程工作者开展的纵向调查数据，确定疫情不同阶段通勤模式及其他出行行为变化的方向和幅度。最后，研究人员利用西雅图地区的调查数据，根据远程工作者对远程办公的相似态度以及未来继续远程办公的意愿，将他们划分为不同群体（37）。这些研究为了解美国的出行行为提供了有益见解，但目前仍缺乏涵盖多个时期、全面探讨远程办公、交通方式选择与汽车拥有量之间关系的研究。

本文在三个重要方面拓展了以往的研究。首先，本研究聚焦于大波士顿地区——这一全球重要的教育、医疗保健和生物技术中心。其次，本文建立了一个涵盖三种不同出行因素（居家办公频率、交通方式选择和汽车拥有量）的综合模型，而不是像美国及其他地区以往的研究那样分别考察每个因素。最后，本文分别对疫情前后出行行为的综合模型进行估算，从而能够比较基准期与2021年秋季各项影响因素的差异。

3. 背景

本文旨在了解影响美国马萨诸塞州联邦居民出行行为的因素。为分析和结果提供背景，本节回顾了马萨诸塞州新冠肺炎疫情暴发期间的重大事件时间线，以及公共和私营部门的应对措施。马萨诸塞州于2020年2月初确认了首例新冠肺炎病例（38）。2020年2月底，马萨诸塞州最大城市波士顿举行的一场企业聚会，是美国已知最早导致病毒大规模传播的事件之一（39）。2020年3月初，病毒开始迅速传播，学校和办公室随之大范围关闭（40）。2020年3月23日，所谓的“非必要企业”被勒令停业，州长同时发布了居家令（41）。

2020年夏季逐步实施了重新开放计划（42），但2020年秋季新冠肺炎病例增加，导致对企业经营和聚会的部分限制收紧（43）。2021年春季疫苗开始供应，加之马萨诸塞州疫苗接种率相对较高，许多疫情前的活动在2021年夏季和秋季逐步恢复。餐饮、口罩和室内聚会方面的限制均已解除（44）。2021年9月，所有主要大学和公立学校都恢复了全日制线下教学（45）。商业区的雇主开始返岗办公（46），波士顿公共交通客流量也持续回升（47）。本文以2021年秋季作为研究期。

4. 数据与方法

本研究通过在线调查收集有关受访者对居家办公的看法、出行行为与偏好，以及汽车拥有量的数据。下文各小节将介绍参与者招募、调查问卷的发布平台及调查设计。

4.1 参与者

本调查使用 Qualtrics 平台设计为一份时长 15 分钟的在线调查。调查于2021年10月25日至11月8日以及2021年12月8日至12月18日通过 Qualtrics、Prolific 和 MTurk 招募面板发布。为避开感恩节假期（届时许多美国人会外出度假），数据收集于2021年11月8日至12月8日暂停。本研究采用混合抽样策略，包括配额抽样和便利抽样。具体而言，我们针对性别和种族设定配额，以确保样本在这两个维度上的分布能够反映总体分布，同时也允许参与者自愿选择是否参加调查问卷。采用配额抽样使我们能够获得更具总体代表性的样本，而便利抽样则提供了一种实用且经济高效的招募方式。

调查问卷于2021年秋季发放，当时对堂食、口罩和

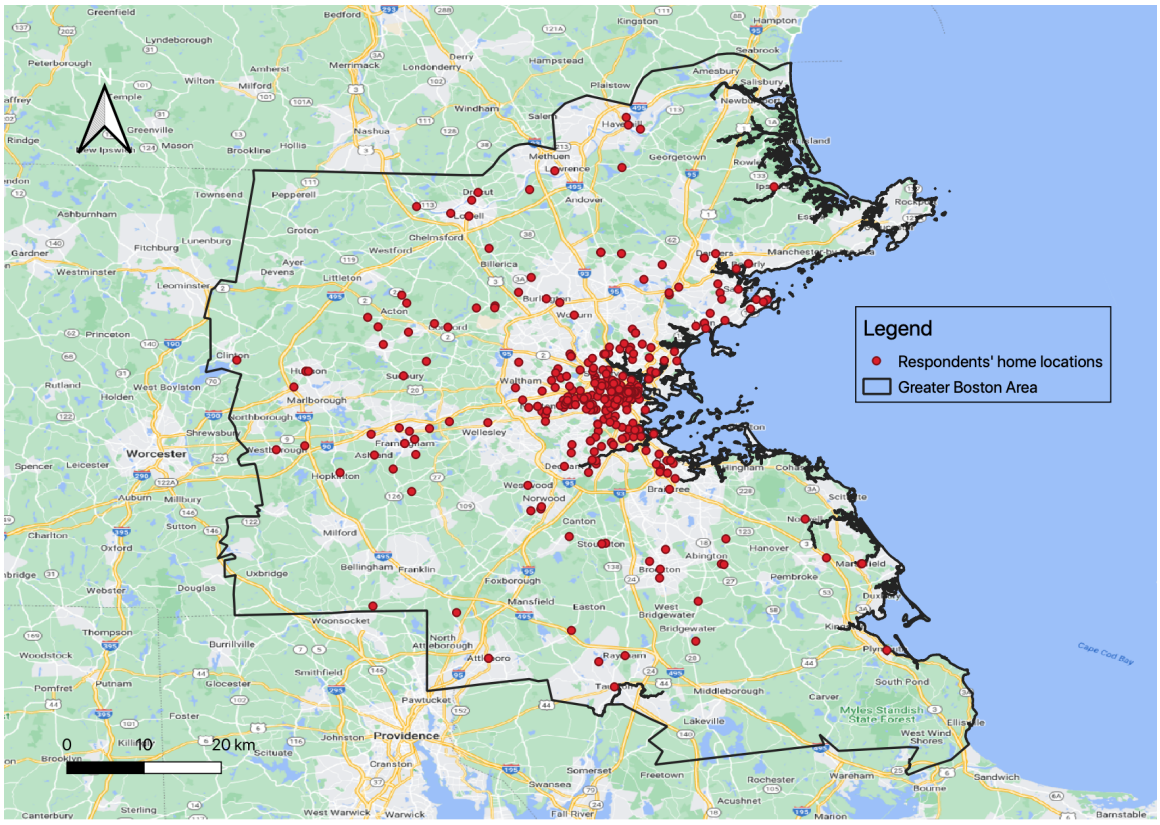


图 1：大波士顿地区地图，显示 2021年秋季调查参与者居住地点的大致分布

室内聚会的限制已解除，商业区的雇主也开始让员工返回办公室工作，如上文所述。因此，分析这一时期的出行行为和偏好，有助于了解新冠肺炎对出行产生的长期影响。

最终，我们在马萨诸塞州各地共收集到 498 份答卷。我们选取了 2021年秋季居住地点位于大波士顿地区的参与者，最终得到 425 个样本。样本的描述性统计汇总见表 1 和表 2。图 1 展示了 2021年秋季调查参与者居住地点的大致分布。

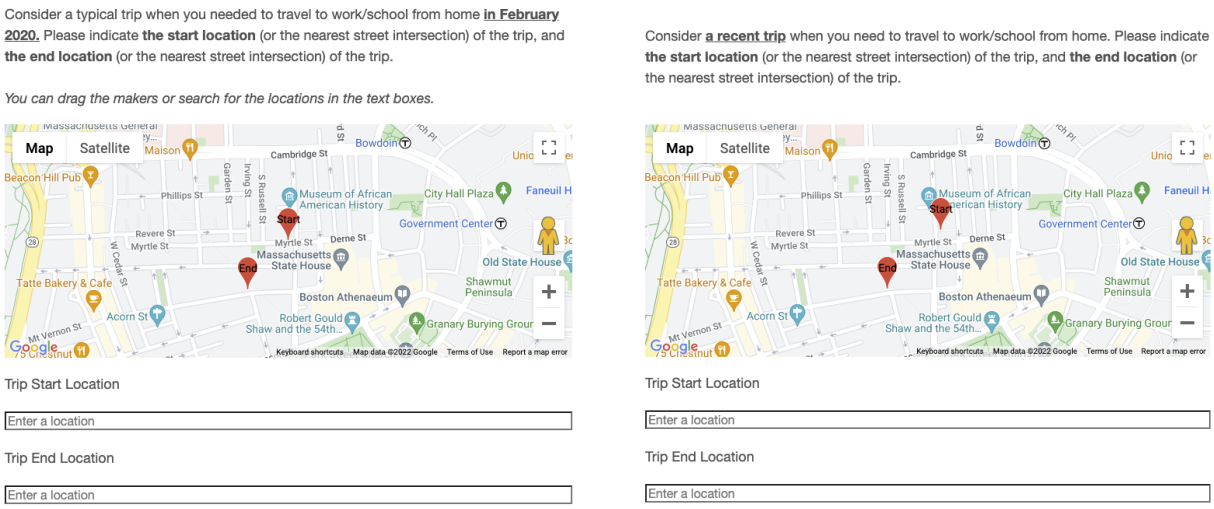
4.2 问卷

调查问卷包含有关受访者工作状态和出行模式（疫情前和2021年秋季）、对居家办公的态度以及社会人口统计信息的问题

如表 1 和表 2 所示。

本研究旨在从两个相关维度对疫情前时期和2021年秋季的出行模式进行建模：不同出行方式的使用频率，以及通勤方式选择。对于前者，我们通过以下问题衡量各种出行方式的使用频率："[目前/新冠肺炎之前],平均而言，您使用以下各类出行方式的频率如何？"对于通勤方式选择预测，我们研究受访者在通勤上班或上学时对主要出行方式的选择，备选项分为四类：1）汽车（包括汽车驾驶员、汽车乘客、出租车或网约车）；2）公共交通（包括公交车、地铁和通勤铁路）；3）主动出行方式（包括步行和骑自行车）；4）居家办公。

为获取有助于预测通勤方式选择的行程特定属性，我们在调查问卷中嵌入了一个谷歌地图交互模块。我们请受访者在地图上标出典型通勤行程的起点和终点，并据此调用 Google 地图 API，获取不同出行方式对应的距离和出行时间。图2展示了在线界面，受访者可在其中标出疫情前和2021年秋季典型通勤行程的起点和终点。对于选择居家办公的受访者，我们请他们标出新冠肺炎不再构成疫情后典型通勤行程的起点和终点，从而计算他们选择其他出行方式（即主动出行、汽车和公共交通）时的出行时间。为确保行程起点和终点数据的准确性，我们采取了几项措施。首先，我们剔除了受访者报告的行程起点和终点相同的样本，因为这些人可能没有认真阅读调查问卷中的问题。此外，我们将受访者报告的行程起点与其家庭邮政编码进行交叉核对，以确认数据准确性。再者，由于本研究专门关注大波士顿地区内的出行行为，我们剔除了报告称出行范围超出该地理区域的受访者。将分析范围限定在特定区域，有助于我们更准确地把握这一群体独特的出行模式和行为。



(a) 疫情前时期　　(b) 2021年秋季

图2：用于收集受访者典型通勤行程起点和终点的谷歌地图调查工具在线界面

为了解对居家办公的态度如何影响居家办公行为和出行行为，我们请受访者通过5分制李克特式陈述，对居家办公与现场办公进行比较评价。除了请受访者说明居家办公期间与现场办公相比的总体工作满意度外，我们还从多个维度衡量了他们对居家办公的态度，例如工作效率、工作创造力、工作环境以及工作与生活平衡。预计工作要求也会影响居家办公行为，因此调查问卷中纳入了三个相关问题：每周工作日总数、工作是否必须在工作场所进行，以及雇主是否报销部分居家办公成本。

可能影响不同出行方式使用情况的一个重要因素，是开展调查问卷时感染新冠肺炎的感知风险。鉴于此，我们采用一道5点李克特量表题目，测量受访者对使用每种出行方式感染病毒的感知风险，并将该题纳入不同出行方式使用频率及对居家办公看法的模型估计中。

表1：描述性统计

变量	描述	Mean	标准差	Min	Max
1. 出行行为变量					
通勤方式：主动出行（疫情前）	主要通勤方式（0/1）	0.10	0.31	0	1
通勤方式：主动出行（2021年秋季）		0.10	0.30	0	1
通勤方式：公共交通（疫情前）		0.22	0.42	0	1
通勤方式：公共交通（2021年秋季）		0.20	0.40	0	1
通勤方式：汽车（疫情前）		0.63	0.48	0	1
通勤方式：汽车（2021年秋季）		0.56	0.50	0	1
通勤方式：居家办公（疫情前）		0.04	0.19	0	1
通勤方式：居家办公（2021年秋季）		0.14	0.35	0	1
出行时间（分钟）：主动出行（疫情前）	不同通勤方式的出行时间（分钟）	18.39	18.74	3	114
出行时间（分钟）：主动出行（2021年秋季）		21.39	23.17	3	117
出行时间（分钟）：公共交通（疫情前）		38.10	19.35	5	91
公共交通出行时间（分钟）：2021年秋季		37.44	18.75	9	89
汽车出行时间（分钟）：疫情前		18.07	11.73	2	67
汽车出行时间（分钟）：2021年秋季		19.31	14.32	2	92
疫情前公共交通使用频率	不同方式的使用频率（重新编码作为月使用频率[1]：从不 = 0，很少 = 1，a 每月几次 = 3，每周一次 = 4，每周几次 = 16 (4*4)，每天 = 28 (4*7)	9.23	10.89	0	28
公共交通使用频率（2021年秋季）		6.52	9.50	0	28
疫情前汽车使用频率		17.12	11.77	0	28
汽车使用频率（2021年秋季）		17.08	11.56	0	28
疫情前 TNC 使用频率		3.96	6.56	0	28
网约车使用频率（2021年秋季）		3.15	5.90	0	28
步行频率（疫情前）		11.15	11.32	0	28
步行频率（2021年秋季）		11.39	11.33	0	28
2. 出行态度变量					
风险感知：汽车	感染新冠肺炎的感知风险 使用不同出行方式时（采用 5 分李克特量表测量，范围从极不可能到极有可能）	0.85	1.29	0	4
风险感知：交通网络公司		1.93	1.06	0	4
风险感知：公交车		2.44	1.07	0	4
风险感知：地铁		2.48	1.09	0	4
风险感知：通勤铁路		2.36	1.09	0	4
风险感知：步行		0.79	1.11	0	4
3. 居家办公相关变量					
现场工作日	一周内在工作地点工作的天数	2.21	2.23	0	7
总工作日数	总工作日数	4.32	1.84	0	7
现场办公要求	“您的职业是否必须在工作地点进行？”（是 = 1；否 = 0）	0.34	0.47	0	1
报销	“您的雇主是否会为您报销部分远程办公的成本？”（是 = 1；否 = 0）	0.22	0.41	0	1
与现场办公相比，居家办公在以下方面的评价（远差于现场办公 = ***-2***；差于现场办公 = ***-1***；差不多 = ***0***；优于现场办公 = ***1***；远优于现场办公 = ***2***）					
远程办公满意度：生产力	工作效率	0.07	1.03	-2	2
远程办公满意度：专注度	工作专注度	0.02	1.10	-2	2
远程办公满意度：创造力	工作创造力	0.23	1.00	-2	2
远程办公满意度：环境	工作环境质量	0.37	1.06	-2	2
远程办公满意度：协作	与同事协作	-0.43	0.99	-2	2
居家办公满意度：联结感	与同事的联结感	-0.54	1.04	-2	2
居家办公满意度：工作与生活平衡	工作与生活平衡	0.56	1.15	-2	2
总体居家办公满意度	总体满意度	0.41	1.01	-2	2

注：[1]我们在建模过程中取每个频率区间的均值。

表2：（续）描述性统计

变量	描述	Mean	标准差	Min	Max
4. 社会人口学变量					
汽车拥有情况（2021年秋季）	家庭拥有的汽车数量	1.47	0.88	0	3
汽车拥有情况（疫情前）		1.44	0.88	0	3
汽车拥有情况变化	家庭拥有的汽车数量之差 2021年秋季与 疫情前时期的	0.03	0.44	-2	2
Age	年龄（岁）	34.68	13.15	18	79.5
女性	性别（女性 = 1；男性 = 0）	0.48	0.50	0	1
族裔：黑人或非裔美国人	族裔（黑人或非裔美国人 = 1；其他 = 0）	0.27	0.45	0	1
族裔：白人	族裔（白人 = 1；其他 = 0）	0.56	0.50	0	1
族裔：亚裔	族裔（亚裔 = 1；其他 = 0）	0.11	0.32	0	1
教育水平	最高教育程度 0-5，范围从“低于高中毕业文凭”到“研究生或专业学位”	3.32	1.36	0	5
家庭规模	家庭人口数	2.66	1.25	1	5
家庭年收入（千）	家庭年收入（单位：千）	86.77	59.52	5	225
职业：社区和个人服务		0.03	0.17	0	1
职业：医疗保健		0.10	0.31	0	1
职业：体力劳动者		0.10	0.30	0	1
职业：管理人员		0.04	0.18	0	1
职业：其他	职业（0/1）	0.05	0.22	0	1
职业：专业人员		0.32	0.47	0	1
职业：销售人员		0.06	0.24	0	1
职业：学生		0.08	0.28	0	1
职业：技术人员		0.10	0.31	0	1
5. 建成环境变量					
至中央商务区的距离（疫情前）	居住地点至中央商务区的距离（波士顿市	18.72	18.39	0.12	74.24
距中央商务区的距离（2021年秋季）	Hall）以公里为单位	19.21	18.57	0.13	74.51

4.3 分析方法

本研究旨在了解新冠肺炎对居家办公、各种交通方式的使用频率，以及2021年秋季通勤方式选择的影响。因此，研究采用了三种不同的方法。第一种方法估计出行方式频率预测模型；第二种方法识别影响现场工作日数量和总体居家办公满意度的因素；第三种方法估计通勤方式选择预测模型。

4.3.1 出行方式使用情况预测

鉴于第2节指出的研究空白，我们采用结构方程模型（SEM）这一多变量数据分析技术，研究出行方式使用频率、汽车所有权变化、

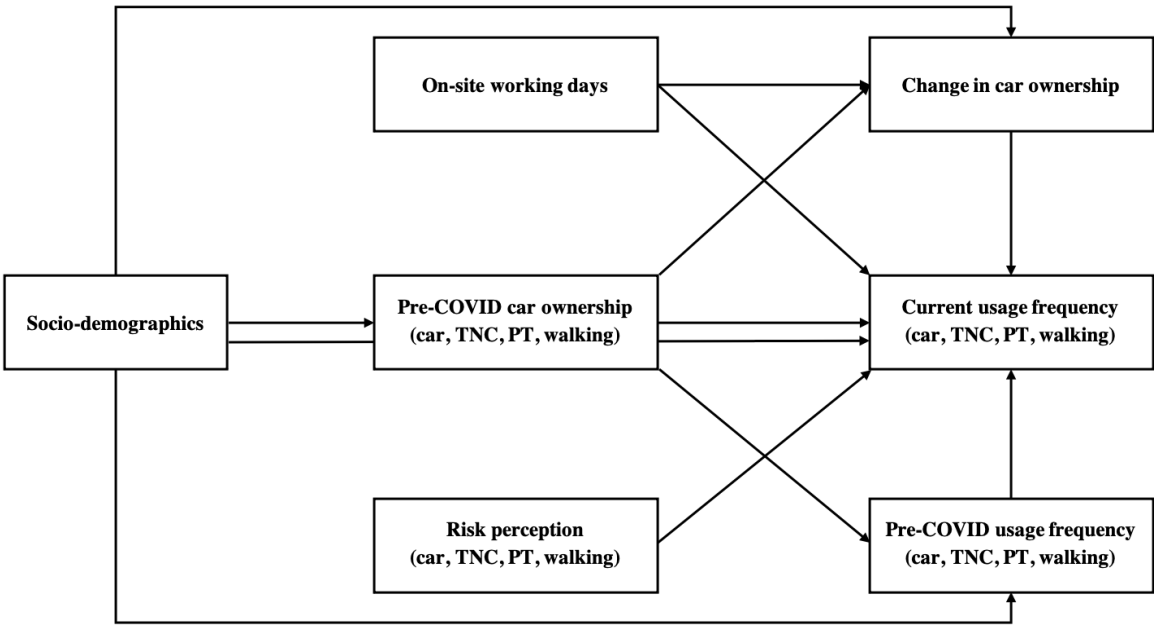


图 3： 不同出行方式的使用频率、汽车拥有情况变化与居家办公之间关系的假设性结构方程模型框架

2021年秋季的现场办公天数以及对不同出行方式的风险感知之间的同时影响。结构方程模型旨在估计变量之间的依赖关系，展示一个变量如何影响其他变量，并验证用于评估这些关系的模型是否有效（48, 49）。结构方程模型的概念框架如图3所示。

本文检验了若干假设。首先，预计相较于新冠疫情前时期汽车拥有量的变化会影响2021年秋季汽车及非汽车出行方式的出行频率。一项先前研究表明，在美国，与疫情前时期相比，疫情期间人们对拥有和使用汽车的感知价值提高了260%（50）。因此，我们希望探讨汽车拥有量变化会如何影响各种出行方式的使用频率。

其次，现场办公天数预计与各种出行方式的使用频率呈正相关。新冠肺炎

疫情在澳大利亚暴发初期开展的调查显示，居家办公天数越多，每周单程通勤出行次数就越少（51）。我们希望检验总出行频率（包括所有出行，而不仅仅是通勤行程）是否会受到影响。本研究不仅旨在检验2021年秋季现场办公天数与各种出行方式使用频率之间是否存在相关性，还将探讨这种关系在不同出行方式之间有何差异。

第三，我们假设，在使用不同出行方式时感染新冠肺炎的感知风险，会影响现场工作日数量、汽车拥有情况变化以及2021年秋季不同出行方式的使用情况。我们还假设，现场办公天数与汽车拥有量增加的可能性呈正相关，因为经常通勤的人更有可能购车。

我们使用 R Studio 中的 *Lavaan* 软件包构建结构方程模型，以检验所提出的关系。结构方程模型方法的一项主要优势在于，它能够灵活地同时捕捉变量之间的直接效应和间接效应，还可以比较不同变量效应的大小。例如，我们可以确定汽车拥有量增加对哪些出行方式的影响最大。

4.3.2 居家办公预测

为了解影响受访者对居家办公的认知及相关行为的因素，我们建立了另一个结构方程模型，用于估算现场工作日数量和对居家办公的总体满意度。图4展示了概念框架，其中列出了模型检验的若干假设。首先，我们预计工作要求和对居家办公的态度会影响现场工作日数量。这一假设基于计划行为理论。该理论指出，积极态度越强、感知行为控制越高（即感知到实施该行为在实际操作上是容易还是困难），通常越可能形成以特定方式行事的强烈意向（6，52）。对居家办公态度的各个方面

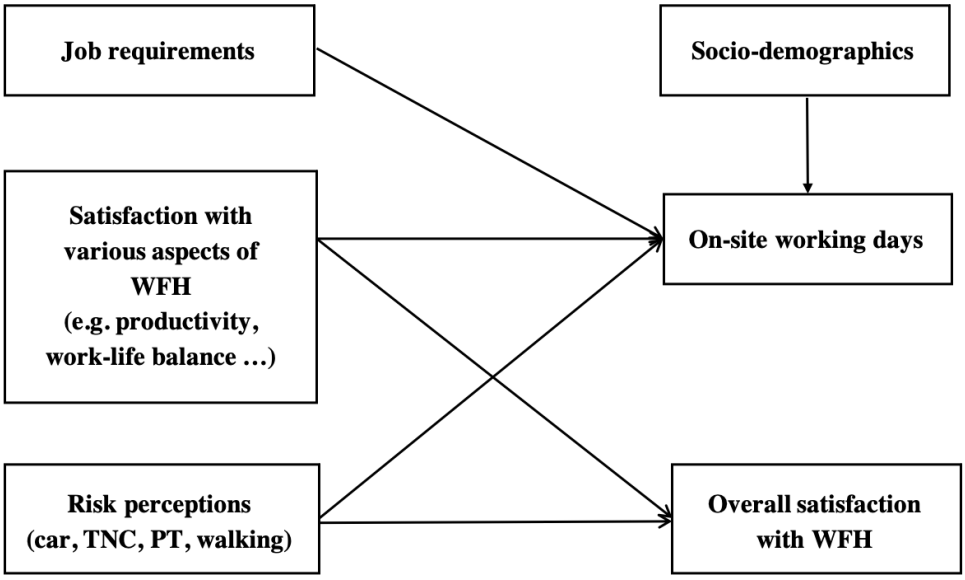


图4： 预测现场工作日和居家办公满意度的假设结构方程模型框架

（例如工作效率、工作环境.....）预计会以不同方式影响现场工作日数量；要解释现场工作日数量，必须确定这些不同态度各自的相对作用，因为这有助于雇主了解促使人们选择现场办公而非居家办公的因素。此外，我们假设，人们在使用不同出行方式时对感染新冠肺炎风险的感知可能会影响其现场工作日数量。

其次，我们还预计，对居家办公的总体满意度会受到对居家办公的不同态度维度的不同影响。不同出行方式的感知风险也可能影响人们对居家办公的总体满意度。此外，我们假设现场工作日的数量与总体居家办公满意度相关。

4.3.3 通勤方式选择预测

上一节专注于预测各种出行方式的使用频率，本节则旨在预测受访者上班/上学的主要通勤方式。离散选择分析是对一组互斥且穷尽所有可能性的

备选项进行选择建模（53, 54）。针对这一问题，我们试图预测受访者在若干离散备选项中选择的主要通勤方式，因此采用离散选择建模方法。本部分分析仅纳入受雇者/自雇者或学生受访者。

主要通勤方式模型包含四种备选方式：1）汽车（包括汽车驾驶员、汽车乘客、出租车或网约车）；2）公共交通（包括公交车、地铁和通勤铁路）；3）主动出行方式（包括步行和骑自行车）；4）居家办公（无需通勤）。在调查问卷中，我们不仅询问了受访者在调查进行时的主要通勤方式，也询问了他们在新冠肺炎疫情前的主要通勤方式。借助这些信息，我们能够分别对疫情前和2021年秋季的数据进行相同的离散选择分析，并比较结果。对于每个时期选择居家办公的样本，我们排除了那些表示新冠肺炎不再构成疫情后，典型通勤行程的起点和终点相同的受访者，因为在这种情况下，他们不可能选择居家办公以外的出行方式。因此，疫情前选择居家办公的有效样本仅剩3个。由此，我们在疫情前时期排除了选择居家办公的回答，仅针对包含三种备选方式的选择集进行估计：主动出行、汽车和公共交通方式。数据清理后，疫情前时期有349个有效样本，2021年秋季有335个有效样本。

在离散选择模型中，居家办公的效用表示为：

$$\text{居家办公}_{WFH} = ACS_{WFH} + \sum \beta_{WFH,\,q} \cdot \text{社会人口学变量}_q + \sum \beta_{WFH,\,d} \cdot \text{建成环境}_d + \beta_{WFH,\,r} \cdot \text{报销} + \beta_{WFH,\,s} \cdot \text{满意度} + \varepsilon_{WFH} \quad (1)$$

其中，社会人口学变量$_q$ 表示社会人口学变量，包括性别、种族、收入、教育水平、职业类型、汽车拥有量和家庭规模。建成环境$_d$ 表示建成环境变量，包括个人住所到中央商务区（此处为波士顿市政厅）的距离。报销表示雇主是否为个人报销了部分居家办公成本。满意度表示个人对居家办公的总体满意度，该满意度通过5点李克特量表进行衡量。请注意，疫情前时期未纳入居家办公这一选项。

各出行方式选项的效用函数如下：

$$U_{active} = ACS_{active} + \beta_{active,TT} \cdot TT_{active} + \varepsilon_{active} U_{auto} = ACS_{auto} + \beta_{auto,TT} \cdot TT_{auto} + \sum \beta_{auto,q} \cdot z_q + \sum \beta_{auto,d} \cdot x_d + \varepsilon_{auto} q\ d U_{transit} = ACS_{transit} + \beta_{transit,TT} \cdot TT_{transit} + \sum \beta_{transit,q} \cdot z_q + \sum \beta_{transit,d} \cdot x_d + \varepsilon_{transit} q\ d \quad (2)$$

其中，TT^{Mode_j}表示出行方式j的出行时间，由 Google 地图 API 获取。与居家办公选项一样，社会人口统计变量z_q 和建成环境变量x_d 也纳入效用函数中。

5. 结果

5.1 出行方式使用情况预测

使用频率预测结果见表 3（公共交通和汽车）和表 4（交通网络公司和步行）；汽车拥有情况变化的预测结果见表 5。为清晰起见，我们将关键变量的系数列于图 5 中。

为评估模型性能，我们使用两个指标来衡量整体模型的拟合优度：比较拟合指数（CFI）和近似误差均方根（RMSEA）。Ullman 和 Bentler（55）指出，CFI 值大于 0.95 且 RMSEA 值不超过 0.06，通常表明模型拟合良好。我们发现，公共交通、汽车的 CFI 值，

交通网络公司、步行和居家办公频率预测的 CFI 值分别为 0.96、0.96、0.95、0.96 和 1.00。公共交通、汽车、交通网络公司、步行和居家办公频率预测的 RMSEA 值分别为 0.05、0.05、0.06、0.06 和 0.00。这些数值表明所有模型的拟合度均良好。

5.1.1 出行方式频率预测

首先，考察2021年秋季不同出行方式使用情况的预测结果，我们发现，正如预期，新冠疫情前某种出行方式的使用频率，是预测2021年秋季该出行方式使用频率的最重要因素。不过，四种出行方式之间仍存在显著差异。新冠疫情前的使用频率与2021年秋季使用频率之间的相关性，对于步行而言较强（系数 $= 0.706$，$p<0.01$），而对于公共交通而言则相对较弱（系数 $= 0.554$，$p<0.01$）。具体而言，新冠疫情前步行频率每增加1%，可解释2021年秋季步行频率增幅的0.706%；而新冠疫情前公共交通使用频率每增加1%，仅能解释2021年秋季公共交通使用频率增幅的0.554%。这一结果反映出公共交通客流量回升缓慢，恢复速度远低于步行。就汽车使用而言，我们发现，新冠疫情前汽车使用频率和汽车拥有量每增加1%，分别可解释2021年秋季汽车使用频率增幅的0.587%和0.184%。尽管疫情前汽车拥有量较低通常与其他出行方式的使用频率较高有关，但我们的研究发现，这种相关性在2021年秋季并不显著。换言之，在这一特定时期，疫情前汽车拥有情况与其他交通方式的使用频率之间没有明显关系。

虽然疫情前汽车拥有情况似乎仅影响2021年秋季的汽车使用，但我们发现，与疫情前相比，2021年秋季汽车拥有情况的变化显著影响了所有出行方式的使用频率。汽车拥有量增加与汽车使用增加相关，同时也与2021年秋季公共交通、TNC 和步行使用减少相关。比较不同出行方式的影响后，我们发现，每多拥有一辆汽车，公共交通使用频率的降幅最大，平均为

28%。TNC 使用频率降低15.9%，步行频率降低25.3%。

结果还显示，现场工作日的数量对2021年秋季的公共交通使用频率有显著影响。具体而言，现场工作日每增加一天，公共交通使用频率就会提高6.5%。然而，与汽车拥有情况变化对公共交通使用的影响相比，这一影响微乎其微。这表明，尽管有人提议公共交通机构与雇主及当地企业合作，为大规模返岗制定计划，但返岗所带来的影响可能远小于疫情期间人们购买新车所产生的影响。

关于新冠感染风险对出行方式使用的影响，结果显示，步行的感知风险越高，步行频率越低；而汽车的感知风险越低，2021年秋季公共交通和交通网络公司的使用量就越低。这些结果证实，与新冠疫情前时期相比，公共交通和交通网络公司的使用量总体下降，部分原因在于人们普遍认为使用汽车的风险较低。

5.1.2 汽车拥有情况变化预测

如表5所示，职业属于医疗保健（系数 = 0.262，$p<0.01$）、专业人员（系数 = 0.220，$p<0.01$）、销售（系数 =0.204，$p<0.05$）或技术人员（系数 = 0.218，$p<0.01$）的个人，其汽车拥有情况变化可能更大。在所有职业类别中，医疗保健与汽车拥有情况变化之间的关联最强。疫情期间，医疗保健工作人员被视为“必要工作人员”，因为他们需要在工作现场履行职责，因此面临较高的新冠肺炎感染风险。由于公共交通服务削减和网约车服务可用性有限，医疗保健工作人员在疫情期间可能变得依赖汽车。有趣的是，我们发现医疗保健职业与交通方式使用之间没有显著关系。一种可能的解释是，医疗保健工作人员较高的汽车使用率可能归因于这些工作人员汽车拥有量的增长。

另一种可能是，医疗保健工作人员连续在医院工作很长时间而不回家，但还需要进行更多归纳性或定性分析来验证这一假设。就空间差异而言，结果显示，距中央商务区的距离每增加20公里，汽车拥有量仅相应增加0.1个单位，这表明距中央商务区的距离与汽车拥有量之间的关系较弱（系数 = 0.005，p<0.01）。我们未发现对各种出行方式的风险感知与汽车拥有情况变化之间存在显著相关性。

5.1.3 社会人口因素的影响

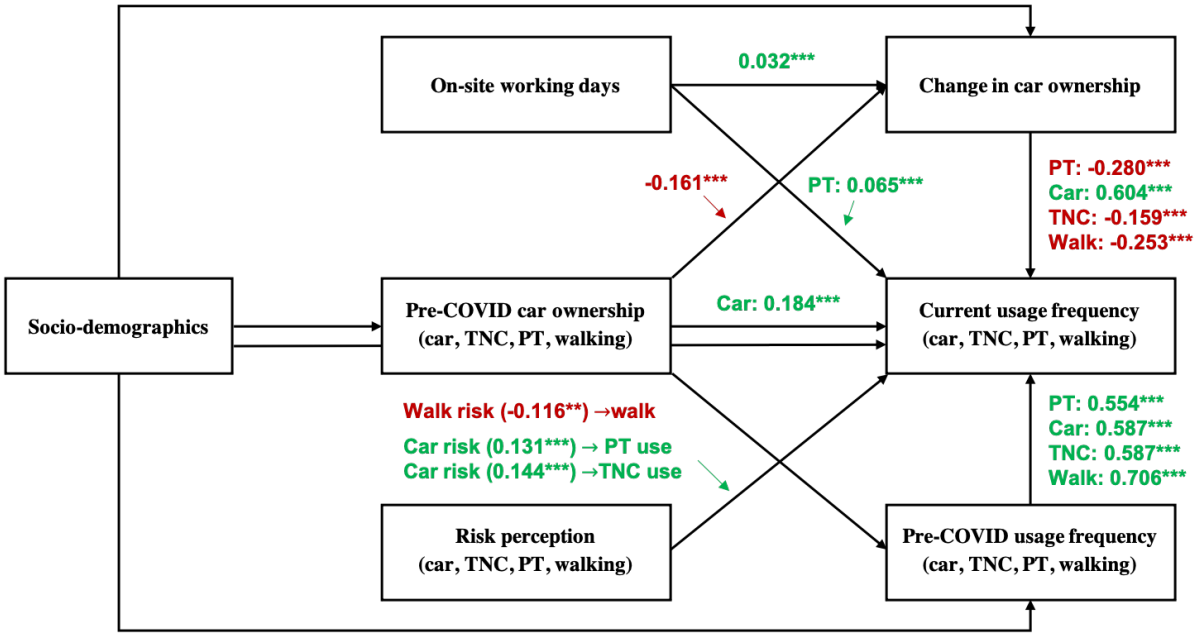
为了了解不同人口特征下态度和行为结果的差异，我们重点介绍社会人口因素方面的一些重要发现。首先，我们观察到，家庭规模与汽车拥有情况变化呈正相关，但相关性较弱。具体而言，家庭规模每增加一人，汽车拥有情况变化就增加 0.05 个单位（系数=0.053，p<0.01）。这一结果表明，与规模较小的家庭相比，较大的家庭需要更多车辆来接送家庭成员。

我们的结果还表明，2021年秋季，不同出行方式的使用频率存在职业差异。具体而言，与其他职业相比，从事社区和个人服务工作的人公共交通使用频率高出0.49%（系数=0.488，p<0.1）；学生的汽车使用频率低0.74%（系数=-0.735，p<0.01），步行频率则高0.6%（系数=0.6，p<0.01）。技术人员的汽车使用频率平均高出0.31%（系数=0.306，p<0.1），而管理人员的 TNC 使用频率平均高出0.52%（系数=0.519，p<0.01）。

5.1.4 建成环境变量的影响

居住在大波士顿地区不同区域的人，对出行方式使用和居家办公可能有着迥异的行为和态度，因此我们希望探究建成环境变量（即 距中央商务区的距离）的影响。我们的分析表明，距中央商务区的距离对交通使用有较小但具有统计显著性的影响。表3和表4显示，居住地离波士顿市中心越近，人们越常使用公共交通和 TNC，也越常步行。这种关系可能反映了市中心的交通基础设施和行人便利设施更完善（56）。具体而言，距中央商务区的距离每增加10公里，公共交通、TNC 和步行的使用频率分别降低0.1%、0.03%和0.06%。

就汽车使用和拥有情况而言，表3和表5显示，距中央商务区的距离与2021年秋季的汽车使用频率及汽车拥有量变化均呈较弱但显著的正相关。具体来说，距离中央商务区每增加10公里，我们的结果表明，汽车使用量相应增加0.05%，汽车拥有量增加0.02个单位。这些发现表明，与步行以及公共交通和交通网络公司使用频率的结果相反，居住在大波士顿地区外围的人们在2021年秋季更有可能使用汽车，也更有可能在疫情期间购买新车。



注：绿色表示正系数，红色表示负系数。“当前使用频率”指2021年秋季的使用频率。

图5：出行方式频率预测结果

表 3：结构方程模型预测结果：公共交通和汽车使用频率预测

回归	系数	R^2	回归	系数	R^2
疫情前公共交通使用频率		0.155	**疫情前汽车使用频率**		0.215
（截距）	1.719 (0.419)***		（截距）	1.830 (0.362)***	
汽车拥有情况（疫情前）	-0.324 (0.081)***		汽车拥有情况（疫情前）	0.520 (0.070)***	
Age	-0.017 (0.005)***		Age	-0.005 (0.004)	
收入	0.008 (0.011)		收入	-0.003 (0.010)	
教育水平	0.048 (0.052)		教育水平	0.025 (0.045)	
家庭规模	0.108 (0.056)*		家庭规模	-0.093 (0.048)*	
女性	0.096 (0.128)		女性	-0.094 (0.110)	
族裔：白人	0.351 (0.267)		族裔：白人	0.040 (0.231)	
族裔：黑人或非裔美国人	0.357 (0.281)		族裔：黑人或非裔美国人	0.022 (0.244)	
族裔：亚裔	0.462 (0.311)		族裔：亚裔	-0.167 (0.269)	
职业：社区和个人服务	-0.019 (0.367)		职业：社区和个人服务	0.676 (0.317)**	
职业：医疗保健	0.116 (0.250)		职业：医疗保健	0.308 (0.217)	
职业：体力劳动者	0.101 (0.239)		职业：体力劳动者	0.387 (0.206)*	
职业：管理人员	0.752 (0.350)**		职业：管理人员	0.005 (0.303)	
职业：专业人员	0.296 (0.199)		职业：专业人员	0.117 (0.172)	
职业：销售人员	0.058 (0.284)		职业：销售人员	0.235 (0.246)	
职业：学生	0.385 (0.271)		职业：学生	-0.610 (0.234)***	
职业：技术人员	0.201 (0.245)		职业：技术人员	0.146 (0.212)	
至中央商务区的距离（疫情前）	-0.011 (0.003)***		至中央商务区的距离（疫情前）	0.009 (0.003)***	
公共交通使用频率（2021年秋季）		0.480	**汽车使用频率（2021年秋季）**		0.542
（截距）	0.733 (0.345)**		截距	0.949 (0.317)***	
疫情前公共交通使用频率	0.554 (0.035)***		疫情前汽车使用频率	0.587 (0.037)***	
汽车拥有情况（疫情前）	-0.028 (0.062)		汽车拥有情况（疫情前）	0.184 (0.059)***	
汽车拥有情况变化	-0.280 (0.105)***		汽车拥有情况变化	0.604 (0.096)***	
风险感知：汽车	0.131 (0.044)***		风险感知：汽车	-0.008 (0.040)	
风险感知：交通网络公司	0.049 (0.057)		风险感知：交通网络公司	-0.052 (0.052)	
风险感知：公共交通	-0.050 (0.058)		风险感知：公共交通	0.015 (0.053)	
风险感知：步行	-0.077 (0.050)		风险感知：步行	0.019 (0.046)	
现场工作日	0.065 (0.021)***		现场工作日	0.012 (0.019)	
Age	0.005 (0.004)		Age	-0.002 (0.003)	
收入	-0.004 (0.008)		收入	-0.010 (0.008)	
教育水平	-0.080 (0.039)**		教育水平	-0.016 (0.035)	
家庭规模	-0.046 (0.042)		家庭规模	0.017 (0.038)	
女性	0.072 (0.095)		女性	-0.026 (0.087)	
族裔：白人	-0.100 (0.197)		族裔：白人	-0.129 (0.179)	
族裔：黑人或非裔美国人	-0.085 (0.209)		族裔：黑人或非裔美国人	-0.142 (0.190)	
族裔：亚裔	-0.339 (0.229)		族裔：亚裔	-0.268 (0.208)	
职业：社区和个人服务	0.488 (0.270)*		职业：社区和个人服务	0.230 (0.247)	
职业：医疗保健	0.006 (0.190)		职业：医疗保健	0.144 (0.173)	
职业：体力劳动者	0.223 (0.181)		职业：体力劳动者	0.121 (0.166)	
职业：管理人员	-0.096 (0.258)		职业：管理人员	-0.060 (0.234)	
职业：专业人员	-0.005 (0.150)		职业：专业人员	0.107 (0.137)	
职业：销售人员	-0.098 (0.215)		职业：销售人员	0.173 (0.197)	
职业：学生	0.309 (0.202)		职业：学生	-0.735 (0.185)***	
职业：技术人员	-0.007 (0.182)		职业：技术人员	0.306 (0.166)*	
距中央商务区的距离（2021年秋季）	-0.010 (0.002)***		距中央商务区的距离（2021年秋季）	0.005 (0.002)**	

注：标准误列于括号内 . 因变量以粗体表示 . Log-转换 n *p<0.1；**p<0.05；***p<0.01

已对所有出行方式的使用频率变量进行转换。“风险感知：公共交通”计算为对公交车、地铁和通勤铁路的风险感知的平均值。此处仅报告显著系数。

表4：结构方程模型预测结果：交通网络公司使用频率和步行频率预测

回归	系数	R^2	回归	系数	R^2
交通网络公司使用频率（疫情前）		0.175	**步行频率（疫情前）**		0.114
截距	1.746 (0.308)***		截距	1.972 (0.430)***	
汽车拥有情况（疫情前）	-0.194 (0.060)***		汽车拥有情况（疫情前）	-0.308 (0.083)***	
Age	-0.017 (0.004)***		Age	-0.003 (0.005)	
收入	0.006 (0.008)		收入	-0.002 (0.011)	
教育水平	0.013 (0.038)		教育水平	0.029 (0.054)	
家庭规模	0.055 (0.041)		家庭规模	0.077 (0.057)	
女性	0.167 (0.094)*		女性	0.215 (0.131)	
族裔：白人	0.043 (0.196)		族裔：白人	0.456 (0.274)*	
族裔：黑人或非裔美国人	0.303 (0.207)		族裔：黑人或非裔美国人	0.174 (0.289)	
族裔：亚裔	-0.099 (0.228)		族裔：亚裔	0.637 (0.319)**	
职业：社区和个人服务	0.301 (0.269)		职业：社区和个人服务	-0.979 (0.377)***	
职业：医疗保健	-0.050 (0.184)		职业：医疗保健	-0.169 (0.257)	
职业：体力劳动者	-0.288 (0.175)		职业：体力劳动者	-0.473 (0.245)*	
职业：管理人员	-0.214 (0.257)		职业：管理人员	-0.657 (0.360)*	
职业：专业人员	-0.048 (0.146)		职业：专业人员	-0.237 (0.205)	
职业：销售人员	-0.005 (0.209)		职业：销售人员	-0.493 (0.292)*	
职业：学生	-0.568 (0.199)***		职业：学生	0.265 (0.278)	
职业：技术人员	-0.090 (0.180)		职业：技术人员	-0.356 (0.252)	
至中央商务区的距离（疫情前）	-0.007 (0.002)***		至中央商务区的距离（疫情前）	-0.007 (0.003)**	
网约车使用频率（2021年秋季）		0.521	**步行频率（2021年秋季）**		0.619
截距	0.281 (0.247)		（截距）	0.965 (0.312)***	
TNC 使用频率（疫情前）	0.587 (0.034)***		步行频率（疫情前）	0.706 (0.031)***	
汽车拥有情况（疫情前）	-0.008 (0.044)		汽车拥有情况（疫情前）	-0.065 (0.056)	
汽车拥有情况变化	-0.159 (0.074)**		汽车拥有情况变化	-0.253 (0.095)***	
风险感知：汽车	0.144 (0.031)***		风险感知：汽车	0.033 (0.040)	
风险感知：交通网络公司	-0.031 (0.040)		风险感知：交通网络公司	0.040 (0.051)	
风险感知：公共交通	0.044 (0.041)		风险感知：公共交通	0.029 (0.052)	
风险感知：步行	0.043 (0.035)		风险感知：步行	-0.116 (0.045)***	
现场工作日	0.019 (0.015)		现场工作日	-0.001 (0.019)	
Age	0.000 (0.003)		Age	0.003 (0.003)	
收入	0.000 (0.006)		收入	0.004 (0.007)	
教育水平	-0.026 (0.027)		教育水平	-0.096 (0.035)***	
家庭规模	-0.044 (0.029)		家庭规模	-0.008 (0.038)	
女性	-0.115 (0.067)*		女性	0.082 (0.086)	
族裔：白人	-0.017 (0.139)		族裔：白人	-0.125 (0.178)	
族裔：黑人或非裔美国人	-0.011 (0.147)		族裔：黑人或非裔美国人	-0.350 (0.188)*	
族裔：亚裔	-0.075 (0.161)		族裔：亚裔	-0.182 (0.207)	
职业：社区和个人服务	0.246 (0.190)		职业：社区和个人服务	0.177 (0.245)	
职业：医疗保健	0.073 (0.134)		职业：医疗保健	0.164 (0.171)	
职业：体力劳动者	0.073 (0.128)		职业：体力劳动者	0.074 (0.164)	
职业：管理人员	0.519 (0.181)***		职业：管理人员	0.115 (0.232)	
职业：专业人员	0.090 (0.106)		职业：专业人员	0.046 (0.135)	
职业：销售人员	0.097 (0.152)		职业：销售人员	-0.180 (0.195)	
职业：学生	0.192 (0.143)		职业：学生	0.600 (0.182)***	
职业：技术人员	0.032 (0.128)		职业：技术人员	0.166 (0.164)	
距中央商务区的距离（2021年秋季）	-0.003 (0.002)*		距中央商务区的距离（2021年秋季）	-0.006 (0.002)***	

注：标准误在括号内报告。因变量以粗体标示。所有出行方式的使用频率变量均采用对数转换 *p<0.1；**p<0.05；***p<0.01。“风险感知：公共交通”按对公交车、地铁和通勤铁路的平均风险感知计算。仅报告显著系数。

表5：S EM预测结果：疫情前汽车拥有情况及汽车拥有量的变化 p

回归	系数	R^2	回归	系数	R^2
汽车拥有情况（疫情前）		0.137	**汽车拥有情况变化**		0.137
（截距）	0.606 (0.249)**		（截距）	-0.230 (0.157)	
Age	-0.004 (0.003)		汽车拥有情况（疫情前）	-0.161 (0.027)***	
收入	0.023 (0.007)***		现场工作日	0.032 (0.010)***	
教育水平	0.016 (0.031)		风险感知：汽车	-0.010 (0.020)	
家庭规模	0.284 (0.030)***		风险感知：交通网络公司	0.030 (0.026)	
女性	-0.162 (0.076)**		风险感知：公共交通	0.002 (0.027)	
族裔：白人	-0.037 (0.160)		风险感知：步行	0.007 (0.023)	
族裔：黑人或非裔美国人	-0.368 (0.168)**		Age	0.002 (0.002)	
族裔：亚裔	-0.129 (0.186)		收入	0.005 (0.004)	
职业：社区和个人服务	-0.367 (0.219)*		教育水平	-0.028 (0.018)	
职业：医疗保健	0.045 (0.150)		家庭规模	0.053 (0.019)***	
职业：体力劳动者	0.076 (0.143)		女性	0.078 (0.044)*	
职业：管理人员	0.038 (0.210)		族裔：白人	-0.028 (0.091)	
职业：专业人员	-0.037 (0.119)		族裔：黑人或非裔美国人	-0.008 (0.096)	
职业：销售人员	0.087 (0.170)		族裔：亚裔	-0.001 (0.106)	
职业：学生	0.313 (0.161)*		职业：社区和个人服务	-0.066 (0.125)	
职业：技术人员	-0.052 (0.147)		职业：医疗保健	0.262 (0.087)***	
至中央商务区的距离（疫情前）	0.009 (0.002)***		职业：体力劳动者	0.050 (0.084)	
			职业：管理人员	0.110 (0.119)	
			职业：专业人员	0.220 (0.069)***	
			职业：销售人员	0.204 (0.099)**	
			职业：学生	0.078 (0.093)	
			职业：技术人员	0.218 (0.083)***	
			距中央商务区的距离（2021年秋季）	0.002 (0.001)*	

注：标准误以括号表示。因变量以粗体标示。所有出行方式的使用频率变量均采用对数转换 *p<0.1；**p<0.05；***p<0.01。“风险感知：公共交通”是对公交车、地铁和通勤铁路的风险感知取平均值计算得出的。仅报告显著系数。

TA表 6：结构方程模型预测结果：现场工作日、总体居家办公满意度 n

回归	系数	R^2	回归	系数	R^2
现场工作日		0.497	**总体居家办公满意度**		0.621
(截距)	0.530 (0.608)		(截距)	0.315 (0.226)	
总工作日数	0.296 (0.053)***		报销	0.017 (0.079)	
总工作日数 * 现场办公要求	0.558 (0.133)***		风险感知：汽车	-0.026 (0.033)	
现场办公要求	-0.378 (0.652)		风险感知：交通网络公司	-0.037 (0.041)	
报销	-0.901 (0.203)***		风险感知：公共交通	0.056 (0.042)	
风险感知：汽车	-0.092 (0.083)		风险感知：步行	0.038 (0.036)	
风险感知：交通网络公司	-0.105 (0.104)		Age	-0.005 (0.003)**	
风险感知：公共交通	-0.067 (0.107)		收入	0.007 (0.006)	
风险感知：步行	-0.050 (0.092)		教育水平	0.011 (0.026)	
Age	-0.006 (0.007)		家庭规模	-0.079 (0.030)***	
收入	-0.015 (0.015)		女性	-0.051 (0.066)	
教育水平	-0.022 (0.068)		族裔：白人	0.053 (0.139)	
家庭规模	-0.031 (0.075)		族裔：黑人或非裔美国人	0.027 (0.148)	
女性	-0.048 (0.168)		族裔：亚裔	-0.025 (0.162)	
族裔：白人	0.695 (0.354)**		距中央商务区的距离（2021年秋季）	0.002 (0.002)	
族裔：黑人或非裔美国人	0.658 (0.375)*		居家办公满意度：生产力	0.169 (0.049)***	
族裔：亚裔	0.384 (0.411)		远程办公满意度：专注度	0.068 (0.046)	
距中央商务区的距离（2021年秋季）	-0.007 (0.004)		远程办公满意度：创造力	0.190 (0.041)***	
居家办公满意度：生产力	-0.084 (0.126)		远程办公满意度：环境	0.146 (0.039)***	
远程办公满意度：专注度	0.054 (0.116)		远程办公满意度：协作	0.055 (0.051)	
远程办公满意度：创造力	0.004 (0.105)		居家办公满意度：联结感	0.026 (0.047)	
远程办公满意度：环境	0.102 (0.099)		居家办公满意度：工作与生活平衡	0.330 (0.032)***	
远程办公满意度：协作	-0.477 (0.129)***		汽车拥有情况变化	0.002 (0.074)	
居家办公满意度：联结感	0.179 (0.120)		汽车拥有情况（2021年秋季）	0.007 (0.044)	
居家办公满意度：工作与生活平衡	-0.002 (0.081)		总体居家办公满意度	0.025 (0.048)	
汽车拥有情况变化	0.503 (0.188)***				
汽车拥有情况（2021年秋季）	0.115 (0.114)				

注： 括号内为标准误。因变量以粗体标示。*p<0.1； **p<0.05； ***p<0.01。所有出行方式的使用频率变量均采用对数转换。仅报告显著系数。

5.2 居家办公预测

表6报告了现场工作日和对居家办公的总体满意度预测结果。图6展示了关键变量的系数。

5.2.1 现场工作日

在预测现场工作日数时，我们首先发现，总工作日数以及总工作日数与现场工作要求之间的交互作用是重要的决定因素。对于工作要求其前往特定工作地点的人来说，总工作日数每增加一天，现场工作日数就会增加 0.296+0.558=0.854 天。然而，对于工作不要求其前往特定工作地点的人来说，总工作日数每增加一天，现场工作日数仅增加 0.296 天。“报销”也是影响现场工作日数的重要因素。具体而言，如果远程办公的成本

由雇主报销，现场工作日平均会减少 0.9 天。

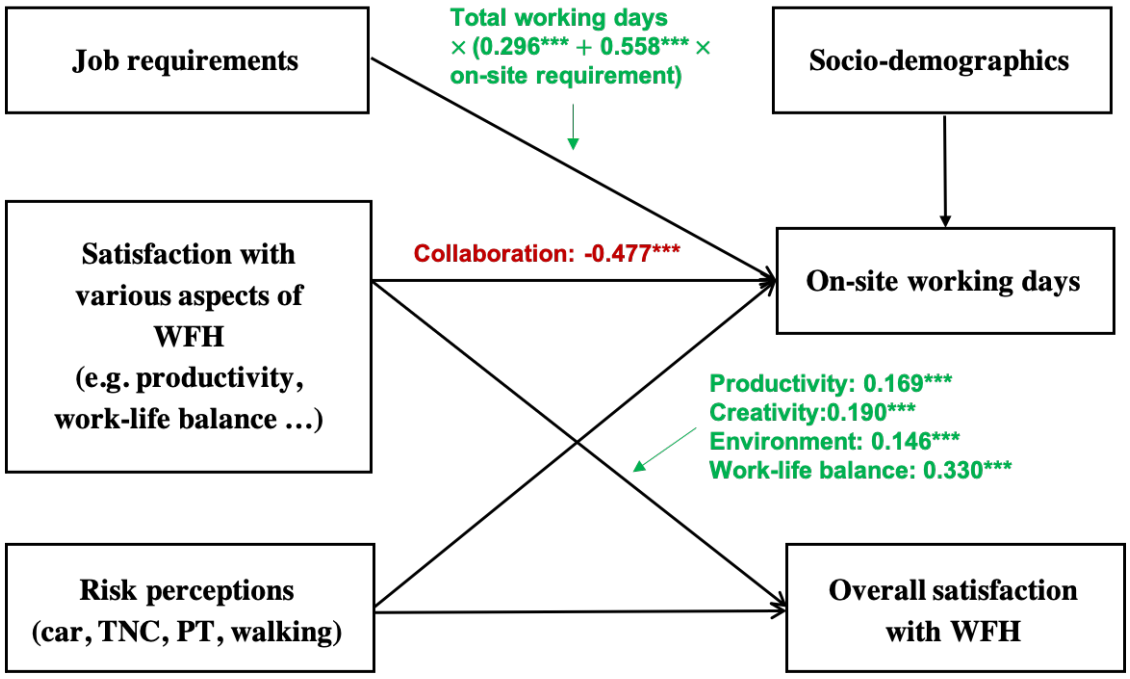
还有两项发现值得强调。首先，现场工作日的数量会受到汽车拥有情况变化的显著影响（系数=0.503，p<0.01），但不会受到汽车拥有量本身的影响。这一结果表明，疫情期间购车与现场工作日增加之间存在相关性，这可能说明许多人在疫情期间购车，是为了能够开车通勤。其次，研究发现，在居家办公的所有方面中，只有对居家办公时“与同事协作”的评价会显著影响现场工作日的数量（系数=-0.477，p<0.01）。具体而言，居家办公时对“与同事协作”的满意度每提高一个等级，现场工作日的平均数量就会减少0.48天。这一显著系数表明，居家办公时对“与同事协作”的满意度较低，会促使人们增加现场办公。值得注意的是，尽管居家办公期间对“与同事协作”的感受是唯一会显著影响现场工作日数量的居家办公相关因素，但这一因素并不会显著影响受访者的总体居家办公满意度，这反映出人们在居家办公方面的行为与态度并不一致。鉴于工作协作对人们决定是否现场办公的重要性，雇主可以鼓励员工前往共享办公空间工作，因为共享办公空间能让员工在离家更近的地方工作，同时与同事协作（57）。

5.2.2 居家办公总体满意度

我们还研究了对居家办公不同方面的态度如何影响总体居家办公满意度。表6的结果显示，对“工作与生活平衡”的感受是总体满意度最强的预测因素（系数=0.33，p<0.01）。对“工作创造力”“工作环境”和“工作效率”的感受也与总体满意度呈正相关（系数分别为=0.192、0.144和0.171，p<0.01）。具体而言，当居家办公在“工作与生活平衡”“工作创造力”“工作环境”和“工作效

率”方面的满意度各提高1个等级时，居家办公总体满意度分别提高0.33、0.19、0.15和0.17个等级。对“工作专注度”“与同事协作”以及“与同事的联结感”的看法，与居家办公总体满意度之间不存在显著关联。

关于社会人口统计变量，我们发现，居住在较大家庭中的人对居家办公的满意度较低（系数=-0.079，$p<0.01$）。一个可能的原因是，在大家庭中，随着工作、家庭和学校之间原有的界限变得模糊，家庭成员需要更多地相互配合（58），这可能会造成家庭内部的紧张关系。此外，大家庭中的主要收入者可能需要在工作时间承担更多家庭杂务，例如照顾孩子，从而降低对居家办公的满意度。大家庭也往往更嘈杂，容易造成更多干扰。



注：绿色表示正系数，红色表示负系数。未发现对不同出行方式的风险感知与现场工作日/居家办公总体满意度之间存在显著相关性。

图6： 居家办公预测结果

5.3 通勤方式选择预测

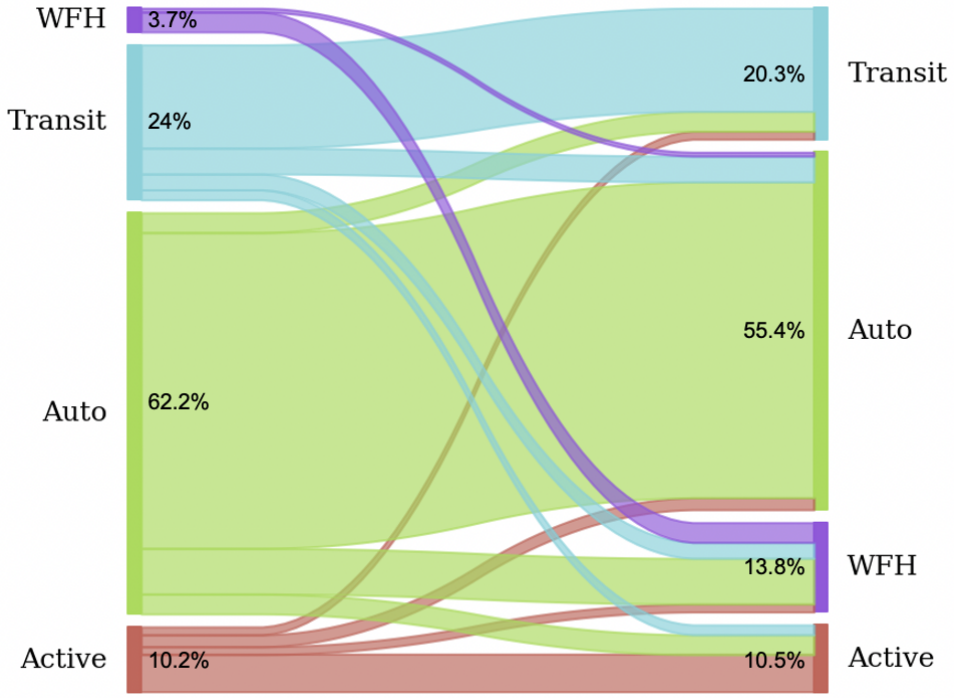


图7： 从疫情前到2021年秋季的交通方式转变

我们首先通过桑基图展示从疫情前时期到2021年秋季交通方式的变化，以此开始分析通勤方式选择。如图7所示，在此期间，人们的主要通勤方式发生了显著变化。为了探究影响这两个时期通勤方式选择的因素，我们采用离散选择建模，并在表7中报告研究结果。表中的似然比检验将新冠疫情前时期和2021年秋季的模型与反映市场份额的基准模型进行比较（即仅包含备选项特定常数的模型）。似然比检验结果表明，模型中纳入的变量对于解释新冠疫情前时期和2021年秋季的通勤方式选择均具有联合显著性。

结果表明，疫情前和2021年秋季，所有出行方式的出行时间系数均显著。2021年秋季，汽车拥有量显著影响驾车、乘坐公共交通和居家办公的效用。在社会人口学

变量方面，高收入群体更倾向于通过主动出行方式通勤；而与其他通勤方式相比，较高教育程度与较低的步行概率相关。

参数估计分析并未揭示这些决定因素对个人出行方式选择的影响程度。为了量化影响幅度，必须估计解释变量的弹性效应。表8报告了出行时间、汽车拥有量和收入变化时选择不同出行方式的弹性。就出行时间而言，驾车通勤的出行时间弹性在这两个时期并未发生变化，而主动出行方式的出行时间弹性绝对值则大幅下降，从 -11.052 降至 -7.992。换言之，疫情前，通勤出行时间每增加 1%，步行通勤的概率就会提高 11%；到2021年秋季，这一比例降至 8%。结果表明，人们在选择步行通勤时，对出行时间的敏感度有所降低。相比之下，公共交通的出行时间弹性绝对值从 -0.487 上升至 -0.534，说明人们对公共交通通勤出行时间的敏感度有所提高。这些变化可能是由于人们担心长时间乘坐公共交通通勤会感染新冠肺炎，同时也可能与2021年秋季人们日益认识到步行的益处有关。

关于各种交通方式选择对汽车拥有量的弹性，表8显示，正如预期，汽车拥有量增加与更高的驾车通勤可能性相关，而与使用主动出行方式、公共交通和居家办公的可能性降低相关。从影响幅度来看，我们发现，汽车拥有量对替代主动出行方式有显著影响（弹性 = -2.643），但对居家办公的影响相对较小（弹性 = -0.139）。

表8还揭示了收入效应对通勤行为的有趣影响。我们发现，高收入人群更倾向于采用主动出行方式通勤，而且

主动出行方式通勤对收入的弹性在2021年秋季显著上升。相比之下，低收入人群往往依赖汽车通勤，而低收入人群选择汽车通勤的可能性在同一时期有所增加。这可能是因为高收入人群更愿意享受主动出行方式带来的益处，例如环境可持续性、健康改善，以及降低感染新冠肺炎的风险。

表7：通勤方式预测结果

变量	新冠疫情前	2021年秋季
因变量		
上班/上学的主要通勤方式：汽车、公共交通、主动出行、居家办公		
常数项		
特定常数（汽车）	2.025 (2.289)	6.712 (2.319)***
特定常数（公共交通）	1.614 (2.528)	5.101 (2.292)**
ASC（居家办公）		5.350 (2.874)*
备选项特定变量		
出行时间（主动出行）	-0.083 (0.025)***	-0.055 (0.016)***
出行时间（汽车）	-0.093 (0.024)***	-0.042 (0.017)**
出行时间（公共交通）	-0.038 (0.009)***	-0.025 (0.006)***
居家办公费用报销（居家办公）		-0.297 (0.556)
居家办公满意度（居家办公）		0.319 (0.253)
社会人口学变量		
汽车拥有量（汽车）	2.863 (0.715)***	3.827 (0.782)***
汽车拥有量（公共交通）	-0.015 (0.724)	1.715 (0.782)**
汽车拥有量（居家办公）		2.648 (1.079)**
年龄（汽车）	-0.041 (0.023)*	-0.032 (0.029)
年龄（公共交通）	-0.030 (0.028)	-0.016 (0.032)
年龄（居家办公）		-0.048 (0.039)
女性（汽车）	0.154 (0.594)	0.620 (0.734)
女性（公共交通）	0.803 (0.660)	1.570 (0.771)**
女性（居家办公）		1.513 (0.858)*
族裔：白人（汽车）	-1.639 (2.037)	-2.268 (1.800)
族裔：白人（公共交通）	-1.623 (2.142)	-1.255 (1.846)
族裔：白人（居家办公）		-3.512 (2.100)*
族裔：黑人或非裔美国人（汽车）	-0.466 (2.198)	-1.526 (1.892)
族裔：黑人或非裔美国人（公共交通）	-1.412 (2.320)	-0.685 (1.945)
族裔：黑人或非裔美国人（居家办公）		-1.820 (2.173)
族裔：亚裔（汽车）	-2.583 (2.102)	-3.279 (2.001)
族裔：亚裔（公共交通）	-2.780 (2.229)	-2.367 (2.059)
族裔：亚裔（居家办公）		-3.769 (2.293)
收入（汽车）	-0.047 (0.039)	-0.164 (0.066)**
收入（公共交通）	-0.034 (0.045)	-0.139 (0.063)**
收入（居家办公）		-0.135 (0.070)*
教育（汽车）	-0.061 (0.213)	1.007 (0.359)***
教育（公共交通）	0.225 (0.245)	1.235 (0.369)***
教育（居家办公）		1.147 (0.422)***
家庭规模（汽车）	-0.021 (0.181)	-0.221 (0.222)
家庭规模（公共交通）	0.218 (0.220)	-0.011 (0.229)
家庭规模（居家办公）		-0.292 (0.285)
建成环境变量		
距中央商务区的距离（汽车）	-0.032 (0.027)	0.011 (0.029)
到中央商务区的距离（公共交通）	-0.043 (0.029)	-0.010 (0.029)
到中央商务区的距离（居家办公）		0.000 (0.032)
模型拟合度		
样本量	349	335
最终对数似然	-176.55	-222.31
似然比检验	335.07***	339.81***
McFadden 伪 R^2	0.39	0.3
赤池信息准则	419.1	546.61
贝叶斯信息准则	546.32	741.13

注：括号内为稳健标准误。对于新冠疫情前时期，*p<0.1；**p<0.05；***p<0.01，由于居家办公样本过少，仅纳入三种选择（即汽车、公共交通、主动出行）。

表8：弹性效应

变量	新冠疫情前	2021年秋季
出行时间（主动出行）	-11.052	-7.992
出行时间（汽车）	-0.991	-0.991
出行时间（公共交通）	-0.487	-0.534
汽车拥有量（主动出行）	-1.810	-2.643
汽车拥有量（公共交通）	-1.247	-0.835
汽车拥有量（汽车）	0.683	0.700
汽车拥有量（居家办公）	–	-0.139
收入（主动出行）	0.349	1.189
收入（公共交通）	0.039	0.032
收入（汽车）	-0.077	-0.239
收入（居家办公）	–	-0.013

6. 讨论与结论

随着餐饮、口罩和室内聚会限制措施于2021年秋季逐步解除，疫情前的活动也逐渐恢复，这有助于我们预测后疫情时代的常态将会是什么样子。本研究是最早尝试之一，旨在探讨在美国某城市新冠肺炎限制措施大幅放宽、人们逐渐返回办公室的背景下，新冠肺炎对居家办公和出行行为的影响。我们建立了一个涵盖三种出行选择（现场办公频率、交通方式选择和汽车拥有量）的综合模型，并研究这些因素如何相互影响。我们还考察了哪些因素会影响现场工作日的数量以及对居家办公的满意度。此外，我们也考察了新冠肺炎期间态度因素对出行选择和居家办公决策的影响。通过将疫情前的出行行为纳入考量，我们确定了促使2021年秋季出行行为发生变化的因素。以下小节总结了若干重要发现。

6.1 新冠肺炎对出行方式使用频率的影响

我们对马萨诸塞州居民开展的在线调查显示，与疫情前相比，2021年秋季公共交通和 TNC 的使用频率显著下降。根据我们的

结构方程模型建模结果，我们发现，公共交通和 TNC 乘客量的下降部分受到汽车拥有量变化的影响：汽车拥有量增加会导致公共交通使用频率下降 28%，TNC 使用频率下降 15.9%。现场工作日较少也与公共交通使用频率较低相关，但现场工作日数量与其他出行方式之间不存在这种关联。这一结果反映了居家办公对公共交通客流量的负面影响。

公共交通和交通网络公司的使用频率下降，也部分归因于人们对感染新冠肺炎的感知风险。具体而言，研究发现，使用汽车时感知风险较低，会减少公共交通和交通网络公司的使用。这些结果证实，态度因素在人们的出行选择中发挥着重要作用。

6.2 现场工作日的决定因素

我们的结构方程模型还探讨了态度因素对现场工作日数的影响。结果显示，现场办公要求、总工作日数以及雇主是否报销远程办公费用，是决定现场工作日数的关键因素。这些发现与先前的研究相呼应：远程完成工作的能力、雇主支持以及技术的可获得性和成本，是决定增加居家办公意愿的最重要因素（6、59、60）。因此，如果地方政府希望维持向居家办公的行为转变，以缓解交通拥堵，就应鼓励雇主支持居家办公，例如提供家庭办公设备报销。

研究还发现，对居家办公的满意度会影响居家办公行为。值得特别指出的是，受访者对居家办公期间与同事协作的满意度，是唯一会显著影响现场办公天数的居家办公相关态度因素。因此，如果地方政府或雇主希望鼓励远程办公，就应制定措施来改善员工之间的协作，例如鼓励

员工到位于员工住所附近的共享办公空间工作，从而让员工能够共同办公，而不必长途通勤。

我们还考察了居家办公各个方面对于总体居家办公满意度的相对重要性。我们发现，“工作与生活平衡”是影响总体满意度的最重要因素，其次是“工作创造力”“工作环境质量”和“工作效率”。居家办公时，受访者对与同事的联结感以及与同事协作的满意度较低，但这些因素对其总体工作满意度并无显著影响。有趣的是，尽管“与同事协作”对于预测现场办公天数至关重要，但在预测受访者的总体居家办公满意度时，这一因素并不显著。这一结果可能反映了居家办公相关态度与行为之间存在脱节。

6.3 通勤方式转变

本研究还通过研究新冠肺炎可能引发的通勤方式选择变化及其背后的影响因素，为现有文献作出了贡献。由于居家办公很可能在后疫情时代以某种形式持续存在，因此，在建立2021年秋季的通勤方式选择模型时，除传统出行方式选项外，还必须纳入居家办公(51)。调查结果显示，全职居家办公的受访者比例从疫情前的3.6%上升至2021年秋季的14.1%。离散选择建模结果表明，与疫情前时期相比，2021年秋季的人们在选择通勤方式时，对主动出行方式的出行时间不那么敏感，但对公共交通出行时间更加敏感。汽车拥有量会对居家办公、主动出行方式通勤及公共交通通勤的效用产生负面影响；这种影响对于主动出行方式的弹性最大，对于居家办公的弹性最小。2021年秋季，汽车通勤概率对汽车拥有量的弹性有所上升。这一发现与结构方程模型建模结果一致，后者显示汽车拥有情况变化与现场工作日数量呈正相关。

这些结果表明，2021年秋季，人们更有可能开车通勤；而在疫情期间购车的人，则更倾向于现场办公。在通勤方式选择的社会人口学异质性方面，研究发现，高收入人群更有可能选择主动出行方式而非开车通勤，而且这一倾向在2021年秋季变得更加明显。这可能是因为高收入人群往往更认可主动出行方式的优势，例如环境可持续性、改善健康状况以及降低感染新冠肺炎的风险。

6.4 启示与未来研究

本研究存在若干局限，有待未来研究进一步探讨。首先，自2020年年中以来，燃油成本一直在上涨（61），这可能会影响汽车使用和汽车拥有量。然而，由于本研究基于特定时期（即2021年秋季）出行行为的截面数据，我们无法捕捉燃油成本随时间变化所产生的影响。我们承认，燃油成本上涨可能会影响未来的出行行为和汽车拥有决策，因此有必要利用纵向数据开展进一步研究，以探究这一影响。其次，新冠肺炎疫情导致汽车供应短缺，这可能影响了汽车的拥有和使用。这种短缺不仅影响了新车市场，也波及二手车市场（62，63），可能对不同收入群体的人们产生了影响。未来研究可以考察汽车供应短缺如何影响不同收入水平人群的汽车使用和拥有量。

总体而言，本研究收集了有关2021年秋季大波士顿地区居民实际行为变化的宝贵信息，并深入分析了推动这些变化的因素。本文讨论的研究主题仍有很大的进一步拓展空间。首先，在调查问卷完成后不久，新冠肺炎奥密克戎变异株便在全国蔓延，再次扰乱了人们的工作和生活。如今，随着奥密克戎疫情逐渐消退，亟须探

讨本研究得出的结论是否有所变化。其次，尽管本研究揭示了新冠肺炎疫情导致的出行模式和居家办公行为变化，并探究了这些变化的成因，但作者并未就决策者应如何应对这些变化表明立场。事实上，如何制定未来政策以应对出行行为变化，仍需进一步讨论；此外，还需要开展更多研究，分析不同政策会如何影响后疫情时代的出行选择和居家办公行为。

参考文献

[1] Mouratidis, K. and A. Papagiannakis，新冠肺炎、互联网与出行：远程办公、远程医疗、在线学习和网上购物的兴起。*SustainableCities and Society*，第 74 卷，2021年，第 103182 页。

[2] Shakibaei, S., G. C. De Jong, P. Alpk¨okin, and T. H. Rashidi，新冠肺炎疫情对伊斯坦布尔出行行为的影响：一项面板数据分析。*Sustainable citiesand society*，第 65 卷，2021年，第 102619 页。

[3] Benita, F.，新冠肺炎期间的人类出行行为：系统性文献综述与文献计量分析。*Sustainable Cities and Society*，第 70 卷，2021年，第 102916 页。

[4] Abdullah, M., C. Dias, D. Muley, andM. Shahin，探讨新冠肺炎对出行行为和出行方式偏好的影响。*Transportation Research Interdisciplinary Perspec-tives*，第 8 卷，2020年，第 100255 页。

[5] Mo, B., K. Feng, Y. Shen, C. Tam, D. Li, Y. Yin, and J. Zhao，通过时变接触网络建模公共交通中的疫情传播。*TransportationResearch PartC: Emerging Technologies*，第122卷，2021年，页码102893。

[6] Jain, T., G. Currie, and L. Aston，新冠肺炎与居家办公：长期影响和心理社会决定因素。《交通研究*A*辑：政策与实践》，第156卷，2022年，页码52–68。

[7] Levin, I. P., M. K. Mosell, C. M. Lamka, B. E. Savage, and M. Gray，心理因素的测量及其在出行行为中的作用。*Choice*，第4卷，第11期，1977年，页码15–6。

[8] Zheng, Y., H. Kong, G. Petzhold, M. M. Barcelos, C.P. Zegras, 和 J.Zhao，巴西阿雷格里港和福塔莱萨公共交通巴士系统用户满意度及服务质量改进优先级的性别差异。*Travel Behaviourand Society*，第28卷，2022年，页码：22–37。

[9] Zheng, Y., H. Kong, G. Petzhold, M. M. Barcelos, 和 J. Zhao，巴西贝洛奥里藏特快速公交的用户满意度及服务质量改进优先级。《交通政策案例研究》，第9卷，第4期，2021年，页码：1900–1911。

[10] Golob, T. F.，《出行行为研究中的结构方程建模》。《交通》*Re- search Part B: Methodological*，第37卷第1期，2003年，第1–25页。

[11] Van Acker, V.、F. Witlox 和 B. Van Wee，《土地利用系统对出行行为的影响：一种结构方程建模方法》。《交通规划与技术》，第30卷第4期，2007年，第331–353页。

[12] Bagley, M. N. 和 P. L. Mokhtarian，《居住社区类型对出行行为的影响：一种结构方程建模方法》。《区域科学年鉴》，第36卷第2期，2002年，第279–297页。

[13] De Vos, J.、L. Cheng 和 F. Witlox，《居住地的变化会导致出行态度的变化吗？一种结构方程建模方法》。《交通》，第48卷第4期，2021年，第2011–2034页。

[14] Etminani-Ghasrodashti, R. 和 M. Ardeshiri，通过生活方式、建成环境与非工作出行之间的结构关系对出行行为进行建模。《交通研究*A*辑：政策与实践》，第 78 卷，2015年，第 506–518 页。

[15] Moody, J. 和 J. Zhao，出行行为如何影响态度：美国城市中的汽车使用与汽车自豪感。《交通研究*F*辑：交通心理学与行为》，第 74 卷，2020年，第 225–236 页。

[16] Gao, S., J. Rao, Y. Kang, Y. Liang 和 J. Kruse，《新冠肺炎疫情期间美国县级出行模式变化》，*SIGSpatial Special*，第 12 卷，第 1 期，2020年，第 16–26 页。

[17] Heiler, G., T. Reisch, J. Hurt, M. Forghani, A. Omani, A. Hanbury 和 F. Karimipour，《新冠肺炎疫情期间通过手机数据观测到的全国出行变化》。载于*2020*年*IEEE* 国际大数据会议（*Big Data*），IEEE，2020 年，第 3123–3132 页。

[18] Xiong, C., S. Hu, M. Yang, H. Younes, W. Luo, S. Ghader 和 L. Zhang，《移动设备位置数据揭示了美国新冠肺炎疫情期间人们对各州居家令的出行反应》。英国皇家学会界面期刊，第17卷，第173期，2020年，p.20200344。

[19] Shamshiripour, A., E. Rahimi, R. Shabanpour 和 A. K. Mohammadian，《新冠肺炎如何重塑活动—出行行为？来自芝加哥一项综合调查的证据》。*Transportation ResearchInterdisciplinaryPerspectives*，第7卷，2020年，p. 100216。

[20] Barrero, J. M., N. Bloom 和 S. J. Davis，为什么居家办公将持续下去。美国国家经济研究局，2021年。

[21] Currie, G., T. Jain 和 L. Aston，《后新冠时期出行行为变化的证据：对墨尔本通勤情况的自我报告预期》。《交通研究A辑：政策与实践》，第153卷，2021年，第218–234页。

[22] Abdullah, M., N. Ali, S. A. Hussain, A. B. Aslam, and M. A. Javid，《发展中国家新冠肺炎疫情对出行行为模式变化的影响：巴基斯坦案例研究》。《交通政策》，第108卷，2021年，第21–33页。

[23] Torrisi, V., T. Campisi, G. Inturri, M. Ignaccolo, and G. Tesoriere，《继续共享吗?意大利封锁前后出行行为概述》。载于《*AIP*会议论文集》，AIP出版有限责任公司，2021年，第2343卷，第090010页。

[24] Anwari, N., M. T. Ahmed, M. R. Islam, M. Hadiuzzaman, and S. Amin，《探索新冠肺炎危机导致的出行行为变化：以发展中国家为例》。*Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*，第 9 卷，2021年，第 100334 页。

[25] Parady, G., A. Taniguchi, and K. Takami, 《日本 COVID-19 疫情期间的出行行为变化：分析风险感知和社会影响对外出自我限制的影响》。*Transportation ResearchInterdisciplinary Perspectives*，第 7 卷，2020年，第 100181 页。

[26] Beck, M. J., D. A. Hensher 和 E. Wei, 《逐步解除澳大利亚 COVID-19 限制措施：对居家办公以及乘坐汽车和公共交通通勤行程的影响》。《交通地理学杂志》，第 88 卷，2020年，第 102846 页。

[27] Barbour, N., N. Menon 和 F. Mannering, 《COVID-19 疫情不同阶段居家办公参与情况的统计评估》。《交通跨学科研究视角》，第 11 卷，2021年，第 100441 页。

[28] Aaditya, B. 和 T. Rahul, 《COVID-19 疫情对交通方式选择行为的心理影响：一种混合选择建模方法》。《交通政策》，第 108 卷，2021年，第 47–58 页。

[29] Chen, C., T. Feng 和 X. Gu, 《新冠肺炎疫情下潜在因素与公共政策在出行决策中的作用：混合选择模型的研究发现》。*SustainableCities andSociety*，2021年，第 103601 页。

[30] Irawan, M. Z., P. F. Belgiawan, T. B. Joewono, F. F. Bastarianto, M. Rizki 和 A. Ilahi, 《新冠肺炎疫情初期印度尼西亚活动—出行行为变化探析》。《交通》，2021年，第 1–25 页。

[31] Javid, M. A., M. Abdullah, N. Ali 和 C. Dias, 《采用 COVID-19 防范措施的公共交通使用行为结构方程建模：规范激活模型的扩展》。《交通研究跨学科视角》，第 12 卷，2021年，第 100474 页。

[32] Elias, W. 和 S. Zatmeh-Kanj，新冠肺炎对以色列未来火车使用的影响程度。《交通政策》，第 110 卷，2021年，第 215–224 页。

[33] Jiao, J.、M. Bhat 和 A. Azimian，利用 2020年COVID-19疫情期间的出行数据衡量得克萨斯州休斯敦的出行行为。《交通快报》，第 13 卷，第 5–6 期，2021年，第 461–472 页。

[34] Asmussen, K. E., A. Mondal, C. R. Bhat, and R. M. Pendyala, 关于未来工作地点选择建模：对得克萨斯州员工的分析。技术论文，德克萨斯大学奥斯汀分校土木、建筑与环境工程系，2022年。

[35] Salon, D., M. W. Conway, D. Capasso da Silva, R. S. Chauhan, S. Derrible, A. Moham- madian, S. Khoeini, N. Parker, L. Mirtich, A. Shamshiripour, 等，《美国疫情引发的行为变化可能具有的持续性》。《美国国家科学院院刊》，第118卷，第27期，2021年，第e2106499118页。

[36] Tahlyan, D., M.Said, H.Mahmassani, A. Stathopoulos, S. Shaheen, J. L. Walker, 等，通过疫情期间的纵向追踪调查了解消费者支出、远程办公和出行模式的变化。远程出行一级大学交通中心（远程出行大学交通中心），2022年。

[37] Kong, X., A. Zhang, X. Xiao, S. Das, and Y. Zhang，《后新冠时代的居家办公》。《交通政策案例研究》，第10卷，第2期，2022年，页码1118–1131。

[38] 马萨诸塞州公共卫生部，《从中国武汉返回的男子成为马萨诸塞州首例确诊的2019新型冠状病毒病例》。在线，https://www.mass.gov/news/
m
an-returning-from-wuhan-china-is-first-case-of-2019-novel-coronavirus-confirmed-in-massachusetts, 2020年。

[39] Arsenault, M.，《百健在波士顿举行的领导层会议如何传播冠状病毒》。《波士顿环球报》，2020年。

[40] Reiss, J., Z. Greenberg, E. Sweeney, A. Kaufman, C. Enos, A. Feldman, S. Patel, 和 S. Pu- rifoy，《冠状病毒疫情期间马萨诸塞州学校停课名单》。《波士顿环球报》，2020年。

[41] Markos, M.，《封锁中的生活：马萨诸塞州新冠肺炎停摆时间线》。*NBCBoston*，2021年。

[42] Hilliard, J.，《波士顿今天进入重新开放第三阶段，但商家并不指望顾客蜂拥而至。《波士顿环球报》，2020年。

[43] Stout, M. 和 D. Moore，贝克州长宣布收紧口罩令及其他新冠肺炎限制措施。《波士顿环球报》，2020年。

[44] Platoff, E. 和 C. Prignano，贝克表示，尽管病例增加，他不打算调整新冠肺炎政策。《波士顿环球报》，2021年。

[45] Carlin, J.，“慢慢恢复正常”：大学生返校波士顿校园。《波士顿环球报》，2021年。

[46] Gardizy, A.，仍有理由不去办公室，但健康顾虑未必是其中之一。《波士顿环球报》，2021年。

[47] Bleichfield, A.，马萨诸塞湾交通局乘客量从疫情期间有所回升。《海湾州旗报》，2021年。

[48] Hair, J. F.,多变量数据分析：全球视角。Prentice-Hall，第7版，2009年。

[49] HairJr, J. F., G. T. M. Hult, C. M. Ringle, and M.Sarstedt, 偏最小二乘结构方程模型（*PLS-SEM*）入门。Sage Publications，2021年。

[50] Moody, J., E. Farr, M. Papagelis, and D. R. Keith, 美国汽车拥有量与使用的价值。《自然·可持续发展》，2021年，第1–6页。

[51] Hensher, D. A., C. Balbontin, M. J. Beck, 和 E. Wei，《新冠肺炎疫情期间居家办公对通勤方式选择反应的影响：对澳大利亚两个大都市地区的启示》。《交通研究*A*辑：政策与实践》，第155卷，2022年，第179–201页。

[52] Ajzen, I.，计划行为理论。《组织行为与人类决策过程》，第50卷，第2期，1991年，第179–211页。

[53] Ben-Akiva, M. E., S. R. Lerman, S. R. Lerman, 等，《离散选择分析：理论及其在出行需求中的应用》，第9卷。MIT出版社，1985年。

[54] Zheng, Y., S. Wang, 和 J. Zhao，利用深度神经网络和离散选择模型预测出行行为中的机会平等。《Transportation Research Part C: Emerging Technologies》，第132卷，2021年，第103410页。

[55] Ullman, J. B. 和 P. M. Bentler，结构方程建模。《心理学手册，第二版》，第2卷，2012年。

[56] Zheng, Y., P. Meredith-Karam, A. Stewart, H. Kong, 和 J. Zhao，拥堵收费对网约车乘客量的影响：来自芝加哥的证据。《交通研究A辑：政策与实践》，第170卷，2023年，第103639页。

[57] Williamson, S., A. Pearce, H. Dickinson, V. Weeratunga, and F. Bucknall，《未来工作文献综述：新兴趋势与问题》。公共服务研究小组，2021年。

[58] Biroli, P., S. Bosworth, M. Della Giusta, A. Di Girolamo, S. Jaworska, and J. Vollen，《封锁期间的家庭生活》。《心理学前沿》，第12卷，2021年。

[59] Dey, M., H. Frazis, M. A. Loewenstein, and H. Sun，居家办公的能力。《月度劳工评论》，2020年，第1–19页。

[60] Kramer, A. and K. Z. Kramer，新冠肺炎疫情对职业状况、居家办公和职业流动性的潜在影响。《职业行为杂志》，第119卷，2020年，第103442页。

[61]美国交通统计局，*2022*年机动车燃料价格创纪录上涨。在线资料：https://www.bts.gov/data-spotlight/record-breaking-increases-motor-fuel-prices-2022，2022年。

[62]美联社，*2021*年新车销售增长，但距离全面复苏仍有很长的路。在线资料：
https://apnews.com/article/
coronavirus-pandemic-business-health-3e51e0b4dd6afac30a21aa6c3725c05b，2022年。

[63] 《纽约时报》，新冠疫情二手车热潮即将戛然而止。在线版，https: //
www.nytimes.com/2023/01/30/business/economy/used-cars-carmax-carvana.html，2023年。