

肇庆市智能立体停车库发展调查与研究

陈家宁*, 黄万勇, 黄睿, 黄海歆, 郭婉仪, 程从华#

肇庆学院数学与统计学院, 广东 肇庆

收稿日期: 2023年5月20日; 录用日期: 2023年6月10日; 发布日期: 2023年6月25日

摘要

本文通过分层抽样和三阶段不等概率抽样获得样本数据, 利用Logistic回归模型以及分类数据主成分分析对肇庆市智能立体停车库发展情况进行分析和预测; 最后从政府、企业和民众三个层面给出了相关建议。

关键词

不等概率抽样, Logistic回归模型, 主成分分析

Investigation and Research on the Development of Intelligent Three-Dimensional Parking Garage in Zhaoqing City

Jianing Chen*, Wanyong Huang, Rui Huang, Haixin Huang, Wanyi Guo, Conghua Cheng#

School of Mathematics and Statistics, Zhaoqing University, Zhaoqing Guangdong

Received: May 20th, 2023; accepted: Jun. 10th, 2023; published: Jun. 25th, 2023

Abstract

In this paper, the sample data are obtained by stratified sampling and three-stage unequal probability sampling, and the development of intelligent three-dimensional parking garage in Zhaoqing

*第一作者。

#通讯作者。

City is analyzed and predicted by using logistic regression model and categorical data principal component analysis. Finally, relevant suggestions are given from the three levels of government, enterprises and people.

Keywords

Unequal Probability Sampling, Logistic Regression Model, Principal Component Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

伴随着机动车数量的不断提升,因此,停车难、停车乱的问题愈演愈烈[1],这也成为城市管理的一大难题,再加上当前中心商业区建设的大力推进,越来越多的资源也将靠拢和集聚,停车困难的问题会愈加明显,停车困难日益突出。目前,机动车的停放,通常来说有小区停放[2]、商场和超市停车场、路边车位等几种停放方式。近几年来,各省通过新规划停车位、加强车场的管理等一些途径,在一定程度上暂时缓解了停车难问题,但是其力度和速度远远没有解决众多机动车的停放需求。形成这种情况的原因,主要有两方面的原因,一是历史原因,如[3]老旧小区建设时缺乏合理的规划,因此也导致了小区停车矛盾日益突出;二是土地资源的稀缺,为设置车位带来了不便。因此,立体停车库的发展,将会能够很有效的解决停车难,停车乱的问题。北京通州区最大的社区大方居[4]大约共有居民 6000 多户,然而停车位仅仅只有 1000 多个。而同样紧缺的还有商超停车位和道路停车位。由此也导致了机动车辆乱停乱放,占路挤路的现象非常严重,不仅阻碍了交通的畅通,还给居民的出行带来很多的不便。而智能垂直循环式立体车库就能很好地解决这些问题。智能垂直循环式立体停车库[5]占地少且容量大:智能垂直循环式立体停车库不仅占地面积较小,存放车辆多,而且还适用于老旧小区的改造、道路两旁设置、新建小区规划[6]、医院停车场和商超设置。智能立体停车库采用智能化的管理,因此也方便了运行和维护。经初步测算,传统 500 个停车位的面积可以容纳 3000 余辆,停放车辆的数量是传统平面停车位的 5~8 倍。

1.1. 调查实施方案

本次调查采用分层抽样和三阶段抽样相结合的概率抽样调查方式。其中三阶段抽样分别先从肇庆市抽取直辖区和县级市,再从城区中抽取街道,最后从街道中抽取常住居民。抽样保证了前两阶段进行等概率抽样,使得各最终单元入选样本的概率相同。并且考虑了人力因素和问卷回收效果,我们主要采取在街道周边随机拦访调查和网上发放问卷的方式进行问卷调查。

按照以比例计算的公式,所需的样本可通过如下步骤确定。

1) 确定估计精度水平,绝对误差限 d 、置信度 $1-\alpha$, 并且满足:

$$\Pr(|p - P| \geq d) = \alpha$$

通过差 t 分布的分位数表得知在 95% 置信度下, $\alpha = 0.05$ 时, $t = 1.96$ 。

2) 根据上述确定的精度水平,对 P 取 0.5(最保守水平),在考虑总体数量为 N 的情况下,以简单随机抽样为设计方案时,修正前最佳样本量 n_0 的计算公式为

$$n_0 = \frac{t^2 PQ/d^2}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{t^2 PQ}{d^2} - 1 \right)}$$

综合权衡抽样误差和调研费用，本次调研取最大允许误差不超过 0.05，置信度为 95% 计算，样本量确定为 384 人。在 95% 的置信度下按抽样绝对误差不超过 5% 的要求得到的最佳样本量。由于我们的抽样方法比较复杂，难以计算设计效应 $deff$ 的值，根据预调查以及指导老师的建议，假设我们采取的多阶段抽样的设计效应为 1.2，则应回收的有效样本量为 460 份。

$$n = n_0 \times deff = 384 \times 1.2 = 460$$

考虑到被抽中的居民中途放弃填写问卷以及一系列不可控因素，根据以上标准，我们将问卷份数调整为 548 份。其中 460 份问卷有效，有效回答率 $r = 0.84$ 。

1.2. 问卷设计

为了获得最符合实际的问卷，保证调查结果的质量，本次调查问卷经过了精心设计，并根据指导老师给出的建议和预调查的结果调整了问卷。

- 1) 基本信息详细表明了调查的时间、地点以及问卷编号等，有利于问卷的发放以及收回整理数据。
- 2) 问卷首语清楚地说明了调查主题、调查目的以及用处，消除了调查者对隐私保密性的顾虑，在一定程度上提高了问卷填写内容的真实性与可靠性。
- 3) 问卷项目在初步设计问卷的基础上，结合实地勘察、导师建议得到的内容，修改了问卷题目以及选项，在预调查时发放的问卷完全是纸质版的，因为纸质问卷更具有真实性与可靠性，群众更愿意认真填写。并用预调查数据对问卷量表部分进行项目分析、信效度检验，使问卷项目设计合理科学。
- 4) 在初步确定问卷结构，我们采取了以问卷调查为主的方式进行预调查，初步了解了智能停车库用户的基本信息以及潜在用户的基本情况，并以此来分析和预测肇庆市智能立体停车库发展情况。

1.3. 调查问卷信度分析

在对总体问卷进行信度分析后，得到数据结果见表 1，可知检验结果 $KMO = 0.882$ ，巴特利特球形度检验统计量的观测值为 959.245，在显著性水平 α 为 0.05 的情况下，概率 P 值为 $0 < 0.05$ ，故应拒绝原假设，即认为相关系数矩阵与单位矩阵之间有显著差异，故数据合理，该量表评价体系较可靠。

Table 1. KMO and Bartlett's test for formal survey scales

表 1. 正式调查量表的 KMO 和巴特利特检验

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数		0.882
巴特利特球形度检验	近似卡方	959.245
	自由度	45
	显著性	0.000

2. 描述性统计分析

2.1. 当地停车现状分析

由图 1 所示，在被调查的人群中，大部分受访者认为肇庆市存在着“停车难”问题，约占比例为 89%，

说明肇庆市目前迫切需要解决“停车难”的问题，解决人们的不便之处。所以，我们认为在肇庆市建立智能立体停车库来缓解停车难问题是十分有必要的。

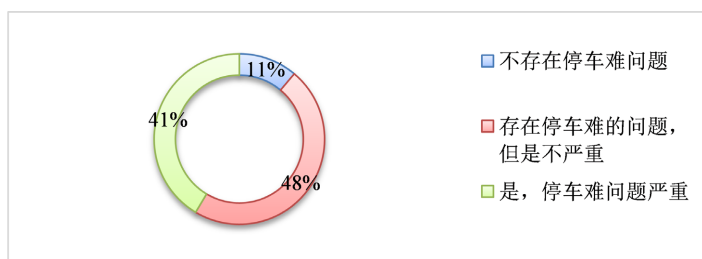


Figure 1. Is there a distribution of “parking difficulty” issues
图 1. 是否存在“停车难”问题分布

2.2. 传统停车方式问题分析

由图 2 所示，被调查者大部分认为传统停车方式主要存在着九类问题，其中，“寻找车位难”、“收费不合理”、“停放车辆麻烦”这三类是需要目前着重解决的问题，这三类问题分别占比为 64.23%、50.91%、50.36%，均超过半成以上的受访者提及。因此，寻找车位难、收费不合理以及停放车辆麻烦仍是当前停车方式存在问题的主要原因。由此可见，建立智能立体停车库的必要性和实用性。建立智能立体停车库不仅可以适当的解决“停车难”的问题，还能合理解决当前传统停车方式存在的问题，为肇庆市群众们提供了更加便利的停车场所。

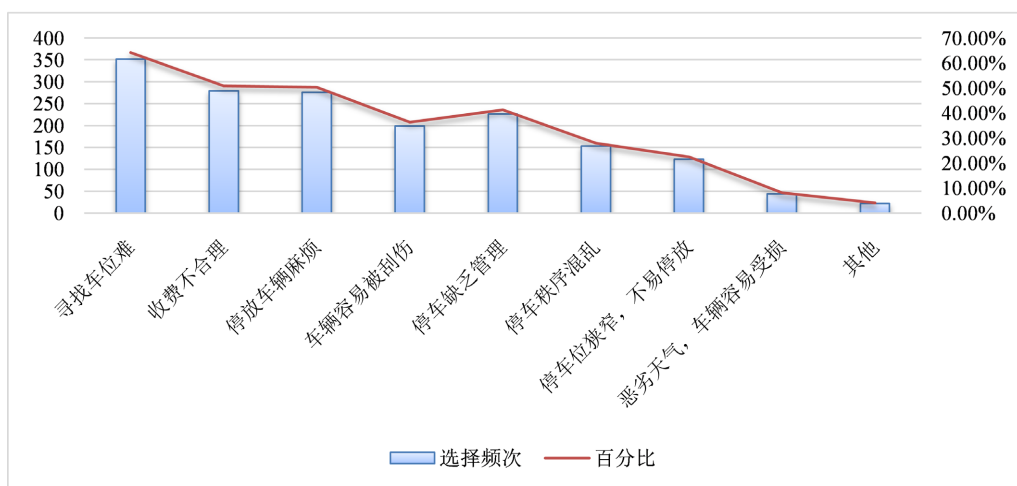


Figure 2. Analysis of traditional parking methods
图 2. 传统停车方式问题分析

2.3. 解决停车位不足的方法

由图 3 所示，被调查者认为解决停车位不足的方法主要有四种，其中采用智能立体停车库占比为 72.99%，扩大停车场面积占比为 66.97%，大力发展公共交通占比为 47.26%，提高停车费用占比为 30.66%。综上所述，相对于其它解决停车位不足的方法，市民们认为选择“采用智能立体停车库”的方式能更好的解决当地停车难的问题。说明智能立体停车库在肇庆市的发展前景较为良好，拥有着较大的市场需求。

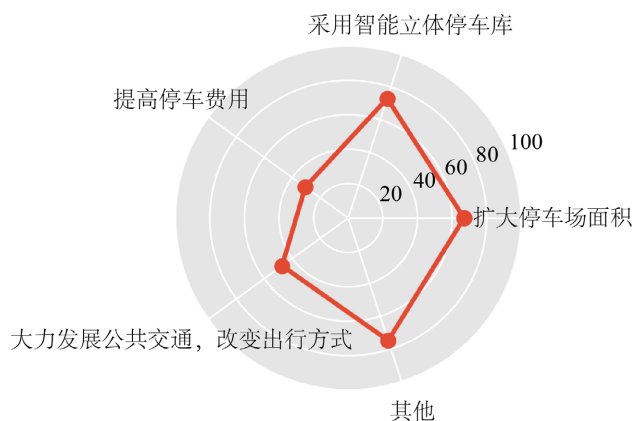


Figure 3. Distribution of methods to address insufficient parking spaces

图 3. 解决停车位不足方法分布

2.4. 智能立停车库的优点

由图 4 所示, 根据受调查者的问卷收集数据所示, 智能立体停车库的优点主要表现在四个方面, 其所占总体比例为: 方便占比 66.04%、安全占比 61.98%、省油占 58.11%、省时占 53.96%。可以看出, 人们使用智能立体停车库很大原因是因为方便, 而且停放车辆安全, 并且省时省油。与传统停车场相比, 在智能立体停车库停车时不需要寻找车位, 只需将车辆停放在停车位里, 系统就会自动将车停放好, 省去了在传统停车方式寻找停车位时的时间以及油量, 且安全性更高。



Figure 4. Benefit distribution map

图 4. 优点分布图

2.5. 可接受的智能立体停车库计费价格

由图 5 所示, 大多数市民能接受的价格范围为 4 至 5 元每小时, 全天不超过 24 元或 28 元每小时, 说明大多数市民能接受的价格不高。在此前提下, 在智能立体停车库的停车计费价格定位不可做成高端收费模式, 应该更加贴近平民式消费。并且智能立体停车库计费标准应与传统停车库计费标准几乎一致, 才能吸引更多市民使用。

2.6. 使用智能立体停车库的方式

如图 6 所示, 主要使用智能立体停车库的方式有两种, 一为微信公众号, 二为智慧停车 APP, 其中, 只使用“微信公众号”方式占比为 35.47%, 只使用“智慧停车 APP”方式占比为 35.09%, “两个都会用”的方式占比为 29.43%, 以上说明两种方式的使用人群占比几乎相同, 人们使用智能立体停车库的方式相差无几。

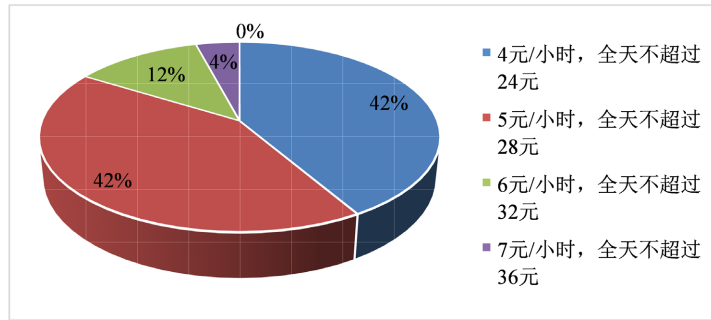


Figure 5. Billing price distribution
图 5. 计费价格分布

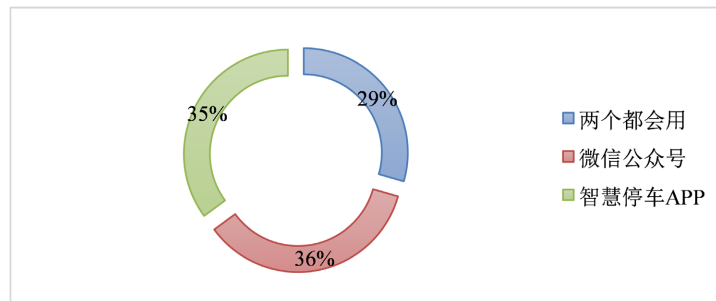


Figure 6. Usage distribution
图 6. 使用方式分布

3. 相关性分析

3.1. 主观认知和行为意向与是否使用智能立体停车库的相关性分析

3.1.1. 是否存在停车难问题与今后是否会使用

如表 2 所示, 斯皮尔曼相关系数为 $0.228^{**} > 0$, P 值为 0.000, 达到显著性水平。这说明, 当地存在停车难问题与居民今后使用智能立体停车库呈正显著相关, 即市民认为, 采用智能立体停车库有利于缓解当地停车难的问题。在此情况下, 企业应该根据市民的需求制定合理投资策略, 在停车难地区建立智能立体停车库点, 从而缓解当地停车难问题, 做到既满足收益盈利的目的, 同时也能满足市民的停车需求。

Table 2. Whether there is a problem of parking difficulties and whether it will be used in the future

表 2. 是否存在停车难问题与今后是否会使用

		今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	您觉得您所在的地区是否存在停车难问题?
今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	斯皮尔曼系数	1.000	0.228**
	Sig.(双尾)	.	0.000
	<i>N</i>	283	283
您觉得您所在的地区是否存在停车难问题?	相关系数	0.228**	1.000
	Sig.(双尾)	0.000	.
	<i>N</i>	283	283

3.1.2. 生活便捷与今后是否使用

如表 3 所示, 斯皮尔曼相关系数为 $0.418^{**} > 0$, P 值为 0.000, 达到显著性水平。这说明, 今后尝试使用智能立体停车库与使人们的生活更加便捷, 呈正显著相关, 即市民认为, 采用智能立体停车库能使居民的生活更加便捷。在此情况下, 政府应加大支持力度, 在肇庆市建立多个智能立体停车库停车点, 使市民的日常停车问题得到有效解决, 让生活更加便捷。

Table 3. Convenience of life and whether to use it in the future

表 3. 生活便捷与今后是否使用

		今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	您认为智能立体停车库能使人们的生活更加便捷吗?
今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	斯皮尔曼系数	1.000	0.418**
	Sig.(双尾)	.	0.000
	<i>N</i>	283	283
您认为智能立体停车库能使人们的生活更加便捷吗?	相关系数	0.418**	1.000
	Sig.(双尾)	0.000	.
	<i>N</i>	283	283

3.2. 个人信息基本特征与今后是否会使用智能立体停车库的相关性分析

3.2.1. 职业类型与今后是否会使用

由表 4 所示, 斯皮尔曼相关系数为 $0.134^* > 0$, P 值为 0.024, 达到显著性水平。这说明, 居民的职业类型与今后尝试使用智能立体停车库呈正显著相关。即居民们不同的职业类型会导致他们是否在今后选择使用智能立体停车库。因为不同职业类型对停车的需求是不同的, 比如公司职业、政府公务员这两个职业明显在生活中的停车需求是更大的。因此这一类人更希望使用智能立体停车库。

Table 4. The type of occupation and whether it will be used in the future

表 4. 职业类型与今后是否会使用

		今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	您的职业类型是?
今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	斯皮尔曼系数	1.000	0.134*
	Sig.(双尾)	.	0.024
	<i>N</i>	283	283
您的职业类型是?	相关系数	0.134*	1.000
	Sig.(双尾)	0.024	.
	<i>N</i>	283	283

3.2.2. 停车月消费与今后是否会使用

由表 5 所示, 斯皮尔曼相关系数为 $0.270^{**} > 0$, P 值为 0.000, 达到显著性水平。这说明, 市民的停车月消费与他们未来使用智能立体停车库呈正显著相关, 即市民的停车消费观念越强, 使用智能立体停车库的可能性越大。因为智能立体停车库的计费价格普遍比传统停车库的计费价格高。因此, 企业应加大计费价格的优惠力度, 合理的计费价格能吸引更多市民使用智能立体停车库。

Table 5. Monthly parking consumption and whether it will be used in the future
表 5. 停车月消费与今后是否会使用

		今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	您在停车方面的月消费支出是?
今后您是否会尝试使用智能立体停车库?	斯皮尔曼系数	1.000	0.270**
	Sig.(双尾)	.	0.000
	N	283	283
您在停车方面的月消费支出是?	相关系数	0.270**	1.000
	Sig.(双尾)	0.000	.
	N	283	283

4. 基于多元 Logistic 模型的用户使用影响

4.1. 逻辑回归模型

4.1.1. 变量设置

将第 i 个个体“是否用过智能立体停车库”这种二元选择性行为表示因变量，当选择“是”时， y_i 取值为 1，当选择“不是”时， y_i 取值为 0。

由于本次设置的问卷调查中大量数据为分类数据，例如停车月消费支出分成了五档，如果直接编码为 5、4、3、2、1，令其作为自变量纳入分析，就等价于是假设这五档间的差距完全相等，或者说他们对因变量的数值影响程度是均匀的，这样的假设会过于简单武断、与实际情况不符。另外对于无序多分类变量，如职业，它们之间不存在数量上的高低，因此不可能为其给出一个单独的回归系数估计值，来表示职业每上升一个单位时因变量的变化趋势。因此，本文采用统计上标准的做法，采用虚拟变量进行拟合，二元选择变量表如表 6 所示，然后根据分析结果对模型进行简化。

Table 6. Table of binary selection model variables
表 6. 二元选择模型变量表

变量名	变量符号	变量定义
性别	x_1	$\begin{cases} 1, & \text{男} \\ 0, & \text{女} \end{cases}$ 以男为基准
年龄	x_2	$x_2(2) = \begin{cases} 1, & \text{18岁到25岁} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_2(3) = \begin{cases} 1, & \text{26到35岁} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_2(3) = \begin{cases} 1, & \text{36到45岁} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_2(4) = \begin{cases} 1, & \text{46到50岁} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_2(5) = \begin{cases} 1, & \text{60岁及以上} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ 以 18 岁以下人群为基准

Continued

学历	x_3	$x_3(1) = \begin{cases} 1, & \text{研究生及以上} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_3(2) = \begin{cases} 1, & \text{本科及大专} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_3(3) = \begin{cases} 1, & \text{高中及中专} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_3(4) = \begin{cases} 1, & \text{初中} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ 以小学及以下为基准
职业	x_4	$x_4(1) = \begin{cases} 1, & \text{学生} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_4(2) = \begin{cases} 1, & \text{公司职员} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_4(3) = \begin{cases} 1, & \text{政府公务员} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_4(4) = \begin{cases} 1, & \text{自由职业者} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_4(5) = \begin{cases} 1, & \text{退休员工} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ 以其他职业为基准
月收入	x_5	$x_5(1) = \begin{cases} 1, & \text{1000以下} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_5(2) = \begin{cases} 1, & \text{1000元至3000元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_5(3) = \begin{cases} 1, & \text{3000元到5000元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_5(4) = \begin{cases} 1, & \text{5000元到10000元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ 以10000元以上为基准
停车月消费	x_6	$x_6(1) = \begin{cases} 1, & \text{100以下} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_6(2) = \begin{cases} 1, & \text{100元到200元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$
		$x_6(3) = \begin{cases} 1, & \text{200元到300元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$

Continued

$$x_6(4) = \begin{cases} 1, & \text{300 元到500 元} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

以 500 元以上为基准

是否用过智能立体停车库 Y

4.1.2. 模型结果与分析

综合所调查的信息认为影响人们是否使用过智能立体停车库的原因，前面运用描述统计的方法，分析了智能立体停车库使用人群的基本信息特征。实际上，这是多种因素综合影响的结果，因此建立计量模型，把众多因素综合在一起进行考察。考虑到是否使用过智能立体停车库的回答只有两种可能，是一个二分类变量，因此我们选择建立二元 Logistic 模型。

如下式的二元 Logistic 模型：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1(2) + \beta_2 x_2(1) + \beta_3 x_2(2) + \beta_4 x_2(3) + \beta_5 x_2(4) + \beta_6 x_2(5) + \beta_7 x_3(1) + \beta_8 x_3(2) + \beta_9 x_3(3) + \beta_{10} x_3(4) + \beta_{11} x_4(1) + \beta_{12} x_4(2) + \beta_{13} x_4(3) + \beta_{14} x_4(4) + \beta_{15} x_4(5) + \beta_{16} x_5(1) + \beta_{17} x_5(2) + \beta_{18} x_5(3) + \beta_{19} x_5(4) + \beta_{20} x_6(1) + \beta_{21} x_6(2) + \beta_{22} x_6(3) + \beta_{23} x_6(4) + \varepsilon$$

选用向后逐步筛选方法，对初步建立的回归方程，根据检验统计量删除对应变量影响不显著的自变量，显著性水平给定为 0.05，经过多轮筛选，排除不显著的变量后，得到的回归结果如下：

Table 7. Final regression results of the model

表 7. 模型最终回归结果

变量	回归系数	标准误差	Wald	P	OR
常数	-1.633	0.871	3.514	0.061*	-1.633
$x_1(2)$	0.563	0.252	4.983	0.026**	1.757
$x_2(1)$	1.284	0.451	8.103	0.004***	3.612
$x_4(2)$	-1.422	0.622	5.222	0.022**	0.241
$x_4(4)$	-1.769	0.609	8.447	0.004***	0.171
$x_6(2)$	1.929	0.456	17.901	0.000***	6.882

由表 7 的结果可得模型方程：

$$y = -1.633 + 0.563x_1 + 1.284x_2(1) - 1.422x_4(2) - 1.769x_4(4) + 1.929x_6(2)$$

由表 8 知模型中使用似然比检验中的似然比卡方值为 452.499，P = 0.000，小于 0.05 的显著性水平，可以认为解析变量的整体显著性良好。

Table 8. Model evaluation results

表 8. 模型评价结果

似然比卡方值	P	AIC	BIC
452.499	0.000***	500.499	603.85

4.1.3. 逻辑回归模型评价

本文选用逻辑回归模型的主要原因是该模型训练速度较快，分类的时候，计算量仅仅只和特征的数目相关；简单易理解，模型的可解释性非常好，容易看出不同的特征对最后结果的影响；适合二分类问题，不需要缩放输入特征。而相比于支持向量机 SVM 模型，SVM 依赖数据表达的距离测度，所以对数据先做 normalization，LR 不受影响。线性 SVM 寻找最大间隔分类器时是依据数据的距离测量的，如果不对数据进行正则化，会对结果有所影响，然而，LR 虽然也会用到正则化，却是为了方便优化过程的起始值，LR 求解的过程是与距离测量无关的，所以归一化对于 LR 的求解结果是没有影响的。因此，本文最终选择了逻辑回归模型。

4.2. 分类数据主成分模型

4.2.1. 潜在用户年龄特征分析

在第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把 6 个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄特征变量放入三维空间，得到成分负荷图。从图 7 和表 9 可知，在第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把 6 个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄特征变量放入三维空间，得到成分负荷图如图 7 所示。我们提取了 6 个主成分，代表了 6 个维度的信息，并且由表 9 可知模型一的方差累计百分比为 78.565%，解释效果较好。

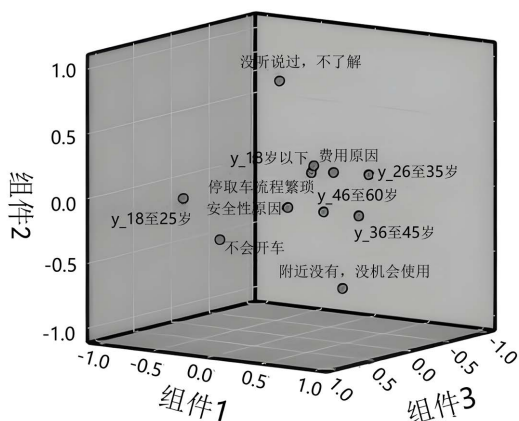


Figure 7. Component load plots with cause and age characteristics are not used

图 7. 不使用原因与年龄特征的成分负荷图

Table 9. Summary of contribution rate of model one

表 9. 模型一的贡献率摘要

维数	累计方差百分比
1	15.042
2	28.884
3	42.566
4	55.265
5	67.277
6	78.565

通过模型一我们可以得出结论：

18岁以下的市民不使用智能立体停车库的原因主要是没听说过，不了解；18~25岁的市民主要由于停(取)车流程繁琐、附近没有，没机会使用；而26~35岁的市民主要由于费用原因不使用智能立体停车库；36~45岁的市民主要由于安全性原因、附近没有，没机会使用；而46~60岁、60岁及以上的市民不使用立体智能停车库的影响因素无法体现，原因可能是由于样本量太少，无法得出结论或者其它因素导致的。

4.2.2. 潜在用户职业特征分析

第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把6个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄职业特征变量放入三维空间，得到成分负荷图。从图8和表10可知，第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把6个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄职业特征变量放入三维空间，得到成分负荷图如图8所示。我们提取了4个主成分，代表了4个维度的信息，并且由表10可知模型二的方差累计百分比为55.732%，解释效果较好。

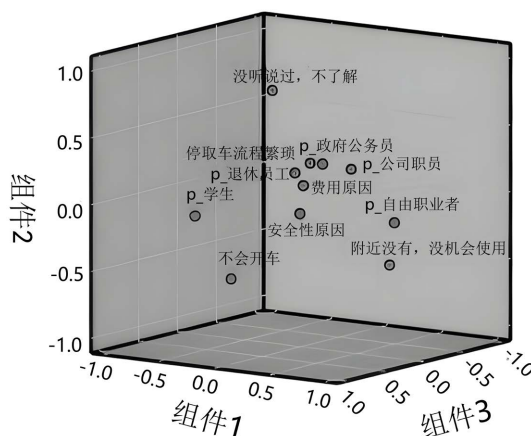


Figure 8. Component load charts of causes and occupational characteristics are not used

图8. 不使用原因与职业特征的成分负荷图

Table 10. Summary of contribution rate of model two

表10. 模型二的贡献率摘要

维数	累计方差百分比
1	17.424
2	30.806
3	43.510
4	55.732

通过模型二我们可以得出结论：

学生不使用智能立体停车库的原因主要是没听说过，不了解、并不会开车；公司职员主要是由于安全性原因、费用原因不使用智能立体停车库；政府公务员主要由于停(取)车流程繁琐；而自由职业者由于附近没有，没机会使用智能立体停车库；影响退休员工不使用智能立体停车库的因素无法体现，挖掘空间有待进一步调查，才能得以提升。

4.2.3. 潜在用户月停车消费分析

第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把 6 个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄职业特征变量放入三维空间，得到成分负荷图。从图 9 和表 11 可知，第一个分类数据主成分分析模型中，我们引入年龄特征变量，把 6 个不使用智能立体停车库原因的变量与潜在用户年龄职业特征变量放入三维空间，得到成分负荷图如图 9 所示。我们提取了 5 个主成分，代表了 5 个维度的信息，并且由表 11 可知模型三的方差累计百分比为 55.732%，解释效果较好。

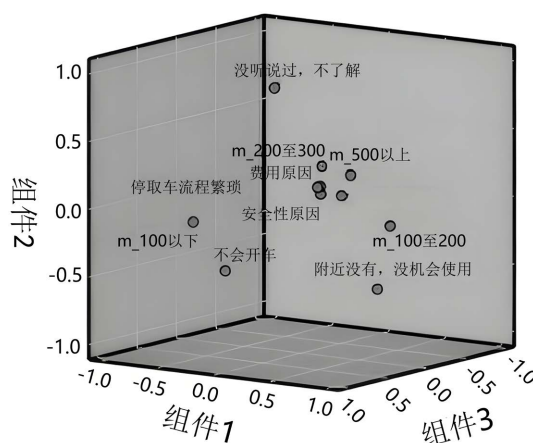


Figure 9. The component load chart of the reason and parking monthly consumption characteristics is not used

图 9. 不使用原因与停车月消费特征的成分负荷图

Table 11. Summary of contribution rate of model three

表 11. 模型三的贡献率摘要

维数	累计方差百分比
1	15.941
2	30.933
3	44.389
4	57.348
5	69.130

通过模型三我们可以得出结论：

每月停车消费在 100 元以下的市民不使用智能立体停车库主要由于不会开车；消费在 100~200 元的市民主要由于安全性原因不使用智能立体停车库；消费在 200~300 元的市民主要由于停(取)流程繁琐不使用智能立体停车库；而消费在 300~500 元的市民主要由于费用原因、没听说过，不了解而不使用智能立体停车库；消费在 500 元以上的市民不使用的因素无法体现。

5. 结论与建议

5.1. 调查结论

1) 智能立体停车库已经具有一定的市场认知率，市民认为在医院停车场、商业中心、居住小区停车场、办公单位停车场这四个地方最应该增加智能立体停车库。通过问卷调查发现，有 48.36% 的市民使用

过智能立体停车库，可以看出智能立体停车库的市场已经具有一定的用户认知基础。被调查的市民很大一部分希望在医院停车场、商业中心、居住小区停车场、办公单位停车场这四个地方建立智能立体停车库，从而使日常生活停车难的问题得到缓解，使生活更加便捷。这说明在这四个地方建立智能立体停车库对市民的吸引力是十分强的。

2) 使用智能立体停车库的市民特征明确。从Logistic回归模型的结果可以看到，变量中性别、年龄、职业以及停车月消费可以界定愿意使用智能立体停车库的市民。最终界定出易用市民的特征为男、26~35岁的中青年群体、公司职员、停车月消费200~300元的市民。这类群体相比与其它群体更愿意使用智能立体停车库。

3) 未使用智能立体停车库的主要原因是费用原因、安全性原因、停(取)车流程繁琐、附近没有，没机会使用。为了挖掘潜在用户，我们利用分类数据主成分分析对不使用智能立体停车库的原因与不同特征的潜在用户进行分析。在具备易用市民的基本特征中，26~35岁的市民主要由于费用原因不使用智能立体停车库；公司职员主要由于安全性原因和费用原因不使用智能立体停车库；自由职业者不使用的原因为主要是附近没有，没机会使用；每月停车费用在200~300元的市民不使用的原因为主要是停(取)车流程繁琐。可以看出，未使用智能立体停车库的主要原因是费用原因、安全性原因、停(取)车流程繁琐、附近没有，没机会使用这四个因素。如果智能立体停车库公司能够在一定程度上降低计费价格标准、保障车库停放车辆的安全性、让停(取)车的流程更简化以及在停车难的地区建立多个智能立体停车库。则可以在很大程度上增加智能立体的用户群体，进一步提高智能立体停车库的市场占有率。

4) 当地存在停车难问题的地区和希望生活更便捷的市民更愿意尝试使用智能立体停车库。从变量间的相关性分析结果可以看出当地存在停车难问题的地区和使生活更便捷这两个变量与今后是否愿意尝试使用智能立体停车库呈正相关性，且显著性通过。说明当地存在停车难问题的地区和希望生活更便捷的市民更愿意尝试使用智能立体停车库，因此企业可以根据市民的意愿，制定投资战略，在做到既能获取收益的同时也能缓解当地停车难问题，使市民生活更加便捷。

5.2. 调查建议

5.2.1. 政府方面

1) 明确建设智能立体停车库的重点地区。为避免立体停车建设与公交优先战略相矛盾，可以在医院停车场、商业中心、居住小区停车场、办公单位停车场等重点地区作为建设重点地区，在人口相对集中，相互接触频繁，流动性大的地方满足市民日常的停车需求，在具体实施上，政府可以与商业平台合作，推动企业、行业先行建设、政府识别的城市停车场联网标准建设。

2) 尽快出台肇庆立体停车建设地方指导意见。建议市政府认真落实国家发展改革委、住房城乡建设部、公安部、自然资源部等共同发布的《关于推动城市停车设施发展的意见》，以适度满足居民在医院停车场、商业中心、办公单位停车场的停车需求，尽快出台肇庆市市立体停车建设地方指导意见，在宏观上明确立体停车产业发展方向。改进和完善肇庆市人民政府在2019年出台关于肇庆市停车场规范政策文件《肇庆市停车场管理办法》，致力于提高居民们生活的便捷性。

3) 针对不同类型立体车库，采取差异化政策扶持和资金支持。对于实现商业中心停车立体化，可选取重点片区，先行先试，总结经验，逐步推进。对于办公单位停车立体化，建议市政府出台政策，鼓励企事业单位建设立体车库，并在规费减免、税收优惠、资本参与方面予以优惠扶持。对于社会公共设施配套立体车库，建议放宽投资方式和经营模式，通过户外广告等多元化收益补贴停车费。

5.2.2. 企业方面

1) 运用“互联网+”信息技术，推动“立体停车”智能化建设。企业应大力推进“互联网+停车”

信息技术, 在实现城市停车资源最大化利用、解决停车难问题的同时, 大大促进智慧城市建设。通过建立停车基础数据库, 实时更新数据, 并对外开放共享; 促进智能停车诱导系统、自动识别车牌系统等高新技术的开发与应用, 节省停(车)所花费的时间; 加强不同停车管理信息系统的互联互通、信息共享, 促进停车与互联网融合发展, 支持移动终端互联网停车应用的开发与推广, 鼓励出行前进行停车查询、运用 APP 或微信公众号提前预订车位, 实现自动计费支付等功能, 提高停车资源利用效率, 减少因寻找停车泊位带来的不便捷性。

2) 优惠智能立体停车库的计费标准, 贴近平民式消费。据调查发现, 大多数市民能接受的价格范围为 4 至 5 元每小时, 全天不超过 24 元或 28 元每小时, 说明大多数市民可接受的价格不高。因此企业在制定计费标准时, 应充分考虑市民的消费观念, 制订优惠合理的计费标准, 从而吸引更多的用户, 进一步扩大“立体停车”的市场。

3) 智能立体停车库设计要人性化。企业在肇庆市停车难地区建立智能立体停车库时应该更加人性化, 促使肇庆市当地居民更加愿意使用智能立体停车库。比如在智能化方面, 通过服务器、交换机、程控器以及多种传感器进行有机融合, 形成智能化的控制系统, 具备良好的拓展性和可靠性。同时具有大数据处理分析的能力, 可以根据用户停车习惯设计专门的停车策略, 进一步提升停车效率。提高居民们的停车感受。

4) 用材方面保证环保、安全。主要针对钢结构从停车系统布局、设备剖面尺寸上集约用地和空间, 开发可装配式立体钢结构楼, 快速搭建节约建造周期, 可拆卸式绿色环保, 模块化和标准化大幅度节约成本, 实现车辆自然停放, 有效降低停车难度, 增加智能立体停车库用户在停车时的安全性。

5) 优化停(取)车软件 APP, 省时方便停(取)车。据调查发现, 用户主要使用智能立体停车库的方式有两种, 一为微信公众号, 二为智慧停车 APP。但使用这两种方式的人比例几乎一致。因此, 企业要不断优化智慧停车 APP, 这样能够有力地促进企业发展。

5.2.3. 民众层面

1) 增强个人对“停车难”问题的认识。一辆车停放所需占地面积几乎与我国城镇人均居住面积相当, 说明停车设施是相当消耗土地资源的, 土地资源也注定是稀缺资源。城市居民应该着重于眼下“停车难”问题, 本着提升城市空间利用率的态度, 增强对“停车难”问题的认知。市民可适当了解智能立体停车库的相关知识, 使自身生活更加便捷, 提高对智能立体停车库的认识度, 使人流量大的地区的停车难题问题尽早得到缓解。

2) 积极响应政府的号召, 增强自身素质。个人应怀着支持政府政策的态度, 积极相应政府的号召, 相信政府出台的政策能有效缓解中心城区停车难问题。同时要注意增强自身的素质, 做到有序停(取)车, 避免出现在智能立体停车库出现拥挤、费时费力等情况。

3) 在日常生活中使用智能立体停车库的同时, 也要积极宣传, 让更多市民的停车难问题都能有效缓解。合理运用自身影响力, 积极宣传智能立体停车库, 提升市民的意识以及消费观念。让更多市民在未来尝试使用智能立体停车库。市民间还可以相互讨论智能立体停车库的利弊, 集思广益。这样在无形中就形成了智能立体停车库评价机制, 使企业和政府不断完善方案, 让更多市民的停车难问题有效缓解。

基金项目

本文得到广东省普通高校特色创新类项目(2022KTSCX150), 肇庆市社科规划项目(23GJ-43), 肇庆教育发展研究院项目(ZQJYY2021144), 肇庆学院质量工程和教改项目(zlgc202003, zlgc202112), 肇庆学院课程思政项目专业类-应用统计学(007), 广东省大学生创新创业训练项目(X202210580107)的资助。

参考文献

- [1] 武锡刚. 让“停车难”不再“老大难” [N]. 临汾日报, 2019-07-09(001).
- [2] 张东辉, 张少峰. 居住小区停车问题研究[J]. 中外建筑, 2004(2): 5-7.
- [3] 严旭兵. 住宅小区规划非小事[N]. 中国房地产报, 2003.
- [4] 陈燕萍. 居住区停车方式的选择[J]. 建筑学报, 1998(7): 32-34, 66-67.
- [5] 裴雨红. 垂直升降类立体车库的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学 2013.
- [6] 王国平. 谈住宅小区的规划创新设计[J]. 建材技术与应用, 2005(4): 33-34.