

DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2024.01.004

# 基于出行时段选择的节假日免费政策优化<sup>\*</sup>

何永明, 张磊, 曹剑

(东北林业大学 交通学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 为减少重大节假日期间高速公路的交通拥堵, 探究免费时段的合理分配, 利用方差分析法检验免费政策对交通量影响的显著性, 并在考虑个人属性和出行属性的基础上引入免费时段作为扩展属性, 构建基于决策树算法的出行时段选择模型, 然后通过迭代计算基尼指数和最小不纯度等参数优化模型, 提高模型的拟合优度; 基于优化后模型, 设置 6 种免费场景, 分析不同免费时段下出行选择的变化特点。仿真结果表明, 若保持现有免费政策不变, 出发与返程的集中出行比例分别为 0.094、0.054; 在 6:00—18:00 时段进行收费时集中出行规模最小, 出发和返程比例分别为 0.063、0.049。表明在节假日期间设置合理的分时段免费政策可以有效减少集中出行现象, 缓解高速公路的交通拥堵。

**关键词:** 公路交通; 高速公路; 节假日出行; 免费政策; 时段选择; 决策树

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2024)01-0025-07

2012 年, 国务院发布《国务院关于批转交通运输部等部门重大节假日免收小型客车通行费实施方案的通知》, 规定在重要节假日期间(春节、清明节、“五一”国际劳动节和国庆节)对 7 座及以下小型车辆实行高速公路免费通行政策。该政策推动了更多出行者在重要节假日期间选择高速公路出行<sup>[1]</sup>, 造成严重的高速公路交通拥堵, 与方便节假日城际出行的初衷相悖<sup>[2]</sup>。节假日城际出行与工作日出行相差较大, 具有明显的集中出行和潮汐现象<sup>[3]</sup>。分析节假日期间出行特征, 深入研究免费政策对出行选择的影响, 对制定合理节假日免费政策、减少集中出行现象具有重要意义。

城际出行特征主要包括出行时间、出行方式和出行距离等, 且在节假日期间较容易受免费政策的影响<sup>[4]</sup>。因此, 不少学者针对节假日免费政策和出行特征的关系展开研究, 通过动态调整免费政策使出行者分散出行。由于出行特征具有离散性和随机性, 现有研究多通过在离散选择上表现良好的 Logit 模型来模拟出行选择过程<sup>[5]</sup>。马莹莹等在传统 Logit 模型的基础上关注不同出行特征之间的相关性, 引入考虑出行者异质性的分层 Logit 模型<sup>[6]</sup>。现有研究主要对出行特征的离散性进行分析, 并在传统 Logit 模型的基础上构建出行选择模型, 缺少对其他离散选择模型的探索。决策树算法在处理离

散特征上具有良好的拟合度, 且在出行方式选择上具有更高的识别率<sup>[7]</sup>。鉴于此, 本文参考文献[8], 在考虑性别、年龄、家庭人均收入和出行目的等固有出行者属性的基础上, 引入免费时段为扩展属性, 利用决策树算法建立出行时段选择模型, 并设计多种分时段免费场景, 考察各场景下出行比例的变化, 选择集中出行最少的场景作为节假日免费政策优化方案。

## 1 数据获取和特征描述

### 1.1 数据获取

节假日出行数据可以分为交通流数据和出行选择数据。其中交通流数据来源于各省高速公路联网数据库, 具有种类全面、数据量大等优点, 方便从整体把握城际间高速公路交通流特征的变化趋势。各省交通流数据统计标准不同, 本文以 2019 年湖南省节假日期间交通流数据(见表 1)为主要分析对象, 其中包含机动车当量数、车型和车辆出入路径等信息, 分析免费政策对交通量的影响。

同时通过问卷调查采集湖南省 2019 年“五一”期间出行选择数据, 分析出行者属性和免费政策对出行选择的影响。问卷中出行者属性包括性别、年龄、家庭人均年可支配收入、是否拥有汽车、出行目的和出行方式, 同时统计出发日期选择、出发时段选

<sup>\*</sup> 基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目(LH2019E004); 东北林业大学碳中和专项科学基金项目(T20221011)

表 1 交通流数据

数据项	数据描述
机动车当量数合计	当日高速公路交通量
车型	小客车,大中客、货车
统计时间	记录交通量最新更新时间
入口收费站编号	车辆驶入高速公路收费站编号
出口收费站编号	车辆驶出高速公路收费站编号
入口方向	车辆驶入高速公路的方向
出口方向	车辆驶出高速公路的方向

择、返程日期选择和返程时段选择<sup>[9]</sup>等出行选择属性。共收集有效调查问卷 635 份作为数据样本,出行者属性见表 2。本次调查中拥有汽车的受访者高达 73.43%,样本反映了节假日期间受免费政策影响的主要出行群体。

表 2 出行者属性

属性名称	属性特征	百分比/%
性别	男	49.84
	女	50.16
年龄	<18 岁	1.73
	[18,25)岁	16.98
	[25,60)岁	66.98
	≥60 岁	14.31
	<40 000 元	24.05
家庭人均年可支配收入	[40 000,80 000)元	45.13
	≥80 000 元	30.82
是否拥有汽车	是	73.43
	否	26.57
出行目的	放松休闲	57.39
	探亲访友	33.02
	工作出差	9.59
	普通铁路	11.95
出行方式	高速铁路	27.99
	客运巴士	20.91
	汽车	21.54
	飞机	9.91
	轮渡	7.70

## 1.2 数据特征

2019 年“五一”期间高速公路免费日期为 5 月 1 日 0:00—5 月 4 日 24:00,为全面分析节假日出行

时段选择特性,采集“五一”前后各 3 d 共 6 d 的出行选择数据,各日期出发和返程时段选择见图 1、图 2,将出行时段选择比例(该时段出行人数/总人数)作为评估参数,热度由低到高通过不同颜色表示。

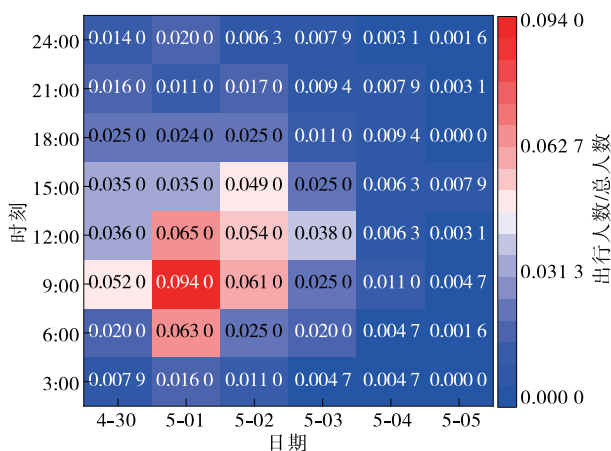


图 1 出发时段选择热力图

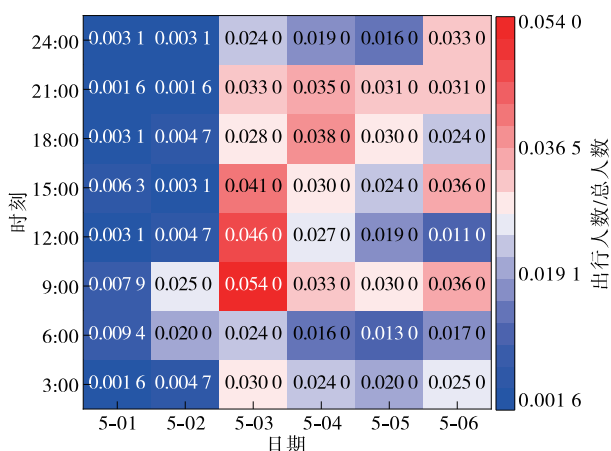


图 2 返程时段选择热力图

由图 1、图 2 可知:“五一”出行具有明显的集中现象,出发时段集中于 6:00—12:00,返程时段集中于 9:00—15:00。出行选择受主观因素影响较大,可结合交通流数据进一步分析免费政策对节假日出行影响的显著性。

## 2 免费政策影响分析

### 2.1 分析步骤

单因素方差分析法常用于讨论被检测样本和参考样本之间的差异性<sup>[10]</sup>,具体参数见表 3。利用单因素方差分析法探究免费政策和出行时段选择的关系,只改变高速公路免费政策,其余因素在设计状态下保持不变。通过对比  $F$  值和其在概率值  $\alpha$  下的分位数,判断免费政策的影响显著性<sup>[11]</sup>。

表 3 方差分析参数

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
因素	$S_{SSA}$	$r-1$	$S_{MSA}$	$F$	—
误差	$S_{SSE}$	$n-r$	$S_{MSE}$	—	—
总和	$S_{SST}$	$n-1$	—	—	—

总样本共有  $r$  个水平,各出行者可抽象成相同分布的样本  $x_{ij}$ 。每一水平下样本个数为  $n$  个,对不同水平下样本观测值进行计算,得总离差平方和  $S_{SST}$ 、组间平均离差平方和  $S_{SSA}$  和组内平均离差平方和  $S_{SSE}$  如下<sup>[12]</sup>:

$$S_{SST} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - n(\bar{x})^2 \quad (1)$$

$$S_{SSA} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

$$S_{SSE} = S_{SST} - S_{SSA} \quad (3)$$

$S_{MSA}$ 、 $S_{MSE}$  表示各状态下样本的均方和,其值为:

$$S_{MSA} = S_{SSA} / (r-1) \quad (4)$$

$$S_{MSE} = S_{SSE} / (n-r) \quad (5)$$

$F$  值按式(6)计算。如果观测值满足  $F \geq F_{(1-\alpha)}(r-1, n-r)$ , 则免费政策的影响显著。

$$F = S_{MSA} / S_{MSE} \quad (6)$$

## 2.2 分析结果

结合采集的交通流数据,选择春节、清明节、“五一”国际劳动节和国庆节 4 个法定节假日中 5 个不同日期交通量作为观测样本,以正常收费下工作日交通量作为参照样本,则水平数  $r=5$ 。各样本中数据项数量  $n_i$  为 5,交通量分布见表 4。

表 4 样本交通量分布 单位:万辆/d

样本	交通量 1	交通量 2	交通量 3	交通量 4	交通量 5
春节	225.8	354.2	380.1	408.0	430.2
清明	252.0	375.7	347.4	331.0	165.1
五一	224.6	334.1	274.7	287.5	152.6
国庆	399.5	350.6	337.7	347.6	310.8
收费	103.2	99.1	87.3	102.0	89.7

将表 4 中各样本交通量代入式(1)~(6),利用 SPSS 软件对不同样本下交通量进行方差分析,结果见表 5。

表 5 描述了各样本交通量之间的差异性,其中组间平方和反映每组均值与总均值之间的离差,由

表 5 方差分析结果

差异来源	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
组间	243 924.4	4	60 981.1	12.856	0.000
组内	94 867.5	20	4 743.4	—	—
总计	338 791.9	24	—	—	—

免费政策变化所引起;组内平方和又称误差平方和,由随机误差所引起。查询  $F$  检验临界值表,  $F=12.856$  时显著性水平远小于 0.05,表明免费政策对节假日交通量分布具有显著影响。因此,有必要在建立出行时段选择模型时添加免费政策作为特征参数。

## 3 模型构建

### 3.1 模型结构

决策树算法是一种不断逼近离散函数值的方法,在处理数据后归纳特征生成可见决策树,然后使用决策树对新的测试样本进行分类<sup>[13]</sup>。选择决策树算法作为出行时段选择模型的理论框架,对不同决策属性赋予对应权重,根据权重大小确定关键属性,再对关键属性的不同特征值下其他决策属性的权重重新赋值。将上述决策过程通过树状图表示,生成图 3 所示决策树结构。

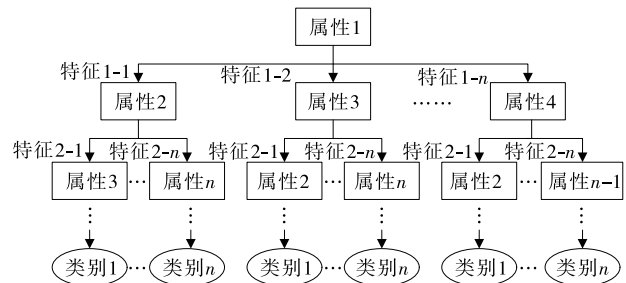


图 3 决策树结构图

由图 3 可知决策树结构具有以下特点:1) 决策树由节点和有向边组成,节点为关键决策属性,有向边代表各属性的特征;2) 节点有内部节点和叶子节点两种形式,内部节点为决策属性,叶子节点为最终决策类别,即所选择的出行时段;3) 各属性在一条决策路径中只出现一次;4) 每条决策路径的属性个数不确定,可为  $1 \sim n$  中任一数值<sup>[14]</sup>。

根据决策树结构,构建出行时段选择模型须解决 3 个关键问题:1) 变量划分,即确定决策属性和特征值;2) 决策路径生成,即确定关键属性和路径划分函数;3) 模型优化,即对决策树剪枝,提高模型

的拟合优度。

### 3.2 变量划分

构建模型所需的决策属性包括免费政策、出行者属性和出行选择属性。其中:免费政策作为扩展属性可多次改变;出行者属性与表 2 中各属性的数

据描述一致,可作为观测值反映决策路径变化;出行选择属性为出行选择时段,以 3 h 为时间间隔,时间分布与“五一”期间出行选择数据一致。为避免模型将特征值较多的属性识别为连续变量,对出行者属性和免费政策进行哑变量处理,结果见表 6。

表 6 哑变量处理结果

属性名称	特征值	哑变量处理	属性名称	特征值	哑变量处理
性别	男	男为 1,女为 0	出行目的	放松休闲	是为 1,否为 0
	女			探亲访友	
年龄	<18 岁	年龄在区间内 为 1,否则为 0		工作出差	
	[18,25)岁			普通铁路	
	[25,60)岁		高速铁路		
	≥60 岁		客运巴士		
家庭人均年 可支配收入	<40 000 元	收入在区间内 为 1,否则为 0	出行方式	是为 1,否为 0	
	[40 000,80 000) 元		汽车		
	≥80 000 元		飞机		
是否拥有汽车	是	是为 1,否为 0	免费政策	轮渡	免费为 0,收费为 1
	否			免费	
				收费	

### 3.3 决策路径生成

决策路径生成的主要任务是选择各属性的不同特征进行分类,并确定下一层次属性值。利用 Python 编程语言导入样本数据,并通过 Sklearn 模块中 DecisionTreeClassifier 类构建决策树,重要参数的默认设置见表 7。

表 7 决策树参数

参数名称	默认设置	含义
criterion	Gini	特征选取方法为基尼指数
max_depth	None	决策树的最大深度
min_impurity_decrease	None	划分所需最小不纯度

基尼指数  $G$  是确定关键属性和划分路径的重要指标,其原理见式(7)。基尼指数越小,分类结果越好,指数值最小的特征可作为决策路径,并用于确定下一层次关键属性。

$$\text{Gini}(p) = \sum_{k=1}^n p_k (1 - p_k) = 1 - \sum_{k=1}^n p_k^2 \quad (7)$$

式中: $n$  为出行者数量; $p_k$  为关键属性  $k$  选择某条决策路径的概率。

最小不纯度  $K$  是一种阈值,可限制决策树的生长,若不纯度高于最小不纯度,则继续划分下一路

径,反之停止增长。不纯度可由信息熵表示,计算过程见式(8)。属性  $k$  的不纯度越低,信息熵越大。利用信息熵限定决策树的生长,可以减少干扰路径,使出行时段划分更准确。

$$\text{Entropy}(k) = - \sum_{i \in I} p(i | k) \log_2 p(i | k) \quad (8)$$

式中: $i$  表示关键属性  $k$  的具体特征; $I$  为包含该属性的所有特征值。

将出行时段以 3 h 为间隔划分成 8 组,对拥有多个属性的出行者  $X$ ,通过迭代计算基尼指数和最小不纯度  $K$  确定路径决策顺序  $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_m\}$ ,生成一棵最大深度  $\leq m$  的二叉树,流程见图 4。

决策树中节点数量由基尼指数和最小不纯度  $K$  共同决定,除叶子节点外,每层节点均对应两个不同的下级属性。先利用基尼指数确定属性名称,再对比属性值和最小不纯度  $K$  的大小;若属性值大于  $K$ ,则计算该属性权重,并继续获取下一个属性;反之保持  $K$  值不变,重新选取基尼指数最小的属性。决策树中叶子节点为可选择的出行时段  $J, J = \{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n\}$ ,每个出行者最终只选择一个出行时段。

### 3.4 模型优化

决策树最大深度对分类结果影响较大,基于统

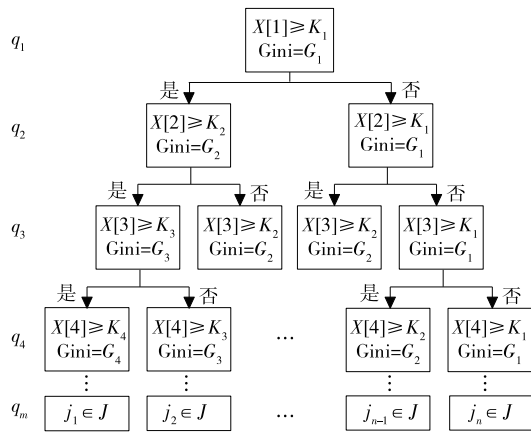
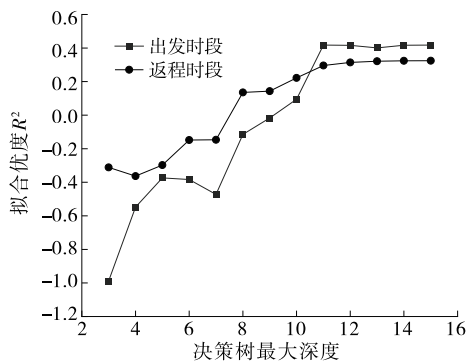


图 4 决策路径生成流程

计学中的穷举思想,采用网格搜索法寻找最优参数,其中决策树最大深度的取值范围为 $[3, 15)$ 的整数。采用拟合优度  $R^2$  表征不同决策树最大深度下模型对出行时段选择的拟合情况。由于出行选择受主观因素影响较大,实践中  $R^2$  的值达到 0.4,即可认为模型精度较高<sup>[15]</sup>。设样本数据为  $y$ ,其均值为  $\bar{y}$ ,通过模型拟合得到的数据为  $\hat{y}$ ,则拟合优度  $R^2$  为:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (9)$$

决策树最大深度线性增加时,  $R^2$  的变化见图 5。由图 5 可知:随着决策树最大深度的增加,拟合优度  $R^2$  呈上升趋势。决策树最大深度增加至 14 时,决策树的叶子节点为单一出行时段,不再继续生成决策树,  $R^2$  停止增长。此时出发时段选择拟合优度为 0.417, 返程时段选择拟合优度为 0.324, 表明该模型对出行时段选择具有较好的拟合效果。

图 5  $R^2$ -决策树最大深度折线图

针对上述出行时段选择模型,通过对决策树进行剪枝避免出现过拟合现象。将样本数据按 7 : 3

的比例划分为训练集和测试集,采用后剪枝方法,在建立决策树后由下而上提高模型稳健性。剪枝后评估标准包含精确度  $M_{\text{precision}}$ 、召回率  $R_{\text{recall}}$  及  $F_1$  分数。假设测试集中出行时段可分为时段 A 和时段 B,则出行时段分类评估参数见表 8,其中:TS 与 TO 代表算法预测时段与实际出行时段一致,分别为 A 类和 B 类;FO 代表算法预测时段为 B,实际出行时段为 A;FS 代表算法预测时段为 A,实际出行时段为 B。TS、FO、FS、TO 共同决定剪枝后模型的评估标准。

表 8 出行时刻分类评估参数

样本值	预测值	
	时段 A	时段 B
时段 A	TS	FO
时段 B	FS	TO

精确度反映预测结果中预测正确的比例,按式(10)计算。召回率反映原样本数据中被正确预测的比例,按式(11)计算。 $F_1$  分数用于平衡精确度与召回率,按式(12)计算,  $F_1$  越接近 1,模型的稳健性越强。

$$M_{\text{precision}} = \frac{Q_{\text{TS}}}{Q_{\text{TS}} + Q_{\text{FS}}} \quad (10)$$

$$R_{\text{recall}} = \frac{Q_{\text{TS}}}{Q_{\text{TS}} + Q_{\text{FO}}} \quad (11)$$

$$F_1 = \frac{2M_{\text{precision}}R_{\text{recall}}}{M_{\text{precision}} + R_{\text{recall}}} \quad (12)$$

式中:  $Q_{\text{TS}}$ 、 $Q_{\text{TO}}$  为算法预测时段与实际出行时段一致的样本数;  $Q_{\text{FO}}$  为算法预测时段为 B,实际出行时段为 A 的样本数;  $Q_{\text{FS}}$  为算法预测时段为 A,实际出行时段为 B 的样本数。

利用剪枝后的决策树模型重新训练测试集,得到表 9 所示出行时段选择。由表 9 可知:剪枝后的决策树模型拟合精确度和召回率的加权平均值均不小于 0.70,且  $F_1$  分数分别为 0.70、0.71,表明该模型可以平稳预测出行时段选择,且精确度较高。

## 4 免费场景仿真分析

### 4.1 分时段免费场景设计

调整高速公路免费政策,将全天免费改为分时段免费,收费标准与既有政策一致。采用场景仿真法设计不同收费组合并进行仿真分析,对比不同场景下各时段出行比例的变化。考虑到出行的连续性

表 9 剪枝决策树分类结果

出发时段	$M_{precision}$	$R_{recall}$	$F_1$ 分数	返程时段	$M_{precision}$	$R_{recall}$	$F_1$ 分数
S_time1	0.62	0.78	0.69	L_time1	0.72	0.88	0.79
S_time2	0.55	0.84	0.66	L_time2	0.62	0.80	0.70
S_time3	0.65	0.77	0.71	L_time3	0.62	0.84	0.71
S_time4	0.70	0.66	0.68	L_time4	0.68	0.59	0.63
S_time5	0.89	0.69	0.78	L_time5	0.74	0.64	0.69
S_time6	0.84	0.63	0.72	L_time6	0.78	0.70	0.74
S_time7	1.00	0.52	0.68	L_time7	0.81	0.62	0.70
S_time8	1.00	0.53	0.69	L_time8	1.00	0.53	0.60
加权平均	0.74	0.70	0.70	加权平均	0.74	0.71	0.71

注:S\_time1~S\_time8 分别代表图 1 纵坐标所示出发时段,L\_time1~L\_time8 分别代表图 2 纵坐标所示返程时段。

和时段划分的一致性,将每日以 3 h 为一时间段分成 8 组,并依据日升、日中、日落划分 6 种免费时段。免费场景设计如下:场景 1 为在节假日期间对所有时段均收费;场景 2、场景 3 分别表示在白天和夜间收费;场景 4、场景 5、场景 6 在场景 2 的基础上对时段进行进一步划分,分别在 6:00—12:00、9:00—15:00、12:00—18:00 3 个时段收费(见图 6)。

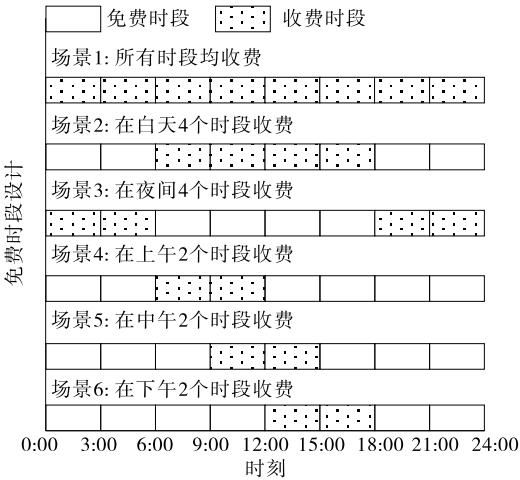


图 6 免费场景设计

4.2 场景仿真结果

根据模型优化结果,选择拟合优度较高且最大深度为 14 的剪枝后决策树模型,以既有节假日政策为参考场景,结合图 6 中各免费场景,改变模型属性即免费政策的特征值进行仿真分析。根据仿真结果统计不同场景各时段出行比例,通过最大出行比例反映集中出行状况,结果见表 10。

最大比例可反映对应场景的集中出行状况。由表 10 可知:不同收费时段的影响不同,单一的免费

表 10 不同场景下最大出行比例

出发 场景	出行 时段	最大出 行比例	返程 场景	出行 时段	最大出 行比例
参考 场景	无	0.094	参考 场景	无	0.054
场景 1	全天	0.173	场景 1	全天	0.101
场景 2	6:00—9:00、 9:00—12:00、 12:00—15:00、 15:00—18:00	0.063	场景 2	6:00—9:00、 9:00—12:00、 12:00—15:00、 15:00—18:00	0.049
场景 3	0:00—3:00、 3:00—6:00、 18:00—21:00、 21:00—24:00	0.130	场景 3	0:00—3:00、 3:00—6:00、 18:00—21:00、 21:00—24:00	0.097
场景 4	6:00—9:00、 9:00—12:00	0.071	场景 4	6:00—9:00、 9:00—12:00	0.052
场景 5	9:00—12:00、 12:00—15:00	0.085	场景 5	9:00—12:00、 12:00—15:00	0.043
场景 6	12:00—15:00、 15:00—18:00	0.106	场景 6	12:00—15:00、 15:00—18:00	0.075

政策无法确保减少最大出行比例。例如在场景 6 中对 12:00—18:00 时段(组合 5、6)收费,更多的出行者选择在其他时段出行,导致最大出行比例增加。综合出发和返程场景下最大出行比例,场景 2 下集中出行现象最少。

结合图 1、图 2,选择集中出行人数最多的 5 月 1 日和 5 月 3 日对场景 2 各时段出行比例进行统计,结果见图 7。

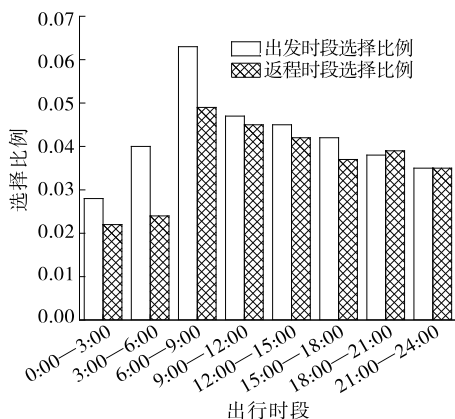


图7 场景2出行时段选择比例

由图7可知:出行选择比例最大的时段为6:00—9:00。与参考场景相比,由于白天对高速公路车辆进行收费,选择夜间出行的人数增多,高峰小时出行比例下降。因此,节假日期间在6:00—18:00时段对高速公路进行收费,并对夜间其余时段免费通行,可有效缓解因集中出行导致的交通拥堵。

## 5 结论

把握出行时段选择特征是制定和评价节假日高速公路免费通行政策的重要前提。本文通过构建基于决策树算法的出行时段选择模型,利用场景仿真法讨论不同免费时段对集中出行的影响。结果表明,节假日高速公路免费通行政策对出行选择具有显著影响,导致高速公路交通量增加和潮汐出行;基于决策树的出行时段选择模型可以综合考虑免费政策、出行者属性和出行选择属性,较好地拟合出行决策;不同收费时段的影响差异较大,在6:00—18:00时段对高速公路进行收费可以有效减少集中出行。

该模型主要对免费时段进行讨论,缺少对交通方式及出行距离的联合分析。可综合考虑不同里程收费对交通方式分担率的影响,更全面地分析节假日高速公路免费通行政策的优化方向。

## 参考文献:

[1] 郭良久,王新渝,章玉.重要节假日期间重庆高速公路

交通出行特征与预测分析[J].公路交通技术,2020,36(3):116-120.

- [2] 胡砺石.高速公路重大节假日免费政策实施问题与对策研究[D].徐州:中国矿业大学,2020.
- [3] 章玉.手机信令数据在交通枢纽客流监测中的应用:以重庆市为例[J].交通运输研究,2017,3(2):24-30.
- [4] AL-TURKI M, RATROUT N T, RAHMAN S M, et al. Impacts of autonomous vehicles on traffic flow characteristics under mixed traffic environment: future perspectives[J]. Sustainability, 2021, 13(19): 11052.
- [5] 吕亮,钟添翼,王世彬,等. RFID数据驱动下出行路径选择方法研究[J].公路与汽运, 2021(1): 16-20+37.
- [6] 马莹莹,陆思园,张晓明,等.考虑个体风险偏好差异的高速公路出行选择模型[J].吉林大学学报(工学版), 2021, 51(5): 1673-1683.
- [7] 苏敏,栾维新,马瑜,等.京沪高速客运通道旅客出行选择影响因素研究[J].铁道运输与经济, 2019, 41(1): 58-63.
- [8] HU X H, CHEN X H, LIU W, et al. Road traffic status prediction approach based on kmeans-decision tree model[J]. Journal of Engineering, Project, and Production Management, 2022, 12(2): 108-115.
- [9] 王博慧.节假日高速公路乘用车出行特征研究[D].西安:长安大学,2020.
- [10] ZAHEDI F, DEHESTANI M. Post-fire optimum mechanical properties of self-compacting mortar using Taguchi method and analysis of variance [J]. Construction and Building Materials, 2022, 315: 125642.
- [11] 傅莺莺,田振坤,李裕梅.方差分析的回归解读与假设检验[J].统计与决策, 2019, 35(8): 77-80.
- [12] 魏君,韩颖,苏畅,等.基于方差分析的轮毂造型特征显著性研究[J].包装工程, 2022, 43(10): 115-120.
- [13] 杨建新,唐海英.基于机器学习的基坑变形预测研究[J].公路与汽运, 2022(1): 77-80.
- [14] 曹来成,李运涛,吴蓉,等.多密钥隐私保护决策树评估方案[J].清华大学学报(自然科学版), 2022, 62(5): 862-870.
- [15] 林小梅,邵春福,董春娇,等.节假日公路免费政策下城际交通行为特性[J].交通运输系统工程与信息, 2019, 19(2): 247-254.

收稿日期:2023-03-13