

文章编号:1005-0523(2016)01-0061-08

基于顾客选择行为的租赁车辆存量控制研究

杨亚琛^{1,2}, 李鹏飞¹, 陈 坚¹, 郝小妮³

(1. 重庆交通大学交通运输学院, 重庆 400074; 2. 山地城市交通系统与安全重庆市重点实验室, 重庆市 重庆 400074;
3. 华南理工大学土木与交通学院, 广东 广州 510641)

摘要:以收益管理和 Logit 模型为出发点,研究汽车租赁站点多车型的库存保护水平。通过调查获得顾客消费行为的偏好和效用,运用变精度粗糙集方法对影响顾客选择行为的因素进行简约并构造判断矩阵计算权重,从而计算出顾客对租赁车辆选择的概率和租赁车辆存量的保护水平。计算结果与期望边际收益为控制策略确定的保护水平基本相近,验证了模型的有效性。模型只需利用顾客对租赁车辆选择数据集合来标定参数,而不需要其他的先验信息和顾客选择的概率分布表达式,同时可以提高汽车租赁公司存量控制精度,实现柔性控制。

关键词:收益管理;汽车租赁;选择行为;存量控制;变精度粗糙集

中图分类号:U491.1+3

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.01.009

汽车租赁是一种新型交通运输服务业态,是综合运输体系的重要组成部分。汽车租赁业被称为“朝阳产业”,2013 中国汽车租赁的市场需求已经达到 25 万辆,全年市场营收规模达 220 亿元,与 2006 年(汽车租赁需求 4.5 万辆,营业额 20 亿元)相比,汽车租赁业的需求翻了 5 倍,收入增长超过 10 倍。据业界分析,未来几年,中国汽车租赁行业年增长率在 20%~25%之间,2018 年市场营收规模将达到 500 亿元。国民经济的快速增长,居民消费水平的提高,消费观念的改变,信用体系的逐步健全,限购、限行、节假日高速免费等政策的实施,使得中国汽车租赁业市场已经进入快速发展阶段^[1]。

欧美汽车租赁业的发展实践证明,收益管理是一种行之有效的管理方法,它是指在最佳时机以适当的价格把适当的产品销售给正确的顾客,以创造最大的收益。赫兹汽车租赁公司(Hertz)在 1990—1991 年间实施收益管理,使每辆车的平均收益由 1%上升到 5%^[2]。收益管理的应用起源于美国航空业,后来逐渐推广到酒店、医疗、旅游、铁路运输、汽车租赁、广播等服务行业。McGill 和 Van Ryzintl 指出收益管理主要包括四个方面的内容:需求预测(forecasting)、超订(overbooking)、存量控制(capacity control)和动态定价(dynamic pricing)^[3]。存量控制是企业进行收益管理的重要手段,是指为不同的价格水平分配合适的产品数量。Littlewood(1972)研究一个单航段随机二级价格模型,提出了边际座位收益原则^[4]。Peter Belobaba(1987)建立期望边际座位收益值(expected marginal seat revenue, EMSR)理论模型,其方法被记为 EMSRa。McGill(1993)等人进一步研究 EMSR 最优保护策略,提出了 EMSRb 方法。之后针对汽车租赁存量控制和动态分配的研究大量出现,但 EMSR 的一个重要假设条件是不同价格等级的产品需求是相互独立的随机变量^[5-8]。实际上顾客能够利用各种渠道迅速地掌握各种产品的属性和特征并根据其偏好做出选择,因此顾客的需求会在各种产品之间流动。

收稿日期:2015-05-31

基金项目:国家自然科学基金项目(51308569);重庆市教委自然科学技术研究项目(KJ120417);山地城市交通系统与安全重庆市重点实验室开放基金项目(KTSS201303)

作者简介:杨亚琛(1981—),男,副教授,博士,主要研究方向为运输与物流。

随着对收益管理研究的深入,学者已经开始考虑顾客选择行为来辅助存量控制、需求预测及最终的收益优化。基于顾客选择行为的模型主要分为两类:PODS(passenger origin-destination simulator)旅客选择模型和离散选择模型。波音公司的 Hopperstad、Berge 和 Filipowski 最早提出 PODS 旅客选择模型,模型中旅客特征、航空公司舱位存量状况和订座要求不同,每个乘客的选择集合的大小、组成也不同,座位存量的优化分配不仅考虑到先前对于各个座位可能预订的预测,而且还注意到销售过程中各个舱位座位存量的变化^[9]。离散选择模型假定顾客行为具有随机性,揭示了顾客选择行为的内在机理,解释了一定条件下顾客选择概率和产品属性特征变量之间的定量关系,其中利用 Logit 模型研究存量控制最具代表性。Logit 模型主要用于测量消费者在实际或模拟的市场竞争环境下如何在不同产品中进行选择。Talluri(2004)等以 Logit 模型为基础利用马尔可夫决策方法建立存量控制模型,探究最优嵌套控制策略可行性^[10]。王春兰(2006)以 Logit 模型为基础针对顾客效用和偏好进行分析,建立了顾客舱位选择模型,从顾客的角度分析座位存量控制问题的必要性^[11]。李金林(2011)以 Logit 模型为基础针对需求预测误差对存量控制影响敏感性建立存量控制稳健模型,构建了一种稳健竞标价格策略^[12]。利用 Logit 模型研究顾客选择行为需要假定旅客到达过程和购买过程概率分布的解析式,同时在选取顾客选择影响因素时缺乏科学性,多依赖于主观先验信息^[13],因而顾客的实际意愿并不能体现出来,与实际情况有误差。

现实中,当顾客面对多等级车型选择时会受到车型属性影响,本文将基于 Logit 模型建立顾客选择的效用函数。首先确定影响顾客选择的主要属性,再利用变精度粗糙集(variable precision rough set, VPRS)对影响顾客选择行为的因素进行简约,将同类因素用几个因子描述,构造出判断矩阵,计算权值。在此基础之上结合实际案例设计一个基于顾客选择行为的车辆存量保护水平方案,并与传统的期望边际收益(expected marginal seat revenue, EMSR)模型效果进行对比。

1 租赁车辆选择模型

Logit 模型中以效用最大化理论为假设,利用效用大小来衡量顾客选择某类车型的的概率。不同类型车辆的各种属性构成一个综合的效用值,一般可认为,顾客选择某类车型所得到的效用越大其选择该类车型的的概率越大。顾客选择多种车型中,根据各种属性进行效用评估后做出选择^[14]。可以通过效用函数 U (utility function) 描述顾客的选择行为,其中租赁车辆属性成为效用函数的自变量。

假设汽车租赁公司的车型集合为 $W=\{i|i=1,2,\cdots,w\}$, x_i 表示某类车型的属性向量,假设顾客选择第 i 类车型的效用与租赁车辆属性之间具有线性关系,效用函数表达式为

$$U_i=\lambda_1x_{i1}+\lambda_2x_{i2}+\cdots+\lambda_mx_{im}+\varepsilon_i=\sum_{j=1}^m\lambda_jx_{ij}+\varepsilon_i=V_i+\varepsilon_i \quad (1)$$

其中: U_i 为第 i 类车型对顾客的效用值; λ_j 为待定参数,是顾客对车辆各个属性重视程度的权重值; x_{ij} 是第 i 类车型的的第 $j=(1,2,\cdots,m)$ 种特征属性; V_i 为顾客选择第 i 类车型效用函数中的非随机变化部分, $V_i=\sum_{j=1}^m\lambda_jx_{ij}$; ε_i 为顾客选择第 i 类车型效用函数中的随机变化部分。

根据上述假设,顾客总是在租赁时选择效用最大的车型,其选择第 i 类车型的的概率 P_i 为

$$P_i=\text{prob}(U_i>U_j, i\neq j, \forall j\in W)=\text{prob}(V_i+\varepsilon_i>V_j+\varepsilon_j, i\neq j, \forall j\in W)=\text{prob}(V_i+\varepsilon_i>\max_{i\neq j, \forall j\in W}(V_j+\varepsilon_j)) \quad (2)$$

假设 $\varepsilon_i(i\in W)$ 相互独立且服从 Gambel 分布,则两个独立 Gambel 分布的概率变量差服从 Gambel 分布,可得到顾客选择行为的多项 Logit 模型的一般形式

$$P_i=\frac{e^{V_i}}{\sum_{i\in W}e^{V_i}} \quad (3)$$

由式(3)可以求得顾客选择第 i 类车型的的概率,也就是选择第 i 类车型的顾客数量占所有顾客总数的比例,同时也可以计算出顾客对各种类型车辆的选择概率。粗糙集作为一种数据分析的数学方法,具备处理不确定、不精确及不完备数据的优点,这里使用调查问卷采集相关数据,然后使用变精度粗糙集(variable precision rough set, VPRS)对车辆属性进行简约并构造判断矩阵计算权重。

2 模型参数标定

2.1 VPRS 简介

Pawlak 粗糙集模型中由于严格按照等价类来分类,因而它的分类是精确的,亦即包含或者不包含,而没有某种程度上的包含或属于,局限了它处理的分类必须是完全正确的或肯定的^[15-16]。变精度粗糙集模型(variable precision rough set, VPRS)是 Pawlak 粗糙集模型的扩充,通过引入一个置信水平 $\beta(0.5 < \beta \leq 1)$ 完善近似空间的概率,即允许一定程度的错误分类率的存在,提高了决策规则的柔性,同时体现了数据分析中数据相关性,有利于从不相关的数据中发现相关数据,也就是数据中隐含的模式能更加清楚的表示^[17]。

定义 1 设 $S=(U, A, V, f)$ 为一个信息系统,其中 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_{|U|}\}$ 为有限非空集合,称为论域对象空间, $A=\{a_1, a_2, \dots, a_{|A|}\}$ 为属性的有限非空子集。若 A 中的属性又可分为两个不相交的非空子集,即条件属性集 $C \neq \phi$ 和决策属性集 $D \neq \phi, A=C \cup D, C \cap D=\phi$, 则 S 称为决策表。其中 $a \in A, V_a$ 为属性 A 的值域; $U \times A \rightarrow V$ 为信息函数, $\forall a \in A, \forall x \in U, f(x, a) \in A_a$ 。

对任一子集 $P \neq \phi$ 且 $P \subseteq C, R$ 为 U 上的等价关系

$$R(P)=\{(x, y) \in U \times U: f(x, p)=f(y, p), \forall p \in P\} \quad (4)$$

相应的等价类表示为 $[x]_P$ 。

定义 2 在信息系统 $S=(U, A, V, f)$ 中, $A=C \cup D, X \subseteq U, P \subseteq C$, 给定置信阈值 $\beta \leq 1$, 将变精度粗糙集的 β -下近似 $\underline{apr}_P^\beta(X)$ 及 β -上近似 $\overline{apr}_P^\beta(X)$ 分别定义为

$$\underline{apr}_P^\beta(X)=\cup\{[x]_P: \frac{|[x]_P \cap X|}{|[x]_P|} \geq \beta\} \quad (5)$$

$$\overline{apr}_P^\beta(X)=\cup\{[x]_P: \frac{|[x]_P \cap X|}{|[x]_P|} \geq 1-\beta\} \quad (6)$$

定义 3 VPRS 的分类精度(质量)定义为

$$\gamma^\beta(P, D)=\frac{|\cup\{x \in U: \frac{|[x]_P \cap X|}{|[x]_P|} \geq \beta\}|}{|U|} \quad (7)$$

$\gamma^\beta(P, D)$ 度量了论域中给定某一 β 值时,可以正确分类的知识在现有知识中的百分比。

定义 4 变精度粗糙集中的 β -约简 $\gamma^\beta(P, D)$ 为给定 β 值不含多余属性,并保证正确分类的最小条件属性集,即满足以下两条性质: $\gamma^\beta(C, D)=\gamma^\beta(\text{red}^\beta(C, D), D)$; $\gamma^\beta(C, D)$ 的子集不具有相同的分精度。

2.2 判断矩阵构造和权值计算

租赁车辆数据可以看作是一个是以顾客选择因素为对象的信息系统 $S=(U, A, V, f)$, C 是影响顾客选择租赁车型的属性集合, D 是决定顾客选择的决策属性集合。通过 Delphi 法,确定影响顾客选择的 9 个主要属性:租赁服务态度(a_1)、信用担保限制(a_2)、日租价格(a_3)、车辆品牌类型(a_4)、车辆油耗(a_5)、还车地点限制(a_6)、变更费用(a_7)、预定周期限制(a_8)、车辆损失费用(a_9)。由效用理论可知,顾客满意程度越高相对于顾客所获得的效用越大,顾客选择该车型的可能性越大。利用 VPRS 进行数据简约时,属性类别一般分为 2 类或者 3 类。结合实际情况选取某汽车租赁公司的两个站点作为调查对象,每个站点随机针对顾客发放 20 份问卷,共回收 35 份,有效问卷 30 份。引入如下记号:条件属性的指标值分为三个等级:“1=满意”、“2=一般”、“3=不满意”;决策属性的指标值(顾客对租、车效用的评价)分为三个等级“H=很好(租赁)”、“M=一般(预定,

但不一定租赁)”、“L=不好(不租赁)”,通过整理和分析数据,可以得到顾客选择决策信息,见表 1。

表 1 顾客选择决策信息表
Tab.1 Reviews of vehicle attributes

对象	条件属性									决策属性
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	d
n_1	3	2	1	2	1	2	2	1	2	M
n_2	3	1	1	1	1	1	1	2	2	L
n_3	2	1	2	2	2	2	2	1	1	H
n_4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	M
n_5	1	2	2	3	2	2	3	1	3	L
n_6	2	3	3	3	3	3	3	3	3	L
n_7	1	3	2	3	2	1	1	1	1	H
n_8	3	1	1	1	1	1	1	2	2	H
n_9	3	2	1	2	1	2	2	1	2	M
n_{10}	2	3	3	3	3	3	3	3	3	L
n_{11}	2	2	1	1	1	3	1	1	3	H
n_{12}	3	1	1	1	1	1	1	2	2	H
n_{13}	3	2	3	3	3	2	3	1	3	L
n_{14}	1	3	2	3	2	1	1	1	1	H
n_{15}	3	1	1	1	1	1	1	2	2	M
n_{16}	3	2	1	2	1	2	2	1	2	M
n_{17}	1	1	1	1	1	2	1	1	1	M
n_{18}	3	1	1	1	1	1	1	2	2	L
n_{19}	3	2	1	2	1	2	2	1	2	M
n_{20}	2	1	2	2	2	2	2	1	1	H
n_{21}	1	3	2	3	2	1	1	1	1	H
n_{22}	1	1	1	1	1	2	1	1	1	M
n_{23}	2	1	2	2	2	2	2	1	1	H
n_{24}	2	3	3	3	3	3	3	3	3	L
n_{25}	1	1	1	1	1	2	1	1	1	M
n_{26}	2	3	3	3	3	3	3	3	3	L
n_{27}	1	3	2	3	2	1	1	1	1	H
n_{28}	2	1	2	2	2	2	2	1	1	H
n_{29}	3	1	1	1	1	1	1	2	2	M
n_{30}	3	2	1	2	1	2	2	1	2	M

令置信水平 $\beta=0.8$, 由定义 1 得, 论域 $U=\{n_1, n_2, \dots, n_{30}\}$, 条件属性集 $C=\{a_1, a_2, \dots, a_9\}$, 决策属性集 $D=\{d\}$ 。据式(4)可得如下等价类:

$U/C=(X_1, X_2, \dots, X_9)$, 其中 $X_1=\{n_1, n_9, n_{16}, n_{19}, a_{30}\}$, $X_2=\{n_2, n_8, n_{12}, n_{15}, a_{18}, a_{29}\}$, $X_3=\{n_3, n_{20}, n_{23}, n_{28}\}$, $X_4=\{n_4, n_{17}, n_{22}, n_{25}\}$, $X_5=\{n_5\}$, $X_6=\{n_6, n_{10}, n_{24}, n_{26}\}$, $X_7=\{n_7, n_{14}, n_{21}, n_{27}\}$, $X_8=\{n_{11}\}$, $X_9=\{n_{13}\}$;

$U/D=(D_H, D_M, D_L)$, 其中 $D_H=\{n_3, n_7, n_8, n_{11}, a_{12}, n_{14}, n_{20}, n_{21}, a_{23}, n_{27}, n_{28}\}$, $D_L=\{n_2, n_5, n_6, n_{10}, a_{13}, n_{18}, n_{24}, n_{26}\}$, $D_M=\{n_1, n_4, n_9, n_{15}, a_{16}, n_{17}, n_{19}, n_{22}, a_{25}, n_{29}, n_{30}\}$ 。

由式(6)和(7)可计算出 $\underline{apr}^\beta_P(D_M)=(X_1, X_4)$, $\underline{apr}^\beta_P(D_L)=(X_5, X_6, X_9)$, $\underline{apr}^\beta_P(D_H)=(X_3, X_7, X_8)$ 。

由式(7)得到整个条件属性的分类质量: $\gamma^\beta(P, D)=\frac{4}{5}$ 。

粗糙集分类精度是对执行准确的对象分类整个能力的评价, 而变精度粗糙集分类精度是对执行具有置信水平 β 的对象分类能力的评价^[18]。同理可以依据式(7)确定每个属性划分时的分类质量:

$$\gamma_{a_1}^\beta(P, D)=0, \gamma_{a_2}^\beta(P, D)=0, \gamma_{a_3}^\beta(P, D)=\frac{7}{15}, \gamma_{a_4}^\beta(P, D)=0, \gamma_{a_5}^\beta(P, D)=\frac{7}{15}, \gamma_{a_6}^\beta(P, D)=\frac{2}{15}, \gamma_{a_7}^\beta(P, D)=\frac{1}{5}, \gamma_{a_8}^\beta(P, D)=\frac{2}{15}, \gamma_{a_9}^\beta(P, D)=\frac{1}{5}。$$

通过建立判断矩阵, 以便确定各个因素的相对重要性, 可作为各个因素的权重值^[19]。设判断矩阵为 B

$$B=\begin{bmatrix} 1 & a_{12}^1 & \cdots & a_{1n}^1 \\ a_{21}^2 & 1 & \cdots & a_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^n & a_{n2}^n & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中: a_t^s 表示第 s 个因素 a_s 相对于第 t 个因素 a_t 的相对重要性

$$a_t^s=\frac{\gamma_{a_s}^\beta(P, D)}{\gamma_{a_t}^\beta(P, D)} \quad (9)$$

由判断矩阵计算被比较因素对每一准则的相对权重, 并进行判断矩阵的一致性检验。显然判断矩阵 B 为一致正反矩阵, 记易证明式(9)确定的判断矩阵 B 满足完全一致性条件。记 $\omega=(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$, 对于一般的判断矩阵 B 有 $B\omega=\eta_{\max}\omega$, 这里 $\eta_{\max}$ ($\eta_{\max}=n$) 是 B 的特征根, ω 为 $\eta_{\max}$ 对应的特征向量, 将 ω 作归一化可近似作为 B 的权重向量。

模型中影响顾客对各等级车型属性选择的六个偏好因素和权重分别为: 日租价格(a_3)、车辆油耗(a_5)、还车地点限制(a_6)、变更费用(a_7)、预定周期限制(a_8)、车辆损失费用(a_9); $\omega=(0.292, 0.292, 0.083, 0.125, 0.083, 0.125)^T$ 。由式(1)可得

$$U=0.292x_{i1}+0.292x_{i2}+0.083x_{i3}+0.125x_{i4}+0.083x_{i5}+0.125x_{i6} \quad (10)$$

3 实例分析

某汽车租赁公司开展车辆连锁租赁业务, 其租赁站点主要设置在机场、城市中心商业区、旅游区、交通枢纽场站的附近, 共有 5 种待租车型可供顾客选择: 经济型轿车(EC)、商务型轿车(BC)、豪华型轿车(LC)、运动型多用途汽车(SUV)、七座及以上多用途汽车(MPV), 即车型集合为 $W=\{EC, BC, LC, SUV, MPV\}$ 。该公司某月的车辆租赁信息见表2。

表 2 汽车租赁公司某月的车辆租赁信息
Tab.2 Car rental data of a car rental company in one month

日期	星期	EC		BC		LC		SUV		MPV	
		价格/元	数量/辆	价格/元	数量/辆	价格/元	数量/辆	价格/元	数量/辆	价格/元	数量/辆
1	四	129	39	369	35	652	7	456	26	571	10
2	五	150	41	399	40	678	8	489	30	571	17
3	六	146	50	365	44	712	9	492	34	540	12
4	日	159	45	375	41	742	0	487	32	562	18
5	一	169	38	369	38	745	8	479	30	568	16
6	二	179	40	367	32	756	1	482	27	571	11
7	三	178	38	385	30	699	1	478	15	570	4
8	四	180	42	379	29	689	6	489	24	566	13
9	五	165	46	412	44	778	7	493	31	571	16
10	六	174	50	456	45	752	11	488	38	565	14
11	日	181	42	379	39	748	3	485	37	556	15
12	一	178	40	391	38	789	2	486	29	571	13
13	二	181	39	389	36	821	2	469	38	571	0
14	三	187	38	392	35	811	0	475	19	570	9
15	四	176	42	388	35	845	8	469	32	570	12
16	五	185	45	400	42	812	9	476	40	567	15
17	六	178	52	431	46	796	15	462	33	560	21
18	日	156	44	378	31	830	3	459	34	556	12
19	一	174	43	398	29	798	7	481	19	569	8
20	二	186	20	387	37	768	9	495	18	570	19
21	三	183	30	398	28	845	3	480	16	570	9
22	四	191	42	356	28	789	4	490	27	564	0
23	五	178	48	378	20	842	12	487	30	559	10
24	六	189	51	385	37	852	5	469	42	568	25
25	日	176	43	396	35	841	9	476	35	562	21
26	一	179	44	387	35	832	2	468	33	570	17
27	二	182	39	379	32	836	0	495	20	563	10
28	三	187	40	395	30	814	1	482	21	570	9
29	四	191	46	387	33	845	4	490	30	571	21
30	五	187	45	376	34	856	6	488	32	566	19

在该公司多个租赁站点随机抽取顾客调查,发放 200 份调查问卷,回收 162 份,其中有效样本 140 份。调查时请顾客对影响汽车类型选择的因素按照“十分满意”、“满意”、“一般”、“不太满意”、“不满意”5 个等级进行评定,并将数据离散化处理,令“十分满意=10”、“满意=7”、“一般=5”、“不太满意=3”、“不满意=0”。利用 EMRS 模型对数据应用参数估计可以得到各类汽车数量的保护水平。在本文的选择模型中运用问卷调查数据,计算得到各种车型被选择租赁的概率和库存数量的保护水平,计算结果见表 3。

表 3 各类车型库存的控制保护水平
Tab.3 Protection levels of each kind of vehicle type's inventory control

车型	日均 单价/元	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	x_{i4}	x_{i5}	x_{i6}	概率	EMSR 保护 水平/辆	本文保护 水平/辆
EC($i=1$)	175.13	6.12	5.89	5.89	5.59	5.21	5.92	0.334	34	33
BC($i=2$)	388.20	5.82	5.95	5.56	5.81	5.32	5.05	0.285	28	28
LC($i=3$)	785.77	2.82	3.96	4.31	4.64	4.67	3.56	0.041	5	4
SUV($i=4$)	480.50	5.21	5.12	5.65	5.96	5.58	6.24	0.228	17	21
MPV($i=5$)	565.93	4.72	4.68	4.82	4.87	4.78	4.64	0.108	11	10

通过对表 3 数据的对比分析可见,基于顾客选择的租赁车辆存量控制模型和 EMSR 模型的计算结果较为相近。EMRS 模型求解过程简单,易于实施,但是忽视了顾客的特征、偏好等因素对选择行为的影响。实际中顾客会有条件选择其偏好的租赁公司、租赁时间和各等级车型,租赁车辆的属性对顾客选择行为的影响关联度的确定通常主观性较强。利用变精度粗糙集法的简约能力,发现对选择行为起重要作用的因素,同时剔除一些不重要因素,以区分和界定因子间的信息交织,进一步探求影响顾客选择租赁车型的主要因素,为租赁车辆存量控制研究奠定基础。同时基于变精度粗糙集构造的判断矩阵不仅能在一定程度上消除调查数据噪声的影响,而且容易满足一致性,进而得到因素的权重。

4 结论

- 1) 以收益管理和 Logit 模型为基础, 针对汽车租赁中不同车型的选择偏好建立基于顾客选择的租赁车辆存量控制模型,从顾客的角度反映了汽车租赁市场需求的变化,并制定各等级车辆的库存保护水平,为收益管理的实施提供了新的思路;
- 2) 利用 VPRS 方法构造判断矩阵确定顾客选择偏好因素的权重,避免了数据处理过程中主观因素干扰和原始不准确、不完全数据的限制,无需假定顾客达到和购买概率的表达式;
- 3) Logit 模型不能准确描述顾客的随机体验差异, 需要根据顾客对产品特性的需要或价格敏感程度的不同细分顾客类型,并针对特定的顾客群体制定存量控制策略,采用变精度粗糙集求得的判断矩阵能够满足一致性条件,但是其对样本数据变化的敏感性较强;
- 4) 顾客选择的偏好特征及影响因素会因企业销售策略、替代产品、租赁价格等外界因素的影响而改变,综合考虑各方面的因素合理构建动态存量控制策略将是未来研究的重要方向。

参考文献:

[1] 董伟栋,霍璐露. 发达国家汽车租赁业对我国的启示[J]. 技术与市场,2013,7(2):44-47.
[2] CARROLL W J,GRIMES R C. Evolutionary change in product management;Experiences in the car rental industry[J]. Interfaces, 1995,25(5):84-104.
[3] MCGILL J I,VAN R G. Revenue management research overview and prospects[J]. Transportation Science,1999,33(2): 233-256.

- [4] LITTLEWOOD K. Forecasting and control of passenger bookings[C]//AGIFORS Symposium Proc 12, Nathanya, Israel, 1972:95–128.
- [5] PETER B. Airline yield management: An overview of seat inventory control[J]. Transportation Science, 1987, 21(2):63–73.
- [6] MCGILL J I, BRUMELLE S L. Airline seat allocation with multiple nested fare classes[J]. Operations Research, 1993, 41(1):127–137.
- [7] 肖文莉, 周蓉, 王昊. 租车行业收益管理研究现状及前景展望[J]. 物流科技, 2007, 30(1):80–84.
- [8] 李豪, 熊中楷, 彭庆. 基于乘客选择行为的双航班竞争动态定价模型[J]. 工业工程, 2010, 13(2):86–90.
- [9] 樊玮, 刘向荣. 基于非齐次旅客到达选择的舱位控制比较研究[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(5):167–171.
- [10] TALLURI K T, VAN R J. Revenue management under general discrete choice model of customer behavior[J]. Management Science, 2004, 50(1):15–33.
- [11] 王春兰. 航空公司收益管理中旅客舱位选择行为研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2006.
- [12] 李金林, 徐丽萍. 基于顾客选择行为的存量控制稳健模型[J]. 北京理工大学学报, 2011, 31(5):623–623.
- [13] 杨慧, 陈兰, 徐红利. 收益管理情境下旅客购票的效用度量函数研究[J]. 中国管理科学, 2013(S1):37–42.
- [14] 颜桂梅, 林宇洪, 郭建钢. 基于消费者决策心理的公交换乘算法的设计[J]. 华东交通大学学报, 2012, 29(6):102–108.
- [15] 刘保根. 粗糙集对分析理论与决策模型[M]. 北京:科学出版社, 2010:35–36.
- [16] 赵永强, 潘泉, 张洪才. 基于变精度粗集的分类方法[J]. 计算机科学, 2004, 10(3):142–144.
- [17] ZIARKO W. Variable precision rough set model [J]. Journal of Computer and System Sciences, 1993, 46(1):39–59.
- [18] 王磊, 李天瑞. 基于矩阵的粗糙集上下近似的计算方法[J]. 模式识别与人工智能, 2011, 24(6):756–762.
- [19] 赵卫东, 陈国华. 基于变精度粗集的判断矩阵构造方法[J]. 中国管理科学, 2002, 10(1):94–97.

Study on Inventory Control for Rental Cars Based on Customer Choice Behavior

Yang Yazao^{1,2}, Li Pengfei¹, Chen Jian¹, Hao Xiaoni³

(1. School of Traffic and Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074; 2. Chongqing Key Laboratory of Traffic System & Safety in Mountain Cities, Chongqing 400074; 3. School of Civil Engineering & Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: Taking revenue management theory and Logit model as starting points, the vehicle inventory level of car rental sites was studied. Customers' preference and utility on consumption was obtained by a survey. Variable precision rough set method was used to simplify the factors that influence the choice of consumers on vehicle, then judgment matrix was established to calculate the weights of the remaining factors. Finally the probability of customer choice of rental cars was calculated, and protection level of car rental in leasing sites was then gained. This study showed that there were similar protection level results compared with the expected marginal revenue, which proved the efficiency of the proposed model, for it only needs to use the data sets of customer choice of rental cars to calibrate parameters without other prior information and probability distribution of customer choice. It finds the model can improve inventory control accuracy of car rental companies and realize flexible control.

Key words: revenue management; car rental; choice behavior; inventory control; variable precision rough set

(责任编辑 姜红贵)