

基于非齐次旅客到达选择的舱位控制比较研究

樊 玮,刘向荣

(中国民航大学 计算机学院,天津 300300)

摘要:舱位控制是航空公司实施收益管理的核心目标,由于传统的舱位控制方法并不考虑旅客的选择行为,易于导致高价旅客购买低价舱位,对于多等级票价方面的应用存在缺陷。于是,该文从旅客选择的角度,以研究多等级舱位分配问题为目的。通过对旅客效用和偏好的分析,采用离散选择模型作为建模方法,构建了基于非齐次旅客到达选择的动态舱位控制算法,并采用仿真实验与传统的期望边际收益算法进行比较。实验结果表明,考虑旅客选择行为的算法更具潜在增加航空公司收益的应用价值。

关键词:舱位控制;旅客选择;离散选择模型;EMSR 模型

中图分类号:U-9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0167-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.043

Comparative Analysis on Inventory Control Based on Non-homogeneous Passengers Arrival and Selection

FAN Wei, LIU Xiang-rong

(College of Computer, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Inventory control is the core objective of airline revenue management, but traditional seat inventory control method does not consider the behavior of passengers' choice, which leads to the high-priced travelers buying the lower-price seats, which is not conducive to the application of multi-class fares. So from the perspective of the choice for passengers, study the multi-level inventory allocation. The method chooses the discrete choice model to build the dynamic seat inventory control algorithm based on non-homogeneous passengers arrival. And this method will compare with the traditional expectations of marginal revenue algorithm by using simulation. The experiments demonstrate that this algorithm considering the passengers' choice is more potential to apply to the revenue management.

Key words: seat control; passenger choice; discrete choice model; EMSR model

0 引 言

航空公司的收益管理,就是将合适的座位,以合适的价格,在合适的时间,卖给合适的人^[1]。20世纪90年代末,我国学者开始逐渐投入对收益管理的研究,2001年4月中国南方航空公司与美国PROS公司合作,引进了PROS收益管理系统,成为了中国第一家应用收益管理系统的企业^[2]。而在多等级舱位销售模式下,由Peter Bolaba于1987年提出的期望边际收益(EMSR: expected marginal seat revenue)方法^[3],以及

基于此方法衍生的EMSRb方法^[4]、多舱位网络模型^[5]、启发式算法等^[6],依然是国内外航空公司或者研究者目前采用的主流方法。

然而,这些模型大都存在一个潜在的问题:每个等级的旅客需求在控制上完全独立,也就是说,假定模拟一次决策过程,在同一时刻,拒绝和接受一个等级的订座完全独立于其它等级,这并不符合实际情况^[7,8]。因为旅客购买全价票的同时会考虑有没有折扣票价的存在。所以,旅客的选择行为对航空公司的销售决策具有重要影响^[9]。通过将离散选择模型引入舱位控制方法当中^[10],可以量化旅客购买意愿,以此构建的舱位控制方案能够较准确地把握旅客消费行为,适时控制舱位,增加收益。这类模型称作选择模型(Choice Model)。

离散选择模型应用于旅客选择方面的研究,为选

收稿日期:2012-07-27;修回日期:2012-10-29

基金项目:科技部863重大专项(20060112A1037)

作者简介:樊 玮(1968-),男,教授,硕士生导师,从事智能信息处理、数据挖掘、民航收益管理方面的研究;刘向荣(1986-),男,硕士生,从事智能信息处理研究。

择模型的具体实施提供了理论依据。这类研究主要从两个问题出发:一是旅客的到达问题;二是旅客的选择问题。旅客到达通常采用齐次泊松过程建模,其缺陷在于,实际的旅客到达过程带有随机性,并呈现波动,以此构建的模型并不能反映真实情况;第二个问题的解决则是采用离散选择模型来量化旅客的购买意愿,最终给出购买概率。

Algers 和 Besser^[11](2001)、Andersson^[12](1989)在 SAS 软件上对离散选择模型进行了应用,并得到了好的结果。对离散选择模型较好的阐述是 Ben Akiva 和 Lerman^[13]的相关著作。在国内,王春兰^[14]最早开展将离散选择模型应用于收益管理的研究,之后梅虎^[15,16](2006,2007)从消费者行为角度,以 Logit 模型为基础,针对 EMSR 和传统旅客舱位选择行为研究中的不足,运用 VPRS(变精度粗集, Variable Precision Rough Set)方法构建了 PSCM(旅客舱位选择模型, Passenger Seat Choice Model)和 RBPSCM(基于旅客舱位选择的收益管理模型, Revenue Based on Passenger Seat Choice Model)。研究建议:基于选择行为的收益管理是可以实现的,并且能够显著地增加航空公司的收益^[17]。

相比选择模型,传统的 EMSRb 方法,通过预测各类旅客的需求分布,计算各个等级的保护数^[18],以此来控制旅客的购买活动。文中在 Talluri 和 Van Ryzin^[10]提出的一般选择模型基础上,将其拓展到更符合实际情况的非齐次旅客到达过程,采用离散选择模型之 MNL(多项式标准 Logit 模型),构建了基于旅客选择的舱位控制方案,并与传统的 EMSRb 模型比较分析。

1 舱位控制方案

1.1 舱位控制模型

设开始售票到飞机离港时间段大小为 T ,将该时间段视为 T 个离散的时间周期,用 t 表示,每个时间段的旅客到达率为 $\lambda(t)$ (到达率是 t 的函数)。有 n 个舱位等级, $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示全部的舱位等级,每一个舱位等级的票价为 f_i ,且 $f_1 > f_2 > \dots > f_n$ 。在每个时间周期内,需要决策给出舱位等级集合 $S \subseteq N$,旅客在提供的 S 集合内选择相应的票价等级 $j \in S$,如果 $S = \Phi$,则表示航空公司没有票售出。同时,定义旅客选择某一票价等级的概率为 $P_j(S)$,且 $P_j(S) = 0$,表示 $j \notin S$ 。当 $j = 0$ 时,表示旅客没有选择集合 S 中的任何机票, $P_0(S)$ 则表示旅客没有购买机票的概率。假设旅客选择某一等级票价的概率不会随着时间变化。旅客在第 t 个时间周期内实际选择第 j 个票价等级的概率为 $\lambda(t)P_j(S)$ 。那么未售出机票的概率来自两个部

分,一部分为到达旅客中未选择购买的概率,另一部分为旅客的未到达率,即 $\lambda(t)P_0(S) + (1 - \lambda(t))$ 。对于 $P_j(S)$ 的定义需要满足以下条件:

- (1) $P_j(S) \geq 0, S \subseteq N$;
- (2) $\sum_{j \in S} P_j(S) + P_0(S) = 1, \forall j \in S$

假设某个航班的舱位容量为 C ,销售周期为 T , t 为剩余销售时间周期数, x 是剩余舱位数量。定义在剩余 t 个时间周期且余下 x 个舱位时,预期剩余销售时间内(即从 t 到 $t = 1$)最大期望收益为 $V_t(x)$,从而有:

$$\begin{aligned} V_t(x) &= \max_{S \subseteq N} \left\{ \sum_{j \in S} \lambda(t) P_j(S) (f_j + V_{t-1}(x-1)) + (\lambda(t) P_0 + 1 - \lambda(t)) V_{t-1}(x) \right\} \\ &= \max_{S \subseteq N} \left\{ \sum_{j \in S} \lambda(t) P_j(S) (f_j - \Delta V_{t-1}(x)) + V_{t-1}(x-1) \right\} \end{aligned} \tag{1}$$

其中, $\Delta V_{t-1}(x) = V_{t-1}(x) - V_{t-1}(x-1)$ 为舱位的边际成本。

对于所有 $j \in S$ 都有 $\sum_{j \in S} P_j(S) + P_0(S) = 1$ 且边界条件为:

- $V_t(0) = 0, t = 1, \dots, T$
- $V_0(x) = 0, x = 1, \dots, C$

要得到 $V_t(x)$ 的最大值,即对(1)式在条件(2)下的最优化处理,由于 S 集合是有限的,所有总能找到满足 $V_t(x)$ 最大的解集。所以最大值是存在的,该问题是可解的。

1.2 旅客选择模型

旅客的选择意愿大小可以通过离散选择模型当中的 MNL 模型(Multinomial Logit Choice Model, MNL)来量化,通过对旅客效用的最大化来确定旅客的选择概率。定义旅客选择第 $j(j \in S)$ 个票价等级的效用为:

$$U_j = u_j + \varepsilon_j \tag{3}$$

其中, u_j 是旅客选择第 j 个票价等级的平均效用, ε_j 是旅客选择第 j 个票价等级的随机效用误差。

类似地,没有发生购买行为的效用为:

$$U_0 = u_0 + \varepsilon_0$$

随机效用误差 ε_j 通常由于效用中有难以观测的属性,或者旅客的个人偏好影响着属性的确定等原因造成。

按照旅客均是理性的假定,每个旅客都将选择令自己效用最大的产品,则旅客选择第 j 个舱位的概率为:

$$\begin{aligned} P_j(S) &= P(U_j \geq U_i, \forall i, j \in S, i \neq j) \\ &= P(u_j + \varepsilon_j \geq u_i + \varepsilon_i, \forall i, j \in S, i \neq j) \\ &= P(u_j + \varepsilon_j \geq \max_{\forall i, j \in S, i \neq j} (u_i + \varepsilon_i)) \end{aligned} \tag{4}$$

通常假定 $\varepsilon_j(j \in S)$ 是相互独立的,并且服从 Gumbel 分布,则由公式(3)和(4)可得到:

$$P_j(S) = \frac{e^{u_j}}{\sum_{i \in S} e^{u_i} + e^{u_0}}, j \in S \quad (5)$$

定义权重 $w_j = e^{u_j}, j = 0, 1, \dots, n$, 因此(5)可以表示成为:

$$P_j(S) = \frac{w_j}{\sum_{i \in S} w_i + 1}, j \in S \quad (6)$$

很明显, e^{u_j} 是关于 u_j 的增函数, 因此 u_j 越大, 相应的权重 w_j 也越大。通常旅客的选择效用是由一些属性来确定的, 因此旅客的选择概率可以表示为:

$$P_j(S) = P_j(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S), j = 0, 1, \dots, n \quad (7)$$

其中, $\mathbf{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ 为旅客选择第 i 个票价等级所考虑的属性向量, 向量 $\boldsymbol{\beta}$ 是相应属性的权重。一般将效用定义为属性的线性函数, 即 $U_i = \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{Z}_i$ 。这种情况需要对旅客到达率 λ 和权重向量 $\boldsymbol{\beta}$ 进行重新估计。一般用极大似然估计(MLE)的方法对这两个参数进行估计。

定义 D 为时刻 t 的集合, $S(t)$ 为第 t 个时间周期航空公司开放给旅客可选的票价等级的集合。在每个周期 t 设观测点, 定义 $a(t)$:

$$a(t) = \begin{cases} 1, & \text{旅客到达} \\ 0, & \text{旅客未到达} \end{cases} \quad (8)$$

那么, 由公式(7)和(8)可得似然方程为:

$$\prod_{t \in D} [\lambda(t) P_j(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))]^{a(t)} (1 - \lambda(t))^{(1-a(t))} \quad (9)$$

其中, $\lambda(t)$ 是分阶段当中每个阶段的到达率, 是需要估计的量。

对公式(9)取对数, 得到对数似然方程:

$$\lambda = \sum_{t \in D} [a(t) \ln(P_j(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))) + a(t) \ln \lambda(t) + (1 - a(t)) \ln(1 - \lambda(t))] \quad (10)$$

假设 P 为旅客在时间 t 发生购买行为的时间集合, 则式(10)可以写成:

$$\lambda = \sum_{t \in P} [\ln(P_j(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))) + \ln \lambda(t)] + \sum_{t \in \bar{P}} [a(t) (\ln \lambda(t) + \ln P_0(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))) + (1 - a(t)) \ln(1 - \lambda(t))] \quad (11)$$

一般可以采用最大期望算法(Expectation Maximization, EM)^[19]来对上式进行求解。

具体如下:

输入: 初始估计 $\lambda(t), \boldsymbol{\beta}$

输出: 收敛估计 $\lambda^*(t), \boldsymbol{\beta}^*$

步骤:

(1) 求期望阶段: $a(t)$ 的期望。

$$\begin{aligned} a^*(t) &= E[a(t) | t \in \bar{P}, \lambda(t), \boldsymbol{\beta}] \\ &= P(a(t) = 1 | t \in \bar{P}, \lambda(t), \boldsymbol{\beta}) \end{aligned}$$

$$= \frac{P(t \in \bar{P}, \lambda(t), \boldsymbol{\beta}) P(a(t) = 1 | \lambda(t), \boldsymbol{\beta})}{P(t \in \bar{P} | \lambda(t), \boldsymbol{\beta})} \quad (12)$$

(2) 最大化阶段: 将(12)式代入(11)式, 并定义期望。

$$\begin{aligned} E[\lambda(t), \boldsymbol{\beta}] &= \sum_{t \in P} [\ln(P_j(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))) + \ln \lambda(t)] \\ &+ \sum_{t \in \bar{P}} [a(t) (\ln \lambda(t) + \ln P_0(\mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, S(t))) + (1 - a(t)) \ln(1 - \lambda(t))] \end{aligned} \quad (13)$$

最大化(13)式, 求得 $\lambda^*(t), \boldsymbol{\beta}^*$ 。

(3) 收敛测试阶段: 如果收敛误差在设定的允许范围内则停止, 否则 $\lambda(t) = \lambda^*(t), \boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\beta}^*$, 继续第(1)步。

1.3 非齐次旅客到达建模

旅客到达过程一般被模拟为齐次的泊松过程, 即旅客在每个时间段的到达率是相同的。但非齐次的泊松过程更符合实际情况。一般旅客会在某个阶段到达的情况比较密集, 而在某些阶段到达的比较稀疏。

于是非齐次旅客到达的情况模拟如下:

将航班开始售票到飞机离港整个时间段划分为 T 个离散的时间周期, 然后将 T 个离散时间周期划分为等大小的 k 个子阶段, 每个阶段用 $T_i (i = 1, 2, \dots, k)$ 表示。通过统计历史阶段当中 T_i 的旅客到达数, 计算初始输入的 λ_i , 再利用 EM 算法估计出新的 λ_i^* , 目的是为了消除不完整数据的影响。

在这里可以将旅客的到达近似为分阶段的齐次泊松过程, 旅客的到达率函数 $\lambda(t)$ 可以看作为一个分段函数:

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda_1, & i \in T_1 \\ \lambda_2, & i \in T_2 \\ \dots, & \dots \end{cases}$$

一共 k 个阶段, 对每个阶段近似为齐次的泊松过程。这样做更能接近实际情况, 并且能有效地估计离散选择模型当中依时变的参数。

2 仿真实验

模拟某航空公司某条航线上的航班。经济舱共有 50 个座位(其它舱位暂且忽略), 不考虑超售。五个票价等级从高到低依次为: 700.0, 650.0, 550.0, 400.0, 350.0。

假设将航空公司开始卖票到飞机离港时间段划分为 1000 个离散时间周期, 并划分为 8 个阶段。采用 EMSRb 作为训练集的舱位控制方案进行 50 天的模拟订票。并记录订票过程作为历史订票数据, 给出各阶段初始的到达率估计, 如表 1 所示。

表 1 旅客各阶段到达率初始估计值

阶段	λ
(0,124)	0.008
(125,249)	0.056
(250,374)	0.080
(375,499)	0.040
(500,624)	0.032
(625,749)	0.048
(750,874)	0.064
(875,1000)	0.032

假设只考虑价格因素的影响,初始的 $\beta = -0.0015$ 作为 EM 算法的输入。通过历史订票数据估计出 λ^* , β^* , 结果如表 2 所示:

表 2 旅客各阶段到达率同选择模型参数估计值

阶段	λ^*	β^*
(0,124)	0.0088	-0.0011
(125,249)	0.0620	-0.0013
(250,374)	0.1000	-0.0017
(375,499)	0.0430	-0.0014
(500,624)	0.0420	-0.0015
(625,749)	0.0560	-0.0014
(750,874)	0.0780	-0.0016
(875,1000)	0.0500	-0.0014

分析结果,旅客到达率的变化趋势如图 1 所示:

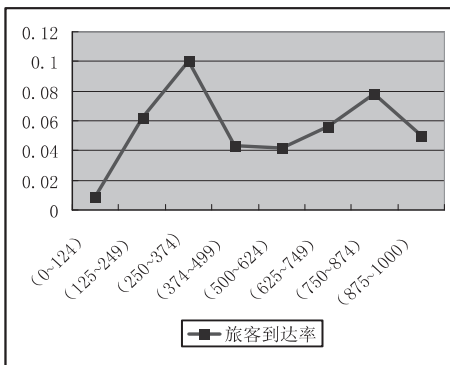


图 1 旅客各阶段到达率变化趋势

从到达趋势可以看到,旅客到达带有一定的随机性。并且会有到达高峰的出现,从某种意义上说这样的模拟更加吻合实际情况。

离散选择模型参数 β 的平均值为 -0.001425 , 非常接近实际值 -0.0015 。

分别采用 EMSRb 和 MNL 作为舱位控制方法模拟 50 天订票,作 15 次试验,实验结果如图 2 所示。并统计基于旅客选择的舱位控制模型平均收益为:22416.7,同时计算模拟传统的舱位控制模型 EMSRb 收益,并得到基于 EMSRb 的平均收益为 21823.3。很明显,相对于 EMSRb,基于旅客选择的舱位控制提高了约 2.72% 的收益。归其原因在于,研究旅客的购买行为,能较合理地估计旅客到达过程,恰当地关闭低价票,将座位预留高价票旅客;除此之外,旅客选择模型更容易捕

获旅客的“买低”行为,促使旅客“买高”的发生。

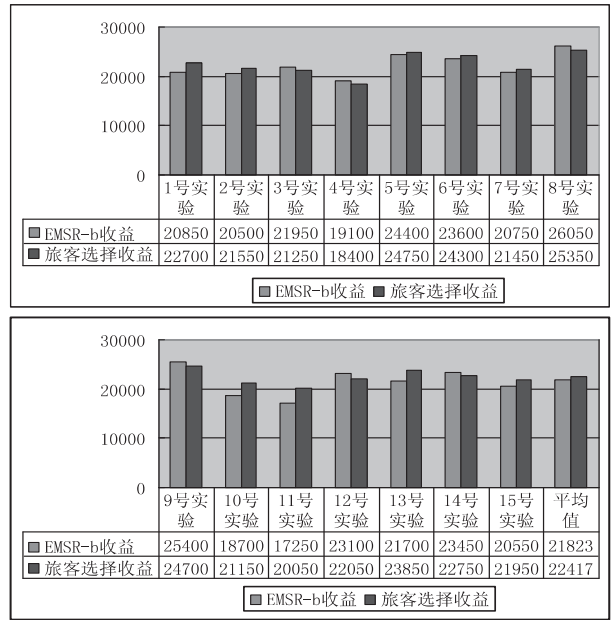


图 2 EMSR-b 与选择模型收益比较

3 结束语

文中在研究现有的舱位控制模型以及旅客选择模型的基础上,阐述了旅客选择模型相比传统模型更符合旅客订座的实际情况。引入非齐次泊松过程模拟旅客到达过程,并进一步进行座位分配算法研究,给出了计算过程中参数估计的方法,并将文中研究结果和流行的 EMSRb 算法进行仿真比较。实验结果表明基于齐次旅客到达选择的舱位控制方案相比 EMSRb 模型,能较好地反应实际的订座情况,并能增加收益。但文中的方法在影响旅客选择舱位的因素选取上,只考虑了价格因素,价格之外其它因素的估算,将是进一步研究的重点。

参考文献:

- [1] McGill J I, Van Ryzin G J. Revenue Management: Research Overview and Prospect [J]. Transportation Science, 1999, 33 (2): 233-256.
- [2] 罗 静. 饭店收益管理探析 [D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [3] Littlewood K. Forecasting and Control of Passenger Bookings [C]//AGIFORS Symposium Proceedings. [s. l.]: [s. n.], 1972: 95-117.
- [4] Belobaba P P. Airline Yield Management: An Overview of Seat Inventory Control [J]. Transportation Science, 1987, 21 (2): 63-73.
- [5] Glover R, Lorenzo J, Mcmillan C. The Passenger Mix Problem in the Scheduled Airlines [J]. Interfaces, 1982, 12: 73-79.
- [6] Belobaba P P. Application of a Probabilistic Decision Model to Airline Seat Inventory Control [J]. Operations Research,

- 1989,37(2):183-197.
- [7] Belobaba P P, Weatherford L R. Comparing decision rules that incorporate customer diversion in perishable asset revenue management situations [J]. *Decision Science*, 1996, 27(2): 343-363.
- [8] 罗 利, 萧柏春. 收入管理理论的研究现状及发展前景 [J]. *管理科学学报*, 2004, 7(5): 75-83.
- [9] Weatherford L R, Bodily S E, Pefifer P E. Modeling the Customer Arrival Process and Comparing Decision Rules in Perishable Asset Revenue Management Situations [J]. *Transportation Science*, 2003, 27(3): 239-251.
- [10] Talluri K, van Ryzin G. Revenue management under a general discrete choice model of consumer behavior [J]. *Management Science*, 2004, 50(1): 15-33.
- [11] Algers S, Bassier M. Modeling Choice of Flight and Booking Class: A Study Using Stated Preference and Revealed Preference Data [J]. *International Journal of Services Technology and Management*, 2001, 2(1-2): 28-45.
- [12] Andersson S E. Operational Planning in Airline Business—Can Science Improve Efficiency & Experiences from SAS [J]. *European Journal of Operations Research*, 1989, 43(1): 3-12.
- [13] Akiva M B, Lerman S. *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand* [M]. Cambridge, Mass: MIT Press, 1985.
- [14] 王春兰. 航空旅客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.
- [15] 梅 虎, 朱金福, 汪 侠. 基于旅客选择的航空收益管理研究 [J]. *系统工程*, 2006, 24(9): 11-17.
- [16] 梅 虎, 朱金福, 汪 侠. 旅客航班选择模型研究: 变粗度粗集方法 [J]. *管理评论*, 2007, 19(3): 27-32.
- [17] 黄小荣, 张 立. 收益管理系统中的几个关键模型 [J]. *中国民航学院学报*, 2004, 22(4): 22-25.
- [18] Netessine S, Rudi N. Centralized and Competitive Inventory Models with Demand Substitution [J]. *Operations Research*, 2003, 51(2): 329-335.
- [19] 王爱平, 张功营, 刘 方. EM 算法研究与应用 [J]. *计算机技术与发展*, 2009, 19(9): 108-110.

(上接第 162 页)

据进行系统高效的模块化分析, 该系统对于沙漠化程度分布模拟正确率达 90% 以上^[12], 系统适用性好。此外, 采用程序模块化及参数表形式表达该模型, 实现了沙漠化模型库与数据库的统一。

由于目前本项目只建立了三个野外数据采集监测点, 该系统设计实现中还有需要完善的地方, 这将在以后的工作中不断加强。

参考文献:

- [1] 刘传正, 李铁锋, 程凌鹏, 等. 区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法 [J]. *水文地质工程地质*, 2004(4): 1-8.
- [2] 李远华. 遥感与 GIS 技术支持下藏东林芝地区地质灾害预警研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [3] 丁 辰. 地质灾害监测预警示范系统之滑坡远程监测子系统的研究 [D]. 北京: 清华大学, 2004.
- [4] 李 良. 基于 GIS 山洪预警决策信息系统的设计与实现 [D]. 长沙: 湖南大学, 2006.
- [5] 王 峰. 气象预警信息发布系统的设计与实现 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2008.
- [6] 李跃军. 基于 WebGIS 的多源空间数据集成系统的研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2006.
- [7] 齐 攀, 刘伟平. WebGIS 中空间数据库的研究与实现 [J]. *科技信息*, 2009(13): 54-55.
- [8] 李 骁, 范 冲. 空间数据存储模式的比较研究 [J]. *工程地质计算机应用*, 2009(2): 8-10.
- [9] 刘三民, 王杰文. 空间数据存储管理研究综述 [J]. *电脑与信息技术*, 2006, 14(3): 19-21.
- [10] 陈德宇. 指挥决策支持系统中模型库的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2005.
- [11] 刘永强. 新疆融雪洪水预警 DSS 关键技术及实现方式研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2007.
- [12] 孟现勇, 刘志辉, 李诚志, 等. 基于栅格尺度的沙漠化预警模型研究—以塔里木河下游中段区域为例 [J]. *中国沙漠*, 2013, 33(1): 24-32.
- [13] 北京超图地理信息技术有限公司. 理解 SuperMap IS. NET [M]. 北京: 北京超图地理信息技术有限公司, 2006: 29-31.

(上接第 166 页)

- Techniques, and Standards [M]. [s. l.]: Morgan Kaufmann, 2009: 25-41.
- [10] Kohnke O, Scheffler T, Hock C. SOA-Governance – Ein Ansatz zum Management serviceorientierter Architekturen [J]. *Wirtschaftsinformatik*, 2008, 50(5): 408-412.
- [11] 赵 亮. 基于 SOA 的可变业务流程管理系统研究与设计 [D]. 济南: 山东大学, 2011.
- [12] Robinson R. 理解面向服务的体系结构中服务总线场景和解决方案 [EB/OL]. 2004-07. <http://www.ibm.com/developerworks/en/webservices/>.
- [13] 朱志良, 苑海涛, 宋 杰, 等. Web 服务聚类方法的研究和改进 [J]. *小型微型计算机系统*, 2012(1): 96-101.
- [14] 罗正军, 王晓娟, 戴婷婷, 等. 民用飞机费用估算与评价软件体系结构研究 [J]. *计算机技术与发展*, 2012, 22(3): 187-191.
- [15] 成日顺, 莫燕玲. 电子信息技术促进公路运输管理智能化 [J]. *中国公共安全(综合版)*, 2008(12): 210-215.

基于非齐次旅客到达选择的舱位控制比较研究

作者: 樊玮, 刘向荣
作者单位: 中国民航大学 计算机学院, 天津 300300
刊名: 计算机技术与发展
英文刊名: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2013 (5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201305045.aspx