

文章编号: 2095-2163(2020)12-0194-05

中图分类号: U492.2+2

文献标志码: A

# 基于禁忌搜索算法的乘务调度优化

张思潮, 梁士栋, 金梦宇, 何胜学

(上海理工大学 管理学院, 上海 200000)

**摘要:**合理的乘务调度方案能有效缩减日常公交运营成本,增强公交公司的竞争力。考虑到驾驶员在一天内的用餐需求以及工作强度的均衡性,文中以驾驶员的规模和总的空闲时间为目标建立优化模型。通过考虑双用餐时间窗的约束,新建模型更加贴合实际;而以单日内的工作量均衡为目标,新模型提高了轮班的灵活性和稳定性。针对模型特征,设计了有效的禁忌搜索算法。利用实际的发车时刻表测试模型和算法,结果表明:模型和算法能有效解决乘务调度问题,得到的调度方案既可以满足驾驶员的用餐需求又可以实现单日内的工作量均衡。

**关键词:**城市交通; 乘务调度; 禁忌搜索; 公交线路; 用餐需求; 均衡工作强度

## Optimization of Driver Scheduling Based on Tabu Search Algorithm

ZHANG Sichao, LIANG Shidong, JIN Mengyu, HE Shengxue

(College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200000, China)

**[Abstract]** A reasonable schedule can effectively reduce the cost of daily operation and increase the competitiveness of bus companies. Under the consideration of the driver's requirement for having meals and balanced workload in a day, this paper developed a model with the objectives of the size of driver and total idle time. The model presented in this paper are more practical by using two mealtime windows; with the equilibrium of workload in a day, the model could bring more flexibility and stability to rostering. Then an effective tabu search related to the characteristic of model was developed. We tested the model and algorithm based on a real timetable. The result showed that the model and algorithm could be used to solve the crew scheduling problem, the schedule obtained could satisfy the requirement of having meals and achieve the equilibrium of workload in a day.

**[Key words]** Urban traffic; Crew scheduling; Tabu search; Bus route; Meal requirement; Equilibrium of workload

## 0 引言

常规公交是城市公共交通系统中非常重要的组成部分,也是居民日常出行不可或缺的交通方式<sup>[1]</sup>。城市常规公交系统的设计通常包括4个步骤<sup>[2]</sup>:公交线网规划、公交时刻表制定、公交车辆调度和公交乘务调度。合理的调度方案即可以降低公交公司的运营成本,又可以提高服务效率。

一直以来,很多学者都将乘务调度问题用集合分割<sup>[3]</sup>和集合覆盖<sup>[4]</sup>模型来描述。除此之外,还有以集合划分/覆盖模型为基础,融合其他条件建立的模型<sup>[5]</sup>。一般情况下,实际生活中的乘务问题普遍具有多目标、规模较大等特点,较难求解,找到有效的求解算法是重中之重。目前,使用较多的求解算法有列生成算法、智能算法(遗传算法、禁忌搜索等)、分支定界法、拉格朗日松弛法、变邻域搜索等。Haase和Desaulniers<sup>[6]</sup>等以集合划分模型为基础,建

立了车辆和驾驶员的集成调度模型,并利用列生成算法以及分支定界法求解。列生成算法可以处理较大规模的问题,但收敛速度较慢。针对此缺点,文献[7]中提出了加快其求解速度的3个策略。Shen和Peng<sup>[8]</sup>等利用改进的遗传算法求解集合覆盖模型。与传统的遗传算法不同,改进的算法在迭代过程中可以改变染色体长度,搜索效率有所提高;陈明明和牛惠民<sup>[9]</sup>针对驾驶员对工作时间段的要求,引入乘务时间窗的概念,建立了多车场下的多目标乘务调度优化模型,并根据问题特征设计了禁忌搜索算法求解模型;彭琨琨和沈吟东<sup>[10]</sup>以集合覆盖模型为基础建立乘务调度优化模型,采用TOPSIS方法评价产生的班次,并设计了相应的变邻域搜索算法求解模型,在VNS框架下嵌入模拟退火算法寻找局部最优解。

根据乘务调度过程中的实际情况,考虑驾驶员

**基金项目:**国家自然科学基金(71801153, 71871144);上海市自然科学基金(18ZR1426200)。

**作者简介:**张思潮(1994-),男,硕士研究生,主要研究方向:网络交通建模;梁士栋(1990-),男,博士,副教授,主要研究方向:交通管理与控制;金梦宇(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:网络交通建模;何胜学(1976-),男,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:交通控制与仿真、智能交通。

**通讯作者:**何胜学 Email:lovellhe@usst.edu.cn

**收稿日期:**2020-10-17

的用餐需求是非常必要的。在欧美国家,驾驶员一般在连续工作 3~5 h 后用餐,而为了驾驶员的身体健康,国内遵循传统用餐时间<sup>[11]</sup>。Kang 和 Meng<sup>[12]</sup>等人在处理单线路的乘务调度问题中加入了午餐时间窗,以最小化驾驶员的空闲时间为目标建立模型,模型中规定驾驶员的用餐时间必须在给定的时间窗内,并提出一种提高求解速度的方法;陈明明<sup>[13]</sup>在建立调度模型时加入了均衡约束,使各驾驶员单日内的的工作强度较为平衡。单日内的班计划编制和日间的轮转计划编制,是为驾驶员排班过程的两个步骤,前者给出一天内在班驾驶员的工作计划,后者是在前者的基础上,通过实现所有驾驶员之间的轮转,给出较长时间段内工作强度较为均衡的驾驶员工作计划。在排班过程中,若前者已较为均衡,则后者的均衡会更加容易,随之而来的是整个排班过程的高效。

基于以上分析,单日内的的工作强度均衡和用餐需求还未被综合处理,故本文以驾驶员规模和总的空闲时间为优化目标,在传统约束的基础上,同时考虑单日内的的工作强度均衡以及用餐需求重新建立优化模型,该模型可以同时解决上述两个问题。其中,为了满足传统用餐需求,在构建模型时设立两个时间窗,但这并不要求驾驶员的整个用餐过程都处于时间窗内,只为了保证用餐开始时间处于设定的时间窗内,达到使驾驶员在传统用餐时间内用餐的目的。

## 1 相关参数和模型

### 1.1 模型中的相关参数设定及描述:

(1) 驾驶员集合  $D = \{d \mid d = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $d, d_1, d_2, \dots$  代表驾驶员编号;  $D_1$  表代实际工作时间不为 0 的驾驶员集合。

(2)  $T_d$  表示驾驶员  $d$  的实际工作时间。

(3) 车次集合  $T = \{i, j \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ ,  $i, j$  代表车次编号;  $t_i^s, t_i^e$  为车次  $i$  的开始时间和结束时间。

(4)  $p$  为排班方案中的驾驶员规模。

(5) 同一个驾驶员执行两个连续车次间的最小接续时间为  $\theta_1$  ( $\theta_1$  设定为 5 min);  $\theta_2$  为某车次的结束时间在用餐时间窗内,若该驾驶员执行的下个车次与这个车次之间接续时间不小于该值可考虑用餐 ( $\theta_2$  设为 30 min)。

(6)  $\alpha_{ij}^d$  表示驾驶员  $d$  是否连续执行车次  $i$  和  $j$ ,若是取 1,否则取 0;  $\gamma_i^d$  表示驾驶员  $d$  在执行完车次  $i$  后是否用餐(即车次接续时间是否小于  $\theta_2$ ),若成立取 1,否则取 0。其定义形式如式(1)式(2):

$$\alpha_{ij}^d \in \{0, 1\}, \forall i, j \in \{0, 1, 2, \dots, n, n+1\},$$

$$\forall d \in D, \quad (1)$$

$$\gamma_i^d \in \{0, 1\}, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \forall d \in D. \quad (2)$$

(7)  $t_{min}^1, t_{max}^1$  为午餐时间窗的开始和结束时间(分别为 11:00 和 13:00);  $t_{min}^2, t_{max}^2$  为晚餐时间窗的开始和结束时间(分别为 16:30 和 18:30)。

(8)  $T_{m1}, T_{m2}$  为结束时间  $t_i^e$  处于午餐时间窗和晚餐时间窗内的车次集合。

(9)  $C_1, C_2$  为大的正数,且  $C_1 \gg C_2$ 。

### 1.2 目标函数

公交调度问题最主要的优化目标是车辆和驾驶员规模,通过优化车辆和驾驶员的数量可极大地缩减公交运营成本。因此,模型的优化目标之一是车辆数;另一个优化目标是驾驶员的空闲时间,空闲时间越少,则同一个驾驶员执行的车次衔接得越紧密。如式(3)所示,其中第一部分为车辆数,第二部分为总的空闲时间。

$$\min C_1 \cdot p + \sum_{d=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^d (t_j^s - t_i^e). \quad (3)$$

### 1.3 首末车次

给车辆指派所需执行的首、末车次,如式(4)、式(5)所示。

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{0j}^d \leq 1, \forall d \in D. \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{i(n+1)}^d \leq 1, \forall d \in D, \quad (5)$$

其中,定义下标 0 和  $n+1$  为两个虚拟车次。

### 1.4 调度方案车辆数计算

由式(4)或(5)可以理解,若某车辆存在待执行的第一个或最后一个车次,则表明该辆车被调度方案所需总的车辆数记为  $p$ 。如式(6)所示:

$$p = \sum_{d=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_{0j}^d. \quad (6)$$

### 1.5 唯一性约束

为保证服务质量,公交时刻表上的每一个车次都必须被执行,且只执行一次。如式(7)所示:

$$\sum_{d=1}^m \sum_{i=0}^n \alpha_{ij}^d = 1, \forall j \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (7)$$

### 1.6 节点流量平衡

模型中可以将每个车次当成一个节点,每个实际车次  $i$  (不包含 0 和  $n+1$  虚拟车次)代表的节点只与前后两个相邻的节点连接。如式(8)所示:

$$\sum_{j=0}^{n+1} \alpha_{ij}^d - \sum_{j=0}^{n+1} \alpha_{ji}^d = 0, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \forall d \in D. \quad (8)$$

## 1.7 车次接续约束

同一个驾驶员执行的前后两个相邻的车次  $i$  和  $j$ , 在时间上要相互衔接, 若后者的开始时间小于前者的结束时间, 即  $t_j^s < t_i^e$ , 则两个车次不可衔接, 如式(9)所示。

$$(t_j^s - t_i^e - \theta_1) \alpha_{ij}^d \geq 0, \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}, \forall d \in D. \quad (9)$$

## 1.8 最大驾驶时长及其均衡

一天中, 驾驶员驾驶车辆执行车次的的时间不能超过某个数值, 如式(10)、式(11)所示, 且驾驶员之间的驾驶时长应尽可能均衡, 如式(12)和式(13)所示。

$$T_d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^{n+1} \alpha_{ij}^d (t_i^e - t_i^s), \forall d \in D, \quad (10)$$

$$T_d \leq 480, \forall d \in D, \quad (11)$$

$$D_1 = \{d \mid T_d > 0\}, \forall d \in D, \quad (12)$$

$$|T_{d_1} - T_{d_2}| \leq 45, \forall d_1, d_2 \in D_1. \quad (13)$$

## 1.9 用餐机会保证

为保证驾驶员的正常用餐时间, 设置午餐(11:00-13:00)和晚餐(16:30-18:30)两个时间窗, 并将车次结束时间  $t_i^e$  处于两个时间窗内的车次构成集合  $T_{m_1}$  和  $T_{m_2}$ , 如式(14)所示。此外, 限定驾驶员一天内最多有两次用餐机会, 且只要满足集合  $T_{m_1}$  和  $T_{m_2}$  中的车次就一定能够得到用餐机会, 如式(15)和式(16)所示。

$$T_{m_1} = \{i \mid t_{min}^1 \leq t_i^e \leq t_{max}^1\}, T_{m_2} = \{i \mid t_{min}^2 \leq t_i^e \leq t_{max}^2\}, \forall i \in T, \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i^d \leq 2, \forall d \in D, \quad (15)$$

$$\sum_{i \in T_{m_1}} \gamma_i^d = 1, \sum_{i \in T_{m_2}} \gamma_i^d = 1, \forall d \in D. \quad (16)$$

执行车次  $i$  后是否用餐, 由公式(17)计算变量  $\gamma_i^d$  值决定。式中  $M$  为一个非常大的正数。

$$(t_j^s - t_i^e - \theta_2) \alpha_{ij}^d \geq (\gamma_i^d - 1)M, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \forall j \in \{1, 2, \dots, n, n+1\}, \forall d \in D. \quad (17)$$

## 2 求解算法设计

乘务调度问题是一个 NP-hard 问题, 对于一些求解器(例如:Lingo)来说也很难求解。禁忌搜索算法是一种局部搜索的扩展<sup>[14]</sup>, 在搜索过程中模拟人类的记忆特征<sup>[15]</sup>, 具有非常好的全局搜索能力和效率<sup>[16]</sup>, 被广泛用于求解该问题。因此, 本文选取禁忌搜索算法求解该问题, 其求解过程可以概括为两步: 首先考虑部分约束, 设计一个启发式方法产生初始解, 然后将该初始解当作起点, 利用禁忌搜索算法找到一个符合所有约束且目标函数值最小的解。

文中的禁忌搜索算法使用交换和插入两个策略。交换策略是指交换不同的驾驶员执行的车次编号; 插入策略是指将某驾驶员执行的车次编号插入到另一个驾驶员执行的车次编号之中。算法中采取枚举法检验所有的交换操作, 在可行交换操作的基础上实施插入操作。在插入操作过程中, 设定每次都从实际工作时间最短的驾驶员中选出一个车次编号, 插入到其他驾驶员执行的车次编号之间。若使用枚举法一一试探可能的交换和插入动作, 会极大增加运行时间, 文中的设定则可以在减少邻域解规模的情况下得到一个满意的解, 对比结果见表1。(由于运行时间较长, 表中结果仅为比较了五代内的邻域解规模。)

表1 邻域解的规模对比

Tab. 1 Comparison of neighborhood solution quantity

迭代次数	枚举法对应的邻域解的规模	文中设定下的邻域解的规模
1	0	0
2	1214 388	50 005
3	1182 016	36 107
4	1186 118	29 058
5	1155 193	19 347

### 2.1 产生初始解的启发式方法

根据算法求解思路, 首先结合时间接续原则、实际工作时间限制、用餐约束等因素, 设计启发式方法产生初始解。具体步骤如下:

**Step 1** 设  $k = 1$ ,  $k$  表示当前待分配的车次编号。在驾驶员编号范围内产生一个随机整数  $r$ 。  $Q_r = \emptyset$ ,  $Q_r$  表示驾驶员  $r$  执行的车次编号集合。

**Step 2** 判断  $Q_r$  是否为空, 若为空, 则将车次序号  $k$  加入到集合  $Q_r$  中, 且令  $k = 1$ , 转至 Step4; 否则取集合  $Q_r$  中的最大车次  $k_{max}^r$ , 判断其与车次  $k$  是否满足实际工作时长、时间接续以及用餐约束, 若满足, 则将车次序号  $k$  加入到集合  $Q_r$  中, 且令  $k = 1$ , 转至 Step4, 否则转至 Step3。

**Step 3** 在驾驶员编号范围内产生一个新的随机整数  $r$ , 转到 Step2;

**Step 4** 判断当前  $k$  是否大于发车时刻表的车次数, 若成立, 则终止算法; 否则在驾驶员编号范围内产生一个新的随机整数  $r$ , 转到 Step2;

### 2.2 适应度函数

在生成初始解时考虑了时间接续、最大实际工作时间和用餐3个约束条件, 而无法处理工作强度均衡约束。考虑将其作为惩罚项, 与目标函数组成禁忌搜索中的适应度函数为:



$$\min C_1 \cdot q + C_2 \cdot \max \{ \max \{ |T_{d1} - T_{d2}| \} - 45, 0 \} + \sum_{d=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^d (t_j^s - t_i^e),$$

其中,  $C_1$  与  $C_2$  分别取  $10^6$  和  $10^4$ 。

### 2.3 其它设定

- (1) 候选解: 将每一代所有的邻域解作为候选解。根据上述的设计, 邻域解的规模在可承受的范围。
- (2) 禁忌长度: 由于每次迭代过程得到的邻域解数量不同, 故无法通过取其规模的算术平方根作为禁忌长度。通过多次试验, 文中禁忌长度设为 10。
- (3) 禁忌对象: 交换和插入动作涉及的车次编号。
- (4) 停止准则: 迭代次数。

## 3 案例分析

### 3.1 相关说明

为验证模型和算法的有效性, 采用某条公交线路完整的公交时刻表作为实验数据。实验编程软件为 Matlab R2017a; 计算机 CPU 为 3.00 GHz、RAM 为 8.00 G; 程序运行时间 5 min 左右。

### 3.2 实验结果分析

与初始解相比, 优化后的解在减少驾驶员规模的同时, 也让驾驶员间的工作强度更加均衡。图 1 清晰地显示了二者之前的区别。从图中可以看出, 驾驶员间执行的车次任务数量最多为 16 次, 最少为 15 次, 差值为 1。根据所得的最优解, 可以确定每个驾驶员在一天中的用餐开始时间, 见表 2。由此可见, 每个驾驶员的用餐开始时间都处于前文预设的时间窗之内。

表 2 用餐开始时间  
Tab. 2 Start time of meals

驾驶员编号	午餐开始时间	晚餐开始时间
1	12:32	16:46
2	12:21	17:12
3	12:51	16:51
4	12:41	16:26
5	11:04	17:08
6	12:46	17:08
7	12:57	17:29
8	11:19	18:00
9	11:33	16:40
10	12:05	16:35
11	12:16	17:02

禁忌搜索算法中适应度函数值的迭代曲线如图 2 所示。其中, trace1 是截至到某一代搜索到的最优解对应的适应度函数值, trace2 是某一代最好的邻域解对应的适应度函数值, 两条曲线总体都呈下降趋势。图中 trace2 为锯齿状的原因在于算法本身具有接受“差解”的特征。两条曲线相比较, 可以非常

清晰地展现算法的寻优过程。驾驶员总空闲时间的迭代曲线如图 3 所示。作为适应度函数值的一部分, 驾驶员的总空闲时间在算法的迭代过程中呈大幅下降趋势, 反映出驾驶员执行的车次衔接得越来越紧凑。

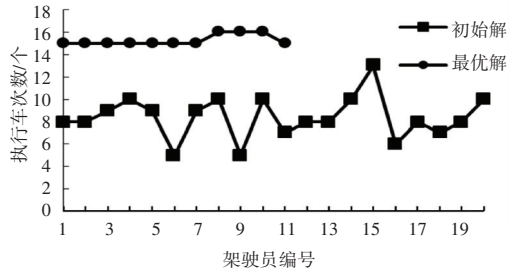


图 1 初始解与最优解的对比

Fig. 1 Comparison of initial solution and optimized solution

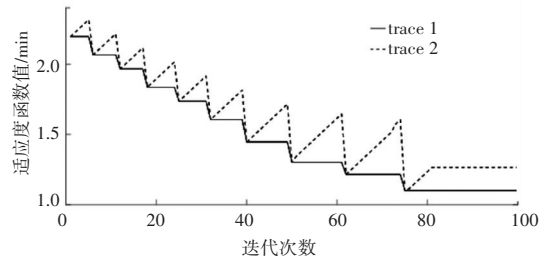


图 2 适应度函数值的迭代曲线

Fig. 2 Iterative curve of fitness

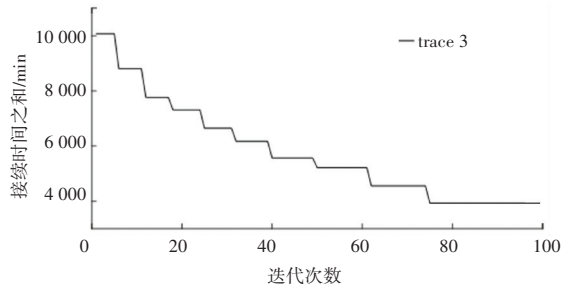


图 3 总空闲时间的迭代曲线

Fig. 3 Iterative curve of total idle time

图 4 采取 Gantt 图的方式, 更直观地展现了所得的最优调度方案。图中的实心小矩形代表一个车次, 两对垂直虚线分别代表午餐时间窗和晚餐时间窗。

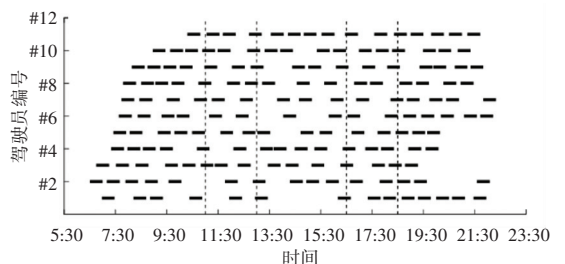


图 4 最优解的 Gantt 图

Fig. 4 Gantt chart of optimized solution

## 4 结束语

文章在“驾驶员-车辆固定”的情况下,考虑了驾驶员的用餐需求以及单日内的的工作强度均衡性,以最小化驾驶员规模和总的空闲时间为目标,建立了新的优化模型。文中采用简单的启发式方法生成初始解,随后设计了与问题相关的禁忌搜索算法。实验结果验证了求解方法的有效性。所得的调度方案,可以满足驾驶员的用餐需求也可以平衡单日内的的工作强度。不足的是,文中使用的时刻表中假定每个班次的运行时间都是固定的,与实际有些出入,有待进一步完善。

## 参考文献

- [1] 王茁. 基于预测算法的公交车实时到站时间查询系统[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(1): 46-54.
- [2] CEDER A. 公共交通规划与运营[M]. 关伟, 译. 1版. 北京: 清华大学出版社, 2010: 4-10.
- [3] MINGOZZI A, BOSCHETTI M A, BIANCO L, et al. A set partitioning approach to the crew scheduling problem [J]. Operations Research, 1999, 47(6): 873-888.
- [4] SMITH B M, WREN A. A bus crew scheduling system using a set covering formulation[J]. Pergamon, 1988, 22(2): 97-108.
- [5] MESQUITA M, PAIAS A. Set partitioning/covering - based approaches for the integrated vehicle and crew scheduling problem

- [J]. Computers and Operations Research, 2006, 35(5): 1562-1575.
- [6] HAASE K, DESAULNIERS G, DESROSIERS J. Simultaneous vehicle and crew scheduling in urban mass transit systems [J]. Transportation Science, 2001, 35(3): 286-303.
- [7] 陈仕军, 沈吟东. 加速列生成法求解乘务调度问题[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(1): 144-149, 179.
- [8] SHEN Y D, PENG K K, CHEN K, et al. Evolutionary crew scheduling with adaptive chromosomes [J]. Transportation Research Part B, 2013, 56(56): 174-185.
- [9] 陈明明, 牛惠民. 带时间窗的多车场公交乘务排班优化[J]. 兰州交通大学学报, 2015, 34(4): 106-112.
- [10] 彭琨琨, 沈吟东. 变邻域搜索求解公共交通乘务调度问题[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(1): 164-170.
- [11] 陈仕军, 沈吟东, 苏璇, 等. 带中式用餐约束的乘务调度问题[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, 13(2): 90-95.
- [12] KANG L J, CHEN S K, MENG Q. Bus and driver scheduling with mealtime windows for a single public bus route [J]. Transportation Research Part C, 2019, 101: 145-160.
- [13] 陈明明. 城市公共交通乘务调度优化理论和方法[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2016: 1-20.
- [14] 杜玲玲. 混合超启发式法求解大规模VRP的优化研究[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(1): 62-67.
- [15] 李雪梅, 张素琴. 基于仿生理论的几种优化算法综述[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(6): 2032-2034.
- [16] 刘蓓蓓, 江铭炎, 张振月. 基于禁忌搜索的人工蜂群算法及其应用[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(7): 2005-2008.

(上接第193页)

表8 回归系数表系数<sup>a</sup>

Tab. 8 Regression coefficients table

模型	非标准化系数		标准系数		t	Sig.	B的90.0%置信区间		相关性			共线性统计量	
	B	标准误差	试用版				下限	上限	零阶	偏	部分	容差	VIF
2016 (常量)	16.055	1.589			10.105	0.000	13.390	18.720					
	净利率	13.540	5.580	0.331	2.426	0.019	4.180	22.899	0.331	0.331	0.331	1.000	1.000
2017 (常量)	17.678	1.521			11.622	0.000	15.127	20.229					
	净利率	11.671	5.371	0.299	2.173	0.035	2.663	20.680	0.299	0.299	0.299	1.000	1.000
2018 (常量)	19.713	1.719			11.466	0.000	16.830	22.597					
	净利率	13.291	5.998	0.305	2.216	0.031	3.230	23.352	0.305	0.305	0.305	1.000	1.000

a. 因变量: 收盘价

## 3 结束语

基于2016—2018年间在沪深两市上市公司的经验数据进行实证研究得出以下结论:上市公司净利率与股价之间存在明显的相关关系;上市公司净资产收益率、总资产周转率、总资产净利率与股价之间均不存在明显的相关关系。上述实证结果分别接受了Huasman内生性检验和替换变量的重复性检验,均证明实证结果具有稳健性。

盈利质量是目前学术界很少涉及的新领域,在未来还有诸多拓展空间,比如在会计领域,盈利质量对投融资决策、盈余管理等的影响<sup>[3]</sup>,在行为金融领域,管理者行为、偏好等特征对盈利质量的影响,以及在宏观经济领域,盈利质量在抵御金融风险、经济政策风险发挥的优势和作用等。实证研究中尚待深入之

处为:盈利质量与股价波动性之间是否存在其它的中介变量<sup>[4]</sup>;盈余管理与股价波动性之间存在着怎样的相关性关系<sup>[5]</sup>等问题,值得研究与展望。

## 参考文献

- [1] 章晟, 景辛辛, 苏姣. 规范大股东减持能有效抑制股价波动吗?——基于《减持新规》[9号文]的自然实验[J]. 证券市场导报, 2019(3): 13-23.
- [2] 于波, 吴燕. 新三板挂牌公司信息披露质量影响因素实证研究[J]. 财会通讯, 2018(2): 41-45.
- [3] 雷清华. 盈余质量与我国股票收益波动——基于我国股票收益VAR方差分解的实证分析[J]. 金融评论, 2015(1): 82-92, 129-130.
- [4] 陈学彬, 许敏敏. 公允价值变动对中国上市公司影响的实证分析——从盈利和股价波动的视角进行[J]. 金融论坛, 2010(1): 50-55.
- [5] 卢文伟. 影响股价波动之结构性因子的实证研究[J]. 上海经济研究, 2013(12): 97-108, 118.