

doi:10.3969/j.issn.1672-5956.2017.01.009

# 考虑时效性的铁路货运定价模型

李菲菲

(运城学院 经济管理系, 山西 运城 044000)

**[摘要]** 我国铁路货运价格体系长期以来实行以距离和重量为基础的运价结构,但是随着货运市场的竞争日益激烈,货主对货物运输的要求越来越高,其中时效性因素已经越来越不容忽视。在研究货运定价模型的过程中引入了时效性因素,以期能够使得我国的铁路运输部门在市场竞争中提高竞争力,争取更多货源。

**[关键词]** 铁路货运;时效性;定价模型

**[中图分类号]** F532.5

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1672-5956(2017)01-0060-06

## 一、引言

铁路货运定价问题一直都是收益管理的一个重要方面,目前关于铁路货运定价的相关文献很多。Chris Nash、Cesar Rivera 提出了针对欧洲铁路市场的铁路运价改革方案,Anne Yvrande、Billon 根据英国铁路货运市场状况,研究了其改革过程中遇到的问题并指出了适合其发展的铁路改革模式<sup>[1]</sup>。徐刚根据优化理论建立了铁路货运市场价格模型<sup>[2]</sup>,李云清分析了现行铁路快捷货物运输定价方面存在的相关问题,并据此提出了相关的建议<sup>[3]</sup>。陆桂芬在研究铁路货运定价模型中引入了运输需求、竞争状况、货主承受能力等因素<sup>[4]</sup>,杜慧峰则在研究铁路货运定价问题时引入了竞争的方法<sup>[5]</sup>。

结合以上文献可以发现,这些文献在研究

铁路货运定价问题时都没有考虑时效性因素,而随着市场竞争的日益加剧,货物运输的时效性越来越不容忽视,因此有必要在现有研究的基础上考虑货物运输的实效性因素。

## 二、符号定义

将货物按不同的等级、不同的运输时效性进行分类,并将时效性分为不同的等级。将货物运输时间划分为不同的周期,每一周期为 5 天,即  $T=5$  天。

各符号定义如下:

$t_n$  为货物销售周期第  $n$  天,  $q_{k,l}(t_n)$  为第  $k$  等级  $l$  等级时效性的货物在  $t_n$  时刻的运输量,  $Q_{k,l}(t_n)$  为第  $k$  等级  $l$  等级时效性的货物在  $t_n$  时刻的运能,  $p_{k,l}(t_n)$ : 第  $k$  等级  $l$  等级时效性的货物在  $t_n$  时刻的运输价格,  $\lambda_{k,l}(t_n)$  为第  $k$  等级  $l$  等级时效性货物潜在货主申请请求车概率。

**[收稿日期]** 2016-10-08

**[作者简介]** 李菲菲,1987 年生,女,山西运城人,运城学院助教,硕士,研究方向为物流工程,(电子信箱)511935220@qq.com。

### 三、模型的构建

#### 1. 收益模型的构建

(1) 政府部门一般都会对铁路运输价格设定最低价和最高价,则价格浮动在最低价和最高价之间,即  $p_{k,l}^{\min} \leq p_{k,l}(t_n) \leq p_{k,l}^{\max}$ , 其中  $p_{k,l}^{\min}$ 、 $p_{k,l}^{\max}$  分别为政府规定的  $k$  等级  $l$  等级时效性货物的最低运价和最高运价。

(2) 高等级货物、高等级运输时效相比低等级货物、低等级运输时效来说无论是在运输服务质量还是时效性方面要求都比较高,因此成本也较高,所以价格也相对较高,由此可得  $p_{k,l}^{\max} \leq p_{k+1,l}^{\min}$ ,  $p_{k,l}^{\max} \leq p_{k,l+1}^{\min}$ 。

(3) 运输条件的不同也会对价格产生影响,可以将价格表示为  $p_{k,l} = p_{k,i,l} + \lambda c_{k,i,l} p_{k,i,l}$ , 其中  $i$  表示货物运输的条件,则  $p_{k,i,l}$  表示  $k$  等级采  $i$  种运输条件,  $l$  等级时效性货物的价格,  $c_{k,i,l}$  表示  $k$  等级采用  $i$  种运输条件、 $l$  等级时效性货物价格加成百分比。

运输条件的不同情况有:冷藏车相比普通货车消耗能源多要求条件高,所以价格也会不同;特种平车使用率不高,因此会加收额外使用费;限速、超限、超长货物在通行时会对通行区间造成一定影响,降低铁路运输收益,因此价格也应当高些;危险货物有特定的运输条件,会增收相应费用。

设  $\omega = \{① ② ③ ④\}$ , 即  $\omega$  表示四种不同条件的集合。则当  $i \in \omega$  时,  $\lambda = 1$ ; 当  $i \notin \omega$  时,  $\lambda = 0$ 。运输  $k$  等级货物总的收益为  $R_k = \sum_n \sum_l p_{k,l}(t_n) q_{k,l}(t_n)$ 。由此得出铁路货运总收益:

$$R = \sum_n \sum_k \sum_l p_{k,l}(t_n) q_{k,l}(t_n),$$

s. t

$$p_{k,l}^{\min} \leq p_{k,l}(t) \leq p_{k,l}^{\max},$$

$$p_{k,l}^{\max} \leq p_{k+1,l}^{\min},$$

$$p_{k,l}^{\max} \leq p_{k,l+1}^{\min},$$

$$p_{k,l} = p_{k,i,l} + \lambda c_{k,i,l} p_{k,i,l},$$

$$(i \in \omega \text{ 时}, \lambda = 1; \text{ 当 } i \notin \omega \text{ 时}, \lambda = 0)$$

$$p > 0, t_n \leq T.$$

万方数据

#### 2. 货物运输量 $q_{k,l}$ 的确定

货主选择不同的时效性会获得不同的效用值,将其设定为一个随机变量,可以表示为:  $U_{k,l}(t_n) = V_{k,l}(t_n) + \varepsilon_{k,l}(t_n)$ . 其中  $U_{k,l}(t_n)$ 、 $V_{k,l}(t_n)$  分别表示在不同时刻选择不同等级不同等级时效性的货物获得的随机效用值及可确定的效用值,  $\varepsilon_{k,l}(t_n)$  表示在  $t_n$  时刻的随机误差。

在申请请求车时,货主会根据具体情况选择不同等级不同等级时效性的货物,本文采用 logit 模型来描述这种选择的概率,如下所示:

$$Pr_{k,l}(t_n) = \frac{e^{\beta V_{k,l}(t_n)}}{\sum_k \sum_l e^{\beta V_{k,l}(t_n)}}.$$

式中  $\beta$  为校正参数。

根据  $Pr_{k,l}(t_n)$  可以得出在不同时刻不同等级不同等级时效性的货物申请请求车的需求  $D_{k,l}(t_n)$  及货物运输量  $q_{k,l}(t_n)$  分别如下所示:

$$D_{k,l}(t_n) = D(t_n) Pr_{k,l}(t_n),$$

$$q_{k,l}(t_n) = D_{k,l}(t_n) \lambda_{k,l}(t_n).$$

其中  $D(t_n)$  表示在  $t_n$  时刻某站的总货运需求。设货主选择不同的运输方式有不同的广义费用,本文采用幂函数形式描述广义费用函数:

$$f(x) = a \cdot x^b - V_i, \quad i = 1, 2, \dots, 21.$$

其中,  $a$  和  $b$  为待定参数,  $V_i$  表示不同运输方式的效用。

构建广义费用最小模型如下所示:

$$\min Z(q_{k,l}(t_n)) = \sum_k \sum_l \int_0^{q_{k,l}(t_n)} f(x) dx,$$

s. t

$$\sum_k \sum_l D_{k,l}(t_n) \leq D(t_n),$$

$$\sum_n \sum_k \sum_l q_{k,l}(t_n) = \sum_n \sum_k \sum_l D_{k,l}(t_n) \lambda_{k,l}(t_n),$$

$$\sum_n \sum_l q_{k,l}(t_n) \leq Q_{k,l},$$

$$q_{k,l}(t_n), Q_{k,l}(t_n) \geq 0.$$

#### 3. 双层规划模型的建立

通过上述两个模型可以得到铁路货物运输价格优化问题的双层规划模型:

$$R = \sum_n \sum_k \sum_l p_{k,l}(t_n) q_{k,l}(t_n),$$

s. t
$$p_{k,l}^{min} \leq p_{k,l}(t) \leq p_{k,l}^{max},$$

$$p_{k,l}^{max} \leq p_{k+1,l}^{min},$$

$$p_{k,l+1}^{max} \leq p_{k,l}^{min},$$

$$p_{k,l} = p_{k,i,l} + \lambda c_{k,i,l} p_{k,i,l}$$
*(i* ∈ *ω* 时, *λ* = 1; 当 *i* ∉ *ω* 时, *λ* = 0,

*p* > 0,

*t<sub>n</sub>* ≤ *T*

$$\min Z(q_{k,l}(t_n)) = \sum_k \sum_l \int_0^{q_{k,l}(t_n)} f(x) dx,$$
s. t
$$\sum_k \sum_l D_{k,l}(t_n) \leq D(t_n),$$

$$\sum_n \sum_k \sum_l q_{k,l}(t_n) = \sum_n \sum_k \sum_l D_{k,l}(t_n) \lambda_{k,l}(t_n),$$

$$\sum_n \sum_l q_{k,l}(t_n) \leq Q_{k,l},$$

$$q_{k,l}(t_n), Q_{k,l}(t_n) \geq 0.$$

## 四、算例分析

由于数据的可获得性差,本文采用算例分析的方式,并且采用遗传算法对模型进行求解。

本文只考虑整车货物运输方式,按照货物的运价号将货物品类分为 7 种等级,将时效性因素分为 3 个等级,分别为特快、快速、普快,时效性依次降低。对于一个特定货运站来说货物运输方式如图 1 所示。

### 1. 算例相关参数的设定

用幂函数描述广义费用函数:

$$f(q_i) = a(q_i)^b - V_i, \quad i = 1, 2, \cdots, 21.$$

假定 *a* = 3, *b* = 0. 7; *V<sub>i</sub>* 为效用函数,可表示为:

$$V_i = -\alpha_1 t_i - \alpha_2 p_i + \alpha_3 c_i, \quad i = 1, 2, \cdots, 21.$$

其中 *t<sub>i</sub>*、*p<sub>i</sub>*、*c<sub>i</sub>* 分别为运输时间、价格、安全性因素; *α<sub>k</sub>* (*k* = 1, 2, 3) 为待定参数。

效用参数如表 1 所示。

参数 *α*、*a*、*b* 的取值如下: *α<sub>1</sub>* = 0. 3; *α<sub>2</sub>* = 0. 6; *α<sub>3</sub>* = 0. 2; *a* = 3; *b* = 0. 7; *c* = 0. 001 5。申请请求车的到达率如表 2 所示。

假设该站预测需求量如下:第一天 1 300,第二天 2 500,第三天 3 900,第四天 1 400,第五

— 62 — 万方数据

天 2 300。

已知政府限定的运输价格上下限分别为:

$$p_{k,1}^{min} = 200 \quad p_{k,1}^{max} = 400$$

$$p_{k,2}^{min} = 400 \quad p_{k,2}^{max} = 600$$

$$p_{k,3}^{min} = 600 \quad p_{k,3}^{max} = 800$$

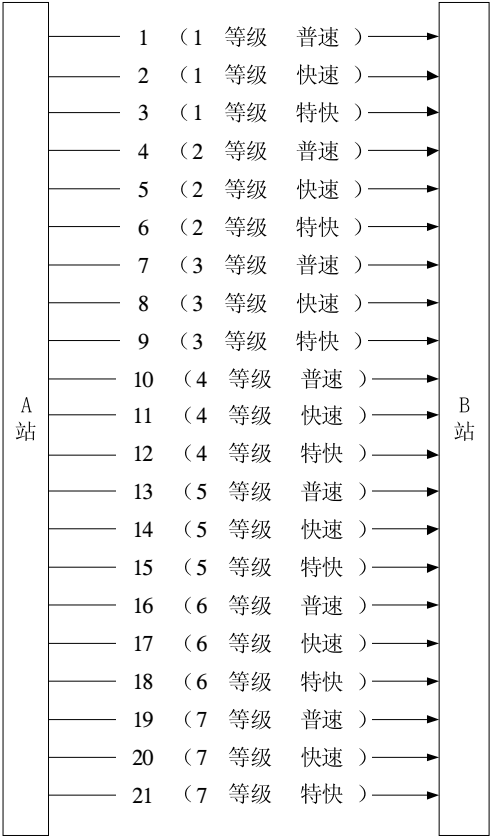


图 1 运输方式结构图

运能限制如下:运输方式 1 的运能为 360,方式 2 为 360,方式 3 为 300,方式 4 为 460,方式 5 为 400,方式 6 为 300,方式 7 为 580,方式 8 为 510,方式 9 为 440,方式 10 为 700,方式 11 为 640,方式 12 为 630,方式 13 为 1 100,方式 14 为 900,方式 15 为 600,方式 16 为 690,方式 17 为 525,方式 18 为 400,方式 19 为 655,方式 20 为 452,方式 21 为 390。

### 2. 算例结果分析

采用遗产算法编程结果如表 3、表 4 所示(其中 *T* = 1 000 代)。

参数  $\alpha, a, b$  的取值如下:  $\alpha_1 = 0.3; \alpha_2 = 0.6; \alpha_3 = 0.2; a = 3; b = 0.7; c = 0.0015$ 。申请请求车的到达率如表 2 所示。

从表 3、表 4 中不难发现,不同等级的货物在不同时效性下价格会不同,并且货物运输需求量会使得不同时间的货物运输价格不同。考虑货物运输时效性因素后铁路运输部门可以实现最大收益 5 661 600.33。

采用遗传算法运行 10 次,算法的收敛效果良好,稳定性很好。

本文针对目前铁路货运市场的实际状况适时考虑了货物运输的时效性因素,据此建立了以收益最大化为目标和基于 logit 选择的双层规划模型,并采用遗传算法进行求解。最后通过算例分析得到模型的有效最优解,并证明遗传算法的稳定性和收敛性很好。

表 1 效用参数表		
运输方式	时间(t)	安全性、便捷性(c)
1	6.5	30
2	5.5	50
3	4.5	70
4	6.5	30
5	5.5	50
6	4.5	70
7	6.5	30
8	5.5	50
9	4.5	70
10	6.5	30
11	5.5	50
12	4.5	70
13	6.5	30
14	5.5	50
15	4.5	70
16	6.5	30
17	5.5	50
18	4.5	70
19	6.5	30
20	5.5	50
21	4.5	70

表 2 不同运输方式不同时刻的请求车到达率

运输方式	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
1	0.551 4	0.868 6	0.903 0	0.728 5	0.467 8
2	0.558 1	0.856 5	0.871 1	0.794 2	0.402 6
3	0.508 2	0.886 7	0.855 4	0.774 5	0.409 1
4	0.569 2	0.881 0	0.918 6	0.770 7	0.533 8
5	0.547 3	0.819 2	0.922 9	0.773 0	0.514 8
6	0.574 0	0.817 5	0.862 8	0.713 7	0.423 6
7	0.570 8	0.875 3	0.911 2	0.818 4	0.517 0
8	0.533 1	0.851 1	0.889 7	0.701 1	0.534 6
9	0.568 8	0.897 4	0.888 3	0.724 4	0.460 0
10	0.588 0	0.808 9	0.853 1	0.709 2	0.411 9
11	0.552 2	0.896 7	0.897 6	0.765 4	0.657 8
12	0.567 1	0.884 5	0.923 4	0.700 8	0.563 4
13	0.534 5	0.832 4	0.876 5	0.706 0	0.409 1
14	0.456 8	0.756 4	0.897 8	0.812 1	0.532 1
15	0.543 6	0.879 6	0.923 4	0.723 4	0.514 8
16	0.564 5	0.845 6	0.943 2	0.712 3	0.423 6
17	0.578 4	0.897 5	0.845 6	0.756 3	0.567 4
18	0.523 4	0.823 4	0.821 3	0.712 5	0.534 6
19	0.432 5	0.856 4	0.834 5	0.756 4	0.460 0
20	0.443 2	0.784 5	0.834 1	0.712 3	0.411 9
21	0.456 7	0.785 9	0.894 5	0.768 4	0.467 8

表 3 算例计算结果( 运输价格)

运输方式	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
1	250. 000	275. 236	294. 251	262. 278	294. 251
2	468. 236	488. 235	498. 245	475. 231	498. 245
3	653. 125	672. 458	689. 247	661. 321	689. 247
4	272. 237	292. 335	315. 238	285. 364	315. 238
5	488. 235	501. 231	518. 235	495. 231	518. 235
6	675. 236	694. 254	704. 236	684. 258	704. 236
7	295. 235	312. 587	336. 258	305. 214	336. 258
8	512. 234	531. 231	539. 457	501. 874	539. 457
9	698. 231	714. 589	724. 518	701. 897	724. 518
10	312. 741	335. 425	356. 254	325. 451	356. 254
11	533. 231	552. 314	559. 478	521. 234	559. 478
12	712. 235	734. 258	742. 596	721. 586	742. 596
13	332. 456	362. 457	372. 548	341. 256	372. 548
14	552. 478	571. 231	578. 548	544. 741	578. 548
15	735. 124	754. 698	765. 234	741. 269	765. 234
16	352. 452	382. 451	395. 236	365. 214	395. 236
17	574. 235	594. 123	588. 489	567. 258	588. 489
18	755. 231	772. 348	785. 632	764. 351	785. 632
19	370. 568	392. 123	400	384. 256	400
20	594. 231	600. 000	600	588. 127	600
21	789. 231	798. 452	800	784. 235	800

表 4 算例计算结果( 销售数量)

运输方式	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
1	50. 000	80. 000	120. 000	40. 000	70. 000
2	40. 000	60. 000	100. 000	50. 000	100. 000
3	35. 000	60. 000	80. 000	45. 000	80. 000
4	45. 000	115. 000	180. 000	20. 000	100. 000
5	40. 000	80. 000	120. 000	60. 000	90. 000
6	35. 000	60. 000	100. 000	45. 000	50. 000
7	75. 000	100. 000	200. 000	75. 000	120. 000
8	81. 000	100. 000	150. 000	72. 000	100. 000
9	74. 000	97. 000	125. 000	62. 000	75. 000

续表 4 算例计算结果(销售数量)

运输方式	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
10	115. 000	175. 000	225. 000	135. 000	46. 000
11	110. 000	150. 000	200. 000	95. 000	80. 000
12	65. 000	115. 000	275. 000	45. 000	123. 000
13	112. 000	224. 000	324. 000	134. 000	211. 000
14	105. 000	200. 000	285. 000	115. 000	190. 000
15	75. 000	150. 000	200. 000	75. 000	100. 000
16	50. 000	145. 000	243. 000	65. 000	180. 000
17	62. 000	105. 000	195. 000	57. 000	100. 000
18	55. 000	85. 000	125. 000	50. 000	75. 000
19	35. 000	115. 000	286. 000	34. 000	180. 000
20	20. 000	125. 000	185. 000	24. 000	90. 000
21	15. 000	105. 000	150. 000	17. 000	100. 000

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] Anne Yvrande Billon, Claude Menard. Instituional constraints and organizational changes; the case of the British rail re-  
form[ J ]. Journal of Economic Behavior Organization, 2005, ( 4 ) : 44 – 58.

[ 2 ] 徐刚. 铁路货物运输市场价格优化模型研究[ J ]. 中国铁道科学, 2003, 24( 1 ) : 12 – 13.

[ 3 ] 李云清. 我国铁路快捷货物运输定价策略研究[ J ]. 价格理论与实践, 2009, ( 6 ) : 11 – 13.

[ 4 ] 陆桂芬. 我国铁路货运定价模型[ D ]. 北京: 北京交通大学, 2013.

[ 5 ] 杜慧峰. 铁路货运定价机制中的竞争因素分析[ J ]. 现代经济信息, 2014, ( 18 ) : 23 – 24.

[ 责任编辑: 陈宇涵 ]