

CNKI数字图书馆全文数据库收录

China Journal of Enterprise Operations Research

[2007年 (1)]

中国企业运筹学

中国运筹学会 主编
企业运筹学分会



电子科技大学出版社

中国企业运筹学

中国运筹学会 主编
企业运筹学分会

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国企业运筹学. 2007/中国运筹学会企业运筹学分会主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-81114-456-7

I. 中… II. 中… III. 运筹学—应用—企业管理—中国—2007—文集 IV. F279.23-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 057172 号

中国企业运筹学

中国运筹学会
企业运筹学分会 主编

出 版: 电子科技大学出版社 成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦

邮 编: 610051

责任编辑: 谢应成、周友谊

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川广播电视大学印刷厂

成品尺寸: 210mm×290mm 印张 19 字数 570 千字

版 次: 2007 年 5 月第一版

印 次: 2007 年 5 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-456-7

定 价: 40.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

目 录

管理科学

需求确定且时间离散的变质性物品库存补充策略研究	郑 欢	古福文 (1)
网络型产业异质业务间质量战略博弈分析	黄居林	(5)
具有快速初始反应 (FIR) 机制的 EWMA 控制图	曾新文	夏远强 (9)
鲁棒优化研究的新进展	徐家旺	黄小原 (14)
负指数分布排错时间的软件费用模型	滕云龙	唐应辉 (21)
修理设备可更换的 N-策略 M/G/1 可修排队系统	刘晓燕	唐应辉 (25)
质量控制图与神经网络模式识别的比较研究	胡 霞	夏远强 程红星 (31)
保险行业财产损失分布的 GMM 估计及风险管理	朱 冬	田益祥 (36)
基于决策树和支持向量机的金融预测方法	程砚秋	杨德权 (43)
基于熵权和理想解权集成的不确定型多属性决策 TOPSIS 方法	周文坤	(49)
影子价格不唯一的成因及应用	董绍斌	冯玉强 刘克兴 (55)
基于线性规划的中小房地产企业现金流运筹管理	陈圣举	孙利琼 张振雨 (58)
半定规划问题中的几个择一性定理	王建宏	王晓敏 孔鹏志 王文庆 (63)
动态规划在油气开发投资决策中的应用研究	刘永爱	(66)
基于 Bernardo 线性分配法的承包商的选择	赵义刚	张 强 尹秋菊 (73)
时间窗约束运输问题的一种算法	王晓林	(79)
适应性供应链初探	张纪会	徐军芹 (83)
供应链中企业纵向合作知识创新的博弈分析	于晓丹	韩伯棠 (90)
项目采购中基于风险控制的供应结构优化研究	陆婷婷	徐 莉 (94)
供应链管理企业的组织结构设计	李 立	夏巧克 方卫国 (99)
供应链系统效能及其评定方法初探	赵晋阳	孙 雷 向 阳 任小婧 (106)
降低企业物流成本的对策研究	张 艳	丁静之 (109)
案例研究: 基于客户响应时间的物流配送网络优化	冯晓雷	孙林岩 王淑侠 (113)
人力资源配置的三维选择模型研究	何文芳	杨 华 (118)
双边道德风险下的可转换证券融资	苏 云	曾 勇 郭文新 (123)
基于实物期权理论和 MC 方法的投资项目评估	杨建功	何正林 (128)
实物期权在风险投资合约中的应用	许群英	曾 勇 郭文新 (131)

基于多目标决策的一户住宅设计评价	梁 辉 张炳江 (136)
高科技创业企业资本结构影响因素的实证研究	赵 晶 侯建仁 郭文新 曾 勇 (141)
装备采办合同履行绩效评价机制研究	张延洋 陈庆华 (150)
基于因子分析的旅游上市公司财务信用分析	于海波 周宗放 (155)
建筑施工管理的几个优化问题探讨	唐喜林 (161)
基于数据挖掘技术的客户关系管理：以电信企业为例	黄 洁 (164)
运筹学智能测试系统	周六刚 (170)
基于信任管理的信任度量方法	李红霞 (173)
On semi - E - Convex Function and semi - E - Convex Programming	陈修素 (179)

企业管理

基于网络治理的西部汽车零部件企业成长战略	梅洪常 张 璇 (183)
基于供应链和精益生产的摩托车核心企业信息系统计划与控制模式	白健明、白 洋 张龄之 (188)
我国地区间上市公司经营业绩及其影响因素的比较研究	周 莉 (193)
房地产企业营销沟通管理问题和对策研究	肖 艳 (202)
企业集团系统教育培训模式研究	陈 禹 (210)

电子商务

探析我国中小企业的供应链管理	李 铭 王 露 梅洪常 (214)
网络时代个体的文化狂欢——关于“博客”现象的探析	杨璐蔚 闫馨予 (218)
制约我国企业成功实施 ERP 的原因分析	邹 新 朱 萍 (223)
中小企业 ERP 导入的因素分析	马肇兴 魏法杰 (226)

经济论坛

FDI 与自主创新：基于重庆地区行业数据的实证研究	梅洪常 邓雪芬 (232)
关于电子政务与公共管理和社会服务改革的初步认识	王元琬 程光照 (236)
关于宜宾金融产业结构调整优化的探讨	王元琬 王 璐 (239)
宜宾成为成渝地区次区域中心发展对策研究	成都信息工程学院课题组 (240)
中小企业发展的政府行为研究——基于宜宾中小企业现状调查研究	何兴贵 王元琬 黄 萍 骆 兰 王 华 陈 曦 刘 宇 李国友 (256)
国有独资公司法人治理结构研究	黄朗喜 (265)
消费者行为学案例：联通新势力领跑青少年时尚潮流	蒲英凝 李小初 (270)

政府公共危机管理的不足与应对	戴 华 (274)
技术溢出效应与产业科技竞争力计量模型分析	王昌林 (277)
论价值工程在绿色生产运作管理中的应用	韩维捷 (281)

文史哲专栏

浅析 1901~1911 年间的下层社会启蒙运动的必要准备	李小辉 许国蕊 (285)
从叫魂看中西冲突	孙彩云 (289)
试析陈独秀“五四”时期的文化观在价值取向上的先进性	梁 慧 (293)

需求确定且时间离散的变质性物品库存补充策略研究

郑 欢¹ 古福文²

(1, 重庆工商大学管理学院, 重庆 400067;

2, 四川大学工商管理学院, 四川成都 610064)

摘 要: 本文研究在允许缺货情况下, 需求为确定且离散的变质性物品的库存补充策略问题。在假定变质率为常数的情况下, 建立了有限时域内变质性物品的补充策略模型, 并给出了求最优补充策略的方法。

关键词: 变质性物品; 需求离散; 库存策略; 优化研究

1 引言

激烈的市场竞争环境下, 在经营活动中企业越来越重视供应链管理的作用。从供应链运作的角度来看, 库存决策的特点是风险大、影响也大。因此库存管理是供应链中运作的一个重要环节。如何制定最优的库存策略已成为管理者亟待解决的问题。经典的库存管理模型固然对我们的研究起到了指导作用, 但其应用和实际生产管理之间有很大差距。

各种类型的库存管理模型已被许多的学者广泛的探讨, 但考虑储存物的变质对库存影响的研究相对较少, 而变质却是生产生活实践中最为常见的现象之一。

变质性物品库存系统的经营管理在实际生产运作中也较为普遍。所谓变质性物品, 是指在存储过程中随时间推移而发生变质或产生损耗的一类物品。例如: 水果、蔬菜的腐烂, 肉类、食品、血液的变质, 香水、酒精、汽油的挥发, 放射形物质的衰减, 胶片、电子元器件的性能衰减等等都属于变质现象。因此, 如果物品的变质或损耗不能忽略, 那么生产库存系统建模时就不能忽略该因素。即如果该类产品价值较高或数量较大, 则人们会采取措施减少损失的发生, 且库存时间越长, 这种措施越需要加强。

20 世纪 90 年代以来, 变质性物品批量订购模型受到了学者的广泛重视。所谓变质性物品指的是在储存过程中会发生腐烂、性能衰减和分解的变质类物质。在实际生活中, 水果和蔬菜的腐烂、汽油的挥发、血液的变质和放射性物质的衰减等都是属于典型的变质现象。对于静态库存模型 Bhaba R.^[1]中提出了生产率与变质率均已知且为常数, 需求为库存水平的函数的库存模型。B. C. Giri^[2]考虑了补货瞬时完成、变质率为常数且需求依赖于库存水平的不允许缺货模型。S. Khanra^[3]考虑了需求为时间的二次函数, 变质率为常数的库存模型。Hui-Ming Wee^[4]在货币存在时间价值基础上考虑了需求为售价的减函数, 变质率随时间变化, 缺货可以完全被补充的库存模型。而动态库存模型中 Lakdere 和 Mohammed^[5]考虑了有限时域内允许缺货且需求是时间的增函数的变质性物品库存模型。Jinn Tsair 和 Maw Sheng^[6]证明了变质性物品的补充费用是补充次数的凸函数。在 Patricks^[7]中作者考虑了需求率和生产率均与时间相关的变质性物品在有限时间内的补充策略。周永务^[8]考虑了通货膨胀情况下, 带有时变需求的变质性物品在有限计划期内等周期的库存补充模型。Lakdere^[9]提出了有限时域内需求率递减, 变质率恒定, 允许缺货的库存模型。T. Chakrabarti^[10]提出了在有限时域内变质性物品的需求为时间的一次函数, 变质率恒定, 缺货可以完全被补充的库存模型。Yong-Wu Zhou^[11]考虑了有限时域内, 变质性物品的需求随时间变化, 缺货部分被补充, 生产率与变质率为常数的补充策略。近几年来, 越来越多的学者对变质性物品的库存问题进行了深入的研究^{[12]~[14]}。

目前的文献均假设需求为连续函数, 在供应链的供需关系中, 假设供应商与其各分销商实行(JIT)准时采购策略, 在一段时间内各个分销商的每次订货量与需求时间均事先告知供应商, 在一定情况下, 允许供应商缺货, 因此这段时间内供应商的需求为确定且离散的。因此, 本文假设需求是离散的。

本文建立了允许缺货情况下, 需求是离散的变质性物品的库存补充策略模型, 并给出了求最优补充策略的方法, 而且本文的方法可以推广并应用到多级库存的情况以及需求为随机的情况。

2 模型假设与记号

本文使用了下列记号与假设:

- (1) H 为有限计划期长度;
- (2) 变质率为常数 $\theta (0 < \theta < 1)$;
- (3) 在 $[0, H]$ 时段内, 供应商向分销商每次发货的时刻分别是 $t_0 (t_0 = 0), t_1, t_2, \dots, t_l (t_0 < t_1 < \dots < t_l)$, Q_i 为 t_i 时刻的发货量;
- (4) K : 一次订购费;
- (5) c_1 : 单位货物持有单位时间的保管费;
- (6) c_2 : 单位货物的购进费;
- (7) c_3 : 单位货物缺单位时间的缺货费; (缺货要补)
- (8) c_3 : 单位货物的缺货费; (缺货不补)
- (9) 已变质物品不会被修缮或替换, 一旦变质, 立即离开库存系统;
- (10) 本文研究的是单个品种物质的库存问题。

3 模型与求解

令 $f_i(I_i)$ 表示在 $t_i - 0$ 时刻当库存量为 I_i 时, 在 $t_i, t_{i+1}, \dots, t_l$ 时刻采用最优订货策略时, 时段 $[t_i, H] = [t_i, t_{l+1}]$ 内的最优费用。

$c(i-1, Q_{i-1}, I_{i-1})$ 表示在 $t_{i-1} - 0$ 时刻当库存量为 I_{i-1} , 且订货量为 Q_{i-1} 时, 在 $[t_{i-1}, t_i]$ 内所产生的费用。

$I_i(t_i - 0)$ 表时刻 $t_i - 0$ 时刻的库存状态(可正、可负), 则当 $t_{i-1} - 0$ 时刻的库存状态为 I_{i-1} 时, 有:

$$I_i(t_i - 0) = \begin{cases} [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} - (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- & \text{(缺货要补)} \\ [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} & \text{(缺货不补)} \end{cases} \quad (1)$$

$$I_i(t) = \begin{cases} [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} - (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- & \text{(缺货要补)} \\ [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} & \text{(缺货不补)} \end{cases} \quad (t_{i-1} \leq t < t_i)$$

$c(i-1, Q_{i-1}, I_{i-1}) = [t_{i-1}, t_i]$ 内的存贮费、缺货费、货物购进费以及可能的订购费(当 $Q_{i-1} > 0$ 时为 K , 当 $Q_{i-1} = 0$ 时为 0)

$$c(i-1, Q_{i-1}, I_{i-1}) = \begin{cases} c_1 \int_{t_{i-1}}^{t_i} [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} dt \\ + c_3 [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^- (t_i - t_{i-1}) + c_2 Q_{i-1} + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) \cdots \text{缺货要补} \\ c_1 \int_{t_{i-1}}^{t_i} [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} dt \\ + c'_3 [I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}]^- + c_2 Q_{i-1} + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) \cdots \text{缺货不补} \end{cases}$$

其中 $\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x \leq 0 \end{cases}$

$$c(i-1, Q_{i-1}, I_{i-1}) = \begin{cases} \frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ \\ + c_2 Q_{i-1} + c_3 (t_i - t_{i-1}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) \cdots \text{缺货要补} \\ \frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ \\ + c_2 Q_{i-1} + c_3 (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) \cdots \text{缺货不补} \end{cases} \quad (2)$$

则递推关系式为:

$$\begin{cases} f_{i-1}(I_{i-1}) = \min_{Q_{i-1} \geq 0} \{c(i-1, Q_{i-1}, I_{i-1}) + f_i(I_i(t_i - 0))\}, i = 1, 2, \dots, l+1 \\ f_{l+1}(I_{l+1}) = -c_2 I_{l+1} \\ I_0 \text{ 已知} \end{cases} \quad (3)$$

将(1)、(2)代入(3)中有(4):

$$\begin{cases} f_{i-1}(I_{i-1}) = \begin{cases} \min_{Q_{i-1} \geq 0} \left\{ \frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ + c_2 Q_{i-1} + c_3 (t_i - t_{i-1}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- \right. \\ \left. + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) + f_i[(I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} - (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^-] \right\} \cdots \text{缺货要补} \\ \min_{Q_{i-1} \geq 0} \left\{ \frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ + c_2 Q_{i-1} + c_3 (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^- \right. \\ \left. + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) + f_i[(I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}] \right\} \cdots \text{缺货不补} \end{cases} \\ i = 1, 2, \dots, l+1 \\ f_{l+1}(I_{l+1}) = -c_2 I_{l+1} \\ I_0 \text{ 已知} \end{cases}$$

解上面的递推方程就可求出最优的订货策略($Q_0^*(I_0), Q_1^*(I_1), Q_2^*(I_2), \dots, Q_l^*(I_l)$), 因为

$$Z = [Z]^+ - [Z]^- \Rightarrow [Z]^- = [Z]^+ - Z$$

$$\text{所以 } [I_{i-1}, Q_{i-1} - D_{i-1}]^- = [I_{i-1}, Q_{i-1} - D_{i-1}]^+ - [I_{i-1}, Q_{i-1} - D_{i-1}],$$

$$\begin{aligned} f_{i-1}(I_{i-1}) &= \min_{Q_{i-1} \geq 0} \left\{ \frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ + c_2 Q_{i-1} + c_3 (t_i - t_{i-1}) \right. \\ &\quad \left. [(I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ - (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^-] + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) + f_i[(I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} \right. \\ &\quad \left. - (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ + (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^-] \right\} \\ &= \min_{Q_{i-1} \geq 0} \left\{ \left[\frac{c_1}{\theta} (1 - e^{-\theta(t_i - t_{i-1})}) + c_3 (t_i - t_{i-1}) \right] (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+ + c_2 Q_{i-1} - c_3 (t_i - t_{i-1}) (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}) \right. \\ &\quad \left. + K * \text{sgn}(Q_{i-1}) + f_i[(I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1}) + [e^{-\theta(t_i - t_{i-1})} - 1] (I_{i-1} + Q_{i-1} - D_{i-1})^+] \right\} \end{aligned}$$

4 数值算例

假设计划时间长度 $H = 30$ 天, 供应商每次的固定订货费用 $K = 2$ 元, $l = 2$, 单位货物库存单位时间的成本为 $c_1 = 0.1$ 元, 购进单位货物的成本 $c_2 = 1$ 元, 单位货物缺单位时间的缺货费 $c_3 = 3$, 变质率 $\theta = 0.01$, 初始时刻的库存状态 $I_0 = 0$. 表1第2列 t_i 代表分销商订货的时刻, Q_i 表示供应中心在 t_i 时刻的订货量, D_i 列代表在相应时刻供应商应发出的货. 缺货需回补, 各时刻的需求量及所对应的需求量如表1所示.

i	t_i	D_i
0	0	6
1	10	2
2	18	3

运用上面的方法, 算得最优费用及最优策略为:

$$f_0(0) = 17, Q_0^*(0) = 6$$

$$f_1(I_1) = \begin{cases} 9 - I_1 \cdots \cdots I_1 < 1.9167, Q_1^*(I_1) = 2 - I_1 \\ -25I_1 + 55 \cdots \cdots 1.9167 < I_1 < 2, Q_1^*(I_1) = 0 \\ -0.154276I_1 + 5.308552 \cdots \cdots 2 \leq I_1 < 2 + 2.944e^{8\theta}, Q_1^*(I_1) = 0 \\ -33.387452I_1 + 177.7729 \cdots \cdots 2 + 2.944e^{8\theta} \leq I_1 < 2 + 3e^{8\theta}, Q_1^*(I_1) = 0 \\ 0.99397I_1 - 2.719579 \cdots \cdots I_1 \geq 2 + 3e^{8\theta}, Q_1^*(I_1) = 0 \end{cases}$$

$$f_2(I_2) = \begin{cases} 5 - I_2 \cdots \cdots I_2 < 2.944, Q_2^*(I_2) = 3 - I_2 \\ -37(I_2 - 3) \cdots \cdots 2.944 \leq I_2 < 3, Q_2^*(I_2) = 0 \\ 0.24388I_2 - 0.73164 \cdots \cdots I_2 \geq 3, Q_2^*(I_2) = 0 \end{cases}$$

由于已知 $I_0 = 0$, 又供应中心最初时刻($t_0 = 0$)的最优订货量为 $Q_0^*(I_0) = 6$, 因此, $I_1 = 0, t_1$ 时刻的最优订货量 $Q_1^*(I_1) = 2$, 最优费用 $f_1(I_1) = 9$; $I_2 = 0, t_2$ 时刻的最优订货量 $Q_2^*(I_2) = 3$, 最优费用 $f_2(I_2) = 5$.

5 结束语

本文讨论了允许缺货情况下,需求是离散的变质性物品的库存补充策略模型,并给出了求最优补充策略的方法,而且本文的方法可以推广并应用到多级库存的情况以及需求为随机的情况。在供应链管理中,变质性物品库存模型的研究具有现实的和潜在的研究意义。供应链思想下讨论库存优化问题研究的发展,有着广泛而深刻的实际背景,有益于提高企业的效益。

参考文献

- [1] Bhaba R. Sarker, Subhasis Mukherjee, Chidambaram V. Balan. An order - level lot size inventory model with inventory - level dependent demand and deterioration[J]. International Journal of Production Economics,1997,(48): 227 - 236
- [2] B.C.Giri, S. Pal, A. Goswami, K.S.Chaudhuri. An inventory model for deteriorating items with stock - dependent demand rate[J]. European Journal of Operational Research,1996,(95):604 - 610
- [3] S. Khanra, K.S. Chaudhuri. A note on an order - level inventory model for a deteriorating item with time - dependent quadratic demand[J]. Computers and Operations research,2003,(30):1901 - 1916
- [4] Hui - Ming Wee, Sh - Tyan Law. Economic production lot size for deteriorating items taking account of the time - value of money[J]. Computers and Operations research,1999,(26):545 - 558
- [5] Lakdere Benkherouf, Mohammed G. Mahmoud. On an inventory model for deteriorating items with increasing time - varying demand and shortages[J]. Journal of the Operational Research Society,1996,(47):188 - 200
- [6] Jinn - Tsair Teng, Maw - Sheng Chern, Hui - Ling Yang, Yuchung J. Wang. Deterministic lot - size inventory models with shortages and deterioration for fluctuating demand[J]. Operations Research Letters,1999,(24):65 - 72
- [7] Patrick S. Chen. The impact of time - varying demand and production rates on determining inventory policy[J]. Mathematical Methods of Operations Research,2001,(54):395 - 405
- [8] 周永务. 通货膨胀对带有时变需求的变质性物品库存补充策略的影响[J]. 运筹学学报,1998,2(1):42 - 49
Yongwu ZHOU. Effect of Inflation on the Inventory Replenishment Policy for deteriorating Itmes with Time - Varying Demand [J]. OR Transactions,1998,2(1):42 - 49
- [9] Lakdere Benkherouf. On an inventory model with deteriorating items and decreasing time - varying demand and shortages[J]. European Journal of Operational Research,1995,(86):293 - 299
- [10] T.Chakrabarti, K.S.Chaudhuri. An EOQ model for deteriorating items with a linear trend in demand and shortages in all cycles[J]. International Journal of Production Economics,1997,(49):205 - 213
- [11] Yong - Wu Zhou, Hon - Shiang Lau, Shan - Lin Yang. A new variable production scheduling strategy for deteriorating items with time - varying demand and partial lost sale[J]. Computers and Operations Research,2003,(30):1753 - 1776
- [12] Zaid T. Balkhi, Lakdere Benkherouf. On an inventory model for deteriorating items with stock dependent and time - varying demand rates[J]. Computers and Operations Research,2004,(31):223 - 240
- [13] Chao - Kuei Huang. An optimal policy for a single - vendor single - buyer integrated production - inventory problem with process unreliability consideration[J]. International Journal of Production Economics,2004,(91):91 - 98
- [14] S.K. Goyal, B.C. Giri. Recent trends in modeling of deteriorating inventory[J]. European Journal of Operational Research, 2001,(134):1 - 16

网络型产业异质业务间质量战略博弈分析

黄居林

(重庆工商大学管理学院, 重庆 400034)

摘要:网络型产业异质业务间的竞争日益强烈。以电信业为例,基于固话和移动业务不同的技术经济特征,本文构造了能综合反映两类异质业务间重要技术经济差异的博弈模型。基于此,分析了两类业务质量竞争战略及其影响因素,结论表明:不同业务间存在质量战略博弈,由此导致不仅在同一细分市场不同业务的质量战略会存在不同,在不同细分市场同一业务的质量战略也会存在很大不同。

关键词:网络型产业;异质业务;质量战略;博弈论

近年来,我国网络型产业经过了系列重组和放松规制的改革,其市场竞争力量显著增强。这种竞争不仅体现在同一业务之间,而且在异质业务间也日益强烈。例如,在电信业,这种异质业务间的竞争在固话或“小灵通”与移动业务间尤其突出。本文以电信业为例,分析了网络型产业异质业务间的质量竞争战略与均衡特性。

1 竞争模型

固话或“小灵通”与移动业务间具有不同的技术经济特征。这两类业务在需求方面,不仅存在横向差异,更表现为纵向差异;在生产方面,存在技术与成本差异;在竞争强度方面,移动业务内部存在激烈竞争,而固话业务具有自然垄断特性、内部呈现出非常弱的竞争格局。另外,两种业务实行的管制政策不一样,而且政策有效执行的程度也不一样。这些特性影响着两种不同业务的需求、供给,影响着业务的竞争战略和未来前景。因此,这些特征便构成了固话或“小灵通”与移动业务间竞争模型的基础。

Hotelling 线性城市模型是研究产品差异的一个经典模型^[4]。但该模型主要反映横向差异,并未反映产品纵向差异。现在引入固话或“小灵通”与移动业务间的不同的技术经济特征,可以构造两类业务间能综合反映其技术经济差异的 Hotelling 竞争模型(如图 1)。

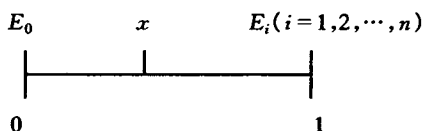


图 1 固话与移动业务间的差异化竞争

设定一个长度为 1 的线性城市,在线性城市上,消费者均匀分布,每个消费者只消费一个单位量。固话或“小灵通”业务企业 E_0 和移动业务企业 $E_i (i=1, 2, \dots, n)$ 分别位于两端, E_i 代表提供移动业务的第 i 个企业,企业数目为 n ; E_0 代表提供固话或“小灵通”业务的企业,数目为 1。这样,就在模型里体现出固话或“小灵通”业务与移动业务间的不对称竞争特征。也即,在 E_i 之间不仅存在竞争,而且 E_i 和 E_0 之间也存在竞争。为方便起见,假定 E_i 提供的产品和服务是同质的、不存在差异,主要是相对于和固话或“小灵通”业务相比, E_i 提供的产品和服务的同质程度更高、差异程度更小,故忽略掉这种差异也相对合理。假定各 E_i 之间展开古诺博弈。

为反映“小灵通”业务与移动业务间的水平差异,设定存在二次的运输成本。因此,对于位于 x 的消费者购买 E_0 的产品和服务的运输开支为 tx^2 ,到 E_i 之开支为 $t(1-x)^2$ 。

为反映“小灵通”业务与移动业务间的纵向差异,故引入两类业务的综合质量指数,分别记为 S_0 和 S_1 ,同时记消费者的平均质量偏好参数为 θ 。

两类业务的价格分别对应的记为 P_0 和 P_1 。并且假定每种业务总是存在需求的、并且市场也是完全覆盖的。

假设企业 E_0 的总成本函数为: $TC_0 = TC_0(S_0, Q_0)$; 假设各 $E_i (i=1, 2, \dots, n)$ 企业具有相同的成本函数,则企业 E_i 的总成本函数为: $TC_i = TC_i(S_1, q_i)$; 两类企业边际成本函数分别为 $MC_0 = MC_0(S_0, Q_0)$, $MC_i = MC_i$

(S_1, q_i) ; 即: 不仅产品的产量会影响到成本, 而且, 所提供产品的质量也会影响到成本。[注: 对于任意一个函数 $f(\cdot)$, 记 $f'(\cdot)$ 为函数的一阶导数, 以下同。]

这样, 在假设 S_0, S_1, t, n 既定时, 位于 x 的消费者到 E_0 购买产品和服务的效用 $U_0 = \theta S_0 - P_0 - tx^2$; 到 E_i 购买产品和服务的效用 $U_1 = \theta S_1 - P_1 - t(1-x)^2$; 显然, 当 $U_0 = U_1$ 时, 无差异。由此, 便可以得出两类业务的需求函数:

$$Q_0 = x = (-\theta(S_1 - S_0) + P_1 - P_0 + t)/2t \quad (1)$$

$$Q_1 = 1 - x = (\theta(S_1 - S_0) + P_0 - P_1 + t)/2t \quad (2)$$

对于给定的 P_0, n 家提供移动业务的企业进行古诺博弈, 企业 E_i 之利润函数为:

$$\pi_i = q_i P_1(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n) - TC_i(q_i), \text{ 其中, } q_1 + q_2 + \dots + q_i + \dots + q_n = Q_1$$

企业 E_i 追求利润最大化(假定零推测变化), 结果如下:

$$P_1 = \{t + \theta(S_1 - S_0) + P_0 + nMC_i\}/(n+1) \quad (3)$$

$$q_i = \{t + \theta(S_1 - S_0) + P_0 - MC_i\}/2t(n+1) \quad (4)$$

对于给定的 P_1 , 提供固话或小灵通业务的企业 E_0 之利润函数为: $\pi_0 = Q_0 P_0 - TC_0$; 由此, 可以得出, 利润最大化时企业 E_0 的价格(假定零推测变化):

$$P_0 = \{t + \theta(S_0 - S_1) + MC_0 + P_1\}/2 \quad (5)$$

结合(5)式和(3)式, 可以求得两类业务竞争的均衡价格:

$$P_0 = \{(n+2)t + n\theta(S_0 - S_1) + (n+1)MC_0 + nMC_i\}/(2n+1) \quad (6)$$

$$P_1 = \{3t + \theta(S_1 - S_0) + MC_0 + 2nMC_i\}/(2n+1) \quad (7)$$

把(6)式和(7)式代入(1)式和(2)式, 可以求得均衡产量:

$$Q_0 = \{n\theta(S_0 - S_1) + n(MC_i - MC_0) + (n+2)t\}/2t(2n+1) \quad (8)$$

$$Q_1 = \{n\theta(S_1 - S_0) + n(MC_0 - MC_i) + 3nt\}/2t(2n+1) \quad (9)$$

特别的, 不妨设两类业务的企业 E_0 和 E_i 的成本函数分别为: $TC_0 = K_0 S_0 Q_0$, $TC_i = K_1 S_1 q_i$ 。其中 $K_j (j = 0, 1)$ 为成本系数, 反映了质量变化对边际或平均成本的影响系数, 则有均衡利润:

$$\pi_0 = P_0 Q_0 - TC_0 = (P_0 - K_0 S_0) Q_0 = 2t Q_0^2 \quad (10)$$

$$\pi_i = P_1 q_i - TC_i = (P_1 - K_1 S_1) q_i = 2t q_i^2 \quad (11)$$

2 质量竞争战略与均衡分析

在进行纵向差异化战略分析时, 产品综合质量指数成为决策变量, 这里的产品综合质量指数不仅仅指产品和服务本身的质量, 如固话或“小灵通”业务和移动业务的通话质量。它具有更广泛的含义, 泛指两类业务的特定技术特性或优劣势, 如移动业务的可移动性、漫游的地域范围等特性。显然, 在其他条件相同时, 消费者更偏爱综合质量指数高的产品和服务。不妨记两类业务综合质量指数的差距 $\Delta S = S_1 - S_0$ 。于是, 可以得到以下结论, 该结论反映了放松规制情形下, 两类业务在不同细分市场的质量竞争战略。

结论 记 $\Delta S = S_1 - S_0$, (1) 当 $K_0 > \theta$, $Q_0'(\Delta S) > 0$, $\pi_0'(\Delta S) > 0$; 当 $K_0 < \theta$, $Q_0'(\Delta S) < 0$, $\pi_0'(\Delta S) < 0$ 。(2) 当 $K_1 > \theta$, $q_i'(\Delta S) < 0$, $\pi_i'(\Delta S) < 0$; 当 $K_1 < \theta$, $q_i'(\Delta S) > 0$, $\pi_i'(\Delta S) > 0$ 。(3) $P_0'(\Delta S) < 0$, $P_1'(\Delta S) > 0$ 。

证明: 根据(6)~(11)式,

给定 S_1, Q_0 对 ΔS 求导得: $Q_0'(\Delta S) = n(K_0 - \theta)/2t(2n+1)$; 显然, 只要 $K_0 > \theta$, $Q_0'(\Delta S) > 0$; 当 $K_0 < \theta$, $Q_0'(\Delta S) < 0$ 。

给定 S_1, π_0 对 ΔS 求导得: $\pi_0'(\Delta S) = 4tQ_0Q_0'(\Delta S) = 4tQ_0\{n(K_0 - \theta)/2t(2n+1)\}$, 显然, 只要 $Q_0 > 0$, 当 $K_0 > \theta$, $\pi_0'(\Delta S) > 0$; 当 $K_0 < \theta$, $\pi_0'(\Delta S) < 0$ 。

给定 S_1, P_0 对 ΔS 求导得: 因为 $P_0 - K_0 S_0 = 2tQ_0$, 故 $P_0'(\Delta S) = \{-(n+1)K_0 - n\theta\}/(2n+1) < 0$;

给定 S_0, q_i 对 ΔS 求导得: $q_i'(\Delta S) = (\theta - K_1)/2t(2n+1)$, 显然, 当 $K_1 > \theta$, $q_i'(\Delta S) < 0$; 当 $K_1 < \theta$, $q_i'(\Delta S) > 0$ 。

给定 S_0, π_i 对 ΔS 求导得: $\pi_i'(\Delta S) = 2tq_iq_i'(\Delta S) = 2tq_i\{(\theta - K_1)/2t(2n+1)\}$, 显然, 只要 $q_i > 0$, 当 $K_1 > \theta$, $\pi_i'(\Delta S) < 0$; 当 $K_1 < \theta$, $\pi_i'(\Delta S) > 0$ 。

给定 S_0, P_1 对 ΔS 求导得: 因为 $P_1 - K_1 S_1 = 2tq_i$, $P_1'(\Delta S) = (\theta + 2nK_1)/(2n+1) > 0$ 。

证毕。

K 和 θ 的相对大小对产品和服务市场进行了不同的细分。 K 反映了质量变动对边际成本的影响; θ 则反映了消费者为质量所意愿的边际支付, θ 值越高,说明消费者越偏爱高综合质量指数的产品和服务。显然,当 $K < \theta$ 时,表明消费者具有更高的支付意愿,因此该类消费者可以界定为业务 K 的高端市场;反之,当 $K > \theta$ 时,表明消费者支付意愿相对不足,该类消费者可以界定为业务 K 的低端市场。为了分析方便,不妨记 $\max(K_0, K_1)$ 和 $\min(K_0, K_1)$ 分别为 K_0 和 K_1 两者中的最大和最小值,则有:当 $\theta > \max(K_0, K_1)$ 时, θ 类的消费者为两类业务的共同高端市场,此时消费者从任一业务单位产品质量改进所得到的边际效用超过了对应的边际成本;当 $\theta < \min(K_0, K_1)$ 时, θ 类的消费者为两类业务的共同低端市场,此时消费者从任一业务单位产品质量改进所得到的边际效用都低于对应的边际成本;当 $\max(K_0, K_1) > \theta > \min(K_0, K_1)$ 时, θ 类的消费者对一种业务为低端市场,对另一种业务则为高端市场,不妨记其为两类业务的高低端交叉市场。

该结论表明, K 和 θ 的相对大小影响着均衡产量、价格和均衡利润,进一步影响着企业的质量竞争战略。在不同的细分市场上,企业的差异化竞争战略不同。

实际上,该结论的含义是非常明显的:消费者从单位产品质量改进中所得到的边际效用决定了其支付意愿。若超过了对应的边际成本,则企业会持续改进其质量,直到二者相等;反之,则反是。假设在初始状态, E_i 业务的综合质量指数相对 E_0 业务占有优势,即 $\Delta S \geq 0 (S_i \geq S_0)$ 的情形。这种情况也符合“小灵通”业务与移动业务间竞争的情形。现在来说明该结论的具体含义,即质量优势和非优势业务分别在不同细分市场的差异化战略。当 $\theta > \max(K_0, K_1)$ 时,最小差异化是劣势业务的最优战略,最大差异化是优势业务最优战略。质量劣势业务总是采取追赶策略,而优势业务将尽量保持并扩大质量优势。因此,在两类业务的共同高端市场,会展开提高质量竞赛;当 $\theta < \min(K_0, K_1)$ 时,最大差异化是劣势业务的最优战略,最小差异化是优势业务最优战略。质量劣势业务不仅没有提高质量的积极性,而且还会恶化质量,此时对于优势业务企业而言,降低质量也是其选择。因此,在两类业务的共同低端市场,两类企业均没有改进质量的积极性,而且具有竞相降低质量的倾向,这类消费者将受到严重的质量歧视;当 $K_0 > \theta > K_1$ 时,两类企业均将实行最大差异化战略,优势业务的质量不断提高而劣势业务的质量则不断降低。此时,劣势业务企业在这细分市场质量放弃战略是最优选择;当 $K_1 > \theta > K_0$ 时,两类企业均将实行最小差异化战略,即优势业务质量不断降低而劣势业务质量则不断提高,最终两类业务质量指数在这细分市场将呈趋同倾向。

可以预计:随着经济的发展,人们的收入水平、消费偏好及科技进步等因素会发生变化。在不同地区以及同一地区不同群体间,这些因素的发展也是极不平衡的。这些将必然影响到 θ 、 K 和 S 值相对大小的变化。由此决定了两类业务共同低、高端及中间交叉市场的规模和比重也会发生变化。结合这些因素,根据以上结论,就可以预测两类业务在不同消费者群体、不同地理细分市场的发展前景和竞争战略。

3 结束语

随着我国网络型产业重组和放松规制的进一步深化改革,网络型产业异质业务间竞争将更为普遍和激烈。本文以电信业为例,基于固话或“小灵通”和移动业务不同的技术经济特征,构造了其竞争的基本模型。分析了两类业务在不同细分市场的差异化竞争战略及其影响因素;这些因素共同决定了业务发展的前景。当然,本文的结论也可以推广到网络型产业异质业务间竞争的更一般的情形,如运输市场中不同运输方式间的竞争等。

参考文献

- [1]孔国平,金占明.小灵通对中国通信市场的影响[J].管理世界,2003,(9):144-145
- [2]周景耀,张耀华.从“小灵通”看电信业务的发展与创新[J].经济理论与经济管理,2003,(11):37-39
- [3]包东智.小灵通之路还能走多远[J].信息网络,2004,(11):22-24
- [4]让·泰勒尔[法].产业组织理论[M].北京:中国人民大学出版社,1997

Strategic Game of Quality between Heterogenous Services in Network Industries

Huang Ju - lin

(School of Management, Chongqing Technology and Business University,
Chongqing 400034, China)

Abstract: In this paper, we constructed of a Hotelling competitive model of product differentiation between heterogeneous services - "PHS" and mobile phones, based on their differently technical and economic characteristics. With game theory, the paper analyses the strategic choice of product vertical differentiation of two kinds of services and its impact factors. Then we derived of some results which will also apply to universal situations such as competition between naturally monopolistic and competitive services in some network industry.

Keywords: network industry; heterogeneous service; quality strategy; game theory

具有快速初始反应(FIR)机制的 EWMA 控制图

曾新文 夏远强

(电子科技大学管理学院, 四川成都 610054)

摘 要:具有快速初始反应(FIR)机制的累积和(CUSUM)或指数型加权移动平均(EWMA)控制图已经广泛用于化工工业和生产过程中。在上述生产环境中,一个相对较小的过程扰动可能引发较为严重的经济后果。针对上述情况,FIR特征在过程的开始阶段或过程失控信号发出之后就具有特别的价值。在这篇文章中,一个新的快速初始反应(FIR)调整函数通过数学方法推导出来。通过比较显示,经修改后建立在新的调整函数基础上的EWMA控制图,其表现优于分别由Lucas(1982),Montgomery(1996),and Steiner(1999)等人提出的其他控制图。

关键字:快速初始反应(FIR);指数型加权移动平均控制图(EWMA);具有快速初始反应(FIR)机制的指数型加权移动平均控制图(FIR-EWMA);平均跳动长度(ARL);FIR校正头始发(HS)机制

1 指数型加权移动平均(EWMA)控制图与 FIR-EWMA 控制图简述

指数型加权移动平均(EWMA)和累积和(CUSUM)控制图(Montgomery(1991))在探测小的过程偏移时会有一个较小的平均跳动长度(ARL)。同时,在过程处于控制状态下,至少拥有与休哈特控制图相同的 ARL。EWMA 其统计量定义如下:

$$Z_t = \lambda X_t + (1 - \lambda) Z_{t-1} \quad (0 < \lambda < 1) \quad (1)$$

正如在 Montgomery(1991)^[1]中所述,EWMA 控制图由 Z_t 与时间 t 作图而建立,其控制线可由下式确定。

$$CL(t) = u_x \pm L * \sigma_x * \sqrt{(\lambda - \lambda * (1 - \lambda)^{2 * t}) / ((2 - \lambda) * n)} \quad (2)$$

Steiner(1999)^[2]发现随时间变化的控制线的作用与具有 FIR 特征的控制线的作用类似,但较之拥有 FIR 特征的 CUSUM 控制图(详见 Lucas and Crosier(1982)^[3])其作用很少被提及,所以他提出一个拥有 FIR 特征的 EWMA 控制图(FIR-EWMA)。他声称其表现优于由 Lucas 和 Saccucci(1990)^[4];Montgomery, Rhoads 及 Mastrangelo(1996)^[5]建立的两种不同的控制图。

FIR-EWMA 控制图常用在当控制图上出现失控信号后,过程需要重新设置回到目标值时。它也常用于某些化工环境下,通过对某个可操作的过程变量作期间性的调整,使过程的输出值受控于某一个目标值。

Lucas 和 Saccucci(1990)共同研究表明,FIR 特征对于 EWMA 控制机制(设计时使用较小的 λ 值)是特别有用的。他们指出,FIR-EWMA 控制图可以通过同时绘制两个单边的 EWMA 控制图来获得,每个单边 EWMA 控制图都具有一个头始发(HS)机制(详见 Lucas and Saccucci(1990))。但其缺点是对每一个监控的过程都要求两个分开的 EWMA 控制图。

Montgomery, Rhoads 及 Mastrangelo(1996)通过比对 Lucas 和 Saccucci(1990)提出的 FIR-EWMA 控制图,对后者提出的 FIR-EWMA 控制图进行了修改。然而,他们使用的方法与 Lucas 和 Saccucci(1990)的方法存在同样的缺陷。

Steiner(1999)提出了一个只使用一张控制图的简便方法。他使用下列式子(称为 FIR 调整)对控制线进行了指数型递减调整,使控制线进一步缩小。

$$FIR_{adj} = f(t) = 1 - (1 - f)^{1 + a * (t-1)} \quad (3)$$

建立在 FIR 调整上的控制图(FIR-EWMA),其控制线线设定如下:

$$CL(t) = u_x \pm L * \sigma_x * (1 - (1 - f)^{1 + a * (t-1)}) * \sqrt{(\lambda - \lambda * (1 - \lambda)^{2 * t}) / ((2 - \lambda) * n)} \quad (4)$$

为了从 FIR 机制中获得尽可能多的好处,Steiner 认为需要将控制线尽可能地缩小,而使用 $f = 0.5$ 是一个非常好的选择,因为它模拟了在 FIR-CUSUM 控制图中建议的 50% 的头始发(HS)机制。从表 1 中(从 Steiner(1999)中复制),Steiner 得出结论认为,他提出的 FIR-EWMA 控制图对过程发生偏移的灵敏程度高于由 Lucas

和 Saccucci(1990),Montgomery,Rhoads 及 Mastrangelo(1996)提出的 FIR - EWMA 控制图。表 1 中,LFIR,RFIR, SFIR 分别代表 Lucas 和 Saccucci(1990),Montgomery,Rhoads 及 Mastrangelo(1996),Steiner(1999)提出的 FIR - EWMA 控制图,而 CFIR 代表本文作者提出的一个将在下面详细讨论的 CFIR - EWMA 控制图。

2 CFIR - EWMA 控制图

为了使控制线尽可能地缩小,一个新的 FIR 调整函数通过数学方法推导出来(详见 Appendix A)。根据要求, FIR 调整在指定的时期 t' 后不再有任何作用,因此 FIR 调整函数的恰当形式如下:

$$f(t)=\begin{cases} \frac{C}{\sqrt{1-(1-\lambda)^{2*t'}}} & t\leq t' \\ 1 & t>t' \end{cases} \tag{5}$$

其中,C 为一个常数,可以通过给定一些初始条件来确定。例如,设定 FIR 调整函数 $f(t)$ 在初始时期($t=1,\lambda=0.25$)为 0.5,则 C 值可通过求解方程(5)确定为 0.33。建立在此 $f(t)$ 上的控制图为 CFIR - EWMA 控制图,其控制线设定如下:

For $t \leq t'$

$$CL(t)=u_x+L*\sigma_x*C*\sqrt{\lambda/((2-\lambda)*n)}$$

For $t > t'$

$$CL(t)=u_x\pm L*\sigma_x*\sqrt{(\lambda-\lambda*(1-\lambda)^{2*t'})/((2-\lambda)*n)} \tag{6}$$

3 CFIR - EWMA 控制图的特性

表 1 对由 Lucas 和 Saccucci(1990)(LFIR),Montgomery,Rhoads 及 Mastrangelo(1996)(RFIR),Steiner(1999)(SFIR),以及本文作者(CFIR)提出的 FIR - EWMA 控制图的 ARL 进行了比较。表中 LFIR 和 RFIR 控制图的数据来自于发表在 Montgomery,Rhoads,及 Mastrangelo(1996)上的仿真结果;SFIR 控制图的数据来自于发表在 Stefan H.Steiner(1999)上使用非同源性马尔可夫链而获得的近似结果;CFIR 控制图的数据来自于由 SAS 编程而获得的仿真结果。表 1 中的数据表明,当 λ 大于或等于 0.10 且过程偏移在一到两个标准差的范围之外时,CFIR - EWMA 控制图的表现优于其他控制图;然而,当 λ 小于 0.10 时,CFIR - EWMA 控制图对过程偏移的灵敏程度不如 Steiner 提出的 FIR - EWMA 控制图。为此,将在下一节对 CFIR - EWMA 控制图进行修改。可以看到,修改后的 CFIR - EWMA 控制图将克服上述各种控制图的弊端,并且其对过程偏移的灵敏程度也是最高的。

Table 1. ARL Comparision Of EWMA Charts with FIR								
μ_x/σ_x	$\lambda=0.25$		$C=0.73$		$\lambda=0.10$		$C=0.64$	
	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR
	L=2.81	L=3.00	L=3.07	L=3.07	L=2.81	L=3.00	L=2.91	L=2.91
0.00	483.00	452.00	468.00	469.69	463.00	466.00	459.00	462.18
0.50	42.10	39.30	33.50	28.28	24.20	22.20	19.60	17.48
1.00	8.50	7.60	5.20	5.33	6.90	5.40	4.50	5.16
1.50	3.90	3.20	2.30	2.65	3.70	2.40	2.10	2.93
2.00	2.50	1.90	1.50	1.61	2.70	1.60	1.40	1.97
3.00	1.50	1.10	1.10	0.72	1.80	1.10	1.10	1.04
4.00	1.10	1.00	1.00	0.28	1.30	1.00	1.00	0.60
μ_x/σ_x	$\lambda=0.05$		$C=0.60$		$\lambda=0.03$		$C=0.50$	
	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR
	L=2.62	L=2.72	L=2.69	L=2.69	L=2.44	L=2.54	L=2.55	L=2.55
0.00	421.00	417.00	419.00	410.52	383.00	384.0	391.00	387.75
0.50	19.70	17.00	16.50	16.91	18.60	14.90	13.80	15.22
1.00	7.00	4.40	4.20	5.73	7.40	3.90	3.60	5.52
1.50	4.10	2.20	2.00	3.43	4.60	2.00	1.80	3.38
2.00	3.10	1.50	1.40	2.33	3.40	1.40	1.30	2.33
3.00	2.10	1.10	1.10	1.32	2.40	1.10	1.00	1.33
4.00	1.70	1.00	1.00	0.86	1.90	1.00	1.00	0.85

4 修改后的 CFIR - EWMA 控制图的特性

为进一步改善 CFIR - EWMA 控制图,C 和 L 值需要进行调整,以使过程失控时的 ARL 明显下降;同时,过程在控制状态下的 ARL 至少与其他控制图的 ARL 保持相同。为此,定义 L_1 和 L_2 分别为 CFIR - EWMA 控制

图的控制线(在 $t \leq t'$ 和 $t > t'$ 情况下的 L 值),则修改后的 CFIR-EWMA 控制图其控制线设定为:

当 $t \leq t'$ 时,控制线:

$$\begin{aligned} CL(t) &= u_x \mp L_1 * \sigma_x * FIR_{adj}(t) * \sqrt{(\lambda - \lambda * (1 - \lambda)^{2 * t}) / ((2 - \lambda) * n)} \\ &= u_x \mp L_1 * \sigma_x * C * \sqrt{\lambda / ((2 - \lambda) * n)} \end{aligned}$$

当 $t > t'$ 时,控制线:

$$CL(t) = u_x \mp L_2 * \sigma_x * \sqrt{(\lambda - \lambda * (1 - \lambda)^{2 * t}) / ((2 - \lambda) * n)} \quad (7)$$

要使与在控制状态下的 Steiner 控制图的 ARL 相匹配,需要将 C 值减小,将 L_2 值增大。(L_1 的值与表 1 中 CFIR 下的 L 值相同)。

表 2 比较了修改后的 CFIR-EWMA 控制图与其他作者提出的控制图的 ARL。从表 2 中可以清楚地看出,修改后的 CFIR-EWMA 控制图在失控状态下的 ARL 显著性地减小;同时,处于控制状态下的 ARL 至少与其他控制图的 ARL 相同。显然,修改后的 CFIR-EWMA 控制图对过程偏移的灵敏程度获得了较大的提高。

μ_x/σ_x	$\lambda = 0.25 \quad C = 0.70 \quad L_1 = 3.07$				$\lambda = 0.10 \quad C = 0.56 \quad L_1 = 2.91$			
	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR
	L = 2.81	L = 3.00	L = 3.07	L ₂ = 3.09	L = 2.51	L = 3.00	L = 2.91	L ₂ = 2.98
0.00	483.00	452.00	468.00	473.40	463.00	466.00	459.00	457.98
0.50	42.10	39.30	33.50	25.99	24.20	22.20	19.60	14.55
1.00	8.50	7.60	5.20	4.92	6.90	5.40	4.50	4.32
1.50	3.90	3.20	2.30	2.47	3.70	2.402.10	2.45	
2.00	2.50	1.90	1.50	1.49	2.70	1.60	1.40	1.62
3.00	1.50	1.10	1.10	0.65	1.80	1.10	1.10	0.84
4.00	1.10	1.00	1.00	0.23	1.30	1.00	1.00	0.41
μ_x/σ_x	$\lambda = 0.05 \quad C = 0.43 \quad L_1 = 2.69$				$\lambda = 0.03 \quad C = 0.35 \quad L_1 = 2.55$			
	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR	LFIR	RFIR	SFIR	CFIR
	L = 2.62	L = 2.72	L = 2.69	L ₂ = 2.89	L = 2.44	L = 2.54	L = 2.55	L ₂ = 2.80
0.00	421.00	417.00	419.00	418.33	383.00	384.00	391.00	395.22
0.50	19.70	17.00	16.50	11.10	18.60	14.90	13.80	9.87
1.00	7.0	4.40	4.20	3.87	7.40	3.90	3.60	3.73
1.50	4.10	2.20	2.00	2.28	4.60	2.00	1.80	2.22
2.00	3.10	1.50	1.40	1.53	3.40	1.40	1.30	1.49
3.00	2.10	1.10	1.10	0.80	2.40	1.10	1.00	0.78
4.00	1.70	1.00	1.00	0.41	1.90	1.00	1.00	0.44

表 3 比较了 Steiner 的 FIR-EWMA 控制图和修改后的 CFIR-EWMA 控制图在初始时期($t=1$)不同 FIR 调整水平下的效用。从表 3 中可见,在初始时期($t=1$)不同 FIR 调整水平下,修改后的 CFIR-EWMA 控制图在过程失控状态下的 ARL 较小,特别是当过程发生小的或中等偏移时尤为如此;同时,在过程处于控制状态下,ARL 至少与 Steiner 的 FIR-EWMA 控制图的 ARL 相同。可见,修改后的 CFIR-EWMA 控制图在初始时期($t=1$)不同 FIR 调整水平下的表现好于 Steiner 的 FIR-EWMA 控制图。

$\lambda = 0.25 \quad L_1 = 3$										
μ/σ_x	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR
	$f=0.4$	$C=0.69$	$f=0.5$	$C=0.70$	$f=0.6$	$C=0.75$	$f=0.7$	$C=0.80$	$f=0.8$	$C=0.85$
	$L_2=3.01$		$L_2=3.04$		$L_2=3.04$		$L_2=3.04$		$L_2=3.02$	
0.00	349.40	351.49	368.00	393.12	429.80	437.61	464.50	478.94	480.70	479.93
0.25	111.70	108.32	118.40	116.95	139.70	133.52	153.10	149.38	159.70	157.71
0.50	26.80	21.47	29.00	22.92	35.00	28.37	39.80	33.33	42.30	37.20
0.75	9.20	8.11	10.10	8.39	12.50	9.84	14.80	11.44	16.10	13.11
1.00	4.40	4.57	4.80	4.69	6.10	5.36	7.50	6.19	8.20	7.08
1.50	2.00	2.32	2.10	2.38	2.70	2.66	3.20	2.99	3.70	3.33
2.00	1.40	1.41	1.40	1.45	1.70	1.62	2.00	1.79	2.30	1.99
3.00	1.10	0.59	1.10	0.61	1.10	0.72	1.20	0.84	1.40	0.95
4.00	1.00	0.20	1.00	0.21	1.00	0.28	1.00	0.36	1.10	0.45
$\lambda = 0.10 \quad L_1 = 3$										
	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR	SFIR	CFIR