



中南大学哲学社会科学博士论文精品丛书

ZHONGNANDAXUE ZHIXUE SHEHUI KEXUE
BOSHI LUNWEN JINGPIN CONGSHU



考虑消费者有限理性的 动态定价策略研究

Research on Dynamic Pricing Strategy
Considering Consumers' Bounded Rationality

刘海英◎著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

中南大学哲学社会科学博士论文精品丛书

考虑消费者有限理性的 动态定价策略研究

刘海英 ◎ 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

· 长 沙 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

考虑消费者有限理性的动态定价策略研究 / 刘海英
著. --长沙: 中南大学出版社, 2017. 12
ISBN 978 - 7 - 5487 - 3097 - 2

I. ①考… II. ①刘… III. ①消费者—影响—企业定
价—定价决策—研究 IV. ①F274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 299378 号

考虑消费者有限理性的动态定价策略研究

KAOLÜ XIAOFEIZHE YOUXIAN LIXING DE DONGTAI DINGJIA CELÜE YANJIU

刘海英 著

☐责任编辑 杨贝 胡炜

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731 - 88876770

传真: 0731 - 88710482

☐印 装 长沙雅鑫印务有限公司

☐开 本 720 × 1000 1/16 ☐印张 12.5 ☐字数 218 千字

☐版 次 2017 年 12 月第 1 版 ☐2017 年 12 月第 1 次印刷

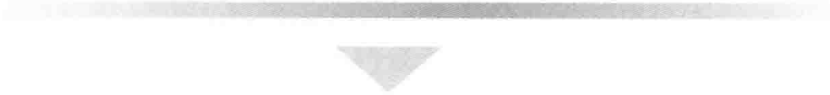
☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 3097 - 2

☐定 价 49.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

《中南大学哲学社会科学学术成果文库》和 《中南大学哲学社会科学博士论文精品丛书》

出版说明



进入 21 世纪以来，中南大学哲学社会科学专业坚持“基础为本，应用为先，重视交叉，突出特色”的精优发展理念，涌现了一批又一批优秀学术成果和优秀人才。为进一步促进学校哲学社会科学一流学科的建设，充分发挥哲学社会科学优秀学术成果和优秀人才的示范带动作用，校哲学社会科学繁荣发展领导小组决定自 2017 年开始，设立《中南大学哲学社会科学学术成果文库》和《中南大学哲学社会科学博士论文精品丛书》，每年评审一次。入选成果经个人申报、二级学院推荐、校学术委员会同行专家严格评审，一定程度上体现了当前学校哲学社会科学学者的学术能力和学术水平。“散是满天星，聚是一团火”，统一组织出版的目的在于进一步提升中南大学哲学社会科学的学术影响及学术声誉。

中南大学科学研究部

2017 年 9 月

内容简介

动态定价在各个行业中取得的成功，引起了学者的高度重视。但是，传统的动态定价研究中，很少考虑消费者策略性行为因素的影响。大量的实证研究表明，消费者的购买决策是复杂的，并非像传统经济学理论所假设的是完全理性的，而是与消费者的一些行为因素息息相关的，如消费者的参照效应、策略行为、心理账户、有限理性、学习行为等。同时，消费者购买行为的产生受其内在因素和外在因素的交互影响，忽略消费者的购买行为特征会使企业蒙受收益方面的损失。本书基于有限理性理论对策略性消费者行为建模，分别从理论、模型、案例和数值分析等层面对消费者的行为因素进行了研究，探讨了在不同类型的客户行为特征的背景下，企业是如何制定最优的动态定价策略的。

前 言

>>>

动态定价是收益管理中最基本最常用的方法之一，往往能够促使企业通过更好的匹配供需、转换需求模式和实现顾客细分来增加利润。动态定价早期在航空业中取得了成功，如今在其他收益管理领域也已变得更加普遍，例如酒店、汽车租赁、旅游、娱乐、零售、制造、互联网、医疗等行业。在过去的十年里，不论是在学术界还是在各大行业领域，动态定价已经逐渐成为研究的热点。

本书主要研究的是在考虑消费者有限理性的前提下，厂商是如何制定最优动态定价策略以实现利润最大化的，主要研究了如下几个方面的内容。

(1) 研究了客户购买决策受参照价格影响时的多产品动态定价模型。基于 Baucells 等提出的理论，本书提出了一个新的参考价格更新机制——First-End 锚定，即消费者记忆有限，在每个记忆窗口只根据初期价格与最新一期价格形成自己的参考价格，探讨了这种机制对垄断销售最优定价策略的影响，分析了其最优定价的稳态、单调性及收敛性。通过与指数平滑模型比较，发现企业的长期收益不仅取决于初始状态，还取决于客户记忆窗口的长度。此外，数值分析结果显示，如果企业能预测到客户记忆窗口的长度，那么在定价策略上该模型将比其他

模型更具灵活性。

(2)在实证研究的启发下,假设模型中消费者的记忆有限,提出了一个服从一阶马尔科夫过程的参考价格更新模型,建立了一个基于随机参考效应和有限记忆的动态定价模型。研究结果表明,参考效应会使得最优价格路径和期望稳态价格单调收敛,并且稳态的范围会随着消费者的损失变大而增加。

(3)研究了考虑消费者具有策略行为(即等待商品降价时再买)的定价问题,构建了一个多产品两阶段定价模型。通过数学推导得到了模型的稳态价格解析解,并且证明了最优价格路径的单调性。通过数值分析对比了两阶段定价策略和其他定价策略,结果表明,两阶段定价策略可以带来更高的利润。零售商应该从传统型产品层次定价策略转向多产品联合定价策略,并采取相应措施,如通过提高核心产品的比例来获得更高的利润。

(4)考虑到消费者双通道心理账户,提出了一种垄断厂商销售多产品的需求预测模型。当垄断厂商改变价格时,消费者会形成参照价格,根据他们所感知到的最低价格来调整锚定标准,即峰终定律。在考虑一般支付、提前支付与延迟支付策略下,得到了连续两期和无限期的稳态价格。同时,通过改变双通道心理账户参数进行算例分析,探讨了这些稳态价格与最大利润之间的关系,比较了不同支付方案的稳态价格。

(5)考虑到决策者面临多维信息时往往会表现出有限理性的行为,通过对稀疏最优化算子进行拓展,提出了一种有效地解决动态定价与投资组合问题的方法。该方法不仅考虑了决策者的有限理性,同时也有效地避免了动态规划问题中常见的“维度灾”。本书将该方法运用到含随机波动的 Merton 动态定价与投资组合的问题中,得到了较理想的结果:有限理性决策者在决策时不会太关注离差变化较小的股票溢价和利率。

(6)将研究扩展到竞争环境下,构建了考虑消费者学习行为与网络效应的动态定价模型。利用微分博弈方法构建了寡头垄

断市场的定价模型，得到了开环均衡价格，并证明了开环均衡价格的存在性与唯一性，通过数值实例分析了寡头垄断公司的稳态价格和市场份额是如何受成本、价格敏感性和产品网络效应影响的。

本书的研究成果具有重要的理论意义，对电子商务环境下的企业制定个性化的定价策略也有一定的参考价值。

本书受中南大学“双一流”文科战略先导专项项目资助，感谢中南大学博士论文精品丛书以及中国博士后科学基金(185652, 2017M612601)对本书出版的支持。

目 录



第1章 绪 论 / 1

1.1 研究背景 / 1

1.2 研究目的与意义 / 4

1.3 主要研究内容 / 5

1.3.1 考虑消费者有限记忆与参照依赖的动态定价问题 / 5

1.3.2 考虑消费者记忆窗口与参照效应的动态定价策略 / 5

1.3.3 考虑消费者参照效应与策略行为的多产品动态定价问题 / 6

1.3.4 考虑消费者心理账户与峰终参照效应的动态定价策略 / 6

1.3.5 基于有限理性的动态规划方法在定价与投资组合中的应用 / 6

1.3.6 考虑消费者有限理性与学习行为的网络商品动态定价问题 / 6

1.4 主要研究创新 / 7

1.5 研究思路、逻辑结构与技术路线 / 8

1.5.1 研究思路 / 8

1.5.2 逻辑结构与技术路线 / 8

第2章 相关研究评述 / 10

2.1 国外相关研究 / 10

2.1.1 考虑参照效应的动态定价研究进展 / 11

2.1.2 考虑策略型客户的动态定价研究进展 / 12

2.1.3 考虑学习行为的动态定价研究进展 / 14

2.1.4 有限理性的研究进展 / 15

2.2 国内相关研究 / 18

第3章 考虑消费者记忆窗口与参照效应的动态定价策略 / 21

3.1 研究背景 / 21

3.2 模型构建 / 23

3.2.1 一般参照效应需求模型 / 24

3.2.2 一般参照价格的形成与更新机制 / 25

3.3 First-End 参照价格的形成与更新机制 / 27

3.3.1 First-End 动态定价模型 / 27

3.3.2 First-End 模型的稳态 / 28

3.3.3 First-End 模型的最优策略和价格路径 / 29

3.3.4 线性需求模型 / 29

3.4 与其他模型的比较 / 33

3.4.1 与指数平滑模型和峰终模型比较 / 33

3.4.2 稳态的比较 / 34

3.4.3 最优价格路径的比较 / 35

3.4.4 长期利润的比较 / 36

3.4.5 短时策略的比较 / 38

3.5 行为参数的敏感性分析 / 39

3.5.1 记忆窗口 τ / 39

3.5.2 记忆参数与折现因子 / 39

3.6 本章小结 / 42

第4章 考虑消费者随机参照效应与有限记忆的动态定价策略 / 44

4.1 研究背景 / 44

4.2 模型和初始结果 / 47

4.2.1 基于参照效应的一般需求模型 / 48

4.2.2 参照价格随机更新机制 / 49

4.3 基于随机参照效应和有限记忆动态定价模型 / 51

4.3.1 随机动态定价模式 / 51

4.3.2 稳定状态下的动态定价模型 / 52

4.3.3 随机动态定价模型的最优策略与价格路径 / 54

4.3.4	线性需求模型	/ 54
4.4	与现有文献的比较	/ 57
4.4.1	与指数平滑模型和峰终模型的比较	/ 58
4.4.2	短视定价策略的比较	/ 61
4.5	行为参数敏感性分析	/ 62
4.5.1	记忆窗口 τ	/ 62
4.5.2	折扣系数 γ 和 $ \beta_2 $ 、 $ \beta_3 $	/ 64
4.6	本章小结	/ 65
第5章	考虑消费者参照效应与策略行为的多产品动态定价策略	/ 66
5.1	研究背景	/ 66
5.2	多产品动态定价模型	/ 67
5.2.1	假设和主要符号	/ 67
5.2.2	多产品动态定价	/ 69
5.3	数值分析与比较	/ 71
5.3.1	模型参数与稳态价格	/ 71
5.3.2	与单阶段定价策略比较	/ 76
5.3.3	产品层次定价策略比较	/ 77
5.4	本章小结	/ 80
第6章	考虑消费者心理账户与峰终参照效应的动态定价策略	/ 81
6.1	研究背景	/ 81
6.2	模型构建	/ 83
6.3	两周期动态定价模型	/ 86
6.4	无限期动态定价模型	/ 88
6.4.1	稳态	/ 88
6.4.2	最优策略与价格路径	/ 91
6.5	算例分析	/ 93
6.6	本章小结	/ 97
第7章	基于有限理性的动态规划方法在定价与投资组合中的应用	/ 98
7.1	研究背景	/ 98

- 7.2 无限制条件下的稀疏最优化算子 / 100
- 7.3 基于稀疏最优化算子的随机动态规划模型 / 103
- 7.4 动态投资组合的应用 / 105
 - 7.4.1 含随机波动的 Merton 动态投资组合问题 / 105
 - 7.4.2 算例分析 / 108
- 7.5 本章小结 / 111

第8章 双寡头垄断市场下考虑消费者学习行为的动态定价策略 / 112

- 8.1 研究背景 / 112
- 8.2 模型构建 / 114
 - 8.2.1 消费者购买网络商品的效用 / 114
 - 8.2.2 品牌选择概率 / 115
 - 8.2.3 消费者动态偏好与动态定价模型 / 116
- 8.3 均衡分析 / 117
- 8.4 异质网络效应 / 119
- 8.5 算例分析 / 120
- 8.6 本章小结 / 129

第9章 结论与展望 / 130

- 9.1 主要研究结论 / 130
- 9.2 局限与展望 / 132

附录 / 133

- 附录 A 第3章证明 / 133
- 附录 B 第4章证明 / 145
- 附录 C 第5章证明 / 148
- 附录 D 第6章证明 / 151
- 附录 E 第7章证明 / 154
- 附录 F 第8章证明 / 160

参考文献 / 167

第1章 绪 论



1.1 研究背景

Jacobson 和 Accenture(2012)指出,对大多数企业来说,处理好定价问题一直是提高利润最有力的措施之一,定价提高1%,企业的运营效益能提高10%左右。而动态定价是指企业根据市场需求和自身供应能力,以不同的价格将同一产品适时地销售给不同顾客或不同细分市场以实现收益最大化的策略。最近的研究表明,虽然通过提高库存和物流管理水平可以很好地降低供应链成本,但是制定科学而灵活的动态价格策略才是企业提高利润的最快和最有效的方法之一(Philips, 2005)。

动态定价策略最初应用在20世纪80年代开发的针对民航客运业的收益管理系统。1978年美国放松对民航管制后,美国民航客运业经历了空前的竞争,航空公司纷纷建立自己的收益管理系统来辅助价格决策,随后这些管理方法和系统不断向其他行业传播。实践证明,动态定价和收益管理确实能够显著提高企业的收益(Belobaba, 1987; Smith 等, 1992; Metters 等, 2008; Talluri 和 Ryzin, 2004; Sahay, 2007)。近年来,随着计算机处理能力的大幅提升,互联网的广泛使用和电子商务的蓬勃发展,调整价格所带来的交易成本已经降到了很低的程度(Elmaghraby 等, 2008)。在过去的十年里,不论是在学术界还是在各大行业,关

于动态定价的探索已经逐渐成为研究的热点。

但在早期动态定价的文献中(Lazear, 1986; Gallego 和 Ryzin, 1994; Feng 和 Gallego, 1995; Bitran 和 Mondschein, 1997; Bitran 等, 1998; Smith 和 Achabal, 1998; Zhao 和 Zheng, 2000), 其对客户行为的研究非常少, 且一般将客户假设为短视的, 即只要当期的价格低于自己对商品(服务)的估值(或保留价格), 客户就购买, 将来的价格策略对客户没有影响(Elmaghraby 和 Keskinocak, 2003)。这种假设很大程度地简化了定价模型, 当客户的购买决策比较随意(如购买低价产品)、市场缺乏足够的信息时, 假设客户短视是一种可接受的近似(Talluri 和 Ryzin, 2004)。

然而, 当客户在购买贵重商品或市场信息比较充分时(如网上购物), 短视的假设将变得不符合实际。大量的研究表明, 客户会预期到厂家的价格调整, 从而采取等待降价等措施以应对厂家的动态定价策略, 即客户会表现出策略行为。所以, 考虑客户策略行为的动态定价问题迅速成为学术界研究的热点, 且产生了丰富的研究成果(Besanko 和 Winston, 1990; Su, 2007; Aviv 和 Pazgal, 2008; Zhang 和 Cooper, 2008; Cachon 和 Swinney, 2009; Levin 等, 2010; Liu 和 Zhang, 2012)。

考虑客户策略行为的动态定价研究又走向了另一个极端, 绝大多数文献将客户假设为完全理性的, 即客户对自己的需求、偏好有明确的认识, 有足够的计算和推理能力来预测厂商的定价策略, 能随时根据市场变化选择自己的最优策略(如购买时间)等。这样的假设有一定的合理性, 而且便于动态定价模型的分析 and 求解, 因而被大多数文献作为基本假设。

随着行为经济学的兴起, 很多实证研究表明, 决策者往往是有限理性的, 如 Camerer(2003)、Goldfarb 等(2012)以及 Spiegel 等(2011)就指出需要在市场模型中引入有限理性假设:

第一, 大量观察的结果使经济学家有理由相信客户是有限理性的;

第二, 越来越多的经济学家认为很多经济现象不能用标准的理性模型给出满意的解释(Camerer, 2003; Goldfarb 等, 2012);

第三, 实验经济学家通过大量实验证明决策者会系统偏离理性经济人假设。

正因为大量来自实际观察和实验研究的有力证据, 使得管理学家也像经济学家一样开始质疑完全理性的假设, 一些研究动态定价的学者也逐渐认为应该在基于价格的收益管理中引入有限理性的假设, 并做了一些探索性研究。如 Amaldoss

和 Jain(2005)在进行奢侈品的动态定价实验研究时发现,用有限理性模型(SEWA)可以更好地解释客户的实际购买行为。Popescu 和 Wu(2007)、Nasiry 和 Popescu(2011)研究了参照依赖的动态定价问题,发现相比假设客户短视的情况,企业可以获得更高的利润。Levin(2010)指出他们的动态定价模型中关于客户完全理性的假设应该放弃,只考虑客户有限理性(QRE)模型。Cai 和 Chen(2012)则研究了基于 QRE 模型的两阶段定价问题。

虽然这些探索性的研究得到了一些有趣的结论,但上述研究只零星地探讨了有限理性模型中的很少一部分,如参照依赖、QRE 等,还有很多有限理性行为未纳入动态定价的研究范畴,大量可供研究的问题有待进一步深入系统地探索。根据 Mallard(2012)的最新研究,有限理性模型分为两大类:约束最优化(constrained optimization)和非最优化方法(non-optimizing approaches)。其中,约束最优化包括信息约束、处理约束及反应约束,相关的有限理性模型有有限记忆(one-period memory)、有限思维(level- k thinking)、认知层次结构(cognitive hierarchy, CH)、随机最优反应均衡(quantal response equilibrium, QRE)等。非最优化方法包括满意解、启发方法、随机反应等,相关的模型有基于目标的决策(aspire level)、前景理论、基于样例的推理(sample-based reasoning)和粗略推理(coarse reasoning)、加权经验学习(EWA)等。实际上,这些有限理性行为大都可以作为一个基本假设,系统地引入动态定价问题的研究。这是因为:一方面考虑客户行为(包括策略行为)的动态定价问题本质上就是一个多阶段动态决策和博弈的过程;另一方面,大部分有限理性行为往往要在多次决策或重复选择中才变得可以预测、可以建模。因此,将有限理性假设与动态定价问题的研究相结合是一个现实和合理的选择。

本书将结合行为科学领域近期的研究成果,基于有限理性假设的动态定价问题,将参照依赖、损失规避、策略行为和学习行为等有限理性模型引入动态定价问题的研究中,结合动态机制设计、动态行为博弈、近似动态规划等理论和方法,构建新的动态定价模型,形成新的、更加符合市场和客户行为的定价理论与策略。本书的研究具有重要的理论价值和实际意义,一方面将弥补现有动态定价研究的不足,丰富动态定价理论领域的研究;另一方面,为企业尤其是电子商务环境下的企业提供更实用、准确的定价策略。

1.2 研究目的与意义

本书将消费者和决策者的有限理性行为纳入供应链定价理论研究中,旨在分析决策者有限理性对市场需求、厂商利润的影响,为企业提供更符合真实市场行为的契约理论。本书的具体研究目标如下:

(1)研究动态环境下有限理性的特征,构建基于有限理性的最优定价模型。

(2)分析有限理性下均衡特点和均衡求解方法。

(3)研究市场竞争的厂商是否可以通过利用消费者的有限理性来提升利润,或形成新的均衡。

(4)研究消费者的有限理性的特点,构建基于有限理性的定价理论和动态博弈模型。

(5)验证有限理性假设的合理性及基于有限理性定价模型的有效性。

本书的研究意义在于:

(1)探讨新的行为决策理论框架下的定价模型,丰富和完善收益管理领域的理论研究。

经过几十年的发展,收益管理领域的研究在不同的市场环境等方面已经比较成熟,但在对决策者的行为假设方面,则大多采用相对简化的假设;考虑有限理性的动态定价问题的研究尚未形成系统的理论与方法。因此,借鉴经典契约理论与行为决策理论的成果,研究有限理性假设的收益管理定价模型,可以弥补现有研究在决策者行为假设方面的不足,丰富和完善收益管理的理论研究。

(2)研究有限理性的特征,为将行为因素引入运筹管理研究提供理论支撑。

有限理性或其他行为因素的引入是否一定会促使企业利润增加、市场效率和福利的提高,是行为运筹领域存在争议的问题。本书将通过比较不同理性假设条件下的最优定价策略、企业利润、市场有效性、福利来得到相关结论,为将行为模型引入运筹研究提供新的理论支撑。

(3)提高收益管理的有效性和实用性。

实证表明,收益管理参与各方既不是完全短视,也不是完全理性的,因此,研究基于有限理性的定价模型,并由此设计定价策略,将更加贴近现实,更加符合实际的决策行为。所以,基于有限理性的收益定价模型具有更好的实用性。

(4)提供求解高维度随机动态博弈的有效方法。

随机动态定价模型的均衡往往很难得到解析解。在已经比较复杂的定价模型中引入有限理性假设,必将导致动态优化模型具有更多参数和更高维度。本书将根据各种动态定价模型的特点,借鉴近似动态优化等方法,构建高效快速的算法以求解高维度的动态定价问题。

1.3 主要研究内容

1.3.1 考虑消费者有限记忆与参照依赖的动态定价问题

实证研究的结果表明,决策者的实际行为既不符合指数平滑规律,也不符合峰终规律,因此有必要构建新的参照点更新机制。此外,心理账户理论指出,消费者购买商品时会进行双重比较,即参照价格与购买价格的比较、购买价格与消费效用的比较;而在动态环境下,由于参照价格不断更新,双重比较下的消费者效用也会动态变化,从而使需求发生变化。因此本书将研究有限记忆的参照价格更新、心理账户与双重比较下的动态定价模型。针对以上情况,本书研究了客户购买决策受参照价格影响时的多产品动态定价模型。基于 Baucells 等提出的理论,本书提出了一个新的参照价格更新机制——First-End 锚定,认为消费者记忆有限,在每个记忆窗口只锚定初期价格与最新一期价格。同时,本书还研究了这种机制对垄断销售最优定价策略的影响,分析了其最优定价的稳态、单调性及收敛性。最后,通过与指数平滑模型比较得出结论。

1.3.2 考虑消费者记忆窗口与参照效应的动态定价策略

本书考虑消费者的记忆有限并遵循一阶马尔科夫更新过程,提出了一种新的动态定价模型;分析了随机参照价格效应更新策略的稳定状态和最佳路径,并将该模型与其他参照价格更新模型进行了比较,如指数平滑法和峰值锚定法;还研究了动态定价策略的稳定状态和结构,如记忆窗口、损失厌恶和随机更新等行为是如何影响动态定价策略的稳定状态和结构的;主要分析了最优定价策略的稳定价格、模型的收敛性和单调性的特征,发现国内价格稳定范围越广,消费者就越不愿意规避损失的现象。与指数平滑法不同,最优定价策略的最优价格区间会随着消费者记忆窗口的增加而减少。