

# 带有回报计划的动态客户关系管理模型 及实验应用分析

李纯青<sup>1,2</sup>, 徐寅峰<sup>1</sup>, 董铁牛<sup>2</sup>

(1. 西安交通大学 管理学院, 陕西 西安 710049; 2. 西安工业学院 经济管理学院, 陕西 西安 710032)

**摘要:**在客户最大化效用及公司最大化 CLV 的动态环境下,对所提的带有回报计划的动态客户关系管理模型用于某超市的客户数据库中,发现模型的结果对这类客户是适用的,并给出了不同的客户状态空间对应的有效营销组合策略。结果表明:合适的回报计划可以促进客户的购买、提高公司的利润及缓解价格竞争。回报极限应该比客户的平均购买水平偏高,回报率应该与回报极限的改变方向一致,计划的时间范围应定在一年左右比较合适。对于累积购买水平较高的客户一般不邮寄商品信息。在回报计划的初期与末期不用打折,中期对那些购买次数很少的客户可以实行相应的降价策略。

**关键词:**企业管理;最优回报计划;动态客户关系管理(DCRM);客户效用;客户全生命周期价值(CLV)

**中图分类号:**F224.3 **文章标识码:**A **文章编号:**1007-3221(2004)01-0027-06

## Empirical Study on a DCRM Model with Reward Programs

LI Chun-qing<sup>1,2</sup>, XU Yin-feng<sup>1</sup>, DONG Tie-niu<sup>2</sup>

(1. Management School, Xi'an Jiao Tong University, Xi'an 710049, China;

2. School of Economics and Management, Xi'an Institute of Technology, Xi'an 710032, China)

**Abstract:** The paper presents a dynamic customer relationship management model(DCRM) in a dynamic environment where customers maximize utility and the firm maximizes customer lifetime value(CLV), and the model is applied to customer data from one supermarket. It summarizes the results of the model which is valid and feasible for these types of customers. It can give the effective marketing mixed strategies according to the customer's states. It is found that appropriate reward programs is good at customer up-buying, improving firm's profits and relaxing the price competition. The reward threshold should be higher than the customer's average buying, reward rate should be the same direction as reward threshold, and the right program time horizon is about one year. It's better not to mail to customers with higher frequent and save the money to the customer who doesn't buy frequently. We need not discount either at the beginning or at the ending of the reward programs, and should depreciate to high recency customers in the mid of program time horizon.

**Key words:** business management; optimal reward programs; dynamic customer relationship management(DCRM); customer utility; customer lifetime value(CLV)

## 0 引言

回报计划(Reward programs)是公司基于客户对公司特定产品或服务累积购买的基础上对客户所提

收稿日期:2003-07-10

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(02G11);陕西省教育厅专项基金资助项目(02JK009,03JK176)

作者简介:李纯青(1970-),女,西安交通大学管理学院博士生,西安工业学院经济管理学院副教授,研究方向:动态客户关系管理等。



供的激励<sup>[1]</sup>,它已成为很多企业市场营销战略中很重要的组成部分<sup>[2]</sup>且在营销领域成为越来越普遍的工具<sup>[3]</sup>,尽管每一个回报计划的细节是不同的,但它们共同的主题是回报计划对客户重复购买提供好处<sup>[2]</sup>。长期以来,回报计划已成为航空、旅馆及汽车租赁等行业确定的客户管理的要素,并且在竞赛、金融服务及零售这些非旅游行业正逐渐变得流行起来<sup>[4~5]</sup>。

实施回报计划的首要问题是如何设计回报计划才能保证客户及公司的利益都最大。国际上尽管已经有很多学者对回报计划在不同层面上进行了研究<sup>[1~7]</sup>,但将回报计划的三个结构因素(回报率(reward rate用R表示)、回报极限(reward threshold用TH表示)及计划的时间范围(program time horizon,用T表示))作为设计对象进行建模的并不多见,更不用说对所建模型进行实证分析的。

## 1 动态客户关系管理模型的提出

### 1.1 模型的定性描述

考虑的是一种独家卖主垄断的市场局面,每一个时期公司给每个状态的客户选择营销组合策略(邮寄商品信息、实施价格策略及回报计划),客户在一个给定的时期决定是否购买及购买的数量,这样建立了一个多阶段重复博弈的框架。从公司角度讲,客户的决策也就是系统的转移概率,是一个随机变量,在购买决策只是当前客户状态和公司策略的函数的假设下,客户状态序列形成了马尔可夫链。由于公司有能够通过选择控制变量来控制马尔可夫链的演化,所以客户管理可以看成马尔可夫决策过程<sup>[3]</sup>。通过对随机博弈及可评估的结构动态规划(Estimable Structural Dynamic Programming, ESDP)联合求解,就可以得出针对不同的客户状态,使客户效用及公司利润都最大的营销组合策略及最优的回报计划的结构因素。

### 1.2 客户的效用模型及价值函数

#### (1) 客户的效用模型

给带有回报计划的客户建立效用模型的主要挑战是如何将回报计划的三个结构因素R、TH、T考虑进去。这里采用O Brienes的思想<sup>[7]</sup>,将赎回回报的相对价值及达到一个回报的可能性作为客户参与回报计划的判断标准。假设回报计划是在每年的年初开始实施,时间以月为单位,一年只进行一次。于是客户的效用模型为:

$$u_{itk} = \begin{cases} 0 & \text{如果 } d_{it0} = 1 \\ k + m_k m_{it} + p_k p_{it} + r_k r_{it} + r_k^2 r_{it}^2 + f_k \ln(1 + f_{it}) + \\ M_k M_{it} + M_{-sq,k} M_{it}^2 + R_k (1 - G_{it}) R_{it} + F_k G_{it} F_{it} + itk1 & \text{如果 } d_{it0} = 0 \text{ 且 } t \leq T \\ k + m_k m_{it} + p_k p_{it} + r_k r_{it} + r_k^2 r_{it}^2 + f_k \ln(1 + f_{it}) + \\ M_k M_{it} + M_{-sq,k} M_{it}^2 + itk2 & \text{如果 } d_{it0} = 0 \text{ 且 } T < t \leq 12 \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $p_{it}$ 表示第*i*个客户在第*t*期的价格  $P_t$  与原价  $P_0$  相比的变化率,其表达式为:

$$p_{it} = \frac{P_t - P_0}{P_0} \quad (2)$$

$F_{it} = R \cdot M_{S_{it}}$ 表示客户达到回报后,  $R$  与累积购买对客户效用的综合影响,其中  $M_{S_{it}}$ 表示*i*客户到第*t*期为止客户的累积购买量离散化后所对应的级别,具体应根据数据库的数据特性来决定级别的数量。 $R_{it}$ 体现达到回报的可能性,其定义为:

$$R_{it} = \left[ \frac{A/12}{H/T} \right]^2 \cdot R \left[ \frac{H}{T} - \frac{H - M_{S_{it}}}{T - t + 1} \right] \quad (3)$$

$A$ 为客户年平均购买金额  $A_v$  离散化后的级别,  $r$ 、 $f$  的定义及状态转移见文献<sup>[8]</sup>,  $M_{it}$ 的定义如公式(4)所示:

$$M_{it} = \begin{cases} 0 & \text{如果 } (t-1) \text{ 期不购买} \\ 1 & \text{如果 } (t-1) \text{ 期少量购买} \\ 2 & \text{如果 } (t-1) \text{ 期中量购买} \\ 3 & \text{如果 } (t-1) \text{ 期大量购买} \end{cases} \quad (4)$$

在公式(1)中,将没有购买的单期效用规定为 0,在回报计划要求的时间范围内效用表达式如其第二部分所示;当客户在规定的回报计划时间范围之外但没有达到一年再进行购买时,其表达式与没有回报计划的效用表达式相同,如其第三部分所示。 $_{itk1}$ 、 $_{itk2}$ 表示未观察到的误差项。关于客户效用与流失时间  $r$  及连续购买次数  $f$  之间的关系可见文献[8]。

(2) 客户的价值函数

客户第  $t$  期的价值函数为:

$$V_{itk}(S_{it}) = u_{itk} + eE\{V_{i,t+1}(S_{i,t+1} | d_{itk} = 1)\} \tag{5}$$

其中,

$$E(V_{it}(S_{it})) = \ln \left[ \sum_{k=0}^K \exp(V_{itk}(S_{it})) \right] \tag{6}$$

这里  $e$  是欧拉常数(其值为 0.577216 见文献<sup>[9]</sup>  $p_{1012}$ ),上面的横线表明价值函数中确定的部分。选择概率就可以用以下的形式来表示:

$$\text{Prob}_{itk}(d_{itk} = 1 | S_{it}, m_{it}, p_{it}) = \frac{\exp(V_{itk}(S_{it}))}{\sum_{k=0}^K \exp(V_{itk}(S_{it}))} \tag{7}$$

公式(5)到(7)的具体推导可参考文献[10]。

1.3 公司利润模型

第  $i$  个客户第  $t$  期的购买决策为公司带来的当期利润为:

$$_{it}(S_{it}, D_{it}) = \sum_{k=0}^3 \text{prob}_{it}(d_{itk} = 1 | S_{it}, D_{it}) \cdot (A_k \cdot r_1 - C_s - C_r) - C_m \cdot m_{it} \tag{8}$$

其中  $A_k$  表示客户进行  $k$  级购买时所对应的平均购买量,  $C_s$  为客户一次购买时的服务成本,  $C_m$  为客户邮寄所需的成本,  $C_r$  为公司的回报成本,  $D_{it}(m_{it}, p_{it}, TH, R, T)$  为公司的决策空间。

其中,  $m_{it}$  是指公司在  $t$  时刻对客户  $i$  实行的邮寄商品信息的二元决策,即,

$$m_{it} = \begin{cases} 1 & \text{如果 } t \text{ 时刻对客户 } i \text{ 进行邮寄} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \tag{9}$$

$$r_1 = \frac{(p_{it} + r_0)}{1 + p_{it}} \tag{10}$$

这里,  $r_0$  是采用原价  $P_0$  时相对原价的毛利率,  $C$  为进价,  $r_1$  是采用现价  $P_t$  时相对现价的毛利率。于是,第  $i$  个客户从第  $t$  期到未来为公司创造的最大利润函数为:

$$CLV_{it}(S_{it}) = \max_{D_{it}} \left\{ _{it}(S_{it}, D_{it}) + f \cdot \left[ \sum_{k=0}^3 \text{prob}_{it}(d_{itk} = 1 | S_{it}, D_{it}) \cdot CLV_{i,t+1}(S_{i,t+1} | d_{itk} = 1, S_{it}) \right] \right\} \tag{11}$$

通过对客户价值函数及公司的利润模型的分析,就可以采用随机博弈及可评估的结构动态规划联合求解的方法,来确定公司带有回报计划的有效营销组合策略。

2 模型的评估及实验应用分析

2.1 数据描述

所研究的对象是超市的长期客户,该超市从 2002 年 1 月初开始实施回报计划,具体方案是:凡在 2002 年一次性购买超过 100 元的客户均可参与该回报计划,在当年的 12 月 31 日之前累积购买金额达到 4000 元的按累积购买金额的 1%返回购物礼券,客户在 12 月 25 ~ 12 月 31 日凭回报计划卡领取礼券,回报计划卡上的记录清零,次年一月回报计划重新开始。当年该超市 1 月份共有 3000 个客户参加了回报计划,将这 3000 个客户作为样本,具体的数据特性如表 1 所示。

2.2 似然函数及评估结果

客户  $i$  在周期  $t$  的对数 - 似然函数是:

$$L_{it} = d_{itk} \times \ln(\text{Prob}_{itk}(d_{itk} = 0 | S_{it}, m_{it}, p_{it})) \quad (12)$$

表 1 样本统计

样本特性	Mean	Std. Dev.	Min	Max
单个客户收到商业信息的次数	3.3273	1.4959	0	10
单个客户享受打折的次数	4.9717	2.0203	0	10
单个客户购买的次数	6.2063	2.2697	1	12
单个客户连续购买的次数	3.8227	2.4056	0	11
单个客户购买少量的次数	1.7993	1.1970	0	6
单个客户购买中量的次数	1.6473	1.6599	0	9
单个客户购买大量的次数	2.7597	1.2756	0	7
客户购买少量的 $r$ 值	0.1280	0.7278	0	5
客户购买少量的 $f$ 值	2.2145	2.0077	0	12
客户购买中量的 $r$ 值	0.1036	0.5210	0	5
客户购买中量的 $f$ 值	2.7792	1.8470	0	11
客户购买大量的 $r$ 值	1.2055	0.9578	0	4
客户购买大量的 $f$ 值	0.3732	0.8969	0	9
两次购买的时间间隔(月)	1.6140	1.0867	1	12

注意:样本中的客户数为 3000。总共观察到的记录为 36,000。

样本的对数似然函数是  $LL = \sum_{i=1}^I \sum_{t=b_i}^{B_i} L_{it}$ , 这里  $I$  是客户的数量, 周期  $[b_i, B_i]$  是个体  $i$  被观察的时间间隔。最大似然评估程序是在整个参数空间通过改变参数的值来寻求最优值的, 具体算法与文献[8]相似, 只是在本例中, 该过程共进行了 4053 步。

表 2 单期模型及动态模型的评估结果

参数	单期模型 $c=0$	动态模型 $c=0.64$	参数	单期模型 $c=0$	动态模型 $c=0.64$	参数	单期模型 $c=0$	动态模型 $c=0.64$
1	- 6.65 *** (- 6.8101)	- 6.81 *** (- 7.1404)	2	- 2.21 ** (- 2.1636)	- 2.61 *** (- 2.4668)	3	- 0.91 * (- 1.3801)	- 1.23 ** (- 1.8335)
$m_1$	- 0.29 * (- 1.3299)	- 0.38 ** (- 1.7869)	$m_2$	0.38 * (1.3532)	0.44 ** (1.6637)	$m_3$	0.72 *** (3.9938)	0.66 *** (3.6883)
$p_1$	- 21.10 (- 0.5202)	- 24.65 (- 0.6067)	$p_2$	- 23.34 (- 0.5812)	- 16.21 (- 0.4230)	$p_3$	- 9.21 (- 0.9405)	- 8.32 (- 0.8560)
$1r_1$	- 1.09 (- 0.5670)	- 0.86 (- 0.4587)	$1r_2$	- 4.62 ** (- 2.2583)	- 4.12 ** (- 2.1280)	$1r_3$	- 0.81 * (- 1.4903)	- 0.68 * (- 1.3112)
$2r_1$	0.21 (0.8512)	0.22 (0.9144)	$2r_2$	0.48 * (1.4433)	0.51 * (1.5963)	$2r_3$	0.09 (0.7647)	0.11 (0.9416)
$1f_1$	0.98 *** (3.9853)	1.02 *** (4.2532)	$1f_2$	0.98 *** (2.7868)	0.91 *** (2.7175)	$f_3$	0.52 (1.2584)	0.63 * (1.5360)
$M_1$	3.05 *** (3.1719)	3.04 *** (3.2417)	$M_2$	0.68 (0.5338)	0.72 (0.6001)	$M_3$	- 1.28 (- 1.0700)	- 1.12 (- 0.9432)
$M-sq,1$	- 0.36 * (- 1.5322)	- 0.36 * (- 1.5710)	$M-sq,2$	- 0.37 (- 1.0473)	- 0.37 (- 1.1121)	$M-sq,3$	- 0.68 ** (- 1.7776)	- 0.68 ** (- 1.7909)
$R_1$	9.23 (0.3075)	18.14 (0.6149)	$R_2$	- 16.03 (- 0.2775)	- 22.21 (- 0.4052)	$R_3$	- 32.33 * (- 1.5860)	- 38.21 ** (- 1.8781)
$H_1$	- 10.98 (- 0.9376)	- 10.21 (- 0.8756)	$H_2$	12.15 (0.7661)	20.34 * (1.3390)	$H_3$	21.21 (1.1141)	23.14 * (1.2996)
$LL$	- 34524.65	- 34285.19	$AIC$	69109.3	68630.38	$BIC$	69363.98	68885.12

注意:\*\*\*表示该变量在 0.01 水平上显著, \*\*表示该变量在 0.05 水平上显著, \*表示该变量在 0.1 水平上显著, 括号中为  $t$  检验值。

为了将单期模型与动态模型进行比较, 除以上提出的动态模型外, 还评估了一个客户根本不考虑未来

价值( $c=0$ )的单期模型。这里采用 Akaike 信息标准(AIC)及贝叶斯信息标准(BIC)来判断模型的适用性。另外,将月贴现因子也当作一个参数来调整(这样可以保证该值更符合数据库的特性),其评估值为 0.64,即客户的未来效用以每月 56%进行贴现。评估结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出:依照两个模型的 AIC 指标及 BIC 指标,动态模型要比单期模型履行得好。

### 2.3 有效的营销组合策略及回报计划结构因素

通过求解  $CLV_{it}(S_{it})$  最大化,可求出各期有效的邮寄策略及价格策略,使  $CLV_{it}(S_{it})$  最大化就可以求出对应整个时期有效回报计划的结构因素。其中,针对不同客户状态的有效的邮寄策略及最优价格策略  $m_{it}^*, p_{it}^*$ ,如表 3 所示(由于客户的状态空间非常多(2005),故仅写出几个作以说明)。

表 3 带有回报计划的不同客户状态下有效邮寄策略及价格策略

$TH=5000, R=0.08, T=12$							
$t$	$r$	$f$	$M$	$M_s$	$G$	$m^*$	$p^*$
1	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	2	0	0	0	0
1	0	1	3	0	0	0	0
2	0	2	1	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...
8	0	1	1	4	0	1	-0.01
8	0	1	1	5	0	1	-0.01
8	0	1	1	6	0	1	0
8	0	1	1	7	0	0	0
8	0	1	2	0	0	0	-0.02
8	0	1	2	1	0	0	-0.03
...	...	...	...	...	...	...	...
12	11	0	0	0	0	0	0

有效的回报计划的三个结构因素为: $TH=5500, R=0.08, T=12$ 。公司各种营销策略所对应利润之间的比较如表 4 所示。

表 4 公司各种营销策略所对应的利润比较

营销策略	原营销策略	无回报计划但有 $m^*, p^*$	原回报计划( $TH=4000, R=0.01, T=12$ )及 $m^*, p^*$	调整后的回报计划( $TH=5500, R=0.08, T=12$ )及 $m^*, p^*$
利润	462,758 元	512,926 元	477,726 元	663,097 元

可以发现该超市以前所采取的回报计划并不理想。由于其回报率仅有 1%,它们对客户的增量购买并没有起到很明显的促进作用;而且回报极限偏低,和客户的年平均购买量相当,而客户几乎仍然按照以往的习惯进行购买,仍可能获得回报,故忠诚度计划没有起到预期的作用,反而增加了公司的回报成本,降低了公司的利润。

## 3 实验结果的管理学启发

通过对该超市数据库的实证分析及计算结果可以看出:

(1)合适的回报计划不但对客户的购买有激励作用,还可以提高公司利润。实施回报计划打折的程度比没有实施回报计划打折的程度要低,但可采用的价格策略更多一些,也证明了回报计划可以缓解价格竞争。

(3)回报极限与公司所有客户的平均购买量有关,制定该值时一般要高于平均购买量(该例中是 1.25 倍);回报率应与回报极限的改变方向一致;影响回报时间范围的因素比较复杂,通常与客户的贴现因子即客户对未来效用的重视程度有关,计划的时间范围定在一年左右比较合适(这与文中的假定一年仅能实施一次回报计划有关)。

(4)邮寄策略:当客户上期大量购买时,当期一般不邮寄;当客户的累积蓄购买水平达到较高水平时(相对于时间),一般不需邮寄,因为此时客户认为获得回报的机会很高,回报计划对客户的购买行为产生

很大的作用,所以没必要再给这样的客户邮寄商品信息,应该把该成本节约下来,投资在其他需要邮寄的客户身上。

(5) 价格策略:对不同情况的客户,应该采取不同的价格策略,可采取的价格策略越多,客户为公司创造的利润就越大;对于参加回报计划的客户在回报计划的初期与末期都不打折,在回报计划的中期对那些虽然参加了回报计划但购买次数很少的客户实行相应的降价策略。这是因为,在初期,参加回报计划的客户想获得回报的心理会刺激客户进行购买,对于那些虽然参加了回报计划但到了回报计划的中期购买次数很少的客户实行的打折价格策略,会刺激这些客户光顾或发生购买行为,随着时间的推移到了回报计划的后期,客户累积购买量不断增长,此时即使产品维持原价,但客户为了获得回报一般会持续购买,甚至增加购买的数量,若公司以利润最大化为目标,自然应该选择不打折作为公司最好的价格策略。通过合适的回报计划对客户购买的激励作用还是很明显的。

#### 4 研究结论

合适的回报计划可以提高公司的利润及缓解价格竞争。回报极限应该比客户的平均购买水平偏高,回报率应该与回报极限的改变方向一致,计划的时间范围应与客户的贴现因子有关定在一年左右比较合适(这与一年仅能实施一次回报计划的假定有关)。对于累积购买水平较高的客户一般不邮寄商品信息。在回报计划的初期与末期不用打折,中期对那些购买次数很少的客户可以实行相应的降价策略。

#### 参考文献

- [1] Kim Byung - Do , Shi Mengze , Srinivasan Kannan. Reward Programs and Tacit collusion[J]. Marketing Science , 2001 ,20(2) :99-120.
- [2] Praveen Kopalle , Neslin Scott. The Economic Viability of Frequency Reward Programs in a Strategic Competitive Environment[J]. Review of Marketing Science (Forthcoming) , 2003.
- [3] Lewis Michael V. Applications of Dynamic Programming to Customer Management[D]. EVANSTON , ILL INOIS : Northwestern University , 2001.
- [4] Deighton John. Frequency Programs in Service Industries[A]. in Swartz T , and Iacobucci D eds. Handbook of Services Marketing and Management [C]. Sage Publications , London , 2000 ,401-408.
- [5] Barlow , Richard , Loyalty Programs ,www.colloquy.com. 1999 ,8(2) .
- [6] Klemperer Paul D. Markets with Consumer Switching Cost , Quarterly Journal of Economics , 1987 ,102(5) :375-394.
- [7] O'Brien Louise , Jones Charles , Do Rewards Really Create Loyalty ? [J] Harvard Business Review , May - June , 1995 ,(5) :75-82.
- [8] 李纯青 ,徐寅峰 ,姬升良 ,等. 动态客户关系管理模型及实验应用研究[J]. 西安工业学院学报 ,2003 ,12.
- [9] Rust John , Optimal Replacement of GMC Bus Engines : An Empirical Model of Harold Zurcher[J] , Econometrica , September , 1987 ,55(5) : 999-1033.
- [10] Gonul Fusun , Meng Ze Shi. Optimal Mailing of Catalogs : A New Methodology Using Estimable Structural Dynamic Programming Models [J]. Management Science , 1998 ,44(9) :1249-1262.