

PLS 算法的顾客满意度指数模型

赵富强¹, 刘金兰², 彭悦²

(1. 天津财经大学 理工学院, 天津 300222; 2. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要:通过对国内外顾客满意度指数模型的对比及对我国的现状分析,提出顾客满意度测评的常规模型。在此基础上对常规模型的模型设定、模型估计和模型评价进行研究;利用 PLS 算法估计模型中的各个参数,将外部估计分为无缺失值和有缺失值两种情况,针对后者提出局部权重新的缺失值处理方法;以某食品公司为研究对象,对构建的顾客满意度测评常规模型进行实证分析和评价。结果表明:常规模型的显变量符合单一纬度条件、具有一定的解释能力和良好的内敛效度,拟合效果可以接受,测评结果是满意和有效的,为 PLS 路径模型研究及缺失值处理提供了实用方法。

关键词: PLS 路径模型; 缺失值; 顾客满意度

中图分类号: F275

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2012)01-0056-04

国外多个国家都建立了自己的顾客满意度指数测评模型,其中,最具代表性的模型为 SCSB、ACSI 和 ECSI。国内不少学者在借鉴国外研究成果的基础上,提出几种 CSI 模型,但哪种模型适合我国国情还需进一步研究。世界各国的顾客满意度测评模型都是综合运用 PLS(Partial Least Squares, PLS)方法和 LISREL(LInear Structural RELationship)方法来建立模型的,前者被称为“软模型”(Soft Modeling),即 Herman Wold(1985)^[1]提出的 PLS 路径模型(PLSPM-Partial Least Squares Path Modeling)^[2],该模型主要由两部分组成:第一是测度模型(又称“外部模型”),用于描述显变量与隐变量之间的关系;第二是结构模型(又称“内部模型”),用于描述隐变量之间的关系。后者也被称为“硬模型”(Hard Modeling)。与两种方法对应的工具为 PLS 软件和 LISREL 软件。目前在海外常用的 PLS 的软件有 LVPLS1.8、PLS-GUI、VisualPLS、PLS-Graph^[3]、SmartPLS(Ringle et al., 2005)^[4]。国内关于 LISREL 方法的讨论很多,但对后者的研究却较少,编写相关的软件来实现该算法估计测评模型就更少了,在国内天津大学宁禄乔^[5]、清华大学中国企业研究中心和武汉理工大学熊丽^[6]等都实现了 PLS 算法。对采集样本中缺失值进行处理方法主要包括删除法(Deletion)、插补法(Imputation)和最大似然估计法(Maximum likelihood)^[7]等,但 PLS 算法反复迭代求解潜变量估计值时采用哪种方法,进而得到下一次外部权重值

值得深入研究。

一、顾客满意度测评常规模型构建

首先,随着我国消费者投诉意识不断加强,很多行业消费者投诉比率逐年上升,投诉处理机制也在不断完善,因此,顾客抱怨不但不能删除,而应该加入测评模型中,这样会更好反映顾客满意度水平。

其次,充分考虑企业形象在消费行为中的重要作用,因此在建立测评模型时加入了企业形象,其包括三个观测变量:(1)企业总体形象;(2)企业发展潜力;(3)企业知名度。

再次,借鉴 ACSI 模型提出了顾客满意度测评常规模型;通常只提供产品或服务的企业,选择常规模型做测评,例如:一些食品销售企业只提供产品而无服务,这些企业在进行测评时,模型选择感知质量中的感知产品质量;旅游或物流公司只提供服务,在模型建立时感知质量选取感知服务质量。顾客满意度测评常规模型如图 1 所示。

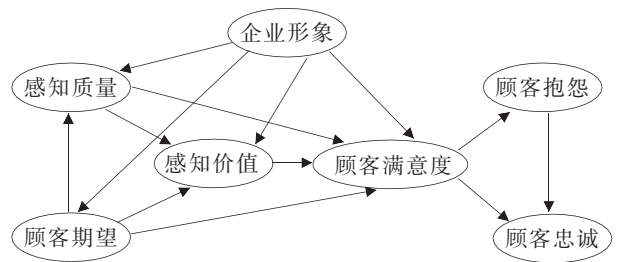


图 1 顾客满意度测评常规模型

收稿日期: 2011-03-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70672027)

作者简介: 赵富强(1974—),男,博士,讲师。E-mail: fqzhao@126.com

常规模型中的潜变量与测度指标如表 1 所示, ξ_r 为潜(隐)变量; ξ_6 为潜自变量(外生变量); 其他为潜因变量(内生变量); x_{rt} 为显变量(观测变量, $r=$

$0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$), 即为 ξ_r 的指标; t 为潜变量对应观测值的个数($t=1, 2, \dots, k_r$; k_r 为第 r 个潜变量对应观测值的个数)。

表 1 模型中的潜变量与测度指标

潜变量	显变量(指标)	潜变量	显变量(指标)
顾客期望 ξ_0 Expectation	总体期望 x_{01}	顾客满意 ξ_3 Satisfaction	总体顾客满意度 x_{31}
	个性化期望 x_{02}		与期望产品(服务)的差距 x_{32}
	可靠性期望 x_{03}		与理想产品(服务)的差距 x_{33}
质量感知 ξ_1 Quality	总体质量 x_{11}	顾客抱怨 ξ_4 Complaint	顾客抱怨与否 x_{41}
	产品个性化的评价 x_{12}	顾客忠诚 ξ_5 Loyalty	再次购买的可能性 x_{51}
	产品可靠性的评价 x_{13}		价格敏感度 x_{52}
价值感知 ξ_2 Value	给定质量的价格水平 x_{21}	企业形象 ξ_6 Image	企业总体形象 x_{61}
	给定价格的质量水平 x_{22}		企业发展潜力 x_{62}

二、基于 PLS 算法的模型参数估计方法

需要指出的是, 含多个潜变量结构方程模型的块结构设定原则是假定块内每个指标分别与对应的潜变量存在线性关系。模型设定详细步骤在此不在给出

$$x_{rt} = \pi_{rk_0} + \pi_{rt} \xi_t + \varepsilon_{rt} \quad (1)$$

$$r = 0, 1, 2, 3, 4, 5; t = 1, 2, \dots, k_r$$

其中, π_{rt} 为指标 x_{rt} 的载荷系数(测量模型系数); ε_{rt} 为残差; π_{rk_0} 为截距值。

含多个潜变量结构方程模型的内部关系设定原则是内部关系应该构成一个线性因果链系统(linear causal chain system)。

$$\xi_1 = \beta_{10} + \beta_{01} \xi_0 + v_1 \quad (2a)$$

$$\xi_2 = \beta_{20} + \beta_{21} \xi_1 + \beta_{02} \xi_0 + v_2 \quad (2b)$$

$$\xi_3 = \beta_{30} + \beta_{32} \xi_2 + \beta_{31} \xi_1 + \beta_{03} \xi_0 + v_3 \quad (2c)$$

$$\xi_4 = \beta_{40} + \beta_{43} \xi_3 + v_4 \quad (2d)$$

$$\xi_5 = \beta_{50} + \beta_{54} \xi_4 + \beta_{53} \xi_3 + v_5 \quad (2e)$$

其中, v_r 为残差, 权重关系利用信息交换过程中的部分信息估计潜变量值。任何一个潜变量均可以通过其指标变量的加权和来估计, 而权重则由所选择的权重关系来确定。对路径模型中潜变量 ξ_r 的符号权重和定义为 U_r 。假设与 ξ_i 邻接的潜变量是 ξ_j 。

利用 PLS 算法来估计模型中各个参数, 进而求解出整个结构方程模型。这里取样本容量为 N , 指标 x_{rt} 的样本观测值分别记为 x_{rnt} , 其中 $n=1, \dots, N$; 并且所有数据都已经标准化(均值为 0, 方差为 1)。在外部估计时, 计算潜变量估计值分为无缺失值和有缺失值两种情况, 计算方法见式(7)和式(8)。有

缺失值时采用局部权重重新定的处理方法, 局部权重重新定的方法是: 只要该潜变量对应的显变量中的样本数据不全为 0, 那么该样本即代表的被调查对象对问题的态度, 当不为 0 的显变量个数比例达到一定值时, 该样本不做删除处理, 计算时不考虑值为 0 的显变量, 而不为 0 的显变量权重在原有权重及总和为 1 的基础上进行重新计算; 反之, 删除该样本。

PLS 算法求解步骤如下所述。

步骤 1. 迭代估计权重和潜变量, 从步骤 4 开始, 循环执行 a 至 d, 直到满足迭代条件。

步骤 2.

a. 内部权重

$$s_{rj} = \text{sign } r(LX_r, LX_j) \quad (3)$$

s_{rj} 是 LX_r 和 LX_j 的带符号相关系数。

b. 内部估计

$$U_r = \sum_j (s_{rj} LX_j) \quad (4)$$

c. 外部权重

模式 A 权重关系为

$$x_{rn} = \omega_{r1} U_r + d_{rn} \quad (5)$$

模式 B 权重关系为

$$U_r = \sum_{i=1}^{k_r} (\omega_{ri} x_{rin}) + d_{rn} \quad (6)$$

d. 外部估计

无缺失值时潜变量估计值的计算方法

$$LX_r = f_r \sum_{i=1}^{k_r} (\omega_{ri} x_{rin}) \quad (7)$$

其中, LX_r 是 ξ_r 的估计值。

有缺失值时潜变量估计值的计算方法

$$LX_r = f_r \sum_{i=1}^{k_r} (\omega_{ri} x_{rin}) / (ZW^T) \quad (8)$$

$$f_r = \pm N^{\frac{1}{2}} \left\{ \sum_n \left[\sum_t (\omega_{nt} x_{rtn}) \right]^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (9)$$

其中, Z 是包括 t 个数据的行向量, 当指标 x_{ri} 在第 i 位置上有缺失值时, Z 对应第 i 位置上为 0, 其余为 1; t 维权重列向量 $W (\omega_{r1}, \dots, \omega_{rn}), \omega_{r1} + \dots + \omega_{rn} = 1, W'$ 为列向量 W 的转置。

步骤 3. 估计路径系数和载荷系数。

步骤 4. 估计定位参数。

至此, 整个 PLS 算法求解完成。

三、顾客满意度测评常规模型应用及评价

(一) 常规模型应用及评价

以某食品公司为研究对象, 顾客满意度测评常规模型包含 7 个潜变量: 顾客期望 ξ_0 、感知质量 ξ_1 、感知价值 ξ_2 、顾客满意度 ξ_3 、顾客抱怨 ξ_4 、顾客忠诚 ξ_5 和企业形象 ξ_6 ; 17 个显变量。数据的收集采取网上调查的方式进行, 参与网上调查的用户为 252 位, 因此样本量为 252。 x_{52} 表示价格敏感度, 包括两部分: 价格上涨和价格下降, x_{52} 最后取值价格上涨+25 或价格下降-25; 在收集的数据中, 对异常值 98、99、101 用符号“NaN”替换, 表示缺失数据; 对原始数据标准化处理, 设定权重迭代条件的初始值。最后求出顾客满意度指数值。

由上一节求出 PLS 路径模型的各项参数后, 下面对该模型的合理性进行评价。模型评价主要分为对测量模型的评价和结构模型的评价^[8], 前者包括信度分析、效度分析, 后者主要是对路径系数的分析。下面给出了单一纬度分析、信度分析、效度分析和拟合优度检验等。

对六组变量分别做主成分分析, 求得的第一主成分特征值最小值为 1.543 6, 大于 1, 第二主成分特征值为 0.650 1, 小于 1。C.alpha 系数均大于 0.7、

DG.rho 都大于等于 0.8, 六个变量组的单一纬度检验都显然通过, 这组显变量符合单一纬度条件。在模型测评中, 每个潜变量大于等于 0.8, 表明潜变量的变化至少能解释对应测量工具 80% 的变化。表明信度高, 测量模型内部一致性好。因子负荷的绝对值都大于 0.50, 表明指标和潜变量间有足够的线性等价关系, 满足偏最小二乘法单一维度的条件。标准化因子负荷处于 0.610 7~0.967 5 之间, 所有概念的 AVE 值都处于 0.583 2~0.935 6 之间, 均大于 0.5, 这表明本文所设计的量表具有良好的内收敛效度。通过对数据分析, 可以得出对角线上的 AVE 值平方根都大于对角线左下角的相关系数值, 这说明各潜变量之间具有良好的判别效度。模型的各解释潜变量对其相应的潜变量的 R^2 值均大于 0, 表示模型具有一定的解释能力, 可接受; 感知质量对顾客满意度的贡献程度最大, 为 53.32%; 顾客期望最小, 为 2.17%。模型的拟合优度用 GoF 指标来检验^[8], $GoF = \sqrt{0.817 1 \times 0.472 8} = 0.621 6$, 表明该模型的拟合效果可以接受。

通过对迭代过程中权重系数 ω 的计算结果分析可以得出: 只要权重的初始值不全为 0, 最终迭代结果就不会受到影响; 只要调查样本相同、迭代中止条件相同, 即使初始权重 ω 的值不同, 但在第四次迭代时权重已经收敛于一定数值; 也就是说整个迭代过程是收敛的, 不同的权重初值可能会影响迭代过程中的权重值和迭代次数, 但最终的迭代结果是相同的。基于 Java 开发的 SmartPLS 软件处理同样的样本, 其收敛的迭代次数为 9, 本系统仅仅需要 5 次。因此, 基于 PLS 路径模型的顾客满意度测评系统提高了对模型分析处理速度; 在结构模型系数、潜变量估计值相关系数、权重系数及测量模型系数等方面与 SmartPLS 具有一致性。

(二) 常规模型测评结果

通过本测评系统分析计算, 可以得到各潜变量之间的标准化路径系数, 带路径系数的顾客满意度

表 2 模型的公因子方差和冗余度

块(Block)	变量类型	显变量数	模式	R^2	Av.Commu	AVE	Av.Redun
顾客期望 ξ_0	Endogenous	3	Reflective	0.047 3	0.641 2	0.641 2	0.030 3
感知质量 ξ_1	Endogenous	3	Reflective	0.340 8	0.809 1	0.809 1	0.275 7
感知价值 ξ_2	Endogenous	2	Reflective	0.724 6	0.935 6	0.935 6	0.677 9
顾客满意 ξ_3	Endogenous	3	Reflective	0.854 0	0.861 3	0.861 3	0.735 6
顾客抱怨 ξ_4	Endogenous	1	Reflective	0.248 4	1.000 0	1.000 0	0.248 4
顾客忠诚 ξ_5	Endogenous	2	Reflective	0.621 4	0.889 5	0.889 5	0.552 7
企业形象 ξ_6	Exogenous	3	Reflective	—	0.583 2	0.583 2	—
平均值				0.472 8	0.817 1	0.817 1	0.420 1

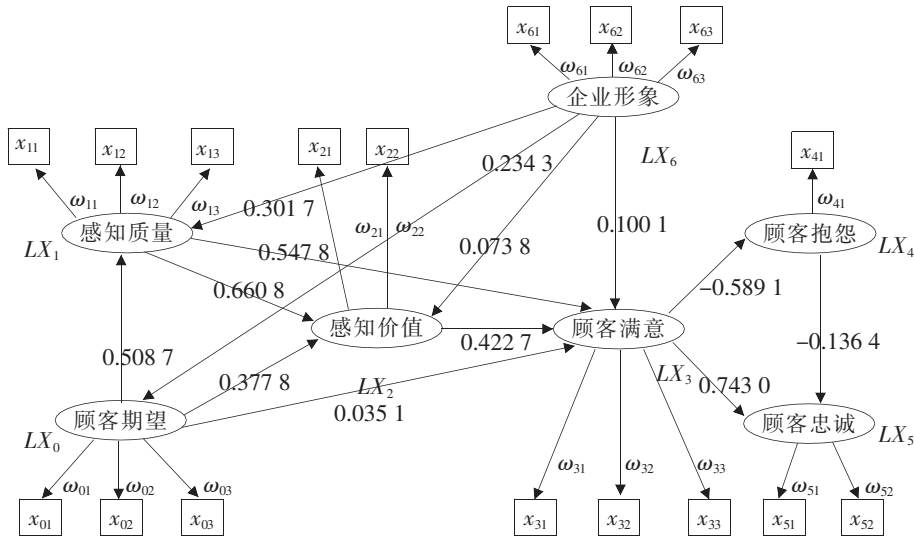


图 2 带路径系数的顾客满意度测评常规模型

测评常规模型如图 2 所示。

由上述实证分析及评价各参数结果,网上调查网民对该食品公司的顾客满意度产品具有以下特点:

1. 顾客满意度与感知质量、感知价值和顾客期望都是正相关。但感知质量对顾客满意度的相关性最强,其次为感知价值。说明使得用户对该公司产品满意的首要任务是提高产品的质量,其次是产品的价格;顾客期望对顾客满意度的影响不大。

2. 顾客满意对顾客忠诚直接影响 $\beta_{33}=0.743\ 18$, 间接影响为 $\beta_{43}\beta_{34}=0.080\ 34$, 表明顾客满意对顾客忠诚度间接影响不大,而直接影响很强。

四、结论

本文通过对国内外顾客满意度指数模型的对

比及我国的现状分析,提出了顾客满意度测评的常规模型;重点分析了顾客满意度测评常规模型的模型设定、模型估计和模型评价;基于 PLS 算法来估计模型中各个参数,在外部估计时,充分考虑了对缺失值的处理,提出了局部权重重新定义的缺失值处理方法;以某食品公司为研究对象,对构建的顾客满意度测评常规模型进行实证分析和评价,验证了模型的信度、效度、适合度及局部权重重新定义方法的有效性,测评结果是满意和有效的;对国内顾客满意度测评模型、PLS 路径模型研究及缺失值处理提供了实用方法。而既提供产品也提供服务的企业,例如:汽车公司或家电企业等,模型选取拓展模型进行测评,这是今后需要进一步研究的内容。

参考文献:

[1] Wold H. Partial least squares [C]// Kotz S Johnson N L. Encyclopedia of Statistical Sciences. New York:John Wiley & Sons, 1985:581-591.

[2] Tenenhaus M, Vinzi V E, Chatelin Y M, Lauro C. PLS path modeling[J]. Computational Statistics and Data Analysis, 2005, 48(1): 159-205.

[3] 赵富强. 基于 PLS 路径模型的顾客满意度测评研究[D]. 天津:天津大学, 2010.

[4] Ringle C M, Wende S, Will A. SmartPLS Version 2.0. Universität Hamburg[M]. Hamburg, 2005: 43.

[5] 宁禄乔, 刘金兰. Stone-Geisser 检验在顾客满意度中的应用[J]. 天津大学学报:社会科学版, 2008(3): 238-242.

[6] 熊丽. 顾客满意指数模型计算及系统研究[D]. 武汉理工大学, 2006.

[7] Allison, Paul D. Missing data techniques for structural equation models[J]. Journal of Abnormal Psychology, 2003, 112: 545-557.

[8] Matzler K, Renzl B. The relationship between interpersonal trust, employee satisfaction, and employee loyalty [J]. Total Quality Management & Business Excellence, 2006, 17(10): 1261-1271.

66-70.

- [4] Shan J R, Mustafa M B. Neural network based cluster procedure for bankrupt [J]. Perdition American Business Review, 2000, (6): 80-86.
- [5] 吴德胜, 梁樑. 遗传算法优化神经网络及信用评价研究[J]. 中国管理科学, 2004(1): 68-74.
- [6] 秦辉, 傅梅烂, 黄宏斌. 科技型中小企业创新策略选择[J]. 商业时代, 2005(14): 36-37.
- [7] 赵爽. 科技型中小企业信用风险评价及其研究意义[D]. 北京化工大学, 2007.
- [8] 唐宗放. 引入自主创新能力的的高新技术企业信用风险评估研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.
- [9] Wang G J Hao, J Ma H Jiang. A comparative assessment of ensemble learning for credit scoring [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(1): 223-230.
- [10] 夏恩君, 严薇, 刘宁. 我国区域技术溢出效应分析——基于中国 29 个省市 1990—2007 年面板数据的经验研究[J]. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2011(4): 1-7.
- [11] 向晖, 杨胜刚. 个人信用评分关键技术研究的新进展[J]. 财经理论与实践, 2011(4): 20-24.

Research on Evaluation Index System of High-tech SME Credit Risk

HUO Haitao

(Department of Public Administration, University of International Relations, Beijing 100091, China)

Abstract: In this research, based on summarized previous research results, combined with current Chinese high-tech small and medium-sized enterprises' (SME) own characteristics, through expert advice and documentary method, a credit risk evaluation system of high-tech small and medium-sized enterprises is constructed. This system is mainly composed of 19 indicators. The evaluation index system includes financial and non-financial indicators. As evaluation methodology, factor analysis and questionnaire method are combined to determine the weights of each indicator and empirical study of cases is used to demonstrate that this system is both effective and practical.

Key words: high-tech SME; credit rating; factor analysis; AHP

[责任编辑: 孟青]

(上接第 59 页)

Research of Customer Satisfaction Index Model Based on PLS Algorithm

ZHAO Fuqiang¹, LIU Jinlan², PENG Yue²

(1. Institute of Technology, Tianjin University of Finance & Economics, Tianjin 300222, China;

2. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Customer Satisfaction measurement regular model is put forward by comparing with Customer Satisfaction measurement model at home and abroad. This paper presents the setup, estimation, assessment of Customer Satisfaction regular model and adapts PLS algorithm to estimate the parameters. The missing data processing method of Partial Weight Setup Newly is proposed to estimate missing values when outer estimate is processed. At last, the system is applied to evaluate some food company and get the standardized path coefficients. The results show that the model meets the Uni-dimensionality, has good expository ability as well as convergent validity and Good-Fit test. The case results prove the feasibility and validity of the model. It offers a useful approach for research of PLS path modeling and missing data processing.

Key words: partial least square path modeling; missing value; customer satisfaction degree

[责任编辑: 孟青]