

基于 Kano 模型视角的民航服务质量动态预测研究

孔祥芬, 张凯奇, 陈 鹏

(中国民航大学 航空工程学院, 天津 300300)

摘要:针对传统 Kano 模型对质量要素定量化研究的缺陷以及分类准则上的模糊性,提出应用相似度理论量化改进的 Kano 模型。并基于灰色度理论的 GM(1,1)模型和马尔可夫链稳态理论,对评价模型中质量要素的 Kano 模型分类结果进行动态预测分析。通过对民航服务数据的实证分析,验证了两种模型的适用性。

关键词:Kano 模型;相似度;灰色系统理论;GM(1,1)模型;稳态概率

中图分类号:F560 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)09-0123-10

1 研究背景

根据有关数据显示,我国航空运输业处在在高速发展时期。但伴随着高速发展的同时,一些问题也渐渐凸显出来,尤其是航空服务质量方面的问题层出不穷。近年来,通过媒体报道的霸机事件、机舱内冲突事件频繁发生,顾客满意度偏低,投诉率居高不下,已经成为制约民航业发展的障碍,并且给相应的航空公司造成了严重的经济损失。也正因为如此,通过研究我国民航业的特点,探究并找到有效的评价模型,进而找到改善服务质量的管理策略,提高顾客满意度,具有很高的实用价值。

Kano 模型起源于狩野纪昭^[1]教授有关魅力质量要素生命周期的相关理论,并在近几十年吸引了国内众多学者的探讨和研究。Kano 模型研究的是“质量的量”对“顾客满意度”影响的不同方式,因此在资源优化方面有众多应用,如白涛^[2]等人应用模糊集理论改进 Kano 模型,对相关质量要素进行有效评价,并给出了具体的优化改善建议。同样借助模糊数学理论对 Kano 模型进行改进的,还有印度学者 Avikal S^[3]等人,他们在实际应用中,对 Kano 模型、AHP 和 M-TOPSIS 三种方法进行改进,并最终依据评价结果对组件拆卸工作的最优顺序和优先关系给出方案。Kano 模型研究涉及到顾客心理分析,Tontini G^[4]等人基于心理学角度研究了质量属性与满意度之间相互影响。施国洪^[5]应用 Kano 模型对图书馆服务质量属性进行了调研和分析,并从顾客满意系数角度探索了质量要素对提升满意度或解除不满效果量化关

系。也正是由于 Kano 模型涉及到顾客复杂心理分析,所以模型天然具有定性分析的性质,也自然相对应的具有量化分析方面的短板。

随着工业时代的发展,定制型个性化小批量生产将成为一种趋势,顾客个人的实际感受在工业产品设计中的作用也越加凸显。企业只有不断创新以满足顾客个性化需求才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。而许多企业之所以没有达到财政目标和顾客满意的原因就是并未聚焦顾客需求或者是对顾客需求关注不够^[6]。Kano 模型是分析顾客需求的良好工具,因而在工业产品设计方面,Kano 模型的应用也十分广泛。K Matzler^[7]教授首次将 QFD (Quality Function Development)与 Kano 模型结合使用,对产品设计进行优化。国内学者段黎明和黄欢^[8]应用 Kano 模型对质量要素的定性分类作用,来解决 QFD (质量功能配置)应用过程中遇到的两个质量要素用户需求程度相近时两难的问题。李兴国^[9]等人同样将 Kano 模型和 QFD 结合,基于模糊集理论给出了供应商选择方案。在啤酒杯设计案例研究中,巴西学者 G Tontini^[10]等人借鉴 Kano 模型和 QFD 各自的优点,对产品需求进行了分析,并得到了优化后的设计方案。

最初提出的传统 Kano 模型,其统计原则、分类准则以及综合评价等方面的理论相对不成熟。因而许多学者进行了研究和改进。针对量化传统 Kano 模型的研究,Q Xu^[11]等人首次提出分析型 Kano 模型(A-Kano),解决了传统 Kano 模型分类定性化的

收稿日期:2016-04-21

作者简介:作者简介:孔祥芬(1974—),女,山东济南人,中国民航大学航空工程学院,副教授,博士,研究方向:质量工程;张凯奇(1989—),男,中国民航大学航空工程学院,硕士研究生;陈鹏(1990—),男,中国民航大学航空工程学院,硕士研究生。

固有弊端, 量化后的 A-Kano 模型具有更广的应用和更好的决策支持作用。孟庆良^[12]等人借鉴分析型 Kano 模型对我国物流行业进行了实证分析, 对服务质量提升决策提出相应的建议, 也是对分析型 Kano 模型应用于各领域适应性的积极探索。同样研究量化 Kano 模型问题时, Wu M^[13]等人引入模糊理论, 用来解决由于问卷中语言学引起的不确定不精确性, 以及在分类原则上由于不连续性质引起的问题。此后 Lee^[14-15]等人进一步改进 Kano 模型, 通过计算非标准属性的相似度, 给出了 Kano 模型分类细化原则, 为分类标准提供新的思路。Lee 在优化分析型 Kano 模型的文章中, 结合分类结果与相应的优先级, 给出了质量提升指数的计算公式。

在动态预测相关问题上, 王海全^[16]提出基于多变量灰色模型的顾客动态需求预测方法, 提高了预测精度的同时, 降低了预测模型的实用难度。姚海^[17]等人利用回归分析、灰理论和反转神经传播网络建立组合组侧模型, 对产品功能需求分析中的重要度动态变化进行了预测分析。杨慧^[18]以民航运输业为背景, 对顾客购票行为研究做了深入分析, 构建了乘客购买效用度量框架。R. Rajesh^a等人^[19]研究供应链风险问题时, 应用整合灰色理论与有向图矩阵, 来量化供应量风险环节策略研究。CC Hsu^[20]结合灰色理论和神经网络, 对台湾地区电力需求进行了预测分析, 并证实经过修改残余项的模型精度更高。Hastings W K^[21]等人将随机过程的马尔科夫链引入蒙特卡洛 (Monte Carlo) 模拟中, 即 MCMC (Markov Chain Monte Carlo), 克服传统蒙特卡洛模拟的高维、静态的缺陷, 提高估算精度。

从以上文献研究对比中可以发现, 理论上分析型 Kano 模型虽然在量化上更加彻底, 但在实际数据收集上由于设定更加细化的评分选项而导致的难点不可避免, 并且考虑到问卷调查者复杂的产品或服务心理感受, 过度量化本身存在不合理之处。本文基于以上考虑, 利用量化改进 Kano 模型对民航服务质量进行评价分析, 克服了分析型 Kano 模型过分量化的缺点, 也同时解决了传统模型分类统计标准的不精确、归类准则不合理的缺陷。最后, 以更加合理准确的分类结果为出发点, 通过 GM(1,1) 预测模型和稳态概率预测模型, 对其中的两项关键性的魅力要素质量进行预测研究, 预测出下一时间点质量属性归类变化情况, 并结合实际数据探究预测模型的适用性。

2 改进型 Kano 模型

2.1 Kano 模型理论背景

受到赫兹伯格双因素理论的启示, 日本质量管理专家狩野纪昭^[22-23]提出了 Kano 模型的原始概念。Kano 模型的主要观点是: 顾客满意度与产品或服务的绩效之间有着非线性关系。这样, 对于不同的质量要素, 就可以通过其变化曲线着手研究提升满意度所需的产品质量提升的成本, 进而为企业作出产品改善决策提供参考。

对于不同质量要素与用户满意度之间的非线性关系, 狩野纪昭教授将产品或服务要素大体分为五类: 魅力质量要素 A (Attractive quality elements)、一维质量要素 O (One-dimensional quality elements)、必备质量要素 M (Must-be quality elements)、无差异质量要素 I (Indifferent quality elements)、逆向质量要素 R (Reverse quality elements)。质量是企业主要竞争力之一, 因而在企业管理中对质量的管理和把控是非常重要的。另一方面某一质量要素在时间变化过程中, 其属性的归类也动态变化着。进一步讲, 借助 Kano 模型可以寻求消费者对质量要素的态度和变化规律, 进而为企业的质量管理提供信息参考, 这也是 Kano 模型近些年来备受关注和推崇的原因。

对于问卷设计这一块, Kano 模型设计正反两个问题: 具有某质量要素时的服务感受, 不具有该质量要素时的服务感受。服务感受分为: 喜欢、理应如此、无所谓、可以忍受和不喜欢。传统分类方法如表 1 所示。

表 1 传统 Kano 模型分类表

		不具有该质量要素				
		喜欢	理应如此	无所谓	可以忍受	不喜欢
具有该质量要素	喜欢	Q	A ₁	A ₂	A ₃	O
	理应如此	R ₁	I ₁	I ₂	I ₃	M ₁
	无所谓	R ₂	I ₄	I ₅	I ₆	M ₂
	可以忍受	R ₃	I ₇	I ₈	I ₉	M ₃
	不喜欢	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	Q

传统 Kano 模型缺陷也很明显, 分类原则过于主观, 分类的筛选原则过于粗略, 使有用信息损耗过多。例如 A₁、A₂、和 A₃ 之间, 虽然同为魅力质量要素, 但事实上他们之间是有差别的, 而在无差异质量要素 I 的九个选项中, 这种信息损耗就显得更加明显了。Kano 模型从本质上说属于定性分析工具, 这个问题也限制了模型在定量化研究和决策支持方面的作用。因而如何量化 Kano 模型, 显得十分有意义。

2.2 改进 Kano 模型

表 2 是本文改进后的 Kano 模型分类标准表, 将

介于不同标准的质量要素之间的区别细分,从而算出魅力质量要素 A、一维质量要素 O、必备质量要素 M、无差异质量要素 I、逆向质量要素 R 五类质量要素在整个评价系统中的真实所占的百分比。在表 2 中,A、O、M、R、I₁、I₂、I₃ 分别是魅力要素、一维要素、必备要素、逆向要素和三种无差异要素的标准形式,而 Q 则代表过渡属性的非基本质量要素,进而要引入相似度理论进行细化分类。

表 2 改进后的 Kano 模型分类表

		不具有该质量要素				
		喜欢	理应如此	无所谓	可以忍受	不喜欢
具有该质量要素	喜欢	I ₁	Q	A	Q	O
	理应如此	Q	Q	Q ₁	Q	Q
	无所谓	Q	Q	I ₂	Q	M
	可以忍受	Q	Q	Q	Q	Q
	不喜欢	R	Q	Q	Q	I ₃

如果一个非标准属性(non-canonical judgment, NJ)与它邻近的标准属性(canonical judgment, CJ)的相似度用 S_{NJ} 表示,与他们之间的距离成反比,与标准属性的数量成正比,则相似度 S_{NJ} 可以表示为:

$$S_{NJ}(CJ_i) = \frac{f_{NJ}(CJ_i)/d(NJ, CJ_i)}{\sum_i f_{NJ}(CJ_i)/d(NJ, CJ_i)} \quad (1)$$

其中 $f_{NJ}(CJ_i)$ 为与非标准属性 NJ 邻近的第 i 个标

准属性的数量, $d(NJ, CJ_i)$ 则为非标准属性 NJ 与第 i 个标准属性 CJ_i 之间的距离。则由此理论可以计算出 Q_i 对应的与 A 和 I₂ 的相似度 $S(A)$ 和 $S(I_2)$ 为:

$$S(A) = \frac{f(A)/1}{f(A)/1 + f(I_2)/1} \quad (2)$$

$$S(I_2) = \frac{f(I_2)/1}{f(A)/1 + f(I_2)/1} \quad (3)$$

其中, $f(A)$ 为标准魅力质量 A 的统计数量, $f(I_2)$ 为无差异质量要素 I₂ 的统计数量。若出现某些标准属性数量为 0 而导致无法计算时,则取定为最小值 1。则根据以上三个公式,可以计算出改进 Kano 模型中其他 Q 对应的相似度,进而可以精确计算五种属性的数量 $F(X)$, 其计算公式为:

$$F(X) = \sum_{\forall j} [f(j) \times S_j(X)] \quad (4)$$

其中 $f(j)$ 为改进的 Kano 质量属性分类表中某属性的统计数量, $S_j(X)$ 则为此属性与邻近属性 X 的相似度(显然,如果此属性为标准属性 X,则相似度 $S_j(X)$ 取 1)。

根据上述相似度理论,统计出了各个质量要素根据改进型 Kano 模型的分类结果,如下表 3 所示。由于篇幅限制,此处仅给出 2015 年十月份收集的数据,包括相关题项和相对应的服务质量 Kano 分类统计结果。

表 3 第三阶段 Kano 模型分类统计

质量要素 编号	服务质量要素详细描述	质量要素对应分类数			
		E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
E ₁	航班起飞前 24 小时为您提供航班动态信息及值机提醒业务	13.63	7.05	0.00	98.07
E ₂	晚点后,预留登机牌	3.26	0.00	3.52	118.19
E ₃	航班取消,提供相应赔偿或者下一航班的候补选择	9.07	1.00	4.58	115.69
E ₄	在候机室休息时,提供咖啡等自助饮品	96.61	22.54	0.83	11.02
E ₅	机舱服务人员主动引导,并在有困难的情况下主动帮你整理行李等	6.82	1.40	0.09	123.69
E ₆	机内提供多样化的报刊杂志,以及播放时效性很强的大众化娱乐视频	77.09	19.62	2.13	19.09
E ₇	飞机上提供付费的娱乐电子产品(iPad、PSP 游戏机等)	10.79	111.17	0.19	6.67
E ₈	机上除了免费餐饮外,提供付费的自助餐饮	46.81	42.71	1.40	42.08
E ₉	飞机着落前提供目的地相关信息和转机信息服务	9.89	0.14	3.70	116.85
E ₁₀	机上服务人员为您介绍公司产品、会员优惠促销等服务信息	3.86	95.79	0.29	7.01
E ₁₁	对特殊群体(老人、小孩、孕妇等)提供特殊照顾	1.14	0.00	6.98	114.01
E ₁₂	服务人员能够主动积极友好的解决您遇到的问题	9.42	0.11	0.31	122.15
E ₁₃	对航班延误或取消后,提供积极妥善的解决方案,并做出积极反馈回访	0.20	3.00	0.36	128.43
E ₁₄	提供快捷的行李托运办理服务,并且超重行李部分收费合理	2.57	3.25	2.30	123.88
E ₁₅	机舱内环境舒适、整洁,乘务人员制服端庄,态度友好	0.20	3.75	2.28	125.78

针对 Kano 模型最终归类问题的判断,最简单直接的办法就是选取数据中分布数最大的归属类为其分类结果。例如质量要素 E_1 分类结果中,四种 Kano 模型分类的分布数为 $E(A)=13.63, E(I)=7.05, E(M)=0.00, E(O)=98.07$,很显然其归类结果为一元质量 O。但是这种归类判定准则可能会出现几种问题:当出现两个或者多个最大分布数时,归类结果如何确定?或者是当两个质量要素根据这个准则归类结果相同(即最大分布数属于同种 Kano 分类),但是除了最大分布数以外,其他各类分布情况差异很大时,如何有效地区分其差异性呢?

针对这个问题, Lee M^[24] 等人提出混合分类判断准则。计算 TS (Total Strength)、CS (Category Strength), 当 $TS \geq 60\%$ 且 $CS \leq 6\%$ 时,判断其为混合类属性,否则按照分布数最大原则判断其归类。其中 TS、CS 定义如下:

$$TS = \frac{M + O + A}{M + O + A + I + R + Q} \quad (5)$$

$$CS = \frac{Max - Min}{M + O + A + I + R + Q} \quad (6)$$

陈波波^[25] 等人在研究 Kano 模型分类判断准则时,提出最大领先度概念进行改进。这种方法有效解决了归类原则问题,但是作者在显著性取值问题上,并没有给出具体的标准,只提出应用经验法、半数法或者是专家打分法来进一步确定显著水平。最大领先度中的计算方法比较复杂,且没有得到广泛认可的显著性水平获取方法,使得其实际应用上受到很大限制。孟文^[26] 等人则应用模糊 Kano 模型,引入置信水平 α , 对 Kano 模型分类结果进行判断。在实证中分别取定了 $\alpha = 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7$, 并在快递行业中进行了对比分析实证。虽然在实例中,对比传统 Kano 模型分类结果,选择 $\alpha = 0.4$ 更为合理,但是置信水平 α 的获取有一定的主观性,且没提供一般情况下的置信水平获取方法,因而使得其应用受到很大限制。

本文在以上理论基础上,对 Lee 等人的理论进行改进,使得控制 $TS \geq 60\%$ 前提下,设定适当的 β 值 ($CS \leq \beta = 8\%$),使得筛选出的混合类属性的占比满足实验要求。这种设定有其合理性,因为混合类属性并非属于 Kano 模型分类中的 6 中属性之一,仅仅是属于两类之间的临界值点。如果以平面区域划分为例,则混合类数据集则为 Kano 图型中线上的点,而标准属性点则落在各个区域中。显然控制混合类属性占比较小符合实际情况,并且能有效控制信息丢失。

失。

3 灰色度理论 GM(1,1) 模型与马尔科夫稳态模型

3.1 灰色理论与 GM(1,1) 模型

3.1.1 灰色理论简介

1982 年,中国学者邓聚龙教授创立的灰色系统理论^[27],是一种研究少数据、贫信息不确定性问题的新方法。灰色系统理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过对“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对系统运行行为、演化规律的正确描述和有效监控。用“灰”表示部分信息明确、部分信息不明确。相应地,部分信息不明确的系统称为灰色系统。

常用的预测方法可以分成这样几类:概率外推、函数外推、经验外推等方法的预测:如德尔菲法、统计趋势预测、回归分析预测、马尔可夫模型预测、最小方差预测等,共同点是对大样本量的追求。灰色理论预测与传统预测对比而言,在实际应用上有明显的优势,即灰色预测允许少数据预测,允许对灰因果律事件进行预测(所谓“灰因”即原因信息量并不充足,介于信息完全和信息缺失之间)。

灰色理论基本概念:AGO 累加生成序列:定义 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 为原序列 $x^{(1)}$ 是 $x^{(0)}$ 的 AGO 序列,记为 $x^{(1)} = AGO x^{(0)}$, 其中:

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m), k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

均值生成:称 $z^{(1)} = MEAN x^{(1)}$ 为 $x^{(1)}$ 的 MEAN 序列(紧邻生成序列),当其满足下面关系时:

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad (8)$$

GM(1,1)的定义型(即 GM(1,1)的灰微分方程模型):

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (9)$$

其中 $x^{(0)}(k)$ 为灰导数, a 为发展系数, $z^{(1)}(k)$ 为白化背景值, b 为灰作用量。

GM(1,1)白化方程:

称一阶线性微分方程: $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ 为 GM(1,1)模型的白化方程。

在实际预测中,也是应用白化方程的解。

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t-1)} + \frac{b}{a} \quad (10)$$

在 $t = k$ 处的值,来近似逼近代替灰色微分方程

GM(1,1)的真实解 $x^{(1)}(k)$ 。

3.1.2 精度分析与背景值构造

GM(1,1)矩阵方程为: $Y = BP$

其中 $Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T$ 为数据

向量, $B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$ 为数据矩阵, $P = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ 为

参数向量。可以求得上述方程的参数解为 $P = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} =$

$(B^T B)^{-1} B^T Y$ 在以上分析中最终得到的白化方程的解的形式可以看出, GM(1,1)模型的预测精度取决于参数 a, b 。而参数 a, b 的计算方法由 $P = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} =$

$(B^T B)^{-1} B^T Y$ 给出, 即取决于原始序列 $x^{(0)} =$

$(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 和背景值 $z^{(1)}(k)$ 的构造。换言之, 预测精度从本质上是取决于背景值 $z^{(1)}(k)$ 的。罗党, 刘思峰^[28]等人在文献中指出, 背景值的构造, 是导致模拟误差 $\epsilon^{(0)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(0)}(k)$ 产生, 以及影响模型适用性的关键性的因素之一。王洪国^[29]等人基于刘思峰等人的研究理论, 进一步探讨了背景值 $z^{(1)}(k)$ 在优化中忽略 $\frac{b}{a}$ 而造成的误差影响, 重构了一种精确的、优化的背景值 $z^{(1)}(k)$ 的构造公式, 使得 GM(1,1)模型的模拟精度和适用性进一步的提高。新型背景值构造方法的 GM(1,1)模型不仅拟合、预测精度高, 并且对于高、低指数增长序列建模同时适用。此外, 杨华龙, 谭冠军, 姜艺羨等学者^[30-32], 也对 GM(1,1)的背景值优化、模型改进方面作了深入研究, 对 GM(1,1)模型预测精度提高提供了新的思路。

改进后的背景值构造公式:

$$z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)}{\ln x^{(1)}(k) - \ln x^{(1)}(k-1)} \quad (11)$$

王洪国等学者指出, 白化方程的微分解为:

$$x^{(1)}(t) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t-1)} + \frac{b}{a} \quad (12)$$

则这种假设成立的前提是 $\frac{b}{a}$ 的值可以忽略。考虑到这点, 进而提出更加精确的背景值构造公式:

$$z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)}{\ln[x^{(1)}(k) - x^{(1)}(1)] - \ln x^{(1)}(k-1)} - \frac{x^{(1)}(1) \cdot x^{(1)}(k-1)}{x^{(0)}(k) - x^{(1)}(1)} \quad (13)$$

经过实际预测和真实值的对比实证, 证实了改进

后的背景值构造公式确实有较好的精度, 并且适用于高增长指数序列(发展系数的绝对值较大的序列)。

3.1.3 灰色理论预测模型的可行性检验与精度检验

若建模序列 $x^{(0)}$ 的级比 $\sigma^{(0)}(k)$ 满足 $\sigma^{(0)}(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$, 例如: $n = 3$ 时, $\sigma^{(0)}(k) \in (0.607, 1.649)$ 则认定 $x^{(0)}$ 是可作 GM(1,1)建模的。本文研究时选用的序列是从三个时间间隔采集的序列, 因而取定判断区间为 $\sigma^{(0)}(k) \in (0.607, 1.649)$ 。

事中检验: 这里针对 GM(1,1)模型主要有三种事中检验方法: 检验方法有残差检验、后验差检验和级比偏差检验。本文涉及相对残差检验, 只对其他方法进行简单介绍。残差检验: 定义 $\epsilon(k) = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} 100\%$ 为 GM(1,1)的残差, 其中 $x^{(0)}(k)$ 为原始序列, $\hat{x}^{(0)}(k)$ 为模型值。相对应的, 级比偏差定义为: $\rho(k) = \frac{\hat{\sigma}^{(0)} - \sigma^{(0)}(k)}{\sigma^{(0)}(k)} 100\%$, 其中 $\hat{\sigma}^{(0)}$ 为原始序列级比 $\sigma^{(0)}(k)$ 的模型值。以相对残差为基准对指标进行评定等级, Yang^[33]等人得到下表所示的参数作为 GM(1,1)模型适应性判定参考。

表 4 残差检验—相对误差

精度等级	一级	二级	三级	四级
指标临界值(上界)	0.01	0.05	0.10	0.20

3.2 马尔科夫链稳态模型

随机过程(stochastic process)是指依赖于一个变动参数 t 的椅子随机变量 $\{X(t), t \in T\}$ 。变动参数 t 所有可能取值集合 T 成为参数空间。 $X(t)$ 的值所构成的集合 S 称为随机过程的状态空间。

马尔可夫分析只涉及随机过程的一个子类—马尔可夫过程。马尔可夫过程的判断依据是: 若已知时间 t 系统处于状态 X 的条件下, 在时刻 $\tau (\tau > t)$ 系统所处的状态与时刻 t 以前系统所处状态无关。马尔可夫过程的具体定义如下:

设 $\{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$ 是一个随机序列, 用 " $X_n = i$ " 表示时刻 n 系统处于状态 i 这一事件, 称 $p_{ij}(n) = P(X_{n+1} = j | X_n = i)$ 为事件 " $X_n = i$ " 出现的条件下, " $X_{n+1} = j$ " 出现的条件概率, 又称为系统的一步转移概率, 若对于任意非负整数 $i_1, i_2, \dots, i_{n-1}, i, j$ 以及一切 $n \geq 0$, 有 $P(X_{n+1} = j | X_n = i, X_k = i_k, k = 1, 2, 3, \dots, n) = P(X_{n+1} = j | X_n = i) = p_{ij}(n)$, 则称 $\{X_n\}$ 为一个马尔可夫链。

显然质量要素的 Kano 分类属性归属, 是属随机过程的, 其状态空间为 $\{A, I, M, O, R\}$ 。某确定的质

量要素在某时刻所处的 Kano 分类属性,仅与上一时刻所处状态有关,因而是属于马尔可夫过程的。

当某产品市场发展成熟时,根据市场原则遴选出的质量要素,其根据 Kano 模型分类结果应该是稳定的,即落入 Kano 模型五种分类的占比应该是趋于稳定的。本文正是基于这种假设,引入马尔科夫稳态模型来进行预测的。马尔可夫过程的稳态概率定义如下:

根据马尔柯夫假想,对于一个马尔可夫链,若已知初始状态概率 $\lambda_i^0 = p\{X_0 = i\}$ 和一步转移矩阵 P ,就可以求出任意时刻过程处于某种状态的概率 $\lambda_j^n = p\{X_n = j\}$ 。这时 $\lambda_j^n = p\{X_n = j\}$ 为系统的瞬态概率。实际应用中研究者感兴趣的是当 $n \rightarrow \infty$ 时,在统计平衡条件下系统所处状态的概率分布,及马尔可夫链的最终稳定状态。

在 Kano 模型对质量要素分类过程中,希望找到某个特定行业中不同质量要素的占比。对于服务质量要素,Kano 博士指出必备要素 M 和一维质量要素 O 应该占大多数的,这适用于不同行业,但对于研究的某个特定的行业时,弄清楚不同质量要素的占比问题,则显得很重要。利用马尔可夫链稳态概率来预测某个选定的质量要素在达到稳态时不同的 A、M、O、I、R 所占的比例,进而确定其在稳态时的 Kano 分类,这可能为航空公司做出质量决策提供有价值的参考。

为了研究系统经 k 步转移后的状态,需要清楚各个状态之间的转移概率,则自然而然引出转移矩阵概念:若系统由状态 i 转移到状态 j 的概率为 p_{ij} ,其中

$$p_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$
。把各个状

态之间的一步转移概率排成矩阵得 $P =$

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}$$
,称 P 为转移矩阵。显然转移

矩阵是一个概率矩阵,决定了各个状态之间的转移规律。

而本文研究则是在时间间隔 T 固定时(本研究取定 $T = 30$ 天),各个质量要素的 Kano 模型分类间转移概率 p_{ij} 固定的假设下研究的。马尔可夫过程符合泊松分布,其参数 λ 是常数,因而两状态间转移概率 p_{ij} 固定,进而转移矩阵 P 也是固定的。本研究的关键,就在于如何通过数据分析,得到准确的转移矩阵,对稳态下的 Kano 模型分类占比进行预测。

3.3 两种模型预测步骤及意义

根据以上理论,预测模型研究分成两个步骤。第一步:根据民航服务质量相关信息,结合改进型 Kano 模型设计问卷;第二步:应用 GM(1,1)模型和马尔可夫稳态模型进行数据模拟和预测。对于 GM(1,1)模型的实验步骤如下:

- 1) 获取原始序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2) \cdots, x^{(0)}(n))$;
- 2) 求出相应的 $X^{(0)}$ 序列的 1-AGO(累加生成)序列 $X^{(1)}$;
- 3) 根据公式(13)得到白化背景值序列 $Z^{(1)}$;
- 4) 由公式 $P = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 计算得到参数 a, b 的值;
- 5) 由参数 a, b 得到最终的预测的时间响应函数,即公式(10)所示;
- 6) 最后根据预测得到的 Kano 模型分类属性占比进行分类。

马尔可夫链稳态预测模型的步骤分为两步。首先,对两次调查数据进行标准化处理,得到各属性之间的转移矩阵 P 。最后求得稳态概率向量 X ,并结合改进 Kano 模型分类原则对预测结果进行分类。

对于 GM(1,1)模型的意义,根据狩野纪昭教授关于“魅力质量生命周期”的有关阐述,质量要素的生命周期如下:无关要素→魅力要素→一元质量要素→必备质量要素。质量要素的 Kano 属性并不是一成不变的,在市场的发展变化下,几乎所有的质量要素属性都在动态的变化着。从而研究质量要素变化的规律,并对其进行预测,对公司做出迅速及时的产品质量决策,有着很重要的参考价值。

对于稳态概率模型,一个发展相对成熟的市场,考察的质量要素的分布规律也应该是稳定的。或者说,可以从竞争力优势不同的企业的数据对比中,探究出质量要素 Kano 模型分类角度的最优占比,从而找到最优化的质量管理策略。这也对企业以提高竞争力而做出的质量调整决策,给出积极启示。

4 实证数据分析

数据收集和整理。问卷发放和回收通过两种方式,网络在线问卷发放和现场问卷发放形式。第一阶段,2015 年 8 月 10 号至 15 号,网络问卷发放 75 份,回收 53 份;现场问卷发放 75 份,回收 67 份;剔除有问题问卷 6 份,共收集有效问卷 114 份,有效回收率为 76%。第二阶段为 2015 年 9 月 10 号至 15 号,网络问卷发放 75 份,回收 62 份;现场问卷发放 75 份,回收 61 份;剔除问题问卷 2 份,共收集有效问卷 121

份,有效回收率 80.7%。第三阶段为 2015 年 10 月 10 号至 15 号,网络问卷发放 75 份,回收 70 份;现场问卷发放 75 份,回收 68 份;剔除问题问卷 6 份,共收集有效问卷 132 份,有效回收率为 88%。最后的第四阶段,全部通过第三阶段 150 份问卷的网络和电话回访回收,其中有效联系方式 133 份,剔除有问题问卷 13 份,共回收有效问卷 120 份,有效回收率 80%。

根据 Kano 教授有关魅力质量生命周期的理论可推论,某个特定的质量要素处于 A(魅力质量)状态的时间,在整个生命周期中是最短的。而相比较而言,处于一维质量 O 和必备质量 M 的状态的质量要素相对稳定,在短时间内较难测出明显的变化,研究其变化规律需要的时间成本很高。此外考虑到对于公司质量决策方面的价值影响,显然由 A 为基态变化,对公司质量管理策略影响较大,而由 O 为基态的变化,公司质量管理策略上的调整相对小。为此,本文根据表 3 只选取处在魅力质量的 E_1 、 E_6 、 E_8 三个质量要素进行预测研究。表 5 给出了 E_1 、 E_6 、 E_8 四个阶段的分类统计结果。

表 5 第一阶段质量要素分类

质量要素编号	质量要素对应分类数			
	E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
E_1	18.33	14.00	7.32	73.70
E_6	63.21	14.01	4.43	30.29
E_8	57.88	42.00	2.02	13.21

表 6 第二阶段质量要素分类

质量要素编号	质量要素对应分类数			
	E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
E_1	15.57	9.92	2.07	95.06
E_6	89.04	22.22	1.50	12.52
E_8	44.43	46.66	4.42	15.80

表 7 第三阶段质量要素分类

质量要素编号	质量要素对应分类数			
	E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
E_1	13.63	7.05	2.10	98.07
E_6	77.09	19.62	2.13	19.09
E_8	46.81	42.71	1.40	42.08

表 8 第四阶段质量要素分类

质量要素编号	质量要素对应分类数			
	E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
E_1	12.00	11.23	10.07	78.09
E_6	70.55	15.05	8.21	23.99
E_8	49.01	40.89	2.33	29.91

以上表数据进行试验模拟预测,得到如下预测结果。由于篇幅限制,这里仅举例质量要素 E_1 的质量要素属性的实验预测演示步骤。

首先得到 E_1 的四种属性的原始序列(此处将数据进行标准化处理):

$$X_A^{(0)} = \{0.161711513, 0.126977655, 0.114778947, 0.107729599\}$$

根据 GM(1,1)可行性检验标准,计算原始序列的级比,计算得出的级比分别为: $\sigma^{(0)}(2) = \frac{x^{(0)}(1)}{x^{(0)}(2)} \approx 1.2735$; $\sigma^{(0)}(3) = \frac{x^{(0)}(2)}{x^{(0)}(3)} \approx 1.1063$; $\sigma^{(0)}(4) = \frac{x^{(0)}(3)}{x^{(0)}(4)} \approx 1.0654$, 并选择时间间隔为 3 时的级比覆盖的可容区间为: $\sigma^{(0)}(k) \in (0.607, 1.649)$ 。显然满足 GM(1,1)建模可行性判断准则的,数据是适合 GM(1,1)建模的。

进而得到相应的 1-AGO(累加生成)序列为:

$$X_A^{(1)} = \{0.161711513, 0.28868917, 0.40346812, 0.51119772\}$$

根据公式:

$$z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)}{\ln[x^{(1)}(k) - x^{(1)}(1)] - \ln x^{(1)}(k-1)} - \frac{x^{(1)}(1) \cdot x^{(1)}(k-1)}{x^{(0)}(k) - x^{(1)}(1)}$$

求得相应的白化背景值序列 $Z^{(1)}$,并求出参数 a 、 b 的值:

$$a = 0.0836$$

$$b = 0.1453$$

前四个阶段模型模拟值为: 0.1616 0.1264 0.1163 0.1070

其相应的残差检验实验值: 0.0000 0.0042 0.0132 0.0071

从拟合精度角度考虑,根据表 3 的评定等级可知,精度等级为一级,数据拟合效果较好,说明 GM(1,1)模型预测结果是适用的。

相应的时间响应函数为:

$$X_A^{(1)}(k+1) = -1.5761e^{-0.083623(k)} + 1.7377$$

从而可以根据上式对第五阶段进行预测(即 $k = 4$ 时),得到预测值为:

$$X_A^{(1)}(4+1) = -1.5761e^{-0.083623 \times 4} + 1.7377 \approx 0.6096828$$

同理可得到 E_1 、 E_6 、 E_8 三个质量要素各个属性的前四个阶段的模拟值和真实值,如下表所示。

表 9 GM(1,1)模型模拟值与真实值

		第一阶段				第二阶段			
		A	I	M	O	A	I	M	O
E ₁	真实值	0.161 7	0.123 5	0.064 6	0.650 2	0.127 0	0.080 9	0.016 9	0.775 2
	实验值	0.161 7	0.123 5	0.064 6	0.650 2	0.126 5	0.068 6	−0.006 2	0.798 2
E ₆	真实值	0.564 7	0.125 2	0.039 6	0.270 6	0.710 7	0.177 3	0.012 0	0.099 9
	实验值	0.564 7	0.125 2	0.039 6	0.270 6	0.709 7	0.180 8	0.000 1	0.104 4
E ₈	真实值	0.502 8	0.364 9	0.017 5	0.114 8	0.399 2	0.419 2	0.039 7	0.141 9
	实验值	0.502 8	0.364 9	0.017 5	0.114 8	0.383 1	0.402 7	0.035 1	0.196 3
		第三阶段				第四阶段			
		A	I	M	O	A	I	M	O
E ₁	真实值	0.112 8	0.058 3	0.017 4	0.811 5	0.107 7	0.100 8	0.090 4	0.701 0
	实验值	0.116 3	0.079 1	−0.020 0	0.761 6	0.106 9	0.091 4	−0.064 3	0.726 8
E ₆	真实值	0.653 7	0.166 4	0.018 1	0.161 9	0.598 9	0.127 8	0.069 7	0.203 7
	实验值	0.652 1	0.155 6	0.000 4	0.145 2	0.599 2	0.133 9	0.001 1	0.202 0
E ₈	真实值	0.352 0	0.321 1	0.010 5	0.316 4	0.401 3	0.334 8	0.019 1	0.244 9
	实验值	0.384 2	0.356 0	0.020 1	0.234 4	0.385 2	0.314 6	0.011 5	0.279 9

相应的时间响应函数为：

$E_1(A):X(k+1)=-1.5726e^{-0.0838(k)}+1.7343$

$E_1(I):X(k+1)=0.4443e^{0.1435(k)}-0.3208$

$E_1(M):X(k+1)=-0.00281e^{1.1706(k)}+0.0674$

$E_1(O):X(k+1)=-17.4361e^{-0.04686(k)}+18.0863$

$E_6(A):X(k+1)=-8.7503e^{-0.0846(k)}+9.3150$

$E_6(I):X(k+1)=-1.2969e^{-0.1501(k)}+1.4221$

$E_6(M):X(k+1)=6.1484e^{1.0838(k)}+0.03954$

$E_6(O):X(k+1)=0.2668e^{0.3302(k)}+0.0039$

$E_8(A):X(k+1)=133.9018e^{0.0029(k)}-133.3990$

$E_8(I):X(k+1)=-3.4679e^{-0.12345(k)}+3.8328$

$E_8(M):X(k+1)=-0.0820e^{-0.5584(k)}+0.0995$

$E_8(O):X(k+1)=1.0105e^{0.1775(k)}-0.8957$

将 k=4 带入可分别求得第五阶段预测值,根据预测值以及 Kano 模型分类原则得到分类结果如下表所示。

表 10 第五阶段预测值及 Kano 分类结果

	A	I	M	O	Kano 模型分类结果
E ₁	0.609 8	0.468 0	−0.233 2	3.630 3	O
E ₆	3.076 3	0.710 7	0.044 2	1.003 2	A
E ₈	2.041 6	1.716 3	0.090 7	1.159 9	A

通过统计第三次问卷和第四次问卷回访,得到的 E₁、E₆、E₈三者四种 Kano 属性归类之间的相互转化数据统计,如下表 11、12、13 所示。

表 11 E₁质量转换统计

质量元素 E ₁		第四阶段统计			
		E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
第三阶段统计	E(A)	0.88	0.12	0	0
	E(I)	0.05	0.90	0.05	0
	E(M)	0	0.10	0.85	0.05
	E(O)	0	0	0.24	0.76

表 12 E₆质量转换统计

质量元素 E ₆		第四阶段统计			
		E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
第三阶段统计	E(A)	0.77	0.23	0	0
	E(I)	0.06	0.82	0.12	0
	E(M)	0	0.11	0.84	0.05
	E(O)	0	0	0.22	0.78

表 13 E₈质量转换统计

质量元素 E ₈		第四阶段统计			
		E(A)	E(I)	E(M)	E(O)
第三阶段统计	E(A)	0.95	0.05	0	0
	E(I)	0.17	0.83	0	0
	E(M)	0	0.10	0.88	0.02
	E(O)	0	0	0.22	0.78

若转移矩阵为 P,稳态概率向量为 $X=[x_1\ x_2\ \cdots\ x_n]^T$,则根据平衡方程：

$$\begin{cases} P^T X = X \\ \sum_{i=1}^n x_i = 1 \end{cases} \quad (14)$$

可求出相应的稳态向量分别为:

$$\begin{cases} X_{E_1} = [0.2062 \ 0.4948 \ 0.2474 \ 0.0515]^T \\ X_{E_6} = [0.1003 \ 0.3847 \ 0.4196 \ 0.0954]^T \\ X_{E_8} = [0.7727 \ 0.2273 \ 0.0000 \ 0.0000]^T \end{cases}$$

5 结论

马尔可夫链稳态概率的预测结果显然,三者 Kano 归类中 E_1 属于无差别质量要素 I, E_6 属于必备质量要素 M, E_8 属于魅力质量要素 A。灰色度理论 GM(1,1)模型预测给出结果是 E_1 属于一元质量要素 O, E_6 属于魅力质量要素 A, E_8 属于魅力质量要素 A。两个预测模型只在 E_8 质量的 Kano 模型分类预测上保持完全一致。GM(1,1)模型时间间隔上选取的是 30 天,在本研究中可视为中短期预测模型;相对而言,马尔科夫稳态概率模型则在预测市场趋于稳定后的情况,这里可视为长期预测模型。

由预测结果可分析出以下几点建议:①“航班起飞前 24 小时为您提供航班动态信息及值机提醒业务”这项服务,在短期看来对顾客仍具有吸引力,但是随着信息时代高速发展,个人获取信息便捷和方式的提升,这项服务可能在逐渐转变为无差异质量要素,甚至被其他服务所替代。②“机内提供多样化的报刊杂志,以及播放时效性很强的大众化娱乐视频”这项服务,短期来看是魅力质量要素,提升乘客对航空公司的评价。随着民航运输业的发展成熟,航空公司提供的这项服务将被更多的乘客视为“理所应当具有的”,进而会演变成必备质量 M。③对于“机上除了免费餐饮外,提供付费的自助餐饮”这项,两个预测模型给出的结果都是魅力质量 A,这也说明此项服务对于乘客具有吸引力,反映了乘客对机上饮食方面的个性化需求。通过改进机上饮食,根据不同饮食文化背景提供更加个性化的服务,对航空公司提升服务质量十分重要。

本文基于相似度理论改进了 Kano 模型,对民航服务质量进行了细化分类,确定了涉及的质量要素的各个阶段分类结果。同时尝试性将灰预测中的 GM(1,1)模型和马尔科夫链中稳态概率模型应用到质量要素动态预测中,并进行了实证研究和预测分析。两个模型都不要求较大的数据样本量,这使得两者的应用更加方便,克服了传统预测模型对大量数据的要

求。本研究中 GM(1,1)模型模拟值出现负值,稳态概率模型预测值出现大于 1 的预测值,都是由于数据不稳定引起的。寻找确定数据稳定的最小样本量,将是进一步研究的一个方向。另一方面,本研究数据采集时间间隔较短,稳态概率模型中,转移矩阵获取以及多步转移概率矩阵的获取,最理想的方法是一段足够时间持续监测数据,而此处直接通过两次问卷得出的一步转移矩阵,在概率矩阵的稳定性以及预测稳定性和准确性,有待进一步的实证研究。

参考文献

- [1] 樊桦. 在全球化中创造魅力质量[J]. 中国质量, 2002(9): 32—34.
- [2] 白涛, 李中凯. 基于模糊 Kano 模型的顾客需求重要度计算方法[J]. 中国机械工程, 2012(8): 975—980.
- [3] AVIKAL S, JAIN R, MISHRA P K. A Kano model, AHP and M-TOPSIS method-based technique for disassembly line balancing under fuzzy environment[J]. Applied Soft Computing, 2014, 25: 519—529.
- [4] TONTINI G, SOILEN K S, SILVEIRA A. How do interactions of Kano model attributes affect customer satisfaction? an analysis based on psychological foundations [J]. Total Quality Management & Business Excellence, 2013, 24(11—12): 1253—1271.
- [5] 施国洪, 岳江君. KANO 模型在图书馆服务质量管理中的应用研究[J]. 情报杂志, 2009(8): 57—61.
- [6] 孟文, 韩玉启, 孟庆良, 周芬. 考虑顾客服务需求分类重组的同步多服务规划方法及其应用[J]. 技术经济, 2014(8): 68—75.
- [7] MATZLER K, HINTERHUBER H H. How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment[J]. Technovation, 1998, 18(1): 25—38.
- [8] 段黎明, 黄欢. QFD 和 Kano 模型的集成方法及应用[J]. 重庆大学学报, 2008(5): 515—519.
- [9] 李兴国, 明艳秋, 钟金宏. 基于 QFD 和 Kano 模型的供应商选择方法[J]. 系统管理学报, 2011(5): 589—594.
- [10] TONTINI G. Integrating the Kano model and QFD for designing new products[J]. Total Quality Management, 2007, 18(6): 599—612.
- [11] XU Q, JIAO R J, YANG X, et al. An analytical Kano model for customer need analysis[J]. Design Studies, 2009, 30(1): 87—110.
- [12] 孟庆良, 邹农基, 李晓萍, 安玲, 蒋秀军. 基于分析型 KANO 模型的物流服务质量提升决策方法[J]. 运筹与管理, 2012(2): 64—73.
- [13] WU M, WANG L. A continuous fuzzy Kano's model for customer requirements analysis in product development[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2012, 226(3): 535—546.

(下转第 153 页)

Margin Trading's Impact on the Volatility of the China Stock Market

ZHANG Pin, WANG Bo

(School of Management, Shanghai Polytechnic University, Shanghai 200093, China)

Abstract: Owing to time series has Nonlinear and strong random volatility, this research from the perspective of volatility, using the EGARCH (1,1) model to verify whether the margin tradings' influence on the stock market is different when the stock market at the stable or dramatic fluctuation stages. The results showed that: margin trading has different effects on the stock market's volatility in different stages. (A) In the case of changes in the stock market is relatively stable, the margin can control the volatility of the stock market, while when the stock market rising and dropping suddenly and sharply, it was able to significantly increased volatility of the stock market. (B) Stock market volatility has leverage effect. Bad news have a greater volatility of the stock market than the good news in a stable stage; while the good news leads to greater volatility than the bad news during the dramatic fluctuation stages.

Key words: margin trading; volatility; financing transactions; short sale; leveraged

(上接第 131 页)

- [14] LEE Y C, LIN S B, WANG Y L. A new Kano's evaluation sheet[J]. The TQM Journal, 2011, 23(2): 179-195.
- [15] LEE Y C, WANG Y L, LIN S B. The reformed analytical Kano model[C]//Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2012 9th International Conference on. IEEE, 2012: 676-679.
- [16] 王海权, 朱超. 基于多变量灰色模型的机械产品动态需求预测[J]. 机械设计, 2013(5): 13-17.
- [17] 姚海, 金烨, 严隽琪. 产品功能需求的定性及定量分析[J]. 机械工程学报, 2010(5): 191-198.
- [18] 杨慧, 宋华明, 周晶. 收益管理环境下乘客有限理性购票行为研究[J]. 管理科学学报, 2014, 17(6): 20-27.
- [19] RAJESH R, RAVI V, VENKATA RAO R. Selection of risk mitigation strategy in electronic supply chains using grey theory and digraph-matrix approaches [J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(1): 238-257.
- [20] HSU C C, CHEN C Y. Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting [J]. Energy Conversion and Management, 2003, 44(14): 2241-2249.
- [21] HASTINGS W K. Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications[J]. Biometrika, 1970, 57(1): 97-109.
- [22] 狩野纪昭, 梁红霞, 田彤坤. 质量进化: 可持续增长之路[J]. 中国质量, 2012(10): 14-18.
- [23] 狩野纪昭. 从质量到卓越经营[J]. 中国质量, 2012(2): 13.
- [24] LEE M C, NEWCOMB J F. Applying the Kano methodology to meet customer requirements: NASA's microgravity science program[J]. Quality Management Journal, 1997, 4(3): 95-106.
- [25] 陈波波, 齐佳音, 黄逸珺, 舒华英. 对 KANO 模型中质量要素评价倾向判定方法的改进[J]. 北京邮电大学学报: 社会科学版, 2007(2): 51-54.
- [26] 孟文, 韩玉启, 何林. 基于模糊 Kano 模型的顾客服务需求分类方法[J]. 技术经济, 2014(6): 54-58.
- [27] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [28] 罗党, 刘思峰, 党耀国. 灰色模型 GM(1,1) 优化[J]. 中国工程科学, 2003(8): 50-53.
- [29] 刘乐, 王洪国, 王宝伟. 基于背景值构造方法的 GM(1,1) 模型优化[J]. 统计与决策, 2009(1): 153-155.
- [30] 杨华龙, 刘金霞, 郑斌. 灰色预测 GM(1,1) 模型的改进及应用[J]. 数学的实践与认识, 2011(23): 39-46.
- [31] 谭冠军, 檀甲友, 王加阳. 灰色系统预测模型 GM(1,1) 背景值重构研究[J]. 数学的实践与认识, 2015(15): 267-273.
- [32] 江艺羨, 张岐山. GM(1,1) 模型背景值的优化[J]. 中国管理科学, 2015(9): 146-152.
- [33] YAMG C C. The refined Kano's model and its application [J]. Total Quality Management & Business Excellence, 2005, 16(10): 1127-1137.

The Research of Civil Aviation Service Quality Dynamic Prediction Based on The Kano Model

KONG Xiang-fen, ZHANG Kai-qi, CHEN Peng

(Aeronautical Engineering Institute, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Dealing with the indefinite rules of the traditional Kano model for quality classification, this paper puts forward a reformed Kano model. Classifying the selected civil aviation service quality elements, predict the quality elements classification of the Kano model basing on the theory of GM (1, 1) model and Markov chain theory. In the end, through a practical example of the civil aviation service analysis, verifies the applicability of the two models.

Key words: Kano model; similarity theory; grey system theory; GM(1,1) model; probability of stability