

# 基于 Kano 模型进行产品和服务模块划分的产品配置方法研究

熊婷

重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆, 400074;

**摘要:** 针对消费者个性化需求的多样性和复杂性, 考虑消费者偏好, 提出一种以 Kano 需求分析模型为基础进行模块划分的产品零部件和服务配置模块混合配置的产品配置方法。考虑消费者偏好、产品零部件配置约束、服务配置约束以及两者关联配置约束的综合影响, 以消费者效用和厂商利润最大化作为配置目标, 通过构建数学优化模型, 并应用算法求解, 获得最优的模块配置方案。在此基础之上, 以一个汽车制造厂商的具体定制过程为案例, 应用该模型进行实际求解, 得出了针对三类消费者的最优产品配置方案, 验证了所提出方法的实用性与可行性。

**关键词:** Kano 模型; 模块化; 产品配置

**DOI:** 10.69979/3029-2700.25.02.091

## 引言

产品配置作为大规模定制生产的核心环节, 其优化与管理已成为企业竞争优势的关键。武浩远等<sup>[1]</sup>在配置设计中综合考虑了供应商的影响, 以供应商综合能力最优、成本最优为目标提出了集成多准则供应商评价的产品配置方法。李嘉等<sup>[2]</sup>考虑模块的云制造成本和时间的不确定性, 以配置成本最小化为目的建立了云制造模式下的产品配置鲁棒优化模型。伊辉勇等<sup>[3]</sup>综合考虑消费者效用和厂商利润, 构建了产品和服务的混合配置过程模型。王秋月等<sup>[4]</sup>针对变更传播、生产状态约束及复杂产品模块化设计等特点, 提出一种面向需求变更的复杂产品配置更新路径优选方法。毕曦文等<sup>[5]</sup>通过需求降维对客户满意度因素进行筛选, 以便为不同类型需求的客户推荐最优的个性化产品配置方案。通过分析发现, 产品配置模型的构建和求解一直是产品配置研究关注的重点, 且成本最小化又是构造模型时较为重要的一个考虑因素, 同时又必须与客户需求紧密相关。

鉴于以上分析, 本文以 Kano 需求分析模型为基础, 将消费者需求定制模块进行分类, 以实现考虑客户需求下消费者效用最大化和企业利润最大化的产品配置为目标, 考虑产品零部件配置约束、服务配置约束和关联配置约束, 提出基于模块化设计方法解决客户需求驱动下的产品配置模型, 根据模型求解的结果, 为企业的生产决策提供一定的借鉴和参考意义。

## 1 模型分析与假设

### 1.1 模型假设

根据 Kano 模型, 假设我们有一个模块化产品族 P, 其由基础型、期望型和兴奋型需求模块组成。三类需求模块分别包含 M1、M2、M3 零部件或服务配置单元, 其中每一个配置单元中分别含 D1i (i=1, ..., M1) 个、D2i (i=1, ..., M2) 个、D3i (i=1, ..., M3) 个零部件或服务。

设  $x_{h\ ij}$  和  $y_{h\ ij}$  分别表示第 h (h=1、2、3 分别表示基础型、期望型和兴奋型需求模块) 配置模块的第 i 个零部件或服务配置单元的第 j 个配置元的配置状态。  $x_{h\ ij} = 0$  或 1 表示零部件配置元在最终产品配置中是否存在;  $y_{h\ ij} = 0$  或 1 表示服务配置元在最终的商品配置中是否存在。

### 1.2 配置约束条件

在产品设计与服务提供过程中, 存在多个维度的配置约束, 本文主要探讨零部件配置约束、服务配置约束和关联配置约束。三类配置约束的数学表达式分别为

#### 1.2.1 零部件配置约束公式表达

工程约束: 组合约束:  $x_{ij} - x''_{ij} = 0$ , 可选约束:

$\sum_{j=1}^n x_j - x''_{ij} \geq 0$ , 相斥约束:  $x_{ij} + x''_{ij} \leq 1$ ;

限制约束:  $\sum_{i=A}^N \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \leq V_0$ ;

渠道差异约束: 渠道相斥约束:  $x_{ij} + x''_{ij} = 1$ , 渠道相容约束:  $x_{ij} + x''_{ij} = 2$ ;

供应约束:  $\sum_{i=A}^N x_{ij} = 1$ 。

上式中:  $p_{ij}$  为配置元  $x_{ij}$  的价格,  $V_0$  为顾客购买这项产品所愿意支付的最高价格。

### 1.2.2 服务配置约束公式表达

强约束：\$y\_{ij} = 1\$；单选约束：\$\sum\_{j=1}^n y\_{ij} = 1\$；权限约束：\$Q - y\_{ij} \geq 0\$

上式中：\$Q=0\$ 或 \$1\$ 表示顾客是否满足权限。

### 1.2.3 两者关联配置约束公式表达

内置服务约束：\$x\_{ij} - y\_{ij} = 0\$；捆绑服务约束：\$x\_{ij} - \sum\_{i=1}^n p\_i = 0\$；增值性约束：\$x\_{ij} + y\_{ij} = 2\$

上式中：\$P = \{p\_1, p\_2, p\_3, \dots, p\_n\}\$ 为厂商为促进产品销售而提供的捆绑服务的集合；\$p\_i=0\$ 或 \$1\$ 表示是否选择捆绑服务 \$p\_i\$。

## 1.3 产品配置目标函数

### 1.3.1 消费者效用最大化

根据 Kano 模型对需求分类的定义，我们了解到满足基础型需求、期望型需求和兴奋型需求，消费者的满意度提升程度是不同的，所以，为了更加精确反应消费者的满意度程度，本研究引入一个效用影响因子 \$g\$，同时引入产品价格敏感系数 \$\eta\$ 和服务价格敏感系数 \$\theta\$，将消费者划分为价格低敏感人群，中等敏感人群和高敏感人群。根据文献[6]中消费者效用函数的定义，得到具体目标函数如下：

$$\begin{aligned} \max f_1 = & \left( \sum_{h=1}^3 g_h v_{01h} - \eta \sum_{i=A_h}^{N_h} \sum_{j=1}^{n_h} p_{h\ ij} x_{h\ ij} \right) \\ & + \left( \sum_{h=1}^3 g_h v_{02h} \right. \\ & \left. - \theta \sum_{i=a_h}^{m_h} \sum_{j=1}^{n_h} p'_{h\ ij} y_{h\ ij} \right) \end{aligned}$$

式中：\$\sum\_{h=1}^3 v\_{01h}\$ 和 \$\sum\_{h=1}^3 v\_{02h}\$ 分别为顾客为购买产品或服务所乐意支付的最高价格；\$\sum\_{h=1}^3 g\_h v\_{01h}\$ 和 \$\sum\_{h=1}^3 g\_h v\_{02h}\$ 分别代表消费者对购买产品或服务的预期效用；\$p\_{h\ ij}\$ 和 \$p'\_{h\ ij}\$ 为第 \$h\$ 配置模块中第 \$i\$ 个产品或服务配置单元的第 \$j\$ 个配置元的配置价格。

### 1.3.2 厂商利润最大化

企业的主要目标就是获得利润，因此我们需要考虑厂商利润最大化，具体的表达式为：

$$\begin{aligned} \max f_2 = & \sum_{h=1}^3 \sum_{i=A_h}^{N_h} \sum_{j=1}^{n_h} (p_{h\ ij} - c_{h\ ij}) x_{h\ ij} \\ & + \sum_{h=1}^3 \sum_{i=a_h}^{m_h} \sum_{j=1}^{n_h} (p'_{h\ ij} - c'_{h\ ij}) y_{h\ ij} \end{aligned}$$

式中：\$c\_{h\ ij}\$ 和 \$c'\_{h\ ij}\$ 分别为第 \$h\$ 个配置模块中第 \$i\$ 个产品或服务配置单元的第 \$j\$ 个配置元的厂商配置成本。

### 1.3.3 目标函数

依据文献[7]中提出的多目标规划问题处理方法，本研究引入了其对加权和算法的改进技术。这一方法有效地简化了多目标问题的求解过程，将多目标问题简化为单目标问题，提高了求解效率和可操作性。具体的转化过程为：

$$\max f = \sum_{i=1}^n \omega_i \frac{1}{f_i^*} f_i = \omega_1 \frac{1}{f_1^*} f_1 + \omega_2 \frac{1}{f_2^*} f_2$$

其中，\$\omega\_i \in [0,1]\$ 表示不同目标在总目标函数中的权系数，其中 \$\sum\_{i=1}^n \omega\_i = 1\$；\$f\_i^\*\$ 为单个目标函数的最优值；\$f\_i\$ 为具体的目标函数。

## 2 案例分析

汽车的在线定制功能涵盖了多种配置选项，包括车身颜色、电池等零部件配置以及购买方式、售后服务等附加服务及其关联配置。客户可以在选择基础配置版本的基础上，自主进行零部件和服务的个性化定制。根据某汽车公司的产品配置表，相关的产品配置状态以及单位产品配置成本见表 1。在产品配置状态（，）中，表示 2022 版配置中的配置价格，代表 2023 版配置中的配置价格。‘-’ 表示该项配置不可配。服务及关联配置（，，）用以表示不同服务水平下的配置价格，具体为（低等服务对应价格，中等服务对应价格，高等服务对应价格）。

表 1 该厂商在线定制的配置元可选状态表及售价成本表

配置模块	配置元配置状态（价格/成本：元）		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
基础配置	(386000/347400)	(426000/383400)	(338000/304200)
产品零部件配置	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	
电池		(58000/40600)	
颜色	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
		(10000/5000)	

轮毂	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> (3500/1840)	D <sub>3</sub> (9500/5000)	D <sub>4</sub> (1700 0/8940)	敏感系 数	配置元选择			最终配 置价格	消费者 效用	厂商 利润
						基础 型	期待 型	兴奋型			
内饰套 装购车 渠道选 装包	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub> (25000/1440 0, -)	E <sub>3</sub> (-, 16000/9230)		$\eta = \theta$ $= 0.2$	A <sub>13</sub> F <sub>11</sub> <sup>a</sup>	B <sub>22</sub> C <sub>22</sub> D	E <sub>33</sub> C <sub>31</sub> C <sub>32</sub> <sup>c</sup>	467600	387356	83758
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>			$\eta = \theta$ $= 0.6$	A <sub>13</sub> F <sub>11</sub> <sup>a</sup>	B <sub>21</sub> C <sub>22</sub> D	E <sub>33</sub> C <sub>31</sub> C <sub>32</sub> <sup>c</sup>	409600	235116	66358
	G <sub>1</sub> (7500/4500 ,-)	G <sub>2</sub> (6000/3600, -)	G <sub>3</sub> (-, 4600/2760)	G <sub>4</sub> (-, 9500/5 700)	$\eta = \theta$ $= 0.8$	A <sub>13</sub> C <sub>11</sub> I	B <sub>21</sub> D <sub>21</sub> E	E <sub>31</sub> G <sub>33</sub> C <sub>31</sub> <sup>c</sup>	361700	191516	44568
产品 服务及 关联配 置	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>									
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>									
	c <sub>1</sub> (0,1500/56 7,3000/1134 )	c <sub>2</sub> (0, 600/227,800/3 02)	c <sub>3</sub>								
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>								
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub> (300/113,50 0/189,800/302 )	e <sub>3</sub> (750/284,950 /329,1200/454 )								
	f <sub>1</sub> (9400/5640 )	f <sub>2</sub> (12100/7260 )	f <sub>3</sub> (12500/7500 )	f <sub>4</sub> (1330 0/7980 )							

在本案例的产品在线配置过程中,具体的约束关系如表 2 所示:

表 2 配置元之间存在的配置约束关系

零部件配置约束	服务配置约束	关联配置约束
模块 ABCDEFG 为供应约束	模块 abdf 为单选类服务模块	模块 c 为内置服务模块
A <sub>1</sub> 和A <sub>2</sub> 与E <sub>3</sub> G <sub>3</sub> G <sub>4</sub> 为相斥约束	配置元b <sub>2</sub> 与模块 d 为组合约束	配置元e <sub>1</sub> 和模块 f 为增值类服务配置元
A <sub>3</sub> 与E <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> 为相斥约束	模块 c 为强制性服务模块	配置元e <sub>2</sub> e <sub>3</sub> 为捆绑类服务配置元
F <sub>1</sub> 与F <sub>2</sub> 为渠道相斥约束		

参考文献<sup>[2]</sup>,两个目标函数在最终的单目标函数中的权值分别为 0.6 和 0.4。通过对目标客户进行调研,取 $\sum_{h=1}^3 v_{01h} = 399400$ ,  $\sum_{h=1}^3 v_{02h} = 14600$ 。三类消费者的价格敏感系数从低到高分别取 0.2, 0.6 和 0.8。令基础型、期望型和兴奋型的效用影响因子g分别为 1, 1.3 和 1.8。基于应用 Kano 模型,参考文献[8]对该汽车厂商所提供的基础型、期待型和兴奋型需求定制模块分类。则模型求解的配置方案如表 3 所示:

表 3 基于 Kano 模型模块划分的产品配置方案

通过算法对模型进行求解,获得了在不同服务水平下的具体配置方案。对于第一类型消费者,这类消费者对产品和服务的质量尤为关注,该方案的最终价格为 4 67600 元,此时消费者效用为 387356,厂商利润为 837 58 元。相对而言,第三类型消费者对产品和服务的要求较低,对价格更为敏感,其配置方案以最低价格实现基本效用,最终配置价格为 361700 元,消费者效用为 19 1516,厂商利润为 44568 元。第二类型消费者在追求性价比的同时,对价格的敏感度介于前两类之间,其最佳配置方案的价格为 409600 元,此时消费者效用为 2351 16,厂商利润为 66358 元。所有配置方案均满足三类约束,有效解决了在线定制中的产品与服务混合配置问题,优化了消费者效用与厂商利润,以满足不同消费者需求。

### 3 结束语

本文建立了一个产品与服务的混合配置模型,考虑产品零部件配置、服务配置及其关联约束的条件下,设置消费者对产品价格和服务价格的敏感系数以及体现消费意向的效用影响因子,以消费者效用和厂商利润最大化为目标,通过算法进行求解。然后通过对某汽车厂商在线定制的案例分析,验证了模型的有效性。研究表明,产品与服务的价格敏感度以及客户的消费意向在消费者配置选择中起着关键作用,这些因素不仅影响消费者的效用感知,还直接关系到厂商的利润水平。具体而言,消费者在选择产品配置时,价格的波动和个性化需求的变化对其决策过程产生了显著影响,从而导致厂商在设计产品和定价策略时必须考虑到这些因素的综合作用。因此,针对不同消费者群体,经销商应采取差异化的产品和服务策略,以更好地满足多样化的需求,提升消费者满意度。尽管本文从产品配置的角度探讨了定制过程中的混合配置问题,分析了不同配置选项对消费者效用和厂商利润的影响,但在消费者需求信息处理方面,未能充分考虑到需求的多样性及其随时间变化的动态性。因此,未来的研究应更多关注这方面对在线定制行为的影响,以及如何在不确定和变化的市场环境中

进行有效的需求预测和定制决策。

### 参考文献

- [1] 武浩远, 王建, 黎荣等. 集成多准则供应商评价的产品配置方法研究[J]. 机械设计与研究, 2019, 35(05): 126-130.
- [2] 李嘉, 杨东. 云制造环境下考虑不确定性的产品配置优化[J]. 系统管理学报, 2022, 31(02): 384-395.
- [3] 伊辉勇, 张露. 支持在线定制的商品和服务混合配置过程模型[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(01): 260-267.
- [4] 王秋月, 李玉鹏, 张娜等. 面向需求变更的复杂产品配置更新路径优选[J]. 计算机集成制造系统, 2022, 28(12): 3832-3846.
- [5] 毕曦文, 窦润亮, 南国芳. 考虑需求降维的个性化产品配置研究[J]. 工业工程与管理, 2023, 28(01): 9-165429.
- [6] 孙嘉轶, 王小飞, 滕春贤. 基于消费者效用的临期产品销售渠道选择及捆绑销售策略研究[J]. 管理学报, 2024(01): 1-10.
- [7] 黄柏雄, 周德俭, 袁海英. 基于改进加权和算法的模块化产品配置设计[J]. 机械设计与制造, 2016(04): 245-248.
- [8] 卢琛, 孟先春. 基于 KANO 模型的某型汽车客户需求的挖掘和分析[J]. 汽车工业研究, 2014(07): 43-46.

作者简介: 熊婷(2000-), 女, 汉族, 四川广安, 硕士研究生, 研究方向: 大规模定制。