

基于性能满意度的产品配置与变型设计范围界定算法*

范志君 姜兆亮 李 智

(山东大学机械工程学院, 济南 250061)

【摘要】 提出了产品配置与变型设计分界点的概念,将产品性能与客户满意度相结合构建优化目标函数,并设计了由性能评价指数判断分界点和由性能相似度判断需变型零部件的判别方法。然后以产品性能最优为目标,设计了基于遗传算法的多目标优化求解算法,并给出了分界点判断的具体流程。最后进行了实例验证,结果表明所提出的方法能够有效解决分界点的判断问题。

关键词: 产品配置 变型设计 多目标优化 遗传算法 客户满意度

中图分类号: TH122; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)08-0198-07

Product Configuration and Variant Design's Scope Definition Algorithm Based on Customers' Performance Satisfaction

Fan Zhijun Jiang Zhaoliang Li Zhi

(School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract

The concept of dividing point between configuration and variant design was proposed firstly. An optimization objective function was constructed by combining product performance and the customer satisfaction. A judging method was designed with a performance index for checking the dividing point and performance similarity for finding the parts of required variant design. Then, with the objectives of optimal product performance, a multi-objective optimization algorithm was designed based on genetic algorithm, and the process of checking the dividing point was also specified. In the end, the proposed genetic algorithm was verified by an example. The results showed that the proposed approach could solve this problem efficiency.

Key words Product configuration, Variant design, Multi-objective optimization, Genetic algorithm, Customers satisfaction

引言

随着产品个性化需求的不断增长,单纯依靠配置技术已经难以满足快速多变的客户需求,必须在配置基础上对部分零部件进行变型设计,因而产品配置和变型设计均受到了众多学者的广泛关注。在产品配置求解研究方面,文献[1]以定制产品的性能需求最大化满足为目标,文献[2]以产品性能、成

本及出货期为目标,分别构建了多目标函数,应用遗传算法进行了求解计算;文献[3]使用模糊推理模型建立客户需求与多功能产品配置之间的联系,使用模糊综合距离法求解最优方案;文献[4]利用客户定制需求与零部件构件属性之间的映射关系进行产品配置设计。在变型设计方面,文献[5~6]分别以成本最优和利润最大为依据进行产品优化变型设计;文献[7]面向大规模定制的产品开发,以事物特

性表驱动参数化 CAD 系统进行产品变型设计;文献[8~9]使用实例推理,以规则推理和约束满足方法完成产品变型设计;文献[10]开发了支持变型设计的虚拟现实技术,可实现实时缩放和模拟层次装配;文献[11]提出了延迟设计分离点(PDDP)的概念,将面向 ETO 产品整体的设计转变为针对零部件的设计,作为一种设计策略可看作是客户订单分离点(CODP)在设计阶段的延续;文献[12]采用反向传播人工神经网络快速定位变型设计变异点,提高变型设计客观性,根据产品性能和用户需求的匹配情况进行判断。

总之,产品配置和变型设计技术的研究还相对独立,缺乏对两者范围的界定方法。在企业实际应用中,主要依据客户需求,通过相互协商进行配置和变型范围的界定,这种方式耗时较长且主观性大,难以有效利用产品的历史数据。因此,本文针对产品配置与变型设计范围划分问题,综合分析客户满意度、产品性能和零部件的关联关系,以客户的个性化性能需求的最大化满足为出发点,利用多目标遗传算法快速界定配置与变型范围,为后期的产品定制提供依据。

1 产品性能与满意度

产品的性能包括功能和质量,其中功能是实现某种行为的能力;质量是指功能的程度和保持性^[13]。而客户满意度是产品的最终评价指标^[14],是提高企业竞争力的根本保证,因而从产品性能和客户满意度两个方面进行产品配置与变型设计范围的界定。为明确表述性能与满意度相关概念,作如下定义:

性能评价指标^[2]:标度产品或零部件整体性能,表示产品或零部件对性能需求的满足能力,其值越高,性能越好。

由于产品性能的各项指标度量不统一,难以进行精确求解和综合计算,因此仅对可量化性能指标进行表达,对定性指标须转换为多项可量化指标。若性能参数与性能优劣正相关,以最大性能参数为 10 等比转换;若负相关,则以最大性能参数的倒数为 10 等比转换。如运行速度最大值 125 mm/s 记为 10,性能参数为 100 mm/s 时,由 $\frac{125}{100} = \frac{10}{x}$ 得出性能评价指标 x 为 8;每百公里耗油量最小 9 L 记为 10,耗油 12 L 则有 $\frac{1/9}{1/12} = \frac{10}{x}$,可求得性能评价指标 x 为 7.5。

性能评价因子:标度零部件对某项性能的贡献,

加权求和获得产品或零部件性能评价指数。

性能满意度指数:标度客户对性能的满意度。

性能满意度因子:标度零部件对某项性能满意度的贡献,加权求和获得满意度指数。

2 产品配置与变型设计分界点

产品配置与变型设计分界点指客户个性化需求超过可配置范围,必须由产品配置转向变型设计的转换点。主要内容包含分界点判断和范围确定,即判断是否需要变型设计以及确定变型设计部件的解集。产品配置方案性能应满足客户需求,也就是配置方案性能评价指数应大于客户需求性能评价指数。因此,产品配置与变型设计分界点的判断以配置方案性能与客户需求性能的差值最大为目标,构建产品性能优化目标函数,基于多目标遗传算法求最优解,并计算性能满意度指数。依据最优解数值判断分界点,如均为正值,则说明能够通过配置满足需求;如有负值,则说明配置性能不能满足需求,需进一步将方案满意度指数与客户预设满意度范围相比较,如在满意度阈值范围内,客户可以接受配置方案,否则需进行变型设计。

2.1 基于性能满意度的产品性能优化目标函数

给定条件:客户性能需求目标,客户群对已有产品定制方案性能需求满意度指数,已确定组成产品的所有模块(不可分模块),对应的可选实例零部件集(可直接选配的零件或部件),部件和零件间的约束关系,每一个模块化部件选一个实例化零部件构成完整产品。

优化目标:依据客户最关注或指定的 3 项产品性能,其配置方案性能与客户需求性能差值最优。若需优化性能超过 3 项,则以权重的方式并入其中。

产品 Q 由 n 个模块化部件 $Q(i)$ ($i=1,2,\dots,n$) 构成,每个部件有 m_i 个可选的实例化零部件 $E(j)$ ($j=1,2,\dots,m_i$)。每个实例化零部件 $E(j)$ 的特征属性包括:零部件总体性能评价指数 p_{ij} ,对第 d 项性能有零部件性能评价因子 p_{ijd} 和零部件性能满意度因子 s_{ijd} 。令产品的性能矢量为 $\mathbf{P}=(P_1,P_2,\dots,P_D)$, P_d 为第 d 项的产品性能评价指数, $d=1,2,\dots,D$, D 为产品性能项总数,对应的权重矢量为 $\mathbf{W}=(W_1,W_2,\dots,W_D)$,设产品性能矢量和为客户关注度前 3 位的性能;某用户群的客户满意度矢量为 $\mathbf{S}=(S_1,S_2,\dots,S_D)$, S_d 为第 d 项性能的满意度指数,满意度项与产品性能项一一对应,总数相同,已知 P'_d 为客户对第 d 项的产品性能的需求性能评价指数, S_c 为以往客户对第 d 项性能的实际满意度指数。客户需求的性能评价指数 P'_d 由客户需求的性能参数转换

得到。则个性化定制条件下配置设计优化目标函数建立步骤如下:

(1) 客户的某项性能需求的满足程度与一个或多个产品模块化部件的性能水平相关。依据产品模块化部件性能与客户性能需求的相关联系,建立产品模块化部件性能与客户性能满意度的相关度矩阵,为

$$S = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \cdots & \delta_{1D} \\ \vdots & & \vdots \\ \delta_{n1} & \cdots & \delta_{nD} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 δ_{id} 为第 i 个模块化部件 $Q(i)$ ($i=1,2,\dots,n$) 的性能与第 d 项性能满意度 S_d ($d=1,2,\dots,D$) 的相关程度,相关度量值依据模糊数学评价理论,相关程度的标度为 0.1~0.9 级标度。对第 d 项性能,根据模糊层次分析法,获得模块化部件 $Q(i)$ 的性能满意度权重 w_{id} ,且权重与其对第 d 项性能的权重相同。

(2) 构建实例化零部件和产品性能的相关度矩阵,为

$$P = \begin{bmatrix} \gamma_{111} & \gamma_{112} & \cdots & \gamma_{11d} & \cdots & \gamma_{11D} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \gamma_{1j1} & \gamma_{1j2} & \cdots & \gamma_{1jd} & \cdots & \gamma_{1jD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \gamma_{ij1} & \gamma_{ij2} & \cdots & \gamma_{ijd} & \cdots & \gamma_{ijD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \gamma_{nm,1} & \gamma_{nm,2} & \cdots & \gamma_{nm,d} & \cdots & \gamma_{nm,D} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, γ_{ijd} 为满足第 d 个性能 P_d ($d=1,2,\dots,D$) 的实例化零部件 $E(ij)$ ($j=1,2,\dots,m_i$) 的相关度,同样使用以上标度法进行量化。对第 d 项性能,使用模糊层次分析法,获得零部件 $E(ij)$ 的性能权重 w_{ijd} ,其中权重最大值 w_{\max} 的零部件性能评价因子记为 K ,则零部件 $E(ij)$ 的性能评价因子

$$p_{ijd} = \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} K$$

对第 d 项性能的满意度因子

$$s_{ijd} = w_{id} S_c \frac{w_{ijd}}{w_{\max}}$$

可知配置方案的客户性能满意度指数 S 为

$$S = \sum_{d=1}^D W_d S_d = \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} W_d w_{id} S_c \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} \quad (3)$$

其中 $\sum_{d=1}^D W_d = 1$

式中 W_d ——产品性能集权重

x_{ij} ——二元决策变量,表示实例零部件 $E(ij)$ 在产品中是否被配置,0 为未配置,1 为配置

产品配置方案的性能评价指数通过零部件性能

评价因子加权累积获得,因此产品第 d 项的配置性能 P_d 为

$$P_d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} w_{id} \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} K \quad (4)$$

以第 d 项的配置性能与需求性能差值最大为目标,得到目标函数为

$$\max \Delta P_d = \max (P_d - P'_d) =$$

$$\max \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} w_{id} \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} K - P'_d \right) \quad (5)$$

其中

$$\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} = 1$$

$$(x_{ij} \in [0, 1]; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m_i)$$

(3) 配置约束条件

产品零部件之间的约束关系可分为两两互斥和两两相容^[15]两种类型。

定义变量 $R_{ij,kl}$,其取值为

$$R_{ij,kl} = \begin{cases} 1 & (\text{相容}) \\ -1 & (\text{互斥}) \\ 0 & (\text{其他}) \end{cases} \quad (6)$$

其中 $i=1,2,\dots,n, k=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m_i, l=1,2,\dots,m_k$,则对于约束矩阵向量 V_{ij} ,有

$$V_{kl} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^{m_k} R_{ij,kl} x_{kl} = \begin{cases} 0 & (x_{ij} = 0, R_{ij,kl} = 1) \\ 0 & (x_{ij} = 1, R_{ij,kl} = -1) \end{cases} \quad (7)$$

式中如果某零部件没有参与选配 ($x_{ij} = 0$),则任何一个和它两两相容的零部件 ($R_{ij,kl} = 1$) 都不能被选配 ($x_{kl} = 0$);如果某零部件参与了选配 ($x_{ij} = 1$),则任何一个和它两两互斥的零部件 ($R_{ij,kl} = -1$) 也都不能被选配 ($x_{kl} = 0$)。

2.2 产品配置与变型设计分界点判断

利用基于 NSGA-II 的多目标遗传算法 (MOGA),获得在企业目前配置性能与需求性能差值最大的配置方案,并获得方案客户满意度指数 S ,以及满意度最小值 S_{\min} ,判断是否需要变型设计。

若此方案的性能差值 $\max \Delta P_d$ 均为正值,即配置方案能够满足需求,则进一步对成本和出货期进行优化,以获得成本最低 C_{\min} ,出货期最短 T_{\min} 和性能最优 P_{\max} 的产品配置;若 $\max \Delta P_d$ 中有负值,但 $S \geq S_{\min}$ 说明客户可以接受部分的性能不足,通过产品优化配置也能得到满足;若其中有负值,即配置方案无法满足需求,且 $S < S_{\min}$,则说明需要对其中的部分零部件进行变型设计 (variant design, 简称 VD),或者与客户协商修改性能需求,重新进行配置优化计算为

$$\begin{cases} \text{MOGA}(P_{\max}, C_{\min}, T_{\min}) & (\max \Delta P_d \geq 0) \\ \text{MOGA}(P_{\max}, C_{\min}, T_{\min}) & (\max \Delta P_d \leq 0 \text{ 且 } S \geq S_{\min}) \\ \text{MOGA}(P_{\max}, C_{\min}, T_{\min}) + VD & (\max \Delta P_d \leq 0 \text{ 且 } S < S_{\min}) \end{cases} \quad (8)$$

2.3 变型设计零部件范围确定

比较零部件的性能评价指数与客户需求的性能评价指数,获得零部件的性能相似度。以客户指定的阈值范围 $\min P_{\text{sim}}$ 为分界点,判断相似度小于此范围的零部件集,即为需要变型设计的零部件,可根据变型实例和专家意见进一步确定,获得变型设计部件的解集。

零部件 E_{ij} 的性能评价指数 p_{ij} 为

$$p_{ij} = \sum_{d=1}^D W_d p_{ijd} = \sum_{d=1}^D W_d w_{id} \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} P_d \quad (9)$$

客户提出的产品性能评价指数为 P'_d , 构建满足客户需求的零部件 E'_{ij} 的性能评价指数为 p'_{ij} 为

$$p'_{ij} = \sum_{d=1}^D W_d w_{id} P'_d \quad (10)$$

零部件 E_{ij} 性能相似度函数为

$$P_{\text{sim}} = \frac{\sum_{d=1}^D W_d w_{id} \frac{w_{ijd}}{w_{\max}} P_d}{\sum_{d=1}^D W_d w_{id} P'_d} \quad (11)$$

获得性能相似度小于某值域 $P_{\text{sim}} \leq \min P_{\text{sim}}$ 的零部件集 E_V , 则有需变型设计零部件 $E_{kl} \in E_V$, 即

$$P_{\text{sim}} = \frac{\sum_{d=1}^D W_d w_{kd} \frac{w_{kld}}{w_{\max}} P_d}{\sum_{d=1}^D W_d w_{kd} P'_d} \leq \min P_{\text{sim}} \quad (12)$$

3 基于多目标遗传算法分界点求解流程

基于多目标遗传算法构建产品配置与变型分界点求解流程如图 1 所示。

3.1 目标函数构建

依据客户订单中对产品性能需求,选择 3 个主要性能为目标,分别构建 3 个优化目标函数 $\max \Delta P_1$ 、 $\max \Delta P_2$ 和 $\max \Delta P_3$, 设置配置约束。

3.2 染色体编码

将可选实例零件表达为基因,基因位数值代表第几个实例化零部件,使用染色体代表配置方案,每个染色体代表 1 个产品,其形式为十进制编码向量;由染色体组成种群,表示产品可配置空间。

3.3 基于 NSGA-II 算法的求解计算

采用基于非支配排序遗传算法进行求解计算^[15],获得产品配置最优解集。适应度函数使用优化目标函数,计算并比较每个配置方案在 3 个优化目标下的符合程度,同时采用约束矩阵校对是否符

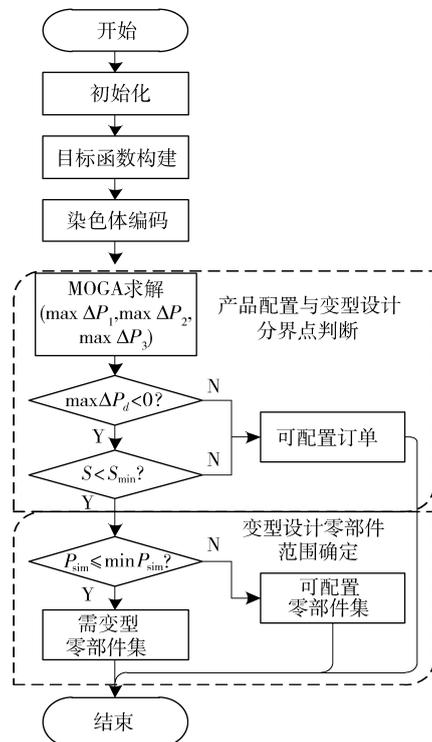


图 1 基于多目标遗传算法的分界点求解流程
Fig. 1 Process of dividing point checking based on multi-objective genetic algorithm

合约束条件。

3.4 产品配置与变型设计分界点判断

获得产品最优解集后,计算配置方案的用户满意度指数 S , 根据式 (8) 进行性能范围的产品配置与变型设计分界点判断,得出是否存在分界点的结论,如有分界点,则进行变型零部件的判断,如果没有分界点,则说明产品配置方案能够满足客户性能需求,为可配置订单。

3.5 变型设计零部件范围确定

求解每个零部件的性能评价指数,获得每个零部件的性能相似度,根据预先所作的阈值设定式 (12),将相似度小于规定范围的零部件选出,即为需要变型设计的零部件集,其余部分零部件进行配置设计。

4 实例验证

为了验证产品配置与变型分界点求解算法的可行性和适用性,选取某农用汽车为配置实例来验证。

4.1 配置信息

农用汽车配置信息包括:

(1) 产品结构:假设某农用汽车有 9 个系统模块化部件可进行配置设计或变型设计,给定模块化部件:发动机 (Q1)、驱动桥 (Q2)、变速器 (Q3)、车厢 (Q4)、制动 (Q5)、轮胎 (Q6)、转向 (Q7)、空调 (Q8)、座椅 (Q9)。其可选零部件数量分别为 $m_1 = 12$ 、 $m_2 = 10$ 、 $m_3 = 18$ 、 $m_4 = 9$ 、 $m_5 = 11$ 、 $m_6 = 15$ 、 $m_7 =$

20、 $m_8 = 10$ 、 $m_9 = 18$ 。

(2)产品性能:客户指定最高车速(P_1)、爬坡能力(P_2)和燃油经济性(P_3)3个性能最优,对应的用户群的客户满意度指数为 $S_1 = 9$ 、 $S_2 = 7$ 、 $S_3 = 8$ 。

(3)配置约束条件:发动机的第5个可选件与变速器的第3个可选件两两互斥,其余可选件之间两两相容。

4.2 参数设定与计算结果

在 Matlab 中建立最高车速(P_1)、爬坡能力(P_2)和燃油经济性(P_3)3种性能的目标函数,并进行求解计算。

(1)例1:客户A提出爬坡能力评价指数为

8.5,最高车速评价指数为8,燃油经济性评价指数为8.9,客户最低性能满意度为8。

首先,建立模块化部件性能满意度相关度矩阵和实例化零部件性能关联度矩阵,使用模糊层次分析法方根法得出各模块化部件的3个性能满意度权重(表1)和各实例零部件的对应的3种性能权重(表2~4),综合配置和选择约束,建立配置性能与需求性能差值优化模型,在此基础上,应用NSGA-II对其进行求解,并给定各参数(初始种群数量为100,交叉概率为0.8,复制概率为0.2,变异概率为0.01, $\beta = 0.001$,最大迭代次数为20,不断反复进化直到满足迭代终止条件为止。

表1 模块化部件性能满意度权重

Tab.1 Performance satisfaction weight of modular component

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
P_1	0.1923	0.1731	0.1923	0.0962	0.0769	0.0962	0.0577	0.0962	0.0192
P_2	0.1852	0.0926	0.1667	0.1481	0.1481	0.1481	0.0185	0.0741	0.0185
P_3	0.1639	0.1639	0.1639	0.0819	0.1148	0.1311	0.0164	0.1148	0.0492

表2 实例化零部件的最高车速 P_1 性能权重

Tab.2 Instantiated parts' performance weight of maximum speed (P_1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q1	0.091	0.081	0.091	0.081	0.081	0.081	0.091	0.081	0.091	0.071	0.081	0.081								
Q2	0.089	0.089	0.101	0.114	0.101	0.089	0.114	0.114	0.089	0.101										
Q3	0.056	0.056	0.056	0.063	0.049	0.049	0.063	0.063	0.056	0.049	0.056	0.063	0.049	0.063	0.049	0.063	0.049	0.049		
Q4	0.127	0.113	0.099	0.099	0.099	0.127	0.113	0.099	0.127											
Q5	0.080	0.092	0.092	0.092	0.092	0.080	0.080	0.103	0.103	0.092	0.092									
Q6	0.059	0.067	0.067	0.067	0.059	0.076	0.067	0.067	0.059	0.067	0.067	0.076	0.059	0.067	0.076					
Q7	0.057	0.051	0.044	0.051	0.051	0.044	0.051	0.057	0.057	0.044	0.044	0.044	0.051	0.044	0.044	0.051	0.057	0.057	0.057	0.044
Q8	0.098	0.098	0.085	0.098	0.110	0.098	0.110	0.110	0.085	0.110										
Q9	0.049	0.056	0.056	0.049	0.063	0.056	0.056	0.063	0.056	0.063	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.063	0.049	0.049		

表3 实例化零部件的爬坡能力 P_2 性能权重

Tab.3 Instantiated parts' performance weight of gradeability (P_2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q1	0.073	0.073	0.094	0.083	0.073	0.094	0.073	0.083	0.094	0.083	0.094	0.083								
Q2	0.101	0.114	0.089	0.089	0.114	0.114	0.101	0.089	0.089	0.101										
Q3	0.065	0.051	0.051	0.058	0.065	0.051	0.058	0.058	0.051	0.051	0.058	0.051	0.051	0.051	0.065	0.058	0.058	0.051		
Q4	0.113	0.127	0.099	0.099	0.113	0.127	0.127	0.099	0.099											
Q5	0.100	0.100	0.100	0.089	0.078	0.078	0.100	0.089	0.100	0.078	0.089									
Q6	0.065	0.057	0.073	0.065	0.065	0.065	0.073	0.065	0.057	0.073	0.065	0.073	0.073	0.065	0.065					
Q7	0.049	0.043	0.049	0.043	0.049	0.056	0.049	0.049	0.056	0.043	0.049	0.049	0.056	0.049	0.049	0.043	0.056	0.056	0.056	0.049
Q8	0.089	0.089	0.114	0.114	0.101	0.101	0.089	0.089	0.101	0.114										
Q9	0.056	0.056	0.056	0.056	0.049	0.056	0.063	0.049	0.063	0.056	0.056	0.049	0.063	0.056	0.056	0.056	0.049	0.049		

表 4 实例化零部件的燃油经济性 P_3 性能权重

Tab.4 Instantiated parts' performance weight of fuel economy (P_3)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q1	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.096	0.096	0.085	0.096	0.096	0.085								
Q2	0.099	0.086	0.111	0.111	0.086	0.111	0.099	0.086	0.099	0.111										
Q3	0.056	0.063	0.063	0.063	0.063	0.049	0.049	0.049	0.056	0.049	0.049	0.056	0.056	0.063	0.049	0.049	0.056	0.056		
Q4	0.110	0.123	0.123	0.096	0.096	0.123	0.123	0.110	0.096											
Q5	0.099	0.088	0.077	0.099	0.088	0.099	0.077	0.099	0.088	0.088	0.099									
Q6	0.067	0.058	0.058	0.067	0.058	0.075	0.058	0.075	0.067	0.067	0.067	0.067	0.075	0.075	0.067					
Q7	0.044	0.051	0.051	0.051	0.044	0.057	0.057	0.057	0.044	0.051	0.051	0.057	0.051	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.057	0.057
Q8	0.101	0.114	0.089	0.114	0.089	0.101	0.101	0.101	0.101	0.089										
Q9	0.057	0.057	0.057	0.064	0.050	0.050	0.057	0.050	0.050	0.050	0.057	0.050	0.050	0.050	0.064	0.057	0.064	0.064		

利用 Matlab 软件所得目标函数的仿真结果如图 2 所示,所对应的最优性能差值分别为 0.888 9、0.037 04 和 0.829 1,结果均为正值,配置性能能够满足客户需求。

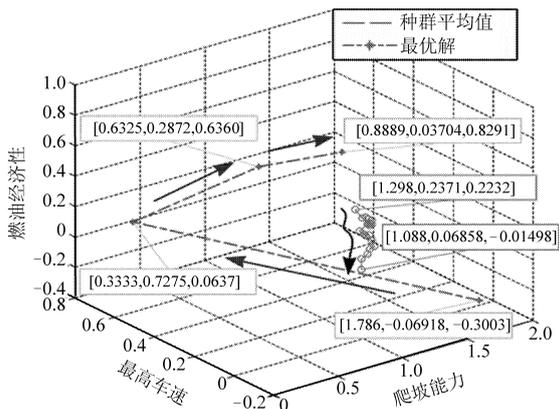


图 2 例 1 性能差值最优的配置计算结果
Fig.2 Configuration result of optimal performance difference for example 1

(2)例 2:客户 B 提出最高车速评价指数为 9,爬坡能力评价指数为 9.5,燃油经济性评价指数为 9,客户最低性能满意度为 8。

再次建立优化配置数学模型,应用 NSGA-II 对其进行求解,各参数不变。Matlab 仿真结果如图 3 所示,配置方案为 8、8、9、9、3、10、3、14、18,最优解分别为 -0.469 5、0.368 2 和 0.111 1,其中爬坡能力的性能差值为负值,得出客户满意度 S 为 7.8,小于客户指定最低满意度 8,需要变型设计。求出性能相似度最低的零部件为车厢 6,需要进行变型设计。

实例验证结果表明,本算法有效提升了产品配置与变型设计范围判断的效率。

5 结论

(1)针对大规模定制发展过程中,变型设计需

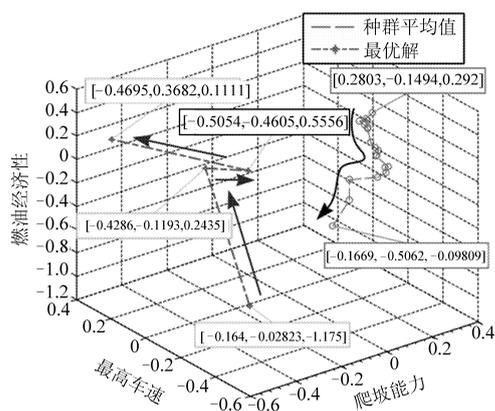


图 3 例 2 性能差值最优的配置计算结果
Fig.3 Configuration result of optimal performance difference for example 2

求比重增大的情况,提出了产品配置与变型设计范围快速判断技术,在多目标遗传算法的基础上,以结合客户满意度的产品性能评价指数判断配置和变型分界点,以性能相似度判断需变型零部件。

(2)应用关联度矩阵处理客户满意度与产品性能关系,将客户性能满意度量化表示为各零部件性能满意度指数的组合,以此引导的产品配置优化有利于获得客户满意的配置方案。

(3)在配置模型中考虑了客户对性能的个性化需求,使得模型更加符合实际,应用遗传算法求解配置性能与需求性能差值最优,能够有效获得客户满意度高的设计方案,对于混合型定制设计订单,能够快速获得变型零部件集。

(4)实例分析表明,所建立的模型和提出的方法,能够有效解决产品配置与变型分界点的判断问题,对于大规模定制下获得客户满意的产品配置与变型设计方案是切实可行的。

参 考 文 献

- 1 李睿,王建维,张德珍,等. 个性化定制下的产品配置优化模型[J]. 机械设计与制造,2008(6): 45~47.
Li Rui,Wang Jianwei,Zhang Dezhen, et al. An optimization model of configuration for personal customization[J]. Machinery Design & Manufacture, 2008(6): 45~47. (in Chinese)
- 2 魏巍,谭建荣,冯毅雄,等. 基于改进的非支配排序遗传算法的模块化产品多目标配置优化研究[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(11): 2092~2098, 2161.
Wei Wei,Tan Jianrong,Feng Yixiong, et al. Multi-objective configuration optimization of modularized product based on NSGA-II[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems,2007,13(11): 2092~2098,2161. (in Chinese)
- 3 Hung-Cheng Tsai, Shih-Wen Hsiao. Evaluation of alternatives for product customization using fuzzy logic [J]. Information Sciences, 2004, 158: 233~262.
- 4 周宏明,薛伟,李峰平,等. 面向客户定制需求的产品配置系统[J]. 农业机械学报,2007,38(8):132~136.
Zhou Hongming, Xue Wei, Li Fengping, et al. Research on product configuration system based on customization demand[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(8):132~136. (in Chinese)
- 5 Kikuo Fujita. Product variety optimization under modular architecture[J]. Computer-Aided Design,2002,34(12): 953~965.
- 6 Chakravarty A K, Balakrishnan N. Achieving product variety through optimal choice of module variations [J]. IIE Transactions,2001, 33(7): 587~598.
- 7 鲁玉军,余军合,祁国宁,等. 基于事物特性表的产品变型设计[J]. 计算机集成制造系统,2003,9(10): 840~844.
Lu Yujun, Yu Junhe, Qi Guoning, et al. Product variant design based on tabular layouts of article characteristics[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems,2003,9(10): 840~844. (in Chinese)
- 8 江力,何志均,孙守迁. 基于实例的多推理机合作变型设计系统[J]. 软件学报,1998, 9(11): 861~865.
Jiang Li, He Zhijun, Sun Shouqian. Case-based cooperative reasoning system for variant design[J]. Journal of Software,1998, 9(11): 861~865. (in Chinese)
- 9 李海庆,殷国富,方辉. 混合案例推理机制在变型设计中的应用[J]. 四川大学学报:工程科学版,2007,39(2): 164~169.
Li Haiqing, Yin Guofu, Fang Hui. Application of hybrid case reasoning in variant design[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition,2007,39(2): 164~169. (in Chinese)
- 10 Peter Biermann, Bernhard Jung. Variant design in immersive virtual reality: a markup language for scalable CSG parts[M]. Francisco Jose Perales, Bruce A Draper. Articulated Motion and Deformable Objects, AMDO 2004 Palma de Mallorca: Springer, 2004, 3179: 123~133.
- 11 鲁玉军,纪杨建,祁国宁,等. 基于延迟设计分离点的订单设计型产品配置设计[J]. 浙江大学学报:工学版,2009, 43(12): 2231~2236.
Lu Yujun, Ji Yangjian, Qi Guoning, et al. Configuration design of engineering to order product based on postponement design decoupling point[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science,2009,43(12): 2231~2236. (in Chinese)
- 12 赵秀燕,赵婷婷,张强,等. 基于反向传播神经网络的变型设计变异点快速定位[J]. 计算机集成制造系统,2009, 15(8): 1463~1467.
Zhao Xiuyan, Zhao Tingting, Zhang Qiang, et al. Fast location of aberrant point for variant design based on the BP neural network[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems,2009,15(8): 1463~1467. (in Chinese)
- 13 谢友柏. 产品的性能特征与现代设计[J]. 中国机械工程,2000,11(1~2): 26~32.
Xie Youbai. Product performance features and modern design [J]. China Mechanical Engineering,2000,11(1~2): 26~32. (in Chinese)
- 14 Richard N Cardozo. An experimental study of customer effort, expectation, and satisfaction [J]. Journal of Marketing Research,1965, 2(3): 244~249.
- 15 轩辕思思,姜兆亮,李岩,等. 基于双层配置体系的产品配置算法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009,15(5): 893~899.
Xuanyuan Sisi, Jiang Zhaoliang, Li Yan, et al. Product configuration solution based on double layer configuration system[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems,2009,15(5): 893~899. (in Chinese)