

MC 半结构化客户需求信息表达与处理方法^①

经有国¹, 但 斌¹, 张旭梅¹, 郭 钢²

(1. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044; 2. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400044)

摘要: 针对包含模糊语义描述的半结构化客户需求信息(SCN)具有模糊性、不易处理性,以及难以转换成精确的产品功能要求(FRs)等特点,研究了SCN的表达与转换处理方法.提出了SCN的数学描述方法和SCN转换问题的形式化描述方法,建立了SCN转换体系结构,通过模糊语义分析、智能模糊推理、加权优化及去模糊化等四个处理步骤,实现了半结构化客户需求(SCN)到精确产品功能要求的转换.最后以应用案例说明了该方法的实用性.

关键词: 大规模定制; 半结构化客户需求; 功能要求; 转换处理

中图分类号: C931.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)01-0078-08

0 引 言

随着 Internet 与 Web 技术的日臻成熟,以及电子商务的蓬勃发展,在线大规模定制逐渐成为一种富有吸引力的新的商业模式^[1].这种商业模式下,客户通过企业提供的人机交互界面,在线提出个性化的需求,然后在线定制系统为客户配置出满足其需求的产品.而如何在线获取客户的真实需求,并将之转换成相应的产品功能要求,是进行产品配置的首要环节,对成功实施该商业模式有着重要作用.

关于客户需求的在线获取,Slywotzky^[2]提出了选择菜单(Choiceboard)的概念——客户通过选择一组属性、部件、价格等选项以实现产品个性化设计的交互式在线系统,比如 Nike、Dell、Mattel、Austin-James 等公司为客户提供的在线产品定制界面就是典型的选择菜单模式^[3-4].然而,选择菜单对于客户需求的表达和获取存在诸多局限性:一方面过多的选项会给客户的购买决策过程造成困扰^[5-6];另一方面客户(普通消费者)往往缺乏相应的专门知识^[7],难以独立完成定制特征参数的设置.对于一些客户不了解或难

以精确表达的定制特征参数,如果允许客户用模糊语义来描述,既符合客户的语言表达习惯,又有利于获取客户的真实需求.然而,包含模糊语义描述的半结构化客户需求(SCN)具有模糊性、不易处理性等特点,难以向产品功能要求转换.当前国内外已有一些文献对模糊客户需求信息的处理和转换进行了研究,比如:在国外,文献[7]借助于虚拟现实建模语言(VRML)等工具,实现了模糊客户需求向可视化产品三维模型的转换,但这种模糊客户需求仅仅局限于客户对产品的几何外观需求,而实际上客户需求还包括对产品的功能、性能等需求;文献[8]提出通过建立模糊推理规则,实现模糊客户需求到产品功能要求映射的方法,但该方法面向单一产品开发模式的,而没有考虑大规模定制环境下的客户需求多样化和产品快速配置等因素;在国内,文献[9]较早地提出了用模糊数学方法来表达模糊客户需求信息的思路,以便进行定量分析;之后文献[10]和文献[11]分别对客户需求的模糊表达方法、及模糊客户需求信息的建模方法进行了研究,但没有考虑模糊客户需求到产品功能要求的转换问题.

① 收稿日期: 2009-03-31; 修订日期: 2010-03-22.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70671011); 国家 863 计划资助项目(2007AA04Z1B1).

作者简介: 经有国(1981-),男,广西桂林人,博士生. Email: jingyouguo@126.com

因此,在线大规模定制环境下,如何将客户通过 Web 提出的半结构化客户需求(SCN)快速转换成精确产品功能要求仍然是亟待解决的问题。

鉴于此,本文首先对半结构化客户需求(SCN)数学描述方法和 SCN 转换问题形式化描述方法进行研究,在此基础上,提出 SCN 转换体系结构,并对该体系结构的具体实现步骤展开深入研究。

1 SCN 的表达与转换处理

1.1 半结构化客户需求及其数学描述

客户需求(customer need, CN)是指客户域(customer domain)中一个解决方案未定的表述,用以表达客户考虑事项的关键基本特征^[12]。一般说来,就是客户对产品的功能、性能、外观、价格等特征的要求。通过选择菜单获取的结构化客户需求具有明晰、精确、易处理等特点,而半结构化客户需求(semi-structured customer need, SCN)包含客户对某些定制特征参数的模糊语义描述,具有模糊、不易处理等特点^[13]。一般而言,定制特征参数主要存在以下六种描述方式:①精确值,②大约某个值,③大于某个值,④小于某个值,⑤某两个值之间,⑥语言值。对于客户比较了解的定制特征参数,客户可选择用精确值进行描述;而对于客户不了解或难以精确描述的定制特征参数,客户可选择其它五种方式进行描述。因而,客户需求可表示成: $CN = \langle Feature, (Type, Fea_value), Weight \rangle$ 。Feature 表示定制特征参数名, Type 表示描述方式, Fea_value 表示定制特征参数的取值, Weight 表示定制特征参数的权重值,可用模糊语言变量子集{一般重要,比较重要,很重要,非常重要}来描述。假如总共有 n 个定制特征参数,那么半结构化客户需求(SCN)可表示成如下形式:

$$SCN = \langle Feature_1, (Type_1, Fea_value_1), Weight_1 \rangle \vee \langle Feature_2, (Type_2, Fea_value_2), Weight_2 \rangle \vee \dots \vee \langle Feature_n, (Type_n, Fea_value_n), Weight_n \rangle$$

1.2 SCN 转换问题的形式化描述

半结构化客户需求(SCN)向产品功能要求(Functional Requirements, FRs)的转换对成功实施在线大规模定制具有重要意义,也是本文研

究的主要内容。SCN 转换问题实际上就是从客户需求域到产品功能域的映射问题^[14]。一般而言,针对客户需求 $CN_i = \langle Feature_i, (Type_i, Fea_value_i) \rangle$, 产品设计专家往往会联想到某些功能要求(FRs)来满足它,比如:客户对摩托车最大速度的需求描述是“很快”,那么产品设计专家往往会联想到摩托车排量要“很大”。

因而,产品设计专家的经验决策过程如下:若摩托车最大速度很快,则摩托车排量要很大。更一般的,有如下模糊推理过程:

$$CN_i = \langle Feature_i, (Type_i, Fea_value_i) \rangle \rightarrow FR_j = \langle Parameter_j, Par_value_j \rangle$$

FR_j 表示满足客户需求 CN_i 的第 j 个功能要求, $Parameter_j$ 表示第 j 个功能特征参数名, Par_value_j 表示第 j 个功能特征参数的相应取值(可用模糊语言变量子集来描述)。其中 $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ 。

事实上,上述产品设计专家的经验决策是基于定制特征参数(Feature_{*i*})与功能特征参数(Parameter_{*j*})的模糊相关关系做出的,即摩托车最大速度和发动机排量存在“极大”的正相关关系。鉴于此,本文提出一种基于模糊关系矩阵(Fuzzy Relation Matrix, FRM)的智能模糊推理方法,该方法可以实现任意客户需求(CN_i)到任意功能要求(FR_j)的映射。在此基础上,再经过加权优化和去模糊化等处理步骤,即可实现半结构化客户需求(SCN)的转换。因此,SCN 转换问题可形式化描述如下:

$$SIC: SCN \rightarrow FRs = \langle Parameter_1, \xi_1 \rangle \vee \langle Parameter_2, \xi_2 \rangle \vee \dots \vee \langle Parameter_m, \xi_m \rangle$$

其中, SIC 表示 SCN 转换过程, FRs 表示满足半结构化客户需求(SCN)的产品功能要求, ξ_j 为功能特征参数(Parameter_{*j*})的某一精确值 $j = 1, 2, \dots, m$ 。从而实现半结构化客户需求(SCN)到精确产品功能要求的转换。

1.3 SCN 转换体系结构建立

在前述 SCN 转换问题形式化描述的基础上,建立了 SCN 转换体系结构,如图 1 所示。首先,客户通过企业提供的在线产品定制界面,对产品定制特征参数进行需求描述,得到半结构化客户需求(SCN);然后,依次进行模糊语义分析、智能模

糊推理、加权优化、及去模糊化等四个处理步骤;

最终输出满足客户需求的产品功能要求(FRs) .

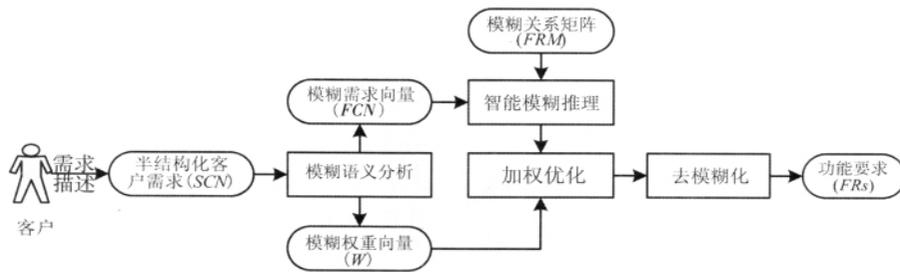


图1 SCN 转换体系结构

Fig. 1 The architecture of SCN transforming

1) 模糊语义分析. 为使计算机理解并处理包含模糊语义描述在半结构化客户需求(SCN) , 首先需要对 SCN 进行模糊语义分析, 将客户对定制特征参数及其权重的需求描述转换成模糊特征函数, 得到模糊需求向量 FCN 和模糊权重向量 FW.

2) 智能模糊推理. 为实现任意客户需求(CN_i) 到任意功能要求(FR_{ij}) 的映射, 提出一种基于模糊关系矩阵(FRM) 的智能模糊推理方法, 该方法根据定制特征参数($Feature_i$) 与功能特征参数($Parameter_j$) 的模糊相关关系, 通过计算出满足客户需求(CN_i) 的功能要求(FR_{ij}) .

3) 加权优化. 不同的客户需求, 要求不同的功能特征参数值去满足它, 因而需要根据各定制特征参数的权重值进行加权优化处理, 得到总体优化的功能要求.

4) 去模糊化. 加权优化处理之后得到的功能特征参数值仍然是模糊值, 因而需要进行去模糊化处理, 将之转换成精确值. 从而实现半结构化客户需求(SCN) 到精确产品功能要求(FRs) 的转换.

2 SCN 转换处理过程

2.1 模糊语义分析

半结构化客户需求(SCN) 具有模糊、不易处理等特点, 因此需要将客户对需求的模糊性描述转换成相应的模糊特征函数, 即模糊语义分析. 下面首先给出定制特征参数六种描述方式的模糊特征函数的表征方法: 1) “精确值”描述方式, 其相应的精确数值, 可转化为三角模糊数形式; 2) “大约某个值”、“大于某个值”、“小于某个

值”、“某两个值之间”等四种描述方式, 分别用正态型特征函数、升半正态型特征函数、降半正态型特征函数、岭型特征函数来表示(可参见文献 [10]); 3) “语言值”方式, 用三角模糊特征函数表示^[15]. 其次, 定制特征参数的权重是由模糊语言变量子集来描述的, 因而权重值也可以用论域为 [0, 1] 的三角模糊特征函数表示. 经过模糊语义分析, 可将客户对定制特征参数及其权重的需求描述, 转化成相应的模糊特征函数, 因此半结构化客户需求(SCN) 又可表示成如下形式:

$$SCN = \langle Feature_1, \mu_{F_1}(x_1), \mu_{W_1}(w) \rangle \vee \langle Feature_2, \mu_{F_2}(x_2), \mu_{W_2}(w) \rangle \vee \dots \vee \langle Feature_n, \mu_{F_n}(x_n), \mu_{W_n}(w) \rangle$$

其中, 对于 $i = 1, 2, \dots, n$, $\mu_{F_i}(x_i)$, $\mu_{W_i}(w)$ 分别表示客户对定制特征参数($Feature_i$) 及其权重的需求描述的模糊特征函数. 由此可以得到模糊需求向量 $FCN = [\mu_{F_1}(x_1), \mu_{F_2}(x_2), \dots, \mu_{F_n}(x_n)]$ 和模糊权重向量 $FW = [\mu_{W_1}(w), \mu_{W_2}(w), \dots, \mu_{W_n}(w)]$.

2.2 基于 FRM 的智能模糊推理方法

为解决任意客户需求(CN_i) 到任意功能要求(FR_j) 的映射问题, 本文提出一种基于 FRM 的智能模糊推理方法, 该方法有别于传统的模糊推理方法^[8], 不需要事先建立复杂且成本高昂的模糊推理规则库, 只需要输入客户需求, 便可根据模糊关系矩阵(FRM) 实现自动推理. 接下来, 本文首先研究了模糊关系矩阵(FRM) 的建立方法, 然后提出基于 FRM 的智能模糊推理方法.

2.2.1 模糊关系矩阵(FRM) 建立

定制特征参数($Feature_i$) 与功能特征参数($Parameter_j$) 的模糊相关关系可用模糊语言变量子集{ 不相关, 正(负) 相关性比较大, 正(负) 相

关性非常大) 来描述, 并令上述模糊语言变量的论域为 $[-1, 0]$ (负相关时) 或 $[0, 1]$ (正相关时). 产品设计专家可根据实际情况, 确定用来描述参数间模糊相关关系的模糊语言变量, 该模糊语言变量可用相应的三角模糊特征函数表示, 由此, 可以得到如下模糊关系矩阵 (FRM)

$$FRM = \begin{bmatrix} \mu_{R11}(r) & \mu_{R12}(r) & \cdots & \mu_{R1m}(r) \\ \mu_{R21}(r) & \mu_{R22}(r) & \cdots & \mu_{R2m}(r) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mu_{Rn1}(r) & \mu_{Rn2}(r) & \cdots & \mu_{Rnm}(r) \end{bmatrix}$$

其中, 对于 $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$, $\mu_{Rij}(r)$ 表示定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 之间模糊相关关系的三角模糊特征函数. 若定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 不相关, 则 $\mu_{Rij}(r) = 0$.

2.2.2 基于 FRM 的智能模糊推理方法

由 1.2 小节可知, 功能特征参数 ($Parameter_j$) 可用模糊语言变量子集 $P_j = \{P_{jk} \mid k = 1, 2, \dots, K_j\}$ 来描述, 其中 P_{jk} 表示描述 $Parameter_j$ 的第 k 个语言变量, K_j 表示模糊语言变量子集中模糊语言变量的数量, 各模糊语言变量可用相应的三角模糊特征函数 $\mu_{Pjk}(y_j)$ 表示. 智能模糊推理的作用就是根据定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 的模糊相关关系, 自动推理出满足客户需求 (CN_i) 的功能要求 (FR_{ij}), 即功能特征参数 ($Parameter_j$) 的取值 Par_value_{ij} (为模糊语言变量).

令定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 的论域分别为 (α_i, β_i) 和 (δ_j, θ_j) . 下面给出智能模糊推理的计算过程:

1) 若定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 存在正相关关系, 则进行如下计算

$$\varphi_i = \frac{\int x_i \mu_{Fi}(x_i) dx_i / \int \mu_{Fi}(x_i) dx_i - \alpha_i}{\beta_i - \alpha_i} \quad (1)$$

$$\varphi_{jk} = \frac{\int y_j \mu_{Pjk}(y_j) dy_j / \int \mu_{Pjk}(y_j) dy_j - \delta_j}{\theta_j - \delta_j} \quad (2)$$

$$\rho_{ijk} = \frac{\min(\varphi_i, \varphi_{jk})}{\max(\varphi_i, \varphi_{jk})} \quad (3)$$

$$\sigma_{ijk} = \mu_{Rij}(\rho_{ijk}) \quad (4)$$

其中 $k = 1, 2, \dots, K_j$, 若 $k \in [1, K_j]$, 且 $\sigma_k \geq$

σ_k , 那么 $\mu_{Pjk}(y_j)$ 即是功能特征参数 ($Parameter_j$) 的取值. 令满足客户需求 (CN_i) 的功能特征参数 ($Parameter_j$) 取值为 $\mu_{Pij}(y_j) = \mu_{Pjk}(y_j)$, 那么对应的功能要求: $FR_{ij} = \langle Parameter_j, \mu_{Pij}(y_j) \rangle$.

2) 若定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 存在负相关关系, 只需对公式 (1)、(3) 做如下变动

$$\phi'_i = \frac{\beta_i - \int x_i \mu_{Fi}(x_i) dx_i / \int \mu_{Fi}(x_i) dx_i}{\beta_i - \alpha_i} \quad (5)$$

$$\rho'_{ijk} = \frac{\min(\phi'_i, \varphi_{jk})}{\max(\phi'_i, \varphi_{jk})} \quad (6)$$

同理, 可得到与客户需求 (CN_i) 对应的功能要求 $FR_{ij} = \langle Parameter_j, \mu_{Pij}(y_j) \rangle$.

通过以上计算, 可以得到与各客户需求对应的模糊功能要求矩阵 (fuzzy function matrix, FFM)

$$FFM = \begin{bmatrix} \mu_{P11}(y_1) & \mu_{P12}(y_2) & \cdots & \mu_{P1m}(y_m) \\ \mu_{P21}(y_1) & \mu_{P22}(y_2) & \cdots & \mu_{P2m}(y_m) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mu_{Pn1}(y_1) & \mu_{Pn2}(y_2) & \cdots & \mu_{Pnm}(y_m) \end{bmatrix}$$

其中, 若定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 不相关, 则 $\mu_{Pij}(y_j) = 0$.

2.3 加权优化方法

由模糊功能要求矩阵 (FFM) 的列向量可以看出, 对同一个功能特征参数 ($Parameter_j$) 而言, 不同的客户需求可能要求有不同的取值, 然而对于一个产品而言, 同一个功能特征参数 ($Parameter_j$) 只有一个取值. 因此需要根据模糊权重向量 (FW) 进行加权优化处理.

下面给出加权优化处理的计算过程:

$$\omega_i = \frac{\lambda_i^* \int w \mu_{wi}(w) dw / \int \mu_{wi}(w) dw}{\sum_{i=1}^n (\lambda_i^* \int w \mu_{wi}(w) dw / \int \mu_{wi}(w) dw)} \quad (7)$$

$$\mu_{Pj}(y_j) = \sum_{i=1}^n \omega_i^* \mu_{Pij}(y_j) \quad (8)$$

式中, 若 $\mu_{Pij}(y_j) \neq 0$, 则 $\lambda_i = 1$; 否则 $\lambda_i = 0$. $\mu_{Pj}(y_j)$ 表示满足半结构化客户需求 (SCN) 的最终产品的功能特征参数 ($Parameter_j$) 的取值.

2.4 去模糊化处理

接下来, 需要对 $\mu_{Pj}(y_j)$ 进行去模糊化处理,

以便得到精确的产品功能要求值. 去模糊化处理的计算公式如下

$$\xi_j = \int y_j \mu_{P_j}(y_j) dy_j / \int \mu_{P_j}(y_j) dy_j \quad (9)$$

ξ_j 为满足半结构化客户需求(SCN)的功能特征参数($Parameter_j$)的某一精确值. 因此最终得到的产品功能要求 $FRs = \langle Parameter_1, \xi_1 \rangle \vee \langle Parameter_2, \xi_2 \rangle \vee \dots \vee \langle Parameter_m, \xi_m \rangle$.

3 应用案例

为了论证上述 SCN 转换处理方法的有效性,下面以普通骑式二轮摩托车的定制过程为例进行说明.

3.1 SCN 在线获取及其数学描述

图 2 为面向普通骑式二轮摩托车的半结构化客户需求(SCN)在线获取界面. 企业在综合平衡客户关切和可定制性的基础上,确定两轮摩托车的定制特征参数如下: 油耗、可靠性、耐用性、噪声、最大速度、爬坡性能、制动性能、启动性能. 客户可以根据自身需求表述的方便性,选择相应的需求描述方式,比如对于“油耗”,客户选择“语言值”的描述方式(即语言描述). 在图 2 中,客户选择不同的“描述方式”,“需求描述”的形式也将随之调整,比如选择“精确值、大约某个值、大于某个值、小于某个值”等四种描述方式,“需求描述”的形式是单个文本框;选择“某两个值之间”描述方式,“需求描述”的形式是两个文本框;而选择“语言值”描述方式,“需求描述”的形式是一个列表框. 客户还可以对不同定制特征参数的权重进行描述.



图 2 面向两轮摩托车的半结构化客户需求(SCN)获取界面

Fig. 2 Interface of semi-structure customer need acquisition for two-wheeled motorcycle

通过 Web 获得的半结构化客户需求(SCN)的数学描述形式如下:

SCN = \langle 油耗, (语言描述, 比较小), 非常重要 $\rangle \vee \langle$ 可靠性, (语言描述, 很高), 很重要 $\rangle \vee \langle$ 耐用性, (语言描述, 比较好), 比较重要 $\rangle \vee \langle$ 噪声, (语言描述, 比较小), 比较重要 $\rangle \vee \langle$ 最大速度, (大于某个值, 100km/h), 很重要 $\rangle \vee \langle$ 爬坡性能, (语言描述, 一般), 一般重要 $\rangle \vee \langle$ 制动性能, (语言描述, 非常好), 非常重要 $\rangle \vee \langle$ 启动性能, (语言描述, 很好), 很重要 \rangle .

3.2 SCN 转换处理过程

1) 模糊语义分析过程

经过模糊语义分析,将需求描述转换成相应的模糊特征函数,因而半结构化客户需求(SCN)可表示为 $SCN = \langle$ 油耗, $\mu_{F1}(x_1), \mu_{W1}(w) \rangle \vee \langle$ 可靠性, $\mu_{F2}(x_2), \mu_{W2}(w) \rangle \vee \langle$ 耐用性, $\mu_{F3}(x_3), \mu_{W3}(w) \rangle \vee \langle$ 噪声, $\mu_{F4}(x_4), \mu_{W4}(w) \rangle \vee \langle$ 最大速度, $\mu_{F5}(x_5), \mu_{W5}(w) \rangle \vee \langle$ 爬坡性能, $\mu_{F6}(x_6), \mu_{W6}(w) \rangle \vee \langle$ 制动性能, $\mu_{F7}(x_7), \mu_{W7}(w) \rangle \vee \langle$ 启动性能, $\mu_{F8}(x_8), \mu_{W8}(w) \rangle$. 在 SCN 中除了 $\mu_{F5}(x_5)$ 是升半正态型特征函数(见式(10))之外,其它模糊特征函数都是三角模糊特征函数,例如 $\mu_{F1}(x_1)$ 和 $\mu_{W1}(w)$ 分别如式(11)和式(12)所示.

$$\mu_{F5}(x_5) = \begin{cases} 0 & x_5 \leq 100 \\ 1 - e^{-(x_5-100)} & x_5 > 100 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{F1}(x_1) = \begin{cases} 0 & x_1 \leq 1.5 \\ 2x_1 - 3 & 1.5 < x_1 \leq 2 \\ 5 - 2x_1 & 2 < x_1 \leq 2.5 \\ 0 & x_1 > 2.5 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{W1}(w) = \begin{cases} 0 & w < 0.75 \\ 4w - 3 & 0.75 \leq w \leq 1 \end{cases} \quad (12)$$

2) 基于 FRM 的智能模糊推理过程

普通骑式二轮摩托车的主要功能特征参数有: 排量 (cm^3)、最低等速油耗 (L/100km)、可靠性(试验里程: km)、耐久性(试验里程: km)、最大噪声 (dB)、最高车速 (km/h)、爬坡角度($^\circ$)、制动距离 (m/30km/h)、启动时间 (s). 定制特征参数与功能特征参数的模糊关系矩阵(FRM)可根据实际情况建立,如表 1 所示. 用 \triangle \blacktriangle 分别

表示模糊语言变量: 负相关性非常大、负相关性比较大、正相关性比较大、正相关性非常大, 它们分别对应的三角模糊特征函数如图 3 所示, 表 1 中空格部分表示不相关。

表 1 定制特征参数与功能特征参数的模糊关系矩阵 (FRM)

Table 1 Fuzzy relation matrix of custom features and functional attributes

FRM	排量 (cm ³)	最低 等速 油耗 (L/100 km)	可靠 性(试 验里 程: km)	耐久 性(试 验里 程: km)	最大 噪声 (dB)	最高 车速 (km/ h)	爬坡 角度 (°)	制动 距离 (m/30 km/ h)	启动 时间 (s)
油耗	▲	▲							
可靠性			▲						
耐用性				▲					
噪声					▲				
最大速度	▲					▲			
爬坡性能	△						▲		
制动性能								▲	
启动性能									▲

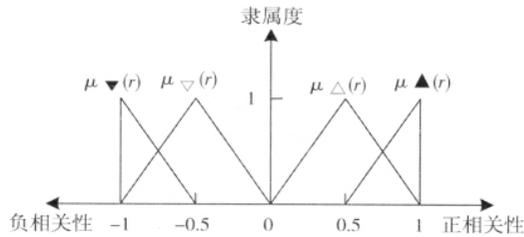


图 3 三角模糊特征函数

Fig. 3 Characteristic functions of triangular fuzzy number

将描述定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 相关关系的模糊语言变量转换成相应的三角模糊特征函数 $\mu_{Rij}(r)$, 例如 $\mu_{R11}(r)$ 如式 (13) 所示。若 $Feature_i$ 与 $Parameter_j$ 不相关, 则 $\mu_{Rij}(r) = 0$ 。因此可得到模糊关系矩阵 FRM。

$$\mu_{R11}(r) = \begin{cases} 0 & r < 0.5 \\ 2r - 1 & 0.5 \leq r \leq 1 \end{cases} \quad (13)$$

接下来, 需要应用 2.2.2 小节介绍的方法, 计算模糊功能要求矩阵 FFM 中的每个元素。下面以矩阵元素 $\mu_{P11}(y_1)$ 的计算过程为例进行阐述:

① 确定描述功能特征参数 ($Parameter_1$) , 即摩托车排量的模糊语言变量子集 $P_1 = \{P_{1k} \mid k = 1, 2, \dots, 7\} = \{\text{非常小, 很小, 比较小, 一般, 比较大, 很大, 非常大}\}$ 将 P_1 中的每个模糊语言变量转换成相应的三角模糊特征函数

$\mu_{P1k}(y_1)$, 例如 $\mu_{P14}(y_1)$ 如式 (14) 所示。

$$\mu_{P14}(y_1) = \begin{cases} 0 & y_1 \leq 90 \\ 0.05y_1 - 4.5 & 90 < y_1 \leq 110 \\ 6.5 - 0.05y_1 & 110 < y_1 \leq 130 \\ 0 & y_1 > 130 \end{cases} \quad (14)$$

② 确定定制特征参数 $Feature_1$ (即油耗 (升/百公里)) 与功能特征参数 $Parameter_1$ (即排量 (cm³)) 的论域分别为 $(\alpha_1, \beta_1) = (1, 3)$ 和 $(\delta_1, \theta_1) = (70, 150)$ 。

③ 将模糊特征函数 $\mu_{P1}(x_1)$ (见式 (11)) 和 $\mu_{P1k}(y_1)$ ($k = 1, \dots, 7$) 分别代入公式 (1)、(2), 分别求得 $\phi_1 = 0.500$ $\phi_{11} = 0.056$ $\phi_{12} = 0.167$, $\phi_{13} = 0.333$ $\phi_{14} = 0.5$ $\phi_{15} = 0.667$ $\phi_{16} = 0.833$, $\phi_{17} = 0.944$ 。

④ 将前面的计算结果代入公式 (3), 得到 $\rho_{111} = 0.112$ $\rho_{112} = 0.334$ $\rho_{113} = 0.666$ $\rho_{114} = 1$, $\rho_{115} = 0.750$ $\rho_{116} = 0.600$ $\rho_{117} = 0.530$ 。

⑤ 将前一步得到的计算结果代入公式 (4), 在这里即为式 (13), 得到 $\sigma_{111} = 0$ $\sigma_{112} = 0$, $\sigma_{113} = 0.332$ $\sigma_{114} = 1$ $\sigma_{115} = 0.500$ $\sigma_{116} = 0.200$, $\sigma_{117} = 0.060$ 。

⑥ 因为 $\sigma_{114} = 1$ 为最大值, 因此最终确定满足客户需求 (CN_1) 的功能特征参数 ($Parameter_1$) 取值应为 $\mu_{P11}(y_1) = \mu_{P14}(y_1)$, 即 $FR_{11} = < Parameter_1, \mu_{P11}(y_1) >$ 。也就是说, 当客户对摩托车油耗的要求是“比较小”时, 摩托车排量的大小应当为“一般”。

通过应用前述类似的计算过程, 可求出任意不为零的矩阵元素 $\mu_{Pij}(y_j)$, 其中 $i \in [1, 8]$ 且 $j \in [1, 9]$ 。若定制特征参数 ($Feature_i$) 与功能特征参数 ($Parameter_j$) 不相关, 则 $\mu_{Pij}(y_j) = 0$ 。从而得到模糊功能要求矩阵 FFM (8×9 阶)。

3) 加权优化及去模糊化

然后, 对求得的矩阵 FFM 进行加权优化处理 (详见 2.2.3 小节), 之后, 再进行去模糊化处理 (详见 2.2.4 小节), 最终得到满足半结构化客户需求 (SCN) 的精确产品功能要求为 $FR_s = < \text{排量 (cm}^3\text{)}, 118.7 > \vee < \text{最低等速油耗 (L/100 km)}, 2.1 > \vee < \text{可靠性 (试验里程: km)}, 7359.4 > \vee < \text{耐久性 (试验里程: km)}, 21874.3 > \vee <$

最大噪声 (dB) , $77.6 > V < \text{最高车速 (km/h)}$,
 $104.2 > V < \text{爬坡角度 (}^\circ\text{)}$, $19.5 > V < \text{制动距}$
 离 (m/30 km/h) , $5.2 > V < \text{启动时间 (s)}$, $11.8 >$.

3.3 SCN 转换处理方法应用于在线产品定制

在线产品定制系统可根据前述 SCN 转换处理方法求得的产品功能要求 (FRs) ,从产品实例库中向客户推荐已有的产品. 可通过加权欧氏距离计算公式 得出与产品功能要求 (FRs) 的距离最小的摩托车产品: $Product^* = < \text{排量 (cm}^3\text{)}$,
 $125 > V < \text{最低等速油耗 (L/100km)}$, $1.9 > V < \text{可靠性 (试验里程: km)}$, $7500 > V < \text{耐久性 (试验里程: km)}$, $25\ 000 > V < \text{最大噪声 (dB)}$, $75 > V < \text{最高车速 (km/h)}$, $110 > V < \text{爬坡角度 (}^\circ\text{)}$, $25 > V < \text{制动距离 (m/30km/h)}$, $5 > V < \text{启动时间 (s)}$, $10 >$. 然后,将产品

$Product^*$ 推荐给客户,如果客户满意则定制过程结束;否则,进入产品配置环节.

4 结束语

在线大规模定制环境下,对于客户不了解或难以精确描述的定制特征参数,允许客户用包括模糊语义在内的多种需求描述方式,有利于获取客户的真实需求. 然而,以该方式获得的半结构化客户需求 (SCN) 具有模糊性和不易处理性,为将之转换成精确的产品功能要求,建立了 SCN 转换体系结构,并对其具体实施步骤展开了深入研究. 最后,本文将该方法应用于普通骑式二轮摩托车的定制过程,阐释了其有效性和实用性.

参考文献:

- [1] Grenci R T, Watts C A. Maximizing customer value via mass customized e-consumer services [J]. Business Horizons, 2007, 50(2): 123-132.
- [2] Slywotzky A J. The age of the choiceboard [J]. Harvard Business Review, 2000, 78(5): 39-41.
- [3] Wilson T. Custom manufacturing: Nike model shows web's limitations [J]. Internetweek, 1999, 792: 1, 12.
- [4] Lombardoni A, Norrie M, Weibel N, et al. A systematic approach to the development of e-commerce sites for mass customization [C]//The Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service, 2005: 246-249.
- [5] Huffman C, Kahn B E. Variety for sale: Mass customization or mass confusion [J]. Journal of Retailing, 1998, 74(4): 491-513.
- [6] Piller F, Schubert P, Koch M, et al. Overcoming mass confusion: Collaborative customer co-design in online communities [J]. Journal of Computer-Mediated Communication, 2005, 10(4): 1-25.
- [7] Chen Y H, Wang Y Z, Wong M H. A web-based fuzzy mass customization system [J]. Journal of Manufacturing Systems, 2001, 20(4): 280-287.
- [8] Fung R Y K, Popplewell K, Xie J. An intelligent hybrid system for customer requirements analysis and product feature targets determination [J]. International Journal of Production Research, 1998, 36(1): 13-34.
- [9] 梁 梁, 周 俊, 罗 彪. MC 模式下基于顾客需求的产品配置优化分析 [J]. 管理科学学报, 2003, 6(3): 52-56, 65.
 Liang Liang, Zhou Jun, Luo Biao. Optimization of product configuration based on customers' needs under mass customization [J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(3): 52-56, 65. (in Chinese)
- [10] 楼健人, 张树有, 谭建荣. 面向大批量定制的客户需求信息表达与处理技术研究 [J]. 中国机械工程, 2004, 15(8): 29-31.
 Lou Jianren, Zhang Shuyou, Tan Jianrong. Research on expressing and processing client demands for mass customization [J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(8): 29-31. (in Chinese)
- [11] 谭建荣, 齐 峰, 张树有, 等. 基于模糊客户需求信息的设计检索技术的研究 [J]. 机械工程学报, 2005, 41(4): 79-84.
 Tan Jianrong, Qi Feng, Zhang Shuyou, et al. Research on technology of design retrieval based on fuzzy customer require-

- ment [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2005, 41(4): 79–84. (in Chinese)
- [12] Zamirowski E, Otto K. Product Portfolio Architecture Definition and Selection [C] // International Conference on Engineering Design, ICED, Munich, 1999: 1513–1518.
- [13] 但斌, 王江平, 刘瑜. 大规模定制环境下客户需求信息的分类方法及其表达方法研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(8): 1504–1511.
- Dan Bin, Wang Jiangping, Liu Yu. A taxonomy model and Representation approaches to information about customer needs for mass customization [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(8): 1504–1511. (in Chinese)
- [14] Suh N P. Axiomatic Design [M]. New York: Oxford University Press, 2001.
- [15] 李士勇. 工程模糊数学及应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- Li Shiyong. Engineering Fuzzy Mathematics with Applications [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004. (in Chinese)

Expressing and processing approach for semi-structured customer needs under mass customization

JING You-guo¹, DAN Bin¹, ZHANG Xu-mei¹, GUO Gang²

1. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
2. School of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China

Abstract: In view of the characteristics of semi-structured customer needs (SCNs) with fuzziness and difficulty to be processed and converted to precise product functional requirements (FRs), an expressing and transforming approach for SCNs is studied. The mathematical description approach of SCNs and the formal description approach of SCN transforming problem are presented, and then the architecture of the SCN transformation is constructed. This architecture is composed of four steps: fuzzy semantic analyzing, intelligent fuzzy reasoning, weighted optimizing, and defuzzification. Precise product functional requirements satisfying SCNs are outputted at last. Finally, the practicability of the approach is illustrated by an application case.

Key words: mass customization; semi-structured customer need; functional requirement; transformation