

产品造型风格意象认知空间构建方法研究

姚干勤^{1,2}, 薛澄岐²

(1.扬州科技学院 艺术学院, 扬州 225009; 2.东南大学 机械工程学院, 南京 211189)

摘要: **目的** 为了准确识别产品造型的风格, 以客车造型为例提出了产品造型风格意象认知空间的构建方法。**方法** 结合自然语言处理和词汇聚类的方法初步提取出常用的造型风格词汇组。借助里克特 7 点量表对风格描述数据进行离散化表征, 并采用主成分分析法提取造型风格的主成分和关键语义特征。在此基础上构建产品造型风格意象的认知空间。**结论** 客车造型风格实例分析结果表明, 这种基于主成分分析的造型风格识别方法能够满足客户对产品造型风格需求的描述, 较以往主观经验性评价模式具有更强的针对性和指导性。

关键词: 造型风格; 语义特征; 意象认知; 主成分

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)12-0100-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.12.019

Methods of Constructing the Cognitive Space of Product Styling Image

YAO Gan-qin^{1,2}, XUE Cheng-qi²

(1. Institute of Art, Yangzhou Institute of Technology, Yangzhou 225009, China;

2. Institute of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

ABSTRACT: In order to accurately identify the style of product, it puts forward the method of constructing the cognitive space of the styling image with the example of bus styling. Combined with natural language processing and lexical clustering method, the commonly used styling vocabulary is extracted preliminarily. With the help of Richter's 7 point scale, the stylistic description data are discretized and the principal components and key semantic features are extracted by principal component analysis (PCA). On the basis of this, it constructs the cognitive space of product styling image. The results of example show that this style recognition method based on principal component analysis can meet customers' demand for product style description. Compared with the previous empirical evaluation model it has stronger pertinence and guidance.

KEY WORDS: style; semantic feature; image cognition; principal component

产品造型风格的描述通常是以风格语义特征的形式呈现的, 造型风格通过语义词汇进行表达, 能够给客户抽象化的意象认知。隐性的语义特征和显性的几何特征是造型设计问题求解的主要媒介, 对设计知识的获取有重要作用。认知心理学的研究表明, 人类通过视觉、触觉等生理器官对产品的形态会形

成一定的心理感知, 在大脑中形成对产品形态的意象认知, 在审美方面的认知被称为造型风格意象认知。语义词汇是造型风格意象认知知识获取、表征、重用的常用符号, 从中抽取出关键语义特征, 即可构造型风格意象的认知空间。风格认知空间的构建可以起到科学规范造型风格需求描述的作用, 引导

收稿日期: 2018-03-30

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划资助项目 (12YJAZH134); 江苏省“十三五”教育科学规划课题重点资助项目 (B-a/2016/03/31); 2017 年度扬州市职业大学校级重点科研课题 (2017RW02)

作者简介: 姚干勤 (1975—), 男, 江苏人, 博士, 扬州科技学院副教授, 主要从事计算机辅助工业设计方面的研究。

通信作者: 薛澄岐 (1963—), 男, 江苏人, 博士, 东南大学教授, 主要从事人机工学设计方面的研究。

模糊的、内隐的客户需求外显化。

1 造型风格需求描述的获取

近年来，以客户需求为目标驱动的产品设计方式受到了国内外学者的强烈关注。Rehnberg 提出了在细分市场内收集动态信息，从而获取客户需求的方法^[1]；但斌等在研究计算机辅助设计制造的基础上，提出了一种智能化客户需求的获取方法^[2]；其他相关文献也从多个角度对客户需求的获取方式作了论述^[3-4]。这些研究主要集中于通过调研和统计分析的方法获取客户对产品审美认知的需求，并寻求将其转换为相应产品几何设计参数的方法。然而，对于如何快速获取隐蔽的定性造型风格需求的研究甚少，也缺乏需求获取规范化机制的研究。现有研究在实际运用过程中还存在周期长、成本高、效率低等缺点，导致了客户的满意度下降。随着互联网技术的快速发展，基于 Web 的客户需求获取系统可嵌套于企业信息门户平台，这既有利于企业的信息化管理，又有利

于数据的集中获取，以建立造型风格需求数据库。

风格的形成与人的心理认知紧密相关。Langacker 在其认知语法研究中指出，语义描述能促成认知的连贯性^[5]，这种认知连贯性是认知产品形态的基础。通过语义描述形成的抽象认知概念能帮助认知主体快速地完成造型特征的视觉感知，实现新产品造型风格的认知^[6]。

客户对产品造型风格的原始需求是构建产品造型风格意象认知空间的基础。客户描述风格的自然语言是杂乱无章的，需要从中抽取出关键语义信息，构建造型风格描述语义词库。学者冯志伟提出了自然语言处理的形式模型^[7]，运用该模型可以实现对客户原始需求描述语义词汇的抽取。抽取过程模型见图 1。

以客车造型风格意象认知的需求描述为例，运用图 1 所示的方法，共提取出了 128 个语义词汇。经过词汇聚类 and 反义成组操作，最终得到 19 组核心语义词汇，见表 1。

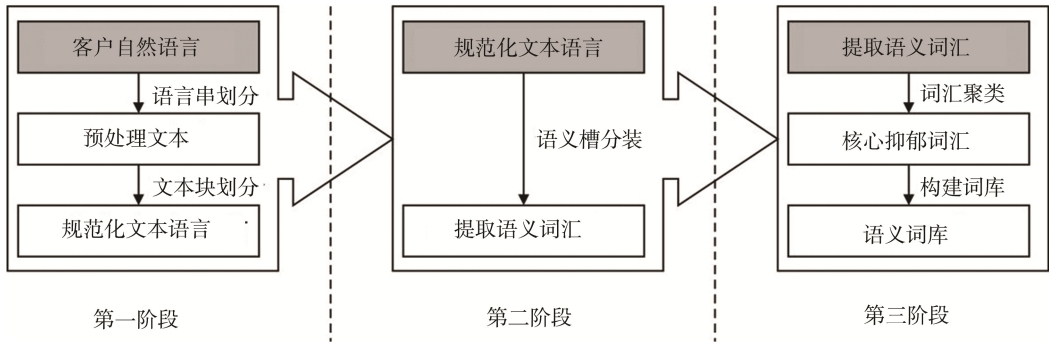


图 1 造型风格语义词汇提取的过程模型
Fig.1 A process model for extracting semantic words from molding style

表 1 客车造型风格核心语义词汇
Tab.1 Core semantic vocabulary of bus styling

序号	核心语义词汇组		序号	核心语义词汇组		序号	核心语义词汇组	
	正义词汇	反义词汇		正义词汇	反义词汇		正义词汇	反义词汇
1	传统	现代	8	柔和	坚硬	15	凝滞	流畅
2	艰苦	舒适	9	休闲	商务	16	大众	个性
3	方	圆	10	简洁	丰富	17	乏味	趣味
4	粗俗	优雅	11	低品质	高品质	18	秀气	粗旷
5	质朴	豪华	12	静态	动感	19	内敛	大方
6	古典	前卫	13	落伍	科技			
7	轻飘	沉稳	14	冷漠	情感			

2 造型风格意象认知的表征方法

采用合理的技术路线表征造型风格意象认知是实现客户风格需求知识应用的基础。语义变量是指用语言词汇表达定性变量，语义变量对于客户来说是易于理解和组织的，对于应用系统来说也应当是易于识

别、存储、检索和重用的。采用语义差异法结合里克特 7 点量表组成的语义变量来描述客户对造型风格的意象认知，逐步实现客户内隐的造型风格需求，结合语言的表达规范，对造型风格意象认知的语义变量采用“程度副词+形容词”的表达形式，例如“非常现代”、“有点动感”等。其中程度副词可采用里克特 7

点量表级数的形式实现定量转化表达,因此,单项风格意向认知语义变量词汇可表达为如下范式:

$$SW = \text{里克特 7 点量表级数} + \text{语义形容词} \quad (1)$$

其中,里克特 7 点量表级数由数字 1~7 表示,利用里克特 7 点量表可以将客户对每个形容词组的态度量化为具体的数值。例如对于“传统—现代”这一组形容词,可以提供 7 个等级的表述供客户选择,客户表述与数值量化的对应关系见表 2。

表 2 里克特 7 点量表级数表达形式
Tab.2 Expression form of Richter's 7 point scale

非常传统	传统	有些传统	中立	有些现代	现代	非常现代
1	2	3	4	5	6	7

如果引入造型风格需求向量的概念来量化表达客户对客车造型风格的需求,则 CNs 就应该涵盖表 1 中的所有形容词组,其向量的结构化表达形式如下:

$$CNs = \{SW_1, SW_2, \dots, SW_i, \dots, SW_{19}\}, i \in [1, 19] \quad (2)$$

若用上述具有 19 个维度的 CNs 参与知识的存储和计算,那将会产生较大的工作量。为了将计算控制在合理的范围内,必须对 CNs 采取降维处理,降维处理的方法采用基于实验的主成分分析法。

3 造型风格意象认知空间的构建

3.1 构建原则

造型风格意象认知空间简称风格认知空间,是指某产品造型领域风格意象认知的语义特征的集合^[8]。关键语义特征是风格认知空间的构成要素,其构成需遵循相关性、正交性和最大化的原则。

以客车造型设计为例,之前对造型风格词汇进行了初步的聚类处理,但是所得到的 19 组形容词仍然不是完全正交的,在语义上存在部分的重叠。例如“低品质—高品质”、“粗俗—优雅”以及“简朴—豪华”这 3 组词汇之间存在一定程度的语义重叠;“传统—现代”、“古典—前卫”以及“落伍—科技”这 3 组词汇之间也存在一定程度的语义重叠。另外,这 19 组形容词对于客车造型风格描述的重要程度也是不同的,因此,需要从中抽取出风格意象认知描述的主成分以及关键语义形容词组。

3.2 风格认知空间构建实验

本次实验的目的是通过抽取风格意象认知描述的主成分以及关键语义形容词组,从而构建客车造型风格意象认知空间。本文通过数理统计的方法从初步筛选出的 19 对语义形容词组中提取出能最大程度代表客车造型风格语义特征的关键形容词组,从而达到

实验目的。

本次实验选择乘用车作为研究对象,通过市场调研、企业网站、专业杂志和媒体等方式,共收集了国内外 20 余家规模客车制造企业近 5 年内设计制造的 208 种车型作为备选实验样本。其中国内销售排名 TOP10 及具有影响力的企业 13 家、国际知名企业 7 家。所有备选车型均为已经实现量产并且取得市场成功销售业绩的“良性样本”,各项数据信息完善。根据空间一致性的原则,选取的样本在范围的广度和深度上均具有典型的代表性。对备选的 208 种车型进行归纳分析处理,最终选取了 34 种车型实例作为最终实验样本。经检验,34 个实验样本均为近 5 年内的热销商品,造型信息完善且各项数据已冻结,符合“良性”实验样本标准。

首先,对 34 个实验样本进行统一的规范化处理,将实验样本的图像尺寸、背景颜色、视图角度调整成统一的状态;其次,采用里克特 7 点量表对形容词组进行语义尺度划分,利用语义差异量表对被试者逐个进行实验样本造型风格意象认知测试;再次,通过对实验数据的数理统计分析,得出所有代表客车造型风格意象认知的语义形容词组的分布规律以及语义形容词组变量的主成分;最后,选取主成分中相关系数较大的关键形容词组构建客车造型风格意象认知空间。

本次实验的被试由 6 名客车司机、8 名车主、5 名客车造型设计专业人员、5 名拥有相关客车知识背景的人员、6 名具有丰富客车乘坐经历的乘客组成。在选择被试者时,未考虑年龄、性别等因素的影响。要求被试者首先对选定的 34 个实验样本案例总体浏览 30 分钟,然后对事先设计好的语义差异量表评分标准进行说明,最后由被试者分别对每个样本案例进行 19 对语义形容词组的意象尺度评分,要求在 1 小时内完成,不允许相互讨论。

3.3 实验结果分析

本次实验数据采用 IBM 公司开发的统计分析软件 SPSS 进行分析处理。首先对实验作信度分析,计算结果显示本次实验系数为 0.809 (≥ 0.7 即认为该项测试具有一定的信度),说明本次实验的总体结果是可信的。

其次,本次实验的测试数据可用矩阵表示为:

$$S = \begin{bmatrix} S_{11}^k & S_{12}^k & \cdots & S_{1j}^k & \cdots & S_{119}^k \\ S_{21}^k & S_{22}^k & \cdots & S_{2j}^k & \cdots & S_{219}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{i1}^k & S_{i2}^k & \cdots & S_{ij}^k & \cdots & S_{i19}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{341}^k & S_{342}^k & \cdots & S_{34j}^k & \cdots & S_{3419}^k \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中， i 表示第 i 个测评样本案例， $i \in [1, 34]$ ； j 表示第 j 个风格意象认知形容词组， $j \in [1, 19]$ ； S_{ij}^k 表示第 k 个被试者对第 i 个测评样本的第 j 个风格意象认知形容词组的评分值， $k \in [1, 30]$ 。如果用式 3 所示的矩阵进行数据处理，数值计算的工作量将比较庞大。为了便于分析，首先必须降低变量的维度，找出所有变量中的关键变量。由于本研究所选择的被试涉及司机、车主、设计师、行业内人士和乘客，并且未对被试者的性别和年龄加以限制。所以，被试的选择在范围上具有广泛的代表性，且测评结果体现了大多数人的感觉。因此，可以采用均值统计量的方法计算 $\bar{S}_{ij}^{[9]}$ 。例如，计算被试者对第 8 个样本案例的第 9 项形容词组“休闲—商务”的意向认知均值 $\bar{S}_{89}$ ，其计算方式为： $\bar{S}_{89} = \sum_{k=1}^{30} S_{89}^k / 30$ ，计算结果为 $\bar{S}_{89} = 3.87$ 。

$$\bar{S}_{ij} = \sum_{k=1}^K S_{ij}^k / K \tag{4}$$

在本文初步筛选出的 19 对形容词组中，由于变量较多，不利于客户关键风格需求的获取以及后续风格需求知识的表达与重用，也增加了数据的计算量和分析问题的复杂性，因此，需要将这 19 对形容词组变量进行“降维”处理，提取出关键语义特征形容词组。主成分分析法是把影响问题的多个变量转化为少数几个综合变量分析问题的方法^[10]，利用较少的几个关键变量表述问题的大部分信息。

通过对 34 个实验样本案例的评分统计，计算第 i 个测评样本的第 j 个风格意象认知形容词组评分的均值，将均值数据导入 SPSS。利用其主成分分析功能并选择输出特征值大于 1 的主成分，即可主成分分析结果，见表 3。前 3 个风格语义特征主成分维度对造型风格信息的累积贡献率已经达到 80.563%，表达

了造型风格的绝大部分信息，因此，选取这 3 个主成分作为客车造型风格语义特征描述的主维度。

表 3 主成分分析结果

Tab.3 Results of principal component analysis

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	9.824	51.705	51.705	9.824	51.705	51.705
2	3.974	20.916	72.621	3.974	20.916	72.621
3	1.509	7.942	80.563	1.509	7.942	80.563
4	0.886	4.663	85.226			
5	0.583	3.068	88.295			
6	0.354	1.863	90.158			
7	0.247	1.300	91.458			
8	0.223	1.174	92.632			
9	0.191	1.005	93.637			
10	0.179	0.942	94.579			
11	0.175	0.921	95.500			
12	0.166	0.874	96.374			
13	0.150	0.789	97.163			
14	0.135	0.711	97.874			
15	0.114	0.600	98.474			
16	0.098	0.516	98.989			
17	0.089	0.468	99.458			
18	0.060	0.316	99.774			
19	0.044	0.232	100.000			

提取方法：主成分分析。

表 3 中的主成分与 19 个变量之间均存在相关性，包括正相关和负相关，在 SPSS 中选择输出主成分相关性矩阵功能，见表 4。若规定相关性系数的绝对值大于 0.8，则为密切相关，与主成分 1 密切相关的形

表 4 主成分相关性矩阵列表

Tab.4 List of principal component correlation matrices

变量	主成分			变量	主成分		
	1	2	3		1	2	3
传统—现代 x_1	0.827	0.225	0.205	低品质—高品质 x_{11}	-0.156	-0.461	0.193
艰苦—舒适 x_2	-0.011	0.012	0.478	静态—动感 x_{12}	0.943	-0.032	0.072
方—圆 x_3	0.510	-0.169	-0.476	落伍—科技 x_{13}	0.654	-0.251	-0.070
粗俗—优雅 x_4	0.738	-0.475	-0.062	冷漠—情感 x_{14}	0.242	-0.608	0.025
质朴—豪华 x_5	0.861	0.132	0.189	凝滞—流畅 x_{15}	-0.421	0.232	0.498
古典—前卫 x_6	0.710	0.193	0.376	大众—个性 x_{16}	0.879	-0.212	-0.001
轻飘—沉稳 x_7	-0.082	0.813	-0.277	乏味—趣味 x_{17}	0.285	-0.529	-0.562
柔和—坚硬 x_8	0.249	0.548	-0.465	秀气—粗犷 x_{18}	0.855	0.186	0.078
休闲—商务 x_9	0.876	0.239	0.129	内敛—大方 x_{19}	0.586	0.552	-0.138
简洁—丰富 x_{10}	0.214	-0.278	0.290				

提取方法：主成分分析

容词组有“静态—动感”(0.943)、“大众—个性”(0.879)、“休闲—商务”(0.876)、“质朴—豪华”(0.861)、“秀气—粗旷”(0.855)、“传统—现代”(0.827);“形容词组轻飘—沉稳”(0.813)与主成分 2 的相关性比较密切;无形容词组与主成分 3 密切相关,因此,共有 7 对形容词组与 3 个主成分密切相关。为了提升客户在进行客车造型风格需求描述

时的便利性,可基于 Web 的客户造型风格将初选的 19 对形容词组浓缩、精简为关键的 7 对形容词组。主成分相关性矩阵列表见表 4。

在 SPSS 软件中对 34 个实验样本案例作层级聚类分析,可以看出实验样本分布均匀,聚类有序,见图 2,从而证明了实验样本案例的选取方法是合理有效的。

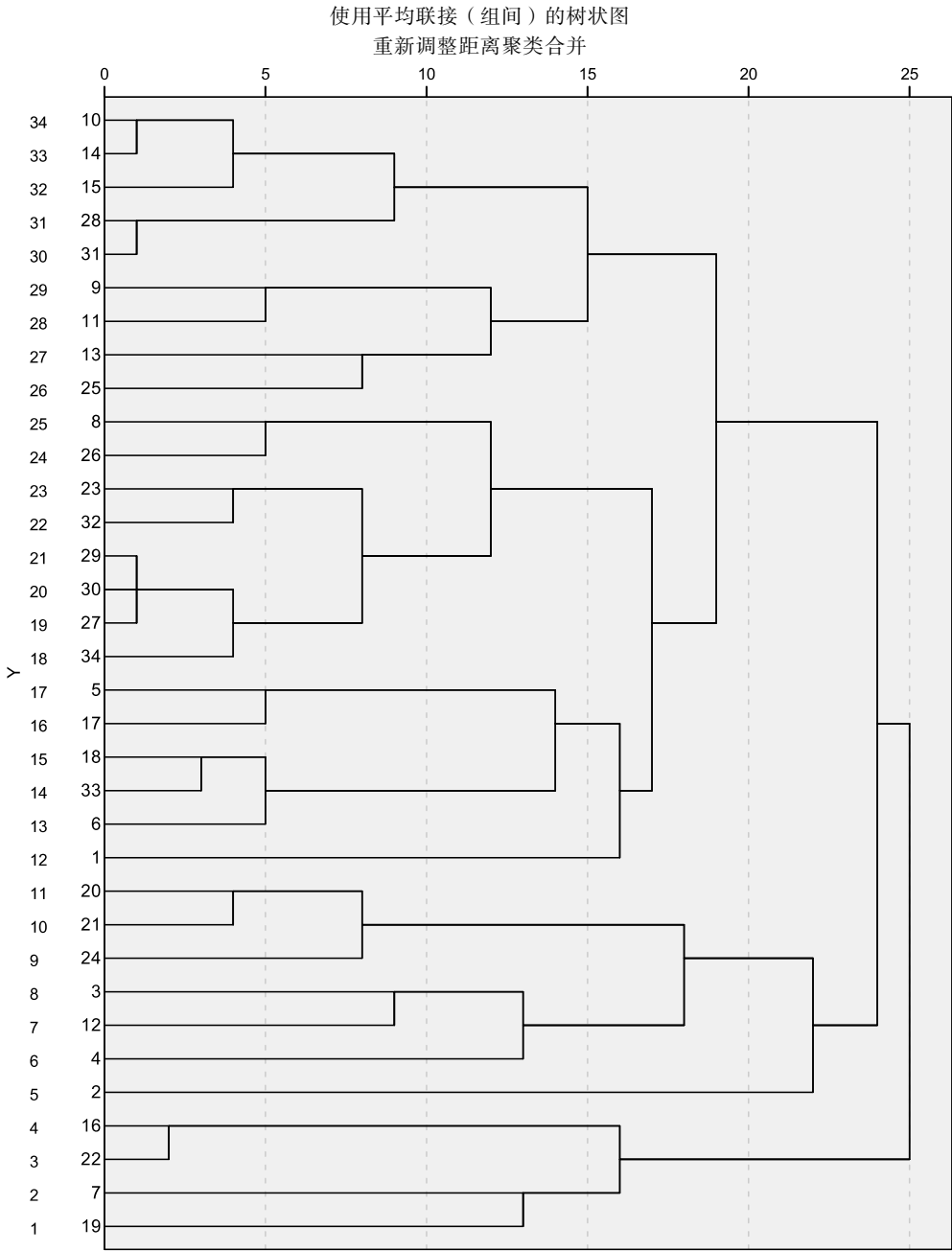


图 2 实验样本案例的层级聚类分析
Fig.2 Hierarchical cluster analysis diagram of experimental sample cases

3.4 实验结论

由上述实验结果分析可知,客车造型风格描述关键语义特征的形容词组有:“静态—动感”、“大众—

个性”、“休闲—商务”、“质朴—豪华”、“秀气—粗旷”、“传统—现代”、“轻飘—沉稳”。这 7 对形容词组之间遵循相关性、正交性、最大化原则,因此,客车造型风格认知空间 SP 可表达为:

SP={“静态—动感”、“大众—个性”、“休闲—商务”、“质朴—豪华”、“秀气—粗旷”、“传统—现代”、“轻飘—沉稳”}

(5)

4 风格意象认知空间的应用

在客车造型风格认知空间中, 若设置客户对造型风格的需求为因变量 Y , 造型风格需求关键语义特征要素为自变量 X , “静态—动感”、“大众—个性”、“休闲—商务”、“质朴—豪华”、“秀气—粗旷”、“传统—现代”、“轻飘—沉稳”分别用 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 表示。那么就构成了客户造型风格需求

因变量 Y 关于风格需求语义特征要素自变量 X 的函数。可表达为:

$$Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7) \quad (6)$$

消费者对客车造型风格需求的描述可以看成是一个多维度的风格需求向量, 风格需求向量的维度按照客车造型风格认知空间的研究结果进行构建。式 5 中的 7 对形容词组构成了 7 维造型风格认知空间, 任意一个客户需求均可看成是 7 维认知空间中的一个向量点。当客户按照式 6 内的变量逐项输入后, 可按图 3 所示的算法对客户造型风格需求进行量化识别。

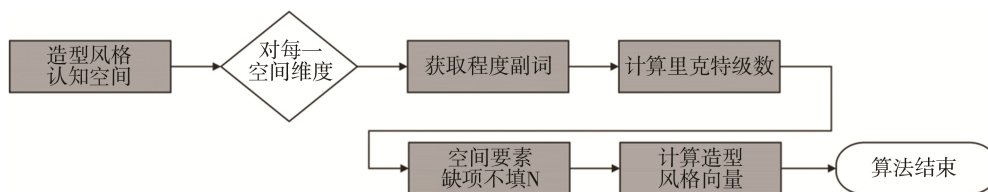


图 3 造型风格需求量化识别算法

Fig.3 Quantitative recognition algorithm for modeling style requirement

利用表 1 中的里克特 7 点量表对程度副词进行数值量化表示。通常情况下, 客户不会对所有造型风格认知空间维度进行逐项需求描述, 可以将客户需求描述未涉及到的认知空间维度用 N 表示。例如客户需求 $CNs=\{\text{非常现代, 非常豪华, 休闲, 有些动感, 有些个性}\}$ 可量化表示为 $CNs_1=\{5, 5, 2, 7, N, 7, N\}$ 。

客户造型风格需求的多样性使得企业由于受到技术、能力等方面的限制而难以满足所有客户的需求。而量化后的客户造型风格需求又使得企业能够通过相似性聚类分析的方法形成细分市场客户群, 企业可根据自身的情况选择具有利益价值的目标客户群^[11]。

5 结语

笔者首先提出了造型风格意象认知的概念, 并总结了造型风格意象认知需求描述具有多样性、相似性、模糊性、内隐性和动态性的特点; 其次, 在分析客户造型风格需求描述获取方式的优缺点的基础上, 结合造型风格认知需求的特点, 提出了基于 Web 的客户需求信息获取模型; 再次, 通过建立造型风格描述语义识别技术, 实现了从客户自然语言中提取语义词汇的功能, 并针对客车造型初步提取了 19 组风格语义形容词组; 然后, 提出了风格认知空间的构建原则, 并在实验结果数据分析的基础上建立了客车造型风格意象认知空间, 明确了造型风格认知空间的构建方法; 最后, 提出用造型风格需求向量的概念来量化表达客户对造型风格需求的描述, 并给出了具体的

实现算法, 为后续客户风格需求知识的转化和重用奠定了理论基础。笔者研究的产品造型风格认知空间构建方法虽然是以客车造型为例进行展开的, 但纵观其构建的原理和方法, 对其他工业产品造型风格认知空间的构建具有普遍适用性。

参考文献:

- [1] REHNBERG, J. Market Segmentation and User Requirement Analysis with Alternative Information Sources[J]. Luleå Tekniska Universitet, 2000.
- [2] 但斌, 经有国, 孙敏. 在线大规模定制环境下面向异质客户的需求智能获取方法[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(1): 15—24.
DAN Bin, JING You-guo, SUN Min. Intelligent Need Acquisition Approach for Heterogeneous Customers under Online Mass Customization[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(1): 15—24.
- [3] KEVIN N, OTTO, KRISTIN L. Product Design[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
KEVIN N, OTTO, KRISTIN L. Product Design[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007.
- [4] MENG D S, WEI Yan, CHUN H Chen. Soliciting Customer Requirements for Product Redesign Based on Picture Sorts and ART2 Neural Network[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(1): 194—204.
- [5] RONALD W, LANGACKER. 认知语法基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004.

- RONALD W, LANGACKER. Foundations of Cognitive Grammar[M]. Beijing: Beijing University Press, 2004.
- [6] LEIBE B, ETTLIN A, SCHIELE B. Learning Semantic Object Parts for Object Categorization[J]. Image and Vision Computing, 2008, 26: 15—26.
- [7] 冯志伟. 自然语言处理的形式模型[M]. 北京: 中国科学技术大学出版社, 2010.
- FENG Zhi-wei. Formal Models of Natural Language Processing[M]. Beijing: University of Science and Technology of China, 2012.
- [8] 姚干勤, 薛澄岐, 王海燕, 等. 基于意向认知的客车造型设计方法[J]. 东南大学学报, 2016, 46(6): 1198—1203.
- YAO Gan-qin, XUE Cheng-qi, WANG Hai-yan, et al. Design Method for Coach Styling Design Based on Image Cognition[J]. Journal of Southeast University, 2016, 46(6): 1198—1203.
- [9] 胡伟峰, 赵江洪, 赵丹华. 基于造型特征线的汽车造型意象研究[J]. 中国机械工程, 2009, 20(4): 496—500.
- HU Wei-feng, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua. Study on Styling Image of Vehicle Based On Form Feature Lines[J]. China Mechanical Engineering, 2009, 20(4): 496—500.
- [10] 何晓群. 多元统计分析(第三版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
- HE Xiao-qun. Multivariate Statistical Analysis (Third Edition)[M]. Beijing: Renmin University of China Press, 2012.
- [11] 李奋强. 产品系统设计[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- LI Fen-qiang. Product System Design[M]. Beijing: China Water Power Press, 2013.