

## 论坛与资讯

## 基于支持向量机的人本化包装设计评价模型

黄岳钧<sup>1,2</sup>, 颜爱民<sup>1</sup>

(1. 中南大学, 长沙 410083; 2. 东莞理工学院, 东莞 523419)

**摘要:** **目的** 探索人本化包装设计的本质内涵及评价方法, 为客观评价和提高产品包装的人本化设计水平提供理论支持和实现方法。 **方法** 运用文献研读、理论提炼和逻辑推演等方法, 提炼出人本化包装设计的评价指标体系, 在此基础上, 引入支持向量机, 构建了人本化包装设计的量化评价模型。 **结果** 验证了支持向量机评价模型的可行性和有效性。 **结论** 该评价模型具有广泛的应用前景, 为提升产品包装的人本化设计水平提供了理论依据。

**关键词:** 人本化设计; 支持向量机; 产品包装

**中图分类号:** TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)05-0136-04

### Evaluation Model of Humanistic Packaging Design Based on Support Vector Machine

HUANG Yue-jun<sup>1,2</sup>, YAN Ai-min<sup>1</sup>

(1. Central South University, Changsha 410083, China;

2. City College of Dongguan University of Technology, Dongguan 523419, China)

**ABSTRACT:** To explore the nature and evaluation method of humanistic packaging design, so as to provide the theoretical support and realization approach to evaluating and improving the level of humanistic design. By literature survey, theory refinement and logically reasoning, this paper analyzed and proposed the evaluation index system for humanistic packaging design, and built a quantitative model for evaluating the level of humanistic packaging design based on support vector machine (SVM). The results verified the feasibility and effectiveness of the SVM model. This model is of broad and practical application potential and provides the theoretical basis for improving the humanistic design level of product packaging.

**KEY WORDS:** humanistic design; support vector machine; product packaging

在现代包装设计中,除了保证产品的功能延伸外<sup>[1]</sup>,还应当在包装设计中重视人本化因素的导入。人本化包装设计是指在设计过程中,主张以人为核心,强调人的精神和物质需求、环境保护和资源再利用,最大限度地保证人的健康、生活质量以及与自然的和谐,进而达到提高产品形象和销量的目的。对产品包装的人本化设计水平进行评价,一直是业界关注的难点和热点问题,其涉及评价指标体系的设置及定量评价方法的选择等复杂问题。目前,此领域的研究文献较少,主要以理论阐述、特征分析为主,较少见到定量评价方法的运用。

人本化包装设计在不同程度上受到多种因素的影响,评价结果难以用恰当的数学解析式来描述,是一个多变量、多维和复杂的非线性过程。自20世纪90年代以来,随着统计学习理论的发展,支持向量机吸引了众多的数理科学家、计算机与信息科学家及工程师的关注,被广泛应用于模式识别、回归分析和时间序列预测等多个领域。

支持向量机是在解决其他机器学习算法缺点的基础上发展起来的,具有坚实的理论基础,科学严谨的数学模型,能在很大程度上克服其他机器学习算法(如神经网络)的“维数灾难”、“过学习”及“局部极小

收稿日期: 2014-05-23

基金项目: 国家社会科学基金(12AGL001); 国家自然科学基金(71372062)

作者简介: 黄岳钧(1982—),男,湖南常宁人,中南大学博士生,东莞理工学院讲师,主要研究方向为人本化管理与设计。

点”等问题,对非线性、多维数据等有强大的处理能力,能很好地适应人本化包装设计评价的需求。为此,尝试将支持向量机引入到人本化包装设计的评价中,利用支持向量机的小样本、高维和泛化性能高等特点,建立基于支持向量机的人本化包装设计模型,并对模型的设计进行系统阐述,实现了对人本化包装设计的定量评价。

## 1 支持向量机

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是基于统计学习理论中VC理论<sup>[2]</sup>和结构风险最小化原理的一种机器学习方法。VC理论是对函数集的一种度量,其反映不同函数集的学习能力,函数集的VC维越大,则统计机器的学习越复杂。

SVM的工作原理:对于线性可分数据,在原空间寻找1个满足分类要求的最优分类超平面;对于线性不可分数据,则需要首先将线性不可分问题转化为线性可分问题,即将原空间转化为高维特征空间<sup>[2-3]</sup>。

给定训练数据集 $\{x_i, y_i\}, i=1, 2, \dots, l; x_i \in X \subseteq R^n, y_i \in Y \subseteq R$ 。其中, $x_i$ 为输入向量, $y_i$ 为目标向量。SVM算法旨在找到一个映射函数解决给定的优化问题。基于统计学习理论,最优超平面可记为:

$$\psi_0 x + b = 0 \quad (1)$$

最优超平面的参数 $(\psi, b)$ 的确定由下列方程决定:

$$\varphi(\psi, \xi) = \frac{1}{2} \psi^T \psi + C \left( \sum_{i=1}^l \xi_i \right)$$

$$y_i(x_i \psi + b) \geq 1 - \xi_i, i=1, 2, \dots, l, \xi_i \geq 0 \quad (2)$$

引入拉格朗日乘子 $\{\alpha_i\}_{i=1}^l$ ,将优化方程(2)转化为:

$$W(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j) \\ \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i = 0, 0 \leq \alpha_i \leq 1, \gamma \geq 0 \quad (3)$$

根据Kuhn-Tucker定理,系数 $\alpha_i$ 不为0,相应的训练样本被称为支持向量,记为 $\alpha_i^*$ 。最后,支持向量机的最优决策函数方程为:

$$f(X) = \text{sgn} \left( \sum_{i=1}^l \alpha_i^* y_i (x_i x_j) + b \right) \quad (4)$$

## 2 评价模型实例

### 2.1 人本化包装设计评价指标体系

通过文献研读、理论提炼和逻辑推演,从包装材

料、包装结构、包装功能及产品情感表达等4个维度,构建人本化包装设计的评价指标体系<sup>[4-9]</sup>,共包括9个具体评价指标,包装材料的评价指标为绿色环保 $d_1$ 和循环再用 $d_2$ ,包装结构的评价指标为外观大方 $d_3$ 和简约实用 $d_4$ ,包装功能的评价指标为使用便利 $d_5$ 、保护功能 $d_6$ 及商品美化功能 $d_7$ ,情感表达的评价指标为绿色消费理念的传递 $d_8$ 和人性化包装理念的传递 $d_9$ 。

### 2.2 数据采集与处理

选取食品类包装为调查对象,采用上述人本化包装设计的评价指标体系,展开问卷调查,收集样本数据。问卷采用Likert 5点记分法,5为非常符合,1为非常不符合。调查共发放100份问卷,收集有效问卷82份,其中训练样本60份,测试样本22份。运用专家小组判断法,将数据样本进行分类评价,形成人本化包装设计水平的5级分类标准,分别为“低、较低、中等、较高、高”。

### 2.3 多分类支持向量机模型构建

经典支持向量机是二分类算法,由于该研究涉及人本化包装设计水平的5级分类,因此需要构造多分类支持向量机模型。这里采用一对多法(one-versus-rest),依次将某一分类样本归为一类,余下样本归为另一类,这样构造出5个支持向量机,实现对人本化包装设计的分类评价。

#### 2.3.1 核函数选择

构建性能良好的支持向量机模型,其关键在于核函数的选择及其参数的优化。如何根据实际需求选择恰当的核函数是该研究领域的重大课题。就目前为止,关于核函数的选取,仍然没有通行的标准和具体的指导理论和方法<sup>[10-11]</sup>。有学者认为,根据先验经验进行选取是一种不错的选择。也有人建议,最好的方法是不断地测试各种核函数的性能,并通过效度检验选取最优的核函数<sup>[12]</sup>。

常见的核函数包括线性核函数、多项式核函数、Gauss径向基核函数、傅里叶核函数和sigmoid核函数等。许多研究表明,在对比采用不同核函数进行训练时,Gauss径向基核函数对支持向量机的分类效果优于其他核函数<sup>[13-14]</sup>。由于Gauss径向基核函数在研究文献中被广泛使用,根据先验经验选取其作为本模型的核函数,其定义为:

$$K(X, X_i) = \exp \left( - \frac{|X - X_i|^2}{2\sigma^2} \right)$$

式中: $|X - X_i|$ 为2个向量之间的距离; $\sigma$ 为不等于0

的常数。

### 2.3.2 核函数参数优化

在核函数参数的优化上,这里采用网格搜索、遗传算法和粒子群优化等3种算法,运用“一对多”法则逐一对训练样本进行拟合,从中选取分类精度最高的参数优化算法。3种算法的参数优化及训练精度见表1。根据运算结果,选择了遗传算法进行核函数的参数优化,建构了基于SVM的评价模型。

### 2.4 模型评价结果分析

将训练好的支持向量机模型,按照“一对多”法则逐一对测试样本进行分类评价。部分测试样本数

表1 参数寻优结果

Tab.1 Resultant parameter optimization by search

参数	网格搜寻	遗传算法	粒子群优化
惩罚系数 $C$	3.12	68.24	100
核函数半径 $g$	0.67	0.52	0.09
CV Accuracy(精度)/%	81.56	89.91	87.83

据见表2,最终的模型评价结果见表3。模型训练样本评价精度为100%,测试样本为95.64%,整体为97.82%。结果表明,所建立的支持向量机综合评价模型能满足人本化包装设计的评价使用要求,具有较高的评价精度。

表2 部分测试样本数据

Tab.2 Data for partial specimens

样本序号	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$d_9$	人本化设计水平
HD56	5	4	5	4	5	5	4	4	5	高
HD57	3	4	3	4	3	3	3	4	3	中等
HD58	4	3	3	3	4	4	3	3	4	中等
HD59	4	3	4	4	3	4	3	4	3	较高
HD60	2	3	3	4	2	3	3	2	2	较低
HD61	2	4	2	2	3	4	3	4	4	中等
HD62	2	2	2	1	2	1	3	2	1	低
HD63	4	3	4	4	2	3	4	3	3	中等
HD64	4	3	4	3	4	5	4	3	4	较高
HD65	4	4	5	4	4	4	4	4	5	较高

表3 部分模型评价结果

Tab.3 Partial evaluation results by SVM model

序号	实际水平	模型评价	序号	实际水平	模型评价
HD56	高	5	HD61	中等	3
HD57	中等	3	HD62	低	1
HD58	中等	3	HD63	中等	3
HD59	较高	4	HD64	较高	4
HD60	较低	2	HD65	较高	4

## 3 结语

影响产品人本化包装设计的因素复杂,且目前尚未有客观科学的评价方法,基本上靠设计者或用户进行感官判断,其主观随意性较大,评价结果也不尽人意,说服力较弱,也不能对包装设计提供指导与建议。运用SVM评价模型实现定性与定量的有效结合,从包装的材料、结构、功能和情感表达等方面,对人本化设计理念的具体应用进行了客观科学的评

价,具有广泛的应用前景。支持向量机的评价模型是动态的,随着训练样本数据库的不断增加,模型的泛化能力将会进一步提升,从而可进一步提高评价的精度和范围。

### 参考文献:

- [1] ZAMPORI L, DOTELLI G. Design of A Sustainable Packaging in The Food Sector by Applying LCA[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014, 19(1):206—217.
- [2] VAPNIK V N. Statistical Learning Theory, Adaptive and Learning Systems for Signal Processing, Communications, and Control[M]. John Wiley & Sons, 1998.
- [3] 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报, 2000, 26(1):32—42.  
ZHANG Xue-gong. Introduction to Statistical Learning Theory and Support Vector Machines[J]. Acta Automatica Sinica, 2000, 26(1):32—42.
- [4] KLIMCHUK M R, KRASOVEC S A. Packaging Design: Successful Product Branding from Concept to Shelf[M]. John Wiley & Sons, 2013.

- [5] CHENG S, CHOU P C. Novel Packaging Design for High-power GaN-on-Si High Electron Mobility Transistors (HEMTs) [J]. *International Journal of Thermal Sciences*, 2013, 66: 63—70.
- [6] GELICI-ZEKO M M, LUTTERS D, KLOOSTER R, et al. Studying the Influence of Packaging Design on Consumer Perceptions (of Dairy Products) Using Categorizing and Perceptual Mapping[J]. *Packaging Technology and Science*, 2013, 26(4): 215—228.
- [7] 唐娟. 在包装设计中引入绿色理念的思考[J]. *包装工程*, 2013, 34(10): 95—98.  
TAN Juan. Thinking of the Introduction of Green Concept in Packaging Design[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(10): 95—98.
- [8] 胡艳珍. 低碳文化理念下产品包装的简约设计[J]. *包装工程*, 2011, 32(14): 143—146.  
HU Yan-zhen. Under the Concept of Low-carbon Culture Minimalist Design of Product Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(14): 143—146.
- [9] 袁恩培, 申兴华. 论我国商品包装设计的心理化[J]. *包装工程*, 2013, 34(4): 71—74.  
YUAN En-pei, SHEN Xin-hua. On the Psychology of China's Commodity Packaging Design[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(4): 71—74.
- [10] AMARI S, WU S. Improving Support Vector Machine Classifiers by Modifying Kernel Functions[J]. *Neural Networks*, 1999, 12(6): 783—789.
- [11] QI Z, TIAN Y, SHI Y. Robust Twin Support Vector Machine for Pattern Classification[J]. *Pattern Recognition*, 2013, 46(1): 305—316.
- [12] MIN J H, LEE Y C. Bankruptcy Prediction Using Support Vector Machine with Optimal Choice of Kernel Function Parameters[J]. *Expert Systems with Applications*, 2005, 28(4): 603—614.
- [13] AHN J J, OH K J, KIM T Y, et al. Usefulness of Support Vector Machine to Develop an Early Warning System for Financial Crisis[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, 38(4): 2966—2973.
- [14] 郑蕊蕊, 赵继印, 赵婷婷, 等. 基于遗传支持向量机和灰色人工免疫算法的电力变压器故障诊断[J]. *中国电机工程学报*, 2011, 31(7): 56—63.  
ZHENG Rui-rui, ZHAO Ji-yin, ZHAO Ting-ting, et al. Power Transformer Fault Diagnosis Based on Genetic Support Vector Machine and Gray Artificial Immune Algorithm[J]. *Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering*, 2011, 31(7): 56—63.
- [15] MOON H, MILLER D R, KIM S H. Product Design Innovation and Customer Value: Cross-Cultural Research in the United States and Korea[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2013, 30(1): 31—43.

(上接第135页)

- 院学报, 2008, 16(2): 6—9.  
XU Xiang-yang. An Analysis of the Black Point Compensation in Adobe Software System[J]. *Journal of Beijing Institute of Graphic Communication*, 2008, 16(2): 6—9.
- [6] 张寒冰, 袁昕. 数字半色调技术中的误差扩散算法的研究[J]. *计算机应用*, 2010, 30(4): 925—928.  
ZHANG Han-bing, YUAN Xin. Study on Error Diffusion Algorithm of Digital Half Toning[J]. *Journal of Computer Applications*, 2010, 30(4): 925—928.
- [7] 林茂海, 周世生, 罗运辉. 色域映射算法对颜色复制中色差的影响[J]. *机械科学与技术*, 2010, 29(11): 1461—1465.  
LIN Mao-hai, ZHOU Shi-sheng, LUO Yun-hui. Influence of Gamut Mapping Algorithm on the Color Difference in Color Reproduction[J]. *Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering*, 2010, 29(11): 1461—1465.
- [8] 许瑞馨, 唐万有, 何明辉. 不同软件中色彩管理的应用效果比较[J]. *包装工程*, 2008, 29(3): 87—89.  
XU Rui-xin, TANG Wan-you, HE Ming-hui. Comparison of the Color Management Application Effects of Different Software[J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29(3): 87—89.
- [9] 刘浩学, 武兵, 黄敏, 等. 对输出文件不同再现意图色域的分析[J]. *北京印刷学院学报*, 2009, 17(6): 17—20.  
LIU Hao-xue, WU Bing, HUANG Min, et al. Analysis to the Profiles of Output Device in Different Rendering Intents [J]. *Journal of Beijing Institute of Graphic Communication*, 2009, 17(6): 17—20.
- [10] 李效周, 陈广学, 贾春江, 等. 基于高保真颜色再现的色域扩展方法研究[J]. *包装学报*, 2011, 3(1): 19—23.  
LI Xiao-zhou, CHEN Guang-xue, JIA Chun-jiang, et al. Study on Gamut Extension Methods for Hi-Fi Color Reproduction[J]. *Packaging Journal*, 2011, 3(1): 19—23.
- [11] MOROVIC J. *Color Gamut Mapping*[M]. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2008.
- [12] NOVAKOVIC M, MANDIC L, DELAC K. Rendering Intent and Color Reproduction[C]// *The 29th International Symposium ELMAR, Croatia, 2009*: 25—28.
- [13] HIGH G, GREEN P, COATES D, et al. Colour Management for Cholesteric Displays: Creation and Usage of ICC Colour Profiles[C]// *The 31st International Congress on Imaging Science, ICIS, 2010*: 35—38.
- [14] CHEN Guang-xue, LI Xiao-zhou. Study on Original Image Gamut and Gamut Mapping Adaptability in Digital Printing [C]// *31st International Congress of Imaging Science, USA: IS & T, 2010*: 184—188.
- [15] International Color Consortium (2004). Specification ICC.1: 2004-10 (Profile version 4. 2. 0. 0). Image Technology Colour Management Architecture, Profile Format, and Data Structure[EB/OL]. (2005-05-10)[2007-07-05]. <http://www.color.org/icc.specs2.html>.
- [16] Borg Black Point Compensation from Adobe Systems[EB/OL]. (2005-05-10) [2007-07-05]. <http://www.color.org/AdobeIbpc.pdf>.