

DOI: 10.13958/j.cnki.ztcg.2021.04.005

## 基于聚类的陶瓷图像多样性检索方法研究

朱胜平

(泉州工艺美术职业学院, 福建 德化 362500)

**摘 要:** 针对相似度陶瓷图像检索时出现大量重复信息的问题, 提出了一种基于聚类的陶瓷图像多样性检索方法。首先, 针对陶瓷图像提取出能够较好表达陶瓷图像的特征; 其次, 利用聚类算法去除相似度太高的图像; 最后, 把丰富多样的检索结果反馈给用户。实验结果表明, 本文提出的多样性检索方法, 可以保证检索结果相关性的前提下, 达到多样性检索这一需求, 并提高了检索效率。

**关键词:** 陶瓷图像; 特征提取; 聚类算法; 多样性技术

中图分类号: TQ174.79

文献标志码: A

文章编号: 1006-2874(2021)04-0021-05

## Research of Diversify Retrieval Method of Ceramic Image Based on Clustering

ZHU Shengping

(Quanzhou Arts and Crafts Vocational College, Dehua 362500, Fujian, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of a large amount of repeated information in similarity ceramic image retrieval, this paper presented a diversity retrieval method of ceramic image based on clustering. First, extract the feature that can better express the ceramic image; then, use clustering algorithm to remove images that are too similar; finally, make the retrieval results express more effective information and feedback to the users. Experimental results show that the method can achieve good performance with improving diversity while ensuring the relevance of retrieval results, improve the retrieval efficiency.

**Key words:** ceramic image; feature extraction; clustering algorithm; diversified technology

### 0 引 言

中国陶瓷历史源远流长、种类丰富。随着多媒体技术和计算机技术应用的迅速发展, 数字图像采集设备的广泛使用, 以及网络的普及应用, 大量陶瓷图像信息已经被数字化。而利用计算机处理数字陶瓷图像信息可以避免传统研究过程中的工作效率低、工作量大且客观性难以保证等缺点。弘扬陶瓷文化离不开陶瓷图像的展示。其中, 也有大量重复的陶瓷图像。那么如何去除重复信息, 给用户展现出更多种类的图像, 变得尤为重要。正是用户这种迫切的应用需求, 驱动着我们对陶瓷图像检索的内容多样性开展研究。随着互联网络的快速发展, 具有广泛的应用前景。

目前, 陶瓷图像处理的研究已经取得一些成果。2009 年, 赖秀珍等<sup>[1]</sup>结合景德镇陶瓷图像的特点, 研究基于内容的图像检索技术在景德镇陶瓷图像检索中得到应用。并利用动态调整特征权重方法, 帮助用户快速地找到相关感兴趣的陶瓷图像。2013 年, 熊露等<sup>[2]</sup>以景德镇窑不同历史时期撇口碗图像为研究对象, 对其器型轮廓特征提取进行了 Matlab 分析与实现。2020 年, 张静等<sup>[3]</sup>提出一种借助于人工智能的辅助鉴别方法鉴定具有蕉叶纹饰的古陶瓷年代及真伪。利用局部二值模式(LBP)和方向梯度直方图(HOG)技术从古陶瓷图像的蕉叶纹饰中提取古陶瓷的时代特征。通过蕉叶纹局部二值模式纹饰特征和方向梯度直方图纹饰特征的融合实现古陶瓷的智能断代, 并采用

收稿日期: 2021-03-06。

修订日期: 2021-03-10。

基金项目: 福建省中青年教师教育科研项目(JAT201367)。

通信联系人: 朱胜平, 男, 硕士。

Received date: 2021-03-06.

Revised date: 2021-03-10.

Correspondent author: ZHU Shengping, Male, Master.

E-mail: sping.zhu@stu.hqu.edu.cn

纹饰相似度衡量古陶瓷的真、伪可能性。2019年,朱永红等<sup>[4]</sup>针对陶瓷梭式窑烧成带温度基于模式识别提出了一种优化检测方法和算法,通过对火焰图像进行处理识别,从而实现对陶瓷梭式窑炉温度的智能检测。2020年,张瑞瑞等<sup>[5]</sup>通过了一套古陶器型三维还原算法,从而实现对古陶器器型的三维建模,对古陶瓷研究具有一定意义。

为了使检索结果能给用户提供更多的信息,而不是简单的重复,多样性图像检索被提出并广泛研究<sup>[6]</sup>。2006年,K. Song 等将多样性检索技术应用图像检索领域,使用重排序技术使检索结果包含更丰富的信息<sup>[7]</sup>。2009年,Z.Q. Zhao 等提出在流行上基于 AP 聚类的多样性图像检索技术<sup>[8]</sup>。2010年,M. Wang 等提出多样性相似排序方法(diverse relevance ranking, DRR)<sup>[9]</sup>。2017年,Boteanu 等人将伪相关反馈的思路引入到图像多样性检索领域<sup>[10]</sup>。作者首先通过自动模拟的方式从初始检索结果中选出正例与负例并进行过滤,之后采用梯度聚类算法对剩余结果归类,最后采用重排序思想从每类中选择样本构成检索结果。2019年,严国莉等根据用户的查询词,对传统的查询结果进行重排,从而给用户提供更多样化的搜索结果<sup>[11]</sup>。

图像特征是图像检索的基础,图像特征提取的好坏直接关联到图像检索的结果。2001年,Oliva 和 Torralba 提出 Gist 特征。该特征对场景图像分类和检索效果显著。实验通过对受试者进行一系列感知,筛选出了人类用来描述自然场景的一些词汇:自然度、开放度、粗糙度、扩张度、崎岖度等。利用光谱信息对整个场景进行低维描述<sup>[12]</sup>。薛超等提出 Gist 特征和 SIFT 特征融合进行遥感图像检索<sup>[13]</sup>,利用特征融合的方法得到图像的特征向量,最后通过多核学习得到最优解,返回最终检索结果。该方法在遥感图像上对比单图像特征,提高了检索准确率。

目前对陶瓷图像研究还是相对较少。利用图像处理技术,对陶瓷图像中的信息进行处理、分析、挖掘与应用,能够促进陶瓷领域的现代化发展。这也是研究发展的一种必然趋势。

## 1 陶瓷图像特征提取

通过实验对比多种图像特征后,发现 Gist 图像特征可以较好地表达陶瓷图像的内容。

首先,对图像进行分块,平均分成  $4 \times 4$  等份,

共 16 个图像块;然后,构造 4 个尺度 8 个方向,共生成 32 个 Gabor 滤波器组;最后,每个 Gabor 滤波器对 16 个图像块进行卷积处理,取每次卷积后的均值,作为该图像块的特征。每个图像块的图像特征提取完成后,合并成整幅图像特征,即 512 维的 Gist 特征。

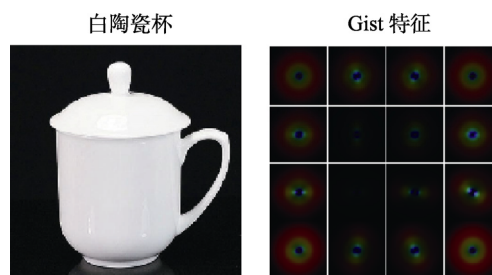


图 1 陶瓷图像 Gist 特征  
Fig.1 Ceramic image Gist feature

## 2 陶瓷图像多样性检索

本文设计了一种基于聚类的多样性检索算法,用于陶瓷图像的多样性检索。首先,对陶瓷图像进行预处理;其次,提取陶瓷图像特征,通过聚类算法对陶瓷图像进行聚类分析;最后,从每个类别中选择部分图像输出,保证检索结果的多样性。

### 2.1 多样性检索算法介绍

(1) 多样性检索算法框架见图 2。

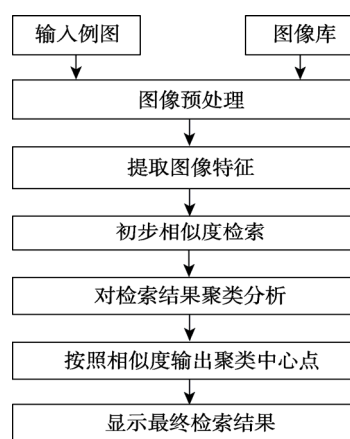


图 2 多样性检索算法框架  
Fig.2 Framework of diversity retrieval algorithm

(2) 多样性检索算法步骤如下:

- Step 1: 图像库图像预处理。
- Step 2: 提取图像库特征。
- Step 3: 输入例图进行初步相似度图像检索。
- Step 4: 在第二步中对检索结果进行聚类分

析, 得到聚类中心图像。

Step 5: 将第四步中得到聚类中心图像与输入例图进行相似度比较, 并排序输出。

## 2.2 聚类算法

为了使检索结果更多地表现出多样性, 去掉同类中很相似的图像。本研究采用 AP 聚类算法, 对初步检索结果进行聚类, 然后在每类中选取代表图像作为检索结果。

2007 年, Frey 等在《Science》上发表了 Affinity Propagation (AP) 聚类算法<sup>[14]</sup>。AP 聚类算法不需要预先设定聚类数目, 处理大量数据时聚类效率高。因此, 本文选用 AP 算法进行图像聚类。它的主要思想是预先把所有数据点看作候选聚类中心点。在不断迭代过程中, 每个数据点通过“消息传递”来确定是否是聚类中心点, 或者选择某个数据点作为聚类中心点, 最终获得若干个聚类中心点。AP 算法首先为每个数据点  $K$  设定其偏向参数  $S(k, k)$  (preference),  $S(k, k)$  的值越大, 相应数据点  $K$  被选中为聚类中心点的可能性就越大。

AP 算法消息传递的两个重要参数:

(1) 吸引度矩阵  $R=[r(i, k)]_{n \times m}$ , 表示  $X_k$  适合作为  $X_i$  的聚类中心点的程度。

(2) 归属感矩阵  $A=[a(i, k)]_{n \times m}$ , 表示  $X_i$  选择  $X_k$  作为聚类中心点的合适程度。

AP 算法的核心步骤为两个参数的交替更新过程, 更新公式如下:

$$r(i, k) \leftarrow s(i, k) - \max_{k' \text{ s.t. } k' \neq k} \{a(i, k') + s(i, k')\} \quad (1)$$

IF  $i \neq k$ ,

$$a(i, k) \leftarrow \min\{0, r(k, k) + \sum_{i' \text{ s.t. } i' \neq i, k} \max\{0, r(i', k)\}\} \quad (2)$$

IF  $i = k$ ,

$$a(k, k) \leftarrow \sum_{i' \text{ s.t. } i' \neq k} \max(0, r(i', k)) \quad (3)$$

## 2.3 相似度度量

提取陶瓷图像特征后, 需要计算不同图像特征之间的距离, 即图像间的相似度度量。本文采用欧式距, 来衡量两幅图像间的距离。设  $a$ 、 $b$  是对应两幅图像的特征,  $a_i$ 、 $b_i$  代表各图像特征分量。

$$L(A, B) = \left[ \sum_{i=1}^n |a_i - b_i|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

## 2.4 检索结果评价指标

评价指标需要保证检索结果相关性的前提下, 进一步提高多样性这一需求。因此, 本文采

用充分考虑相关性和多样性的评价指标, 最大散度多样性 (Maximal Scatter Diversity, MSD) 静态评估函数:

$$\text{MSD} = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} r(I_i) \cdot d(I_i, \bar{I}) \quad (5)$$

$$\text{其中, } \bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} [r(I_i) \cdot I_i]}{\sum_{i=1}^{N_t} r(I_i)}$$

式中,  $N_t$  表示检索结果图像数;  $r(I_i)$  表示检索结果的相关性。在图像  $I_i$  与检索例图相关时为 1, 否则为 0。  $d(\cdot)$  为两幅图像间的距离, 表示图像间的差异性, 由图像特征向量的欧氏距离表示。

## 3 实验与分析

### 3.1 实验图像集描述

收集陶瓷图像和非陶瓷图像分别作为正例和反例样本组成实验图像数据库。其中, 正例样本共 1000 张图片, 包含 10 类陶瓷图像, 分别是白陶瓷杯、金藤花杯、彩陶瓷杯、粗陶瓷杯、黄金龙杯、卡通瓷杯、蓝扒花杯、青花瓷杯、水墨画杯、紫砂茶杯, 见图 3。反例样本共 1000 张图片, 随机从加利福尼亚理工学院收集整理的数据集 Caltech256 中取得。最终组成 2000 张图像的实验图像集。



图 3 实验中的 10 类陶瓷图像  
Fig.3 Ten types of ceramic images in the experiment

### 3.2 实验环境与过程描述

实验在 MATLAB R2013a 环境下进行。首先, 搭建图像多样性检索框架, 实现图像特征提取、特征相似度计算、图像检索结果显示; 然后, 计算检索结果的最大散度多样性, 来量化分析检索结果的效果; 最后, 为了减少一次实验而引起的偶然误差, 分别检索 10 类陶瓷图像, 并计算检索结果的评价指标。

### 3.3 实验结果分析

以卡通陶瓷杯输入为例, 例图如图 4。相似度检索结果如图 5。多样性检索结果如图 6。



图 4 输入的陶瓷正例图  
Fig.4 Input the ceramic image



图 5 相似度检索结果  
Fig.5 Similarity retrieval result

图 5 中以卡通陶瓷杯为例图在图像库中进行检索, 显示前 25 幅图像检索结果。检索结果全部为卡通陶瓷类, 不包含其他类别的陶瓷杯, 也不包含非陶瓷杯的反例图像。说明检索结果可以很好地保证检索结果的相关性。但是这样的检索结果包含了太多重复的信息, 不能给用户提供丰富多样的信息。

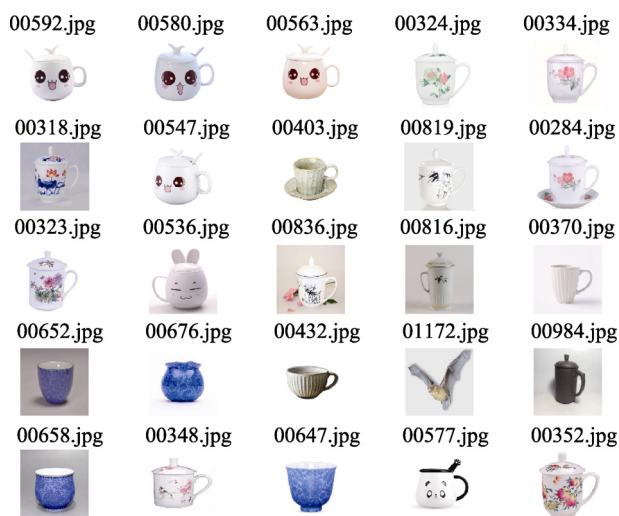


图 6 多样性检索结果  
Fig.6 Diversity retrieval result

图 6 中仍然以卡通陶瓷杯为例图在图像库中进行检索, 显示前 25 幅图像检索结果。检索结果中有一幅非陶瓷图像外, 其他全部为陶瓷图像, 包含卡通瓷杯、粗陶瓷杯、水墨画杯、陶瓷彩杯、蓝扒花杯、紫砂茶杯、青花瓷杯共七种类别的陶瓷杯。说明多样性检索算法即保证了检索结果的相关性, 也使检索结果的种类丰富多样, 为用户提供了更多的有用信息。并且检索结果中

和输入例图同类别的卡通瓷杯共有 6 幅, 也展现出了不同角度、不同形状的图像。

为了更好地进行对比, 本文分别输入 10 类的陶瓷杯图片, 进行相似度图像检索和多样性图像检索, 并按照评价指标公式, 计算两种检索结果的最大散度多样性 (MSD), 如图 7。

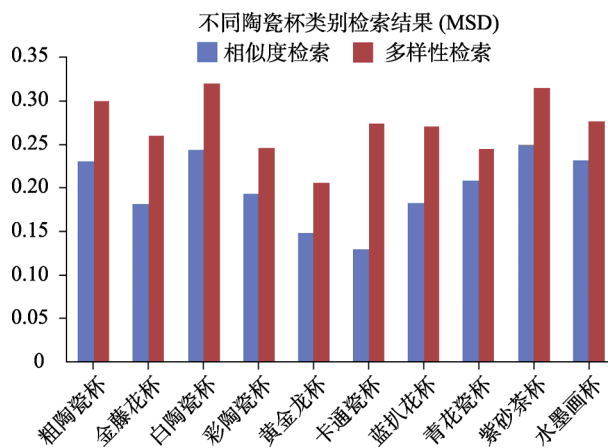


图 7 不同陶瓷杯类别检索结果 (MSD)  
Fig.7 Retrieval result of different types of ceramic images (MSD)

从实验结果中可以看出: 分别输入 10 类的陶瓷杯图片, 初次采用传统的基于相似度图像检索算法; 再次采用多样性图像检索算法, 并分别根据评价指标公式 (5) 计算 MSD。结果发现, 采用多样性检索结果的 MSD 有明显提升。

## 4 结 论

本文根据陶瓷杯图像特征, 针对传统的相似度图像检索中信息重复的问题, 提出了多样性检索算法, 并通过 Matlab 分析与实现。实验结果表明, 陶瓷图像多样性检索算法既能保证检索结果的相关性, 也能表达出检索结果的多样性。其为用户提供更多的有效信息, 提高了检索效率, 对陶瓷行业信息化发展具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 赖秀珍, 胡溯帆, 陆梅林, 等. 景德镇陶瓷图像检索技术研究[J]. 中国陶瓷, 2009, 45(12): 34-36.
- [2] 熊露, 吴隽, 张茂林, 等. 基于特征提取的古陶瓷鉴定研究[J]. 中国陶瓷, 2013, 49(7): 49-56.
- [3] 张静, 周强, 王莹, 等. 元明清陶瓷蕉叶纹纹饰的特征[J]. 硅酸盐学报, 2020, 48(9): 1367-1375.
- [4] 朱永红, 蒋超, 王俊祥. 一种基于火焰图像模式识别的陶瓷梭式窑温度智能检测方法[J]. 陶瓷学报, 2019, 40(3): 387-392.
- [5] 张瑞瑞, 周强, 王莹, 等. 基于机器视觉技术的古陶瓷器



- 型三维还原算法[J]. 硅酸盐通报, 2020, 39(11): 3655-3663.
- [6] CARBONELL J, GOLDSTEIN J. The use of MMR, diversity-based reranking for reordering documents and producing summaries. Proceedings of The 21st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval [J]. New York: ACM, 1998, 335-336.
- [7] SONG K, TIAN Y, HUANG T, et al. Diversifying the image retrieval results. proceedings of the 14th annual acm international conference on multimedia [J]. New York: ACM, 2006, 707-710.
- [8] ZHAO Z Q, GLOTIN H. Diversifying image retrieval by affinity propagation clustering on visual manifolds [J]. IEEE Multimedia, 2009, 16(4): 34-43.
- [9] WANG M, YANG K, HUA X, et al. Towards relevant and diverse search of social image [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010, 12(8): 829-842.
- [10] BOTEANU B, MIRONICA I, IONESCU B. Pseudo-relevance feedback diversification of social image retrieval results [J]. Multimedia Tools and Applications, 2017, 76(9): 11889-11916.
- [11] 严国莉, 王保林, 王新增, 等. 基于查询子意图进行匹配的多样性搜索创新研究[J]. 信息系统工程, 2019(9): 19-21.
- [12] OLIVA A, TORRALBA A. Modeling the shape of the scene: a holistic representation of the spatial envelope [J]. International Journal of Computer Vision, 2001, 42(3): 145-175.
- [13] 薛超, 牟云平, 张尧, 等. 基于多核学习的 GIST 全局和 SIFT 局部特征融合遥感图像检索方法[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2020, 33(1): 5-11.
- [14] FREY B J, DUECK D. Clustering by Passing Messages between Data Points [J]. Science, 2007, 315(5814): 972-976.