

# 基于头饰特征的唐卡标注和检索

毕学慧<sup>1</sup> 刘华明<sup>1</sup> 王维兰<sup>2</sup>

(阜阳师范学院计算机与信息学院 阜阳 236000)<sup>1</sup>

(西北民族大学计算机科学与信息工程学院 兰州 730030)<sup>2</sup>

**摘 要** 通过提取唐卡头饰特征实现自动分类的主要步骤有:通过人机交互选择头饰区域,采用迭代与基于 RGB 的算法分割,预处理分割结果,获取头饰的初始分割图;提取初始分割图的欧拉数特征以分出头冠;提取初始分割图外轮廓的傅里叶描述子特征,根据特征值到各自聚类中心的距离来分类发髻和僧帽。唐卡头饰自动分类的实现,提高了分类效率,满足了头饰自动语义标注和语义检索的需要。根据应用需求,设计的唐卡检索系统不仅可以实现基于文本、内容和语义的检索,还提高了检索的精确度。

**关键词** 唐卡检索,头饰分类,语义标注,分级检索系统

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

## Thangka Annotation and Retrieval Based on Headdress Features

BI Xue-hui<sup>1</sup> LIU Hua-ming<sup>1</sup> WANG Wei-lan<sup>2</sup>

(School of Computer and Information, Fuyang Normal College, Fuyang 236000, China)<sup>1</sup>

(School of Computer Science and Information Engineering, Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Automatic classification can be done by extracting Thangka headdress features, the main steps: 1) select the headdress region through human-computer interaction and obtain initial segmentation image by preprocessing the segmentation result which is segmented through iterative segmentation or segmentation algorithm based on RGB; 2) separate the crown by the Euler number which is extracted from the initial segmentation image; 3) extract Fourier descriptors from out contour of the initial segmentation image, separate hairpin or monk hat through the distance between the feature and each cluster center. The realization of headdress automatic classification can improve the classification efficiency and meet the needs of automatic semantic annotation and semantic retrieval. According to the demand of application, we designed a retrieval system, which can realize retrieval based on text, content and semantics, and improve the accuracy of retrieval.

**Keywords** Thangka retrieval, Headdress classification, Semantic annotation, Hierarchical retrieval system

## 1 引言

唐卡,指用彩缎装裱后悬挂供奉的宗教卷轴画,是藏族文化中一种独具特色的绘画艺术形式。对唐卡的搜集、整理、保护、开发和应用,在寺院、博物馆、宗教场所和图书馆凸显其重要性<sup>[1]</sup>。这方面的研究中,基于语义的检索取得了一定的成果。钱建军等人对人物唐卡头饰进行分类,进而应用于图像语义标注<sup>[2,3]</sup>。文献[4]对人物头饰分类进行算法改进,相比文献[2]中的方法提高了识别率,但是平均识别率只达到 89.1%,在实际应用中还有待进一步提高。本文针对人物唐卡头饰进行分割,通过提取欧拉数和傅里叶描述子特征实现了头饰的自动分类,提高了分类效率,满足了头饰自动语义标注的需要。同时还构建了多级唐卡检索系统模型,以更好地满足不同用户的检索需求。

## 2 唐卡头饰分割

唐卡头饰分割对后期的分类识别具有很重要的影响。从文献[4]可看出,仅依靠算法分割,很难提取头饰轮廓,主要因为图像中存在一些影响分割结果的干扰区域。本文对彩色唐卡采取一系列的步骤进行分割。首先选取唐卡中的头饰区域,然后选择灰度迭代法<sup>[5]</sup>或基于 RGB 的图像分割法分割,再进行必要的预处理,得到初始分割结果。分割所选头饰区域的灰度图时,首先考虑灰度迭代法,如果分割结果不满意,再考虑基于 RGB 的方法。采用后一种方法分割时,需先求出所选头饰区域的 R、G、B 分量,再对这 3 个分量采用迭代法分割,从中选取较满意的分割结果。对通过以上方法得到的分割结果,根据实际情况有时还需要进行预处理,主要有:1) 去除小面积区域;2) 填充小孔;3) 图像翻转;4) 去除干扰区域;5)

到稿日期:2013-04-02 返修日期:2013-06-23 本文受国家自然科学基金项目(60875006),安徽省教育厅自然科学基金项目(KJ2013B195, KJ2012B131),阜阳师范学院自然科学基金项目(2011FSKJ04)资助。

毕学慧(1982—),女,硕士,讲师,主要研究方向为计算机应用、图像处理,E-mail:bixuehui0104@sina.com;刘华明(1981—),男,硕士,讲师,主要研究方向为图像处理、模式识别;王维兰(1961—),女,教授,主要研究方向为图像处理、模式识别。

旋转。对发髻、僧帽、头冠 3 类唐卡头饰,初始分割结果需要满足:1)发髻和僧帽的内部不出现小孔;2)头冠内部出现大量的孔,这与头冠的特征有关。图 1 所示为 3 类头饰的初始分割结果。

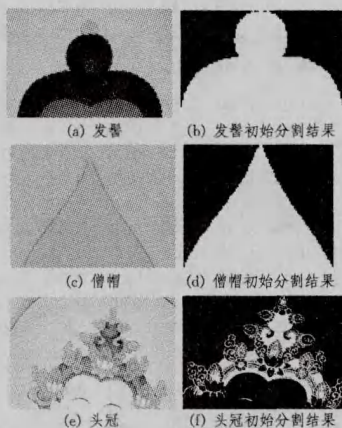


图 1 3 类头饰初始分割图

### 3 头饰特征提取

提取初始分割图的特征,以实现 3 类头饰的分类。提取的特征包括欧拉数和傅里叶描述子,前者用于分离头冠,后者用于分离发髻和僧帽。

#### 3.1 欧拉数

在 Matlab 函数中欧拉数的值  $E = bweuler(b, n)$ , 其中,  $b$  是二值图像,本文为初始分割结果图;  $n$  是邻域的大小,二维图像一般取值为 4 或 8,分别表示 4 邻域或 8 邻域。实验表明,  $n=4$  时可以取得较好的分类效果。利用 Matlab 函数求出 115 幅唐卡图像初始分割图的欧拉数  $E$  的绝对值,如表 1 所列。从表 1 中可以看出头冠的欧拉数绝对值均大于 9,而发髻和僧帽的欧拉数绝对值不超过 9,所以根据此特征可以分离头冠。

表 1 3 类头饰初始分割图的欧拉数绝对值 单位:个

图像名称	类型	欧拉数绝对值	图像名称	类型	欧拉数绝对值
金刚萨埵	头冠	305	龙树菩萨	发髻	7
文殊师利菩萨	头冠	301	佛祖释迦牟尼	发髻	5
绿度母	头冠	262	迦叶佛	发髻	5
作明佛母	头冠	239	拘留孙佛	发髻	5
秽迹金刚-乌枢沙摩明王	头冠	219	拘那含牟尼佛	发髻	5
白度母	头冠	179	毗婆尸佛	发髻	5
象头王财神	头冠	173	毗舍浮佛	发髻	5
四臂观音 2	头冠	169	尸弃佛	发髻	5
财源天母	头冠	166	释迦牟尼佛 1	发髻	5
摩利支天	头冠	139	释迦牟尼佛-切利天下降	发髻	5
白伞盖佛母	头冠	136	阿弥陀佛	发髻	4
金刚持	头冠	123	龙尊王佛	发髻	4
般若佛母	头冠	114	南方宝生如来	发髻	4
尊胜佛母	头冠	105	三十五佛	发髻	4
除盖障菩萨	头冠	101	中央大日如来	发髻	4
莲花生大师	头冠	98	宗喀巴大师 7	僧帽	4
莲欲成就	头冠	97	东方不动如来	发髻	3
地藏菩萨	头冠	91	佛陀十二相成道	发髻	3
妙音天女	头冠	78	六严二圣	发髻	3
东方妙喜国土	头冠	57	释迦牟尼	发髻	3
三昧耶度母	头冠	56	释迦牟尼佛降魔转	发髻	3

图像名称	类型	欧拉数绝对值	图像名称	类型	欧拉数绝对值
财宝天王	头冠	53	西方极乐净土	发髻	3
大梵天-白梵天神	头冠	50	药师七佛	发髻	3
弥勒菩萨	头冠	49	宗喀巴大师 1	僧帽	3
四臂观音	头冠	49	宗喀巴大师 13	僧帽	3
白玛哈嘎拉	头冠	46	宗喀巴大师 16	僧帽	3
玛吉拉准	头冠	46	宗喀巴大师 17	僧帽	3
准提佛母	头冠	42	宗喀巴大师 20	僧帽	3
莲师八变图	头冠	41	宗喀巴大师 26	僧帽	3
马头明王	头冠	41	宗喀巴大师 29	僧帽	3
白财神	头冠	40	宗喀巴大师 30	僧帽	3
无量寿佛	头冠	40	宗喀巴大师 5	僧帽	3
虚空藏菩萨	头冠	39	宗喀巴大师 6	僧帽	3
黄财神	头冠	38	北方不空成就佛	发髻	2
救八难度母	头冠	38	佛涅槃图	发髻	2
西方广目天王	头冠	38	燃灯古佛	发髻	2
二十一度母	头冠	36	释迦牟尼佛	发髻	2
白文殊	头冠	34	释迦牟尼佛与阿罗汉	发髻	2
叶衣佛母	头冠	33	药师佛	发髻	2
香巴拉国王	头冠	32	兜率上师	僧帽	2
普巴忿怒莲师	头冠	26	瑜伽福田	僧帽	2
不空鬘索观音菩萨	头冠	24	宗喀巴大师 10	僧帽	2
大鹏金翅鸟	头冠	24	宗喀巴大师 11	僧帽	2
莲师皈依境	头冠	21	宗喀巴大师 12	僧帽	2
北方多闻天王	头冠	20	宗喀巴大师 19	僧帽	2
宗喀巴大师 14	头冠	20	宗喀巴大师 2	僧帽	2
阿企佛母	头冠	19	宗喀巴大师 21	僧帽	2
光明佛母	头冠	18	宗喀巴大师 23	僧帽	2
五方佛	头冠	18	宗喀巴大师 24	僧帽	2
天法二十一财神	头冠	17	宗喀巴大师 27	僧帽	2
千手千眼观音	头冠	16	宗喀巴大师 3	僧帽	2
祥寿五佛母	头冠	15	宗喀巴大师 32	僧帽	2
当下下生弥勒尊佛	头冠	14	宗喀巴大师 34	僧帽	2
普明大日如来	头冠	12	宗喀巴大师 35	僧帽	2
南方增长天王	头冠	11	宗喀巴大师 36	僧帽	2
格萨尔王	头冠	10	宗喀巴大师 4	僧帽	2
事部三怙主	头冠	10	宗喀巴大师 8	僧帽	2
长寿三尊	头冠	10	宗喀巴大师 9	僧帽	2

#### 3.2 傅里叶描述子

##### 3.2.1 傅里叶描述子定义

傅里叶描述子是一种描述不受起始点移动、尺寸变化及旋转影响的曲线的方法,其思想是把  $x-y$  坐标平面上的点列  $\{x(k), y(k)\}$  构成一条轮廓,如果将  $x-y$  坐标平面看成一个复平面,则该点列可看成一个一维的复数序列  $\{S(k)\}$  [6]:

$$S(k) = x(k) + jy(k), k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

对离散的  $S(k)$  做傅里叶变换:

$$F(u) = \sum_{k=0}^{N-1} S(k) e^{-j2\pi uk/N}, u = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

傅里叶描述子序列  $\{F(u)\}$  反映了原曲线的形状特征,为了保持旋转、缩放和平移无关性,对  $\{F(u)\}$  作归一化处理,得到  $\{FD(k)\}$  [7]:

$$FD(k) = \left[ \frac{|F(1)|}{|F(0)|}, \frac{|F(2)|}{|F(0)|}, \dots, \frac{|F(N-1)|}{|F(0)|} \right] \quad (3)$$

通过式(3)可以获取目标的形状特征,根据形状特征对发髻和僧帽进行分类。

##### 3.2.2 外轮廓

外轮廓在一定程度上可以表示图像的轮廓特征,通过提取初始分割图的每一列  $y$  值的最高点作为典型的特征点,来实现外轮廓特征点的提取 [8]。图 2(a)、(c)、(e) 为 3 种头饰的

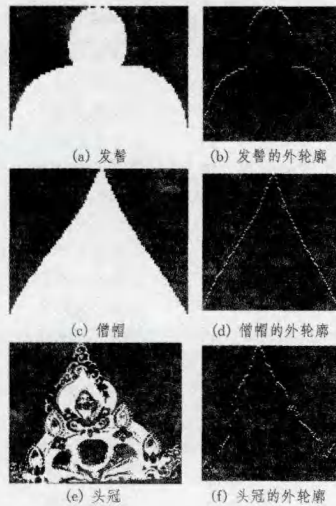


图 2 头饰外轮廓图

### 3.2.3 外轮廓的傅里叶描述子

通过统计分析,发现唐卡头饰外轮廓完全可以表示头饰的轮廓特征。本文采用 6 个靠前的傅里叶描述子提取僧帽和发髻的特征。表 2 所列为僧帽和发髻的外轮廓傅里叶描述子特征值。从总和大小的排序看,发髻和僧帽基本能够得到很好的区分,虽然序号为 26 的僧帽干扰了分类,但其排序只比发髻靠前 3 个,在一定程度上可以满足分类要求。为了能够更有效地划分发髻和僧帽,下文 4.1 节中以特征值到发髻和僧帽的聚类中心的距离为依据进行判别。

表 2 发髻和僧帽的 6 个傅里叶描述子按照总和大小降序排列

序列	名称	FD (1)	FD (2)	FD (3)	FD (4)	FD (5)	FD (6)	总和	类型
1	佛涅槃图	0.94	0.79	0.60	0.46	0.40	0.38	3.57	发髻
2	释迦牟尼	0.35	0.67	0.35	0.15	0.40	0.10	2.03	发髻
3	燃灯古佛	0.49	0.38	0.42	0.16	0.26	0.27	1.98	发髻
4	龙尊王佛	0.16	0.64	0.15	0.43	0.19	0.31	1.89	发髻
5	龙树菩萨	0.48	0.27	0.09	0.27	0.38	0.33	1.80	发髻
6	三十五佛	0.22	0.39	0.32	0.38	0.26	0.22	1.79	发髻
7	西方极乐净土	0.41	0.40	0.36	0.27	0.20	0.13	1.77	发髻
8	阿弥陀佛	0.21	0.55	0.25	0.32	0.26	0.14	1.73	发髻
9	南方宝生如来	0.24	0.49	0.20	0.35	0.21	0.22	1.70	发髻
10	北方不空成就佛	0.14	0.57	0.09	0.35	0.16	0.27	1.58	发髻
11	佛祖释迦牟尼	0.18	0.49	0.36	0.17	0.29	0.10	1.58	发髻
12	药师佛	0.30	0.36	0.40	0.10	0.31	0.10	1.57	发髻
13	释迦牟尼佛-切利天下降	0.44	0.08	0.14	0.31	0.38	0.20	1.54	发髻
14	中央大日如来	0.19	0.52	0.08	0.40	0.06	0.28	1.52	发髻
15	东方不动如来	0.07	0.57	0.12	0.31	0.14	0.23	1.44	发髻
16	佛陀十二相成道	0.10	0.51	0.23	0.15	0.31	0.13	1.44	发髻
17	六严二圣	0.49	0.26	0.29	0.08	0.19	0.10	1.40	发髻
18	释迦牟尼佛与阿罗汉	0.13	0.50	0.05	0.36	0.07	0.27	1.38	发髻
19	释迦牟尼佛降魔转	0.30	0.30	0.35	0.18	0.15	0.09	1.37	发髻
20	药师七佛	0.18	0.40	0.21	0.25	0.13	0.20	1.37	发髻
21	拘那含牟尼佛	0.24	0.31	0.24	0.21	0.23	0.12	1.35	发髻

序列	名称	FD (1)	FD (2)	FD (3)	FD (4)	FD (5)	FD (6)	总和	类型
22	释迦牟尼佛	0.29	0.36	0.20	0.17	0.17	0.09	1.28	发髻
23	释迦牟尼佛 1	0.17	0.36	0.26	0.03	0.26	0.10	1.19	发髻
24	毗婆尸佛	0.17	0.29	0.27	0.02	0.21	0.06	1.02	发髻
25	尸弃佛	0.13	0.31	0.25	0.05	0.24	0.02	1.00	发髻
26	宗喀巴大师 17	0.46	0.08	0.15	0.02	0.09	0.12	0.93	僧帽
27	迦叶佛	0.13	0.30	0.20	0.05	0.18	0.05	0.90	发髻
28	拘留孙佛	0.10	0.22	0.22	0.05	0.25	0.05	0.89	发髻
29	毗舍浮佛	0.17	0.23	0.18	0.01	0.19	0.01	0.80	发髻
30	宗喀巴大师 16	0.37	0.11	0.04	0.07	0.08	0.04	0.71	僧帽
31	宗喀巴大师 35	0.15	0.06	0.08	0.10	0.14	0.13	0.65	僧帽
32	宗喀巴大师 26	0.25	0.17	0.06	0.02	0.03	0.09	0.61	僧帽
33	宗喀巴大师 19	0.25	0.03	0.11	0.05	0.13	0.03	0.59	僧帽
34	宗喀巴大师 21	0.17	0.03	0.08	0.10	0.07	0.10	0.55	僧帽
35	宗喀巴大师 27	0.12	0.09	0.06	0.07	0.09	0.12	0.55	僧帽
36	宗喀巴大师 34	0.25	0.04	0.03	0.12	0.02	0.08	0.53	僧帽
37	宗喀巴大师 13	0.29	0.09	0.05	0.03	0.01	0.05	0.51	僧帽
38	兜率上师 瑜伽福田	0.13	0.03	0.04	0.11	0.06	0.13	0.49	僧帽
39	宗喀巴大师 11	0.17	0.04	0.05	0.07	0.04	0.10	0.47	僧帽
40	宗喀巴大师 12	0.14	0.05	0.01	0.08	0.04	0.09	0.42	僧帽
41	宗喀巴大师 6	0.15	0.02	0.03	0.02	0.06	0.10	0.38	僧帽
42	宗喀巴大师 8	0.20	0.07	0.04	0.04	0.03	0.00	0.38	僧帽
43	宗喀巴大师 30	0.13	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.37	僧帽
44	宗喀巴大师 1	0.16	0.10	0.02	0.01	0.01	0.05	0.36	僧帽
45	宗喀巴大师 29	0.26	0.04	0.01	0.00	0.01	0.03	0.36	僧帽
46	宗喀巴大师 5	0.18	0.03	0.04	0.05	0.05	0.02	0.36	僧帽
47	宗喀巴大师 23	0.09	0.04	0.07	0.03	0.10	0.01	0.35	僧帽
48	宗喀巴大师 9	0.11	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.34	僧帽
49	宗喀巴大师 2	0.16	0.07	0.03	0.03	0.02	0.02	0.33	僧帽
50	宗喀巴大师 10	0.09	0.03	0.06	0.05	0.03	0.04	0.31	僧帽
51	宗喀巴大师 20	0.13	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.30	僧帽
52	宗喀巴大师 24	0.11	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.29	僧帽
53	宗喀巴大师 32	0.14	0.03	0.01	0.02	0.02	0.04	0.26	僧帽
54	宗喀巴大师 36	0.06	0.01	0.04	0.05	0.03	0.03	0.23	僧帽
55	宗喀巴大师 7	0.09	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.22	僧帽
56	宗喀巴大师 4	0.08	0.04	0.01	0.01	0.03	0.04	0.21	僧帽
57	宗喀巴大师 3	0.11	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.20	僧帽

## 4 头饰分类和自动标注

根据欧拉数和傅里叶描述子特征可以实现唐卡头饰的分类。分类的目的是实现头饰的自动标注。

### 4.1 头饰分类

根据第 2 节中提取的欧拉数和傅里叶描述子特征对头饰进行分类,分类过程如图 3 所示。

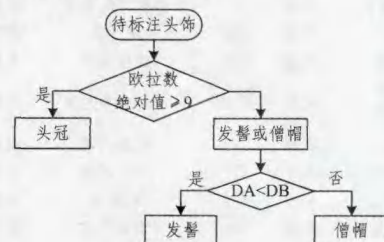


图 3 头饰分类过程图

分类步骤:

Step1 以欧拉数的绝对值  $|E|$  为参数进行判别,如果  $|E| \geq 9$  则为头冠,否则归类为发髻和僧帽,转到 Step2。

Step2 提取初始分割图的外轮廓。先获取头饰的初始分割图,并缩放为  $128 \times 128$  大小,从上往下扫描,取  $y$  轴上的最高点,得到外轮廓图。

Step3 提取外轮廓的傅里叶描述子特征,  $F = [FD(1), FD(2), FD(3), FD(4), FD(5), FD(6), AVG]$ ,其中  $AVG$  为前 6 个特征值的平均值。计算特征值到聚类中心的距离  $D_A$

$=[(F(i)-FA(i))^2]^{1/2}$  和  $D_B = [(F(i)-FB(i))^2]^{1/2}$ , 其中  $FA(i), FB(i)$  分别为发髻和僧帽的聚类中心,  $i=0, 1, \dots, 7$ 。若  $D_A < D_B$  则判定头饰为发髻, 反之为僧帽。

选取具有一定代表性的不同形状、颜色、分辨率的唐卡图像进行实验训练, 这里采集发髻 28 幅、僧帽 29 幅、头冠 58 幅, 实验表明分类的正确率为 100%, 可以实现唐卡头饰的自动分类。

为验证本文算法分类的精确度, 选取发髻 120 幅、僧帽 60 幅和头冠 60 幅进行实验, 并与文献[2, 4]作对比, 实验结果如图 4 所示。通过对比可以看出, 本文算法具有较高的分类精确度。

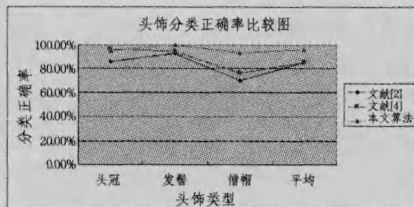


图 4 头饰分类正确率比较图

## 4.2 头饰自动标注

为更好地管理和利用唐卡图片信息, 必须建立有效的分类和检索方式, 以提高检索的精确度。传统的基于文本的检索主要通过人工添加关键字进行检索, 难以充分表达图像的丰富含义。基于内容的检索通过提取图像的底层特征进行检索, 虽解决了基于文本检索所存在的一些问题, 但底层视觉特征与图像的高层语义之间存在“语义鸿沟”, 也不能充分表示图像的深层含义。因此, 建立图像语义表示和检索机制势在必行。

图像的语义标注在底层特征和高层语义之间建立一座桥梁, 解决了底层特征和高层语义特征之间的“鸿沟”问题。如文献[8]采用改进 K-means 算法进行语义自动标注和检索, 取得了满意的效果。

根据图 3 的分类步骤得到分类结果, 因此可以对头饰进行自动标注。进行语义标注的目的是为语义检索做准备。

## 5 相似度测量

为了更好地应用基于内容和语义的图像检索, 提取头饰的轮廓特征, 这里先求初始分割图的轮廓图, 并缩放为  $128 \times 128$  大小, 再求傅里叶描述子。3 类头饰图像轮廓图如图 5 所示, 其中图 5(c)、(f)、(i) 分别为图 5(b)、(e)、(h) 的轮廓图, 能够反映出图像的轮廓特征。

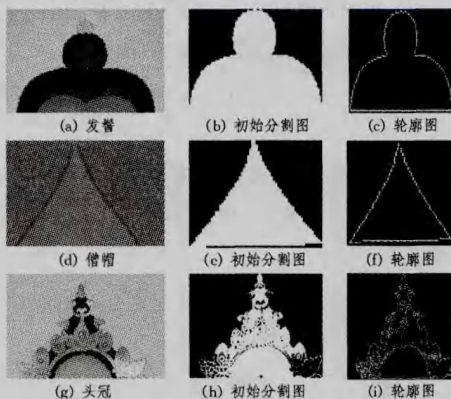


图 5 头饰轮廓图

获取轮廓结构后, 利用式(3)计算其傅里叶描述子, 并根据相似度进行检索。相似度由欧式距离公式  $distance(A, B)$  刻画。其中,  $A = \{f_1^A, f_2^A, \dots, f_n^A\}$ ,  $B = \{f_1^B, f_2^B, \dots, f_n^B\}$ , 分别为 A 图像和 B 图像的傅里叶描述子特征向量。

$$distance(A, B) = \sum_{i=0}^N (f_i^A - f_i^B) \quad (4)$$

其中,  $N=7$ 。  $distance(A, B)$  越小, 表示两幅图像相似度越大。

## 6 唐卡检索系统

为满足不同程度的需求, 本文设计了唐卡检索系统, 实现了基于文本、内容和语义的检索。图 6 所示为唐卡检索系统图。

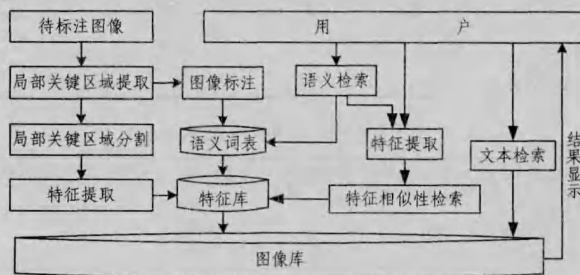


图 6 唐卡检索系统

构建的系统可以实现三级检索要求: (1) 文本检索。根据图像库中对唐卡的描述, 输入关键词进行检索, 库中若有此描述则可以检索到该图像。这种方式检索的范围较广, 但准确率较低。为了更好地利用头饰特征检索图像, 对头饰特征进行关键词描述, 设置关键词时需要考虑不同专业级别用户的需求。对于普通用户, 一般根据直观认识检索, 关键词可以为佛、观音、圣母等信息, 但对于唐卡画师, 关键词可以具体到人物的名称、年代、画派等信息。(2) 内容检索。这种方式根据图像的特征信息进行检索, 受提取的特征影响, 同时与检索的算法有密切的关系, 在一定程度上可以满足要求。提取的特征可以是颜色、纹理、形状、轮廓、空间关系等。根据单个特征或者复合特征进行检索, 同时各个特征可以附加不同的权值。检索既可以基于全局图像, 也可以基于局部区域。(3) 语义检索。这种方式根据图像的语义特征实现检索, 可以把满足条件的图像检索出来, 一定程度上满足了相似性匹配要求, 也符合用户的需求。语义检索借鉴了人工智能、信息检索、认知科学等领域知识, 试图建立底层特征和高层语义之间的关系。本文利用头饰特征实现分类, 根据头饰所属的类别可以实现形状特征和语义之间的转换。头饰分类之后, 根据基于内容的相似度排序, 能够全面精确地检索相似图像, 更能满足用户需求。三级检索根据用户不同的需求实现检索。

## 7 实验分析

采用 Matlab 进行仿真实验, 实验中采集 114 幅唐卡图片, 每幅图像均有内容信息介绍, 可以根据用户提供的关键词进行文本检索, 这种检索方式较简单。下面重点介绍基于内容和语义的检索。

文献[9, 10]根据形状特征进行检索取得了很好的效果, 这里也以形状特征为检索依据。选取的形状为待检索图像的轮廓图和初始分割图。根据式(3)计算待检索图像的轮廓图和初始分割图的傅里叶描述子, 根据式(4)进行相似度计算, 可以检索出相似的唐卡图像。实验结果如表 3 和表 4 所列。

从表 3 和表 4 可以看出,发髻的检索效率下降较快,检索效率最低,头冠的检索效率最高,僧帽的检索效率居中。发髻的检索效率低的原因是发髻与其他类型头饰的特征有一定的相似性。根据轮廓图求得傅里叶描述子特征,进行相似性排序,得到发髻的检索结果,如图 7 所示。其中,图 7(a)为检索原图,图 7(b)~(k)为按相似性排序的检索结果,图 7(b)和原图一样,排在最前面。从检索结果看,图 7(e)、(f)、(i)出现了检索错误,本应属于发冠。由表 3、表 4 和图 7 可知,基于内容的检索虽在一定程度上可以满足检索的要求,但检索的准确率还有待进一步提高。

表 3 轮廓图的检索结果

图像名称	头饰类型	前 10 幅相似率	前 20 幅相似率	前 30 幅相似率
阿弥陀佛	发髻	50%	25%	20%
白玛哈嘎拉	头冠	100%	100%	100%
宗喀巴大师 8	僧帽	100%	100%	80%

表 4 初始分割图的检索结果

图像名称	头饰类型	前 10 幅相似率	前 20 幅相似率	前 30 幅相似率
阿弥陀佛	发髻	60%	35%	23%
白玛哈嘎拉	头冠	60%	80%	67%
宗喀巴大师 8	僧帽	100%	70%	57%



图 7 基于内容的检索结果示意图

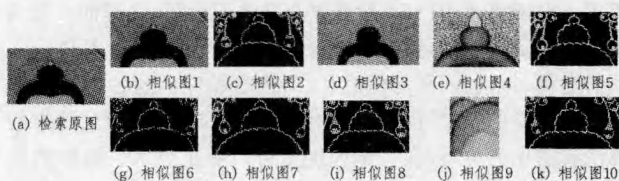


图 8 基于语义的检索结果示意图

为进一步提高检索效率,考虑语义检索。根据对唐卡内容的标注,可以检索出库中同类头饰的唐卡。此外,结合一定的特征,语义检索还可以实现各类唐卡的相似度排序。图 8 所示为语义检索时结合傅里叶描述子排序的结果,其中图 8

(a)为检索原图,图 8(b)~(k)为按相似性排序的检索结果。由实验结果可知,基于语义的检索比基于内容的检索效率高。

**结束语** 本文通过提取唐卡头饰的欧拉数、傅里叶描述子特征实现了头饰的自动分类和自动标注。设计的唐卡检索系统,不仅可以满足不同类型检索的需求,还为进一步研究其他特征(如手势、法器)的自动标注以及结合其他特征(如 Hu 距、zernike 距等)的基于内容的检索提供依据。除欧拉数、傅里叶描述子等特征外,颜色也可以作为一个特征加以考虑,这有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 王维兰,唐世喜,钱建军,等. 基于内容的唐卡图像数据库检索系统[J]. 湛江师范学院学报, 2008, 29(3): 91-95
- [2] Qian Jian-jun, Wang Wei-lan. Main feature extraction and expression for religious portrait Thangka image[C]//The 9th International Conference for Young Computer Scientists, 2008. Los Vaqueros Circle: IEEE Computer Society Press, 2008: 803-807
- [3] 钱建军. 基于语义的唐卡图像标注于检索研究[D]. 兰州: 西北民族大学, 2010
- [4] 王维兰,钱建军,杨且春,等. 基于频率谱变化量的唐卡图像特征提取与表示[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(22): 183-187
- [5] 李玲,尚文文. 基于迭代算法对 CT 肝脏感兴趣区域的提取[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(7): 29-32
- [6] 孙君顶,赵珊. 图像低层特征提取与检索技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 92-93
- [7] Person E, Fu K S. Shape discrimination using Fourier descriptors[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1977, 7(3): 170-179
- [8] 潘崇,朱红斌. 改进 k-means 算法在图像标注和检索中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(4): 183-185
- [9] Kunttu I, Lepistö L, Rauhamaa J, et al. Multiscale Fourier descriptors for defect image retrieval[J]. Pattern Recognition Letters, 2006, 27(2): 123-132
- [10] Belongie S, Malik J, Puaicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(4): 509-522
- [11] Bartlett M S, Movellan J R, Sejnowski T J. Face recognition by independent component analysis[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2002, 13(6): 1450-1464
- [12] 赵宏伟. 基于 PCA 针对表情变化的人脸识别研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009: 37-40
- [13] Shen L L, Bai L. Gabor wavelets and general discriminant analysis or face identification and verification[J]. Image and Vision Computing, 2007, 25(5): 553-563
- [14] He C, Dong J Y, Yuan F. Object tracking using the Gabor wavelet transform and the golden section algorithm[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2002, 4(4): 528-538
- [15] Candes E J, Donoho D L. New tight frames of curvelets and optimal representations of objects with C2 singularities[J]. Communications on Pure and Applied Mathematics, 2004, 57(2): 219-266
- [16] 吕翊,林贺宇,赵辉. 基于 sym8 小波和部分 hadmard 矩阵的深空图像压缩编码[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2012, 24(5): 646-651