

# 距离分布直方图及其在商标图案检索中的应用

郭丽<sup>1)</sup> 孙兴华<sup>2)</sup> 黄元元<sup>1)</sup> 杨静宇<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(南京理工大学计算机系, 南京 210094)

<sup>2)</sup>(清华大学计算机系人机交互与媒体集成研究所, 北京 100084)

**摘要** 形状是描述图象的重要视觉特征,它可以通过像素点分布在空间不同的区域而表现出来.针对二值图象提出了一种基于区域的形状特征,即距离分布直方图.它的基本思想就是通过统计图象中像素点在距离区域的分布情况来获得形状特征,其中,基准点的选择和距离区域的划分是两个重要的部分.实验结果表明,距离分布直方图能够有效地刻画出二值图象的形状特征,并且具有非常好的平移、尺度和旋转不变性.将其应用于商标图案检索,其检索结果符合人眼的视觉感受.

**关键词** 距离分布直方图 形状特征 不变性 商标图案检索

**中图法分类号:** TP391.4 **文章标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2002)10-1027-05

## Distance Distribution Histogram and its Application in Trademark Image Retrieval

GUO Li<sup>1)</sup>, SUN Xing-hua<sup>2)</sup>, HUANG Yuan-yuan<sup>1)</sup>, YANG Jing-yu<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Department of Computer, NUST, Nanjing 210094)

<sup>2)</sup>(Institute of HCI & Multimedia, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** Shape feature is a very important feature used to depict image, it is difficult to describe shape. This paper proposes "distance distribution histogram", a region-based shape feature which uses the dimensional distribution information of pixels in binary image to describe the image shape. The basic idea is to get shape feature by calculating the distribution of pixels in different distance regions. In the method, the selection of datum mark and the partition of distance region are two important parts to assure that the feature can have good invariant performance under some rigid transformation. After the distance distribution histograms have been calculated for different images, Quadratic-form distance is then used to compare the similarity of the images. The experiments have been done in a database consisting of 3000 binary trademark images, the results show that this shape feature can depict the image well, and it has very excellent invariant performance under translation, scale and rotation. When the feature is used for binary trademark image retrieval, it is obvious that the retrieval results fit with human's visual perception well. From the experiments, it can be concluded that the distance distribution histogram feature is really an effective shape feature for binary trademark image retrieval.

**Keywords** Distance distribution histogram, Shape feature, Invariant performance, Trademark image retrieval

## 0 引言

形状是刻画物体的本质特征之一,但是,图象的形状描述是一个非常复杂的问题,事实上,至今还没

有找到形状的确切数学定义,使之能与人的感觉相一致<sup>[1]</sup>.总的来说,形状表示法可以分为两类:基于边界的方法,如 Fourier 描述子<sup>[1]</sup>和变形模板匹配<sup>[2]</sup>;基于区域的方法,如 Hu 不变矩<sup>[3]</sup>.前者仅仅使用形状外边界,而后者则用了整个形状的区域信

息. 针对二值图象, 利用图象中目标像素点的分布, 提出了一种基于区域的形状特征, 即距离分布直方图, 它能够有效地刻画二值图象的形状, 并且具有非常好的平移、尺度和旋转不变性, 将这个特征用于商标图案的检索, 实验结果符合人眼的视觉感受.

## 1 距离分布直方图

图象的形状是通过像素点分布在空间不同的区域而表现出来的<sup>[1]</sup>. 二值图象中, 白色像素点(背景点)和黑色像素点(目标点)的交错分布构成了各种各样的目标形状. 在对二值图象形状的描述中, 目标像素点的区域分布是很重要的信息. 对于两幅图案相似的二值图象来说, 它们的目标像素点的区域分布应该也是相似的. 距离分布直方图方法的基本思想就是统计图象中目标像素点在不同空间区域的分布情况, 从而得到距离分布直方图. 这个形状特征可以用于对二值图象进行分类或检索等.

### 1.1 基准点的选取

一般, 对于一幅二值商标图象  $T(x, y)$  来说, 目标只占了其中的部分区域(如图1所示), 因而在计算距离时, 基准点的选取很重要.



图1 图象中的目标区域

图象的左上角顶点是常用的基准点, 但是如果用它作为基准点的话, 那么对于两幅含有相同目标, 但目标的位置不同的图象(比如一幅图中目标区域位于图的左上部分, 另一幅图中目标区域位于图的右下部分), 目标中相同的点到基准点的距离显然是不同的, 因而左上角顶点以及类似的顶点都不适于作为距离分布直方图特征的基准点. 选取重心点  $(\bar{x}, \bar{y})$  作为基准点, 其中

$$\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (2)$$

$$M_{jk} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^j y^k T(x, y) dx dy \quad (3)$$

$M_{jk}$  为  $T(x, y)$  的  $(j+k)$  阶矩.

因为区域的重心是一种全局描述符, 它的坐标是根据所有属于区域的点计算出来的, 所以具有全局性. 对于目标中的相同点, 无论目标位于图象中的哪个区域, 以重心为基准点计算出来的距离都是唯一的, 这样的距离显然对于目标区域的平移变化毫不敏感.

### 1.2 距离区域的划分

在得到基准点后, 计算图象中各目标像素点到基准点的距离, 并对距离相同的点进行统计, 就可以得到图象的距离直方图  $H_{\text{Dih}} = \{h_{\text{Dih}}^i\}$ ,  $h_{\text{Dih}}^i$  表示到基准点距离为  $i$  的目标像素点的个数,  $i = 1, \dots, D_{\text{max}}$ ,  $D_{\text{max}}$  为图象中目标像素点到基准点的最大距离. 与颜色直方图<sup>[4]</sup>和边界方向直方图<sup>[5]</sup>不同的是, 对于不同的图象, 颜色直方图和边界方向直方图的取值都有确定的范围, 如 256 色的颜色直方图, 颜色值取  $[0, 255]$ , 边界方向直方图中方向值一般取  $[0^\circ, 360^\circ)$ , 而对于距离直方图来说, 显然不同大小的图象对应的距离直方图的值域不同, 并且随着图象的放大,  $D_{\text{max}}$  趋于无穷大. 所以, 不同的距离直方图, 其维数可能各不相同, 无法对它们进行比较.

采用划分距离区域的方法对距离直方图进行改进. 将每一幅图象中的目标区域划分为相同数目的距离区域  $t_1(x, y), \dots, t_i(x, y), \dots, t_M(x, y)$ ,  $1 \leq i \leq M$ ,  $M$  为距离区域的个数, 对每个距离区域, 统计其中的目标像素点, 就可以得到改进后的距离直方图, 把它称为距离分布直方图 (Distance Distribution Histogram)  $H_{\text{DDH}}, H_{\text{DDH}} = \{h_{\text{DDH}}^i\}$ , 其中

$$h_{\text{DDH}}^i = \sum_{(x,y) \in t_i(x,y)} T(x, y) \quad 1 \leq i \leq M \quad (4)$$

对距离分布直方图进行归一化, 则:

$$h_{\text{DDH}}^i = \frac{\sum_{(x,y) \in t_i(x,y)} T(x, y)}{\sum_{(x,y) \in T(x,y)} T(x, y)} \quad 1 \leq i \leq M \quad (5)$$

这里的距离分布直方图, 因为具有确定的取值范围, 因而可以对不同大小的图象进行比较.

具体的做法是: 对图象采用圆形划分法进行分块, 首先以基准点为圆心, 以  $D_{\text{max}}$  为半径作图象中目标区域的外接圆, 然后在外接圆内, 由内而外, 将图象划分为  $M$  个子图象  $t_1(x, y), \dots, t_M(x, y)$ , 分别为一个中心圆和多个同心圆环, 每个子图象代表一个距离区域. 子图象的划分方法有两种:

(1) 等距离区域划分法 即每个距离区域所覆盖的区间长度相等, 此时

$$t_i(x,y) = \{(x,y) | (i-1) \times D_{max}/M < [(x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2]^{1/2} \leq i \times D_{max}/M, (x,y) \in T(x,y)\} \quad (6)$$

其中,  $1 \leq i \leq M$ .

(2) 等面积区域划分法 即每个距离区域所包含的面积是相等的, 此时

$$t_i(x,y) = \{(x,y) | (i-1) \times D_{max}^2/M < (x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2 \leq i \times D_{max}^2/M, (x,y) \in T(x,y)\} \quad (7)$$

其中,  $1 \leq i \leq M$ .

图 2 给出了区域划分的一个例子, 其中, 图 2(a) 是一幅二值商标图象, 图 2(b) 给出了等距离区域划分法得到的结果, 图中每个距离区域(圆环或中心圆)所覆盖的区间长度(圆环的宽度或圆的半径)相同; 图 2(c) 给出了等面积区域划分法的结果, 图中每个距离区域的面积都是相等的。

图 3 给出了使用等距离区域划分法产生距离分



(a) 二值商标图象 (b) 等距离区域划分 (c) 等面积区域划分

图 2 区域划分法的一个例子

布直方图的几个例子, 图 3(a) 是一幅袋鼠的图案, 它的形状与图 3(b)~图 3(d) 中的图案形状都不相似, 其对应的距离分布直方图(图 4(a))与它们也存在很大不同. 图 3(c) 与 3(d) 的图案相似, 均为风扇图案, 而它们对应的距离分布直方图也是相似的. 这说明, 距离分布直方图能够反映出二值图象的总体形状信息, 是一种有效的形状特征.

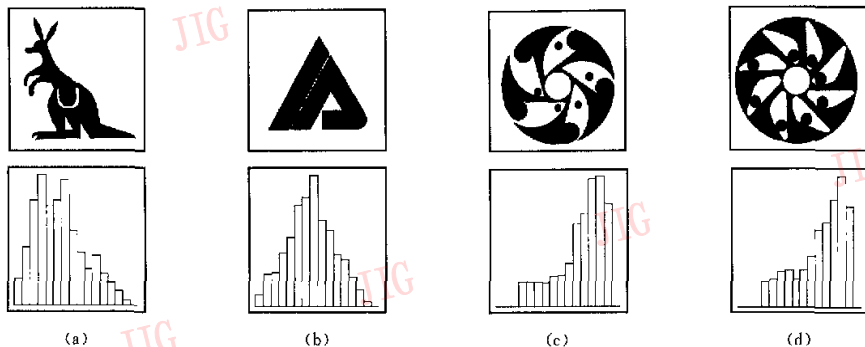


图 3 4 幅商标图象及其对应的归一化的距离分布直方图

### 1.3 距离分布直方图的算法

设  $T(x,y)$  为二值商标图象, 其中  $T(x,y) = 1$  表示目标像素, 计算其距离分布直方图, 具体步骤如下:

- (1) 计算  $T(x,y)$  的基准点, 即重心  $(\bar{x}, \bar{y})$ ;
- (2) 计算  $T(x,y)$  中, 目标点到基准点的最大距离  $D_{max}$ ;
- (3) 计算  $T(x,y)$  中, 以基准点为圆心, 以  $D_{max}$  为半径的目标区域外接圆;
- (4) 在外接圆内, 使用等距离区域划分法或等面积区域划分法将图象划分为  $M$  个距离区域 ( $M > 0$ );
- (5) 对各距离区域分别统计, 构成距离分布直方图;
- (6) 对距离分布直方图进行归一化.

### 1.4 距离分布直方图的优点和局限性

用距离分布直方图来描述二值图象的形状特

征, 其优点是:

- (1) 用距离分布直方图可以抓住总体的形状信息.
- (2) 距离分布直方图具有平移不变性. 因为选择重心作为基准点, 并且距离区域的划分是针对目标区域的, 所以目标在图象中的位置不影响距离分布直方图的值.
- (3) 距离分布直方图具有尺度不变性. 所有图象的目标区域均被划分为相同数目的距离区域, 所以对图象进行放大或缩小后获得的图象, 其距离分布直方图与原图的距离分布直方图基本相同.
- (4) 距离分布直方图具有旋转不变性. 因为采取的是圆形划分法, 所以旋转变化对于距离分布直方图基本没有影响.

其局限性为总体上完全不同的图象也可能产生相似的距离分布直方图.

## 2 在商标图案检索中的应用

基于内容的图象检索是当前多媒体数据库发展的一个重要研究领域. 基于内容的图象检索, 即采用基于图象视觉内容的特征如颜色、纹理、形状等对图象进行索引和检索. 关于基于内容的图象检索方法, 近年来受到了人们的广泛重视, 国内外已经有许多学者进行了这方面的研究<sup>[6-8]</sup>. 其中, 由于商标图案一般比较简单, 因而对于它们的检索, 形状特征显得尤为重要.

用距离分布直方图作为形状特征对商标图案进行检索实验, 实验中使用3 000幅二值商标图象组成的商标图案库. 从实验结果可以看出, 距离分布直方图方法确实具有非常好的平移、尺度和旋转不变性, 其检索结果符合人的视觉感受, 距离分布直方图特征能刻画二值图象的形状内容, 是一种有效的用于描述二值图象形状的特征.

### 2.1 相似性度量

图象间的相似性可以用相应特征之间的距离进行度量. 因形状特征为距离分布直方图, 所以可以用直方图欧氏距离或者直方图求交等算法求得距离来度量两幅图象之间的相似程度.

以下采用直方图二次型距离方法<sup>[9]</sup>, 两幅二值商标图象  $T_1, T_2$  对应的距离分布直方图的二次型距离定义为

$$D_{DDH}(T_1, T_2) = \sqrt{(H_{DDH}(T_1) - H_{DDH}(T_2))^T A (H_{DDH}(T_1) - H_{DDH}(T_2))} \quad (8)$$

其中,  $A = [\alpha_{ij}]$ ,  $\alpha_{ij}$  表示距离分布直方图中第  $i$  柄和第  $j$  柄之间的关联系数,  $1 \leq i, j \leq M$ ,  $M$  为直方图的维数.

### 2.2 实验结果

为了验证基于距离分布直方图的检索方法对于平移、尺度和旋转变化的不变性, 首先从商标图案库中随机抽取1 000幅图象进行以下检索实验. 其中距离区域的划分采用等距离区域划分方法,  $M$  取为 10.

- (1) 正常(N): 每幅图象都被作为查询图象.
- (2) 平移(T): 将每幅图象中的目标区域进行随机方向的平移变化, 然后作为查询图象.
- (3) 缩放(S): 将每幅图象进行随机倍率的放大或缩小, 然后作为查询图象.
- (4) 旋转(R): 将每幅图象进行随机角度的旋转变化, 然后作为查询图象.

表1给出了使用距离分布直方图特征进行检索实验得到的统计结果. 由表1可以看出, 尽管由于数字图象的离散性, 在图象作随机角度的旋转以及随机大小的尺度变化时, 其距离分布直方图可能与原图象的有所差异, 使得少量图象未能检索到, 但是总的来说, 距离分布直方图特征, 的确具有非常好的不变性.

表1 基于距离分布直方图的二值商标图象检索结果(%)

| 查询情况 | $n=1$ | $n \leq 3$ | $n \leq 5$ | $n \leq 20$ | 未检索到 |
|------|-------|------------|------------|-------------|------|
| N    | 100.0 | 100.0      | 100.0      | 100.0       | 0    |
| T    | 100.0 | 100.0      | 100.0      | 100.0       | 0    |
| S    | 98.5  | 99.0       | 99.2       | 99.4        | 0.6  |
| R    | 98.8  | 99.1       | 99.3       | 99.5        | 0.5  |

注:  $n$  表示查询图象在检索结果中所处的位置. 最后一列表示在前 20 幅图象中查询图象没有出现的数目.

视觉一致性是指系统检索出的图象是否符合人的视觉感受, 即检索结果在人眼看来, 是否与查询图象相似, 它也是一种衡量图象检索方法性能的重要因素之一. 为了考察距离分布直方图方法的视觉一致性, 使用商标图案库中的3 000幅二值商标图象进行视觉一致性的实验. 对于每一幅查询图象, 给出前 15 幅检索出的图象, 它们与查询图象的相似性, 以从左到右, 自上而下的顺序减小. 图4给出了部分实验结果, 其中, 图4(a)和图4(c)分别为两幅待查询的二值商标图象, 图4(b)和图4(d)分别为图4(a)和图4(c)对应的检索结果. 从实验结果可以看出, 总的来说, 检索结果符合人的视觉感受, 与查询图象相似的图象基本都被检索出来了, 但排列的顺序与人的主观视觉判断不尽一致, 所以还需要加入其他的多种特征进行融合, 以便对结果作进一步的优化.

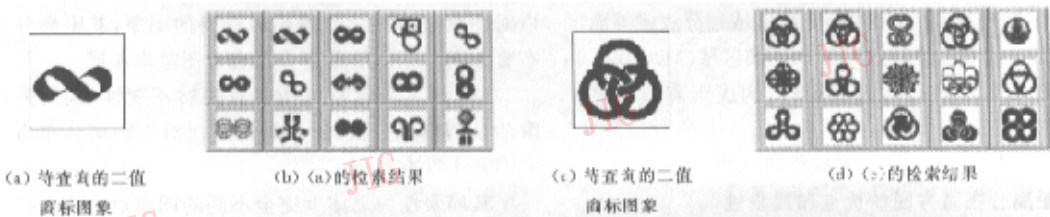


图4 检索结果(前15幅)

### 3 结 语

距离分布直方图方法能够有效地刻画二值图象的形状特征,因而在商标图案检索中取得了符合人的视觉感受的检索结果.但是,由于这个特征是基于区域统计的,总体上完全不同的图象也可能产生相似的距离分布直方图,少量与目标图象不相似的图象也会被检索出来,所以今后在商标图案检索中,需要研究如何结合其他的形状特征,对目标进行更全面的描述,以获得更加符合人眼视觉感受的检索结果.

#### 参 考 文 献

- 1 章毓晋. 图象理解与计算机视觉[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- 2 Jain A K, Vailaya A. Shape-based retrieval: A case study with trademark image databases [J]. Pattern Recognition, 1998, 31(9):1360~1390.
- 3 Kenneth R Castleman. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 1998.
- 4 Swain M J, Ballard D H. Color indexing[J]. Intl. J. Computer Vision, 1991, 7(1):11~32.
- 5 Jain A K, Vailaya A. Image retrieval using color and shape[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(8):1233~1244.
- 6 李向阳,鲁东明,潘云鹤. 基于色彩的图象数据库检索方法的研究[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(3):359~363.
- 7 姚玉荣,章毓晋. 利用小波和矩进行基于形状的图象检索[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5A(3):206~210.
- 8 Chang M T, Chen S Y. Deformed trademark retrieval based on 2D pseudo-hidden markov model [J]. Pattern Recognition, 2001, 34(6):953~967.
- 9 Niblack W, Barber R, Equitz Wet al. Querying images by content, using color, texture, and shape [A]. In: SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, San Jose, CA, U.S., April 1993, 1908:173~187.



**郭 丽** 1975年生,南京理工大学计算机系博士生. 主要研究领域为数字图象处理、版面分析、基于内容的图象检索.



**孙兴华** 1975年生,博士,清华大学计算机系人机交互与媒体集成研究所博士后. 主要研究领域为图象处理、模式识别和基于内容的多媒体检索.



**黄元元** 1975年生,南京理工大学计算机系博士生. 主要研究领域为图象处理、基于内容的图象检索.



**杨静宇** 1941年生,南京理工大学计算机系教授,博士生导师. 主要研究方向为图象处理、信息融合、计算机视觉、模式识别及智能机器.