

- variance. *Artificial Intelligence*, 1995, 78: 239 ~ 288
- [3] Ried I D, Brady J M. Recognition of Object Classes from Range Data. *Artificial Intelligence*, 1995, 289 ~ 326
- [4] Flynn P J and Jain A K. 3D Object Recognition Using Invariant Feature Indexing of Interpretation Tables. *CVGIP, Image Understanding*, 55 (2): 1992
- [5] Arman F, Aggerwal J K. Model - based Object Recognition in Dense - range Images. *ACM Computing Survey*. 1993, 25 (1): 5 ~ 38
- [6] 杨铭潜, 施鹏飞. 一种基于模型的三维物体识别方法. *模式识别与人工智能*. 1997, 2 (3).

用形状相似性进行基于内容的图象检索

任金昌² 赵荣椿¹ 冯大淦³

(1 西北工业大学计算机系 西安 710072)

(2 香港理工大学电子及资讯工程学系 香港)

(3 悉尼大学计算机系 澳大利亚)

【摘要】 形状特征由于其简单、直观等优点在基于内容的图象检索技术研究中非常重要。本文在简要介绍了基于内容的检索技术 (Content - based Retrieval, CBR) 的基础上, 从不不变特征提取、相似性度量、检索方式等方面, 详细探讨了利用形状相似性进行图象 CBR 的技术关键。实验结果表明, 不变矩和相对面积等特征相结合可以有效地进行形状检测。相信本文的工作, 将对构建某些特定应用的系统具有很好的参考价值。

关键词 基于内容的检索 特征提取 形状相似性

Content - Based Image Retrieval Using Shape Similarity

Jinchang REN^{1,2} Rongchun ZHAO¹ David D. FENG^{2,3}

(1 Dept. of Computer Science and Eng., Northwestern Polytechnic Univ. Xi'an 710072

2 Dept. of EIE, The Hong Kong Poly. Univ. Hong Kong 3 Dept. of CS, Univ. of Sydney. Australia).

Abstract Shape features is very essential for content - based image retrieval in terms of simplicity and intuition. In this paper, content - based retrieval (CBR) techniques are introduced firstly; based on which, methods for image CBR using shape similarities are discussed in detail including invariant feature extraction, similarity matching and retrieval mode. The satisfying experimental results showed that the combination of invariant moment and relative area is

* 注: (本项研究获香港理工大学 UGC 基金 (编号 Polyu 119/96E 及 Polyu 1. 42. 37. A050) 支持。

very efficient and effective for shape retrieval. It is hoped that the investigation will benefit the construction of domain - specific applications for reference.

Key words Content - based retrieval Feature extraction Shape similarity

1 引言

传统的基于文字的图象检索技术 (Text - Based Retrieval, TBR) 需要大量的注解信息, 这些信息的生成不但需要大量的人工, 而且往往存在主观性和不完备性, 因此不适合大量图象信息检索。基于内容的图象检索技术 (Content - Based Retrieval, CBR) 正是为了克服上述缺点而提出来的。图象中的内容是和特征紧密相关的, 通常是指颜色 (Color)、纹理 (Texture)、形状 (Shape) 等可视化特征。

特征分析、提取与选择是 CBR 系统的核心。一般来说, 有全局特征和局部特征两大类。对颜色特征来说, 可以是整幅图象的直方图, 或不同窗口的直方图。此外, 由检索的过程, 可以分为单特征检索或多特征组合检索, 如颜色和形状结合, 或指定一组不同的颜色或纹理区域等等。

和颜色、纹理相比, 形状特征显得更为直观, 而且便于交互描述, 这其中的原因在于:

(1) 对一般用户来说, 纹理显得太专业, 难以理解, 因此在图象检索过程中难以准确描述, 使之符合人们的要求;

(2) 颜色虽然也很直观, 但基于直方图等颜色特征的检索需要和用户对颜色的直观理解还存在一定距离;

(3) 一般的图象, 很少是单颜色或单纹理的, 所以用颜色或纹理进行描述时, 往往需要分区域, 这就必然要求颜色或纹理特征与形状特征相结合。所以形状特征在图象检索过程中显得十分必要;

(4) 通过简单的人机交互作图, 可以很方便地

指定相应的形状特征, 所以形状特征不但易于理解和精确描述, 而且便于用户掌握。

依据以上分析, 本文着重探讨了基于形状特征的图象检索技术。其中第二节给出了形状特征提取方法及描述模型, 第三节主要探讨检索方式和检索算法, 第四节在实验系统模型基础上, 进行了讨论, 最后给出有关结论。

2 不变性形状特征及描述

对于区域的描述, 轮廓外形 (Contour)、骨架形状 (Sketch) 等是最常用的形状特征。此外, 还包括若干全局及局部特征。全局特征包括圆度 (Roundness)、中心矩 (Central Moment)、偏心率 (Eccentricity) 和主轴方向 (Major Axis Orientation) 等, 而局部特征包括曲率 (Curvature)、角点 (Corner)、转角 (Turning Angle) 等。

考虑到图象中目标的角度、位置、大小等差异, 一般都强调具有旋转 (Rotation)、平移 (Shift)、尺度 (Scale) 不变性的特征。为此, 需要引入另外一些有效的特征, 如代数矩 (Algebraic Moment)、曲率样条 (Spline of Curvature)、累进转角 (Accumulative Turning Angle) 等。特别是矩特征, 不但可以满足上述不变性要求, 而且便于计算, 能够准确反映形状特性。

矩特征的定义, 是建立在对一个区域内部灰值分布的统计分析基础上的, 是一种统计平均的描述, 可以从全局观点描述对象的整体特征。图象 $f(x, y)$ 在点 (x, y) 处的 $(p+q)$ 阶矩定义为:

$$m_{p,q} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \quad (1)$$

$$(p+q) \text{ 阶中心矩定义为 } \mu_{p,q} = \sum_x \sum_y (x-x_c)^p (y-y_c)^q f(x, y) \quad (2)$$

$$\text{其中 } x_c = m_{10}/m_{00} \quad y_c = m_{01}/m_{00} \quad (3)$$

(x_c, y_c) 为图象的重心坐标。 $\mu_{2,0}$ 和 $\mu_{0,2}$ 是图
象分别绕过重心 (x_c, y_c) 垂直轴线和水平轴线的
惯性矩。若 $\mu_{2,0} > \mu_{0,2}$, 则说明物体在水平方向上
拉长; 若 $\mu_{2,0} < \mu_{0,2}$, 则说明物体在垂直方向上拉
长。 $\mu_{3,0}$ 和 $\mu_{0,3}$ 的幅值可以用来度量物体分别对于

垂直轴线和水平轴线的对称性。如果 $\mu_{3,0} = 0$, 则物
体对于垂直轴线是对称的; 如果 $\mu_{0,3} = 0$, 则物体对
于水平轴线是对称的。可见 $\mu_{p,q}$ 描述了区域相对于
重心的分布情况。

定义归一化的中心矩 $\mu_{pq} = \mu_{p,q}/\mu_{0,0}^r$ $r = (p+q)/2 + 1$, 则对应的满足旋转、平移和尺度不变
性的特征量为 $\Phi = \{\phi_i | i = 1, 2, \dots, 7\}$, 其中 $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_7$, 分别定义为:

$$\phi_1 = \mu_{20} + \mu_{02}$$

$$\phi_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2$$

$$\phi_3 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (\mu_{03} - 3\mu_{21})^2$$

$$\phi_4 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{03} + \mu_{21})^2$$

$$\phi_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})\phi_x + (\mu_{03} - 3\mu_{21})(\mu_{03} + \mu_{21})\phi_y$$

$$\phi_6 = (\mu_{20} - \mu_{02}) [(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{03} + \mu_{21})^2] + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{03} + \mu_{21})$$

$$\phi_7 = (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12})\phi_x + (\mu_{30} - 3\mu_{21})(\mu_{03} + \mu_{21})\phi_y$$

$$\phi_x = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{03} - 3\mu_{21})^2$$

$$\phi_y = (\mu_{03} + \mu_{21})^2 - 3(\mu_{30} + \mu_{12})^2$$

不变矩特征可以判断区域的形状, 但无法衡量
区域的大小。为此, 我们采用了 Size 特征, 主要是
面积特征。单纯的面积特征定义为区域内的像素数,
满足平移及旋转不变性, 但随尺度因子, 如图象分
辨率而变化。为此, 我们引入相对面积特征 A_r , 定
义为: $A_r = A/NM$, A 为区域面积, N、M 分别为图
象的长宽, 的意义就是区域面积在整幅图象的比例,
这个值也满足上述三个不变性的要求。在后面的实
验中, 我们将利用不变矩特征及相对面积特征来进
行图象检索。

3 检索方式及检索算法

多媒体系统查询一般有三种方式, 即传统的基
于文字的查询 (Query by Text, QBT), 基于例子的查
询 (Query by Example, QBE) 和基于浏览的查询

(Query by Browsing, QBB)。在基于形状进行检索时,
可以进一步引入基于交互式画图的查询 (Query by
Sketch, QBS)。QBT 方法最简单, 可以由图象对象的
名称、描述等进行查找, 比较准确, 但灵活性差,
和 QBB 一样, 都不能适应大量数据的检索。在基于
内容的图象检索方法中, QBE 和 QBS 是比较适当的
技术。

QBE 中的样本图象可以由用户从系统提示样本
中选择, 也可以通过网络由用户自行定义。处理过
程中就需要在预处理基础上进行特征提取及匹配,
其中匹配的难点就在于基于相似性度量, 特别是多
维数据的相似性度量。考虑到从样本图象中准确把握
用户需求的困难, QBS 也是其中好的方案。QBS
无须进行图象处理, 只需要从用户输入的图形中提

取其形状特征描述即可用于特征匹配。QBS 可以直接、准确、有效地将用户的需求表达出来，所以在基于形状的图象检索中也非常重要。图 1~2 分别给出了基于 QBE 和 QBS 的图象检索方式的工作流程。

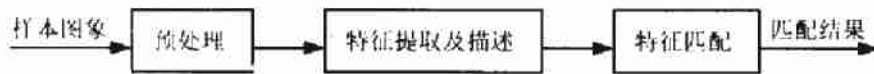


图 1 QBE 图象检索流程

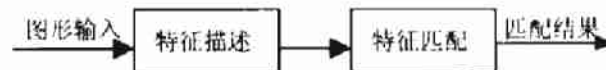


图 2 QBS 图象检索流程

相似图象检索，或形状匹配的一个基本问题在于特征向量的距离度量。常用的空间距离相似度量方法有欧氏距离、马氏距离、明氏距离等。由于街区距离计算简单（只有加减运算），特征匹配速度快，在我们的实验中就采用了这种方法衡量向量特征的相似性。

为了提高检索效率，我们在图象库基础上，引入特征库来存储图象库中各项的形状特征，包括不变矩和相对面积等。相应的检索算法为：

(1) 计算待查询图的不变矩特征及相对面积，

计为 $T_x = \{T_{xi}, i = 1 \sim 7\}$ 和 A_{rx} ;

(2) 计算 T_x 和特征库中对应项的街区距离，计为 $D_{ik}, i = 1 \sim 7, k = 1 \sim N$, N 库中样本数目；

(3) 计算 A_{rx} 和特征库中对应项的街区距离，计为 $D_{ak}, k = 1 \sim N$;

(4) 令 $D_k = \frac{1}{2} (\sum_{i=1}^7 D_{ik} + D_{ak})$, $k = 1 \sim N$ 为待查询图与库中各项的综合距离；

(5) 对小于某个阈值 D_x 的排序，取最小的 M 个作为查询的候选结果。

(6) 将查询结果以适当的形式提供给用户。

4 实验结果及分析

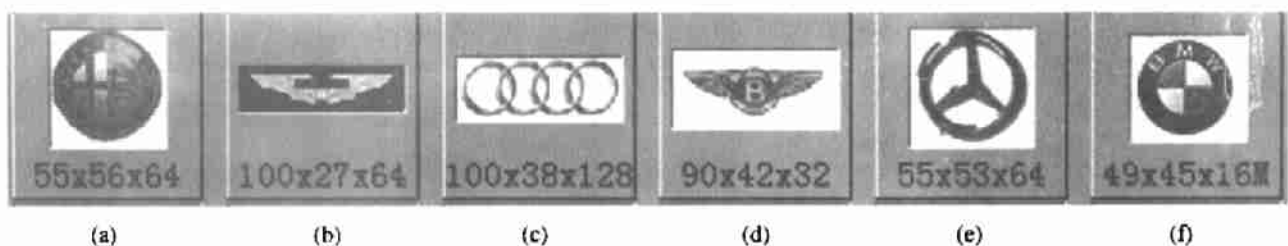


图 3 若干汽车商标图案样本

我们采用汽车商标图案进行检索实验，图 3 给出了若干样本及其图象大小。每个样本具有不同的大小及颜色位等差异，如图 3 (c) 奥迪图案长宽分

别为 100 和 38，颜色数为 128。而 3 (f) 中宝马车商标图案长宽及颜色数分别为 49、45 和 16M。图 4 分别给出了用圆和矩形，但不考虑相对面积因素的检

索结果，图中只给出了前6个候选结果。



图4 分别用面积和矩形进行检索的前六个候选结果

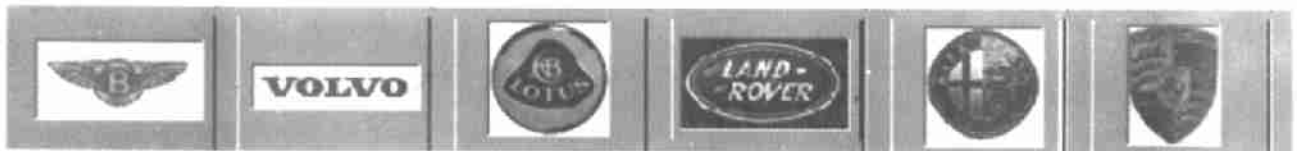


图5 用相对面积小于10%的面积检索的前六个候选结果

如果考虑到相对面积因素，形状检索的结果将发生变化。图5给出了相对面积小于10%的圆检索结果，其中文字或图案中的小圆被清晰地检索出来。显然，对于特定的一组图象，有针对性地用形状检索和相对面积结合的方法能够取得更为有效地结果。

5 结论

形状特征对于图象检索十分重要。本文在介绍基于内容的图象检索技术基础上，着重研究了利用形状特征进行图象检索的方法。结合不变矩和相对面积等特征，有效地解决利用形状相似性进行图象检索的问题。实验表明，在一些和应用相关的领域，形状特征比颜色、纹理等方法简单而且有效。进一步结合其它形状特征及其加权检索的研究正在进行中。

参考文献

[1] 张系国 (Chang S K, Pittsburgh Univ., USA). 图

象信息系统设计原理, 吴健康译. 科学出版社, 1990

[2] 吴洪森, 何钦铭. 多媒体数据库查询方法的研究, 浙江大学学报, 1998, 32 (4): 458 ~ 464
 [3] Rui Y, Huang T S, etc. Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions and Open Issues. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1999, 10: 1 ~ 23
 [4] James E, etc. Shape Similarity - Based Retrieval in Image Database Systems. 1992, Image Storage and Retrieval Systems, SPIE (1662): 2 ~ 8
 [5] Nilblack W. The QBIC Project: Querying Image by Content Using Color, Texture and Shape. SPIE, 1993, 908: 173 ~ 187
 [6] Gudivada V N, Raghaven V V. Content - based Image Retrieval Systems. IEEE Computer. Sep. 1995: 18 ~ 22