

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2017.01.009

颜色纹理形状特征分层融合图像检索方法研究^①

李 冰

四川商务职业学院 信息技术系, 成都 610091

摘要:提出了一种基于多特征融合的图像检索方法. 此方法同时采用了 3 个颜色特征向量、3 个纹理特征向量、1 个形状特征向量. 在各个向量融合的过程中, 采用了分层融合的思路. 针对自建图像数据库展开实验研究, 实验结果证实: 本文提出的基于多特征融合的图像检索方法具有高查准率, 在图像检索领域具有较高的实用性.

关键词:图像检索; 多特征融合; 颜色矩; Tamura 纹理

中图分类号:TP391

文献标志码:A

文章编号:1000-5471(2017)01-0054-06

在各种信息资源中, 图像信息以其信息量大、内容直观成为最重要的一类信息^[1]. 信息技术和网络技术的飞速发展, 使得人们每天可以获得大量的图像信息. 如何从数量庞大的图像信息资源中检索到适合自己的图像信息成为一个热点问题, 这也推动了图像检索技术的不断革新^[2]. 图像检索技术有 3 个重要的分支: ①基于文本的图像检索技术; ②基于内容的图像检索技术; ③基于语义的图像检索技术^[3-5]. 基于文本的图像检索技术, 需要借助文本标注并存在误检率较高的问题^[6]; 基于语义的图像检索技术, 语义鸿沟问题制约着它的实用化^[7]; 基于内容的图像检索, 以某种图像特征的相似性来决策检索结果, 是目前使用最为广泛的图像检索技术. 从已经出现的图像检索方法来看, 颜色特征、纹理特征、形状特征、时域特征、空间特征、抽象特征都被有所使用^[8-10]. 在一幅图像中, 其内容信息是非常丰富的, 仅靠一种特征进行检索过程的相似性判别往往不可靠. 为此, 本文将选取颜色特征、纹理特征、形状特征, 并通过多特征融合策略, 构建一种多特征图像检索方法, 以提高检索结果的准确率和可靠性.

1 多特征融合图像检索框架

特征是基于内容图像检索方法得以执行的基础, 图像检索的过程就体现为待检索图像和数据库图像特征的相似性比较, 特征相似性也作为最终检索结论的判断依据. 依据这个思路, 基于内容的图像检索形成了一个通用的执行框架, 整个检索过程可以分为特征抽取、向量映射、相似性比较 3 个环节.

在特征抽取环节, 图像中的某一特征被强化和抽取, 作为后续处理的唯一特征, 而其他特征则被弱化或舍弃. 在向量映射环节, 抽取出的特征被映射为特征向量, 从而可以被后续的算法所使用. 在相似性比较环节, 表征待检索图像和数据库图像特征的向量, 被纳入一个相似性测度函数中, 用于比较二者的相似性, 从而给出检索结论. 上述过程, 可以看作是基于单一特征的图像检索方法的一般框架.

然而, 单一特征图像检索方法存在一个缺陷, 因舍弃其他图像特征导致了原始图像内容信息的表达不够全面, 从而导致部分检索结果出现不可靠或错误.

针对这一问题, 本文提出一个多特征融合的图像检索框架, 如图 1 所示.

从图 1 中可以看出, 本文的框架同时选取了待检索图像和数据库图像中的多种特征, 并将其映射为一个融合的向量, 进而构建一个多向量融合的相似性测度. 在这一框架下, 图像内容中的多种特征都被使用,

① 收稿日期: 2016-07-11

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目(KJ133501).

作者简介: 李 冰(1976-), 女, 四川成都人, 硕士, 讲师, 主要从事计算机图形图像、软件外包服务、计算机软件技术等研究.

从而增加了检索结果决策判断的可靠性.

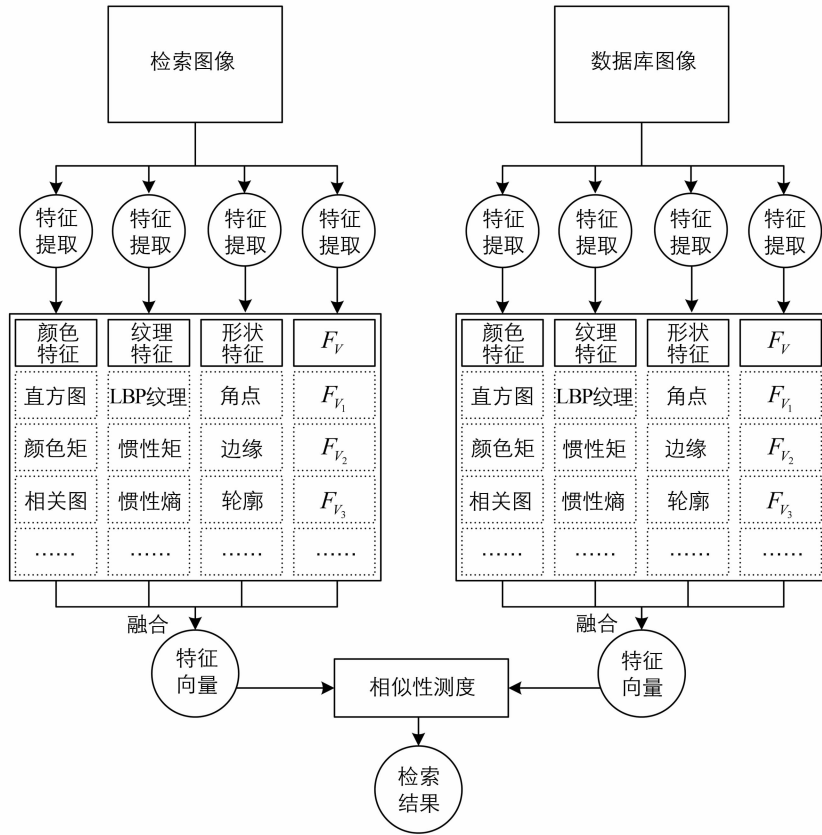


图 1 本文图像检索方法的框架

为了便于形成对本文建立的多特征融合图像检索框架的数学描述, 笔者对这一框架的建立过程给出对应的数学模型.

如果整个方法中分别使用了颜色特征、纹理特征、形状特征(也可以包含其他特征), 将这些特征抽象成数学向量的过程, 如公式(1):

$$\begin{cases} F_{C_1}, F_{C_2}, \dots, F_{C_l} \rightarrow V_C(c_1, c_2, \dots, c_l) \\ F_{T_1}, F_{T_2}, \dots, F_{T_m} \rightarrow V_T(t_1, t_2, \dots, t_m) \\ F_{S_1}, F_{S_2}, \dots, F_{S_n} \rightarrow V_S(s_1, s_2, \dots, s_n) \\ F_{V_1}, F_{V_2}, \dots, F_{V_p} \rightarrow V_V(v_1, v_2, \dots, v_p) \end{cases} \quad (1)$$

这里, F_{C_l} 代表了第 l 个颜色特征, F_{T_m} 代表了第 m 个纹理特征, F_{S_n} 代表了第 n 个形状特征, F_{V_p} 代表了第 p 个可能特征, c_l 代表了特征 F_{C_l} 抽象出的特征向量, t_m 代表了特征 F_{T_m} 抽象出的特征向量, s_n 代表了特征 F_{S_n} 抽象出的特征向量, v_p 代表了特征 F_{V_p} 抽象出的特征向量.

$$\left. \begin{matrix} V_C(c_1, c_2, \dots, c_l) \\ V_T(t_1, t_2, \dots, t_m) \\ V_S(s_1, s_2, \dots, s_n) \\ V_V(v_1, v_2, \dots, v_p) \end{matrix} \right\} \rightarrow V(v_1, v_2, \dots, v_l, v_{l+1}, \dots, v_{l+m}, v_{l+m+1}, \dots, v_{l+m+n+p}) \quad (2)$$

这里, $V()$ 代表了最终形成的融合向量, v_1 代表了 c_1 在融合向量中的数学形式, 以此类推.

因为不同图像特征的属性不同, 其表达方法和对应量纲也不同, 所以融合为一个统一的特征向量时, 可能还需要附加归一化等处理.

2 多特征融合图像检索方法

在第 1 节构建的多特征融合图像检索框架下, 本文选用了 3 种特征参与检索过程的融合, 分别是颜色

矩特征、Tamura 纹理特征、傅立叶形状特征.

2.1 颜色矩特征

颜色特征是图像内容信息中最丰富的一类特征,因此在图像检索技术的特征集合中也被广泛采用.对于图像检索技术而言,颜色特征具有一些突出的特点,如大小不变性、方向不变性.从实现层面看,颜色特征也比较容易提取.在各种图像检索方法中,已经被使用的颜色特征有颜色直方图特征、颜色自相关图特征和颜色矩特征.

在参与多特征融合的处理中,本文选择了颜色矩特征.颜色矩特征具备颜色特征的一般属性,通过对像素颜色信息的统计计算即可得到,抽象向量的计算也比较快.在本文中,选取了三阶次的颜色矩特征,共计 3 个颜色特征向量参与图像检索过程.

第一阶颜色矩特征的计算,如公式(1)所示.

$$C_1 = \frac{1}{W \times H} \sum_{i=1}^{W \times H} P(i, j) \quad (1)$$

公式中, C_1 代表第一阶颜色矩, W, H 代表图像的宽度和高度, $P(i, j)$ 代表位置 (i, j) 处像素的颜色信息.第二阶颜色矩特征的计算,如公式(2)所示.

$$C_2 = \sqrt{\frac{1}{W \times H} \sum_{i=1}^{W \times H} [P(i, j) - C_1]^2} \quad (2)$$

第三阶颜色矩特征的计算,如公式(3)所示.

$$C_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{W \times H} \sum_{i=1}^{W \times H} [P(i, j) - C_1]^3} \quad (3)$$

2.2 Tamura 纹理特征

纹理特征表现为图像内容规则或部分规则的排布,是图像内容信息的一种重要表达方式.图像纹理特征的典型计算方法很多,如 Gabor 纹理、灰度共生矩阵纹理等等.本文采取了 Tamura 纹理计算方法,从粗糙度、对比度、方向度 3 个角度来表达纹理特征.

粗糙度纹理特征的计算:

$$A_k(\omega, h) = \frac{\sum_{i=\omega-W}^{\omega+W-1} \sum_{j=h-H}^{h+H-1} P(i, j)}{2^{2k}} \quad (4)$$

公式中, ω, h 表示处理窗口的宽度和高度.

通过公式(4)计算出了处理窗口内各个像素的强度均值后,可以进一步在水平方向和垂直方向上计算出像素强度均值绝对值之差,其计算过程如公式(5)和公式(6)所示.

$$E_{k,s}(\omega, h) = |A_k(\omega + 2^{k-1}, h) - A_k(\omega - 2^{k-1}, h)| \quad (5)$$

$$E_{k,c}(\omega, h) = |A_k(\omega, h + 2^{k-1}) - A_k(\omega, h - 2^{k-1})| \quad (6)$$

借助上述 2 个公式,可以进一步计算出对应最大像素强度均值绝对值之差的 E_{\max} ,其对应的最佳窗口尺寸为 $S_{opt}(\omega, h)$,继而根据这个最佳窗口尺寸,可以计算出第一个纹理特征,即粗糙度纹理特征,其计算如公式(7)所示.

$$T_1 = \frac{1}{W \times H} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H S_{opt}(\omega, h) \quad (7)$$

对比度纹理特征的计算:

对比度纹理特征的计算,依托整幅图像像素的统计分布规律,如公式(8)所示.

$$T_2 = \frac{\sigma}{\sqrt[4]{\left(\frac{\mu}{\sigma}\right)^4}} \quad (8)$$

公式中, μ 代表整幅图像像素统计均值, σ 代表整幅图像像素统计方差.

方向度纹理特征的计算:

方向度纹理特征的计算,依赖于图像边缘信息和局部信息的方向角数据所统计出的直方图.每个像素对应的梯度向量,其方向角的计算分别如公式(9)所示.

$$\theta = \frac{1}{\tan\left(\frac{\Delta V}{\Delta H}\right)} + \frac{\pi}{2} \quad (9)$$

公式中, $\Delta H, \Delta V$ 分别代表像素梯度在水平方向和垂直方向上的变化。据此, 可以计算出方向度纹理特征, 如公式(10) 所示。

$$T_3 = \sum_p^{n_p} \sum_{\theta \in (\theta)} (\theta - \theta_p)^2 H_D(\theta) \quad (10)$$

公式中, p 代表了方向角直方图中的峰值, n_p 代表峰值的数量。

2.3 傅立叶形状特征

很多图像中富含形状特征信息, 因此图像形状也是比较两幅图像相似程度的重要内容。本文中, 选取傅立叶形状描述符来表达图像的形状特征。首先, 对每个像素进行一种复数表达, 如公式(11) 所示。

$$s(k) = I(k) + jJ(k) \quad (11)$$

公式中, $I(k)$ 代表像素横坐标, $J(k)$ 代表像素纵坐标。

据此, 可以计算出图像的傅立叶形状特征, 如公式(12) 所示。

$$S = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N s(k) e^{-\frac{2\pi i k}{N}} \quad (12)$$

2.4 双层权重融合的相似性测度设计

经过 2.1 节、2.2 节、2.3 节的步骤, 本文已经计算出了 3 个颜色特征向量、3 个纹理特征向量、1 个形状特征向量。下面, 本文进一步设计一种双层权重融合的相似性测度, 如公式(13) 所示。

$$Sim(Q, D) = \alpha_C \left(\sum_{i=1}^3 \beta_C | C_i^Q - C_i^D | \right) + \alpha_T \left(\sum_{i=1}^3 \beta_T | T_i^Q - T_i^D | \right) + \alpha_S (S^Q - S^D) \quad (13)$$

公式中, $\alpha_C, \alpha_T, \alpha_S$ 代表第一层权重, 用于限制颜色特征、纹理特征、形状特征 3 个向量对于相似性测度的贡献度; β_C 代表了第二层权重, 用于限制 3 个颜色特征向量对于颜色特征总体相似性测度的贡献度; β_T 代表了第二层权重, 用于限制 3 个纹理特征向量对于纹理特征总体相似性测度的贡献度; Q, D 分别代表了待检索图像和数据库图像。

3 实验结果与分析

为了验证本文提出的多特征融合图像检索技术的有效性, 展开如下的实验研究。实验所用的计算机硬件配置为双核 CPU, 每核主频 2.0 GHz; 内存大小 8 GHz。实验所用的软件配置为 Windows 7 操作系统, C++ 程序语言。实验所用的图像数据库为自建小型图像库, 共有山川、建筑、小鸟、鲜花、汽车 5 类图像, 每类图像 200 幅, 共计图像 1 000 幅。

依据本文提出的多特征融合图像检索技术, 以一幅“鸚鵡”图像为待检索图像, 图像检索的结果如图 2 所示。

从图 2 的检索结果可以看出, 以“鸚鵡”图像在数据库进行检索, 准确地检索到了与其内容吻合的相似图像, 其中相似性排在第一位的是待检索图像本身, 之后的 4 幅图像也都是鸚鵡图像, 并且羽毛颜色的搭配、形体姿态都与待检索图像较为吻合, 充分证实了本文检索方法的有效性。

进一步选取 3 种单一特征的图像检索方法和一种多特征的图像检索方法作为本文算法的对比方法。其中, 多特征图像检索方法选取的是文献[10]中的方法。此方法融合了颜色特征和纹理特征, 并结合边缘形状信息, 是一种典型的多特征图像检索方法。4 种方法对比结果如图 3 所示。

从图 3 中可以看出, 本文提出的基于多特征融合的图像检索方法, 对于 5 类图像的查准率都在 85% 以上, 远远高于其他 3 种基于单一特征的图像检索方法, 从而证实了本文方法的优秀性能。在本文方法和文献[10]的多特征图像检索方法的对比中, 笔者发现本文方法对 5 类图像的查准率要高于文献[10]的方法 5% 以上, 这主要是因为本文方法相比于文献[10]的方法设置了更加丰富的检索特征, 并进行了分层权重配置。

进一步比较 5 种方法的执行时间, 结果如表 1 所示。



图 2 鹦鹉图像的检索结果

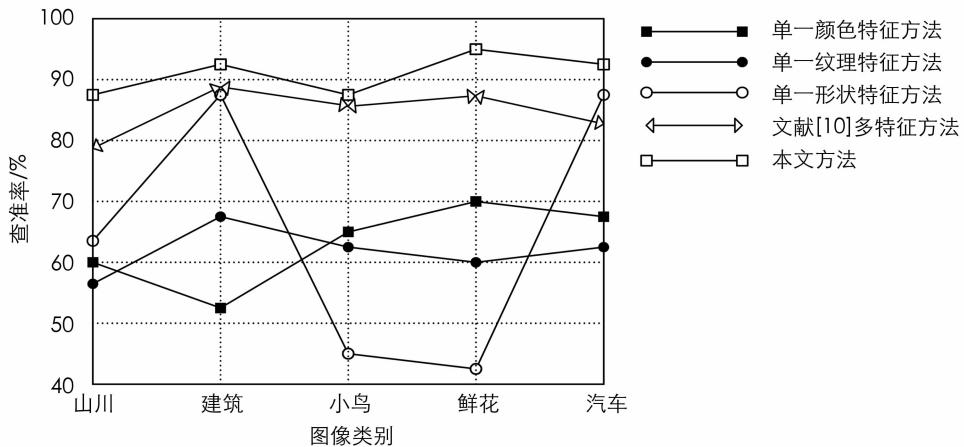


图 3 4 种方法的查准率之比

表 1 5 种方法的执行时间之比

方 法	执行时间
基于单一颜色特征的图像检索方法	0.672 s
基于单一纹理特征的图像检索方法	0.858 s
基于单一形状特征的图像检索方法	0.643 s
文献[10]中的多特征图像检索方法	0.884 s
本文方法	0.901 s

从表 1 中的结果可以看出, 本文方法的执行时间比其他 4 种图像检索方法略高, 但对于综合查准率结果, 时间上的劣势不大, 而且本文方法的执行时间对于大多数图像检索场合, 都是可以满足的。

4 结 论

针对单一特征图像检索方法检索可靠性不足的问题, 本文提出了一种基于多特征融合的图像检索方法. 此方法选取了颜色特征、纹理特征、形状特征进行融合, 颜色特征中计算了一阶颜色矩、二阶颜色矩、三阶颜色矩 3 个向量; 纹理特征中计算了粗糙度、对比度、方向度 3 个向量; 形状特征中计算了傅立叶形状描述向量. 针对 5 类图像组成的数据库展开图像检索实验, 实验结果显示本文方法的查准率明显高于其他 4 种对比方法, 且其检索时间也在可以接受的范围内.

参考文献:

- [1] MURALA S, WU Q M J. Spherical Symmetric 3D Local Ternary Patterns for Natural, Texture and Biomedical Image Indexing and Retrieval [J]. *Neurocomputing*, 2015, 149(8): 1502–1514.
- [2] 曾台盛. 基于 L^*a^*b 颜色空间与 Gabor 小波变换的图像检索技术 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2011, 33(6): 124–129.
- [3] 王伟蔚, 张国鹏, 邱 顶, 等. 基于 DICOM 文本与内容的医学图像检索系统研究 [J]. *计算机工程与设计*, 2011, 32(3): 1014–1018.
- [4] IQBAL K, ODETAYO M O, JAMES A. Content-Based Image Retrieval Approach for Biometric Security Using Colour, Texture and Shape Features Controlled by Fuzzy Heuristics [J]. *Journal of Computer and System Sciences*, 2012, 78(4): 1258–1277.
- [5] 杨 杨. 基于对象语义的图像检索增强方法研究 [D]. 南京: 南京大学, 2015.
- [6] 李 净, 郭洪禹. 图像检索中结合文本信息的多示例原型选择及主动学习策略 [J]. *计算机应用*, 2012, 32(10): 2899–2903.
- [7] JYOTHI B, MADHAVEELATHA Y, MOHAN P G K, et al. Steerable Texture Descriptor for an Effective Content-Based Medical Image Retrieval System Using PCA [J]. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, 379(2): 289–298.
- [8] 范继红, 吴 明, 夏艳杰, 等. 基于内容的图像检索在医学图像领域的研究 [J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2015, 36(14): 2052.
- [9] 沈新宁, 王小龙, 杜建洪. 基于颜色自相关图和互信息的图像检索方法 [J]. *计算机工程*, 2014, 40(2): 259–262.
- [10] IMRAN M, HASHIM R, ABD KHALID N E. Segmentation Based Fractal Texture Analysis and Color Layout Descriptor for Content Based Image Retrieval [C]. London: International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, 2015.

On Technology of Computer Image Retrieval Based on Multi Feature Fusion

LI Bing

Department of Information Technology, Sichuan Business Vocational College, Chengdu 610091, China

Abstract: An image retrieval method based on multi feature fusion has been proposed. At the same time, studies have been conducted by means of 3 color feature vectors, 3 texture feature vectors and 1 shape feature vectors. In the course of the fusion of each vector, the idea of hierarchical fusion is adopted to conduct experimental research on self image database. The experimental results prove that it is proposed the approach given in this paper is workable based on multi feature fusion of image retrieval method with high precision, in the field of image retrieval with high practicability.

Key words: image retrieval; multi feature fusion; color moment; Tamura texture

责任编辑 夏 娟