

基于改进的边缘直方图的图像检索方法

任平红, 陈 鑫

(曲阜师范大学(日照校区)计算机科学学院, 山东 日照 276826)

摘 要:利用边缘直方图检索图像,因为人眼并不敏感的细微边缘也参与匹配,所以会影响检索效果。文中提出了一种改进的基于边缘直方图的检索方法,通过阈值把图像分割成目标和背景,利用梯度算子提取目标和背景之间的主要的边缘信息,避免了目标内部或背景内部的细微边缘的影响,更符合人眼的视觉特性。实验结果表明,其检索效果优于基于边缘直方图的方法。

关键词:边缘直方图;边缘检测;灰度阈值;图像分割

中图分类号:TP391.3

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)08-0183-04

Methods of Image Retrieval Based on Improved Edge Histogram

REN Ping-hong, CHEN Chu

(Department of Computer Science, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract: Because people's vision is not sensitive to the slight edge that participated in matching, making use of gray edge histogram to retrieval image has an effect on the result. An approach to retrieve image based on improved gray edge histogram is proposed in this paper. According to image segmentation based on threshold value, the image has been divided into target and background. Only the main information of edge between target and background is extracted by means of gradient operator. Without the adverse effect of the edge inside target or background, so this approach is more suitable for visual characteristic. Experiment results improved that this improved approach is better than that based on gray edge histogram.

Key words: edge histogram; edge detection; gray level threshold; image segmentation

0 引 言

近年来,在数据库系统和计算机视觉两大领域的推动下,基于内容的图像检索技术(CBIR)已成为非常活跃的研究领域。CBIR是指自动提取图像的视觉内容特征作为索引进行检索。其关键技术是图像内容特征(颜色、纹理、形状、边缘等)的提取和匹配。边缘特征是图像的基本特征之一,其中,通常采用的是边缘直方图。但这一方法统计图像中存在的所有的边缘,包括弱的、模糊的边缘,极大地影响着图像的相似性判断^[1],因此会影响图像检索的效果。文中提出的基于改进的边缘直方图的检索方法,克服了这一缺点,在查准率和查全率方面比基于边缘直方图的检索方法有较大提高。

1 基于边缘直方图的图像检索方法

边缘信息对于具有明显的边缘的图像的视觉识别特别重要。边缘直方图统计图像中像素点边缘的方向信息。以边缘的方向为横轴,以某个方向上的像素点个数数为纵轴,构成一维直方图。边缘直方图是基于图像边缘信息的统计特性,能够较好地反映目标的形状和边缘信息,而且计算简单、效率较高^[2]。基于边缘直方图的检索方法以边缘直方图作为图像边缘特征匹配的依据,边缘特征的表达是此方法的关键。

1.1 特征表达

首先计算图像中像素的灰度值,彩色图像中红、绿、蓝3个分量对亮度的贡献是不同的^[3],根据人眼对3种颜色的认知感觉,在保持同等亮度的情况下,给定一点像素值 (r, g, b) ,则该像素点的灰度值 v 为:

$$v = 0.30r + 0.59g + 0.11b \quad (1)$$

然后计算像素点的边缘方向。利用 Sobel 算子,进行边缘检测得到 dx 和 dy :

$$dx = f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1)$$

收稿日期:2006-11-16

基金项目:山东省优秀中青年科学家奖励基金(2005BS01016);曲阜师范大学科研启动基金

作者简介:任平红(1980-),女,山东陵县人,硕士,研究方向为图形图像处理。

$y-1)$

$$dy = -f(x-1, y-1) + f(x+1, y-1) - 2f(x-1, y) + 2f(x+1, y) - f(x-1, y+1) + f(x+1, y-1) \quad (2)$$

计算边缘方向: $\theta(x, y) = \arctan(dx/dy)$ (3)

利用下列公式把 $\theta(x, y)$ 由弧度转化成度, 并从 $[-90^\circ, 90^\circ]$ 转化到 $[0^\circ, 180^\circ]$:

$$\theta(x, y) = \theta(x, y) \times 180/\pi + 90 \quad (4)$$

为了简化表达和减少运算量, 可以降低边缘直方图的柄数, 把 $\theta(x, y)$ 线性量化到 $[0^\circ, 36^\circ]$ 。用直方图统计边缘方向值 θ 并归一化, 得到一维的边缘直方图 $H[0 \cdots 36]$, H 是图像边缘特征匹配的依据。

1.2 特征匹配

假设两幅图像 P 和 Q 的边缘直方图分别为 H_P 和 H_Q , 可利用式(5)所示的绝对值距离计算两幅图像的边缘特征的相似度, 此相似度值作为两幅图像的相似评价标准。

$$D(P, Q) = \sum_{i=0}^{36} |H_P[i] - H_Q[i]| \quad (5)$$

1.3 性能评价

在早期的基于内容的图像检索系统中, 通常以查准率和查全率来评价系统的检索性能。一般情况下, CBIR 系统返回给用户一个基于相似度的排序结果, 为了更准确地反映检索效果, 还可以采用前 N 个结果中的正确率 $P_N^{[4,5]}$ 来反映系统的检索性能。

对于一次以 $q_i \in R$ 为样本图像的检索过程, R 为具有某种特定语义的图像集合, 系统返回前 N 个结果为 $p_j, j = 1, \dots, N$, 前 N 个结果中的查准率 $P_N(q_i)$ 定义为:

$$P_N(q_i) = \sum_{k=1}^N \frac{\Psi(p_k, R)}{N} \quad (6)$$

其中 $\Psi(x, Y) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in Y \\ 0, & \text{if } x \notin Y \end{cases}$, 那么对于所有的样本图像进行检索得到的平均查准率为:

$$P_N = \frac{\sum_{i=1}^{\text{Total-Query-Count}} (P_N(q_i))}{\text{Total-Query-Count}} \quad (7)$$

平均查准率可以反映查询返回的前 N 个结果中的正确比例。

前 N 个结果的查全率定义为:

$$R_N(q_i) = \frac{\sum_{k=1}^N \Psi(p_k, R)}{||R||} \quad (8)$$

其中 $||R||$ 表示图像集 R 所含的图像数。那么对于所有测试样例检索图像集得到的平均查全率为:

$$R_N = \frac{\sum_{i=1}^{\text{Total-Query-Count}} (R_N(q_i))}{\text{Total-Query-Count}} \quad (9)$$

平均查全率可以反映返回的前 N 个结果中正确

的占整个图像库中的相关图像总数的比例有多高。前 N 个结果中的查准率和查全率可以更全面地反映系统的检索性能。

在文中实现的图像检索系统 IRS 中, 系统图像数据库中存储了 895 幅颜色丰富的花卉图像, 其中包含 72 幅与样本(如图 1 所示)相关的图像。当返回的图像数目分别为 $N = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ 时, 用边缘直方图进行图像检索的查准率和查全率如后面的表 1、表 2、图 3、图 4 所示。



图 1 样本图像 0821.jpg

当查询返回的图像数目 $N = 50$ 时, 相关图像数为 $M = 34$, 图像库中相关的图像总数为 $R = 54$, 查准率为 0.680, 查全率为 0.630。检索效果比较理想。

利用边缘直方图进行图像的检索, 运算简单、存储空间小、检索效率较高。但是由于图像中每一个像素的边缘信息都参与计算, 有些像素并不是明显的边缘像素, 其边缘信息也被统计到边缘直方图中, 而人眼对这些细微边缘并不敏感, 这在一定程度上会影响检索效果。

为了消除细微边缘的影响, 使检索结果更符合人眼的视觉特性, 提出了一种改进的基于边缘直方图的检索方法。把图像根据某一阈值分割成目标和背景, 只统计目标和背景之间的明显边缘处的边缘信息。这样可以有效地避免因细微的边缘像素点参与运算而影响检索效果。

2 改进的边缘直方图的检索方法

基于边缘直方图的检索方法统计每个像素的边缘点信息, 由于某些细微的边缘对相似性判断的影响并不大, 所以在一定程度上会影响检索效果。改进的边缘直方图检索方法利用某个阈值 T 把图像分割成目标和背景两部分, 以 T 为分界把彩色图像转化成二值图像, 然后对二值图像提取和统计边缘信息。此方法通过分割目标和背景, 保留了图像中目标和背景之间的主要的明显的边缘, 而背景内部或目标内部的比较细微的边缘信息被忽略, 更符合视觉特性。阈值 T 的选取是此方法的关键。

利用阈值化方法分割图像一般是基于下面的假设: 图像由目标和背景组成, 处于目标和背景内部相邻

像素间的灰度值是高度相关的,但处于目标和背景的交界处的像素在灰度值上有很大的差别。阈值分割正是在这种假设下,设定一个合适的阈值 T ,将灰度值 $f(x,y)$ 大于等于 T 的像素归为背景,将灰度值 $f(x,y)$ 小于 T 的归为目标^[6]。关键是如何选取合适的阈值 T 。

2.1 阈值选取

阈值 T 的确定比较复杂。可以用预先设定的阈值分割,但并不适合所有的图像。基于图像的灰度直方图分析的阈值选取是最直观、应用最普遍的方法^[7]。对于目标与背景的灰度级有明显差别的图像,其灰度直方图的分布呈现双峰形状,两个波峰分别与图像中的目标和背景相对应,波谷与图像的边缘相对应。当阈值位于谷底时,可以取得最好的效果。但是对于灰度直方图中波峰不明显或波谷宽阔平坦的图像,效果并不理想^[8]。特别是现实生活中的自然景象的灰度直方图大多数都变化丰富,很少表现为明显的双峰。

Otsu 在 1979 年提出了最大类间方差法,也称为大津算法^[9],一直被认为是最优的阈值自动选取方法。该方法计算简单,在一定条件下不受图像的对比度与亮度变化的影响,因而在一些实时图像处理系统中得到了广泛的应用。它的基本原理是:如果选取的阈值使图像目标部分与背景部分的灰度分布方差较大,那么目标与背景分离的准确性就越大^[10]。因为方差是灰度分布均匀性的一种度量,方差值越大,说明构成图像的两部分差别越大。当部分目标错分为背景或部分背景错分为目标时,都会导致两部分差别变小,因此使类间方差最大的分割意味着错分概率最小^[11]。

假设一幅图像的灰度级为 m , $b(i,j)$ 是像素点 (i,j) 的灰度, $p(k)$ 是图像灰度值为 k 的频率,则 $p(k) = \text{集合}\{(i,j) | b(i,j) = k\}$ 的元素个数。如以灰度值 t 为阈值分割出背景与目标,即背景为 $\{(i,j) | b(i,j) > t\}$, 目标为 $\{(i,j) | b(i,j) \leq t\}$, 那么目标部分的像素点数: $w_0(t) = \sum_{i=0}^t p(i)$, 背景部分的像素点数: $w_1(t) = \sum_{i=t+1}^{m-1} p(i)$, 目标的灰度均值: $u_0(t) = \sum_{i=0}^t \frac{i \times p(i)}{w_0(t)}$, 背景的灰度均值: $u_1(t) = \sum_{i=t+1}^{m-1} \frac{i \times p(i)}{w_1(t)}$, 整个图像的灰度均值: $u = w_0(t) \times u_0(t) + w_1(t) \times u_1(t)$, 则计算图像最佳阈值 g 的公式为:

$$g = \text{Arg} \max_{0 \leq t \leq m-1} [w_0(t) \times (u_0(t) - u)^2 + w_1(t) \times (u_1(t) - u)^2] \tag{10}$$

大津算法要求目标或背景的灰度均值都尽量远离

全图像的灰度均值。当图像中的目标灰度均值和背景灰度均值差别较大时,可取得非常好的分割效果。在改进的基于边缘直方图的图像检索方法中,利用大津算法计算分割图像中目标和背景的最优阈值 T 。

2.2 特征的提取与匹配

改进的基于边缘直方图的检索方法与基于边缘直方图的检索方法类似,同样经过图像灰度化、边缘检测、边缘信息统计、边缘直方图匹配几个步骤,只是边缘检测有所不同。在图像灰度化以后,利用大津算法计算分割目标和背景的最优阈值 T ,通过下列公式把彩色图像转化成二值图像:

$$\begin{cases} f(x,y) = 0 & g(x,y) \leq T \\ f(x,y) = 255 & g(x,y) > T \end{cases} \tag{11}$$

在图像库中选择六幅图像进行实验,其分割效果如图 2 所示。

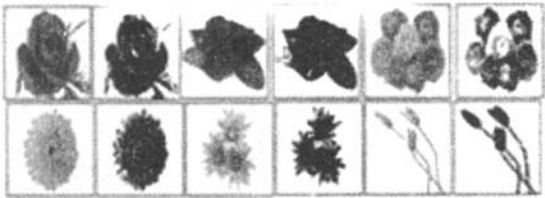


图 2 大津算法阈值分割效果图

可见,利用大津算法可以取得较好的分割效果。

然后,在二值图像中,利用 Sobel 算子提取图像的边缘信息,经过转化和量化,统计边缘直方图 $H[0 \cdots 36]$ 。最后,用绝对值距离进行图像的边缘特征的相似性匹配。

2.3 性能评价

改进的基于边缘直方图的图像检索方法,通过把图像分割成目标部分和背景部分,并进行二值化,来消除目标内部和背景内部对视觉特性不敏感的细微边缘,而目标和背景之间的比较明显的边缘被保留下来,而这部分边缘正是视觉非常敏感的边缘。

在文中实现的图像检索系统 IRS 中,同样选用具有明显的边缘信息的图像 0821.jpg(见图 1)作为样本图像进行检索。当查询返回的图像数目 $N = 50$ 时,相关图像数为 $M = 36$,图像库中相关的图像总数为 $R = 54$ 。在 N 相同的情况下,改进的边缘直方图的检索方法的查准率和查全率与原方法的比较如表 1、表 2、图 3、图 4 所示。

表 1 以 0821.jpg 为样本图像检索,前 N 个结果中的查准率

方法	N = 10	N = 20	N = 30	N = 40	N = 50	N = 60	N = 70	N = 80	N = 90
边缘直方图	1.000	0.950	0.833	0.750	0.680	0.600	0.529	0.513	0.489
改进的边缘	1.000	0.950	0.867	0.775	0.720	0.700	0.643	0.600	0.556

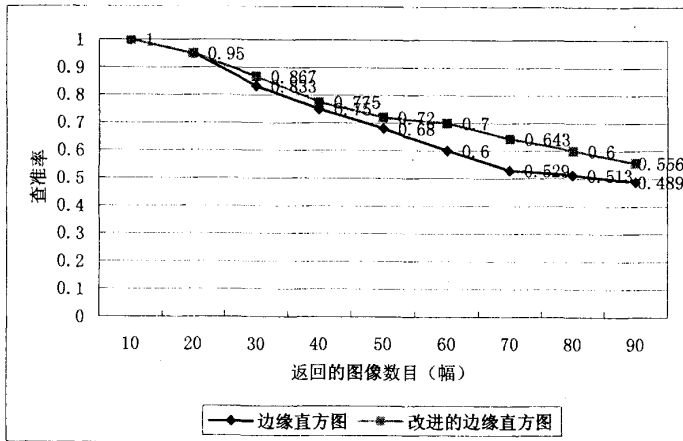


图3 两种检索方法的前N个结果中的查准率折线图

表2 以0821.jpg为样本图像检索,
前N个结果的查全率

方法	N=10	N=20	N=30	N=40	N=50	N=60	N=70	N=80	N=90
边缘直方图	0.185	0.352	0.463	0.556	0.630	0.667	0.685	0.759	0.815
改进的边缘	0.185	0.352	0.481	0.574	0.667	0.777	0.833	0.899	0.926

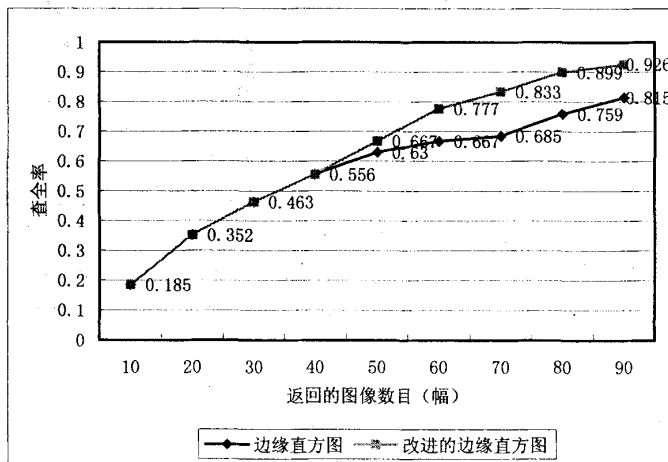


图4 两种检索方法的前N个结果中的查全率折线图

可见,改进的基于边缘直方图的检索方法的效果明显优于基于边缘直方图的检索方法。此外,改进的方法只是在边缘直方图的基础上增加了计算最佳阈值的部分,并且减少了一部分参与运算的像素,所以运行效率也比较高。

3 系统改进

在基于边缘直方图的图像检索方法中,为了比较

图像局部的边缘,可对图像进行分块,分别统计各块的边缘直方图进行匹配。

由于边缘信息对视觉的重要性,边缘特征在基于内容的图像检索中得到了越来越多的重视。虽然边缘信息非常重要,但单一的图像特征在表达图像信息时总有所欠缺,所以在实际应用中,通常是利用图像的颜色特征先对图像进行筛选,然后再计算所得图像的边缘信息,通过边缘直方图检索得到更理想的效果。

参考文献:

- [1] 孟繁杰,郭宝龙. CBIR 关键技术研究[J]. 计算机应用研究, 2004(7): 21-24.
- [2] 罗彬,游志胜,曹刚. 基于边缘直方图的快速汽车标志识别方法[J]. 计算机应用研究, 2004(6): 150-151.
- [3] 张恒博,欧宗瑛. 一种基于色彩和灰度直方图的图像检索方法[J]. 计算机工程, 2004, 30(10): 20-22.
- [4] Ioka M. A method of defining the similarity of image on the basis of color information[R]. Technical Report RT-0030. IBM Research, 1989.
- [5] Liu W Y, Su Z, Li S, et al. A performance evaluation protocol for content based image retrieval algorithm[EB/CD]. CD-ROM of IEEE CVPR Workshop on Empirical Evaluation Methods in Computer Vision. Kauai, Hawaii, USA: IEEE CS Press, 2001.
- [6] 张爱华,余胜生,周敬利. 一种基于边缘检测的局部阈值分割算法[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(4): 661-663.
- [7] 韩思奇,王蕾. 图像分割的阈值法综述[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(6): 91-94.
- [8] 刘平,陈斌,阮波. 基于边缘信息的图像阈值化分割方法[J]. 计算机应用, 2004, 24(9): 28-30.
- [9] Otsu N A. Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Trans on System, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.
- [10] 黄学军,邢爱凤,解培中. 综合利用边缘和颜色特征的图像检索[J]. 南京邮电学院学报, 2004, 24(1): 27-30.
- [11] 付忠良. 图像阈值选取方法——Otsu方法的推广[J]. 计算机应用, 2000, 20(5): 37-39.

(上接第182页)

- [7] 余胜生,张引明,周敬利. IPv6 任意播技术[J]. 计算机工程, 2004, 30(10): 101-102.
- [8] Basturk E, Engel R, Haas R, et al. Using network layer Anycast for load distribution in the Internet[R]. IBM Re-

search Report, RC20938. [s.l.]: [s.n.], 1997.

- [9] Ponnusamy V, Karupiah E K, Abdullah R. Anycast Group-Membership Management Protocol[M]. [s.l.]: IEEE Press, 2003: 1052-1056.