

# 基于中心块的多特征自适应图像检索算法

郭京蕾 李伟 金聪

(华中师范大学计算机学院 武汉 430079)

**摘要** 为了更好地检索图像内容信息,提出了基于中心块的多特征自适应权重图像检索算法。改进的算法通过检索图像边界区域的主颜色,提取图像背景噪声,从而降低背景噪声对目标物体的干扰。针对多特征权重值设定的难题,提出运用差分演化算法优化特征权值的方法,解决了固定权值分类精确度低的问题。实验结果表明,所提出的算法可有效减少背景噪声的干扰,并在检索准确率和检索效率上均取得了较好的结果。

**关键词** 背景噪声,中心块,多特征,自适应权重,差分演化

**中图分类号** TP301.6 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.6.013

## Adaptive Image Retrieval Algorithm with Multi-feature of Center Block

GUO Jing-lei LI Wei JIN Cong

(School of Computer, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract** An adaptive image retrieval algorithm with multi-feature of center block was proposed to better retrieval the image information. By retrieving the main color of image, the improved method reduces the interference of background noise on the target object. In order to solve the difficult problem of the weight setting, a differential evolution algorithm was presented to optimize the feature weight. Experimental results demonstrate that the proposed algorithm can reduce the interference of background noise in calculating the image distance, and achieve better results in retrieval accuracy and efficiency.

**Keywords** Background noise, Center block, Multi-feature, Adaptive weight, Differential evolution

## 1 引言

随着大容量存储设备的广泛使用和数字化技术的普及,出现了大规模的图像数据库,如何从浩瀚的图像数据库中检索到所需图像已成为研究热点之一。颜色特征由于具有很强的鲁棒性和灵活性,因此在图像库检索技术中广为采用。但是颜色特征不能体现图像的空间分布特征,Nai-Chung Yang等人<sup>[1]</sup>提出先将图像分块再快速提取主颜色的算法,梁美丽<sup>[2]</sup>、黄仁<sup>[3]</sup>等人综合了改进的颜色纹理特征对图像进行检索,弥补了颜色特征不能体现图像空间信息的缺陷。但是针对大多数图像的目标物体出现在图像中间的情况,文献<sup>[1-3]</sup>忽略了背景噪声对目标物体的干扰,检索效果总是差强人意。为此 Ahmed Talib 等人<sup>[4]</sup>根据图像的背景与目标物体的关系,提出了一种加权主颜色算法,检索精度得到较大的改进,但是该算法过于复杂,计算代价大,而且只使用了单一图像特征,因此检索精度的提高受到限制。本文提出了一种基于中心块的多特征自适应检索算法,只需较小的计算代价就可将图像中的背景颜色噪声降低,运用差分演化算法优化主颜色和纹理的特征权值,解决了固定权值不能充分考虑图像自身

特性的问题。实验结果显示,本文提出的基于中心块的颜色和纹理特征自适应权重检索算法在对 Corel\_1000 图像库进行检索时,检索精度有较大提高。

本文第2节描述图像检索问题模型;第3节重点论述提出的基于中心块的自适应权重检索算法(AWS);第4节分析和讨论 AWS 算法的实验结果;最后总结全文。

## 2 问题模型

本文主要考虑图像的颜色与纹理特征,因此每幅图像可用五元组表示  $O=(I, F, D, W_F, W_D)$ ,其中  $I$  表示原始图像,  $F$  是图像的颜色特征,  $D$  是图像的纹理特征,  $W_F$  是颜色特征权重,  $W_D$  是纹理特征权重,且  $W_F + W_D = 1$ 。采用二次型距离公式计算图像颜色特征之间的相似性距离  $d(F_i, F_j)$ <sup>[5]</sup>:

$$d(F_i, F_j) = \sum_{k=1}^M a_{kk} p_{ik} + \sum_{h=1}^N a_{hh} p_{jh} - \sum_{k=1}^M \sum_{h=1}^N 2a_{kh} p_{ik} p_{jh} \quad (1)$$

其中  $a_{kh}$  表示两个颜色之间的相似系数,定义如下:

$$a_{kh} = \begin{cases} 1 - d_{kh} / d_{\max}, & d_{kh} \leq T_d \\ 0, & d_{kh} > T_d \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $d_{kh}$  是两个颜色  $c_{ik}$ 、 $c_{jh}$  在 HSV 颜色空间中的距离,其中  $c_{ik} = (h_{ik}, s_{ik}, v_{ik})$  和  $c_{jh} = (h_{jh}, s_{jh}, v_{jh})$  之间的欧氏距离为:

到稿日期:2015-07-19 返修日期:2015-08-16 本文受中央高校(华中师范大学)基本科研业务专项资金(20205001512),国家社会科学基金项目(13BTQ050)资助。

郭京蕾(1977-),女,博士,副教授,主要研究方向为智能信息处理、图像处理, E-mail: guojinglei@mail.ccnu.edu.cn; 李伟(1986-),女,硕士,主要研究方向为图像处理, E-mail: 980779950@qq.com; 金聪(1960-),女,博士,教授,主要研究方向为图像处理、信息安全, E-mail: jinc26@aliyun.com.

$$d_{ij} = \sqrt{(v_{ik} - v_{jk})^2 + (s_{ik} \cosh s_{ik} - s_{jk} \cosh s_{jk})^2 + (s_{ik} \cosh s_{ik} - s_{jk} \cosh s_{jk})^2}$$

式(2)中,  $T_d$  是阈值, 若两种颜色之间的距离小于  $T_d$  则认为它们是相似的,  $d_{max}$  是两种颜色之间的最大距离, 在 HSV 颜色模型中, 两种颜色之间的最大距离为  $\sqrt{5}$ 。

采用欧氏距离公式计算图像纹理特征之间的相似性距离  $d(D_i, D_j)$ 。运用自适应权重图像检索算法确定权重  $W_F$  和  $W_D$  的值, 按照式(4)定义查询图像  $P_x$  和图像库中待匹配图像  $P_y$  之间的综合相似距离。根据相似距离大小检索出与查询图像最为相似的图像, 相似距离越小, 图像越相似。

$$d(P_x, P_y) = W_F d(F_i, F_j) + W_D d(D_i, D_j) \quad (4)$$

### 3 基于中心块的自适应权重图像检索算法

#### 3.1 基于中心块的主颜色提取方法

大部分图像是由目标图像和背景图像两部分构成的。如果图像中背景所占比例较大且背景色调与目标图像色调相差悬殊, 主颜色描述符<sup>[6,7]</sup>的检索效果往往不尽人意。为进一步改善检索效果, 本文提出基于中心块的主颜色描述符算法, 该方法可将图像中的背景颜色噪声降低, 以较小的计算代价换来了更精确的检索。其具体方法是将图像  $I$  分割成  $4 \times 4$  的 16 块, 选取中间的 4 块作为图像的中心块, 提取出原始图像  $I$  的中心块域  $\Omega$ , 分别计算出中心块和图像边界区域的主颜色, 在中心块主颜色中去除背景主颜色, 降低背景噪声对目标物体的干扰。

基于中心块的主颜色提取算法用伪代码描述如下:

```

Begin
    提取原始图像 I 的中心块域  $\Omega$ ;
    提取背景主颜色存于矩阵 B_c;
    提取中心块主颜色存于矩阵 C_c;
    if (B_c[i] > threshold value)
        for (i=1; i < background_color; i++)
            for (j=1; j < central_block_color; j++)
                if (B_c[i] = C_c[j])
                    C_c[j] = 0;
                end if
            end for
        end for
    end if
End
    
```

#### 3.2 基于中心块的纹理特征提取方法

纹理特征<sup>[8,9]</sup>表达图像局部区域中像素之间的某种关系, 具有旋转不变性、尺度不变性及抗噪性强等特点。由于纹理是相邻像素或相邻小区域灰度上及几何位置等相互关系的表征, 因此处于同样位置关系的一对像素的某种条件概率就可以用来表示其纹理特征。提取 6 种基于灰度共生矩阵 (GLCM)<sup>[10]</sup>的纹理特征, 它们分别是: 角二阶矩、对比度、均匀性、差分矩、和平均及和方差。

6 种纹理特征的计算公式分别是:

- 1) 角二阶矩:  $w_1 = \sum_i \sum_j (m(i, j))^2$
- 2) 对比度:  $w_2 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 m(i, j)$
- 3) 均匀性:  $w_3 = \sum_i \sum_j \frac{m(i, j)}{1+(i-j)^2}$

$$4) \text{ 差分矩: } w_4 = \sum_i \sum_j (i-\mu)^2 m(i, j)$$

其中,  $\mu$  为  $m(i, j)$  的均值。

$$5) \text{ 和平均: } w_5 = \sum_k \sum_i \sum_j im(i, j)$$

其中,  $k=i+j$ 。

$$6) \text{ 和方差: } w_6 = \sum_k \sum_i \sum_j (i-w_5)^2 m(i, j)$$

其中,  $k=i+j$ 。

基于中心块的纹理特征提取算法的步骤如下:

步骤 1 将原始图像  $I$  转换成灰度图像并提取出中心块域  $\Omega$ , 如图 1 所示;

步骤 2 按照 6 个特征公式提取出基于中心块的图像纹理特征  $w_i, i=1, 2, \dots, 6$ ;

步骤 3 对于提取的 6 个基于灰度共生矩阵的纹理特征, 分别计算出  $\theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  时 4 个方向的 GLCM, 将 4 个 GLCM 对应的项相加后取其平均值, 最后得到综合的 GLCM<sup>[11]</sup>。

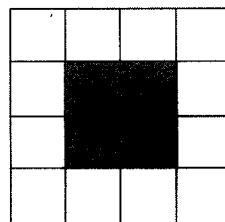


图 1 图像的中心块区域  $\Omega$

#### 3.3 自适应权重图像检索算法

在综合图像多特征进行图像检索时, 设置固定权值未依赖图像类别特性, 影响了算法的执行效率, 因此, 为了使图像检索结果尽可能地达到更优, 基于差分演化算法结构简单、易实现、优化能力强等特性, 提出了利用差分演化优化权值的方法。

在图像中心块的颜色和纹理两个特征的基础上, 对纹理特征进行高斯内部归一化<sup>[13]</sup>, 然后分别计算基于主颜色特征的二次型相似距离  $d(F_i, F_j)$  和基于纹理特征的欧氏距离  $d(D_i, D_j)$ , 对相似距离进行高斯外部归一化。颜色特征权重  $w_F$  为  $\alpha$ , 则纹理权重  $w_D = 1 - \alpha$ 。根据待优化参数  $\alpha$  值计算综合加权相似距离, 按相似距离排序, 检索出的相似图像数和不相似图像的惩罚因子作为个体  $\alpha$  的适应值, 其计算公式如式(5)、式(6)所示。

$$fit(\alpha) = ZNS_{pun} - S_{num} \quad (5)$$

$$ZNS_{pun} = \sum_{i=1}^n NS_{pun} \quad (6)$$

$$NS_{pun} = Z_{num} - NS_{num} \quad (7)$$

其中,  $n$  是指一次检索结果中所有不相似图像数,  $S_{num}$  是指一次检索结果中的相似图像数,  $NS_{pun}$  是指一次检索结果中不相似图像的惩罚因子,  $Z_{num}$  代表一次检索结果中的总图像数,  $NS_{num}$  代表一次检索结果中不相似图像在检索结果中的排名。

基于差分的自适应图像分类算法如下:

步骤 1 在  $[0, 1]$  区间内, 初始化种群  $P$ , 产生规模为  $NP$  的个体  $\alpha$ 。

步骤 2 根据式(5), 评价初始群体  $P$  中所有个体的适应值。

步骤 3 IF  $t < \text{最大迭代次数}$  then 转步骤 4; 否则停机。

步骤 4 对每个个体  $\alpha_i$  按照式(8)进行差分变异, 产生  $\text{trial}_{\alpha_i}$ 。

$$\text{trial}_{\alpha_i} = a_{\text{best}} + F(\alpha_{r_1} - \alpha_{r_2}) \quad (8)$$

其中,  $a_{\text{best}}$  为当前群体的最优个体, 为群体中随机选择的两个个体  $r_1, r_2$ , 且  $r_1 \neq r_2$ 。

步骤 5 按照式(5)对每个个体  $\alpha_i$  的实验个体  $\text{trial}_{\alpha_i}$  进行适应值评估。

步骤 6 对每个个体  $\alpha_i$  进行更新操作

$$\alpha_i = \begin{cases} \text{trial}_{\alpha_i}, & \text{fit}(\text{trial}_{\alpha_i}) < \text{fit}(\alpha_i) \\ \alpha_i, & \text{其它} \end{cases}$$

步骤 7 跳转至步骤 3。

基于差分的自适应图像分类算法在优化权重部分的算法时间复杂度为  $O(NP^2)$ 。

#### 4 实验结果及分析

在实验中采用基于中心块的固定权重多特征检索方法(FWS)和本文提出的基于中心块的自适应权重检索算法(AWS)对 Corel 公司提供的 Corel-1000 标准图像素材库进行检索。Corel-1000 中包含了人物、建筑物、公交车、花卉等 10 类共 1000 幅图像。在实验中首先利用本文提出的方法提取中心块的主颜色和纹理, 将图像量化矩阵四周边界 20 行以内的区域作为背景区域, 背景主颜色的阈值设为 0.25。将图像长度和宽度等分为 4 份, 将图像等分为 16 块, 取靠近中心点的 4 块作为中心块。在固定权重图像检索方法中, 将主颜色权重值  $W_F$  和纹理权重值  $W_D$  均设置为 0.5。在基于中心块的自适应检索算法中, 演化代数设为 50, 种群规模为 10, 缩放因子  $F$  为 0.5。

图 2 和图 3 是 FWS 算法与 AWS 算法在动物类别和雪山类别的检索结果比较。



(a) FWS 算法在动物类别的检索结果



(b) AWS 算法在动物类别的检索结果

图 2 FWS 算法与 AWS 算法在动物类别的检索结果比较



(a) FWS 算法在雪山类别的检索结果



(b) AWS 算法在雪山类别的检索结果

图 3 FWS 算法与 AWS 算法在雪山类别的检索结果比较

在动物类别检索结果(图 2)中, FWS 算法前 25 幅检索图像中有 6 幅与待查询图像不相似, 而 AWS 算法前 25 幅检索图像中只有 3 幅与待查询图像不相似, 比固定权重检索结果在相似图像数目上多了 3 幅。而且通过比较发现, 不相似图像的排名要靠后。在雪山图像检索结果(图 3)中, FWS 算法有 11 幅与待查询图像不相似, 而 AWS 算法只有 7 幅与待查询图像不相似, 自适应检索在检索相似图像数目上多了 4 幅。从图中可以直观发现 AWS 算法检索结果与查询图像的相似性更高, 且高相似性的图像检索排名也更靠前, 证明提出的基于中心块的自适应检索算法(AWS)是有效的, 检索准确率有所提高。

同时, 还通过平均查准率和平均查全率的对比来评价传统方法与基于中心块方法的有效性和准确性, 其计算公式如下:

$$\text{precision} = r/a \quad (9)$$

其中,  $a$  代表检索结果中共有的图像总数,  $r$  代表检索结果中与查询图像相似的图像数目。

检索算法的提高率计算公式如下:

$$\text{SR} = \frac{(\text{Precision}_{\text{AWS}} - \text{Precision}_{\text{FWS}})}{\text{Precision}_{\text{FWS}}} \times 100\% \quad (10)$$

在综合颜色特征和纹理特征进行图像检索时, 不同的权重比例会对检索结果产生不同程度的影响。分别对汽车、鲜花、雪山和动物 4 类图像进行检索实验。按照式(9)计算查准率并按式(10)计算算法的提高率, 实验结果如表 1 所列。

表 1 各检索算法的检索准确率比较

算法	汽车	鲜花	雪山	动物
FWS	75.35	71.23	60.47	75.41
AWS	75.85	73.31	72.37	87.13
提高率(%)	0.66	2.92	19.68	15.53

通过实验仿真验证了基于中心块的自适应检索算法(AWS)在图像多特征检索上具有较好的检索效果。

(下转第 81 页)

- [8] Francis P. Yoid; Extending the Multicast Internet Architecture [EB/OL]. <http://www.isi.edu/div7/yoid/docs/ycHtml/html-Root.html>
- [9] Chu Y, Rao S G, Zhang H. A Case for End System Multicast. 2000[J]. The Proceedings of Acm Sigmetrics, 2000, 28(1): 1-12
- [10] Zhang B, Jamin S, Zhang L. Host multicast: A framework for delivering multicast to end users[C] // Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies(INFOCOM 2002). IEEE, 2002: 1366-1375
- [11] Banerjee S, Bhattacharjee B, Kommareddy C. Scalable Application Layer Multicast[J]. ACM Sigcomm Computer Communication Review, 2002, 32(4): 205-217
- [12] Sripanidkulchai K, Ganjam A, Maggs B, et al. The Feasibility of Supporting Large-Scale Live Streaming Applications with Dynamic Application End-Points [J]. Proceedings of Acm Sigcomm, 2004, 34(4): 107-120
- [13] Su Jin-shu, Cao Ji-jun, Zhang Bo-feng. A Survey of the research on ALM stability enhancement[J]. Chinese Journal of Computer, 2009, 32(3): 576-590(in Chinese)  
苏金树, 曹继军, 张博锋. 应用层组播稳定性提高技术综述[J]. 计算机学报, 2009, 32(3): 576-590
- [14] Roca V, El-Sayed A. A Host-Based Multicast (HBM) Solution for Group Communications [M] // Networking - ICN 2001. Springer, 2001: 610-619
- [15] Luo Jian-guang, Zhao Li, Yang Shi-qiang. An algorithm of constructing ALM tree based on user behavior analysis [J]. Journal of Computer Research and Development, 2006, 43(9): 1557-1563(in Chinese)  
罗建光, 赵黎, 杨士强. 基于用户行为分析的应用层组播树生成算法[J]. 计算机研究与开发, 2006, 43(9): 1557-1563
- [16] Veloso E, Almeida V, Meira W, et al. A hierarchical characterization of a live streaming media workload[C] // Proceedings of the 2nd ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement 2002. Marseille, France, 2002: 117-130
- [17] Cao Jia, Lu Shi-wen. A Multimum Delay Spanning Tree Algorithm for the Application-Layer Multicast[J]. Journal of Software, 2005, 16(10): 1766-1773(in Chinese)  
曹佳, 鲁士文. 应用层组播的最小延时生成树算法[J]. 软件学报, 2005, 16(10): 1766-1773
- [18] Cui Jian-qun, Xiong Nai-xue, Park J H, et al. A novel and efficient source-path discovery and maintenance method for application layer multicast[J]. Computers and Electrical Engineering, 2013, 39(1): 67-75
- [19] Zhang X C, Yang M H, Zhu X J, et al. A loss recovery approach for reliable application layer multicast[J]. Journal of Systems and Software, 2012, 85(5): 1198-1204

(上接第 67 页)

**结束语** 本文提出了基于中心块的自适应权重检索算法,通过对背景色主颜色的分析,有效地消除了背景色对中心块主颜色的影响并避免了图像中与目标关系不大的背景纹理。本文提出了运用差分演化算法在图像库中自适应优化权重值的方法,实验结果表明本文提出的基于中心块的自适应权重多特征检索算法的检索精度有了较大的提高。

### 参 考 文 献

- [1] Nai C Y, Wei H C, Chung M K, et al. A fast MPEG-7 dominant color extraction with new similarity measure for image retrieval [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2008, 2(19): 92-105
- [2] Liang Mei-li, Niu Zhi-xian. Improved image retrieval with integrated colour and texture features[J]. Computer Application and Software, 2014, 31(6): 228-231(in Chinese)  
梁美丽, 牛之贤. 改进的综合颜色纹理特征图像检索[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(6): 228-231
- [3] Huang Ren, Hu Min. Content-based image retrieval Using color position and texture fused features[J]. Computer Science, 2014, 41(6A): 118-121(in Chinese)  
黄仁, 胡敏. 综合颜色空间特征和纹理特征的图像检索[J]. 计算机科学, 2014, 41(6A): 118-121
- [4] Ahmed T, Massudi M, Husniza H, et al. A weighted dominant colordescrptor for content-based image retrieval[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2013, 24(3): 345-360
- [5] Shi J C. Fuzzy information retrieval based on a new similarity measure of generalized fuzzy numbers[J]. Intelligent Automation and Soft Computing, 2011, 17(4): 465-476
- [6] Nidhi S, Kanchan S, Ashok K S. A Novel Approach for Content Based Image Retrieval[J]. Procedia Technology, 2012(4): 245-250
- [7] Miao Liang, Sun Li-juan. Image Feature Matching Algorithm Based on Gauss Formula[J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2013, 43(2): 196-199(in Chinese)  
缪亮, 孙利娟. 基于高斯公式的图像特征匹配算法研究[J]. 河南大学学报(自然科学), 2013, 43(2): 196-199
- [8] Sun Jun-ding, Ma Yuan-yuan. Summary of Texture research [J]. Computer Systems & Applications, 2010, 19(6): 245-250 (in Chinese)  
孙君顶, 马媛媛. 纹理特征研究综述[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(6): 245-250
- [9] Liu Li, Kuang Gang-yao. Overview of Image Texture Feature Extraction Methods[J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(4): 622-635(in Chinese)  
刘丽, 匡纲要. 图像纹理特征提取方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 622-635
- [10] Haralick R M, Shanmugam K. Texture features for image classification[J]. IEEE Transaction on System Man and Cybernetics, 1973, 3(6): 610-621
- [11] Sun Jun-Ding, Yuan Fang. Content-based Image Retrieval[J]. Computer System & Applications, 2011, 20(8): 240-244(in Chinese)  
孙君顶, 原芳. 基于内容的图像检索技术[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(8): 240-244
- [12] Zhu Hua, Ji Cui-cui. Fractal Theory and Its Applications[M]. Beijing: Science Press, 2011(in Chinese)  
朱华, 姬翠翠. 分形理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2011