

一种基于前景与背景划分的区域 图像检索方法及实现

朱远清 李才伟

(中山大学计算机科学系, 广州 510275)

摘要 区域图像检索(RBIR)是基于内容图像检索(CBIR)的一个分支,它以图像分割为基础,通过图像局部视觉特征的相似性进行图像检索。由于准确的图像分割技术尚不成熟,区域图像检索性能容易受到冗余分割和错误分割的影响。为了降低RBIR中图像分割的影响,提出了一种基于前景和背景划分的区域图像检索方法。该方法通过规则分块、图像分类和有效区域定位来得到图像分割区域,然后应用中心对象提取算法(COEA)获得图像主体对象,最后提取颜色和纹理特征进行相似度匹配。实现了一个基于上述方法的RBIR系统ObFind,实验结果表明该方法不仅具有与SIMPLcity相当的检索性能,而且计算复杂度更低。

关键词 区域图像检索 前景划分 图像分割

中图法分类号: TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2007)02-0234-05

A Method and Implementation for Region-based Image Retrieval Using Partition of Foreground and Background

ZHU Yuan-qing, LI Cai-wei

(Department of Computer Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

Abstract Region-based Image Retrieval(RBIR) is a sub-branch of Content-based Image Retrieval(CBIR). It employs image segmentation to extract local visual feature and retrieves images by similarity matching. However, as precise image segmentation is still immature, the performance of RBIR systems is subject to redundant and inaccurate segmentation. In order to reduce adverse effect of image segmentation in RBIR, a new method based on partition of foreground and background is proposed. In the method, image segmentation regions are obtained by applying regular block, classification and valid region location. And the principal object is extracted using the Central Object Extraction Algorithm(COEA). Then images are retrieved by similarity matching based on extracted color and texture feature. In the paper, a RBIR system named ObFind is implemented according to the proposed method. The experimental results show that the proposed method not only has comparable performance to SIMPLcity but also reduces computation complexity.

Keywords region-based image retrieval, foreground partition, image segmentation

1 引言

随着多媒体时代的到来,人们越来越多地接触到大量的图像信息。如何有效地组织、管理和检索大规模的图像数据库,成为当前一个热门的研究课

题。基于内容的图像检索(content-based image retrieval, CBIR)技术是解决这一问题的关键性技术之一,它既体现了图像信息的特点,又结合了传统的数据库方法,是一项在理论研究和实际应用中都具有前途的新技术。目前大多数CBIR系统都是基于图像全局特征的,如QBIC、Photobook和Virage

收稿日期:2006-10-13;改回日期:2006-11-06

第一作者简介:朱远清(1980~),男,中山大学计算机科学系计算机软件与理论专业研究生。主要从事图像处理和基于内容的图像信息检索方面的研究工作。E-mail: drinking201@yahoo.com.cn

等。但是,也有一些是基于区域特征,如 Blobworld^[1]、Windsurf^[2]、VisualSEEK^[3] 和 SIMPLicity^[4]等。

基于图像区域特征的图像检索(region-based image retrieval, RBIR)以图像分割为手段,通过提取图像分割区域的颜色、纹理和形状等视觉特征,结合一定的相似度匹配算法,可实现相似图像检索的目的。在基于区域特征图像检索中,图像分割是整个系统至关重要的一个环节,分割的好坏直接影响检索性能。由于如何对图像进行准确分割仍是图像处理领域一个尚未解决的问题^[5],因此结合图像分割的 RBIR 系统的性能受到由不准确分割带来的影响,其主要表现在:

(1) 图像分割技术的不成熟是根本限制,还没一种成熟的方法能够从复杂的彩色图像中准确地提取主体对象;

(2) 对整幅图像进行分割可能导致冗余分割和错误分割,既影响了检索结果,又增加了方法的复杂度;

(3) 图像被分割为多个不规则区域,这些区域不一定对应于独立的图像对象,文献[6]中提出的 IRM 方法在一定程度上弥补了不准确图像分割带来的影响,但是多个不规则区域间的相似度比较更加复杂,影响系统的效率。

本文从基于图像前景与背景划分的角度出发,提出了一种基于区域特征的图像检索方法,同时实现了一个基于该方法的 RBIR 系统 ObFind。实验结果表明,该系统总体上具有比 SIMPLicity 更好的检索性能。

2 前景与背景划分算法

对于特征分布简单的图像而言,一般的基于全局特征的检索方法已经能够得到较好的结果;而对于特征分布复杂的图像来说,对整个图像进行分割容易产生过度分割和错误分割,不仅不能提高系统性能,还增大系统复杂度,影响检索效率。

从图像的构成来看,图像通常可简单地分为前景和背景。对于前景不突出的图像,可认为整个图像都是背景。基于这种分析,提出了基于前景和背景划分的区域图像检索方法。

2.1 特征参数选择和规则分块

这里选择了具有更好的图像尺寸大小、旋转与视

角无关的颜色和纹理作为图像的特征描述^[7]。颜色描述方式为色调和饱和度直方图,以及色调、饱和度和亮度中心矩;纹理描述方式为基于共生矩阵的4个统计量——能量(ENG)、熵(ENT)、对比度(CON)和关系矩(COR),由这些参数组成图像特征向量。

同时,为了减小图像分割中产生的冗余分割和错误分割,将图像划分为规则的9个区域,如图1所示。

1	2	3
4	5	6
7	8	9

图1 图像划分示意图

Fig.1 Diagram of image partition

图1中编号为1、3、7、9的区域为角区域,编号2、4、6、8为边区域,编号5为中心区域,边区域和中心区域统称为主区域。这里主要考虑了构图理论,一般图像中的显著对象或主题位于图像中心较大区域的概率更大,而角上的区域基本上可以忽略不计。实际上本文在图像分割只考虑了5个主区域(编号分别为2、4、5、6和8),减少了计算量。

2.2 图像分类与有效区域定位算法

图像分类与有效区域定位算法是前景提取的基础,其流程如图2所示。

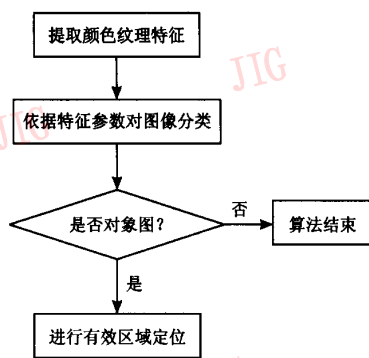


图2 图像分类与有效区域定位流程

Fig.2 Flowchart of image classification and valid regions location

2.2.1 分类算法

分类算法和有效区域定位算法具有内在联系,因此分类算法的具体过程将在下面与有效区域定位

算法一起给出。

2.2.2 有效区域定位算法

视觉上不同的区域具有不同的主导颜色分布图^[7]。因此,可根据主导颜色分布图的比较,判别对应区域的相似度,这是算法的关键之处。本文以编号为 1、3、7 和 9 的角区域为参考区域,以区域的主导颜色直方图和颜色中心矩作为颜色特征描述方式,用加权的欧式距离公式计算编号为 2、4、5、6 和 8 的主区域与参考区域的距离。如果最小距离大于给定的阈值,则判定该图像为对象图,否则为背景图。如果为对象图,则从中选取距离最大的区域为初始对象区域,记下编号;然后判断该区域每个邻近非参考区域与初始对象区域的距离,如果距离小于给定的阈值,则将其合并生成新的对象区域,并记录其编号,最终得到的区域即为有效区域,输出记录下的编号。算法步骤如下:

(1) 提取各个区域特征

设 $F_i = \{f_1, f_2\}$, $i = 1, 2, \dots, 9$ 为被提取各个区域特征。其中, i 为区域编号; $f_1 = \{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\}$ 为主导颜色描述子,颜色比重 h_j ($j = 1, 2, \dots, 5$) 为第 j 大的颜色分量; $f_2 = \{m_1, m_2, m_3\}$ 为颜色中心矩描述子,由颜色的 3 个低阶中心矩组成。

文献[8]表明,当图像的颜色数目聚类到 8~20 种时,可以较好地保持整幅图像的色彩信息。考虑到本文中的主导颜色并不是用来表征图像内容,而是为了进行局部区域相似度的比较;另外本文已经对图像进行了预分块。因此本文选取比重最大的前 5 个颜色分量来构成主导颜色描述子,可在保证描述子表征能力的同时降低复杂度。

(2) 计算相似度

定义区域距离: $d_{i,j} = D(F_i, F_j, W)$, 其中 W 为描述子间的权重向量。本文仅考虑区域 5 与其他所有区域间的距离,计算得到 $\{d_{5,k}\}$ ($k = 1, 2, \dots, 9$ 且 $k \neq 5$), 选取其中最小的 5 个距离得 $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\}$;

(3) 图像分类

如果满足条件: $dm \geq \eta$ (其中, $dm = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 d_i$, η 为阈值,本文取为 3.0), 则图像被分类为对象图,转到步骤 4; 否则为背景图,算法结束;

(4) 有效区域定位

根据公式 $d_{5,i} \leq \frac{d_1 + dm}{2}$, 判定编号 $i = 2, 4, 6, 8$ 的区域是否为有效区域。

2.3 前景提取算法

图像分割技术不是本文研究的重点,本文前景提取主要参考了文献[9]提出的中心对象提取算法 (central object extraction algorithm, COEA), 这里简要介绍该算法的主要思想和步骤。

COEA 本质上属于区域分割方法,并且结合了 JSEG 分割技术^[10]。在 COEA 中引入了两个重要的概念:支持颜色对和支持像素集。支持颜色对是指一个颜色对 (c_i, c_j) 满足条件 $\frac{N_c(c_i, c_j) - N_b(c_i, c_j)}{N_c(c_i, c_j)} \geq 0.1$, 其中 $N_c(c_i, c_j)$ 和 $N_b(c_i, c_j)$ 分别为在中心对象区域和背景区域中,颜色对 (c_i, c_j) 在给定自相关矩阵中的数值。由所有邻近的满足支持颜色对的像素对组成的集合,称为支持像素集。从实际意义上说,支持颜色对和支持像素集都表达了图像中心对象的颜色和区域特点,实现了中心对象区域和背景区域的划分。

COEA 主要分为两个步骤:首先进行中心对象定位,初步确定对象范围;然后进行背景分析和中心区域生长。考虑到本文在进行前景提取前已经对图像进行有效区域定位,图像中的中心对象所在区域基本上已经得到,因此在实现 COEA 时略去了第 1 个步骤,而主要实现了第 2 个步骤。

3 实验分析与比较

3.1 ObFind 系统介绍

基于前面所提出的方法,设计并实现了一个基于前景与背景划分的区域图像检索系统 ObFind, 图 3 是系统主界面。

ObFind 系统主要实现了以下功能:

- 图像预处理:包括灰度化、平滑化、图像增强

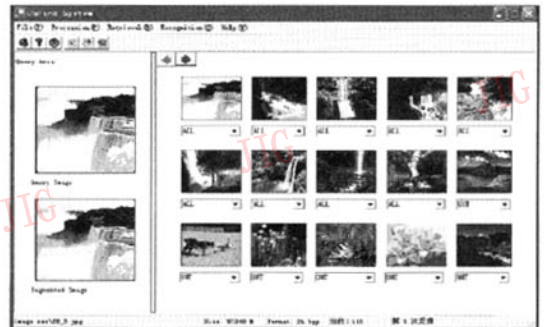


图 3 ObFind 系统主界面

Fig. 3 Main interface of ObFind system

和直方图均衡化等;

●特征提取:包括颜色的直方图、中心矩、布局、相关图和纹理的基于共生矩阵的能量、熵、自相关、逆差矩、对比度及 Tamura 描述方式粗糙度和对比度;

●基于全局特征检索:不对图像进行区域划分,根据图像的全局颜色和纹理特征检索;

●基于区域特征检索:对图像进行区域划分,并根据查询图的类型进行检索。若查询图为对象图则根据区域颜色和纹理特征检索,否则采用全局特征检索;

●区域相关反馈:指定图像的相关类型并进行二次检索。

ObFind 系统的工作流程如图 4 所示。

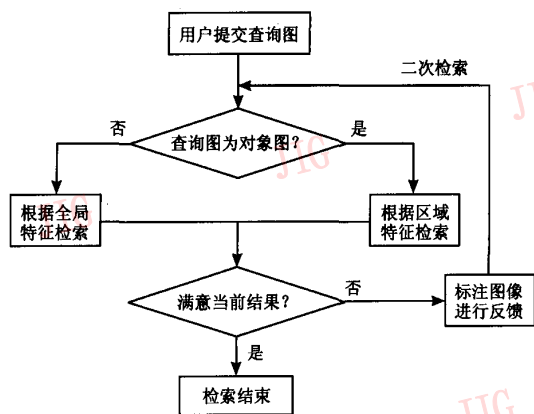


图 4 ObFind 系统流程图

Fig. 4 Flowchart of ObFind system

3.2 实验结果

以 ObFind 系统为基础,本文分别对第二部分中提出的几个算法的效果进行了实验分析和比较,内容包括图像分类正确率、有效区域定位可靠性、区域相关反馈以及系统总体检索性能等。

为了和 SIMPLIcity 的检索实验结果进行比较,采用了与 SIMPLIcity 实验相同的数据库,该实验图像库是从 COREL 库中取出的子库,共有图像 1 000 张,根据图像内容分为土著、海滩、建筑、汽车、恐龙、大象、花、马、山地、菜肴等 10 个类别,每个类别有 100 张。图像分类以及系统检索性能实验,都是在这个图像库中进行的。

(1) 有效区域定位

对于对象显著的图像,本文的有效区域定位算法一般能够准确地进行对象定位,如图 5 所示。图中给出了几个经过有效区域定位后的图像,其中方框所包围的区域为有效区域,即对象所在的区域。



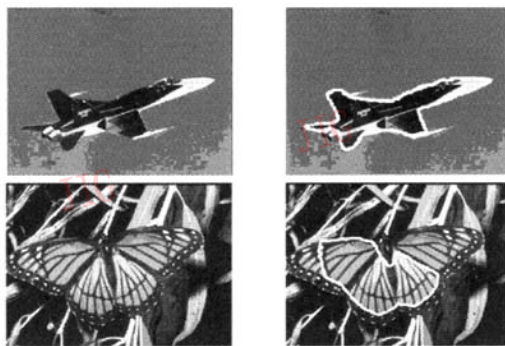
图 5 有效区域定位例子

Fig. 5 Examples of valid region location

(2) 前景提取

经过有效区域定位分析后,得到图像主体对象的粗略位置,接着根据文献[9]中的图像分割算法对有效区域进行分割,从而得到图像前景即主体对象,图像的其余部分将被当作背景处理。

由于对有效区域进行分割与对整幅图像进行分割的方法是一致的,因此这里仅以对整幅图像进行分割为例,图 6 给出了两个分割效果较好的例子。



(a) 原图

(b) 分割图

图 6 前景提取实例

Fig. 6 Examples of foreground extraction

(3) 系统检索性能

为了检验基于本文方法的区域检索系统的总体性能,本文选择文献[4]中的 SIMPLIcity 系统作为比较对象。实验内容有两个:一是返回的前 100 张图像的平均检索准确率;二是平均检索准确率与返回图像数量间的变化关系。实验结果如图 7 和图 8 所示。

从图 7 可以看出,本文的 ObFind 系统在前 100 张的平均检索准确率与 SIMPLIcity 很接近,而且在汽车和菜肴这两个类别上,本文的效果比 SIMPLIcity 好。从总的检索效果来看,本文的 ObFind 与 SIMPLIcity 相当。

检索效率方面,由于图像分割是影响区域图像

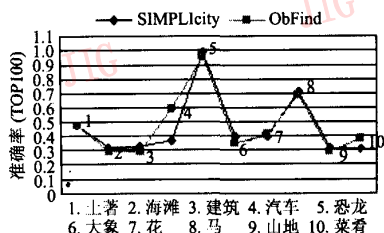


图 7 ObFind 与 SIMPLcity 系统检索准确率的比较

Fig. 7 Comparison of retrieval accuracy between ObFind and SIMPLcity system

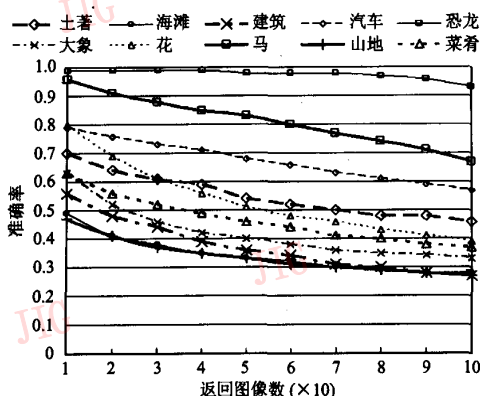


图 8 ObFind 系统检索准确率变化曲线图

Fig. 8 Variation of ObFind system retrieval accuracy

检索系统性能的一个重要因素,而本文采用了先粗略定位对象再进行分割提取对象的方法,这就减小了计算复杂度;同时本文将图像规则地划分为一定的区域,图像由前景和背景两个部分组成,区域的规则性和区域数量的缩小将会缩小对象特征提取和区域匹配等算法的运行时间,从而提高系统的检索效率。综合系统的检索效果和效率来看,本文的检索方法更优,在不降低系统总体检索效果的条件下降低了算法的复杂性,并提高了检索效率。

图 8 中系统检索准确率变化曲线反映的是系统检索准确率的鲁棒性。系统的鲁棒性好,则系统的平均检索正确率,不会因为返回图像数量的减小而急剧降低。这说明图像库中大部分与查询图相似的图像排序都靠前,不相似的则排名居后,体现了相似度判定法的可靠性。

4 结 论

图像分割是基于区域图像检索的基础,它是系统性能一个重要影响因素。本文在参考其他方法的

基础上,提出了一种新的基于前景与背景划分的分割方法。

与传统的将整个图像进行分割的方法相比,本文方法的优势在于:(1)缩小了分割范围,减小了冗余分割和错误分割的可能性;(2)简化了图像区域模型,分割后图像被划分为前景和背景两个部分;(3)减小了区域匹配时要比较的区域数量,降低了区域匹配算法的复杂度。

实验结果表明,采用该方法不仅不会显著降低系统的检索准确率,而且还能够降低计算复杂度。

参考文献 (References)

- Carson C, Thomas M, Balongie S. Blobworld: a system for region-based image indexing and retrieval [A]. In: Proceedings of Third International Conference on Visual Information System [C], Amsterdam, Netherlands, 1999: 509 ~ 516.
- Ardizzone S, Bartolini I, Patella M. Windsurf: region-based image retrieval using wavelets [A]. In: Proceedings of International Workshop on Similarity Search [C], Florence, Italy, 1999: 167 ~ 173.
- Smith J R, Chang S F. Querying by color regions using the visualSEEK content based visual query system [A]. In: Intelligent Multimedia and Information Retrieval [M]. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1997: 23 ~ 41.
- Wang J Z, Li J, Chan D. SIMPLcity: Semantic-sensitive integrated matching for picture libraries [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23(9): 947 ~ 963.
- Shi J, Malik J. Normalized cuts and image segmentation [A]. In: Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C], San Juan, Puerto Rico, 1997: 731 ~ 737.
- Li J, Wang J Z, Wiederhold G. IRM: Integrated region matching for image retrieval [A]. In: Proceedings of ACM Multimedia 2000 [C], Los Angeles, CA, USA, 2000: 147 ~ 156.
- Zhang Y J. Content-based Visual Information Retrieval [M]. Beijing: Science Press, 2003. [章毓晋著. 基于内容的视觉信息检索 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.]
- Yuan Xi, Zhu Miao-liang. Image retrieval using principal color and color block [J]. Computer Engineering, 2000, 6(10): 721 ~ 725. [袁昕, 朱淼良. 基于主色和主色块的图像检索 [J]. 计算机工程, 2000, 6(10): 721 ~ 725]
- Kim S, Park S, Kim M. Central objects extraction for object-based image retrieval [J]. Image and Video Retrieval, 2003, 2728: 39 ~ 49.
- Deng Y. A Region Based Representation for Image and Video Retrieval [D]. Santa Barbara, CA, USA: University of California, 1999.