

感兴趣区域的确定及相似度计算方法

李苏梅^{1,2}, 韩国强²

(1. 广东外语外贸大学 教育技术中心, 广东 广州 510420; 2. 华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510641)

摘要: 对 ROIBIR 系统中 ROI 的确定及区域相似度计算进行了研究。首先介绍了两种确定 ROI 的方法, 它们充分利用分割区域的用户可见性、区域及其权重用户的可指定性来实现用户的可选性, 使图像的检索系统融合人的感知能力, 符合人们的检索习惯。然后介绍了一种基于区域的图像相似度计算方法, 这种方法先分别按照区域的综合特征、直方图特征值及区域的形状特征进行相似度计算, 再将各自相似度加权乘积作为两区域的相似度, 各区域最大相似度的平均值作为感兴趣区域与目标图像的相似度。并用实验证明了提出方法的有效性。

关键词: 感兴趣的区域; 相似度计算; 图像检索

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)04-0048-05

Methods on ROI Confirmed and Similarity Computation

Li Sumei^{1,2}, Han Guoqiang²

(1. Educational Technology Center, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou 510420, China;

2. School of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The key techniques on ROI confirmed and similarity computation in ROIBIR system are studied. Firstly, two approaches of confirming ROI are introduced by considering the visibility of image regions, the possibility of designating region and its weight for users making the image retrieval system include human perception and accord with human vision habits. Then, a region-based similarity measurement approach is introduced. With the proposed approach, the similarity of two regions with the combination features, histogram and region shape features is computed respectively. Then, the similarity of two regions is computed by the weight product method. The average value's similarity for every region is regarded as the similarity of ROI and target image. Experiments show that the proposed methods are available.

Key words: Regions of Interest(ROI); similarity computation; image retrieval

0 引言

基于感兴趣区域的图像检索 (Regions of Interest-based Image Retrieval, 简称 ROIBIR) 技术, 是利用图像分割技术把图像分成多个区域, 用区域的特征集来表示和索引图像, 它增强了系统捕获和描述用户对图像内容感知的能力, 在一定程度上实现了基于对象层次的检索, 减小了图像底层特征和高层语义之间的语义鸿沟, 有效地改进了检索性能。它是基于内容的图像

检索技术的一个重要研究方向^[1-3]。现有的基于感兴趣区域的检索方法大至可分为基于交互的方法^[4]、基于变换的方法^[5]及基于视觉注意的方法^[6]3类。

ROIBIR 技术主要分为如下几步: 1) 感兴趣区域的检测与提取; 2) 感兴趣区域的特征描述; 3) 图像间相似度计算。但现有的感兴趣区域的提取方法只利用了图像的灰度信息, 不能很好地提取在视觉上引起人们兴趣的区域。本文在充分考虑用户可选择性以及分割区域用户可见性的基础上, 提出两种感兴趣区域的

收稿日期: 2008-06-18

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (7300450)

作者简介: 李苏梅 (1965-), 女, 湖南宁远人, 广东外语外贸大学实验师, 华南理工大学硕士生, 主要研究方向为图像检索; 韩国强 (1962-), 男, 江西临川人, 华南理工大学教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为计算机应用技术, 多媒体软件技术与图像重建技术。

提取方法和区域相似性计算方法, 并对 ROIBIR 系统的感兴趣区域、区域特征提取及区域相似度计算等关键技术进行了一些研究。

1 图像区域特征

本文的图像分割方法, 采用前期研究提出的一种基于自适应的 K -均值聚类算法的彩色图像区域分割方法^[7,8]。它首先选择合适的彩色空间, 抽取图像的像素点颜色、纹理 (Texture) 及位置等特征, 形成特征向量空间。然后在此特征空间中, 运用自适应 K -均值聚类算法进行聚类 and 图像区域分割。最后抽取图像区域后区域特征的提取, 图像的区域特征描述如下。

1.1 区域的综合特征

本文介绍的区域的综合特征, 包括图像区域的平均颜色、纹理和空间位置等特征。这些特征值组成一向量, 该向量可表示为:

$$f_{c,r} = (\overline{labL}, \overline{labA}, \overline{labB}, \overline{con}, \overline{ani}, \overline{X}, \overline{Y}), \quad (1)$$

式 (1) 中,

\overline{labL} 、 \overline{labA} 、 \overline{labB} 分别表示在 $L^*a^*b^*$ 颜色空间, 颜色分量 L 、 a 、 b 在区域中的平均值;

\overline{con} 表示区域对比度的平均值;

\overline{ani} 表示区域各向异性的平均值;

\overline{X} 、 \overline{Y} 表示区域相对于整幅图在行和列方向上位置的均值。

对于一个图像分割区域 R 来说, 这些特征按如下各式计算:

$$\overline{labL} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(labL), \quad \overline{labA} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(labA),$$

$$\overline{labB} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(labB); \quad \overline{con} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(con),$$

$$\overline{ani} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(ani); \quad \overline{X} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(X), \quad \overline{Y} = \frac{1}{n_R} \sum_{i=1, i_i \in R}^{n_R} I_i(Y).$$

以上各式中, n_R 表示属于区域 R 像素点的数目, $I_i(labL)$ 、 $I_i(labA)$ 、 $I_i(labB)$ 、 $I_i(con)$ 、 $I_i(ani)$ 、 $I_i(X)$ 、 $I_i(Y)$ 分别表示第 i 个像素点的 L^* 、 a^* 、 b^* 、对比度 (con)、各向异性 (ani) 分量以及象素点位置的特征分向量。

1.2 区域的直方图特征

区域直方图特征是指按照我们前期研究提出的颜色空间量化方法^[7], 对图像每个区域进行计算所得到的直方图。然后运用 BP 神经网络方法进行训练学习, 得到相应的神经网络。最后利用训练好的神经网络, 对区域进行直方图特征抽取。设 R 表示一个感兴趣图像区域, 则该区域的直方图按式 (2) 计算。

$$f_{11 \rightarrow 11, num_c} = \frac{1}{N_R} \{ num_c | pixel_i \in R \text{ and } pixel_i \in color_c \} \quad (2)$$

式 (2) 中, N_R 表示图像区域 R 的像素点个数, num_c 表示在区域 R 内且属于第 c 类颜色的像素点个数, $pixel_i$ 表示区域 R 内第 i 个像素点, $color_c$ (文献^[7]所指的 11 类颜色, $c=1, 2, \dots, 11$) 表示第 c 类颜色。

1.3 区域的形状特征

这里采用椭圆形 Fourier 的方法^[7]来描述被分割区域的特征。首先获取区域边界像素点, 经平滑得到边界轮廓和边界函数, 然后用多个椭圆形来表示区域边界的轮廓, 并进行傅立叶变换, 取其傅立叶系数作为区域形状描述特征, 用 f_{shape} 表示 (具体参见文献^[7])。

2 ROI 的确定方法

本文充分考虑用户的可选择性以及图像分割区域用户的可见性, 提出两种区域提取方法, 即: 指定区域确定方法及权重确定方法。

2.1 指定区域确定方法

这种感兴趣区域的提取方法是指用户在例子图像中指定感兴趣的区域, 被选择的区域再通过图像的分割方法进行区域分割, 其过程如图 1 所示。

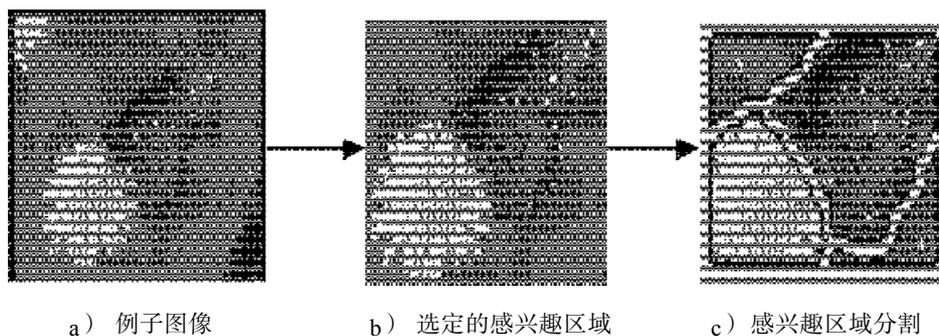


图 1 指定区域确定感兴趣区域方法示例

Fig. 1 ROI approach for determination of designating region example

在图 1 中, 用户在例子图像上用鼠标选定需要检索的感兴趣区域, 感兴趣区域如图 1 中的 b) 所示, 利用图像分割方法^[7]对感兴趣区域进行分割, 结果如图 1 中的 c) 所示。感兴趣区域被分割成较小的区域后, 按式 (3) 的策略进行区域权重设置。

$$p_{q_i} = \frac{N_{q_i}}{N}, w_{q_i} = \begin{cases} 1, & \text{if } p_{q_i} > \beta; \\ 0, & \text{if } p_{q_i} < \beta; \end{cases} \quad (3)$$

式 (3) 中,

- q_i 表示感兴趣区域中的第 i 个区域;
- N 表示感兴趣区域像素点数目;
- N_{q_i} 表示第 i 个区域的像素点数目;
- p_{q_i} 表示区域 q_i 大小在感兴趣区域的比重;
- w_{q_i} 表示 q_i 区域的权重;

β 的取值一般为 0.1~0.2。表 1 是图 1 区域权重确定的数据示例。在确定好感兴趣区域权重后, 对权重大于 0 的区域进行特征抽取, 抽取方法按照第 2 节的方法进行。表 2 是图 1 c) 中区域①和区域②的主要特征数据。

表 1 感兴趣区域权重确定示例

Tab. 1 The example of deciding ROI by Weigh

q_i	N_{q_i}	p_{q_i}	w_{q_i}
1	1829	0.4429	1
2	1079	0.2613	1
3	667	0.1615	0
4	555	0.1344	0

注: 表中为 $\beta=0.18$ 条件下所得数据。

表 2 感兴趣区域特征抽取示例

Tab. 2 The example of ROI features extraction

q_i	μ_{abL}	μ_{abA}	μ_{abB}	\bar{X}	\bar{Y}	c_{20}	\overline{cm}	F_1	F_2
1	0.587	0.529	0.798	0.664	0.594	0.288	0.109	59.32	41.04
2	0.866	0.441	1.222	0.284	0.333	0.074	0.041	26.88	22.87

2.2 权重确定感兴趣区域方法

这种感兴趣区域确定方法是指例子图像首先经过分割, 将分割的区域显示给用户, 用户通过设定区域的权重来选择感兴趣的区域, 图 2 是这种方法的一个示例。



图 2 权重确定感兴趣区域方法示例

Fig. 2 The example of weight confirming ROI approach

这种方法的区域权重值 w_{q_i} (图像 q 的第 i 个区域) 由用户设定, $w_{q_i} \in [0,1]$, $w_{q_i} > 0$ 的区域就被认为是感兴

趣的区域, 不设定权重的区域或 $w_{q_i}=0$ 的区域为非感兴趣区域, 将不参与相似度计算。在图 2 中, 若设定区域 1、3、5、6 的权重为 0, 区域 2、4 权重为 1, 则感兴趣的区域由区域 2 和 4 组成。在确定好感兴趣区域权重后, 对权重大于 0 的区域进行特征抽取, 抽取方法按照 1.1~1.3 中介绍的方法进行。

3 区域相似度计算方法

ROIBIR 系统中, 相似性量度除了要考虑与人的感知相似一致和便于计算之外, 还必须对分割的不精确具有鲁棒性。

3.1 两个区域相似度计算

下面介绍一幅图中的一区域与另一幅图像中的一区域的相似度计算。设 I_i 和 I_j 分别表示两幅图像, r_{ik} 表示图像 I_i 的一区域, r_{jl} 表示图像 I_j 的一区域, 如图 3 所示的图像 I_1 和 I_2 。

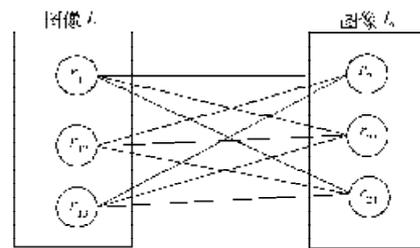


图 3 区域相似度计算示意图

Fig. 3 Sketch for similarity computation between two regions

3.1.1 基于区域综合特征的区域相似度计算

基于区域的综合特征相似度的计算, 按照式 (4) 进行。

$$I_{-S_{i,j}}(k,l) = e^{-\frac{d_{kl}^2}{2}}, d_{kl} = \left| \left(f_{CTP}(r_{ik}) - f_{CTP}(r_{jl}) \right) \right|, \quad (4)$$

式 (4) 中,

$I_{-S_{i,j}}(k,l)$ 表示区域 r_{ik} 和 r_{jl} 的基于区域综合特征的相似度;

d_{kl} 表示两区域综合特征的欧氏距离;

f_{CTP} 表示区域颜色、纹理及位置综合特征。

3.1.2 基于区域直方图特征的相似度计算

基于区域直方图特征的相似度计算, 按照式 (5) 进行。

$$H_{-S_{i,j}}(k,l) = \sum_{c=1}^{CN} \left| 1 - \left| f_{histogram,c}(r_{ik}) - f_{histogram,c}(r_{jl}) \right| \right|, \quad (5)$$

式 (5) 中,

$H_{-S_{i,j}}(k,l)$ 表示区域 r_{ik} 和 r_{jl} 的基于区域直方图特征的相似度;

c 表示在 1.2 中提到的颜色空间量化方法中的颜色

类别, $CN=11$ 。

$f_{\text{hinc},c,\text{min},r}$ 表示第 c 类颜色的直方图特征。

3.1.3 基于区域形状特征的相似度计算

基于区域形状特征的相似度计算按式 (6) 进行。

$$S_{-S_{i,j}}(k,l) = e^{-\frac{r_{kl}}{\delta}}, \quad dS_{kl} = \|(f_{\text{shape}}(r_{kl}) - f_{\text{shape}}(r_{ij}))\|, \quad (6)$$

式 (6) 中,

$S_{-S_{i,j}}(k,l)$ 表示区域 r_{ik} 和 r_{jl} 的基于区域形状特征的相似度;

dS_{kl} 表示两区域形状特征的欧氏距离, f_{shape} 表示区域的形状特征。

3.1.4 两区域的相似度的计算

综上所述从区域不同的特征来计算区域的相似度, 下面从区域所有的特征来计算两区域的相似度。相似度的计算按式 (7) 进行。

$$S_{i,j}(k,l) = w_{i,j} * C_{-S_{i,j}}(k,l) * H_{-S_{i,j}}(k,l) * S_{-S_{i,j}}(k,l), \quad (7)$$

式 (7) 中,

$S_{-S_{i,j}}(k,l)$ 表示区域 r_{ik} 和 r_{jl} 的相似度;

$w_{i,j}$ 表示图像 I_i 中第 k 个区域的权重值, $w_{i,j}$ 根据不同的感兴趣区域确定方式, 由 2.1 和 2.2 节中介绍的方法进行最佳确定。

3.2 多个区域的相似度计算

上一节介绍了不同图像中两个区域的相似度计算方法。在 ROIBIR 系统中, 用户确定的感兴趣的区域一般会分割成多个区域, 图像间相似度的计算应该是基于所有感兴趣区域的相似度的计算。本文采用如式 (8) 所示的计算方法进行。

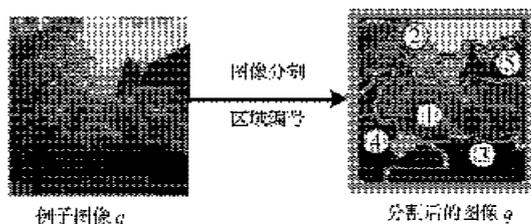
$$S_{i,j} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \max_{l=1}^L (S_{i,j}(k,l)), \quad (8)$$

式 (8) 中,

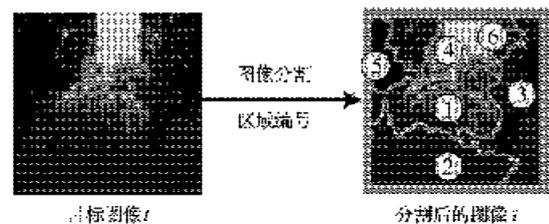
$S_{i,j}$ 表示图像 I_i 和图像 I_j 的相似度;

K 表示图像 I_i 被分割的区域数;

L 表示图像 I_j 被分割的感兴趣的区域数。



a) 例子图像及分割结果图



b) 目标图像及分割结果图

图5 图像之间相似度计算

Fig. 5 Similarity computation between images

在图像检索系统中, I_i 表示检索的例子图像, I_j 表示图像库中的图像, 若用 q 表示检索的例子图像, t 表示目标图像 (图像库中的图像), 则式 (8) 可表示为式 (9) 的形式。

$$S_{q,t} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \max_{l=1}^L (S_{q,t}(k,l)), \quad (9)$$

式 (8) 和式 (9) 中的“取最大” (max), 表示例子图像 q 中一个感兴趣区域与目标图像 t 中所有的区域进行相似度计算时, 取最大的相似度作为 q 中该区域对目标图像的相似度。两幅图像的相似度为各区域最大相似度的平均值。图 4 是这种多区域相似度计算的示意图。

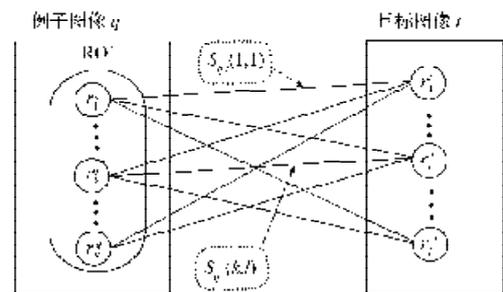


图4 多区域相似度计算示意图

Fig. 4 The sketch of similarity computation between images

4 实验分析

本文设计的 ROIBIR 系统主要由用户接口模块、图像分割模块、特征提取及描述模块、相似度计算模块及数据库管理模块等部分组成。系统的开发平台为 Microsoft Windows XP, 开发工具为 Matlab7.0。系统设计的目的是设计一个实验性的平台, 主要为了验证提出的算法和方法的可行性进行实验。

图 5 是利用本文提出的相似度计算方法计算相似度的一个例子。在图 5 的 a) 中, 设定区域①、③、④的权重为 1, 区域②、⑤的权重为 0。这样, 感兴趣的区域就是由区域①、③、④所构成。

感兴趣区域与目标图像的区域相似度及 q 与 t 的

相似度计算的情况如表 3 所示。根据式 (12) 对表 3

的最后一行进行平均值运算, 可得这两幅图的相似度为0.933 4。

表3 区域之间相似度计算数据

Tab. 3 Similarity computation data among Regions

t	q				
	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
$t=1$	0.975 9	0	0.761 3	0.874 9	0
$t=2$	0.838 1	0	0.909 3	0.915 2	0
$t=3$	0.814 5	0	0.882 8	0.656 7	0
$t=4$	0.900 2	0	0.538 6	0.590 3	0
$t=5$	0.734 5	0	0.565 9	0.786 2	0
$t=6$	0.814 8	0	0.586 8	0.542 8	0
max	0.975 9	0	0.909 3	0.915 2	0

由于图像检索具有很强的主观性, 因此评价一个图像检索算法性能的优劣并不容易。本文采用查全率 (Recall) 和查准率 (Precision) 为基准的方法^[9], 它们是常用的图像检索算法的评价准则。查全率的主要含义是在一次查询过程中, 用户所查到的相关图像的数目和数据库中与目标图像相关的所有图像数目之比, 查全率是检索系统查找用户所需信息能力的标志。查全率和查准率越高, 表明该检索系统的效果越好。一般两者又是一对矛盾, 当要求精度较高时, 查全率越低, 反之亦然。本文以 Corel^[10] 自然景观图像作为研究对象, 图像库为 1 000 幅图, 通过多次实验求得它们的平均值分别如下: $Precision=89.5\%$, $Recall=93.7\%$ 。

5 结语

ROI 的确定及区域相似度计算是 ROIBIR 系统的关键技术, 本文对这些关键技术进行了研究, 提出了两种确定 ROI 的方法和一种基于区域的图像相似度计算方法, 并利用 Corel 自然图像库对提出的方法进行了实验, 结果表明了提出方法的有效性。在将来的研究中, 将考虑相关反馈机制及索引的建立等问题, 以便提高

系统的检索性能。

参考文献:

- [1] Su Z, Ma SP, Zhang HJ. Feature subspaces extraction for content-based image retrieval[J]. Journal of Software, 2003, 14(2): 190-193.
- [2] Yang Ai-min, Zhou Yong-mei, Li Xing-guang, et al. A Region-Based Image Segmentation Method with Kernel FCM [C]//Fuzzy Information and Engineering(ICFIE'07). Berlin / Heidelberg: Springer, 2007: 902-910.
- [3] 董卫军, 周明全, 耿国华, 等. 基于内容的图像检索技术研究[J]. 计算机工程, 2005, 33(10): 162-165.
- [4] Moghaddam B, Biermann H, Margaritis D. Defining image content with multiple regions-of-interest[C]//IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries. New York: IEEE Press, 1999: 89-93.
- [5] Sebe N, Tian Q, Loupias E, et al. Color indexing using wavelet-based salient points[C]//Content-based Access of Image and Video Libraries. New York: IEEE Press, 2000: 15-19.
- [6] 斯白露, 高文, 卢汉清, 等. 基于感兴趣区域的图像检索方法[J]. 高技术通信, 2003(5): 13-18.
- [7] 李苏梅. 基于感兴趣区域的图像检索系统关键技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2007.
- [8] 李苏梅, 韩国强. 基于K-均值聚类算法的图像区域分割方法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(16): 163-167.
- [9] Rui YT, Huang S, Chang S F. Image retrieval: Past present and future[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1999, 10: 1-23.
- [10] University of California Berkeley. Corel dataset website [EB/OL]. [2006-04-24]. <http://elib.cs.berkeley.edu/photos/corel/>.

(责任编辑: 廖友媛)