

基于目标对象的遥感图像检索

洪清启, 王备战, 张磊, 陈兵

(厦门大学软件学院 福建 厦门 361005)

摘要: 针对有目标对象的遥感图像的特点, 将图像分割成目标区域和背景区域, 并在检索过程中赋予不同的权重, 着重考虑目标对象的颜色、形状及空间信息特征, 这样就可以避免当目标对象占整幅图像比重较小时, 其特征信息容易被淹没在背景当中而造成的“伪误检”。实验结果表明, 当图像中目标对象所占比重较小时, 该方法与颜色直方图相比, 能够更准确地查找出用户所需内容的图像。

关键词: 基于内容的图像检索; 目标对象; 模糊均值聚类; 信息熵; 图像分割

中图分类号: TP 39

文章编号: 1671-6841(2007)02-0128-04

0 引言

在众多的遥感图像中, 有一类比较特殊的图像, 其背景区域所占比重较大, 但区域内部特征变化不大、信息比较单一; 而目标对象所占比重较小, 但其特征变化较大、信息比较丰富。对这类图像的检索不能对整幅图像的各部分信息进行平等对待, 而应该着重考虑图像中对人的视觉影响最大的目标信息。

在基于内容的图像检索(CBIR)系统中, 最常用的方法是全局颜色直方图方法(GCH)^[1]。该方法具有特征提取和相似度计算简便等优点, 但其只记录了全局的颜色统计信息, 并没有突出图像中人们感兴趣的、较重要的目标对象的颜色信息。因此, 对于两幅背景相似且所占比重较大, 而目标区域差别较大但所占比重较小时, 其目标特征很容易淹没在背景特征之中, 即这两幅图像的颜色直方图有可能较为相似。后来有多种颜色直方图的改进方法, 如累加直方图方法^[2]、主颜色方法^[3]等, 但这些方法都没能全面地考虑到图像颜色特征的空间信息以及图像物体的位置和形状等特征信息。较好的方法是基于颜色-空间特征的检索^[4], 其提取图像主要用物体的颜色、位置及形状特征来进行图像间相似度的计算, 综合考虑了图像多方面的特征, 但是, 对于只包含小目标对象的图像, 并未对目标对象进行着重处理。因此, 当目标对象所占比重较小时, 检索效果不是很理想。

本文针对有目标对象的遥感图像, 采用模糊均值聚类方法分割出图像的目标对象。为突出目标对象的特征信息, 在计算图像的颜色直方图时加大目标对象的权重, 得到加权后的颜色直方图。为解决直方图的缺点, 通过加权后的颜色直方图来计算图像的信息熵。图像的信息熵是衡量图像质量的一个重要指标, 可以描述图像的形状, 其大小也代表了图像的层次, 信息熵越大, 层次越丰富^[5]。然而, 图像的信息熵和图像颜色直方图一样, 只表示了图像的全局信息, 而无法刻画其空间关系属性, 为此还计算出主目标对象的位置信息及形状特征, 综合考虑到了图像的各方面特征。实验结果表明, 当图像中目标对象所占比重较小时, 与颜色直方图相比, 此法明显提高了检索精度。

1 采用 FCM 进行图像分割

目前较广泛使用的聚类算法有 K 均值(K -mean)、模糊 C -均值聚类算法(FCM)^[6-7]等。图像中每类物体通常都有其对应的灰度级范围, 不同物体一般处于不同的灰度段。但由于不同类别物体的灰度范围往往存在着相互重叠, 即彼此间的分界线是模糊的, 所以利用灰度级对图像进行分割, 本身就存在着模糊性^[8]。故采

收稿日期: 2006-11-15

作者简介: 洪清启(1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事图像检索及数据仓库研究, E-mail: hqq324@163.com; 通讯作者: 王备战(1965-), 男, 副教授, 博士, 主要从事决策支持系统、数据仓库及分布计算系统研究。

用模糊聚类分析来实现对图像的分割, 即将每一类别所对应的灰度值全体看成一个模糊子集, 有多少类别就有多少个模糊子集. FCM 方法是一种基于在图像特征空间中进行模糊聚类的图像分割算法, 其实质是一种基于目标函数的非线性迭代方法, 目标函数采用图像中各自与每个聚类中心之间的相似度来测量.

首先把彩色图像转化为灰度图像, 然后利用 FCM 将其大致分割为目标区域和背景区域两大类, 在目标区域中可能会包含一些较小的目标, 有可能是噪声, 或是一些比较不重要的对象, 选取一个门限值 T , 当目标对象的面积小于 T 时, 则将其忽略掉, 从而去除了那些噪声点及次要的对象, 保留了较重要的目标对象.

2 图像的特征提取

2.1 信息熵特征

信息熵表示为随机变量的概率分布函数. 在文献[9]中, 图像的颜色直方图被看成概率密度函数, 假设 h_i 表示被量化颜色 i 的像素在整幅图像中所占的百分比, 则图像的信息熵可表示为

$$E(H) = - \sum_{i=0}^{N-1} h_i \log_2(h_i) \quad (1)$$

由于 HSV 颜色模型比较符合人眼感知特性, 因此先将图像中每一像素的 r, g, b 值转换为 h, s, v 值, 然后计算图像在 HSV 模型下的颜色直方图. 在计算直方图的过程中, 加大目标对象的权重, 即适当加大目标像素的 h_i , 突显出目标对象的重要性. 最后, 通过加权后的颜色直方图由式(1) 计算出图像的信息熵. 由熵的定义及实验数据可知, 图像的信息熵反映了图像的总体概貌, 图像信息熵之间的差别对应着图像内容之间的实质差别^[5].

2.2 位置特征

由于图像的信息熵丢失了图像的空间分布信息, 进一步提取了主目标对象(面积最大的目标对象) 的空间位置特征, 即主目标对象中心点的位置坐标, 其归一化坐标表示为

$$\frac{u}{P} = \left[\frac{\text{CenterID} \cdot X}{\text{Width}}, \frac{\text{CenterID} \cdot Y}{\text{Height}} \right] \quad (2)$$

其中, $(\text{CenterID} \cdot X, \text{CenterID} \cdot Y)$ 为目标对象中心点的坐标位置; Width, Height 为图像的宽和高.

2.3 形状特征

由于已经分割出图像的主目标对象, 因而可以比较容易地提取出这些对象形状的大小 $\rho^{[10]}$ 以及一维傅利叶描述子 $a_n^{[11]}$ 等形状特征:

$$\rho = \frac{\text{目标对象的像素点数}}{\text{图像的总像素点数}} \quad (3)$$

$$a_n = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} r(t) \exp(-j2\pi nt/N), \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

其中, (\bar{x}, \bar{y}) 为目标对象的重心; $r(t) = [(x(t) - x_c)^2 + (y(t) - y_c)^2]^{1/2}$, 为质心距离函数; $x_c = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x(t)$,

$y_c = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} y(t)$, (x_c, y_c) 为质心; $(x(t), y(t))$ 为目标对象的边界坐标.

形状的大小 ρ 是对象面积占图像总面积的百分比, 反映了目标物体的大小尺度. 一维傅利叶描述子具有平移不变性、旋转不变性和尺度不变性的特点, 可以较好地描述目标对象的形状特征, 从而提取出了整幅图像的信息熵及图像中主目标对象的位置形状特征.

3 相似性度量

首先利用高斯归一化法对各特征向量进行归一化, 使其各分量的值落在 $[-1, 1]$ 之间, 然后计算两幅图像间特征向量的相似距离.

(1) 图像信息熵相似距离为

$$D_e(P, Q) = \text{sqrt}[(E(P) - E(Q))^2],$$

其中, P, Q 为任意两幅图像.

(2) 主目标对象位置相似距离为

$$D_1 = \text{sqrt}[(\overline{x_p} - \overline{x_q})^2 + (\overline{y_p} - \overline{y_q})^2],$$

其中, $(\overline{x_p}, \overline{y_p})$ 为图像 P 中主目标对象中心点的坐标位置; $(\overline{x_q}, \overline{y_q})$ 为图像 Q 中主目标对象中心点的坐标位置.

(3) 主目标对象形状相似距离为

$$D_2 = \text{sqrt}[w_\rho(\rho_p - \rho_q)^2 + w_a D_a^2],$$

其中, $w_\rho + w_a = 1$, ρ_p 为图像 P 中的主对象的形状大小, D_a 为图像 P 中主目标对象与图像 Q 中主目标对象相应的一维傅利叶描述子之间的欧氏距离.

任意两幅图像中主目标对象之间的相似距离就是其空间及形状特征间相似距离的加权平均, 即

$$D_o(P, Q) = \sum_{r=1}^2 w_r D_r, \quad \sum_{r=1}^2 w_r = 1. \text{ 因此, 图像 } P \text{ 与 } Q \text{ 之间总的相似距离为}$$

$$D(P, Q) = \beta_1 D_e(P, Q) + \beta_2 D_o(P, Q), \quad \beta_1 + \beta_2 = 1.$$

4 实验结果

使用的遥感图像是用 Google Earth 工具从 Google 网站上下载的 1 000 幅海面上各式各样的船只图像. 如图 1 为一幅海面上带尾迹的船只图像. 用 FCM 方法分割后其结果如图 2 所示, 图像主要被分为目标区域、背景区域及一些噪声点; 目标区域中当目标对象的面积占整幅图像面积的比例 $\rho < 10\%$ 时, 就将其忽略掉, 图 3 为去除掉噪声点、小目标对象后的图像. 这样就得到了重要目标对象各个像素的坐标信息. 在这些重要对象中, 取其中面积最大的作为主目标对象以计算其位置、形状特征.

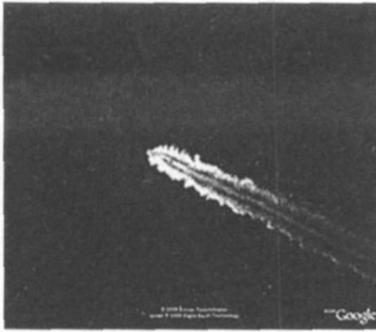


图 1 原始图像

Fig. 1 The original image



图 2 FCM 分割后的图像

Fig. 2 The image after the segmentation of FCM

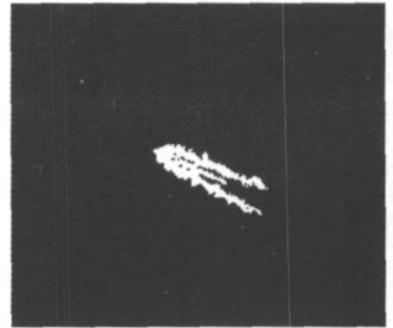


图 3 去除小目标对象后的图像

Fig. 3 The image after wiping off the small objects

计算各幅图像的特征并将其保存到特征库中. 实验中各权值的设置如下: $w_\rho = w_a = 1/2$, $w_1 = w_2 = 1/2$, $\beta_1 = \beta_2 = 1/2$. 如图 4 所示, 使用左上角的同一幅图像(带尾迹的船只)进行检索, 在传统的颜色直方图检索方法中, 前 15 幅图的正确率为 33%; 而基于本文方法的检索结果(如图 5 所示), 前 10 幅图的正确率为 100%, 前 15 幅图的正确率为 93%, 不仅检索精度有了很大的提高, 而且检索到的图片, 无论从图像的整体颜色信息, 还是从图片中主目标对象的形状、位置等特征, 都更符合人眼的观感要求.

5 小结

采用模糊均值聚类(FCM)方法分割出图像的目标对象, 计算出图像的加权颜色直方图, 由此得到图像的信息熵; 综合利用了图像的信息熵、主目标对象位置及形状等特征进行检索. 实验结果表明, 当图像中目标对象所占的比重较小时, 本文所采用的方法与颜色直方图相比, 能更加准确地返回用户所需内容的图像.

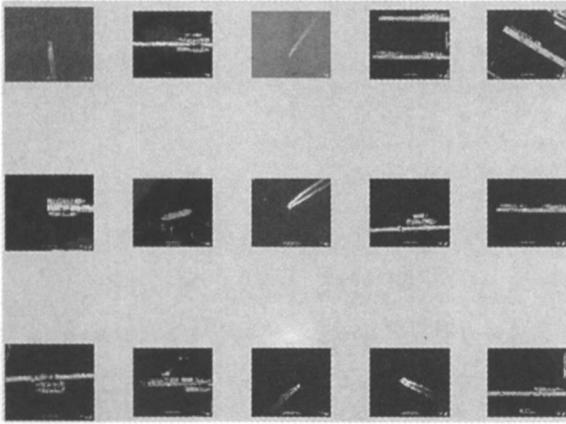


图4 基于颜色直方图特征的检索结果

Fig. 4 Retrieval results based on color histogram

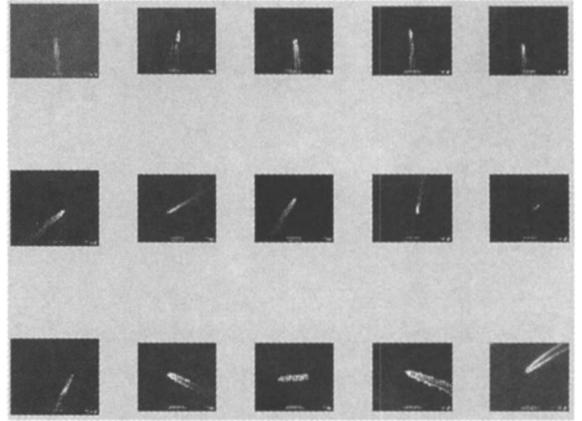


图5 基于本文方法的检索结果

Fig. 5 Retrieval results based on the method of this paper

参考文献:

- [1] Swain M J. Color indexing[J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11-32.
- [2] 刘忠伟. 利用局部累加直方图进行彩色图像检索[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(7): 533-537.
- [3] Androustos D A. Novel vector based approach to color image retrieval using a vector angular based distance measure[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 75(1/2): 46-58.
- [4] 王涛, 胡事民, 孙家广. 基于颜色-空间特征的图像检索[J]. 软件学报, 2002, 13(10): 2031-2036.
- [5] 魏伟一. 基于内容的图像检索技术研究[D]. 兰州: 西北师范大学硕士学位论文, 2005.
- [6] Dunn J C. A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact, well-separated clusters[J]. J Cybernet, 1974, 3: 32-57.
- [7] 周咏梅, 徐德智, 阳爱民, 等. 一种基于模糊C均值聚类的图像区域分割方法[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2006, 24(4): 203-206.
- [8] 郑宇辉. 基于插件的图像处理框架[D]. 厦门: 厦门大学硕士学位论文, 2006.
- [9] John Z M. An information theoretic approach to content based image retrieval [D]. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Ph D Thesis, 2000.
- [10] Leu J G. Computing a shape moments from its boundary[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(10): 949-957.
- [11] 章毓晋. 图像工程: 上册 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999: 174.

Remote Sensing Image Retrieval Based on Target Object

HONG Qing qi, WANG Bei zhan, ZHANG Lei, CHEN Bing
(School of Software, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The image is divided into target and background region aimed at remote sensing image with target object, and the pixels of the target and background are endowed with different powers during the retrieving. The feature of the target pixels is emphasized, and therefore, the error of conflicting between result of machine retrieval and human vision is avoided, while the proportion of the target is very small and the proportion of the background is much bigger in the whole image. The experimental results show that the method is more accurate and efficient in retrieving the interested images than color histogram method when there are small objects in the image.

Key words: CBIR; target object; FCM; information entropy; image segmentation