

文章编号: 1001-0920(2004)03-0355-03

基于两步策略的形状检索

周 焰^{1,2}, 李德仁¹

(1. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079;

2. 空军雷达学院 指挥自动化工程系, 湖北 武汉 430019)

摘 要: 提出一种将全局特征与局部特征相结合的形状检索的两步检索策略。首先由简单的全局特征过滤掉大部分非相关形状, 并利用矢量近似方法对所属类别进行快速定位。类别内部, 在对轮廓坐标进行平移、比例缩放和旋转等归一化处理的基础上, 使用小波变换描述形状的局部特征, 其相似性是直接用两个轮廓的小波变换系数的差来计算。仿真试验表明, 该结构能够高效准确地对高分辨遥感图像和航片中的对象进行检索。

关键词: 局部特征; 全局特征; 形状检索; 索引结构; 小波变换; VA-File

中图分类号: TP75 **文献标识码:** A

Shape retrieval using search strategy with two-steps

ZHOU Yan^{1,2}, LI De-ren¹

(1. Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Department of Command Automation Engineering, Air Force Radar Academy, Wuhan 430019, China. Correspondent: ZHOU Yan, E-mail: chunmei@public.wh.hb.cn)

Abstract: A search strategy with two steps is introduced to retrieval shapes from large-scale imagery database. In the first step, mostly dissimilar shapes are excluded using vector approximating of simple global feature vector, so that query can be positioned in a much smaller feature space. In the second step, with normalization of translation, scaling and rotation, the local shape feature is represented by using coefficients of dyadic wavelet transform of contour points, so a multi-scale shape matching can be proceeded. A scanning method is applied to find the best match within only one piece of feature space. Theoretically analysis and experiments show that it is a high efficient indexing structure for remote sensing imagery database.

Key words: local feature; global feature; shape retrieval; index structure; wavelet transform; VA-File

1 引 言

图像检索系统的关键在于检索的准确度和效率。前者是通过设计适当表达图像(对象)主要特征的特征量及相应的相似性比较方法实现的, 而后者主要通过建立适当的索引树结构以及相关的搜索方法来确定, 同时相似性比较算法的效率也影响着检索的速度^[1]。

基于相似性比较的搜索就是在特征空间中的最近邻搜索的一个实现。传统的方法使用 R 树、聚类等进行特征数据空间的分割。尽管它们在低维空间中效果较好, 但其性能会随维数的增加而降低。研究表明, 维数超过 6 以后, 其搜索效率甚至不高于基本的扫描搜索方法^[2]。

本文为形状检索提出了一种两步搜索策略, 即

收稿日期: 2002-11-18; 修回日期: 2003-03-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40101019, 4002300); 政治大学测绘遥感信息处理国家重点实验室开放研究基金资助项目(WLK(00)0102)。

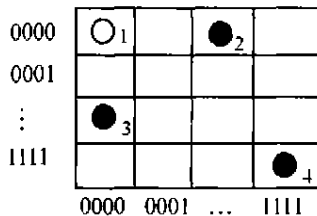
作者简介: 周焰(1966—), 男, 重庆人, 副教授, 博士, 从事图像检索、计算机视觉等研究; 李德仁(1939—), 男, 江苏镇江人, 中国科学院院士, 中国工程院院士, 教授, 博士, 从事航测遥感、GIS 和图像分析等研究。

首先根据形状简单全局特征进行初步筛选,从而将搜索空间局限在一定的范围内;然后在这个范围内进行局部特征相似性比较 在全局特征的索引结构上,本文采用向量近似(VA-File)的思想分割特征空间^[3],但只存储一个指针指向局部特征,起到过滤的作用 采用一种基于小波变换的形状描述方法对形状进行相似性比较,不仅克服了通常的基于曲率或角点相似性比较方法^[4]因特征向量长度不同而相似性计算复杂的问题,而且能实现形状的多尺度查询

2 全局特征的向量近似

采用形状的扁度 E 作为第 1 个全局特征,它可以用形状的短长轴之比表示;而另一个是形状简单度 $S = 4\pi A / P^2$,其中 A 为面积, P 为周长,它反映的是轮廓向中心紧致的程度 显然 E 和 S 都在 $0 \sim 1$ 之间,它们都具有通常意义上的变换不变性

如图 1 所示,将轮廓扁度 E 与简单度 S 组成的二维特征空间平均分割成 $2^4 \times 2^4$ 个,共 256 个区域,每块用两个二进制数表示,在特征空间中位于同一块区域的特征点归为同一类 例如,图 1(b) 中的特征向量数据,可分别用图 1(c) 中的数据进行向量近



(a) 数据空间

○ ₁	0.03	0.95
● ₂	0.93	0.15
● ₃	0.03	0.09
● ₄	0.95	0.03

(b) 向量数据

○ ₁	0000	1111
● ₂	0010	1111
● ₃	0000	0001
● ₄	1111	0000

(c) 向量近似

图 1 建立 VA-File

似(VA). 由于平均分类的原因,可以直接在特征空间中定位所属的类别 与通常的VA-File不同的是,这里并不建立该结构分类具体特征向量数据的索引链接,即图 1(b) 中的数据在数据库中并没有存储,直接将连接指针指向满足该全局特征中形状局部特征所在的存储位置,即这里所建立的索引结构包括全局特征的计算,仅仅是为了进行搜索过滤

3 局部特征的相似性比较

本文采用小波多尺度方法来提取形状的局部特征,为了使形状的小波描述具有平移、旋转以及比例缩放等变换的不变性,对轮廓曲线 $c = \{(x_i, y_i), i = 1, \dots, P\}$ 依次进行平移、旋转和比例缩放的规范化处理如下:

$$x_i = x_i - \bar{x}, y_i = y_i - \bar{y}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x_i & y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i & y_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$[x_i''', y_i'''] = [x_i & y_i] / W. \quad (3)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, P, P$ 为轮廓点数; $[\bar{x} \ \bar{y}]$ 为轮廓曲线 c 的中心坐标; θ 为主轴与水平轴的夹角; W 为经过平移和旋转变换后轮廓的最小外接正方形的边长; $[x_i''', y_i''']$ 为最后获得的归一化后的轮廓点坐标,为叙述方便,下面用 $[x_i, y_i]$ 表示

从数学角度讲,一个平面的、连续的、封闭的曲线可以用它弧长 t 的参数化表示,即

$$c(t) = \{x(t), y(t)\}, t \in [0, 1]$$

本文将通过比较轮廓各自的 $x(t)$ 和 $y(t)$ 两个分量来判断轮廓之间的相似性 于是,二维平面曲线轮廓的相似性问题便转化为一维单值曲线函数相似性比较 因为 $x(t)$ 和 $y(t)$ 都是 t 的单值函数,所以可以对它们进行一维小波变换 为便于分析说明,下面用 $f(t)$ 代表 $x(t)$ 或 $y(t)$.

本文采用 $f(t)$ 的小波变换系数作为其形状特征向量 由于采用了二进小波变换,需要插入 $R = 2^{\lceil \lg_2 P \rceil} - P$ 个额外的点使总点数为 2 的倍数,插入后的点数记为 n . 对序列 $f(t)$ 进行 $K = \log_2 n$ 个尺度的小波变换,从而得到 1 个尺度系数 L_K 和 $n - 1$ 个小波系数 $H_i (i = 1, \dots, n - 1)$. 将 $f(t)$ 的特征矢量定义为 n 维, $v_f = (L_K, H_K, H_{K-1}, \dots, H_2, H_1)$.

对于轮廓 $c(t)$ 和 $c(t)$, 它们的两个分量,即 $x(t)$ 与 $x(t)$ 和 $y(t)$ 与 $y(t)$ 的距离可定义为

$$\begin{cases} d_x = \sum_{i=1}^L |v_x(i) - v_x(i)|, \\ d_y = \sum_{i=1}^L |v_y(i) - v_y(i)| \end{cases} \quad (4)$$

其中 $L = 2^m$ 为用于比较的系数长度, 即选用大于尺度 m 的所有小波变换系数 因而轮廓 $c(t)$ 与 $c'(t)$ 之间的相似度可定义为 $d = \max(d_x, d_y)$.

4 多维索引结构和应用实例

如图 2 所示, 使用一个数据库文件来存放基于全局特征的 256 个种类的 VA-File 表, 每一种类都只有一个单一的指针 其次, 为每类的局部特征(小波变换系数) 向量建立一个数据库文件, 共有 256 个文件 每个形状的局部特征向量后都跟有一些数据, 包括一个指向所在图像的指针以及在图像中的位置数据等

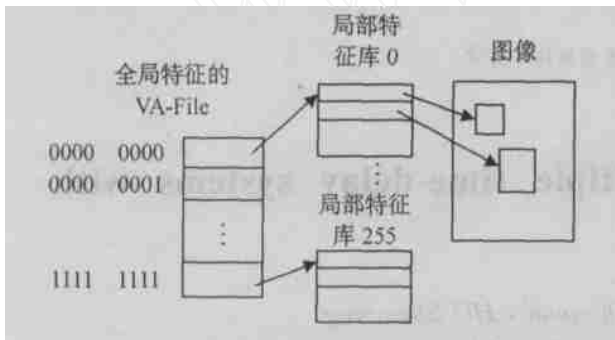


图 2 两步的索引结构

下面以一个实际应用的例子, 说明该结构的相似性比较顺序 如图 3 所示, 由一个手绘的飞机轮廓来检索具有飞机的遥感图像, 首先计算该形状的全局特征 E 和 S , 从而可以确定该形状所在的子数据

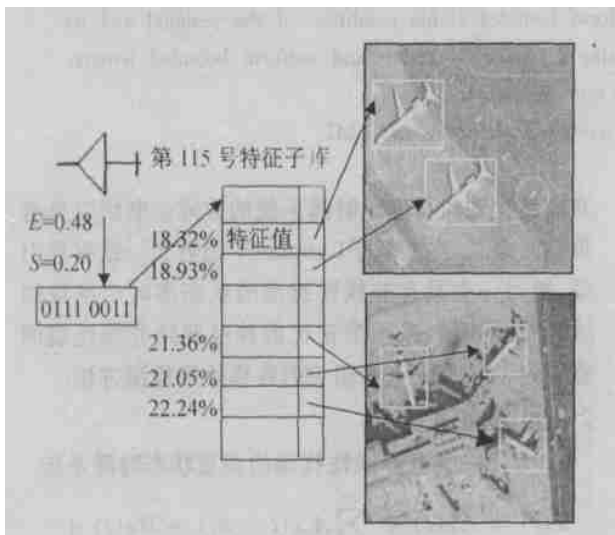


图 3 经归一化处理后局部特征的距离

库文件为第 115(0111 0011) 号; 其次计算轮廓形状基于小波变换的局部特征, 并扫描该局部特征数据库, 计算该形状与库中的局部特征的相似度; 最后根据用户给出的阈值, 挑选出满足要求的局部特征, 根据与图像的链接关系找到相应的图像, 并根据其中的位置信息在图像中标出满足要求形状的位置

5 结 论

普通的多特征查询通常是将所有特征结合在一起, 形成一个综合的查询条件 本文提出了一个基于两步策略的形状检索的索引结构, 简单的全局特征计算和与之配合的 VA-File 结构, 使查询可以通过随机查表直接定位到所属的类; 在类内的查找是基于形状的小波描述的比较, 由于事先进行过平移、旋转等归一化处理, 在这里两个形状的相似性比较仅仅需要计算两个特征向量的差值, 因而计算也很快 另一方面, 该结构的控制简单, 新数据的插入也非常容易, 不存在重新调整分类的问题 如果因需要将 VA-File 进一步细分, 或者需要更多全局特征加入, 只需在每个类的内部进行进一步的分类, 与其他的类没有关系, 这些优点都使该结构具有良好的稳定性

参考文献(References):

- [1] Peggy Agouris, James Carswell, Anthony Stefanidis An environment for content-based image retrieval from large spatial database [J] *ISPRS J of Photogrammetry & Remote Sensing*, 1999, 54: 263-272
- [2] Roger Weber, Pavel Zeula Is similarity search useful for high dimensional spaces[A] *Proc Int Workshop on Database & Expert Systems Application* [C] Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1999 147-155
- [3] Roger Weber, Hans-J Schek, Stephen Blott A quantitative analysis and performance study for similarity-search method in high-dimensional spaces [A] *Proc of the 24th Int Conf on Very Large Data Bases (VLDB)* [C] San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999 194-205
- [4] Mokhtarian F, Mackworth A K A theory of multiscale, curvature-based shape representation for planar curves[J] *IEEE Trans on PAM I*, 1992, 14(8): 789-805