

Science and Technology Resources Image Retrieval Technique Based on Nonsubsampled Contourlet

SUN Xiuming¹, GENG Peng², YU Wanhai³, WU Weina⁴

The Center of Educational Technology, Zhangjiakou Education College, Zhangjiakou, China
 The Center of Educational Technology, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang, China
 Department of Automotive Engineering Xingtai Technology Institute, Xingtai, China
 No. 24 High School of Shijiazhuang, Shijiazhuang, China
 e-mail: realhonse@yahoo.com.cn, gengpeng@sjzri.edu.cn

Abstract: Considering the characteristics of science and technology resources image, a novel image retrieval algorithm based on texture is proposed. The algorithm proposed takes fully the advantage of statistical attribution of image's Nonsubsampled Contourlet transform (NSCT) coefficients to form the eigenvector for depicting textural feature and retrieval. Retrieval tests were carried out for wild plants image database with the algorithm and the results were compared with that by the retrieval algorithm based on Gabor wavelet transform and the contourlet transform. It was found that the precision of retrieval in NSCT domain is higher than that in Gabor wavelet transform and the contourlet transform and the contourlet transform domain, thus verifying the higher retrieval performance of the algorithm.

Keywords: computer image processing; image retrieval; NSCT; texture feature

基于 Nonsubsampled Contourlet 变换的 科技资源图像检索

孙秀明¹, 耿鹏², 于万海³, 吴薇娜⁴

张家口教育学院教育技术中心,张家口,中国,075000
 石家庄铁道学院教育技术中心,石家庄,中国,050043
 那台职业技术学院,邢台,中国,050043
 石家庄第 24 中学,石家庄,中国,050043
 e-mail: realhonse@yahoo.com.cn, gengpeng@sjzri.edu.cn

【摘 要】针对科技资源图像特点,提出了一种基于纹理的科技资源图像检索算法。本算法充分利用 图像Nonsubsampled Contourlet (NSCT)变换系数的统计特征,形成描述纹理特征的特征向量,并将其作为检 索的特征向量。采用上述算法对野生动物图像数据库进行了检索实验,并与基于Gabor小波变换和 Contourlet变换的纹理分析方法进行了比较。结果表明,在NSCT变换域上检索查准率高于上述两种变换的 查准率,从而验证了该算法具有良好的检索性能。

【关键词】计算机图像处;理图像检索;NSCT变换;纹理特征

基于内容的图像检索(Content-Based Image Retrieval, CBIR)在20世纪90年代逐渐兴起,根据图像 的视觉特征,以模式匹配的方法进行计算机为主导的 图像检索,提高了检索的速度和效率。基于纹理的图 像检索技术的研究已经成为图像处理领域的研究热点 之一。河北省科技资源数据库建设融合了河北省的动 植物资源、农业资源、水文资源、地理资源和气候资 源等科技资源。目前,资源数据库中仅野生植物资源 图片就有30000多种,为了快速准确的访问和利用科技 资源数据库的图像信息,必然需要一种能够快速而且 准确的查找访问图像的技术,即图像的检索技术。

Contourlet^[1]变换由Laplacian金字塔滤波器组和 方向滤波器组组合而成,是一种多方向和多尺寸变换。 然而,Contourlet变换的滤波器设计与实现是困难的, 由于Contourlet变换中Laplacian金字塔和方向滤波器 组中包含下采样器 (downsampler)和上采样器 (upsampler)^[2],因此该变换不是偏移不变性的。NSCT 变换 (Nonsubsampled Contourlet transform)是在 Contourlet变换基础上改进的一种偏移不变性的、多尺 寸和多方向滤波器。NSCT具有更少的约束、更好的 频率选择性、更好实现图像子带分解。NSCT变换能 够准确将图像的边缘捕捉到不同的尺度、不同频率的 子带中,更适合具有丰富纹理信息的科技资源图像的 处理。

1 基于内容的科技资源图像检索

基于内容进行科技资源图像检索的基本原理是: 对图像库中的每幅图像,先进行图像分析,提取图像 的内容特征,如颜色、形状、纹理或这些特征的组合, 建立相应的特征向量库。在建立图像库的同时,建立 与图像库相连的特征库。在进行图像检索时,对给定 的查询例图,先提取该例图的特征向量,然后将该例 图的特征向量与特征库中的特征向量进行匹配,并根 据匹配结果到图像库中搜索,就可检索出所需的图像。 由此可知,基于内容进行图像检索有三个步骤:①选 择合适的图像特征;②选择有效的特征提取方法;③ 选择相似特征匹配算法。

2 NSCT变换

NSCT是一种新型灵活的多尺度、多方向、移不 变的图像分解方法,它的核心是不可分双通道非亚采 样滤波器组^[3](NonSubsampled Filter Bank,NSFB),利 用NSFB宽松的滤波器设计限制条件来设计滤波器,这 使得NSCT具有较Contourlet Transform更好的频率选 择性和规则性。关于滤波器设计,可参考文献[4]。为 实现平移不变性,NSCT构造在非亚采样金字塔滤波 (NonSubsampled Pyramid, NSP)和非亚采样方向滤波器组(NonSubsampled Directional Filter Bank, NSDFB)的基础上,NSP实现多分辨率分解。其算法过程为,首先由NSP对输入图像进行塔形分解,分解为低通和高通两部分,然后由NSDFB将高频子带分解为多个方向子带,对于低频部分继续进行如上分解。NSCT构造原理如下。

(1)NSP NSCT的多尺度属性是通过平移不变滤波 结构获得,但不同于Contourlet变换中的拉普拉斯塔式 滤波结构,NSP通过双通道NSFB实现。NSFB没有上 采样或下采样,因此它是平移不变的。NSP分解在概 念上与用多孔算法实现一维非亚采样小波算法相近, 其冗余度为J+1,J为分解层数。第J层低通滤波器的理 想频率支撑区间为[- $\pi/2^{j}$, $\pi/2^{j}$]²,相应地,高通滤波器 的支撑区间是低通支撑区间的补,[- $\pi/2^{j-1}$, $\pi/2^{j-1}$]²/ [- $\pi/2^{j}$, $\pi/2^{j}$]²。若z代表[z_1^k , z_2^k],则第k层级联非采样 金字塔等效滤波器可写为:

$$H_n^{eq}(z) = \begin{cases} H_1(z^{n-1}) \prod_{k=1}^{n-2} H_0(z^{2^k}) \\ \prod_{k=0}^{n-1} H_0(z^{2^k}), n=2^j \end{cases}, 1 \le n \le 2^j \quad (1)$$

对于下一层,对所有的滤波器在两个方向上进行 上采样,使用上采样后的滤波器 H(z^M)进行滤波的计 算复杂度与使用 H(z)和多孔算法的计算复杂度相同。 因为 NSP 为具有平移不变性滤波结构的 NSCT 多尺度 分析,可以得到与 LP 分解一样的多尺度分析特性。 图 1 为 3 个尺度的 NSP 的分解尺度。

(2)NSDFB NSDFB 是在 Contourlet 变换中临界 采样二维方向滤波器组结构的平移不变版本,通过消



Figure 1. 3-scale decomposition of the NSP 图 1.3 个尺度的 NSP 的分解

去DFB中的上采样和下采样获得。NSDFB是一个双通 道的滤波器,将分布在同方向的奇异点合成NSCT的 系数。NSDFB为非采样,减少了采样在滤波器中的失 真,获得了平移不变性。并且每个尺度下的方向子图





Figure 2. the scale division of the results of frequency domain of NSCT 图2. NSCT各尺度频域分割结果

的大小都和原图同样,Contourlet变换为所有子带之和 等于原图。NSCT有更多的细节得以保留,变换系数 是冗余的。 NSCT非常灵活,允许在某个尺度上任意2^{*l*}方向数的分解; 满足各向异性尺度规则: NSCT 的冗余度为 1+ $\Sigma_{j=1}^{l_j}$,其中 l_j 代表第*j*层尺度上的树状结构分解层 数^[5]。图2为3个尺度下对图像频域的分割图,其中每 个尺度的方向子带数目以2倍递增,以在1、2、3尺度 下的方向子带数目分别为2、4、8个。

3 特征提取

首先通过NSCT变换将图像分解为一系列子带, 然后提取每个分解层次上方向子带系数分布的数字特 征作为特征向量。本文选取科技资源数据库中一副野 生乌龟的图片为例来说明NSCT子带分解的结果。将 预处理获得的野生乌龟图片作为NSCT滤波器组的输 入。取NSCT的分解为4层(含低通系数),则一个野生 乌龟图片经NSCT滤波后可以得到一组共计12个(每个 大小均为2Nx2M)的各尺寸和各方向子带的系数矩阵, 如图3所示。





对图像进行NSCT变换后,图像的边缘信息已经 被分解到各个不同的方向子带上,得到一组系数 C_i(x,y),本文提取不同尺度不同方向和低频分量系数 幅度序列的均值μ_i和标准方差σ_i作为图像的纹理特征, *i*为从低频到高频的尺度方向子带数(如图2)。这些系数 幅度值在不同方向和尺度上表征了图像的能量。其中 μ_i和σ_i的计算公式如下:

$$\mu_i = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^{M} \sum_{y=1}^{N} \left| C_i(x, y) \right|$$
(2)

$$\sigma_{i} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=1}^{M} \sum_{y=1}^{N} [|C_{i}(x, y)| - \mu_{i}]^{2}}$$
(3)

式中M×N为某一尺度下某子带的大小,以μ_i、σ_i 为分量构成特征向量*S*来来描述图像的纹理信息。若 NSCT分解的尺度数为*n*,则F有2*(2ⁿ+1)个分量构成图 像的纹理特征向量如公式(4)所示。其中μ₀、σ₀为低频 特征分量,其他为各个方向子带上的特征分量。这样 保留了所有频率分量的纹理信息。

$$F = (\mu_0, \sigma_0, \mu_1, \sigma_1, \mu_2, \sigma_2 \dots \mu_{2^n}, \sigma_{2^n})$$
(4)

4 检索算法

图像检索是对在科技资源图像数据库中的所有 图案进行搜索,以找出与所进行检索的科技资源图像 相匹配的图像。对于每一次查询均需要完成从预处理 到滤波的全过程,并按式(2)和式(3)计算其特征矢量。 当然, 也可以预先计出存储在科技资源图像数据库中 每个图像的特征矢量存入科技资源图像特征数据库。 我们取两个图像的特征矢量的欧几里德距离作为识别

$$d(F_{x}, F_{y}) = [(\mu_{x0} - \mu_{y0})^{2} + (\sigma_{x0} - \sigma_{y0})^{2} + \dots + (\mu_{xn} - \mu_{yn})^{2} + (\sigma_{xn} - \sigma_{yn})^{2}]^{1/2}$$
(4)

5 算法总结

1.部分图像预处理(去噪、增强);

2.对原始图像进行 NSCT 分解;

3.计算多尺度图像分解系数的均值、方差,获得 图像统计特征,将其作为检索的特征向量;

4.计算两幅图像特征向量的欧几里德距离。

6 结果分析及评价

本实验使用的是河北省科技资源数据库野生动 物资源图像,分辨率为 512×512,共采集 15042 幅, 构成河北省科技野生动物资源数据库图像库,库内包 含各种各样的野生动物相关资源图像。基于上述思想, 设计实现了一个原型系统。首先,通过 NSCT 变换实 现动物图像的4级分解,对图像库内所有动物图像进

德 里德距离范围,系统就可以获得高的检索准确率。 5) 行纹理特征提取并存入动物资源特征数据库,然后根 据这些特征进行待检索图像与库内图像的相似性匹 配,返回相似度最高的图像。实验中还使用基于 Contourlet 小波变换和基于 Gabor 变换的野生动物资 源图像检索,将图像分解,然后提取每个分解层次上 能量分布的均值和方差作为纹理特征的特征向量,并 对这两种方法的性能做了比较。针对每种方法,进行 10次检索,最后求得平均查准率。查准率的定义为: 查准率=(一次检索出符合要求的图像数)/(一次检索 出的图像总数)。表1为三种方法的性能比较。小波变 换每一层分解都得到3个细节分量, Contourlet 变换每 层的方向子带数目则由采用的 DFB 结构决定。总体上 讲,在NSCT 变换域上检索查准率要高于在 Gabor 小 波变换和 Contourlet 变换的查准率。

Table 1. search result 表1 检索结果

检索算法	Gabor 小波变换	Contourlet 变换	NSCT 变换
平均查准率(%)	74.2	90.2	92.1

7 结论

本文提出了基于内容的科技资源图像检索的一 种纹理特征提取算法,进行NSCT变换提取科技资源 图像纹理特征,采用了均值、方差作为纹理特征向量 并进行比较,采用的欧几里德距离的相似性度量进行 相似性度量。实验证明,本文提出的基于NSCT的图 像检索算法相对于Contourlet变换和Gabor小波变换的 图像检索算法具有较好的特征提取效果。本算法有助 于更准确的从河北省科技资源图像进行检索。

Reference (参考文献)

- 吴一全,罗子娟,吴文怡.基于NSCT的红外图像小目标检测 [1] 技术[J].中国图像图形学报. 2009, 3(5): 477-481.
- 汤春瑞, 刘丹丹.基于NSCT循环抽样的声纳图像去噪方法[J]. [2] 计算机应用. 2009, 29(1): 68-70.
- [3] 梁 昕,张弓.基于Nonsubsampled Contourlet变换的SAR图像形 状特征检索[J]. 雷达与对抗. 2009, 14(1): 25-29.
- MinhN.Do,Martin Vetterli.Contourlets[M].San Diego: Academic [4] Press, 2002.250-255.
- [5] MinhN.Do, Martin Vetterli.The contourlet transform : An efficient directional multi-resolution image representation [J].IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14 (12): 2091-2106.