

基于多分辨率差分矩阵的纹理检索

张 涛 王成儒
(燕山大学信息科学与工程学院 秦皇岛 066004)

摘要 提出了一种新的图像纹理分析算法——多分辨率差分矩阵。该算法在多分辨率基础上通过统计局部小波包系数变化情况来描述图像的纹理特征,利用小波包的多通道特性和差分矩阵的灰度差提取满足人类视觉特性。使用该算法对 Brodatz 图像库进行的检索实验表明,相对于其它复杂多分辨率特征提取方法,多分辨率差分矩阵无论在检索效率与检索效果上均有一定程度的提高。

关键词 图像检索 纹 理 多分辨率差分矩阵 差分矩阵

Texture Retrieval Based on Multi-resolution Difference Matrix

Zhang Tao Wang Chengru
(Information Science and Engineering College, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract A new image texture analysis algorithm named multi-resolution difference matrix is proposed. It obtains the texture features through analyzing the local wavelet package coefficients, and meets the human vision behavior by multi channel from wavelet package and gray difference from difference matrix. The retrieval experiments for Brodatz image database are carried out by this algorithm. The results show that both efficiency and accuracy get improvement than other algorithms.

Key words Image retrieval Texture Multi-resolution difference matrix Difference matrix

1 引 言

纹理检索是基于内容图像检索的重要组成部分和图像分析领域的研究热点,良好的纹理分析算法是纹理检索的基础。基于小波/小波包的多尺度方法在纹理分析中取得了令人满意的效果^[1],但仅提取小波/小波包系数低阶矩作为特征过于粗糙,难以满足纹理检索的需要^[2]。S. Arivazhagan 提出使用尺度共生矩阵^[2]进行特征提取,但计算复杂,且未充分考虑人类视觉特性。

针对以上问题,在此提出一种新的纹理分析算法——多分辨率差分矩阵。其主要思想是:在多分辨率基础上通过统计局部小波系数变化来描述图像的纹理特征。利用小波包的多通道特性和差分矩阵^[3]的灰度差进一步满足人类视觉特性,以达到更好的检索效果。

2 差分矩阵

差分矩阵^[3]通过统计纹理元模式方式进行纹理特征提取。其认为像素点的 3×3 邻域是一个纹理元,如式(1)所示:

$$I(a, b) = \{(a, b) | a \in \{x, x \pm 1\}, b \in \{y, y \pm 1\}\} \quad (1)$$

其中, $I(a, b)$ 表示图像在坐标位置为 (a, b) 处的灰度值。令:

$$D_1(x, y) = |I(x-1, y) - I(x+1, y)| \quad (2)$$
$$D_2(x, y) = |I(x, y-1) - I(x, y+1)| \quad (3)$$
$$D_3(x, y) = |I(x+1, y-1) - I(x-1, y+1)| \quad (4)$$
$$D_4(x, y) = |I(x-1, y-1) - I(x+1, y+1)| \quad (5)$$

$D_1(x, y)$ 表示的是 $I(x, y)$ 在水平方向的灰度变化,同理, $D_2(x, y)$ 、 $D_3(x, y)$ 、 $D_4(x, y)$ 分别表示 $I(x, y)$ 在竖直和两个对角线方向上的灰度变化。由此得到的 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 四个矩阵称为四个方向的差分矩阵,分别表示图像在四个方向上灰度的变化情况。

3 尺度差分矩阵

标准的二维离散小波包变换^[4]可以看成是一组正交镜像滤波器 (Quadrature Mirror Filter, QMF) H 和 G H 为系统函数 $h(n)$ 的低通滤波器, 相应的高通滤波器 G 的系统函数为:

$$g(n) = (-1)^n h(1-n) \tag{6}$$

且 $h(n)$ 与 $g(n)$ 满足以下关系式:

$$\sum_n h(n) h(n+2j) = 0 \quad j \neq 0 \tag{7}$$

$$\sum_n h(n)^2 = 1 \tag{8}$$

$$\sum_n h(n) g(n+2j) = 0 \tag{9}$$

对大小为 $M \times N$ 的图像 x 的 $p+1$ 阶 (其中 $p \leq \min(\log_2(N), \log_2(M))$) 二维小波包分解可通过 p 阶分解系数递推得到, 公式如 (10)~(13) 式所示:

$$C_{k,(i,j)}^{p+1} = \sum_m \sum_n h(m) h(n) C_{k,(m+2i,n+2j)}^p \tag{10}$$

$$C_{k+1,(i,j)}^{p+1} = \sum_m \sum_n h(m) g(n) C_{k,(m+2i,n+2j)}^p \tag{11}$$

$$C_{k+2,(i,j)}^{p+1} = \sum_m \sum_n g(m) h(n) C_{k,(m+2i,n+2j)}^p \tag{12}$$

$$C_{k+3,(i,j)}^{p+1} = \sum_m \sum_n g(m) g(n) C_{k,(m+2i,n+2j)}^p \tag{13}$$

其中: $C_{0,(i,j)}^0 = x_{(i,j)}$ 由滤波器观点, $C_{k+1,(i,j)}^{p+1}$ ($k=0,1,2,3$) 分别为对 $C_{k,(m+2i,n+2j)}^p$ 进行 LL LH HL 和 HH 滤波的结果, 保留了原始图像的低频、水平、垂直与对角线信息。该信息恰与差分矩阵的方向性特征提取对应, 因此在相应频带上进行对应的差分矩阵分析可进一步提取该频带上纹理特征。利用 (14) 式计算相应频段小波系数的差分矩阵:

$$\begin{cases} MD_{k+1}^{p+1} = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 D_n (C_{k+1,(i,j)}^{p+1}) & C_{k+1,(i,j)}^{p+1} \\ MD_{k+1}^{p+1} = D_1 (C_{k+1,(i,j)}^{p+1}) & C_{k+1,(i,j)}^{p+1} \\ MD_{k+1}^{p+1} = D_2 (C_{k+1,(i,j)}^{p+1}) & C_{k+1,(i,j)}^{p+1} \\ MD_{k+1}^{p+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=3}^4 D_n (C_{k+1,(i,j)}^{p+1}) & C_{k+1,(i,j)}^{p+1} \end{cases} \tag{14}$$

其中: MD_{k+1}^{p+1} ($k=0,1,2,3$) 即为相应频段小波系数的差分矩阵, 对其进行直方图统计可得该波段差分直方图。当纹理粗糙度较大时, 图像灰度的变化相对平缓, 反映到差分直方图中即为低差分值的点出现概率相对较高, 而高差分值点出现概率较小, 差分直方图趋向零的速度也较快; 同理, 当粗糙度较小时, 直方图曲线变化相对平稳。因此差分直方图描述了图像的粗糙度特征。

在纹理的相似性度量上, 采用计算简单的 Euclidean 距离, 如式 (15) 所示。其中 x_i 与 y_i 分别表示不

同纹理的特征向量, n 为特征向量维数

$$d_e(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \tag{15}$$

4 实验结果

实验环境为: Intel PIII 800MHz, 256MB, Matlab 6.5 测试集为经 Queensland 大学分类的 Brodatz 自然纹理图像库^[5]。该图像库共 256 幅图像, 每一幅图像只与其它 255 幅图中的 15 幅相关。256 幅图像中的每一幅均作为检索图像参加一次检索, 文中的所有实验数据均为这 256 次检索的平均值。

实验采用标准小波包^[6]、差分矩阵^[3]和尺度共生矩阵^[2]作为对比算法。其中小波包^[6]和差分矩阵为文中方法的基础, 由此观察本方法在性能上与二者的差异; 而尺度共生矩阵和本算法同属复杂多分辨率特征提取, 具有较全面的比较意义。

实验分别从检索效率和检索效果两个角度对算法进行评价。检索效率的具体指标为特征提取时间和检索时间。特征提取时间为对一幅纹理图像进行特征提取所需时间, 是对算法计算复杂度的测量; 而检索时间为从提交检索图像至返回检索结果所经历的时间, 其检索过程在特征数据库完成, 全面反映检索复杂度。实验结果如表 1 所示。

表 1 几种算法的检索效率比较					s
算法名称	小波包	差分矩阵	多分辨率差分矩阵	尺度共生矩阵	
特征提取时间	0.136	0.078	0.211	0.8694	
检索时间	0.2987	0.1731	0.3357	1.3438	

表 2 几种算法的检索效果比较					%
算法名称	小波包	差分矩阵	多分辨率差分矩阵	尺度共生矩阵	
查准率 (5)	88.05	77.73	95.23	90.16	
查准率 (10)	78.79	74.38	90.63	82.86	
查准率 (15)	69.19	68.59	83.80	73.81	
最佳检索比例	14.84	13.28	25.00	10.78	

检索效果采用的指标为查准率和最佳检索。查准率是指在一次查询过程中, 系统返回的查询结果中相关图像数目占有所有返回图像数目的比例, 表 2 中查准率 (i) 为在返回图像为 i 时的查准率; 最佳检索比例为检索过程中查准率与查全率均达到 100% 的检索图像数占全部检索图像数的比例。最佳检索比例是一个比较苛刻的指标, 由此可以衡量算法的适应能力。结果如表 2 所示。

由于多分辨率差分矩阵结合了小波包分解与差分矩阵, 因此其检索效率必低于二者, 该点在表 1 得到了

(下转第 367 页)

作形态滤波处理以平滑肿瘤边缘,如图 3(a)(b)所示。对 (a)(b)作“与”运算作为近似系数最终的二值化结果,如图 3(c)所示。将该图重建至上一层,用 sobel 算子检测边缘,结果如图 4(a)所示。

4.7 动态规划进行边缘修正

用动态规划法修正初始边缘,涉及的参数选取为: $\alpha = 0.5$ $\beta = 28 = 30$,采用 $m = 7$ 的法向搜索以获得较高的计算效率。结果如图 4(b)所示。

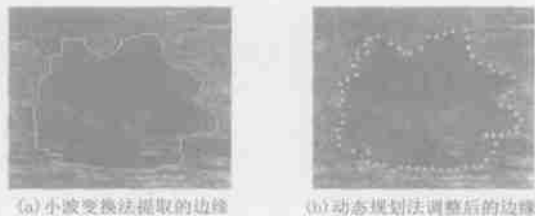


图 4 初始边缘和最终边缘在 ROI 上的显示

本方法主要是对图像小波变换后的近似系数采用各种处理求取二值化的过程。选择近似系数而不是直接对原图像进行计算,主要原因在于近似系数大小仅为原图像的 $1/4$,选择近似系数作为处理对象使得计算量大为减少。此外近似系数对比度较原图像有所提高,检测边缘点也较为容易。经过对 30 幅乳腺肿瘤(恶性 18 例,良性 12 例)超声图像的实验,可认为该方法对乳腺肿瘤有较强的边缘提取能力。

(上接第 363 页)

体现。但由于差分矩阵的运算简单,因此其效率明显高于同属复杂多分辨特征提取的尺度共生矩阵方法。同时由表 2 可以看出,无论是使用查准率还是最佳检索比例,多分辨差分的检索效果都要明显优于其它三种算法。这是由于多分辨差分在符合人类视觉特征的多通道基础上进一步使用差分的概念进行特征描述与提取,使得该方法所提取特征更为贴近原始图像的物理内容。同时,表 2 的实验结果也与 Jianguo Zhang 的实验吻合,多分辨率方法较统计类方法在纹理检索中更有优势。

5 结 论

提出一种新的复杂特征的多分辨率纹理分析方法——多分辨率差分矩阵方法,该方法利用多尺度的多通道模型与差分矩阵的灰度差提取进一步满足人类的视觉特征。实验表明,多分辨率差分矩阵具有良好的纹理检索性能。

5 结 论

针对超声乳腺图像的肿瘤边缘提取,提出了一种由小波变换法给出乳腺肿瘤的初始边缘,再结合动态规划法对初始边缘进行修正,使最终提取的边缘更为接近乳腺肿瘤的实际边缘的算法。该算法原理简单,易于实现,人工干预少。

参考文献

- 1 陈克敏,秦茜森,茅蓉,等.超声检查在良恶性乳腺肿块评估中的作用.中华放射学杂志,1995,29(3): 154~ 157.
- 2 陈东,周大威,王炎.用多尺度小波变换进行边缘检测算法的研究.计算机工程与设计,1998,19(2): 35~ 37.
- 3 汪源源.现代信号处理理论和方法.上海:复旦大学出版社,2003. 204~ 215.
- 4 蔡晓冬,罗忠池,汪源源,等.基于动态规划的超声多普勒信号最大频率曲线提取.声学学报,2004,29(4): 323~ 328.
- 5 Amini A. A., Weymouth T. E., Jain R. C.. Using dynamic programming for solving variational problems in version. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990, 12(9): 855~ 867.

参考文献

- 1 Jianguo Zhang, Tieniu Tan. Brief review of invariant texture analysis methods. Pattern Recognition, 2002, 35: 735 ~ 747.
- 2 S. Arivazhagan, L. Ganesan. Texture classification using wavelet transform. Pattern Recognition Letters, 2003, 24: 1513~ 1521.
- 3 王成儒,张涛.一种快速图像纹理分析算法.光电工程, 2005, 32(1): 74~ 76.
- 4 Chi-Man Pun, Moon-Chuen Lee. Log-polar wavelet energy signatures for rotation and scale invariant texture classification. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5): 290~ 602.
- 5 Smith Guy. "Brodatz" test suite. www.cssip.uq.edu.au/staff/meastex/imgs/brodatz.html, 1998-01-19/2003-10-03.
- 6 Andrew Laine, Jian Fan. Texture classification by wavelet packet signatures. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(11): 1186~ 1191.