

一种基于改进的 CS-LBP 算子纹理图像自适应检索方法

贾 伟, 王正勇, 张 杰, 李 伟

(四川大学 电子信息学院图像信息研究所, 四川 成都 610064)

摘 要: 具有自适应性的方向局部二值描述符(SD-LBP)通过引入自适应对比性的阈值 t 增加对图像局部区域及局部纹理过渡区域信息的处理, 使图像检索过程中产生的噪声对检索效果的影响达到最小. 采用 3 组实验方案对 SD-LBP 算子与相关算子的检索效果进行了比较分析. 实验结果显示, 本文算子在保持 CS-LBP 算子数据维数不变的条件下, 对图像噪声处理更具鲁棒性, 同时在检索效果、视觉特性等方面具有明显的优势.

关键词: 中心对称二值模式(CS-LBP); 纹理谱; 自适应性; 图像检索

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)09-0075-04

A Self-Adaptive Texture Image Retrieval Method Based on the Improved CS-LBP Operator

JIA Wei, WANG Zheng-yong, ZHANG Jie, LI Wei

(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: The self-adaptive direction local binary operator (SD-LBP) increases the information processing of the image local region and the transition region of image texture, so that the impact of image noise reaches a minimum value. Three groups of experimental program are used to analyze the retrieval performance of the SD-LBP operator and other operators. The image retrieval results based on texture spectrum show that when the operator keeps the CS-LBP data dimensions unchanged, the SD-LBP operator has stronger robustness in the processing of image noise, and it also has obvious advantages in image retrieval efficiency and visual properties.

Key words: center symmetrical-LBP (CS-LBP); texture spectrum; adaptive; image retrieval

1 引言

纹理特征作为基于内容图像检索技术(CBIR)研究^[1]的重要内容之一, 一直受到研究者的重视^[2]. 文献[3]提出的 LBP 是一种有效的纹理谱描述符, 该算子较为快速、准确地提取了图像局部纹理信息, 具有对光照不变性的优点, 但存在所得数据维数过高、对纹理区域不鲁棒的缺点. 为此, 文献[4]提出了 LBP 的改进版算子—中心对称局部区域二值描述符(CS-LBP), CS-LBP 算子很好的描述了纹理图像的局部特征, 并且针对 LBP 存在的数据维数过高、对纹理区域不鲁棒的缺点, 提出了适合纹理图像特点的解决方法. 但是, CS-LBP 与 LBP 一样不具

有旋转不变性, 从而造成图像中心邻域点局部信息的丢失. 文献[5]在 CS-LBP 的基础上提出了局部方向纹理描述符(D-LBP), 该描述符在不增加数据维数的基础上, 较好的解决了 CS-LBP 算子运算中图像中心像素丢失的问题.

本文针对 D-LBP 和 CS-LBP 算子不能完全描述图像灰度过度区域以及对图像邻域内信息反映较弱的缺点, 提出了自适应局部方向二值描述符(SD-LBP), 通过引入自适应对比性质的阈值 t , 得到改进的 SD-LBP 算子, 将原图像通过 SD-LBP 算子的自适应运算得到 SD-LBP 直方图, 并根据 SD-LBP 直方图进行图像检索.

收稿日期: 2012-11-12; **修回日期:** 2012-12-22

基金项目: 国家自然科学基金(61071161); 国家自然科学基金委员会和中国工程物理研究院联合基金(11176018)

2 相关分析

2.1 LBP 与 CS-LBP 描述符

LBP 是基于空间局部模式的纹理描述子^[6],它在以 R 为半径的 P 点 8 邻域内,比较采样点 $g_c(i, j)$ 与相邻点 $g_p(i, j)$ 的灰度值,然后分别赋值 1 或 0 并进行二值化运算. LBP 算子的计算公式为:

$$LBP_{R,P}(x,y) = \sum_{p=0}^7 s(g_p(i,j), g_c(i,j)) 2^p$$

$$s(g_p(i,j), g_c(i,j)) = \begin{cases} 1, & g_p(i,j) \geq g_c(i,j) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

式中, $g_p(i, j)$ ($p=0, 1 \cdots 7$) 表示邻域像素的灰度值, $g_c(i, j)$ 表示邻域中心像素的灰度值,通过对原图像灰度值进行阈值化,得到数据结构更简单的灰度直方图. LBP 算子二值化计算过程如图 1 所示.

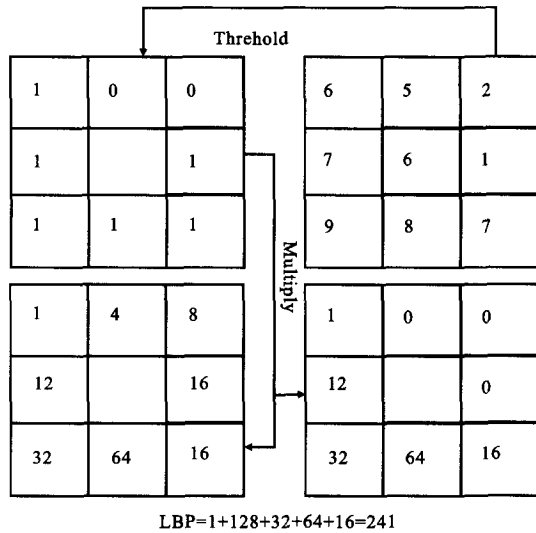


图 1 8 邻域的图像 LBP 算子二值化计算过程

CS-LBP 算子通过比较与中心像素对称的邻域 4 像素间的灰度关系来定义图像局部纹理模式值,从而能够降低纹理图像的维数,并更适合对纹理图像感兴趣区域的描述. 计算公式为:

$$CS-LBP(x,y) = \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} s_{CS-LBP}(g_i, h_{i+4}) \times 2^i$$

$$s_{CS-LBP}(g_i, h_{i+4}) = \begin{cases} 1, & g_i - g_{i+4} \geq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

式中, 阈值 t 反映了纹理的平坦性特点. CS-LBP 有效地将图像维数降为 16 维. 图 2 所示为当 $N=8$ 时, CS-LBP 算子的计算过程.

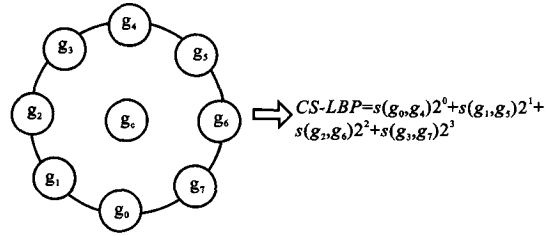


图 2 $N=8$ 时 CS-LBP 的计算过程

2.2 D-LBP 描述符

通过以上分析可知,虽然 CS-LBP 算子能够有效降低维数,但却忽略了图像中心像素,从而造成图像局部区域信息的丢失,在此基础上,文献[5,6]中提出了 D-LBP 算子. 其数学描述如下:

$$D-LBP(x,y) = \sum_{i=0}^3 s_{D-LBP}(g_i, g_c, g_{i+4}) \times 2^i$$

$$s_{D-LBP}(g_i, g_c, g_{i+4}) = s_1 e s_2$$

$$s_1(g_i, g_c) = \begin{cases} 1, & g_i \geq g_c, i=0, 1, \cdots \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$s_2(g_{i+4}, g_c) = \begin{cases} 1, & g_{i+4} \leq g_c, i=0, 1, \cdots \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

式中,假设 $N=8$,则将一个邻域内的像素分别定义为:当 $g_i \geq g_c$ ($i=0, 1 \cdots$) 时, $g_i \rightarrow g_c$ 为正反向,相反则为反方向;当 $g_c \geq g_{i+4}$ ($i=0, 1 \cdots$) 时,定义 $g_c \rightarrow g_{i+4}$ 为正方向,相反则为反方向;当 $g_i \rightarrow g_c$ 、 $g_c \rightarrow g_{i+4}$ 为同一方向时,定义 3 个像素为同向,相反则为反方向. 其中,“1”和“0”分别表示正反方向.

2.3 自适应方向局部二值描述符

D-LBP 描述符算子通过比较灰度的差异来描述纹理特征,该算子更侧重于对图像局部纹理高频信息的描述,而对图像局部纹理低频信息的描述较弱. 为更好的描述纹理图像的低频信息,同时考虑到图像检索过程中噪声的影响,本文提出了自适应方向局部二值描述符(self-adaptive direction local binary pattern, SD-LBP).

定义 1 设 $t(i, j)$ 为自适应对比阈值,则

$$t(i, j) = \frac{|g_p(i, j) - u(i, j)|}{N} + \xi \quad (4)$$

其中:

$$u(i, j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} g_p(i, j)}{N} \quad (5)$$

式中, ξ 为一经验值,且 $\xi \in \{\xi | -1 \leq \xi \leq 1\}$, $g_p(i, j)$ 为邻域内像素的灰度值, $u(i, j)$ 为邻域内像素灰度的均值,于是得到如下的 SD-LBP 数学描述:

$$SD-LBP(x,y) = \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} S_{SD-LBP}(g_i, u, t, g_{i+4}) \times 2^i$$

$$s_{SD-LBP}(g_i, t, u, g_{i+4}) = s_1 e s_2$$

$$s_1(g_i, t, u) = \begin{cases} 1, & |g_i - u| \geq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$s_2(g_i, t, u) = \begin{cases} 1, & |u - g_{i+4}| < t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

特别地,当 $N=8$ 时, $u(i, j) = \frac{1}{8} \sum_{i=0}^7 g_p(i, j)$, $t(i, j) = \frac{|g_p(i, j) - u(i, j)|}{8} + \xi$. 式中利用了 $u(i, j)$ $= \frac{1}{8} \sum_{i=0}^7 g_p(i, j)$ 计算邻域像素的平均值表示邻域低频信息,对比相同大小的图片,在数据维数并没有增加的前提下,通过设置变化的阈值 t 减小图像噪声影响,提高了对图像局部区域处理的几率,从而提高了图像检索的精度与效率.

3 相似性量度

本文对于纹理谱描述算子,如 LBP, CS-LBP, 都采用 χ^2 统计方法^[7]进行相似度量. 其数学描述如下:

$$D(s_1, s_2) = \sum_{i=1}^k \frac{(s_{1i} - s_{2i})^2}{(s_{1i} + s_{2i})} \quad (7)$$

为了提高检索效率、缩短检索时间,本文采用 L_1 距离度量的方法. 即

$$D(s_1, s_2) = \sum_{i=1}^k |s_{1i} - s_{2i}| \quad (8)$$

4 实验及结果分析

本文分别通过 3 组实验分析 SD-LBP 描述符的检索效果. 实验 1 统计了一般情况下标准图像库中 512 个结果的平均查准率和查全率^[8]以及作为本文算子检索效果评价标准的 ANMRR 值. 实验 2 通过对旋转变换后的图像进行检索,测试图像变换后对本文算子检索效果的影响. 实验 3 比较了 4 种算子的平均响应时间,测试了基于本文算子的图像检索效率以及用于纹理描述时的可行性.

实验 1 设在图像库 R 中, Q_i 表示第 i 类图像的集合, $\|Q_i\|$ 表示 R 中与 Q_i 在视觉上相似的图像数目,一次查询中返回的 n 个结果记为 $(Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n)$. 在实验中,假设 N 表示查完某个图像库所需的次数, X 表示实验图像库 ($X \in R$). 于是平均查全率定义为

$$P(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \frac{\theta(Q_i, Y_j)}{n} \quad (9)$$

平均查准率定义为:

$$Q(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \frac{\theta(Q_i, Y_j)}{\|Q_i\|} \quad (10)$$

其中:

$$\theta(Q_i, Y_j) = \begin{cases} 0, & Y_j \notin Q_i \\ 1, & Y_j \in Q_i \end{cases} \quad (11)$$

随机选择 Brdatz 库中的 16 个小型图像库,再分别从每个小型库中随机选出 8 幅图像作为实验图像库,共组成 16 个亚小型图像库 128 幅图像. 在检索过程中,再从 Brdatz 库中选择与每个图像视觉上最接近的前 50 幅图像作为关联图像,则对每个算子,总共检测 128 次. 分别计算每个亚小型图像库的平均查准率与平均查全率.

在实验 1 中共得到 512 次检索结果,分别统计 LBP、CS-LBP、D-LBP、SD-LBP 的平均查准率与平均查全率. 图 3 所示为 16 类图像的平均查准率与平均查全率. 可以看出,SD-LBP 算子的平均查准率和平均查全率明显优于其他 3 种算子.

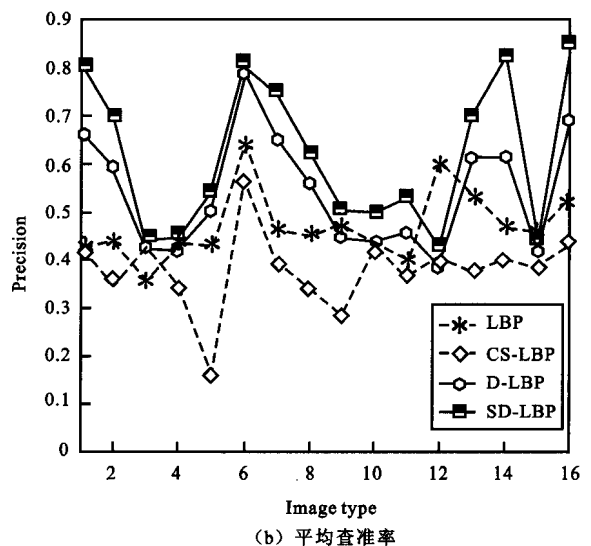
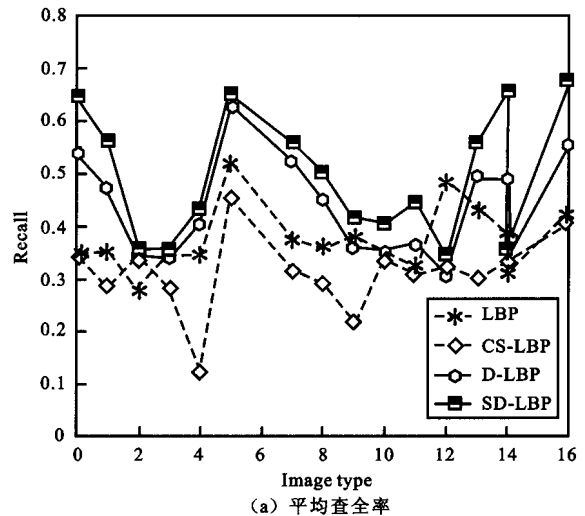


图 3 不同描述算子的平均查全率与查准率对比曲线

实验 2 在标准图像库 Brdatz 中随机选取 16 类大小为 640×640 的图像,然后划分为 160×160 的图

像,分别进行角度为 10° , 30° , 45° , 60° , 90° , 120° , 135° , 150° 的旋转,得到 128 幅图像的图像库. 共进行 128 次检索,分别统计 4 种算子的平均查准率与平均查全率. 图 4 所示为当平均查全率一定时,不同算子平均查准率的变化曲线. 结果显示:对图像进行变换后,SD-LBP 的检索效果总体优于其它算子.

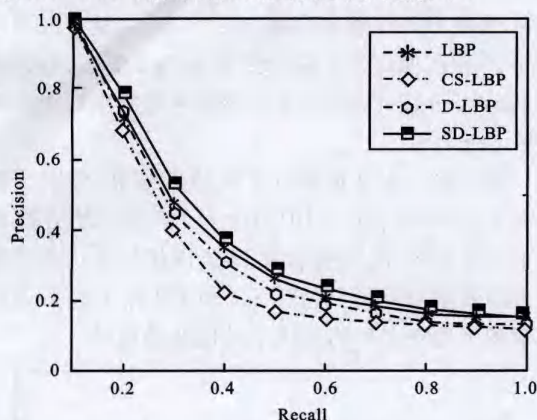


图 4 不同算子的检索性能

实验 3 分别计算并比较了 4 种算子的平均响应时间 $T(s)$, $T(s)$ 定义为从提交查询示例图像开始到系统返回查询结果为止的时间间隔.

在 Brdatz 图像库中随机选取 200 幅不同的图片,针对每幅图片分别统计每种算子的检索时间,最后统计 4 种算子的时间值并计算 200 次的平均值作为每种算子的平均响应时间 $T(s)$. 表 1 所示为用 4 种算子分别对整个图像库检索的平均响应时间. 从表中可以看出,在不增加图像维数的条件下,本文算子与其他算子的平均响应时间相差不大,但检索效果明显优于其它算子. 图 5 为本文算子的检索效果图. 从结果来看,图中的检索结果按照与待查图片的相似性排列,所检索的图像在视觉上更具一致性,符合人的视觉习惯.

表 1 不同描述算子的平均响应时间

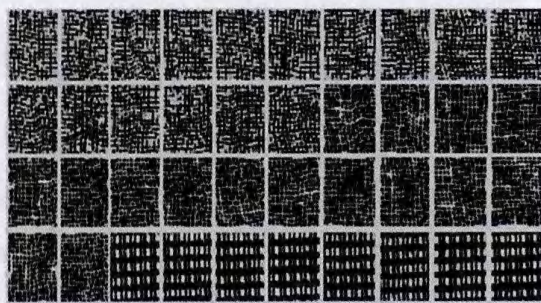
描述算子	平均响应时间 $T(s)$
CS-LBP	32.32
LBP	32.48
D-LBP	32.61
SD-LBP	32.90

5 结束语

文中提出了 SD-LBP 算子. 该算子在不增加数据维数的条件下,通过引进自适应阈值 t 来弥补其它算子在局部图像信息提取中不准与不全的缺点,并给出了相应的数学描述公式. 通过实验对比可知,SD-LBP 算子在描述纹理图像低频区域与图像纹理灰暗过渡区域优势明显. 其研究方法也可应用



(a) 参考图像



(b) 检索结果

图 5 参考图像与检索结果

于人脸、指纹等的识别与检测,为基于人脸识别与检测及相关研究提供了更好的方法.

参考文献:

- [1] 赵平,尚赵伟. 基于统计模型和 KL 距离的纹理图像检索[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(11): 49-56.
- [2] 黄艳国,赵书玲. 纹理特征和颜色匹配的车牌定位方法[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(9): 123-126.
- [3] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(1): 51-59.
- [4] Heikkila M, Pietikainen M, Schmid C. Description of interest regions with local binary pattern[J]. Pattern Recognition, 2009, 42(3): 425-436.
- [5] Wu Xiaosheng, Sun Junding. An effective texture spectrum descriptor[C]// International Conference on Information Assurance and Security. China: Shanghai, 2009 (2): 361-364.
- [6] Jia Xiaojun, Yu Qingcang, Tan Zhaojun. Texture spectrum descriptor and its application in license plate location[J]. Application Research of Computers, 2007, 24(3): 215-217.
- [7] Guo Zhenhua, Zhang Lei. Rotation invariant texture classification using LBP variance with global matching[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(3): 706-719.
- [8] Henning Muller, Wolfgang Muller. Performance evaluation in content-based image retrieval: overview and Proposals[J]. Pattern Recognition Letters, 2001, 5(22): 593-601.

作者简介:

贾伟男, (1985-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理与集成电路与系统.