

基于动态纹理基元的外观设计专利检索

李晴晴¹, 周长胜², 吕学强¹, 张 凯³

(1 北京信息科技大学 网络文化与数字传播北京市重点实验室, 北京 100101;

2 北京信息科技大学 计算中心, 北京 100192; 3 北京市朝阳区市政市容管理委员会, 北京 100021)

摘 要: 提出了一种根据图像内容动态提取纹理基元并对纹理基元提取特征的图像检索算法. 首先, 对图像进行 LBP 变换, 根据 LBP 值呈现的周期确定纹理基元的初始大小; 其次, 通过逐像素点对比调整纹理基元窗口, 最终确定纹理基元; 最后, 对纹理基元提取特征计算图像内容相似度. 实验结果显示, 在检索具有重复纹理基元的图像时, 使用提出的方法得出的检索效果优于已有的基于整幅图像的检索方法.

关键词: 纹理基元; 纹理特征; 基于内容的图像检索; 局部二值模式; 外观设计专利检索

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2016)03-0025-07

Design Patent Image Retrieval Based on Dynamic Texture Primitive

Li Qing-qing¹, ZHOU Chang-sheng², LV Xue-qiang¹, ZHANG Kai³

(1 Beijing Key Laboratory of Internet Culture and Digital Dissemination Research,

Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100101, China;

2 Computing Center, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China;

3 Beijing Chaoyang District Municipal Commission of City Administration and Environment, Beijing 100021, China)

Abstract: This paper proposed an algorithm to extract texture primitive dynamically according to image itself and then get features from texture primitive to retrieval images. Firstly, do LBP transform on images, and set LBP value cycle as texture primitive initial size; then, adjust texture primitive window pixel by pixel to get final texture primitive size; last, calculate image content similarity by features extracting from texture primitive. Experimental results show that the proposed retrieval method has great performance compared with the existing method which is based on whole images in retrieving images with repetitive texture primitive.

Key words: texture primitive; texture feature; content based image retrieval; LBP; patent image retrieval

1 引言

基于纹理基元进行检索的方法可以避免图像纹理基元排列方式或包含数目的影响, 检索具有相同纹理基元的图像, 从而避免设计专利的重复申请, 对外观设计专利检索具有一定的意义^[1-2].

当前常用的基于纹理基元的检索方法是将图像划分为大小相等的图像块, 并将图像块作为纹理基

元, 进而提取基元特征实现检索. 局部描述子也可以作为纹理基元, 用于描述纹理, 可用于该框架的局部描述子有 SIFT^[3]、SURF^[4]等. 文献[5]将纹理基元固定为大小 3×3 的图像块, 并以此为单位提取 LBP 和 LC 值, 然后利用纹理基元间对应的 LBP 和 LC 值的差异度衡量纹理基元的相似程度. 但不同类别的图像所包含的内容不同, 纹理基元的大小也不相同, 因此设置纹理基元为固定大小不能正确反映图像真

收稿日期: 2015-04-03; 修回日期: 2015-05-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(61271304); 北京市教委科技发展计划重点项目暨北京市自然科学基金 B 类重点项目(KZ201311232037); 网络文化与数字传播北京市重点实验室开放课题(ICDD201405); 北京市属高等学校创新团队建设及教师职业发展计划项目(IDHT20130519)

实的纹理结构信息. 文献[6]提出了基于纹理基元空间分布特征的图像检索方法, 这种检索方法将空间分布信息引入纹理特征描述符, 提高了图像的检索效率, 但对于纹理相同而空间分布不同的图像, 该检索方法不能取得较好的检索效果.

本文针对不同图像纹理基元大小不一定相等的特点, 提出了一种根据图像内容动态求取纹理基元的方法.

2 纹理基元提取

纹理是一种反映图像像素空间分布的重要视觉线索, 通常表现出局部不规则而宏观有规律的特性^[7]. 纹理基元是图像中基本的纹理结构, 描述图像的局部纹理特征, 在图像中按一定的排列规则周期出现. 依靠纹理基元有助于将不同类型的物体区分开. 通过分析图像的纹理信息可得纹理基元具有以下特点: (1) 不唯一性, 一幅图像的纹理基元可以有多个, 起始点不同, 呈现的纹理基元不同; (2) 同一图像纹理基元大小固定, 一幅图像的纹理基元可以不唯一, 但大小固定; (3) 可拼接性, 虽然图像纹理基元不唯一, 但拼接后的图像相同. 因纹理基元的可重复性、可拼接性及大小唯一的特点, 确定纹理基元后, 基元应与邻域不重叠且相同大小的图像块完全相等. 因此纹理基元的提取可以转换为提取最小重复图像块.

2.1 初始纹理基元选取

LBP 是一种描述图像局部纹理特征的算子, 体现图像像素点邻域的灰度值变化. LBP 值越大表示该点邻域像素点的灰度变化越剧烈, 对应为高频信息, 描述图像的轮廓结构; 值越小表示该点邻域点的灰度变化越缓慢, 对应为低频信息, 描述图像的整体内容. 根据 LBP 算子对图像纹理结构的描述能力, 且纹理基元具有周期性, 对应的 LBP 值也应呈现周期分布, 重复的周期即为初始纹理基元对应的高度值和宽度值. 设初始纹理基元大小的最小值为 $H_{\text{initial}} \times W_{\text{initial}}$.

设原图像矩阵 $I = (p_{ij})_{h \times w}$, p_{ij} 为在 (i, j) 处的像素值. 经过 LBP 变换后的图像矩阵为 $I_{\text{LBP}} = (p'_{ij})_{h \times w}$, p'_{ij} 为 p_{ij} 做 LBP 变换后对应的值. LBP 变换过程如式(1):

$$p'_{ij} = \sum_{l=0}^{2^N-1} 2^l \times S(g_l - g_c) \quad (1)$$

$$S(g_l - g_c) = \begin{cases} 1, & g_l \geq g_c \\ 0, & g_l < g_c \end{cases} \quad (2)$$

式中, g_c 为中心点像素值, 即 p_{ij} , g_l 为邻域像素值, N 为邻域半径.

图像经 LBP 变换后, 对 LBP 取某一固定值的点进行统计, 分别在水平方向和垂直方向进行投影. 其中, 水平方向的投影值为 L_i , $i \in [0, h-1]$, 在水平方向的重复周期对应初始纹理基元的高度值, 如式(3)所示.

$$L_i = \sum_{j=0}^{w-1} L'_j, 0 \leq i \leq h-1 \quad (3)$$

$$L'_j = \begin{cases} 1, & p'_{ij} = \text{Num} \\ 0, & p'_{ij} \neq \text{Num} \end{cases} \quad (4)$$

垂直方向的投影值为 R_j , $j \in [0, w-1]$, 在垂直方向的重复周期对应初始纹理基元宽度值, 如式(5)所示.

$$R_j = \sum_{i=0}^{h-1} R'_i, 0 \leq j \leq w-1 \quad (5)$$

$$R'_i = \begin{cases} 1, & p'_{ij} = \text{Num} \\ 0, & p'_{ij} \neq \text{Num} \end{cases} \quad (6)$$

LBP 变换后在水平方向统计 LBP 值取某一固定值时的投影. 因图像内容具有一定的重复性, LBP 值的分布也呈现周期性, 且重复周期为纹理基元的高度值. 根据 LBP 值的分布, 截取相邻最小值点间的最小长度值为重复周期. 其中最小值点的判定方法如下:

$$I_i = \begin{cases} \text{True}, & \text{abs}(L_i - L_{\min}) \leq L_{\text{ratio}} \times (L_{\max} - L_{\min}) \\ \text{False}, & \text{abs}(L_i - L_{\min}) > L_{\text{ratio}} \times (L_{\max} - L_{\min}) \end{cases} \quad (7)$$

$$H = \min(I_i - I_{i+1}) \quad (8)$$

式中, L_i 为在水平方向每行 LBP 值取某一值时的投影, $L_{\min}$ 为投影最小值, $L_{\max}$ 为投影最大值, L_{ratio} 为系数, 满足式(7)的点被标记为最小值点, 记为 I_i , 其中 $i \in [1, n]$, n 为最小值点总数. 如式(8)所示, I_i , I_{i+1} 为两个相邻最小值点, $i \in [1, \dots, n-1]$. 对所有相邻最小值点两两计算差值, 取差值最小值为周期的长度, 即初始纹理基元的高度值, 且 $H \geq H_{\text{initial}}$.

同理, 在垂直方向统计每列 LBP 值取某一值时的投影, 获取投影值中的最大值与最小值, 将满足式(10).

$$R_i = \begin{cases} \text{True}, & \text{abs}(R_i - R_{\min}) \leq R_{\text{ratio}} \times (R_{\max} - R_{\min}) \\ \text{False}, & \text{abs}(R_i - R_{\min}) > R_{\text{ratio}} \times (R_{\max} - R_{\min}) \end{cases} \quad (9)$$

$$W = \min(R_i - R_j) \tag{10}$$

2.2 纹理基元窗口调整

LBP 值虽能反映图像局部的纹理结构信息,却不能反映图像像素值的变化程度.如图 1 所示,(a)与(b)表示两个纹理结构不完全相同的图像块.(a)中图像块的像素值较为平均,(b)中图像块的像素值变化范围较大,但对图像块做 LBP 变换后,两图像块得到相同 LBP 值.对图像进行 LBP 变换,不相似的图像块可能得到相同 LBP 值,从而导致提取的纹理基元不完整.因此,本文将通过 LBP 变化提取的纹理基元作为初始纹理基元块,通过逐个像素点对比图像块的方法进一步提取完整纹理基元.

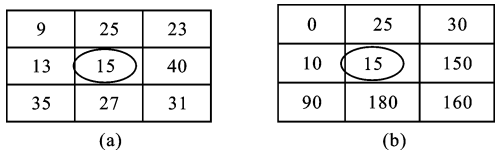


图 1 不同图像块对应的 LBP 值

定义 1 图像区分能力指前景物体与背景颜色的可区分程度.若图像前景物体颜色与背景颜色较相近,容易混淆前景物体与背景颜色,此时图像的区分能力较弱,反之,若前景颜色与背景颜色差别较大,图像的区分能力较强.如图 2 所示,图 2(a)、(b)表示纹理基元相同但背景颜色不同的两幅图像.图 2(a)中的前景物体颜色与背景色接近,图像的区分能力较弱,图 2(b)中的前景物体颜色与背景色差异明显,区分能力较强.

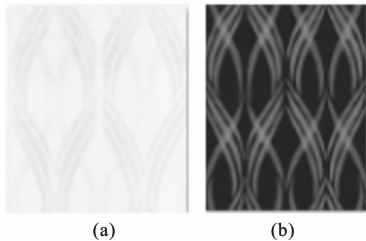


图 2 相同纹理基元不同区分能力

定义 2 纹理基元偏移是指纹理基元不在同一水平或垂直方向顺序排列,而往下或往右错位偏移一定距离,包括下偏移和右偏移两种情况.如图 3 所示,(a)为原图,(b)表示图(a)对应的纹理基元,(c)表示纹理基元拼接得到的图像.由图 3(c)可以看出,在对纹理基元拼接时,并不是顺序拼接,而是向右偏移一定的距离拼接得到原图像.因此,图 3(a)中的纹理基元发生了右偏移.通过分析纹理基元的偏移可知,下偏移和右偏移不会同时发生.向下

划取图像块判断相似性时,只需判断右偏移,不会发生下偏移的情况;同理,向右划取图像块判断相似性时,只需判断下偏移,不会发生右偏移的情况.

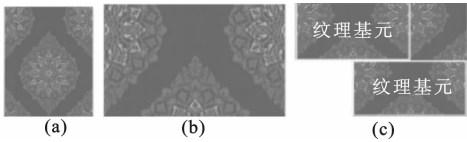


图 3 纹理基元偏移

确定初始纹理基元后,按图 4 所示的顺序往左和往下划取同样大小的图像块,分别与初始纹理基元逐个像素点比较, $I_initial$ 为初始纹理基元, I_Left 为向左划取的图像块, I_Right 为向下划取的图像块.像素点比较公式如式(11)所示.将 $I_initial$ 分别与 I_Left 、 I_Right 逐像素点比较,若差值小于阈值判定两像素点相等,否则不等.若整个图像块所有像素点都相等,则两图像块相同,否则不相同.

$$isEqual[p_{i,j},p_{i,j}'] = \begin{cases} 1,abs[p_{i,j} - p_{i,j}'] \leqslant threshold \\ 0,abs[p_{i,j} - p_{i,j}'] > threshold \end{cases} \tag{11}$$

式中, $p_{i,j},p_{i,j}'$ 为不同图像块对应像素点的像素值.



图 4 划分纹理基元块

图 5 所示为 threshold 为 0 时纹理基元的提取结果,图中 5,(a)~(c)中的纹理具有明显重复性,但提取的纹理基元却为图像本身.受图像噪声的影响,视觉上完全相同的图像,对应点的像素值并不一定完全相等.若只在像素值完全相等时认定两像素点相同,因无法完全消除噪声影响,提取的纹理基元只能是图像本身,提取纹理基元就失去了意义.因此应允许像素值之间存在一定的误差,通过设置误差阈值实现图像块相似性判断,抑制噪音的影响.

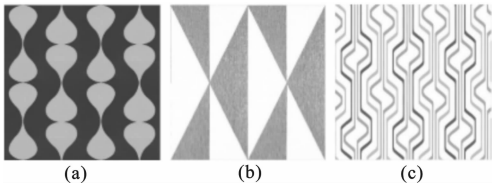


图 5 阈值为 0 时的纹理基元提取结果

图 6 所示为 threshold 取固定值时纹理基元提取结果.其中,(a)与(d)表示原图像,(b)和(c)与(e)~(g)表示对应提取的纹理基元.从图中可以看出,

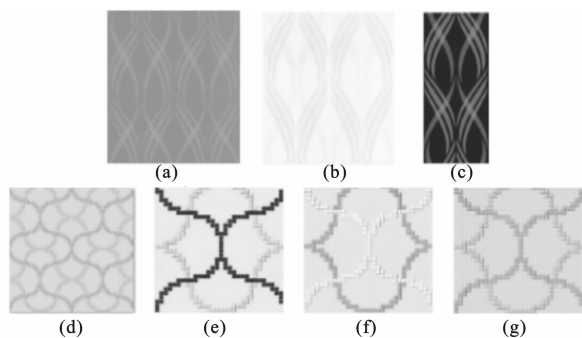


图6 固定阈值时纹理基元提取结果

有些图像能正确提取基元,有些图像则不能.不同图像的区分能力不同,若把误差阈值设置为固定值,对于区分能力较强的图片能正确提取纹理基元,对于区分能力较弱的图片,容易将背景色误认为前景,导致提取纹理基元不完整或提取重复.因此,应根据图像自身信息动态调整图像的误差阈值.

阈值较大时对图像噪声的容忍能力比较好,阈值较小时对背景和前景物体的区分能力较好.方差用来度量随机变量与均值的偏离程度,本文通过均值方差判断图像的区分能力.取图像与均值差值的均值和方差分别为 avg 和 σ ,计算公式如式(12)和式(13)所示. σ 越大,表明图像中像素的取值范围越广,即图像的区分能力越强.反之区分能力越弱.

$$\text{avg} = \frac{1}{h \times w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w \text{abs} \left(\frac{1}{h \times w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w p(i, j) - p(i, j) \right) \quad (12)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{h \times w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w \left(\text{abs} \left(\frac{1}{h \times w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w p(i, j) - p(i, j) \right) - \text{avg} \right)^2} \quad (13)$$

$$\text{threshold} = \begin{cases} \text{ratio1} \times \text{avg}, & \sigma \leq \text{thres} \\ \text{ratio2} \times \text{avg}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

式中, avg 为与图像均值的差值平均, σ 为与均值的偏离程度, threshold 为误差阈值, thres 为偏离程度的阈值, ratio1 与 ratio2 为不同的系数.当方差小于等于 thres 时,图像的区分能力较弱,误差阈值系数为 ratio1 ,反之为 ratio2 .

判断像素值相等时设置阈值在一定程度上抑制噪声的影响,但并不能完全消除.因此,为减小噪声对纹理基元提取结果的影响,在最终判断图像块相似性时设置阈值 threshold2 ,表示相等像素点数目占整个图像块像素点总数的百分比. threshold2 越小,对噪声的容忍力越大.在判断图像块的相似性时,若相等像素点数目所占百分比大于等于设置的阈值

threshold2 ,则两个图像块相等,否则不等.区分能力较弱的图像,前景和背景颜色较为相似,若阈值过小,容易将部分背景颜色误认为前景色,从而导致提取的纹理基元不完整,若阈值过大,对噪声的容错能力会降低.因此,必须选择合适的阈值.

图7所示为 threshold2 取值与提取纹理基元正确率之间的关系.由图可以看出,随着 threshold2 的增大,在一定范围内提取纹理基元正确率先升高后下降. threshold2 设置过小,容易导致区分能力较弱的图像提取的纹理基元不完整,从而影响正确率.若设置得过大,对噪声的容错能力会降低,导致提取的纹理基元不是最小的纹理结构,对纹理基元正确率同样有一定影响.因此,对区分能力较强的图像,应当适当将 threshold2 设置的大些,对区分能力较弱的图像,则应设置的相对较小.判断图像块相等的公式如下:

$$\text{isBE}(\text{block1}, \text{block2}) = \begin{cases} 1, & \text{per} \geq \text{threshold2} \\ 0, & \text{per} < \text{threshold2} \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{per} = \frac{\sum_{i=0}^{h-1} \sum_{j=0}^{w-1} \text{isEqual}[p_1(i, j), p_2(i, j)]}{H \times W} \quad (16)$$

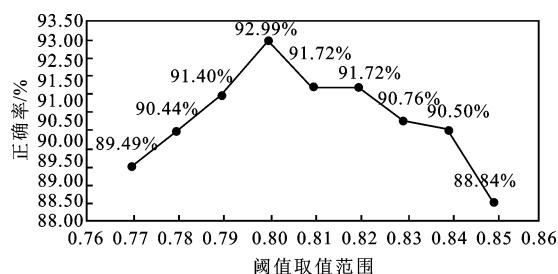


图7 阈值取值与纹理基元正确率间的关系

图像的纹理并不一定按照规则顺序排列,在提取纹理基元过程中可能会出现偏移.若顺序选取的图像块滑动窗口与初始纹理基元不相等,不表示初始纹理基元不满足纹理基元的条件,而应将滑动窗口在所在方向滑动一定距离继续判断.右偏移和下偏移只会出现其一或两者都不出现,且偏移的距离应小于此时初始纹理基元的大小,即右偏移量应小于初始纹理基元的宽度,下偏移量则应小于初始纹理基元的高度.如图8所示,(a)表示原图像,(b)表示提取的纹理基元,(c)表示对纹理基元拼接获得的图像.通过图8(c)可以看出纹理基元发生了右偏移.

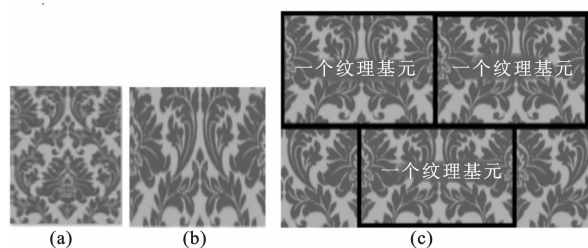


图8 纹理基元发生偏移

2.3 纹理基元提取算法

Step1: 设 I 是待提取纹理基元的图像, 对 I 进行灰度化、去噪、归一化等预处理操作;

Step2: 对图像作 LBP 变换, 提取初始纹理基元, 如式 (7) ~ (10) 所示;

Step3: 向右和向下分别划取与初始纹理基元同样大小且不重叠的图像块作为滑动窗口;

Step4: 按式 (15) 判断初始纹理基元与划取图像块是否相等. 若只存在一个滑动窗口与初始纹理基元相等, 转至 Step5; 若两滑动窗口均与初始纹理基元不相等, 扩大初始纹理基元, 转至 Step3; 若两滑动窗口均与初始纹理基元相等, 转至 Step5;

Step5: 由上文可知, 如果发生纹理基元偏移, 只会出现一个方向. 因此, 若存在某个方向的滑动窗口与初始纹理基元不相等, 在允许范围内在该方向滑动一定距离得到新的滑动窗口, 转至 Step4;

Step6: 算法结束, 并将当前初始纹理基元作为图像纹理基元;

3 特征提取

纹理特征是图像的重要特征之一, 本质刻画像素的邻域灰度空间分布规律, 对图像中的空间信息做定量描述. 相比于其他图像特征, 纹理特征能更好地兼顾图像宏观性质和微观结构两个方面^[8].

局部二值模式 (Local Binary Pattern) 是一种用来描述图像局部纹理特征的算子^[9], 是基于 $N \times N$ 统计的纹理特征描述方法. 该算子具有计算复杂度低, 无序训练学习, 光照不变性和易于工程实现等优点^[10]. 本文方法提取纹理基元的过程中默认图像的起点为纹理基元的起始点, 因此相同纹理基元的图像提取的纹理基元相同, 但空间分布可能不同. LBP 描述符对图像微模式空间分布关系的描述能力较弱^[11], 不考虑 LBP 值在空间分布上的信息, 因此对纹理基元提取 LBP 特征可以避免空间分布不同的问题.

原始 LBP 算子定义为 $N \times N$ 窗口, 只覆盖了固

定半径范围内很小的区域, 对纹理局部变化的鲁棒性较差, 无法提取大尺度纹理的关键特征. 为了克服这些缺点, T. Ojala 等^[9]对 LBP 算子进行了改进, 改进后的 LBP 算子可以扩展到任意邻域, 并且圆形邻域代替了原有的正方形邻域, 允许在圆形邻域内有任意多个采样点. 改进后的 LBP 算子用 (P, R) 描述圆形邻域, 其中 P 表示邻域中像素个数, R 表示邻域半径.

一个 LBP 算子可以产生很多不同的二进制模式, 且随着邻域集内采样点数的增加, 二进制模式的种类相应增加. 过多的二进制模式不但对纹理的表述、识别、分类等不利, 对工程应用同样造成很大的困难. 为了解决二进制模式过多带来的问题, T. Ojala 等提出了一种“等价模式”对 LBP 算子的模式种类进行降维. 若一个局部二进制模式所对应的编码最多只包含一次从 0 到 1 和一次从 1 到 0 的跳变, 则称该局部二进制模式所对应的编码为等价模式类, 此时的模式 T. Ojala 称之为 Uniform 模式. 例如: 00000000, 00111000 和 11100001 都被称为 Uniform 模式. 把这种 LBP 模式标记为 $\text{LBP}_{P,R}^{\text{riu2}}$, 其描述方式如下:

$$\text{LBP}_{P,R}^{\text{riu2}} = \begin{cases} \sum_{i=0}^{P-1} S(g_i - g_c), & U(\text{LBP}_{P,R}) \leq 2 \\ P + 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (17)$$

式中,

$$U(\text{LBP}_{P,R}) = |S(g_{P-1} - g_c) - S(g_0 - g_c)| + \sum_{i=0}^{P-1} |S(g_i - g_c) - S(g_{i-1} - g_c)|, \text{若 } x \geq 0, S(x) \text{ 取 } 1, \text{ 否则 } S(x) \text{ 取 } 0, g_c \text{ 代表邻域内中心像素的灰度值, } g_i \text{ 表示半径为 } R \text{ 的圆形区域内各像素的灰度值, 其中 } i \text{ 的取值范围为 } 0 \text{ 到 } P-1.$$

4 实验结果与分析

4.1 图像库的生成

相同纹理基元, 不同的排列方式会产生不同的图像内容. 本文实验选取图像库中若干幅纹理基元具有重复性的图像提取纹理基元, 然后对每个纹理基元错位排列生成 3 幅不同图像. 如图 9 所示, (a) 表示提取的纹理基元, (b) ~ (d) 表示采用不同的偏移量对纹理基元进行错位拼接得到的图像. 图 9(b) ~ (d) 中的纹理基元都是图 9(a) 所示的纹理基元, 但通过不同方式拼接后, 得到的图像纹理信息不完全相同. 因此本实验选取 315 张纹理结构具有重复

性的图像,提取纹理基元后对其拼接,每幅图像通过拼接可以获得 3 幅不同的图像,因此获得具有 945 张图像的图像库。

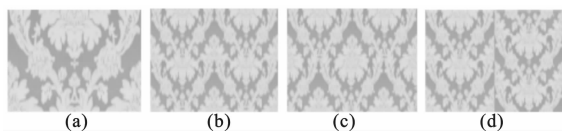


图 9 纹理基元错位排列生成新图像

4.2 纹理基元提取结果

本文方法中,设置初始纹理基元高度和宽度的最小值分别为 $H_{\text{initial}} = 32$, $W_{\text{initial}} = 32$. 图像中噪音点属于高频分量, LBP 值越小受噪音点的影响越小,因此在确定初始纹理基元的大小时选取 LBP 值为 0 的点进行统计,避免噪声的影响。

判断像素点相等的阈值 threshold 与判断图像块相似的阈值 threshold2 的选取对纹理基元的提取有一定影响,因此在提取纹理基元的过程中需要设置合适的阈值. 本文设置 ratio1 和 ratio2 分别 1 和 1.4, threshold2 为 0.8. 本文方法在提取纹理基元前对图像做归一化预处理,统一设置为 256×256 . 但相同纹理基元且相同大小图像包含的纹理基元数目不一定相同,从而提取的纹理基元大小不相等. 图 10 中,图 10(a)、(b) 表示已归一化为 256×256 的具有相同纹理基元的图像,纹理基元都如图 10(b) 所示,拼接后的图像如图 10(c) 所示. 但图 10(a) 中包含 2 个纹理基元,图 10(b) 仅包含一个纹理基元. 因此,虽然图 10(a)、(c) 中的纹理基元相同,但提取的纹理基元大小却不相等. 为避免图像大小不等对检索结果造成影响,本文提取基于统计分析的 LBP 特征,并对提取的特征向量进行归一化。

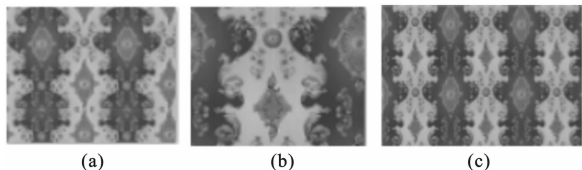


图 10 相同纹理基元不同图像内容

4.3 性能评价指标

定义 3 同纹理基元同颜色的图像定义为相同图像。

定义 4 同纹理基元但不同颜色的图像定义为相似图像。

(1) 相同图像检索率 STSC

STSC (Same Texture Same Color) 表示与被检索图像具有相同纹理基元,且颜色相同的图像检索率. 即前 N 张图像中与被检索图像同纹理同颜色的图像百分比。

$$\text{STSC} = \frac{\text{SameNum}}{N} \quad (18)$$

式中, SameNum 表示返回结果的前 N 幅图像中与被检索图像相同的图像数目, N 为整个图像库中与被检索图像相同的图像总数目. STSC 衡量算法对相同图像的检索率, STSC 值越大, 表示与被检索图像相同的图像越靠前, 检索效果越好. 反之, 检索效果越差。

(2) 相似图像检索率 STDC

STDC (Same Texture Different Color) 表示与被检索图像相似的图像检索率. 即前 M 张图像中与被检索图像同纹理不同颜色图像的百分比。

$$\text{STDC} = \frac{\text{SimilarNum}}{M} \quad (19)$$

式中, SimilarNum 表示返回结果的前 M 幅图像中与被检索图像同纹理不同颜色的图像数目, M 为整个图像库中与被检索图像具有相同纹理不同颜色的图像总数目. STDC 衡量算法对相似图像检索的准确率, STDC 值越大, 表示与被检索图像相似的图像越靠前, 检索效果越好. 反之, 检索效果越差。

(3) 相同图像排布密度 DD (Distribution Density)

DD 表示与被检索图像同纹理同颜色的图像在返回图像中的分布位置, 即前多少张图像包含全部与被检索图像同纹理同颜色的图像. DD 反映了检索的准确率, DD 值越小, 表示同颜色同纹理图像分布越靠前, 检索效果越好, 相反, 检索效果越差。

4.4 实验结果分析

本文实验提取等价模式下 (P, R) 为 (8, 2) 的 LBP 作为图像的特征向量进行检索, 图像库 1 为 4.2 节中纹理基元拼接的图像. 为验证本文方法的有效性, 将本文提出的方法与通过 LBP 转换提取纹理基元进行检索的方法, 以及赵珊等人提出的基于纹理基元空间分布的图像检索方法^[6]进行对比实验. 表 1 中, 方法一为本文提出的方法; 方法二是对图像进行 LBP 变换, 统计每行和每列 LBP 值为 0 的频率分布, 频率分布周期即为纹理基元的大小, 提取纹理基元的 LBP 特征向量进行检索; 方法三是基于纹理基元空间分布的图像检索方法. 采用检索率 STSC ($N = 3$), STDC 和 DD 作为检

索的评价标准.

表1 检索结果统计表

图像库1	STSC	STDC	DD
方法一	98.25	61.88	3.11
方法二	92.98	54.13	4.16
方法三	91.22	58.41	4.53

STSC 与 DD 都是衡量相同图像检准率的评价标准.从统计结果(表1)中可以看出,在检索相同图像时,方法一的检索效果最好,方法二次之,方法三效果最差,方法一的排布密度值最小,方法二次之,方法三的排布密度值最大.

方法一和方法二都是根据图像自身的内容动态获取纹理基元,对纹理基元提取特征向量进行检索.这种检索方法避免了因排列方式不同而产生的纹理变化、变化幅度或间隔等方面的差异性,有效地增加了对具有重复纹理基元图像的检索效果,提高了相同图像的检准率.方法二提取纹理基元的准确率低于方法一,因而在检索相同图像时检准率不如方法一.方法三将纹理基元的大小固定化,但不同类型的图像纹理基元的大小不一定相同,纹理基元大小固定化不能准确反映出图像自身内容的重复性,因此检准率不如方法一和方法二.

在检索相似图像时,方法一的检索效果最好,正确率达到 61.88%,方法三次之,正确率为 54.13%,方法二的检索效果最差,正确率为 54.13%.方法二的纹理基元正确率低于方法一,因此,在检索相似图像时,正确率低于方法一.在提取纹理基元时会出现提取纹理基元不完整的情况,此时纹理基元不能正确反映图像最基本的纹理结构信息,从而导致检索准确率降低,导致方法二的正确率低于方法三.

为验证本文方法的稳定性,分别在不同量级图像库将本文提出的方法与文献[6]中的方法进行对比,采用检准率(STSC)作为检索的评价标准.其中,图像库2=不同于图像库1的图像提取的纹理基元+纹理基元拼接的图像;图像库3=图像库1+1万张任意图像;图像库4=图像库1+5万张任意图像.

从表2可以看出,在不同量级的图像库中检索具有相同纹理基元的图像时,本文的方法都远优于对比方法.本文方法能检索出图像库中具有相同纹理基元的图像.本文方法首先根据图像内容动态提取图像的纹理基元,对纹理基元提取特征进行检索,避免了因排列方式或包含数目不同造成的图像内容差异性.在检索相同纹理基元图像时,不同量级的图

像库检准率基本相同,证明本文提出的方法对检索具有相同纹理基元的图像具有一定的稳定性.

表2 不同量级图像库检索结果统计表

	STSC	方法一	方法三
图像库2		87.03	45.64
图像库3		86.59	43.75
图像库4		85.71	43.52

5 结束语

本文提出了根据图像自身信息动态提取纹理基元的方法,进而提出了基于动态纹理基元的外观设计专利检索方法.实验结果表明,该方法具有良好的检索效果,能检索出具有相同纹理基元,排列结构不同的图像,可用于图像纹理结构相似性判断.本文提取纹理基元的过程中默认图像的起始点为纹理基元的起始点,造成相同的图像虽提取的纹理基元大小相同,但图像内容空间分布不同,从而限制了特征向量的选取.因此下一步的研究重点为根据图像自身信息将纹理基元的起始点确定化.

参考文献:

[1] 鲍国海. 如何检索外观设计专利情报[J]. 技术与市场, 1990, 10(2): 152.

[2] 朱磊, 金海, 郑然, 等. 基于形状语义的外观设计专利检索[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(3): 372-380.

[3] Varma M, Zisserman A. A statistical approach to material classification using image patch exemplars [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(11): 2032-2047.

[4] Liu L, Fieguth P W. Texture classification from random features[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(3): 574-586.

[5] 刘小丹, 衣建军. 基于纹理基元的多层马氏链图像分割[J]. 光学技术, 2013, 39(5): 402-407.

[6] 赵珊, 翟海霞. 基于纹理基元空间分布特征的图像检索算法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(1): 378-379.

[7] 刘丽, 匡纲要. 图像纹理特征提取方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 622-635.

[8] 刘丽霞. 图像纹理特征研究和比较[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.

[9] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions[J]. Pattern recognition, 1996, 29(1): 51-59.

权的思想对其进行加权计算,最终得到了更为准确的基础矩阵.对模拟数据和真实图像的实验数据表明,在异常数据及高斯噪声存在的情况下,该算法有效可行,具有较高的准确性和鲁棒性.但是该算法在获得高精度数据的同时增加了执行时间,这也是后续工作需要改善的地方.

参考文献:

- [1] Hartley R, Zisserman A, Ebrary I. Multiple view geometry in computer vision [M]. Cambridge:Cambridge Univ Press, 2013
- [2] Zhong H X, Pang Y J, Feng Y P. A new approach to estimating fundamental matrix[J]. Image and Vision Computing, 2006, 24(1): 56-60.
- [3] 孙亦南,刘伟军,马永壮,等.一种加权计算基础矩阵的高精度算法[J].计算机工程,2005,31(15): 186-188.
- [4] Menglong Yang, Yiguang Liu, Zhisheng You. Estimating the fundamental matrix based on least absolute deviation [J]. Neurocomputing, 2011, 74(17), 3638-3645.
- [5] Chen Jiunhung, Chen Chusong, Chen Yongsheng. Fast algorithm for robust template matching with M-estimators [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008, 51(1): 230-243.
- [6] 范昭君,辛菁.基于改进最小平方中值算法的基本矩阵估计算法[J].新技术新工艺,2014,35(7):51-55.
- [7] 鲁珊,雷英杰,孔韦韦,等.基于概率抽样一致性的基础矩阵估计算法[J].控制与决策,2012,27(3): 425-430.
- [8] 张耀.基础矩阵计算及其在立体视差估计中的应用[D].西安:西安电子科技大学,2008.
- [9] 周凡,邵世雄,吴建华,等.一种联合直线特征的基础矩阵计算方法[J].光学学报,2013,33(10): 1-8.
- [10] Cai Tao, Duan Shanxu, Li Dehua. Performance comparison and analysis of fundamental matrix estimating methods for computer vision applications[J]. Computer Science, 2009, 36(12): 243-247.

作者简介:

张永祥 男,(1975-),博士,讲师,硕士生导师.研究方向为嵌入式系统设计、视频处理、三维重建等.

穆铁英(通信作者) 男,(1975-),硕士研究生.研究方向为视频图像处理、三维重建等. E-mail:1403077723@qq.com.

张伟功 男,(1967-),博士,教授,研究员,博士生导师.研究方向为嵌入式计算机系统结构与容错技术、高可靠高性能处理器与 SoC 设计方法、高性能计算与数据处理等.

古佩强 男,(1991-),硕士研究生.研究方向为视频处理、延时摄影.

(上接第 31 页)

- [10] 刘丽,谢毓湘,魏迎梅,等.局部二进制模式综述[J].中国图象图形学报,2014,12(19):1696-1720.
- [11] 徐少平,刘小平,李春泉,等.基于 LBP 值对空间统计特征的纹理描述符[J].模式识别与人工智能,2013,26(8): 769-776.

作者简介:

李晴晴 女,(1991-),硕士研究生.研究方向为多媒体信息

检索与处理. E-mail:lq1526939@162.com.

周长胜 男,(1962-),副教授,博士研究生.研究方向为数字图像处理、数据挖掘等.

吕学强 男,(1970-),教授,博士研究生.研究方向为中文与多媒体信息处理.

张凯 男,(1985-),硕士研究生,工程师.研究方向为智能交通.