

基于 JPEG 块效应差异的图像篡改区域自动定位

王 鑫¹ 鲁志波²

(信息工程大学应用数学系 郑州 450002)¹ (信息工程大学理学院数理系 郑州 450001)²

摘 要 不同 JPEG 栅格位置或不同压缩质量的图像区域被合成为篡改图像时会出现 JPEG 块效应的差异,据此提出了一种能自动定位篡改区域的图像盲被动取证方法。算法先通过一种基于小波的图像去噪方法提取噪声,利用噪声衡量局部 JPEG 块效应以提高块效应信号的信噪比;然后通过迭代方法寻找到合适的阈值,在块效应直方图中分离出篡改区域。针对不同类型的篡改区域的实验说明了算法的有效性。

关键词 图像取证,图像篡改,块效应, JPEG

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

Locate Tampered Image Region Automatically Based on Inconsistency of JPEG Blocking Artifacts

WANG Xin¹ LU Zhi-bo²

(Department of Applied Math., Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China)¹

(Institute of Sciences, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China)²

Abstract Inconsistency of blocking artifacts is introduced when image regions with different JPEG quality factors or grids are spliced for forgery. A novel image forgery detection method was proposed to automatically locate the tampered regions. The compression noise was firstly extracted from the images using a wavelet-based denoising filter. The proposed method measured the JPEG blocking artifact using the compression noise to improve the SNR. Then an appropriate threshold was found using an iterative method to separate tampered regions in the histogram of blockiness metrics. Experimental results were presented to demonstrate the effectively and reliability of our method.

Keywords Image forensics, Image forgery, Blocking artifacts, JPEG

1 引言

图像作为信息的一种直观描述方式,在实际生活中扮演着重要角色。不真实的图像内容直接导致人们对场景信息的错误认知与推断。图像篡改就是这样一种以恶意诱导人的感知为目的的图像操作。早在传统相机时代就存在通过暗房技巧篡改图像内容的技术。进入信息时代,功能强大的图像编辑软件使数字图像篡改更加容易,而且数字彩扩等后处理技术进一步消除了篡改痕迹,这使得鉴别数字图像的真实性变得越来越困难。

鉴别数字图像真实性的“主动”方式是在真实的图片中预先嵌入信息或预先提取并储存真实图片的信息,根据待检测图像中提取信息的完整性和准确性来判别图像是否真实,这就是数字水印和数字签名技术。不过对所有数字图像进行预操作是不现实的,这限制了“主动”方式的应用范围。“被动”方式是在无嵌入或预先提取的指示性信息可依赖的情况下凭借对图像产生和传播过程的分析来鉴别图像真实性,这种技术被称为盲被动图像取证或图像篡改鉴别^[1]。图像拼接和图像修复等技术都可用于图像篡改,篡改技术的多样性决定了盲被动图像取证没有统一的解决方案,需要通过一系列工具

的联合取证来提高取证的正确率^[1,2]。

JPEG 是数码相机和扫描仪等数字图像获取设备支持最广泛的图像格式,也是网络中最流行的图像格式之一,因此,基于 JPEG 的图像篡改鉴别有着特殊的意义。

JPEG 压缩会造成压缩图像的“块效应”,而对图像的篡改将导致篡改区域的块效应和原始压缩图像的块效应之间的差异,这种差异可以作为篡改鉴别的证据。本文根据 JPEG 块效应差异提出了一种能自动定位篡改区域的盲被动图像篡改检测方法,即先通过一种基于小波的图像去噪方法分离图像噪声,增强 JPEG 块效应信号的信噪比,再利用噪声信号计算图像的局部块效应,最后使用块效应直方图自动定位篡改区域。实验结果表明该算法对各种类型的篡改区域都能有效实现自动定位。

本文在第 2 节中给出基于 JPEG 的图像篡改流程,结合此流程解释了已有的检测方法;第 3 节是本文提出的检测方法的原理和算法步骤;第 4 节是实验结果;最后是结论。

2 基于 JPEG 的图像篡改流程和已有的检测方法

假设篡改者用 JPEG 格式的图像作为背景图像,前景图像为任意格式图像。通常采用的基于 JPEG 的图像篡改操作

到稿日期:2009-03-17 返修日期:2009-05-25 本文受国家科技支撑计划重点项目(2006BAK07B04),国家自然科学基金(60803155)资助。

王 鑫(1978—),女,博士生,讲师,主要研究方向为图像篡改检测,E-mail:wangxinwsj@163.com;鲁志波(1976—),男,博士,讲师,主要研究方向为图像处理。

流程如图 1 所示:前景图像中的篡改区域被取出后与背景图像进行合成,然后另存为非压缩格式或 JPEG 格式图像。

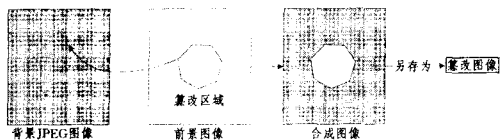


图 1 基于 JPEG 的图像篡改流程,格子位置代表 JPEG 压缩所用栅格

当图 1 中的篡改图像为非压缩格式时, Ye 等人通过量化矩阵的差异揭示篡改,并给出了一种简单的估计量化矩阵的方法^[3],不过这种方法只适用于量化步长较小,而且基于量化矩阵差异的篡改鉴别方法只能手动选择用于估计量化矩阵的区域,无法自动定位篡改区域。

当篡改图像为 JPEG 格式时,合成图像中的背景图像部分经过了两次 JPEG 压缩,因此,判断图像是否经过两次 JPEG 压缩就可以作为篡改的证据。Popescu 提出利用两次 JPEG 压缩造成的 DCT 变换系数直方图的峰谷交错的周期性现象来检测图像篡改^[4]。Fu 等人指出单次 JPEG 压缩图像的 DCT 系数符合广义 Benford 自然法则,两次 JPEG 压缩破坏了这种分布法则,通过验证此法则可判断图像是否经过 JPEG 压缩以及是否经过两次 JPEG 压缩^[6]。骆伟祺等人利用 JPEG 压缩造成的块效应提取“块效应特征矩阵”,通过检验块效应特征矩阵是否对称来揭示篡改^[7]。以上方法都不能定位篡改区域。He 等人将二次 JPEG 压缩图像的 DCT 系数直方图建模为平均分布和周期性分布的混合分布,通过统计学习定位出篡改区域^[5],此方法需要对已有数据库进行统计训练,只能“半自动”地定位篡改区域。

3 基于噪声的图像篡改区域自动定位

针对现有的基于 JPEG 的图像篡改鉴别算法通常无法有效定位篡改区域的不足,本文对篡改图像为非压缩格式的情形进行了研究,即图 1 中的背景图像为 JPEG 格式,合成后的图像另存为非压缩格式的篡改图像的情形,提出了一种根据 JPEG 块效应差异自动定位篡改区域的方法。

3.1 篡改检测原理

JPEG 压缩会造成“块效应”,块效应来源于 JPEG 压缩中的块操作,视觉上主要表现为块之间在色彩和亮度上的不连贯。在图像处理中,一般将块效应看作是量化带来的量化噪声^[8]。JPEG 压缩质量的差异会导致块效应的差异。当篡改发生时,可能发生的情况有以下 3 种。

1. 篡改区域为非压缩格式的图像。
2. 篡改区域为 JPEG 压缩格式图像,但是在合成过程中,篡改区域的 JPEG 压缩栅格与背景区域的压缩栅格位置不一致。
3. 篡改区域为 JPEG 压缩格式图像且合成过程中篡改区域的 JPEG 压缩栅格与背景区域的压缩栅格保持一致。

在实际篡改过程中,最可能发生的是第 2 种情况,其次是第 1 种情况,第 3 种情况发生的可能性最小,主要原因是篡改者的主要目的是保证合成图像的视觉效果而不是保证压缩栅格的一致性。当前两种情况发生时,篡改区域的块效应小而背景区域的块效应相对较大,当第 3 种情况发生且篡改区域的 JPEG 压缩质量因子高于背景区域的质量压缩因子时,篡

改区域的块效应依然相对较小。从以上分析可以看出,块效应过小的区域一般可视为篡改区域。

因此块效应衡量标准的准确性决定了篡改区域定位的准确程度。作为一类图像噪声,块效应的衡量受图像内容的影响很大,若要足够准确地估计块效应,就必须尽量消除图像内容对“块效应”衡量的干扰,这也是篡改检测算法的主要困难所在。

为了分析图像的块效应,需要先介绍图像的形成过程和噪声组成,图像形成过程可以表示为:

$$I = g^r [(1+K)Y + \Delta + \theta_s + \theta_r] + \theta_q \quad (1)$$

其中, I 为去马赛克之前的色彩通道信号, Y 为在像素点处的入射光强度, g 为色彩通道的增益, γ 表示 Gamma 校正参数, K 为 PRNU (photo-response non-uniformity) 模板噪声, Δ 表示暗电流噪声, θ_s 表示快门噪声, θ_r 表示从 CCD 中读取图像的时候产生的噪声, θ_q 表示 JPEG 压缩造成的量化噪声^[9]。理想图像为 $I^{(0)} = (gY)^r$, 利用 Taylor 展开公式可以得到:

$$I = I^{(0)} (1 + rK + r \frac{\Delta + \theta_s + \theta_r}{Y} + o((K + \frac{\Delta + \theta_s + \theta_r}{Y})^2)) + \theta_q \approx I^{(0)} + rI^{(0)}K + \theta_s + \theta_r + \theta_q = I^{(0)} + w \quad (1)$$

其中, θ 表示除 PRNU 和 JPEG 压缩噪声外的其他噪声得到的噪声数据。为了增加 K 在信号中的信噪比以得到 K 的准确估计, Fridrich 等人利用去噪算法得到 w 并利用 w 估计 K 。即便如此, θ_q 对得到的 K 估计仍然有影响,在 K 被应用之前,不得不对 K 的估计预处理^[9]。

受 Fridrich 等人思想的启发,我们利用去噪算法来提高 θ_q 的信噪比。考虑到去马赛克算法和数字处理芯片中的图像后处理算法产生的噪声,将图像建模为:

$$I \approx I^{(0)} + rI^{(0)}K + \theta_a + \theta_b + \theta_c \quad (3)$$

其中, θ_a 表示去马赛克算法造成的噪声,为乘性噪声, θ_b 表示图像增强等后处理算法造成的噪声。在噪声项中,除去 JPEG 压缩造成的噪声项 θ_q , 假设其他噪声项独立,且都近似服从均值为 0 的高斯分布,这样得到:

$$I \approx I^{(0)} + rI^{(0)}K + \theta \quad (4)$$

其中, $\theta \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$ 。则利用去噪算法得到除理想图像之外的其余部分,即为:

$$N = rI^{(0)}K + \theta \quad (5)$$

N 中和图像内容相关的部分只有 PRNU 相关项和 θ_q , $rI^{(0)}K \leq I^{(0)}$ ^[9], 因此利用 N 衡量块效应可以有效地减轻图像内容对块效应估计的影响。

本文利用空间域的局部块效应衡量方法来衡量 N 中的块效应,然后利用块效应的直方图自动定位篡改区域即块效应较小的区域。

3.2 去噪方法和块效应衡量方法

选择基于贝叶斯最小二乘-高斯混合尺度的 (Bayesian Least Squares-Gaussian Scale Mixture, 简称为 BLS-GSM) 去噪方法来得到噪声^[10]。BLS-GSM 去噪方法基于冗余多尺度基系数的统计模型,相邻尺度邻域和空间邻域的系数被建模为高斯混合尺度模型。考虑到 CbCr 色度通道可能被亚采样的问题,我们只考虑 Y 通道的块效应。

原始图像和去噪算法得到的噪声如图 2 所示,可以看出, JPEG 压缩的块效应“再现”于噪声中。比较特殊的是平滑区域对应的噪声,如图 2(d) 中水面区域的噪声非常平滑,这是

因为 JPEG 压缩造成平滑区域的微小细节缺失,使平滑区域过于平滑,这种现象可用于分辨平滑的篡改区域和背景区域。因此,在选择块效应衡量方法时,除了考虑块栅格处的不连续之外,也要考虑到过于平滑的现象,另外,块效应衡量方法必须能衡量空间域局部的块效应。Pan 等人^[11]提出的块效应估计方法较好地满足了这两个要求。

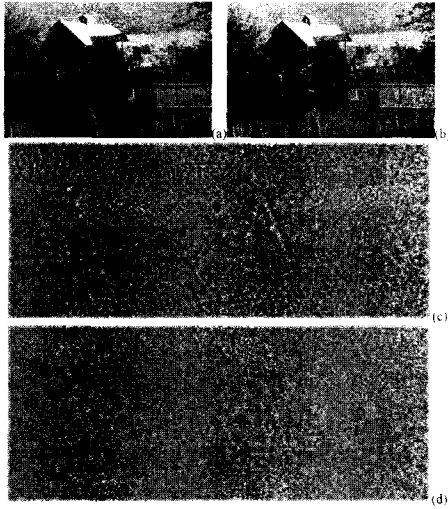


图 2 (a) Redhouse 图片。(b)经 JPEG 压缩的 Redhouse 图像,质量因子为 75。(c)从(a)中矩形区域提取的噪声。(d)从(b)的矩形区域提取的噪声。

如图 3 所示,对于任意一个 8×8 小块 A,定义其与邻块 B 之间水平方向的块间差异 B_h 为:

$$B_h = \begin{cases} \frac{N_h}{D_h} & \text{if } D_h \neq 0 \\ 0 & \text{if } D_h = 0 \end{cases}$$

其中,

$$N_h = r_1 \times \sum_{i=1}^8 |a_{i1} - b_{i8}| \quad (6)$$

$$D_h = r_2 \times \sum_{i=1}^8 \left(\sum_{j=5}^7 |b_{i(j+1)} - b_{ij}| + \sum_{j=1}^3 |a_{i(j+1)} - a_{ij}| \right) + \sum_{i=1}^8 |a_{i1} - b_{i8}| \quad (7)$$

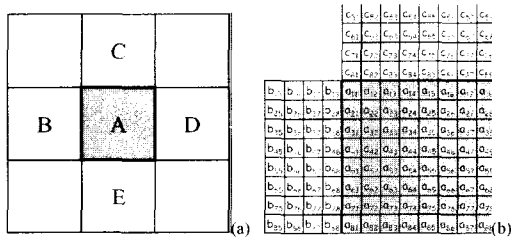


图 3 (a) 8×8 小块 A 及其邻块,(b)块中的像素^[11]

由式(6)和式(7)可以看出, N_h 刻画了块之间的差异, D_h 中的第一项刻画了块内像素之间的差异,而 B_h 则是块间差异和块内像素差异的比例关系。其中 r_1 和 r_2 为控制 B_h 变化范围的参数,选择 Pan 等人提出的经验值 $r_1 = 10, r_2 = 1.5$ ^[11],此时 $0 \leq B_h \leq 10$,当且仅当 $D_h = 0$ 即块内和块之间都绝对平坦的时候, $B_h = 0$ 。当且仅当 D_h 的第一项为 0,即 A 和 B 沿栅格边缘的部分在水平方向绝对平坦的时候, $B_h = 10$ 。 D_h 的计算只用到了 A 和 B 中的一半像素,一方面是为了减少计算量,另一方面是为了减少距离块栅格较远的纹理的影响。A 和 B 的水平方向的块间平坦度量度量为:

$$Z_h = r_3 \sum_{i=1}^8 \left(\sum_{j=5}^7 z(b_{ij}, b_{i(j-1)}) \right) + \sum_{j=1}^3 z(a_{ij}, a_{i(j+1)}) + r_3 \sum_{i=1}^8 z(a_{i1}, b_{i8}) \quad (8)$$

其中,

$$z(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |x - y| < \delta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

参数 r_3 是用于控制 Z_h 变化范围的参数, δ 用于描述过于平滑的程度,这里采用经验值 $r_3 = \frac{10}{56}$ ^[11],根据大量实验结果选取 $\delta = 0.1$ 。显然, $0 \leq Z_h \leq 10$ 。引入 Z_h 项的目的是为了刻画 JPEG 压缩造成的块之间的过度平滑现象。竖直方向的差异度量 B_v 和平坦度量 Z_v 可以用类似的方法得到。小块 A 和其邻块 D 和 E 之间的块间差异 B_h' 和 B_v' 以及块间平坦度 Z_h' 和 Z_v' 也由类似的方法得到。最终的局部块效应度量定义为:

$$Q_{BLK} = \max(B_{BLK}, Z_{BLK}) \\ B_{BLK} = \frac{B_h + B_v + B_h' + B_v'}{4} \quad Z_{BLK} = \frac{Z_h + Z_v + Z_h' + Z_v'}{4} \quad (9)$$

由 B_{BLK} 和 Z_{BLK} 的取值范围可知, $0 \leq Q_{BLK} \leq 10$ 。

3.3 基于块效应直方图定位篡改区域

在给出定位篡改区域的方法之前,先观察一下利用噪声计算块效应的效果。我们采用 USC-SIPI 图像库中的 House. tiff 图像制作篡改图像,将 House. tiff 图像中的汽车区域抠图,作为篡改区域,将篡改区域粘贴至经 JPEG 压缩格式的 House. jpg 的对应位置来得到合成篡改图像,这样做的目的是排除 JPEG 压缩差异之外的其他影响因素。如图 4 所示,图 4(a)为 House. tiff 经质量因子为 80 的 JPEG 压缩得到的压缩图像。图 4(b)为将 House. tiff 中的汽车部分抠图后粘贴至图 4(a)中的相应位置得到的篡改图像。从块效应直方图可以看出,利用噪声计算块效应减少了图像内容对块效应计算的影响,能够更好地分离篡改区域和背景区域。

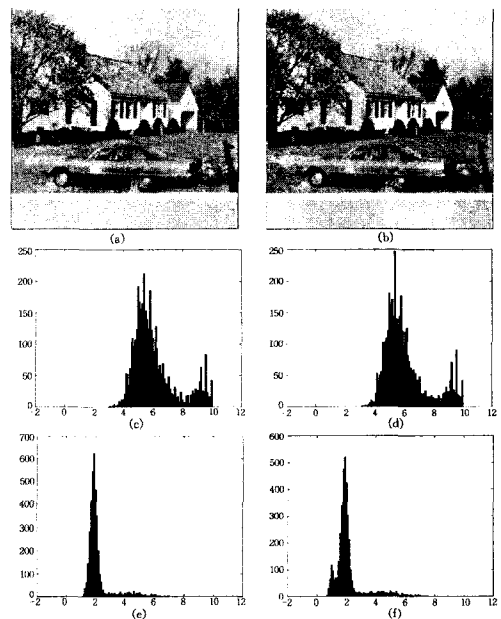


图 4 (a)House. tiff 的 JPEG 压缩图像。(b)篡改图像。(c)图像(a)采用原始图像计算块效应得到的块效应直方图。(d)篡改图像(b)采用原始图像计算块效应得到的块效应直方图。(e)图像(a)采用噪声计算块效应得到的块效应直方图。(f)篡改图像(b)采用噪声计算块效应得到的块效应直方图。

如 3.1 节所述,一般情况下,篡改区域的块效应较小,而背景区域的块效应较大,图 4 中的直方图也表明了这一点,因此可根据块效应直方图定位篡改区域。由图 4 可以看出,未经篡改的 JPEG 压缩图像的块效应直方图可以用高斯分布近似,同样地,高斯噪声的块效应也可以用高斯分布近似,篡改图像的块效应直方图可以看作两个高斯分布的混合分布。如果已知这两个分布的均值和方差,则可以根据贝叶斯决策规则计算块的篡改概率。但是,高斯分布的参数由图像中的噪声分布以及 JPEG 压缩质量决定,仅凭单幅图像无法估计高斯分布的准确参数,因此,无法根据贝叶斯决策寻找篡改区域。通常情况下,篡改区域是面积足够大的有意义区域。基于这种前提,我们给出了一种渐进的方法来寻找块效应的合适阈值,小于此阈值的块为篡改块。

寻找合适阈值的主要步骤如下:

(1) 计算块效应直方图,条宽为 0.1。

(2) 计算直方图的二阶导数,并找到其第一个过零点。

(3) 以过零点的值为初始阈值 T_m ,利用形态学算法得到块效应小于阈值的连通区域,选定最大的连通区域为可疑有效篡改区域,其他区域为无效区域。若无连通区域,说明未经篡改或方法无效。

(4) 逐渐增加阈值, $T_{j+1} = T_j + 0.1$,直至增加的无效区域面积大于增加的有效面积为止。有效区域对应着可能的篡改区域,若最终得到的有效面积为全图,则说明算法无效或待检测图未经篡改。

3.4 算法步骤

整个检测算法的步骤如下:

Step1 利用 BLS-GSM 去噪算法得到待检测图像的噪声 N 。

Step2 利用块效应估计方法计算 N 中每个 8×8 小块的块效应。

Step3 构建块效应直方图,在其中寻找合适的阈值 T_h 。

Step4 在掩模中标记块效应小于阈值的块,并利用形态学开闭运算对掩模做后处理。

4 实验结果

4.1 篡改图像的生成

选择 USC-SIPI 图像库中的由扫描仪获取的 House. tiff 图像和德克萨斯大学奥斯汀分校图像库^[12]中的 Redhouse. bmp 图像作为背景素材,将素材图像做 JPEG 压缩后作为图 1 流程中的背景图像。如图 5 所示,选择 USC-SIPI 图像库中的 Girl. tiff,从 House. tiff 中抠图得到的 car 区域和 girl 区域以及从图像 Lighthouse. bmp 抠图得到的 rock 区域作为篡改区域,其中,car 区域较平滑并具有较明显的图像边缘,girl 区域具有一些细微的纹理,rock 区域有较强纹理,将篡改区域粘贴至背景图像并另存为 Tiff 格式得到了实验用的篡改图像。其中, JPEG 压缩是通过 Matlab 软件的 imwrite 函数完成的,粘贴和另存操作通过 Photoshop 7.0 完成。

为了避免多次交代 JPEG 压缩的质量因子,对图像的命名规则做了统一说明。Name_x.jpg 表示素材图像经过质量因子为 x 的 JPEG 压缩后得到的背景图像。例如 House_50.

jpg 表示 House. tiff 经质量因子为 50 的 JPEG 压缩后得到的图像。Name_x_regionname. tiff 表示以 Name_x.jpg 为背景图像、以 regionname 为篡改区域的篡改图像,例如 Redhouse_85_rock. tiff 表示以 Redhouse_85.jpg 为背景图像、以 rock 为篡改区域的篡改图像。

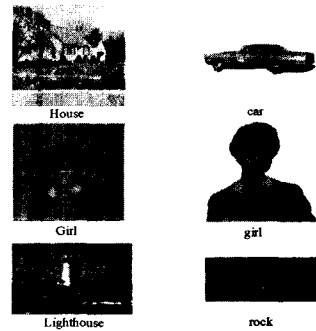


图 5 篡改所用的原始图像和篡改素材

首先,将 House. tiff 中的 car 区域粘贴至 House_x.jpg 的对应区域并另存为非压缩格式图像 House_x_car. tiff,这样得到的合成图像除 JPEG 压缩的程度有所区别外,篡改区域和背景区域在色彩、亮度方面是一致的,因而篡改图像有很好的视觉效果。然后,将 car, girl 和 rock 区域以及 JPEG 压缩后的这些区域粘贴到 House_x.jpg 和 Redhouse_x.jpg 的随机位置并另存为非压缩格式。以上两类篡改是为了验证算法在篡改区域为非压缩格式或压缩栅格位置不一致情形下的效果。最后,将 House_x.jpg 中的汽车区域复制粘贴至 House_y.jpg 中的相应位置,其中 $x > y$,并将其另存为非压缩格式图像 House_x_y. tiff,这是为了验证算法在前景和背景图像具有一致的 JPEG 压缩栅格但具有不同压缩程度的情形下的效果。

4.2 篡改图像检测结果

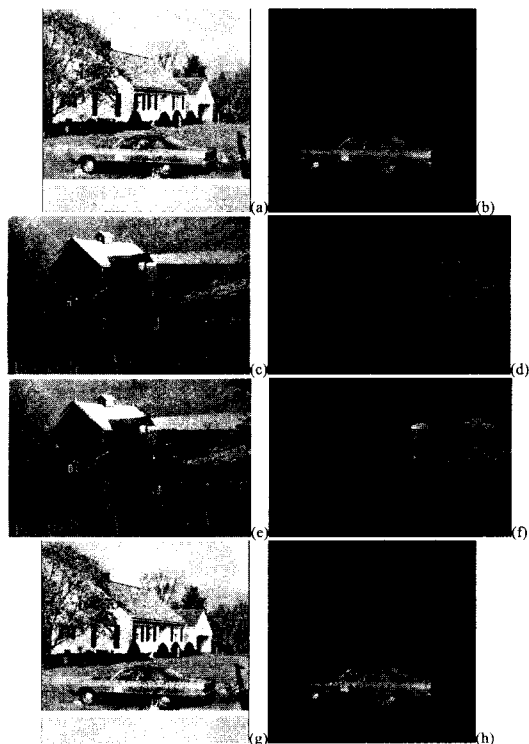
实验采用了 BLS-GSM 去噪算法的 Matlab 工具包。检测所需要的时间主要由去噪算法所消耗的时间决定,在主频为 1.81GHz 的 AMD Athlon 3000+ 的机器上,检测一幅 512×512 大小的彩色图像大约需要 85 秒。

直观上,篡改区域为非压缩格式或者篡改区域的栅格和背景区域的栅格不一致时,都可以视为无明显块效应,此时,背景区域的 JPEG 压缩质量越高,检测的效果就越差。当篡改区域和背景区域的栅格位置一致但篡改区域的 JPEG 压缩质量高于背景区域的压缩质量时,篡改区域也会具有较小的块效应,两者的 JPEG 压缩质量相差越大,检测的效果就越好。

图 6 给出了具有代表性的图像检测结果。如图 6(b)、图 6(d)、图 6(f)所示,当前景和背景图像的栅格位置不一致时,随着背景图像压缩质量的提高,检测的效果逐渐变差,主要原因是背景区域的压缩质量和篡改区域逐渐接近。实验结果表明,背景图像的压缩质量因子在 90 以下时,算法都能够正确地定位篡改区域。当前景和背景图像的栅格位置一致但篡改区域的压缩质量较好时,算法的效果取决于 JPEG 压缩质量的差异程度,前景和背景的压缩质量相差越大,检测效果越好,如图 6(h)所示。需要指出的是,块效应和质量因子之间的关系并不是线性的,因此从实验结果只能大致估计当质量

因子相差 15 以上时,算法能够正确地定位篡改区域。

虽然本文的检测算法减少了图像内容对于块效应度量的影响,但是,图像内容的影响并不能完全去除。Robertson 等



(a)篡改图像 House_80_car.tiff。(b)图像(a)的检测结果。(c)篡改图像 Redhouse_85_rock.tiff。(d)图像(c)的检测结果。(e)篡改图像 Redhouse_90_rock.tiff。(f)图像(e)的检测结果。(g)篡改图像 House_75_90.tiff。(h)图像(g)的检测结果。

图 6 代表性的图像检测结果

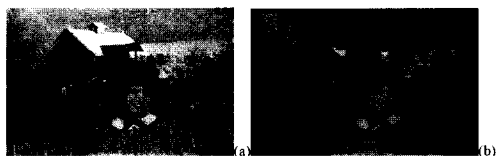


图 7 (a)篡改图像,(b)篡改图像(a)的检测结果

人指出,DCT 块操作在低频部分的块边缘处引入的压缩误差大,在高频部分块边缘处引起的误差小^[8]。也就是说,纹理区域的块效应小,而光滑区域的块效应大。这对算法造成两个影响,一个是在同样的背景图像下,光滑篡改区域的定位效果通常好于纹理区域。另一个就是在篡改区域相同且背景图像纹理丰富时定位效果差。如图 7 所示,图 7(a)为将 girl 区域经拉伸后粘贴至 Redhouse_90.jpg 生成的篡改图像。篡改区域周围被纹理和边缘区域围绕,不能找到合适的阈值来区分背景纹理区域和篡改区域,最终将一部分背景纹理区域误判为篡改区域。此时需要人工干预寻找出可能的篡改区域。

结束语 通过分析基于 JPEG 的图像篡改流程,针对已有的检测方法的不足,提出了基于图像块效应差异的篡改检测方法。检测算法有以下特点:1)利用去噪算法增加块效应

信号的信噪比,更好地分离篡改区域和背景区域。2)自动定位篡改区域,有利于篡改图像的批量检测。对各种类型的篡改区域和背景图像的检测结果表明了算法的有效性。

图像内容对 JPEG 相关特性度量方法的干扰不仅仅体现在本文的块效应度量中,基于 JPEG 的图像篡改鉴别中的其他问题也面临同样的困难。我们下一步的工作就是将利用噪声增加 JPEG 压缩信号信噪比的思想应用于其他问题,例如 JPEG 压缩栅格位置估计和 JPEG 压缩最小编码单元的尺寸估计等,以期取得比原有算法更好的结果。

参考文献

- [1] Luo W, Qu Z, Pan F, et al. A survey of passive technology for digital image forensics[J]. *Frontiers of Computer Science in China*, 2007, 1(2):166-179
- [2] Ng Tian-Tson, Chang Shih-Fu, Lin Ching-Yung, et al. *Passive-blind image forensics[M]*//Zeng W, Yu H, Lin C Y. *Multimedia Security Technologies for Digital Rights Management*. Orlando: Academic Press, 2006;383-412
- [3] Ye Shuiming, Sun Qibin, Chang Ee-chien. Detecting digital image forgeries by measuring inconsistencies of blocking artifact[C]// *Proceedings of ICME*. New York: IEEE Computer Society, 2007;12-15
- [4] Popescu A C. *Statistical tools for digital forensics[D]*. Hanover, NH: Department of Computer Science, Dartmouth College, 2005
- [5] He J F, Lin Z C, Wang L F, et al. Detecting doctored JPEG images via DCT coefficient analysis[C]// *Proceedings of European Conference on Computer Vision*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, 2006;423-435
- [6] Fu D D, Shi Y Q, Su W. A generalized Benford's law for JPEG coefficients and its applications in image forensics[C]// *SPIE* 6505, 2007;1-11
- [7] Luo W Q, Qu Z H, Huang J W, et al. A novel method for detecting cropped and recompressed image block[C]// *Proceedings of ICASSP*. New York: IEEE Computer Society, 2007;217-220
- [8] Robertson M A, Stevenson R L. DCT quantization noise in compressed images[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2005, 15(1):27-38
- [9] Chen M, Fridrich J, Goljan M, et al. Determining image origin and integrity using sensor noise[J]. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 2008, 3(1):74-90
- [10] Portilla J, Strela V, Wainwright M, et al. Image denoising using scale mixtures of gaussians in the wavelet domain[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2003, 12(11):1338-1351
- [11] Pan F, Lin X, Rahardja S, et al. A locally adaptive algorithm for measuring blocking artifacts in images and videos[J]. *Signal Processing: Image Communication*, 2004, 19:499-506
- [12] Sheikh H R, Wang Z, Cormack L, et al. *Live image quality assessment database release 2[EB/OL]*