

# 基于二维码图像的数字水印算法的研究

◆毛新光

(闽江学院现代教育技术中心 福建 350108)

摘要: 随着互联网技术的快速发展, 线上和线下产品的版权保护越来越受到人们的重视。本文首先探讨了二维码在产品版权保护应用中的弊端, 然后提出了在二维码中引入密钥的数字水印技术, 起到对产品版权的保护作用。该算法在二维码中引入了加了密钥的数字水印技术, 在保证水印不可见性的基础上, 提高了水印的鲁棒性。实验表明, 该方法对二维码图像受到常见的攻击时, 具有较好的抵抗效果。

关键词: 二维码; 版权保护; DCT 变换; 水印

基金项目: 福建省中青年教育科研项目 (JAT190616); 闽江学院实验技术人员专项研究项目 (MJUS2020D013)

## 1 引言

随着互联网技术的快速发展, 二维码技术已经深入到我们生活的方方面面。二维码不仅可以关联我们的身份信息, 而且还可以关联生活中的产品信息。而二维码的生成器在互联网上可任意下载使用, 用户可将任意信息制作成二维码<sup>[1]</sup>。二维码相关的数字产品信息被非法复制、传播和使用所带来的版权问题, 严重损害了著作权人、网络运营商等相关权利人的合法权益<sup>[2]</sup>。因此, 将可以证明我们身份和产品的数字水印信息隐藏在二维码中, 通过这些隐藏的信息, 可以判断载体是否被篡改, 起到保护我们个人的信息和产品的版权的目的。本文算法的版权的保护机制主要体现在二维码图像中引入含有密钥的水印的嵌入, 从而起到保护产品版权的作用, 而要验证产品的版权是否被侵权时, 可以查验在二维码中是否可以提取出包含产品版权相关的信息, 而提取水印的时候, 需要正确的密钥水印才能提取水印信息, 起到保护版权的作用。

## 2 相关技术

### 2.1 二维码原理

二维码 (2-Dimensional Barcode) 是用某种特定的几何图形按一定规律在二维的平面上分布的黑白相间的图形来记录数据符号信息的; 在代码编制上利用计算机内部的“0”和“1”的二进制数列相对应的几何形体来表示文字数值信息。每种码制有特定的字符集, 每个字符都占有一定的宽度, 具有一定的校验功能。二维码能够在横向和纵向两个方位同时表达信息, 因此一个很小面积的图形隐含了大量的信息。

二维码是由多个正方形模块构成特殊的排列规则, 组成的一个正方形阵列<sup>[1]</sup>。它由编码区域、探测模块、定位图形和校正图像在内的四大功能模块组成<sup>[3]</sup>。功能图像不能用于数据编码, 符号四周为空白包围。图1为二维码的结构图。

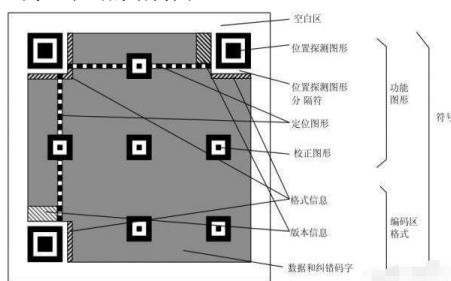


图1 二维码的结构图

### 2.2 二维 DCT 变换

数字水印的基本思想就是在要保护的数字产品中嵌入水印信息, 可以是一段视频、一段音频、一串数字或者是一幅图片等。而嵌入后的数字产品能够较好地保护数字产品的版权和个人的身份信息。

本文采用离散余弦变换 (Discrete Cosine Transform) 对要嵌入水印的图片, 进行  $8 \times 8$  的分块后, 进行 DCT 变换<sup>[4]</sup>。该方案是基于扩频通信的思想, 对宿主图像进行离散余弦变换, 如对数字图像  $S(m, n)$ ,  $0 \leq m \leq M$ ,  $0 \leq n \leq N$ , 其二维 DCT 变换用矩阵  $\tilde{S}$  表示, 其定义如下式所示:

$$S(i, j) = \frac{2}{\sqrt{M \times N}} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} C_1(k) C_2(l) \tilde{s}(k, l) \cos\left(\frac{(2i+1) K \Pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2j+1) L \Pi}{2N}\right) \quad (1)$$

得到变换后的图像经过反变换 IDCT, 得到原来变换的图像, 二维 IDCT 的定义如下:

$$S(i, j) = \frac{2}{\sqrt{M \times N}} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} C_1(k) C_2(l) \tilde{s}(k, l) \cos\left(\frac{(2i+1) K \Pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2j+1) L \Pi}{2N}\right) \quad (2)$$

其中  $i, k \in \{0, 1, 2, \dots, M-1\}$ ,  $j, l \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$ , 并且

$$C_1(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \\ 1, & k=1, 2, \dots, M-1 \end{cases} \quad C_2(l) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & l=0 \\ 1, & l=1, 2, \dots, N-1 \end{cases} \quad (3)$$

本文采用的是将要嵌入水印的宿主图片, 先进行  $8 \times 8$  的分块, 然后对分块后的图像进行 DCT 的变换, 上面的 DCT 的公式进行  $8 \times 8$  的分块 DCT 变换的定义如下:

$$\tilde{s}(k, l) = \frac{C_1(k)}{2} \frac{C_2(l)}{2} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 S(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1) K \Pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1) L \Pi}{16}\right) \quad (4)$$

得到变换后的图像经过反变换 IDCT, 得到原来变换的图像, 二维 IDCT 的定义如下:

$$S(i, j) = \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 \frac{C_1(k)}{2} \frac{C_2(l)}{2} \tilde{s}(k, l) \cos\left(\frac{(2i+1) K \Pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1) L \Pi}{16}\right) \quad (5)$$

其中,  $i, j, k, l \in \{0, 1, 2, \dots, 7\}$ , 并且:

$$C_1(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \\ 1, & k=1, 2, \dots, 7 \end{cases} \quad C_2(l) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & l=0 \\ 1, & l=1, 2, \dots, 7 \end{cases} \quad (6)$$

### 2.3 归一化相关系数 NC

对嵌入到宿主图像的水印图像, 在含水印的图像受到白噪声、高斯低通滤波、剪切旋转等进行攻击后, 提取水印的评判除了肉眼进行直观的观察的方法外, 我们还可以更准确地用科学的数据来进行评估, 通常采用的是归一化的相关系数 NC<sup>[5]</sup>来对提取的水印图片进行度量, 来评价该算法的好坏。通常是用嵌入后的宿主图像提取水印图像和原水印图像之间的相关度量来确定二者之间的匹配程度, 度量值大小反映了二者之间的相似程度, 度量值 NC 的值越大, 则表示水印嵌入的图像和水印的原图之间越相似。度量值的计算形式如下:

$$NC(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m, n) S^w(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T^2(m, n) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (S^w(m, n))^2}} \quad (7)$$

其中,  $T(m, n)$  为模板图像倒数第  $n$  行, 第  $m$  个像素值;  $S(i, j)$  为模板覆盖下的部分, 称为搜索子图,  $i, j$  是搜索子图的左下角像素点在参考图  $S$  中的坐标。

## 3 水印的置入与提取

### 3.1 水印的置入

用 DCT 对宿主图像进行水印嵌入时, 首先是对宿主图像进行  $8 \times 8$  的分块; 然后对分块后的图像进行 DCT 运算, 选取要嵌入的 DCT 系数, 并且对未嵌入水印的图像用 HVS 模型进行分析, 得到感知系

数的屏蔽模板,用其来控制水印嵌入的强度,再将编码后的水印信号,用一定的方式嵌入到选定好的系数中,用嵌入水印的系数替代原来位置的系数;最后对嵌入系数后的图像矩阵,进行逆 DCT 变换,得到了含有水印的图像<sup>[6]</sup>。

嵌入水印的算法为:

(1) 将宿主图像  $S(i, j)$ , ( $i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$ ) 分成  $8 \times 8$  的块,每一块都进行 DCT 变换,得到与宿主图像相同尺寸的 DCT 域系数矩阵  $\tilde{S}(i, j)$ , ( $i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$ )。

(2) 产生两个不相关的伪随机序列,并设定一个密钥  $key$ 。

(3) 将每个  $8 \times 8$  的 DCT 系数矩阵,从每一块的中频段取出  $((64 \times 8) / (M \times N))$  个系数  $C_k(i, j)$ , ( $k=1, 2, \dots, B_{\max}$ )。

(4) 然后嵌入水印,嵌入规则为当图像元素为“0”时,按照式子  $W' = W(1 + \alpha \times \text{mark})$  (其中  $\alpha$  为尺度因子,  $\text{mark}$  为随机序列,  $W$  为原图像的分块 DCT 系数),将一个随机序列与原始图像块的幅度谱对应元素进行乘性叠加;为“1”时,用另一个伪随机序列与幅度谱对应元素进行乘性叠加。

(5) 用得到的新的 DCT 系数对原来位置的 DCT 系数进行置换。

(6) 对新的 DCT 系数矩阵进行 DCT 逆变换,得到了嵌入水印信号的图像。

水印嵌入过程的流程图如图 1 所示。

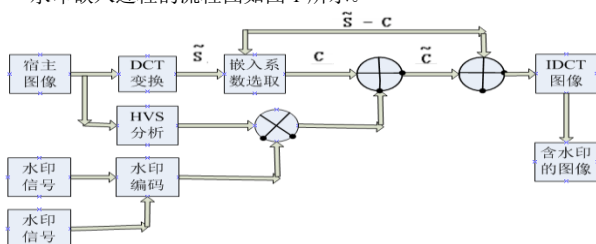


图2 水印嵌入流程图

### 3.2 水印提取

DCT 域水印的提取过程就是将处理过或受到过恶意攻击的待检测的图像进行 DCT 运算,然后按嵌入水印时选取的 DCT 系数,选取其含有水印的系数,进行水印的提取,然后利用相关检测判断水印是否存在。如果水印检测器输出结果显示水印存在,则根据需要可以用水印解码器对提取的水印进行解码,恢复水印。

水印检测提取算法为:

(1) 对含有水印图像进行  $8 \times 8$  的块 DCT 变换。

(2) 对每一块的 DCT 系数进行“之”字形排列,从已知的嵌入位置取出可能含有水印的系数  $\tilde{C}_k(i, j)$ ,将所有提取出的系数,按顺序组成系数序列  $\tilde{C}_k(i)$ , ( $i=1, 2, \dots, N_w$ )。

(3) 用密钥生成水印信号  $W-N(0, 1)$ 。

(4) 然后利用密钥和水印检测器解码出宿主图像的水印。

其水印检测的流程过程如图 3 所示。

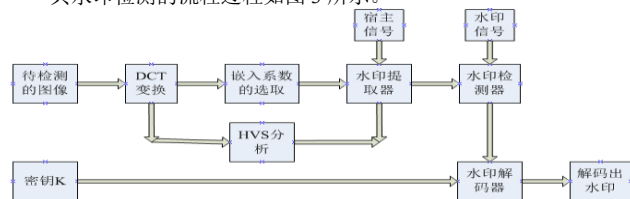


图3 水印提取流程图

## 4 实验与结论

对二维码宿主图像进行水印图像的嵌入,来验证其二维码的安全性、不可见性、鲁棒性。本实验采用 Matlab2015b 进行验证,宿主图像选择的是  $395 \times 395$  的二维码图像,  $40 \times 40$  的二值图像作为水印图像。参数设置  $\alpha=10$ ,进行水印的水印置入和提取,如图 4 所示。



图4 原二维码图像、水印置入之后的二维码图像  
嵌入图像受到噪声攻击时的图像和提取出的图像如图 5 所示。



图5 受到白噪声攻击时的二维码水印图像、提取的水印图像  
嵌入图像受到高斯低通滤波攻击时的图像和提取出的图像如图 6 所示。



图6 受到高斯低通滤波攻击时的二维码水印图像、提取的水印图像  
嵌入图像受到剪切攻击时的图像和提取出的图像如图 7 所示。

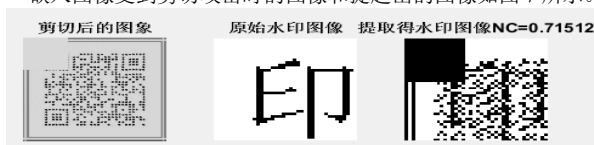


图7 受到剪切攻击时的二维码水印图像、提取的水印图像  
嵌入图像受到旋转攻击时的图像和提取出的图像如图 8 所示。



图8 受到旋转攻击时的二维码水印图像、提取的水印图像  
嵌入图像没有受到攻击时的图像和提取出的图像如图 9。

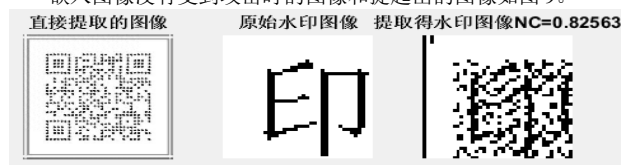


图9 没有受到攻击时的二维码水印图像、提取的水印图像

通过以上的实验结果,可以看出当水印图像没有受到攻击时,  $NC=0.82563$ ;当受到白噪声攻击时,  $NC=0.81246$ ;当受到高斯低通滤波攻击时,  $NC=0.76274$ ;当受到剪切攻击时,  $NC=0.71512$ ;当受到旋转攻击时,  $NC=0.6436$ 。从实验数据可以看出,当含水印的二维码图像在没有受到攻击或者受到加噪声、高斯低通滤波、剪切攻击时,感觉不到水印的存在,而对专用的加解密水印软件是可以读取水印信息的<sup>[7]</sup>。本文对二维码在产品的版权保护中存在的问题进行了深入探讨的基础上,提出了在二维码中引入密钥的数字水印技术,起到对产品版权的保护作用。该方法是基于 DCT 的变换<sup>[8-9]</sup>的基础上,引入了含有密钥的数字水印技术,在保证水印不可见性的基础上,提高了水印的鲁棒性。经过实验证明,该方法对具有版权作用的二维码图像受到常见的攻击时,具有较好的抵抗效果。

## 5 结束语

二维码由于其本身包含的信息量大、容错能力强等优点,已被广泛应用到生活的方方面面。产品的防伪、溯源等应用领域,除了可增加 LOGO 外,还需要加入不易被发现的水印,以保护二维码的所属权或防止被假冒。二维码置入水印需要解决两个问题:置入水印的二维码不影响正常使用、需要有效加解密水印。也就是对一般二维码识别时,感觉不到水印的存在,而对专用的加解密水印软件是可以读取水印信息的<sup>[7]</sup>。本文对二维码在产品的版权保护中存在的问题进行了深入探讨的基础上,提出了在二维码中引入密钥的数字水印技术,起到对产品版权的保护作用。该方法是基于 DCT 的变换<sup>[8-9]</sup>的基础上,引入了含有密钥的数字水印技术,在保证水印不可见性的基础上,提高了水印的鲁棒性。经过实验证明,该方法对具有版权作用的二维码图像受到常见的攻击时,具有较好的抵抗效果。

## 参考文献:

- [1] 罗超, 贾克斌, 李周贤.一种基于数字水印和非对称加密技术的 QR 二维码编译系统[J].计算机工程与应用,2015(51):

364-365.

[2]关虎, 张贵焯, 张树武, 等.基于二维码的鲁棒图像水印技术及应用研究[J].有线电视技术, 2018 (10).

[3]何伟, 黄丹灵, 张玲, 等.适用于嵌入系统的 QR 码识别算法[J].计算机应用, 2009, 29 (3): 774-776.

[4]GUAN H, ZENG Z, LIU J, et al. A Novel Robust Digital Image Watermarking Algorithm based on Two-Level DCT [C].IEEE International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering. 2014: 1804-1809.

[5]Liu H, Xiao D, Zhang R, et al. Robust and hierarchical watermarking of encrypted images based on compressive sensing [J]. Signal Processing Image Communication, 2016, 45 (C): 41-51.

[6]基于变换域的鲁棒数字水印技术的研究 [EB/OL].https://w

www.docin.com/p-1870716273.html.

[7]李国和, 陈晨, 吴卫江, 等.面向二维码的数字水印置入与提取方法[J].计算机工程与应用, 2019, 55 (10): 103-107.

[8]HU H T, CHANG J R, HSU L Y. Robust blind image watermarking by modulating the mean of partly sign-altered DCT coefficients guided by human visual perception[J]. AEU-International Journal of Electronics and Communications, 2016, 70 (10): 1374-1381.

[9]DAS C, PANIGRAHI S, SHARMA V K, et al. A novel blind robust image watermarking in DCT domain using inter-block coefficient correlation[J]. AEUE-International Journal of Electronics and Communications, 2014, 68 (3): 244-253.

# 基于跟踪算法的图像识别方法研究

◆张海霞 朱泰全 邓宇航 兰汶鑫 许燕 指导老师

(西北民族大学数学与计算机科学学院 甘肃 730124)

摘要: 当今社会处于信息技术高速发展的阶段, 随着人工智能的兴起, 计算机技术被应用于各个行业的各个方面, 其中图像识别技术的运用得到了很大程度的普及, 很多领域都在使用图像识别技术, 图像识别技术也越来越成熟, 变得越来越多元化, 本文旨在深入研究跟踪算法, 并结合现在的图像识别技术, 探讨并研究基于跟踪算法的图像识别方法的实现以及优化, 以及将其应用于智能化教学视频录播系统。

关键词: 跟踪算法; 图像识别; 目标检测

基金项目: 西北民族大学中央高校基本科研业务费资助资助本科生科研能力项目训练项目 (项目编号: XBMU21192)

## 1 引言

对于运动目标的跟踪属于视频分析的知识, 也需要对图像序列进行处理, 从而研究运动目标的规律, 或者为系统的决策报警提供语义和非语义的信息支持, 包括运动检测、目标分类、目标跟踪、行为理解、事件检测等。由于线上教育的快速发展, 现在越来越多的人通过线上的录播课、直播课等进行学习, 而往往这种线上课堂相对于线下课堂的教学来说会有一定的限制, 为了从各个方面提高线上教育的效率以及缩小其劣势, 研究基于跟踪技术的图像识别技术有着重大的实用价值。

## 2 系统设计

本项目研究的主要问题以及难点的概要解决方案如下。

### 2.1 基于视频的目标检测

在视频中目标往往具有运动特性, 这些特性来源有目标本身的形变, 目标本身的运动, 以及相机的运动。所以需要引入多帧, 这样我们不仅可以获得好多帧目标的外观信息, 还能获得目标在帧间的运动信息。

具体可采用以下三种方式:

第一种: 侧重于目标的运动信息。

先基于 motion segmentation 或是 background extraction (光流法和高斯分布等) 实现对前景和背景的分离, 也就是说, 我们借助运动信息挑出了很有可能是目标的区域; 再考虑连续帧里目标的持续性 (大小、颜色、轨迹的一致性), 可以帮助删去一部分不合格的候选的目标区域; 然后对挑出的区域打分做判断。

第二种: 动静结合。

即在第一种的基础上, 加入目标的外观形变。有些目标在视频中会呈现幅度较大的, 有一定规律的形变。这时我们可以通过学习形变规律, 总结出目标特殊的运动特征和行为范式, 然后看待检测的目标是否满足这样的行为变化。常见的行为特征表示有 3D descriptors, Markov-based shape dynamics, pose/primitive action-based histogram 等等。这种通过综合目标静态和动态信息来判断是否是特定目标的方法, 有些偏向 action classification。

第三种: 频域特征的利用。

在基于视频的目标检测中, 除了可以对目标空间和时间信息进行

分析外, 目标的频域信息在检测过程中也能发挥巨大的作用。比如, 在鸟种检测中, 我们可以通过分析翅膀扇动频率实现鸟种的判别。值得注意的是, 这里基于视频的目标检测 (video-based detection) 存在两种情况, 一种是你只想知道这个场景中有没有这种目标, 如果有, 它对应的场景位置是哪; 另一种是这个场景有没有这种目标, 它在每一帧中的位置是哪。我们这里介绍的方法侧重的是后一种更复杂的。

### 2.2 边界跟踪算法的基本实现原理

基于边缘的分割常用方法之一, 用于区域已分出 (二值或已标注), 但边界未知的情况。

首先在图像中找到一个边界点, 然后从这个边界点出发, 按照某种策略寻找下一个边界点, 以此跟踪出目标边界。对于边界跟踪法, 重要的是三个部分, 边界的起始点、搜索规则 (边界判别准则), 搜索终止条件。

起始点: 确定边界的起始搜索点, 起始点的选择很关键, 对某些图像, 选择不同的起始点会导致不同的结果。

搜索规则 (边界判别准则): 确定合适的边界判别准则和搜索准则, 判别准则用于判断一个点是不是边界点, 搜索准则则指导如何搜索下一个边缘点。

搜索终止条件: 确定搜索的终止条件。

这里搜索终止条件对于封闭轮廓和非封闭轮廓有不同的处理 (本项目主要讨论非封闭轮廓), 对于封闭轮廓: 直至跟踪的后续点回到起始点。

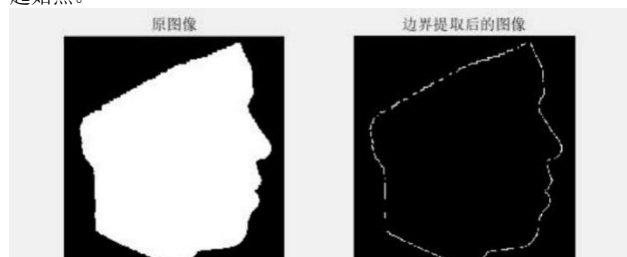


图1 原图像与边界提取后的图像

我们这里对封闭轮廓的跟踪算法进行讨论, 具体算法如下: