

QR 二维码的无参考图像质量评价方法评测与研究*

薛 松

(陆军军官学院研究生管理大队三队 合肥 230031)

摘 要 论文综合讨论了二维码(QR Code)图像的相关知识和无参考图像质量评价方法的相关原理,重点对算法进行评测。文章首先阐述二维码的相关特性;其次对目前比较常用的算法进行简要介绍,并对二维码进行评测和结果分析;最后指出二维码图像质量评价是未来重要的研究方向。

关键词 图像处理; 图像质量评价; 无参考算法; 二维码

中图分类号 TP391 **DOI**:10.3969/j.issn1672-9730.2014.04.032

Research and Evaluation on No-reference Image Quality Assessment for QR Codes

XUE Song

(3rd Company of Administrant Brigade of Postgraduate, Army Officer Academy of PLA, Hefei 230031)

Abstract In this paper, the correlative knowledge of QR Codes and basic elements of no-reference image quality assessment are discussed, and more attention is paid to the evaluation of algorithms. Firstly correlative character of QR Codes is introduced; then some common algorithms are briefly introduced, evaluated and analyzed for QR Codes. Finally QR Codes quality assessment is indicated to be an important research direction in the future.

Key Words image processing, image quality assessment, no reference algorithm, QR Codes

Class Number TP391

1 引言

近年来,随着资料自动收集技术的发展,用二维码符号表示更多资讯的要求与日俱增。扫描二维码,识别其所载的数据并获取信息在人们日常生活出现得越来越频繁。在领跑条码标签设计软件中,二维码被应用于防伪也是屡见不鲜。然而,由于纸质载体在印刷过程中的污染,或是在数据传输过程中噪声的引入,会对二维码图像造成一定程度的失真。因此对二维码图像质量的合理评估具有重要的应用价值。

2 QR 二维码相关知识

QR 二维码是由日本丰田子公司 Denso Wave 于 1994 年发明并开始使用的一种矩阵二维码符号。如图 1。是一种被广泛使用的二维码。QR 码

不仅信息容量大、可靠性高、成本低、解码速度快,还可以表示汉字及图像等多种文字信息,其保密防伪性强且使用方便。



图 1 QR 二维码

QR 码成正方形,只有黑白两色。在其代码编制上巧妙地利用了构成计算机内部逻辑基础的“0”、“1”比特流概念,使用若干个与二进制对应的几何形体来表示文字数值信息,通过图像输入设备或光电扫描设备自动识别读取以实现信息自动处理。其组成结构包含以下几类,如图 2 所示。

1) 位置探测图形,位置探测图形分隔符:用于二维码的定位,对每个 QR 码来说,位置都是固定存在的,只是大小规格有所差异,这些黑白间隔的矩形块很容易进行图像处理的检测。因此无论以

* 收稿日期:2013 年 10 月 17 日,修回日期:2013 年 11 月 25 日
作者简介:薛松,男,硕士研究生,研究方向:图像处理。

任何角度扫描 QR 码,信息都可被正确读取。

2) 校正图形:根据尺寸不同,校正图形个数也不同。校正图形主要用于 QR 码形状的校正,尤其是图像印刷在不平坦的面上,或者扫描时发生畸变等。

3) 定位图形:这些小的、黑白相间的格子就好像坐标轴,在二维码上定义了网格。

4) 信息格式:表示二维码的纠错级别,分为 L、M、Q、H。

5) 数据区域:使用黑白的二进制网格编码内容。8 个格子可以编码一个字节。

6) 版本信息:即二维码的规格,QR 码符号共有 40 种规格的矩阵(一般为黑白色),从 21×21 (版本 1),到 177×177 (版本 40),每一版本的符号比前一版本每边增加 4 个模块。

7) 纠错码字:用于修正二维码损坏带来的错误。

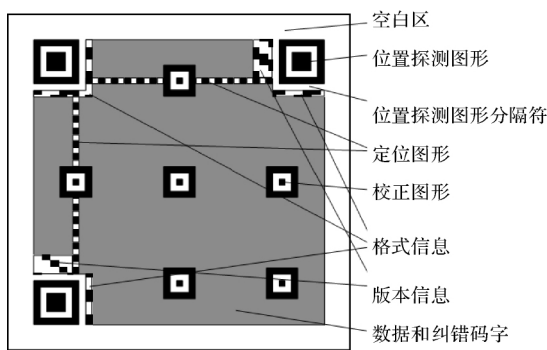


图 2 QR 二维码符号的结构

3 经典无参考算法模型描述

现存经典的无参考图像质量评价算法通过在空域、小波域、DCT 域提取图像统计因子的特性构建评价模型^[1]。如图 3 所示。

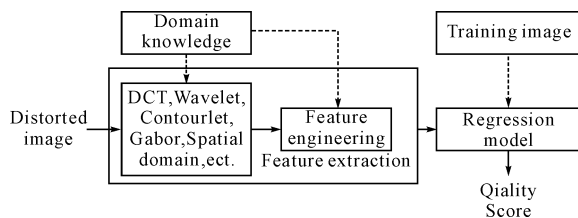


图 3 无参考算法评价模型

3.1 基于小波域的 NR-IQA

2010 年, Bovik 和 Moorthy 模块化 NR-IQA 算法 BIQI^[2]。该方法首先在三个尺度、三个方向对图像使用双正交 $9/7$ 的小波变换,获得子带因子。这些子带因子随后通过广义高斯分布 (generalized Gaussian distribution, GGD) 模型进行参数化:

$$f_x(x; \mu, \sigma^2, \gamma) = ae^{-[b|x-\mu|]^\gamma} \quad (1)$$

获得的参数 σ^2, γ 在三个尺度、三个方向组成一个 18 维向量 \vec{f}_i , 代表图像的特征向量。随后使用带有径向基核函数 (radial-basis, RBF) 的支持向量机 ν -SVM 和支持向量回归 ν -SVR 拟合来计算图像质量。

2011 年 Bovik 和 Moorthy 提出算法 DIIVINE^[3]。该算法包括两个步骤: 1) 从失真图像中提取统计信息用于对失真类型做出判断; 2) 用该统计信息对所确定的失真类型做出估计, 得出质量分数。在该算法中, 高斯混合尺度 (Gaussian Scale Mixture, GSM) 模型将一系列相邻的小波因子进行建模, 用于模拟边缘的统计特性。随后在两个尺度六个方向上使用塔型分解提取统计特征。所有特征的描述如表 1 所示。

表 1 DIIVINE 特征

| 特征序号 | 特征描述 | 计算过程 |
|----------------------|------------|---------------------|
| $f_1 \sim f_{12}$ | 子带因子的方差 | 拟合 GGD 的子带系数 |
| $f_{13} \sim f_{24}$ | 子带因子的形状参数 | 拟合 GGD 的子带系数 |
| $f_{25} \sim f_{31}$ | 跨子带因子的形状参数 | 拟合 GGD 的方向子带系数 |
| $f_{32} \sim f_{43}$ | 跨尺度相关联 | 在滤波器响应间计算窗口的结构相关性 |
| $f_{44} \sim f_{73}$ | 空域跨子带相关联 | 在相关函数上拟合多项式 |
| $f_{74} \sim f_{88}$ | 跨方向统计 | 在同尺度相邻方向上计算窗口的结构相关性 |

最后使用 SVM 和 SVR 对以上特征进行分类回归得到 \vec{p}, \vec{q} , 则 DIIVINE = $\vec{p}^T \vec{q}$ 。

3.2 基于 DCT 域的 NR-IQA

2012 年, Bovik 和 Saad 提出基于 DCT 系数的统计特性的评价方法 BLIINDS-I^[4] 和 BLIINDS-II^[5]。该方法认为人眼善于从自然场景图像中提取结构信息, 且人眼对于对比度较为敏感。失真会对图像的对比度、清晰度和各项异性产生影响。对于 BLIINDS-I, 方法将图像分成 17×17 的图像块, 对每个图像块进行 DCT 变换计算图像对比度; 而图像清晰度则通过选取最小 10% 的 DCT 系数分布峰值; 图像各向异性则通过广义瑞尼熵 (Generalized Renyi Entropy) 和伪魏格纳分布 (Pseudo-Wigner Distribution, PWD) 进行描述。最后采用概率模型的方法选取是后验概率 P (DMOS/X) 最大的 DMOS 值即为图像的质量。BLIINDS-II 通过应用局部 DCT 系数的广义统计模型对 BLIINDS-I 进行性能提升。

3.3 基于空域的 NR-IQA

2012 年, Bovik 和 Mittal 提出基于空域的算法 BRISQUE^[6], 该算法用局部归一化亮度因子的场

景统计特性来量化图像中的失真。定义非对称的广义高斯分布 (asymmetric generalized Gaussian distribution, AGGD):

$$f(x; \nu, \sigma_l^2, \sigma_r^2) = \begin{cases} \frac{\nu}{(\beta_l + \beta_r) \Gamma(\frac{1}{\nu})} \exp\left(-\left(\frac{-x}{\beta_l}\right)^\nu\right) & x < 0 \\ \frac{\nu}{(\beta_l + \beta_r) \Gamma(\frac{1}{\nu})} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta_r}\right)^\nu\right) & x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

总共提取 36 个参数。最后使用 SVM 和 SVR 用来确定质量得分。

2013 年, Bovik 提出了一种 OU-DU^[7] (opinion-unaware distortion-unaware) IQA 算法 NIQE^[8]。算法首先通过局部平均活动和分离归一化预处理图像:

$$\hat{I}(i, j) = \frac{I(i, j) - \mu(i, j)}{\sigma(i, j) + 1} \quad (3)$$

$$\mu(i, j) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k,l} I(i+k, j+l) \quad (4)$$

$$\sigma(i, j) = \sqrt{\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k,l} [I(i+k, j+l) - \mu(i, j)]^2} \quad (5)$$

得到相关的可感知的空域 NSS 特征。随后将图像分为一系列大小为 $P \times P$ 的块, 在每个块上计算具体的 NSS 特征。由于人眼对于图像清晰的部分较为敏感, 而多数图像质量信息存于这些块中^[9]。因此选定信息量丰富的块: 定义每个块数目 b 计算局部平均偏离域:

$$\delta(b) = \sum \sum_{(i,j) \in \text{patch}b} \sigma(i, j) \quad (6)$$

给定阈值 T , 若 $\delta > T$, 则该图像块被选中。通过 AGGD 总共提取 36 个特征。使用多变量高斯模型 (multivariate Gaussian, MVG) 拟合这些块特征:

$$f_X(x_1, \dots, x_k) = \frac{1}{(2\pi)^{k/2} \left| \sum |^{1/2} \right|} \exp\left(-\frac{1}{2} (x - \nu)^T \sum^{-1} (x - \nu)\right) \quad (7)$$

最后, 图像质量表达为从失真图像块中提取的拟合 MVG 模型特征与从自然图像集中提取的特征间的距离:

$$D(\nu_1, \nu_2, \sum_1, \sum_2) = \sqrt{\left((\nu_1 - \nu_2)^T \left[\frac{\sum_1 + \sum_2}{2} \right]^{-1} (\nu_1 - \nu_2) \right)} \quad (8)$$

4 QR 二维码的测试与结果分析

采用某二维码生成软件将号码“1234567890”生成图 1 所示的二维码图像, 该图像作为本实验的参考图像。采用 Matlab 函数: $J = \text{imnoise}(I, 'salt\&pepper', \text{parameter})$ 对二维码参考图像加上噪声 (图 4) 以及 $J = \text{fspecial}('motion', \text{len}, \text{theta})$ 的运动模糊 (图 5) 以模拟生活中的印刷失真与扫描设备的抖动。随后采用经典的四种无参考图像质量评价算法 BIQI、DIVINE、BRISQUE、NIQE 对以上两类降质方法产生的图像组进行算法评测, 并选取全参考算法 SSIM^[10] 进行对比评测, 探寻与人类主观评价相一致的、适合各类降质方法的无参考图像质量评价算法。

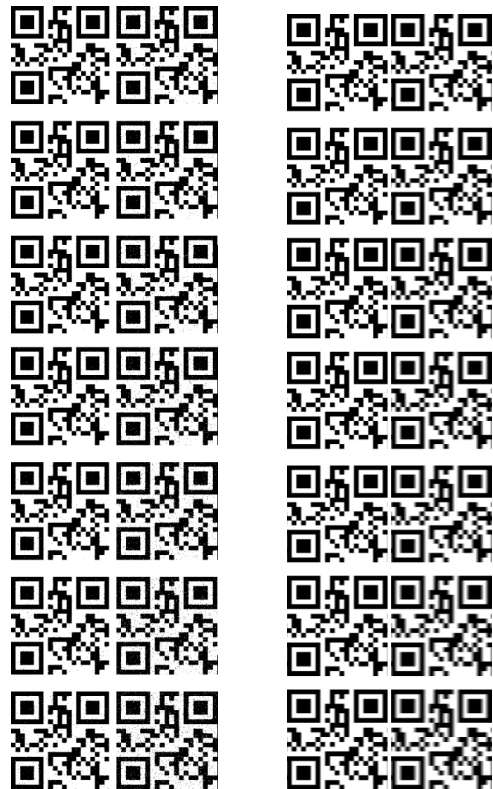


图 4 二维码噪声

图 5 二维码模糊

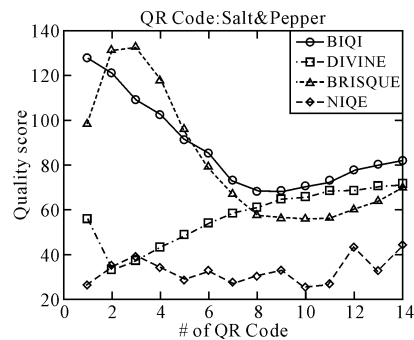


图 6 二维码噪声无参考评测

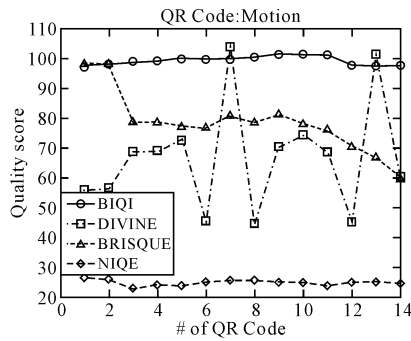


图 7 二维码运动模糊无参考评测

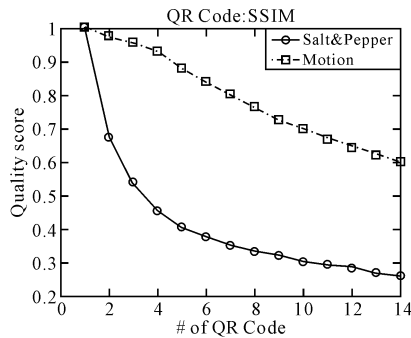


图 8 二维码全参考评测

通过测试得出实验结果如图 6~图 8 所示。从图中可以看出随着噪声及模糊程度增大,四种无参考算法均不能表现出与人眼视觉感知相一致的单调性,其评价方法均不能运用于实时评测中。全参考算法虽符合人眼视觉特性,由于参考图像的引入,其也不能应用于实际生活与生产中。

这是由于现存通用的无参考算法大致分为两类^[11],一是基于特定失真类型,如 JPEG、JPEG2000、blur 等,通过变换理论或边缘模型评价图像质量;二是基于 Learning blind 模型,通过提取图像的自然场景统计信息或建立分类、回归的视觉码书来获取图像的质量。以上两类方法都是自然图像的评价方法,而二维码图像是由一系列黑白相间的规则矩形所构成,这些黑白图形使图像显得“不自然”,因此难以得出与人眼视觉感知一致的结果。

5 结语

本文面向二维码图像,选取当前较为常用且有代表性的无参考评价算法进行简要描述,并通过实验测试并选取全参考 SSIM 算法进行对比。结果表明很难有一种或几种算法能对二维码图像进行评价,得到正确结果。正是由于 QR 二维码具有“资料储存量大”、“资讯随着产品走”、“可传真影印”、“错误纠正力高”等优势,其应用越来越广泛。

因此建立一种适合 QR 二维码图像的评价方法将成为未来该方向的热点和难点。

参考文献

- [1] A. K. Moorthy, A. C. Bovik. Statistics of Natural Image Distortions[C]//IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, Dallas, Texas, 2010, 5: 14-19.
- [2] Anush Krishna Moorthy, Alan Conrad Bovik. A Two-Step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2010, 14(5): 513-516.
- [3] A. K. Moorthy, A. C. Bovik. Blind image quality assessment; From natural scene statistics to perceptual quality[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(12): 3350-3364.
- [4] M. A. Saad, A. C. Bovik, C. Charrier. A DCT statistics based blind image quality index[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2010, 17(6): 583-586.
- [5] M. A. Saad, A. C. Bovik. Blind image quality assessment; A natural scene statistics approach in the DCT domain[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(8): 3339-3352.
- [6] A. Mittal, A. K. Moorthy, A. C. Bovik. No-reference image quality assessment in the spatial domain[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(12): 4695-4708.
- [7] Z. Wang, A. C. Bovik. Reduced and no reference visual quality assessment-The natural scene statistic model approach[J]. IEEE Signal Processing Magazine, Special Issue on Multimedia Quality Assessment, 2011, 29(6): 29-40.
- [8] A. Mittal, R. Soundarajan, A. C. Bovik. Making a 'Completely Blind' Image Quality Analyzer[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2013, 20(3): 209-212.
- [9] R. Hassen, Z. Wang, M. Salama. No-reference image sharpness assessment based on local phase coherence measurement[C]//IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Sig. Process, 2010: 2434-2437.
- [10] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, et al. Image quality assessment; from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612.
- [11] P. Ye, D. Doermann. No-reference Image Quality Assessment based on Visual Codebook [C]//IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(7): 3129-3138.