

文章编号:1002-2082(2010)03-0413-05

# QR 码图像预处理中的滤波研究

邹 雄, 刘国栋, 曾文平

(江西科技师范学院, 江西 南昌 330013)

**摘 要:** QR 码图像采集过程中会出现椒盐噪声, 为了在滤除图像椒盐噪声的同时能很好地保持图像的细节, 将几种常用中值滤波方法应用到QR 码的图像预处理中, 进一步对其结果进行比较, 得出QR 码图像中值滤波的规律。据此提出利用窗口系数的新中值滤波方法, 先二值化, 然后进行基于滤波窗系数的中值滤波处理, 经过实验比较找到一组系数。实验结果表明: 将该系数的中值滤波用在QR 码图像预处理中可以大大提高译码的效率和准确率。在加噪一定情况下, 实验的识别率达到了100%。

**关键词:** 二维码; QR 码; 中值滤波; 滤波窗系数; 图像预处理

**中图分类号:** TN911.73; TP751.2

**文献标志码:** A

## Filtering for QR code image pre-processing

ZOU Xiong, LIU Guo-dong, ZENG Wen-ping

(Jiangxi Science&Technology Normal University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Salt and pepper noise often appears in the acquisition of QR code image. In order to reduce salt and pepper noise as well as maintain image details, median filtering is frequently used in two-dimensional code image pre-processing. However, the typical median filtering algorithm requires a lot of time. Several median filtering methods were applied to the QR code image preprocessing, then the results were compared and QR code image median filtering rules were obtained, the new median filtering method was proposed, which used the window coefficients. Binarization is the first step, then the binary image is processed by median filtering based on filtering window coefficients, and a group of data is obtained through the experimental comparison. The experimental results show the decoding efficiency and accuracy are greatly improved when this coefficients' median filtering is adopted in the QR code image preprocessing.

**Key words:** two-dimensional code; quick response code; median filtering; filtering window coefficient; image pre-processing

## 引言

二维码技术是在20世纪80年代末从一维条码基础上发展起来的, 与传统的一维条码相比有以下优点: 1) 信息密度高; 2) 可以表示汉字、图像、甚至声音; 3) 具备纠错功能。QR 码是一种矩阵式二维码, 它还具有速度快、全方位识别并能对汉字的表示进行专门优化处理<sup>[1-3]</sup>。QR 码的识别步骤一

般分为图像采集、图像预处理、条码的译码<sup>[3]</sup>。摄像头采集的图像不可避免地存在噪声, 其中有部分噪声满足泊松分布的盐粒噪声, 这需要一系列的预处理步骤给予降噪, 所以图像的预处理十分重要, 它的好坏直接影响到后面的识别。研究和经验表明: 中值滤波非常适合条码图像的去噪<sup>[4-6]</sup>。文献[4]考虑到移植到手机中运行, 采用的是 $5 \times 5$ 像素模板

收稿日期:2009-10-10; 修回日期:2009-11-02

作者简介:邹雄(1982-),男,湖北荆州人,江西科技师范学院研究生,主要从事手机通信安全和图像处理工作。

E-mail:qxqxzzz@sina.com

的十字形中值滤波,可以减少处理点,缩短处理时间。文献[5]提出十字形窗口对尖顶角状的图像效果较好,所以采用 $5 \times 5$ 像素的十字形窗口滤波。文献[6]提出对于变化缓慢且具有较长轮廓线物体的图像,可采用方形或圆形窗口,而对于具有尖角物体的图像则采用十字窗口。文献[7]比较了QR码图像经过 $3 \times 3$ 像素和 $5 \times 5$ 像素的中值滤波后的效果。但是这些用在QR码图像预处理中的中值滤波没有考虑QR码图像的特征。本文首先对QR码图像进行几种常见的中值滤波处理,分析各种滤波效果,发现QR码图像中值滤波的规律,提出了改进型的中值滤波算法。

## 1 中值滤波

### 1.1 中值滤波原理

中值滤波是常用的一种非线性平滑滤波。它是一种临域运算,类似于卷积,其原理为:首先确定一个以某个像素为中心点的窗口,二维中值滤波一般采用一个 $n \times n$ 像素的滑动窗口,窗口的长宽都为 $n$ ,从左至右,从上到下逐行移动。对滑动窗口内像素点灰度值进行排序,选择排序像素集的中间值作为指定像素点的灰度值<sup>[8]</sup>。具体步骤如下:

- 1) 将滤波窗在图像中漫游,并将滤波窗中心与图像中心某个像素的位置重合;
- 2) 读取滤波窗中各对应像素点的灰度值;
- 3) 将这些灰度值按从小到大排列找出其中间的一个值;
- 4) 将这个中间值赋给对应滤波窗中心位置的像素。

二维窗口形状可以有各种不同的形状,如方形、十字形、圆形、菱形、圆环形等。窗口大小一般定为奇数,可以有 $3 \times 3$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 像素等。二维数据的中值滤波可以表示为

$$Y_{ij} = \text{med}_A \{X_{ij}\} \quad (1)$$

式中: $A$ 为窗口; $X_{ij}$ 为被处理的图像平面上的一个像素点,坐标为 $(i, j)$ ;  $Y_{ij}$ 为以 $X_{ij}$ 为中心、窗口 $A$ 所套中范围内像素点灰度的中值,即中值处理的输出值。

### 1.2 中值滤波效果及分析

本实验中采用的QR码原图直接由编码器生成,QR码为 $29 \times 29$ 模块(包含每边4个模块的空白),本实验取最小QR码图像的模块由4个像素组成,即为 $116 \times 116$ 像素大小。所包含信息为信号与

信息处理,型号为1,纠错等级为 $L(7\%)$ 。

如图1中的图(a)为编码器直接生成 $116 \times 116$ 像素的QR码图像,图(b)为原图加上方差为0.4的椒盐噪声的图像,图(c)、(d)、(e)分别为通过 $3 \times 3$ 像素矩形中值滤波、 $5 \times 5$ 像素矩形中值滤波、 $5 \times 5$ 像素十字形中值滤波后的图像。

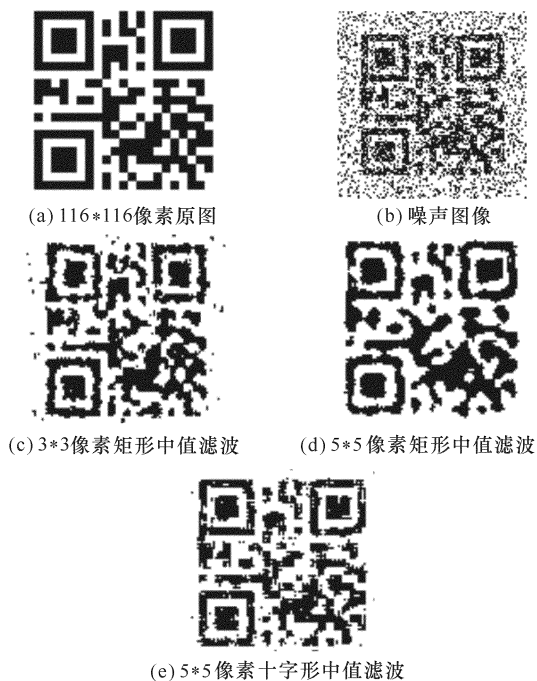


图1  $116 \times 116$  像素图像中的几种中值滤波效果比较图  
Fig. 1 Comparison image of  $116 \times 116$  pixel image's several median filtering effect

根据误码率(即像素错误率)=错误的像素数/总的像素数,再考虑到位置探测图在整个QR码图像中的评价标准不一样<sup>[1]</sup>,计算图1中各图的全图误码率和探测图形误码率,如表1所示。

表1  $116 \times 116$  像素图像几种中值滤波的误码率

Table 1 BER of  $116 \times 116$  pixel image with several median filterings

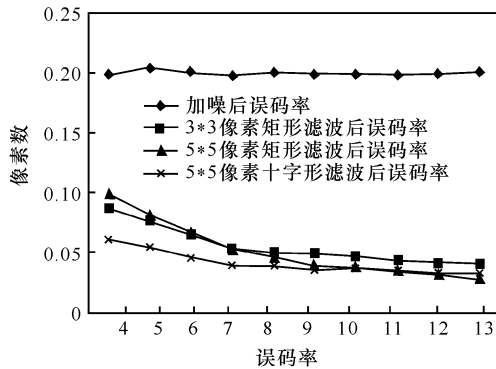
图像 $116 \times 116$ 像素	加0.4椒盐噪声后	$3 \times 3$ 像素矩形中值滤波	$5 \times 5$ 像素矩形中值滤波	$5 \times 5$ 像素十字形中值滤波
全图误码率	0.198 9	0.086 6	0.099 3	0.061 0
探测图形误码率	0.216 8	0.136 2	0.134 4	0.117 3

同理将该QR码图像各大小的图像误码率分别求出,图1为每个模块像素是4( $116 \times 116$ 像素),将误码率绘制成折线图,即图2所示,其中图(a)横轴表示的是QR码图像每个模块的像素数,纵轴表示的是全图的误码率,图(b)纵轴表示的则是位置探测图形的误码率。

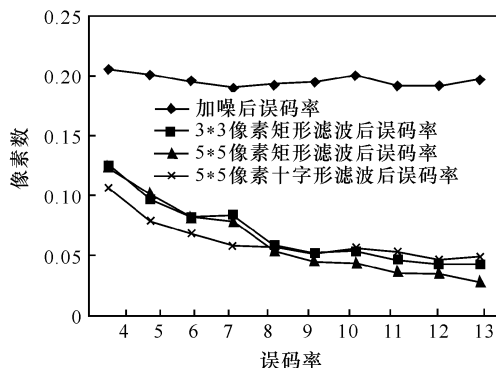
由图2可得:1) 针对每个模块由比较少的像素数组成的图像(例如每个模块由9个以下的像素

组成),5 \* 5 像素十字形中值滤波优于3 \* 3 像素方形的中值滤波和5 \* 5 像素矩阵的中值滤波;

2) 针对每个模块由比较多的像素数组成的图像(每个模块由 10 个以上的像素组成),5 \* 5 像素矩阵的中值滤波好于3 \* 3 像素矩阵的中值滤波和5 \* 5 像素十字形中值滤波;



(a) 滤波后QR码全图误码率的折线图



(b) 滤波后QR码位置探测图误码率的折线图

图2 经过滤波后QR 码误码率的折线图

Fig.2 BER's line chart of QR code image filtered

## 2 改进的中值滤波

### 2.1 中值滤波窗系数的提出

研究和经验表明,对于尖顶状图像,十字形滤波比矩阵滤波效果要好<sup>[3-4]</sup>。从上面结论知:随着QR 码图像模块的像素数加大,十字形滤波效果低于相同大小的矩阵滤波效果,而这也是以增加处理点和延长处理时间为代价的,由此可得:十字形方向上各点像素对中心点的影响系数是随着QR 码图像的模块的像素数的增大而降低的。所以针对该特征,本文提出中值滤波窗系数:

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1,2n+1} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2,2n+1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \lambda_{2n+11} & \lambda_{2n+12} & \dots & \lambda_{2n+1, 2n+1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

QR 码图像采用改进的中值滤波后, $a_{ij}$ 像素点

的值:以 $a_{ij}$ 点为中心的 $(2n+1) * (2n+1)$ 矩阵中每个点按大小排列,出现的次数为其对应系数的值,找出排列的中间值。具体步骤如下:

- 1) 将滤波窗在图像中漫游,并将滤波窗中心与图像中心某个像素的位置重合;
- 2) 读取滤波窗中各对应像素点的值并记录下滤波窗中对应的系数值;
- 3) 将这些像素点的值按从小到大排列,出现的次数为其对应的系数值;
- 4) 找出该排列的中间的一个值;
- 5) 将这个中间值赋给对应滤波窗中心位置的像素。

通常图像的预处理是先滤波处理后再二值化,本文提出的算法是基于先二值化,再滤波处理,主要考虑的是中值滤波耗费的时间比较长,如果将传统的中值滤波用在QR 码预处理中,考虑到QR 码识别要求30 张/s,而且现在流行用手机装上识别软件识别QR 码图像,所以本文采用先二值化再中值滤波的方法。其算法实现如下:

$$\text{如果 } \frac{\sum_{M=-n}^n \sum_{N=-n}^n a_{i+N} \lambda_{N+n+1} M+n+1}{\sum_{M=-n}^n \sum_{N=-n}^n \lambda_{N+n+1} M+n+1} \geq \frac{1}{2} \quad (3)$$

则 $a_{ij} = 1$ ,反之 $a_{ij} = 0$ 。本文针对该QR 码图像找到

$$\text{了一组系数 } \lambda = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 3 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{。实验如下:}$$

编码器直接生成信号与信息处理,型号为1,纠错等级为L(7%)的QR 码图像29 \* 29 模块,取模块由4 ~ 13 个像素组成,即为116 \* 116 像素QR 码图像到377 \* 377 像素QR 码图像。如图1 中的图1(a) 即为116 \* 116 像素。将这些图像都加上方差为0.4 的椒盐噪声,然后分别进行3 \* 3 像素矩形中值滤波、5 \* 5 像素矩形中值滤波、5 \* 5 像素十字形中值滤波、改进的中值滤波。由(3) 式得到改进的中值滤波算法。如果 $\sum_{M=-2}^2 \sum_{N=-2}^2 a_{i+N} \lambda_{N+3} M+3 \geq 17$ ,则 $a_{ij} = 1$ ,反之 $a_{ij} = 0$ 。

例如  $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  是QR 码图像的一部

分,经计算  $\sum_{M=-2}^2 \sum_{N=-2}^2 a_{3+N} \lambda_{N+3} \geq 17$  成立,所以  $a_{33} = 1$ 。

最后计算并绘制全图误码率和位置探测图形误码率的折线图。

### 3 实验结果对比

#### 3.1 图像直接对比

图3为116 \* 116 像素的QR 码图像加噪后再采用几种常见滤波窗进行滤波和使用改进的中值滤波处理后的比较图。



图3 116 \* 116 像素图像的几种中值滤波效果比较图  
Fig. 3 Comparison image of 116 \* 116 pixel image with several median filtering effects

从图3和图4可以看出:不论QR 码图像模块像素数的多少,采用该滤波系数去噪比5 \* 5 像素矩形中值滤波和5 \* 5 像素十字形中值滤波的效果都要好,大量的噪声被清除,原始图像得到最大程度恢复。



图4 377 \* 377 像素图像的几种中值滤波效果比较图  
Fig. 4 Comparison image of 377 \* 377 pixel image with several median filtering effects

#### 3.2 折线图的对比

图5为加噪和采用各种滤波窗去噪后的全图和位置探测图形误码率的折线图。

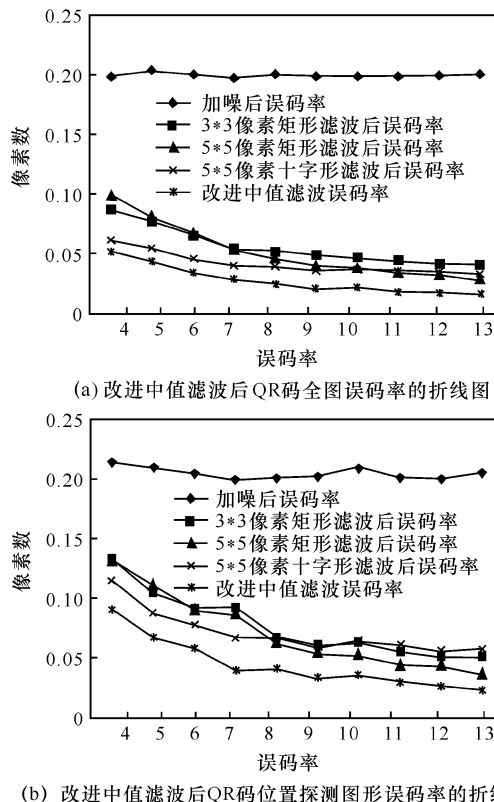


图5 改进中值滤波后QR 码误码率的折线图  
Fig. 5 BER's line chart of QR code image with improved median filtering

从图5可以明显看到,采用该滤波系数得到的图像误码率比相应的其他中值滤波得到的图像误码率要低很多。

#### 3.3 识别率的对比

识别硬件:手机为诺基亚N81。

识别软件:中国移动的QuickMark 手机版。

选用100 幅条码图像对本文的方法进行译码测试,噪声方差为0.4。实验证明采用该滤波窗系数的方法可以完全正确译码,正确率为100%。噪声方差为0.5 时,译码正确率依然是100%,如表2 所示。

表2 QR 码图像经过几种中值滤波后的识别率  
Table 2 Recognition rate of QR code image with several median filtering

加噪系数	203 * 203 像素				
	加噪图	3 * 3 像素矩形中值滤波	5 * 5 像素矩形中值滤波	5 * 5 像素十字形中值滤波	改进后的中值滤波
0.4	不能识别	86%	92%	89%	100%
0.5	不能识别	31%	73%	44%	100%

从表2 可以得出:该方法性能优越,能够有效

降低条码的误码率,提高译码效率。

## 4 结论

本文首先对QR码图像进行几种常用的中值滤波处理,分析各种滤波效果,得出了QR码图像中值滤波的规律:QR码图像十字形方向上各点像素对中心点的影响系数是随着QR码图像的每个模块的像素数的增大而降低的。继而提出了基于窗口系数的中值滤波方法,该中值滤波方法采用先对QR码图像二值化处理然后再进行基于系数的中值滤波。在编程方面提出了相应的中值滤波算法,避免了常用的中值滤波算法计算量大的缺点。实验结果表明:该系数的中值滤波比常用的中值滤波用在QR码图像预处理中更简洁,效果也更好。

### 参考文献:

- [1] VANGILS W J. Two-dimensional dot code for product identification [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1987,33(5):620-631.
- [2] PAVLIDIS T, SWARTZ J. Fundamentals of bar code information theory [J]. IEEE Transactions on Computers, 1990,23(4),74-86.
- [3] 张成海,郭卫华,罗秋科,等. QR Code 二维码[M]. 北京:中国标准出版社,2000.  
ZHANG Cheng-hai, GUO Wei-hua, LUO Qiu-ke. QR code two-dimensional code [M]. Beijing: Standards Press of China, 2000. (in Chinese)
- [4] 董强. QR码识别技术及在手机中的应用[D]. 青岛:青岛大学,2006.  
DONG Qiang. QR code recognition technology and the application of mobile phones [D]. Qingdao: Qingdao University, 2006. (in Chinese)
- [5] 宋茂强. 二维条码的分析和编解码设计[D]. 北京:北京邮电大学,2007.  
SONG Mao-qiang. Two-dimensional bar code analysis and codec design [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2007. (in Chinese)
- [6] 黄婷婷. QR码识别方法研究[D]. 长沙:中南大学,2008.  
HUANG Ting-ting. Study of QR code recognition method [D]. Changsha: Central South University, 2008. (in Chinese)
- [7] 赵诚. 基于.net的QR码识别与应用[D]. 贵州:贵州大学,2007:25-26.  
ZHAO Cheng. QR code identification and application based on net [D]. Guizhou: Guizhou University, 2007. (in Chinese)
- [8] 夏良正. 数字图像处理[M]. 南京:东南大学出版社,1999.  
XIA Liang-zheng. Digital image processing [M]. Nanjing: Southeast University Press, 1999. (in Chinese)