

基于边界像素的模糊模型复原研究

龚 平¹, 玉振明²

(1 梧州学院 计算机科学系, 广西 梧州 543002; 2 梧州学院 信号与信息处理实验室, 广西 梧州 543002)

摘 要: 针对水平方向匀速直线运动模糊一般模型进行复原时存在明显周期干扰的问题, 从分析边缘像素的角度出发, 提出了基于零边界像素的复原模型和基于 Neumann 边界像素的复原模型, 有效的减轻了周期干扰. 通过广义逆矩阵进行运动模糊图像的复原, 从实验结果来看, 本文的复原方法简单可行, 并具有较好的复原效果.

关键词: 零边界; Neumann 边界; 广义逆; 模糊矩阵; 水平运动模糊; 图像复原

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)01-0084-05

The Research for Restoration with Blurred Model Base on Boundary-Pixels

GONG Ping¹, YU Zhen-ming²

(1 Department of Computer Science, Wuzhou University, Wuzhou 543002, China; 2 Signal and Information Processing Autonomous-Region-Key-Discipline Laboratory, Wuzhou University, Wuzhou 543002, China)

Abstract: To solve the problem that there is obvious cycle interference in the result of horizontally motion-blurred images restoration with normal blurred model, we analyzed the boundary pixels, and proposed two restoration models of blurred image, one of which is based on zero-boundary-pixels and another is based on Neumann boundary. The new methods reduced cycle interference effectively. We restored images through the generalized inverse matrix. Experiments have showed that the method is simple and feasible, and using the method can obtain a better recovery results.

Key words: zero boundary; Neumann boundary; generalized inverse matrix; blurred matrix; horizontal motion blur; image restoration

1 引言

运动模糊图像的产生是由于在相机曝光的时间内,景物与相机存在相对运动.由于物体运动产生的图像模糊在许多场合出现,对其进行图像恢复成为人们关注的对象^[1].在所有的运动模糊中,由匀速直线运动造成的模糊图像的复原问题更具有一般性和普遍意义.运动模糊图像复原的关键是找到图像的退化模型,并采取相反的过程以得到原始图像.因此,研究运动模糊图像的 PSF(点扩展函数),估计运动模糊的运动参数,并进而建立运动模糊的退化模型,对于图像复原具有很重要的意义.

图像复原时,在数学上有很多选择.首先,既可以用连续数学,也可以用离散数学.其次,处理既可以在空间域,也可以在频域^[2].空间域的方法用预先选定的统计学准则对原图像进行估计;频域方法利用各种滤波手段来消除模糊.经典的复原算法有逆滤波法、维纳滤波法、差分复原法、基于尺度旋转的图像复原、传播波方程法、最大熵复原法等.近年来,模拟退火算法、神经网络、遗传算法等也应用于图像复原领域中,并取得了较好的复原效果.

针对 $M \times N$ 大小的模糊图像,文献^[3]中提出了基于 SVD 的广义逆恢复方法,能够较有效的恢复图像,但是,其建立的模糊模型大小为 $MN \times MN$,

收稿日期: 2011-04-20; 修回日期: 2011-06-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(61062014); 广西自然科学基金项目(0832283); 梧州学院院级项目(2010C004)

算法效率不高.以矩阵形式建立水平匀速运动的模糊模型,大小为 $N \times N$,再通过分析边界像素特征,提出基于零边界像素的复原模型和基于 Neumann 边界像素的复原模型.并运用广义逆矩阵的方法进行图像复原.

2 水平方向匀速直线运动的模糊模型

考虑一般的情况,设矩阵 F 表示大小为 $m \times n$ 的原图, H 矩阵表示大小为 $n \times n$ 的退化模型, G 矩阵表示大小为 $m \times n$ 的运动模糊图像, k 表示成像系数, len 表示模糊长度.整个退化过程可表示为如下的 $F * H = G$ 的二维矩阵形式:

$$\begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & \cdots & f(1,n) \\ f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & \cdots & f(2,n) \\ f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & \cdots & f(3,n) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f(m,1) & f(m,2) & f(m,3) & \cdots & f(m,n) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{k}{len} = \begin{bmatrix} g(1,1) & g(1,2) & g(1,3) & \cdots & g(1,n) \\ g(2,1) & g(2,2) & g(2,3) & \cdots & g(2,n) \\ g(3,1) & g(3,2) & g(3,3) & \cdots & g(3,n) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g(m,1) & g(m,2) & g(m,3) & \cdots & g(m,n) \end{bmatrix}$$

因此,相应的退化模型的矩阵形式即为:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$H(i,j) = \begin{cases} 1, & j \leq i < j + len \\ 0, & i, j \text{ 取其他值} \end{cases} \quad (2)$$

式中, len 表示曝光时间内运动的像素个数,即模糊长度. H 为 $n \times n$ 的方阵.

用 H^{-1} 表示广义逆矩阵,基于上述退化模型 H 建立的还原公式为:

$$\hat{F} = G \cdot H^{-1} \quad (3)$$

式中, $\hat{F}$ 表示复原得到的原图像近似值, G 表示水平运动模糊图像, H^{-1} 表示复原模型.使用式(3)对大量的仿真运动模糊图像进行了复原实验,复原结果存在明显的周期干扰,以复原水平运动 35 个像素的 cameraman 图的仿真实验为例,复原效果如图 1 所示.



(a) 水平模糊 35 个像素的运动模糊仿真图像



(b) 使用式(3)进行还原的效果

图1 复原效果

通过分析认为主要原因来自所建立的退化模型,对边缘像素的建模不合适,因此必须对边界条件作出假设.由于运动会造成目标图像边界像素数据不完整,且图片边界以外的像素将被摄取进来并叠加,致使图像模糊,因此其取值是无法估计的^[4].

常用的边界条件有零边界、周期边界和 Neumann 边界^[5-6].

零边界条件意味着一个黑边,因此在图像 X 边界之外的像素都是 0,也就是说,假设图像 X 从一幅大的图像中提取出来,如图 2(a).

周期边界条件表明图像在各个方向重复自己.

即假设图像 X 从一幅大的图像中提取出来,如图 2(b).

Neumann 边界条件表明图像边界之外场景是图像边界之内场景的镜像.也就是说,假设图像 X 从一幅大的图像中提取出来,如图 2(c).图中 X_r 表示水平方向的边界(行边界), X_c 表示竖直方向的边界(列边界), X_π 表示既属于行边界又属于列边界.

$$\begin{array}{ccccccc} 0 & 0 & 0 & X & X & X & X_\pi & X_r & X_\pi \\ 0 & X & 0 & X & X & X & X_c & X & X_c \\ 0 & 0 & 0 & X & X & X & X_\pi & X_r & X_\pi \end{array}$$

(a) 零边界 (b) 周期边界 (c) Neumann 边界

图 2 图像与边界外像素的关系

3 基于零边界的矩阵复原模型

假设运动模糊图像的边界条件满足零边界.即假设运动模糊图像的边界是一条黑边,像素灰度值为 0.在式(1)基础上完善的退化模型的矩阵形式即为:

$$H = \begin{pmatrix} 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$H(i, j) =$$

$$\begin{cases} 1, & j - len/2 \leq i \leq j + len/2 \text{ 且 } j > len/2 \\ 0, & j \leq len/2 \\ 0, & i, j \text{ 取其他值} \end{cases}$$

基于上述退化模型 H 建立的还原公式为:

$$\hat{F} = G \cdot H^{-1} \quad (5)$$

式中, $\hat{F}$ 表示复原得到的原图像近似值, G 表示水平运动模糊图像, H^{-1} 表示复原模型.

4 基于 Neumann 边界的矩阵复原模型

假设边界条件满足 Neumann 边界,即假设运动模糊图像的边界像素是重复计算边界内侧的像素得到.式(1)基础上完善的退化模型的矩阵形式即为:

$$H = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & \cdots & 1 & 1 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 1 & 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$H(i, j) =$$

$$\begin{cases} 1, & j \leq len/2 \text{ 且 } i \leq j + len/2 \\ 1, & j - len/2 \leq i \leq j + len/2 \text{ 且 } j > len/2 \\ 0, & i, j \text{ 取其他值} \end{cases}$$

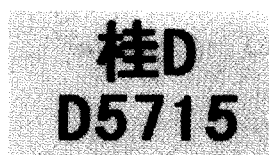
基于上述退化模型 H 建立的还原公式为:

$$\hat{F} = G \cdot H^{-1} \quad (7)$$

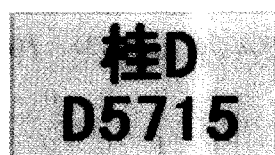
式中, $\hat{F}$ 表示复原得到的原图像近似值, G 表示水平运动模糊图像, H^{-1} 表示复原模型.

5 实验结果与分析

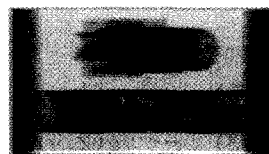
对于模糊的车牌,本文方法较为适合.图 3 为本文方法应用于黄底黑字的运动模糊车牌复原的效果.图 4 为本文方法应用于蓝底白字或黑底白字的运动模糊车牌复原的效果.



(a) 黄底黑字车牌原图



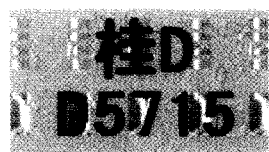
(b) 将(a)图转为灰度图



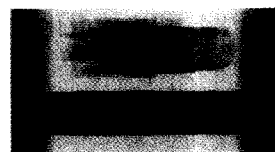
(c) 水平模糊 25 个像素



(d) 基于零边界的复原效果



(e) 基于 Neumann 边界的复原效果



(f) 水平模糊 35 个像素



(g) 基于零边界的复原效果



(h) 基于 Neumann 边界的复原效果

图 3 本文方法用于黄底黑字的模糊车牌的复原

表 1 本文方法用于黄底黑字的模糊车牌的还原效果的客观评价表

	MAE	MSE	NMSE	SNR	PSNR	GMG
图 3(d)	18.2900	929.9379	0.0208	16.8228	18.4463	22.4040
图 3(e)	5.0425	128.1524	0.0029	25.4301	27.0535	20.2572
图 3(g)	25.8597	1128.2	0.0252	15.9835	17.6070	32.3427
图 3(h)	17.0351	406.6626	0.0091	20.4150	22.0385	36.0229

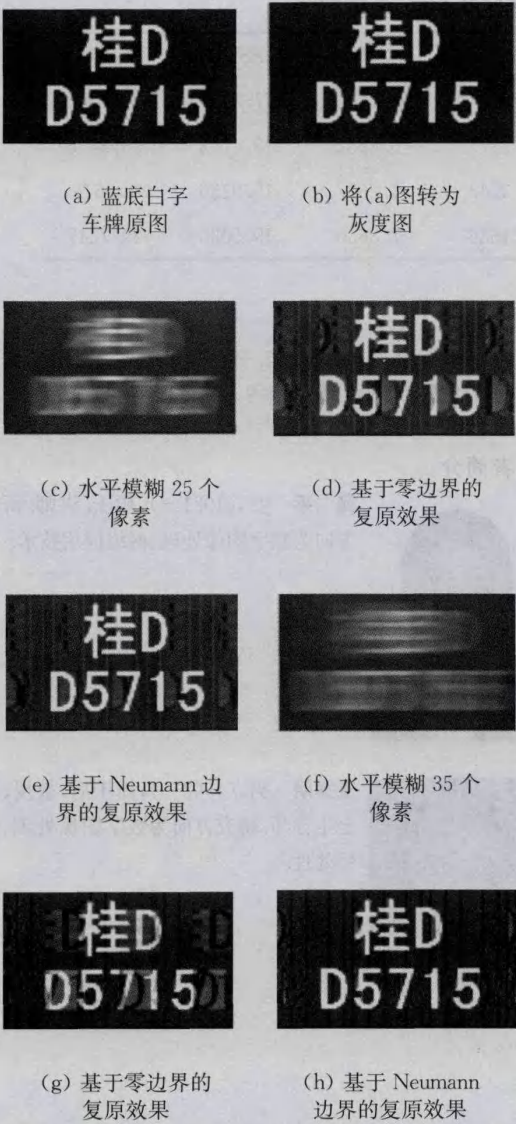


图 4 本文方法用于蓝底白字的模糊车牌的复原

从图 3 和图 4 可以看出,对于上述的仿真实验,基于 Neumann 边界的复原效果从主观评价和客观评价上都较基于零边界的方案更好. 尽管还原后的图像中背景存在较大的误差,但已经可以清晰的识别出车牌信息. 客观评价如表 1(以图 3(b)作为标准

图像)和表 2(以图 4(b)作为标准图像)所示.

本文复原方法与经典的维纳滤波复原法进行了对比实验,从图 5 中可以看出,(c)(f)明显比(b)(e)清晰. 表 3 的数据表明,从客观评价的角度来看,本文方法的还原效果相比维纳滤波法较好.

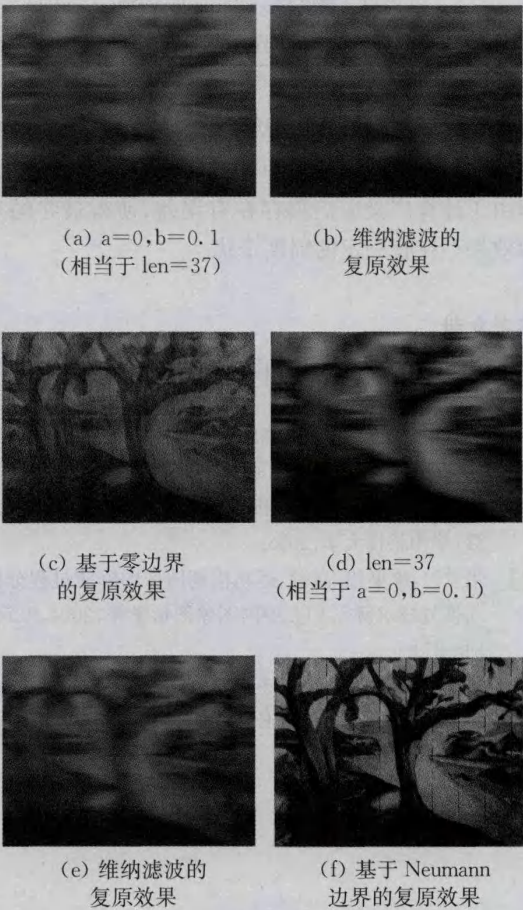


图 5 本文方法与维纳滤波复原法的还原效果对比

6 结束语

本文研究的运动模糊图像由于匀速直线运动产生,是景物固定,相机运动的情况. 建立的基于零边界像素的复原模型和基于 Neumann 边界像素的复原模型,尚未考虑噪音的干扰. 通过广义逆矩阵的方

表 2 本文方法用于蓝底白字的模糊车牌的还原效果的客观评价表

	MAE	MSE	NMSE	SNR	PSNR	GMG
图 4(d)	12.6786	414.8038	0.0512	12.9067	21.9524	23.4997
图 4(e)	8.8514	173.4405	0.0214	16.6936	25.7393	23.3915
图 4(g)	17.9898	815.9604	0.1007	9.9684	19.0141	26.7770
图 4(h)	11.7578	308.5078	0.0381	14.1924	23.2381	27.7727

表 3 本文方法与维纳滤波复原法的还原效果的客观评价表

	MAE	MSE	NMSE	SNR	PSNR	GMG
图 5(b)维纳滤波	29.0167	1.2261×10^3	0.2754	5.5996	17.2456	1.0192
图 5(c)零边界	25.2795	1.0131×10^3	0.2276	6.4282	18.0742	23.8476
图 5(e)维纳滤波	32.8944	1.6662×10^3	0.3743	4.2677	15.9136	1.6616
图 5(f)Neumann 边界	19.4696	728.0801	0.1636	7.8630	19.5090	29.7247

式进行运动模糊的复原.从实验结果来看,本文的复原方法相比维纳滤波复原法具有更好的复原效果,但由于计算广义逆矩阵存在有误差,使得最终的复原效果存在有一定的周期干扰.

参考文献:

[1] 姜莉,党瑞荣.基于智能图像处理技术的车型识别[J].微电子学与计算机,2006,23(6):71-73.

[2] 孟昕,张燕平.运动模糊图像恢复的算法研究与分析[J].计算机技术与发展,2007,17(8):73-76.

[3] 鲁晓东.一种运动模糊图像恢复方法的研究[D].武汉:华中科技大学,2006.

[4] 张秉仁,陈里铭,高游.运动模糊图像的降质过程分析与恢复技术研究[J].中国图象图形学报,2004,9(7):815-819.

[5] Mark R banham,Aggelos K Katsaggelos. Digital image restoration [J]. IEEE Signal Pressing Magazine,

1997,14(2):24-41.

[6] 吴淑艳,黄继风,闵瑞隼.一种基于边界处理的图像复原方法[J].微计算机应用,2008,29(7):11-15.

作者简介:



龚平女,(1981—),硕士.讲师.研究方向为数字图像处理、网络应用技术.



玉振明男,(1963—),博士后,教授,硕士生导师.研究方向为数字图像处理、信号处理.