

噪声条件下的运动模糊参数同步辨识的新算法

葛成伟^{1*}, 程浩², 刘国庆²

(1. 南京工业大学 电子与信息工程学院, 南京 210009; 2. 南京工业大学 理学院, 南京 210009)

(* 通信作者电子邮箱 chengweige517@sina.com)

摘要:在噪声污染的情况下, 匀速直线运动模糊图像频谱中的暗黑色条纹变得模糊甚至消失, 根据暗黑色条纹的特征来估计运动模糊参数的方法将失效。由此, 提出了一种噪声条件下的运动模糊参数同步辨识的新算法, 该算法以运动模糊图像频谱作为研究对象, 首先利用区域生长算法提取频谱中白色长条区域的轮廓, 再计算其最小面积外接矩形, 根据最小外接矩形的长度、宽度及倾斜度等参数同步估计运动模糊参数: 模糊方向与模糊尺度。实验结果表明, 对不同信噪比、不同模糊方向和模糊尺度的运动模糊图像, 该算法可以较精确地估计出模糊参数, 且具有很好的抗噪声鲁棒性。

关键词:运动模糊参数; 区域生长算法; 白色长条区域; 最小外接矩形; 同步估计

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A

New algorithm for motion blur parameters synchronous identification under noise conditions

GE Cheng-wei^{1*}, CHENG Hao², LIU Guo-qing²

(1. College of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing Jiangsu 210009, China;

2. College of Sciences, Nanjing University of Technology, Nanjing Jiangsu 210009, China)

Abstract: Under noise conditions, the black stripes of the spectrum for the uniform linear motion blurred image become obscure or even disappear. It is difficult to estimate the motion blur parameters by means of the characteristics of the black stripes. Thus, a new algorithm was proposed for motion blur parameters synchronous identification under noise conditions, which was based on the spectrum of the motion blurred image. Firstly, the contour of the white bound area was extracted using region growing algorithm, and then the minimum bounding rectangle of the contour was calculated, the motion direction and the motion length were identified simultaneously by the length, width and tilt of the minimum bounding rectangle. The experimental results indicate that, for different signal-to-noise ratios, different motion directions and motion lengths, the algorithm can be more accurate to estimate the motion blur parameters, and has good robustness.

Key words: motion blur parameter; region growing algorithm; white bound area; minimum bounding rectangle; synchronous identification

0 引言

在图像的获取过程中, 场景与摄像机在曝光时间内的相对运动将导致成像的运动模糊, 由于曝光时间很短, 场景与摄像机之间的运动可以近似为匀速直线运动。对于匀速直线运动模糊图像, 点扩散函数(Point Spread Function, PSF)的辨识是图像恢复的关键, 而点扩散函数是由运动模糊方向和模糊尺度唯一确定的。

在空间域中, Yitzhaky 等^[1]发现像素之间的相关性导致了图像的模糊, 进而提出利用模糊图像微分图的自相关来估计退化参数, 文献[2]利用 3×3 微分算子鉴别模糊方向, 并通过微分图的自相关函数鉴别模糊尺度, 然而, 空间域的参数辨识方法对噪声比较敏感且运算量大; 在频域中, 文献[3]通过对退化图像的频谱进行 Radon 变换, 提取频谱暗黑色条纹的方向和间距, 由此估计模糊参数; 文献[4]在此基础上, 利用高斯—拉普拉斯边缘检测算子检测暗黑色条纹, 再通过 Radon 变换估计运动模糊参数, 在高信噪比的条件下, 频域的方法可以较精确地估计出运动模糊参数, 但在低信噪时, 运动

模糊图像频谱的暗黑色条纹会变得模糊甚至消失, 此时暗黑色条纹进行模糊参数辨识的精度大大降低; 在倒谱域中, 文献[5]先对模糊图像进行双高斯差分(Difference of Gaussian, DoG), 再变换到倒谱域, 通过检测负峰进行模糊尺度估计; 文献[6]使用 Canny 边缘检测算子精确提取倒谱, 再估计模糊尺度, 并对倒谱实施 Radon 变换以确定模糊方向, 倒谱域方法对噪声敏感而且检测精度不够。

通常, 获取的运动模糊图像存在各种各样的噪声, 针对含噪声的点扩散函数的辨识, 国内外相关学者也进行了一些研究, 如文献[7]利用运动模糊图像频谱的中心白色长条区域进行模糊方向的估计, 然后利用双谱的方法估计模糊尺度; 在模糊方向已知的情况下, 文献[8]利用粗糙集和功率谱的方法估计模糊尺度; 文献[9]利用神经网络的方法进行模糊尺度的估计等。这些方法的共同点是把模糊方向和模糊尺度分开估计, 模糊尺度的估计是以模糊方向的正确估计为前提的, 但是在有噪声的情况下, 模糊方向的估计往往存在一定误差, 导致了模糊尺度估计不准确。

本文以匀速直线运动模糊图像的频谱作为研究对象, 发

收稿日期: 2012-06-13; 修回日期: 2012-07-22。

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2011793); 南京气象雷达开放实验室研究基金资助项目(BJC201101)。

作者简介: 葛成伟(1987-), 男, 江苏南京人, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理; 程浩(1976-), 男, 山东莱阳人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 图像处理、雷达信号处理; 刘国庆(1966-), 男, 安徽无为, 教授, 博士, 主要研究方向: 图像处理、数据融合、雷达信号处理。

现与暗黑色条纹相比,噪声对频谱中的白色长条区域的影响要小很多,考虑到运动模糊图像频谱的白色长条区域与模糊参数之间的关系,首先利用区域生长算法提取频谱中的白色长条闭合区域,并计算出该闭合区域的最小外接矩形,根据矩形的长度、宽度及倾斜度等参数同步估计运动模糊参数,且模糊方向和模糊尺度的估计是相互独立的。实验结果说明该方法对模糊参数的辨识是准确有效的,且具有很好的抗噪声鲁棒性。

1 理论分析

图像 f 进行平面匀速直线运动(以下均考虑匀速直线运动的情况), $x_0(t)$ 和 $y_0(t)$ 分别是在 x 和 y 方向上相对应的随时间变化的运动参数,设 T 为曝光时间,则运动模糊图像 $g^{[10]}$ 表示为:

$$g(x, y) = \int_0^T f[x - x_0(t), y - y_0(t)] dt + n(x, y) \quad (1)$$

其中 $n(x, y)$ 为加性噪声。忽略噪声,式(1)的傅里叶变换,即:

$$G(u, v) = F(u, v) \int_0^T e^{-j2\pi[ux_0(t) + vy_0(t)]} dt = F(u, v)H(u, v) \quad (2)$$

其中: G 、 F 分别为模糊图像、原始图像的傅里叶变换, H 为点扩散函数的傅里叶变换。设 $x_0(t) = at/T$, $y_0(t) = bt/T$,则有

$$H(u, v) = \frac{T \sin(\pi(ua + vb)/N)}{\pi(ua + vb)} e^{-j\pi(ua + vb)/N} \quad (3)$$

假定图像的尺寸为 $N \times M$,则 $H(u, v)$ 的离散表达式即为^[3]:

$$H(u, v) = \frac{T \sin(\pi(ua/M + vb/N))}{\pi(ua/M + vb/N)} e^{-j\pi(ua/M + vb/N)} \quad (4)$$

其中: u 的取值范围为0到 $M-1$, v 的取值范围为0到 $N-1$ 。 $H(u, v)$ 的sinc函数特性决定了运动模糊图像的频谱在直线簇 $ua/M + vb/N = n(n = \pm 1, \pm 2, \dots)$ 的位置具有暗黑色条纹。

设 α 为直线簇 $ua/M + vb/N = n$ 斜率对应的角度, θ 为运动模糊方向对应的角,则文献[3]指出, α 与 θ 之间应满足:

$$\tan \theta = \tan(\alpha - \pi/2) \frac{N}{M} \quad (5)$$

当把 $u = 0, v = 0$ 移动到中心位置时,中心点 $G(0, 0)$ 到暗黑色条纹对应的直线簇 $ua/M + vb/N = n$ 的距离可表示为:

$$d_n = \frac{|n|}{\sqrt{(a/M)^2 + (b/N)^2}} \quad (6)$$

则直线对 $ua/M + vb/N = \pm k(k = 1, 2, \dots)$ 之间的距离即为 $D_k = 2d_k$ 。设图像的模糊尺度为 l ,且 $M = \sigma N$,那么,模糊尺度 l 应满足:

$$l = \frac{2kM}{D_k \sqrt{(\cos \theta)^2 + (\sigma \sin \theta)^2}} \quad (7)$$

在进行运动模糊参数辨识时,可以先裁剪原运动模糊图像,使得裁剪后的模糊图像满足 $M = N$,此时,即:

$$l = 2kM/D_k \quad (8)$$

由此可以相互独立地估计模糊方向和模糊尺度。

由于噪声的影响,模糊图像的频谱中的暗黑色条纹变弱甚至消失,如图1所示。相比较而言,暗黑色条纹之间的白色长条区域受噪声的影响要小,在低信噪比的情况下,暗黑色条纹已完全消失,但中心白色长条区域却依然可见。与暗黑色条纹一样,运动模糊图像频谱图中的白色长条区域包含运动模糊参数信息,白色长条区域与暗黑色条纹具有相同的倾斜

度,长条区域的宽度(最小外接矩形对应的宽度)可以理解为相应的两条暗黑色条纹之间的距离,因而,通过提取白色长条区域轮廓并计算其最小外接区域,由最小外接矩形的长度、宽度及倾斜度,再根据式(8)即可同步估计运动模糊参数。

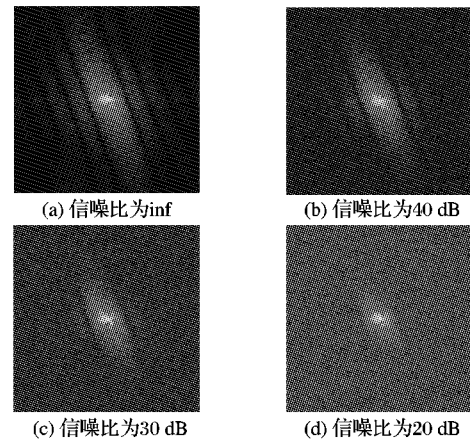


图1 不同信噪比高斯白噪声污染的运动模糊图像频谱

2 最小外接矩形提取

由于频谱图包含的白色长条区域不唯一,理论上每个都可以用来同步估计模糊参数,但由于噪声的影响,有些变得比较模糊,显然,靠近中心的、清晰的白色长条区域才是感兴趣区域(Region Of Interest, ROI)。

2.1 对比度增强与高斯平滑预处理

在进行区域生长算法提取白色长条区域轮廓之前,有必要对频谱图先进行对比度增强,定义对比度拉伸变换函数^[10]:

$$s = T(r) = \frac{1}{1 + (m/r)^E} \quad (9)$$

其中: r 为输入灰度像素值, s 为输出灰度像素值,参数 E 对输入、输出图形的斜率具有调控作用。该函数可以将输入低于 m 的灰度级压缩为输出图像中较低灰度级的较窄范围内;类似地,该函数可以将输入高于 m 的灰度级压缩为输出图像中较高灰度级的较窄范围内,输出一幅具有高对比度的图像。

假定频谱图的灰度值为 $r_0, r_1, \dots, r_n(r_0 < r_1 < \dots < r_n)$,每个灰度值 $r_i(i = 0, 1, \dots, n)$ 对应的像素个数为 $q_i(i = 0, 1, \dots, n)$,定义:

$$m = \sum_{i=k}^n r_i q_i / \sum_{i=k}^n q_i; k \in \{0, 1, \dots, n\} \quad (10)$$

显然,当 $k = 0$ 时, m 取值为频谱图像素值的数学期望;当 $k > 0$ 时, m 偏向于灰度值高的像素值,由此得到变换后的频谱图将只包含离中心近的、清晰的白色长条区域。

对比度拉伸变换后得到的频谱图具有较高的对比度,却会存在一些不连通的像素点,尤其是在白色长条区域的边界点,为了更好地提取轮廓,还需要对拉伸变换后的频谱图进行高斯平滑处理,得到相对平滑的频谱图。

2.2 白色长条区域轮廓提取

区域生长算法常被用来对图像进行半自动分割,其基本思想^[11]是从给定的一个或多个种子像素点开始,按照某种连通方式和规则来检查周围邻近的像素点,如果具有和种子像素点相似的某种性质,就可以说明它们属于同一区域,再将这此像素点作为新的种子继续上述生长过程,直到没有新的像素点属于该区域为止。在具体实施区域生长算法时,需要确定:1)初始种子点;2)生长准则,即判断相邻像素点是否属于

感兴趣区域;3)终止条件。

应用区域生长算法提取白色长条区域,可以选择中心点像素 $G(0,0)$ 作为初始种子点。运动模糊图像频谱图 $G(u, v)$ 经过对比度拉伸变换后,白色长条区域的像素值接近于一致,该区域的像素值的方差达到很小。设 R 为当前已经生长的局部区域,其平均灰度值可以表示为:

$$\mu = \frac{1}{\text{card}(R)} \sum_{x \in R} I(x) \quad (11)$$

其中: $\text{card}(R)$ 表示区域 R 的像素个数, $I(x)$ 表示像素 x 的灰度值,则像素生长准则^[11]可以描述为:

$$|gn - \mu| < \lambda \quad (12)$$

式中: gn 为当前像素的灰度值, λ 为初始设置的阈值。对区域生长算法提取的二值图像进行区域边界提取时,最简单的方法是将区域内部的点删除,具体地,用一个 3×3 的结构元素对二值图像进行腐蚀,使得那些 8 邻域都是黑点的区域内部的点均被保留,再用原始二值图像减去腐蚀后的图像,这就恰好删除了区域的内部点,留下区域边界像素点,即白色长条区域的轮廓。

2.3 最小外接矩形的计算

为了快速有效地找出白色长条区域的最小外接矩形,采用一种基于区域主轴、次轴的最小外接矩形算法^[12],其示意图如图2所示,该算法的最终目标是求出外接矩形的四个顶点 A, B, C, D 的坐标值。

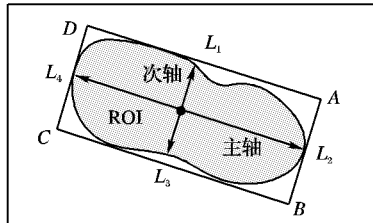


图2 最小外接区域计算示意图

首先,根据白色长条区域的边界(轮廓)像素点坐标值,计算相应的中心位置 $O(\bar{x}, \bar{y})$, 定义为:

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x_i \\ \bar{y} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K y_i \end{cases} \quad (13)$$

其中, $P(x_i, y_i)$ 为边界像素点, $i = 1, 2, \dots, K$ 。

其次,确定主轴、次轴。过中心点 $O(\bar{x}, \bar{y})$ 且与水平方向的夹角为 θ 的直线系方程可描述为:

$$(x - \bar{x}) \tan \theta - (y - \bar{y}) = 0 \quad (14)$$

因而,边界像素点到主轴的垂直距离即为

$$d_i = (x_i - \bar{x}) \sin \theta - (y_i - \bar{y}) \cos \theta; i = 1, 2, \dots, K \quad (15)$$

理论上,边界像素点到主轴的垂直距离之和最小,根据最优化理论,主轴与水平方向的夹角 θ_{maj} 满足

$$\tan 2\theta_{\text{maj}} = \frac{2 \sum_{i=1}^K (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^K [(x_i - \bar{x})^2 - (y_i - \bar{y})^2]} \quad (16)$$

进而确定次轴与水平方向的夹角。

再次,确定最小外接矩形的四条边所对应的直线方程。如图2所示,由于直线 L_1 与主轴平行,且主轴上方离主轴最远的像素点应位于直线 L_1 上,所以,只需要找出该像素点即可确定直线 L_1 。定义:

$$\rho_i = (y_i - \bar{y}) - (x_i - \bar{x}) \tan \theta_{\text{maj}}; i = 1, 2, \dots, K \quad (17)$$

显然,若 $\rho_i > 0$, 则像素点 $P(x_i, y_i)$ 位于主轴上方;若 $\rho_i < 0$, 则像素点 $P(x_i, y_i)$ 位于主轴下方;若 $\rho_i = 0$, 则像素点 $P(x_i, y_i)$ 位于主轴上,故主轴上方离主轴最远的像素点,即:

$$P(x^*, y^*) = \underset{(x_i, y_i)}{\operatorname{argmax}} \{ \rho_i \mid \rho_i > 0 \}; i = 1, 2, \dots, K \quad (18)$$

直线 L_2, L_3, L_4 的确定与此类似。

最后,由 L_1, L_2, L_3, L_4 的直线方程确定最小外接矩形的 4 个顶点坐标。

3 实验结果及分析

为了验证该算法的模糊参数估计能力,以 512×512 的 Lena 图像作为实验对象,仿真一系列不同运动方向、尺度的模糊图像,并且考虑不同信噪比的高斯白噪声,假定最小外接矩形的长度为 λ_l 、宽度为 λ_w ($\lambda_l > \lambda_w$),长度、宽度与水平方向的夹角分别为 θ_l, θ_w , 实验的结果如图3~5所示。表1~3为不同信噪比、不同模糊参数情况下的模糊方向与模糊尺度辨识的结果,表中的 ROI 个数即白色长条区域个数。

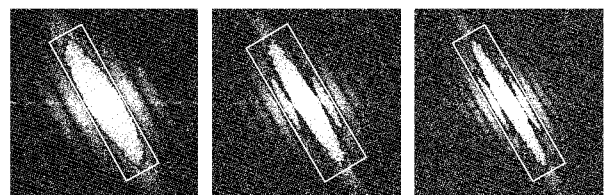


图3 ROI 检测结果 (SNR = 40 dB, 模糊方向均为 30°)

表1 40 dB 高斯白噪声条件下的运动模糊参数估计结果

真实 角度/(°)	真实 尺度/pixel	λ_l /pixel	λ_w /pixel	θ_l /(°)	θ_w /(°)	ROI 个数	估计 角度/(°)	角度估计 误差/(°)	估计 尺度/pixel	尺度估计 误差/pixel
30	10	433.58	101.79	119.05	29.05	2	29.05	0.95	10.06	0.06
	15	421.54	130.70	120.58	30.58	4	30.58	0.58	15.67	0.67
	20	434.51	100.87	120.14	30.14	4	30.14	0.14	20.30	0.30
60	10	405.11	99.87	149.42	59.42	2	59.42	0.58	10.25	0.25
	15	416.04	67.47	150.33	60.33	2	60.33	0.33	15.18	0.18
	20	409.20	100.47	151.80	61.80	4	61.80	1.80	20.38	0.38
90	10	511.37	99.17	0.56	90.56	2	90.56	0.56	10.33	0.33
	15	511.00	66.00	0.00	90.00	2	90.00	0.00	15.52	0.52
	20	511.00	100.00	0.00	90.00	4	90.00	0.00	20.48	0.48
120	10	400.88	101.54	31.33	121.33	2	121.33	1.33	10.08	0.08
	15	422.71	131.68	29.58	119.58	4	119.58	0.42	15.55	0.55
	20	419.53	101.93	30.21	120.21	4	120.21	0.21	20.09	0.09

在对比度拉伸变换预处理过程中,式(9)中参数 E 均取值为 35,在 40 dB、30 dB 与 20 dB 信噪比条件下,式(10)中的 k 分别取值为 25、32 以及 50,这样经过对比度拉伸变换后,低信噪比的频谱图将只保存中心的清晰的、有效的白色长条区

域。从图 3~5 可以看出,在模糊方向相同的每组实验中,最小外接矩形的倾斜度几乎是一致的;在白色长条区域个数一致的情况下(如图 5 所示),最小外接矩形的宽度随着模糊尺度的增加而变小。

表 2 30 dB 高斯白噪声条件下的运动模糊参数估计结果

真实 角度/(°)	真实 尺度/pixel	λ_l /pixel	λ_w /pixel	θ_l /(°)	θ_w /(°)	ROI 个数	估计 角度/(°)	角度估计 误差/(°)	估计 尺度/pixel	尺度估计 误差/pixel
30	10	357.04	99.98	120.47	30.47	2	30.47	0.47	10.24	0.24
	15	364.95	137.88	120.96	30.96	4	30.96	0.96	14.85	0.15
	20	378.56	103.46	118.93	28.93	4	28.93	1.07	19.80	0.20
60	10	359.80	97.75	149.04	59.04	2	59.04	0.96	10.48	0.48
	15	365.59	69.46	149.18	59.18	2	59.18	0.82	14.74	0.26
	20	364.20	101.60	148.74	58.74	4	58.74	1.26	20.15	0.15
90	10	511.00	100.00	0	90.00	2	90.00	0.00	10.24	0.24
	15	511.00	134.00	0	90.00	4	90.00	0.00	15.28	0.28
	20	511.00	102.00	0	90.00	4	90.00	0.00	20.09	0.09
120	10	372.95	99.13	29.95	119.95	2	119.95	0.05	10.33	0.33
	15	359.82	69.91	30.86	120.86	2	120.86	0.86	14.65	0.35
	20	347.72	102.54	28.30	118.30	4	118.30	1.70	19.97	0.03

表 3 20 dB 高斯白噪声条件下的运动模糊参数估计结果

真实 角度/(°)	真实 尺度/pixel	λ_l /pixel	λ_w /pixel	θ_l /(°)	θ_w /(°)	ROI 个数	估计 角度/(°)	角度估计 误差/(°)	估计 尺度/pixel	尺度估计 误差/pixel
30	10	241.89	91.80	122.01	32.01	2	32.01	2.01	11.16	1.16
	15	255.31	74.36	118.14	28.14	2	28.14	1.86	13.77	1.23
	20	246.61	53.85	120.96	30.96	2	30.96	0.96	19.02	0.98
60	10	256.38	96.09	152.35	62.35	2	62.35	2.35	10.66	0.66
	15	277.55	71.13	149.64	59.64	2	59.64	0.36	14.40	0.60
	20	276.99	59.51	147.30	57.30	2	57.30	2.70	17.21	2.79
90	10	394.00	98.00	0	90.00	2	90.00	0.00	10.45	0.45
	15	400.00	64.90	0.36	90.36	2	90.36	0.36	15.78	0.78
	20	499.26	60.61	2.70	92.70	2	92.70	2.70	16.89	3.11
120	10	267.53	93.90	28.37	118.37	2	118.37	1.63	10.90	0.90
	15	221.79	70.90	29.60	119.60	2	119.60	0.40	14.44	0.56
	20	241.34	51.43	27.80	117.80	2	117.80	2.20	19.91	0.09

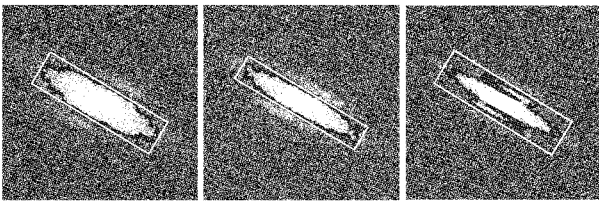


图 4 ROI 检测结果(SNR=30 dB,模糊方向均为 60°)

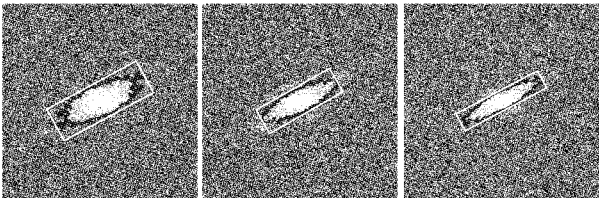


图 5 ROI 检测结果(SNR=20 dB,模糊方向均为 120°)

从表中的估计误差数据可以看出,在较高信噪比情况下,本文方法可以较精确地估计出模糊方向和模糊尺度,其中模糊方向的估计误差绝大部分在 1°以内,模糊尺度的估计误差均在 1 像素以内,与模糊方向相比,模糊尺度的估计更为精确,这是由于与模糊尺度相比,模糊方向估计对最小外接矩形的精度要求更高,尤其是其倾斜度。在低信噪比情况下,中心

白色长条区域的轮廓变得模糊起来,此时计算得到的最小外接矩形有偏差,因而模糊方向和模糊尺度的估计也存在一定的误差,但考虑到低信噪比的情况,这些误差是在可接受范围内的。

4 结语

针对噪声污染的运动模糊图像,研究发现与暗黑色条纹相比,噪声对频谱图中的白色长条区域的影响要小,由此,首先利用区域生长算法提取频谱中白色长条区域的轮廓,再计算其最小外接矩形,根据最小外接矩形的长度、宽度及倾斜度同步估计运动模糊方向和模糊尺度,避免了模糊方向估计不准对模糊尺度估计的影响。实验结果说明了该方法对噪声污染的运动模糊的参数辨识是准确的、有效的,估计出来的模糊参数可用于运动模糊图像恢复。

参考文献:

[1] YITZHAKY Y, KOPEIKA N. Identification of blur parameters from motion blurred mages[J]. Graphical Models and Image Processing, 1997, 59(5): 310-320.
[2] 吴振宇,姚洪利,杜少军. 运动模糊参数的空域鉴别方法[J]. 计算机应用, 2009, 29(12): 3378-3380.
[3] 李宇成,贾宝华,杨光明. 运动模糊图像的参数估计与恢复[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(19): 4247-4249.

3 测试环境及测试结果

在计算机上通过VC++6.0编写上位机程序来读取白板系统发送至计算机的触控点坐标,将上位机界面背景设置为全屏无标题栏窗口,上位机读取触控点坐标信息并且在上位机界面的相应位置以黑色小方块的形式显示触控点。由此,可以清楚地看到触控点的运动轨迹。

3.1 防抖测试

图3所示为笔尖接触白板平面并保持不动,晃动笔身得到的触控点轨迹图,图3(a)为没有进行防抖操作的触控点轨迹;图3(b)显示的触控点轨迹为通过均值滤波方法得到的防抖动效果图,在晃动笔身时存在一些抖动点;图3(c)显示的触控点轨迹为利用本文提出的改进的均值滤波方法进行防抖的效果图,抖动点得到了很好的消除。

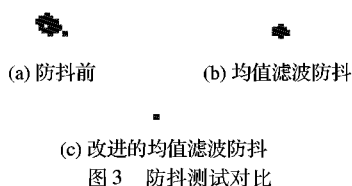


图3 防抖测试对比

3.2 拟合插值测试

图4为手指在白板平面滑动所得到的触控点轨迹。本系统采用的摄像头为OmniVision公司开发的OV7740,受摄像头最高工作频率60 fps^[12]的限制,如果不作插值系统最多每秒能输出60个点的坐标,实时性较差。

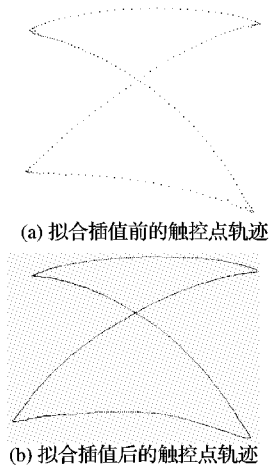


图4 拟合插值测试对比

从图4(a)可以看到触控点的轨迹相当稀疏;而经过拟合插值处理后实时性达到了每秒输出180个点的坐标,从图4(b)上可以看出拟合插值处理后的轨迹平滑程度和连续性都得到了很好的改善,提高了系统实时性。

4 结语

针对基于机器视觉电子白板系统坐标数据存在的抖动现象和实时性受硬件器件限制的问题,本文提出了一种区分触控点运动状态进行的坐标防抖和提高系统实时性的坐标数据处理方法,在触控点静止时进行防抖动,而在触控点运动时进行拟合插值。实验结果表明,利用该方法能有效消除坐标抖动,系统实时性达到了摄像头最高工作速度的3倍。本文采用的数据拟合的坐标插值方法突破了硬件设备对实时性的限制,利用低帧率的摄像头和低速单片机即可满足基于机器视觉的电子白板系统实时性要求,降低了硬件成本。

参考文献:

- [1] 王国防. 基于机器视觉的电子白板系统研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2008.
- [2] 孟宪通. 交互式电子白板市场研究[D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [3] GERALD M, HOLMGREN D. Camera-based touch system: USA 2005/0077452 A1[P], 2005.
- [4] GERALD M, MANVINDER S. Passive touch system and method of detecting user input: USA 7236162 B2[P], 2007.
- [5] 黄小辉, 张兴超, 刘献忠. 交互式电子白板的坐标转换算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(20): 259-261.
- [6] 王丁, 闫瑶, 张廷宇. 触摸屏校准的一种通用算法[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(2): 116-117, 129.
- [7] 龚丽娟, 陆以勤, 吕锦. 触摸屏数据处理算法研究及实现[J]. 微计算机信息, 2006, 22(26): 130-132.
- [8] 杨自峰, 赵建业. 汉王手写芯片的触摸屏控制器应用设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007, 7(6): 39-41, 45.
- [9] 陈勇, 蒋康康, 吕霞付. 触摸屏驱动设计与坐标数据处理[J]. 数字通信, 2011, 38(1): 79-82.
- [10] 罗佳佳, 景晓军, 孙松林. 红外式触摸手写白板应用技术的核心技术[J]. 自动化技术与应用, 2010, 29(2): 51-53, 66.
- [11] 钟尔杰, 黄廷祝. 数值分析. 北京[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 138-147.
- [12] OmniVision Technologies Inc. OV7740 Datasheet. 2008[EB/OL]. [2012-05-20]. <http://www.ovt.com/support/datasheet.php>.

(上接第3384页)

- [4] 郭红伟. 基于频谱边缘检测的运动模糊方向精确估计[J]. 计算机应用, 2012, 32(3): 770-772, 776.
- [5] PARK J, KIM M, CHANG S, et al. Estimation of motion blur parameters using cepstrum analysis[C]// ISCE 2011: IEEE the 15th International Symposium on Consumer Electronics. New York: IEEE, 2011: 406-409.
- [6] 郭永彩, 郭瑞瑞, 高潮. 运动模糊图像点扩展函数的参数鉴别[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(5): 1052-1056.
- [7] MOGHADDAM M E, JAMZAD M. Motion blur identification in noisy images using mathematical models and statistical measures[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(7): 1946-1957.
- [8] MOGHADDAM M E, JAMZAD M. Linear motion blur parameter estimation in noisy images using fuzzy sets and power spectrum[J]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2007, 2007

(1): 1-8.

- [9] MOGHADDAM M E, JAMZAD M, MAHINI H R. Motion blur identification in noisy images using feed-forward back propagation neural network[C]// IWICPAS 2006: The International Workshop on Intelligent Computing in Pattern Analysis/Synthesis. Berlin: Springer, 2006: 369-376.
- [10] GONZALEZ R C, WOODS R E, EDDINS S L. 数字图像处理[M]. 2版. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2004: 206-207.
- [11] 于殿泓. 图像检测与处理技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006: 155-158.
- [12] CHAUDHURI D, SAMAL A. A simple method for fitting of bounding rectangle to closed regions[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(7): 1981-1989.