

文章编号:1001-9081(2008)01-0211-03

## 基于霍夫变换的图像运动模糊角度识别法的改进

黄琦, 张国基, 唐向京

(华南理工大学 数学科学学院, 广州 510640)

(winky0423@163.com)

**摘要:**运动模糊图像的复原主要依赖于对运动模糊参数的估计。针对 R. Lokhande 等人提出的基于霍夫变换的运动模糊角度估计法进行改进, 通过增加预处理步骤, 并利用霍夫变换得到更多合适直线, 然后取加权均值得到最后估计角度值。实验表明, 改进方法能得到比原方法更精确的角度值, 并且更加稳定。

**关键词:**运动模糊参数估计; 图像复原; 霍夫变换

**中图分类号:** TP75 **文献标志码:** A

### Improvement of motion blurred direction identification based on Hough transform

HUANG Qi, ZHANG Guo-ji, TANG Xiang-jing

(School of Mathematical Sciences, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China)

**Abstract:** Restoration of the motion blur images is highly dependent on estimation of motion blur parameters. The motion blurred direction identification based on Hough Transform, which was proposed by R. Lokhande et al., was improved. The improvement adopted more pretreatments, found more appropriate lines during the process of Hough Transform, and then gained the weighted means of their corresponding direction as the final result. The experiments show that, the improved algorithm has better precision and is more robust.

**Key words:** estimation of motion blur parameters; image restoration; Hough transform

对于模糊及加噪图像的复原主要依赖于图像的退化模型。而在退化系统模型里, 点扩展函数有两项重要的模糊参数, 分别为模糊角度及模糊带宽。已有研究提出了多种方法来识别模糊参数。

Cannon 直接在图像的空域通过负峰值点来识别点扩展函数的参数。文献[2]指出 Cannon 方法的敏感性问题。文献[3]提出通过沿着一个  $\phi$  角旋转对等的傅立叶频谱, 然后计算它的一维频谱并找到峰值点和谷值点来识别模糊方向。文献[4]提出了通过拉顿变换识别模糊方向, 及通过模糊集函数的变换来识别模糊带宽, 该方法对噪声影响大的运动模糊图像特别有效。文献[1]提出了通过对图像频域进行 LOG 域变换并取二值图后, 应用霍夫变换及一维频域来识别模糊参数。

本文在文献[1]提出的基于霍夫变换的图像运动模糊角度识别法的基础上, 针对该方法进行了一定的改进。

#### 1 运动模糊方向角度的识别

在图像退化模型<sup>[5]</sup>中, 拍摄的场景和拍摄器之间, 在曝光时间区间  $[0, T]$  内, 以恒定速度  $V$  和沿水平方向的角度  $\phi$  进行相对运动, 那么运动模糊的点扩展函数  $h(x, y)$  相对于“模糊带宽”  $L = VT$  的表示形式由下式给出<sup>[1]302</sup>:

$$h(x, y) = \begin{cases} 1/L, & 0 \leq |x| \leq L \cos \phi \\ & y = L \sin \phi \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

从式(1)可看出, 只需要识别出运动模糊图像的模糊角度  $\phi$  及模糊带宽  $L$ , 便可得出点扩展函数的具体形式。

在大部分的研究中, 对运动模糊方向角度的识别都是基于图像的傅立叶频谱。对于没有加噪效果的运动模糊图像, 我们能在傅立叶频谱上看到明显的平行黑线<sup>[1]302</sup>, 如图 1 所示。

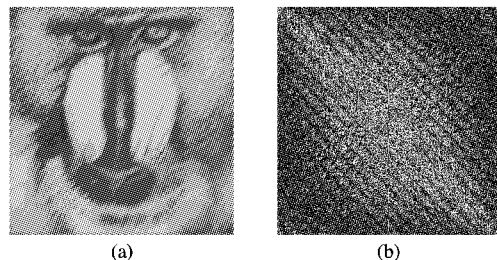


图 1 运动模糊图像及相应的傅立叶频谱

退化函数  $h(x, y)$  作为造成运动模糊效果的主要卷积核, 它在图像的运动模糊方向上产生了一个低通滤波的效果。图 1(a) 是受到模糊带宽  $L = 20$  像素, 模糊角度  $\phi = 45^\circ$  线性模糊效果的图像; 图 1(b) 是图 1(a) 的傅立叶频谱。可以从图 1(b) 中看到相反于原图中运动模糊方向角的平行黑线。因此便可以在图像的傅立叶频谱中使用霍夫变换来检测黑线的方向, 从而识别图像的运动模糊方向。

文献[1]中识别算法(FBD)描述如下:

算法 1 Find Blur Direction

第 1 步: 计算原图像的傅立叶变换  $G(k, l)$ ;

第 2 步: 应用 LOG 算子计算  $G(k, l)$  的 LOG 变换域, 然后

收稿日期: 2007-07-11; 修回日期: 2007-09-12。

作者简介: 黄琦(1980-), 男, 广东湛江人, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理、模式识别、人工智能、数据挖掘; 张国基(1953-), 男, 山东莱州人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向: 图像处理、模式识别、人工智能、数据挖掘; 唐向京(1982-), 男, 湖南涟源人, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理、模式识别、人工智能、数据挖掘。

将其变为二值图;

第 3 步:对第 2 步中得到的二值图使用霍夫变换并得到累加数组的最大值  $A(r_m, \varphi_m)$ ;

第 4 步:由  $A(r_m, \varphi_m)$  得到相应的直线  $r_m = x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m$ , 从而可得到运动模糊角度。

## 2 方法的改进

由于霍夫变换具有受噪声干扰和曲线间断等因素的影响较小的优点,因此算法 FBD 能得到较为满意的结果,但存在一定范围的误差。文献[1]的实验结果显示,对未加噪图像的角度识别上,误差角度最大达到  $5^\circ$ ,而本文在对该方法进行的大量实验中,误差角度最大甚至接近  $10^\circ$ 。因此有必要对该方法进行一定的改进,使得识别角度更加精确。

### 2.1 预处理操作的改进

在算法 FBD 里,对傅立叶变换后的图像  $G(k, l)$ ,直接使用 LOG 算子进行边界提取,然后将其变为二值图,这样使得边界二值图的平行黑线边界并不明显,且伴有大量的杂点(见图 2(a))。这些都会给霍夫变换检测直线带来不便。

本文在 FBD 的基础上,首先在预处理操作阶段对图像的傅立叶频谱采取了比原方法更多的处理,使得处理后的图像杂点少,边界更加清晰,从而便于应用霍夫变换进行直线检测。具体做法是:1)对傅立叶变换后的图像  $G(k, l)$ ,将像素点的值取模,使得图像频谱图的界线更加分明(见图 2(b));2)应用平滑滤波(如均值滤波或高斯滤波)对其进行去除杂点(见图 2(c));3)将前两步得到的图像变为二值图;4)将第 3 步得到的二值图进行 LOG 算子提取边界(见图 2(d))。

从图 2 可看出,经过改进操作,得到的结果(图 2(d))相比 FBD 算法的结果(图 2(a)),杂点更少,边界更加清晰,从而能让后续的霍夫变换操作得到更精确的结果。

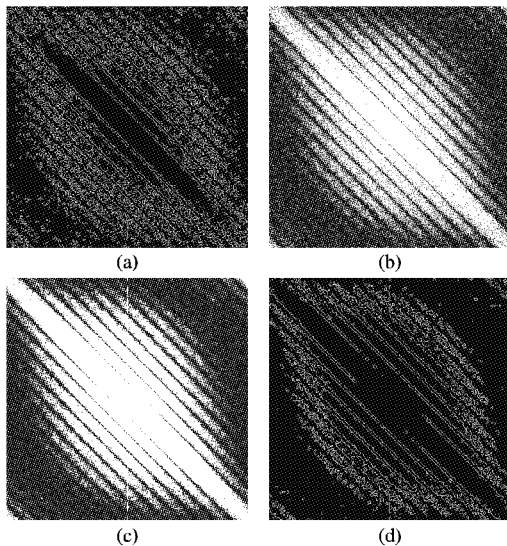


图 2 傅立叶频谱预处理效果比较

### 2.2 霍夫变换操作的改进

在算法 FBD 里,应用霍夫变换在边界二值图中检测直线时,寻找的是累加数组的最大值  $A(r_m, \varphi_m)$ ,从而得到相应的直线  $r_m = x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m$ ,进而得到运动模糊方向角。

但从图 2 中可看出,尽管进行了相应的处理,最后得到的边界二值图仍然带有不少杂点,并且所产生的直线边界也并不是真正的直线,而是由一些断断续续的局部曲线所构成的。因此直接取累加数组的最大值所对应的直线,有时会与希望

得到的频谱中平行黑线的边界产生一定的误差,且杂点越多、边界越不清晰,误差越大。

针对上述情况,本文在算法 FBD 的基础上,对只寻找累加数组的最大值这一步进行改进,改为寻找累加数组中的多个较大值。从对实验结果的分析中发现,累加数组里的数据,在按从大到小排在比较前的数个(一般为 10 个左右)的值都比较接近精确值,后面偏离较大;同时也可以看到,在靠前的点中,一般都有对应的  $\varphi$  角比累加最大点对应的  $\varphi$  角大的点,也有比它小的点(见图 3(b);对图 3(a)的频谱边界二值图应用霍夫变换后得到的累加数组前 50 个点对应的角度值)。

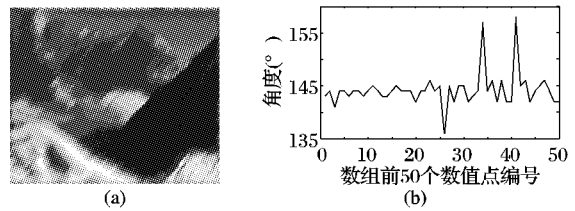


图 3 累加数组的前 50 个点对应的角度值示例

因此取前面的 10 个数据点,分别与累加最大的点(记为  $Am$ )进行比较,取与  $Am$  对应的角度  $\varphi_m$  相差最小的两个点(记为  $Am1$  和  $Am2$ ),其中  $Am1$  对应的角度值  $\varphi_1$  大于  $\varphi_m$ ,  $Am2$  对应的角度值  $\varphi_2$  小于  $\varphi_m$  (如果没有满足的,则取等于  $\varphi_m$  的值)。亦即满足下式:

$$\varphi_1 = \begin{cases} \{\varphi_i \mid \min(\varphi_i - \varphi_m)\}, & \exists \varphi_i > \varphi_m, i = 1, 2, \dots, 10 \\ \varphi_m, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$\varphi_2 = \begin{cases} \{\varphi_i \mid \min(\varphi_i - \varphi_m)\}, & \exists \varphi_i < \varphi_m, i = 1, 2, \dots, 10 \\ \varphi_m, & \text{其他} \end{cases}$$

同样记  $Am$ 、 $Am1$  和  $Am2$  对应的步长为  $r_m$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ ,我们就得到三条直线: $r_m = x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m$ 、 $r_1 = x \cos \varphi_1 + y \sin \varphi_1$ 、 $r_2 = x \cos \varphi_2 + y \sin \varphi_2$ 。然后再将从这三条直线得到的与水平方向的夹角做加权均值运算(本文采用的是等权值的均值运算),得到最后结果。

FBD 算法中应用霍夫变换得到的结果是一条直线,改进做法则是找到最合适的三条直线,然后将它们的角度做加权均值。实验表明,改进算法能在原算法误差比较大的时候,得到更精确的结果。

### 2.3 总体改进方法

综合 2.1 节和 2.2 节,得到改进算法(FBDII)如下:

算法 2 Find Blur Direction II

第 1 步:计算原图像的傅立叶变换  $G(k, l)$ 。

第 2 步:对  $G(k, l)$  进行取模,之后应用平滑滤波。

第 3 步:对第 2 步中的结果进行二值图变换,然后再用 LOG 算子提取边界,得到边界二值图。

第 4 步:对第 3 步中得到的二值图使用霍夫变换并得到累加数组  $A$ 。

第 5 步:在数组  $A$  中找到三个点  $Am(\varphi_m, r_m)$ ,  $Am1(\varphi_1, r_1)$ ,  $Am2(\varphi_2, r_2)$ , 分别满足: $Am$  是累加数组最大值,  $Am1$  和  $Am2$  对应的  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$  值满足式(2)。

第 6 步:由  $Am(\varphi_m, r_m)$ ,  $Am1(\varphi_1, r_1)$ ,  $Am2(\varphi_2, r_2)$  三点得到三条直线,从而得到三个运动模糊角度值: $\varphi_m, \varphi_1, \varphi_2$ , 对其

取加权均值便得到运动模糊角度的估计。

### 3 实验结果

本文算法针对运动模糊角度识别的改进,实验主要基于人工生成的运动模糊图像。在 Matlab 6.5 的环境下分别对标准图像库中的图像 BABOO. BMP 和 PEPPERS. BMP,采用在文献[1]中的数据对其进行人工的运动模糊效果,然后分别应用相应算法进行运动模糊角度识别,结果比较见表 1。

表 1 FBD 和 FBDII 对两幅标准图的运算结果比较

图像名	模糊带宽 (像素)	模糊 角度(°)	算法 FBD 的 估计结果(°)	算法 FBDII 的 估计结果(°)
BABOO. BMP	15	0	0	0.0
	15	30	30	30.0
	23	18	19	18.7
	38	30	30	30.0
	60	40	40	40.0
PEPPERS. BMP	15	45	45	45.0
	20	50	45	47.3
	30	60	56	57.3
	35	15	21	16.7
	50	0	0	0.0

表 1 结果表明,针对两幅标准图,当算法 FBD 得到的结果误差比较大的时候,算法 FBDII 得到的解误差相对小,较小误差的结果将有助于运动模糊图像的精确复原。

表 2 分别应用 FBD 和 FBDII 进行 100 次实验的结果误差统计

各类情况	算法 FBD 的 估计结果(°)	算法 FBDII 的 估计结果(°)
最佳估计值误差	0.00	0.00
最坏情况估计误差	9.00	5.90
平均估计误差	2.41	1.84
估计误差的标准方差	10.89	6.84

(上接第 201 页)

重的方法明显优于在训练数据集上离线训练权重的方法。也再次证明了训练数据集和测试数据集在特征分布上的差异,将严重影响线性融合中权重训练的准确性,进而影响查询结果。

### 4 结语

本章介绍了一种新的多模态信息融合视频检索模型,该模型充分考虑了多模态信息查询和融合在复杂语义视频检索中的重要性,构造了对应于文本、图像、高层语义等多个视频特征的查询模块,并有效地利用在关系数据库中用于处理复杂查询的关系代数表达式对多模态信息进行融合,将多模型查询结果有效地结合起来以满足复杂语义内容的查询要求。实验结果表明,本文提出的视频检索模型对于复杂语义内容的视频检索能够得到较好的查询结果。并且在相同的多模态信息条件下,本文提出的基于关系代数的多模态信息融合方法明显优于基于逻辑回归的线性融合方法,能够得到更准确的查询结果。

下一步的工作将从引入相关反馈和提取有效特征两个方面进一步改进检索模型的性能。

#### 参考文献:

[1] TREVID[EB/OL]. [2007-08-12]. <http://www-nlpir.nist.gov/projects/trevid/>.

针对更多图像,更多情况下的运动模糊步长和角度进行人工运动模糊效果后,再分别调用 FBD 和 FBDII 对模糊图像进行模糊角度识别(100 次实验)的结果误差统计见表 2。

表 2 结果表明,算法 FBDII 比 FBD 在最差情况下误差要小,平均误差和标准方差也都相对要小。因此本文提出的算法 FBDII 比 FBD 更加稳定。

### 4 结语

本文在文献[1]提出的基于霍夫变换的图像运动模糊角度识别法的基础上,对该方法进行了改进,改进主要分为两方面:1)在预处理操作上,增加了更多的处理,使得得到的边界二值图杂点更少,边界更清晰。2)在霍夫变换操作中,由原来的只寻找一条直线变为寻找最合适的三条直线,然后再将三条直线对应的角度做均值得到结果。实验结果表明,改进算法能得到更为精确的结果,并且比原算法有更小的平均误差和标准方差,因而更加稳定。

#### 参考文献:

[1] LOKHANDE R. Identification of parameters and restoration of motion blurred images [M]. Dijon: ACM Press, 2006: 301-305.  
 [2] FABIAN R, MALAH D. Robust identification of motion and out-of-focus blur parameters from blurred and noisy images [J]. CVGIP: Graphical, Models and Image Processing, 1991(53): 403-412.  
 [3] LI Q, YOSHIDA Y. Parameter estimation and restoration for motion blurred images [J]. IEICE Transaction Fundamentals, 1997, E80-A(8): 1430-1437.  
 [4] MOGHADDAM M E, JAMZAD M. Motion blur identification in noisy images using fuzzy sets [J]. IEEE international Symposium on Signal Processing and Information Technology, 2005(5): 862-866.  
 [5] GONZALEZ R C, WOODS R E. 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, 2003: 175-176.

[2] HAUPTMANN A, CHEN M Y, CHRISTEL M, *et al.* Confounded expectations: Informedia at TRECVID 2004[C]// NIST TRECVID 2004 Workshop. Gaithersburg: TRECVID press, 2004.  
 [3] YAN R, HAUPTMANN A. Co-retrieval: A boosted reranking approach for multimedia retrieval[C]// International Conference on Image and Video Retrieval. Dublin: ACM Press, 2004: 21-23.  
 [4] CHUA T S, NEO S Y, LI K Y. TRECVID 2004 search and feature extraction task by NUS PRIS[C]// NIST TRECVID workshop. Gaithersburg: TRECVID press, 2004.  
 [5] YANG H, CHAISOM L, ZHAO Y L, *et al.* VideoQA: Question answering on news video[C]// Proceeding of the ACM conference on Multimedia. [S. l.]: ACM Press, 2003.  
 [6] BURGESS J C. A tutorial on support vector machines for pattern recognition [J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 1998, 2(2): 121-167.  
 [7] SVM[EB/OL]. [2005-08-12]. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.  
 [8] ZHU X, ELMAGARMID A K, XUE X, *et al.* InsightVideo: Toward hierarchical video content organization for efficient browsing, summarization and retrieval [J]. IEEE Transaction on Multimedia, 2005, (7): 648-666.  
 [9] HO T K, HULL J J, SRIHARI S N, *et al.* Combination of decisions by multiple classifiers [M]. Structured Document Image Analysis. [S. l.]: Springer-Verlag, 1992: 188-202.