

# 基于多直线特征的电子图象稳定算法

宋永江 夏良正

(南京东南大学自动控制系, 南京 210096)

杨世周

(电视与电声研究所, 北京 100015)

**摘要** 提出了一种基于多直线段特征的全局运动估计算法, 同时也介绍了它在电子图象稳定(EIS) 系统中的应用. 首先, 用全局运动估计技术来估计摄像机的运动, 即通过小波变换法提取图象中的边缘, 并利用 Hough 变换法提取图象中的直线段特征; 然后按照直线段的特征参数和位置选择原则选择具有分布特性的多个直线段, 并通过对应的直线段特征比较计算局部运动参数和全局运动参数; 最后根据全局运动估计结果, 利用滤波法进行抖动判别和补偿, 实现对图象序列的稳定处理. 实验结果表明, 多直线特征可以准确且稳定地估计摄像机的运动参数, 通过滤波法可以消除视频序列的抖动.

**关键词** 图象处理 电子稳像 全局运动估计 特征提取

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)04-0363-06

## Electronic Image Stabilization Algorithm Based on Multi-Line Feature

SONG Yong-jiang<sup>1)</sup>, XIA Liang-zheng<sup>1)</sup>, YANG Shi-zhou<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Dept. Of Automation, Southeast University, Nanjing 210096)

<sup>2)</sup>(Research Institute of TV and Electroacoustics, Beijing 100015)

**Abstract** In this paper, we introduce an algorithm of global motion estimation based on multi-line features which are different characters and which can be distributed regularly in the image region. Global motion estimation attempts to find the shift of cameras such as translation, zoom and rotation. Multi-line segments are obtained by wavelet edge extraction algorithm and Hough transformation. Straight lines used in estimating motion parameter are selected under the control of selection rulers. Global motion parameter is obtained by comparing straight lines between the original referent image and the distributed images. Its application for electronics image stabilization is also presented. The distribution of an image sequence can be move away by filtering the trace of frame motion obtained by global motion estimation. The image sequence could be obtained by compensated to image frames. It is satisfying in experiment that global motion parameter can be calculated correctly and robustly depend on several straight lines. Un-stabilization can be shift by averaging motion vector estimated by multi-line segments.

**Keywords** Image processing, Electronic image stabilization, Global image estimation, Feature extraction

## 0 引言

电子图象稳定(EIS)是指从输入的视频图象序列中去除因为摄像机的抖动而引入的图象扰动而使图象序列稳定的处理过程, 即经过处理后, 消除因摄像机的无意抖动而造成的视频变化, 以保证摄像机在一定的变化范围内, 输出的视频是稳定的. EIS 的

应用可以减轻观察者的疲劳, 也能够减少电视跟踪系统中跟踪算法的复杂性, 提高目标跟踪的精度.

解决上述问题的关键是从图象序列的帧间差别中计算出代表摄像机运动的参数, 并根据运动参数判断这种运动是属于无意抖动, 还是蓄意的运动, 然后通过运动补偿算法消除无意抖动.

图象序列的帧间差可理解为运动, 这种运动包括因摄像机位置或参数的变化而引起的整个图象的变

化和因场景中物体的运动而引起的局部图象的变化,前者称之为全局运动,后者则称为局部运动<sup>[1]</sup>。

全局运动参数的估计方法有很多种,可以归纳为像素法、图象块法、特征法和相位法,其中,像素法是利用像素灰度值间关系的一类方法<sup>[2,3]</sup>,如像素相关法、像素递归法和光流场法等,这种方法的计算量很大,而且对噪声非常敏感,因此在实际的应用中并不常见;图象块法是较为常见的一种运动估计算法,它是基于这样的假设:一个图象块中的所有像素都具有相同的运动特征,在全局运动估计时,块的数目和布局决定了结果的精确性,块的尺寸、搜索范围和搜索方法影响着计算的复杂性;特征法<sup>[4]</sup>是选取图象中的典型特征作为运动估计的基本单元,这种方法比较接近于人的视觉特性,特征法主要受制于特征提取的稳定性和特征定位的精确性,使用的主要有线和拐点等特征。

在全局运动估计算法中,边缘、线段等特征被广泛使用。由于直线特征描述简单,而且又便于估计各个方向的运动,故在此提出了基于多个直线特征的全局运动估计算法。它利用了特征法计算全局运动参数的优点,并在以下几个方面改善了运动参数的估计精度:

(1) 直线是广泛存在的,且其描述相对简单。

在建筑物、道路等人工物体居多的场景中,直线特征是普遍存在的一种特征,因此可以有效地避免特征空间元素为空的可能,另一方面,直线的描述比曲线或边缘来得简单,且又比点特征有更强的抗噪声能力。

(2) 多直线特征的利用保证了所有方向的运动都能得到正确的估计

对于单个直线特征,在计算运动参数时,往往会因直线的方向因素,而使得一些运动参数无法估计,如对于垂直方向的直线就无法估计摄像机的上下移动,而多个直线特征则可以保证所有方向的运动都可以包含在运动参数中,通过对运动参数的合理解释就可以准确求取全局运动参数。

(3) 多直线保证了估计出的运动参数是全局的而不是局部的

单个直线特征容易使特征区域落入运动物体的局部,使得求出的运动参数不能代表全局,而多个直线只要在适当的规则限制下,就可以保证特征的全局性分布,使运动估计具有全局性,从而提高了全局运动估计的可靠性。

图象稳定算法是在全局运动的基础上,对图象序列帧的运动轨迹进行平滑滤波,滤波后的轨迹参数和实际的运动轨迹参数的差就作为补偿图象抖动的变换参数。

## 1 运动模型

根据复杂性的不同,描述 2D 物体的运动模型有很多种,最简单的是只有 2 个参数的平移运动模型,只描述在  $x$  和  $y$  方向上的平移运动,如果要描述沿  $z$  轴方向上的旋转和缩放,平移运动模型就无能为力了。仿射运动模型是一种线性变换,它可以用来描述物体的平移、旋转和缩放运动,仿射变换可以表示为

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

这里,  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$  分别是参考图象和当前图象中的像素点的坐标,运动矢量定义为

$$\mathbf{V} = (a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2)^T$$

其中,  $c_1, c_2$  用来描述平移运动,  $a_1, a_2, b_1, b_2$  用来描述图象的旋转和比例变换。

## 2 运动估计

由 Hough 变换提取的直线特征是用参数  $(\rho, \theta)$  来描述的,  $(\rho, \theta)$  和直角坐标  $(x, y)$  间的关系可用下式表示

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

若在稳定的参考图象中,提取的直线特征用参数  $(\rho_0, \theta_0)$  来表示,而在当前抖动图象中提取的直线特征参数用  $(\rho_1, \theta_1)$  来表示,那么相对于参考图象,当前抖动图象中的直线  $L_1$  就是参考图象中的直线  $L_0$  经过旋转和平移得到的,这个变化就是运动,如图 1 所示。图中,直线  $L_1$  是当前图象中的一条直线,

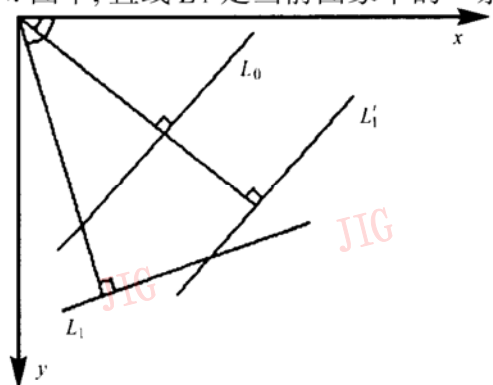


图 1 直线的仿射变换

其特征参数是 $(\rho_1, \theta_1)$ , 而  $L_0$  是参考图象中的一条特征是 $(\rho_0, \theta_0)$ 的直线。

可以建立直线  $L_1$  和  $L_0$  之间的变换关系, 这种关系一方面是直线上象素点之间的对应关系, 另一方面也是图象运动补偿的变换, 变换式中的参数就是运动参数。

直线  $L_1$  相对于原点旋转  $\theta = \theta_1 - \theta_0$  后, 可用直线  $L'_1(\rho_1, \theta)$  来表示, 根据坐标旋转的关系, 这种旋转变换可用下式实现

$$\begin{vmatrix} x'_1 \\ y'_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos(\theta_1 - \theta_0) & \sin(\theta_1 - \theta_0) \\ -\sin(\theta_1 - \theta_0) & \cos(\theta_1 - \theta_0) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \end{vmatrix} \quad (3)$$

式中,  $(x'_1, y'_1)$  和  $(x_1, y_1)$  分别是直线  $L'_1$  和  $L_1$  上点的坐标, 直线  $L'_1$  经平移变换到直线  $L_0$  的位置, 变换关系可以表示为

$$\begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x'_1 \\ y'_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} (\rho_0 - \rho_1) \cos \theta_0 \\ (\rho_0 - \rho_1) \sin \theta_0 \end{vmatrix} \quad (4)$$

将式(3)代入式(4)可得

$$\begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos(\theta_1 - \theta_0) & \sin(\theta_1 - \theta_0) \\ -\sin(\theta_1 - \theta_0) & \cos(\theta_1 - \theta_0) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} (\rho_0 - \rho_1) \cos \theta_0 \\ (\rho_0 - \rho_1) \sin \theta_0 \end{vmatrix} \quad (5)$$

### 3 多直线特征提取

直线特征的提取是通过边缘提取和滤波后, 利用 Hough 变换来实现的<sup>[5]</sup>, 即利用小波变换的边缘提取算法来进行边缘提取, 然后通过 8 连通规则来滤除孤立的点或短的线段, 最后通过 Hough 变换来提取直线特征参数。

#### (1) 边缘提取

边缘是由于图象中灰度分布的局部不连续所造成的, 而且边缘的成因复杂, 实际景物图象中的边缘往往是各种类型的边缘及它们模糊化后的组合。边缘和噪声都是高频信号, 因此各种各样的噪声对边

缘提取的影响也是很大的。

小波变换具有很好的时频局部化特性, 它能够检测出多种性质的信号突变, 近年来被广泛地应用于图象的边缘检测。

由于边缘提取要求有良好的定位性能, 因此用于边缘检测的小波必须是零对称的; 同时为了避免相邻边缘之间的相互影响, 减少漏检和错检, 所使用的小波应当是速降为 0 的, 这同时也可以提高运算速度。

检测屋顶型边缘时, 小波应具有对称性, 而检测阶跃型边缘时, 小波应具有反对称型, 因此作为边缘检测用的小波应当既是对称型的, 又是反对称型的。

$m$  阶中心 B 样条  $N_m$  定义为:

$$N_1(t) = \begin{cases} 1 & t \in [-0.5, 0.5] \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$N_m(t) = N_{m-1}(t) \times N_1(t) \quad m \geq 2$$

以  $N_4(t)$  为母二进小波, 其生成元  $H(\omega)$ :

$$H(\omega) = \left| \cos \frac{\omega}{2} \right|^4$$

$$\Psi(2\omega) = G(\omega) N_4(\omega)$$

$$\xi(2\omega) = L(\omega) N_4(\omega)$$

其中  $\Psi(2\omega)$ 、 $\xi(2\omega)$  和  $N_4(\omega)$  分别是  $\Psi(t)$ 、 $\xi(t)$  和  $N_4(t)$  的傅氏变换, 且

$$G(\omega) = i \operatorname{sgn}(\omega) \left| 1 + \sum_{k=1}^N a_k \cos k\omega \right| \sqrt{1 - |H(\omega)|^2} \quad \sum_{k=1}^N |a_k| < 1$$

$$L(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left| 1 + \sum_{k=1}^M b_k \cos k\omega \right| \sqrt{1 + |H(\omega)|^2} \quad \sum_{k=1}^M |b_k| < 1$$

这样可得到二维小波  $\{\Psi^{(1)}(x, y), \Psi^{(2)}(x, y)\}$ , 其中

$$\Psi^{(1)}(x, y) = \Psi(x)\xi(y), \Psi^{(2)}(x, y) = \xi(x)\Psi(y)$$

将  $G(\omega)$  和  $L(\omega)$  写成傅氏级数的形式

$$G(\omega) = \sum_{n \in \mathbf{Z}} g_n e^{in\omega}, L(\omega) = \sum_{n \in \mathbf{Z}} l_n e^{in\omega}$$

由于  $G(\omega)$  是奇函数,  $L(\omega)$  是偶函数, 因此  $g_0 = 0, g_n = -g_{-n}, l_n = l_{-n}$ 。取  $a_1 = 0.88, b_1 = 0$ , 构造的二进小波变换滤波器的系数如表 1 所示。

表 1 二进小波变换滤波器系数

	$n$								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
$g_n$	0.003 602	-0.025 216	-0.180 425	-0.506 770	0	0.506 770	0.180 425	0.025 216	-0.003 602
$l_n$	0.000 035	0.007 269	0.031 165	0.066 190	0.790 682	0.066 190	0.031 165	0.007 269	0.000 035

#### (2) 边缘检测原理

定义  $\theta(x, y)$  是一个适当平滑的二元函数, 并满足下面的关系式

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \theta(x, y) dx dy = 1$$

$$\lim_{x^2+y^2 \rightarrow \infty} \theta(x, y) = 0$$

定义尺度  $s$ , 则有  $\theta(x, y) = \frac{1}{s^2} \theta \left| \frac{x}{s}, \frac{y}{s} \right|$ , 将  $\theta(x, y)$  作用于图象  $f(x, y)$ , 即

$$f(x, y) * \theta(x, y) = f * \theta(x, y) \quad (6)$$

小波变换所需要的二维小波函数可定义为

$$\psi^{(1)}(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial x}$$

$$\psi^{(2)}(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial y}$$

在数字图象处理中, 尺度  $s$  一般取二进制序列  $2^j, j \in \mathbf{Z}$ , 在尺度  $s$  下二维小波函数可以表示为

$$\psi_s^{(1)}(x, y) = \frac{1}{s^2} \psi^{(1)} \left| \frac{x}{s}, \frac{y}{s} \right|$$

$$\psi_s^{(2)}(x, y) = \frac{1}{s^2} \psi^{(2)} \left| \frac{x}{s}, \frac{y}{s} \right|$$

图象在二维小波变换作用下, 有 2 个分量

$$W_s^{(1)}f(x, y) = f * \psi_s^{(1)}(x, y)$$

$$W_s^{(2)}f(x, y) = f * \psi_s^{(2)}(x, y)$$

可以用矩阵的形式来表示

$$Wf = \begin{vmatrix} W_s^{(1)}f(x, y) \\ W_s^{(2)}f(x, y) \end{vmatrix} = s \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f * \theta(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f * \theta(x, y) \end{vmatrix} = s \nabla (f * \theta)(x, y) \quad (7)$$

由上式可以看出,  $Wf$  的模值极大值点对应着函数  $f * \theta(x, y)$  的突变点, 而在  $(x, y)$  点的梯度  $\nabla(f * \theta)$  的方向角表示在图象平面上得到方向导数的模值极大点的方向. 对灰度图象进行小波变换, 沿梯度方向检测模的极大值点. 模值的幅度作为边缘的强度, 取阈值后获得边缘.

### (2) 边缘滤波

通过小波变换后得出的边缘图象, 除了含有实际的边缘外, 还含有各种各样的噪声引起的假边缘, 在边缘图象上体现为孤立的点和短线. 应设法将其滤除.

边缘滤波使用基于 8 连通规则的快速图象标记算法, 通过一次扫描, 对图象进行标记, 并生成邻接表和映射表. 利用邻接表和映射表, 通过二次扫描对标记进行修正. 适当选取边缘长度阈值, 将边缘图象中边缘长度小的线段滤除. 保留较长的边缘.

### (3) 直线提取

采用 Hough 变换提取直线特征. 假定图象的分辨率是  $x_{\text{dis}} \times y_{\text{dis}}$ , 则边缘图象中的直线参数  $\rho$  的范围是  $0 \sim \sqrt{x_{\text{dis}}^2 + y_{\text{dis}}^2}$ , 而  $\theta$  的范围是  $-90^\circ \sim +90^\circ$ . 建立一个二维  $R$  表, 即对应边缘图象中的像素点, 将  $\theta$

以 1 为步长, 计算对应的  $\rho$  值, 取整后, 累加填入对应的表格中.

对 Hough 变换后的  $R$  表作加权运算, 将数值最大的前若干条直线取出. 利用求出的  $(\rho, \theta)$  对边缘图象进行处理, 保留对  $(\rho, \theta)$  有贡献的像素点.

### (4) 多直线特征定义

对于提取的多条直线, 其中有的直线可能在边缘图象中是断开的, 而不同的 2 条或多条直线则可能是相连的, 因此要对其做空间的组合, 使之形成有效的包含有局部直线特征的图象数据块.

算法的实现也是采用图象标记法, 即扫描图象数据并标记, 然后根据邻接表和映射表对标号进行修正. 对具有同一标号的图象用一个最小的矩形盒包围.

根据矩形盒的大小、形状和位置的关系来选择若干个最可用的特征盒, 其选择的原则可以归纳为:

(1) 应尽量使矩形盒分布在整个图象区域中, 而不要集中于某个区域中;

(2) 矩形盒要尽可能具有多种形状, 使之可以代表各种方向的直线;

(3) 应尽可能选取较大的矩形盒.

在这里定义矩形盒的大小为其面积值, 而形状则定义为矩形的长宽比, 不同的形状定义为长宽比接近于 1、远大于 1 和接近于 0.

## 4 全局运动估计和补偿

使用基于小波变换的边缘提取算法提取原始稳定的参考图象中的边缘; 采用图象标记算法对边缘图象进行标记, 在给定适当阈值的情况下, 将图象中的杂散点滤除, 得到的图象即是原始稳定的参考图象的边缘图象.

采用 Hough 变换来提取直线特征, 并对  $R$  表中的数值进行加权运算, 求出直线  $l_n(\rho_n, \theta_n)$  上的边缘点个数, 个数越多, 表明在图象中该直线的特征越明显. 但由于存在在统计上共线, 而在图象的物理位置上可能并不属于一条直线, 因此在实际应用中选取特征直线数目要比实际用来运动参数估计的直线数目多得多. 同时将不属于这些直线的边缘点去除, 得到直线特征图. 用图象标记算法来标记直线特征图上的点, 用最小的矩形盒将同一标号的点围住. 由于矩形盒的大小不同, 所标记的直线特征就有大小之分, 因此利用选取原则选取主要的直线特征.

在原始稳定的参考图象的直线特征图中, 定位选定矩形盒, 并适当外扩, 如  $x$  方向外扩  $2dx$ ,  $y$  方向外扩  $2dy$ . 将这个扩展后的盒称为特征盒 TO, 在这个特征盒的范围内计算运动参数. 计算所有特征盒中的直线参数, 其方法是: 根据在原始稳定图象中所选定的特征盒, 在当前的抖动图象中, 对应特征盒位置进行直线特征的提取, 并在一定的旋转角度和平移量限制范围内比较原始稳定图象中的直线  $(\rho_0, \theta_0)$  和当前抖动图象中的直线  $(\rho_i, \theta_i)$ . 根据式 (3) 和式 (4) 可分别得出旋转角度  $d\theta$  和平移量  $dx_i, dy_i$ .

将所有特征盒中计算的运动参数和对其评价的权值进行比较, 求出当前帧图象的全局运动参数  $(\theta, x_i, y_i)$ .

对于一个图象序列来讲, 以某帧作为参考图象, 可以求出图象序列中帧的运动轨迹, 由于抖动因素的存在, 轨迹往往是变化剧烈的, 图象稳定的目的是将这种剧烈的运动变化变为平滑, 因此需要给定每帧图象的变换参数, 使之通过变换后图象序列的变化是平滑的.

采用轨迹平均值法来对轨迹进行滤波, 并将滤波前后对应帧的参数差作为图象序列中当前帧的补偿参数, 第  $i$  帧图象的变换参数可以表示为

$$\Delta x_i = \frac{x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2}}{5} - x_i$$

$$\Delta y_i = \frac{y_{i-2} + y_{i-1} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}}{5} - y_i$$

$$\Delta \theta = \frac{\theta_{i-2} + \theta_{i-1} + \theta_i + \theta_{i+1} + \theta_{i+2}}{5} - \theta_i$$

再采用下式的运动模型对图象进行变换

$$\begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos(\Delta\theta) & \sin(\Delta\theta) \\ -\sin(\Delta\theta) & \cos(\Delta\theta) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{vmatrix} \quad (8)$$

### 5 实验结果和结论

选用一个 50 帧的序列图象进行全局的运动估计和运动补偿. 计算出的图象序列帧的运动参数如图 2 所示. 在图 2 中, 实线是帧的实际运动轨迹, 虚线是采用均值稳像算法稳定后的图象帧的运动轨迹.

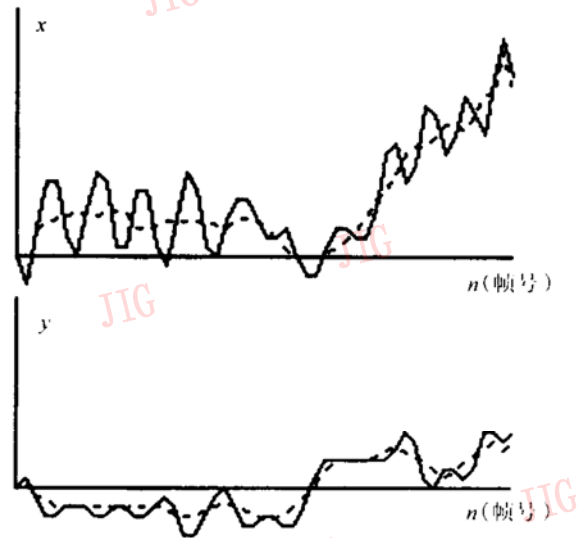
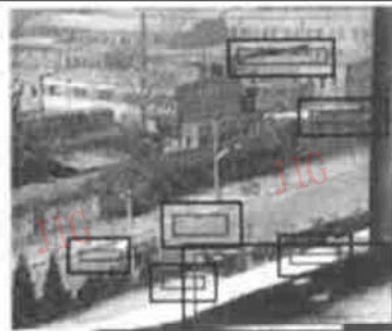


图 2 图象序列中帧的运动轨迹

图 3(a) 是该图象序列中的一帧图象, 把它作为参考图象, 用于寻找并定义包含主要直线特征的特征盒. 图 3(b) 是序列中的一帧图象, 用于计算的当前图象, 在包含直线特征的特征盒区域中, 比较参考图象和当前图象中的特征直线, 根据式 (3) 和式 (4) 可分别得出旋转角度  $d\theta$  和平移量  $dx_i, dy_i$ . 通过加权平均的方法计算出全局运动参数  $(\theta, x_i, y_i)$ . 为了能更直观地看到图象中找到的特征直线, 在图中对应位置标出了特征盒, 如图 3(a) 和图 3(b) 所示.



(a) 原始的参考图象



(b) 当前抖动的图象



(c) 稳定后的图象

图 3 图象序列中的部分帧图象

根据前后帧运动参数的平均值来计算当前帧的运动补偿变换参数  $(\Delta\theta, \Delta x_i, \Delta y_i)$ , 并将其作为变换参数, 然后根据式 (8) 对当前图象进行变换, 图 3(c) 是变

换后的图象. 由于抖动的原因, 稳像后的图象有的部分已超出图象的边界框而溢出, 也有的在边界框内部出现了空白, 图 3(c) 中的矩形框是图象的正常视窗.

算法的运行时间包括 2 个方面,一是在参考图象中用于直线特征选择的时间,另一个就是在对应的特征盒中,进行特征比较的时间.前者由于是对整幅图象进行的,因此时间略长;采用  $176 \times 144$  的图象序列进行处理,在 P III 300 机器上的算法运行时间大约为 300ms. 由于定义的包含直线特征的特征盒一般较小,因此在特征盒中进行直线特征匹配的计算时间也短,在采用 7 个特征盒时,它的计算时间平均为 26ms 左右,而采用 5 个特征盒时的计算时间是 22ms.

对于原始图象序列中帧的运动轨迹曲线,它的均值是:  $E_x = 0.38$ ,  $E_y = 0.12$ , 方差是  $\sigma_x = 12.64$ ,  $\sigma_y = 2.15$ . 经过 5 点平均值滤波后的轨迹曲线,其均值为  $E_x = 0.36$ ,  $E_y = 0.11$ , 方差是  $\sigma_x = 2.14$ ,  $\sigma_y = 0.44$ . 从方差的变化可以看出,在经过稳像处理后,帧图象的抖动明显地缩小了.

实验结果证明,多直线特征的分布性保证了全局运动参数估计的稳定性,它在抗噪声能力方面远远超过了点特征,而在运动参数的全局性方面也是单一的任何特征都无法比拟的.而对于实时性要求,可以通过硬件的 DSP 方案来满足.

### 参 考 文 献

- 1 Carlos M, Rama C. Fast electric digital image stabilization[A]. In: Proc. International Conference on Pattern Recognition[C]. Vienna, Austria, 1996: 284~ 288.

- 2 Tan Y P, Sanjeen R K, Peter J R. A new method for camera motion parameter estimation [A]. In: Proc International Conference on Image Processing[C]. Washington, D C, 1995: 406~ 409.
- 3 Ko S J, Lee S H, Jeon S W *et al.* Fast digital image stabilizer based on grag-coded bit-plane matching[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics. 1999, 45(3): 598~ 603.
- 4 Paik J K, Park Y C, Park S W. An edge detection approach to digital image stabilization based on tri-state adaptive linear neurous[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics. 1991, 37(3): 521~ 530.
- 5 宋永江,夏良正,杨世周等. 基于 Hough 变换的小波边缘直线特征提取[J]. 东南大学学报, 2000, 30(5A): 174~ 179.



宋永江 1964 年生,博士生. 主要研究领域为数字图象处理、数字视频处理、模式识别与智能系统.

夏良正 1942 年生,教授,博士生导师. 主要研究领域为数字图象处理、数字视频处理、模式识别与智能系统、电视跟踪.

杨世周 1942 年生,教授级高工,副总工程师. 主要研究领域为电视跟踪、数字视频处理.

## ELSA 最新专业绘图显卡

德国艾尔莎国际科技股份有限公司于 2002 年 3 月 28 日,在北京发布了以其最新的专业绘图显卡系列产品为核心的图形工作站解决方案,并向广大合作伙伴和 3D 设计人员展示其全新的 GLoria4 XGL900、GLoria4 XGL750、Synergy4 XGL500 等专业绘图显卡,产品覆盖了从高端到入门级绘图显卡的所有领域,各层面的 3D 设计人员都可以从中找到适合自己的解决方案.

GLoria4 XGL、Synergy4 XGL 系列产品是 ELSA 公司为专业用户和系统集成商提供的创新性产品,将使图形设计、视觉效果制作、自动化设计和工业设计领域的专业人员不断突破设计与创新的极限,达到一个崭新的高度.

ELSA 专业绘图显卡凭借可程序化的 nVIDIA Quadro4 XGL GPU 芯片达到了完美的显示效果及优质特性,并且通过 3D 特效组合,给 3D 设计师提供了有限时间内的几乎无限的创意空间以及高水平的图形质量. 新一代的 ELSA 专业绘图显卡采用 nVIDIA 最新的 Quadro4 XGL 芯片,具有动态内存带宽管理、最优化的 OpenGL 和 DirectX 驱动程序的高效组合,提供业界最有效闭塞面剔除功能和每秒处理 6000 万多边形生成、贴图及渲染功能. 内建的 nVIDIA nFinite FX 引擎使 ELSA GLoria4 XGL 专业绘图显卡具有 OpenGL 和 DirectX 可程序化的特效渲染处理效果,这些特性足以使 3D 设计师完成从前不可能达到的实时效果.

新一代 ELSA GLoria4 XGL、Synergy4 XGL 系列产品同时还具有 nVIDIA 第二代的光速存储构架,实现了最优化的内存带宽应用,并且具有统一内存结构功能,它可以动态分配帧缓冲、纹理存储及顶点存储等子系统之间的内存. 由于 GLoria4 XGL、Synergy4 XGL 采用 nVIDIA 的专利 nView 双频显示软件,所以完全支持双频输出功能,用户可通过 ELSA GLoria4 XGL900、GLoria4 XGL750 和 Synergy4 XGL550 绘图卡在两台显示器上同时完成内容窗口编辑、动画编辑、色彩编辑和网络浏览等各种工作,节省了大量的设计时间和设备投资.