

基于车道线交点的车载视频稳像算法

罗 瑾, 许 杰

(四川大学 计算机学院, 四川 成都 610064)

摘 要:针对车辆在行驶时摄像机所拍摄图像的晃动问题,包括平移以及旋转抖动,文章提出了一种新型的以高速公路车道线以及其交叉点构成的三角形作为图像特征的数字稳像方法。首先依据车载视频图像中车道线的分布特征,对待处理图像进行分割,以及图像边缘信息进行加强,然后再进行图像特征的提取构造。有效提高了算法的精度并且减少了计算量。实验表明,基于车道线特征的数字稳像算法具有更高的稳定性,并且很少受到天气、过往车辆等外部因素的影响。

关键词:数字稳像; hough 变换; 特征匹配; 图像分割; 运动估计; 运动补偿

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)03-0001-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.001

A Vehicle Borne Video Stabilization Method Based on Lane Intersection

LUO Jin, XU Jie

(College of Computer, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: According to the vehicle in the road taken camera image sloshing problems, including translation and rotation jitter, present a digital image stabilization method for mobile video surveillance based on a lane line and its intersection points of a triangle formed. According to lane distribution of the image, make image segmentation first, intensify the edge information of image, then extract and construct the image feature. It can effectively enhance the accuracy and reduce the computation. The experiment proves that this method is more effective and rarely affected by weather, passing vehicles and other external factors.

Key words: digital image stabilization; hough transform; feature matching; image segmentation; motion estimation; motion compensation

0 引 言

稳像的目的是为了消除视频中图像的抖动,这种抖动是由于摄像设备的不稳定造成的。这种抖动不仅会引发观看者的眩晕感和疲劳感,同时还影响扫描精度,对后续的图像跟踪,图像分析等工作造成消极影响。稳像技术就是对存在随机抖动的图像序列进行重排以及修正,使得最终输出稳定的视频图像。稳像技术按其发展及应用领域可分为三种:机械稳像、光学稳像、数字稳像^[1]。机械稳像的原理是利用高精度的传感器例如陀螺平台以及伺服系统构成,它用来补偿基座上的摄像系统的相对运动以实现稳像目的。在例如武器系统这样庞大的系统中,往往将整个成像系统置于上述稳像平台中。在光学稳像系统中是利用光学原件补偿图像运动实现稳像的。在医疗仪器、军事勘察等方面,光学稳像扮演着重

要的角色。数字稳像是结合计算机数字图像处理以及电子技术的方法直接确定图像序列之间的相对偏移并进行矫正的技术。随着计算机技术和传感器技术的进一步发展,稳像系统已经逐步发展为机、光、电的综合性系统。

车载摄像机由于工作在运动的特殊平台上,车身的振动会使摄像机所拍摄各帧图像产生偏移,导致成像的模糊性。针对这一问题,文中提出了一种针对车载视频的稳像方法。

1 数字稳像基本原理

典型的电子稳像系统结构如图 1 所示:

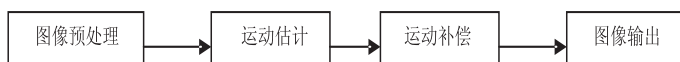


图 1 电子稳像系统结构图

图像预处理部分是根据稳像算法的具体需要对待处理图像进行分割、去噪声、采用直方图均衡化等方法增强图像细节等。

运动估计是利用特定的算法对图像序列进行处

收稿日期: 2012-06-16; 修回日期: 2012-09-20

基金项目: 国家“863”高技术发展计划项目(2012AA011804)

作者简介: 罗 瑾(1987-),女,硕士,研究方向为信息融合与高速信号处理; 许 杰,博士,研究方向为信息融合与高速信号处理。

理,计算出当前帧相对于参考帧的偏移向量。运动估计是电子稳像算法的核心部分。常用的方法主要有基于图像灰度信息匹配方法、基于图像特征匹配方法等。其中,基于特征匹配的方法得到了广泛的研究和应用。

运动补偿是在运动估计计算出的相对偏移向量的基础上,分辨出摄像机的主观运动以及随机抖动。利用滤波等方法滤除随机抖动向量,保留主观运动。

2 基于特征匹配的数字稳像算法

数字稳像技术首先通过算法估计视频相邻两帧图像之间的全局运动,然后根据计算出的全局运动向量估计出运动补偿向量。最后,通过对视频图像每一帧图像进行校正来达到稳定视频的目的。全局运动估计被认为是电子稳像系统中最重要的部分,按照应用领域的不同可分为两种:第一种方法只针对图像之间的平移运动,称为 2D 算法;第二种叫做 3D 算法,它不但能计算出图像间的平移运动,还可以计算出图像间的旋转向量^[2]。常用的 3D 算法有特征匹配法、帧匹配法和光流法。基于特征匹配的数字稳像算法就是选取图像中的典型特征作为全局运动估计的参考单元,根据特定的匹配规则搜索相邻图像间的该特征,最后根据运动模型来求解图像间的相对位移关系^[3]。根据实验观察,当车辆行驶在高速公路上时,车辆的震动与摄像机所拍摄视频的震动基本一致。这种震动不仅包含平移运动,还会包含明显的旋转运动,所以,文中针对这类抖动问题提出的是基于特征匹配的 3D 稳像算法^[4]。

2.1 特征提取

图像特征必须能够准确反映出视频中图像序列的整体运动规律,并且具有运动抗干扰性。常用的图像特征有边缘、角、直线、脊等。直线是图像非常重要的边缘特征,它是在边缘检测的基础上,基于一定的准则,确定属于直线的边缘点。当前比较成熟的直线提取算法是霍夫(Hough)变换^[5]。它是根据图像空间和 Hough 参数之间的对偶性原理,对映射到参数空间的边缘点进行累加测出极值来判断直线。在极坐标中,直线的表示形式如(1)式:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

可以看出,图像坐标中,点与参数坐标中的一条正弦曲线存在对应关系,即图像空间中,一条直线上任意一点都代表参数空间中的一条正弦曲线,并且这些正弦曲线都相交于一点。因此当计算出极坐标在参数空间中正弦曲线的交点,就可以确定图像空间中的直线极坐标系数,直线方程即可得出。

2.2 特征匹配

特征匹配选取一帧图像特征作为特征模板,在后

续图像中进行模板匹配的过程,这一过程必须在某种相似性规则的基础上进行^[6]。通常针对不同的图像特征选取相应的图像匹配方法。针对边缘特征,通常采用基于特征相关性的匹配方法,计算两幅图像临近位置上边缘之间的相关值,则相匹配的特征就是两幅图像中相关性最强的。图像特征匹配通常是根据具体选取的图像特征种类来设计匹配方法。

2.3 全局运动矢量计算

在获得两帧图像的特征之后,通常将图像特征带入特定的运动模型来计算出当前帧的运动参数,即是需要的全局运动向量。因为图像间的全局运动是由三种运动结合而成:旋转,平移,缩放。所以通常采用如式(2)的二维运动模型:

$$\begin{pmatrix} X_j \\ Y_j \end{pmatrix} = s \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{pmatrix} \quad (2)$$

(X_i, Y_i) 和 (X_j, Y_j) 是在时间 t_i 和 t_j 中两帧图像中特征点的坐标; $\Delta X, \Delta Y$ 表示图像间的平移参数, θ 是两帧图像的旋转角度; s 是缩放参数或缩放向量。结合实际情况,图像间的随机抖动一般不包括缩放情况,所以式(2)中的 s 通常设为 1。特征匹配法就是根据图像特征解出运动模型(2)中的运动参数^[7]。

2.4 运动补偿

摄像机的抖动具有连续、平稳等特点,所以摄像机在进行移动拍摄时,视频中主观场景的运动也呈现出规律性且较为平稳;但在视频中看到的画面抖动现象则是由于摄像机的随机抖动产生,这种抖动具有无规则及突变性。根据这一规律,就可以把图像的随机抖动向量看做是附加在视频主观运动向量上的高频噪声。因此,对前一步运动估计计算出的全局运动向量进行均值滤波就可得出所需要的抖动向量,即运动补偿向量。

3 文中数字稳像算法

在结构化的高速公路上,车道线是一种随处可见的交通标识。当摄像机出于相对稳定的工作状态时,即车辆沿车道线平稳行驶,则从视频图像中可以看出,车道线基本处于固定位置不变。并且车道线会随着摄像机的平移及旋转运动进行相应的平移或旋转。因此,车道线符合选取图像特征的标准,它的随机抖动可以表示图像的随机抖动。所以,针对存在随机抖动的车载视频,将当前帧的车道线移动到参考帧图像中车道线的位置,即是图像的稳定的位置,就实现了稳定视频的目的。

3.1 车道线检测

为了找出图中道路边缘点所构成曲线的参数,常

采用二次或三次曲线作为车道线模型,但该算法过于复杂,并且实时性受到了限制。若采用车道线直线模型,误差如图2所示:

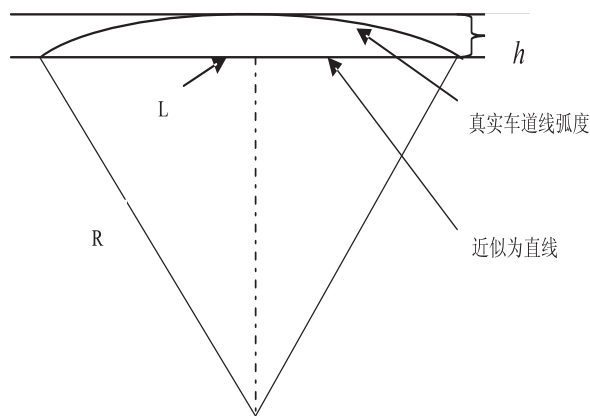


图2 车道线直线模型

按照我国公路设计标准,行车速度为120km/h时,车辆的极限转弯半径为650m(一般最小半径为1000m)。所以取高速公路曲率半径为650m,假设摄像机拍摄到的有用道路长度为3m,在该区域内,以参考直线表示车道线所产生的误差:

$$\Delta h = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L^2}{2}\right)} = 0.001\text{m}$$

在车道线检测中,通常只考虑近处的车道,即H的值较小,所以用直线模型可以满足精度要求^[8]。

3.2 图像特征选取

由摄像机拍摄的图像可以看出,原始图像中的车道线集中在图像的下半部分,为了减少复杂性和提高算法的实时性,在识别之前要对图像进行滤波、二值化等预处理,将图像上半部分灰度值设置为零(即为黑色),而图像下半部分要做的是加强车道线边缘信息。文中选用的是Canny边缘检测算子。与其它检测算子相比较,Canny算子提取的边缘线条连接程度也较好。

在对预处理后的图像进行Hough车道线识别,利用车道线纵向排列的特点,对预处理后图像中的白色区域进行像素点筛选,并且提取车道线的内边缘,即首先从图像的左区域向右区域进行扫描,左侧车道线提取每一行第二值为1的点,右侧车道线提取每一行第一个值为1的点^[9]。结果使用Hough变换画出两条车道线,并确定斜率和截距。

3.3 图像特征构造

文中选用的是Canny边缘检测算子。与其它检测算子比较,Canny算子具有较好的抗噪性和边缘定位精度,Canny算子提取的边缘线条连接程度也较好。为了不丢失车道线标识,算子的高低阈值分别取0.8和0.4,以保证包含充足的边缘。在对预处理后的图

像进行Hough车道线识别,利用车道线纵向排列的特点,对预处理后图像中的白色区域进行像素点筛选,在所得的边缘图像搜索中所有的连通区域,去掉面积小于24的连通区域,并且提取车道线的内边缘^[10]。结果使用Hough变换画出两条车道线,并确定斜率和截距。

3.4 图像特征匹配

计算得出两条相交车道线的交点坐标 (p_x, p_y) ,该点到两条直线距离为L的两个点 (X_1, Y_1) 和 (X_2, Y_2) 坐标值可由公式

$$\begin{cases} Y_i = \min\left\{p_y + \frac{L|k_i|}{\sqrt{1+k_i^2}}, p_y - \frac{L|k_i|}{\sqrt{1+k_i^2}}\right\} \\ X_i = \frac{Y_i - k_i}{k_i} \end{cases} \quad i=1,2$$

得出。其中, k_i 和 b_i 分别为两条车道线的斜率和截距。因此,这三个点 (p_x, p_y) , (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) 构成一个等腰三角形。

参考实际情况,当相邻两帧图像的全局运动方向与其中一条车道线方向一致时,则无法根据直线特征估计出全局运动向量,因此选择这个等腰三角形作为图像匹配的特征,特征点即三角形的三个顶点。将三个顶点坐标带入运动模型式(2)中,得到全局运动向量 $\{\Delta x_n, \Delta y_n, \theta_n\}$ 。

3.5 运动补偿向量计算

以上求出的全局运动向量并不是最终的运动补偿向量,因为在车载摄像机所拍摄的视频中,图像全局运动向量是摄像机的随机抖动与正常扫动的叠加。稳像的目的是在保留摄像机正常扫描运动的前提下,消除或减弱摄像机抖动所造成的图像序列的随机运动。通常摄像机的正常扫动是有规律,平滑的变化,而随机抖动则是无规则的突变,因此可以定义图像的随机抖动向量是附加在视频主观运动向量上的高频噪声。所以,用均值滤波的方法来确定最终的运动参数^[11]。文中选用的是卡尔曼滤波方法,它只需要当前帧的输入和前一帧的输出就可以估计当前图像的稳像位置,因此计算效率较高,有利于算法的实时性。

综上所述,文中提出的车载视频稳像算法具体流程如下:

- a: 使用Canny算子和预先设定好的阈值将图像转换为二进制的边缘图像,并且提取图像的下半部分作为检测范围^[12];
- b: 根据阈值去除图像中不属于车道线的边缘,并提取车道线内边缘;
- c: 根据改进的Hough算法计算出车道线直线模型的斜率和截距;

d:取车道线交点与设定的固定边长所构造出特征三角形;

e:将三角形的顶点坐标代入具有旋转系数的刚体运动模型,即可计算出全局运动向量;

f:利用均值滤波方法,文中使用卡尔曼滤波法计算出运动补偿向量^[13];

g:根据前一步算出的运动补偿向量对每一帧偏移图像进行修正,输出最后的稳定视频。

4 实验结果及评价

文中基于车道线匹配,求出帧与帧之间的全局运动位移,通过累加,求出当前帧相对于参考帧的绝对位移向量,然后将该位移向量经过 Kalman 滤波,得出当前帧的补偿向量,根据补偿向量对每一帧图像进行校正,最后得到稳定的视频输出。本实验选取两帧图像进行对比,定义第一帧图像为参考帧,选取后十帧图像中的一帧为待配准帧图像。

实验的硬件环境是在 2.0GHz CPU,2G 内存的微机上进行,在 C++ 环境中采用 Opencv 编程,稳定单帧



(a)参考帧



(b)当前帧



(c)补偿后的图像

图 3 视频帧图像

图像需要的平均时间为 29ms。在此基础上,如果能够利用硬件进行算法加速,会得到更高的处理效率。因此,该算法能够满足实时性要求。

图 3 为视频帧图像。

5 结束语

文中提出的基于车道线交点匹配的 3D 数字稳像算法,首先对图像进行分割之后再进行处理。运用直线模型提取车道线,然后根据提取的车道线特征估计出全局运动向量,最后运用卡尔曼滤波计算运动补偿向量。实验表明,该方法能够有效改善乃至消除在高速公路环境中,摄像机所产生的视频抖动现象,并且具有稳定高效的特性。在道路监视系统、目标检测与跟踪等领域将会有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 刘玉红,涂 丹. 数字图像稳像算法研究[J]. 计算机仿真, 2008,25(7):200-204.
- [2] 朱娟娟,郭宝龙. 电子稳像的特征点跟踪算法[J]. 光学学报,2006,26(4):516-521.
- [3] 樊玉平,田裕鹏. 电子应用技术[J]. 计算机技术与应用, 2008(12):145-148.
- [4] 陈 璐. 车载电子稳像技术研究[D]. 广州:中山大学, 2006.
- [5] Song Li, Zhou Yuanhua, Zhou Jun. Robot video stabilization based on motion vectors[J]. Journal of Shanghai University (English Edition), 2005,9(1):46-51.
- [6] 罗诗途,张王己,王艳玲,等. 一种基于特征匹配的实时电子稳像算法[J]. 国防科技大学学报,2005,27(3):45-48.
- [7] 邢 慧,颜景龙,张树江. 一种基于角点特征的数字稳像算法研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2006,14(4):566-570.
- [8] 邱力为,宋子善,沈为群. 直线参数检测的快速哈夫变换[J]. 北京航空航天大学学报,2003,29(8):741-744.
- [9] Morimoto C,Chellappa R. Fast electronic digital image stabilization for off road navigation[J]. Real Time Imaging,1996(2):285-296.
- [10] 张 宇,黄亚博,焦建彬. 一种适用于高分辨率图像的实时电子稳像算法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(3):9-11.
- [11] 邢 慧,颜景龙,张树江. 基于 Kalman 滤波的稳像技术研究[J]. 兵工学报,2007,28(2):175-177.
- [12] 郭 丽,龚声蓉. 基于内容的视频分割技术研究[J]. 计算机技术与发展,2006,16(1):33-36.
- [13] Wang J Y A,Adelson E H. Representing Moving Images with Layer[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1994,3(5):625-638.

基于车道线交点的车载视频稳像算法

作者：[罗瑾， 许杰](#)
作者单位：[四川大学 计算机学院, 四川 成都610064](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2013(3)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201303003.aspx