

一种改进的路口背景频度估计算法

刘 栓¹, 董军宇²

(1. 黄淮学院计算机科学系, 驻马店 463000; 2. 中国海洋大学计算机系, 青岛 266071)

摘要:从路口视频图像中实时地构建道路背景图像是基于背景减法的车流量检测的前提。由于路口车流信息复杂, 图像受外界环境因素影响大, 现有的背景估计算法都有不足之处。该文提出了一种改进的频度背景估计算法, 通过离散样本图像, 实时地构建背景。该方法不仅算法简单、实时性高, 而且增强了在背景估计时对光线变化的适应性, 提高了背景建模的准确度, 可适用于基于视频的路口信号灯的智能控制系统。

关键词:背景估计; 智能交通; 平均估计; 频度估计; SVM

Improved Frequency Estimation Algorithm of Road Junction Background

LIU Shuan¹, DONG Junyu²

(1. Department of Computer Science, Huanghuai University, Zhumadian 463000;

2. Department of Computer, Ocean University of China, Qingdao 266071)

【Abstract】 Modeling road junction background from traffic surveillance video is the foundation for real-time traffic flow detection. The speed and accuracy of the models are subject to the complexity of traffic flow at junctions and the environmental influence, e.g. changing illumination. The paper presents an improved frequency estimation algorithm to construct junction background in real-time from image sequences. Experimental results show the proposed method can produce high modeling accuracy under different environmental conditions.

【Key words】 Background estimation; ITS; Average estimation; Frequency estimation; SVM

随着城市车辆的增加, 城市道路拥塞现象日益严重, 尤其是作为城市道路网络上的一个个关键节点——路口, 更是成为影响道路畅通的关键所在。传统的路口信号灯控制方式主要采用固定模式和半固定模式, 很难依据当前路口实际车流信息来智能控制。基于视频的交通路口信号灯智能控制系统, 就是从视频图像数据中准确地获取车流信息, 向信号灯控制设备发送控制信号, 完成信号灯的智能控制。

基于视频的运动对象检测方法有多种, 如光流法^[1]、邻帧差分法^[2]和背景减法^[3,4]等。实际交通路口的车流速度较慢, 车辆处于等待状态是很正常的现象, 有时甚至会出现堵车, 邻帧差分的有效性就特别差。加之图像受时间、光照等环境影响大, 光流法算法复杂, 实时性能不好。而背景减法的车流量统计, 准确性和实时性都比较高, 但如何实时准确地构建路口背景就成了关键。

目前构建背景的算法可分为静态和动态两类。静态背景估计的方法适应性差、准确性低, 不适合交通路口的实时背景估计。而动态背景建模方法有很多, 如统计平均法、基于频度的背景估计法和基于速度场理论的背景估计方法^[5,6]等。基于速度场理论的背景估计算法计算量大、实时性不好且对车流拥塞时产生很大误差, 统计平均法和频度估计算法简单, 实时性好。但统计平均法在车流量较大时, 误差也很大, 不适宜路口背景建模, 而频度背景估计对光线变化的适应性也较差。

因此, 本文提出了一种改进的频度背景估计算法, 既保留了频度估计算法实时性好的优点, 又增强了在背景估计时

对光线变化的适应性, 提高了背景建模的准确性。

1 基于频度的背景估计法

在实际应用中, 交通流量大时, 随时会有车辆遮挡路面, 系统很难在初始化阶段获得准确的背景信息, 这一点影响了基于背景模型方法的有效性。例如如法平均估计法, 算法简单、运算速度快, 它把多帧输入图像的对应点像素值累加求均值, 来作为背景对应点的值。该方法在车流快速移动且车流稀疏时的背景建模比较准确, 但在交通路口时, 由于车流量大, 车辆移动较缓, 就容易出现明显的“影子”噪声, 因此, 这种方法不适宜交通路口的背景实时建模。

1.1 频度估计的思想

在实际交通中, 路口车流长时间处于堵塞状态, 并不是一种很常见的现象。而如果能做到合理地对信号灯进行智能控制, 可以进一步有效地降低出现这种严重堵车的可能性。因此, 由经验可知, 在较近的一段时间内, 路面信息总是可见的, 因为在信号灯为绿时, 路口的车流总是要移动而离开原地, 这样, 路面总是在某一刻能够显现出来。这样, 采集多帧图像, 像素值出现频度最高的, 就应该是路面背景信息。

基于频度的背景估计方法, 能比较准确、及时地获得背景图像信息。如果定义 $B(i, j)$ 是对背景中的点 (i, j) 的灰度估计, N 是图像帧数, $f_t(i, j)$ 是第 t 帧图像中的点 (i, j) 的

作者简介:刘 栓(1978 -), 男, 硕士生, 主研方向: 图像处理, 智能信息处理; 董军宇, 博士、副教授

收稿日期: 2006-05-15 **E-mail:** dongjunyu@ouc.edu.cn

灰度值, 数组 $C[k]$ 用来存放像素值出现的频度, 则有:

$$C[k] = C[k] + 1$$

其中:

$$f_t(i, j) = k; t = 1, \dots, N; k = 0, 1, \dots, 255$$

$$B(i, j) = k, \text{ 其中 } C[k] \text{ 最大}, k = 0, 1, \dots, 255 \quad (1)$$

背景图像中点 (i, j) 的像素值, 选取序列图像中出现频度最高的值, 即 $C[k]$ 最大的灰度值 k 。

现将灰度值与频度值对应关系绘制如图 1。

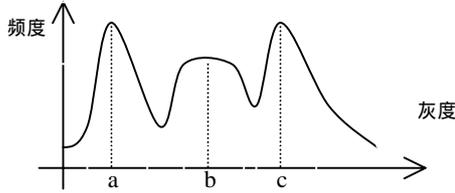


图 1 基于频度估计的像素值选择示意图

在图 1 中, 横坐标代表灰度值, 范围从 0~255, 纵坐标频度值最高为 N (图像帧数)。背景图像就是 N 帧图像中出现频度最高的, 在图 1 中就是选择频度最大值所对应的灰度值。

很显然, 这样选择是有缺陷的。(1) 频度最高的灰度值未必就是路面背景, 有可能是噪声形成, 也有可能是颜色相同的车辆经过。(2) 如果 $c[k]$ 中有两个或两个以上的数据相同, 也就是频度最大值有多个时, 都难以避免地会出现误差。(3) 因为是离散的选取样本, 随着时间的变化, 光照对图像的影响通过像素值可以很敏感地反映出来, 如果采用式(1), 也难以作出最优判断。因此, 本文提出了改进的频度估计算法。

1.2 改进的频度估计算法

根据经验知, 在较近的一段时间内, 图像的灰度值随着光线的缓慢变化, 其值也在缓慢变化。假设一帧图像点 (i, j) 的灰度值为 $B(i, j)$, 则随后采集的序列图像的对应点的灰度值为

$$f_t(i, j) = B(i, j) \pm T \quad (2)$$

T 是一整数, 它反映了在这一段时间内像素值变化的幅度。

如果把变化幅度在 T 范围内的灰度值划分为同一等级, 则可以有效地避免由于光照的缓慢变化对图像背景估计时的误差。如图 2, 即寻找在灰度值变化幅度为 T , 而频度和最大的灰度区间, 把这段区间的灰度均值作为背景图像的灰度值。

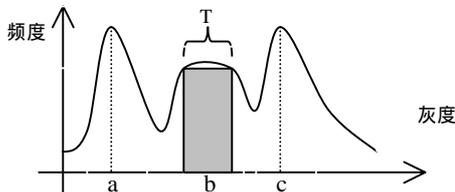


图 2 基于改进频度估计的像素值选择示意图

定义数组 $C[k]$ 用来存放像素值出现的频度, $k=0, 1, \dots, 255$, 定义数组 $g[t]$ 为灰度值变化幅度在 T 范围内的频度和, 其中 T 为正整数, $t=0, 1, \dots, 255-T$, 则有公式如下:

$$g[t] = \sum_{k=t}^{t+T} c[k], t = 0, 1, \dots, 255-T \quad (3)$$

背景图像的像素点 $B(i, j)$ 的值选取最大值 $g[t]$,

$$B(i, j) = \frac{1}{T} \left(\sum_{m=t}^{t+T} m \right), g(t) \text{ 最大时}, t = 0, 1, \dots, 255-T \quad (4)$$

1.3 灰度变化幅度 T 的选取

由于是实时地估计背景, 随着光照强度的缓慢变化, 式(4)中的 T 不能采用定值, 它也应随着样本的变化而变化。如果用 N 帧样本来完成背景估计, 从图像中选择 m 个不会被障碍物遮盖的点, 由经验可知, 随着光照的变化, 样本的第一帧和最后一帧, 像素变化最大。定义数组 $D[i]$ 来存放首帧与末帧指定的 m 个像素点的差绝对值, 则有:

$$D[i] = |f_0(x_i, y_i) - f_{N-1}(x_i, y_i)|, i = 0, 1, \dots, m-1 \quad (5)$$

然后对数组 $D[i]$ 中的数据进行排序, 选取一中值来作为变化幅度 T 的值。

通过这种改进的方法来构建背景, 避免了光线变化对建模的影响, 提高了准确度。

1.4 图像除噪^[7]

由于采集图像受光照等外界环境的影响, 常常会出现噪声, 为了降低噪声对图像质量的影响, 需要对图像进行除噪。

为了不影响背景建模的实时性要求, 对于出现的噪声, 通过最简单的相邻区域平滑算法来除噪, 可取得较好的效果。

设有一幅 $N \times N$ 个像素的图像 $f(x, y)$, 平滑后该点的灰度值为

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(m,n) \in S} f(m, n) \quad (6)$$

式(6)中 $x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$, S 是 (x, y) 点领域中心点的坐标集合, 但其中不包括 (x, y) 点, M 是集合内坐标点的总数。

虽然利用这种方法抑制噪声是有效的, 但随着领域的加大, 图像的模糊程度愈加严重。为克服这一点, 采用阈值法减少由于领域平均所产生的模糊效应。其基本方法如下:

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{M} \sum_{(m,n) \in S} f(m, n), & |f(x, y) - \frac{1}{M} \sum_{(m,n) \in S} f(m, n)| > T \\ f(x, y), & \text{其它} \end{cases} \quad (7)$$

式(7)中 T 是规定的非负阈值, 这样当像素点领域的灰度均值不超过阈值 T 时, 就仍然保留其灰度值不变, 否则用领域灰度均值来代替该点的灰度值。这样可大大减少模糊的程度, 信噪比可提高 $(m \times n)^{\frac{1}{2}}$ 倍。

2 实验步骤及结果分析

2.1 实验步骤

(1) 采集路口背景图像。在路口信号灯为绿色信号时, 采集图像, 因为此时车流开始移动, 这样路面信息可见, 便于背景估计。按间隔 5s 采集一帧。

(2) 用离散采集的样本 30 帧, 来完成背景建模。样本要求在 10min 的间隔时间内完成, 即每次构建路口背景的样本图像时间间隔不超过 10min, 这样在利用改进的频度估计算法时, 灰度变化幅度 T 是一个较小值, 这样有利于提高背景估计的准确度。

(3) 对于上一步完成的背景估计图像, 按式(7), 利用改进的相邻域阈值法除噪, 可得到当前路口的背景图。

2.2 实验结果分析

本实验软件频度估计算法用 VC++6.0 实现, 实验所采用图片皆是 BMP 图, 原始大小为 1728×1152 。

以下是多次多组实验中的几张效果图。图 3 为实验中一组频度估计所用 20 帧图像中的一帧图像。图 4 是利用 Dan Gutches 提出的统计平均方法估计的背景图的局部图。从实验可知, 在车流量较大时, 背景估计的误差很大, 会出现明显的车辆“影子”误差信息。图 5 为用频度估计的方法得到

路口背景图像的局部图,也能清楚地看到图像中的估计误差,但效果仍然要好于平均估计所得到背景图。图6是利用改进的频度估计算法得到路口背景的局部图像,和图5对比,能够明显地看到改进的频度估计算法在准确性上有很大提高。图7、图8是利用频度估计算法改进前后所构建背景与当前图像差分的局部效果图。通过对比可以清楚地看到,改进后的算法背景图像更逼近于真实背景,这样在背景差分时,误差明显降低,提高了车流统计的准确性。



图3 路口车流图像



图4 统计平均法背景估计局部图

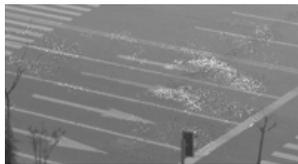


图5 频度背景估计局部图



图6 改进的频度背景估计局部图



图7 基于频度背景估计的差分图



图8 基于改进的频度背景估计差分图

3 结束语

本文提出的改进的频度估计算法,不仅保持了实时性好的优点,而且增强了对光照变化的影响,降低了光照的缓慢变化对背景估计所造成的误差,是基于背景减法的路口车流量统计的前提,也为基于视频的信号灯智能控制提供了可靠的保证。通过多次实验验证,这种改进算法具有算法准确性和实时性高、适应性强的优点,可应用于基于视频的路口信号灯的智能控制系统。

参考文献

- 1 Barron J, Fleet D, Beauchem S. Performance of Optical Flow Techniques[J]. International Journal of Computer Vision, 1994, 12(1): 42-77.
- 2 Lipton A, Fujiyoshi H, Patil R. Moving Target Classification and Tracking from Real-time Video[C]//Proc. of WACV'98. 1998: 8-14.
- 3 Collins R T. A System for Video Surveillance and Monitoring [R]. Carnegie Mellon University, Technical Report: CMU-RI-TR-00-12, 2000.
- 4 Stauffer C, Grinson W. A Daptive Background Mixture Models for Real-time Tracking [C]//Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1999: 248-252.
- 5 Horn B K P, Schrunck B G. Determining Optical Flow [J]. Artificial Intelligence, 1981, 17(1-3): 185-203.
- 6 庄晓东, 孟庆春, 王汉萍. 基于速度场的背景估计方法及在交通视频图像处理中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2003, 20(3): 38-40.
- 7 徐 慧. Visual C++数字图像实用工程案例精选[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.

(上接第 232 页)

件自动生成及软件下载。数控系统定义即对加工对象、环境及实现的功能(如插补算法等)进行描述,对相应的嵌入式控制模块型号及组态软件模块版本进行选择。软件自动生成即根据数控系统定义,自动生成相应的数控软件代码。软件下载将生成的数控代码下载到对应的嵌入式系统中。整个软件的开发过程与可编程逻辑器件的开发非常相似,这样在软件上最大限度地实现可重构性。

可重构嵌入式数控系统软件的开发框图如图3所示。

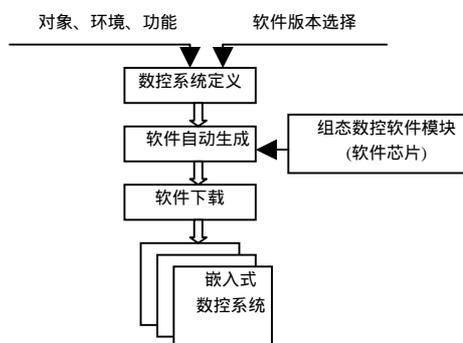


图3 可重构嵌入式数控系统软件

5 结论

数控系统在向精密化、网络化、智能化和集成化的方向发展的同时,也在向小型化、嵌入式方向发展。嵌入式数控系统采用“量体裁衣”方式把所需功能嵌入到应用系统中,是未来数控及运动控制产品发展的方向,它是在我国占主流的经济型数控系统由16位向32位过渡的理想选择。本文提出的可重构嵌入式数控系统,可方便地作为制造网格中的节点加入和退出,实现制造资源的可重构性。同时对数控系统本身而言,无论控制硬件还是软件都不是针对特定对象设计开发的,可以选择适合的硬件和软件模块,用于不同的对象、环境,满足不同的加工功能需求,实现系统的可重构性。

参考文献

- 1 丁毓峰, 胡业发, 陶 飞. 基于网格技术的制造资源共享机制[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002, (12): 6-8.
- 2 周 凯, 陆启建. 基于现场总线的网络数控技术[J]. 制造技术与机床, 1997, (10): 11-15.
- 3 北京闻亭科技发展有限公司. TMS32F243DSP 控制器参考手册[M]. 1998.
- 4 左 静, 周祖德, 吕新平, 等. 数控系统软件芯片的研制和开发[J]. 中国机械工程, 1999, 10(4): 424-427.