

文章编号: 1005-0523(2006)02-0044-04

# 基于小波分解的车辆视频检测算法

陈晓梅, 黄宏涛

(广东财经职业学院 信息管理系, 广东 广州 510420)

**摘要:** 作为智能交通系统(ITS)的基础部分, 车辆检测系统在 ITS 中占有很重要的地位, 目前常用的基于视频的车辆检测方法主要有: 灰度比较法、背景差法、帧差法、边缘检测法. 本文在分析这几种方法的优缺点的基础上, 提出了一种基于数学形态学滤波和小波分解的算法. 该算法首先对视频图像进行形态学滤波, 然后在虚拟检测区进行小波分解, 通过分析小波系数来检测车辆, 它计算量小, 复杂度低, 可正确判断有无车辆, 完成车辆的计数, 实现车流量计算.

**关键词:** 图像处理; 车辆检测; 小波分解; 数学形态学

**中图分类号:** U12

**文献标识码:** A

## 1 引言

随着经济的发展, 人民生活水平的提高, 汽车拥有量大幅增加, 怎样安全高效地对交通进行管理, 就显得非常重要. 解决这一问题的关键是建立智能交通系统, 其中车辆检测系统是智能交通系统的基础, 它为智能控制提供重要的数据来源.

目前常用的基于视频的车辆检测方法主要有: 灰度比较法、背景差法、帧差法、边缘检测法. 灰度比较法采用对路面和车辆的灰度统计值来检测车辆, 但它对环境光线的变化十分敏感; 背景差法计算当前输入帧与背景图像的差值, 以提取车辆, 但背景图像需实时刷新其检测精度很大程度上依赖于背景图像的可靠性; 帧差法是将相邻两帧相减, 对保留的运动车辆信息进行检测, 环境光线变化对其影响不大, 然而当摄像头的抖动引起相邻两帧背景点的相应“抖动”时, 该方法不能完全将背景滤除, 从而引起误判, 而且对于静止或车速过慢的车辆, 该方法不能有效检测; 边缘检测法能够在不同的光线条件下检测到车辆的边缘, 利用车体的不同部件、颜色等提供的边缘信息可进行静止和运动车辆的检测, 但是对于车辆边缘不明显和道路隔离带存在的情况, 该方法可能造成漏检、误检. 本文将提出一种基于小波分解的方法来检测车辆.

## 2 小波分解的特征以及小波函数的选择

二维图像  $f(x, y)$  的小波变换定义为小波函数  $\varphi_s(x, y)$  与图像的卷积, 而小波函数  $\varphi_s(x, y)$  是由母小波函数按下式生成:

$$\varphi_s(x, y) = \frac{1}{s} \varphi\left(\frac{x - t_x}{s}, \frac{y - t_y}{s}\right) \quad (2-1)$$

其中,  $s$  是尺度参数,  $(t_x, t_y)$  是在  $x$  方向与  $y$  方向的移动参数. 在大多数的实际应用中, 人们从来都不会明确地计算小波母函数, 而是通过金字塔式的小波分解运算 [Mallat, 1989]. 分解过程是, 水平方向上分别利用低通(L)和高通滤波器(H)滤波然后进行下采样(down-sample)生成系数矩阵  $f_L(x, y)$  和  $f_H(x, y)$ , 对生成的系数矩阵的每列进行同样的运算将产生 4 个子图, 分别是  $f_{LL}(x, y)$ ,  $f_{LH}(x, y)$ ,  $f_{HL}(x, y)$ ,  $f_{HH}(x, y)$ , 这样就进行了一层的小波分解.  $f_{LL}(x, y)$  代表图像的近似子图,  $f_{LH}(x, y)$ ,  $f_{HL}(x, y)$ ,  $f_{HH}(x, y)$  分别代表水平, 垂直, 对角方向的图像的细节子图.

令原图像大小为  $M \times N$ ,  $L_i \_ D(i)$  是某小波基的低通滤波器系数,  $H_i \_ D(j)$  是高通滤波器系数,  $N_L$ ,  $N_h$  分别是低通和高通滤波器的长度, 则:

$$f_L(x, y) = \frac{1}{N_L} \sum_{i=0}^{N_L-1} L_o \_ D(i) \cdot f((2x+i) \bmod M, y) \quad (2-2)$$

收稿日期: 2005-11-22

作者简介: 陈晓梅(1973-), 女, 广东广州市人, 讲师. 研究方向: 计算机应用与信息安全.

$$f_H(x, y) = \frac{1}{N_h} \sum_{j=0}^{N_h-1} H_i - D(j) \cdot f((2x+j) \bmod M, y) \tag{2-3}$$

其中  $x=0, 1, 2, \dots, M/2-1, y=0, 1, 2, \dots, N-1$ .

$$f_{LL}(x, y) = \frac{1}{N_l} \sum_{i=0}^{N_l-1} L_o - D(i) \cdot f_L(x, (2y+i) \bmod N) \tag{2-4}$$

$$f_{LH}(x, y) = \frac{1}{N_h} \sum_{j=0}^{N_h-1} H_i - D(j) \cdot f_L(x, (2y+j) \bmod N) \tag{2-5}$$

$$f_{HL}(x, y) = \frac{1}{N_l} \sum_{i=0}^{N_l-1} L_o - D(i) \cdot f_H(x, (2y+i) \bmod N) \tag{2-6}$$

$$f_{HH}(x, y) = \frac{1}{N_h} \sum_{j=0}^{N_h-1} H_i - D(j) \cdot f_H(x, (2y+j) \bmod N) \tag{2-7}$$

其中  $x=0, 1, 2, \dots, M/2, y=0, 1, 2, \dots, N/2-1$ .

小波基函数的选择可以根据实际情况来选择,在这篇论文里我们采用了 haar 小波,因为它实现和运算都是最简单的,并且它是正交基,小波变换能去除输入图像特征的冗余信息.图1是一层小波分解后的四个子图.

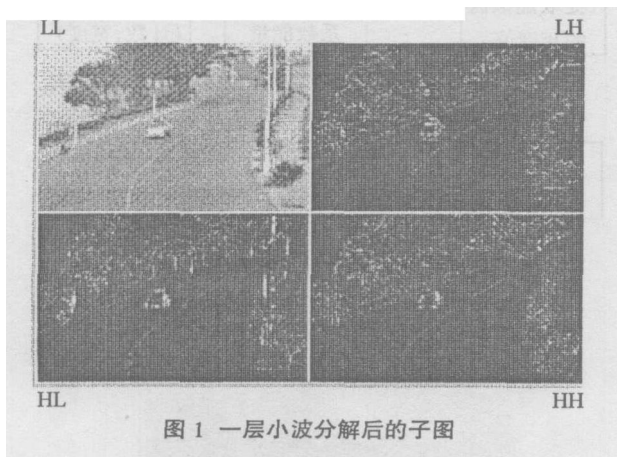


图1 一层小波分解后的子图

### 3 图像的预处理

拍摄的车辆图像大小为  $640 \times 480$ ,为了使车辆经过小波变换后的系数能更好地反映车辆的外形特征,图像必须要做些预处理.

#### 3.1 图像灰度形态学滤波

首先,为了处理方便,拍摄到的彩色车辆要被转化成灰度图像,RGB 图像通过下面的公式转化成 YUV 图像,然后把 R、G、B 值都赋成 Y,这样彩色图像就转化成灰度图像.

$$[Y \ U \ V] = [R \ G \ B] \begin{bmatrix} 0.299 & -0.148 & 0.615 \\ 0.587 & -0.289 & -0.515 \\ 0.114 & 0.487 & -0.100 \end{bmatrix}$$

设  $f(x, y)$  是输入图像,  $g(x, y)$  是结构元素,用  $g$  对  $f$  函数进行的灰度膨胀定义为对应单元数据相加后取极大值:

灰度膨胀 =  $\max\{f(s-x, t-y) + g(x, y)\}$  满足条件  $(s-x), (t-y) \in D_f; (x, y) \in D_g$

这里的  $D_f$  和  $D_g$  分别是  $f$  和  $g$  的定义域.类似地,灰度腐蚀定义为对应单元数据相减后取极小值:

灰度腐蚀 =  $\min\{f(s-x, t-y) - g(x, y)\}$  满足条件  $(s-x), (t-y) \in D_f; (x, y) \in D_g$

灰度开运算就是先腐蚀再膨胀;灰度闭运算是先膨胀再腐蚀.编程时结构函数取  $3 \times 3$  的 9 点领域模板,结构元素取值 2.

形态开和形态闭对图像具有一定的平滑功能,能够检测出图像中的奇异点.形态开能够消除图像的边缘毛刺和孤立斑点,而形态闭运算能填补图像中的漏洞以及裂缝.图像中的边缘、漏洞和孤立点都是图像的奇异点.根据形态学运算的特点,运用形态开可以实现局部背景的平滑.

### 4 二值图像的小波变换

首先在系统存储器里虚拟一块测试区 ( $60 \times 62$ ),小波分解主要针对这区域进行的.利用 Prewitt 算子进行水平与垂直方向的边缘检测,采用了图像形态学方法对图像边缘信息再进行膨胀或腐蚀处理.首先利用结构元素  $[1 \ 1 \ 1]$  进行二次膨胀运算,然后利用同样的模板在进行二次腐蚀运算,相当于形态学的闭运算,这样很好地修饰了车辆的边缘信息,最后为了消除水平边缘信息,再利用结构元素  $[1 \ 1 \ 1]^T$  进行一次腐蚀运算.

利用上面提供的低通高通滤波器逐行进行 4 层的小波分解运算,保留细节系数于数组  $cD1$  与  $cD2$  中.图 4、5 分别是背景图与有车辆进入检测区图进行 4 层小波变换后的细节信号的系数波形,下面利用这些小波系数来检测车辆的存在.

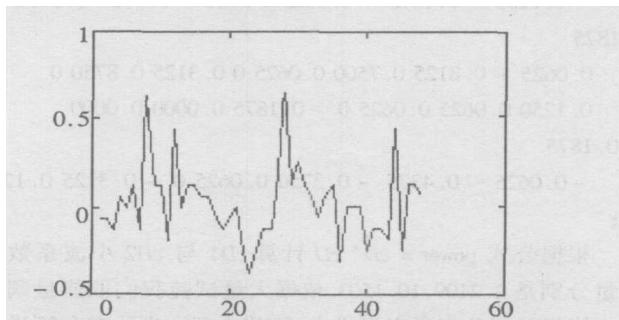


图2 没车辆时检测区的系数波形

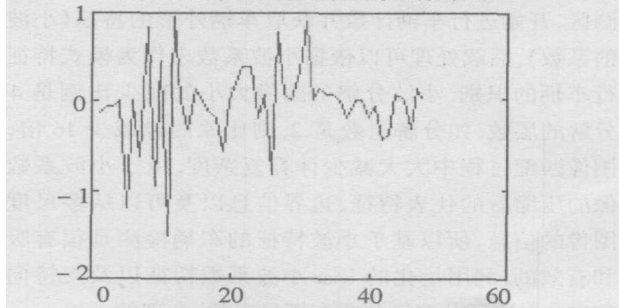


图3 有车辆时检测区的系数波形

### 5 车辆检测算法实现

由于采用的对检测区灰度二值图像进行小波分解,所以背景条件的变换对小波分解的系数能量影响很小,无需进行背景更新相关算法,算法的流程如图4所示.

采集的图像大小是  $640 \times 480$ ,图6是原始图像,图7是形态滤波后图像,可以看出图像更加清晰并且滤了一些噪声.系统的虚拟检测区设在以点(316,346),(378,406)为对角的矩形区域,对采集到的图像的虚拟区进行边界检测,然后二值化.图5中虚拟区域进行4层 haar 小波变换后,提取的细节信号存在  $cD1 = \{$

-0.0625 -0.0625 -0.1250 0.0625 0 0.1250 -0.1250  
0.6250  
0.1250 0.1250 -0.1875 0.4375 -0.0000 0.1250 0.1250  
0.0625  
0.0625 -0.0625 -0.1250 -0.0625 0 -0.2500  
-0.3750 -0.2500  
-0.1250 -0.1250 0.1875 0.6875 0.1250 0.2500 0.1250  
0.0625  
-0.0625 0.0625 0.1250 -0.3125 0 -0.0 0 -0.2500  
-0.1250 -0.1250 -0.1875 0.4375 -0.2500 0.1250  
0.1250 0.0625};

图7中虚拟区域4层 haar 小波变换后,提取的细节信号存在  $cD2 = \{$   
-0.1250 -0.0625 -0.0625 0 -1.1875 0.0000  
-0.6250 0.8125  
-0.9375 0.4375 -1.5000 0.9375 0 -0.3125 0.1250 0  
-0.1250 -0.1875 -0.5625 0 0.1875 0.3750 0.3750 -  
0.1875  
0.0625 -0.8125 0.7500 0.0625 0 0.3125 0.8750 0  
0.1250 0.0625 0.0625 0 -0.1875 0.0000 0.0000  
-0.1875  
-0.0625 -0.4375 -0.3750 0.0625 0 -0.3125 0.1250  
0};

根据公式  $power = cD * cD'$  计算  $cD1$  与  $cD2$  小波系数的能量分别是 2.2109, 10.1503.依据大量试验我们取能量阈值为 4 能很好区分有无车辆进入.阈值大于 4 表示有车辆进入检测区,开始进行车辆计数并获取车辆外形的特征(小波变换的系数).后续处理可以依据小波系数来作为模式特征来进行车辆的识别.小波分解的图像大小的减少比例是  $4^j$ ,  $j$  是分解的层数.如分解层数是 2,则比原图像减少 16 倍,这在图像匹配过程中大大减少计算复杂度.由于小波系数是图像的压缩后的代表特征、边界信息以及可以从多尺度获取图像的信息,所以基于小波特征的车辆检测是很有吸引力和有效的.利用量化的 haar 小波系数特征以及支持向量机(SVM)方法区分车辆与非车辆是有效、合理的.

### 6 结束语

本论文以小波变换为基础,通过检测每个时刻虚拟检测区小波变换后的系数能量来检测车辆,能很好的克服了外界背景的不确定因素,由于我们采用了对虚拟检测区的边界图像二值化后结果进行运算,同时省去了背景更新的算法,所以检测的速度大大提高,满足系统实时的要求,确保了检测的精度.

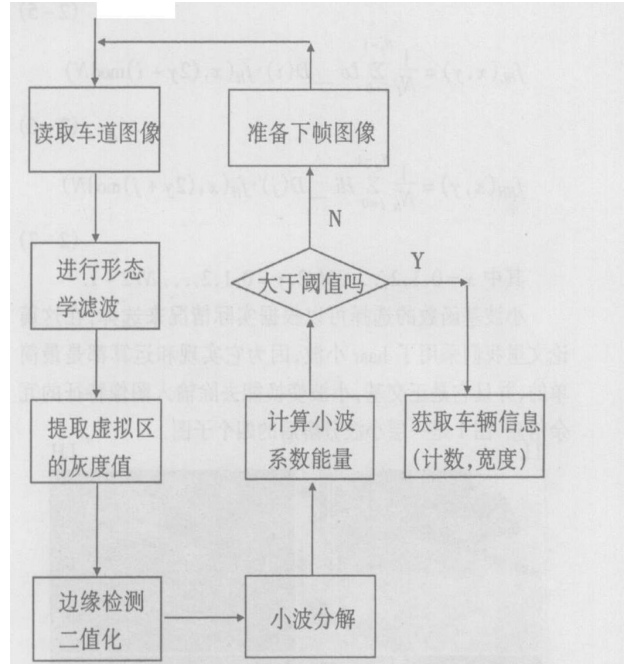


图4 车辆检测算法流程



图5 背景图像



图6 有车辆进入时图像



图7 形态学闭滤波后图像

## 参考文献:

- [1] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 杨清凤. 车辆视频检测与跟踪系统的研究与实现[D]. 成都: 四川大学, 2004.

- [3] 谭晓军, 沈伟, 郭志豪. 一种基于视频的道路流量监测方法[J]. 计算机应用, 2005, 5.
- [4] 彭仁明, 贺春林. 基于视频的车流量检测[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2004, 12.
- [5] 蒋刚毅, 郁梅, 叶锡恩, 等. 一种基于视觉的车辆跟踪及交通流量参数估计新方法[J]. 电路与系统学报, 2001, 11.
- [6] 陆宗骥. C/C++图像处理编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [7] N. Matthews, P. An, D. Charnley, and C. Harris, Vehicle detection and recognition in grayscale imagery, Control Engineering Practice [J]. 1996, 4, 473—479.

## Algorithm of Vehicle Detection by Video Image Based on Wavelet Decomposition

CHEN Xiao-mei, HUANG Hong-tao

(Information Management Dept., Guangdong Finance and Economics College, Guangzhou 510420, China)

**Abstract:** As a basic part of intelligent transportation system (ITS), vehicle detection system plays a important role in the ITS. Currently, there are several detection ways by video, such as gray comparison, background difference, frame difference and edge detection. This paper is on the base of analysis advantage and disadvantage of these algorithms, a new algorithm is proposed based on the mathematical morphology filter and wavelet decomposition. This algorithm uses gray morphology filter firstly, then makes wavelet decomposition on the virtual detecti on area, lastly, detects vehicle by analyzing wavelet coefficient variance. This algorithm computational complexity is lower than others, which can judge if the vehicle is passed, count vehicles passed virtual area, accomplish vehicle flow computation.

**Key words:** image process; vehicle detection; wavelet decomposition; mathematical morphology