

文章编号: 1001-0920(2003)05-0619-04

## 利用人眼感知视觉模型的车型动态定位

刘直芳, 游志胜, 张继平, 曹刚, 徐欣

(四川大学 计算机图形图像研究所, 四川 成都 610064)

**摘要:** 通过对实时汽车图像的大量研究, 提出基于人眼感知视觉模型的自适应汽车车体定位算法。在 HSI 彩色图像空间, 根据人眼分辨率的视觉感知模型分别在色度、亮度和饱和度空间进行自适应的边缘检测; 将 3 个空间得到的图像边缘合并以得到整个车体在实际影像序列中的边缘; 最后利用投影知识原理, 分别利用边缘的垂直投影图和水平投影图来定位车体的左右边界和上下边界。实验结果表明, 该算法具有较快的速度和较好的准确性, 能满足实时的车型识别系统的要求。

**关键词:** 车型识别系统; 车体定位; 视觉模型; 垂直边缘投影; 水平边缘投影; 动态目标检测

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

## Dynamic vehicle localization based on visual perception model

L I U Zhi-fang, Y O U Zhi-sheng, Z H A N G J i-ping, C A O Gang, X U X in

(Institute of Image and Graphic, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Based on human visual perception model technique, a novel and intuitive method for location vehicle is presented. The perception color space adopted is HSI color space. Three color components of a color image and more potential edge patterns are integrated for solving the feature extraction problem. A fast and automatic threshold technique based on human visual perception model is also developed. Vertical edge projection and horizontal edge projection are used to locate the left-right boundary and top-bottom boundary of vehicle, respectively. Experimental results show that proposed location vehicle method is efficient and reliable, and can satisfy the demands of vehicle recognition system.

**Key words:** Vehicle recognition system; Location vehicle; Visual perception model; Vertical edge projection; Horizontal edge projection; Detection dynamic target

### 1 引言

车型识别系统(VRS)是智能交通系统中一个重要组成部分,随着各生产或生活环节对地面运输工具需求的增加,仅依靠人工管理的交通方法已不能适应当前的实际情况,因此需要使用具有人类智能的智能交通管理系统。本文通过对实时采集的汽车图片进行大量的研究,提出一种新颖且简单有效的方法,用来实时定位车体,以进一步进行车型识别。该算法具有如下特点:采用彩色空间中 3 个分

量,即色度、饱和度和亮度为研究对象,结合人眼视觉特性分别在 3 个空间进行边缘检测,以便获取更丰富的边缘信息,同时利用本文的视觉模型可以进行自适应的阈值选取,并能对运动的、复杂的背景下的车体进行动态定位。大量实验结果表明,该算法对于实时的车型识别系统是有效且可行的。

### 2 运动目标的检测方案选择

实验采集图像序列的摄像头位置为垂直向下,图1为本文采用的架设设备的具体方案图。动态目

收稿日期: 2001-05-09; 修回日期: 2002-06-28。

作者简介: 刘直芳(1974—),女,四川达州人,博士生,从事图像处理、模式识别等研究;游志胜(1945—),男,四川成都人,教授,博士生导师,从事计算机视觉、图像处理与模式识别等研究。

标检测首先应感知图像中是否有物体在运动,如果有运动物体则应立即从当前图像序列中将目标信息提取出来。检测时常用的方法是通过相邻帧相减或与背景相减得到差图像来实现<sup>[1,2]</sup>。在本文的车型识别系统中是以相邻两帧图像的差图像为基础,同时结合当前帧与背景相减的方法进行动态运动物体的检测。即在监视区域内检测出运动的目标,从而大致确定出感兴趣的变化区域。

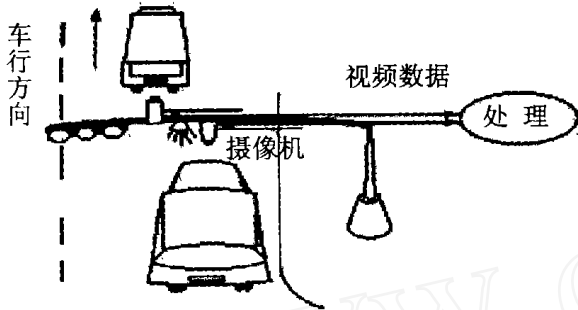


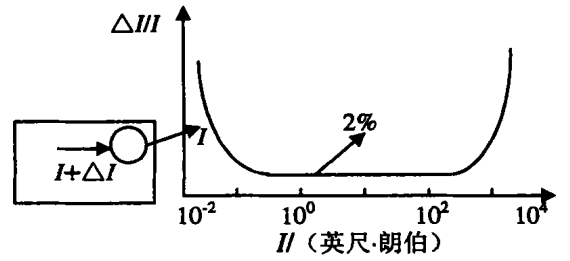
图 1 摄像监视系统架设方案图

### 3 视觉模型的提出

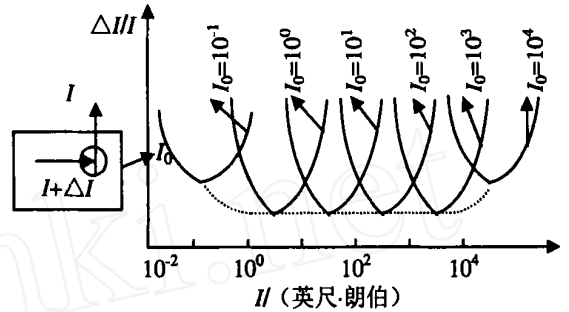
实验表明,人们主观感受到的物体亮度(即主观亮度)与进入人眼的光强成对数关系,但是主观亮度并不完全由物体本身的亮度所决定,还与背景亮度有关<sup>[3-5]</sup>。在照度对视觉辨认的影响中,对象与背景的对比是非常重要的,当背景亮度较小时,对象与背景需有较大的对比才能被分辨出来;反之,对象与背景只需有较小的对比就能分辨出来<sup>[3,5]</sup>。

当物体的亮度  $I$  逐渐变化时,最初人们感觉不到,待到  $I$  变化到某一值  $I + \Delta I$  时,人眼才能感受出来,此时  $\Delta I$  被认为是人们主观上刚好分辨的最小亮度差  $\Delta I_{\min}$ ,当物体背景亮度不同时,  $\Delta I_{\min}$  值也不同。大量的实验测得人眼分辨率曲线如图 2 所示。图 2(a) 为无背景情况(即背景亮度与物体亮度相同),由图可知,在相当宽的亮度范围内,Weber 比  $\Delta I/I$  接近于 Fechner 常数 0.02,它是人眼分辨率的阈值,较亮与较暗部分可以分别由指数曲线来模拟;图 2(b) 为有背景的情况,此时  $\Delta I/I$  不仅与物体的亮度  $I$  有关,而且与背景亮度  $I_0$  也有关系,  $\Delta I/I$  为常数的范围比无背景时大大缩小了,但各种不同的  $I_0$  值曲线族的谷值包络线仍与图 2(a) 曲线相同。

在一定的亮度背景下,人们观察到的物体边缘就是其光强或灰度 Weber 比大于在该背景下的人眼最小分辨率的那些像素。因此,在某个灰度背景  $f$  下,人眼刚能分辨的灰度相对变化率  $\Delta f/f$  与该背景灰度  $f$  也呈一种非线性关系,可以利用人眼最小



(a) 无背景情况



(b) 有背景情况

图 2 人眼分辨率曲线

分辨率的模型在彩色空间(HSI)中进行边缘检测与分割,其阈值自动选取的基本公式为

$$T(f) = \Delta f/f = \alpha \left[ \frac{1}{k_1} \exp\left(\frac{1}{s_1 f}\right) + \frac{1}{k_2} \exp\left(\frac{1}{s_2(256-f)}\right) \right] \quad (1)$$

其中:  $\alpha$  为人眼分辨率常数,  $k_1$  为低亮度敏感因子,  $k_2$  为高亮度敏感因子,  $s_1$  为低亮度灵敏度,  $s_2$  为高亮度灵敏度。

### 4 视觉模型自适应边缘检测及边缘合并

#### 4.1 在 3 个色彩空间的边缘检测

为降低彩色特征空间中各个特征分量之间的相关性,并且更好地与人的视觉特性相匹配,本文所采用的彩色模型不是 RGB 模型,而是 HSI 视觉模型,该模型适合于人眼的视觉,同时满足于实时的图像处理<sup>[4,6]</sup>。定义在点  $(x, y)$  处的边缘梯度幅度为

$$I_{MOE}(x, y) = \max\{8 \text{ 个边缘方向的梯度幅度}\} \quad (2)$$

对于给定的阈值,彩色空间亮度成分在  $(x, y)$  点的边缘成分和非边缘成分根据式(3)定义为

$$I_E(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{边缘像素} \\ I_{MOE}(x, y) > T_I \\ 0, & \text{非边缘像素} \\ I_{MOE}(x, y) < T_I \end{cases} \quad (3)$$

同理,色度  $H$  和饱和度  $S$  成分的边缘和非边缘成分定义为

$$H_E(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{边缘像素} \\ & H_{MOE}(x, y) \geq T_H \\ 0, & \text{非边缘像素} \\ & H_{MOE}(x, y) < T_H \end{cases} \quad (4)$$

$$S_E(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{边缘像素} \\ & S_{MOE}(x, y) \geq T_S \\ 0, & \text{非边缘像素} \\ & S_{MOE}(x, y) < T_S \end{cases} \quad (5)$$

其中: 阈值  $T_I, T_H$  和  $T_S$  是根据式(1) 进行自适应比较而得到的。

### 4.2 合并彩色图像 3 成分所获取的边缘

彩色图像 3 个彩色成分的边缘部分和非边缘部分可以通过式(6) 提取, 彩色图像在点  $(x, y)$  的边缘部分是点  $(x, y)$  的 3 个彩色成分的梯度幅值, 其中只要有一个分别满足式(3) ~ (5) 的边缘成分定义, 即定义为彩色图像中在点  $(x, y)$  的边缘成分。

$$E(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{边缘像素} \\ & I_E(x, y) = 1 \text{ 或 } H_E(x, y) \\ & = 1 \text{ 或 } S_E(x, y) = 1 \\ 0, & \text{非边缘像素, 其他} \end{cases} \quad (6)$$

## 5 利用边缘投影进行车体定位

物体的边缘是图像识别的主要依据, 根据前面的边缘检测方法可知, 在彩色图像中边缘反映了亮度和色度在该处的变化情况。为了简单、快速地确定车体的边界, 本文采用了一种简单的方法进行车体的定位。

### 5.1 车体的左右边界定位

利用在彩色空间中所检测出边缘的连续垂直投影来进行车体的左右边界定位。垂直边缘投影图的纵坐标为边缘图像一行上所有像素点的个数之和, 横坐标为列号, 它反映了边缘图像在水平方向上边缘的变化情况。设动态矩形框 RECT, 像素值为 1 的点为  $E(x, y)$ , 则垂直边缘投影函数定义为

$$P_V(x, y) = \sum_{x=RECT\_bottom}^{RECT\_top} E(x, y) \quad (7)$$

在车体边缘部分由于其边缘明显不同于其他部分, 其垂直投影图在车体左右边界处有突变, 即分界处将呈现出明显的波峰, 据式(8) 和(9), 可以大致找到车体的左右边界。为了较准确地定位车体左右边界, 在边缘的垂直投影图中, 首先找到投影图的两个有一定间距最大波峰处, 同时再找该波峰的下降沿处, 对于左右边界则分别找向左和向右的下降沿处, 则由此可以确定车体的左右边界。图 3 为左右边界的垂直边缘投影图。

$$x = \begin{cases} \text{左边界,} & |x - RECT\_right| > \\ & |x - RECT\_left| \\ \text{右边界,} & |x - RECT\_right| \\ & |x - RECT\_left| \end{cases} \quad (8)$$

$$M_{PV}(x) = \max_{x=RECT\_left}^{RECT\_right} (P_V(x, y)) \quad (9)$$

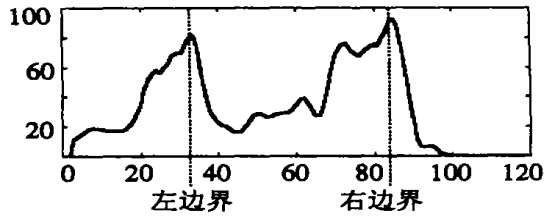


图 3 边缘投影图定位车体的左右边界

### 5.2 车体的上下边界定位

对于车体的上下边界定位方法与左右边界定位方法相似。在检测出的车体左右边界内, 计算其连续的边缘水平投影图。水平边缘投影图的纵坐标为边缘图像一行上所有像素点的个数之和, 横坐标为行号, 反映了边缘图像在垂直方向上的变化情况。其水平边缘投影函数定义为

$$P_H(x, y) = \sum_{y=RECT\_left}^{RECT\_right} E(x, y) \quad (10)$$

为了能准确地定位车体的上下边界, 可以取一个较小的阈值。从水平投影图的两端开始搜索, 遇到第 1 个大于阈值的点将分别确定为车体的上下边界。图 4 为确定上下边界的水平边缘投影图。

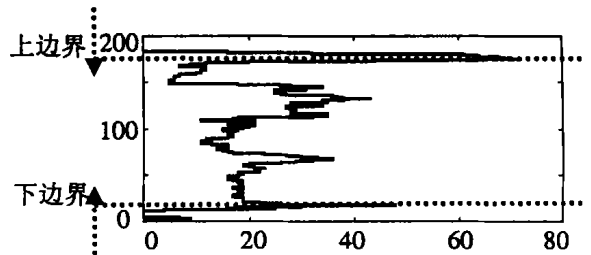


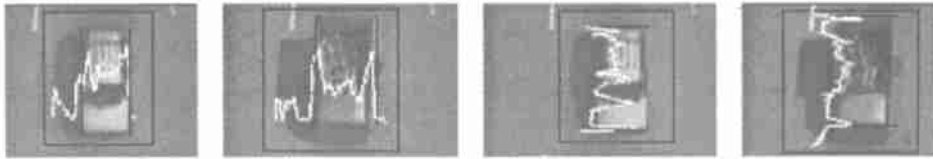
图 4 边缘投影图定位车体的上下边界

## 6 实验结果及分析

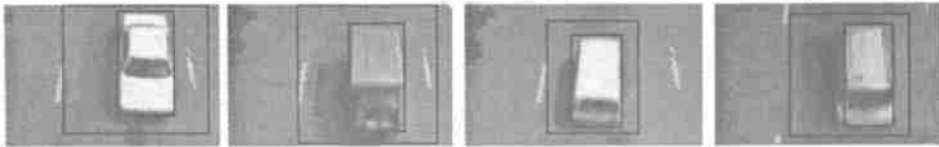
本文通过摄像监视系统拍摄了 500 幅样本(分辨率为  $384 \times 288$ ) 进行实验, 为了通过定位的效果来判断程序的性能, 将车体定位效果定义为 3 个等级: 1) 好: 准确定位出汽车图像中的车体; 2) 较好: 能定位车体, 但所定位的车体区范围不是很准确(车体矩形有少许误差); 3) 差: 不能完成定位或定位误差较大, 对定位的结果及其统计分别见图 5 和表 1。其中图 5(a) 为差分动态检测结果和边缘检测结果; 图 5(b) 为车体的左右和上下边界定位结果; 图 5(c)



(a) 差分动态检测结果和边缘检测结果



(b) 车体的左右和上下边界定位结果



(c) 整个车体定位结果

图5 车体定位结果

为最后整个车体定位结果。

该程序实时地识别和定位一幅分辨率为  $384 \times 288$  的汽车图像所需要的时间小于 1 s, 说明该算法完全满足实时车型识别系统的需要。在车型识别系统中, 依据车体的长宽大致区分车型种类, 所以只要所定位的车体矩形的位置误差不大, 即可基本满足要求, 因此定位的效果达到较好以上就可以看作定位成功。由表 1 可见, 对光照正常的汽车图像的车体定位结果是令人满意的; 对有阳光干扰的汽车图像的定位结果虽然相对差一些, 但也基本能达到要求; 而错误定位的主要原因是由运动模糊或由特殊光照条件等引起的。

表1 车体定位结果的概率统计表 %

评价标准	光照正常且图像较清晰的汽车图像	阳光干扰和运动模糊的汽车图像
好	84.6	65.3
较好	10.0	23.9
差	5.4	10.8

## 7 结 论

本文提出的算法对于实时识别和定位车型具有很好的效果, 所提出的算法具有操作简单、速度快等特点。实验结果表明, 该算法能满足实时的车型识别系统的要求, 同时具有很好的消除阴影干扰的作用,

可作为辅助手段来判断和去除阴影。但该算法对于因特殊光照和运动模糊影响的图像, 有待于根据光照原理和去除运动模糊的算法进行改进, 以提高定位和识别效率。

### 参考文献(References):

- [1] Zikuan Chen, Mohammad A. Karim. Locating target at high speed using image decimation decomposition processing[J]. *Pattern Recognition*, 2001, 34(3): 685-694.
- [2] 李智勇. 动态图像分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [3] 孙秋冬. 基于视觉模型的自适应图像边缘检测[J]. 上海第二工业大学学报 1998, (2): 83-90.  
(Sun Q D. An adaptive algorithm for edge detection based on visual perception model[J]. *J of Shanghai Second Polytechnic University*, 1998, (2): 83-90.)
- [4] 郑南宁. 计算机视觉与模式识别[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [5] Jiangping Fan, Walid G Aref. An improved automatic isotropic color edge detection technique [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2001, 22(6): 1419-1429.
- [6] Cheng H D, Jiang X H. Color image segmentation: Advances and prospects[J]. *Pattern Recognition*, 2001, 34(9): 2259-2281.