

车辆检测中特征指纹库模型的方法和应用^①

官 俊, 赵逢禹

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘 要: 提出了一种新的行驶车辆识别和车辆外观类型检测模型, 核心思想是用车辆特征外观的紧凑原型用来对车辆的外观分布进行表述, 对每个单独的外观原型区域, 依靠简单的距离标准进行匹配, 并将所得区域信息进行归纳整理并保存在特征库中, 在车辆对象识别过程中依靠车辆外观对象的匹配数目和密度覆盖来获得外观相似度, 最后通过设置外观匹配阈值来对车辆不同部分进行区分和识别。实验结果说明使用该监测模型能够方便有效的在多种天气环境下进行车辆的检测与识别。

关键词: 车辆检测; 兴趣区域; 外观特征; 运行目标; 特征指纹库

A Vehicle Detection Model of Regional Fingerprint Database

GUAN Jun, ZHAO Feng-Yu

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: This paper proposes a new model for vehicle detection. The main principles of this paper are to describe the distribution of vehicle appearance by using compact vehicle appearance prototypes to match the individual appearance prototype, and applying a simple distance standard, to collect and classify all the obtained regional information into feature library, to obtain the probability of similar appearance depending on the number of matched vehicle appearances and the density of coverage in target detection, and eventually to distinguish and recognize different parts of the vehicle appearances by setting the threshold. Experimental results show that the use of this detection model can facilitate and effective monitoring vehicle in varieties of weather conditions.

Key words: vehicle detection; region of interest; exterior features; motion target; regional fingerprint database

1 引言

运动车辆自动识别与检测是智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)中非常重要的组成部分, 由于视频技术和高性能计算机的发展, 基于视频的车辆检测技术已经在车辆检测中受到越来越广泛的应用。与传统的车辆检测技术相比, 基于视频的车辆检测技术具有处理速度快、安装维护简单、使用范围广、可获得多种交通信息参数等诸多优点。现在常用的运动目标检测方法有背景差法^[1]和帧间差法^[2], 由于交通环境的动态变化, 如树木, 行人, 非机动车以及天气和光照等干扰因素使得常规的车辆检测方法变得复杂和困难。经过多年的研究, 科研人员已经建立很

多成熟的检测模型: 例如有基于统计模型的方法, 如高斯分布模型^[3]、混合高斯分布模型、非参数化模型等; 基于预测的方法, 如卡尔曼滤波方法等。所有基于特征模型的匹配算法中, 最关键的问题是决定出图像中哪些特征结构与图形库中对象结构的哪一部分对应。在运动车辆识别检测过程中这个问题实际上已转换成: 在视频图像序列中如何健壮地查找与车辆外观特征库中具有一样结构的图像帧。本文通过定义一种新的区域特征指纹库模型来实现车辆的识别, 模型库中样本的建立是通过计算机自动学习相应数量的车辆紧凑外观原型来实现的。下面将通过示意图(1)介绍紧凑外观原型的含义。

① 收稿时间:2010-11-01;收到修改稿时间:2010-12-09

其中图 a,b,c 是车辆图像划分的示意图,传统匹配方法是通过对整个车辆外观进行精确匹配来完成的,本文通过对车辆图片进行分块划分,其中紧凑在图像上的表现就是众多分割后图像块的集合。为了更好地介绍车辆的外观分布原型,本文用示意图 d,e,f 对车辆特征进行抽象化描述。假设图 1 是某车辆的外观分布原型。其中图 1.d 是车辆的外观特征点分布样本,图 1.e 是对车辆外观进行精确划分的外观分布样本,图 1.f 是车辆的紧凑外观样本示意图,它是通过对整个(图 1.d)外观分布进行切割划分后所得的众多区域分布的集合。

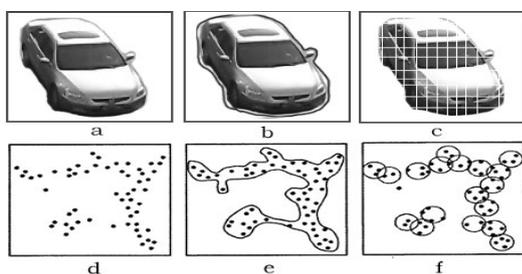


图 1 外观分布原型

与将车辆所有的外观分布和车辆特征库的样本进行匹配的方式不同,本文采用的特征指纹库方法(图 1.c)是使用一系列紧凑的车辆外观原型来对车辆外观分布进行表述。对每个单独的外观原型区域,依靠简单的距离标准进行匹配。如果一个兴趣区域(Region of Interest, ROI)^[6]的中心点与一个车辆外观原型足够接近,那么它就会被归属为这个车辆外观原型所对应的车辆外观分布样本的类型中,由于每个单独的局部车辆外观原型只包含检测车辆外观样本的少量信息,因此如果要得到完整的车辆外观信息就必须依靠局部车辆外观对象的数目和密度覆盖来获得外观相似的概率,通过大量数目的外观匹配能够使得车辆不同部分的信息被区别处理。

2 特征指纹库的建立

特征库的作用就是生成一个可以用来表达新图像的特征集,其本质就是众多特征图像块的集合,其中特征图像块集合是通过 SIFT 算法^[7]提取的图像块所得到的图像序列。特征指纹库的建立首先需要对原始图像进行大小归一化处理为 800x600 像素大小的图片,然后通过帧差法获取视频中车辆可能出现位置的兴趣

区域,最后再对兴趣区域进行特征提取从而获得车辆的特征信息。

2.1 帧差法提取兴趣区域

为了提高识别效率,本方法首先使用帧差法来获取运动目标的大致位置,帧差法是将两帧或多帧连续图像通过对应像素相减来取运动前景。公式(1)是帧差法提取兴趣区域(ROI)的计算方法:

$$\Delta f = f_{2(x,y)} - f_{1(x,y)} \quad (1)$$

(1)式中, $f_1(x,y)$ 是时刻 t_1 时的图像帧, $f_2(x,y)$ 是时刻 t_2 时刻的图像帧。由于帧差算法是对前后相邻两帧图像相减,运动目标在差值图像中被保留。这样背景以及部分变化缓慢的阴影和光晕就能够被过滤掉。同时该方法又能保留车辆的边缘信息和区域信息,通过对兴趣区域的提取,将使得后续特征提取只需在兴趣区域中进行,这样能够有效的提高识别效率,并减少程序复杂度和计算量。



图 2 车辆目标分割

2.2 特征对象的表示和提取

通常在视频对象分割^[2,11]中,对象特征有彩色、灰度、纹理、位置、运动等,特征提取时,不同的特征选择对最后的车辆类型分类会得到不同的结果。为了能够在特征空间中将不同的类型的车辆特征区分开来,简化后续识别过程,在车辆特征选择的时候必须遵循在同一类车型中相似度最大,在不同种类车型中相似度最小的原则。为了获得特定车型的局部外观特征,本文采用 David G.Lowe 在 2004 年提出的一种局部特征描述算法-SIFT(Scale Invariant Feature Transform)^[7]法,它是一种基于空间的局部特征描述算法,且对图像的缩放、平移、亮度变化和射影变换后所得结果具有不变性。SIFT 算法执行速度快、信息量丰富,对于不规则图形特征提取有很强的优势。

使用 SIFT 算法对图像提取的过程如下

① 尺度空间极值检测: 搜索所有的尺度和图像位置, 使用高斯差分公式可以有效的检测出潜在的特征点, 这些特征点对于尺度缩放和旋转变换具有不变性;

② 关键点的定位: 确定候选点的位置和尺度;

③ 确定关键点的方向: 为每个关键点分配一个方向, 以后所有对图像操作都被转换为对特征点方向、尺度和位置的操作, 从而保证了变化的不变性;

④ 生成特征点描述子: 统计关键点当前尺度周围区域的梯度, 生成特征点描述子。

通过 SIFT^[7]算法提取到兴趣区域的特征点的位置后, 本文将以这些特征点为中心, 提取 30x30 像素大小的图片块, 这个提取到的图片块就是本文需要的局部车辆外观样本对象, 其中图片块的大小满足最大化表现车辆局部外观的特征信息。为了适应全天候车辆识别和检测, 所有车辆样本图像需要提供白天和晚上两张图像, 并将提取后的图片块作为后期车型区域特征库的输入。

2.3 不同车型局部特征区域的相似性度量

特征选择和提取后, 需要对不同的样本特征之间的相似性进行度量。

设 $a(F_i, F_j)$ 表现两特征样本的特征向量 F_i, F_j 的相似度量, 其中 i, j 是正整数, $i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots$ 则 $a(F_i, F_j)$ 应该满足以下三个条件:

① 相识度量应该为非负值

② 相同样本之间相识度量应该最大, 即 $a(F_i, F_j) = \max(a(F_i, F_j))$

③ 相识度量应该满足对称性, 既 $a(F_i, F_j) = a(F_j, F_i)$

相识性度量算法通常将特征空间中特征点之间的距离作为相似性的度量, 这样做的主要依据是: 特征空间中两个特征点之间的距离越小, 这两个特征点所对应的特征样本相似性程度越大, 反之则越小。两张图片之间的相似度是采用归一化灰度相关算法^[10] (NGC, normalized grayscale correlation) 进行度量, NGC 算法鲁棒性好、可靠性高、对图像噪声敏感度低。

$$NGC(p, q) = \frac{\sum_i (p_i - \bar{p})(q_i - \bar{q})}{\sqrt{\sum_i (p_i - \bar{p})^2 \sum_i (q_i - \bar{q})^2}} \quad (2)$$

对与每张图片, 只要他们的相似性度量大于某个

阈值, 就会被归并为一个相似类型特征中。

$$similarity(C_1, C_2) = \frac{\sum_{p \in C_1, q \in C_2} NGC(p, q)}{|C_1| \times |C_2|} > t \quad (3)$$

通过将多种相似特征的车辆原型图像存放于特征指纹库中, 从而建立一个可以表达新图像的词汇集。由于一副图片不仅包括车辆对象的结构信息, 而且还包含着对象结构所对应的外观分布信息。因此, 通过将未知交通实况视频图像与特征指纹库中原型进行匹配, 就可以对交通视频图像中的车辆进行检测和识别。

上述过程的伪代码实现:

//其中 E 表示外观特征数据库。

E ← ∅ //初始化外观特征库

For all training images do

Apply the Interest point detector.

For all interest points(P_x, P_y) and corresponding patches ε_x do

E ← E ∪ ε_x

Cluster E with $t=0.7$ and keep cluster centers L.

//外观特征库查找, 其中 Occ 表示外观特征库

For all regional fingerprint database li do

Occ[i] ← ∅ //初始化外观特征库

For all training images do //遍历特征库中样本

Let (C_x, C_y) be the object center

Apply the interest point detector

For all Interest points(P_x, P_y) and corresponding patches ε_x do

If $\text{sim}(li, \varepsilon_x) \geq t$ then //如果匹配, 记录外观出现的位置

Occ[i] ← Occ[i] ∪ ($C_x - P_x, C_y - P_y$)

算法 1 特征库建立和相似性度量

3 车辆类型的识别过程

前面已经介绍了区域特征指纹库可以用来检测车辆的哪些局部外观特征出现在区域特征指纹库中。本节将通过引入一个隐形概率模型, 该模型能够给出特征指纹库中局部外观原型应该处于检测目标图像中的什么位置上, 这里隐形指的是本文不需明确定义某类车型对象外观的显示模式, 而只需对某些具有一致性的局部外观车辆进行约束性定义。这一方法不但具有高灵活性, 而且对于建立区域特征库所需的样本空间大大的减少。

车辆类型的智能识别过程，首先是从视频序列中提取出含有车辆图像的一帧，然后采用前文所述到的方法对图像进行特征提取，并以每个特征点为中心将图像划出 30x30 的图片块。最后将提取的图片块和特征指纹库采用相识性度量的方法进行匹配，对于匹配到的情况再使用广义霍夫^[8]变换进行概率投票。

整个过程伪代码如下。其中 V 表示中心点，M 表示数据库中记录的局部外观特征值。

```
//对可能的中心点进行投票,并得到相识度概率
V ← ∅
//对待测图片进行兴趣点检测
For all interest points(Px,Py) and corresponding patches ε x do
M ← ∅ //初始化待测车辆特征
//求得相似度概率
For all feature database entries Ii do
If sim(Px, ε x) ≥ t then //相似度大于 t
M ← M ∪ (i, Px,Py)
P(Ii | ε x) ←  $\frac{1}{|M|}$ 
//与特征库匹配, 得到两两匹配区域的距离概率
For all matches(i, Px,Py) ∈ M do
For all occurrences Occ ∈ Occ[i] of feature Database entry Ii do
X ← (Px-occx,Py- occy) //得到相邻块的匹配距离
P(ox, x | Ii,p) ←  $\frac{1}{|Occ[i]|}$ 
Cast a vote(x,w,occ,p) for position x with weight w=
P(ox, x | Ii,p) * P(Ii | ε x) //得到相似度权重
V ← V ∪ (x,w,occ,p) /保存数据用于识别跟踪
```

算法 2 车辆类型识别算法

4 实验结果

本文使用 Visual studio 2008 和 OpenCV 实现车辆检测和统计的原型。系统图像采集和算法处理采用 DirectShow 和 OpenCv 实现。实验采用了 Intel Core 2.0GHz, 内存为 2G 的普通 PC 作为软件运行平台。

白天和夜晚软件运行的统计结果如下图所示。其中检测率 R 计算方法为：

$$R = 1 - \frac{|人工统计 - 程序检测|}{人工统计} \quad (4)$$

表 1 车流量检测结果

场景	长度	人工统计 (辆)	程序检测 (辆)	漏检 (辆)	多检 (辆)	检测率 R
白天	6 分 44 秒	179	176	5	2	98.3%
夜晚	6 分 25 秒	123	125	3	5	98.4%

由表 1 可以看出白天和夜晚的检测率相对稳定，说明本检测方法能适应全天候车辆的检测。但是在检测中夜晚的检测率不如白天，这主要是当车流量比较大时，车辆之间的灯光相互影响，使得没有车辆进过的车道也多计算了车辆。人工车辆检测时，本文将货车和客车都归记与大型车，而中型货车，客车以及小型车都归记为小型车。

表 2 车型检测结果

场景	人工统计		程序检测	
	大型车(辆)	小型车(辆)	大型车(辆)	小型车(辆)
白天	48	131	44	132
夜晚	29	94	35	86

从表 2 数据可以发现程序对大型车统计结果不是非常稳定。白天大型车检测率偏小主要是由于拍摄距离较近，而且大型车在行驶过程中没有占满整个车道，而被程序误判为小型车，夜晚是由于车辆之间灯光的影响，使得系统将小型车误检为大型车的概率增加。

5 总结

在运动目标检测过程中，外界环境的不确定性是影响识别率的一个主要因素。本文通过建立一个车辆的局部外观特征指纹库，在车辆识别时将视频图像和特征库进行外观匹配，在建立特征库时采用了多环境下车辆外观样本，并通过试验结果证明了该方法实现的车辆检测的可行性，本方法实现了在不改变检测算法的情况下实现稳定的全天候车辆检测，并且在识别准确率上达到了预期的效果。如何对区域特征库的进行优化和改进相似度识别算法，以及提高匹配效率等将是下一步的工作方向。

参考文献

- 1 Abolghasemi V, Ahmadyfard A. An edge-based color-aided method for license plate detection. Image and Vision Computing, 2009, (27):1134-1142.
- 2 Ishida H, Takahashi T, Ide I, Mekada Y, Murase H. Recognition of camera-captured low-quality characters using

(下转第 132 页)

后台访问功能。使界面操作更方便,数据录入更快捷,提示信息更清晰,软件开发更高效。

3.5 多平台多系统的无缝连接

住房保障信息系统通过数据接口访问方式,实现与本单位、外单位相关信息系统的无缝衔接与集成。系统接口分为三类,一是数据库通过远程视图直接连接,这类接口主要有本单位内的其它业务系统;二是通过 Web Service 方式访问,如与银行业务系统的数据交换;三是开发专用程序直接读取数据,主要针对的是本系统内的各个子系统之间的数据共享。



图4 组件的层次框架图

4 应用评价

深圳市住房保障信息系统运行在互联网、深圳市机关专网、局内办公内网三个网络平台上,为市、区、街道三级管理部门构建了一个协同办公的统一平台。

系统投入使用以来,为实现住房保障项目建设的动态跟踪管理、全市房源库的统一管理、住房分配的规范管理工作提供强有力的支撑。

近年来,全市集中受理了两批次共 1.7 万户低收入家庭的住房申请,通过系统的资格审核,约有 1.2 万户家庭获得审核通过,通过系统的计分排队、在线选房,最终有 8 千多户家庭完成购房或租房的签约工作。由于从个人网上申请、街道办初审、区局复审、市局终审以及排队打分、网上选房、签约缴费全过程在系统平台上开展,极大地提高了工作效率,选房签约时间从以往的 30 分钟缩短为 10 分钟,同时促进业务工作的规范管理。

通过系统的公共服务平台,向申请家庭累计发送 6 万多条提醒短信,向社会公众及时准确地传递信息,提供政策导向,使政府的公共服务更直接,政令更畅通,提升政府公信力。公众通过公共服务平台,及时了解住房保障政策,监督政策的执行情况。促进住房保障工作更加公平、公正、公开。

参考文献

- 1 深圳市人民政府.深圳市住房建设规划(2006—2010).深圳,2006.
- 2 深圳市国土资源和房产管理局.深圳市国土资源信息化“十一五”规划,深圳,2007.
- 3 深圳市国土资源和房产管理局.深圳市住房保障信息系统设计方案,深圳,2009.
- 4 支俊.车辆检测中一种兴趣区域提取方法.计算机工程与设计,2007,28(12):3013-3015.
- 5 邓荣峰.基于 SIFT 特征匹配的稳健图像拼接算法.计算机应用,2009,29(S1):219-221
- 6 朱桂英,张瑞林.基于 Hough 变换的圆检测方法.计算机工程与设计,2008,29(6):1462-1464.
- 7 强振平.基于颜色和纹理特征背景模型的多层差分运动目标检测算法.计算机应用,2009,29(S1):227-230.
- 8 温江涛.基于局部灰度梯度特征的图像快速配准方法.清华大学学报(自然科学版),2009,49(5):673-675.
- 9 叶秉威,吴春明.视频监控系统中的图像分割算法综述.计算机应用研究,2009,26(12):4411-4144.

(上接第 202 页)

- 1 motion blur information. Pattern Recognition, 2008,(41): 2253-2262.
- 2 Zhang Wei, Fang XZ, Yang XK. Moving vehicles segmentation based on Bayesian framework for Gaussian motion mode. Pattern Recognition Letters, 2006,(27): 956-967.
- 3 Liu J, Zhang TX. Recognition of the blurred image by complex moment invariants. Pattern Recognition Letters, 2005,(26): 1128-1138.
- 4 Abolghasemi V, Ahmadyfard A. An edge-based color-aided method for license plate detection. Image and Vision Computing, 2009,(27):1134-1142.