

交叉路口道路环境辨识之初步研究 ——建立智能型执法系统的首部曲

范俊海 李杰儒

(淡江大学 淡江)

摘要 利用影像处理技术结合自行发展之道路环境辨识算法,建立智能型执法系统之平台,并选定“未依规定变换车道”违规行为建立违规行为判定系统,以期作为智能型执法系统平台建立之先驱研究。利用影像中位数法建立背景、结合递归式背景建构模式进行背景更新;透过“特征判断”与“样板比对”辨识路面标线;最后将车辆侦测、追踪等影像处理技术结合道路环境辨识结果进行违规行为的侦测与辨识。经过实际验证,于道路环境辨识以及违规行为辨识皆达良好的辨识水平。

关键词 道路环境辨识算法;智能型执法系统;样板比对

中图分类号: U491 **文献标志码:** A

目前执行交通法规时,大多由警员人力支持,受限于此,常使执法工作无法达到常态性以及公平性,也因此尽管加强违规的取缔,成果却不显著。因此,若能透过整合之智能型交通执法系统,可以使稽查取缔的工作发挥更大的功能,以提升交通执法的绩效。本研究尝试藉由对道路环境的辨识与车辆辨识、追踪等技术结合,进而将其应用于违规行为之辨识。

按道路交通管理处罚条例相关条文第 7-2 条第 7 项,汽车驾驶人之交通违规行为有当场不能或不宜拦截制单举发时,经以科学仪器取得证据资料者,得对汽车所有人径行举发处罚。本研究依据法源付于发展之规定,尝试发展智能型执法系统之平台,本研究先针对路口的执法环境进行开发,所以研究的目的可有下列几项:①建立路口道路环境辨识系统,以作为路口执法的平台;②建立违规行为辨识子系统的示范计划案例;③建立交通影像背景的算法。

1 道路环境辨识算法的建立

1.1 交通环境背景重建

在建立交通背景影像之前,首先将摄影机拍摄的车流影像以 avi 的格式输出,并透过影像切割软件把影片切割成 30 张/s 的画格,撷取的图片格式为 jpg 文件,画格大小为 720×640。本研究利用递归式结合非递归式背景建构的方式^[3]进行交通环境背景的重建,如图 1 所示。

递归式背景建构方法系以时间轴为更替标准,即每次撷取第 1 s 至第 n s 的画格建构当下的背景影像(CB),下一张影像撷取第 2 s 至第 n+1 s 的画格建立瞬时影像(IB),如图 2 所示。公式为 $CB = (1 - \alpha)IB + \alpha CB$ 。式中:α 为更新权重值。

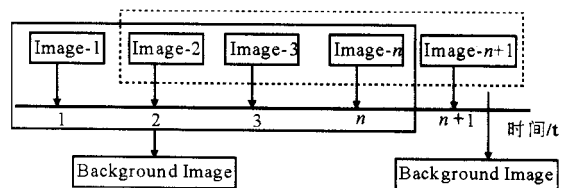
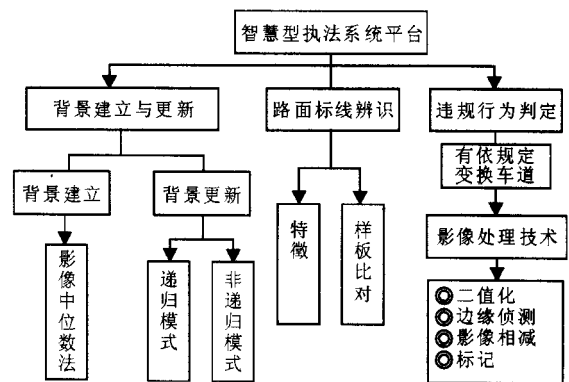


图 2 递归式背景构建方法

非递归式背景建构方法应用于本研究即为采用影像中位数法。影像中位数法为一非线性的滤波器,主要应用于边缘侦测,可解决线性滤波器在处理灰阶影像中边界或是变化较大的地方产生被模糊的问题。处理方法为,在噪声的影像资料矩阵中,利用一个滤波矩阵或称为屏蔽,将此矩阵中所有像素值依大小排列,并以排序后像素值的中

位数作为结果的输出,取代原来的像素值。其公式如下:

$$Y(i,j) = \text{Median} \{X(i,j) \mid (i,j) \in W\}$$

式中: $Y(i,j)$ 为像素值 (i,j) 中位数取代值; $X(i,j)$ 为像素值 (i,j) 。

本研究的操作方式为:将每一张画格划分成3个矩阵(R,G,B),每像素的 R,G,B 值分别存于该3个矩阵中,连续摄取 n 张影像,最后取得 R,G,B 值的中位数以构建交通背景影像。在递归式背景构建方法中,由于取过大则会造成背景更新过度剧烈,太小则会造成背景更新缓慢。在此部分,本研究采用文献[3]的结果,采 $\alpha=0.5$ 为背景更替的权重值。背景重建与更新流程如图3所示。

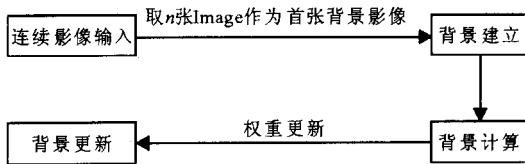


图3 背景更新流程

1.2 道路环境特性分析

为了有效、快速地辨识道路环境,首先必须了解影像中道路环境的路面标线以及道路具有什么特性。路面标线为了让驾驶者及行人轻易辨识,其颜色通常与地面呈现高度反差,无论是白线、黄线甚至是红线,与柏油路面皆有着极大的色彩差异,因此当色彩转换为灰阶表示时,这种亮度差异会被保留下来,本研究即是利用此显著的亮度差异做为路面标线侦测的依据。

路面标线的种类繁多,本研究仅以较常出现的路面标线进行研究。由于侦测与辨识之路面标线种类繁多,而且并没有一定的方法可以应用于全部的路面标线。因此,在路面标线辨识的部分采用“特征判断”以及“样板比对”2种方式进行。表1为各路面标线采用之方法。

表1 路面标线研究方法

地点	标线分类	研究方法
共同	车道边缘	特征判断
	车道线	特征判断
	指向线	样板比对
	停止线	特征判断
路口	枕木纹行人穿越道	特征判断
	机车停等区线	样板比对
路段	禁行机车	样板比对

1.3 利用特征判断辨识路面标线

本研究利用特征进行判断之路面标线有:车

道边缘、车道线、停止线以及枕木纹行人穿越道。以下分别针对上述各标线的辨识方法以及结果进行说明。

1.3.1 车道边缘

车道边缘的侦测方式参照文献[4]中车道线的侦测方法,将每一条水平扫描线左右等分,计算每一条扫描在线,左半边亮度由高到低,右半边亮度由低到高的最大梯度变化点。

1.3.2 停止线

利用滤波器将横线滤除,统计像素点上面每一条横线所占的面积。若横在线所占的白色部分大于设定的门坎值,则定义该横线为停止线。然而因为横线有时候可能会不一定非常直,可能会有歪斜,所以设定门坎值容许上下列可以变动的范围,图4为停止线侦测与辨识结果。

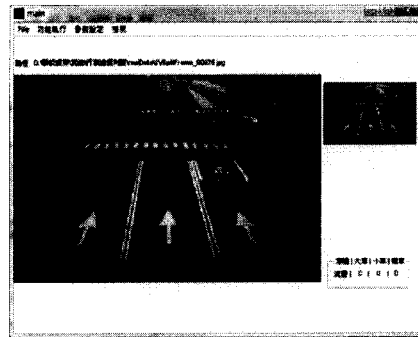


图4 停止线侦测与辨识结果

1.3.3 枕木纹行人穿越道

统计在横线上总白色出现的面积后,计算其变异数,若是行人穿越道,则变异数会较高。因此设定一门坎值来判断,若变异数大于门坎值且面积是够大,则称为行人穿越道,结果如图5所示。

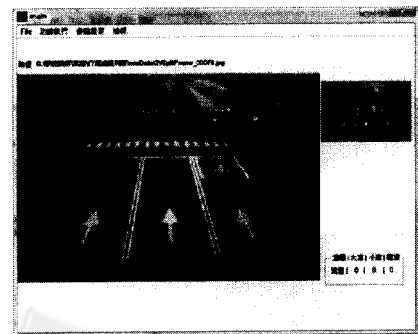


图5 行人穿越道侦测与辨识结果

1.3.4 车道线

从行人穿越道的区域往下搜寻,统计由上往下直线的总面积,并给予一个横线可变动的范围。若总面积大于门坎值,则称为直线的候选人。透过滤器去除横线的部分,剩下的就是车道线或是双白线。由于车道线类似斑马线的间断结构,

有较高的变异数。因此,统计此变异数较高则称为车道线,反之则为双白线,下图 6 为双白线侦测与辨识的结果。

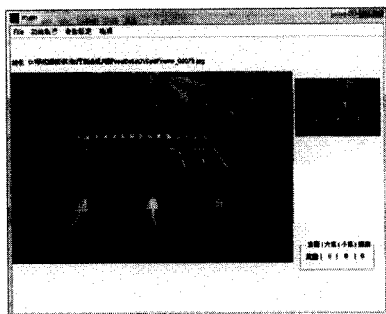


图 6 双白线侦测与辨识结果

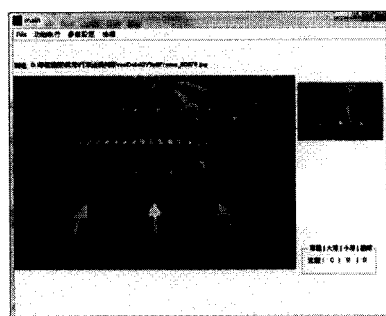


图 7 背景分割结果

1.3.5 背景分割

因路面、车道线等标志皆为灰色、白色,根据 HSV equation 可以得知在 RGB 3 原色的表示方式上面,3 个值差距较小。因此透过此种方式来

排除非道路区域。

本延究所采用的方式为:由左而右、由上而下扫描第 1 个遇到的车道线,计算它下一个列出现的坐标,利用这 4 个点来计算斜率,并将每一个列的区域往左划分,直到某一点的 RGB 3 种颜色差异过大,则停止。中间车道的辨识方法,则是利用第 1 条双白线,由左而右扫描,当遇到第 2 条白线时停止。藉此画出完整的车道区域。图 7 为路口道路环境背景分割结果。

1.4 利用样板比对辨识路面标线

本研究使用样板比对进行辨识的路面标线可分为 2 种类型:图形以及文字。图形包括指向线以及机车停等区线内的机车图形,文字为“禁行机车”,整理如表 2 所列。

表 2 样板比对应用之路面标线

路面标线	类别
指向线	直线箭头
	弧形箭头
	分岔箭头
图形	机车停等区的机车图案
标字	禁行机车

本研究参照“道路交通标志标线号志设置规则”内对于各标字、标线比例的说明,使用绘图软件修正真实拍摄道路环境之照片中歪斜的路面标线作为本研究之样板,如图 8 所示。

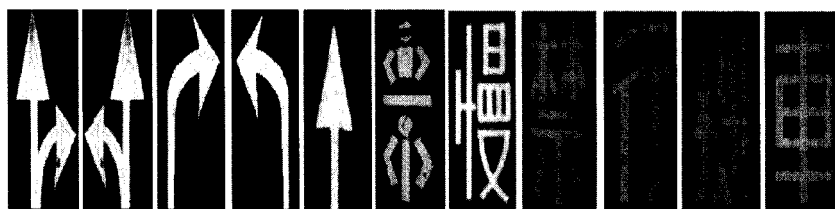


图 8 路面标线之样板

使用样板比对进行路面标线的辨识,除了辨识率外,处理时间也是必须衡量的问题。因此考虑上述因素以及考虑真实道路环境、摄影机架设位置、角度等环境因素之下,本研究采取的方式为透过主成分分析,计算出 N 个主成分,挑选第 1~30 的主成分来当作主轴,令每一测试影像与样板都投影到此主轴来比对。由于具有相同的主轴,因此可以适应不同的拍摄角度以及坡度造成路面标线歪斜的问题,其流程步骤下:

1) 将输入的切割影像透过 PCA Transformation 转到特征空间中。

3) 取得样板影像,将样板投影到前 N 个特征值表示的空间。

4) 计算两者之间在此投影轴上的 MSE (mean square error)。

5) 将所有的 MSE 存到一个 Error Matrix 中,待所有错误率比对完成后,取得最小误差的 MSE。

6) 若 MSE 的值小于设定门坎值则比对成功。

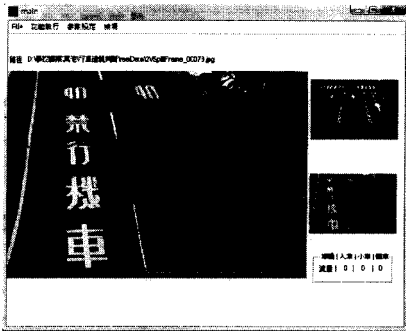
图 9 为样板比对的测试画面。左边的图可辨识出“禁行机车”;右边的图则可辨识出直线箭头、分岔箭头以及机车停等区线内的机车骑士图形。

2 违规行为辨识系统之建立

本研究以“未依规定变换车道”违规行为进行验证,以建立违规行为判定系统,作为智能型执法系统之先驱研究。

2.1 前处理

前处理的目的在于确定侦测区域是否有车辆进入以及各车辆的位置。首先将车流影像与建立之背景相减,判断是否有移动的车辆进入侦测区;接着透过二值化将车辆与路面区隔;使用中间值滤波减少噪声的干扰;最后利用对象标记确定车辆位置供后续分析作业。



(a)对比画面1



(b)对比画面2

图9 样版比对结果

2.2 违规行为辨识

本研究违规行为的辨识方式,系利用影像处理技术将车辆与背景区隔,并与分割后的道路环境结合以判断是否有车辆进行违规行为。步骤如下:

- 1) 将加载之车流影像,利用影像中位数法建立背景。
- 2) 辨识环境中的路面标线与道路,确定侦测区域。
- 3) 加载车流影像与建立之背景相减,取得差值影像。
- 4) 将差值影像透过中间值滤波减少噪声。
- 5) 利用递归式标记法将车辆分别编号。
- 6) 使用边缘侦测得到个别车辆之边缘,做为

该车辆的外框。

7) 将外框影像加到原始影像中,以得到移动对象的萃取图。

8) 配合路口红灯时段设定累积画格张数进行背景更新。

9) 将移动对象的侦测与步骤2之道路环境结合,以此做违规行为的判断。

图10为“未依规定变换车道”违规行为的辨识结果。

3 实证分析

3.1 系统概述

本研究使用数字摄录像机将影像撷取至摄录像机内建的硬盘中,利用影像序列撷取软件将影像撷取10张/s画格,并针对撷取后之影像序列进行一系统化的处理过程。本系统是使用程序语言Matlab7.1作为系统开发工具,图11为系统的操作接口,系统的操作接口主要分为7个部分:

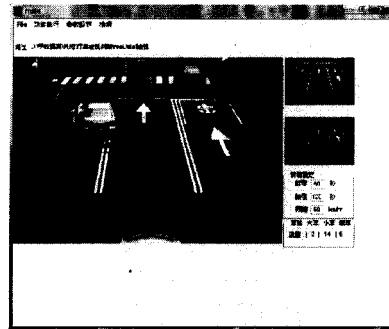


图10 违规行为辨识结果

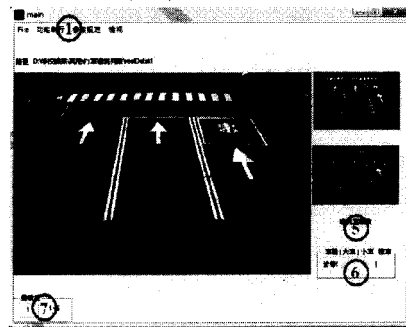


图11 系统操作接口示意图

- 1) 功能列。包括档案、功能执行、参数设定、检视等系统执行命令。
- 2) 影像显示区。主要显示现在正在处理之影像。
- 3) 背景影像显示区。显示目前处理区域之背景影像。
- 4) 道路环境辨识显示区。显示目前处理区域之道路环境辨识结果。

- 5) 违规车辆数析出区。显示违规车辆之数量。
- 6) 交通流量析出区。显示实时之交通流量。
- 7) 程序灵敏度调整区。灵敏度越高可以侦测到更小的对象,相对的易产生噪声。

3.2 路面标线辨识结果

本研究利用真实车流影像以及各类标线之拍摄照片 2 种方式进行路面标线辨识的验证。影片 A 为路口之车流影像,包含的路面标线有:车道边缘、行人穿越道、停止线、指向线以及机车图形。影片 B 为路段之车流影像,包含的路面标线有:车道边缘、车道线以及禁行机车。表 3 为各类标线照片的数量。

表 3 验证路面标线数量

路面标线	行人 穿越道	停止线	车道线	指向线	禁行 机车	机车 图形
数量	14	5	5	34	23	14

以下分别针对“特征判断”与“样板比对”2 种辨识方法的验证结果作一说明。

3.2.1 特征判断

- 1) 真实车流影像测试结果见表 4。

表 4 真实车流影像测试结果

测试影像	辨识率/%
影片 A	100
影片 B	100

- 2) 路面标线照片测试结果见表 5。

表 5 路面标线照片测试结果

路面标线	辨识率/%
车道边缘	100
停止线	100
车道线	100
行人穿越道	100

3.2.2 样板比对

- 1) 真实车流影像测试结果见表 6。

表 6 真实车流影像测试结果

测试影像	辨识率/%
影片 A	100
影片 B	100

- 2) 路面标线照片测试结果见表 7。

表 7 路面标线照片测试结果

路面标线	辨识率/%
指向线	83
禁行机车	86
机车图形	88

3.3 违规行为的验证

当车辆经过侦测区时,不论车种为何,只要有侦测到车辆,即列入成功侦测出的车辆数。实际

进行验证的地点选定一路口,进行车流量以及违规行为的辨识。

拍摄时间为平常日 15:00,低密度之交通流量。路口特性为:红灯时间 50 s、全红时间 5 s、绿灯时间 180 s。单向 3 车道,内侧 2 车道禁行机车;车道线类型为双白线。

辨识正确率验证工作中,各车辆种类的实际数目为:大型车 16 辆、小型车 208 辆、机车 19 辆,总数量为 243 辆;由系统成功侦测出之各车种数量为大型车 19 辆、小型车 202 辆、机车 19 辆,总数量为 240 辆。该时段内未依规定变换车道车辆为 8 台,判断的结果为 8 辆,辨识率为 100%。其验证结果汇整于表 8、表 9。

于实证中,大型车以及小型车之辨识皆有误判的情形,主要原因在于本系统并没有针对车辆阴影可能造成遮蔽的问题进行排除。

表 8 路口车流量验证结果

	车辆种类		
	大型车	小型车	机车
实际车辆/辆	16	208	19
辨识成功车辆/辆	19	202	19
辨识正确率/%	84.2	97.1	100

表 9 路口违规行为辨识结果

未依规定变换车道	
实际车辆/辆	8
辨识成功车辆/辆	8
辨识正确率/%	100

4 结论与建议

本研究利用影像中位数法建立道路环境背景,并透过递归式背景建构模式与非递归式背景建构模式之结合进行背景更新,结果显示透过结合模式更新之背景于车流行进稳定、正常时,皆能建构干净、无噪声的背景。

透过自行开发之道路环境辨识算法进行道路环境分析以及违规行为辨识,经实际验证皆达到八成以上的辨识水平。对于智能型执法系统的自动化研究,有了初步的进展。

由于本研究所牵涉的路面标线种类繁多,本文仅针对一般市区道路路段以及路口较常出现的标线进行研究,后续研究可继续探讨其它部分。另外本研究并无针对阴影可能造成的遮蔽问题进行排除,造成车辆辨识的辨识率降低,亦针对此部分进行研究以提高辨识率。

(下转第 39 页)

2 000 pcu/h < Q < 3 100 pcu/h。

5 结 语

城市道路交叉口车道功能置换设计方法通过调整车道排列方式,减少不同路径交通流之间交织,可提高道路通行能力,缓解交通拥堵程度。本文以 Vissim 微观仿真软件为辅助工具,研究了单向 3 车道城市道路交叉口进口道车道功能置换设计的适用条件,能够为城市道路交叉口进口道车道功能置换设计提供理论支持。

参考文献

[1] 杨晓光. 城市道路交通设计指南[M]. 北京:人民交通出版

社, 2003

- [2] National Research Council. Highway Capacity Manual 2000 [S]. Washington D C: Transportation Research Board, 2000
- [3] 陈小鸿, 肖海峰. 交织区交通特性的微观仿真研究[J]. 中国公路学报, 2001, 14(增刊): 88-91
- [4] 郑卫国, 余万, 林克美. 城市主干道交叉口连续交通仿真分析[J]. 中国市政工程, 2007(3): 4-8
- [5] 张 琨, 裴玉龙. 交织区长度对车道变换频率的影响[J]. 城市交通, 2007, 5(6): 23-25
- [6] 蔡 军. 转向比例与合理干路网密度研究[J]. 城市交通, 2005, 4(3): 54-58

Adaptability of Lane Function Replacement at Approach of Urban Intersection

PI Yuxin

(Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: Vehicles' weaving behaviors have great influence on capacity of urban road sections. In some cases, by reducing weaving behaviors, lane function replacement can greatly improve vehicle's running condition and increase road sections' capacity. Based on the research achievements about expressway's weaving areas home and abroad, and using micro-simulation tool VISSIM, this research analyzed vehicles' weaving behaviors on urban road and obtained the adaptability of lane function replacement at approach of urban road intersection.

Key words: replacement of lane function; adaptability; simulation analysis; weaving sections of urban road

(上接第 35 页)

参考文献

- [1] 何志宏. 最新全动态交通号志控制技术开发计划[R]. “国立”成功大学交通管理科学研究所, 1993
- [2] “交通部”委托计划 K-智能型交通信息搜集、处理、传播与旅行者行为之系列研究 1 号志化道路路况信息侦测方法与

格式订定[R]. 2002

- [3] 陈昶志. 交通背景型态分类模式之研究[D]. 淡江:淡江大学运输管理学系, 2007
- [4] 张 懿. 实时路面标线、车辆侦测与距离估计[D]. 淡江:淡江大学资讯工程学系, 2002

Road Environment Recognition System at Intersection

FAN Junhai LI Jieru

(Tamkang University, Danjiang, China)

Abstract: In this study, the image processing techniques and the road environment recognition algorithm were used in the intelligent enforcement system platform. The "Change-Lane at Will" was selected for the traffic violation detection. First, the background was constructed using temporally median filter and combining it with recursive and non-recursive background updating algorithms to update our background image. Next, the extracted features and template matching algorithm were used to obtain the lane edge trace. Finally, the moving car detection and its tracking algorithms were also used to recognize the traffic violation. The simulation results show that the road environment recognition and the traffic violation detection both get well detection caliber.

Key words: road environment recognition algorithm; intelligent enforcement system (IES); template matching