

基于概率霍夫变换的快速车道线检测方法

胡 彬, 赵春霞

(南京理工大学 计算机学院, 江苏 南京 210094)

摘 要: 提出了根据高斯分布模型的自适应阈值分割方法, 使用了基于形态学变换的二值图优化算法得到车道线边缘图. 改进了概率霍夫变换, 使其更能满足实际情况, 从而检测出车道线. 实验表明了该方法可以有效检测出车道线, 并且速度上得到了极大的提高.

关键词: 概率霍夫变换; 车道线检测; 智能车辆; 图像处理

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)10-0177-04

A Fast Lane Detection Method Based on the Progressive Probabilistic Hough Transform

HU Bin, ZHAO Chun-xia

(School of Computer Science, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Applied an adaptive threshold segmentation method based on Gaussian distribution model, then, image noise was filtered by morphological transformation and a map of lane edges was formed. Improved progressive probabilistic Hough transform to better meet the actual situation. This experiment suggested that this method can effectively detect lanes, also has an obvious advantage in detection rate.

Key words: progressive probabilistic Hough transform; lane detection; intelligent vehicle; image processing

1 引言

统计表明, 70%~90% 的交通事故是由于驾驶员操作失误造成的. 在美国、日本等国家, 消费者选购汽车的着眼点已把驾驶汽车的安全程度放在第一位. 因此目前各国都在重点发展智能车辆, 旨在提高汽车的安全性、舒适性和优良的人车交互界面, 其也成为车辆工程领域研究的热点和汽车工业增长的新动力. 基于视觉的车道线检测是目前智能车辆研究的一项关键技术^[1], 也是重点和难点之一.

2 常用车道线检测技术

目前常用的车道线检测技术是利用道路线的识别来实现道路的检测, 采用直线或曲线的道路模型^[2], 这种方法具有简单实用, 能适应高速公路结构化环境的特点, 而且具有比较快的图像处理速度和较好的实时性. 在经过图像预处理将车道线分割出

来之后, 需要将车道线在图像中的直线方程拟合出来, 目前常用的拟合方法有最小二乘法^[3]和霍夫变换^[4].

运用最小二乘法进行拟合, 其优点就是它的速度非常快, 只要遍历一次就可以计算出拟合曲线, 但是它对噪声非常敏感, 而且在对离散的点进行拟合时, 首先必须知道那些点的一些情况, 是采用直线, 还是二次曲线或者更高次的曲线.

霍夫(Hough)直线变换是利用点线的对偶性来实现的, 直线 $y = k_0x + q_0$ 是由点 $A = (x_1, y_1)$ 和点 $B = (x_2, y_2)$ 定义的, 通过点 A 的所有直线由 $q = -x_1k + y_1$ 直线表示的, 其中 q 和 k 是在图像空间中的参数, 由此可见图像空间中的点可以通过参数空间中的直线来表示, 类似地通过 B 点的直线可以表示为 $q = -x_2k + y_2$. 可以看出 $C = (k_0, q_0)$ 就是直线方程 $y = k_0x + q_0$ 的参数. 通过 Hough 直线变换求出参数时需要三次循环, 这样对于大量数据或者

对实时性要求很强的系统来说基本上是不可取的。

最小二乘法拟合直线速度快但是对噪声敏感,霍夫变换可靠性高但是速度慢,本文在概率霍夫变换基础上进行了改进,使其更接近实际使用情况,同时令直线拟合同时具有高可靠性和高速度性。文章将从最初的预处理方法到最终的检测到直线,并在实验部分结合具体数据进行阐述。

3 图像预处理

图像预处理的主要目的是消除图像中无关的信息,恢复有用的真实信息,增强有关信息的可检测性和最大限度地简化数据,从而提高识别的可靠性。针对本文的车道线检测,采取了包括图像的灰度化、阈值分割和形态学变换三种预处理。由于道路部分在图像中只占到下 1/3 部分,图像上部分多为天空等无关区域,因此我们的感性区域(AOI)为图像的下 1/3 部分。

3.1 图像的灰度化

由于霍夫变换只需要用到图像的灰度信息部分,因此先将彩色图像变换为灰度图像,原始图像为 RGB 模型的彩色图像,本文采用灰度加权法来进行灰度化。对于图像中的像素点 (i, j) ,其红色分量为 $R(i, j)$,其绿色分量为 $G(i, j)$,其蓝色分量为 $B(i, j)$,则其灰度值 $f(i, j)$ 计算方法如下:

$$f(i, j) = 0.30R(i, j) + 0.59G(i, j) + 0.11B(i, j)$$

3.2 自适应阈值分割方法

对于规格化的高速公路,其车道线为比较明显的白色,和路面的颜色差异比较大,可以采用单一阈值分割的方法把车道线和非车道线分割开。

本文采用的基于高斯分布模型的自适应阈值分割方法,能够有效地将道路线和非道路线分割开。在 AOI 区域,道路部分占了较大的比例,假设道路的灰度信息服从高斯分布,取 AOI 区域中的窗口计算其均值 $\bar{X}$ 和方差 σ ,根据下式计算出分割阈值,然后对灰度图进行阈值分割,便可以得到二值图像。

$$th = \bar{X} + 3\sigma$$

3.3 形态学变换

对经过阈值分割得到的二值图像进行形态学变换,可以简化图像数据,保持图像的基本形状特征并去除不相干的结构,形态学图像处理的基本运算包括膨胀、腐蚀和开运算、闭运算。

本文运用了 3×3 像素的结构元素对二值图像进行处理,先对原图进行膨胀操作,然后进行腐蚀操

作,最后两幅图像做差便得到图像的边缘信息,图像的边缘信息提供给下文所述的概率霍夫变换使用。

4 概率霍夫变换

为了解决霍夫变换耗时的问题,提出了概率霍夫变换(PPHT)^[5]。概率霍夫变换的直线拟合方法还是利用了霍夫变换,其特点是选择拟合点时采用了随机抽取的方式,并加入了计数器,当某一条直线被拟合出的次数达到一定阈值时,便取出这条直线,完成一条直线的拟合。

本文采用了更符合实际的点集录取方式,记经过图像预处理之后的图像为 I ,选择 AOI 区域为 I 的下 1/3 部分,记为 $S(I)$,将 $S(I)$ 分为左右两部分 $LS(I)$ 和 $RS(I)$,一般情况下,左车道线在 $LS(I)$ 区域内,右车道线在 $RS(I)$ 区域内。对 $LS(I)$ 区域内的有效像素点按列置入集合 S ,以同样的方法将 $RS(I)$ 区域内的有效像素点置入集合 S ,这样便不需要从集合 S 中随机选择点来进行霍夫变换,而且加快了算法的收敛速度,具体流程如下所述:

(1) 类似霍夫变换,分割参数空间,为每个区间设计累加器 $ACC(\rho, \theta)$,其初始值为零;

(2) 检测集合 S 是否为空,是则算法结束;否则依次从待处理边缘点集中取一像素点,并将此点从 S 中删除,对该像素点进行霍夫变换,在各个 ρ 值下计算相应的 θ 值,对应的累加器 $ACC(\rho, \theta)$ 加 1;

(3) 判断更新后的累加器值是否有大于阈值 thr ,否则回到(2);

(4) 由上一步得到的值大于 thr 的累加器对应的参数确定一条直线,删除集合 S 中位于该直线上的点,此累加器清零;

(5) 返回(2)。

5 实验结果分析

实验平台为 Microsoft Visual Studio 2008,道路环境为沪宁高速公路部分路段。

首先对图像进行预处理,由于道路线正常情况下为白色,因此可以剔除图像中的彩色信息,提取灰度图像,采用 3.1 节中所述方法得到灰度图(图 1)。

接下来对灰度图进行阈值分割,选择 AOI 区域 160×80 窗口统计其均值和方差,如图 2 中白色框所示。从图 3 中可以看出,统计窗口中的直方图分布是比较服从高斯分布的,因此采用 3.2 节中的公式可以提取到比较理想的阈值,从而对图像进行二值分割。

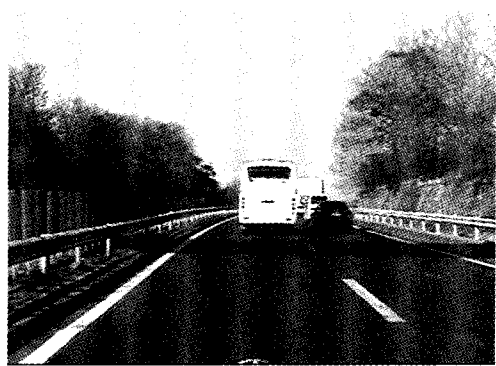


图 1 灰度化效果

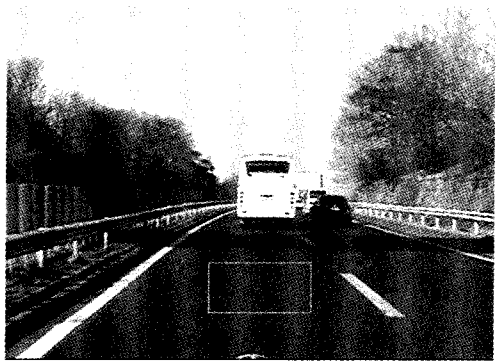


图 2 统计窗口



图 3 统计窗口内的直方图分布

根据 3.2 节中所述计算得到阈值,对灰度图进行阈值分割,得到二值图像(图 4)。



图 4 二值图像

为了减少随机霍夫变换点集的数量,采用 3×3 的结构元素对二值图像进行形态学变换,模板 SE 为

$$SE = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

图 5 为使用结构元素 SE 对二值图像进行膨胀的效果,图 6 为使用结构元素 SE 对二值图像进行腐蚀操作的效果,将膨胀图与腐蚀图做差,便可得到图像的外轮廓,而且有效的去除了原图中零散的噪声点,为概率霍夫变换减少了计算量。



图 5 膨胀操作效果



图 6 腐蚀操作效果

经过图像预处理后,得到图 7,按第 4 节中所述方法,将 AOI 区域中值为 255 的像素点按序放入集合 S,然后对集合 S 中的像素点进行概率霍夫变换。我们对左边道路选择最右边的车道线,对右边道路选择最左边的车道线,得到最终的当前车道线,图 8 中白线为计算出的车道线。



图 7 膨胀图与腐蚀图的差

本文同时还比较了概率霍夫变换和普通霍夫变换的检测时间,实验发现使用霍夫变换大概需时 0.11 s,而采用概率霍夫变换时间大大减少到约为



图 8 概率霍夫变换效果

0.016 s,这对于实时应用有很大的意义。

6 结束语

本文讨论了在智能车辆中车道线检测的方法,先进行图像的预处理,再利用概率霍夫变换的方法有效的提取出了车道线,并比较了概率霍夫变换和霍夫变换的执行速度,实验证明了概率霍夫变换的实时应用要明显优于霍夫变换。

参考文献:

[1] 鲁曼,蔡自兴,李仪.道路区域分割的车道线检测方法

(上接第 176 页)

指称的命题内容完整地形式化才能实现自然语言理解的完整意义上的研究.从这一意义来看,无论是基于句法—语义的规则语言模型框架,还是基于统计概率理论的语料库建模方法,自然语言理解都只是脱离使用者与语境知识而处于指称层次的片面理解,而只有基于语用学层次的理解才是完整的.因此,自然语言理解的关键是通过对语用力量要素及语境的分析,识别言语的意向性,才能实现公共语言框架下的主体间性解释,进而实现智能的解剖。

参考文献:

[1] Stuart Russell. 人工智能——一种现代方法[M]. (2 版). 姜哲,金奕江,张敏,等译.北京:人民邮电出版社,2010.

[J]. 智能系统学报, 2010, 5(6):007—009.

- [2] Hsiao P Y, Yeh C W, Huang S S, et. A portable vision based real-time lane departure warning system: day and night [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(4): 2089—2094.
- [3] 陈光,任志良,孙海柱. 最小二乘曲线拟合及 Matlab 实现[J]. 软件技术, 2005, 24(3): 107—108.
- [4] 杨喜宁,段建民,高德芝,等. 基于改进 Hough 变换的车道线检测技术[J]. 计算机测量与控制, 2010:292—298.
- [5] Galamhos C, Matas J, Kittler J. Progressive Probabilistic hough transform for line detection[C]// Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition Fort Collins, co, USA: IEEE, 1999:23—35.
- [6] 张书真,向晓燕,赵英男,宋海龙. 基于二维直方图的曲线分割法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(9): 21—23.

作者简介:

胡彬 男, (1985—), 博士生. 研究方向为模式识别与图像处理.

赵春霞 女, (1964—), 教授. 研究方向为智能机器人与智能检测系统、图形图像技术与模式识别.

[2] James Allen. 自然语言理解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

- [3] 晋耀红. 基于语境框架的文本相似度计算[J]. 计算机工程与应用, 2004(16): 405—409.
- [4] 朱倩,程显毅,韩飞. 汉语单句语义三维表示模型的研究[J]. 智能系统学报, 2009, 4(2): 122—130.
- [5] Jiming Liu. 多 Agent 原理与技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

作者简介:

蔡艳婧 女, (1979—), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为人工智能.

程显毅 男, (1956—) 博士, 教授. 研究方向为人工智能.

潘燕 女, (1988—) 硕士生. 研究方向为自然语言处理.