



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112001216 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 27

(21) 申请号 202010504045.8

(22) 申请日 2020.06.05

(71) 申请人 商洛学院

地址 726000 陕西省商洛市商州区北新街
10号

(72) 发明人 石红姣

(74) 专利代理机构 北京科家知识产权代理事务
所(普通合伙) 11427

代理人 宫建华

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06K 9/34 (2006.01)

G06K 9/46 (2006.01)

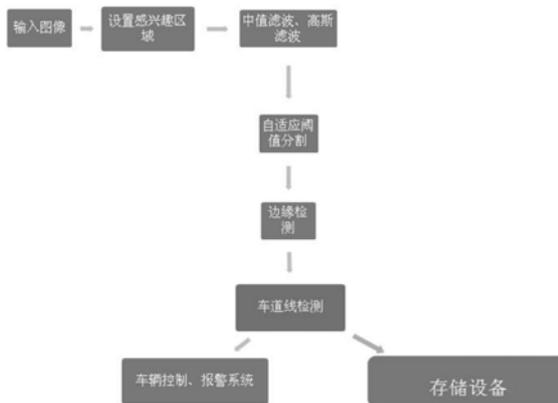
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统,首先系统对道路图像预处理,其中包括彩色图像灰度化,然后对灰度图采取大津阈值进行二值分割,分割后的二值图像包含大量的干扰信息,通过连通域标记将大的干扰信号和小的噪声点消除掉,接着提取车道线的轮廓信息,方便后续的Hough变换求取车道线,最后对求得的车道线与混合高斯模型匹配,本发明在车道偏离预警系统中,整个系统的关键是车道线的正确提取与识别。车道线的提取主要完成从图像中检测并识别出车道线,并且确定车辆在道路上的安全可行区域和定位车道线相对于车辆的位置,以便监测车辆行进的实时情况。当车辆发生偏离时,能够提醒驾驶员及时调整车辆的状态,从而避免交通事故的发生。



1. 一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统,其特征在於:首先系统对道路图像预处理,其中包括彩色图像灰度化,然后对灰度图采取大津阈值进行二值分割,分割后的二值图像包含大量的干扰信息,通过连通域标记将大的干扰信号和小的噪声点消除掉,接着提取车道线的轮廓信息,方便后续的Hough变换求取车道线,最后对求得的车道线与混合高斯模型匹配,如果匹配成功,则说明车道线检测成功,并用当前检测的车道线更新混合高斯模型参数;如果匹配不成功,说明检测的车道线不正确,取历史车道线信息作为当前结果;

所述图像预处理:采用中值滤波在空间域内对图像像素的灰度值进行处理,中值滤波的数学表达式如式2-1所示:

$$f(i, j) = \text{median}\{S_{f(i, j)}\} \quad (2-1)$$

其中, $S_{f(i, j)}$ 是当前点 $f(i, j)$ 的邻域;

图像的分割:

白色虚线:划于路段中时,用以分隔同向行驶的交通流或作为行车安全距离识别线;划于路口时,用以引导车辆行进;

白色实线:划于路段中时,用以分隔同向行驶的机动车和非机动车或指示车行道线;划于路口时,用作导向车道线或停车线;

黄色虚线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流,划于路侧或缘石上时,用以禁止车辆长时在路边停放;

黄色实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流;划于路侧或缘石上时,用以禁止车辆长时或临时在路边停放;

双白虚线:划于路口时作为减速让行线;划于路段中时,作为行车方向随时间改变之可变车道线;

双黄实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流;

黄色虚实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流。黄色实线一侧禁止车辆超车、跨越或回转,黄色虚线一侧在保证安全的情况下准许车辆超车、跨越或回转;

双白实线:划于路口时,作为停车让行线;

设定不同的阈值,把像素点分成若干类。假设原始图像的像素值为 $f(x, y)$, 按照一定的准则找到阈值 T , 将图像分割为两部分, 分割后的图像像素值为

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & f(x, y) < t. \\ 1 & f(x, y) \geq t. \end{cases} \quad (2-2)$$

当图像中某点灰度值大于阈值 T 时, 则把该点置为 255 白色, 反之则置为 0 黑色;

设图像的目标和背景的分割阈值为 T , 且前景像素点数占图像的比例为 ω_1 , 其平均灰度为 μ_1 ; 背景像素点占图像的比例为 ω_2 , 平均灰度为 μ_2 ; 图像的平均灰度记为 μ , 类间方差记为 g 。

$M \times N$ 大小的图像中像素的灰度值小于阈值 T 的像素个数记作 N_1 , 像素灰度大于阈值 T 的像素个数记作 N_2 , 则有:

$$\omega_1 = \frac{N_1}{M \times N} \quad (2-3)$$

$$\omega_2 = \frac{N_2}{M \times N} \quad (2-4)$$

$$N_1 + N_2 = M \times N \quad (2-5)$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (2-6)$$

$$\mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2 \quad (2-7)$$

$$g = \omega_1 \times (\mu - \mu_1)^2 + \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2 \quad (2-8)$$

将式 (2-7) 代入式 (2-8), 得到等价公式:

$$g = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2$$

当方差 g 最大的时候, 就是目标和背景的差异最大的时候, 此时得到的灰度值就是最佳阈值。可以得到大津算法 (OTSU) 计算最佳阈值 T 的公式:

$$T = \arg \max_{g_{\min} < t < g_{\max}} dist = |\mu_0(t) - \mu_B(t)|^2 w_0(t) w_g(t)$$

在 $g_{\min} < t < g_{\max}$ 中穷举每一个 t 值, 使得 $dist$ 取得最大值的 t 即为要求的阈值。

一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术领域,尤其涉及一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统。

背景技术

[0002] 随着我国经济的不断发展和科学技术的不断进步以及生活水平的不断提高,汽车正逐步成为大众的交通工具。根据德国研究机构最新研究结果显示,全球汽车保有量接近10亿,到2015年还将增加20%。随着汽车的不断普及以及汽车行车速度的不断提高,交通事故的数量也随之上升。每年的交通事故给国家的经济,人民的生命和财产造成了巨大的损失。随着交通安全问题日益严重,交通安全已经成为人类必须认真对待的重大问题。

[0003] 车道线的识别是图像处理 and 交通智能化领域的一个重要分支,特别是近年来,随着智能汽车、自动识别的发展和应用,车道线识别的研究得到了长足的发展,并且会在未来随着人们对识别精度、速度的要求越来越高,车道线识别领域的研究将会愈发火热,可以说这是一个方兴未艾的研究领域。

发明内容

[0004] 本发明的目的就在于为了解决上述问题而提供一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统。

[0005] 本发明通过以下技术方案来实现上述目的:

[0006] 本发明首先系统对道路图像预处理,其中包括彩色图像灰度化,然后对灰度图采取大津阈值进行二值分割,分割后的二值图像包含大量的干扰信息,通过连通域标记将大的干扰信号和小的噪声点消除掉,接着提取车道线的轮廓信息,方便后续的Hough变换获取车道线,最后对求得的车道线与混合高斯模型匹配,如果匹配成功,则说明车道线检测成功,并用当前检测的车道线更新混合高斯模型参数;如果匹配不成功,说明检测的车道线不正确,取历史车道线信息作为当前结果;

[0007] 所述图像预处理:采用中值滤波在空间域内对图像像素的灰度值进行处理,中值滤波的数学表达式如式2-1所示:

$$[0008] \quad f(i, j) = \text{median} \{S_{f(i, j)}\} \quad (2-1)$$

[0009] 其中, $S_{f(i, j)}$ 是当前点 $f(i, j)$ 的邻域;

[0010] 图像的分割:

[0011] 白色虚线:划于路段中时,用以分隔同向行驶的交通流或作为行车安全距离识别线;划于路口时,用以引导车辆行进;

[0012] 白色实线:划于路段中时,用以分隔同向行驶的机动车和非机动车或指示车行道线;划于路口时,用作导向车道线或停车线;

[0013] 黄色虚线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流,划于路侧或缘石上时,用以禁止车辆长时在路边停放;

[0014] 黄色实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流;划于路侧或缘石上时,用

以禁止车辆长时或临时在路边停放；

[0015] 双白虚线：划于路口时作为减速让行线；划于路段中时，作为行车方向随时间改变之可变车道线；

[0016] 双黄实线：划于路段中时，用以分隔对向行驶的交通流；

[0017] 黄色虚实线：划于路段中时，用以分隔对向行驶的交通流。黄色实线一侧禁止车辆超车、跨越或回转，黄色虚线一侧在保证安全的情况下准许车辆超车、跨越或回转；

[0018] 双白实线：划于路口时，作为停车让行线；

[0019] 设定不同的阈值，把像素点分成若干类。假设原始图像的像素值为 $f(x, y)$ ，按照一定的准则找到阈值 T ，将图像分割为两部分，分割后的图像像素值为

$$[0020] \quad g(x, y) = \begin{cases} 0 & f(x, y) < t. \\ 1 & f(x, y) \geq t. \end{cases} \quad (2-2)$$

[0021] 当图像中某点灰度值大于阈值 T 时，则把该点置为255白色，反之则置为0黑色；

[0022] 设图像的目标和背景的分割阈值为 T ，且前景像素点数占图像的比例为 ω_1 ，其平均灰度为 μ_1 ；背景像素点占图像的比例为 ω_2 ，平均灰度为 μ_2 ；图像的平均灰度记为 μ ，类间方差记为 g 。

[0023] $M \times N$ 大小的图像中像素的灰度值小于阈值 T 的像素个数记作 N_1 ，像素灰度大于阈值 T 的像素个数记作 N_2 ，则有：

$$[0024] \quad \omega_1 = \frac{N_1}{M \times N} \quad (2-3)$$

$$[0025] \quad \omega_2 = \frac{N_2}{M \times N} \quad (2-4)$$

$$[0026] \quad N_1 + N_2 = M \times N \quad (2-5)$$

$$[0027] \quad \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (2-6)$$

$$[0028] \quad \mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2 \quad (2-7)$$

$$[0029] \quad g = \omega_1 \times (\mu - \mu_1)^2 + \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2 \quad (2-8)$$

[0030] 将式(2-7)代入式(2-8)，得到等价公式：

$$[0031] \quad g = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2$$

[0032] 当方差 g 最大的时候，就是目标和背景的差异最大的时候，此时得到的灰度值就是最佳阈值。可以得到大津算法(OTSU)计算最佳阈值 T 的公式：

$$[0033] \quad T = \arg \max_{g_{\min} < t < g_{\max}} \text{dist} = \left| \mu_0(t) - \mu_B(t) \right|^2 w_0(t) w_g(t)$$

[0034] 在 $g_{\min} < t < g_{\max}$ 中穷举每一个 t 值，使得 dist 取得最大值的 t 即为要求的阈值。

[0035] 本发明的有益效果在于：

[0036] 本发明是一种基于计算机的汽车行驶车道检测系统，与现有技术相比，本发明在车道偏离预警系统中，整个系统的关键是车道线的正确提取与识别。车道线的提取主要完成从图像中检测并识别出车道线，并且确定车辆在道路上的安全可行区域和定位车道线相对于车辆的位置，以便监测车辆行进的实时情况。当车辆发生偏离时，能够提醒驾驶员及时调整车辆的状态，从而避免交通事故的发生。

附图说明

- [0037] 图1是本发明的系统结构原理图；
- [0038] 图2是本发明灰度化中值滤波后的图像；
- [0039] 图3是大津算法 (OTSU) 二值化的图像；
- [0040] 图4是本发明的连通域标记处理后的二值图像；
- [0041] 图5是本发明的基于Hough变换的车行道检测图；
- [0042] 图6是本发明的Hough变换图；
- [0043] 图7是本发明的极角约束区域示意图；
- [0044] 图8是本发明的图像中ROI区域；
- [0045] 图9是本发明的最小二乘法原理得到的曲线上一点的切线；
- [0046] 图10是本发明的最小二乘法原理得到的曲线上一点的切线；
- [0047] 图11是本发明的椭圆检测图。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0049] 为了提高图像中车道线信息的可识别性，降低车道线识别算法的复杂度，需要对采集到的图像进行滤波处理，去除图像中的噪声。图像去噪处理多采用平滑技术，主要包括频域滤波和空域滤波两大类。频域滤波需要将信号从空间域转换到频率域，计算量很大，很难满足系统的实时性要求。空域滤波是在空间域内对图像像素的灰度值进行处理，是常用的滤波算法，一般常用的空间域滤波方法有：中值滤波。

[0050] 中值滤波是一种在去除噪声的同时又能保护目标边界信息，不使其边缘变得模糊的非线性处理技术。它将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值。所以其对汽车抖动引起的边缘毛刺，以及汽车刹车对车道标识线的损伤和孤立等噪声有较好的滤波效果。中值滤波的数学表达式如式2-1所示：

$$[0051] \quad f(i, j) = \text{median}\{S_{f(i, j)}\} \quad (2-1)$$

[0052] 其中， $S_{f(i, j)}$ 是当前点 $f(i, j)$ 的邻域。

[0053] 图像的绝大部分能量一般位于信号的低频部分，噪声位于高频部分，而图像中的一些边缘和细节信息也位于高频部分，采用中值滤波的好处就是既滤除高频的噪声干扰，又能很好的保留边缘信息。道路图像经过灰度变化和滤波后的图像如图2所示：

[0054] 道路图像经过滤波处理后，包含大量的背景干扰信号。为了提取出感兴趣的车道线区域，提高车道线检测的实时性和准确性，需要从道路图像中将车道线区域分割出来，即所谓的图像分割处理。图像分割即为选择一个合理的阈值，将图像划分为目标区域和背景区域。

[0055] 白色虚线：划于路段中时，用以分隔同向行驶的交通流或作为行车安全距离识别线；划于路口时，用以引导车辆行进；

[0056] 白色实线：划于路段中时，用以分隔同向行驶的机动车和非机动车或指示车行道线；划于路口时，用作导向车道线或停车线；

[0057] 黄色虚线：划于路段中时，用以分隔对向行驶的交通流，划于路侧或缘石上时，用以禁止车辆长时在路边停放。

[0058] 黄色实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流;划于路侧或缘石上时,用以禁止车辆长时或临时在路边停放。

[0059] 双白虚线:划于路口时作为减速让行线;划于路段中时,作为行车方向随时间改变之可变车道线;

[0060] 双黄实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流;

[0061] 黄色虚实线:划于路段中时,用以分隔对向行驶的交通流。黄色实线一侧禁止车辆超车、跨越或回转,黄色虚线一侧在保证安全的情况下准许车辆超车、跨越或回转;

[0062] 双白实线:划于路口时,作为停车让行线。

[0063] 2.2.1简单的阈值分割

[0064] 阈值分割是基于区域的图像分割技术,其基本原理是:设定不同的阈值,把像素点分成若干类。假设原始图像的像素值为 $f(x,y)$,按照一定的准则找到阈值 T ,将图像分割为两部分,分割后的图像像素值为

$$[0065] \quad g(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) < t. \\ 1 & f(x,y) \geq t. \end{cases} \quad (2-2)$$

[0066] 当图像中某点灰度值大于阈值 T 时,则把该点置为255(白色),反之则置为0(黑色)。

[0067] 基于最大类间方差法(OTSU)的图像分割

[0068] 最大类间方差法由日本学者大津展之于1979年提出,又称大津算法(OTSU)。大津算法(OTSU)是一种全局阈值选取法,它在判别式分析最小二乘原理的基础上推导得出,因其算法简单,所以是被广泛使用的图像分割算法。

[0069] 在图像中,方差是灰度分布是否均匀的度量之一。方差越大,说明图像中的背景和目标的差别就越大。当一些背景区域错误划分为目标或者一些目标区域错误划成背景时,背景和目标的差别就会变小。因此采用类间方差最大的图像分割,其错分的概率就最小。

[0070] 假设图像的目标和背景的分割阈值为 T ,且前景像素点数占图像的比例为 ω_1 ,其平均灰度为 μ_1 ;背景像素点占图像的比例为 ω_2 ,平均灰度为 μ_2 ;图像的平均灰度记为 μ ,类间方差记为 g 。

[0071] $M \times N$ 大小的图像中像素的灰度值小于阈值 T 的像素个数记作 N_1 ,像素灰度大于阈值 T 的像素个数记作 N_2 ,则有:

$$[0072] \quad \omega_1 = \frac{N_1}{M \times N} \quad (2-3)$$

$$[0073] \quad \omega_2 = \frac{N_2}{M \times N} \quad (2-4)$$

$$[0074] \quad N_1 + N_2 = M \times N \quad (2-5)$$

$$[0075] \quad \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (2-6)$$

$$[0076] \quad \mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2 \quad (2-7)$$

$$[0077] \quad g = \omega_1 \times (\mu - \mu_1)^2 + \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2 \quad (2-8)$$

[0078] 将式(2-7)代入式(2-8),得到等价公式:

$$[0079] \quad g = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2$$

[0080] 当方差 g 最大的时候,就是目标和背景的差异最大的时候,此时得到的灰度值就是最佳阈值。可以得到大津算法 (OTSU) 计算最佳阈值 T 的公式:

$$[0081] \quad T = \arg \max_{g_{\min} < t < g_{\max}} \text{dist} = |u_o(t) - u_B(t)|^2 w_o(t) w_g(t)$$

[0082] 在 $g_{\min} < t < g_{\max}$ 中穷举每一个 t 值,使得 dist 取得最大值的 t 即为要求的阈值。大津算法 (OTSU) 二值化的图像如图3所示:

[0083] 连通域标记

[0084] 二值化的图像有许多信息是我们不需要的,为了突出车道线信息,可以对二值化的图像进行连通域标记,将白色像素点数量太多和太少的白色区域去除掉,以提取我们感兴趣的车道线区域。连通域标记就是把连续区域作同一个标记,常见的算法有四邻域标记算法和八邻域标记算法。下面分别介绍一下这两种方法。

[0085] 四邻域标记算法:

[0086] 1. 判断此点四邻域中的最左,最上有没有点,如果都没有点,则表示一个新的区域的开始。

[0087] 2. 如果此点四邻域中的最左有点,最上没有点,则标记此点为最左点的值;如果此点四邻域中的最左没有点,最上有点,则标记此点为最上点的值。

[0088] 3. 如果此点四邻域中的最左有点,最上都有点,则标记此点为这两个中的最小的标记点,并修改大标记为小标记。

[0089] 八邻域标记算法:

[0090] 1. 判断此点八邻域中的最左,左上,最上,上右点的情况。如果都没有点,则表示一个新的区域的开始。

[0091] 2. 如果此点八邻域中的最左有点,上右都有点,则标记此点为这两个中的最小的标记点,并修改大标记为小标记。

[0092] 3. 如果此点八邻域中的左上有点,上右都有点,则标记此点为这两个中的最小的标记点,并修改大标记为小标记。

[0093] 4. 否则按照最左,左上,最上,上右的顺序,标记此点为四个中的一个。

[0094] 连通域标记处理后的二值图像如4所示:

[0095] 图像的边缘是图像的基本特征,常存在于目标与背景之间。边缘点附近的像素灰度通常存在阶跃变换或屋顶状变换。边缘提取方法分为两类:一类是基于图像边缘拟合算子的提取方法;另一类是基于微分算子求得图像边缘,滤波器模板在这类算法中大量使用。

[0096] 边缘提取是图像处理中基础而重要的步骤,是图像识别的基础。道路图像中的车道线边缘是车道线和路面之间像素灰度有屋顶变化或阶跃变化的像素集合,是车道线的基本特征之一。常用的边缘提取算子有Roberts算子、Sobel算子、Laplace算子、Krisch算子、Prewitt算子和Canny算子。

[0097] Sobel算子主要用作边缘检测。在技术上,它是一离散性差分算子,用来运算图像亮度函数的梯度之近似值。在图像的任何一点使用此算子,将会产生对应的梯度矢量或是其法矢量。

[0098] Sobel算子包含两个 3×3 的矩阵,如下表所示,用这两个矩阵与图像进行卷积,便可分别得到横向及纵向的亮度差分近似值。

[0099]	-1	0	+1
	-2	0	+2
	-1	0	+1

G_x

	+1	+2	+1
	0	0	0
	-1	-2	-1

G_y

[0100] 如果以A代表原始图像,G_x及G_y分别代表经横向及纵向边缘检测的图像,其计算方法如公式(2-11)和(2-12):

$$[0101] \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times A \quad (2-11)$$

$$[0102] \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times A \quad (2-12)$$

[0103] 图像的每一个像素的横向及纵向梯度值可用公式(2-13)来计算梯度的大小。

$$[0104] \quad G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2-13)$$

[0105] 通常,也使用一个近似计算的公式(2-14)来提高计算速度:

$$[0106] \quad |G| = |G_x| + |G_y| \quad (2-14)$$

[0107] 可用以下公式计算梯度方向:

$$[0108] \quad \theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (2-15)$$

[0109] 如果角度 θ 等于零,即代表图像该处拥有纵向边缘,左方较右方暗。

[0110] Sobel算子边缘提取效果如图5所示,a)图为源图像,b)图为X方向边缘检测结果,c)图为Y方向边缘检测结果

[0111] 霍夫变换于1468年由Paul Hough提出,是一种依据图像全局统计特性的目标检测方法,霍夫变换利用两个不同坐标系之间的变换来检测图像中的直线和曲线。它将图像空间中的直线映射到参数空间的一个点,然后对该点进行累计投票,这样便可得到参数空间中的峰值。经过霍夫变换后,直线的检测问题便转换成了参数空间峰值的统计问题,提取出的峰值经过反变换拟合出所需的直线方程。

[0112] 一般的直线用斜率k和截距b来表示,即以方程 $y=kx+b$ 表示。如果检测直线的N个边缘表示为:

$$[0113] \quad (x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1})$$

[0114] 假设直线的方程表达式为 $y=kx+b$,于是可以得到n个方程式:

$$[0115] \quad y_0=kx_0+b, y_1=kx_1+b, \dots, y_{n-1}=kx_{n-1}+b$$

[0116] 用计数器num[k][b]记录每一可能直线的值,num中的最大值对应的直线 $y=kx+b$ 即为待求直线的最佳解。

[0117] 鉴于上述方法很难确定斜率(k)的取值范围,如果斜率k取值太细,计算量大,反过来k取值太粗的话,又会造成所求直线的准确率不够。图像空间中的任一直线均可用极坐标表示,如式3-1所示:

$$[0118] \quad \rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3-1)$$

[0119] 其中 ρ 为直线l相对于坐标原点的距离, θ 为直线l与x轴的夹角。

[0120] 如图6所示,直角坐标空间上的一点转换到极坐标空间上,则是一条正弦曲线,直角坐标空间上的同一条直线上的各点在极坐标空间对应的曲线均相交于一点。

[0121] 图像经过滤波、二值化、感兴趣区域提取和边缘提取等预处理后,便可以通过Hough变换就得车道线,但是传统的Hough变换计算量大,难以满足实时要求。本文采用改进的Hough变换,改进后的变换计算量大大减少,检测效果也很好。

[0122] Hough变换具有显而易见的优点,但它也有一些不可忽视的缺点:

[0123] 1、运算量大。传统的Hough变换需要对每个点进行计算,不仅运算量大,而且会产生大量冗余数据,并且运用Hough变换进行圆或其他图像的检测时,由于参数的增多(如圆需要3个参数),计算量将会急剧增加,所以,Hough变换的实时性不高;

[0124] 2、虽然Hough变换能得到直线的参数方程,但它无法确定直线的起止点,即无法确定直线是否是连续的;

[0125] 3、图像中的噪声点会对Hough变换的结果产生较大的影响。

[0126] 针对以上缺陷,需要对Hough变换进行一定的改进,以更好地完成期望的工作;

[0127] 一般车道线分布在道路图像的左右两侧,经过大量实验测试得出:左车道线 θ_1 的值在20-70度之间,右车道线 θ_2 的值在120-170度之间,我们称这一区域为极角约束区域。所以在对图像进行处理和Hough变换时,只用考虑极角约束区域。如图7所示图像的极角约束区域。

[0128] 极角约束区域的建立,可以大大减少噪声直线的信号,增加车道线检测的准确率。传统的Hough变换对图像空间中的边缘点在(0-180)度内进行变换,然后在参数空间对应的直线投票累加,参数空间累加的峰值点即为车道线的直线方程。要提高Hough变换的计算速度,可以减小边缘点个数、减小 θ 变换范围。极角约束区域的限制正好减小了 θ 变换范围,所以加快了变换的运算速度。

[0129] 车道线信息一般在图像的下半部分,或者摄像头视角区域的下半部分。感兴趣区域(ROI)的建立是在空间直角坐标系下确定车道线可能存在的区域范围,这样会缩短车道线检测的时间,提高了检测速率和实时性。

[0130] 对图像建立直角坐标系,坐标原点在图像中心,则距离坐标原点X宽度的左右两侧分别有一个宽度为W的矩形区域。这两个矩形区域就是我们建立的ROI,如图8所示;

[0131] 动态感兴趣区域的位置不是固定不变的,需要实时调整和更新上面的X和W值。根据低通滤波原理,我们根据公式3-2和3-3调整这两个参数:

$$[0132] \quad X(t+1) = \beta \cdot p(t) + (1-\beta) X(t) \quad (3-2)$$

$$[0133] \quad W(t+1) = \beta \cdot q(t) + (1-\beta) W(t) \quad (3-3)$$

[0134] 其中 $p(t)$ 和 $q(t)$ 为上一帧图像中车道线的位置, β 为参数更新常数。

[0135] 最小二乘法(又称最小平方法)是一种数学优化技术。它通过最小化误差的平方和寻找数据的最佳匹配函数。利用最小二乘法可以简便地求得未知的数据,并使得这些求得

的数据与实际数据之间误差的平方和为最小。最小二乘法还可用于曲线拟合等初中应用领域。

[0136] 假设图像中存在处于一条直线附近的几个点,那么设这条直线的方程为:

$$[0137] \quad Y_j = kx_i + b$$

[0138] k为直线斜率,b为截距。

[0139] 为求得k和b,根据最小二乘法原理,将实测值 Y_i 与 Y_j 的高差 $(Y_i - Y_j)$ 的平方和 $\sum (Y_i - Y_j)^2$ 最小作为最优判据。

$$[0140] \quad \text{令 } \varphi = \sum (Y_i - Y_j)^2 \quad (3-1)$$

[0141] 当 φ 最小时,分别对k和b求偏导,令这两个偏导数等于0:

$$[0142] \quad \frac{\partial \varphi}{\partial k} = \frac{\partial \sum (Y_i - kX_i - b)^2}{\partial k} = 2 \sum X_i (b + kX_i - Y_i) \quad (3-2)$$

$$[0143] \quad \frac{\partial \varphi}{\partial b} = \frac{\partial \sum (Y_i - kX_i - b)^2}{\partial b} = 2 \sum (b + kX_i - Y_i) \quad (3-3)$$

[0144] 两个偏导数等于0,即得:

$$[0145] \quad k = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3-4)$$

$$[0146] \quad b = \frac{\sum Y_i - k \sum X_i}{n} \quad (3-5)$$

[0147] 将和的结果代入原直线方程,即得拟合所得的直线方程为:

$$[0148] \quad Y = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} X + \frac{\sum Y_i - k \sum X_i}{n}$$

[0149] 同样,在图像中圆上某一点的切线方程也可用同样的方法求得。

[0150] 虽然最小二乘法能比较方便的得出圆上一点的切线,但要知道其正确性与点的样本大小有很大关系,如果样本太小,则计算误差变大,很可能得不到正确的结果,若样本太大,则计算量也将随之增大,所以样本大小的选取是一个不可忽视的问题。

[0151] 图9、10展示了根据最小二乘法原理得到的曲线上一点的切线:

[0152] 根据前面的分析,道路车道线经过图像采集设备采集后,其原本的圆将会变化为椭圆,所以我们更应该关注椭圆的检测。

[0153] 根据Hough变换圆检测的算法,进一步讨论椭圆的检测,由于椭圆上一点的法线并不过椭圆的中心,所以上面的圆检测算法不能直接用于椭圆的检测,需要进一步的改进。根据椭圆的性质:椭圆上两点法线的交点与这两点中点所确定的直线过椭圆中心。我们自然而然便能对圆检测算法加以改进以适应椭圆的检测。

[0154] 椭圆检测的过程描述为:

[0155] 第一步:在目标图形上选取随机的三个点分别记为 P_1 、 P_2 和 P_3 ,并求得他们各自的切线,分别记为 T_1 、 T_2 、 T_3 和他们两两间的中点,分别记为 C_{1-2} 、 C_{1-3} 和 C_{2-3} (C_{1-2} 即为 P_1 和 P_2 的中点);

[0156] 第二步:找到这三条切线两两相交的交点,分别记为 J_{1-2} 、 J_{1-3} 和 J_{2-3} (J_{1-2} 即为 T_1 和 T_2 的交点,以此类推);

[0157] 第三步:将对应的交点与中点连接,即 C_{1-2} 与 J_{1-2} 、 C_{1-3} 与 J_{1-3} 、 C_{2-3} 与 J_{2-3} ,将得到的直线分别记为 L_{1-2} 、 L_{1-3} 和 L_{2-3} ;

[0158] 第四步:求得这三条连线两两相交的交点,根据一定的距离准则,判断这三点是否足够接近,如果足够接近,说明此时的形状可能是一个椭圆,否则则说明不是;

[0159] 第五步:在目标图形上另选一点,求其切线,并将其与其他三点中的一点重新配对,得到两切线交点与中点的直线方程;

[0160] 第六步:根据同样的距离准则,判断新得到的直线与其他直线的交点是否足够接近,如果是,那么目标图形是一个椭圆,如果不是,则说明目标图形不是椭圆。

[0161] 图11为根据此方法对椭圆进行检测的结果;

[0162] 由图可以看出,该方法能正确的检测出图像中的椭圆,说明了此方法的正确性和可靠性。

[0163] 对道路图像经过预处理和Hough变换后,便可检测出车道线,为了提高整个系统的鲁棒性和稳定性,本文采用了高斯混合模型来预测和跟踪车道线信息。高斯混合模型对道路图像中车道线进行实时检测保持,可以有效的解决车道大范围的变向、路面不平引起的抖动等因素的影响。

[0164] 由于车辆行驶速度有限,同一车道线目标在前后两帧图像中的位置变化缓慢,即当前帧中检测的车道线位置应在已经检测出来的车道线在序列图像中的历史位置附近。根据这一结论,当前车道线位置的存在范围是可以估计的。所以本文提出对检测出来的车道线位置进行校正,校正方法是当相邻两次检测得到的车道线位置变化不大时,认为检测出来的车道线无误;当相邻两次检测得到的车道线位置变化很大时,舍弃当前检测结果,取历史车道线结果,历史车道线通过高斯混合模型建模。

[0165] 单高斯模型是图像处理中背景提取常用的处理方法,适用于背景单一不变的情况。本文利用它为左右两条车道线分别建立了单高斯分布表示的模型,车道线的斜率理论上符合均值为 μ 和标准差为 σ 的高斯分布,且每一条车道线的分布是独立的。设道路图像中每个车道线符合的单高斯模型如公式4-1:

$$[0166] \quad p(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4-1)$$

[0167] 其中, x_i 表示第*i*条车道线的斜率。 $p(x_i)$ 表示该车道线斜率为真实值的概率。当概率 $p(x_i) > T$ (T 为设定的阈值)时,则判断该车道线为就得的真实车道线,否则认为该车道线检测错误。

[0168] 对单高斯模型的更新,只需更新高斯分布的相应参数。在车道线检测之后,依照一定的更新规则更新车道线的斜率,而不匹配的车道线仍保留原值,模型更新的快慢由更新率 α 来表示。对均值 μ 和标准差 σ 更新的公式如下:

$$[0169] \quad \mu_i = (1-\alpha)\mu_{i-1} + \alpha x_i \quad (4-2)$$

$$[0170] \quad \delta_i^2 = (1-\alpha)\delta_{i-1}^2 + \alpha(x_i - \mu_i)^2 \quad (4-3)$$

[0171] α 的大小体现了模型更新的快慢,其取值范围在 $[0, 1]$ 之间。当 α 取值较小时,模型

更新速度慢,需要很长时间才能适应环境的变化;当 α 取值较大时,模型更新速度快,但是容易引入噪声。

[0172] 混合高斯背景建模

[0173] 如果行车速度较慢,环境变化较缓,对于一条车道线,单高斯背景模型足够估计出背景模型。但实际情况下,环境变化较快,背景并不是静止的,常用多个高斯模型来描述。因为自然界环境复杂,车道线斜率的变化并不是从一个单峰平稳过渡到另一单峰,而往往会有多个高峰的出现,并在多个单高斯模型中切换,其中每个单高斯模型出现的概率大小相似。

[0174] 对于这样一个复杂的背景模型,用单一的模型来描述可能误差较大,也不能很好地反应车道线斜率的变化。借助单高斯建模的思想,对车道线斜率的变化可以建立多个单高斯模型来分别描述各种不同的变化情况。混合高斯模型是单高斯模型的扩展,该方法分为三个阶段:背景模型的建立、背景模型的判定和背景模型的更新。

[0175] 背景模型的建立

[0176] 背景模型的建立主要是确定均值 μ 、方差 σ 和权重 ω 这三个参数。均值和方差可以取前N帧图像中车道线斜率的均值和方差,如式4-4和4-5所示:

$$[0177] \quad \mu_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} K_i \quad (4-4)$$

$$[0178] \quad \sigma_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (K_i - \mu_0)^2 \quad (4-5)$$

[0179] 其中 K_i 为第i帧图像中的车道线斜率。这样求取均值和方差的方法需要统计前N帧图像中车道线的斜率,初始化速度与选取的N有关,N选择太小不能很好的得到均值和方差的真实值,N选取太大需要耗费大量的时间。为了加快初始化速度,可按简单的方法来得到权重。

$$[0180] \quad \omega = \frac{1}{M} \quad (4-6)$$

[0181] M为选取的高斯模型的个数,一般选取3-7个高斯模型。

[0182] 有的方法选择第一帧图像中的车道线斜率作为初始值,并对该高斯模型设定较大的权重,剩下的高斯模型均值取零,权重在所有高斯模型权重和为1的前提下将这些剩下的权重取相等的值。

[0183] 背景模型的判定

[0184] 每个高斯分布都被赋予了各自的权重 ω_i ,按权重与标准差的比值 ω_i/σ_i 对各个高斯模型排序,如果前H个高斯分布的权重和大于阈值T,那么这H个高斯模型认为属于背景模型(符合实际情况的车道线斜率),剩下的其它模型认为是前景模型(噪声干扰)。

[0185] 高斯模型的 ω_i/σ_i 值越大,表示此车道线斜率保持时间长且更稳定,更可能是属于背景图像。M个高斯模型中判定为背景模型的分布和存放在最前面,在判断当前帧的车道线斜率时,将优先级从高到低的高斯模型依次与其匹配,若某个背景高斯模型与之相似,则该

车道线为真实的车道线信息。

[0186] 背景模型的更新

[0187] 背景模型的更新是对高斯模型的各个参数进行更新。如果当前车道线斜率与高斯模型中某个单高斯模型匹配,选取最优的匹配单高斯模型,更新方法如下:

[0188] 首先更新不匹配单高斯模型的权重 ω_i ,更新公式如式4-7:

$$[0189] \quad \omega_{i,t} = (1-\alpha) \omega_{i,t-1} \quad (4-7)$$

[0190] 其中 α 是一个介于0-1之间的常数,更新后的权重变小,说明它对模型的影响能力变弱。

[0191] 然后再更新匹配上的高斯模型,利用当前检测出来的车道线斜率对其更新,更新公式如下:

$$[0192] \quad \mu_{i,t} = (1-\lambda) \mu_{i,t-1} + \lambda K_i \quad (4-8)$$

$$[0193] \quad \sigma_{i,t}^2 = (1-\lambda) \sigma_{i,t-1}^2 + \lambda (K_i - \mu_{i,t})^T (K_i - \mu_{i,t}) \quad (4-9)$$

$$[0194] \quad \lambda = \alpha \eta (K_i | \mu_{i,t-1}, \sigma_{i,t-1}) \quad (4-10)$$

[0195] α 反映了模型的学习速度,其值越大,模型更新速率越快,其值越小,模型更新的速率越慢。

[0196] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征及本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

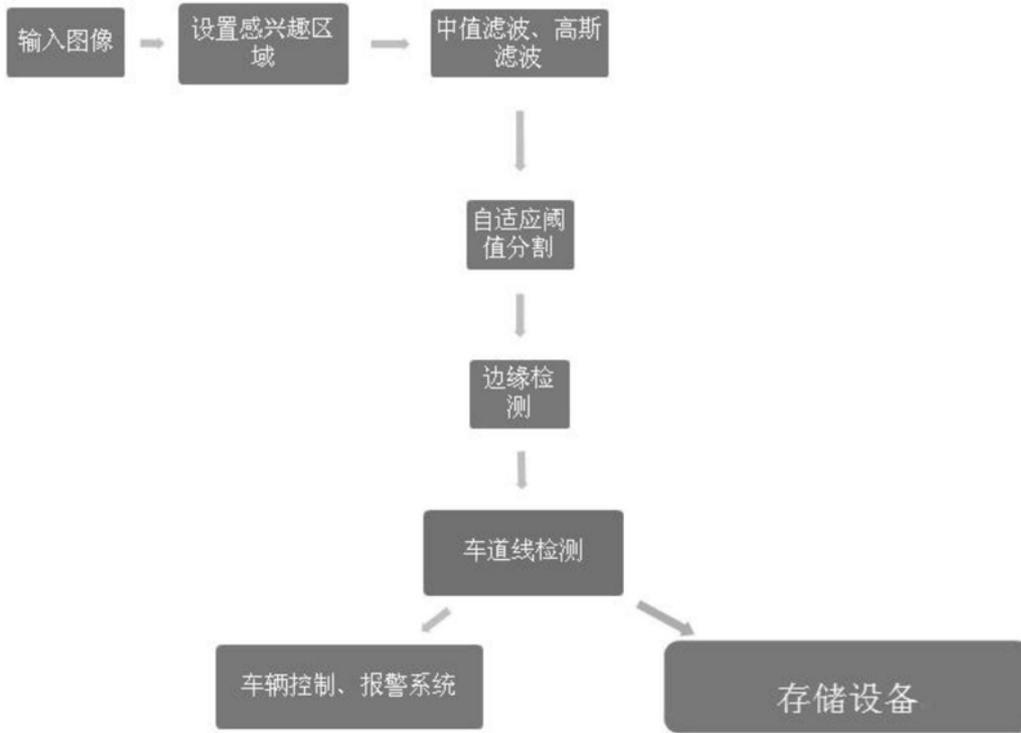


图1



图2



图3

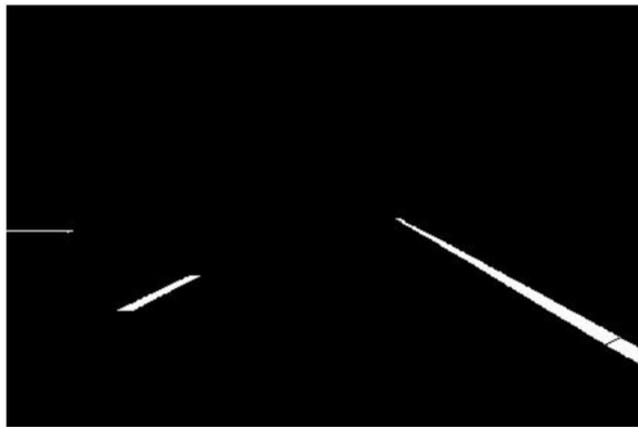
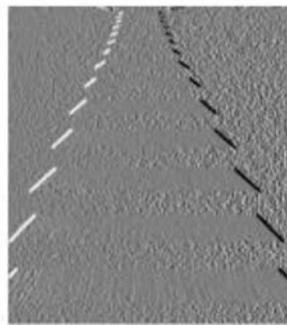


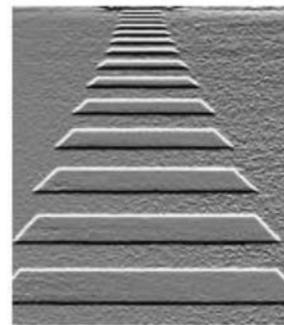
图4



a)



b)



c)

图5

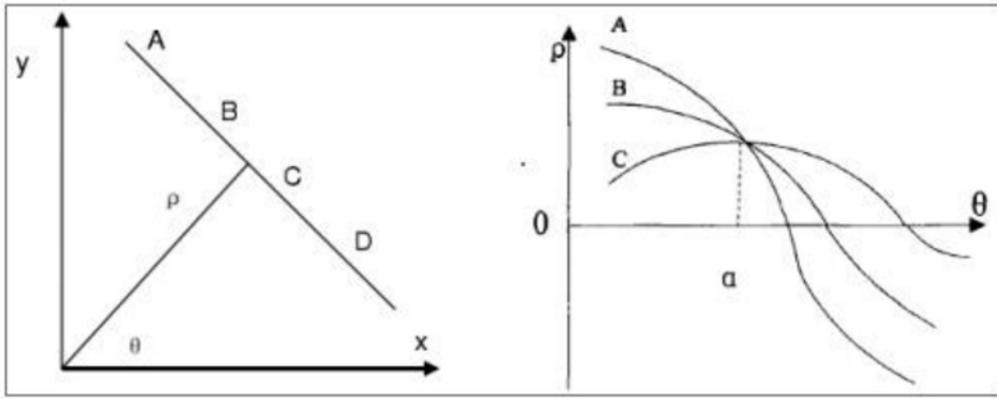


图6

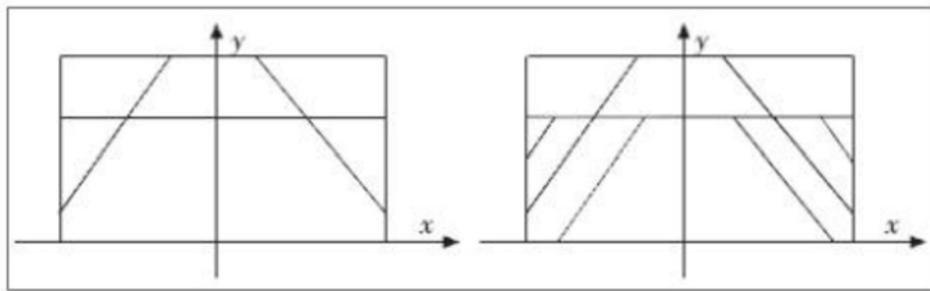


图7

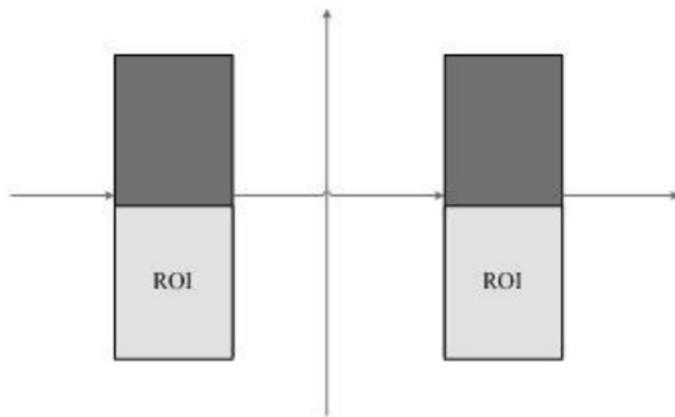


图8

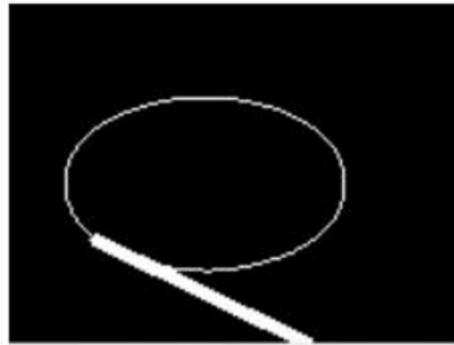


图9

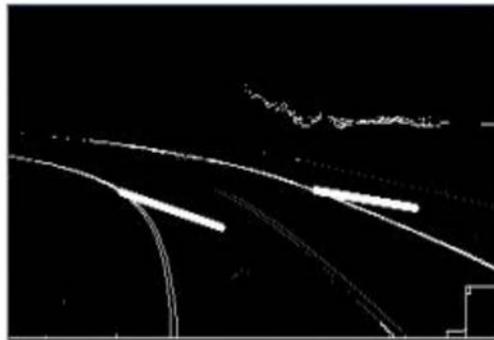


图10

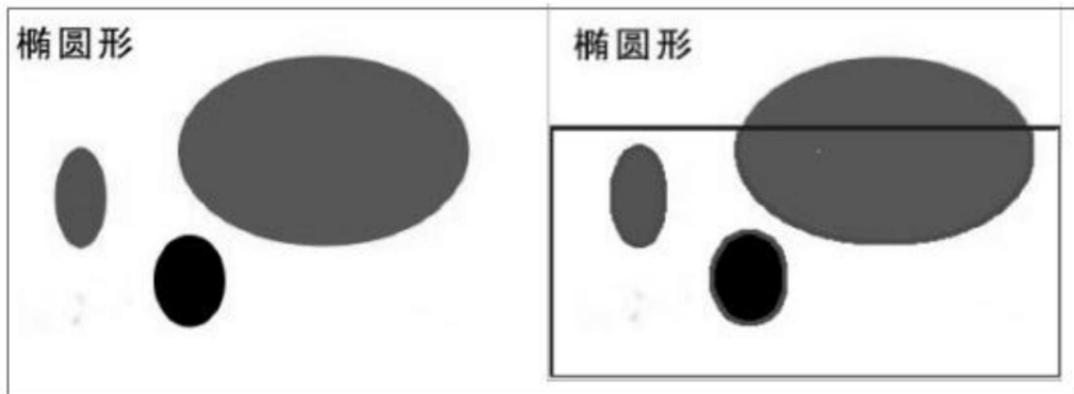


图11