

基于机器视觉的车道检测与二维重建方法^{*}

陈 勇, 黄席樾, 唐高友, 刘 俊

(重庆大学自动化学院导航制导实验室 重庆 400030)

摘 要: 本文提出了一种基于机器视觉的车道检测与重建方法。采用链码算法检测分道线, 用链码来记录车道线轮廓信息, 再基于曲率模型的卡尔曼递推估计方法来估计当前的车道线位置, 同时用来预测和检测下一时刻的车道线位置, 并建立了车道数学模型。通过 MATLAB 仿真论证了该数学模型能准确地计算出真实车道的位置、弯度、形状等信息。但由于该数学模型计算较为繁琐, 实时性不强, 很难得到广泛应用。最后在该模型的基础上, 通过计算相邻两段分道线的斜率差, 简化算法, 并对车道进行二维重建。实验结果表明, 该方法能有效、快速地检测和重建车道, 具有很好的可靠性和准确性。

关键词: 机器视觉; 车道; 链码检测; 二维重建

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Lane detection and two dimensional rebuilding based on machine vision

Chen Yong, Huang Xiyue, Tang Gaoyou, Liu Jun

(Navigation & Guidance Lab, Automation College, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A lane detection and rebuilding method based on machine vision is proposed. The lane-lines are detected by chain code algorithm, and the outline information of lane-lines is recorded using chain code. The present position of the lane-line is estimated by Kalman recursive estimation method based on curvature model; at the same time, the position of the lane-line in next moment is forecasted and detected, based on which the math model of the lane is built. MATLAB simulation results show that using this math model the information about position, curvature and shape of the real lane can be calculated accurately. But the math model is complicated in calculation, does not have good real time capability and can't be widely used. Finally, based on the math model, the calculation method is simplified through calculating the slope difference of two adjacent lane-lines, and the two dimensional rebuilding of the lane-lines is realized. Experiment results show that the proposed method can detect and rebuild lanes effectively and quickly, and has good reliability and accuracy.

Key words: machine vision; lane; chain code detection; two dimensional rebuilding

1 引 言

当前, 全世界道路交通安全面临的形势严峻, 特大道路交通事故非常突出, 汽车安全行驶成为了社会焦点。汽车防撞预警系统的研究, 需要对汽车的行驶环境进行分析。其中汽车行驶的车道信息是非常重要的, 要防止事故发生就必须

对汽车行驶车道上的障碍物进行检测^[1-2]。但是汽车行驶车道的检测是一个难点, 因为车道有上坡下坡, 有左弯道右弯道, 并且弯度是不定变化的, 其情况非常复杂。

对车道的检测有多种方法, 如模板检测法、反透视变化图像法、区域生长法、霍夫变换法等等。对于模板检测法^[3], 模板长度和车道方向的精度是一对很难解决的矛盾, 使用较长的模板, 方向精度较高, 但计算时间较长。

收稿日期: 2006-08 Received Date: 2006-08

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金(69674012)、科技型中小企业技术创新基金(04C26215110835)、重庆市信息产业发展资金(200311007)、重庆市自然科学基金(2006BA6016)资助项目

对于反透视变化图像法^[4-5],算法的难点是对摄像头的标定,找到合理有效的反透视变换函数,而且可能会丢失有用信息,弯道和有坡度情况下反透视变换会造成很大的畸变。对于区域生长法^[6],区域生长准则的确定是一大难点,因为道路图像中的分道线灰度值并不是均匀的,当分道线为虚线段时,还需要开发寻找下一段分道线起点的算法,增加了计算时间。霍夫变换法^[7-8]对直线模型的检测效果较好,但对弯道检测不是很理想。

现有算法在一定条件下有效,但不能很好地解决计算的准确性和计算的实时性方面的矛盾,导致灵活性和实用性不理想。本文通过链码算法^[9-10]检测道路上的白色车道线来识别车道,再结合基于曲率模型的卡尔曼递推估计方法来估计当时的车道线位置,同时用以预测和检测下一时刻的车道线位置,并对道路的连续检测和跟踪建立车道的数学模型,提高车道信息检测的准确性。在准确性达到要求的基础上,通过计算相邻两段分道线的斜率差,简化算法,并对车道进行二维重建,提出了一种能有效、快速地检测和重建车道的方法。

2 基于链码的分道线检测算法

对于道路图像,当前车道的分道线和道路区域有着很强的对比度,分道线边界也比较清晰,通过对图像进行二值化处理能够提取出车道标识线。如果行驶车道内没有积水和破损,则经过二值化后,路面区域不会有白色区域。如果路面存在斑马线和白色箭头,可以根据透视变换原理及形状信息予以滤除。链码算法简单、快速有效,因此被广泛应用于边界跟踪。通过分析链码,可以对局部图像中目标的方向进行判断,连接断线以及对目标进行重构。

链码是用中心像素指向它的 8 个相邻点方向来定义的,其方向如图 1 所示。链码值加 1,其所指方向就按逆时针旋转 45°。轮廓的跟踪可依链码的方向进行,下一跟踪点的取得依赖于上一轮廓点,从而避免了对所有像素点的扫描,增加了轮廓跟踪的效率。

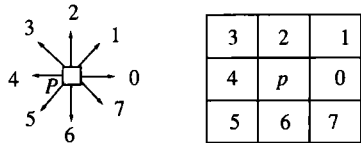


图 1 像素 P 的方向链码
Fig. 1 Direction chain code of pixel P

基于链码的轮廓值可由链码的解码来完成,解码思路和解码思路是一致的。由以上可知,链码方向和像素坐标有表 1 所示的对应关系。因此可以构造一个数组来完成解码过程。对 X 坐标, $X[8] = \{1, 1, 0, -1, -1, -1, 0, 1\}$; 对 Y 坐标, $Y[8] = \{0, 1, 1, 1, 0, -1, -1,$

$-1\}$ 。这样可由链码序列得到相应轮廓的坐标值。

表 1 邻点与中心点的坐标关系
Table1 Coordinate relationship between adjacent point and center point

链码值	X 坐标偏移	Y 坐标偏移	对应角度
0	1	0	0
1	1	1	45
2	0	1	90
3	-1	1	135
4	-1	0	180
5	-1	-1	225
6	0	-1	270
7	1	-1	315

对于车道的边界检测,并不需要检测出分道线段轮廓,只要检测左分道线的右边缘和右分道线的左边缘即可。

由以上的介绍可以看出,用链码来记录轮廓信息是合适的,它既可以用来表示相邻边界点间的位置关系,又可在跟踪过程中控制各相邻点的检测顺序。

3 车道模型的建立

3.1 透视投影模型

对于空间任意一点 $P(X, Y, Z)$, 其世界坐标 (X, Y, Z) 与图像坐标 (x, y) 存在如下简化关系(移动透视投影中心与全局坐标系原点一致):

$$\begin{cases} x = f \frac{X}{Z} \\ y = f \frac{Y}{Z} \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} X = Zx/f \\ Y = Zy/f \\ Z = Z \end{cases} \tag{1}$$

式中: f 表示成像的焦距。
当路面有坡度 β 时,式(1)改写为:

$$\begin{cases} x = f \frac{X}{-H \sin \beta + Z \cos \beta} \\ y = f \frac{H \cos \beta + Z \sin \beta}{-H \sin \beta + Z \cos \beta} \end{cases} \tag{2}$$

式中: H 为光心离地面的高度。

3.2 车道数学模型的建立

设定系统的 CCD 摄像机探测的道路区域为本车前方 20 ~ 200 m 的范围,即摄像机的最小视距为 20 m,是一个已知量,记为 d_{\min} 。对于摄像机的焦距 f ,则需要标定。可以在一段宽度已知的水平路面记录摄像机的光心离地面的高度 H ,这是一个不变量。让摄像机保持与道路边缘平行,测量其与道路左右边缘的距离,记为 d_l 与 d_r , d_l 为摄像机与道路左边缘距离; d_r 为摄像机与道路右边缘距离。

根据式(1)可得下面的约束:

$$\begin{cases} x = f \frac{-d_l}{d_{\min}} \\ y = f \frac{-H}{d_{\min}} \end{cases} \quad (3)$$

式中:\$(x, y)\$为最近视距处道路左边缘在投影图像上的位置,可以人工标定。

高速公路有均匀的坡度,记为\$\beta\$;摄像机的光轴与道路边缘有夹角,即车辆行驶方向与道路延伸方向有一偏差,记为\$\alpha\$。那么对道路上的点,有:

$$\begin{cases} x = f \frac{X \cos \alpha + Z \sin \alpha}{H \sin \varphi - X \sin \alpha \cos \varphi + Z \cos \alpha \cos \varphi} \\ y = f \frac{-H \cos \varphi - X \sin \alpha \sin \varphi + Z \cos \alpha \sin \varphi}{H \sin \varphi - X \sin \alpha \cos \varphi + Z \cos \alpha \cos \varphi} \\ \varphi = \arctan(\cos \alpha \tan \beta) \end{cases} \quad (4)$$

由于\$\alpha\$、\$\beta\$值都比较小,且通过调节摄像头基本可以消除\$\alpha\$的影响,所以\$(x, y)\$实际只受路面坡度\$\beta\$影响。

对于直道,可以考虑道路曲率半径\$R = \infty\$的特殊情况。下面推导每段分道线在图像中的对应关系。假设道路曲率半径为\$R\$,线段\$|AB|\$和线段\$|CD|\$为道路中相邻两段分道线,其长度为6 m, \$|BC|\$是相邻两段分道线的间隔,其长度为9 m,汽车的行驶方向为\$A\$点切线方向(暂不考虑汽车的偏移),如图2所示。

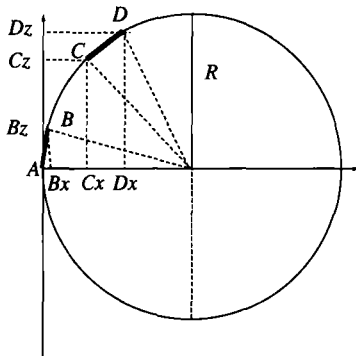


图2 相邻弯道分道线俯视图

Fig. 2 Planform of adjacent curve lanes

根据几何关系,分别计算点\$A\$、\$B(Bx, Bz)\$、\$C(Cx, Cz)\$和\$D(Dx, Dz)\$的坐标,有:

$$\theta = 2 \arcsin \frac{|AB|}{2R} \quad (5)$$

$$\Phi = 2 \arcsin \frac{|BC|}{2R} \quad (6)$$

$$Bx = R - R \cos \theta$$

$$Bz = R \sin \theta$$

$$Cx = R - R \cos(\theta + \Phi)$$

$$Cz = R \sin(\theta + \Phi)$$

$$Dx = R - R \cos(2\theta + \Phi)$$

$$Dz = R \sin(2\theta + \Phi)$$

由归纳递推可以得到车前方第\$k(k=1, 2, \dots, 20)\$段的起点\$S(S_x(k), S_z(k))\$和终点\$E(E_x(k), E_z(k))\$坐标:

$$S_x(k) = R\{1 - \cos[(k-1)\theta + (k-1)\Phi]\} \quad (7)$$

$$S_z(k) = R \sin[(k-1)\theta + (k-1)\Phi] \quad (8)$$

$$E_x(k) = R\{1 - \cos[k\theta + (k-1)\Phi]\} \quad (9)$$

$$E_z(k) = R \sin[k\theta + (k-1)\Phi] \quad (10)$$

根据式(8)、(9), \$S\$点和\$E\$点变换到图像中的坐标为:

$$s_x(k) = \frac{fS_x(k)}{S_z(k)} \quad s_y(k) = \frac{fH}{S_z(k)}$$

$$e_x(k) = \frac{fE_x(k)}{E_z(k)} \quad e_y(k) = \frac{fH}{E_z(k)}$$

式中:\$H\$为摄像头在现实坐标中的安装高度。记\$d_l\$为摄像机与道路左边缘距离;\$d_r\$为摄像机与道路右边缘距离,将图像坐标原点移动到图像的左下方,得到左分道线右弯时在图像中的坐标为:

$$s_{xl}(k) = 160 + \frac{f(S_x(k) - d_l)}{S_z(k)} \quad (11)$$

$$s_{yl}(k) = 120 - \frac{fH}{S_z(k)} \quad (12)$$

$$e_{xl}(k) = 160 + \frac{f(E_x(k) - d_l)}{E_z(k)} \quad (13)$$

$$e_{yl}(k) = 120 - \frac{fH}{E_z(k)} \quad (14)$$

右分道线右弯时在图像中的坐标为:

$$s_{xr}(k) = 160 + \frac{f(S_x(k) + d_r)}{S_z(k)} \quad (15)$$

$$s_{yr}(k) = 120 - \frac{fH}{S_z(k)} \quad (16)$$

$$e_{xr}(k) = 160 + \frac{f(E_x(k) + d_r)}{E_z(k)} \quad (17)$$

$$e_{yr}(k) = 120 - \frac{fH}{E_z(k)} \quad (18)$$

同理,可以得到车道左弯的车道模型(只需用320减\$x\$坐标,而\$y\$坐标不变即可得到左弯模型),以及得到其它左右两边的车道模型(只需将\$d_l\$和\$d_r\$作相应的改变代入式(11)~(18)即可)。

根据设计的车道数学模型,分别对左弯道、右弯道、直道3种情况进行验证,如图3所示。

从图中可以看出,(a)、(b)、(c)是真实车道图像,通过MATLAB仿真验证车道数学模型分别得到(d)、(e)、(f)。仿真出来的图像能准确地反映真实车道的位置、弯度、形状等信息,并且去掉了周围的环境干扰。该车道数学模型虽然计算准确,但是计算较为繁琐,实用性不强。下面通过计算相邻两段分道线的斜率差,简化算法,对车道进行二维重建,得到一个具有广泛应用意义的车道检测方法。

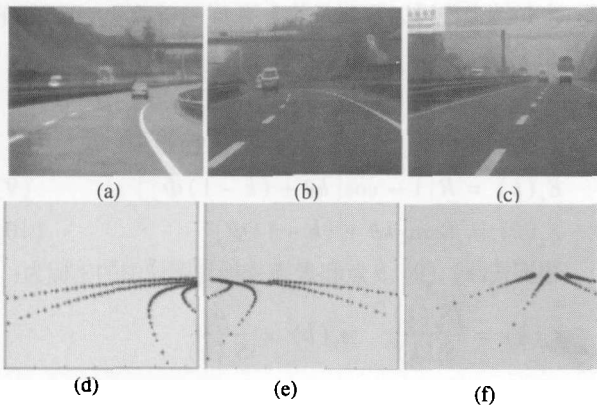


图 3 真实车道图像与车道建模仿真比较

Fig. 3 Comparison of real lane image and modeling simulation image

3.3 相邻两段分道线的斜率差

下面根据式(11)~(18)推导图像中每段分道线的斜率与该段分道线的终点到下一段分道线的起点的斜率差值,以便用于分道线搜索时的阈值判断。由于处在同一曲率半径时的左右车道分道线在图像中的曲率是不一样的,所以左右两边分道线段的斜率差都需要计算。

第 $k(k=1,2,\dots)$ 段分道线起点到终点的斜率为:

$$K_{lw}(k) = \frac{e_{yl}(k) - s_{yl}(k)}{e_{xl}(k) - s_{xl}(k)}$$

联合式(11)~(18)有:

$$K_{lw}(k) = \left\{ -\frac{fH}{R\sin[k\theta + (k-1)\Phi]} + \frac{fH}{R\sin[(k-1)\theta + (k-1)\Phi]} \right\} / \left(\frac{f(R\{1 - \cos[k\theta + (k-1)\Phi]\} - d_l)}{R\sin[k\theta + (k-1)\Phi]} - \frac{f(R\{1 - \cos[(k-1)\theta + (k-1)\Phi]\} - d_l)}{R\sin[(k-1)\theta + (k-1)\Phi]} \right) \quad (19)$$

令 $\varphi = k\theta + (k-1)\Phi$, 则:

$$K_{lw}(k) = H[\sin\varphi - \sin(\varphi - \theta)] / \{ [R(1 - \cos\varphi) - d_l]\sin(\varphi - \theta) - [R(1 - \cos(\varphi - \theta)) - d_l]\sin\varphi \} = \frac{H[\sin\varphi - \sin(\varphi - \theta)]}{(R - d_l)[\sin(\varphi - \theta) - \sin\varphi] + R\sin\theta} \quad (20)$$

第 k 段分道线终点到第 $k+1$ 段分道线起点的斜率为:

$$K_{lb}(k) = \frac{s_{yl}(k+1) - e_{yl}(k)}{s_{xl}(k+1) - e_{xl}(k)} = \left\{ -\frac{fH}{R\sin(k\theta + k\Phi)} + \frac{fH}{R\sin[k\theta + (k-1)\Phi]} \right\} / \left(\frac{f(R\{1 - \cos(k\theta + k\Phi)\} - d_l)}{R\sin(k\theta + k\Phi)} - \frac{f(R\{1 - \cos[k\theta + (k-1)\Phi]\} - d_l)}{R\sin[k\theta + (k-1)\Phi]} \right) = \frac{H[\sin(\varphi + \Phi) - \sin\varphi] / ([R\{1 - \cos(\varphi + \Phi)\} - d_l]\sin\varphi - [R\{1 - \cos\varphi\} - d_l]\sin(\varphi + \Phi))}{(R - d_l)[\sin\varphi - \sin(\varphi + \Phi)] + R\sin\Phi} \quad (21)$$

同理,右边车道右弯时的白线和黑线的斜率为:

$$K_{rw}(k) = \frac{H[\sin\varphi - \sin(\varphi - \theta)]}{(R + d_r)[\sin(\varphi - \theta) - \sin\varphi] + R\sin\theta} \quad (22)$$

$$K_{rb} = \frac{H[\sin(\varphi + \Phi) - \sin\varphi]}{(R + d_r)[\sin\varphi - \sin(\varphi + \Phi)] + R\sin\Phi} \quad (23)$$

于是,每段分道线的斜率与该段分道线的终点到下一段分道线的起点的斜率差值为:

$$Kdiff_l(k) = K_{lb}(k) - K_{lw}(k) \quad (24)$$

$$Kdiff_r(k) = K_{rb}(k) - K_{rw}(k) \quad (25)$$

通过分析可得:

(1)当车道为直道时,相邻两段分道线的斜率差近似为零,可以采用直线模型拟合,而车道为弯道时成V型变化。

(2)当车道为弯道时,相邻两段分道线的斜率差存在一个拐点,这个拐点一般在第6~8段分道线即90~120 m位置,所以这个拐点的前半段可以采用直线模型拟合。随着曲率半径的增加,斜率差也相应增加。

3.4 车道的二维重建

弯道与直道的判别要分连续型分道线和虚线型分道线两种情况考虑。在搜索分道线的边界点时,记录每段分道线的起始点和终点坐标,对于连续型分道线其起点和终点距离相差非常大,而且分道线段数一般在1~3左右(考虑分道线破损的情况),这样就可以区分分道线是连续型还是虚线型。

连续型分道线弯道与直道判断算法:在检测分道线边界点时,记录了相应的链码,于是链码就分析弯道与直道的信息,如果是直道链码则有很好的-致性,而弯道则有一个拐点,而且它的斜率有一个渐变过程(递增或者递减)。

虚线型分道线弯道与直道判断算法:计算每段分道线斜率,计算每相邻两段分道线的斜率差,如果是直道其斜率差非常小;如果是弯道,它有一个拐点且斜率差很明显,而且是递增或者递减的。

由于分道线检测算法能够准确地检测出分道线的边界点,所以笔者认为再对分道线特征点作复杂的曲线拟合是没必要的,只要根据已找到的点,采用好的插值算法就可以描绘出当前车道。直线拟合算法简单而有效,所以对于直道的情况采用直线拟合的方式重建车道;对于曲线模型,在车道拐点的前面用直线拟合方式进行车道重建,拐点以后的曲线段采用已找到点的斜率进行插值延伸即可。而弯道的延伸的斜率要根据找到分道线段的斜率差的趋势在最后一段分道线的斜率基础上加一个 Δk 。

根据式(7)~(18),得到在图像中左车道的左边缘 $S_{xl}(k)$ 和当前车道的左分道线 $S_{xl}(k)$,以及右车道的右边缘 $S_{xr}(k)$ 与当前车道的右分道线 $S_{xr}(k)$ 有如下关系:

$$S_{xl}(k) = S_{xl}(k) - \frac{fW_{road}}{S_z(k)} \quad (26)$$

$$S_{xR}(k) = S_{xI}(k) + \frac{fW_{road}}{S_z(k)} \quad (27)$$

式中: W_{road} 为道路宽度; f 为焦距; $S_z(k)$ 为现实距离值。

$$又 S_z(k) = \frac{fW_{road}}{S_{xI}(k) - S_{xL}(k)} \quad (28)$$

所以简化为:

$$S_{xL}(k) = 2S_{xI}(k) - S_{xR}(k) \quad (29)$$

$$S_{xR}(k) = 2S_{xI}(k) - S_{xL}(k) \quad (30)$$

所以只要知道当前车道各个点的坐标,则相邻2个车道也很容易重建出来。

图4是采用此算法的实验结果图。

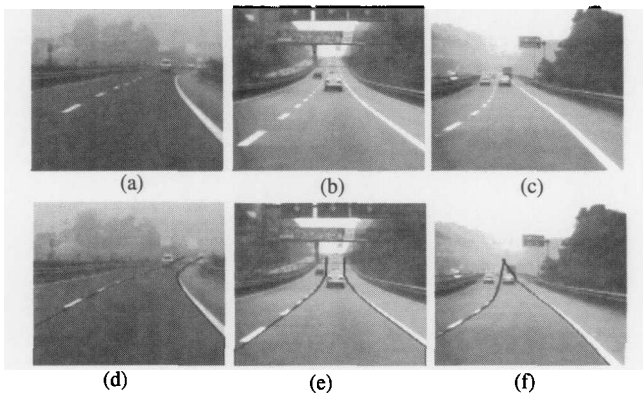


图4 车道的二维重建

Fig. 4 Two dimensional rebuilding of the lanes

从图中可以看出,(a)、(b)、(c)是真实车道图像,车道的二维重建得到结果(d)、(e)、(f)。结果能较准确地反映真实车道线的位置、弯度、形状等信息。远处不能完全沿着车道方向延伸,这是因为机器视觉透视投影的结果,但是该方法在汽车行驶需要关注的安全距离内能有效地二维重建车道线,完全满足汽车安全行驶的需要。

4 结 论

在车道检测方法中,最需要考虑车道的实际情况,直道、右弯道、左弯道和平坦、上坡、下坡;也要考虑车道线的实际情况,积水、淤泥和破损等情况都会影响车道线的连续性,公路上其它标示如斑马线都会影响车道线的检测。本文提出了一种基于机器视觉的车道检测与二维重建方法,通过基于链码思想及边界跟踪的分道线检测技术,检测道路上的白色车道线来识别车道,再结合基于曲率模型的卡尔曼递推估计方法来估计当前的车道线位置,同时用以预测和检测下一时刻的车道线位置,就可以实现对道路的连续检测和跟踪,最后结合相邻分道线段斜率差简化检测算法,并二维重建车道。实验结果表明该道路检测方法是有效的,具有很好的可靠性和准确性,为下一步研究车道上的信息(障碍物检测)奠定了坚实

的基础,同时解决了汽车行驶安全系统中的一个难题,对交通安全工程的研究具有一定的意义。

参考文献

- [1] YE X Q, LIU J L, GU W K. An integrated vision system for ALV navigation[J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2000,14(7):929-940.
- [2] LIN K C, TSAI M C. Image feedback path tracking control using an uncalibrated CCD camera[J]. Springer-Verlag: Machine Vision and Applications, 2000,12: 53-58.
- [3] 李冬霞,曾禹村. 基于速度特征矢量提取运动目标的图像分割方法[J]. 北京理工大学学报,2000,20(3): 347-351.
LI D X, ZENG Y C. An image segmentation method based on velocity feature vector for moving target extraction[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2000,20(3):347-351.
- [4] AUFRERE R, CHAOUIS R, CHAUSSE F. A model-driven approach for real-time road recognition[C]. Springer-Verlag: Machine Vision and Application, 2001, 13: 95-107.
- [5] 蒋刚毅,郁梅. 基于车道标线分解的车道检测[J]. 计算机工程与应用, 2002,4(2):229-232.
JIANG G Y, YU M. Lane detection based on decomposition of lane markings[J]. Computer Engineering and Applications, 2002,4(2):229-232.
- [6] 刘涛,黄席樾. 高速公路弯道识别算法[J]. 重庆大学学报, 2003,26(7):24-27.
LIU T, HUANG X Y. Recognition algorithm of motorway curl road[J]. Journal of Chongqing University, 2003,26(7):24-27.
- [7] 周欣,黄席樾. 基于单目视觉的高速公路车道保持与距离测量[J]. 中国图象图形学报, 2003,8A(5): 590-595.
ZHOU X, HUANG X Y. Lane keeping and distance measurement based on monocular vision[J]. Journal of Image and Graphics, 2003,8A(5):590-595.
- [8] AMIN A, FISCHER S. A document skew detection method using the hough transform[J]. Springer-Verlag: Pattern Analysis and Applications, 2000,3:243-253.
- [9] 鲁光泉,许洪国,李一兵. 基于链码检测的直线段检测方法[J]. 计算机工程, 2006,32(14):1-3,10.
LU G Q, XU H G, LI Y B. Line segment detection based on chain code detection[J]. Computer Engineering, 2006,32(14):1-3,10.
- [10] BROGGI A, FASCIOLI A. Artificial vision in extreme environments for snowcat tracks detection[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, 2002,3(3):162-172.

作者简介



陈勇,男,1977年1月出生,2004年于广西大学获得硕士学位,2004年9月起在重庆大学自动化学院攻读博士学位,主要研究方向为智能控制、信息融合和汽车安全。

E-mail: chensaiyang@tom.com

Chen Yong, male, born in Jan. 1977. He received his master degree from Guangxi University in 2004. Since September 2004, he has been studying in Automation College, Chongqing University for doctor degree. His research interests include intelligent control, information fusion and vehicle safety.

E-mail: chensaiyang@tom.com

黄席隼,男,1943年4月出生,1987年于日本东北大学获得博士学位,现为重庆大学自动化学院教授,博士生导师,主要研究方向为知识工程与专家系统,故障诊断和人工智能。

电话:023-65103002

Huang Xiyue, male, born in April 1943. He received his doctor degree from Japanese Northeast University in 1987. He is a professor and PhD supervisor in Automation College, Chongqing University. His research interests include knowledge engineering and expert system, fault diagnose and artificial intelligence.

Tel: +86-23-65103002