

# 摄像头黑线识别算法和赛车行驶控制策略

Distinguish Black Line by Camera and Drive the Smart Car

上海交大机械设计及自动化研究所 贾秀江 上海交大自动化系 李颀

## 引言

按照首届全国大学生“飞思卡尔”智能车大赛规则要求,根据赛道特点,主要有两种寻线设计方案:光电传感器方案和摄像头方案。

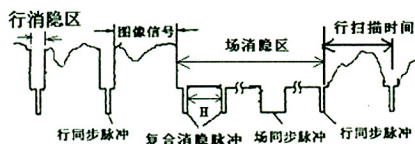
这两种方案各有特点:光电传感器构成“线型检测阵列”的方案简单易行,但由于受规则限制(传感器数量不超过16个),光电管的数量不可能太多,从而单个线型检测阵列所能确定的指引线信息较少。所以采用此方案寻线精度不够高,在舵机转向控制时会产生直道蛇行或弯道舵机回摆,并且判断距离有限。

因此我们选择采用摄像头作为寻线传感器,一方面摄像头探测的赛道信息和距离更出色;另一方面,规定使用的MC9S12DG128运算速度和自身AD口的采样速度能够适应对黑白低线数摄像头的有效视频采样和对大量图像数据的处理。

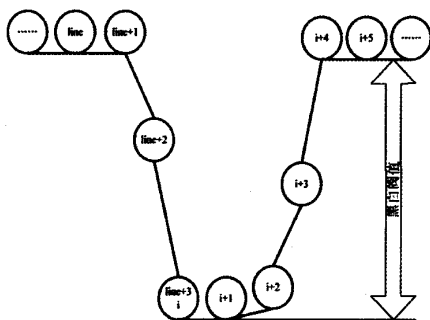
## 图像数据信息特点

摄像头的主要工作原理具体而言(参见图1),摄像头连续地扫描图像上的一行,则输出就是一段连续的电压视频信号,该电压信号的高低起伏正反映了该行图像的灰度变化情况。当扫描完一行,视频信号端就输出低于最低视频信号电压的电平(如0.3V),并保持一段时间。

图1 摄像头视频信号



这样相当于,紧接着每行图像对应的电压信号之后会有一个电压“凹槽”,此“凹槽”叫做行



多。只要在单行上有足够多的信息点，较少的行数就可以实现对黑线的检测；在综合了实践比对之后，最终方案决定采用10行的信息来判断前方是直道还是弯道。

### 单行黑线提取算法

由于黑色赛道和白色底板之间的色差较大，直接反映在图像数据中就是大于一个黑白色阈值。通过实验可以基本上确定该阈值的大小，根据现场光线的变化影响会有略微的变化。但是该阈值基本上介于22~30之间。因为可以通过判断相邻数据点的差是否大于该阈值，作为边沿提取算法的依据和主要参数。

该算法的主要过程为：从最左端的第一个有效数据点开始依次向右进行，第line为原点，判断和line+3的差是否大于阈值，如果是则将line+3记为i，从i开始判断在接下来的从i+3到该行最末一个点之间的差值是否大于阈值，如果大于则将line+i/2+2的坐标赋值给黑线中心位置(参考图2)。

利用该算法所得到的黑线提取效果不仅可靠，而且实时性好；在失去黑线目标以后能够记住是从左侧或者右侧超出视野，从而控制舵机转向让赛车回到正常赛道。如果更进一步可以设置阈值根据现场情况的变化而变化。在黑色引导线已经能够可靠提取的基础上，我们可以利用它来进行相应的弯、直道判断，以及速度和转向舵机控制算法的研究。

### 弯、直道判断，以及速度和舵机控制算法

影响赛车速度成绩的一个非常重要因素就是对弯道和直道的提前识别判断，从而实现安全过弯、快速通过直道，提高比赛成绩。而摄像头方案在这方面有天然的优势。根据前面提到的最终以10行黑线信息作为弯、直道的判断算法依据，下面简单介绍一下该算法。

在单行黑线边沿检测提取算法的基础上，我们可以根据10行的数据中每行黑线位置与10行平均位置(公式1)之相对位移，然后求

10行相对位移之和(公式2)。最后根据该值的大小并且结合实际赛道

序列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CURVE	5	22	6	43	18	32	6	52	7	6

实验数据，来确定弯道

序列	1	2	3	4	5	6
CURVE	9	24	13	18	23	5

和直道之间的阈值大小，

而且，随着弯道系数的增大，该位移之和也会相应增大。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{row=0}^{ROW\_MAX} X[row]}{ROW\_MAX} \quad (1)$$

$$Curve = \sum_{row=0}^{ROW\_MAX} |X[row] - \bar{X}| \quad (2)$$

根据该弯直道判断算法，可以得到一组由直道入弯、然后出弯的Curve参数曲线。(参考图3、4和表1、2)观察表1和表2可以得到在弯道中curve数值一般都大于10，而且随着曲率半径的减小curve值也会相应的增大。因此可以根据curve的值来设置几个阈值，判断赛车前方的路况信息，决定赛车是否减速。同时速度控制算法可以采用以curve为变量的P控制：

$$Speed = \frac{SPEED\_MAX - SPEED\_MIN}{CURVE\_LALVE} \times curve + SPEED\_MIN \quad (3)$$

为了能够准备可靠的通过各种弯道，可以采取转向舵机的P控制：

$$steer = STEER\_CENTER + coefficient(X - video\_center) \quad (4)$$

其中：

$$coefficient = \frac{STEER\_LEFT - STEER\_RIGHT}{LINE\_MAX - LINE\_MIN} \quad (5)$$

$$video\_center = \frac{LINE\_MAX + LINE\_MIN}{2} \quad (5)$$

STEER\_CENTER：舵机转向中心

X：当前黑线位置

STEER\_LEFT, STEER\_RIGHT：舵机左、右转极限

Video\_center：摄像头图像中心

LINE\_MAX, LINE\_MIN：摄像头图像左右极限位置(因篇幅有限，本文做了较多删节，欲阅读全文可访问本刊网站www.eepw.com.cn)

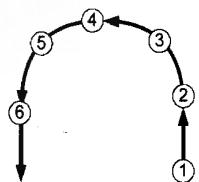


图3 普通180°弯道

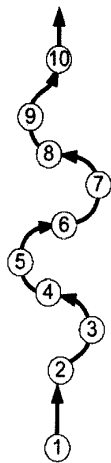


图4 S弯