

两点算法求智能车赛道曲率*

蒋 旭,吴 涛

(昆明理工大学 机电工程学院,云南 昆明 650500)

摘 要:通过建立几何模型,把智能车赛道中心线曲率的求解问题转换成对三角形函数关系的求解。从传感器传回的信息中,提取出智能车在赛道上的当前位置信息和前进方向上任意一处的信息,要求这 2 点纵向距离小于赛道中心线曲率半径最小值,找出这 2 点的横坐标和纵坐标的差值,并根据几何关系求解出该位置上赛道中心线的曲率。该两点算法不仅简单、运算量小,而且准确率高,可准确求解出赛道中心线曲率最大处的曲率,不仅适用于摄像头组,还适用于电磁组和光电组等,可移植性强。

关键词:曲率;两点算法;三角函数
中图分类号:TP 249 **文献标志码:**A

Two Points Algorithm for Smart Car Track Curvature

JIANG Xu, WU Tao

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: Through established geometry model, the problem of the center line of the smart car track curvature was converted into triangle function problem based on geometry. The current position and information of any place in the forward direction were extracted from the sensor message. But the longitudinal distance between the above two points should be less than the minimum curvature radius of the center line. According to the difference of horizontal and ordinate between the above two points, the curvature of the position was achieved. This method is simple and has small computational complexity, at the same time, the accuracy is high. It can calculate the biggest curvature of the center line in the track. This method is adapted to camera group, electromagnetic group and photoelectric group. Sp it has strong portability.

Key words: curvature, two point algorithm, trigonometric functions

伴随着全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛的开展,赛事的难度系数越来越大,赛道曲率的准确计算也成为了一大难题。用赛道上的三点求曲率^[1]方法计算,运算量比较大,会严重影响到智能车的控制;但单点求解曲率方法只能利用智能车的当前位置和前瞻位置上的道路信息进行求解,当道路中心线半径的最小值小于智能车前瞻距离时,则不能准确得到该位置上的曲率。为了避开上述 2 种算法的弊端,提出了两点求曲率的方法,即两点算法。该算法只需要找出智能车的当前位置和纵向取点距离在最小半径范围内的任意一点,即可求出智能车所在位置的赛道曲率。该两点算法结合了前 2 种算法的优点,并且弥补了它们的不足。

1 两点算法

如图 1 所示,设智能车处于赛道中线位置的 A 点处,前进方向为赛道中心线的切线方向,在赛道中心线圆弧段的半径最小值的范围内取长度 l_{AB} ,在 A 点正前方(纵向)距 A 点 l_{AB} 距离的 B 点横向读取赛道中心线上 C 点之间的信息,测出 B 点和 C 点之间的长度为 l_{BC} , AC 的中点为 D,赛道中心线圆弧段

所在圆的圆心为 O,设此时智能车所处的赛道曲率为 k ,曲率半径为 R ^[2]。

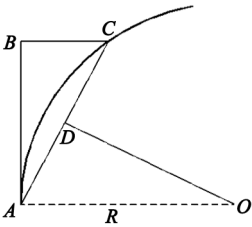


图 1 智能车在赛道中心线上

由于 AB 是赛道中心线所在圆弧段的切线,所以 AB 与 AO 垂直,AC 为圆上的弦,D 为 AC 的中点,由 $\triangle ABC$ 与 $\triangle ODA$ 相似,可得:

$$l_{AC} = \sqrt{l_{AB}^2 + l_{BC}^2} \tag{1}$$

$$l_{AD} = \frac{l_{AC}}{2} \tag{2}$$

$$\frac{l_{AD}}{l_{BC}} = \frac{R}{l_{AC}} \tag{3}$$

由式 1~式 3 可得:

$$k = \frac{1}{R} = \frac{2l_{BC}}{l_{AB}^2 + l_{BC}^2} \tag{4}$$

在获取 C 点的道路信息时,要求 l_{AB} 不大于赛道

中心线曲率半径的最小值,这样可以保证智能车能准确获取赛道中心线所在圆圆弧半径最小弯道的道路信息,从而更好地控制智能车的状态。

在实际控制的过程中,智能车不一定一直在赛道的中心线上,可能会偏离中心线,如图 2 所示。

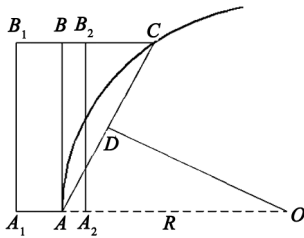


图 2 智能车不在赛道中心线上

在图 2 中, A_1 为智能车的左偏移点, 偏距为 l_{AA_1} , 曲率为 k_1 ; A_2 为智能车的右偏移点, 偏距为 l_{AA_2} , 曲率为 k_R ; A 点为赛道中心线上的点, AB 与 A_1B_1 和 A_2B_2 平行且相等, 由三角形的相似定理可得:

$$k_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{2l_{B_1C} - 2l_{AA_1}}{l_{A_1B_1}^2 + (l_{B_1C} - l_{AA_1})^2} \tag{5}$$

$$k_R = \frac{1}{R_R} = \frac{2l_{B_2C} + 2l_{AA_2}}{l_{A_2B_2}^2 + (l_{B_2C} + l_{AA_2})^2} \tag{6}$$

此外,在实际控制过程中,还可能存在智能车的正前方向是否为赛道中心线的切线方向或切线的平行线方向,或形成一定夹角的问题,此时,式 4~6 理论上不能用来计算中心线所在圆弧的曲率;但是,对智能车的控制来说,可以将该情况看作是智能车遇上 1 个曲率更大的圆弧来进行处理。此时采用式 4~6 的算法,不仅可满足控制精度要求,而且可以驱使智能车快速回到赛道中心线上,从而减小了智能车微控制器的运算量。

2 两点算法在实践中的运用

基于摄像头组,使用 APC220-43 多通道微功率嵌入式无线数传模块,把摄像头采集到的图片传回电脑,使用 MATLAB 软件对图像进行分析处理^[3],图像数值化并二值化之后得到数组如图 3 所示,二值化以后得到的图像如图 4 所示。

从图 3 和图 4 可以看出,可以使用找突变的方法在数组中抽取 2 行,读取这 2 行与赛道中心线的交点横纵坐标^[4],2 点的横坐标值之差的绝对值即为 l_{BC} ,2 点的纵坐标之差的绝对值即为 l_{AB} 。从智能车采集到的信息中可直接读取赛道中心线上 A 、 C 点的信息,找出 2 点的横纵坐标之差,可由式 4 直接求解出赛道中心线的曲率。对于电磁组和光电组,可以采用同样的方法得到横纵坐标的差,采用两点算法找出赛道中心线的曲率。该方法具有简单、运

算量小和实用性强的特点。

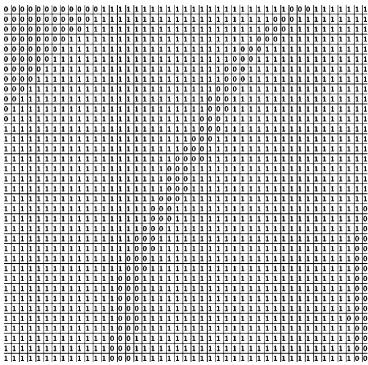


图 3 二值化后的数组

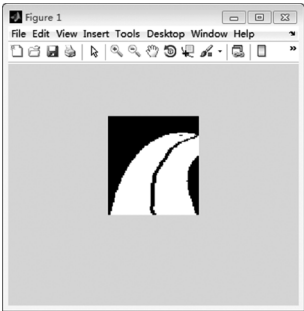


图 4 二值化后的图像

3 结语

在智能车的制作过程中,要实现准确的控制,曲率的计算是极其关键的一步。采用两点算法求智能车赛道曲率,不仅获取的道路信息准确,而且需要的道路信息少,算法简单,既克服了三求曲率的算法中运算量大的问题,又克服了单点求曲率过程中前瞻距离大于最大曲率半径时不能准确得到赛道中心线曲率的缺点。

参考文献

[1] 周阳,雷鹏. 飞思卡尔智能车竞赛中赛道曲率的单点求法[J]. 中国电子商务,2013(7):35.
[2] 同济大学数学系. 高等数学[M]. 6 版. 北京:高等教育出版社,2007.
[3] 卡斯尔曼. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
[4] 王玉磊,邱昱. 从零开始学 MATLAB [M]. 北京:中国铁路出版社 2011.

* 大学生创新创业计划资助项目(201310674232)

作者简介:蒋旭(1993-),男,大学本科,主要从事机械工程及自动化等方面的研究。

通信作者:吴涛

收稿日期:2013-12-18

责任编辑 李思文