

基于动态阈值的 AGV 路径识别算法

孙路 王亚刚

(上海理工大学 上海 200093)

摘要: 针对基于视觉引导自动引导车(AGV)系统的引导路径识别技术,易受光照强度,路面反光,阴影等因素的影响的问题。采用了一种基于路径预判的图像动态阈值获取方法。它通过已识别的路径点,利用线性插值所得函数预估当前路径点所在图像区域,在此区域内找出最优阈值,依据阈值对当前区域内图像进行二值化,找出当前区域的引导线,依据引导线本身特征来判断此阈值是否有效,以获取到适应当前环境下的阈值,并根据此阈值提取出引导线。通过此种方法对路径信息进行采集、识别、处理,从而使 AGV 能在跑道上较快较稳的前行。

关键词: AGV 系统;动态阈值法;线性插值;二值化算法;

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** D520

AGV path identification algorithm based on dynamic threshold

Sun Lu Wang Yagang

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at the guidance path recognition technology based on vision guided automatic guided vehicle (AGV) system, it is vulnerable to the influence of light intensity, pavement reflection, shadow and other factors. To solve this problem, a method of image dynamic threshold acquisition based on path prediction is proposed. By identifying the path point, using linear interpolation income function estimates the current path point image region. Within this area find the optimal threshold. According to the thresholds of the image binarization, find out the current region of the guide line, according to the guide line of its own characteristics to determine the threshold is valid. To get to adapt to the current environment of threshold, and according to this threshold to extract the guide wire. Through this method, the path information is collected, identified and processed, so that the AGV can be faster and more stable on the runway.

Keywords: AGV system; dynamic threshold method; linear interpolation; binaryzation

1 引言

自动引导车(AGV)在现代制造业中有着重要的应用。AGV 常用的引导方式有激光引导、磁导引导、视觉引导等引导方式,相比 AGV 的其他引导方式,视觉引导具有信息量大、柔性好等优点^[1]。基于视觉引导 AGV 系统包括引导路径识别和引导路径跟踪两个关键技术,而引导路径(引导线)识别,易受光照强度、路面反光、阴影等因素影响。一般的二值化方法对光照条件有较高的要求,在光照条件变化时适应性较差;边缘检测算法对于模糊边缘的路径检测效果较差;Otsu 法计算量较大,耗时严重,对 MCU 运算速度有较高的要求,且对噪音和目标大小十分敏感,图像二值化效果不理想^[2]。

针对这一问题,提出了一种基于路径预判的图像动态

阈值获取方法。通过该算法,能很好的消除光照强度、路面反光等因素的影响,从而使视觉引导 AGV 更加完善。

2 VGA 硬件架构及功能设计

设计的 AGV 运行于蓝色地漆地面;白色导线宽 3 cm;设计车速 10 km/h。AGV 控制系统以 16 位微处理器 MC9S12XS128 为核心,由摄像头拍摄当前 AGV 所处环境,通过视频分离模块将 PAL 信号分解成微处理器可以采集的信号,再由微处理器进行采集。对微处理器所采集的图像进行基于路径预判的图像动态阈值获取,并对图像进行二值化处理,提取路径信息^[3]。微控制器对测速装置反馈的脉冲进行计数,获得小车的反馈速度,构成行驶速度的闭环控制。AGV 模块架构如图 1 所示。

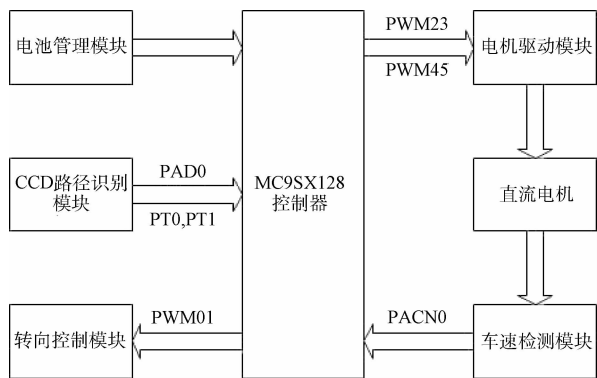


图 1 VGA 模块架构

3 路径识别

提出基于路径函数直线插值的动态阈值识别方法,其思路如下。

1) 在摄像头获取的路径图像中,导航路径可看作一个路径函数:

$$l_n = f(x) \tag{1}$$

可由图像中已识别出的路径点求出插值函数,估计当前路径点的位置范围区域。

2) 在此区域内找出最符合当前环境下引导线颜色灰度的点,视其为当前行阈值,并把当前区域图像二值化。

3) 若二值化的路径线特征与实际路径线特征相符,说明采用的阈值能够正确区分路径(目标)和路面(背景),则得到的阈值为有效的。

3.1 基于路径预判的图像动态阈值的理论基础

由于实际路径都是由直线和圆弧组成的,其路径都是连续光滑的。将 AGV 所拍摄的路径曲线看成一个路径函数(1),则函数(1)连续且一阶导数存在。故可用线性插值来求近似表示函数(1):

$$L_n(x) = \frac{x - x_{n-1}}{x_{n-2} - x_{n-1}} l_{n-2} + \frac{x - x_{n-2}}{x_{n-1} - x_{n-2}} l_{n-1} \tag{2}$$

其中 (x_{n-1}, l_{n-1}) 、 (x_{n-2}, l_{n-2}) 为已识别的相邻点,由于 $n > 2$,且摄像头为小孔模型,在实际中 $x_{n-1} - x_{n-2} \neq x_{n-2} - x_{n-3}$ 。由线性插值所得函数(2)带入值 x_n 得出 l_n 即路径坐标 (x_n, l_n^*) 。

此时 l_n^* 为一个估计值,实际计算中需要加上一定误差 f 组成一个预估范围 $[l_n^* - f, l_n^* + f]$,再在此范围中寻找实际的路径位置 l_n 。而当 f 值偏小时,可能造成实际路径点落在预估范围之外,而导致路径提取错误;当 f 值过大时,虽然能保证实际路径点落在预估范围内,但是增加了运算量,不利于实时性,而且可能会引入不必要的干扰信息。对 f 大小的估计,利用的是插值函数的余项来估计:

插值函数的一般余项为:

$$R_n(x) = F(x) - L_n(x) = \frac{F^{(n+1)}}{(n+1)!} W_{n+1}(x) \tag{3}$$

由式(3)化简,得出一阶线性插值函数的余项:

$$R_1(x) = F(x) - L_1(x) = \frac{1}{2} f''(\xi)(x - x_{n-1})(x - x_{n-2})$$

$$\xi \in [x_{n-1}, x_{n-2}] \tag{4}$$

由二阶导函数的定义:

$$f''(x) = \lim_{\delta x \rightarrow 0} \frac{f'(x + \delta x) - f'(x)}{\delta x} \tag{5}$$

式(5)为斜率的变化率。此处可以简化为:

$$f''(\xi) = A \frac{K_{n-1} - K_{n-2}}{x_{n-1} - x_{n-2}} \tag{6}$$

$$K_n = \frac{l_n - l_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} \tag{7}$$

由实验的 A 取 2 既能满足时效性的要求,也保证实际路径点落在预估范围内^[4]。

3.2 图像区域划分

考虑到本文所提出的算法——通过已经识别的点由线性插值得到的函数对未识别点位置的可能范围做估计,故每幅图的开始几行为全图的根本。开始行的引导线寻找出错,则全图的引导线提取将出错。每幅图的开始行在当前图幅中并没有已经识别的点可供参考,故不能用线性插值对其做位置估计,需要用其他方法识别。本系统中的摄像头可视为一个小孔模型,摄像头在地面的投影为梯形,且存在桶形畸变,远端图像的畸变尤其严重^[5]。

由于上述特点,可将图像分成 3 块区域:图像底端的一小块区域(基线区),图像中间的一大块区域(信息区),图像顶端的一小块区域(远瞻区)。基线区是整幅图像的基本,因为这些行距离车最近,道路边界线比较宽,且图像很清晰,判断比较准确,不易出现错误;物体在信息区的图像大小适中、信息量大、畸变较小,这一区域是道路边界线信息提取的关键;远瞻区因离车体远,图像畸变较大,同时在车身机械震动、转向等影响下,图像受干扰影响大,需尽可能提取此区域信息。正常和畸变图如图 2、3 所示。

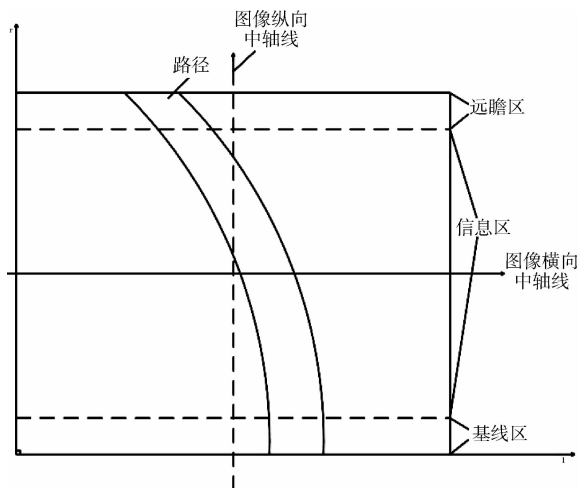


图 2 正常图

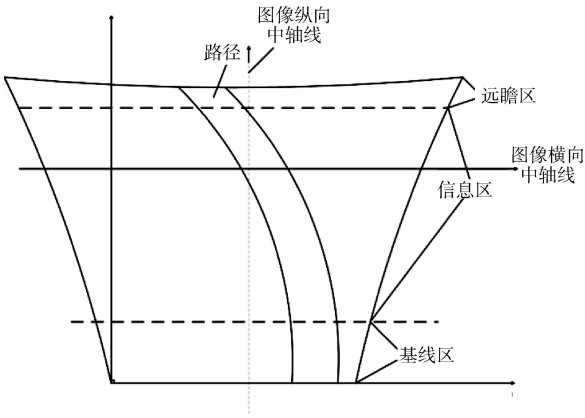


图 3 畸变图

3.3 动态阈值获取

在 AGV 刚通电时,AGV 会自动检测其所处环境光强并测定图像各行阈值。具体做法如下:1) AGV 先通电 200 ms,等待 AGV 各部分初始化及各部件正常工作。2)在 200~600 ms 时间段,采集 10 幅图像,对所采集图像逐点进行检测,由于图像检测运算量较大(此处进行隔行采集),筛选出最符合引导线颜色的点(本文中找出每行最白的那个点),并保存其灰度值。3)将每行所保存的 10 个灰度值取算术平均,求出每行在当前环境下引导线的阈值^[6]。

AGV 在运动过程中的动态阈值获取步骤如下:1)获取当前行路径点的位置范围,在此范围内找出最接近当前行历史阈值的点,将其视为当前行的阈值。2)依据当前行的阈值加上一定的误差范围确定出阈值区间范围。只要采集到的灰度值在该区间内,就视其为有效的路径点,否则就为背景,从而将图像二值化。3)若在此阈值下识别出了引导线,则认为得到的阈值有效,更新历史阈值,作为下一次的参考。若在此阈值下未识别出引导线,则认为得到的阈值无效,不更新历史阈值。动态图像阈值获取流程如图 4 所示。

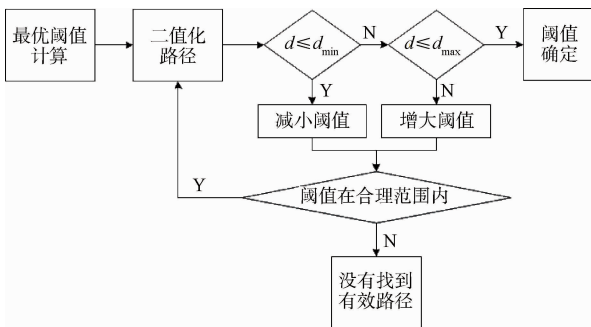


图 4 动态图像阈值获取流程

3.4 路径获取

寻找基线区引导线;由于引导线是连续的,不存在突然跳变,可通过上一场基线所在位置加上理论上基线位置的

最大变化量,估算出基线存在的区间范围。在此范围内找到符合实际引导线特征的首行基线(最多 3 条),对其分别做向上沿线处理。若找到一条线可沿线至信息区,则说明通过阈值动态调整已能够识别出基线区导航路径;若未找到符合要求的线,则说明在当前实验条件下没有识别出合理的导航路径^[7]。

寻找信息区引导线:1)在信息区处理图像时就不再基线区那样进行处理,而是以提取出的引导线求一个线性插值,确定一个寻找宽度范围,单位是像素。 l_{n-1} 、 l_{n-2} 是已经识别的点,式(2)在 $[l_n - f, l_n + f]$ 之间进行处理,得到该行路径点 l_n ;识别出的路径左右边缘点之间的距离 d_n (路径宽度)满足 $\max[2, 0.5d_{n-1}] \leq d_n \leq 1.5d_{n-1}$,则认为当前阈值是合理的,引导线特征满足:引导线左右两端较大的一个区域内都是背景色,且引导线线宽大于 2 个像素点(去噪点),其路径识别结果为当前行的引导线。重复上述过程,直至得到处理区域内各行的引导线^[8]。2)若某一行未找到引导线,在其下一行重复 1),若找到了则继续执行 1),若连续 3 次都没找到,则表示线已经到尽头,本场引导线提取完毕。其流程如图 5 所示。

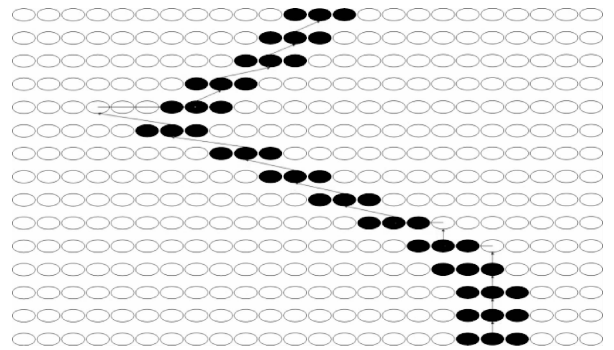


图 5 路径获取流程

此种算法主要有以下 2 个优点:1)反复利用引导线的连续性,缩小了寻找范围,提高了计算速度。2)能很好的滤除了干扰,本算法只扫描了图幅不到 10% 的区域,不会受到图幅中未落在扫描区域的干扰信息的影响,噪声一般是孤立的几个点,不可能满足线宽条件,而其他原因产生的干扰,可通过引导线自身的一些特性相结合能排除干扰^[9]。

4 实验结果与分析

AGV 采集的原图如图 6 所示。此种算法处理后的图像如图 7、8 所示,图 7(a)和图 8(a)为未经此算法处理的二值化图像,图 7(b)和图 8(b)为经此种算法处理的二值化图像。

由图 7、8 可知,由于强光的影响,一般算法处理过的图像路径是间断的,而经过此种算法的处理,可以有效的消除强光的影响,使路径趋于光滑连续。



图 6 AGV 采集的原图

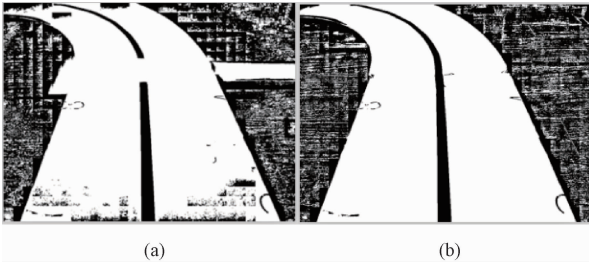


图 7 弯道处理前后对比图

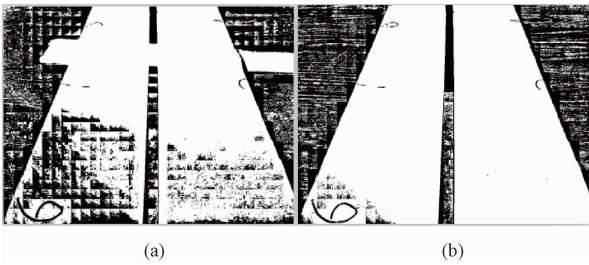


图 8 直道处理前后对比图

5 结 论

经过实际测试的结果证明,该智能小车能在具有双边黑色引导线的白色底面跑道上以较快的速度平稳前行,工作稳定可靠^[10];通过对路径信息的采集、识别和使用该算法处理后,可准确识别路径信息,赛道识别策略和电机控制策略均有显著效果,路径选择策略和速度控制效果良好,达到了预期设计目标^[11]。

参考文献

- [1] 孙涵,任明武,杨静宇.一种快速使用的直线检测算法[J].计算机应用研究,2006,2(5):257-260.
- [2] 刘鸣,张翰林,隆昌宇.基于 CMOS 传感器的智能车赛道自动寻迹系统[J].光机电信息,2010,27(10):59-62.
- [3] 刘富强,田敏,胡振程.智能汽车中基于视觉的道路检测与跟踪算法[J].同济大学学报:自然科学版,2007,35(11):1535-1541.
- [4] 周显恩,王耀南,朱青.基于机器视觉的瓶口缺陷检测方法研究[J].电子测量与仪器学报,2016,30(5):702-703.
- [5] 李渊言,勇华.嵌入式实时系统在移动机器人中的应用研究[J].机器人技术,2006,22(14):221-223.
- [6] 杨成禹,庄晓奇.基于 ARM 的图像采集与传输系统设计[J].电子测量技术,2015,38(12):59-62.
- [7] 张建鹏,楼佩煌,钱晓明.多窗口实时测距的视觉引导 AGV 精确定位技术研究[J].仪器仪表学报,2016,37(6):1356-1363.
- [8] 张庆龙,张辉,毛征.基于 TMS320C6455 的目标跟踪系统设计与实现[J].国外电子测量技术,2015,34(5):75-76.
- [9] WU Y, CHEN G ZH. Long-term stabilization of the optical fiber phase control using dual PID [J]. Instrumentation, 2015, 2(4): 40-42.
- [10] 艾宁,瞿少成,刘冬.基于 CCD 摄像头的智能车路径识别及跟踪研究[J].电子测量技术,2009,32(8):77-78.
- [11] 葛鹏飞,郑建立,柳翔飞.基于光电传感器的智能车寻迹方法研究[J].国外电子测量技术,2007,26(8):40-42.

作者简介

孙路,1991 年出生,硕士研究生,研究方向为工业自动化、智能控制。

E-mail:13671924801@163.com