

ISSN 1000-1298

CODEN NUYCA3

农业机械学报

NONGYE JIXIE XUEBAO

Transactions of the Chinese Society
of Agricultural Machinery

第31卷

3

2000

ISSN 1000-1298



05>

9 771000 129008



中国农业机械学会主办

农业机械的模糊逻辑控制导航

应火冬 Hagra H Callaghan V Colley M Carr-West M

【摘要】 介绍了一台试验车控制系统的构造,设计了一个以实现收获机械自动引导行走为目标的模糊逻辑控制器。试验表明,这一控制器具有抗来自断续、不均匀引导基准的噪声干扰的能力,可以精确地引导试验车自动沿树篱作直线或弧线运动。

叙词: 模糊逻辑 自动引导行走 农业机械

中图分类号: S220.1 文献标识码: A

Guidance of Agricultural Vehicle by Means of Fuzzy Logic Control

Ying Huodong

(China National Rice Research Institute)

Hagra H Callaghan V Colley M

Carr-West M

(Essex University, UK)

(Writtle Agricultural College, UK)

Abstract

Fuzzy logic controllers excel in dealing with imprecise and varying conditions, which characterizes agricultural environment. This paper describes the construction of the experimental vehicle powered by a diesel engine and the computer hardware of the automatic guiding system consisting of VME bus system and CAN network. A fuzzy logic controller was designed according to the requirements of harvesting machine when following crop cutting edges. The heading and offset errors of the vehicle were detected by two contact sensors. The field tests were carried out on three plots of hedgerows. The results showed that the controller could tolerate the frequent and small noise derived from uneven and discrete directrices, and guide the vehicle following both straight and curved hedgerow accurately. The standard deviation of the vehicle lateral position control was 2.23 cm when following the relatively neater hedgerow edge. It is concluded that this control accuracy would be sufficient for a combine harvester, and the fuzzy logic controller could compensate the inherent inaccuracy of the contact sensors.

Key words Fuzzy logic, Automatic guidance, Agricultural machine

前言

驾驶员操作失误是农机事故的重要原因之一,而疲劳是影响驾驶员正常工作的主要因素。通过改善农业机械的导航精度,可以减少10%的农作物生产成本^[1]。因此,若用一个自动导向系统取代驾驶员来做诸如对行之类的单一重复性的工作,而把其他

复杂而不频繁的任务(例如在联合收割机上监视其工作部件运转情况)留给驾驶员,就会提高劳动生产率并增加安全性。

在田间作业时,地面的变化、农作物种植与生长的不规则性及开放的自然工作环境,将导致目标识别的复杂性和探测控制的误差,这为模糊逻辑控制提供了应用的机会。

收稿日期: 1999-05-28

应火冬 中国水稻研究所农业工程室 助理研究员, 310006 杭州市

Hagra H Computer Science Department, Essex University, Wivenhoe Park, Colchester CO43 SQ, UK

Callaghan V Computer Science Department, Essex University

Colley M Computer Science Department, Essex University

Carr-West M Agricultural Engineering Department, Writtle Agricultural College, Chelmsford CM1 3RR, UK

近几年来随着各种传感技术的改进,人工神经网络及模糊理论越来越多地应用到农机自动化当中。Cho 用模糊控制无人驾驶联合收割机进行了试验模拟^[2], Ziteraya 和 Yamahoso 表明用模糊理论作语言描述进行农产品的模式识别是可能的^[3], Yamasita 对采用模糊控制的无人农业机器在温室内的实际应用进行了试验^[5]。

上述研究均以模拟试验为主,很少有人将模糊控制理论植入农业机器人并应用到实际农业环境中。本研究是根据收获机械自动对行作业的需要,设计了一个模糊控制器并应用到以柴油机为动力的拖拉机上,使其在作业过程中能自动沿着作物的行或已割边行走。

1 设计与构造

1.1 试验车

试验车的结构示意图见图 1。该试验车是一台以双缸气冷柴油机作动力的三轮拖拉机,其行走机构采用静液压驱动,并采用液压转向。根据试验车液压驱动与控制转向的特点,在对各种农机自动导航方案如预埋引导电缆^[6]、机械触杆探测^[6]、内部传感器(陀螺仪角速度计和雷达式速度计)检测^[7]、超声探测^[8]、机器视觉^[9]、卫星导航^[10]等分析的基础上,为解决收割机的导航问题,采取了以作物的行或边为引导基准,选用了结构较简单、价格较低的接触式传感器为探测装置的方案。

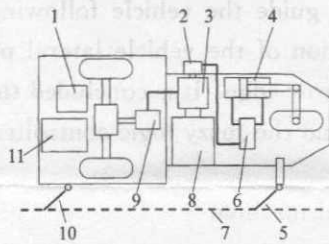


图 1 试验车结构示意图

- 1. 油箱 2. 辅助齿轮泵 3. 伺服泵 4. 液压缸 5. 前触杆
- 6. 比例阀 7. 基准路径 8. 发动机 9. 液压马达 10. 后触杆
- 11. 机载计算机

在拖拉机右侧前后错开布置了两个接触式传感器,传感器主要由触杆与电位器组成。它们不仅能够测量机体侧边至作物的距离,还可通过比较前后两个电位器的电位差来获知拖拉机相对作物边界的走向,从而为准确控制拖拉机的行进状态提供了保证。拖拉机转向角也经由一个安装在前轮转向轴上的电位器来检测。

1.2 计算机控制系统硬件

为了建造一个用于不同试验目的的平台,特别要求其计算框架具有灵活性和模块化。所以最后的

设计兼顾了实时环境中串行处理和分布处理的要求。控制系统硬件主要包含 VME(Versa Modul Eurocard)总线系统和 CAN(Contoller Area Network)网络两部分(图 2)。

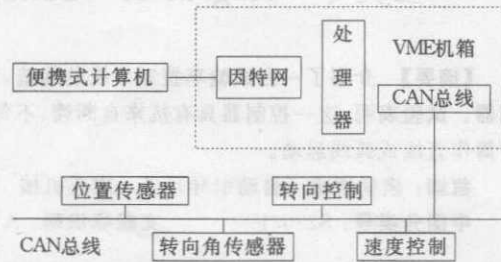


图 2 计算机控制系统

VME 是由 Motorola 公司推出的第一代 32 位标准总线,支持 8 位、16 位和 32 位的数据传输。这里采用的 VME 总线系统的核心是摩托罗拉 MVME167 底板,其上的 MC68040 处理器带有 8M 内存。处理器与处理器之间以及与 CAN 总线间的通信经由 HM CAN01 底板和 VME 总线来完成。

CAN 是一个最初来自自动化工业的现场总线协议。CAN 总线具有突出的差错检测和校正功能,抗干扰能力强,适用于噪声大的环境。它的各个网络节点均有优先级设定,避免总线冲突,随时主动向其他节点发送信息,具有支持点对点或一点对多点、广播模式发送/接收数据等能力。本系统支持多个 CAN 现场总线。

1.3 模糊逻辑控制器(FLC)的设计

图 3 为 FLC 的基本模型。试验车的位置由其侧边二点至基准边界的距离表示;它们作为 FLC 的精确输入量,由右侧前后 2 个传感器的触杆测得。以此为依据,推理得到转向角和前进速度的输出变量。转向角的控制由图 1 所示的液压转向机构来执行;前进速度的控制则通过改变伺服变量泵的斜盘倾角来完成。输入变量(2 个触杆所测距离)的隶属函数如图 4 所示。输出变量转向角和前进速度的隶属函数见图 5。控制规则主要依据驾驶员的操纵经验和引导基准的特殊性来制定,详见表 1。

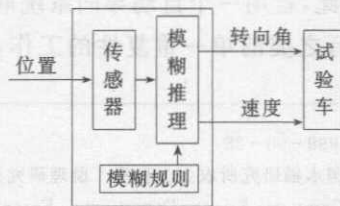


图 3 FLC 的基本模型

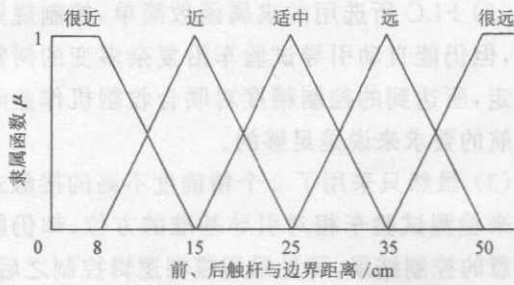


图 4 输入变量的隶属函数

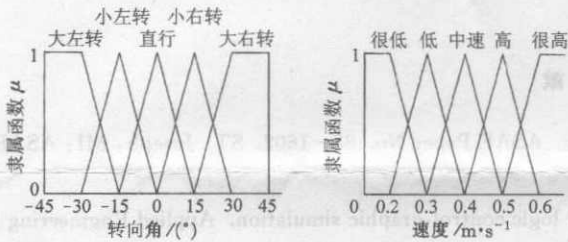


图 5 输出变量的隶属函数

表 1 控制规则表

IF		THEN		IF		THEN	
前触杆	后触杆	转向角	前进速度	前触杆	后触杆	转向角	前进速度
很近	很近	大左转	很高	适中	远	小左转	低
很近	近	大左转	很高	适中	很远	小左转	中速
很近	适中	大左转	高	远	很近	小右转	中速
很近	远	小左转	中速	远	近	小右转	低
很近	很远	小左转	低	远	适中	小右转	中速
近	很近	小左转	中速	远	远	小右转	低
近	近	大左转	中速	远	很远	小右转	中速
近	适中	小左转	低	很远	很近	大右转	中速
近	远	小左转	低	很远	近	大右转	中速
近	很远	小左转	中速	很远	适中	大右转	低
适中	很近	小右转	中速	很远	远	大右转	中速
适中	近	小右转	低	很远	很远	大右转	高
适中	适中	直行	中速				

2 试验方法

以上所述的 FLC 首先在 Essex 大学 Brook 实验室的机器人上做模拟试验,经验证修改后再移植到本试验车上。由于试验时错过收获季节,故改选具有类似真实作物边界特性的树篱作为引导基准。

被选中的树篱有 3 处(甲、乙、丙),均在 Writtle 农学院内。树篱边界的枝叶尽管不可避免存在间隙,但甲处总体比较直且整齐;乙处却很不规则(图 6a),凹进凸出变化大,最大树枝空隔宽度可达 40 cm;丙处树篱是一段圆弧拐弯角(图 6b)。

试验车上安置了一台小型喷雾器,药桶内装拌有红色色素的水;喷头装在后轮轴正中间位置,以便记录试验车的行走轨迹。试验车与边界的侧边距即为喷雾录下之轨迹至边界的距离。在 25 m 长的

一段轨迹上,每隔 0.5 m 取点测量侧边距。通过分析侧边距的变化,可以获知导航精度。

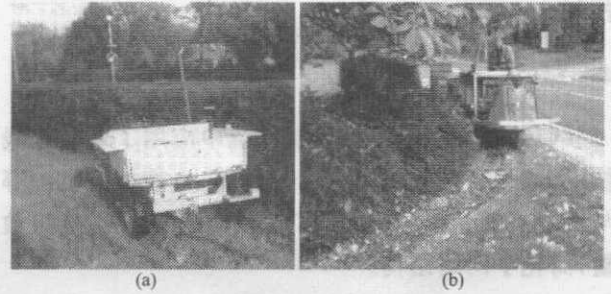


图 6 试验现场

(a) 乙处树篱 (b) 丙处弧形树篱

然而在实际操作时,当遇到象乙处树篱这样的过分不规则的边界时,往往无法确认边界的起始位置,侧边距就无从量起。所以这里只测量了在甲处试验时的侧边距。

自动控制程序由便携式计算机通过因特网下载到机载计算机上。试验过程中的控制程序可视试验效果而在便携式计算机上直接修改,并重新下载。

3 试验结果及分析

当以甲处树篱为引导基准时,试验车行进平稳,只在边界有较大变化时才作方向调整,表现出 FLC 良好的滤除由不均匀边界导致的输入小扰动的能力。图 7 记录的是在平均前进速度为 0.4 m/s 时以侧边距表示的行走轨迹,其平均侧边距为 101 cm,侧边距标准偏差仅为 2.23 cm。

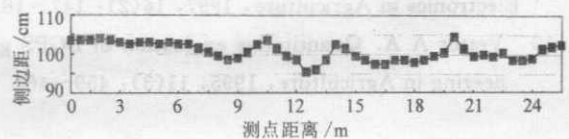


图 7 沿甲处树篱行走轨迹

当以乙处树篱作引导基准时,因边界变异很大,试验车的方向调整相对要频繁些;当遇到大的凹进处,调整幅度也大,但因在控制程序上已作处理,使转向动作平缓,无突兀感,试验车始终能够跟踪基准边界的变化,与其保持一定的侧边距。在丙处的试验表明,试验车可以沿着弧形边界自动拐弯行走。

这里所选择的 3 处树篱与实际田间作物极为相似:均有由枝叶或茎叶形成的柔软且不连续的边;收获时,生长良好的水稻或小麦的已割边比较清楚,与甲处树篱的边界相仿;而生长不良或管理不善的水稻或小麦往往稀疏不齐,缺棵漏行多,甚至倒伏,其已割边与乙处树篱的边界状况接近;有时因为田块形状不规则,农机作业时必须走象丙处树篱那样的弧形路线。经过在这 3 处树篱的试验,证明所设计的

FLC 是成功的,可以适应不同类型的植物边界,有可能在农业生产实际中用于联合收割机的自动对行控制。

4 结论

(1) 由于在计算机控制系统中应用了现场总线技术,通过公用总线将多个传感器、电液执行机构等与机载计算机相连,减少了现场连线和 I/O 接口数量,简化了网络结构。

(2) FLC 所选用的隶属函数简单,控制规则也不多,但仍能自动引导试验车沿复杂多变的树篱边界行走,所达到的控制精度对联合收割机作业时自动导航的要求来说是足够的。

(3) 虽然只采用了 2 个精确度不高的接触式传感器来检测试验车相对引导基准的方位,却仍能获得满意的控制结果,可见采用模糊逻辑控制之后,可以降低对传感器的要求。

参 考 文 献

- 1 Palmer R J, Matheson S K. Impact of navigation on farming. ASAE Paper No. 88-1602. ST. Joseph, MI: ASAE, 1988.
- 2 Cho S I, Ki N H. Unmanned combine operation using fuzzy logic control-graphic simulation. Applied Engineering in Agriculture, 1996, 12(2): 247~251
- 3 Ziteraya K, Yamahoso. Pattern recognition of farm products by linguistic description with fuzzy theory. Japan; Proceedings of 3rd fuzzy logic system of IFSA, 1987. 127~132
- 4 Zhang Q, Letchfield J B, Bentsman J. Fuzzy predictive control systems for corn quality control drying food processing automation. Proceedings of the 1990 conference. ASAE Pub. 2, St. Joseph, MI: ASAE., 1990. 313~320
- 5 Yamasita S. Examination of induction method of unmanned vehicle for greenhouse. Japan; Proceedings of 49th congress in Society of Farm Machinery, 1990. 273~274
- 6 Janhs G. Possibilities for producing course signals for the automatic steering of farm vehicles. In Automatic Guidance of Farm Vehicles. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. Rouse R D, editor., 1976. 3~8
- 7 于海业,马成林,并河清等.利用内部信息的农用自动引导行走车的研究(第3报)——农业环境内位置检测系统.农业工程学报,1997,13(3):43~47
- 8 Mandow A J, Gomez-de-Gabriel M, Martinez J L, et al. The autonomous mobile robot AURORA for greenhouse operation. IEEE Robotics & Automation Magazine, 1996, 3(4): 18~28
- 9 Billingsley J, Schoenfisch M. The successful development of a vision guidance system for agriculture. Computer and Electronics in Agriculture, 1997, 16(2): 147~163
- 10 Vetter A A. Quantitative evaluation of DGPS guidance for ground-based agricultural applications. Applied Engineering in Agriculture, 1995, 11(3): 459~464