农用车辆视觉导航系统的设计

赵博1,2,毛恩荣3,毛文华1,2

(1. 中国农业机械化科学研究院,北京 100083;2. 土壤植物机器系统技术国家重点实验室,北京 100083;3. 中国农业大学工学院,北京 100083)

摘要 分析了目前采用机器视觉进行农用车辆导航所存在的问题,提出在实际环境中农用车辆导航路径的可靠识别方法和相应的控制 方法,为开发研制实用型农用车辆视觉导航系统提供了重要的技术支持。

关键词 机器视觉:农用车辆:自动驾驶:导航

中国分类号 S22 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2010)16-08501-03

Design of Vision Navigation System of Agricultural Vehicle

ZHAO Bo et al (Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083)

Abstract The current existing problems in vision navigation system of agricultural vehicle were analyzed. The path recognition and control methods in the practical environments were proposed. This provided key technical supports for the development and manufacture of vision navigation system of agricultural vehicle.

Key words Machine vision; Agricultural vehicle; Autonomous driving; Navigation

目前,精细农业已成为农业信息技术应用的一个重要分支。其核心是用现代高新技术特别是信息技术来改造传统农业,在机械化的基础上,把地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、决策支持系统、传感技术进行集成,使作物生产更加科学,实现高效利用各种农业资源、保护生态环境的农业可持续发展目标。随着国际农业生产精细化的发展,对农业机械的自动化程度要求越来越高,实施以机械化、自动化、智能化为基础的精细农业战略是21世纪农业生产领域的一次重大革命。因此,对农业车辆自动驾驶的研究必将使驾驶员从繁重的工作中解放出来,提高生产效率和安全性,对符合我国国情的农业机械智能化、农业生产精细化提供有价值的理论和技术支持,有着重大指导意义。

自动驾驶农业车辆构建的困难主要在于定位系统和控制系统。在各种车辆引导方式中,利用识别路径周围环境的自动引导是最好的方式,也就是采用机器视觉系统。机器视觉系统在导航系统中主要任务是识别路线和检测障碍物,起到相对定位作用,它不仅工作性能优异,而且在识别路线时还能区分作物和杂草、检测病虫害,具有广泛适用性、功能多样性以及高性价比。

目前的研究一般只是针对正常环境的研究,局限性较大¹²⁻¹²,因此要实现真正意义上的自动导航就必须适应各种实际环境。农田中实际环境包括变光照环境、阴影环境、阴 雨天环境、刮风环境、作物行断垄环境、杂草环境等,利用传统方法难以可靠稳定导航。尽管可以通过加装近红外镜头来获取较好的图像质量,但是镜头价格昂贵,实际应用时成本过高。因此,研究在实际环境中拖拉机导航路径的可靠识别方法,对于提高拖拉机环境适应性和鲁棒性具有重要的意义,对提高农业生产效率同样具有重要意义¹³⁻¹⁵。

1 视觉导航系统的设计

1.1 总体设计 根据我国国情,采用机器视觉,在通用型轮

基金项目 国家"十一五"支撑计划项目(2007BAD89B04);国家"863" 高技术研究发展计划项目(2006AA10A305,2006AA10Z 254)。

作者简介 赵博(1981-),男,陕西西安人,博士,工程师,从事图像处理和机械设计研究。

收稿日期 2010-03-08

式拖拉机上建立了视觉导航的自动驾驶平台。笔者以我国北方地区玉米中耕为研究对象,通过农用车辆自动导航和机械自动控制完成中耕作业。研究的最终目标是设计并建立一套能对实际环境进行自动分类,并在实际环境下进行视觉导航的农用车辆,从而为精细农业提供有力的理论和技术支持,提高系统的实时性、精确性、鲁棒性和实用性。图 1 为该系统的初步硬件布置。

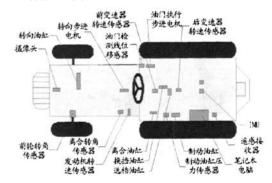


图 1 农用车辆自动驾驶系统硬件布置

Fig. 1 The hardware configuration of the autonomous driving system of agricultural vehicle

1.2 采取的技术措施 视觉导航系统在实际应用中,如变光照环境、阴影环境、阴雨天环境、刮风环境、作物行断垄环境、杂草环境等条件下,拖拉机难以可靠稳定地实现导航。 因此,研究在实际环境中拖拉机导航路径的可靠识别方法,对于提高拖拉机实用性有着重要的意义。

1.2.1 实际环境分类。

1.2.1.1 天气环境影响。

(1)变光照环境(正常光照、强光照、弱光照)。在农业车辆的导航中,导航路径识别算法对光照的适应性十分重要。因为每时每刻自然界的光照都在变化。时刻变化的阳光,对智能农业导航路径识别的可靠性和鲁棒性提出了考验。农业车辆如果要实现全天候导航,适应光照的变化至关重要。

(2)阴雨环境(阴天与小雨)。通过对阴雨天导航图像的观察,在雨中的土壤颜色会加深,使绿色作物和土壤之间

的反差减小,同时还会使图像模糊,从而加大了路径识别的 难度。

(3)刮风环境(风力大小)。通过对刮风环境的观察可 知,在风向不定时,导航路径会产生偏移,每次识别的路径都 不太一样, 这对农业车辆的自动控制提出了更高的要求。尤 其在风力较大时,农作物倾斜严重,对导航路径的识别算法 提出了更高的要求。

1.2.1.2 田间环境影响。

- (1)杂草环境。在农作物生长过程中,不可避免地会产 生杂草,由于同样是绿色植物,这对导航路径的识别会产生 较大干扰,尤其在垄间杂草较多时,导航路径很难分清 63。
- (2)断垄环境。断垄在田间是一种经常出现的情况,这 使得导航路径看起来不连续,出现残缺,使得导航路径的可

靠识别变得困难。

- (3) 阴影环境(作物自身和周边环境)。尽管在大面积 作业的农田中阴影较少,但是只要光线的照度足够强,农作 物和车辆自身以及树影等产生的阴影同样会干扰导航路径。 这些种类复杂的阴影增加了农业车辆路径识别的困难,往往 使农业车辆自主导航的可靠性下降。
- 1.2.2 路径识别算法分析。主要从图像的预处理、图像阈 值分割和特征提取(导航路径提取)3个方面进行研究分析, 预处理主要包括选择合适的彩色特征模型来突出农作物区 域以及图像滤波等:图像阈值分割是路径识别中最关键的一 步,分割图的效果直接影响路径信息的提取;特征提取一般 通过 Hough 变换原理直接给出导航参数(横向偏差和航向角 偏差)[17],如图2所示。

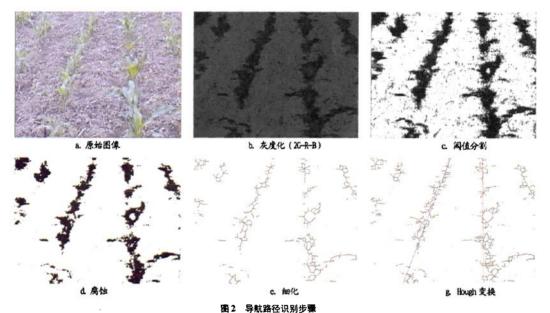


Fig. 2 The recognition procedure of navigation path

通过对实际环境的分析,要找到一种通用方法适应以上 各种环境是比较困难的,因此该研究拟针对具体问题分别对 不同环境设计不同的路径识别方法。

- 1.2.3 实际环境自动分类的方法研究。研究要解决的问题 实际上是导航环境的分类器问题。实际的导航环境是很复 杂的,各种光照、各种阴影、路径的模糊等情况往往相互重 叠,并且即使对于同一类环境,其内部又有许多变化,这些变 化之间的界线往往很复杂。可以利用神经网络很强的非线 性映射能力,通过存储在网络中的知识来对导航环境进行分 类。这样就将各种路径识别方法有机结合起来,形成一个识 别正常环境下导航路径的整体方法,从而保证拖拉机对环境 的适应性[18]。
- 1.2.4 智能控制方法的研究。控制系统的设计是农用车辆 导航技术的核心内容,当前国内对该领域研究仍处于初级阶 段,很多研究学者在建立车辆模型时往往为了简化计算对车 辆模型进行了多方面约束:如假设拖拉机在农田作业过程中 速度不变,不考虑轮胎侧偏特性的影响,不考虑不规则路面、 倾斜、湿滑路面对车辆模型的影响,不考虑作业形式对车辆

模型的影响等。然而,农田作业环境复杂多变,各种干扰的 发生是不可避免的,对于简化的模型来说,这必将导致瞬态 误差的增加。该研究将结合具体的作业形式,采用不依赖于 模型的智能控制方法,建立一个能够预防侧滑、侧倾等干扰 的鲁棒控制器,实现拖拉机对运动过程中出现的高度非线性 和大量随机干扰的自学习性和自适应性。

控制器的设计目标是通过对拖拉机行驶速度和转向角 的控制,使拖拉机对曲线的跟踪趋于收敛,即横向偏差和航 向角偏差趋于0,控制效果不受速度变化的影响,并且,根据 作业形式和作业环境的不同能够适应各种非线性干扰的影 响(主要是侧滑和侧倾的影响),模型具有自学习和自适应的 能力。具体控制策略:由感知模块和误差检测模块得到的误 差与给定的误差限进行比较,若得到的误差大于给定的误差 限,则进行纠偏,否则进行特征向量抽取,以及路径形式识别 与分类,然后依据路径的曲率类别,可以得到对应的拖拉机 跟踪曲线路径的转向角,该转向角是指定拖拉机上参考点处 的转向角。控制器以横向偏差和航向角偏差为输入,以拖拉 机的转向角和速度为控制输出。控制目的是当车辆运动偏

离目标路径时控制车辆沿预定的路径前进,无论拖拉机的初始位置如何,通过不断提取特征向量,与当前位姿进行比较,实时纠偏,使拖拉机平滑地接近目标路径,沿指定的目标路径前进。

根据提出的控制目标、考虑用模糊神经控制理论设计转向动力学模型控制器。神经网络和模糊控制均属于无模型的估计器和非线性动力学系统,也是一种处理不确定性、非线性的有力工具。两者都存在各自的优势和不足。模糊控制中知识的抽取和表达比较方便,比较适合于表达那些模糊或定性的知识,其推理方式类似于人的思维模式。但一般来说,模糊系统缺乏自学习和自适应能力,要设计和实现模糊系统的自适应控制是比较困难的。而神经网络却可直接从样本中进行有效的学习,具有并行计算、分布式信息存储、容错能力强以及自适应学习功能等优点,但一般来说,神经网络不适于表达基于规则的知识,因此在对神经网络进行训练时,由于不能很好地利用已有的经验知识,常常只能将初始权值取为0或随机数,从而增加了网络的训练时间或者陷入非要求的局部极值。该研究欲将二者充分结合,设计出一种能够更好地满足控制要求的控制器(图3.4)。

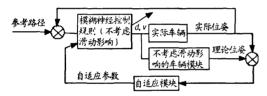


图 3 复杂路面跟踪控制方法一

Fig. 3 Control method 1 for the complicated path tracking

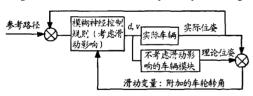


图 4 复杂路面跟踪控制方法二

Fig. 4 Control method 2 for the complicated path tracking

2 结语

目前,该系统的总体设计和绝大部分的零部件制造已经完成,可以在田间实际行驶和采集图像,整车测试和各执行机构控制软件设计正在进行中。该系统的研究工作将为独立自主地研究符合我国国情的精细农业提供有价值的理论和技术支持。

参考文献

- [1] 刘刚. 精细农业的技术组成、决策分析及在我国的应用实践[J]. 农业现代化研究,2000,21(1):55-62.
- [2] BJORN ASTRAND, ALBERT-JAN BAERVELDT. An agricultural mobile robot with vision-based perception for mechanical weed control [J]. Autonomous Robots, 2002, 13:21 – 35.
- [3] SANCHIZ J M, MARCHANT J A, PLA F, et al. Real-time visual sensing for task planning in a field navigation vehicle [J]. Real-time Imaging, 1998, 4:55 - 65.
- [4] PINTO F A C, REID J F, ZHANG Q, et al. Vehicle guidance parameter determination from crop row images using principal component analysis[J]. J Agric Eng Res, 2000, 75:257 ~ 264.
- [5] DEBAIN C, CHATEAU T, BERDUCAT M, et al. A guidance-assistance system for agricultural vehicles [J]. Computers and Electronics in Agriculture. 2000, 25:29 – 51.
- [6] TORII T. Research in autonomous agriculture vehicles in Japan[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25(1/2):133-153.
- [7] CHO S I, KI N H. Autonomous speed sprayer guidance using machine vision and fuzzy logic [J]. ASAE, 1999, 42(4):1137-1143.
- [8] REID JOHN F, ZHANG Q, NOBORU NOGUCHI, et al. Agricultural automatic guidance research in North America [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25:155 – 167.
- [9] BENSON E R, REID J F, ZHANG Q. Machine vision-based guidance system for agricultural grain harvesters using cut-edge detection [J]. Automation and Emerging Technologies, 2003, 86;389 398.
- [10] 周俊, 姬长英. 基于视觉导航的轮式移动机器人横向最优控制[J]. 机器人,2002,24(3);209-212.
- [11] 杨为民,李天石,贾鸿社,农业机械机器视觉导航研究[J].农业工程 学报,2004,20(1);160-165.
- [12] 袁佐云. 基于计算机视觉的作物行中心线识别研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.
- [13] 王荣本、纪寿文、初秀民、等、基于机器视觉的玉米施肥智能机器系统设计概述[J]、农业工程学报、2001、17(2):151-154.
- [14] 张方明, 应义斌 机器视觉在农业车辆导航系统中的研究进展[1]. 农业机械学报, 2005, 36(5); 133-136.
- [15] 宋正河,吕安涛,陈文良,等.拖拉机自动驾驶系统的研究[J].拖拉机 与农用运输车,2005(3):1~5.
- [16] 毛文华, 黄红花, 胡小安, 等. 基于位置特征的行间杂草识别方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(11):74 76.
- [17] 赵博,朱忠祥,宋正河,等. 农用车辆视觉导航路径识别方法的研究 [J]. 江苏大学学报: 白然科学版, 2007(6):482-486.
- [18] TILLETT N D, HAGUE T, GRUNDY A C, et al. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision[J]. Biosystems Engineering, 2007, 26:1-8.

(上接第8459页)

- [18] KALRA S P, DUBE M G, PU S, et al. Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight [J]. Endocr Rev, 1999, 20:68 - 100.
- [19] BAILE C A, MCLAUGHLIN C L. Mechanisms controlling feed intake in runninants; a review [J]. J Anim Sci, 1987,64:915-922.
- [20] MINER J L. Recent advances in the central control of intake in ruminants [J]. J Anim Sci.,1992,70;1283 – 1289.
- [21] 许东有. 肉牛短期育肥应注意的问题[J]. 畜牧与饲料科学,2008,29 (1);79.
- [22] 常永梅. 青海省肉牛的发展现状与对策[J]. 备牧与饲料科学,2009,30(2):114.
- [23] 段清伟, 赵增峰, 曹文文. 河北省肉牛业发展的现状及存在的问题 [J]. 畜牧与饲料科学, 2009,30(3);114-116.
- [24] 辛梅英. 南德温肉牛杂交改良效果测定[J]. **备**牧与饲料科学,2009,30 (4); 153-154.