

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,尤其在茎间杂草较多时,导航路径很难分清^[16]。

(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。

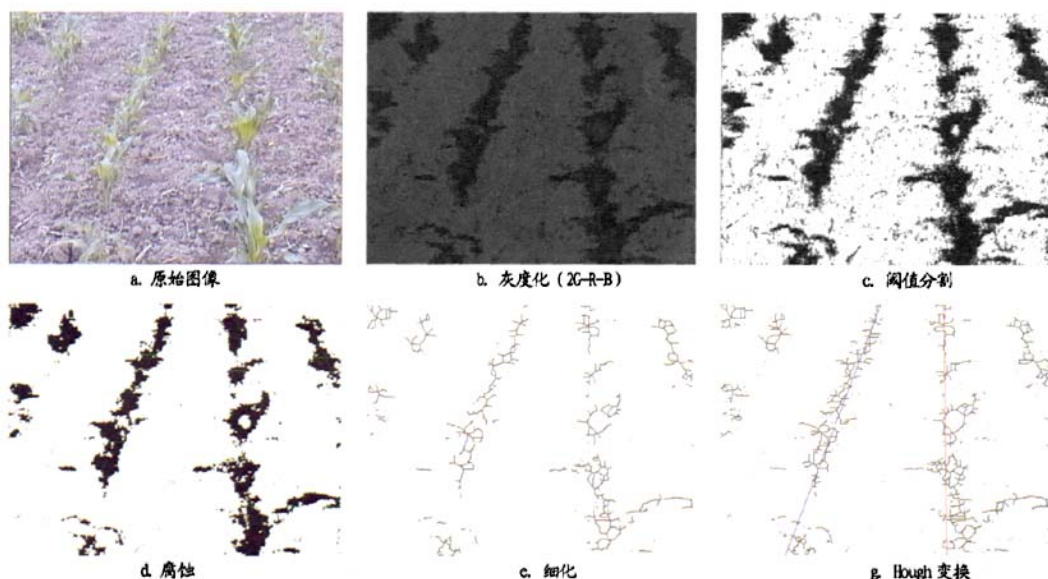


图2 导航路径识别步骤

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的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)。

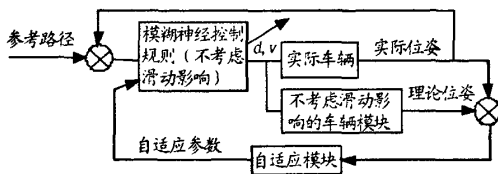


图 3 复杂路面跟踪控制方法一

Fig. 3 Control method 1 for the complicated path tracking

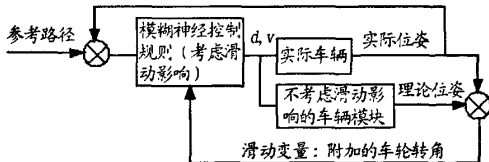


图 4 复杂路面跟踪控制方法二

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. 农业机械机器人视觉导航研究[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[J]. 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, 袁红花, 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: 自然科学版, 2007(6): 482-486.
- [18] TILLET 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] KAIRA 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 ruminants: 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]. 畜牧与饲料科学, 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]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(4): 153-154.