

自动驾驶系统在农业中的应用及果园适用性分析

慕军营, 戚树腾, 陈 军, 马 阳, 王峰霞

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 自动驾驶作为现代智能农业车辆的一个重要组成部分, 有着广阔的发展前景。为此, 综合分析了国内外接触式导航、电磁导航、机械导航、超声波导航、激光导航、GPS 导航、视觉导航, 以及多传感器融合技术研究进展及在农业车辆的应用现状, 并分析了各种导航方式应用于果园机械中的可行性及存在的问题, 提出了今后果园智能机械主要的导航方式以及果园导航机械设计研究过程中需要考虑的问题。

关键词: 农业机械; 果园; 导航; 激光; GPS; 机器视觉; 多传感器融合

中图分类号: S126

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2014)07-0006-07

0 引言

自动驾驶作为农业移动机器人研究的一个重要组成部分, 是集计算机、电子通信、自动控制为一体的综合性技术, 主要内容包括: 机器人周围环境的感知、导航路径的规划、机器人模型的建立及转向控制^[1]。通过导航系统对周围环境的感知, 机器人能够实现实时精准定位, 完成多项农业活动。

近年来, 随着工业化进程的加快以及人口老龄化问题的日益凸显, 现代化智能装备的研究变得更加迫切。同时, 越来越多的农村劳动力向城市转移, 进一步导致了农村有效劳动力的急剧减少, 以自动驾驶为首的农业机器人很大程度上能够解决此类问题。除此之外, 实现农业车辆的自动驾驶可使驾驶员从繁重的工作中解放出来, 减少疲劳、提高生产效率、增加应用精度和操纵安全性, 还可减少重复作业, 从而降低成本、提高农产品质量、避免某些作业给人身带来的危害^[2], 对我国农业车辆的智能化、农业生产精细化有着重大的促进作用。

我国作为水果生产大国, 果树的种植、管理以及果实的采收等工序机械化程度低并且设备单一、劳动强度大、成本高。针对这一现状, 研究符合我国国情的果园机械化相关理论、开发适合于果园作业的先进装备势在必行^[3]。基于果园非机构化环境, 虽有众多学者一直致力于果园智能化机械的研究开发, 但是采

用何种方式才能更加理想、更加精确地实现果园机械自动驾驶一直都是学者争论的焦点。

目前, 应用于农业机械的主要导航方式有机械接触式导航、预埋引导电缆的有线导航、机械导航、超声波导航、激光导航、GPS 导航、机器视觉导航, 以及基于多传感器融合技术的导航^[4]。本文总结了这几种主要导航方式的研究进展及优缺点, 并分析了各种导航方式应用于果园机械中的可行性以及存在的问题, 提出了今后果园智能化机械主要的导航方式, 为果园移动机器人导航系统的研究提供参考。

1 研究概况

1.1 机械接触式导航

接触式导航系统包括接触式传感器和导航控制两部分^[5]。其具有机构简单、成本较低、易维护、可靠性高及在行间作业过程中具有实用性且易于推广等优点。

KTBL 开发了一种 3 行作物旋耕机, 配备了一个自动转向装置, 可用于地垄除草和地垄播种^[6]; 通过传感器与地垄接触, 追踪地垄路径, 使拖拉机沿地垄一侧行驶实现自动驾驶。这种导航方式能避免导航机构碰撞农作物; 但用于垄间作业且转向角度在梯度大于 6% 的倾斜地面上作业时, 传感器引起的偏差很难满足精度要求。目前, 我国在机械接触式导航方面的研究比较少, 何卿等设计了双层接触式导航控制系统^[7], 以触杆转角为输入、前轮转角为输出设计了模糊控制器; 并采用带非线性补偿的 PID 控制器实现对拖拉机前轮转向角的控制。试验结果显示, 在速度小于 1m/s 时, 该导航控制算法响应快、稳定性好, 能满足玉米秸秆行间作业要求; 但是偏差随拖拉机行驶速

收稿日期: 2013-06-10

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项 (ZD2013015)

作者简介: 慕军营 (1985-), 男, 河南叶县人, 硕士研究生, (E-mail) lvxing365@gmail.com。

通讯作者: 陈 军 (1970-), 男, 宁夏固原人, 教授, 博士。

度增加而增大,限制了导航控制系统的效率。

机械接触式导航虽然有众多优点,但不能用于非接触式环境,且传感器容易受周围介质的影响,精确度不高。在果园特殊环境中,接触式传感器正好可以与果树接触受力实施导航;但是由于果树行间距比较大,这就要求接触式传感器的触角有足够的长度,这必将增加传感器的导航误差,也不能满足果园狭小地头空间环境下实施转弯进入下一行作业。同时,由于果园环境复杂,杂草较多、干扰较大,果树的缺失也会严重影响导航的稳定性,所以机械接触式导航在果园中应用的可能性不大。

1.2 电磁导航

电磁导航又称为预埋引导电缆的有线引导,将电缆埋设于车辆经过的道路上,通过检查磁场获得自己的位置,具有技术简单、可靠性强、使用寿命长等优点^[8]。

Torii T 等研制了无人驾驶的果树喷雾机器人^[9],由埋设在地下 0.3m 的电缆诱导,利用模糊控制算法完成无人化作业。该机器人已经应用于果园作业,避免了操作者与农药的直接接触;但是导航误差较大,导航精度有待提高。郭丽君^[10]研制开发了一种温室移动机器人导航系统,通过埋设在田间的通有高频电流的导线产生诱导信号,利用一对电磁感应传感器的信号电压差值判断机器人位置;采用模糊控制算法规划行驶路径,实现了温室移动机器人的自动行走。该系统实时性强,可靠性高;但试验是在室内环境下进行,转弯精度和行驶速度需进一步提高。宋健等^[11]研制了电磁诱导式导航系统,诱导信号依旧由埋设在田间的通有高频电流的导线产生,采用 PID 算法规划导航路径。试验结果显示,直线和转弯精度有明显的提高,能够满足喷雾机器人的导航要求;但是依旧没有脱离实验室环境,需进一步优化控制算法,以提高导航精度。

电磁导航在大型农田应用的成本较大,不能满足高速工作要求。在果园中,有少数学者基于该种导航原理开发了果园植保机械^[12-13];但实际应用中,由于电缆铺设和维护较为困难,结构和位置计算复杂,其相应的工作大多处于研究阶段,结果测试也只是在实验环境下进行,要实现真正意义上的应用依旧比较困难。

1.3 机械导航

机械导航是基于物理轨道的移动机器人导航系统,具有机构简单、稳定性高、维护方便等优点。

Gabriely Y 等开发了一款适用于山地果园的多用

途单轨车^[14],该车辆通过连接车厢、施肥机、除草机等设备能够在超过 30° 的坡道实施各种果园作业,有效降低了劳动力;但是单轨车辆的操作依旧需要人工进行,没有实现劳动力的完全解放。日本生研中心开发出了基于管道导航的植保机器人^[12],在果园铺设聚乙烯管道,辅助诱导轮沿管道前进实现无人驾驶作业。该机器人在日本已投入使用,但只能适用于转弯半径 1m 以上、坡度小于 6° 的果园。针对坡度较大的果园,孙同彪等介绍了一种山地果园单轨运输车^[15],在坡地上铺设固定支架,通过牵引车上的驱动齿轮与轨道的齿条啮合,实施 60° 以下坡道的运输作业。该车辆可实现无人操作,在坡度较大的轨道上运行也比较安全;但该车辆的最小转弯半径需要 4.5m,对需要较小转弯半径的果园有很大的局限性。针对行距为 4m 的苹果园,朱磊磊等开发了基于曲柄滑块机构的导航机器人^[16];转弯管道半径铺设成 2m,导向轮与橡胶管道啮合,利用模糊 PID 控制器控制机器人沿预定铺设轨道行驶。该导航机器人跟踪稳定、转向迅速、精度较高;但实验依旧是在模拟果园环境下进行,是否满足环境复杂的果园需求,需进一步的验证。

机械导航需在田间铺设运行轨道,导航机械运行速度较低,导致作业效率不高。机械导航在果园环境中相对研究的比较早,众多学者研究了能够实现自动喷药和搬运的果园植保机器人^[17-18];但局限于在果园铺设导航轨道成本较高,最小转弯半径也有一定的限制。

1.4 超声波导航

超声波导航具有结构简单、安装使用方便、成本低、抗电磁干扰能力强、不受光线烟雾影响,以及时间信息直观等特点。

Lida 等开发了车辆跟随系统^[9],通过超声波和红外传感器引导车辆自动跟随,实现了一人控制多台机器同时作业,提高了工作效率;但是针对国内分块式的土地结构其应用具有很大的局限性。张银霞等设计了一种基于超声波定位的导航系统^[20],利用被测点超声波传感器与应答点之间对射超声波实现测距,对数据进行采集和处理,实现空间定位。该定位系统具有成本低、易于安装、体积小、抗干扰能力强等优点;但是当温度变化比较大时,需要设置温度补偿装置,增加了硬件系统的复杂性。赵杰等提出了基于超声波绝对定位的导航策略^[21],该导航策略能实时精确定位,实时调整移动机器人的航向与速度;但是该导航策略在跟踪移动目标物时精度较低。

超声波传感器易受温度的影响,如果测距精度要

求很高,则需要通过温度补偿加以校正。同时,超声波传感器捕获的信息量相对较少、感知信息存在较大的不确定性等缺点,其在果园导航机械上的应用也有一定的局限性。

1.5 激光导航

激光导航技术具有测量距离远、精度高,能以较高频率提供大量准确的距离信息等优点,在农业机械自动导航研究中得到了广泛的应用^[22]。

Hamner B 等以 LMS291 激光扫描仪作为导航传感器^[23],开发了一款用于果园的多用途自主移动机器人-APM,使用激光扫描测距仪探测树和其周围的其他物体,旋转编码器测量车轮距离和转向角,实现车辆自动导航。该移动机器人在地头转弯比较急时,由于树冠阻挡了较远的树行,只能提供给导航控制器很少的数据,造成系统不稳定。Barawid O C 等利用二维激光扫描仪开发了应用于果园的自动导航系统^[24],激光扫描仪安装在拖拉机上,霍夫变换作为树行识别算法,实施自动导航。该导航系统在低速时能够满足果园环境的实时要求;但是当速度增加时,横向和航向偏差也迅速增加,稳定性、精度也随之降低。陈军等^[25]以激光扫描仪为导航设备,设计了果园自动导航比例控制器,提出了基于激光扫描提取果树信息,采用最小二乘法进行路径规划,并进行了实车试验。结果表明,系统能够快速、准确采集果树的位置信息,具有一定的可靠性和实用性;但是该研究未考虑拖拉机行走时的侧偏和地面状况等因素影响,且对树行对称性要求比较高。

激光多用于移动机器人的避障,在果园环境下,果树恰好可以看成障碍物,因此可以利用激光扫描获取的果树位置数据作为导航信息,实施路径规划,实现果园环境下移动机器人的自动导航。目前,研究果园机械的自动导航,多以激光扫描仪作为导航传感器^[26-27];但激光扫描仪也存在着获取障碍物特征信息不完整,在障碍物缺失的情况下无法获取导航信息等缺点。因此,单独采用激光扫描仪实施导航在非结构化的果园环境中仍有局限性。

1.6 GPS 导航

GPS 技术是 20 世纪 70 年代由美国研制的空间卫星导航定位系统,具有全球、全天候工作,定位精度高,操作简便等优点。近年来,随着精度的不断提高以及应用成本的下降,GPS 技术在农业智能机器人和农车辆的自动导航定位等方面得到了广泛的应用^[28-30]。GPS 主要可分为 DGPS(差分 GPS 定位技术)和 RTK-GPS(实时动态 GPS 定位技术);DGPS 能

达到亚米级的精度,RTK-GPS 能达到厘米级的精度^[31]。

Alonso-Garcia S 等评价了用于农业拖拉机自动导航的低成本 GPS 接收器^[32],GPS 安装在拖拉机上,通过 3 个不同的控制算法进行拖拉机自动导航性能的评价,该接收器的相对误差随时间降低。国内学者对于 GPS 导航的研究多集中于南方水稻种植机械的研发。郭娜等设计与 GPS 导航相配合的插秧机作业控制系统^[33],根据处方图的要求实现栽插作业和行驶速度的自动控制。该系统能够正确执行既定的插秧任务;但是插秧机速度控制的调整时间随着设定值的加大而增加,限制了其实际工作效率。伟利国等以 XD-NZ630 型水稻插秧机为试验平台^[34],通过 GPS 接收机与车载传感器获取车辆姿态信息,采用 PID 控制方法,构建转向闭环控制系统,实现插秧机行间自动导航及地头转向。该导航系统在低速行驶时,完全可以满足插秧作业精度要求;但是在地头转向和直线的衔接处出现较大的跟踪误差。

GPS 导航虽然优点较多,国外研究成果较为成熟,但是容易受到环境因素的影响,使得精度和可靠性降低,同时由于 GPS 应用的费用较高,在我国一家一户小地块的土地背景下限制了其在农业工程中的使用。在果园特殊环境中,GPS 需要接收卫星信息,由于树冠密集,信号很容易被遮挡造成丢失,无法完成果园机械的自动导航,目前单一的利用 GPS 实施果园机械的导航存在很大的局限性,但是在田间地头转弯时可以利用 GPS 接收信息,实施精确转弯,从而利用多传感器融合实现果园环境下的自动导航。

1.7 机器视觉导航

随着计算机技术、图像采集技术、图像传感器和图像处理算法的不断改进,基于机器视觉导航的灵活性、实时性和导航精度,特别是机器视觉图像收集的信息量丰富、范围宽、目标信息完整,能够为农业生产活动提供较多的有用信息。国内外学者进行了基于机器视觉的移动机器人导航系统的研究,提出了视觉导航路径的多种算法^[35-38]。

Ayala M 等提出了一种农业环境中使用的移动机器人视觉控制系统^[39],通过对视觉图片的处理获得透视线来定位导航路线,利用统计技术来进行图片的分割,运用 Hough 变换来拟合导航路径,具有很好的稳定性。Kaizu Y 和 Imou K 研究开发了一种能够检测稻田中水稻幼苗作物行的双目视觉系统^[40],采用一对装备有不同光谱滤波器的黑白摄像机,通过匹配近红外图像与红色分量,可以在多云天气下从早晨到傍晚连

续工作。李明等^[41]利用全方位视觉传感器提供周围 360°范围内信息的图像,通过全方位图像准确获取物体方向角,基于此研发了一种由全方位视觉传感器、人工标识、PC 机、PC 软件和作业车构成的可以实现农业机械自动导航的定位系统。室内实验表明,该定位系统是可行的;但是室外光线对视觉传感器的影响比较明显且在实验中未考虑实际应用中车辆振动、地面倾斜等造成误差的补偿。李茗萱等针对现有导航线提取算法易受外界环境干扰和处理速度较慢等问题^[42],提出一种基于图像扫描滤波的导航线提取方法,借助于图像处理算法提取导航基准线。实验表明,该算法计算速度快、适应能力强,但只适用于行间或垄间作业。

机器视觉导航固然研究比较多,技术较为成熟,但是系统对设备性能要求比较高,存在图像处理易受自然光线等外界条件的干扰、图像处理算法的速度比较慢等缺点。在果园环境中,机器视觉也可作为主要的导航方式,国内外学者也做了相关研究^[43-44]。由于非结构化的复杂环境,视觉传感器容易受到环境噪音信号的影响和作物缺失造成图像信息缺失,导致存在实时性问题,系统适应性也较差,单一的采用视觉实现果园机械的导航,很难满足实际应用;但基于机器视觉图像收集的信息量丰富,在果园环境中,可作为辅助的导航方式,融合其他导航策略,实施果园环境下的精确导航。

1.8 基于多传感器融合技术的导航

多传感器融合技术是指利用多个传感器共同工作,得到描述同一环境特征的冗余或互补信息,再运用一定的算法进行分析、综合和平衡,最后取得环境特征较为准确可靠的信息^[45]。

单一传感器由于本身的一些不足,加之复杂的农业生产环境,很难满足导航系统所要求的精度和可靠性。把一些传感器组合起来,将它们各自产生的有用信息进行融合,以便获得更加完善的环境信息,最终实现以较低的成本构建高可靠性、稳定性、灵活的导航系统,这在现代车辆导航以及避障的研究实践中得到了广泛的应用^[46-47]。

Nirmal Singh N 等设计了一种两层架构的移动机器人导航控制系统^[48]:视觉传感器被设置在第 1 层,作为主要传感器获取导航信息;红外传感器被设置在第 2 层,用于移动机器人在动态环境中的避障。此算法在实验环境中取得了很好的结果;但实验多是在随机噪声较少的室内环境中完成,果园环境较为复杂,算法的实用性有待检验。Subramanian V 通过融合视

觉信息、激光扫描信息、惯性导航信息以及超声波传感器信息获得导航参数^[49],引导机器人安全通过柑橘园;但此系统结构较复杂,且没有提供一种地头转弯策略。王一强等设计了一种基于 CCD 摄像头、RFID 传感器、电子罗盘、声纳等多种传感器的自动引导车系统^[50],通过使用基于数据流处理的系统构架提升了整个系统的实时性,在降低复杂度的基础上大幅度提升了自动导航的精度和稳定性;但是对运行环境要求严格,图像识别还需进一步完善。陈艳等构建了一个基于 GPS 和机器视觉的多传感器组合导航定位系统^[51],采用 GPS 获取导航车的绝对位置信息、航向角度和行驶速度,机器视觉通过图像处理获取导航基准线,利用无迹卡尔曼滤波器对获得的信息进行滤波。此方法克服了使用单一传感器进行定位的弊端,但试验是在校内模拟环境下进行。

多传感器融合技术虽然能够获取较多的信息,但是有效地进行信息融合还需进一步的研究。同时,传感器的精度、信息获得和处理的速度以及传感器的抗干扰能力都会对自动导航产生很大的影响。在果园自动导航研究中,多传感器融合可以避免单一传感器产生的导航信息不完全以及导航精度不高等缺陷。因此,近年来国内外学者基于多传感器融合进行果园机械导航的研究发展迅速,不断涌现出新的传感器融合技术,为开发高精度低成本的果园导航机械奠定了基础。

2 果园机械导航发展趋势及问题分析

2.1 果园机械导航发展趋势

随着国际精细农业的发展,对农业机械的自动化、智能化程度要求越来越高。果园机械的自动导航作为智能化农业装备的一部分,受到越来越多的学者关注,近年呈现快速发展的趋势。通过以上分析,适用于农业机械的众多导航方式中,由于果园复杂环境的限制,其应用具有一定的局限性。

机械接触式导航由于干扰较大,不适用于果园导航;电磁导航由于电缆铺设和维护比较困难,在果园机械导航中的应用也有很大的局限性;机械导航铺设轨道成本较高,限制了其在果园导航中的使用;超声波导航检测信息误差较大,不适用于结构复杂的果园环境;激光扫描仪在果园机械的自动导航中,可以获取果园的位置信息,但是也存在获取障碍物特征信息不完整的缺陷。GPS 作为一种成熟的导航方式,已在大田中得到广泛的应用,在果园环境中,树冠密集,阻隔了 GPS 信号的传输,无法独立的完成自动导航;但

可以为地头转弯提供准确的数据点信息,生成转弯路径。机器视觉导航技术已较为成熟,但是由于果园的非结构化环境以及果树缺失,都将影响视觉导航的稳定性和导航精度。由于机器视觉图像收集信息量丰富,在果树行间导航时,机器视觉可探测树冠信息,辅助激光扫描仪,实现果树行间比较完善的信息采集,实施果园环境下的精确导航。多传感器融合技术作为一种新兴的导航技术发展迅速,通过多传感器融合避免了单一传感器产生的导航信息不完整以及导航精度不高等缺陷。在果园复杂环境中,通过选用合适的传感器进行信息融合,能够在低成本的前提下,实现果园机械的精确导航,是今后果园机械智能化发展的主要导航方式。

2.2 果园机械导航设计的关键问题

1) 目前,自动驾驶系统的研究多数只是针对实验环境,局限性较大,实现真正意义上的自动驾驶就必须满足果园中的各种复杂环境(变光照环境、阴雨天环境、杂草环境,果树缺失等)。为此,研制的导航机械必须在实际果园环境中进行测试,不断进行完善与优化。

2) 自动驾驶的研究工作应该根据我国果园的实际情况,研究开发低成本的小型自动驾驶系统。

3) 果园机械导航设计过程中,不仅要注重导航方式的合理选择,还需要进行控制算法和融合算法的优化研究,进一步提高导航控制的精度和稳定性。

3 结论

随着自动驾驶技术在果园中应用的不断发展和完善,基于信息采集比较完善的多传感器融合技术的优越性逐渐凸显,将会成为今后果园机械优先选择的导航方式。

通过对以上各导航方式的分析,激光导航能够很好地获取果树位置信息,生成基本的导航路径。机器视觉能够进行行间信息的采集,完善激光扫描获取障碍物特征信息不完整、障碍物缺失情况下无法获取导航信息的缺点,修正导航路径。果园地头基于无树冠影响,GPS 能够准确地获取数据点信息,生成精确的转弯路径,实施地头转弯。因此,通过激光扫描仪、机器视觉和 GPS 进行多传感器融合实现果园机械的自动驾驶,将会进一步提高导航精度,降低系统设计成本。

参考文献:

[1] 李建平,林妙玲.自动驾驶技术在农业工程中的应用研究进展[J].农业工程学报,2006,22(9):232-236.

[2] L Feng,Y He. Study on dynamic model of tractor system for automated navigation applications [J]. Journal of Zhejiang University: Science, 2005, 6A(4): 270-275.

[3] 蒋浩然,陈军,王虎,等. 移动机器人自动驾驶技术研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(12): 207-213.

[4] 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): 161-165.

[5] 何卿,高焕文,李洪文. 接触式拖拉机导航控制系统 [J]. 农业机械学报, 2008, 39(1): 97-101.

[6] Keicher R, Seufert H. Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25(1-2): 169-194.

[7] 何卿,高焕文,李洪文. 接触式拖拉机导航控制系统 [J]. 农业机械学报, 2008, 39(1) 97-101.

[8] 近藤直,门田充司,野口伸. 农业机器人: I. 基础与理论 [M]. 孙明,李民赞,译. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 143-144.

[9] Torii T. Research in autonomous agriculture vehicles in Japan [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25(1-2): 133-153.

[10] 郭丽君. 基于 LabVIEW 的温室移动机器人导航系统 [J]. 农机化研究, 2011, 33(3): 182-185.

[11] 宋健,张宾,张铁中. 电磁诱导式喷雾机器人导航系统 [J]. 农业机械学报, 2005, 36(12): 91-94.

[12] 近藤直,门田充司,野口伸. 农业机器人: II. 机构与实例 [M]. 孙明,李民赞,译. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 202-203, 210-211.

[13] Tosaki K, Miyahara S, Ichikawa T, et al. Development of microcomputer controlled driverless air blast sprayer (Part1), Unmanned Traveling System [J]. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 1996, 58(6): 101-110.

[14] Gabriely Y, Rimón E. C-space characterization of contact preserving paths with application to tactile-sensor based mobile robot navigation [C]// 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Pasadena, CA: IEEE, 2008: 1792-1797.

[15] 孙同彪,洪添胜,陈银清,等. 山地果园单轨运输车的应用及性能分析 [C]// 中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集, 重庆, 2011: 1-6.

[16] 朱磊磊,陈军,白晓鸽,等. 基于曲柄滑块机构原理导航的农业机器人设计 [J]. 农业机械学报, 2009, 40(S1): 33-36.

[17] 陈银清,洪添胜,孙同彪. 山地果园单轨货运机的最小转弯半径及最大承载量分析 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(S1): 50-56.

[18] Yamamoto S, Kanamitsu M, Ajiki K, et al. S-shaped multi-purpose monorail for hillside orchards [J]. Japq-Japan Ag-

- ricultural Research Quarterly, 2007, 41(2): 147-152.
- [19] 张俊峰, 李敬亚, 张衍林, 等. 山地果园遥控单轨运输机设计[J]. 农业机械学报, 2012, 43(2): 90-95.
- [20] 张银霞, 魏振春, 张儒瑞, 等. 基于超声波定位的机车监控与导航系统[C]//全国第 20 届计算机技术与应用(CACIS)学术会议. 南宁: 中国仪器仪表学会, 中国系统仿真学会, 2009: 1057-1060.
- [21] 赵杰, 蒋林, 闫继宏, 等. 超声波绝对定位的全方位移动机械手导航研究[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(3): 337-341.
- [22] Ahamed T, Tian L, Takigawa T, et al. Development of auto-hitching navigation system for farm implements using laser range finder [J]. Transactions of the ASABE, 2009, 52(5): 1793-1803.
- [23] Hamner B, Singh S, Bergerman M. Improving orchard efficiency with autonomous utility vehicles [C]// 2010 ASABE Annual International Meeting. Pittsburgh, Pennsylvania. ASABE, 2010: 4670-4685.
- [24] Barawid O C, Mizushima A, Ishii K, et al. Development of an autonomous navigation system using a two-dimensional laser scanner in an orchard application [J]. Biosystems Engineering, 2007, 96(2): 139-149.
- [25] 陈军, 蒋浩然, 刘沛, 等. 果园移动机器人曲线路径导航控制[J]. 农业机械学报, 2012, 43(4): 179-183.
- [26] Mendez V, Catalan H, Rosell J R, et al. SIMLIDAR -Simulation of LIDAR performance in artificially simulated orchards [J]. Biosystems Engineering, 2012, 111(1): 72-82.
- [27] 刘沛, 陈军, 张明颖. 基于激光导航的果园拖拉机自动控制系统[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 196-199.
- [28] Gomez-Gil J, Alonso-Garcia S, Gomez-Gil F J, et al. A Simple Method to Improve Autonomous GPS Positioning for Tractors[J]. Sensors, 2011, 11(6): 5630-5644.
- [29] Hamada Y, Matsuo Y, Yamashita T. Agricultural Vehicle Navigation System: Development of a Guidance Information Display[J]. Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly, 2009, 43(3): 187-192.
- [30] Perez-Ruiz M, Carballido J, Aguera J, et al. Assessing GNSS correction signals for assisted guidance systems in agricultural vehicles [J]. Precision Agriculture, 2011, 12(5): 639-652.
- [31] 李建平, 林妙玲. 自动驾驶技术在农业工程中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 232-236.
- [32] Alonso-Garcia S, Gomez-Gil J, Arribas J I. Evaluation of the use of low-cost GPS receivers in the autonomous guidance of agricultural tractors [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2011, 9(2): 377-388.
- [33] 郭娜, 胡静涛, 王鹤. 基于 GPS 导航的插秧机作业控制系统[J]. 农业机械学报, 2013, 44(1): 200-204.
- [34] 伟利国, 张权, 颜华, 等. XDNZ630 型水稻插秧机 GPS 自动导航系统[J]. 农业机械学报, 2011, 42(7): 186-190.
- [35] Tang J, Jing X, He D, et al. Visual navigation control for agricultural robot using serial BP neural network [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(2): 194-198.
- [36] 马红霞, 马明建, 马娜, 等. 基于 Hough 变换的农业机械视觉导航基准线识别[J]. 农机化研究, 2013, 35(4): 37-39, 43.
- [37] Ren Y, Yuzhi T, Yang H, et al. Visual navigation of cucumber picking robot based on fuzzy control [J]. Journal of Jiangsu University Natural Science Edition, 2009, 30(4): 343-346.
- [38] Griffin T. Whole-farm benefits of GPS-enabled navigation technologies [J]. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, 2009(4): 2094-2106.
- [39] Ayala M, Soria C, Carelli R. Visual Servo Control of a Mobile Robot in Agriculture Environments [J]. Mechanics Based Design of Structures and Machines, 2008, 36(4): 392-410.
- [40] Kaizu Y, Imou K. A dual-spectral camera system for paddy rice seedling row detection [J]. Comput Electron Agric, 2008, 63(1): 49-56.
- [41] 李明, 李旭, 孙松林, 等. 基于全方位视觉传感器的农业机械定位系统[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 170-174.
- [42] 李茗萱, 张漫, 孟庆宽, 等. 基于扫描滤波的农机具视觉导航基准线快速检测方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(1): 41-47.
- [43] Torres-Sospedra J, Nebot P. Visual outdoor path planner for orange groves based on ensembles of neural networks [C]//2011 8th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. Setubal, Portugal. ICINCO, 2011: 223-228.
- [44] 袁池, 陈军, 武涛, 等. 基于机器视觉的果树行中心线检测算法研究[J]. 农机化研究, 2013, 35(3): 37-39, 45.
- [45] 周俊, 姬长英. 自主车辆导航系统中的多传感器融合技术[J]. 农业机械学报, 2002, 53(5): 113-116.
- [46] Liu P Z, Bi S S, Zang G S, et al. Obstacle Avoidance System for Agricultural Robots Based on Multi-sensor Information Fusion [C]//2011 International Conference on Computer Science and Network Technology. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2011: 1181-1185.
- [47] Jingtao H, Lei G, Hechun H, et al. Design and development of an experiment platform for study on agricultural machine-

- ery navigation technology [J]. International Agricultural Engineering Journal, 2011, 20 (2): 30-35.
- [48] Singh N N, Chatterjee A, Chatterjee A, et al. A two-layered subgoal based mobile robot navigation algorithm with vision system and IR sensors [J]. Measurement, 2011, 44 (4): 620-641.
- [49] Subramanian V, Burks T F, Dixon W E. Sensor fusion using fuzzy logic enhanced Kalman filter for autonomous vehicle guidance in citrus groves [J]. Transactions of the ASABE, 2009, 52 (5): 1411-1422.
- [50] 王一强, 王视鑫, 冯瑞. 基于多传感器融合的自动导引车系统设计与控制策略[J]. 计算机应用与软件, 2011, 27 (7): 49-52.
- [51] 陈艳, 张漫, 马文强, 等. 基于 GPS 和机器视觉的组合导航定位方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27 (3): 126-130.

Application of Automatic Navigation System in Agricultural Machinery and the Analysis of Applicability in Orchard

Mu Junying, Qi Shuteng, Chen Jun, Ma Yang, Wang Fengxia

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: As an important part in the modern intelligent agricultural vehicles, automatic navigation has a broad development prospects. In this paper, developing present situation and merit and demerit of automatic navigation based on contact sensor, electromagnetism, machinery, ultrasonic, laser, GPS, machine vision and multi-sensor fusion technology both in China and abroad were narrated briefly. At the same time, the feasibility and the existing problems of applying automatic navigation mentioned above to orchard machinery were further analyzed. In the last place, the main navigation mode used in the future orchard intelligent machinery and the key problems taken into account in the future design and study process were proposed.

Key words: agricultural machinery; orchard; navigation; laser; GPS; machine vision; multi-sensor fusion technology

(上接第 5 页)

Abstract ID:1003-188X(2014)07-0001-EA

Analysis on the Agricultural Mechanization of Farming Industry at Poverty-stricken County in Xinjiang

Li Zengyuan, Li Hong

(Institute of Economic and Trade in Xinjiang, Xinjiang Agricultural University, Ürümqi 830052, China)

Abstract: This article using with and without comparison method for agricultural machinery in Nileke county, Xinjiang 2012 planting each contribution share of production has carried on the qualitative and quantitative analysis, the results show that agricultural machinery in Nileke county, Xinjiang 2012 planting industry contribution rate of 24.6%, this data shows that through the use of farm machinery can increase crop yield, reduce cost of agricultural inputs include factors of production input and labor input, and even restore economic losses, so as to improve the income of the agricultural economy, but also you can see, on the other hand, relative to other areas of the county agricultural mechanization level is relatively backward, is still in its infancy, the government should formulate some feasible policies such as: increase financial input to improve the backward county of the state of the economy.

Key words: agricultural mechanization; agricultural output; contribution rate; with and without comparison method