

联合收获机称量式测产系统软件设计*

李伟 张小超 胡小安 张爱国

(中国农业机械化科学研究院土壤-植物-机器系统技术国家重点实验室,北京 100083)

【摘要】 运用 VB 6.0 编程语言设计了应用于谷物联合收获机称量式测产系统平台的测产软件。该软件能实时接收、显示和保存测产系统所采集的数据,计算得到实时收获总质量、收获面积等田间信息。软件对谷物流量数据计算处理作出谷物流量图;将 GPS 接收到的经纬度转换为高斯坐标,在平面直角坐标系中作出 GPS 轨迹图;最终将流量数据与 GPS 轨迹数据结合运算生成产量图。作图过程中当曲线即将到达界面边界时,曲线图会自动平移远离边界以保证实时图像的正常显示,在作图结束后可拖拽图像查看完整图形。经测试,软件在室内测产相对误差小于 2%,在田间测产相对误差小于 3%。

关键词: 精准农业 联合收获机 测产系统 软件设计

中图分类号: S225.3; TP311.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0094-05

Design of Intelligent Yield Monitoring Software for Combine Harvester

Li Wei Zhang Xiaochao Hu Xiaoan Zhang Aiguo

(State Key Laboratory of Soil-Plant-Machine System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

A yield monitoring software was developed by VB programming language could be applied to combine harvester based on weighing. The data collected by yield monitor system could be displayed and saved by the software in real time. The software could get the harvesting total mass and the area, and draw the grain flow diagram by computing the grain flow data. It can also convert the latitude and longitude data received from GPS into Gauss coordinate, and then draw GPS locus diagram in rectangular plane coordinate system. Finally, the software can draw the yield map automatically by using the grain flow data and GPS locus data at the same time. During the process of drawing the map, the map will move itself far away from the border of interface to ensure the real time curve displaying normally before the curve arrives the border of interface. After finishing drawing, the map could be dragged in the interface freely to check the whole map. The yield monitor precision was less than 2% in laboratory and less than 3% in field.

Key words Precision agriculture, Combine harvester, Yield monitor system, Software design

引言

农作物产量是精准农业研究中最重要信息之一,获取作物产量空间分布的差异信息,研究影响谷物产量差异因素是开展精准农业研究工作的切入点之一^[1-3]。通过安装在联合收获机上的产量监测系统获取作物产量的分布信息,这既能及时反馈当前

精准农业系统的信息,检验精准农业技术的施用效果,又能为下一轮精准农业系统提供基础信息,指导下一轮精准农业的有序进行,实现农田作物产量最大化^[4]。

国外对农作物产量信息获取的研究较早,常用的测产系统均自带测产软件。当前,国外产量监测软件主要有 John Deere 公司的 GreenStar 系统,

收稿日期:2011-08-15 修回日期:2011-08-23

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B06,2011BAD20B04)

作者简介:李伟,硕士生,主要从事自动控制与智能检测研究,E-mail:lw.0302@163.com

通讯作者:张小超,研究员,博士生导师,主要从事农业机械自动控制与智能化仪器研究,E-mail:zxc@caams.org.cn

AGCO 公司的 FieldStar 系统, CASE IH 公司的 Advanced Farming System (AFS) 系统, Ag Leader 公司的 SMSbasic 3.0 系统等^[5-6]。国外测产软件系统只适用于其配套设备,且价格昂贵,不易进行二次开发^[6]。而国内的产量监测系统尚处于探索和研究阶段,且主要侧重于产量图的生成,还未实现产品化。本文基于 Windows XP 操作系统平台,采用 Visual Basic 6.0 (VB 6.0) 编程语言开发基于称量式测产系统平台的测产软件。

1 软件结构

本测产软件能对联合收获机上的测产系统进行监测,实现实时处理产量数据、生成谷物流量图、作出收获机行走轨迹图、生成产量分布图等功能。软件总体框架结构如图 1 所示,主要由主界面显示系统、产量监测系统、GPS 定位系统、历史数据运算与回放以及参数设置与保存等 5 部分组成。图中产量监测系统接收和处理谷物质量流量传感器、带轮转速传感器和行走速度传感器所检测到的数据。其中谷物质量流量传感器用于监测平胶带上实时流过的谷物质量;带轮转速传感器所监测的对象是直流电动机的输出脉冲数,实时修正谷物流量大小;行走速度传感器用于监测收获机行走速度。

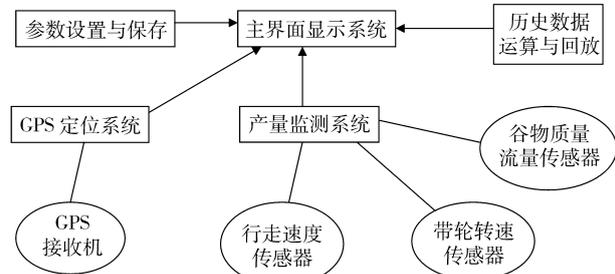


图 1 测产软件总体框图

Fig. 1 Main components of yield monitoring software

2 软件功能

在系统主界面中,在 SSTab 控件中放置 3 个 PictureBox 控件,SSTab 控件用于切换显示视图,在 3 个 PictureBox 中分别绘制谷物流量图、GPS 轨迹图和产量图。使用 mscomm 控件进行串口通讯,通过控件的 oncomm 事件接收来自串口的数据,并将数据显示在主界面的文本框中,主要包括单通道称量数据、双通道称量数据、带轮转速数据和 GPS 数据等。软件中还同时显示经运算处理得到的系统测算质量、平均流量、收获面积和相对误差等数据信息(图 2)。

在 GPS 定位系统中,程序接收并保存 GPS 数据,从中提取经纬度、收获机行走速度以及定位卫星

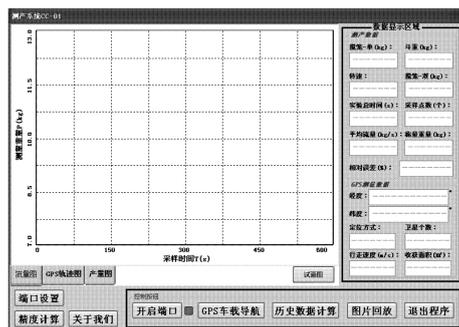


图 2 测产软件主界面

Fig. 2 Main interface of yield monitoring software

颗数等数据信息,经运算处理后将这些数据显示在系统主界面上,并绘制出 GPS 轨迹图。

历史数据运算与回放功能用于对试验中采集并保存的数据进行重新计算,方便线下检查与演示。

图 2 是测产软件的主界面。软件的操作方法比较简单,在初次配合联合收获机测产系统使用时,需要连接好测产系统的硬件设备,打开参数设置界面(图 3),设置相应端口参数以及采样速率,保存设置。在以后的使用中,只需点击主界面中的开启端口按钮即可进行收获机测产。



图 3 测产软件参数设置界面

Fig. 3 Parameters setting interface of yield monitoring software

图 3 是测产软件的参数设置界面,在这里可以修改和保存串口参数,其中包括通讯端口号、波特率、奇偶校验位等,同时还可以修改采样速率等参数,以使该测产软件能更好地适应硬件系统,方便调试与应用。

软件中曲线图的绘制主要运用了 line 函数,将两个相邻的离散点用 line 函数连接起来。流量图的绘制需要一个采集零点值的过程,采集平胶带空载时称量传感器的数值,用于系统计算总产量。

在 PictureBox 控件上作曲线图时,由于收获机在田间作业需要实时作图,所作曲线会因为收获机长时间工作超出 PictureBox 控件的边界,导致曲线图不能完整显示。为了反映田间数据的实时性,实现曲线图随时间推进动态地向左移动^[7],程序中将作图用的 PictureBox 控件放置在一个名为 Pic 的 PictureBox 控件容器中。设置容器 Pic 的大小为一

固定值,而将 PictureBox 控件大小设置为一个较大的值,如图4所示。此时 Pic 控件相当于一个窗口,该窗口仅显示 PictureBox 控件上的部分曲线图。作曲线图时,当曲线即将到达 Pic 的右边界时,则将 PictureBox 相对于 Pic 进行位置左移,同时曲线图的横纵坐标值也发生相应改变。当作图结束后,可以用鼠标拖拽 PictureBox 控件在 Pic 容器中自由移动,以方便查看所作图形。

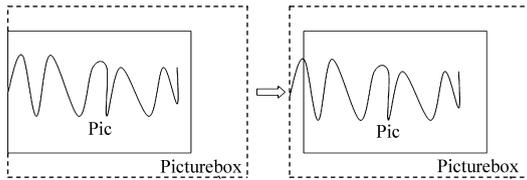


图4 作图控件 PictureBox 与 Pic 容器控件位置关系

Fig. 4 Position relationship between PictureBox of drawing control and Pic of container control

3 计算方法

系统采用对单通道称量数据进行积分求和的方法来计算收获谷物的总质量。对单通道称量数据和带轮转速数据分别按各自采样速率分组计算,如记单通道采样速率为 N ,即单位时间内可采集来自单通道称量传感器的称量数据 N 个,对 N 个称量数据求均值,所求值记为 S_{N1} ;记转速采样速率为 M ,对 M 个转速数据求均值,即对所采集的 M 个直流电动机脉冲数取平均值,所求值记为 V_m ,则

$$S_{N2} = S_k (S_{N1} - S_0) [1 - S_m (S_{N1} - S_0)] \quad (1)$$

$$S_{Net} = V_k S_{N2} V_m / V \quad (2)$$

$$M_w = M_w + S_{Net}$$

式中 S_0 ——平胶带空载时的零点值,其值为前10组 S_{N1} 的平均值

S_k, S_m, V_k ——修正系数,通过大量试验得到

S_{N2} ——未使用带轮转速修正系数修正的谷物净重

S_{Net} ——使用带轮转速修正系数修正后的谷物净重

V ——脉冲修正参数,取值为 2 650

M_w ——累加求和变量,初值为零,该变量所存放的值即为谷物的实时总质量

该系统中的收割面积等于收获机行走速度、行走时间与割幅的乘积。

系统中平均流量

$$F = M_w / (t - t_0) \quad (3)$$

式中 t ——测产过程中的瞬时时刻

t_0 ——测产过程中谷物初次流过称量传感器的时刻

软件接收来自 GPS 接收机的 GGA 与 RMC 数据,从中提取经纬度数据,此时经纬度数据为度分格式,需转换为以度为单位的经纬度,再进一步将度转换为弧度,最终才能运用高斯投影正解公式计算大地经纬度 (B, L) 坐标,得到平面直角坐标系的高斯坐标 (x, y)。高斯坐标中 x 表示纵轴, y 表示横轴。纵轴 x 是由赤道算起的值,横轴 y 是由中央经线算起的值^[8]。高斯正解公式算法可参阅文献[8]。

GPS 轨迹图与产量图的横纵坐标值均为相对值,实时作图时,根据 GPS 定位的当前经纬度值,在收获机收获之前预先设置一个比当前经纬度值略小的经纬度点,以这个点作为原点,即令其在平面直角坐标系中的相对坐标为 (0, 0),其余点的相对坐标值均为其高斯坐标与原点高斯坐标的差值。

相比较于大地经纬度坐标,平面直角坐标系中的高斯坐标更直观,更方便,更易于计算收获机的收获面积。

4 试验

分别在实验室和田间对收获机测产系统进行测试。

2011年5月,在中国农业机械化科学研究院土壤-植物-机器系统技术国家重点实验室应用试验台架进行模拟试验。试验台架主要包括谷物升运器、谷仓和安装在升运器出粮口下的平胶带输送机,试验对象采用的是仿真麦粒。试验中由升运器将谷仓中麦粒送至平胶带输送机,计量流经平胶带输送器的谷物流量即可得到麦粒的系统称量值。实验室中配备了校准秤一台,试验中的麦粒由平胶带输送机直接送入校准秤中,由校准秤称量可得到麦粒的实际质量。试验数据如表1所示。

表1 实验室测产相对误差表

Tab. 1 Relative errors of yield monitor in laboratory

试验编号	系统称量值 /kg	实际称量值 /kg	测产相对 误差/%
1	84.196 8	85.060 2	-1.02
2	85.625 7	85.402 8	0.26
3	87.474 5	86.822 7	0.75
4	89.205 5	88.751 8	0.51
5	87.253 4	87.976 4	-0.82
6	88.527 9	88.025 3	0.57
7	88.684 3	87.353 0	1.52
8	84.928 4	84.881 1	0.06
9	85.782 6	86.369 8	-0.68
10	87.346 9	86.622 3	0.84

科学研究院试验站进行测产系统的田间试验。试验目的是检验测产系统的稳定性,以及获取系统的田间试验精度。智能测产系统使用在铁牛希望星4LZ-2型收获机上,其技术参数为:割幅 2.36 m,喂入量 2 kg/s,配套动力为 48 kW,外形尺寸为 6.3 m × 2.8 m × 3.2 m。试验收获小麦面积约 2.67 hm²,共分 15 次收获,每次收获后实际质量由磅秤称量得出。试验数据如表 2 所示。

表 2 田间测产相对误差表

Tab.2 Relative errors of yield monitor in field

试验编号	系统称量值 /kg	实际称量值 /kg	测产相对 误差/%
1	415.09	416.0	-0.22
2	581.24	590.6	-1.58
3	519.03	529.0	-1.88
4	531.78	523.0	1.68
5	599.37	603.2	-0.63
6	568.37	554.2	2.56
7	583.74	574.4	1.63
8	602.55	592.4	1.71
9	577.92	568.0	1.75
10	582.57	577.6	0.86
11	525.62	526.6	-0.19
12	473.75	481.2	-1.55
13	548.26	561.0	-2.27
14	500.38	508.4	-1.58
15	558.90	573.0	-2.46

分析表 1、2,可以知道在实验室中进行测产系统测试,测产相对误差小于 2%;在田间进行测产系统测试,测产相对误差小于 3%。

图 5 是田间试验数据运算所得到的谷物流量图。图 6 是与图 5 相对应的田间试验时收获机行走轨迹图和产量图。在绘制产量图时需要将 GPS 轨迹点与相同时间所采集的谷物流量大小对应,不同流量大小对应不同的颜色。在产量图中根据收获机行走速度、割幅以及瞬时谷物流量等参数,确定单位

面积产粮量,按不同区间值对应不同颜色标示在产量图的下方,结合这个信息可以直观了解到田间作物收获情况。GPS 轨迹图与产量图中横纵坐标的坐标值均为平面直角坐标系中的相对高斯坐标值。

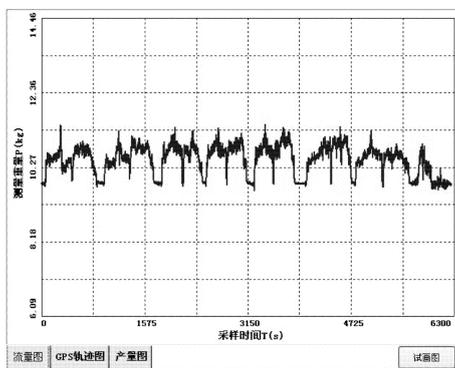


图 5 测产软件中的谷物流量图

Fig.5 Grain flow diagram in yield monitoring software

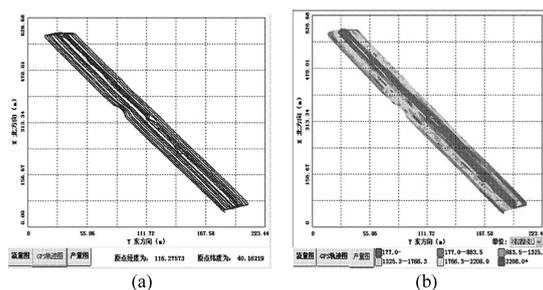


图 6 测产软件中的 GPS 轨迹图与产量图

Fig.6 GPS locus diagram and yield diagram in yield monitoring software

5 结束语

该测产软件能实时接收和显示数据并计算得到收获谷物总质量与收获面积。软件能根据采集到的数据实时绘制谷物流量图,能将接收的经纬度数据经坐标变换在平面直角坐标系中绘制成收获机行走轨迹图,最终结合 GPS 定位数据与谷物流量数据生成产量分布图。所作产量图能直观显示田间不同区域的谷物产量,为下一轮精准农业的开展提供指导。试验结果表明,该测产软件能取得较好的测产精度,室内测产相对误差小于 2%,田间测产相对误差小于 3%。

参 考 文 献

- 1 Yang C, Everitt J H, Murden D, et al. Spatial variability in yields and profits within ten grain sorghum fields in South Texas [J]. Transactions of the ASAE, 2002,45(4):897~906.
- 2 张小超,胡小安,张银桥,等. 联合收获机粮食产量分布信息获取技术[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊):173~176. Zhang Xiaochao, Hu Xiaolan, Zhang Yinqiao, et al. Yield distribution information measurement for grain combine harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(Supp.):173~176. (in Chinese)
- 3 张小超,王一鸣,方宪法,等. 精准农业的信息获取技术[J]. 农业机械学报,2002,33(6):126~128. Zhang Xiaochao, Wang Yiming, Fang Xianfa, et al. Information acquisition techniques of precision agriculture [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002,33(6):126~128. (in Chinese)

- 4 张小超,胡小安,张爱国,等. 基于称重法的联合收获机测产方法[J]. 农业工程学报,2010,26(3):125~129.
Zhang Xiaochao, Hu Xiaohan, Zhang Aiguo, et al. Method of measuring grain-flow of combine harvester based on weighing [J]. Transactions of the CSAE,2010,26(3):125~129. (in Chinese)
- 5 周俊. 冲量式谷物质量流量传感器及智能测产系统研究[D]. 上海:上海交通大学,2005.
Zhou Jun. Research on impacted-based grain mass sensor and intelligent yield monitor[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2005. (in Chinese)
- 6 苑严伟,张小超,张银桥,等. 农田粮食产量分布信息数字化研究[J]. 农业工程学报, 2006,22(9):133~137.
Yuan Yanwei, Zhang Xiaochao, Zhang Yinqiao, et al. Digitization of grain yield and distribution information in farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(9):133~137. (in Chinese)
- 7 刘定晟,杨俊,蒋迪清. 用 Visual Basic 实现测控软件中的实时曲线和历史曲线[J]. 计算机应用研究, 2001,18(2):147~149.
Liu Dingsheng, Yang Jun, Jiang Diqing. Drawing the real time curve and history curve in measuring and control software using VB[J]. Application Research of Computers, 2001,18(2):147~149. (in Chinese)
- 8 刘建军. 大地坐标转换成高斯-克吕格坐标的算法研究[C]//中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会2002年学术年会论文集(通信导航分册), 2002: 58~60.

~~~~~

(上接第 89 页)

- 4 何成秀,王芬娥,郭维俊,等. 自走式联合收获机振动系统的动力学分析[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(4):98~101.  
He Chengxiu, Wang Fene, Guo Weijun, et al. Dynamic analysis on vibration system of self-walking combine harvester[J]. Journal of Gansu Agricultural University. 2006,41(4):98~101. (in Chinese)
- 5 王芬娥,郭维俊,何成秀,等. 小麦联合收获机倾斜输送机振动强度试验研究[J]. 中国农机化,2007(3):69~72.  
Wang Fenge, Guo Weijun, He Chengxiu, et al. Experimental research on the vibration strength of inclination conveyer of wheat combine [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2007(3):69~72. (in Chinese)
- 6 马桂香,陈殿云,王彦生. 自走式谷物联合收获机的振动测试[J]. 现代机械,2008(2):59~61.  
Ma Guixiang, Chen Dianyun, Wang Yansheng. Vibration test of a self-moving grain combine harvester [J]. Modern Machinery,2008(2):59~61. (in Chinese)
- 7 Li Juanzhao, Dong Lv, Yuan Liu. Design of the shearer's vibration analysis test system based on LabVIEW [J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 52~54:606~611.
- 8 林凯,何川,毛乐山. 基于 LabVIEW 的多通道振动测试与分析系统[J]. 清华大学学报:自然科学版,2003,43(5):659~665.  
Lin Kai, He Chuan, Mao Leshan. Multichannel system for vibration measurement and analysis based on LabVIEW [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2003, 43(5):659~665. (in Chinese)
- 9 赵永立,杨建成,张玉红. 基于 LabVIEW 的虚拟振动测试分析系统[J]. 天津工业大学学报,2006,25(4):77~81.  
Zhao Yongli, Yang Jiancheng, Zhang Yuhong. Virtual vibration test and analysis system based on LabVIEW[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2006,25(4):77~81. (in Chinese)
- 10 吴正毅. 测试技术与测试信号处理[M]. 北京:清华大学出版社,1989.
- 11 杨乐平. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2001.