

# 基于移动终端的谷物产量实时监测平台设计

张振乾 刘仁杰 张漫 杨玮 李寒

(中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室,北京 100083)

**摘要:** 作物产量的空间变异性反映了农田环境和管理等因素对产量的影响,获取准确的产量空间分布信息是实施资源按需最优化投入的前提。为了获取谷物产量空间信息,设计了基于移动终端的农田谷物产量空间分布信息实时监测平台,可实现对联合收获机实时位置、作业状况和产量数据的远程监测,进而对产量数据的空间分布状况进行分析。平台主要由数据接收及存储、数据传输、数据显示和数据分析4个模块构成。其中,数据接收及存储模块接收由收获机传来的位置、谷物流量、升运器转速、谷仓温湿度和割幅宽度等作业状况信息数据包,将数据解析并存入数据库。数据传输模块为移动终端提供 Web service 服务,提取数据库中相应数据供前端调用。数据显示模块在移动终端上实时显示联合收获机作业位置和作业状况等信息。数据分析模块通过调用 ArcGIS Server GP 服务,将谷物产量信息的空间分布进行插值分析,分析结果以产量空间分布图的形式显示。经过测试,该监测平台运行稳定,能够实时显示和分析农田谷物产量信息,为农田精细化管理提供技术支持。

**关键词:** 联合收获机;产量远程监测;产量空间分布图;移动终端

**中图分类号:** S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)S0-0035-05

## Design of Real-time Monitoring Platform for Grain Yield Based on Mobile Terminal

ZHANG Zhenqian LIU Renjie ZHANG Man YANG Wei LI Han

(Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The spatial variability of crop yield reflects the effects of environment and management factors on yield, and obtaining accurate yield spatial distribution information is the prerequisite for optimal input of resources on demand. In order to obtain spatial information on grain yield, a real-time monitoring platform was designed and developed for the spatial distribution of farmland grain yield based on the mobile terminal. The platform can realize the remote monitoring of the real-time position, operation status and yield data of combine harvester, and then analyze the spatial distribution of yield data. The platform consists of four modules, including data reception and storage, data transmission, data display and data analysis. Among them, the data reception and storage module is used to receive the operation status information packet such as the position of the harvester, the grain flow rate, the ascending speed, the barn temperature and humidity, and the cutting width. The data is analyzed and stored in the database. The data transmission module provides Web service for the mobile terminal, and extracts the corresponding data from the database for the front end call. The data display module can display the position and operation status of combine harvester in real time on mobile terminal. The data analysis module uses the ArcGIS Server GP service to create spatial distribution of grain yield. The testing results indicate that the monitoring platform is stable, and can display the yield spatial distribution information in real time.

**Key words:** combine harvester; yield remote monitoring; yield distribution map; mobile terminal

收稿日期: 2017-07-02 修回日期: 2017-11-21

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0700300-2016YFD0700304)

作者简介: 张振乾(1991—),男,硕士生,主要从事收获机喂入量及谷物流量检测研究,E-mail: cauzzq@126.com

通信作者: 张漫(1975—),女,教授,博士生导师,主要从事精细农业及其支持技术研究,E-mail: cauzm@cau.edu.cn

## 引言

随着我国农业产业技术水平的发展,“精细农业”正在成为今后农业的发展方向<sup>[1]</sup>。传统农田管理中认为作物、土壤特性是均一的;“精细农业”通过获取农田信息的时空差异性,包括耕地的土壤特性、作物生长特性和产量分布情况等,按照不同特性实施最优化资源投入。其中农田作物产量信息的采集是实施“精细农业”的基础<sup>[2-3]</sup>。作物产量在农田中的空间变异性集中反映了农田土壤特性、作物生长特性以及农田管理等因素对产量的影响,获取准确的产量空间分布信息是农田作物产量信息采集的关键。小麦、水稻等谷物是我国的主要粮食作物,因此以谷物产量为研究对象对实施精细管理具有重要意义。

谷物的产量空间分布信息可以通过安装在联合收获机上的测产系统来实时获取。从20世纪90年代开始,一些世界著名的农机具生产商相继推出了预装产量监测系统的联合收获机及配套相应的管理系统,如英国 Massey Ferguson AGCO 公司的 Field Star 系统,美国 Case IH 公司的 AFS 系统等<sup>[4]</sup>。我国在测产系统方面的研究起步较晚,主要是国内大学和科研院所等进行研究,目前阶段主要是对国外现有测产技术消化吸收并进行本土化以配套国内联合收获机标准。其中,陈树人等<sup>[5]</sup>研究了谷物联合收获机智能测产系统组成和应用。张漫等<sup>[6-7]</sup>研究了产量空间信息采集与处理和产量数据中包含的各种误差的判别方法及空间产量信息采集、处理技术。张小超等<sup>[8]</sup>研究了产量信息获取技术。结合国外相关技术,国内科研人员研究了产量分布图生成方法<sup>[9-15]</sup>。安晓飞等<sup>[16]</sup>构建了光电信号与收获机谷物产量数据转换模型。李新成等<sup>[17-20]</sup>提出了产量传感器振动信号影响分析与消除方法,改进了产量监测系统并对谷物流量传感器进行优化。目前国内产量监测及管理系统大多局限于本地或上位机进行监测管理,未涉及远程管理。

针对以上问题,本研究拟开发一套基于移动终端的农田谷物产量空间分布信息监测平台,实现对联合收获机实时产量和位置信息实时获取,并进行空间变异分析,为用户进行分析决策提供依据。

## 1 谷物产量实时监测平台设计

### 1.1 系统总体结构

本研究以福田雷沃 GE60 型联合收获机为研究对象,该机型以收获小麦和水稻为主,设计喂入量为 6 kg/s,割幅为 2.56 m,为我国目前应用较为广泛的

联合收获机机型。

系统总体设计结构如图 1 所示。其中,联合收获机上安装的传感器包括:谷物流量、位置信息、升运器转速、谷仓水分、谷仓温度、地速和割幅宽度等传感器。模拟信号采集节点采集谷物流量信息并对信号进行模数转换,数字信号采集节点采集其余数字型传感器信息,两路节点数据经 CAN 总线汇聚至车载工控机后,通过 4G 模块发送至服务器。服务器端由 MS SQL Server 数据库、数据接收存储程序和数据传输程序组成,负责数据接收、存储和将数据发送至移动终端。移动终端有利于管理者随时随地查看收获机工作状态。移动终端应用程序包括数据显示模块和数据分析模块。本研究主要开展基于移动终端的谷物产量检测系统设计。

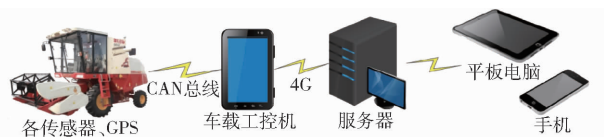


图 1 系统总体结构

Fig. 1 System structure

### 1.2 平台功能模块设计

本系统主要包括数据接收及存储、数据传输、数据显示和数据分析 4 个模块。系统结构如图 2 所示。

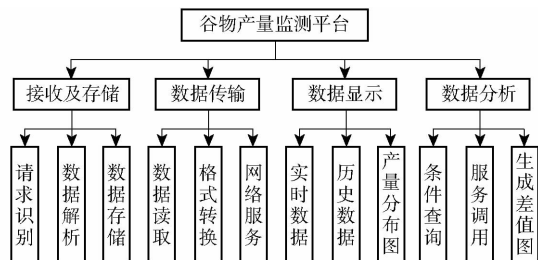


图 2 系统平台功能模块图

Fig. 2 System platform function block diagram

这 4 个模块的主要功能如下:

#### (1) 数据接收及存储模块

安装在联合收获机上的传感器信息按照设置的采样频率经节点及 CAN 总线汇聚至车载工控机。车载工控机连接的 DTU 主动向服务器发起连接请求,服务器在确认客户端的连接请求后,开始接收数据,并根据自定义数据包协议完成数据解析。

模块的存储功能主要将接受解析后的数据根据数据类型、采集时间等特性建立数据库,将各种传感器数据存储到数据库对应表格的对应属性字段中。

#### (2) 数据传输模块

数据传输模块从数据库中读取相应信息,将数据转为便于客户端读取的格式,为前端程序提供 Web service 服务供调用以传输数据。

(3) 数据显示模块

数据显示模块作为移动终端上运行的前端程序,访问数据传输模块提供的 Web service 服务获取数据。数据显示形式包括表格和空间分布图,用户可以在手机或平板电脑上实时查看数据,并根据监测数据做出相应的管理决策。

(4) 数据分析模块

数据分析模块对联合收获机产量信息进行空间变异性分析。选择需要分析的对应时间段,调用 ArcGIS Server GP 服务生成空间插值分布图,分析农田谷物产量空间分布情况,为精细农业管理提供理论依据。

2 谷物产量实时监测平台模块开发与功能实现

2.1 平台开发关键技术

服务器操作系统采用 Microsoft Windows Server 2003,服务器端数据接收及存储模块使用 C++ 语言进行编写,数据库为 SQL Server 2008。Web service 程序使用 Java 编写,在 tomcat 中运行。移动终端操作系统为 Android 5.0,应用程序采用 Java 语言进行开发,开发环境为 eclipse。另外,前端应用程序开发还用到以下几项技术:

(1) WebView 控件

WebView 是 Android 系统内置的一款 Webkit 内核浏览器,在 SDK 中封装为一个组件。通过调用 WebView 控件可以直接在应用程序内以浏览器的方式显示各种网页。

(2) DrawerLayout 布局

为了实现更好的人机交互,采用抽屉式布局,使用 DrawerLayout 布局控件实现。DrawerLayout 是 Support Library 包中实现了侧滑菜单效果的布局控件,通过此控件可以让程序具有侧滑菜单,增强交互性。DrawerLayout 分为侧边菜单和主内容区两部分,侧边菜单可以根据手势展开与隐藏,主内容区的内容可以随着菜单的点击而变化。

(3) ArcGIS Server GP 服务

ArcGIS Server 是一个提供 GIS 服务的平台,在 ArcGIS Server 上可以构建 Web 应用、Web 服务,以及其他运行在标准的 .NET 和 J2EE Web 服务器上的应用。Android 客户端可以通过调用 GP 服务,实现专业的、复杂的 GIS 分析处理功能。

2.2 平台功能实现

2.2.1 数据接收及存储模块

数据接收及存储模块的主要功能是监听服务器指定端口,待该端口有连接请求时,对请求进行识别

并连接。连接成功后首先进行校验,程序将校验通过的数据进行解析并存入数据库中,作为监测平台的数据源。

该模块主要采用 C++ 语言和 Socket 网络通信编程技术以及 ADO.NET 数据库操作技术。同时,为满足多台收获机同时上传数据的情况,并保证并发访问的情况,采用多线程技术,加快程序执行速度。

服务器端数据接收及存储模块执行流程如图 3 所示。

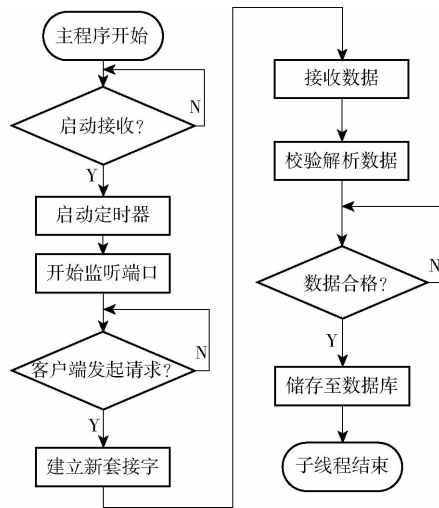


图 3 数据接收及存储模块流程

Fig. 3 Data reception and storage module flowchart

2.2.2 数据传输模块

数据传输模块的作用是按照移动端的请求,读取相应数据库中的数据。为了减少移动端的计算量,方便升级,提高应用安全性,将数据读取传输功能使用 Web service 实现。

数据传输功能采用 MVC 框架实现,即将逻辑、数据和界面分离的方法组织代码,方便后期对不同模块分别进行更新和维护,具体流程如图 4 所示。用户通过与前端应用程序交互向 Web 服务器发送请求,Web 服务器上运行 Apache Tomcat 作为控制器,可利用它响应前端的访问请求。在 Apache Tomcat 内运行数据传输模块,该模块使用 Java 编写,根据移动端的请求访问数据库并获取特定表中的数据。为方便移动端 Android 应用程序读取数据,数据传输模块将获取的数据转换为 json 格式方便移动端读取及解析。

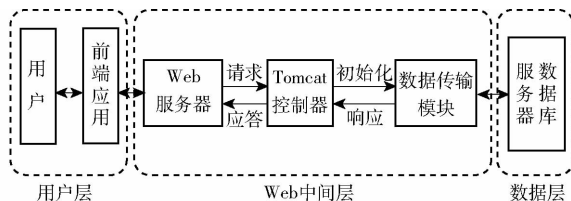


图 4 数据传输模块流程图

Fig. 4 Data transmission module flowchart

### 2.2.3 数据显示模块

数据显示模块即为用户直接交互客户端。客户端通过访问 Web service 获取 json 数组,使用谷歌官方提供的 JSONObject 库来解析 json 数组。在数据显示方面,通过在布局文件中写入一个 ListView 控件,再在 ListView 中添加多个不同的 TextView 控件的方法实现对每一条数据位置的设置。通过 ArrayAdapter 适配器在构造函数中把需要适配的解析后的数据传入,建立 ListView 和数据之间的关联,实现对数据的填充。同时模块通过调用 Webview 控件实现产量图显示功能。

数据解析显示流程和实现界面如图 5、6 所示。在抽屉式布局侧边栏点击实时产量后,打开该活动,向后端服务器发送数据请求,将获取的数据解析后填入布局,每一页可显示 50 条收获机工况信息,每一条记录包括日期、时间、经纬度、实时产量、升运器转速等信息,每秒钟更新一次数据。

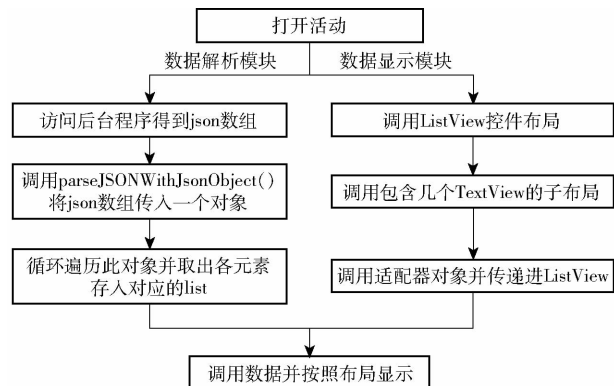


图 5 数据解析显示流程

Fig. 5 Data display and query processes



图 6 数据显示界面

Fig. 6 Data display interface

### 2.2.4 数据分析模块

数据分析模块可实现农田谷物产量空间变异性分析。绘制空间变异分析图采用 ArcGIS Server GP 服务,客户端通过调用该服务实现绘制功能。用户首先选择

需要生成产量空间分布图的数据对应时间区间,客户端向服务器发出请求,将数据发送至服务应用。

ArcGIS Server 根据收到的点的经纬度和对应产量对已知点进行插值。由于传感器采样频率为 1 Hz,结合实际地块面积,采集的产量数据点数量足够多且分布均匀,因此使用反距离权重插值法对数据点进行插值,即以插值点与样本点间的距离为权重进行加权平均,离插值点越近的样本赋予的权重越大。经过插值后,根据已有的点计算其他区域的产量及变化趋势,追踪等值点并将其连接,得到等值线。等值线经过平滑后,填入预设的颜色,得到最终的产量空间分布图。程序中调用 ArcGIS Server GP 的具体流程如图 7 所示。

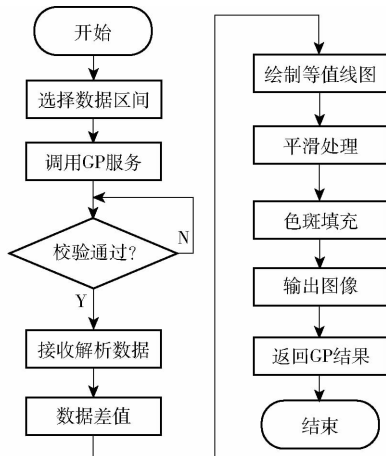


图 7 生成空间分布图操作流程

Fig. 7 Generate space distribution operation processes

选取了实验中的 80 个点,经过插值后生成的产量空间分布图如图 8 所示。其中纵坐标为纬度,横坐标为经度,颜色由红色到蓝色代表产量逐渐降低。

由图 8 可知,该区域的小区产量分布在 2 100 ~ 4 500 kg/hm<sup>2</sup> 之间,红色区域产量最高,深蓝色区域产量最低。反映了农作物产量的空间变异性,是农田土壤特性、作物生长特性以及农田管理等因素对

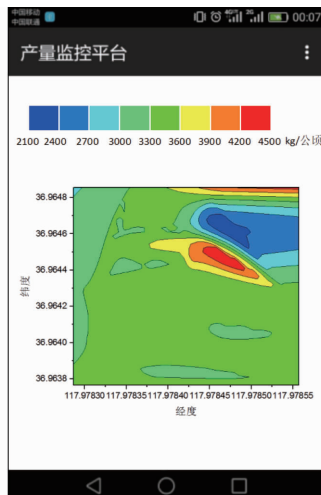


图 8 产量空间分布图

Fig. 8 Spatial yield map

产量影响的集中体现。因此可以将农田谷物产量空间信息与对应的土壤特性、水肥管理等因素联系起来,比较不同产量小区的各因素差异性,以变量施肥等方式按照不同特性实施最优化资源投入,从而实现精细管理的目的。

### 3 结论

(1)实现了对收获机产量和位置的远程监测,

用户能通过安卓手机或平板电脑等移动终端设备随时随地查看收获机产量实时信息。

(2)对已有产量数据进行空间变异性分析,生成产量分布图并在移动端显示,可直观反映小区产量高低。

(3)经测试,该系统运行稳定,功能完善,具有较强的实用性,能够为联合收获机工况远程监测及来年施肥方案提供依据。

### 参 考 文 献

- 汪懋华. “精细农业”的实践与农业科技创新[J]. 中国软科学, 1999(4):21-25.
- BLACKMORE S. Precision farming: an introduction[J]. Outlook on Agriculture, 1994, 23(4):275-280.
- 李民赞. 农作物产量自动监测技术及关键设备[J]. 农业网络信息, 2004(增刊4):34-38.  
LI Minzan. The technique of crop yield monitor and key equipment[J]. Agriculture Network Information, 2004(Supp. 4):34-38. (in Chinese)
- 陈树人, 李耀明, 张西良. 谷物联合收割机测产系统研究现状与展望[J]. 农业机械, 2008(8):62-63.
- 陈树人, 张漫, 汪懋华. 谷物联合收割机智能测产系统组成和应用[C]//中国农业机械学会成立40周年庆典暨2003年学术年会论文集,2003:116-117.
- 张漫, 邝继双. 谷物联合收割机测产数据中的误差分析与处理[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3):144-148.  
ZHANG Man, KUANG Jishuang. Error analysis and process of yield data collected by yield monitoring system of corn combine harvester[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3):144-148. (in Chinese)
- 张漫. 农田谷物产量空间分布信息采集、处理与系统集成技术研究[D]. 北京:中国农业大学, 2003.
- 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 Xiaohan, 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)
- 刘碧贞, 黄华, 祝诗平, 等. 基于北斗/GPS的谷物收割机作业综合管理系统[J]. 农业工程学报, 2015, 31(10):204-210.  
LIU Bizhen, HUANG Hua, ZHU Shiping, et al. Integrated management system of grain combine harvester based on Beidou&GPS[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(10):204-210. (in Chinese)
- REITZ P, KUTZBACH H D. Investigations on a particular yield mapping system for combine harvesters[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 1996, 14(2-3):137-150.
- BLACKMORE S. Remedial correction of yield map data[J]. Precision Agriculture, 1999, 1(1):53-66.
- ARSLAN S, COLVIN T S. Grain yield mapping: yield sensing, yield reconstruction, and errors[J]. Precision Agriculture, 2002, 3(2):135-154.
- KORMANN G, DEMMEL M. Testing stand for yield measurement systems of combine harvesters[J]. Polymer, 1998, 40(4):1081-1086.
- SUDDUTH K A, DRUMMOND S T. Yield editor: software for removing errors from crop yield maps[J]. Agronomy Journal, 2007, 99(6):1471-1482.
- PING J L, DOBERMANN A. Processing of yield map data[J]. Precision Agriculture, 2005, 6(2):193-212.
- 安晓飞, 付兴兰, 孟志军, 等. 光电信号与收割机谷物产量数据转换模型的构建与验证[J]. 农业工程学报, 2017, 33(增刊1):36-41.  
AN Xiaofei, FU Xinglan, MENG Zhijun, et al. Grain yield transformation model based on photoelectric principle and its validation[J]. Transactions of the CSAE, 2017, 33(Supp.1):36-41. (in Chinese)
- 李新成, 李民赞, 王锡九, 等. 谷物联合收割机远程测产系统开发及降噪试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(2):1-8.  
LI Xincheng, LI Minzan, WANG Xijiu, et al. Development and denoising test of grain combine with remote yield monitoring system[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(2):1-8. (in Chinese)
- 胡均万, 罗锡文, 陈树人, 等. 联合收割机产量传感器振动信号影响分析与消除方法[C]//中国农业机械学会2008年学术年会,2008:297-300.
- 李新成, 孙茂真, 李民赞, 等. 谷物联合收获机自动测产系统产量模型[J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(7):91-96.  
[http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?flag=1&file\\_no=20150714&journal\\_id=jcsam](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20150714&journal_id=jcsam). DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.07.014.  
LI Xincheng, SUN Maozhen, LI Minzan, et al. Modeling algorithm for yield monitor system of grain combine harvester[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(7):91-96. (in Chinese)
- 刘成良, 周俊, 苑进, 等. 新型冲量式谷物联合收割机智能测产系统[J]. 中国科学:信息科学, 2010, 40(增刊1):230-235.  
LIU Chengliang, ZHUO Jun, YUAN Jin, et al. Yield monitor system based on impact-based grain mass sensor[J]. Scientia Sinica: Informationis, 2010, 40(Supp.1):230-235. (in Chinese)