

基于 GPS 的农田多源信息采集系统的研究与开发

孟志军, 赵春江, 王 秀, 陈立平, 薛绪掌

(国家农业信息化技术研究中心, 北京 100089)

摘 要: 及时准确地获取农田小区影响作物生长的环境因素多源时空差异性信息, 是实施精准农业的关键步骤。研究开发基于 DGPS 及便携式 GPS 的农田信息采集软件, 集成较为成熟的田间信息采集传感器硬件, 能够采集田间地物分布、作物生育期苗情状态、杂草分布、病虫害发生情况、土壤肥力等多种基于精确空间位置的实时动态信息, 包括数字照片和数字视频等多媒体属性信息。使空间定位、属性记录和导航实施过程相结合, 初步实现了农田信息获取的自动化。

关键词: DGPS; 精准农业; 数据模型; 信息采集; 多媒体

中图分类号: P228.4; TP39

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)04-0013-06

1 引言

精准农业是 20 世纪 80 年代初期国际农业领域发展起来的一门新兴的跨学科综合技术。它是通过可变尺度的田块区别管理的方式, 来确定经济、合理的各种农业投入, 高效地利用各类农业资源, 从而获得经济、环境等方面最高回报的一种管理策略和技术体系^[1,2]。

在实施精准农业的过程中, 农田小区作物产量和影响作物生长环境因素(如土壤养分、含水量、病虫害等)的多源空间和时间差异性信息是对田块进行区别管理, 制定田间变量作业处方的基础。基于多平台的遥感信息获取技术是一个非常具有研究和应用前景的农田信息获取手段, 但目前遥感技术在精准农业中的应用尚不成熟, 主要体现在遥感信息分辨率、获取信息的及时性及遥感信息的解析等方面。从这个角度而言, 基于 GPS 的农田地面信息采集仍然是精准农业信息获取的重要手段。在国外, 由于精准农业研究和应用实践起步相对较早, 精准农业农田信息采集方面的技术和理论相对成熟, 并且已经产生了一批商品化的农田信息采集软硬件产品。如美国 FieldWorker 公司的基于掌上计算机的野外信息采集软件 FieldWorker, Trimble 公司的 AgGPS 160 Portable Computer 等。通过开发基于 DGPS 及便携式 GPS 的农田信息采集软件, 集成较为成熟的田间信息采集传感器硬件, 可以形成较为完整的农田信息采集系统。该系统能够采集田间地物分布、作物生育期苗情动态监测、杂草分布、病虫害发生情况、土壤水分、土壤肥力、土壤酸碱度等多种基于精确空间位置的实时信息, 实现空间定位、属性记录和导航实施过程相结合, 实现农田信息获取的自动化。精准农业田间信息采集系统(FieldSurvey)的开发就是为实现上述目的而进行的尝试和实践。

2 系统总体设计

精准农业农田地面信息的采集包括场区小气候、土

壤理化性质数据和作物生长环境要素数据采集三大部分。基于 DGPS/GPS 的农田信息采集系统以农田基础地理要素和影响作物生长和产量的主要动态要素(作物长情长势、土壤采样、杂草、病虫害等)为探测和采集对象, 通过系统软件实现与 GPS 硬件、数字图象信息采集设备、土壤电导率设备等硬件实时通讯并记录上述农田信息采集对象的空间分布位置信息和相关的属性信息, 达到多源信息的采集、存储和管理功能。

2.1 精准农业农田信息的数据模型

精准农业生产实践和科学试验涉及的农田信息主要包括生产试验管理数据、农田区域的基础地理信息、小气候信息、影响作物生长和产量的动态要素(如作物长情长势、杂草、病虫害等)及土壤理化性质数据等, 如图 1 所示。从地理信息系统对这些数据信息的管理角度而言, 可以被一一映射为多个地理实体, 并分解为描述信息产生位置的空间矢量数据和对信息进行准确描述的属性数据。

2.2 系统功能需求描述

2.2.1 基本功能需求

(1) DGPS/GPS 实时通讯和 NMEA 数据处理功能: 要求实现计算机与 GPS 设备的硬件通讯功能, 同时负责解析处理从 GPS 设备传来的 NMEA 格式信息, 从中提取位置信息和其它相关信息。(2) 基本 GIS 功能: 包括地图的显示、操作、控制功能和地图信息的查询与量算分析功能。(3) 田间信息采集功能: 根据田间信息采集作业的不同, 系统要求支持基于 GPS 位置的农田地物分布、作物长势、病虫害分布空间及属性信息的采集记录。(4) 土壤采样功能: 系统支持采样栅格设计和田间导航采样, 实现采样点空间定位、属性记录和导航实施过程结合, 达到土壤采样信息获取自动化的目的。(5) 与通用 GIS 平台的软件接口: 系统所记录的所有数据信息可以通过软件接口模块以标准数据格式实现与通用 GIS 平台的数据交换及不同坐标系统下数据的转换。

2.2.2 扩展功能需求

(1) 与数字传感设备通讯及数据处理: 能够实现与数字传感硬件设备的通讯, 并能实时接收处理由这些设

收稿日期: 2002-12-20

作者简介: 孟志军, 硕士, 助理研究员, 北京 2449 信箱 26 分箱 国家农业信息化技术研究中心, 100089



备获取的作物生长环境信息(如土壤电导率、压实程度、水分、PH 值等)。(2) 田间多媒体信息的实时记录与存

储: 能以数字图像、声音和其它多媒体信息形式记录并存储相关农田信息。

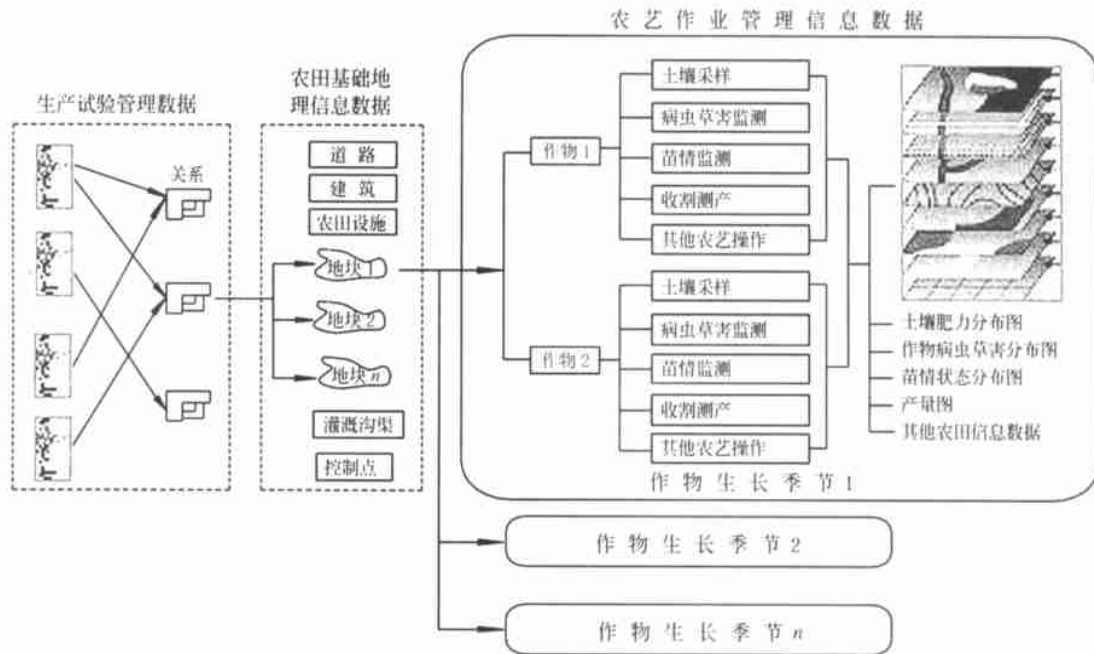


图 1 精准农业农田数据模型
Fig 1 Field data model for precision agriculture

2.3 系统结构描述

精准农业农田信息采集系统(FieldSurvey)由农田信息采集软件、田间计算机和信息采集硬件组成。整个系统通过采集设备的硬件接口与计算机进行通讯,由系统软件将这些硬件集成。在信息采集的过程中,Field-Survey 将各种信息采集硬件采集到的信息形成矢量信息和与之相匹配的属性信息(包括多媒体信息),以 Shp Files 的形式输出。目前系统集成的农田信息采集硬件设备包括 GPS 设备(包括 DGPS 和便携式 GPS)、数码相机、数码摄像头、土壤电导率测定仪等。系统的结构如图 2 所示。

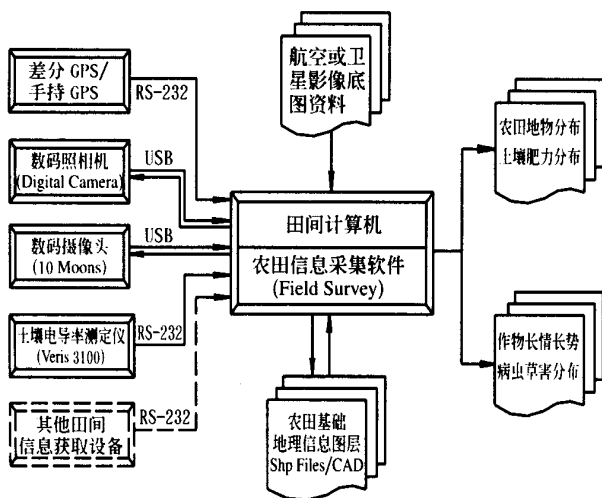


图 2 系统结构图
Fig 2 Diagram of system structure

3 农田信息采集系统软件开发

3.1 基于多线程技术实现 GPS 串口通讯

GPS 和田间信息获取设备为系统提供信息源,其中 GPS 设备提供空间位置信息。根据地物特征和信息采集作业类型,系统可以将 GPS 设备采集的散点数据形成为点、线或面状的矢量数据。在 FieldSurvey 系统中, GPS 设备和田间信息获取设备以标准 RS-232 串口和串行通讯协议与田间计算机进行通讯。为提高 CPU 的利用率,加快田间信息采集系统的串口通讯信息处理速度,可利用 Windows 的多线程编程技术,在应用程序中创建辅助线程实时监视计算机串口通信状态,并由串口通信监视线程根据通信状态向主线程发送相应的消息,由主线程分析处理。FieldSurvey 系统采用多线程方式,利用辅助串口监视线程对串口设备实时监视,从而读取 GPS 接收机传来的信息。

在系统串口监视模块的开发实现过程中,将串口对象抽象为一个类 CSerialPort。该类封装了串口监视线程函数 Comm Thread ()、初始化串口函数 InitPort () 及串口读写函数等。其中串口监视线程函数完成串口通讯操作(从串口读取信息传输给主线程处理并将主线程传来的信息写入通讯串口输出),用来监视和管理串口通信的输入、输出及通讯错误处理;在主线程中可以调用 CSerialPort 类的其它成员函数完成串口通讯资源的打开、参数配置以及关闭的工作外,还要完成串口监视线程的创建及关闭、主辅线程之间的协调、信息的中间处理与前端的人机交互等工作。CSerialPort 类定义的

主要成员和变量如下:

```

class CSerialPort
{
public:
    // 构造及析构函数
    CSerialPort();
    virtual ~ CSerialPort();
    // 串口资源初始化函数
    BOOL InitPort();
    // 开始与停止监视串口
    BOOL StartMonitoring();
    BOOL StopMonitoring();
    void WriteToPort(char * string);
    .....
protected:
    // 串口监视线程函数
    UN T Comm Thread(L PVO D pParam);
    void
    ReceiveChar(CSerialPort * port);
    void WriteChar(CSerialPort * port);
    // 定义一个 Windows 线程对象
    CW inThread * m_ Thread;
    .....
};

```

3.2 基于 NMEA-0183 协议的 GPS 接收数据处理

NMEA-0183 协议是绝大多数 GPS 接收设备支持的标准通讯协议。该协议规定 GPS 输出信息包括多条以逗号分割的 ASCII 码文本语句, 每一条语句包含特定的信息。每条语句由语句头标识、字段(语句不同字段长短不同)、校验和结尾标识符(回车及换行符)组成。语句头用来标识该条语句的类型, 输出信息分布在各个字段中, 句尾的校验和结尾标识符用来检查该条 NMEA 语句的有效性。NMEA-0183 协议 2.0 版支持的输出语句有很多类型, 我们首先要确定能提供所需信息的语句, 然后找到该类型信息在语句中的字段位置。在编程开发过程中, 将 NMEA 语句抽象为派生于 COBJect 类的 CNmeaSentence 类, 该类提供识别语句类型的成员函数 GetSentenceId(), 分解语句的成员函数 DetachField(), 检验语句有效性的成员函数 IsChecksumBad() 以及其它功能函数。以 CNmeaSentence 类为基类, 可以派生出 CGpGga、CGpGsv、CGpGsa、CGpRmc 等分别用于处理各个 NMEA 语句的类。FieldSurvey 系统 NMEA 语句处理类结构如图 3 所示。

3.3 对数字照片及数字视频信息的支持

FieldSurvey 系统通过集成数码相机和数字式摄像头, 可以实时获取田间信息采集对象的数字图像和数字视频信息。多媒体信息能够全面生动地记录田间作业的全过程, 增强对 GPS 获取空间信息的表达力度。目前, 系统主要支持 Kodak DC 系列数码相机 (DC290、DC260 等机型)。Kodak 公司为这些型号数码相机提供第三方开发所需的 SDK (Software Development Kit

Library), 图 4 所示为 DC290/DC260/DC265/DC220 系列数码相机应用开发 SDK 结构图。在应用程序开发过程中, 通过在应用工程文件中引入 DC290.dll, 应用程序可以调用动态库中提供的函数接口, 以实现数码相机操作。DC290.dll 提供的函数接口主要有相机初始化函数 (SC_OpenCamera()), 相机状态控制函数 (如 SC_ControlTakePicture()), 照片管理函数 (如 SC_TakePicture(), SC_PreviewPicture()) 及相机信息卡中照片访问函数 (如 SC_GetNativePicture() 等) 和其它辅助功能函数接口。在应用程序中通过调用相应的接口函数, 可以实时控制相机进行拍照, 实时从相机中获取所拍数字照片, 从而实现数字照片和 GPS 实时位置进行匹配的功能。

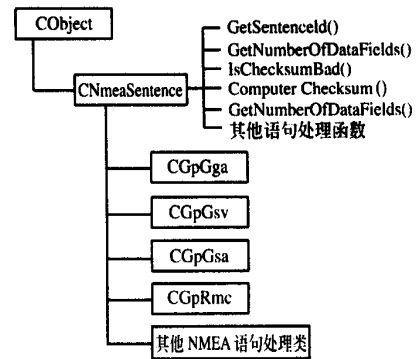


图 3 NMEA 语句处理类结构图

Fig. 3 Diagram of NMEA sentences processing classes

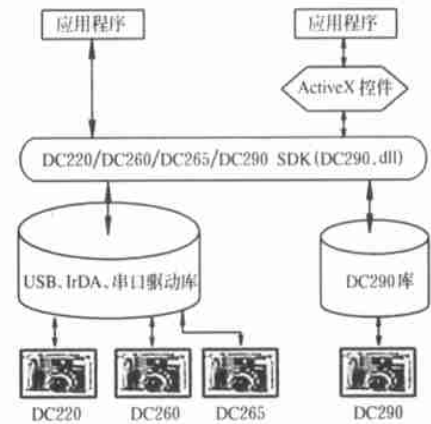


图 4 KODAK 数码相机应用开发 SDK 结构图

Fig. 4 Diagram for Kodak DC digital camera SDK structure

FieldSurvey 系统对数字摄像头的支持是通过使用 USB CapWnd 控件实现的。USB CapWnd 是天敏公司提供的标准 ActiveX 控件, 通过访问控件的 Connect() 方法, 可以连接摄像头, Capture() 方法实现对视频文件的记录。

3.4 农田信息采集

3.4.1 田间地物分布信息采集模块

农场经营管理人员为了合理规划农场布局, 制定生产计划, 估算农业投入 (如农药、化肥、种子和其它必要农业生产资料及设施的需用量)、计算产出, 清楚了解每

个地块的准确大小是非常重要的。通过该模块的面状地物调查功能,可以准确记录每个地块的位置、周长、面积和其它与地块相关的属性信息。田间点状地物分布调查可以用来标识田间危险物(如喷灌管道的出水口、较大的石块或其它田间设施)的位置,有了这些地物的分布位置后,将该层信息导入田间作业计算机系统,在作业机具到达标识物之前能够报警提醒作业人员,以避免农机具在进行田间作业时发生危险。在作业完成后,可在 GPS 导航指引下,顺利清除某些危险物。

GIS 组织空间矢量信息时,将地物的种类归属三类,即点状地物、线状地物和面状地物。如田间 GPS 控制点、单株树木、电杆等属于典型的点状地物,水渠、田间道路等属于线状地物,田间作物分布区、池塘等属于典型的面状地物。对于这三种类型的地物,均要记录其空间位置信息和相关的属性信息。在基于 GPS 的信息采集过程中,只能采集到散点数据。因此,对于线状和面状地物而言,采集过程中需要用户交互的操作,界定形成线状和面状地物的点集,从而构成线状和面状地理特征。在完成地物的矢量信息采集后,还需为其匹配相应属性信息。对不同的地物而言,需要采集的属性信息也不尽相同,但对所有地物可以有一个共同的公有信息字段,包括地物编号字段、线状地物的长度字段、面状地物的面积字段等。对一些地物的特殊属性可以由用户扩展的属性字段来描述。系统支持的属性信息中包括由数码相机和数字摄像机获取的多媒体信息。整个田间地物分布信息采集的过程如图 5 所示。

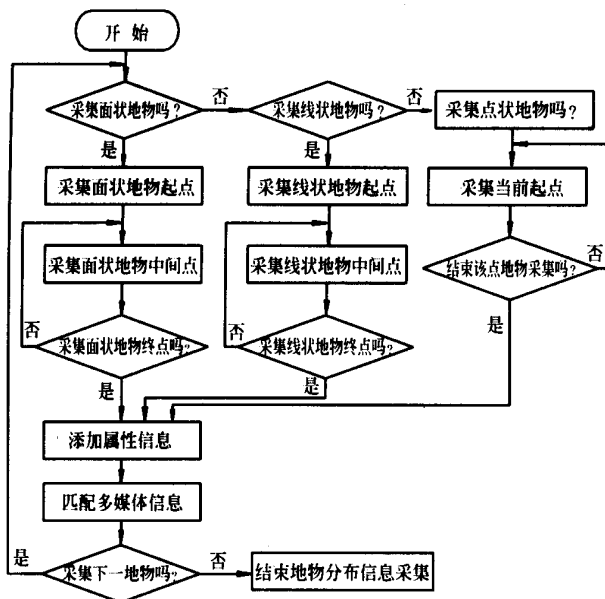


图 5 田间地物分布信息采集流程图

Fig 5 Flow chart for collecting field features

3.4.2 田间病虫害信息监测模块

该模块能够根据需要提供田间作物生长过程中发生病害、虫害和草害的详细信息,包括病虫害发生的地理范围、类型、发生程度及其它一些相关信息。一般而言,农田病虫害发生的范围均呈现面状地理特征,因

此, FieldSurvey 系统在进行病虫害信息采集时,对每一个病虫害区域均处理为一个多边形,除了属性信息的采集稍有不同外,整个采集的流程同田间地物分布信息采集中的面状地物信息采集,参见图 5。

3.4.3 作物生育期状态监测模块

为了精确把握作物的生长状态,合理地调控整个生长过程,需要在作物重要生育期实时监测作物的关键生育指标,如作物光合与呼吸速率、作物长势、作物叶面积指数、作物冠层温度、作物的叶面气孔阻力等。这些信息是可以数值表示的定量信息,或是只能划分等级或用语言描述的定性信息;有的呈点状分布,有的呈面状分布,因此在田间采集作业中需要对信息采集的作业模式加以区分。针对上述问题,系统设计了监测对象的管理功能,使得用户可根据需要添加或删减监测对象,实现对监测信息的有效配置;系统缺省为每个类型的监测指标(包括用户配置的监测指标)提供定量和定性信息支持,用户可根据需要决定自己所需监测对象的数据类型;同时,针对空间分布特征不同的监测指标,系统支持点状监测作业方式和面状监测作业方式。

3.4.4 土壤采样作业模块

土壤采样是为了获取精准农业实施范围内土壤的类型、质地、肥力特性等方面的信息。在每个农作生产季节播种之前,需要按一定的要求在农田中采集土壤样品,这种田间采样可以使用专门的土壤采样机械或人工采样。在采集土壤样品时, GPS 接收机把样品采集点的准确位置记录下来,样品采集完后,根据具体条件可以在实验室对样品进行化验,得到相应的土壤属性数据。如果配备了田间土壤速测设备,就可以在田间迅速得到相关的土壤属性数据,这样就可以建立带有准确空间位置属性信息的土壤属性数据库,为地理信息系统和农业专家系统进行管理和智能决策提供基础信息。

FieldSurvey 系统将土壤采样过程中作业规划设计、田间采样和采样信息的事后处理等步骤有机地组织为一个完整的业务流程,实现采样点空间定位、属性记录和导航实施过程结合,初步实现了土壤采样信息获取的自动化。在上述土壤采样流程中,需要说明几个问题:

1) 采样地块的确定: 系统支持对新建地块进行采样操作,但首先必须采集 GPS 信息形成新的地块多边形;若想对已有边界信息的地块进行采样,可将该地块加入当前地图集,选择该地块作为作业地块即可。

2) 采样栅格大小的确定: 系统支持以栅格长宽方式和以面积方式(认为栅格为正方形)来确定一个采样栅格的大小。

3) 采样目标点的确定: 根据栅格采样的规定,每个栅格内应有一个采样点,该采样点在栅格内可以以多种方式摆放。系统支持的摆放方式包括:落在栅格中心点上、落在栅网格线交叉点上和在栅格内随机分布的方式。

4) 采样栅格方向的确定: 系统缺省的方式是按照地理正南正北方向划分采样栅格小区,但实际作业时由于地块的自然形状各不相同,往往需要按照某一与正南

正北方向成一定夹角的作业方向划分栅格进行采样作业更为方便。在这种情况下,按照南北方向生成的采样栅网格线和采样点需要进行坐标旋转。如图 6 所示:若欲按照 OO' 方向(与水平方向夹角为 φ)进行栅格采样,首先将欲采样的地块多边形按顺时针方向旋转 φ 角,同时,方向线 OO' 也旋转至水平位置 O'O, 求出此时地块多边形的外接矩形(Extent)A B C D, 在此状态下计算并生成采样栅格和采样点,然后再将所有的采样栅格和采样点按逆时针旋转 φ 角,凡是落在原地块多边形内的采样点即为合乎要求的采样点。在同一坐标系中,绕坐标原点进行坐标旋转的公式如下(φ 为逆时针方向旋转的角度):

$$\begin{cases} X_A = X_A \cos(\varphi) - Y_A \sin(\varphi) \\ Y_A = X_A \sin(\varphi) + Y_A \cos(\varphi) \end{cases}$$

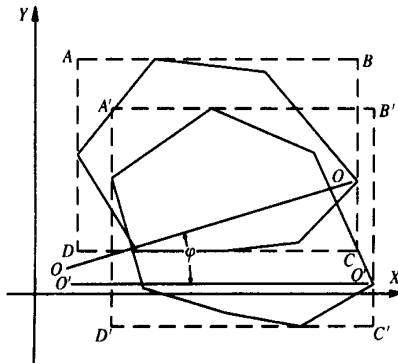


图 6 按指定方向生成采样栅格

Fig 6 Create sample grid according to certain direction

图 7 所示为按 AB 方向线生成采样点和采样栅格的情况。

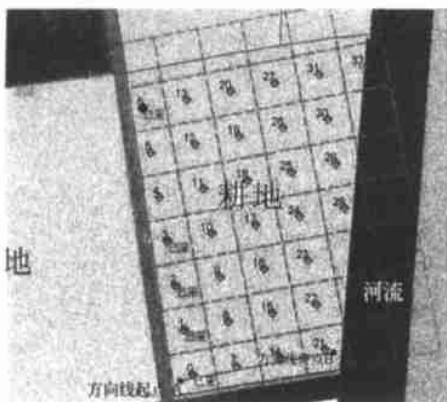


图 7 AB 方向采样图

Fig 7 Grid sample according to AB line

5) 采样点属性的记录: 在没有田间土壤养分速测设备的情况下, FieldSurvey 系统可以记录样点的位置(包括经纬度和平面坐标)、样点编号等属性。当样点的土壤养分含量在实验室测定以后, 可以将这些养分数据按样点编号与位置进行关联。若田间作业配备有速测设备, 可在作业现场通过 FieldSurvey 系统记录下速测养

分数据, 形成相应的空间分布图。系统同时还支持以 shp 格式保存采样地块、采样栅格和采样方向线。

4 结论与展望

本研究开发的农田信息采集系统 FieldSurvey 具有如下特点: 其一、系统通过集成 GPS, 能为采集到的信息提供高精度的空间位置属性; 其二、通过系统集成, 能在定位的同时采集详细的属性数据, 提高了 GIS 数据的完整性和准确性。使用常规的数据信息采集方法, 空间数据的采集和属性数据的采集往往是分开的; 其三、系统通过集成多种信息采集硬件, 能方便快速地采集到包括作物生长状态和作物生长环境等方面的多源信息, 为实施科学的生产调控管理决策提供充足的信息支持; 其四、系统实现了基于精确 GPS 位置的田间多媒体信息的采集; 其五、系统具有良好的可扩展性和适应性。通过对系统软硬件进行适当的调整就可方便地应用于其他行业领域(如地质、水利、林业、环保等)的信息采集工作。

在农田信息采集应用开发方面, 开发农作物生长环境数据采集传感器, 包括土壤水势传感器、土壤盐分传感器、土壤温度传感器、湿度传感器, 使得在田间作业过程中能够快速准确地获取影响作物生长的环境因素信息将是一个主要的研究方向; 开发基于嵌入式系统 Windows CE 运行于 Pocket PC 的便携式田间信息采集系统将会使田间信息采集作业变得轻松易行; 此外, 研究开发集传感器技术、卫星定位技术、GSM 无线通讯技术、数据库存储和处理技术于一体的新型田间信息采集仪器, 能够实现无人监守情况下的作物生长环境信息的自动采集、传输和存储, 为分析和预测田间作物生长环境变化提供终端实测数据。

[参 考 文 献]

- [1] 汪懋华 精细农业发展与工程技术创新[J] 农业工程学报, 1999, 15(1): 1~ 8
- [2] 朴献淑, 马成林 精准农业——一种全新的农业生产管理技术[J] 农业机械学报, 1999, 30(5): 112~ 118
- [3] 李洪涛, 许国昌, 等 GPS 应用程序设计[M] 北京: 科学出版社, 2000
- [4] 李德仁, 关泽群 空间信息系统的集成与实现[M] 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000
- [5] 潘云鹤 计算机图形学- 原理、方法及应用[M] 北京: 高等教育出版社, 2000
- [6] 何 勇, 方 慧, 等 基于 GPS 和 GIS 的精细农业信息处理系统研究[J] 农业工程学报, 2002, 18(1): 145~ 149
- [7] Han S, Hummel J W, Goering C E, et al Cell size selection for site-specific crop management [J] Trans of ASA E, 1994, 37: 19~ 26
- [8] Eghball & Varvel Fractal analysis of temporal yield variability of crop sequences: implications for site-specific management[J] Agron J, 1997, 89: 851~ 855

Field multi-source information collection system based on GPS for precision agriculture

Meng Zhijun, Zhao Chunjiang, Wang Xiu, Chen Liping, Xue Xuzhang

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China)

Abstract: It is the key step for implementing decision-based Precision Agriculture to collect timely the multi-source spatial-temporal variant information that influences crop production in the field. By integrating field information collection sensor hardware, the field information collecting system based on DGPS or portable GPS receiver is developed, which can gather multi-source field dynamic information with accurate position information such as field feature distribution, crop status throughout the production season, field weeds, pest and disease distribution, soil nutrient variability, as well as some attribute information of digital picture or digital video. This system can combine the processes of positioning, attribute information recording and implementation, which realize field information collection automatically.

Key words: Different Global Position System (DGPS); precision agriculture; data model; information collection; multimedia