

# 数字化果园管理系统<sup>①</sup>

钱建平<sup>1,2</sup>, 邢 斌<sup>2</sup>, 吴晓明<sup>2</sup>, 杨信廷<sup>2</sup>, 吴保国<sup>1</sup>, 王衍安<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(北京林业大学 信息学院, 北京 100083)

<sup>2</sup>(国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

<sup>3</sup>(山东农业大学 生命科学学院/作物生物学国家重点实验室, 泰安 271018)

**摘 要:** 数字化果园管理系统是实现果园精准管理的基础. 本研究以单株果树为最小管理单元, 利用 ArcGIS Server 提供的网络地理信息系统(Web Geographic Information System, WebGIS)应用服务构建了基于富互联网应用(Rich Internet Application, RIA)的数字化果园管理系统框架, 设计了数据表并给出了格表之间的实体关系, 采用 ExtJS 实现了系统功能. 通过采集山东省某苹果园的果树及相关设施的坐标位置, 生成果园地图, 以此为空间数据, 应用数字化果园管理系统对果园、果树、环境监测设备及生产操作记录等进行统一管理; 实际应用表明, 系统能提高管理效率、增强统计分析能力、提供可视化管理手段, 是信息技术在果园管理中应用的新尝试.

**关键词:** 果园; 数字化; 管理系统; 网络地理信息系统; 富互联网应用; 山东

## Digital Orchard Management System

QIAN Jian-Ping<sup>1,2</sup>, XING Bin<sup>2</sup>, WU Xiao-Ming<sup>2</sup>, YANG Xin-Ting<sup>2</sup>, WU Bao-Guo<sup>1</sup>, WANG Yan-An<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(Department of Information, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

<sup>2</sup>(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

<sup>3</sup>(College of Life Science, Shandong Agricultural University / State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** A digital orchard management system (DOMS) plays an important role in implement orchard precision management. With single fruit tree as minimum management unit and rich internet application (RIA) as framework, DOMS structure was established using WebGIS application service provided by ArcGIS Server. Data table and entity relationship was designed. The function of DOMS was implemented with ExtJS. An apple orchard in Shandong province was selected for applying DOMS. An orchard map was created by recording the coordinate location of fruit trees and environment monitoring equipments in the apple orchard. Integrating with the map, various entities such as orchard, fruit trees, and equipments and so on were managed with DOMS. The application result shows that DOMS can improve management efficiency, enhance analysis capacity and provide visualization management means. It is a new attempt that information technology is applied in orchard management.

**Key words:** orchard; digitization; management system; WebGIS; RIA; Shandong

中国是果品生产大国, 在山东、陕西、河北等省份的许多地区, 果树产业已成为当地的支柱产业, 为当地经济建设做出了巨大贡献. 以苹果为例, 据农业部统计, 2008 年全国苹果栽培面积和产量为  $199.22 \times 10^4 \text{hm}^2$  和  $2984.66 \times 10^4 \text{t}$ , 面积和产量均居水果生产的首位<sup>[1]</sup>. 虽然果品种植面积和产量都很大, 但是大多

数果园管理模式粗放, 不分地力水平差异靠大量化学肥料提升产量, 导致环境压力增大、果品品质不高. 精准农业的核心是变量管理, 这一理念也可扩展到果园精准管理, 依据果树个体或小群体差异进行定位、变量、择时管理, 已成为解决果园粗放管理的有效途径<sup>[2,3]</sup>.

① 基金项目: 国家高技术研究计划(863)(2011AA100706); 公益性行业(农业)科研专项经费(200903044-8); 国家科技计划课题(2011BAD21B0601)

收稿时间: 2012-01-09; 收到修改稿时间: 2012-03-27

利用信息技术建立果园管理系统,国内相关学者开展了一些研究,如郭碧云等研究开发了计算机无公害苹果园土壤评价和管理系统<sup>[4]</sup>、董希玲等以 Visual Studio 2005 和 SQL Sever 2005 为开发工具构建了果园管理系统<sup>[5]</sup>、何东健等设计了果园环境参数远程检测 WSN 网关节点<sup>[6]</sup>,但这些成果均是从整个果园的管理出发构建系统,未能做到基于单株的精准管理.国外相关学者提出了基于单株的标识与管理方法,如 Ampatzidis 等利用 RFID 标签对果树标识进行了研究<sup>[7]</sup>、Cunha 等通过利用手机或 PDA 之类的移动设备解析二维条码提出面向葡萄栽培服务的框架<sup>[8]</sup>,这为实现基于单株的果园精准管理提供了参考.本文以单株果树为最小管理单元,利用 ArcGIS Server 提供的 WebGIS 应用服务开发了富互联网应用的数字化果园管理系统,并在山东省某苹果园进行了应用.

## 1 系统设计

### 1.1 总体结构设计

数字化果园系统基于 RIA 体系结构,采用 ArcGIS Server 提供的 WebGIS 应用服务框架,利用 .Net 编程语言实现系统. RIA 是一种具有近似于传统桌面应用功能和特性的网络应用,与传统的将大部分交互应用都集中在服务器端的网络应用程序不同的是,RIA 将大部分业务逻辑从服务器端移植到客户端,仅保留一些基础的业务逻辑在服务器端<sup>[9,10]</sup>. RIA 具有高用户体验,高交互性,界面局部异步更新,状态保持,减少网络负载等特性,对于开发 WebGIS 应用程序是个很好的选择<sup>[11]</sup>.

系统框架包括三层,即富客户端表示层、应用逻辑层和数据层,如图 1 所示.富客户端表示层可以是 IE、ArcGIS Explorer 等类型,供果农、科研人员、管理人员等进行查询与管理,通过应用逻辑层提供的 Web 服务,与服务器进行数据和操作的交互.应用逻辑层提供业务逻辑、事务调度、Web 服务、GIS 服务和数据服务等,在本系统中,主要包括 Web 服务和 GIS 服务;GIS 服务负责果园地理数据的分析处理及显示,通过服务对象管理器(Server Object Manager, SOM)和服务器对象容器(Server Object Container, SOC)管理与提供 WebGIS 服务,是整个系统的核心服务<sup>[12]</sup>;Web 服务采用 HTTP 协议接受用户请求并把处

理结果返回给富客户端表示层<sup>[13]</sup>.数据层包括果园地图文件、果树数据和环境数据,主要提供对数据的存储、管理、备份等服务.

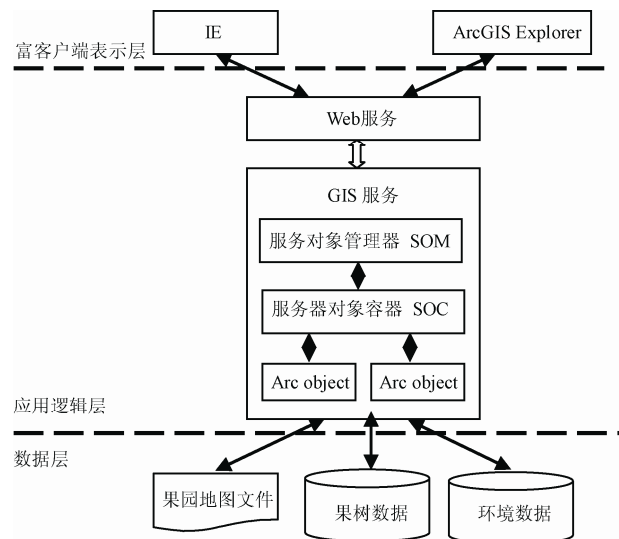


图 1 数字化果园管理系统结构

### 1.2 数据库设计

数字化果园管理系统的数据库设计可分为空间数据和属性数据.空间数据主要包括果园分布图、果树分布图、环境监测设备分布图等果园管理的基础图层数据;属性数据主要包括果树数据和气象数据.本系统中,空间数据以 shapefile 格式进行存储使用,与存储在 Sql Server2000 中的属性数据之间通过唯一公共标识进行关联.

系统的属性数据以数据表形式给出,包括区域表、果园信息表、果树信息表、农事操作表、果园设施表、气象数据采集表等,各个表之间的关系如图 2 所示.其中最主要的关系是果园、果树、农事操作和气象数据之间.每株果树都有一个唯一的树体编号,用来与果园、农事操作相关联;气象数据是由各个分布在果园中的气象站点采集得到,与果树之间通过果园进行关联;农事操作包括施肥、灌溉、防治病虫害和采收四种类型,每种操作需要记录操作相关的信息,并保存在农事操作表中,例如,对于某次施肥操作,需要记录施肥的树体编号,肥料名称(即农事操作表中的操作材料)、施肥量(即表中操作量)、施肥日期(即表中操作日期)等相关信息.

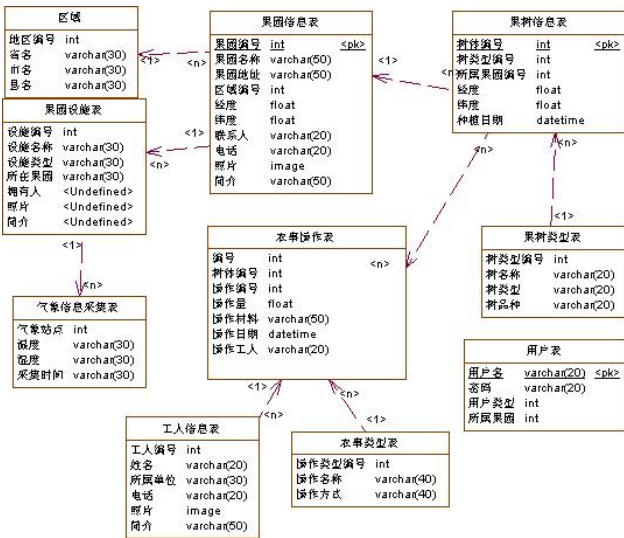


图 2 系统数据实体-关系

1.3 功能设计

数字化果园管理系统根据不同用户对象提供不同的功能, 通过分配用户名的权限进行功能控制. 根据果园、果树、环境监测设备等不同管理对象和果树生产的施肥、防治病虫害、灌溉、采收等不同操作, 设计系统功能. 主要功能如图 3 所示.

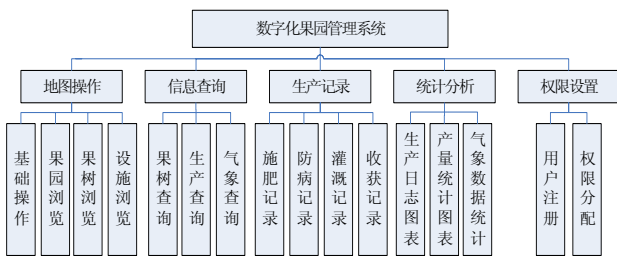


图 3 系统功能结构

(1) 地图操作

用地图形式管理果园、果树及设施, 该功能包括基础操作、果园浏览、果树浏览和设施浏览. 其中基础操作提供了地图缩放、信息查询、距离量算等; 果园浏览用于管理人员对区域内的各个果园的总体信息进行快速查看; 果树浏览用于查看果树的地理位置分布情况、按照位置查看果树的品种、农事操作情况等信息; 设施浏览用于查看果园内的固定设施如房屋、水源、气象站点等的地理位置, 以及当前的使用情况等.

(2) 信息查询

提供对果树、农事操作及气象数据的查询, 通过

时间、树体编号、负责人等关键字查询, 可以在地图上快速定位到相关的果树, 并能查看每株果树的农事操作, 如施肥、防治病虫害、灌溉、采收等信息.

(3) 农事管理

对各种农事操作进行记录并管理. 施肥操作主要记录施肥的果树编号、施肥量、肥料名称、施肥日期、操作人员等; 防治病虫害操作主要记录喷药的果树编号、喷药量、药名、喷药日期、操作人员等; 灌溉操作主要记录灌溉的果树编号、灌溉方式、水量、日期、操作人员等; 采收操作主要记录采收的果树编号、采收方式、产量、采收日期、操作人员等. 针对单棵果树的农事记录, 为果园精准管理提供了详细数据支持.

(4) 统计分析

针对取得的单株果树农事操作记录数据、气候数据、产量数据等进行分析, 生成生产日志图表、单株产量分布图表、果园产量分布图表、气象数据变化图表等信息.

(5) 权限管理

本系统用户分为游客、管理员和果农三类, 游客只能进行果园基础浏览, 其他两类注册用户根据权限分配, 可以进行其他操作.

2 关键技术

2.1 ExtJS 与后台数据交互技术

为了减少多用户请求时服务器和带宽的压力, 提高地图响应速度及网络的传输速度, 增强与用户友好交互和连续操作的能力, 构建比传统 WEB 应用更丰富的客户端, 本系统采用 OPOA(One Page, One Application, 即一个应用使用一个页面)思想、基于 ExtJS 框架和 RSA 技术开发. ExtJS 是一种用于 RIA 开发的 JavaScript 技术, 它不需要为客户端安装任何插件就可以实现丰富多彩的界面效果, 是进行 RSA 开发的理想选择之一[14].

由于 ExtJS 是一个纯前端的 JavaScript 框架, 没有提供后台部分的实现, 因此在本系统实现时 ExtJS 与后台数据的交互是一个关键问题, 尤其是在有地图数据的情况下. ExtJS 中数据的提取和获取使用 AJAX 方式进行, AJAX 引擎负责异步交互的数据转换, 将用户触发的 JavaScript 事件转换成 HTTP 请求发送至服务器; 同时将 Web 服务器反馈回来的 XML 数据转换成用户界面所需的 HTML 和 CSS 数据. 除了接收 AJAX

引擎发送的请求数据之外,还需要将系统服务处理结果以 XML 和 JSON(Javascript Object Notation)等通用格式反馈给客户端。

## 2.2 果树查询及高亮显示技术

由于果园中的果树较多,表现在系统的地图上显示为密密麻麻的示意点,为了便于快速查找到某棵果树,系统提供按果树编号进行查询及查询后在地图上用不同的颜色将要素高亮显示。

ArcGIS Server 中,实现高亮查询要素有两种思路。一是在 Manager 中新建一个 GraphicLayer 层,这个层是在内层中的,然后在这个层上将需要高亮显示的要素重新画一遍。另一种思路是设置资源绘图功能的 Map Description 属性的 CustomGraphic 属性。本文采用第一种方法实现,分三步:获得 Manager 里的 Graphic Resource,并在 Resource 里获取 GraphicsLayer;获得查询要素的信息,并转化为 Element,添加到 ElementLayer 中;刷新地图。

## 3 系统应用测试

### 3.1 应用区概况

试验苹果园位于山东省肥城市潮泉镇上寨村西北部平地,长宽约 30\*80m,面积约 3.6 亩,种植果树 144 株,其中主栽品种为富士和嘎啦,果树的行株距约 3.5\*2m。果园于 2001 年建园,管理水平较高,安装了果园环境监测设备 5 套,实现了对果园 5 个点的冠层温度、相对湿度、光照强度、二氧化碳浓度、土壤温度、土壤含水量 6 个参数的测量,测量数据通过 GPRS 远程发送,可进行远程监视、下载和分析。其位置如图 4 所示。



图 4 果园所在位置

### 3.2 单株果树位置信息采集与成图

由于苹果园内地势平坦,且果树植株较低,为利用 GPS 设备进行定点测量提供了良好的条件。于 2011 年 4 月 11 日,采用两台 Trimble 公司的型号为 SPSx51 的 GPS 接收机(1 台作为基站、1 台作为流动站)以载波

相位动态实时差分(Real-Time Kinematic, RTK)方式对园中果树进行测量,精度可达到厘米级。

在测量前,通过对基站进行对中整平与坐标点校正后,设置坐标系统、投影参数、天线通讯参数等,完成后即可启动流动站进行果树植株坐标的获取<sup>[15]</sup>。在测量时,由于果园内果树行株距差异不大,因此通过采集关键点位坐标采集、株间坐标偏移、末株坐标校验的方式获取各果树相对位置。即对果园界址点、固定建筑、气象站、首排首列果树等关键点位进行测量,获取其绝对坐标位置,对果树只需测量每行的第一棵绝对位置以及株间的间距,对每行最后一棵果树采集绝对坐标位置进行与相对位置的校验,在保证位置精度的前提下提高了工作效率。

在果园采集完地物位置信息后,采用 ArcMap 软件对测量点进行处理,生成果园地图。测量获取的点数据以 Dat 文件的形式进行存储,在对该数据文件进行处理前,要确定欲处理点数据的地理坐标系、投影坐标系等一系的参数,这样点数据才能正确地投影在地图文件中;点数据文件在导入 ArcMap 后,即转换成一系列离散点,结合测量时绘制的草图,这些点便成为一系列具有地理意义的面状与线状地物;最后对地图进行整饰,包括线型、图例、色彩等,以达到层次分明、清晰易读的目的,单株苹果树地图如图 5 所示。

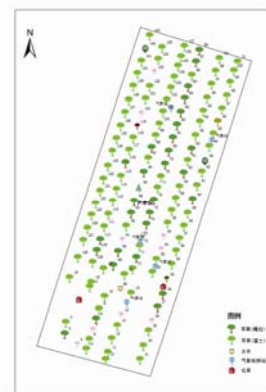


图 5 单株苹果树地图

### 3.3 典型功能应用测试与讨论

本系统的突出特点是通过连接单株苹果树地图文件,实现了基于单株的信息管理,便于系统使用者直观了解每棵果树及园内设施信息。如图 6(a)所示,在地图上点击编号为 115 的果树后,可查看其详细信息,

包括果树编号、所在果园、果树品种、负责人及各项农事操作信息。由于园内部署有环境监测设备,系统可实时接收来自监测设备的数据,并以图形或表格形式显示到页面中。如图 6(b)所示,显示的是 2011 年 6 月 23 日下午 16 点 22 分采集到果园内气温、相对湿度、土壤温度、土壤水分、光照强度、二氧化碳浓度数据。

果园精准管理时需要记录下每棵果树在不同时间的生产操作信息,系统提供了界面供操作。如在 2011 年 6 月 23 日对编号为 115 的果树进行了施肥,则先在地图上选择 115 号果树,再在农事操作面板的施肥模块中输入施肥日期、肥料名称、施肥量、施肥方式等即可,如图 6(c)所示。

对采集到的生产操作信息、环境信息等进行统计分析,有利于进行辅助决策。系统根据用户日常对果树施肥、防治病虫害、灌溉、采收等操作的记录,生成生产日志,用户可以采用按树浏览、按操作浏览等多种方式对每棵树的操作日志进行查看。其中按树浏览是指在用户选定果园和月份的基础上,系统分页列出果园中所有的果树编号和与果树相对应的每一天的操作日志;按操作浏览是分双层窗口实现对操作日志的浏览,系统以表格的方式列出每棵果树在当月是否有施肥、灌溉、喷药、采收信息,如果有用户则能够点击所对应的单元格查询当月具体的详细操作信息,如图 6(d)所示。同时,用户可以查看当月施肥、灌溉、喷药、采收的定量信息以及每天的操作数量的变化趋势等。

#### 4 结论

利用信息技术对果园进行精准管理是提高管理效率、增强决策能力的重要措施。本文以单株果树为最小管理单元,采用 ArcGIS Server 提供的 WebGIS 应用服务框架设计了基于 RSA 的数字化果园管理系统,系统界面直观、功能强大、操作便捷,是进行果园可视化精准管理的新方法。

#### 参考文献

- 王金政,薛晓敏,路超.我国苹果生产现状与发展对策.山东农业科学,2010,(6):117-119.
- 赵春江.对我国未来精准农业发展的思考.农业网络信息,2010,(4):5-8.
- 赵春江.精准农业研究与实践.北京:科学出版社,2009.
- 郭碧云,张广军,赵政阳.无公害苹果园土壤环境质量评价方法与管理信息系统研究.干旱地区农业研究,2006,(3):181-184.
- 董希玲,刘俊峰,陈其林.基于.NET 的果园管理系统的构建.安徽农业科学,2010,(10):5482-5484.
- 何东健,邹志勇,周曼.果园环境参数远程检测 WSN 网关节点设计.农业机械学报,2010,(6):182-186.
- Ampatzidis YG, Vougioukas SG. Field experiments for evaluating the incorporation of RFID and barcode registration and digital weighing technologies in manual fruit harvesting. Computers and Electronics in Agriculture, 2009,66(2):166-172.
- Cunha CR, Peres E, Morais R, et al. The use of mobile devices with multi-tag technologies for an overall contextualized vineyard management. Computers and Electronics in Agriculture, 2010,73(2):154-164.
- 陈谦,余江峰,潘森,等.基于 RIA 方式的 WebGIS 构建.遥感信息,2009,(4):89-94.
- 王建文,张俊明,韩李鹏.基于 ExtJS 的物资管理系统的设计与实现.计算机工程与设计,2010,(23):5012-5014.
- 石岚岚,夏克俭.基于 Flex 和.NET 的 WebGIS 的设计与实现.微计算机信息,2008,(31):233-234.
- 庞丽峰,毛炎新,唐小明.基于 ArcGIS Server 的海南省生态公益林管护系统建设.林业资源管理,2010,(6):113-118.
- 刘明辉,沈佐锐,高灵旺,等.基于 WebGIS 的农业病虫害预测预报专家系统.农业机械学报,2009,(7):180-186.
- 方征.ExtJS 在 RIA 开发中的应用.电脑知识与技术,2009,(18):4994-4995.
- 汪亚峰,傅伯杰,侯繁荣,等.基于差分 GPS 技术的淤地坝泥沙淤积量估算.农业工程学报,2009,(9):79-83.

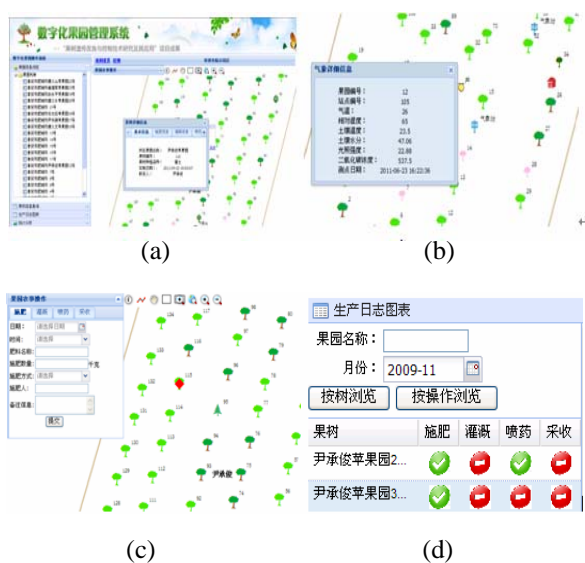


图 6 典型功能界面