

# 农药精确施用系统信息流集成关键技术研究

张慧春, 郑加强\*, 周宏平, 葛玉峰

(南京林业大学机电学院, 南京 210037)

**摘要:** 探讨了智能植保机械农药精确施用系统的信息流集成及其信息特征, 分析了数据转换以及空间数据与属性数据的集成, 编写了 GPS 数据采集程序, 通过 ODBC 接口把 GPS 定位信息保存到数据库中, 利用设计的 GPS 试验装置对 GPS 卫星进行可见性观测记录分析, 运用不同平台进行 GPS 定位试验以及对比分析, 研究了气象数据库在农药精确施用系统信息流集成中的应用, 分析了气象温湿系数与林木病虫害之间的相关关系。

**关键词:** 农药精确施用; 信息流集成; 气象数据库; 智能植保机械

中图分类号: S126; S491

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)5-0130-07

张慧春, 郑加强, 周宏平, 等. 农药精确施用系统信息流集成关键技术研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 130-136.

Zhang Huichun, Zheng Jiaqiang, Zhou Hongping, et al. Key technologies for integration of information flow for precision pesticide application system[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 130-136. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

先进的信息技术, 如 GIS(Geographic Information System)、GPS(Global Positioning System)、RS(Remote Sensing)、IDSS(Intelligent Decision Support System)和 VRT(Variable Rate Technology)等在农林业中的应用, 使人类有能力以更为宏观、精细、综合、定量的方式来探讨农林业资源管理的真谛, 使农林业工程的触角从定点到区域的尺度转换中游刃有余, 从而产生更大的经济和社会效益<sup>[1]</sup>。

而针对日益严峻的病虫害形势, 化学农药防治是保证农林业生产正常进行的必要措施, 但常规施药方法效率极其低下, 从施药器械出去的农药 25%~50% 沉积在植物叶片上, 直接降落在目标害虫上的仅在 1% 以内, 只有不足 0.03% 的能起到杀虫作用, 其余 50%~70% 的农药, 则以挥发、飘移等形式而散失<sup>[2]</sup>。中国平均每年消耗的 100 万 t 农药制剂、1 亿 t 药液大部分流失到土壤和环境中, 不仅浪费巨大, 而且导致生态平衡破坏、农林产品农药残留超标、害虫再猖獗、害虫抗药性增加、新害虫不断出现、人畜农药中毒等一系列问题的出

现<sup>[3]</sup>。

因此在现代信息技术、生物技术、工程技术等的强力推动下, 农药使用开始进入“机械化+电子化”时期。国内开发了基于机器视觉的精确农药可变量喷雾控制系统, 通过模糊决策融合树冠面积信息和距离信息来进行智能喷雾<sup>[4,5]</sup>。发达国家已经建立相关数据模型来研究农药使用对土壤、地表水等自然资源的影响<sup>[6]</sup>, 运用仿真技术分析减少农药使用后农作物的长势情况<sup>[7]</sup>、结合由 GIS 支持的地形分析结果检验农药逐块施用模型的效果<sup>[8]</sup>等。在加强农林建设和保护生态环境的双重要求下, 研究开发农药有效利用率高、防治效果好、自动化智能化程度高、环境污染小的智能化农药精确施用系统及其关键技术已成为发展必然趋势。虽然 GIS 等技术得到广泛的研究<sup>[9-12]</sup>, 但尚无人研究农药施用系统的信息流集成, 因此本文将结合开发智能化植保机械, 通过信息流和信息特征分析研究农药精确施用系统信息流集成关键技术, 以加速实现病虫害防治的农药使用方法的自动化和现代化。

## 1 农药精确施用系统信息流分析

基于精确施药技术的智能化植保机械运用如视觉传感、空间定位、数据库、智能决策以及可变量控制等技术, 实时测知工作对象所需工作的质、量和时机, 根据植物的栽植密度、株距及形态等条件和病虫害发生情况来按需定量实施喷药, 也就是说智能化植保机械应具备对多种信息快速处理及分析决策的能力。第一, 可以直观准确地反映不同病虫害的确切地点、面积范围和危害程度; 第二, 便于分析影响植物生长的环境因素(如土质、

收稿日期: 2006-05-15 修订日期: 2006-08-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30271078)

作者简介: 张慧春, 女, 博士研究生, 主要从事智能植保机械和 3S 集成技术研究。南京 南京林业大学机电学院, 210037。

Email: njzhanghc@hotmail.com

\*通讯作者: 郑加强, 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事智能植保机械等研究。南京 南京林业大学机电学院, 210037。

Email: jqzheng@njfu.edu.cn

地形、土壤含水率、气候状况、病虫害发生情况等) 实际存在的时空差异性; 第三, 有利于研究病虫害种群数量随时间和空间的演变过程, 以及病虫害种群与自然环境因子之间的相互作用; 第四, 为智能决策支持系统生成农林病虫害防治处方图提供依据, 最终实现精确喷施农药<sup>[13]</sup>。

农药精确施用系统是将 CCD 实时摄像系统、GPS、GIS 在线地安装在农药喷雾机上, 随着喷雾机的行驶, 所有系统均在同一时钟脉冲控制下进行实时工作, 把 GPS 精确定位数据和 CCD 获取的林木图像通过处理

随时送入 GIS 中, 通过 GIS 绘制林木长势情况分布电子地图, 分析获得林区内树木长势的差异程度, 在 GIS 平台上有效集成时空数据、属性数据、历史数据等信息, 根据历史病虫害情况和植保专家经验知识, 进行病虫害统计趋势模型和技术经济分析, 建立农药使用技术专家系统, 并根据实时数据分析、图像处理、喷雾目标特征和病虫害防治阈值, 由智能决策支持系统生成林木管理处方图, 根据处方图控制可变量喷头自动执行精确变量施药, 如图 1 所示<sup>[14]</sup>。显然, 在农药精确施用系统的工作过程中, 始终贯穿着信息流这一主线。

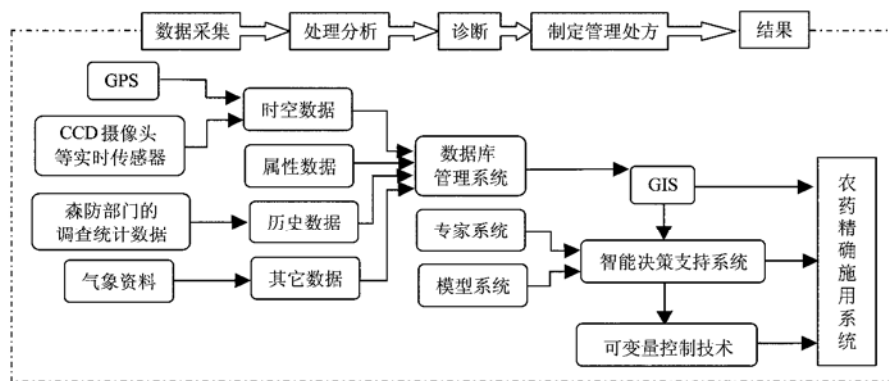


图 1 农药精确施用系统信息流示意图

Fig. 1 Schematic diagram of information flow for precision pesticide application system

## 2 农药精确施用系统信息特征分析

3S 的一体化集成和应用, 使林木长势信息的收集、提取、定位、传输、存储、管理、分析和应用及空间数据可视化成为一个整体的信息网络, 使得植保机械可以根据林间信息的变化, 更加快速、准确、高效地调整喷洒农药等管理措施, 实现农药施用的自动化、精准化、集约化。农药精确喷雾系统需要多种传感器的集成运用, 系统各要素之间关系密切, 其信息具有多源性、异构性、层次性和复杂性等特征。

### 2.1 多源性特征分析

多源性指的是农药精确喷雾系统的信息种类繁多与来源广泛。

1) 数字化地图: 地学数据可通过数字化地图或扫描实现空间数据的提取;

2) 观测数据: 通过野外实地测量获取的数据。如气象数据、土壤数据<sup>[9]</sup>;

3) 试验数据: 模拟真实世界中地物与过程特征产生的数据, 如植保机械或农药防治效果数据;

4) RS 与 GPS 数据: RS 数据提高了影像解译、分类、提取等操作的自动化程度和质量, GPS 准确获取农药喷施目标物或植保机械的空间位置, 并已成为其它地

学数据源的订正、校准手段;

5) 理论推测与估算数据: 不能直接获取数据时用理论推测得到, 如树种的分布和变迁等数据。短期内需要、但不能直接测量获取的数据用估算方法, 如病虫害损失林木面积及损失财产等数据;

6) 历史数据: 历史文献中记录的信息, 如历年林木病虫害始见期、始盛期、病情指数等数据;

7) 统计普查数据: 统计数据与空间位置关联转化为地学数据, 如刺蛾发生率、诱灯诱蛾量。

### 2.2 异构性特征分析

异构性是指农药精确喷雾系统信息的结构迥异以及分布分散。

1) 信息的表现形式不同。定量信息, 如林木棵数、喷雾机速度、喷头喷雾量等; 定性信息, 如林木病虫害爆发、蔓延水平; 存在性信息, 如有无树木; 多媒体信息, 如电子地图、图像等;

2) 信息的确定性不同。既有树种等确定性信息, 也有气候变化等不确定信息;

3) 信息的标准格式不同。信息来自不同的应用系统或平台, 接口标准不统一及存储格式各异。

### 2.3 层次性特征分析

依据喷雾系统数据抽象的层次, 信息分为基础数据

层、特征属性层、状态描述层和决策控制层,后3个分别对应“是否施药目标吗(定性)”、“怎样分布的(定位)”、“需要多少农药(定量)”<sup>[10]</sup>。

- 1) 基础数据层:从各类信息源获取的基本数据,包括摄像头采集的图像和GPS的定位信息;
- 2) 特征属性层:喷雾目标和树木生长状态的模式及其统计数据,侧重于识别判断;
- 3) 状态描述层:各种病虫害发生的描述模式及其统计数据,侧重于分析和预测;
- 4) 决策控制层:根据分析结果决定喷施有效农药的数据,侧重于执行和实施。

#### 2.4 复杂性特征分析

智能植保机械作业时需要的信息复杂,包含喷雾目标(树木)信息、作业车辆信息、气候信息、防治地理区域的信息和包含农药使用与植保机械的政策法规信息等。

显然由于农药精确施用系统信息存在多源性、异构性、层次性以及复杂性等特征,迫切需要智能化的方法进行自动处理和辅助决策,对复杂环境因素中不同性质的信息进行集成、汇集、处理和综合存储。这一过程从数据集成到功能集成再到应用集成涵盖了宏观集成和微观集成。

### 3 数据转换以及空间数据与属性数据集成

GIS管理空间定位数据、图形数据、属性数据等多种地理空间实体数据及其关系。数据库是GIS的核心,在农药精确施用系统中,GIS将地学空间数据与计算机技术相结合,实现对多源时空数据等信息的存储、分析和处理,根据数据绘制电子地图,作为新的集成系统的基础平台。

#### 3.1 数据转换

空间数据库中的数据有多种类型和多种来源,具有特殊的应用和操作要求,因此涉及到很多方面的数据转换<sup>[12]</sup>。

1) 坐标转换:坐标转换就是大地坐标、图像坐标、设备坐标、图像窗口坐标相互匹配的过程。系统选用某国家级风景林区为例进行分析研究,其林区林相图是有关林班、小班的栅格图,由于没有确定点的经度/纬度,为此先对林区基本图进行配准,该基本图是根据RS彩色红外像片绘制的(1:10000),按经差3°分带投影,包括2970万m<sup>2</sup>的区域。林区林相图则从配准后的带有经/纬度坐标的林区基本图中读取道路、区域交叉点等易辨认的特征点作为控制点进行配准。

2) 投影转换:投影是把地球表面的特征换算成一个二维表面的位置。目前中国采用的是高斯投影,但国外的一些软件或进口GPS仪器支持UTM投影。为了

配合GPS的使用,系统在对林区进行栅格矢量化过程中,运用MapInfo选择了投影标准UTM(WGS84椭球系统)。

3) 数据格式转换:各种软件都执行与自身相适用的数据存储结构。作者曾选择MapInfo的NonEarth投影标准,进行了控制点匹配、跟踪林班小班等工作,然而在GPS试验中发现无法符合显示要求,且与现行数据标准不统一。考虑到后期二次开发的功能要求及数据标准的兼容性改用ArcInfo,将MapInfo中.tab的矢量数据格式转化为ArcInfo的.shp格式,解决了MapInfo配准跟踪过的地图无法更改投影标准的问题<sup>[15]</sup>。经试验,在ArcInfo中原小班林相图与配准跟踪过的地图可以较好地吻合(见图5红色小班图与黑色底图完全贴合),避免了用MapInfo带来的重新跟踪的繁琐工作。

#### 3.2 空间数据与属性数据的集成

农药精确施用系统要将地理位置和相关属性有机地结合起来,图文并茂地输出空间信息及属性信息。在设计属性表时,考虑到林班自身和影响林木生长的环境因素存在的时空差异性,包含了林木基本信息(林班号、小班号、树种、单位蓄积、林种、郁密度、平均胸径、平均树高)、自然条件(如地类、面积、周长、美学评价等)、历史数据(如主要林木病虫害、病虫害发生区、病虫害等级)、经验数据(如防治方法、适宜植保机械)等信息(见图2)。运用GIS制作林班树木信息数据的查询与统计,建立与树种分布图连接的图形数据查询,分析时空差异性,判别林木长势优劣、确定影响长势的原因、提出病虫害防治处方,从而采取调控措施,消除和减少差异。

### 4 GPS在农药精确施用系统信息流集成中的应用

农药精确施用系统要进行对采集的林间信息空间定位,实时快速地提供包括各类传感器(如CCD摄像头)和运载平台(如作业车辆等)目标的空间位置,辅助智能植保机械完成处方实施。为了保证农药精确施用系统的精度和差分定位的需要,本文选用美国Trimble的DSM132GPS接收机。

利用Visual C++编写了GPS数据采集程序,采用异步串行传送方式,通过串口采集遵循NMEA0183协议的GPS数据,通过ODBC接口将用户位置(经度、纬度、高度)、时间、速度、GPS状态(未定位、非差分定位、差分定位)、定位类型(2D定位、3D定位)、正在使用解算位置的卫星数量、具体卫星编号(PRN),以及位置精密度(PDOP)、水平精密度(HDOP)、垂直精密度(VDOP)、时间精密度(TDOP)等信息保存到数据库中,为信息管理和指挥调度提供定位

数据。



图 2 与地图相对应的属性表

Fig.2 Attribute table associated with map

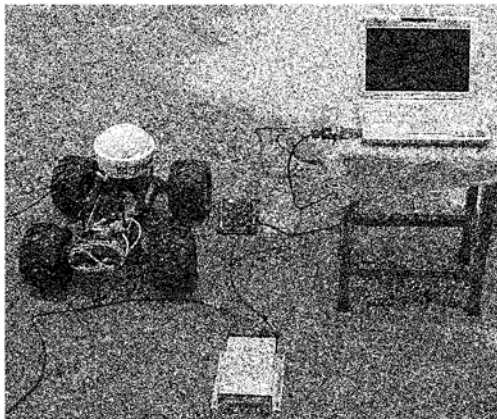


图 3 GPS 试验装置

Fig.3 GPS experimental set-up

如图 3 所示, 为了将 GPS 融合运用到农药精确施用系统的移动式植保机械上, 试验前期作者将 GPS 天线固定在遥控车上进行模拟, 计算机可实时显示车的方向、速度、所在位置、时间等参数。通过对比 GPS 出现的参数与地图上所显示的信息, 就可以判断误差范围。GPS 定位观测时, 通过对 GPS 卫星连续一个月的可见

性观测记录分析, 来选择最佳观测时段, 保证定位精度, 为后续试验进行准确的可见性预报。数据采集后计算定位位置的平均值, 并利用平均值计算方差 RMS, 以检验系统本身性能的稳定性, 以及测量结果与外界实际的符合程度。

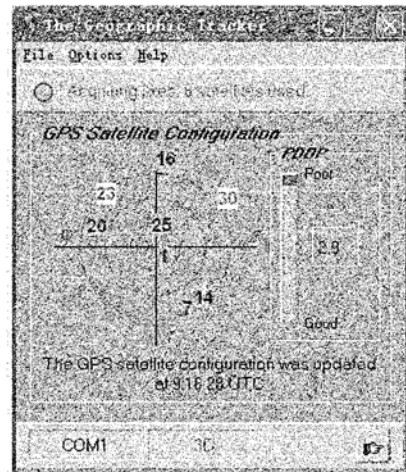


图 4 选用 MapInfo 进行 GPS 试验的 BlueMarble 显示界面

Fig.4 BlueMarble display interface for GPS experiment using MapInfo

GIS 显示平台运用 MapInfo 软件时, 采用了 BlueMarble Geographic Tracker 进行 GPS 试验, 该软件能将图形中的像素和现实世界具体位置的坐标对应映射联系起来, 并可在其中对通讯协议、串口、波特率等进行设置, BlueMarble 试验界面如图 4, 图中同心圆显示正在使用的卫星号和所在轨道, 竖线显示当前 PDOP 值。试验效果表明, 采用标准 NMEA0183 通讯协议时,

效果较差; 而采用 Trimble 公司的 TSIP 通讯协议时, 效果较好, 定位精度较高。GIS 显示平台运用 ArcInfo 软件时, 采用了自身附带的 GPS 软件进行试验, 试验显示界面如图 5, 图中绿色“十”字处显示为试验地点, 主界面为原小班林相图与配准跟踪过的地图重叠且进行自动注记的效果, 两图非常吻合。

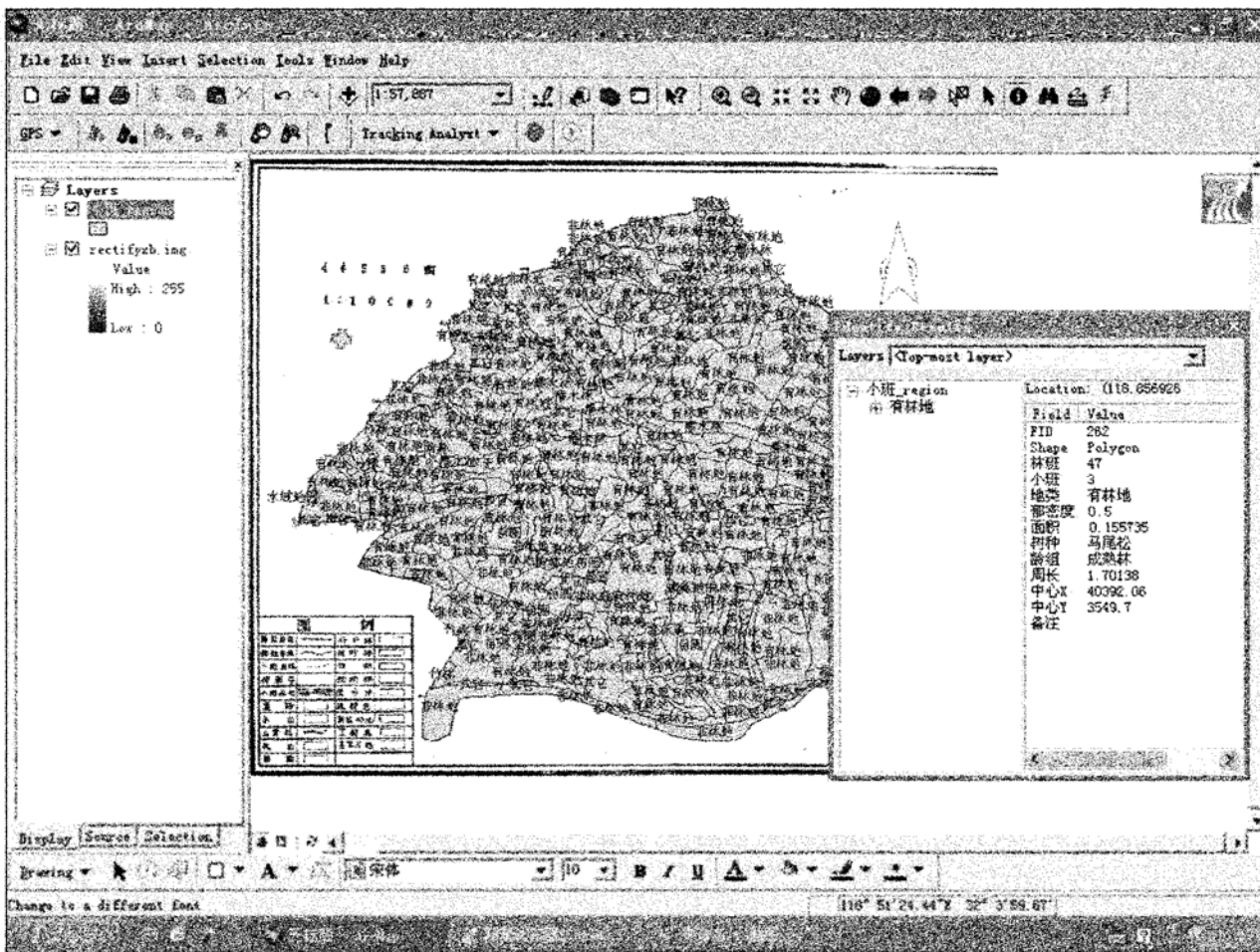


图 5 选用 ArcInfo 进行 GPS 试验的显示界面

Fig. 5 Display interface for GPS experiment using ArcInfo

### 5 农药精确施用系统信息流集成中的气象数据库应用

中国受灾害承受能力较差、生态基础较弱等因素影响, 林业病虫害易受气象条件的影响, 几乎大范围流行性、暴发性、毁灭性的林业病虫害的发生、发展、流行都与气象条件密切相关, 或与气象灾害相伴发生<sup>[16]</sup>。一方面, 温度、降水、湿度、光照和风等气象条件是决定病虫害爆发、蔓延的关键因素, 另一方面, 温度、湿度、风向、风速等气象条件也影响植保机械的施药方式和所用农药剂型, 如当风速大于 3m/s 时, 农药将严重飘移而不

适宜喷施。因此, 建立气象数据库, 做好农林病虫害气象统计工作, 就能通过调控, 变成灾因素为防治因素, 也就是说, 气象数据库的系统性、准确性、规范性和可操作性是形成植保机械喷施农药处方图的很重要的前提条件。

考虑到气象管理的系统化、规范化, 本文采用模块化程序设计方法, 既便于系统功能模块的组合, 又便于管理与使用人员维护补充, 最终实现满足系统需求进行数据的添加、删除、修改等操作。本文气象数据库包含了日期、时段、云量、风向、风速、温度、湿度、水汽压等数据, 用 VBA (Visual Basic for Application) 语言对 Access 数据库进行开发, 通过开发界面和编写代码, 可

以完成系统用户设置和初始化、气象基本信息录入与任意条件的查找、打印气象信息表等功能。

为了研究温湿系数与微生物繁殖、病虫害流行之间的关系,通过数据库中统计的该林区的近8年的数据(见表1)进行如下计算分析,设早春温度(三月下旬至四月上旬)为自变量 $x$ ,刺蛾发生率为因变量 $y$ ,两变量在散点图上呈线性关系,进行直线回归处理得到:

$$L_{xx} = \sum x^2 - \frac{1}{n}(\sum x)^2 = 5.20875$$

$$L_{yy} = \sum y^2 - \frac{1}{n}(\sum y)^2 = 4.32875$$

$$L_{xy} = \sum xy - \frac{1}{n}(\sum x)(\sum y) = 4.45125$$

$$\text{相关系数 } R = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx}L_{yy}}} = 0.9374$$

表1 早春温度( $x$ )与刺蛾发生率( $y$ )数据  
Table 1 Data of early spring temperature ( $x$ )  
and incidence rates of slug caterpillar ( $y$ )

因子	序列							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$x/^\circ\text{C}$	12.1	11.6	10.9	12.3	11.9	13.4	11.2	12.5
$y/\%$	5.3	4.5	3.9	5.6	4.8	6.7	4.4	4.9

可见早春温度与刺蛾发生率之间呈正相关关系,而且关系密切。这样就使得气象与林木病虫害之间的关系从原始的调查记录逐渐转到系统分析和建立预测预报模型的方向,从历史资料中概括出气象因子与病虫害发生之间的内在联系而组建预测模型,然后根据当时气象因子的情况,就能及时、有效地进行农药喷施。

## 6 结论

农药精确施用系统的工作过程始终贯穿着信息流的集成问题,需要具备对多种信息快速处理及分析与决策的能力,通过分析发展农药精确施用技术的必要性和紧迫性,本文探讨了智能植保机械农药精确施用系统的信息流集成及其信息特征,说明了数据转换以及空间数据与属性数据的集成,研究了农药精确施用系统信息流集成中的GPS和气象数据库的应用。主要结论如下:

1) 农药精确喷雾系统需要多种传感器的集成运用,系统各要素之间关系密切,概括了信息具有多源性、异构性、层次性和复杂性等特征。

2) 通过系统建立、操作与模型分析,实现对多源时空数据等信息的存储、分析和处理,绘制电子地图,作为农药精确施用集成系统的基础平台;可实时、快速地提供包括各类传感器和运载平台目标的空间位置,实现对采集的林间信息进行空间定位,辅助智能植保机械完成

处方实施。

3) 采用模块化程序设计方法,针对农药精确喷雾系统设计的气象数据库包含日期、时段、云量、风向、风速、温度、湿度、水汽压等数据,实现数据的输入、修改、删除和查询等操作,获得的气象温湿系数与林木病虫害之间的相关关系可指导根据气象因子及时、有效地进行农药喷施。

致谢: 本文在试验设计与数据采集过程中,得到同实验室万永志等研究生和南京林业大学森林经理专业的老师及研究生的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

### [参 考 文 献]

- [1] 李建龙. 信息农业生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 袁会珠, 郑加强, 何雄奎, 等. 农药使用技术指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [3] 四川植保信息网. 何雄奎. 国内外植保机械与施药技术水平[EB/OL]. <http://www.sczb.com/fmain.htm>, 2004-7-16.
- [4] 郑加强, 周宏平, 徐幼林. 农药精确对靶施用及其系统设计(英文)[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 67-72.
- [5] 陈勇, 郑加强. 精确施药可变量喷雾控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 69-72.
- [6] Arild Vatn, Lars Bakken, Marina A. Bleken, et al. A methodology for integrated economic and environmental analysis of pollution from agriculture[J]. Agricultural Systems, 2006, 88(2, 3): 270-293.
- [7] Mette Sønderskov, Jørgen A. Axelsen, Marianne Bruus Pedersen, et al. Assessment of the effects of reduced herbicide applications on selected arable weeds by a simulation model[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 11 April 2006.
- [8] Jorge O. Ares, Héctor F. Del Valle, José A. Olinuck. Exploring improved pesticide management in sub-tropical environments with GIS-supported fate modeling[J]. Agricultural Systems, In Press, Corrected Proof, Available online 5 April 2006.
- [9] 李军. 地学数据特征分析[J]. 地理科学, 1999, 19(2): 158-162.
- [10] 张汝华, 杨晓光, 严海. 智能交通信息特征分析与处理系统设计[J]. 交通运输系统工程与信息, 2003, 3(4): 27-33.
- [11] 罗云启, 罗毅. 数字化地理信息系统 MapInfo 应用大全[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.
- [12] 许小弟. 地理信息系统构建与应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2005.

- [13] 张慧春, 周宏平, 郑加强, 等. “精确林业”的发展及其应用前景[J]. 世界林业研究, 2004, 17(5): 13-16.
- [14] 张慧春, 郑加强, 周宏平, 等. 基于信息流集成的农药精确施用系统初步研究[J]. 农业装备技术, 2005, 31(S): 173-176.
- [15] ESRI Inc., ArcGIS 8—Editing in ArcMap, Redland, CA, 2002.
- [16] 国家林业局植树造林司, 国家林业局森林病虫害防治总站. 森林病虫害监测预报方法及应用程序[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2002.

## Key technologies for integration of information flow for precision pesticide application system

Zhang Huichun, Zheng Jiaqiang, Zhou Hongping, Ge Yufeng\*

(College of Electronic and Mechanical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** The integration of information flow and the characteristics of information for precision pesticide application in the intelligent plant protection machinery were discussed. After analyzing the data structure conversion and integration of spatial data and temporal data, the GPS data collection and storage and the ODBC interface were studied, respectively. The visibility of GPS signals from the satellites was recorded and analyzed using a developed GPS experimental set-up. Then the comparison of GPS accuracy was conducted using different systems. The integration of meteorological databases with other sources of information for precision pesticide application, and correlation between hygro-thermal coefficients and occurrence of forest plant diseases and insects infestation were analyzed.

**Key words:** precision pesticide application; integration of information flow; meteorological database; intelligent plant protection machinery