

精准水稻种植信息系统的分析与设计

廖顺宝 陈沈斌 谢高地

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要 精准农业 (Precision Farming) 是美国 20 世纪 80 年代初提出的农业经营概念, 它的最大特点是充分考虑农田特征的空间变异, 根据农田性质的空间差异对农作物实行不同的管理措施, 如变量施肥、变量灌溉等, 其目标是获得最大的经济收益和最少的环境污染。水稻精准种植是精准农业思想的具体实现, 在实施过程中需要使用的信息包括: GPS 定位信息、农田地理信息、田间采样信息、农业气象信息、作物产量信息、作物长势信息和水稻栽培专家知识等。为管理和处理这些信息并使之成为水稻种植服务, 水稻精准种植信息系统应当由属性数据管理、农田空间数据管理、专家系统、遥感数据处理和管理决策等子系统构成。为便于系统的开发、完善和推广, 整个系统基于组件式地理信息系统开发工具, 用 VB 编程实现。

关键词 水稻, 精准种植, 信息系统, 设计开发

中图分类号 F307.1, P208

1 引言

传统的农业生产很少考虑农田特性的空间变异, 整个农田或大片农田采用同一种管理措施或管理水平。对具有不同肥力需求的田块采用同一施肥量或对不同需水量的田块灌溉相同的水量, 其结果, 一方面有可能使某些 (缺水、缺肥严重的) 地块的施肥量或灌水量不足, 影响作物的正常生长和产量; 另一方面, 又有可能使一些 (基本上不缺水、缺肥的) 地块施肥或灌水过度, 不仅造成资源的浪费, 作物的产量也不会增加, 同时还会产生环境污染。因此在一定的意义上说, 传统农业是一种低效的“粗放”农业。

精准种植的主要特点是充分考虑农田特征的空间分异, 根据农田性质的空间差异对农作物实行不同的管理措施, 如变量施肥、变量灌溉等, 以获得最大的经济收益和产生最小的环境污染。通过实施精准种植, 不仅可以充分挖掘区域农业生产潜力, 降低农业生产成本, 保持和提高农业生产率, 增加农民收入, 还可以减少化肥、农药等化学物质对土壤、水体、农田周边环境及农产品本身的污染。

高新技术应用于农业的主要表现形式有两种:

一是以培养转基因作物和食品为主的生物技术, 二是以发展精准种植为主的信息技术。广义的精准农业 (Precision Agriculture) 不仅包括精准种植, 还包括精准渔业、精准牧业, 但目前所说的精准农业主要是指精准种植业。

在实施精准农业过程中, 首先必须通过自动化的农业机械获取与作物生长有关的 (本底和作物生长过程中的) 参数, 如: 水分状况、肥力状况、酸碱度、病虫害信息等, 然后根据作物的需求通过计算机系统进行分析得到变量作业图, 再由智能农机进行作业, 实现农业生产的变量管理。以水稻精准种植为例, 水稻精准种植信息系统应当充分收集影响水稻生长、发育和产量的数据并把它们空间化, 并利用水稻生长、产量模型和专家知识, 生成水稻管理过程中 (如施肥、灌溉、除虫等, 目前主要是研究变量施肥) 的农机自动化 (或人工) 作业图, 然后由智能机械实施作业。因此, 精准种植系统主要由智能农机系统和信息处理系统构成, 前者主要包括: 土壤自动采样机械、变量施肥机械、变量灌溉机械、变量农药喷洒系统和自动测产系统等, 这些机械除了要保证在作业过程中量测准确以外, 还必须保证作业位置的精确, 因此, 他们必须佩带 GPS

收稿日期: 2002-11-05.

资助项目: 中国科学院知识创新工程项目“精准种植-上海精准种植技术集成示范”(编号: K2CX2-412) 资助。

作者简介: 廖顺宝 (1966-), 男, 汉族, 博士, 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员。主要研究方向: 遥感与地理信息系统应用、信息系统分析与设计。

接收机; 后者主要是根据田间采样数据、目标产量和环境状况数据分析得到作物管理过程中农机作业所需要的处方图。

2 精准种植信息系统的设计

2.1 精准种植信息的组成与分析

实施精准种植所需要的信息主要包括: GPS 定位信息、农田地理信息、田间采样信息、农业气象信息、作物长势与产量信息以及与作物种植有关的专家知识等, 其逻辑流程如图 1。

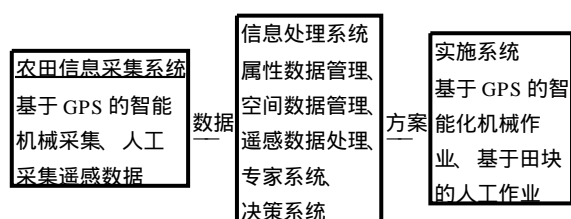


图 1 实施精准种植的逻辑流程图

Fig. 1 Logical flow chart of precision farming

(1) GPS 定位信息: 是精准种植区别于传统种植的重要特征之一。田间采样需要 GPS 信息进行定位; 机械化的智能测产系统在收割作物时需要通过 GPS 获取机械的实时位置, 从而获得定量、定位的产量分布图; 变量施肥机械在施肥过程中也只有通过 GPS 的定位信息才能做到有的放矢。

(2) 农田地理信息: 主要包括田块边界信息和田块属性信息, 如土壤类型、肥力高低、酸碱度信息等, 这些信息是布设田间采样点的重要依据, 只有在充分了解和掌握各种农田地理信息的基础上, 才能设计出科学、合理的田间采样方案, 避免盲目采样, 减少不必要的工作量。

(3) 田间采样信息: 对于摸清作物播种前农田的本地数据和作物生长过程中的环境状况具有重要意义。通过田间采样及其衍生数据, 可以知道作物是否需要某种管理措施 (如施肥、灌水等) 以及所需要的量。

(4) 农业气象信息: 光、温、水是农作物生长必不可少的条件, 传统农业需要气象信息, 精准农业更离不开气象信息。因为即使是同一种作物, 在不同的气候和气象条件下, 所需要的管理措施可能是不一样的, 所获得的产量也是不一样的。

(5) 作物产量信息: 以有限的投入获得较高的

产量是农业生产和农民追求的目标, 最终的 (空间变异和总产) 产量数据是衡量过去一个生产季节所实施的各种管理措施是否合理和有效的重要依据。根据产量信息和有关的作物生长-产量模型以及当前的土壤本底数据, 可以制定出一套更为合理 (与过去一个生产季节所实施的各种管理措施相比) 的农作物管理方案在下一个生产季节实施。

(6) 作物长势信息: 是实施精准种植需要获取的重要信息。精准种植不仅要在作物播种时各种管理措施 (如施底肥) 做到“精”和“准”, 而且在作物生长、发育、成熟的各个阶段都必须做到“精”和“准”。因为精准农业是大田农业, 不可能在实验室开展, 受各种外界因素的影响很大, 仅仅一次的“精”和“准”难以保证作物在整个生长期的需要都是最适宜的。因此, 必须在作物生长的一些关键期 (如分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期) 对作物的长势进行监测, 根据作物长势信息和其他的相关信息, 可以及时判断出作物是否需要加强某一方面的管理措施 (如需要追肥、灌溉、灭虫), 以便随时调整。遥感是获取作物长势信息的重要手段。

(7) 专家知识: 是制定科学、合理的农作物栽培与管理方案的重要参考。虽然农业技术人员是实施精准农业的不可缺少的人才基础, 但个人的经验和知识毕竟是有限的, 如果能把有关作物栽培与管理的一些重要经验和知识建立知识库, 并在制定精准种植的管理方案时参考和应用, 将会大大提高精准种植的科学性和实用性。

2.2 精准种植信息系统的结构与功能

水稻精准种植信息系统应当包括属性数据管理子系统、农田空间数据管理子系统、遥感数据处理子系统、水稻种植专家系统与决策子系统等几部分。系统结构与功能见图 2。

(1) 属性数据管理子系统的服务对象包括农田地理信息系统、水稻种植管理决策系统以及经济、环境评价系统, 应具备的基本功能: 数据输入; 数据的编辑修改; 数据查询, 包括无条件查询或按任意条件查询, 对查询结果进行排序以及查询结果的可视化、一般统计分析功能等; 数据输出功能; 数据质量控制功能, 系统应具备最基本的数据质量控制功能; 系统维护功能等。

属性数据管理系统主要为其它子系统提供必要的基础属性数据, 如社会经济统计数据、采样数据、定位观测数据等。

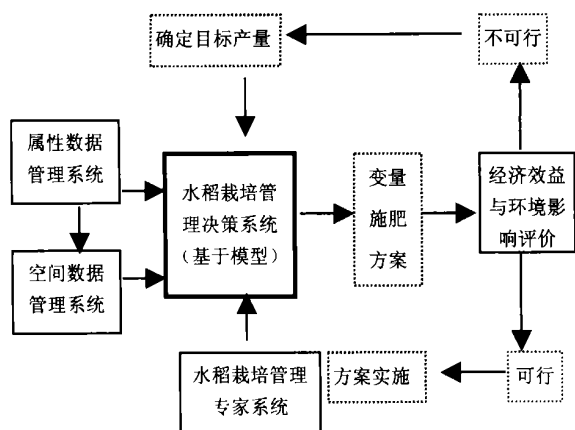


图2 水稻精准种植信息系统结构与功能

Fig.2 Structure and functions of information system for paddy rice precision farming

(2) 农田空间数据处理系统，或称农田地理信息系统，是为水稻精准种植决策提供服务的空间数据处理平台，主要为决策准备必要的空间数据。完成空间数据的采集、输入、编辑、修改、拓扑关系的建立、查询、显示、放大、缩小、漫游、矢量数据栅格化等基本的地理信息系统功能，还必须具备为精准水稻种植服务，包括随机采样数据的输入、空间数据内插、数据格式转换功能等。

空间数据管理的主要内容包括生成水稻管理作业图所需要的所有空间数据，如土壤类型图、农田养分状况图、（上一年）水稻产量图、农田田块图等。空间数据管理子系统主要是为管理决策准备符合要求的空间数据，所有的空间数据应采用统一的坐标系，并同时提供矢量和栅格两种格式的数据。栅格数据至少应包括栅格的行列数、栅格的大小以及栅格的坐标等附加信息，数据的坐标应与GPS提供的坐标一致，以便于机械化作业。

(3) 遥感数据处理子系统主要是利用低空航空和航天高分辨率图像数据获取水稻生长过程中（如对水分的需求、肥料的需求、病虫害防治的需求等）的长势信息。如通过植被指数及其它相关的田间信息可以及时地判断出水稻生长过程中是否需要加强某项管理措施，而且这种管理措施在空间上很可能是动态变化的。

(4) 专家系统与决策子系统，专家系统是在专家知识获取和知识库基础上建立的，它为解决水稻种植、管理过程中所遇到的一些复杂的、非量化的问题提供专家支持。

决策子系统是整个水稻精准种植信息系统的核心，也是精准种植能否实现的技术关键。它利用空间数据管理子系统、属性数据管理子系统和遥感子系统提供的农田环境数据，根据水稻生长模型、水稻肥力-产量模型和产量数据，最终输出水稻生长过程中的各种管理作业图。作业图应当是栅格数据结构，但同时应包括矢量坐标和田块界线信息，这样既便于农机自动化作业，也便于在没有机械时人工作业。决策系统还应具有模型管理功能，既能把新的决策模型加入到系统之中，又能对已有的决策模型进行修改和完善。实施精准农业以后，环境质量是否有所改善以及如何寻求经济效益和生态环境效益的平衡，是精准农业能否得到实施和推广的关键，因此，对实施精准农业以后的环境影响评价和经济效益评价是非常必要的。只有环境效益和经济效益同时兼顾的水稻栽培与管理方案才是科学、合理的方案。

3 精准水稻种植信息系统的开发实验

精准水稻种植信息系统是一套为水稻精准种植服务的实用软件系统，我们以上海五四农场为实验基地进行原型系统的开发，考虑到系统的完善和推广，选择以PC机作为系统开发的硬件平台，以WINDOWS操作系统作为系统的运行环境。

为尽量减少系统对其它工具软件的依赖和使开发单位对系统拥有完全的知识产权，本系统的开发没有采用基于某种平台式工具软件进行二次开发的模式，而是选择相对底层的VB作为编程语言，并结合一些专业化的组件式开发工具（如MapObject、SuperMap等）和ODBC数据库访问接口进行系统的开发。这样不仅在系统界面风格的设计，系统今后的更新与升级不依赖于别的软件，而且开发者拥有完全的知识产权。

开发文档主要包括各模块功能的完整介绍、各模块的详细操作手册，包含注释的源程序文本以及系统安装指南。以利开发人员更加清楚自己所承担的任务在整个系统中的位置和作用。

系统具体开发时分模块进行，各模块之间的衔接主要是通过数据和信息的流动来实现，因此，需要有相应的数据标准和格式。各个模块在统一的环境（WINDOWS操作系统）下运行，模块之间既相互联系，又有一定的独立性，有利于软件的开发和

软件的推广与商品化。

4 结语

上海精准水稻种植信息系统是一个水稻精准种植信息系统的原型, 对上海及其周边地区实施精准种植有一定的指导和辅助决策作用。由于水稻精准种植在我国还处于试验初期, 目前主要考虑变量施肥, 暂时还未考虑其它因素, 在信息系统的设计中, 还没有考虑反映水稻长势的遥感信息的获取、处理和应用。科学、合理的水稻栽培、管理方案的制定不仅需要大量的数据和先进的技术, 同时还需要较长的时间对制定方案的过程、方法、模式进行调整、修改和完善。

参考文献

- [1] 孙九林. 信息化农业总论. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] 汪懋华. “精细农业”的实践与农业科技创新. 中国软科学, 1999, (4): 1~ 8.
- [3] 李建民, 吴文庆. 国外农业高新技术发展与风险投资(上). 世界农业, 2000, (1): 9~ 10.
- [4] 刁怀远. 农业高新技术——中国未来农业持续发展的技术支撑. 农业现代化研究, 2001, 22 (5): 263~ 266.
- [5] 刘金铜, 陈谋询, 蔡虹等. 我国精准农业实施的技术体系与行动对策探讨. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17 (3): 183~ 185.

Analysis and Design of Information System for Paddy Rice Precision Farming

L IAO Shunbao CHEN Shenbin X I E Gaodi

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, C A S , B eijing 100101)

Abstract The most significant characteristic of precision farming is to fully consider spatial difference of farmland and to take various management measures at different sites, such as variable fertilising and variable irrigating. The purpose of precision farming is to gain maximum financial income at the expense minimum environmental pollution. The data needed for paddy rice precision farming include GPS data, field spatial data, sampling data, meteorological data, yield data, data on paddy rice growth condition, and expert knowledge on paddy rice farming. And information system should be designed and developed to manage and process these data. The system consists of attribute data management subsystem, field spatial data management subsystem, expert knowledge subsystem, remote sensed data processing subsystem and management decision-making subsystem. The system is developed based on component GIS tools by programming with Visual Basic.

Key words Paddy rice, Precision farming, Information system, Analysis design