

精准农业农田地理信息系统设计*

安凯 谢高地 冷允法 肖玉

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 提出了适合精准农业的农田地理信息系统概念,对 FGIS 进行了总体设计与功能模块划分,定义了各功能模块应具备的功能,并得出精准施肥作业处方图。

关键词 精准农业 农田地理信息系统 定位作业管理

Design of farmland GIS for precision agriculture. AN Kai, XIE Gao-Di, LENG Yun-Fa, XIAO Yu(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101), *CJEA*, 2003, 11(1): 66~69

Abstract This article introduces the concept of farmland GIS and the design of farmland GIS, its five modules, specifications of the functions of the each module, and the prescription map of precision application of fertilizer.

Key words Precision agriculture, Farmland GIS, Cite-specific crop management

GIS 主要以 2 种形式出现在精准农业技术体系中,即基础 GIS 软件形式和专门为精准农业服务的专业 GIS 软件形式,基础软件普遍为 ARC/INFO、GRASS 和 IDRISI^[2],以基础软件形式出现在精准农业技术体系中的 GIS 主要优点是功能强大、性能稳定,但因其结构庞大、臃肿,操作困难,对 GIS 专业知识要求过高,难于与别的系统及各种专业模型集成,二次开发困难,价格昂贵等缺点阻碍了它在精准农业的推广应用。而国外专门为精准农业服务的 GIS 软件主要有 ESRI 公司的 Arcview spatial analyst extension、美国 Red Hen Systems Inc 的 FarmGPS 和 FarmHMS、加拿大 Northland 公司的 Virtual Frontier 2.0 和 Vertical Mapper 2.6 等,其特点是专门针对精准农业田间定位作业管理的需求(Site-Specific Crop Management, 即 SSCM),操作简便、快捷,系统结构灵活,易于与其他系统及专业模型集成,价格相对便宜等,大都已应用于精准农业生产并发挥着巨大的作用。而我国精准农业技术起步较晚,目前国内与农田有关的 GIS 系统主要有北京市农业局开发的基本农田管理信息系统,中国农业科学院土壤肥料研究所开发的中国土壤肥料信息系统,中国农业大学的 AG-GIS 1.0 版本,这些研究主要侧重于对农业生产进行宏观管理,尚不能满足精准农业的实际要求。本研究以中国科学院上海精准农业示范基地为基础,致力于开发为精准农业服务的、能够实际指导田间定位作业管理的农田地理信息系统(Farmland GIS, 简称为 FGIS)。

1 研究样区

研究在位于上海市奉贤县东南的中国科学院上海精准农业试验示范基地进行,占地面积约 130hm²,属北亚热带季风气候,冬冷夏热,四季分明,日照较多,降水充沛,年均气温 15.5℃,最高温度 38℃,最低温度 -5℃,年均降水量 1072mm,年日照时数 2244.3h,适宜多种农作物生长,土壤以中性壤土为主,少数为重质壤土。

2 系统设计

2.1 系统目标

研究建立为精准农业服务的,能够实际指导田间定位农业的农田地理信息系统,主要目标是准确获取农田小区内作物产量和影响作物生长的环境要素在空间与时间分布的差异性信息,生成作物产量图和营养元素分布图,并在各种辅助决策系统的支持下,生成指导农田内定位作业管理的处方图。本研究主要侧重于对田间施肥作业的管理,因此 FGIS 的最终目标是生成施肥作业管理的处方图。

2.2 软硬件环境与数据库设计

硬件配置为奔腾 III800 中央处理器,128MB 内存,20G 硬盘,高分辨率 51cm 显示器。应用软件配置为

* 中国科学院知识创新工程重要方向性项目“长江三角洲水稻精准种植技术体系的研究、集成与示范”(KZCX2-412)资助

Windows 98 第 2 版中文操作系统, Visual Foxpro 6.0 中文版数据库管理软件, Visual Basic 6.0 专业版开发工具, GIS 软件采用中国科学院地理信息产业中心自主研发的全组件式地理信息系统软件 SuperMap 3.0, 辅助软件为 ArcInfo 8.1 地理信息系统软件, 用于数据的插值处理。

FGIS 的研制需要数据库系统强有力支持, FGIS 空间数据库由各种基础底图与专题图构成, 基础底图包括样区的行政区图、地形图、土地利用图、各种环境要素的本底图、GPS 控制点位置图; 专题图主要是采样点位置图、产量图、养分元素分布图、田间作业管理处方图。属性数据库主要包括 4 类数据, 即气象数据包括日均气温、日最高气温、日最低气温、平均相对湿度、日降水量、日照时数, 土壤数据, 包括土壤类型、质地、渗透性、养分(有机质、全 N、全 P、速效磷、速效钾)、土壤微量元素(B、Cu、Fe、Zn、Mn) 含量、矿物质(氧化钠、氧化镁、氧化铝、氧化硅、氧化钾、氧化钙) 含量、田间持水量等, 作物数据包括作物品种、全生育期天数、总叶龄、对肥料需求、穗粒结构、产量等, 农情数据包括播种量、播种期、种植制度、施肥量、病虫害类型、农药使用量等。

数据的组织与管理, 考虑到定量的统计和观测数据与空间地理特征信息的不同性质, 将数据的存贮与管理分为属性数据库与空间数据库, 并采用一个共同的关联项即 GPS 测得的经纬度将它们关联起来, 由于所有的农田数据都经过 GPS 定位, 具有空间位置的惟一性, 因此采用空间位置作为空间数据与属性数据的关联项。属性数据库设计时, 应按照便于信息利用及提高信息管理效率的原则科学地规划数据库的整体结构, 对与空间位置相关的属性数据如产量数据、营养元素分布数据等, 都以空间对象的标识号作为主键, 将它们与空间信息图层联系起来, 对一些较简单的不具有空间位置属性的数据如种植制度、农药施用量等, 可直接作为空间信息图层的扩展属性项存在。空间数据的组织与管理是通过将空间对象划分为不同的层进行分层组织与编码, 1 个图层有 1 个反映其自身属性的数据表, 以空间对象的标识号作为主键, 表中每个记录代表一个空间对象。属性数据与空间数据是任何 GIS 系统不可分割的两个部分, 它们之间的关联是任何 GIS 功能得以实现的关键所在, 因此属性数据库与空间数据库的关联方式是数据库设计时首先要考虑的, FGIS 采用空间位置坐标关联属性数据与空间数据。

2.3 系统功能设计

根据系统的目标, 可将 FGIS 划分为 5 个功能模块(见图 1), 即信息采集模块, FGIS 的数据来源主要是样区各种实测数据, 包括记录有经纬度坐标的农田养分元素含量数据、作物产量数据等属性数据以及通过测绘而得的各种空间数据。属性数据多为 TXT 文本格式与各种数据表格式, 空间数据多为 ArcView Shape 文件格式, 部分为 ArcInfo Coverage 格式。农田信息数据格式的多样性决定 FGIS 必须具有采集、转换多种格式数据的能力。数据采集, FGIS 应具备采集上述 4 种格式数据的能力, 可通过 2 种方式进行, 一是将以上 4 种格式的数据均转换为 SuperMap SDB 格式的数据加以管理; 二是利用 SuperMap 提供的多源空间数据无缝集成技术 SIMS(Seamless Integration of Multisource Spatialdata) 进行数据集成。数据转换, 记录有经纬度坐标的采样数据在属性数据中所占比例较大, 为将采样点的分布情况以图形形式加以表达, 必须实现由记录经纬度坐标的属性数据向空间数据的转换, 即根据离散的采样点经纬度坐标生成采样点的空间分布图。

空间内插模块, 数据采集所得的主要是离散的采样点数据, 无法反映出各种信息在整个样区内分布趋势。因此, 必须对采样所得数据进行空间内插, 得到各要素在样区内的空间分布图。整个插值过程可描述为

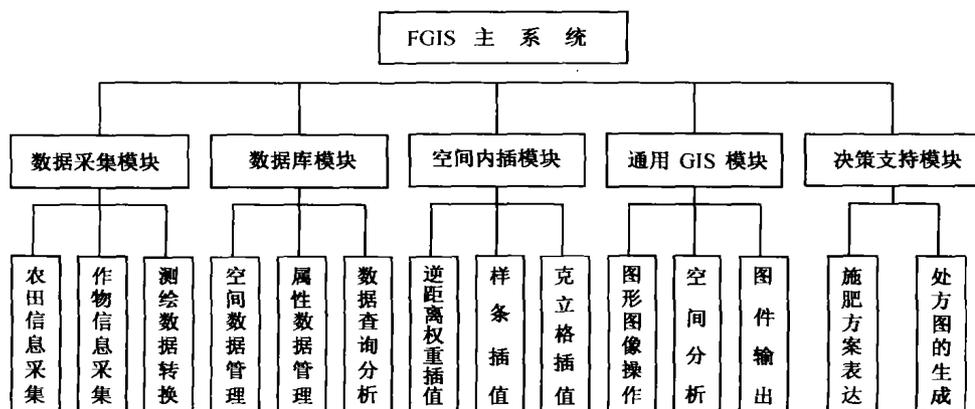


图 1 FGIS 功能框架图

Fig. 1 The framework of FGIS

判断各要素的空间分布规律,并依此选取合适的插值方法;通过该插值方法进行空间内插,生成反映要素空间分布情况的栅格图;由栅格图生成要素空间分布的等值面图。不同要素在空间上的分布规律不同,因此需要根据实际情况选取合适的插值方法,使插值所得拟合值尽可能接近真实分布情况。目前在精准农业领域应用较多的主要是逆距离加权插值、样条插值、克里格插值,FGIS 提供这 3 种插值方法以供选择。由于目前 SuperMap 3.0 尚未提供进行插值运算的接口,因此本研究的插值工作需要采用 ArcInfo 8.1 完成,并将插值的结果通过数据采集模块转入 FGIS 中。

通过 GIS 功能模块,提供一般 GIS 系统所共有的功能,考虑到精准农业的实际需求,分为坐标转换功能,即通过采样所得的实测数据均基于经纬度坐标系(即地图的单位是度),故进行分析时无法进行距离和面积的量算,更无法实现各种统计功能,因此必须将坐标转换到笛卡儿坐标系(即平面直角坐标系)中,FGIS 提供由经纬度坐标向笛卡儿坐标转换的功能;图形操作,即主要是提供给用户对地图的操作功能,FGIS 提供的图形操作功能包括图形的放大、缩小、自由缩放、漫游、全幅显示、刷新、选择、编辑、背景设置等;信息查询,即主要是空间数据与属性数据之间双向查询,用户可通过用鼠标单击地图要素的方式得到它的属性信息,也可通过设置一定的查询条件,得到满足该条件的所有地图要素,这种查询是在用户参与下交互完成,考虑到用户的操作或输入很可能会出现错误,FGIS 必须具备较强的容错能力;空间分析,即空间分析功能是 GIS 系统区别于计算机辅助制图系统的重要特征,是 GIS 所特有的功能,FGIS 提供针对 GIS 图层的叠加分析、针

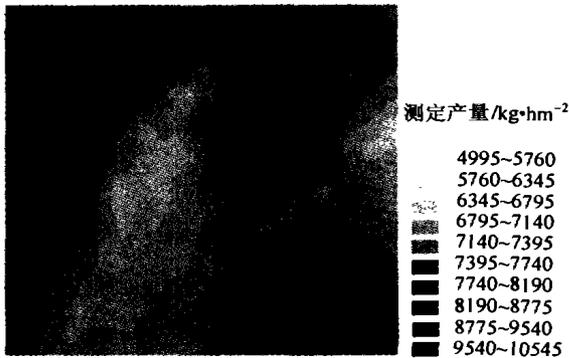


图 2 测产产量逆距离加权插值图
Fig. 2 Interpolation map of yield with IDW

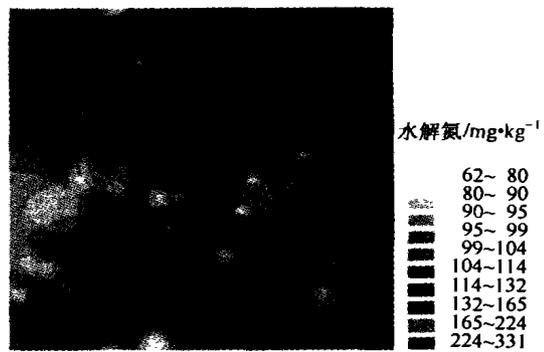


图 3 水解氮逆距离加权插值图
Fig. 3 Interpolation map of hydrolyzed Nitrogen with IDW

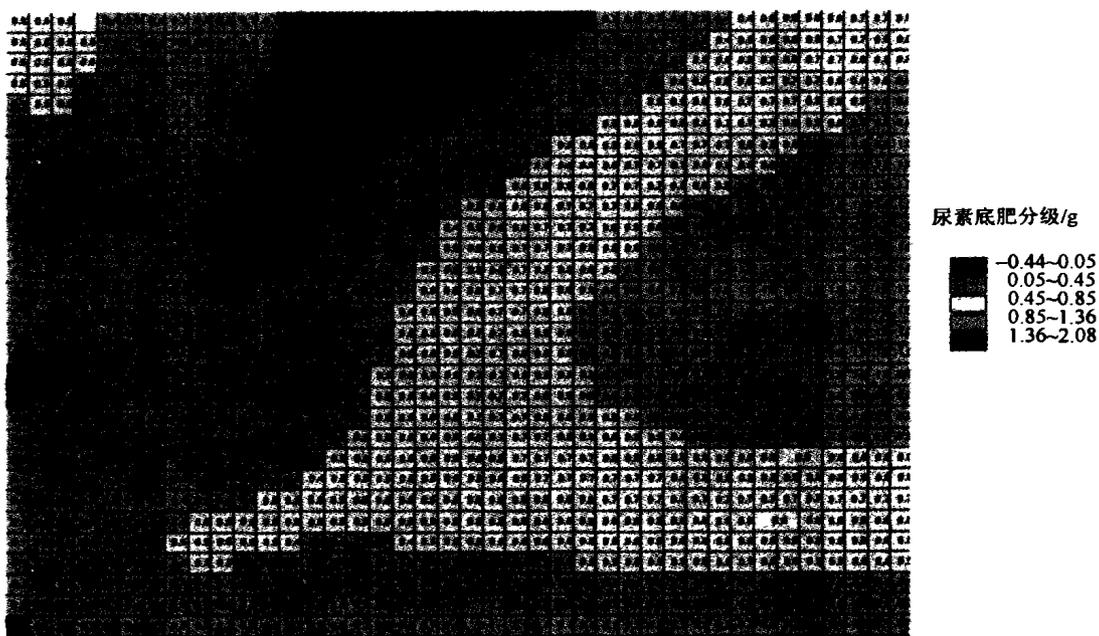


图 4 尿素底肥 5m×5m 施肥作业处方图
Fig. 4 5m×5m fertilization prescription map of carbamide

对地理实体的缓冲区分析等空间分析功能,叠加分析是在2个图层之间进行一系列的几何运算,达到综合2个图层的目的,而缓冲区分析则是根据指定的距离在点、线、面实体周围自动建立一定宽度的区域范围的分析方法;专题图制作,即不同用户对地理要素有不同的需求,且其需求往往是针对某一专题的,因此系统必须具备制作专题图的功能,FGIS提供专题图制作向导,引导用户方便地完成专题图的制作,FGIS提供的专题图类型主要有单值专题图、分段专题图、等级符号图和统计专题图等;输出功能,即输出功能也是FGIS的重要功能之一,FGIS具备对地图、表格、专题图的排版、打印输出功能以及将地图输出为BMP位图格式的能力。

决策支持模块,FGIS为实施精准农业提供必要的决策支持,主要是提供信息,提供分析计算手段,辅助决策者制订作业方案,并产生对实施该方案结果的预期与评价,决策支持模块不是一个单独的软件模块,而是完成决策支持功能的软件部件集合,精准农业中的决策主要有播前决策、施肥决策、农药使用决策、灌溉决策、综合决策等,其中施肥决策的制定是精准农业最为核心部分,FGIS为施肥决策的制定提供必需的数据支持,包括实测的原始数据和经过空间内插后得到的产量图、营养元素分布图等,帮助决策者制定施肥方案,并将该方案以施肥作业处方图的形式加以表达。

图2和图3分别为用逆距离加权法插值所得测产产量图和水解氮分布图。图4为5m×5m尿素底肥施用处方图。

3 小 结

精准农业目前在我国尚处于起步阶段,需要不断的探索与技术积累。作为精准农业技术体系的重要组成部分,FGIS采集与管理大量存在空间差异性的农田信息,生成作物产量图和各种营养元素分布图,并在各种辅助决策系统的支持下,产生作业处方图,为在农田内实施定位作业管理提供科学依据。FGIS的研究与开发必将积极地促进精准农业技术在我国推广应用。

参 考 文 献

- 1 喻歌农,周 泳. 试论精确农业及我国行动对策. 自然资源学报,1999,12(4):69~74
- 2 Usery E. L., Pocknee S., Boydell B. Precision farming data management using geographic information systems. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1995, 61(11):1383~1391