

基于 GIS 的作物生产管理信息系统

周治国, 曹卫星, 朱 艳, 王绍华, 潘 洁, 王启猛

(南京农业大学江苏省信息农业高技术重点实验室, 南京 210095)

摘 要: 在区域作物生产数据库支持下, 以 Map Info 5.5 为系统开发平台, 利用 Map Basic 和 VB 程序设计语言, 建立区域作物生产管理地理信息系统(CPM GIS), CPM GIS 包含信息查询、种植区划、系统预测和精确管理 4 个子系统, 把与区域作物生产有关的农业信息与具体的实物地图相结合进行空间分析处理, 并通过相关的模型运算进行作物气候区划、生长预测、栽培管理和作物精确管理方案设计等, 并以地图或专题地图、数据表格、图形及文字论述 3 种形式进行结果输出。

关键词: 作物生产; 管理信息系统; GIS

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)01-0114-05

0 引言

作物生产受自然环境和社会生产要素等多因素影响, 自然和社会生产要素的区域差异性导致作物生产呈现明显的地域分异。研究作物生产的空间变化, 可以掌握作物生产的区域差异及其变化规律, 正确指导区域作物生产系统的发展。

国外在作物生产管理方面的研究较多, 研制的农业决策支持系统覆盖水稻、小麦、玉米、大豆、棉花、蔬菜、林果等不同作物类型, 如美国的 COMAX (1985)、日本的 M ICCS (1985)、英国的 ECO ZONE (1994) 等。国内在该领域的早期研究多是借鉴国外的经验和方法, 针对中国的农业生产特点进行改进和提高, 近些年在农业生产管理系统的开发应用, 以及以生长模型为基础的生产管理决策支持系统的研制得到迅速发展^[1-7]。

近年来随着“3S”技术的发展, 国际上提出了基于知识库系统以及基于模型和 GIS 或 RS 的农业决策支持系统, 如美国研制了将作物模型与 GIS 相耦合的农业和环境地理信息系统 AE-GIS, 荷兰也使用类似的决策技术进行小麦和甜菜的定量栽培和科学管理。国内的众多学者在粮食生产潜力、作物种植面积估算、土壤养分流失量预测等方面已开展工作^[8-13]。

中国生态条件、种植制度等因素的时空变异性大, GIS 技术一方面可被用来方便地组织、分析和图示某一区域内各种类型的农业空间信息资料^[14, 15]。另一方面, 如何利用 GIS 的空间信息管理和作图功能与作物生长模型和作物生产管理动态知识库相结合也是一个值得进一步探索的课题。目前 GIS 正从以数据获取、存储、管理和查询检索为重点向以空间分析、预测预报和决策支持方向发展^[16-18], 基于 GIS 研究区域作物生产管理信息系统, 对农业资源信息储存、查询、分析应用与农业

生产辅助决策等具有重要意义。本研究以江苏省为例, 利用数据库、知识库和模型库技术与 GIS 的空间信息管理功能相耦合, 建立作物生产管理信息系统, 为作物生产信息管理、作物种植区划、作物生长预测与栽培方案设计等服务。

1 研究方法

以 Map Info 5.5 为系统开发平台, 利用 Map Info 提供的 Map Basic 系统开发语言和 VB 程序设计语言, 以江苏省为案例, 把与分县市作物生产有关的、大量的区域性农业信息与具体的实物地图结合起来, 进行空间分析处理, 在地图背景下分析作物生产管理信息, 并通过与相关的模型相耦合, 进行作物种植区划、生长预测、栽培管理方案设计与精确管理, 建立区域作物生产管理信息系统(CPM GIS)。系统具有数据库建立与维护、信息查询、分析应用与辅助决策、信息输出等功能。

2 系统功能

系统包括基本功能和用户操作功能。基本功能包括文件、编辑、工具、地图、帮助。“文件”用于完成系统的文件操作, 包括新建表、打开表、保存表、另存为、全部关闭、页面设置、打印、退出。“编辑”功能包括撤消、剪切、复制地图窗口、粘贴等。“工具”依靠工具栏来控制操作, 完成系统的工具类型转换。“地图”用于完成创建专题地图及其编辑的操作。“帮助”用于调用 Map Info 的在线帮助。用户操作功能包括农业生产信息管理、作物种植区划、系统预测和精确管理。

3 系统数据库系统

3.1 数据库建立

系统空间数据库只将数据按照逻辑类型分成不同的数据层进行组织, 系统的地图分为省边界、地区边界、地区中心地、县市中心地共 5 个图层分别存储, 若想得到需要地图, 将分层地图数据叠置即可。当进行空间分析或处理时, 可以提供有关的若干数据层叠加而得到所需要的数据。空间数据库建库作业的主要过程见图 1。

系统属性数据是独立于地图的统计数据和与地图有关的字符或数字, 反映地物某一方面特征的指标也是

收稿日期: 2004-04-08 修订日期: 2004-10-10

基金项目: 国家 863 计划项目(2001AA 245041)资助

作者简介: 周治国(1965-), 男, 博士, 教授, 博导, 主要从事作物生理生态、自然资源利用与区划、农业信息技术等方面的研究工作。南京 南京农业大学信息农业工程技术中心, 210095

属性数据。对于与空间实体密切相关的属性数据,如县名、面积、周长等,放在空间数据库中,以便于操作;与空间实体相关不密切的数据采用现有的数据库进行管理,以便实现共享。

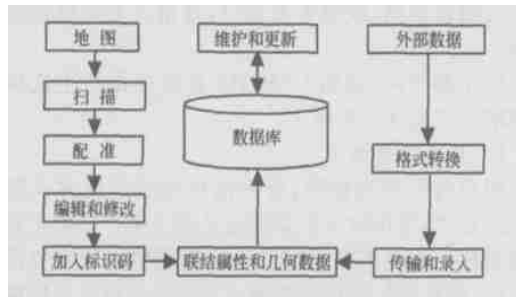


图 1 空间数据库建库流程图

Fig 1 Spatial database construction process

3.2 数据组织

在系统中把属性数据和空间数据分开管理,用县市区单元代码作为连接两者的关联项,将空间、属性数据进行匹配、叠加、转换等处理,生成需要的空间、属性一体化数据。

3.3 数据库系统功能

数据库管理 3 类数据,第 1 类是地图数据,通过 Map Info 可处理数据的显示、浏览、查询和分析,系统地图图层有省、县市边界图层和县市中心地图层。第 2 类包括各县市与作物生产有关的历史数据以及需要通过地图查询、显示的信息,这些数据一般与县市的地理实体有关,都有索引字段记录所在的实体或实体特性,以进行地图实体和属性数据的匹配。第 3 类数据包括运行系统模型所需要的数据(如气候、土壤、作物品种等资料)和模型预测结果数据。

4 系统程序设计

系统主控程序通过用 MapBasic 编制的用户主界面对系统进行控制、操作,子系统利用 VB6、Q、MapBasic、VC++ 进行开发。通过应用 VB6 0 编制交互系统,实现对 Map Info 的控制、操作,以达到以 VB6 0 应用程序为前台,发送命令到后台 Map Info,执行完命令后,将执行结果发送回前台。

在子系统运行结束后,为了充分利用空间分析功能,在系统中使用 API 函数 WinExec 链接用户主界面和交互系统,把运行结果数据读入 CPM GIS,在 CPM GIS 上以图形、数据表格及文字论述 3 种形式综合表达。

5 系统输出

5.1 信息管理

在空间、属性一体化数据库支持下,根据一定的条件查询与作物生产管理有关的农业信息,实现信息查询、信息统计、信息分析和信息输出等功能。用户打开所选择表,可采用单选或多选方式选点(县市)后,根据条件进行信息查询、统计与分析。如分县市平均日均温(图 2)。

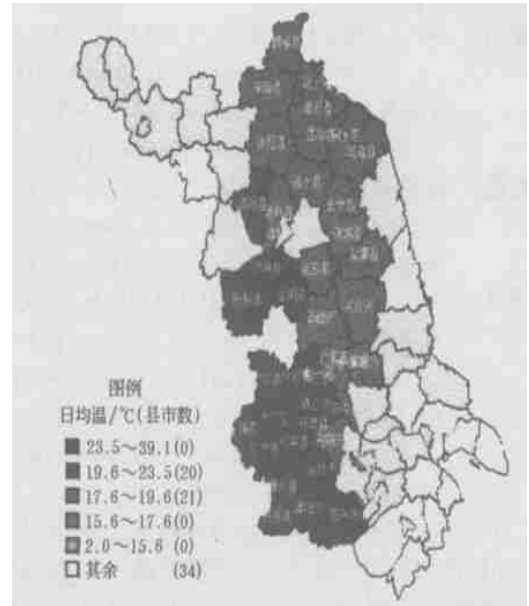


图 2 分县市平均日均温

Fig 2 Mean daily temperature in different counties

5.2 种植区划

把与作物生产管理有关的农业信息与具体的实物地图相结合,通过相关的模型运算进行空间分析处理,在地图背景下分析作物种植适宜性,进行作物种植规划。可以实现主要作物(小麦、水稻、棉花、油菜、玉米等)气候生态区划、种植制度确定、种植区划等功能。

5.2.1 作物气候生态区划指标算法

作物气候生态区划指标算法即进行作物气候生态区划的指标体系,是作物种植区划研究的主体。在广泛调查和收集丰富资料的基础上,确定影响作物种植的各种气候因素权重及权分配集,建立不同作物种植的气候综合指标体系。应用上述指标体系,以县级行政区划图作为表达作物气候生态区划的基本载体,对气候资源进行模糊综合评判,同时与适当的统计表格和文字分析相配合,使气候区划结果分别以空间分布图、数据表格及文字论述 3 种形式综合表达。以水稻为例介绍 CPM GIS 系统中的作物气候生态区划子系统功能。

5.2.2 气候生态区划指标体系

利用水稻生长期(4~10月) 10 积温,建立一级指标体系,积温 2000~4500 的地区适宜种植一季稻,4500~5300 的地区为双季稻的较适宜区,5300~7000 的地区适宜种植双季稻。

利用气候保证系数(气候保证系数=某地水稻生长期/模式生长期)建立二级指标体系,气候保证系数=1~0,可以表示作物种植的气候适宜度。水稻的模式生长期可用下式计算

$$n = n_0 + 40(\text{粳稻}) \text{ 或 } 35(\text{籼稻})$$

式中 n_0 ——模式生长期, d, 即在播种至齐穗的平均气温 25、播期为 4 月 1 日、纬度为 30°N 时,播种至齐穗的天数; n ——气候生态生育期, d, 即在考虑各品种生育期光、温模式的基础上,由模式生长期再加上 40 d(粳

稻) 或 35 d(籼稻) 安全灌浆期,

n 可用下列公式计算^[19]

$$\text{粳稻 中 粳 } n = 122.64 - 3.13(T - 25) + 0.39\Delta D + 1.09(\varphi - 30)$$

$$\text{早熟晚粳 } n = 122.09 - 3.04(T - 25) + 0.465\Delta D + 2.657(\varphi - 30)$$

$$\text{籼稻 晚熟早籼 } n = 71.73 - 3.826(T - 25) + 0.088\Delta D + 1.856(\varphi - 30)$$

$$\text{中熟早籼 } n = 71.82 - 2.42(T - 25) + 0.14\Delta D + 1.49(\varphi - 30)$$

$$\text{早熟中籼 } n = 94.49 - 3.98(T - 25) + 0.14\Delta D + 0.49(\varphi - 30)$$

$$\text{杂交稻 } n = 101.56 - 3.52(T - 25) + 0.16(T - 25)^2 + 0.16\Delta D + 3.28(\varphi - 30)$$

式中 T ——指安全播种期到安全齐穗期之间, 可以达到 80% 保证率平均气温, ; 安全播种期——为日均温稳定通过 10 (粳) 或 12 (籼)、可以达到 80% 保证率的初日; 安全齐穗期——为日均温(连续 5 d 以上) 12 (籼) 或 22 (粼)、可以达到 80% 保证率的终日; ΔD ——播种期与 4 月 1 日之差, 4 月 1 日前为正, 后为负, d; φ ——当地纬度。

5.2.3 作物气候生态区划子系统功能

该子系统包含的文件菜单有: 浏览、缩小、放大、单选、多选、信息、整图、查找、统计值等 9 个基本功能和作物气候生态区划用户功能, 系统运行结果以图版、文字或表格形式输出。如水稻种植的气候生态区划图(图 3)。

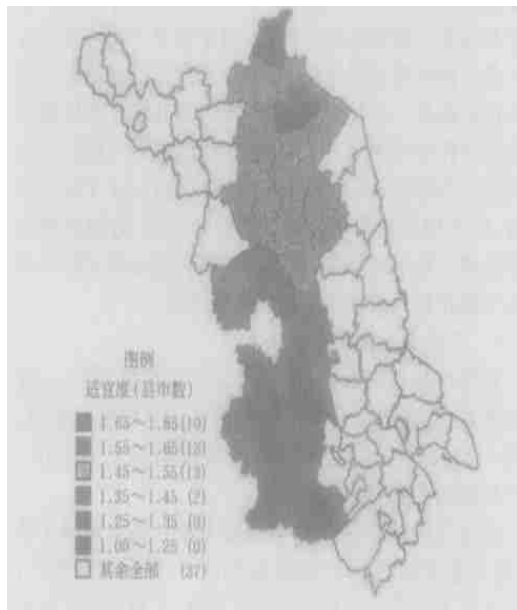


图 3 作物气候生态区划子系统

Fig 3 Subsystem for the crop climate division

5.3 系统预测

基于与作物生产有关的气象、土壤、栽培管理等信息, 在作物模拟模型和知识模型的支持下^[20], 预测作物生长, 设计栽培方案, 并进行空间分析处理, 在地图背景

下分析作物生长发育及栽培管理的空间差异, 用地图或专题地图、数据表格、图形及文字论述 3 种形式进行显示与输出, 为作物生产管理提供辅助决策。可以实现作物生长模拟预测、栽培方案设计、栽培方案策略评估等功能。

以小麦为例, 说明 CPM GIS 系统中作物生长预测与栽培方案设计子系统。

5.3.1 作物生长预测

用户打开所选择表, 可采用单选或多选方式选点(县市)后, 填写作物生长预测变量投入表。作物生长预测变量输入表是系统根据作物模拟模型进行生长预测的基础。作物生长预测变量输入表是系统根据作物模拟模型进行生长预测的基础, 用户可以选择土壤类型、品种、气候资料、播种期、播种方式、播种深度等, 输入与作物生长相关的有机肥用量、有机肥中含氮量、有机肥利用率、氮肥利用率、磷肥利用率、钾肥利用率等。

针对每一选择点(例如选择东台、高邮、金湖、兴化、盱眙 5 个县市), 进行作物生长预测变量投入, 然后运行作物生长预测与栽培方案设计子系统, 并重复该过程至系统运行结束。运行子系统即可对作物生长进行预测, 预测结果包括产量构成、植株生长动态、干物质积累量、分器官重量、植株中氮、磷、钾等养分含量和土壤肥水含量。

5.3.2 栽培方案设计

栽培方案设计包括品种选择、播期确定、群体指标、密度确定、肥料运筹、管理措施、生育过程、群体动态、综合方案等。设计前用户打开所选择表(地图), 可采用单选或多选方式选点(县市)后, 填写栽培方案设计变量投



图 4 施用有机肥与无机肥比例

Fig 4 Ratio of organic fertilizer to inorganic fertilizer

入表的必选变量, 即目标产量、土壤类型、品种名称、气象资料等, 再根据各项栽培方案要求选择可选变量。如栽培方案中肥料运筹的可选变量包括栽培管理水平、施肥水平、防治病虫害水平、水分管理水平(均分为高、中上、中、中下、低和低下 6 个等级), 氮、磷、钾肥利用率及小麦类型等。

针对每点(县市)设计各方案项的变量投入, 然后分别运行作物生长预测与栽培方案设计子系统, 并重复该过程至系统运行结束。输出各种肥料用量与施肥方案, 肥料用量包括每公顷施用氮、磷、钾肥量, 施肥方案包括有机、无机肥比例, 氮肥中基肥、蘖肥、拔节孕穗肥、粒肥的比例, 磷、钾肥的基肥与追肥比例。如图 4 表示小麦施用有机肥与无机肥的比例, 东台、高邮、金湖、兴化、盱眙 5 县市分别为 3.00、7.00, 3.00、7.00, 3.00、7.00, 2.75、7.25, 2.12、7.88。

5.4 精确管理

作物精确管理子系统包括区域选择、信息采集、信息处理及决策生成等过程。以泰国水稻实验资料为例进行研究^[15], 试验点位于泰国东北部的雨养水稻生产带, 在生产带中分布着一些有若干公顷田区, 在试验区域内分布着高程不同的 247 个田块, 田块高程影响土壤有机碳含量、可利用氮含量, 田块高程愈大, 有机碳和可利用氮含量愈低, 水稻基础生物产量(即空白生物产量, 是指在未进行田间施肥, 作物仅靠吸收土壤中可利用氮条件下形成的生物产量)也愈低。

5.4.1 基本算法

根据试验资料建立 SOC、Nu 等的算法:

$$SOC = 12.37 \text{Exp}(-0.622H)$$

式中 SOC——土壤有机碳含量, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; H——田块高程, cm。

$$Nu = 1000 \times 0.067 \text{Exp}(-3.83/SOC)$$

式中 Nu——可利用氮量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

$$DMPo = K \cdot Nu$$

式中 DMPO——基础产量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; K——氮素利用效率, 一般未施肥土壤的 K 值略高于施肥土壤的 K 值, 一般取其平均值 0.15。

$$N = Nt - Nu$$

式中 N——田块施氮量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

$$Nt = DM P / K$$

式中 DM P——目标生物产量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; Nt——根据目标产量计算出来的田块总需氮量, g。

5.4.2 作物精确管理子系统的功能

区域选择功能用于用户采用单选或多选方式选点(田区等)打开所选择表(地图), 信息采集功能用于用户采集所选区域田块产量、地形、地貌、土壤养分等信息和作物实时生长信息(本例中采集地块高程信息)。信息处理功能是利用所采集信息, 建立数学模型, 以获取田块的基础差异, 本例中主要通过区域内田块相对高度差异, 求算与之相关的土壤有机碳含量、土壤中可利用养分含量(氮、磷、钾)及水稻基础产量的差异。决策成功

能主要用于获取达到田块一定目标产量所需的变量投入。

在 247 个田块中高程差异在 0~3.5 m(图 5), 本例在区域中间南北走向选择其中 122 个田块, 基于田块高程差异, 模型运算结果表明, 土壤可利用氮含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 在 48.22~60.27, 36.16~48.22, 24.11~36.16, 12.05~24.11 和 0.04~12.05 范围的田块数分别为 3、67、35、14 和 3 个, 据此计算的田块基础生物产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 范围分别为 7233~9041, 5425~7233, 3616~5425, 1808~3616 和 5~1808。设计目标生物产量为 $15000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 若仅考虑氮肥用量的精确投入, 则施氮量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 在 85.11~106.39, 63.84~85.11, 42.56~63.84 范围的田块数分别为 7、45、70 个。

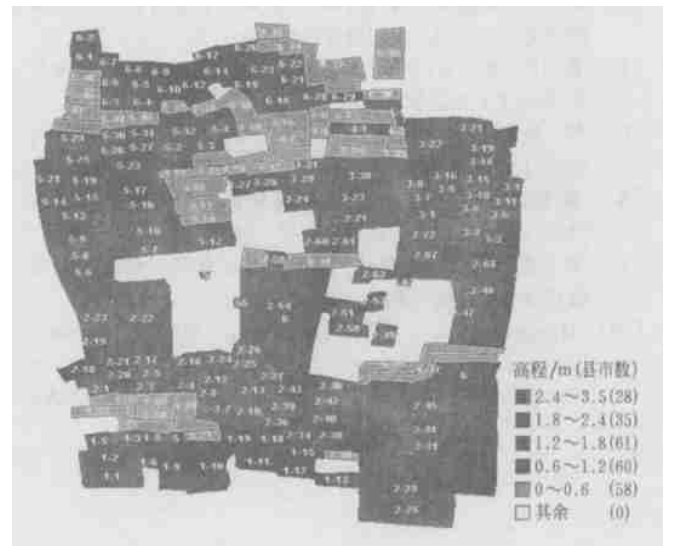


图 5 田块高程的差异

Fig. 5 Difference of field height

6 结 语

以 Map Info 5.5 为系统开发平台, 利用 Map Basic 和 VB 6.0 程序设计语言编制用户主界面对 Map Info 进行控制、操作, 并通过编程操作 Map Info 表、分析和修改地图对象、控制界面和地图的显示, 把与作物生产管理有关的、大量的区域性农业信息与具体的实物地图结合起来, 进行空间分析处理, 在地图背景下分析作物生产管理信息, 并通过相关的模型运算进行作物种植区划、生长预测、栽培管理方案设计与精确管理等, 建立作物生产管理地理信息系统(CPM GIS)。

CPM GIS 包含农业生产信息查询、作物种植区划、作物生产系统预测与作物精确管理 4 个子系统。CPM GIS 的基本功能包括作物生产空间数据库和属性数据库的建立与维护, 农业生产信息图文双向查询, 作物生产信息分析应用与辅助决策(主要包括作物生产信息统计与分析、作物种植区划、作物生长预测、作物栽培方案设计、作物精确管理等), 并以地图或专题地图、数据表格、图形及文字论述 3 种形式进行显示与输出, 从而实现地理信息系统从以数据获取、存储、管理和查询

检索为重点的初级阶段向以空间分析、预测预报和决策支持为重点的高级阶段发展。

[参 考 文 献]

- [1] 曹卫星 作物智能栽培学: 信息科学与作物栽培学的结合 [J] 科技导报 2000, 139(1): 37- 41
- [2] Cao W, Moss D N. Sensitivity of winter wheat phyllochron to environmental changes [J] Agronomy Journal, 1994, 86: 63- 66
- [3] Cao W, Moss D N. Modeling phasic development in wheat: an integration of physiological components [J] Journal of Agricultural Science, 1997, 129: 163- 172
- [4] De Wit C T. Photosynthesis of leaf canopies [J] AgriRes Reports Wageningen, 1965, 1- 55
- [5] 赵春江, 诸德辉, 李鸿祥, 等 小麦栽培管理计算机专家系统研究与应用 [J] 中国农业科学 1997, 30(5): 42- 49
- [6] 曹卫星, 李 旭, 罗卫红, 等 基于生长模型的小麦管理专家系统 [J] 模式识别与人工智能, 1999, 12: 30- 35
- [7] 李 旭, 曹卫星, 罗卫红 小麦管理智能决策系统的设计与实现 [J] 南京农业大学学报, 1999, 22(3): 9- 12
- [8] 党安荣 地理信息系统在中国粮食生产研究中的应用 [M] 北京: 中国农业科技出版社, 1998
- [9] 关元秀, 刘高焕, 王劲峰 基于 GIS 的黄河三角洲盐碱地改良分区 [J] 地理学报, 2001, 56(2): 198- 205
- [10] Huang Jingfeng, Ahmad Yaghi, Wang Renchao. Integration of GIS and TM to extract early rice area in Longyou county [J] Transactions of the CSAE (Chinese), 2001, 17(1): 159- 162
- [11] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 等 GIS 支持下三峡库区典型水流域土壤养分流失量预测 [J] 水土保持学报, 2001, 15(1): 9- 12
- [12] 张晓萍, 李 锐, 赵永安 基于 GIS 的水土保持林草措施“专家”系统研究 [J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 77- 95
- [13] 史明昌, 孙保平, 孙立达, 等 地理信息系统支持下土地评价专家模型的研究 [J] 北京林业大学学报, 1996, 18(4): 50- 63
- [14] 潘剑君, 靳婷婷, 孙维侠 江西省余江县土壤信息系统建造研究 [J] 土壤学报, 1999, 36(4).
- [15] 潘学标 用作物模型和 GIS 评估气候变化对农业生产影响的研究 [A] 首届中国科学院博士后学术讨论会论文集 [C] 1998: 258- 259
- [16] 高志强, 刘纪远, 庄大方 基于遥感和 GIS 的中国土地资源生态环境质量同人口分布的关系研究 [J] 遥感学报, 1999, 3(1): 66- 70
- [17] 黎 夏, 叶嘉安 基于遥感和 GIS 的辅助规划模型 [J] 遥感学报, 1999, 3(3): 215- 219
- [18] 刘亚岚, 王世新, 阎守邕 遥感与 GIS 支持下的基于网络的洪涝灾害监测评估系统关键技术研究 [J] 遥感学报, 2001, 5(1): 53- 59
- [19] 杨立炯, 崔继林, 汤玉庚, 等 江苏稻作科学 [M] 南京: 江苏科学技术出版社, 1990
- [20] 周治国 区域作物生产管理地理信息系统的研究与应用 [R] 南京: 南京农业大学博士后研究报告, 2001

GIS-based information system for crop production management

Zhou Zhiguo, Cao Weixing, Zhu Yan, Wang Shaohua, Pan Jie, Wang Qing

(Hi-Tech Key Laboratory of Information Agriculture, Jiangsu Province,

Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Based on the support of the regional crop production database and the development platform of MapInfo 5.5 system, the regional crop production management geographical information system (CPM GIS) was developed with MapBasic and VB6.0. The CPM GIS includes four subsystems named as information searching, planting division, systematic forecast and precision management subsystem, respectively. Combining regional agricultural information of crop production with actual map layout, spatial analysis and relevant modeling process were conducted. CPM GIS can be used for crop farming system designing, growth predicting, optimization of cultivation management designing and precision management plan designing. There are three result output types by map or specific map, data table and text combined with graph.

Key words: crop production; management information system; GIS

周治国, 曹卫星, 朱 艳, 等 基于 GIS 的作物生产管理信息系统 [J] 农业工程学报, 2005, 21(1): 114- 118

Zhou Zhiguo, Cao Weixing, Zhu Yan, et al GIS-based information system for crop production management [J] Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 114- 118 (in Chinese with English abstract)