

基于 GIS 技术的新疆棉花施肥专家系统

王海江, 吕 新

(新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘 要: 对集成地理信息系统(GIS)技术应用于新疆棉花施肥专家系统(ES)进行了研究和探讨,通过 Internet 访问该专家系统界面,用户可以得到农田地块的地理信息,进行棉田施肥推荐;同时可进行农田肥力的综合查询和专题图制作。该专家系统的建立不仅推进了新疆地区平衡施肥信息化的进程,也为精准农业的实践提供决策支持。

关键词: 专家系统; 地理信息系统; 施肥推荐; 棉花; 新疆

中图分类号: S562; TP182; S146

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2006)10-0167-04

王海江, 吕 新. 基于 GIS 技术的新疆棉花施肥专家系统[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 167-170.

Wang Haijiang, Lü Xin. Cotton fertilization expert system using GIS technology in Xinjiang Region[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(10): 167-170. (in Chinese with English abstract)

0 引言

从 20 世纪 80 年代开始,美国等发达国家的专业人士和有关空间规划领域的专家,开始探索利用专家系统技术扩展 GIS 的系统功能形成智能化 GIS,解决复杂的空间规划决策问题,以期把空间规划决策过程和 GIS 的辅助决策作用统一起来。GIS 与 ES 相结合是解决一些空间复杂问题的重要途径^[1],目前,这方面的研究已得到广泛的重视,如 Gennert M. A. 开发出了一种原型网络专家 GIS,用于土地资源管理,Lam David 等将专家系统、神经网络与 GIS 相结合建立了用于环境管理的决策支持系统。Sarasus, Wayne A. 等讨论了基于知识的 GIS 用于铁路与高速公路交叉口的安全管理与分析问题。此外,美国石油勘探专家系统 DIPMIETER; 暴雨预报专家系统 WILLARD; 姚逸秋对专家系统在资源应用中的研究等^[2],都对 GIS 与 ES 的集成做出了研究和探讨。中国目前在这方面的研究主要是在测绘信息工程、国土资源信息、突发性环境污染、土地定级等方面。

新疆特别是兵团农业具有规模化、机械化生产的优势,近年以平衡施肥、滴灌技术为核心的精准农业发展很快。本文就是利用新疆兵团得天独厚的农业生产条件,通过 PAID 农业专家系统开发平台嵌入 GIS 组件 MapX 技术,以 SQL Server 为后台数据库,把棉花田间管理和作物施肥理论等专家知识进行科学组装和集成,建立了基于网络的棉花施肥推荐专家系统,实现了远程专家施肥推荐和信息查询等功能。GIS 和 ES 的集成应用于新疆棉花施肥推荐能够更好的推进新疆农业信息化的发展,也为兵团农业规模化生产提供了理论指导和科学依据。

1 系统的目标

建立 GIS 和 ES 集成的棉花施肥推荐专家系统,可为农业生产者、管理人员和科技人员提供网络化、智能化、形象直观的信息,用户可通过该平台得到农田地块的地理信息,进行农田肥力分析和施肥推荐^[3];为兵团精准施肥提供科学合理的依据,获得生产中精确管理的实施方案。

收稿日期: 2005-03-14 修订日期: 2006-06-10

基金项目: 新疆农垦兵团博士基金(2002-05)资助

作者简介: 王海江(1980-),男,河南偃师人,主要从事农业信息化研究。新疆 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室,832003

※通讯作者: 吕 新(1964-),男,河北安国人,教授,博士,博士生导师,主要从事农业生态和农业信息化方面研究。新疆石河子 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室,832003。

Email: snolx-sh@mail.xj.cninfo.net

2 系统总体设计

采用基于 Internet/Intranet 的 Browser/server(B/S)结构,该结构模式是一种类似于终端/主机系统结构模式,同时具有 Client/Server 模式的分布计算特性,主要特点是集中管理:软件的程序、数据库以及其它一些组件都集中在服务器端,用户端除了浏览器之外无需其它软件和相关的管理维护工作。因此用户需要查询的资料和打印文档的数据都来自同一个数据库,从而保证了数据的及时性与完整性^[4]。

2.1 系统建立和知识获取

施肥推荐专家系统包括对常规种植棉田和滴灌种植棉田进行推荐施肥,它是把与作物生长有关的各种因素,尤其是影响肥料吸收转化的因素综合考虑而提出的适合棉花生长的最优施肥模式和最佳肥料利用方案。它提出的施肥方案不但能指导农民进行生产以获得最大经济效益,也能为管理决策者提供决策前的信息咨询。

知识获取机构通过人机界面与专家联系,获取的知识转化为规则后存储在知识库中,推理机调用数据库中的数据、知识库中的知识和模型库的模型进行推理,得出的结论暂时存储在动态数据库中,用户可直接查询数据结果^[5]。另一方面通过调用推理结果和原知识,给用户一个合理的解释如图 1。

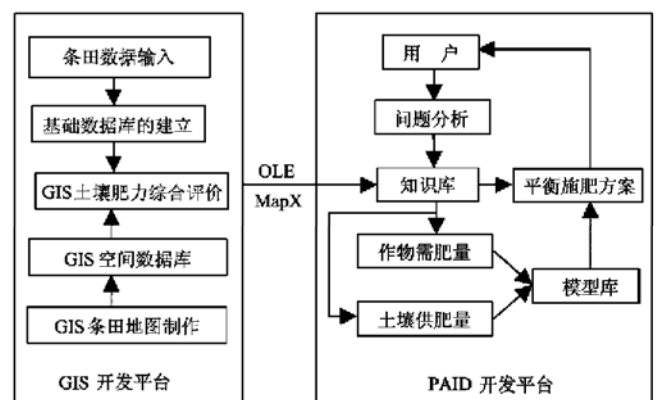


图 1 施肥推荐专家系统总体设计

Fig. 1 Overall design of expert system for fertilization recommendation

2.2 基础数据库的建立

建立专家系统所需的各种土壤信息数据库,主要包括土壤

类型、土壤质地、土壤养分状况(有机质、全氮、速效磷、速效钾、速效氮和微量元素等)、条田面积、历年种植作物以及病虫害发生情况等^[6]。

2.3 空间数据库的建立

将需要量化的纸质地图扫描成影像图层,利用GIS系统软件MapInfo和采用屏幕数字化技术,将纸质地图转化为GIS数据图层,利用系统提供的空间分析功能,可以得到用户需要的不同结果图层。同时,对GIS数据层通过一定的内部标示码和用户识别码,实现空间数据与基础属性数据的无缝连结^[7]。

2.4 施肥与作物营养知识库

系统研究、归纳、总结棉花土壤诊断配方施肥、高产施肥、规范化施肥的专家知识。研究包括各主要营养元素的积累消耗规律、营养诊断知识库的建立(包括目标产量、土壤肥力、肥料利用率、作物不同生育时期的营养状况与施肥量、滴肥量与滴肥期、元素配比的关系)。

2.5 模型库的建立

模型库主要是利用已有的专家知识和专家经验,建立系统模型,并逐步总结经验,对原有模型进行修正,使之适合实际需要。每个模型调用数据库中的数据及参数值,并将结果返回动态数据库,使推理机能做出合理的判断,同时实现数据库和模型库的资源共享。解释说明部分除了对模型参数、使用方法、使用范围做出解释外,还能依据模型运行结果和用户的提问做出合理解释。

3 系统实现技术

3.1 GIS与ES集成的实现方法

GIS与ES的结合方法很多,但概括起来,主要有紧耦合和松耦合两种形式。紧耦合指利用专家系统知识表示和推理机制等改造GIS内在的数据模型和数据结构,创造真正智能型的GIS。而松耦合也可称为平行的结合,是指GIS与ES外在的结合。两者有一共同的界面,并通过中间文件联结起来。在这种结合中GIS被用来产生空间数据库并作为空间分析和显示的工具,而专家系统则被用来产生面向应用领域的知识库,并用其推理机进行启发式推理^[8]。相对于紧耦合,松耦合由于方法简单,易于开发而被广泛使用。松耦合结合方式主要由3个部分组成:专家系统、GIS和用户界面其结构图如图2所示。

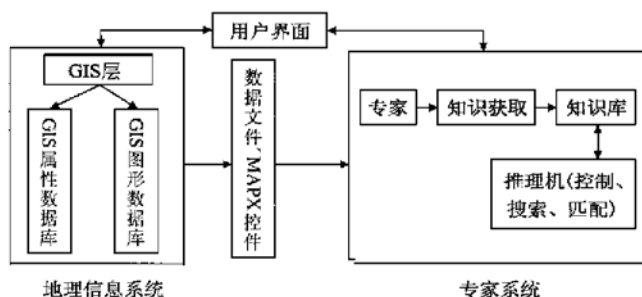


图2 ES与GIS集成结构图

Fig. 2 Structural diagram of integration of ES and GIS

3.2 专家系统推理机

推理机是专家系统运用知识对数据进行推理的逻辑核心,本棉花施肥推荐专家系统采用产生式推理策略,其推理过程为:

<已知> 规则: if A then B

<已知> 前提: A <新的> 结论: B

产生式推理策略又可分为逆向推理(目标导致的推理控制策略)和正向推理(数据驱动推理策略)。使用正向推理策略去安排证据和假设被联结的顺序^[9],其基本思想是:从基本事实出

发,引用规则库中的规则,若某些规则的前提被满足,则执行这一些规则的结论部分,若这些规则的结论部分形成新的事实,则再用同样的方法,以这些新事实为基础进行正向推理。

3.3 PAID集成GIS技术

采用的集成方法是利用现成的农业专家系统工具PAID和组件化GIS系统软件MAPX进行二次开发。

在专家系统中使用MapX自动化对象,实际上是将MapX用作进程外服务器,它在后台输入OLE自动化对象,供控制器ES调用它的属性和方法。步骤如下:

1) 专家系统中装入MapX自动化对象:

```
Set OleMapX = CreateObject('MapX.application')
```

```
OleMapX.Visible = True
```

2) 一旦MapX启动成功,就可以在专家系统中使用它的属性和方法,如用Do方法向MapX发送命令,如OleMapX.Do('set next document parent '+ winHand+ 'style')这一命令使得MapX窗口成为应用程序的子窗口。

你还可以用自动化对象的EVAL方法返回MapBasic表达式的值^[10],如下语句返回当前打开的表数:

```
TableNum = OlemapX.eval('NumTables()')
```

你也可以直接调用MapX菜单或按钮命令对地图窗口进行操作,如地图放大显示:

```
OleMapX.RunMenuCommand
```

4 系统开发和应用

棉花施肥专家系统是以PAID4.0为开发平台,开发平台采用‘浏览器/Web服务器/数据库系统’3层网络结构模型,以后台数据库管理为核心,在Web服务器挂接GIS组件MapX,通过前台浏览器管理和运行。开发平台基于不同用户的需求,结合农业领域的特点,设计并实现了系统管理、知识规则维护、数据编辑、数据处理、数据查询和地理信息系统6个功能模块。

4.1 事实表的建立和专家推荐

通过PAID专家系统开发界面,建立专家系统推理决策所调用的事实表,该事实表的建立对应存储在后台SQL数据库中,便于数据库的修改和维护。施肥专家系统在进行专家决策时回调事实表中的事实数据,推理机根据知识库中的知识规则和模型库中的施肥模型进行专家推荐,其决策咨询结果保存于数据库中,非常方便查询和调用,人机对话采用表格形式输入,比较快捷。在推荐结果的显示上用户可有选择的显示相关信息,同时可对推理的过程进行浏览。事实表界面如图3。

4.2 数据信息查询

PAID专家系统平台提供了方便用户的数据信息批量导入、导出接口,数据获取构件完成从Word文档、SQL数据库和Excel表格转换到知识库中的功能;系统对导入的信息可定义为事实表或标准表,通过用户定义的组合查询条件和规则,灵活快捷的查询出相关数据信息,同时可对系统表中的数据信息或是历史决策结果进行查询、打印。实现结果如图4所示。

4.3 GIS图形信息管理

PAID专家系统提供了一个接口,用来挂接第三方的Web地理信息系统。地图的矢量化和空间数据库、属性数据库的建立是用MapInfo Professional来完成的。通过OLE的自动化功能将专家系统和地理信息系统连接起来:其中,ES作为自动化控制器,GIS作为自动化对象,专家系统中使用MapX自动化对象是用作进程外服务器,它在后台输入OLE自动化对象,供控制器ES调用它的属性和方法来操做GIS^[11]。专家系统通过控制MapX控件的属性和方法来实现对GIS图形信息管理,利用GIS的功能动态绘制田间土壤有机质、氮、磷、钾等含量专题图。如图5。



图 3 事实表的建立和专家施肥推荐

Fig. 3 Establishment of fact tables and expert fertilization recommendations

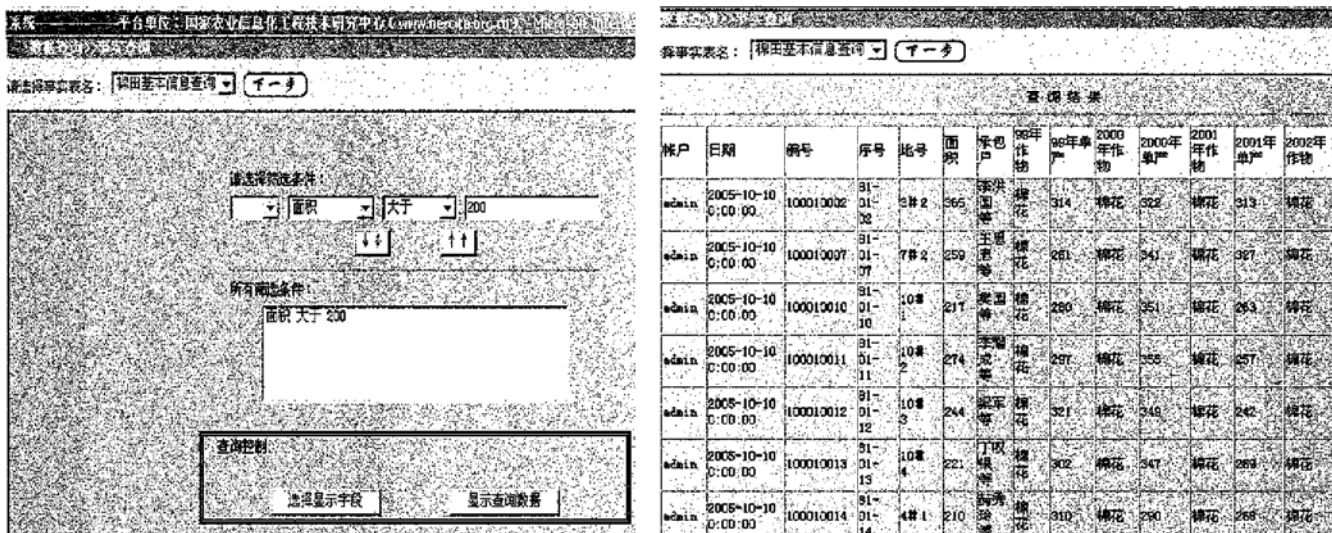


图 4 数据信息查询

Fig. 4 Inquiry of data information

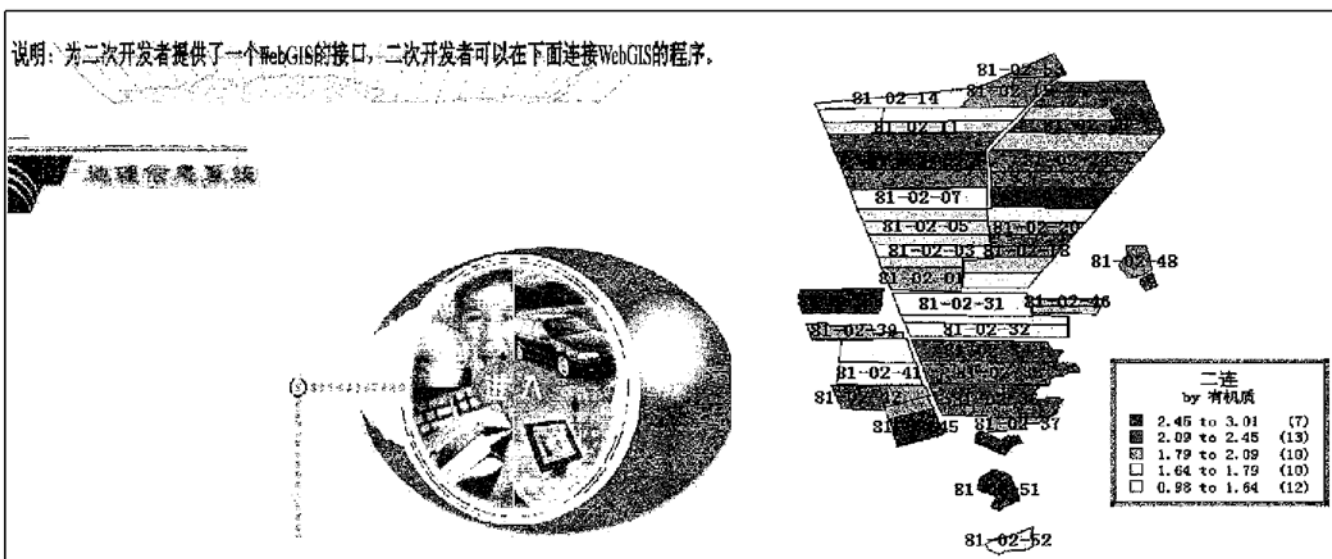


图 5 GIS 的集成和专题图的制作

Fig. 5 Integration of GIS and thematic map compiling

数据表格并不能直观地反映出那些隐含在数据里面的趋势和模式,为了充分利用数据,往往借助于诸如直方图、饼图来分析数据,专题地图是用来分析和表现数据的一种有效方式,利用专题地图,可根据表中特定的值来赋给地图对象颜色、图案和符号等,从而把各种数据图形化,很直观地显示在地图上^[12]。

4 结果与讨论

PAID 平台采用软件组件技术、面向对象技术等,并且符合 COM/DCOM 技术规范,使平台具有开放性、异构性、封装性和继承性等特点,容易跟其他关键技术集成,可面向对象进行定制组件,挂接任何基于 Windows 开发的动态连接库 DLL(服务器端)和基于 OLE 技术标准的 ActiveX 构件(客户端)。本系统将 ES 和 GIS 集成,通过 OLE 的自动化功能将它们连接起来:其中,ES 系统作为自动化控制器,GIS 系统作为自动化对象。GIS 核心系统与客户端程序(ES)通过 OLE 的自动化功能提供对象之间的互操作,可以很好的完成数据在不同系统间的转换与共享。

用 OLE 自动化方式对 ES 和 GIS 进行集成灵活性好,适用于进一步的扩展,具有相对统一完善的用户界面,而且这种系统支持空间决策推理分析和空间信息操作的同步进行,用户能够控制正在进行的推理分析进程,查询推理分析的中间结果。专家系统(ES)与地理信息系统(GIS)的集成大大增强和扩展了 GIS 的功能与应用领域,是 GIS 进一步发展的主要方向之一。

利用农业专家系统开发平台 PAID,开发出基于 GIS 技术的新疆棉花施肥专家系统。GIS 系统具有强大的空间数据和属性数据处理分析功能,将其与专家系统集成用于推荐施肥工作,不仅可以为施肥模型快速提供土壤养分数据,而且可以在数据分析的基础上,获得土壤养分空间分布规律,帮助决策者制定施肥方案^[13]。网络化、智能化是将来农业数字化的一个重要的发展方向,该专家系统的建立不但具有数据采集和处理分析的功能,提供科学的施肥决策方案^[14],而且也今后相关研究奠定了理论和实践基础。

该系统应用于新疆兵团棉花专家施肥决策,指导棉花精准施肥、科学施肥,在农五师农业技术推广站参加的兵团 2003-2004 年《GIS 支持下的棉田专家推荐精准施肥技术推广项目》累计推广 2 万 hm²,亩平均增产皮棉 8.8 kg,增产率 7.5%,累计新增纯收益 2961.35 万元。网络化的棉花施肥推荐专家系统的应用有力地促进了农业施肥技术的改良,提高农肥的利用率,减少对环境的污染,增加了农作物的产量。

在系统开发过程中,MapX 是作为嵌入 PAID 专家系统开发平台的一个控件的形式使用,所有的地图操作均是对 MapX 控件属性的操作,但由于 MapX 作为 GIS 二次开发工具的属性和方法很多,在系统开发过程中使用到的只是部分功能,对 MapX

强大二次开发功能有一定的局限性。为了使 GIS 和 PAID 专家系统开发平台之间的连接具有更好的灵活性和可扩展性,建立 GIS 中地理属性和 ES 中事实表属性的对应关系,还需进一步的探讨和研究。

专家系统是在 PAID 开发平台的基础上建立起来的,因此专家系统的设计必须要遵循平台所规定的知识表达方式、规则设定原则以及各中模块的构建程序,不能自由的选择,这也是造成一些知识无法完整装入系统的原因,也使一部分数据无法得到利用,表现出利用专家系统开发平台构建专家系统的局限的一面,但是由个人独立开发完成专家系统,其投入大、耗时长也是不切合实际的,因此如何能开发出应用范围广、功能全、性能稳定、灵活实用的专家系统开发平台值得深入的探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 郭秋英. 当前 GIS 发展的几个特点[J]. 测绘通报, 1998, 3(5): 43-46.
- [2] 王 静, 刘湘南. 地理专家系统的应用现状及发展趋势综述[J]. 地理与地理信息科学, 2006, 6(19): 11-16.
- [3] 陈立平, 赵春江, 刘 学, 等. 精确农业智能决策支持平台的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2002, 2(18): 145-149.
- [4] 李 翔, 杨宝祝, 郭天财, 等. 基于 WebGIS 和 ES 集成技术的农作物管理地理信息系统研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 106-109.
- [5] 杨宝祝, 赵春江, 李爱平, 等. 网络化、构件化农业专家系统开发平台(PAID)的研究与应用[J]. 高技术通讯, 2002, 5(3): 5-10.
- [6] 陈蓉蓉, 周治国, 曹卫星, 等. 农田精确施肥决策支持系统的设计和实现[J]. 中国农业科学, 2004, 37(4): 516-521.
- [7] 聂 艳, 周 勇, 田有国, 等. 基于 3S 的土壤肥料专家系统研究[J]. 土壤(Soils), 2003, 35(4): 339-343.
- [8] 刘耀林, 贾泽露. GIS 与 ES 技术在土地定级估价领域中应用的探讨[J]. 测绘信息与工程, 2003, 28(5): 19-22.
- [9] 熊范纶. 农业专家系统及开发工具[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999: 25-30.
- [10] 齐 超, 何新华. 基于 MAPX 控件的电子地图控制[J]. 计算机应用, 2000, 12(20): 69-71.
- [11] 齐 锐, 屈韶琳, 阳琳. 用 MapX 开发地理信息系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 40-245.
- [12] 张书慧, 马成林, 于春玲, 应用于精确农业变量施肥地理信息系统的开发研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 153-158.
- [13] 杨长保, 吴秀媛, 马生忠. 基于 GIS 的专家系统及其在农业宏观决策中的应用研究[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(1): 111-115.
- [14] 危常州, 侯振安, 朱和明, 等. 基于 GIS 的棉田精准施肥和土壤养分管理系统的研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(6): 678-685.

Cotton fertilization expert system using GIS technology in Xinjiang Region

Wang Haijiang, Lü Xin

(Key laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Bingtuan, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: The authors researched and discussed the technology of integrated GIS which was applied in cotton fertilization recommendation ES in Xinjiang Region. Users can get geography information of cotton fields through Internet to visit ES interface, which can recommend fertilization for cotton and comprehensive inquiry of soil fertility and thematic map compilation. The establishment of system not only propels information construction for balanced fertilization in Xinjiang Region, but also provides decision supports for precision agriculture in practice.

Key words: ES(expert system); GIS(Geography Information System); fertilization recommendation; cotton; Xinjiang