

## 基于知识模型和 GIS 的棉花生产潜力评价系统

周留根, 周治国, 曹卫星, 孟亚利  
(南京农业大学农学院, 南京 210095)

**摘要:**引入知识模型概念,建立以棉花生产潜力知识模型为特征的知识系统,将知识工程和数据库有机结合,以 Mapinfo 5.5 为系统开发平台,利用 MapBasic 和 Visual Basic 程序设计语言,建立基于知识模型的棉花生产潜力评价系统,实现棉花生产潜力评价的计算机辅助决策。应用本系统对江苏地区棉花生产潜力进行实例评价,并与实际单产相比较,进行单产潜力、潜力系数和总产潜力的对比分析,确定棉花生产地域优势。

**关键词:**知识模型; GIS; 棉花; 生产潜力; 评价

中图分类号: S562 文献标识码: A

文章编号: 1002-7807(2005)02-0117-05

## Cotton Potential Productivity Evaluation System Based on Knowledge Model and GIS

ZHOU Liu-gen, ZHOU Zhi-guo, CAO Wei-xing, MENG Ya-li

(Agricultural College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The concept of knowledge model was introduced, and cotton potential productivity knowledge model has been set up. Based on the support of MapInfo 5.5 systemic development platform and knowledge model, with MapInfo development language including MapBasic and Visual Basic 6.0, an evaluation system of cotton potential productivity was developed by integrating the knowledge engineering and database. The computer aid decision(CAD) of cotton potential productivity has been realized. An application example in Jiangsu province was provided, by comparing to the practical yield per unit area, the potential yield, potential efficiency, potential productivity were analyzed qualitatively, the regional development advantage of cotton production was certificated.

**Key words:** knowledge model; GIS; cotton; potential productivity; evaluation

知识模型是描述系统的知识和推理过程,将描述方法用数学方法和知识表示方法相结合,共同完成对系统的领域知识、推理知识和任务知识的描述。国内外有关专家系统的研究基本上都是基于知识库系统<sup>[1-4]</sup>,系统中不含模型,即使是有模型系统,也是模型和知识不相关<sup>[5]</sup>。这样的系统只能处理定性知识,遇到定量知识就要定性化。另外传统农业专家系统中的知识规则一般包含了许多具有较强地域性和时间性的专家经验和参数,限制了不同环境条件下系统决策的广适性和准确性。若要专家系统应用于新的生态环境,用

户就必须重新填写和修改知识库,知识库中的知识规则越全面,决策的结果就越好,这样就势必带来知识库庞大的问题<sup>[5]</sup>,因而研究基于知识模型的系统在国内逐渐受到重视<sup>[6-8]</sup>。

作物生产系统受自然环境和社会生产等多因素影响,自然环境和社会生产要素的区域差异性导致作物生产明显的地域分异。作物生产潜力是指在理想生产条件下所能达到的最高理论产量,研究作物生产潜力的空间变化,可以掌握作物生产的区域差异及其变化规律,对作物生产规划与合理开发利用农业自然资源、正确指导作物生产

系统的发展具有重要意义。

本研究基于国内外生产管理决策支持系统(DSS),尤其是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的迅速发展<sup>[4,9-12]</sup>,利用数据库技术和知识库技术研究分析棉花生产潜力,利用模型库技术与GIS的空间信息管理功能,建立估算棉花生产潜力的知识模型系统,并进行棉花生产区域优势评价。

## 1 系统结构

系统运行于PC机,中文Windows 2000及以上操作系统。

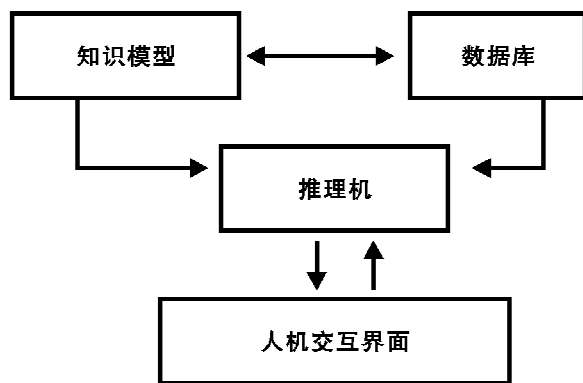


图1 棉花生产潜力评价系统结构

Fig.1 Structure of cotton potential productivity evaluation system

## 2 数据库

### 2.1 数据类型

数据库是该系统的中心,管理以下3类数据。

**2.1.1 地图数据。**地图数据属空间数据,为MapInfo表,通过MapInfo可处理数据的显示、浏览、查询和分析。

**2.1.2 各单位与棉花生产有关的历史数据。**这些数据与单位的地理实体有关,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。

**2.1.3 属性数据。**包括各生产单位棉花产量和气候、土壤资料。气象资料主要包括温度、降水和日照,它们以Access表形式存储在计算机存储器中,数据的操作主要通过Visual Basic(简称VB)完成,包括数据抽取。气象数据为各旬数据,在系统运行过程中,需要提取旬数据并按一定的算法将其转换成每日数据,系统将产生的每日数据自动保存在临时表中,供推理过程使用。每日平均气温采用曲线模拟法,而降水、日照用平均法求取。

## 2.2 数据库的运行

**2.2.1 中间变量。**数据库系统运行过程中产生的中间变量,可被系统在任何时刻重新调用,而部分临时数据在系统运行结束后或系统推理前自动清除。而有些数据则可以在系统下次作同一分析时直接调用。

**2.2.2 数据处理。**空间数据与属性数据可用各单位分区域单元代码作为连接两者的关联项,进行匹配、叠加、转换等一系列处理,生成需要的分单位空间、属性一体化数据。

## 3 棉花生产潜力评价知识模型

对于知识的描述有过程性知识描述、结构化知识描述和非结构化知识描述,但绝大部分是定性知识描述,定量知识描述一般采用了定性模式,如何将定量知识用简单方式描述出来,形成模型化知识,这是研究的关键。对棉花生产潜力的评价,需要建立各个层次的评价指标体系,形成一套棉花生产潜力评价的知识模型体系,包括棉花单产潜力知识模型和区域优势评价知识模型。

### 3.1 棉花单产潜力模型

利用因子逐步衰减方法建立棉花单产潜力知识模型。公式如下:

$$\begin{aligned} Y_G &= Q * f(Q) * f(T) * f(W) * f(S) * f(M) \\ &= Y_Q * f(T) * f(W) * f(S) * F(M) \\ &= Y_T * f(W) * f(S) * f(M) \\ &= Y_W * f(S) * f(M) \\ &= Y_S * f(M) \\ &= Y_M \end{aligned}$$

式中, $Y_G$ :单产潜力; $Y_Q$ :光合生产潜力; $Y_T$ :光温生产潜力; $Y_W$ :气候生产潜力; $Y_S$ :土地生产潜力; $Y_M$ :单产潜力; $Q$ :单位时间、单位面积上的太阳总辐射; $f(Q)$ 、 $f(T)$ 、 $f(W)$ 、 $f(S)$ 、 $f(M)$ 分别表示光合、温度、水分、土壤、社会有效系数。

**3.1.1 光合生产潜力。**光合生产潜力( $Y_Q$ ),即光能生产潜力<sup>[13]</sup>,选用下式计算:

$$Y_Q = Q * \epsilon * \alpha * (1-\beta) * (1-\gamma) * (1-\omega) * \Phi / (1-X) / H$$

式中, $\epsilon$ 取0.49, $\alpha$ 取0.10, $\beta$ 取0.07, $\gamma$ 取0, $\omega$ 取0.3, $\Phi$ 取0.224, $X$ 取0.14, $H$ 取 $1.78 \times 10^7$   $J \cdot kg^{-1}$ 。 $Q$ 为到达地面的太阳总辐射强度( $J \cdot cm^{-2}$ )。在上式中, $Q$ 受太阳高度角的影响,随纬度的变化有明显的年际变化和日变化,影响作物生产潜力。某地 $Q$ 值可用日照时数来计算<sup>[14-15]</sup>。

公式如下:

$$Q = (0.25 + 0.45 * n/N) * Ra$$

式中, Ra: 大气上界辐射量(取 1395 W · m<sup>-2</sup>); n: 实际日照时数(h); N: 可能日照时数(h)。

经计算, 上述公式可转化为:  $Q = 348.75 + 627.75 * n/N$

其中 N 可使用 Goudriaan 和 Van Laar 提出的公式计算<sup>[16]</sup>。

**3.1.2 光温生产潜力。**光温生产潜力( $Y_T$ )是在  $Y_Q$  的基础上, 经温度有效系数  $f(T)$  校正后得到, 棉花是喜温作物,  $f(T)$  的计算方法见下式<sup>[17-18]</sup>。

**3.1.3 气候生产潜力。**气候生产潜力( $Y_w$ )即光温水生产潜力, 由  $Y_T$  经水分有效系数  $f(W)$  校正后得到。

**3.1.4 土地生产潜力。**土地生产潜力( $Y_s$ )即光温水土生产潜力, 由  $Y_w$  经土壤有效系数  $f(S)$  校正后得到,  $f(S)$  与土壤性状、土壤养分、土地条件等密切相关, 我国 80% 以上县市的  $f(S)$  在 0.6 ~ 0.8 之间<sup>[19]</sup>。

**3.1.5 灌溉生产潜力和化肥生产潜力。** $Y_w$  和  $Y_s$  是分别在完全雨养、土壤肥力状况下获得的, 没有考虑灌溉和施用化肥对作物生产的影响, 本研究引入灌溉有效系数  $f(I)$  和化肥增产效力来估算灌溉生产潜力( $Y_I$ )和化肥生产潜力( $Y_F$ )。  $Y_I$  是在  $Y_s$  的基础上, 经  $f(I)$  校正后获得。

化肥生产潜力可用陈锡廉提出的经验公式计算化肥增产效力<sup>[20]</sup>, 再估算  $Y_F$ 。公式如下:

$$\Delta Y_F = 2.2875 * X * (6.58 * e^{-0.047991x} + 1.08)$$

$$Y_F = Y_I + \Delta Y_F$$

式中,  $\Delta Y_F$ : 化肥增产效力(kg · hm<sup>-2</sup>); X: 化肥折纯量(kg · hm<sup>-2</sup>)。

**3.1.6 单产潜力。**单产潜力也就是社会生产潜力, 确定社会有效系数  $f(M)$  是定量估算单产潜力的关键。但在众多社会因子中, 有的可量化, 有的只能定性描述, 因此要选择既能综合表示社会效应、又可定量表达的因子, 建立因子层次结构, 针对一定地区某单位棉花的生产条件和生产水平以及棉区经济状况等利用层次分析法(AHP)确定各项因子对棉花生产有效性贡献的权重, 建立社会因子分级评分体系, 计算社会有效系数  $f(M)$  及单产潜力<sup>[21]</sup>。  $f(M)$  与  $Y_M$  的计算公式如下:

$$Y_M = f(M) * Y_F$$

$$f(M) = \sum_{i=1}^{10} W_i * A_i$$

式中,  $W_i$ : 第  $i$  个社会因子的权重系数;  $A_i$ : 第  $i$  个社会因子的评分值。

### 3.2 棉花生产区域优势评价模型

**3.2.1 潜力系数。**单产潜力虽然反映了单产水平的差异, 但并没有与实际单产( $PP_0$ )比较, 不能定量地反映实际单产与单产潜力之间的差距, 而相对单产潜力(RPP)则可弥补这一不足。将棉花单产潜力与某基准年的实际单产比较, 可以获得相对单产潜力。

$$RPP = PP - PP_0$$

相对单产潜力仅反映了各地实际单产与单产潜力之间的差距, 由于各地实际单产与单产潜力水平不同, 同量的相对单产潜力并不具有同等的可开发性, 引入潜力系数(PPC)可以反映区域的可开发性。

$$PPC = RPP / PP$$

**3.2.2 总产潜力和相对总产潜力。**上述分析仅是对单产而言, 而研究的最终目的是通过棉花单产和播种面积来获取总产, 因而应该以某基准年的播种面积( $S_0$ )为基础计算总产潜力(TPP)和相对总产潜力(RTPP)。

$$TPP = PP * S_0$$

$$RTPP = RPP * S_0$$

**3.2.3 棉花生产区域优势评价模型。**基于某基准年的棉花单产潜力、相对单产潜力、潜力系数、总产潜力、相对总产潜力, 可建立棉花生产区域优势评价模型及其开发优势分级标准, 以确定某地区棉花生产开发的优势。开发优势值  $P_i$  计算公式如下:

$$P_i = \sum_{j=1}^7 C_j * W_j$$

式中,  $P_i$ : 第  $i$  个基本单位的潜力开发优势值;  $C_j$ : 第  $j$  个潜力因素等级值(取 1~7);  $W_j$ : 第  $j$  个潜力因素优势权重(取 0.15~0.30)。

## 4 模型与 GIS 系统的耦合

在棉花单产潜力及区域优势评价模型与 GIS 系统的耦合中, 应用 MapBasic 编制用户主界面对系统进行控制、操作, 模型调用系统利用 VB 6.0、MapBasic 进行开发。通过应用 VB 6.0 编程, 实现对 MapInfo 进行控制、操作。以 VB 6.0 应用程序为前台, 发送命令到后台 MapInfo, 执行完命令后, 将执行结果发送回前台。

以 VB 6.0 为应用程序设计的窗口叫 Frm-MainWin, 在该窗口上方放一个取名为 Mappicture 图片框, 用于信息的显示。MapInfo 启动和链接程序的主要语句有:

①Public MapInfo As Object //定义 MapInfo 对象(注://起为程序注释,下同)

②Set MapInfo = Createobject (“MapInfo . Application”) //生成 MapInfo 对象

③msg=“Open Table “D:\map. tab” Interactive” // map 指某地区名(如江苏省)

MapInfo . Do msg //程序通过操作对象 MapInfo, 向后台的 MapInfo 发送命令

④MapInfo . Do “Set Next Document Parent” &MapPicture . hwnd MapInfo //显示在当前窗口名为 MapPicture 的图片框上

MapInfo 对象利用 Callback 函数自动地向前台客户端发送消息, 相反客户端(应用程序)也可以通过它的接口操纵 MapInfo。在 MapInfo 调用棉花生产潜力模型后, 应用 API 函数 WinExec

链接作用, 把运行结果数据读入 MapInfo, 以专题地图形式显示。

### 5 系统运行与结果输出

用户打开所选择地区表, 可采用单选或多选方式选择基本单位, 例如本文以江苏省为地区案例, 以县市为基本, 以 1999 年为基准年, 选取所有单位, 读入各单位社会生产条件(单位棉田面积农机总动力、人均用电量、植棉机械化程度、农村劳动力)、社会经济状况(人均社会总产值、人均棉花总产值)、社会生产水平(劳均棉花种植面积、劳均棉花总产量、劳均棉花总产值、棉田复种指数)共 3 类 12 项社会因子, 然后运行系统, 并重复该过程至系统运行结束。可以输出各单位的社会有效系数(表 1), 棉花单产潜力、潜力系数、总产潜力的分级标准(表 2), 棉花生产潜力开发优势分级标准(表 3), 以及棉花单产潜力和区域开发优势(图 1、2)。

表 1 社会因子分级及评分体系

Table 1 Criteria of society factors

| 分级 | 生产条件       |           |           |           | 经济状况      |           | 生产水平      |           |           |           | 评分  |
|----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
|    | 单位棉田面积农机动力 | 农村人均用电量   | 植棉机械化程度   | 农村劳动力比例   | 人均棉花总产值   | 人均社会总产值   | 劳均棉田面积    | 劳均棉花总产量   | 劳均棉花总产值   | 棉田复种指数    |     |
| 1  | ≥1.50      | ≥3.50     | ≥1.50     | ≥1.30     | ≥1.10     | ≥1.50     | ≥1.50     | ≥1.50     | ≥1.50     | ≥1.20     | 1.0 |
| 2  | 1.25~1.50  | 1.50~3.50 | 1.25~1.50 | 1.15~1.30 | 0.95~1.10 | 1.25~1.50 | 1.25~1.50 | 1.25~1.50 | 1.25~1.50 | 1.10~1.20 | 0.9 |
| 3  | 1.00~1.25  | 0.65~1.50 | 1.00~1.25 | 1.00~1.15 | 0.80~0.95 | 1.00~1.25 | 1.00~1.25 | 1.00~1.25 | 1.00~1.25 | 1.00~1.10 | 0.8 |
| 4  | 0.75~1.00  | 0.35~0.65 | 0.75~1.00 | 0.85~1.00 | 0.65~0.80 | 0.75~1.00 | 0.75~1.00 | 0.75~1.00 | 0.75~1.00 | 0.90~1.00 | 0.7 |
| 5  | 0.50~0.75  | 0.20~0.35 | 0.50~0.75 | 0.70~0.85 | 0.50~0.65 | 0.50~0.75 | 0.50~0.75 | 0.50~0.75 | 0.50~0.75 | 0.80~0.90 | 0.6 |
| 6  | <0.50      | <0.20     | <0.50     | <0.70     | <0.50     | <0.50     | <0.50     | <0.50     | <0.50     | <0.80     | 0.5 |

注:表中数据系社会因子当量值

表 2 棉花单产潜力、潜力系数和总产潜力的分级

Table 2 Degrees of cotton potential productivity per unit area, potential productivity coefficient and potential yield

| 分级                               | 7    | 6         | 5         | 4         | 3         | 2         | 1     |
|----------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 单产潜力/(万 kg · hm <sup>2</sup> )   | ≥0.9 | 0.90~0.83 | 0.83~0.76 | 0.76~0.69 | 0.69~0.62 | 0.62~0.55 | <0.55 |
| 相对单产潜力/(万 kg · hm <sup>2</sup> ) | ≥0.7 | 0.70~0.60 | 0.60~0.50 | 0.50~0.40 | 0.40~0.30 | 0.30~0.20 | <0.20 |
| 潜力系数分级                           | ≥0.9 | 0.90~0.88 | 0.88~0.86 | 0.86~0.84 | 0.84~0.82 | 0.82~0.80 | <0.80 |
| 总产潜力/(万 t)                       | ≥2.5 | 2.50~2.00 | 2.00~1.50 | 1.50~1.00 | 1.00~0.75 | 0.75~0.50 | <0.50 |
| 相对总产潜力/(万 t)                     | ≥2.5 | 2.50~1.50 | 1.50~1.00 | 1.00~0.75 | 0.75~0.50 | 0.50~0.10 | <0.10 |

表 3 棉花生产潜力开发优势分级

Table 3 Degree of superiority value for exploiting cotton potential production

| 潜力开发优势 | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6  |
|--------|----|-----|-----|-----|-----|----|
| 棉花     | ≥6 | 6~5 | 5~4 | 4~3 | 3~2 | <2 |

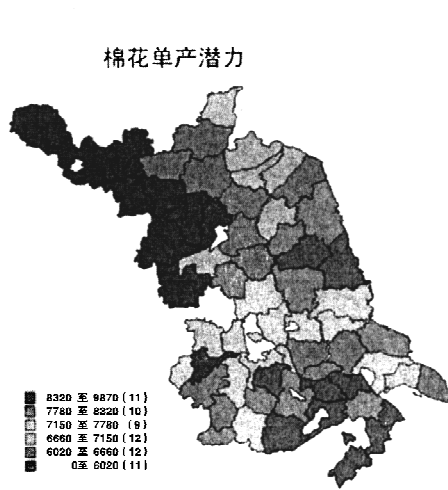


图 1 棉花单产潜力  
Fig.1 Cotton yield potential

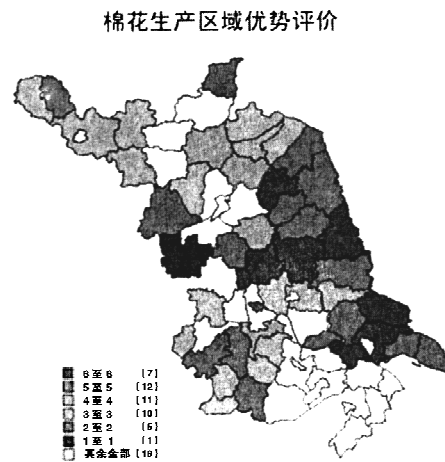


图 2 棉花生产区域优势评价  
Fig.2 Cotton regional productivity

参考文献:

[1] KROIL K S. Knowledge representation object language on top of prolog[J]. Expert Systems with Applications, 1998(15):33-46.

[2] GALBRAITH J. Soil Tax ES-An Expert System for Soil Taxonomy[M]. Cornell University,1994.

[3] 熊范纶,郭霖,吴文荣. 砂姜黑土小麦施肥计算机专家咨询系统[J]. 信息与控制,1987,16(2):7-11.

[4] 赵春江, 褚德辉,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.

[5] ZHU YAN, Cao Wei-xing. Knowledge model and growth model based intelligent decision support system for wheat management [A]. In: Song Jian, Wang Mao-hua. Proceedings of international conference on engineering & technological science[C]. Beijing: New World press,2000. 275-280.

[6] 朱艳,曹卫星,周治国,等. 冬小麦主要生育指标适宜动态的知识模型[J]. 中国农业科学,2004,37(1):43-50.

[7] 朱艳,曹卫星,戴廷波,等. 小麦氮肥运筹方案设计的动态知识模型[J]. 中国农业科学,2003,36(9):1006-1013.

[8] 陈长青,周治国. 农业知识研究初探[J]. 农业系统科学与综合研究,2004,20(1):24-26.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 张怀志,朱艳,曹卫星,等. 棉花产量目标和产量结构的动态知识模型[J]. 棉花学报,2003,15(5):279-283.

[14] 韩湘玲. 作物生态学[M]. 北京:气象出版社,1991.

[15] 张立楨,曹卫星,张思平,等. 棉花光合生产与干物质积累过程的模拟[J]. 棉花学报,2003,15(3):138-145.

[16] GOUDRIAAN J, Van Laar H H. Modeling potential crop growth processes[M]. Kluwer academic publishers.

[17] 陈明荣,龙斯玉. 我国气候生产潜力区划的探讨[J]. 自然资源,1984,3:72-79.

[18] 于沪宁,赵丰收. 光热资源和农作物的光热生产潜力[J]. 气象学报,1982,40(3):327-323.

[19] 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.

[20] 陈锡康. 中国粮食生产发展预测及其保证程度分析[J]. 自然资源学报,1996,11(3):197-202.

[21] 高如嵩,张嵩午. 稻米品质气候生态基础研究[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1994. ●