

粮食产量预报专家系统的 初步研究*

张 宇 赵四强

(国家气象局气科院农气中心)

提要 本文利用专家系统建造工具EXSYS建立了我国华南地区早稻产量预报的专家系统(GYPES)。将水稻的生育过程分为5个阶段,考虑到作物与环境条件的相互作用,进行分级推理,同时也考虑了灾害因子的影响。目前系统有350多条规则,分5个等级预报产量年型。根据1984—1989年全国农业气象旬(月)报资料对系统进行了初步验证和应用。

一、粮食产量预报与专家系统

适时、准确地预报粮食产量,对于农业生产和国民经济发展具有重要的意义。由于农业生产系统的复杂性和多样性,人们研制了多种作物产量预报方法,根据所用的资料可分为气象模式(包括地面气象要素模式、环流模式和海温模式等)、遥感方法、经济计量模式和时间序列分析方法等;如从模式的研制方法上看,又可分为统计模式和生长模拟模式,它们都是以数值处理方法进行预报的。

专家系统是人工智能研究的重要方面,主要用于知识信息的处理,而不是一般的数值计算。它是通过模拟人脑分析问题和解决问题的方法,综合多种影响因子进行逻辑推理、分析判断,并利用电子计算机这一快速、高效、客观的信息处理手段,来解决一些比较复杂的问题。这种方法与生长模拟研究一样,可以综合分析作物产量形成中的多种复杂因素及其非线性影响,它还可以充分考虑零散的、不易量化的产量预报知识和经验,如人为因素、生产水平和各种灾害因子对产量的影响等,并可以在实践中不断扩充、修正和完善。与生长模拟模式相比,专家系统更具有实用价值。

专家系统主要包括知识库、数据库、推理机、解释部分和知识获取等几部分,本文

利用专家系统建造工具EXSYS初步建立了我国华南地区早稻产量预报的专家系统(简称GYPES)。

二、EXSYS简介

EXSYS是由美国引进、电子科学院汉化的专家系统建造工具,它用C语言编写而成,以人机对话的形式,提供了知识的编辑、运行、解释和提示等功能,用户可以根据自己的需要,确定自己的问题目标和推理方法,根据有关知识组成推理规则,从而建成解决特定问题的专家系统。此系统利用产生式规则,进行逆向推理,并具有数值计算、调用外部程序和数据等功能,有利于系统的广泛应用。为处理推理过程中的不确定性问题,系统提供了三种概率表示和计算方法,用户可以根据自己的需要选择其中之一。

(1) 0、1 概率值,即结论不是肯定即为否定,概率为0和1两种选择。

(2) 0—10 概率值,即结论成立的概率分为10等分(即10%, 20%...),某一结论成立可以在几条规则中出现,若其中有一条规则成立且概率为0/10(或10/10),则最终结论亦为0/10(或10/10)而不再考虑其它规则的结果。否则就取所有成立规则中概率

* 在知识库的建立和气象指标的确定中,太华杰高工给予了很多帮助,在此特表感谢。

的平均值。

(3) 0—100 概率值, 这种方法把概率表示为百分数, 也没有 0—10 概率中的 0 和 100 锁定, 其计算方法有三种: 简单平均、依赖概率和独立概率 (例如某一结论成立的规则有两条, 其对应概率分别为 $x_1\%$ 和 $x_2\%$, 平均概率 $P = (x_1\% + x_2\%) / 2$, 依赖概率 $P = x_1\% \cdot x_2\%$, 独立概率 $P = 1 - (1 - x_1\%) \cdot (1 - x_2\%)$)。

整个系统包括四个运行程序及若干个提供帮助信息的数据文件。EDITXS.EXE 用于知识库的建立、编辑、修改和增删, 同时亦可用于系统的运行, EXSYS.EXE 用于专家系统的运行, 相当于推理机, SHRINK.EXE 和 FASTER.EXE 是两个辅助程序, 用于知识库的压缩和规则顺序的重排, 从而加快推理过程。知识库包括两个文件, 分别以 TXT 和 RUL 为扩展名, TXT 文件存放知识库的文字部分, 如专家系统名称、结论和规则文字描述等。RUL 文件是一数据文件, 由系统对规则的文字进行编号, 以数字形式表示规则, 这样可以节省内存、加快运行速度, 有利于知识库的扩大。这两个文件均由系统自动产生、自动识别。除 192K 的系统工作内存外, 每 64K 可产生 700 条规则, 这样对于 640K 内存的微机, 可有 5000 多条规则, 是一个比较理想的专家系统建造工具。

三、GYPES 知识库的结构

知识库是专家系统设计的核心和难点, 它包括推理过程的确定、所需知识的收集和知识的表达等几个方面。专家系统比较适合解决诊断、辨识性的问题, 为此我们把水稻产量分为 5 个等级: 丰年、偏丰、平年、偏歉和歉年, 希望系统根据输入资料判別是属于哪种年型, 以 0—10 概率形式表示各种情况的可能性。

作物的产量形成是一个动态的过程, 是作物、环境条件和人工影响综合作用的结果。为此把水稻的生长过程分为 5 个阶段: 秧苗

期、移栽分蘖期、拔节孕穗期、抽穗开花期和灌浆成熟期, 为考虑作物与环境条件的相互作用, 除秧苗期外, 每个发育阶段的作物状况 (分为 5 个等级) 都是由上一阶段的作物状况和本发育阶段的天气条件共同决定的。考虑到应用的方便, 所需的资料以农业气象电报 (AB 报), 特别是全国农业气象旬 (月) 报提供的各旬农业气象条件分布图作为输入资料。

根据全国农业气象旬 (月) 报提供的资料, 影响水稻生长发育的因子可分为两类: 一类可以通过逐旬的平均 (或累积) 气象要素表示, 它们对作物的影响一般不太大, 但其累积作用却很大, 称为影响因子。另一类因子在旬平均 (或累积) 气象要素中不太突出, 而要借助于专门的灾情报, 如台风、洪涝和病虫害等, 称为灾害因子。每个发育阶段, 根据一定的指标, 将前一类因子分为 5 种, 1—3 种为典型的不利天气, 第 4 种为典型的有利天气, 最后一种为平均状况。根据各个发育阶段的作物状况可以得到影响因子决定的水稻产量, 这里以拔节孕穗期和灌浆成熟期的作物状况为主进行评价, 抽穗开花期仅作为限制因子。灾害因子对产量的影响分为无、较轻、中等和较重 4 级, 它由营养生长期和生殖生长期的受灾情况得到。每个生长期的受灾程度又分为 3 级, 即营养生长期无灾害发生、灾害较轻和较重, 生殖生长期无灾害发生、灾害较轻和较重。综合上述这两类因子对产量的影响, 得到最终的作物产量。目前系统的知识库已有 350 多条规则, 整个推理过程如图 1。

四、系统的运行及结果检验

专家系统的运行过程如图 2 所示, 屏幕显示的专家系统名称为:

全国粮食产量预报专家系统 (GYPES)

* * * 早稻 (华南地区) * * *

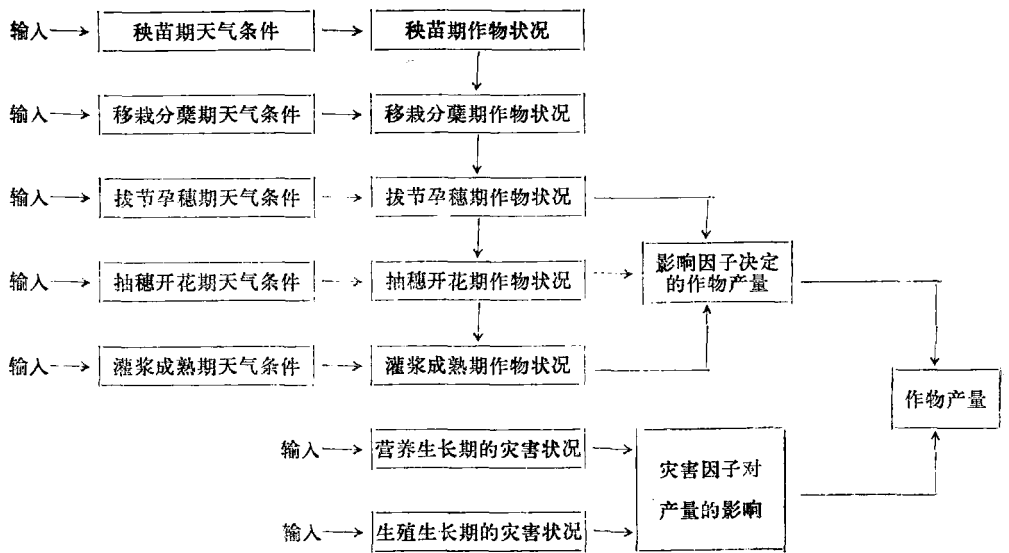


图 1 早稻产量预报专家系统的知识库结构

运行一外部程序显示系统的推理过程(如图1)，它是一个编译的BASIC程序。运行时一般不显示所用到的规则，而可以在得到结果后逐步追问某一结果是如何得到的。提问是询问各个发育阶段的天气条件和灾害状况，显示的结果包括预报年型的概率和各阶段的作物状况。

结果的正确性是评价一个专家系统的重要指标，我们根据1984—1989年的全国农业气象旬(月)报提供的资料对系统进行了验证。由于系统评价的是比较客观的气候条件对产量的影响，而产量的变化还与生产水平的变化有关，为了便于比较，用调和权重法进行产量分离，调和步长取3年。气象条件对产量的影响表示为

$$Y_w(i) = \frac{Y(i) - Y_t(i)}{Y_t(i)} \times 100\% \quad (1)$$

其中， $Y_w(i)$ 为*i*年的气象产量， $Y_t(i)$ 为调和权重分离后得到的趋势产量。 $Y(i)$ 为*i*年的单产，由广东和广西的栽插面积与单产加权平均得到。各发育阶段的天气类型，以大部分地区出现为准，灾害状况兼顾地域大小和严重程度，表1为GYPES的运行结果与实产的比较。其中，许多年份各概率之和都不等于10，这是由于系统运行时，对某一结论成立的所有概率平均运算的结果。产量的丰

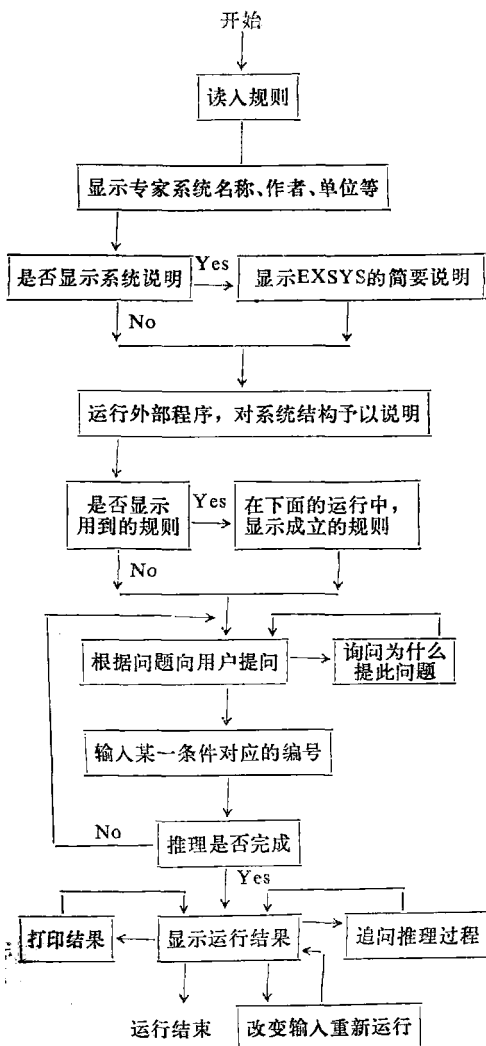


图 2 GYPES运行流程图

表 1 GYPES的运行结果与实产的比较

项 目 \ 年 份			1984	1985	1986	1987	1988	1989
GYPES 运行结果	以0—10概率 表示的结果	丰		2		3	2	2
		偏 丰	5	6	1	5	6	5
		平	4	3	5	2	3	4
		偏 歉	5		4			5
		歉	1					
	加权平均计算值(%)		—0.7	3.2	—1.1	3.9	3.2	0.9
实际状况	实产(公斤/亩)		314.7	317.2	301.0	320.4	323.4	345.9
	气象产量(%)		—1.04	1.43	—1.94	1.48	—1.39	0.92

歉划分以 $\pm 2\%$ 和 $\pm 5\%$ 为标准,即增产(或减产)5%以上为丰年(或歉年),增产(或减产)2%~5%为偏丰(或偏歉)年,产量变化在 $\pm 2\%$ 之内为平年。取各年型对应产量范围的平均(丰年:7%,偏丰:3.5%,平年:0%,偏歉:-3.5%,歉年:-7%)与计算的各年型概率值加权平均,作为定量产量值。由表1可见, GYPES对1984—1989六个年份的预报,五个年份预报趋势正确,1988年与实况趋势相反,误差最大。由于目前GYPES尚未考虑农业政策和生产水平等人为因素对产量的影响,在这些因素变化较大的年份,误差就比较大。

五、结束语

专家系统综合了人脑分析判断、逻辑推理的能力和计算机快速、客观的信息处理手

段,对于需要考虑众多影响因子的产量预报来说,与动态模拟研究相似,是一种很有效的系统综合方法,在目前机制研究和定量化知识还比较有限的情况下,更具有实用价值。专家系统研制中一个突出的问题是知识库的建立。本文介绍的 GYPES 考虑了作物与环境的相互作用,分级推理,但考虑的因子还很全面,远没有发挥其优势,而且目前已有规则的正确性还有待于继续检验,正如一个专家的成长,专家系统也必须不断地充实、完善和发展。

参 考 文 献

- [1] 涂序彦, 人工智能及其应用, 电子工业出版社, 1988. 10。
- [2] 赵瑞清, 专家系统原理, 气象出版社, 1987. 2。
- [3] 农业气象情报年鉴(1986, 1987年), 气象科学研究院农业气象研究所, 气象出版社, 1989. 1。
- [4] 赵瑞清, 专家系统初步, 气象出版社, 1986. 2。