

# 湖南暴雨预报客观自动化业务系统

纪英惠\*

(湖南省气象台)

## 提 要

本文介绍了湖南暴雨预报自动化业务系统,建立了1979—1986年共8年的数据库,用数据库资料对系统进行了逐月测试,测试结果历史拟合率为86%,预报暴雨成功率62%。1987年和1988年6月暴雨预报的准确率为59%。

## 一、系统的总体结构

### 1. 设计思想:

本系统设计的目的是实现天气预报的自动化和客观化,提高预报的准确率。设计的原则,其一是让计算机模拟专家的预报思路和方法;其二是方便用户使用,要求操作简便、直观。

根据实际天气预报的要求,需考虑和解决以下几个问题:

(1)天气图形及其预报经验的描述。用函数无法表示天气图形及其预报经验,这正是非数值预报的问题,非数值预报是天气预报从低级到高级的全部思维过程,即概念→判断→推理→决策。

(2)天气要素的时空变化性。天气要素具有明显的时空变化特点,为简便自然地表示出天气要素的时空变化,我们应用了《天气预报知识模型》<sup>(1)</sup>(简称WPKM模型),此模型除描述“客体”(天气要素)之间的关系和变化以外,还能表示出“客体”的时间和地点。同时,借助此模型便于人向机器传授知识。

(3)使本系统具有推广应用的价值,可以不断扩充和移植,并考虑数据、知识和控制部分独立开来<sup>(2)</sup>。同时用户可根据问题的需要,随意命名和增删专用谓词。

(4)设备、语言和知识模型的选择。

机型:IBM-PC及兼容机;语言:适用于数值计算的BASIC语言;知识模型:适合于解决气象问题便于推理的天气预报知识模型。

本文1989年11月7日收到,1990年4月4日收到修改稿。

\*参加本课题研究工作的还有杨秀明、丁岳强、余曼平。

## 2. 系统的总体结构:

系统的总体结构(图 1)由五个部分组成: SIP: 初始化子系统; KBMS: 知识库管理子系统; DBMS: 数据库管理子系统; SKBP: 扫描知识库子系统; AERFP: 分析解释理解知识及预报子系统。

初始化子系统 SIP。系统进行初始化, 用户根据问题的需要, 提供给系统信息表, 自定义专用谓词(气象要素名)及专用谓词地点(区站号、网格点或经纬度)进行顺序输入。在专用谓词中分两种, 一种是从电传报直接索取的要素, 另一种是要进行数值计算的要素(物理量)。然后进行专用谓词及其地点的匹配, 形成字典文件, 以上工作由 DDNP 程序完成; 预报理由的写入、查询、显示、打印等由 KREM《知识中文说明》管理程序完成。

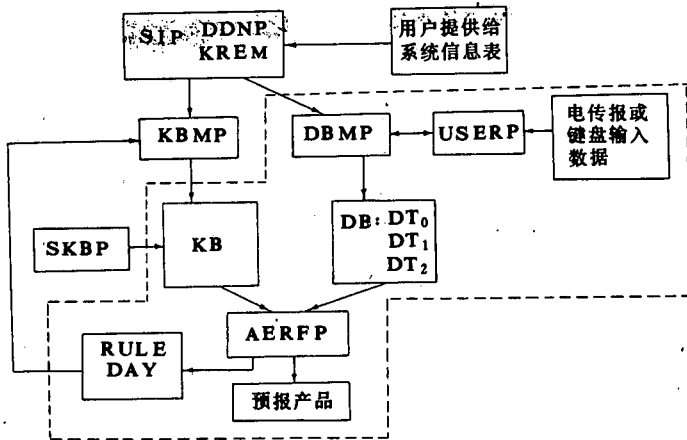


图 1 HROAS 系统总体结构和流程图

知识库管理子系统 KBMS。该子系统是管理知识库的, 其功能是显示、修改、打印知识库中的知识, 采用了命令方式, 使用灵活方便。

知识库可容纳 600 条知识, 知识来源于预报业务中的经验, 如天气图分型, 指标站指标, MOS 预报产品, 湿有效能量方法以及各种物理量。这些知识都经过了相关系数  $r$  的检验, 并组合成暴雨预报因子。知识分以下型: 图象型、指标型、文字型、数值型。其中图象型是采用抽取特征量的方法来处理的。

为了系统本身“学习”的需要, 对每条知识的应用效果进行了监督, 对某年某月某日应用了哪几条知识, 某条知识在何年何月何日被应用, 其预报结果都进行了统计, 为优化知识提供依据。因而本系统具有初级的学习功能。这部分工作由 RULE 和 DAY 两个程序完成。

数据库管理子系统 DBMS。是按系统初始化自定义的专用谓词顺序, 用 USERP 程序依次输入所需的逐日数据, 使逐日所需电传报数据和待计算的数据入库, 利用三天的数据 ( $DT_0$ 、 $DT_1$ 、 $DT_2$  分别表示当天、前一天、前二天的数据) 作为逐日预报。

为了便于管理, 把各种气象数据分成若干个区, 这样可以很快显示或查询数据。另外

还可查询某天有无数据的状况。

扫描知识库子系统 SKBP。该子系统的主要作用是确保知识库中所编写的知识无语法规则错误,以“正确”的知识提供给计算机。其功能是:①逐一扫描知识库中每一条知识,检查其是否有语法错误并显示其错误信息(目前已列出 18 个错误类别),以保证每一条知识的语言完全正确;②使知识库中每条知识和知识中文说明匹配(简称拉链),以供预报时列出推理路径中对应的知识中文说明。

分析解释理解知识及预报子系统 AERFP:该子系统的功能是对知识库的知识进行分析、解释、理解,对知识进行逻辑推理运算,最后作出预报,输出预报结果。

本系统的工作原理是:为解决某个天气预报问题,首先要收集针对解决这个问题的专家级的经验或知识,建立具有权威性的知识库,然后再利用知识对天气信息进行分析解释、推理和逻辑判断,作出预报。根据预报结果作出评价,所得信息再反馈到知识库,使知识进一步优化(如图 2)。

该系统的工作流程是(图 1 虚线框内):用户收集电传报或键盘输入数据,用 USERP 程序使所需数据进库(DB),应用已建立的知识库(KB)中的知识,通过 AERFP 子系统对适时数据进行分析理解和逻辑判断,得出预报结果。

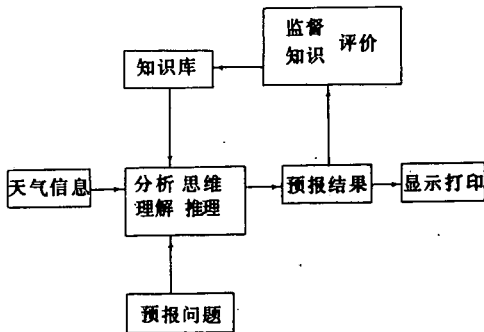


图 2 HROAS 系统工作原理

另外,通过 RULE 和 DAY 两程序监督、评价知识,作为提高或降低知识可信度的依据。即当预报结果正确时,在所用到每条知识的可信度  $\alpha$  中加 0.02;当预报结果错误时,在所用到每条知识的可信度  $\alpha$  中减 0.02;若在多次预报中,其可信度已低于常规预报水平,则将此条知识删掉。然后按可信度从大到小顺序排列知识库中知识,准备下次作预报。

## 二、知识的表示和推理

### 1. 知识的表示

气象问题的处理有其特殊的要求,气象预报知识的类型也很复杂,除了数值型的知识

外,还有非数值型,如图象型、文字型等知识。用天气预报知识模型能较好地表示出来,其语法结构为前缀布尔函数表达式<sup>[3]</sup>。

其最基本形式为:

$$\alpha R \langle \text{基本谓词} \rangle \langle \text{数值} [ \langle \text{数值} \rangle ] \langle \text{基本谓词} \rangle \langle \text{专用谓词} \rangle (S_1 S_2 \dots S_n)$$

上式中,  $\alpha$  为可信度;  $R$  为结论; 专用谓词为自选要素或物理量名称; 基本谓词分为七种: (1) 逻辑判断谓词, (2) 关系运算谓词, (3) 双向关系运算谓词, (4) 算术运算谓词, (5) 求极值谓词, (6) 任选提示谓词, (7) 回忆提示谓词, 共 30 多个基本谓词;  $S$  为区站号或网格点或经纬度。

以下举例说明知识的表示方法:

①若长沙、怀化、郴州三站中任意两站 700hPa 温度露点差  $T - T_d > 7$ , 则我省无暴雨(可信度 0.86)。则用 WFKM 模型表示为:

$$0.86NHR \text{ GT } (7 \text{ ARB} * 2 \text{ T} - 7 \text{ (57679 57749 57972 ) } )$$

②若成都、重庆、贵阳、怀化、桂林五站中任意四站前一天 850hPa 变高小于等于 0, 则四川有低值系统东移, A33 成立。用 WFKM 模型表示为:

$$A33 \text{ LE } (0 \text{ ARB} * 4 \text{ VH81 (56492 57515 57816 57749 57957 ) } )$$

③若怀化、桂林、广州、梧州、南宁五站中任一站前一天 850hPa 风速大于等于 12, 则有西南低空急流存在, A34 成立。用 WFKM 模型表示为:

$$A34 \text{ GE } (12 \text{ ARB} * 1 \text{ F81 (57749 57957 59265 59287 59431 ) } )$$

④若四川有低值系统东移, 或有西南低空急流配合, 则 572 成立。则用 WFKM 模型表示为:

$$S72 \text{ OR } (A33 \text{ A34})$$

⑤在 27—35°N, 105—115°E 的范围内任意两站 700hPa 有槽后偏北风存在, 则 A24 成立。则用 WFKM 模型表示为:

$$A24 \text{ OGTLT } (270 \text{ 45 ARB} * 2 \text{ D7 (56096 56294 56492 57036 57127 57178 57245 57328 57447 57515 ) } )$$

⑥在 27—35°N, 105—115°E 的范围内任意两站有槽前偏南风存在, 则 A25 成立。则用 WFKM 模型表示为:

$$A25 \text{ AGTLT } (90 \text{ 270 ARB} * 2 \text{ D7 (57494 57679 57972 57749 57816 56691 57957 57461 57993 ) } )$$

⑦在 27—35°N, 105—115°E 范围内, 700hPa 有低槽存在, 则 565 成立。用 WFKM 表示为:

$$S65 \text{ AND } (A24 \text{ A25})$$

⑧若在天气图上 57 区内 700hPa 有低槽, 并有西南低空急流配合或四川有低值系统东移, 则我省有暴雨(可信度 0.86)。用 WFKM 表示为:

$$0.86 \text{ HR AND } (S65 \text{ S72})$$

其中 A33、A34、A24、A25、S65、S72 均为中间结点, HR 为最后结点。

### 2. 推理

推理是根据一个或一些判断得出另一个判断的思维过程。推理所根据的判断叫做前提,由前提得出的那个判断,叫做结论<sup>[4]</sup>。推理是实现该系统功能的一个核心问题。

(1)推理方法:采用结论由前提的布尔函数来确定的推理,即逻辑推理(Logical Inference)。用基本谓词和专用谓词组成的布尔函数式的运算过程,也就是实现逻辑推理过程。

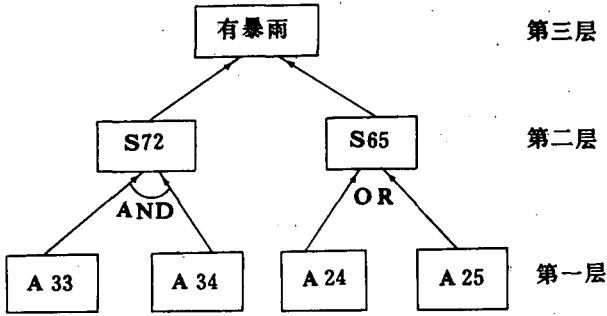


图 3 推理网络示意

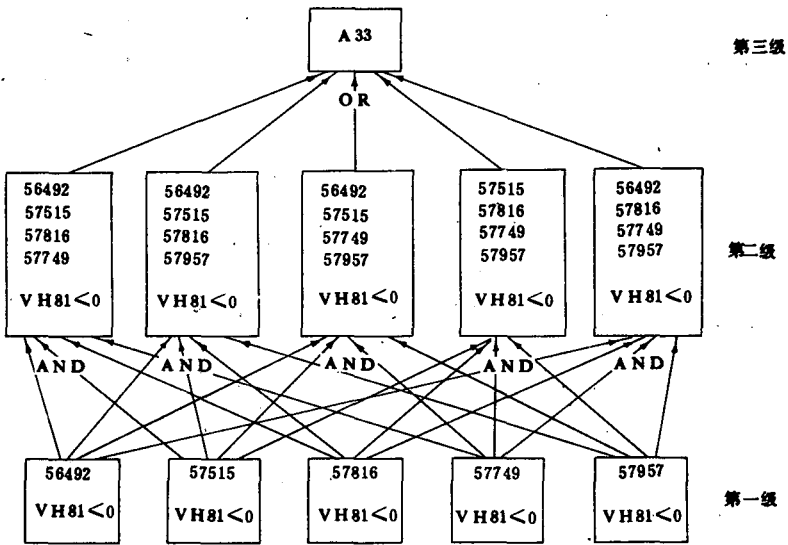


图 4 推理网络举例

运算过程如下: a. 区站号等与专用谓词匹配成数据名称; b. 按数据名称到数据库中提取对应的数据并存放工作单元中; c. 从该条知识中取出一个或两个元素作为比较的数据值,被比较的数据从工作单元中提取; d. 按基本谓词的逻辑功能要求进行判断; e.

若证实该条知识成立的事实具备,则结论为“真”,将该条知识的前提作为理由输出,否则结论为“假”,考虑下一条知识。

(2)推理网络:在处理预报过程时,不是线性思维结构,而是一种网状结构,在反映推理过程时,只要用一个推理网络就可将思维过程清楚地表达出来。其控制策略是枝解推理网络,即是将推理网络进行合乎逻辑地分解,再将分解后的推理过程分散在每条知识中,以逻辑关系表示出来。在实际处理中,以推理网络为基准,以知识为依据,进行逐层扫描,推导出最终结论。

例如在上述第②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧条知识举例中,可分三层,第一层:A33、A34、A24、A25;第二层:S72、S65;第三层:HR。

图 3 是知识举例的推理网络示意图。先从第一层扫描,按推理方法和推理路径对 A33、A34、A24、A25 进行逻辑判断。若对 A33 进行逻辑判断,则按图 4 的推理路径示意图进行。从最低级开始,判断 56492 等五站前一天 850hPa 变高 VH81 是否小于等于 0,若成立,则为“真”,否则为“假”;到第二级判断五站中是否有四站  $VH81 \leq 0$ ,若有,则为“真”,否则为“假”;到第三级判断,若 56492 等五站中有任意四站  $VH81 \leq 0$  成立,则 A33 为“真”,否则为“假”。同样可判断 A34、A24、A25。第二层扫描,若 A33、A34 均为“真”,则 S72 为“真”,否则为“假”;若 A24、A25 中有其中之一为“真”,则 S65 为“真”,否则为“假”。第三层扫描,若 S72、S65 均为“真”,则有暴雨,否则无暴雨,其可信度为 0.86。

### 三、系统的测试和试验

在系统初步建成后,对系统在资料检查、分析解释,知识理解、语法规划的表示,推理和汉字输出等方面的功能进行了反复调试。建立 1979—1986 年共 8 年的数据库,用数据库资料对系统进行逐月测试,测试结果如下:报对 52 天,漏报 16 天,空报 16 天,其中有 8 天不评。

$$\text{历史拟合率} = \frac{52 + 148}{16 + 16 + 52 + 148} = 86\%$$

$$\text{预报暴雨成功率} = \frac{52}{52 + 16 + 16} = 62\%$$

近两年的试用情况:1987 年和 1988 年 6 月两年暴雨预报的准确率为 59%。

从 8 年的测试结果和两年的试用情况可以看出,该系统在模拟人的思维和执行所传授的知识预报暴雨等的能力方面,基本上达到了一个有经验的老预报员的水平,高于常规暴雨预报准确率且稳定。

## 参 考 文 献

- [1] 纪英惠等,天气预报知识模型,油印本,湖南省气象台,1987。
- [2] K. A. Browning, Nowcasting 1. 2 Designing a Very-short-range Forecasting System P21—22, Academic Press (London), 1982.
- [3] HROAS 课题组,天气预报知识模型和湖南暴雨预报客观自动化业务系统的使用说明,油印本,湖南省气象台,1987。
- [4] 史忠植,知识工程,第六章推理机制,P61,清华大学出版社,1988。

## AN AUTOMATIC OBJECTIVE OPERATIONAL SYSTEM FOR FORECASTING HEAVY RAIN IN HUNAN

Ji Yinghui

(*Hunan Meteorological Observatory, Changsha*)

### Abstract

An automatic objective operational system for forecasting the heavy rain in Hunan is introduced in this paper. A data bank of eight years from 1979 to 1986 is established. Using the data set the system is tested month by month during the periods. The results show that the historical fitting rate is 86%, the correct rate of forecasting heavy rain is 62%, and 59% for June of 1987—1988.