

## 现行甚短期暴雨预报专家系统的设计与试验

赵昭焯

戴洪华

陈淑媛

李才媛

(武汉中心气象台) (中国科学院大气物理研究所) (武汉市气象局) (武汉中心气象台)

### 提 要

本文略述了甚短期暴雨预报专家系统,包括它的结构、功能、特征、知识表示、推理特性、运行情况及其结果。

甚短期暴雨预报专家系统,作为攻关课题预报试验的一种客观方法,它是以初夏中尺度暴雨预报概念模型为知识,以高空、地面常规气象观测资料及其加工产品为数据库,以正向演绎推理为预报途径,以MKL(气象知识语言)为知识表示方法,具有汉字和英文编辑输出功能的一套较为客观自动的暴雨预报专家系统。

整个系统的运行涉及到大小程序模块计22个(高空、地面气象资料的处理、客观分析、物理量场的计算程序不在其内)。知识库管理系统模块1个,预报流程内运行模块13个。各种常数表(高空、地面测站表、谓词表、知识控制表、中间结果数据表)16个。计各种数据库7个,知识库2个。预试验期间,在初夏阶段(1989年6月15日至7月15日)每天进行二次(08h和14h)实时资料的预报。由于资料来源和加工处理渠道多而杂,故资料预处理在长城286机上要花3—4min。而整个预报系统的运行则不到1min。操作方便,运行迅速。在预试验期间按规定发布预报之前就能得出客观结论。

### 一、气象资料预处理子系统

气象资料根据甚短期暴雨预报专家系统知识的要求,也是中尺度暴雨预报概念模型的要求,分别来源于地面和高空各标准等压面层的原始气象观测信息及其物理量场加工产品。因此,这些知识所要求的资料来源有四个渠道。一是地面原始气象信息,形成地面测站的气象要素及其加工产品为内容的地面测站资料数据库,08h的为GSDB80.DAT,14h的为GSDB40.DAT;二是地面物理量格点场中提取有关区域内的某些内容而建立的地面物理量格点场数据库,类似地有GNDB80.DAT和GNDB40.DAT;三是高空测站标准等压面层的气象基本资料数据库,有当日08h的SSDB80.DAT,也有前一天08h的SSDB81.DAT;四是从高空物理量场中提取的有关信息而建立的高空物理量格点场数据库SNDB80.DAT。在一天两个时次的预报中共要形成七个数据库。这些数据库的建立是通过RC模块中共有12个程序运行分别建立的。这是在专家系统运行之前必须相继完成的资料预处理工作。

## 二、气象知识库管理子系统

气象知识库管理子系统——MKBMS，是微机获取知识和修改知识的一个管理程序。是对MKL所表示的知识进行输入、更新、增删、修改等功能操作的服务程序。目前已建成的暴雨预报知识库有两个。一个是MKBC.LIB，是以长江三峡和荆江区段为预报区域的初夏甚短期预报知识库，有规则66条；另一个是MKBB.LIB，是以荆江区段为预报区域的初夏甚短期暴雨预报知识库，有规则117条。

MKL是一种能直观、清晰地表达气象知识的谓词逻辑语言。它不仅能表示静态的说明型知识，而且还能表示动态的过程型知识。便于气象预报知识的表达，使预报员乐于接受。MKL是通过FORTRAN-77来实现解释的。因此，可以认为MKL是一种通过二次编译而实现的接口语言<sup>[1]</sup>。MKL的结构包括说明、记载、前提、结论四个部分。说明和记载为知识在运用过程中进行统计、评价、归纳提供依据。前提和结论为MKL进行知识表示的具体形式。例如：

$$-WSR(0.8) \Leftarrow arb*3(ge\ 3) -tg\ (57245\ 57036\ 57251\ 57036\ 57251\ 57067\ 57178 \\ 57071\ 57193\ 57083)$$

这条规则表示安康与西安、郧西与西安、郧西与卢氏、南阳与孟津、西华与郑州这五对测站地面气温只要任意三组之差值大于等于3℃时，则无暖切变型暴雨，其可信度为80%。实际上，这是判断在这些站间有无冷锋存在的一种表示方法。这是静态说明型的表示方法。例如：

$$NTR(0.90) \Leftarrow arise(le5\ gt7)\ B*4\ min\ t_7(53336\ 53463\ 53513\ 53543\ 53614 \\ 53772\ 53798\ 53845\ 53915)$$

这条知识表示河套地区(以53区的9个探空站示之)前四天中700hpa气温的最低值从小于等于5℃上升到大于7℃以上的过程。若满足条件，那末将会出现北槽型暴雨。这实际上说明暴雨发生前河套地区有一个回暖的过程。这条MKL就表示了动态的过程型知识。

## 三、甚短期暴雨预报专家系统的结构

甚短期暴雨预报专家系统的框架是在湖北省区域性大一暴雨预报专家系统<sup>[2]</sup>基础上改进、扩充而重建的。各子系统的功能也作了较大的改进。谓词量也大大增加，且建立了谓词表。现有谓词87个(原有谓词30个)。随着知识的不断充实，谓词信息量还将继续增加。象原来的任选谓词，只取到5，且单个建立谓词。如arb\*1、arb\*2、arb\*3、arb\*4、arb\*5分别表示从一系列测站或格点中任选1个、2个、3个、4个、5个。这样谓词量就占得多，功能没有差别。现设计了任选n个的谓词，不仅减少了谓词量，而且扩大了功能。如在一系列测站或格点中要任选18个站或点的资料，可以表示为：arb 18。在这87个谓词中，有直接检索谓词51个(高空测站气象要素检索谓词15个，地面测站要素及物理量检索谓词12个，高空物理量格点场谓词11个，地面物理量格点场谓词13个)；数值运算谓词8个；逻辑运算谓词9个；其它谓词19个。

为了检索各种不同类型不同数据库的数据，本系统专门设置了四个数据检索模块。它们是SCHSS、SCHSN、SCHGS、SCHGN分别表示高空测站要素数据库检索模块。

高空格点场资料数据库检索模块、地面测站数据库检索模块、地面格点场数据库检索模块。

为了完成字符与数字间相互转换，特别对数字较大的整型数进行处理，建立了转换模块——TRANS。为了取某种要素或物理量的多值平均，还作了一个小模块——EN。总之，为了使整个系统运行速度快、操作方便灵活，这些服务性模块在整个系统结构中是不可忽视的。

本系统在知识表示上，对天气系统的分析和描述，如低槽、切变、冷锋等，完全根据老预报员分析天气图的经验，以MKL来表示。无需进行对实时资料的图形分析显示，再以人机交互方式决定条件满足与否，尽量避免主观色彩。对于知识表示的分析、解释、理解子系统，是知识进行推理前不可缺少的一环。本系统中专门设置了三个模块，一个主模块，名叫EXPSF。两个子模块，EXPSF1是根据知识可以从数据库中直接提取信息进行解释的模块，EXPSF2是根据知识从数据库提取信息后还需进行加工运算才能解释的模块。

推理子系统——INF模块。根据知识规则树建立的推理网络，通过EXPSF模块将各规则谓词要求的有关信息自动采集后，在该子系统中对否定、等于、不等、大于、小于等逻辑谓词进行运算，以及对任选、辐合线等关系谓词的处理，正向演绎推理得出该规则的逻辑结论。并由知识控制表确定的推理路径，最终得出某一类型暴雨预报结论。至于分析解释和推理过程中的透明性选择是可以人工控制的。可以分为全透明、半透明和不透明三种。一般预报过程中要求速度快，可以不透明直接显示或打印预报结论，在调试程序或检验规则时可用全透明方式观察其运行全过程。在重点步骤上显示或打印即用半透明方式。

知识控制表是决定系统运行和推理路径的控制表，该表通过推理的逻辑结论决定推理路径。它既可以进行逐条规则的推理，又可任意指向某一规则进行推理。由此可逐个测定调试各条规则运行的可靠性、准确性。若有修改时，可不修改原程序，只要将控制

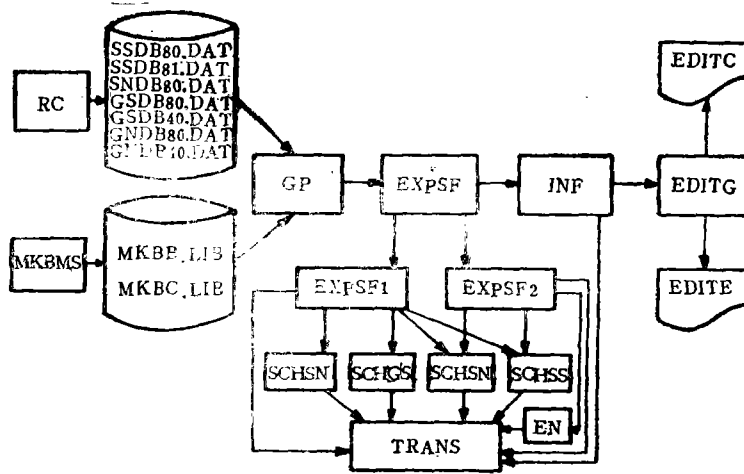


图1 甚短期暴雨预报专家系统结构图

表格作调整即行。因此,知识控制表的建立,大大有利于结构框架的稳定性。这种知识控制表的灵活性,使调整知识规则的推理路径变得相当简便。CONTROLB.TAB是对知识库MKBB.LIB中知识推理路径进行控制的。CONTROLC.TAB是对知识库MKBC.LIB中知识的推理路径进行控制的。

通过分析、解释、推理之后,用汉字和英文两种输出方式进行编辑。所以系统内设置了编辑模块——EDITG,来控制两个子模块的运行。一个子模块就是EDITC(汉字编辑)模块,另一个子模块就是EDITE(英文编辑)模块。不过目前没有使用英文编辑,一旦该系统上了VAX系列机,即可使用后者。整个甚短期暴雨预报专家系统的总控模块——GP是总管知识库、数据库的调用和各子系统的联接。系统结构见图1。

#### 四、1989年预试验情况

1989年6月15日到7月15日,本系统每天用08h和14h两次实时气象资料,共作了62时次预报,得出93个预报结论。对长江三峡和荆江区段范围每天作两个时次6—12h预报。对荆江区段范围只作14h实时气象资料为主的6—12h预报。在这一个月中出现暴雨过程很少。6月27日05h前,只有松滋、远安、枝成三个站12h雨量超过30mm。7月8日05h前宜昌、秭归两站分别出现122mm和117mm的大暴雨,巴东、当阳两站也出现了大于30mm的降水。暴雨区基本上是三峡中东西向一条窄带区。对于荆江区段的3次预报来说,一次也未报有暴雨。仅6月27日松滋一站出现6—12h降雨量为36.1mm,所以该区域范围的预报基本全部正确。对于长江三峡和荆江区段的62次预报来说,也没有报出一次暴雨。查其原因,主要是水汽通量散度其格点值在7月7日计算中只有 $-5.2 \times 10^{-8} \text{g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$ ,未达到规则要求的 $-6.0 \times 10^{-8} \text{g/cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}$ 。只要在暴雨预报知识上适当调整,在试验期中初夏唯一出现的大暴雨过程是完全可以报出来的。相信只要对预试验中暴露出来的问题认真分析、知识不断提炼充实、系统功能的不断完善,这个专家系统是能够真正成为甚短期暴雨预报的一个良好的客观预报工具的。

#### 参 考 文 献

- [1] Dai Honghua, Zeng Qisong and Zhao Zhaoxin. An expert on predicting the regional heavy rain, *Adv. Atmos. Sci.*, Vol.4, No.4, 1987.
- [2] 戴英华等,湖北省区域性大暴雨预报专家系统, *中国气象*, 1986, 2.

# DESIGN OF THE VERY SHORT-RANGE HEAVY RAIN FORECASTING EXPERT SYSTEM AND ITS TEST

Zhao Zhaoxin\*      Dai Honghua\*\*  
Chen Shuyuan\*\*\*    Li Caiyuan\*

## ABSTRACT

A brief account is given to an expert system for the very short-range heavy rain forecasting, including its structure, functions, properties, knowledge presentation, inference performance and operation.

- 
- \* Affiliated with the Wuhan central Meteorological Observatory
  - \*\* Affiliated with the Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica
  - \*\*\* Affiliated with the Wuxue Weather Bureau