

北方暴雨预报专家系统文集

北方暴雨课题技术组汇编

气象出版社

北方暴雨预报专家系统文集

北方暴雨课题技术组汇编

av 3

BA276/13

179I. WJ

20-8-01

气象出版社

内 容 简 介

此文集是北方暴雨预报课题组的最新研究成果之汇编。它汇集了近年来北方各省、市、自治区气象部门以及科研、教学部门关于夏季暴雨预报专家系统的研制成果，在总结专家系统试用的初步经验的基础上，进行了一些理论性的探讨。

本文集较为系统地介绍了暴雨预报专家系统若干知识库的设计和程序设计，以及专家知识的表达方法。

本文集可做为气象、水文、海洋等业务部门进行专家系统研制的实用参考书，并可供教学和自学使用。

北方暴雨预报专家系统文集

北方暴雨课题技术组汇编

责任编辑：黄丽荣

※ ※ ※

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

河北省军区印刷厂印刷

※ ※ ※

开本：787×1092 1/16 印张：7 字数：176千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷

印数：1—2000 统一书号：13194—0394

定价：1.70元

前 言

1986年5月5—8日在山东省泰安市召开北方暴雨预报专家系统研讨会。本文集是从这次会议的技术报告和论文中选出的。

本文集的预报专家系统有如下特点：

知识库基本是根据预报员的预报思路建立的，吸取了北方暴雨科研成果；

多种方法综合应用，包括天气分型和预报指标、数值预报产品、MOS方法、卫星云图资料、相似原理及预报集成；

应用了多种推理模型；

采用了各种不同的计算机语言，发挥各种语言功能。省台一般在IBM-PC/X T机上实现，考虑到基层台站的条件，也有在APPLE-II微机上实现的。我们将本文集中适用的计算机和语言的综合情况，列为附录，以备考查。

人工智能科学的一个分支——专家系统，应用到天气预报还是近二、三年才开始的。可喜的是今天大部分省市气象台已建立了或将要建立自己的专家系统，有的在业务中试用，取得了初步成效；但是目前的系统一般仅建立了框架，知识库的内容有限，推理模型较为简单，这些都有待于我们继续做大量的技术工作和理论研究。

参加本文集编辑工作的有游景炎、赵亚民、孙寿全、刘增基、孙淑清、李吉顺等。承陶诗言、程纯枢先生审阅并提出宝贵意见，谨表感谢。

由于水平所限，文集有不当之处，祈望读者指正。

北方暴雨课题技术组

1986年7月

目 录

北京地区区域性暴雨专家系统·····	吴高任、林庆禄、王迎春 (1)
北京地区暴雨短期预报专家系统物理条件知识库·····	李吉顺 (10)
北京地区6月份降水预报专家系统·····	殷文义、金丽玲、杨兴莲、韩曙晔 (20)
吉林省暴雨MOS预报专家系统·····	郑秀雅 (26)
辽宁暴雨预报专家系统(LHRESI)·····	张廷治、王述舜、邱锦莉 (33)
干旱、半干旱地区暴雨专家系统XWHRES的介绍·····	邓子风 (39)
一个应用PROLOG语言描写的大降水专家系统·····	邓子风 (44)
甘肃河东地区暴雨专家系统·····	夏建平、徐建芬、刘亚平 (50)
陕西盛夏暴雨预报专家系统·····	杨效德 (58)
山西暴雨预报专家系统·····	周一鹤、冯瑞焰、田毅平 (68)
山西省地市级大雨暴雨预报专家系统·····	周一鹤、陈金陵、汪源正、耿耀武 (71)
河北省暴雨预报专家系统(HBHRES)知识库的设计·····	钱春生、赵亚民 (79)
河北省暴雨预报专家系统(HBHRES)的程序设计·····	刘增基 (84)
山东暴雨预报专家系统知识库的初步设计·····	单华 (93)
郑州地区夏季大雨暴雨短期预报专家系统·····	席国耀、夏祥军、林勇 (95)
天气预报专家系统中知识表示方法的探讨·····	李吉顺、蔡晓虹 (108)
附录:北方暴雨预报专家系统概况·····	(109)

北京地区区域性暴雨专家系统

吴高任 林庆祿 王迎春

(北京市气象局)

一、综 述

暴雨是北京地区夏季重要的灾害性天气,历史上曾多次发生严重的洪涝灾害。据初步统计,解放以后,由于暴雨造成了七百多人的死亡。北京区域性暴雨从1960年到1985年平均每年5.7次,最多11次(1969年),最少2次(1980年);最早出现在4月5日(春季暴雨),最晚出现在11月5日。北京地区实测的24小时最大雨量609毫米。全年降水92%集中在6—8月,其中7—8月占81%;春季(4—5月)占1.5%;秋季占6.5%。由此可见,做好北京地区的暴雨预报特别是7、8两月的暴雨预报十分重要。

北京地区的暴雨可分为区域性暴雨和局地暴雨两类。局地暴雨范围小,预报难度大,目前不易报出。本文讨论的是区域性暴雨,考虑降水时间、面积和深度(雨量)三个方面,并定义为:有五分之二的气象站24小时内平均雨量达到40毫米;或五分之二的站24小时雨量达到25毫米以上,且至少有一站达到暴雨(24小时雨量达到50毫米)。

多年的实际地方性预报经验需要通过大量天气资料的统计检验,才能系统化,条理化、才能形成一套较完整的预报方法,并在预报中取得较好的效果(1980—1985年业务试报情况见表1、表2)。北京地区区域性暴雨专家系统就是在这—基础上建立起来的,并对大汛前期(7月)与后期(8月)分别进行处理,都用08时资料预报未来24小时(08—08时)的北京地区区域性暴雨;实际时效仅为20小时。

表1 7月份天气分析统计方法业务试报严格评定情况(评定时间和雨量均未外延)

试报结果 年	出现区域性暴雨	漏 报	空 报	报 对
1980	0	0	0	0
1981	1	0	0	1
1982	3	1	1	2
1983	0	0	2	0
1984	0	0	0	2
1985	2	0	1	0
合 计	6	1	4	5

注:在四次空报中有两次达到大雨或暴雨,但平均雨量未达区域性暴雨规定标准。

表 2 8 月份气天分析统计方法业务试报严格评定情况 (同上)

试报结果 年	出现区域性暴雨	漏 报	空 报	报 对
1 9 8 0	1	1	0	0
1 9 8 1	1	1	0	0
1 9 8 2	2	0	1	2
1 9 8 3	3	0	1	3
1 9 8 4	1	0	2	1
1 9 8 5	5	1	0	4
合 计	13	3	4	10

在计算机语言方面,我们选择了PROLOG和FORTRAN两种语言。PROLOG 语言是目前人工智能领域正在崛起的一种新语言,在逻辑演算方面有其独到之处,它的自动模式匹配和回溯功能比使用广泛的LISP语言又提高了一步,所以有人称PROLOG语言为高级人工智能语言,它的独特功能为我们实现模拟人脑推理的专家系统提供了十分便利的条件。因此,我们选用PROLOG语言完成专家系统的逻辑推理和判断。另一方面,目前移到微机上的PROLOG语言还有其不足之处,如运行速度慢,输入输出功能不够强,因而,我们又选用了FORTRAN语言完成数据处理工作,将计算结果作为数据库加到PROLOG程序中。这样,既利用了PROLOG语言的优点又克服了其缺点。

二、专家系统的结构

(一) 知识库

知识库是专家系统的核心部分之一。专家系统的性能好坏,水平高低与知识库中知识的质量与数量关系甚大。知识表示方法采用产生式规则。下面分别介绍7、8两月的知识库。

1. 7 月

(1) 基本条件组:

基本条件组有两类,它们是根据形势与要素给出未来24小时(08—08时)出现暴雨前必备的前提条件。第一类基本条件组是有西风槽逼近时可能发生暴雨的基本限度;第二类基本条件组是针对北京处于高空槽后部,上游又无高空槽逼近的所谓“东部型”系统影响下可能出现暴雨的条件。设计这一步,是为了在样本总体中筛去大量不发生暴雨的样本,提高暴雨样本在样本总体中的概率密度。因此,基本条件组具有区分“不发生暴雨”与“有较大可能发生暴雨”这一界线的能力。当两类基本条件组均未满足时,具有预报不发生暴雨的能力。

第一类基本条件组:

a) 地面图 唐山减保定的海平面气压 $\geq 0.1\text{hPa}$; 承德、围场、赤峰三站 的最高气压减北京最高气压 $\geq -0.4\text{hPa}$; 北京的地面 $T_d \geq 17^\circ\text{C}$; 德州的地面 $T_d \geq 18^\circ\text{C}$; 当前一天(昨天08时到今天08时)未出现区域性暴雨时,五台山西北象限的风速应 $< 12\text{m/s}$ 。

b) 850hPa 北京的 $T_d \geq 10^\circ\text{C}$, 太原的 $T_d \geq 7^\circ\text{C}$, 呼和浩特的 $T_d \geq 6^\circ\text{C}$ 。

c) 700hPa 北京 $(T - T_d) \leq 13^\circ\text{C}$, 张掖与北京之间的 40°N 上有槽存在,且槽前的山西、河套地区($105-115^\circ\text{E}$, $35-40^\circ\text{N}$ 范围内)不存在由三个风矢构成明显的高压环流(不要求有闭合等高线)中心;或北京与化德之间有两高之间的切变线(不含横槽)。

d) 500hPa 太原的高度应 ≤ 588 ,且北京的高度应大于二连。

第二类基本条件组:

a) 850hPa 北京东北方有锋区 $(T_{\text{北京}} - T_{\text{赤峰}})_{850} \geq 5^\circ\text{C}$ 。

b) 700hPa 锡林浩特有 $\geq 8\text{m/s}$ 的东南方向的风(不含东风和南风)。

c) 北京、太原、济南、郑州四站500hPa平均高度 ≤ 573 。当满足上述两类基本条件组中之一类时,表明发生暴雨的可能性较大,应进一步根据预报条件组作出判别。

(2) 北京区域性暴雨的预报条件

对于满足基本条件组的样本,如果满足下列预报条件中的任三条时,预报有暴雨,反之,无暴雨。

a) 850hPa θ_{se} 场 当太原和郑州(或西安) θ_{se} 均 $\geq 75^\circ\text{C}$ 时;或太原的 $\theta_{se} \geq 71^\circ\text{C}$,且太原的 θ_{se} 减北京的 $\theta_{se} \geq 10^\circ\text{C}$ 时;或北京的 θ_{se} 减呼和浩特或张家口的 $\theta_{se} \geq 10^\circ\text{C}$ 时,为 θ_{se} 场满足条件。这表明北京的区域性暴雨不仅需要考虑上游是否存在 θ_{se} 的高值区,还应注意 θ_{se} 锋区。

b) 华北北部应具有“东高西低”和“北高南低”的海平面气压场形势特征这种形势特征由散布图确定(图略)。

c) K指数条件 暴雨通常是在不稳定的比较深厚的湿层中发生发展的,K指数是度量这类大气性质的一个物理参数。仅考虑本地区或上游的情况是不够的,只有同时考虑本地区 and 上游地区的情况时,才能反映暴雨发展的重要性。以北京、济南K指数的最大值为横坐标,太原的K指数为纵坐标作散布图,若K指数条件位于“有”区,符合暴雨条件,反之则无(图略)。

d) 500hPa等压面高度特征 北京有的区域性暴雨是在华北500hPa等压面高度明显偏低时出现的,且与我国东北南部的动力加压有关。以沈阳、长春、大连500hPa24小时变高值代数和为横坐标,以北京、太原、济南、郑州500hPa平均高度为纵坐标作散布图(图略),当500hPa高度场特征条件落在“有区”,则满足条件,否则,为不满足。

e) 锋区条件 华北850hPa等压面上的南北温差与上游500hPa锋区的存在,均对暴雨的产生有影响,有时是低空锋区起作用,有时为高层锋区起作用。故以500hPa太原温度减哈密或酒泉(或乌兰巴托)温度中的最大温差为横坐标,以850hPa北京温度减赤峰温度、郑州温度减北京温度、西安减北京温度三组中的最大温差值为纵坐标作散布

图(图略),当高、低层锋区条件位于“有”区时,锋区条件满足。

f) 内蒙低涡 在一定的K指数场的特征条件下,内蒙低涡的出现,常导致北京的暴雨。当内蒙(105—115°E, 40—45°N)上空,700hPa或500hPa上有低涡环流中心,且北京与呼和浩特的K指数均 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 或两站K指数之差的绝对值 $\geq 6^{\circ}\text{C}$ 时,条件满足。

g) 850hPa上游的 T_d 和德州地面 T_d 低层的湿度在暴雨预报中十分重要,暴雨通常发生在高湿的条件下,但也有些暴雨,其低层湿度并不很大。以德州地面 T_d 为横坐标,以西安、太原、郑州850hPa T_d 之和为纵坐标作散布图。当 T_d 条件落在散布图(图略)中“有”区时,满足低层湿度条件。

2.8月

(1) 区域性暴雨的判别方程

这里先给出预报方程,而后说明方程使用的前提条件及预报因子的含义。

$$y = -0.2471 + 0.1895x_1 + 0.2393x_2 + 0.3050x_3 + 0.2887x_4 + 0.4627x_5$$

$$y_c = 0.6403$$

x_1 (偏南风条件): 8月份的暴雨过程与槽前的偏南风有一定关系,当呼和浩特、北京、太原、郑州、济南、宜昌六站700hPa风速值的代数和 $\geq 36\text{m/s}$ 时, x_1 取1,否则取0。计算偏南风速时,含南风分量的为正,含北风分量的为负,东、西风为零。

x_2 (锋区条件): 500hPa上游锋区与北京区域性暴雨有关,并需要考虑几个方面,当东胜温度减哈密温度 $\geq 8.0^{\circ}\text{C}$,或东胜温度减乌兰巴托温度或东胜减30692温度的温差任一组 $\geq 10^{\circ}\text{C}$, x_2 取1,反之取0。

x_3 (稳定度): 暴雨的大气层结与冰雹存在着显著的差别,主要是对流层中、上部的气温较冰雹天气明显偏高,而低空湿度明显偏大,湿层也厚。因而气温递减率过大和过小均不利于暴雨的发展。若济南850hPa与500hPa温差在23—27 $^{\circ}\text{C}$ 时, x_3 取1,否则取0。

x_4 (太原K指数): 若太原的K指数 $\geq 34^{\circ}\text{C}$ 时, x_4 取1, $< 34^{\circ}\text{C}$ 时, x_4 取0。

x_5 (德州地面露点或北京850hPa的东南风): 当德州 $T_d \geq 23^{\circ}\text{C}$ 或北京850hPa风向在东南象限时(不含正南风和正东风), x_5 取1,否则取0。

(2) 预报方法使用的前提条件:

第一类: 北京、太原、济南、郑州四站500hPa等压面的高度和 ≤ 2292 位势什米,且太原的高度 $<$ 北京的高度。

第二类: 下列条件均需满足。

a) 700hPa在酒泉到呼和浩特或酒泉到太原之间的连线上有槽;或太原与化德之间有暖切变或横切变线(不含横槽)。

b) 大连减太原的海平面气压差 $\geq -0.4\text{hPa}$ 。

c) 850hPa在115—120°E、35—40°N的范围内,不存在三个风矢构成的高压环流;如有高压中心,北京850hPa $T - T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

d) 500hPa北京、邢台两站的高度和 $>$ 东胜、银川的高度和。

当满足以上两类前提条件中之一类时,才可使用上述预报方程。

(二) PROLOG推理模块

1. PROLOG语言

PROLOG是一种逻辑编程语言,是基于—阶逻辑或其子集的计算机语言。大多数传统的程序设计语言本质上都是以赋值为核心并基于显示控制的计算式语言。用传统程序设计语言编程时,不但要描述算法的逻辑,还要描述逻辑的控制,这就是算法的过程性,即“如何做”的说明。逻辑程序设计语言试图(部分甚至完全)消除控制,使得算法等于逻辑,从而获得“非过程性”,即只说明“做什么”。这时控制机理是隐含的,因而是固定的。PROLOG的解释执行系统提供了一个内部的定理证明机制,用户仅需以一阶逻辑的形式给出所求解问题的描述,系统即可根据这种描述,自动提供模式匹配,回溯等超高级功能以求得解答,这是PROLOG语言不同于其它语言的最大特点。除此之外,PROLOG语言还有以下特点:

非确定性:非确定性隐含了回溯与递归并提供并行处理的可能性。实际上,非确定性提供了同时搜索解的多种可能途径的表达能力。

数据与程序结构统一:PROLOG语言的数据和程序具有同样的结构——树形结构,语句既可表示数据又可表示程序。

程序易编易读:PROLOG语言只有三种类型的语句,在自动模式匹配和回溯功能支持下编写PROLOG程序非常简单。

由于有以上特点,PROLOG语言在人工智能领域得到越来越广泛的应用,也是编写专家系统的一种理想语言。

2. 专家系统的推理模块

根据知识库设计了推理树(见图1和图2),推理方式采用反向精确推理。

推理模块是用PROLOG语言写成的规则子句的集合,这些规则子句是根据推理树中假设结点(根结点)、中间结点、证据结点之间的关系,按照PROLOG语言的语法写成的。事实上,推理模块是用PROLOG语言描述的知识库。利用PROLOG语言的自动模式匹配和回溯功能,在推理模块中加入数据库,程序运行时,就能自动完成逻辑判断和推理。推理模块和数据库构成了整个专家系统。

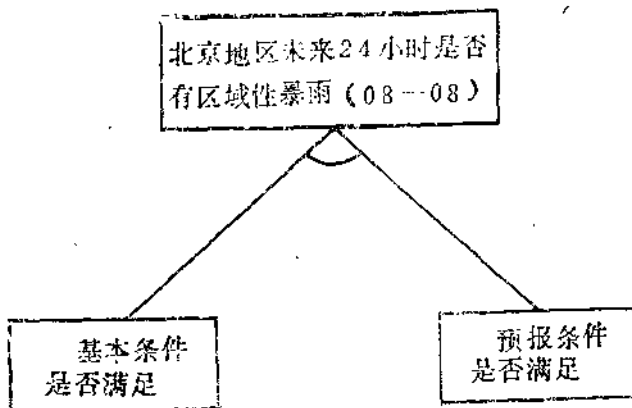


图1(a) 7月份北京地区区域性暴雨专家系统推理树

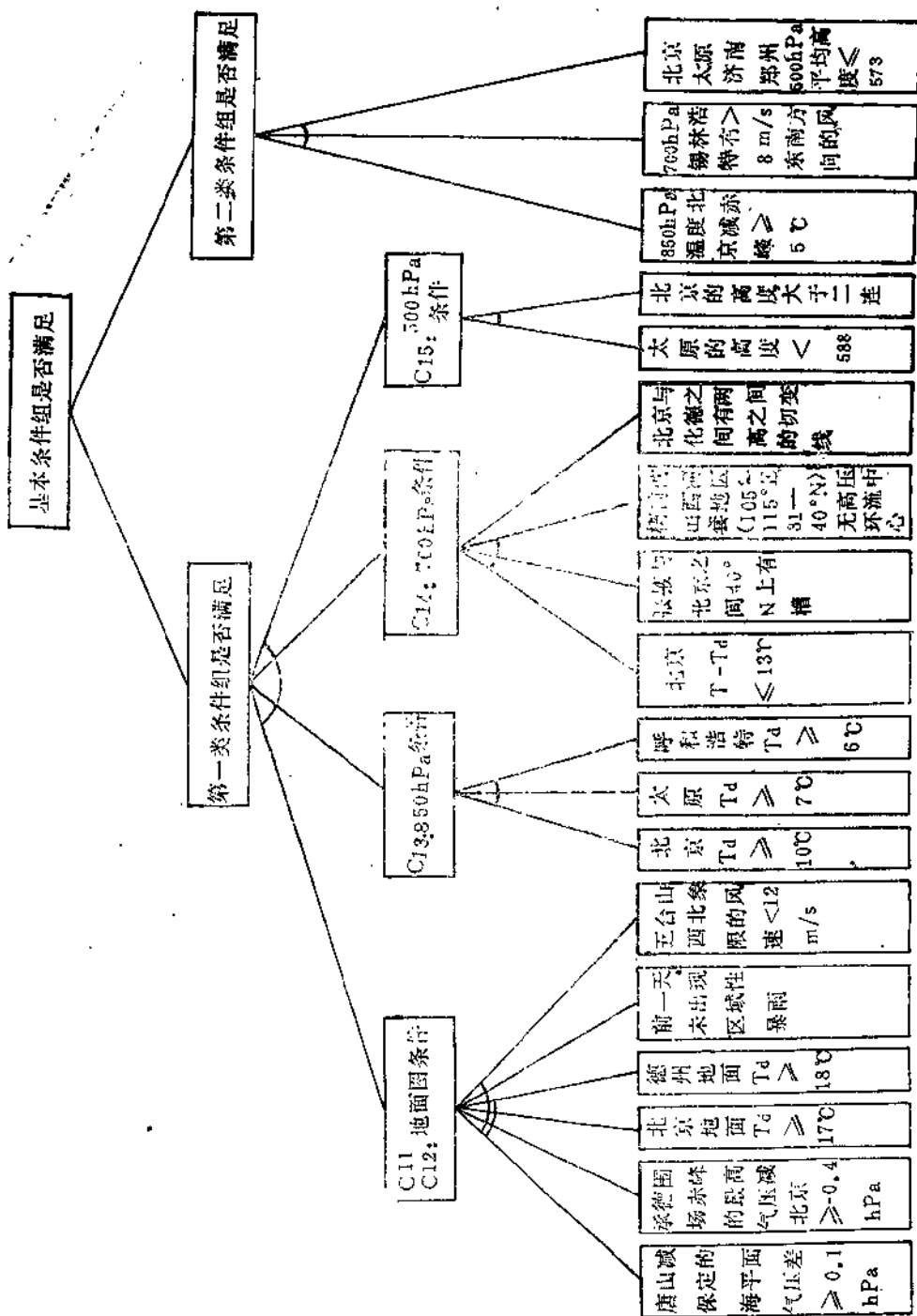


图1 (b) 推理树续图

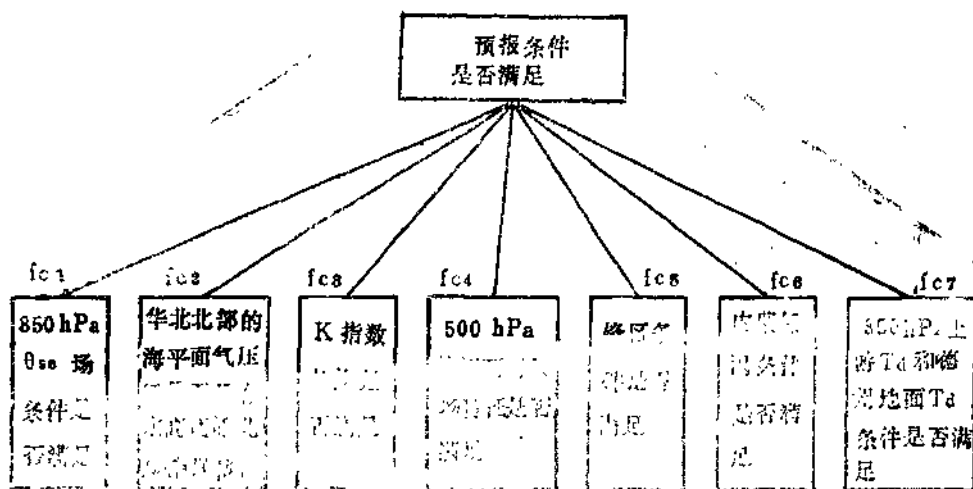


图 1 (c) 推理树线图

注: fc_1 、 fc_2 …… fc_7 中任三条成立, 预报条件即满足

(三) 数据库

数据库存放推理的证据。考虑到目前微机上使用的PROLOG软件在数学处理方面的不足, 用FORTRAN语言编写了一个资料处理模块, 用来对原始数据进行必要的数学处理。计算推理过程所需的各个量, 并产生推理所需的数据库。在进行逻辑推理和判断时, 将数据库加到推理模块中。这样, 充分利用了PROLOG语言和FORTRAN语言两者的优点, 又避免了其不足

(四) 解释部分

目前使用的软件是PC-PROLOG, 在推理过程中具有自动回溯功能, 输出执行的语句标号, 据此可以知道结论是根据哪些规则推理出的。在程序中加入了一些输出语句, 显示哪些条件通过了, 最后输出是否有区域性暴雨的结论。

三、未来设想

现在实现的北京地区区域性暴雨专家系统是由计算模拟气象专家的思维进行的逻辑和判断。专家系统的知识库自来多年预报经验大量的资料统计结果, 因而这个系统对北京地区区域性暴雨的预报是较为有效的。专家系的建立为今后集广大预报员、研究人员丰富经验和研究成果为一体, 提高北京地区的暴雨预报水平奠定了基础。

在计算语言方面, 用FORTRAN语言编写资料处理模块为电传联机、资料直接进机, 提高预报时效提供了便利条件。

由于时间仓促, 水平有限, 这个系统还有许多方面有待改进。

在知识库方面, 还有一些不完善的地方。如 8 月份前提条件尚不能概括北京暴雨形势的实际, 对回流暴雨、台风暴雨、西南低涡暴雨缺乏预报能力。

在推理方式上, 仅有精确推理, 势必造成一些空报和漏报。

专家系统的一个重要部分学习机制还不具备。严格地讲, 这个系统还不能称之为专家系统。

在今后的工作中, 我们准备进一步完善知识库, 在知识库中加入其它人的经验和研

究成果，改善推理机别。增加不精确推理，建立学习机制。最终建成一个具有自学习功能，性能良好的暴雨预报专家系统。

北京地区暴雨短期预报专家系统

物理条件知识库

李吉顺

(中国科学院大气物理研究所)

北京地区暴雨短期预报专家系统,我们已在文献[1]中作了粗略的介绍,本文将详细的介绍物理条件部分的专家知识库。这部分知识是用1979—1983年7月15日—8月1日逐日资料和专家经验归纳概括得到的。本文用三度空间物理量场配置的模型表示物理条件,符合预报员思路,有利于综合考虑影响暴雨的各种因素,是总结专家知识的有效途径之一。

众所周知,形成暴雨的物理条件主要是:源源不断的水汽供应;强的上升运动和位势不稳定层结的不断重建,归纳起来就是水汽、热力条件和动力条件。在暴雨预报中,可以从各个方面来反应这两个条件,例如用一些要素指标或直接计算散度、水汽通量散度、涡度及垂直速度等。我们从目前广大台站使用方便和已积累有相当经验及物理意义明确等方面考虑,对北京地区盛夏暴雨24小时预报,选取 105°E — 125°E , 35°N — 45°N 范围内各层(850、700、500hPa)的 θ_{se} 场代表水汽和热力条件,流场代表动力条件,用这两个场的配置组成暴雨和非暴雨的各种模型,通过推理机,用一系列的知识判别预报初始日属于每一种模型的可信度,通过比较属于各个模型可信度的大小,找出其可信度最大的模型,以此为根据作出预报。实际上这一部分是通过模型识别来作暴雨预报的专家知识。

专家知识用产生式表示法,即表示为若某个前提条件,则某一假设或结论成立的很多规则。当数据库中的一个初始资料信息(证据)符合某一前提条件时,则将这个前提后面的假设或结论(中间结论)做为新的证据存入数据库,再用下一个初始资料信息与知识库中的前提条件逐一比较,如果符合另一前提条件,则这个前提条件后的假设或结论即被证实,又作为新的证据存入数据库,如此反复进行,直到得到所需要的最终结论。

这一部分采用了精确推理,为简单起见,规则的可信度假设为1.0,即完全可信。证据的可信度则根据初始资料,应用模糊集合中隶属函数的概念,凭经验给出简单的线性方程,例如对暴雨预报中850hPa θ_{se} 大这样一个概念, $\theta_{se} \geq 80^{\circ}\text{C}$,就肯定满足暴雨对 θ_{se} 大的要求,令 $\theta_{se} \geq 80^{\circ}\text{C}$ 时,隶属函数 $\mu(\theta_{se}) = 1.0$,而当 $\theta_{se} \leq 60^{\circ}\text{C}$ 时,对暴雨条件来讲, θ_{se} 大这个条件肯定不满足,则令 $\theta_{se} \leq 60^{\circ}\text{C}$ 时, $\mu(\theta_{se}) = 0.0$,在 $60^{\circ}\text{C} < \theta_{se} < 80^{\circ}\text{C}$ 这个范围内,则随着 θ_{se} 的增大,隶属函数 $\mu(\theta_{se})$ 呈线性增大,用线性方程表示, $\mu(\theta_{se})$ 的表达式为:

$$\mu(\theta_{se}) = \begin{cases} 1 & \text{当 } \theta_{se} \geq 80^{\circ}\text{C} \\ \frac{\theta_{se} - 60}{80 - 60} & 60^{\circ}\text{C} < \theta_{se} < 80^{\circ}\text{C} \\ 0 & \theta_{se} \leq 60^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

这样对850hPa θ_{se} 大这一命题的可信度(用CF表示)即可用隶属函数表示为从0到1的连续函数,有一个初始 θ_{se} 数值,即可得到一个可信度 $CF = \mu(\theta_{se})$ 。

图1是物理条件部分的框图,先依次假设为无暴雨的几个典型情况($D_1—D_5$),应用反向推理,如能证实其中任一模型成立($CF \geq 0.5$),则直接预报无暴雨,否则对三个暴雨模型A、B、C类逐一反向推理,得到它们将会出现的可信度,通过可信度比较,将可信度大于0.5的几类模型,取可信度最大的作为预报的依据。如果A、B、C、D四类模型可信度均小于0.5,则作为不满足暴雨条件,也预报无暴雨。

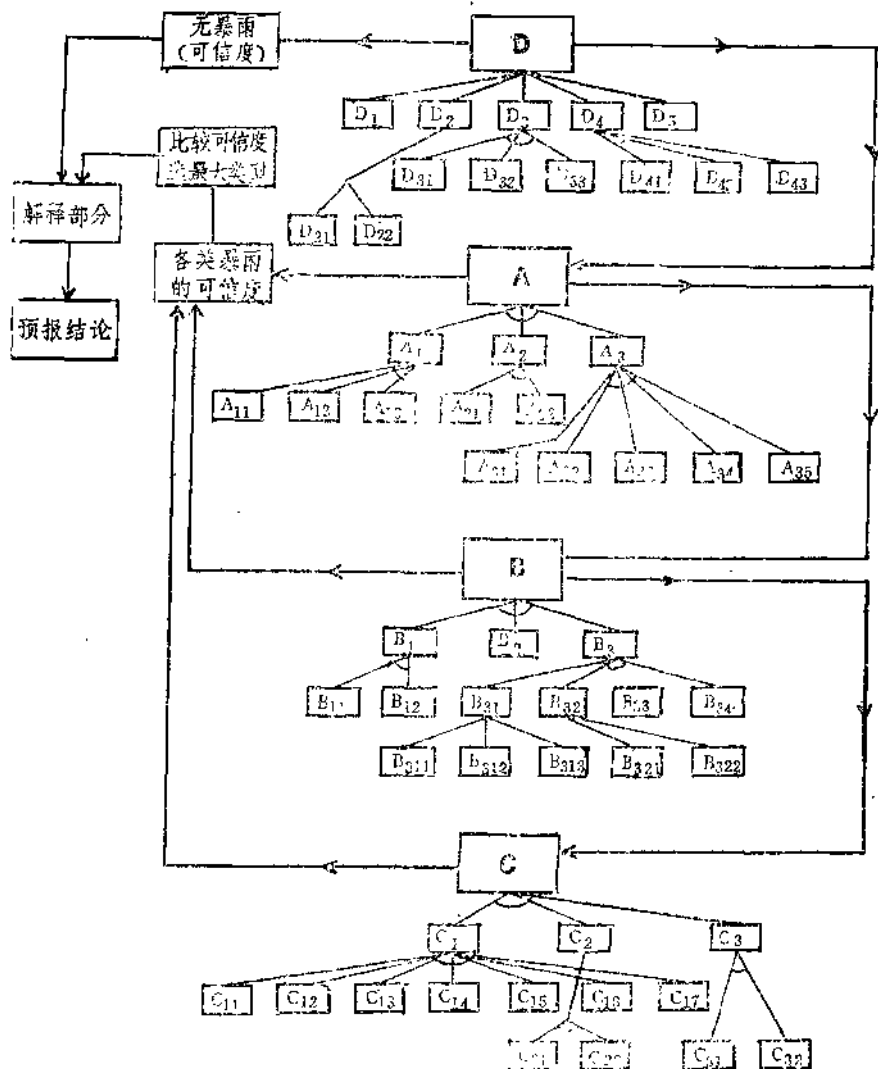


图1 物理条件知识库框图

在知识库中,只存放规则,知识的含义写存数据库中,可信度计算放在计算部分中,但为使读者了解每一条知识的内容,下面介绍具体知识时,将每一项的含义都写出来,在其后括号内标明它在图1中的符号,可信度的计算也同时给出。

一、预报未来24小时无暴雨的规则

规则1:若850hPa流场北京地区为反气旋环流中心控制,则未来24小时内无暴雨(D_1)。因为与反气旋环流相联系的下沉运动,将使北京没产生暴雨的条件。

令 R_1 为北京与反气旋环流中心的距离(km),这条规则的可信度 CF_{D_1} 即“北京与反气旋中心距离近”这个命题的隶属函数 $\mu(R_1)$ 为:

$$CF_{D_1} = \mu(R_1) = \begin{cases} 0 & \text{当 } R_1 \geq 1000 \text{ km} \\ \frac{R_1 - 1000}{400 - 1000} & 400 \text{ km} < R_1 < 1000 \text{ km} \\ 1 & R_1 \leq 400 \text{ km} \end{cases}$$

即当 $R_1 \leq 400 \text{ km}$ 时,北京处于反气旋环流中心控制的证据可信度为1,而当 $R_1 \geq 1000 \text{ km}$ 时,则北京处于反气旋环流中心控制的证据可信度为零,即完全不可信, R_1 在400—1000km时,随着 R_1 的增大,证据可信度呈线性减小。

规则2:若北京处于高 θ_{es} 中心(即北京的 θ_{es} 值高于四周各站)(D_{21}),或北京 θ_{se} 值高于系统移动方向上游各站,低于下游各站 5°C 以下(D_{22}),则北京24小时内无暴雨(D_2)。因为北京地区的高 θ_{se} 状况将随着时间减弱,不能维持不断的高温高湿气流的补充。根据经验其证据可信度为:

$$CF_{D_2} = \begin{cases} 0.2 & \text{当 } >D_{21} \wedge >D_{22} \text{ 时} \\ 0.5 & D_{22} \text{ 时} \\ 0.8 & D_{21} \text{ 时} \end{cases}$$

规则3:若流场北京处于反气旋曲度(D_{31})且 40°N 左右北京与二连(或临河)间无明显切变(D_{32})且北京 θ_{se} 值小(D_{33}),则北京24小时内无暴雨(D_3),其中:

$$CF_{D_{31}} = \begin{cases} 0.2 & \text{当气旋曲度} \\ 0.4 & \text{平直环流} \\ 0.8 & \text{反气旋曲度} \end{cases}$$

$$CF_{D_{32}} = \begin{cases} 0.2 & \text{当有切变} \\ 0.8 & \text{无切变} \end{cases}$$

$$CF_{D_{33}} = \begin{cases} 0 & \text{当 } \theta_{se} \geq 70^\circ\text{C} \\ \frac{\theta_{se} - 70}{60 - 70} & 60^\circ\text{C} < \theta_{se} < 70^\circ\text{C} \\ 1 & \theta_{se} < 60^\circ\text{C} \end{cases}$$