

一个咨询型天气预报专家系统

耿 慧 朱定真

(江苏气象台)

提 要

为发挥预报专家的特长,让计算机自动应用其经验型知识为日常预报业务服务,本工作设计了一个咨询型天气预报专家系统,并在IBM PC/XT机上用最新的TURBO—PROLOG语言研制了通用框架,经输入寒潮、冰雹、大风等专家知识试运行,效果均达到了有关专家的主观预报水平。

以往气象台站都是采用将预报专家经验知识总结成书或预报手册的方法,供制作天气预报时查询,但面对大量的专著及技术总结材料,当班预报员查找极不方便,何况有不少不太确定的经验知识,专家并未写入书中,而经验知识也是随时间的推移而逐步完善或更新的。随着近年来计算机在人工智能领域的发展,给解决上述问题带来了技术上的可能性。目前国内外已有不少成功的例子,如美国的“MYCIN”、北京的“关幼波肝病系统”、吉林大学与大气物理研究所合作的“暴雨预报专家系统”等。在实际天气预报会商中,专家们起着参谋、咨询的作用,因此,应利用人工智能原理及手段设计咨询型天气预报专家系统。

一、实施方案及设计

1. 语言的选择

在当今建成的专家系统中,所用的语言是多种多样的。要满足气象上的特殊需要(如科学计算、图表处理等),又要发挥出系统的智能作用,单一语言往往难以胜任。所以,应设法采用多种语言的连接,取长补短。随着编译型PROLOG,即TURBO—PROLOG语言的出现,为解决这一难题开辟了新的途径。该语言与其它PROLOG语言相比,有很大的优越性*,因此我们选择它做为本系统的设计语言。

2. 系统结构与功能

1987年5月6日收到,1987年10月17日收到修改稿

* 南京大学, TURBO—PROLOG使用手册(油印本)

为便于实现系统软件工具化，整个系统采用了模块化结构(图1)。

(1)综合知识库 用于存放专家的专门知识，其中包括状况性知识和根据经验总结出来的规律性知识。为便于查询模块、预测模块和教学模块搜索、调用知识，结合TURBO—PROLOG语言的特点，利用了动态数据库技术，以节省内存空间，提高搜索效率。

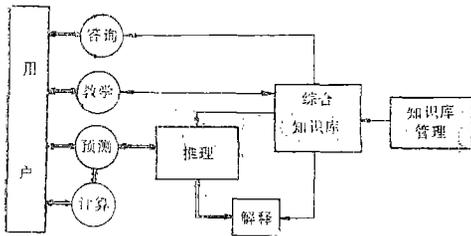


图1 系统结构

⇒ 系统控制流 → 系统知识流

对于不同性质的知识，采用不同的形式表示。状况性知识采用分层表示，即按知识的级别划分，按问题求解范围的宽广程度分成若干层次，再在每个层次内制定一批规则，调用时先作最高一级的决策，然后逐层缩小范围，寻找各层的理想答案。例如，寒潮气候概况方面的知识可表示为图2。

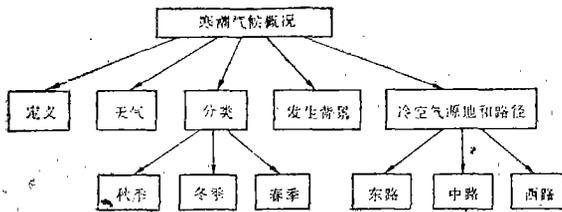


图2 分层表示实例

经验性知识则用产生式表示，规则的一般表达式为：

〈规则〉 ::= (IF〈前提〉 THEN 〈结果〉 ELSE 〈结果〉)

〈前提〉 ::= 〈语句〉

〈结果〉 ::= 〈描述语句〉

〈语句〉 ::= 〈逻辑语句〉 | 〈描述语句〉

〈逻辑语句〉 ::= (AND〈语句〉 | OR〈语句〉) | (NOT〈语句〉)

如果前提为真，则规则使前提与结果连接在一起；如果前提为假，则联系另一结果。例如，一条寒潮预报的规则：

IF (850hPa 锋区强度在 5 个纬距内大于或等于12度) AND (地面冷高压中心值大于1040hPa) AND (地面冷锋在80°E上, 40°N到50°N)

THEN 48小时后可能有寒潮出现

而知识库中事实的一般表达形式为：谓语名 (规则序号, 分型号, 第一节点号, 第二节点号, 第三节点号, 事实体)。则对应于上述例子, 知识库中规则和事实的内部表示为：

规则: ([1, 1, 1, 0, 0], [1, 1, 10, 0, 0], [1, 1, 20, 0, 0], [1, 1, 51, 1, 0])

事实: ([1, 2, 10, 0, 0], 02点地面黄山或衡山有一站 SW风速 ≥ 12m/s (包括阵风))

以上规则与事实的表示方法除了可提高搜索效率外，还便于修改、扩充，增强系统的通用性。图象型知识经处理后用同样方法表示。

知识库中的知识，可通过知识库管理模块方便地修改、删除及获取新的知识。获取知识主要是通过系统与专家之间的对话来完成，系统可根据目前的知识结构向专家提问，以获取新的知识。一般状况性知识采用菜单形式，由专家选择需要添加的项目，然后由系统自动将新内容添加到知识库中。经验性知识的获取分为事实和规则两部分，均采用菜单及对话形式获取。这种方法与过去所采用的通过知识工程师和领域专家共同完成的获取知识的方法比较，既简便又提高了效率，并具有较高的安全性和可靠性。

(2) 咨询模块 为提高系统的智能，用知识分层表示法，采用多层“菜单”形式来表示状况性知识。用户可根据系统给出的菜单提示，任意选择需要咨询的问题，系统将给予解答。如果系统无法确定答案，则可根据调用替换规则，给出有关方面的参考性建议。一次咨询流程如图 3。该模块在设计时运用了 TURBO—PROLOG 的多窗口功能，设立了目录窗口、会话窗口等，向用户提供友好的人机界面，增强系统的实用性。

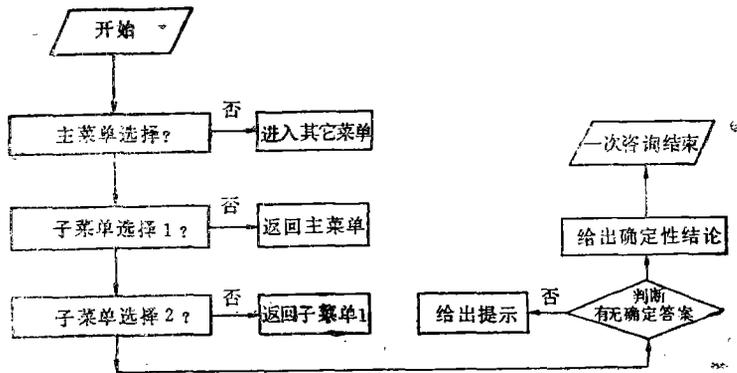


图 3 一次咨询流程

(3) 预测模块 对于那些需要判断、预报的问题，都将通过此模块来控制完成。此模块的中心是推理机。目前推理机制使用的基本控制策略为反向链，采用精确推理带有静态信度的方法，系统进入预测模块后，用户根据菜单提示选择预报项目，系统按问题寻找最佳搜索的规则，并使规则与事实匹配，由用户逐条回答，最后推导出结论，并按层次给出问题求解的过程。推理控制流程如图 4。在系统向用户提问时，用户可以反问为什么提出此问题以及怎样更好地得到问题的答案。当系统无法作出明确结论时，则

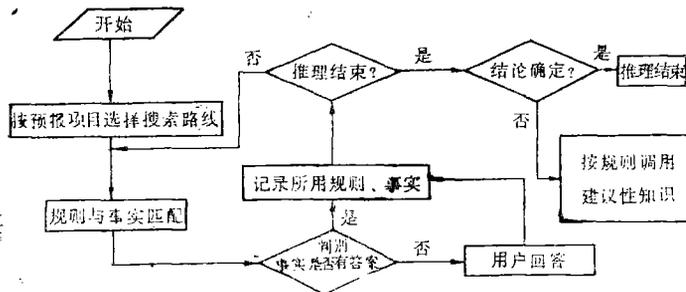


图 4 推理控制流程

给用户以提示或建议,帮助用户解决问题。

解释模块主要是对推理过程及结果进行必要的解释,所用的知识主要分为两部分。一部分是存放在知识库中的原始知识;另一部分则是根据用户输入的证据和推理过程而动态生成的。在推理结束后,系统可以根据后一部分知识对推理过程做出解释,并可将这部分解释存入磁盘,供总结、更新知识用。

在程序设计上,多采用回逆和逆归技术,增强系统的推理效率。

(4)教学模块 该模块不仅能提供常识性的和专家水平的知识,还能进行排错,并确定出一个纠正方案,把修改后的方案传授给用户,这对新预报员及其它部门的用户是个很好的辅助工具。

(5)计算模块 是用FORTRAN语言编写的,它包括多种气象上常用的数值计算,可通过TURBO—PROLOG与FORTRAN的交互功能或DOS系统的批处理功能,供预测模块调用。

经用寒潮、冰雹、大风的知识对上述结构进行测试,效果令人满意。系统运行稳定,咨询方便。比较真实地反映出了预报专家的思维方式。1987年4—6月,我们将已输入的冰雹分型预报知识投入了日常预报业务,系统咨询预报结果与专家预报的符合率达到100%。

二、小 结

1.利用人工智能领域的专门知识,建立天气预报咨询系统,是解决领域专家们的预报经验为日常预报业务所用及“传代”积累的问题的有效方法,同时也为实现天气预报的自动化打下了良好的基础。

2.使用编译型、多功能的TURBO—PROLOG语言,可以增强推理机的功能,并实现多种语言自然和谐的调用,满足咨询型天气预报专家系统数值计算的需求。同时,TURBO—PROLOG语言文法简明扼要,易懂易学,能适应业务使用的需要。

3.本文阐述的系统结构设计方案合理可行。作为通用框架,还可不断完善、扩充后为不同目的所用。

4.由于对自然语言的理解是有一定难度的问题,目前还未解决,只能在设计中尽可能地创造相对自然、方便的会话环境。

AN ADVISORY WEATHER FORECASTING EXPERT SYSTEM

Gon Hui Zhu Dingzhen

ABSTRACT

In order to apply the professional knowledge and practical experience of forecasting experts to daily operational weather forecasting and to solve the problem of the knowledge accumulation, an advisory weather forecasting expert system has been designed and its current frame developed by use of the new TURBO—PROLOG Language on the IBM PC/XT micro-computer. It has been run satisfactorily after importing the expert experiences about cold wave, hailstorm and sea breeze. Results show that it has reached the subjective forecasting level of experts.