

# 气象专家系统的现状、问题和展望

周山松

(江苏省气象局业务处)

人工智能理论应用到气象科学领域的时  
间虽然还不长，但是已经受到了广大气象业  
务和科研人员的普遍关注，出现了相当可喜的  
活跃局面。最近两年，我省的一些气象台运  
用人工智能原理，研制了近十个具有初级水  
平的天气预报专家系统。本文简略介绍我  
省气象专家系统的现状、问题和展望，以便  
得到更多的指导和帮助。

## 一、江苏省预报专家系统概况

我省天气预报专家系统的研制工作，是  
1984年底首先在省气象台开始的。后来其他  
台，甚至个别站也相继做了一些工作。近两  
年来，专家系统的研制与业务应用都有一些  
发展，格局已经基本形成。目前，整个研制工  
作的状况是：省气象台已研制了江淮气旋、  
台风、梅汛期暴雨、寒潮等预报专家系统，  
盐城、苏州、徐州和淮阴等七个市局研制了  
冰雹、连阴雨、汛期暴雨和洪泽湖大风等预  
报专家系统，苏州市气象局和省气科所一起  
吸取专家系统与MOS预报的各自长处，研  
制了中期天气客观预报系统。这些系统在日

常预报业务，特别是灾害性天气即将出现时  
发挥了较好的功能。如省台的江淮气旋专家  
系统报出了1986年我省久旱后的第一场透  
雨；台风预报专家系统对8615号台风近海北  
上路径和我省风大雨小的天气特点，作了较  
准确的预报；中期天气客观预报系统运行近  
两年，发布了近200次3—7天逐日晴雨预  
报，既延长了预报时效，又提高了预报精度，  
效果不错。我省气象专家系统的研制技术也  
在逐步深入、不断发展，大体的情况是：

### 1. 知识的内容较为丰富、知识表达较为 多样

目前我省气象部门能获取到的知识来源  
有三方面：老预报员经验、数值预报产品和  
天气学知识。在此基础上建立了规则库、个  
例库、方程库。在知识的表达上虽然大多采  
用产生式方式，即IF〈前提〉THEN〈结  
论〉，但由于充分考虑气象知识的特点，在知  
识的处理与表达上采用了以下一些办法。

(1) 编码法 将天气系统、气象要素  
编成计算机能处理的代码，便于简化规则，  
便于推理。

(2) 直接表达法 用自然语言对前提与结论直接表达。

(3) 谓词表达法 该方法对不同情况可进行不同的表达办法, 我们一般采用的是:

谓词 ( $\langle$ 天气要素/系统表 $\rangle$ ,  $\langle$ 地理位置/区站号 $\rangle$ ,  $\langle$ 时次 $\rangle$ , [ $\langle$ 属性表 $\rangle$ ], [ $\langle$ 量值表 $\rangle$ ])。

由于这种表达法比较规格化, 因而能方便地进行知识运算, 增强知识的通用性。

(4) 历史个例表达法 根据知识的不同类型设置不同类型的数据库, 进行较为方便的搜索与相似分析, 在搜索过程中主要采用深度优先法, 并正在尝试启发式搜索法以加快搜索速度。

### 2. 推理机设计的若干技术特点

我省研制的近十个专家系统, 推理的方法比较多样。推理的方向, 有正向推理、逆向推理、正逆向混合推理。推理的层次, 由低层次向多层次与任意层次发展。纵观几个专家系统, 推理机的设计有两大特点: 一是大多数推理机模拟了经验丰富的预报员制作预报的思路来实现的, 特别是对于出现概率较小的重大天气尤其如此。推理机先进行逆向推理, 设置假设, 然后寻找启发式证据否定假设(排空), 若否定不了, 再根据提供的事实进行正向推理, 一直推至根结点, 然后根据推得的可信度大小做出预报决策。如春季连阴雨预报专家系统就是这样处理的; 二是针对气象问题样本多, 既要处理数值型知识, 又要处理经验描述型知识。为此, 部分专家系统设计了解释器, 通过解释器可以使预报方程规则化或预报规则方程化, 这样采用边推理、边处理、边运算, 最终达到目的。如副高预报专家系统, 中期天气客观预报系统就是这样处理的。

### 3. 其它软件技术的应用

在气象专家系统的设计中, 我们除了应用前面的一些方法之外, 还应用了以下的软件应用技术和处理手段。

(1) 为了使规则库的规则合理, 对规则进行一次性检查。

(2) 为了使系统具有信息反馈与最初级的自学习功能, 较普遍地使用了数据库技术。

(3) 为了增强系统的透明性, 在推理之中与推理最终对系统提供解释功能, 告诉用户为什么这样做、由什么原因得出这样的结论。

(4) 为了增强系统的系统性、实用性、坚固性, 广泛采用批命令自动协调各功能块工作, 广泛采用求助和菜单技术以及容错、检错、陷阱设置等技术。

## 二、目前存在的主要问题

两年来我省气象专家系统的研制工作尽管发展比较顺利, 但也存在以下一些主要问题。

1. 关于专家系统的定义和特性、特点等方面的问题, 已经有不少专家发表了一些颇有见地和影响的论述或意见。普遍认为, 专家系统的核心部分是由知识库和推理机构成的, 而且知识库和推理机要分离。这样, 只要控制策略定了, 系统的性能就随着知识库的不断丰富而增强。一个专家系统包含并使用了大量的有意义的关于气象科学技术问题的权威知识, 对某些重要的气象问题提供专家级解法的程序系统。这种程序系统既不是一般的科学计算的程序, 也不是各种经验知识简单联结的程序, 而是具有人工智能因素的计算机软件系统, 并在此基础上设法提高计算机应用的灵巧性。我们认为, 一个比较完备的气象预报专家系统, 应该具备上述若干基本条件与性能。对照我们所研制的专家系统, 特别是初期研制的几个, 在功能方面尚有不完备的地方, 需要不断完善, 不断发展, 不断提高。

2. 气象预报专家系统要模拟预报员, 特别是经验丰富的预报员在预报决策中的全部

思维过程，这就需要好的知识表达方式与较强的推理功能，要实现这些技术要求，需要一定的计算机语言支持。初期，由于经验不足，进度也快了一些，因此较多地采用了科学计算的算法语言。这在一定程度上限制了系统的功能。最近一年多，由于引用了PROLOG（包括MICROPROLOG）Lisp等智能语言，强化了系统的功能。这一点，在今后的工作中仍要加以重视。

3. 气象专家系统的专家知识是相对的，不是绝对的，在解决某种天气预报问题时并不是每次都有效。专家的知识来源于实践，同时还要到实践中不断经受检验，不断丰富、提高。因此，解决系统的知识反馈、知识再生和自学习功能是十分重要的，而且这类问题在微型机上解决有一定的难度，目前我们用数据库技术解决信息反馈上初级自学习，仅仅是初步的探讨，今后需要作为突出的重点问题来解决。

### 三、今后的发展方向

深入开发气象专家系统，已经列为我们省业务技术改革的主要技术手段之一，今后这方面要做的工作比较多，除了对已经完成的初级专家系统进行深化外，还将研制梅雨、秋季连阴雨等几个灾害性天气预报专家系统。另外，气象专家系统的概念不应局限于预报专家系统一个领域，还应该包括其它方面，如地面、高空记录报表审核等也可以建立专家系统，目前我们已着手进行这方面的工作。围绕专家系统的开发利用，重点要做好两方面的工作。第一，设计研制天气预报专家系统实用（通用）框架。通过这项工作，尽量避免低水平上的重复劳动。这个工作今年已经用招标的形式确定下来了。总的设计要求是：结构完整、科学、实用。具体要求：气象知识库、规则库具有随机存贮检索、记忆、更新的功能；能从多方面“考察”若干

因素进行推理、记忆、联想，在知识可靠的基础上导致推理结果可信；预报某一天气事件发生时，同时解释其可能出现的概率及其结论成立的确定条件；能随机检索知识的可靠性，为更新知识提供依据，使系统具有增长知识、统计管理、提高预报能力的功能。第二，将研制成功的系统纳入省台业务预报的流程，形成业务预报能力，进一步提高省台灾害性天气的指导水平。这项工作省台已经着手进行，比如强对流冰雹预报专家系统是以盐城市局为主开发的，省台今年在他们工作的基础上建立了“强对流天气业务系统”，用于强对流冰雹的业务预报。此外，预报专家系统的研制将加快省、市气象台预报室自动化建设的步伐。预报室自动化既有装备问题，也有技术问题。在业务技术方面，天气图方法、数值预报方法和统计方法是当前的三种基本方法。在此基础上通过计算机应用开发而发展起来的天气预报专家系统和模式输出产品应用使天气预报向客观、定量化迈进了一大步。目前，许多人认为，这两种客观预报方法前者是处理经验型的知识，后者是处理数值型的数据，二者结合比较困难。两年来，我们在一手抓模式输出产品应用，一手抓天气预报专家系统的研制的实践中认识到，只要加以恰当的技术处理，二者就能互相渗透、互相结合。副高和中期客观预报系统就进行了这样的尝试。不久，随着雷达数字化及图象模式识别的开发应用，一种集预报经验、模式输出产品应用、天气图、雷达与卫星云图实时资料为一体的综合的天气预报业务系统将会出现。这样，预报室业务技术自动化就有了丰富的实际内容。计算机技术开发利用也有了新课题。

气象科学技术总是在广泛应用中发展，在相互渗透中前进的。这是一种规律，我们今后要按照这个规律办事。