

S763.42

9

马尾松毛虫防治决策专家系统 鉴定会资料汇编

中 南 林 学 院

王淑芬 张 真

国 防 科 技 大 学

陈文伟 陈 亮 张明安

一九八九年五月

3.42

951

一、绪言

§1.1 马尾松毛虫为害及防治简况

马尾松毛虫综合管理 ——防治决策专家系统

中南林学院 王淑芬 张真

国防科技大学 陈文伟 陈亮

解放后,党和人民政府对防治马尾松毛虫非常重视,科技工作者对他进行了大量深入细致的研究,同时各地方也投入大量人力、物力开展防治工作。然而,至今松毛虫为害仍很严重,用农药,杀伤了天敌,提高了害虫抗性,除害至马的一些次要害虫转变为主要害虫,使问题更复杂。人们通过与害虫作斗争的正反两方面,认识到防治松毛虫问题,必须从生态学的、经济学的、辩证的观点出发进行综合的整体观念出发,本着“预防为主”的指导思想,和因地制宜、合理利用农药的、化学的、生物的、物理的、机械的、人工的、综合的生态手段,把害虫控制在不致危害的水平,以达到保护人畜健康和生态平衡的目的(马世骏,1979)。

自1956年以来,我们林业部广西大青山实验局建立了相当规模的标准地,定时定点地对马尾松毛虫的发生发展规律进行了系统的抽样调查,掌握了大量数据。同时,我们也广泛搜集了各地各有关专家长期积累的資料、成果和宝贵经验。我们在对这些資料和知识进行整理、总结、提高的基础上,应用国防科技大学新近研制成功的专家系统工具,成功地形成了马尾松毛虫防治决策专家系统。

§1.2 专家系统简介

专家系统是人工智能领域中一个发展最迅速也最接近实用的分支,它能使计算机具有人类专家那样的推理及解决实际问题的能力,能够高效率、迅速而不知疲倦地进行复杂的工作,使专家的专长不受时间和空间的限制,并得到发挥。

专家系统主要由两部分组成——一九八九年四月 请从专家那里得到的关于某个领

资 料 目 录

一、马尾松毛虫综合管理
——防治决策专家系统

二、研制报告

三、用户使用说明

四、运行实例

目 录

一、绪言

§ 1.1 马尾松毛虫为害及防治简况

§ 1.2 专家系统简介

二、马尾松毛虫防治决策专家系统

§ 2.1 系统知识的组成

§ 2.2 系统结构及推理树

§ 2.3 防治决策专家系统特点

三、TOES专家系统工具

§ 3.1 专家系统工具简介

§ 3.2 TOES专家系统工具及其系统结构

§ 3.3 TOES专家系统工具的知识表示

§ 3.4 TOES工具的推理

四、TOES工具生成的专家系统的技术特点

§ 4.1 多推理树技术

§ 4.2 规则库与事实库的分离

§ 4.3 规则库以多知识源贮存和调用

§ 4.4 屏蔽技术

§ 4.5 跟踪设施及录入

五、系统配制及运行

六、主要参考文献

一、绪 言

§ 1.1 马尾松毛虫为害及防治简况

马尾松 (*Pinus massoniana*) 是我国松树中分布最广, 数量最多的主要用材料树种。在南方各省森林蓄积量中, 马尾松占半数以上。木材可作矿柱、枕木、电杆; 木材纤维长, 是造纸和人造纤维的主要原料, 也是我国产脂树种和群众喜爱的薪柴。但是, 凡有马尾松分布的地方都有马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* WalKer) 发生为害, 常年发生面积达数千万亩, 是我国为害最严重的森林害虫, 猖獗时将针叶全部食尽, 轻者影响松树生长, 降低木材生长量和松脂产量, 重者造成大面积松树死亡。这些年来, 随着国外松种植面积扩大, 也蔓延为害国外松, 给林业发展和国民经济带来极大损失。松毛虫大发生时, 到处乱爬, 污染水域、村舍, 使劳动人民接触中毒, 感染松毛虫病, 引起皮肤发痒, 关节肿痛, 甚至致人死命。

由于马尾松树耐瘠薄、干旱, 是南方各省荒山荒地造林绿化的先锋树种, 所以, 随着造林事业的大发展, 马尾松纯林的面积将迅速扩大, 防治松毛虫, 保护造林成果, 将是我们面临的一个艰巨任务。

解放后, 党和人民政府对防治马尾松毛虫十分重视, 每年拨给大量经费, 组织有关科技工作者对他进行了大量深入细致的研究, 同时各地政府及生产部门, 每年都花费大量人力、物力开展防治工作。然而, 至今松毛虫灾害仍有增无减, 而且由于不合理地使用农药, 杀伤了天敌, 提高了害虫抗性, 除导致马尾松毛虫的再增猖獗外, 还使松林中的一些次要害虫转变为主要害虫, 使问题更复杂、更难办。

人们通过与害虫作斗争的正反两方面的经验, 意识到害虫防治的问题是一个复杂的问题, 必须从生态学的、经济学的、辩证的观点出发进行综合管理, 即“从生物与环境的整体观念出发, 本着‘预防为主’的指导思想, 和安全、有效、经济、简便的原则, 因时因地制宜, 合理利用农药的、化学的、生物的、物理的方法, 以及其他有效的生态手段, 把害虫控制在不到危害的水平, 以达到保证人畜健康和增加生产的目的”。(马世骏, 1979)。

自1986年以来, 我们在林业部广西大青山实验局建立了相当规模的标准地, 定时定点地对马尾松毛虫的发生发展规律进行了系统的抽样调查, 掌握了大量数据。同时, 我们也广泛搜集了各地各有关专家长期积累的资料、成果和宝贵经验。我们在对这些资料 and 知识进行整理、总结、提高的基础上, 运用国防科技大学新近研制成功的专家系统工具, 成功地形成了马尾松毛虫综合管理——防治决策专家系统。

§ 1.2 专家系统简介

专家系统是人工智能领域中一个发展最迅速也最接近实用的分支, 它能使计算机具有人类专家那样的推理及解决实际问题的能力, 能够高效率、迅速而不知疲倦地进行复杂的工作; 使专家的专长不受时间和空间的限制, 并得到发挥。

专家系统主要由两部分组成, 一是知识库, 其中存储从专家那里得到的关于某个领

域的专门知识；二是推理机，它具有运行推理的能力，即能够根据知识推导出结论，而不是简单地搜索现有的答案。

松毛虫防治决策专家系统，以综合管理为指导思想，以松毛虫种群动态为理论基础，充分考虑不同环境下松毛虫与其寄主、天敌及其他环境因子之间的相互关系，用系统动态的思想方法，并结合各地社会经济状况作出决策。

二、松毛虫防治决策专家系统

§ 2.1 系统知识的组成

本系统广泛地收集了多年来各地松毛虫研究的资料及最新成果，呼收了很多有关方面专家长期工作实验中积累起来的宝贵经验，并运用了研制者本身的大量第一手资料，在此基础上对知识经过整理、总结、提高，形成了本系统的知识库，知识库共有近400条规则。这些规则包括如下几个方面的内容：

1. 虫口密度的确定：本系统把虫口密度分为极低、低、中等、高、极高五个级别。归类时可以为株为抽样单位，也可以枝为抽样单位，或根据有虫株率、有虫株率及有卵株率来确定。以株为单位时、根据虫数、树龄、虫期来确定。五个级别的划分标准参照李天生等（1987）、葛庆杰等（1987）及陈桃源（1985）、袁荣根（1985）关于马尾松毛虫经济阈值及防治指标的研究。远低于防治指标为极低、阈值以下附近为低，以上附近为中等，明显高出防治指标为高，几乎把树吃光为极高。
2. 发生阶段的确定：根据松毛虫周期性大暴发的规律，把松毛虫发生阶段分为上升、猖獗、下降、稳定四个阶段。各阶段的确定除根据相邻代之间的增长率以外，还可根据松针被害率，发生面积，天敌寄生率、蛹重、产卵量来确定。
3. 发生区域的确定：按照传统的区分方法，把松毛虫发生区分为无灾区、偶灾区和常灾区。根据历史上发生频率2~3代区每隔3~4年，3~4代区每隔2~3年大发生一次为常灾区，5年以上大发生一次为偶灾区，几乎未发生过大发生为无灾区。除此之外，还可根据海拔、土壤状况、植被盖度、灌木盖度、林龄、树种、林型、郁闭度等判断，具体标准参照于建国等（1986），彭建文（1989）等有关马尾松毛虫生态区类型划分资料。
4. 防治决策：作防治决策时除考虑以上几点以外，还考虑经营目的、周围状况、其他害虫、防治状况、预测值等因素，综合作出决策。
5. 防治方法的选择：根据多年来的研究及马尾松毛虫防治的实践，可供选择的防治方法包括赤眼蜂、白僵菌、细菌、病毒、灭幼脲、化学防治、人工防治、物理防治（诱杀）等。每一种方法都各有其特点，都要求一定的环境条件，在此参照侯陶谦（1987）、李周直等（1987）、陈昌洁等（1988）、刘清浪等（1986）、曾陈湘等（1986）、童新旺、彭建文（1984）、杭和根（1987）、孙锡麟等（1987）、李运帷等（1985）、王淑芬、高丙利（1988）、廖沛民（1987）等有关研究，根据不同的虫口密度、虫期、虫龄、世代气候及林地状况等情况，选择合适的防治方法。
6. 防治时期的选择：考虑当时的虫口密度、虫期、虫龄、危害时期及其人工、经济

状况、组织准备工作状况等，选择合适的防治时期，这主要根据长期防治的经验。例如：虫口密度不太高，当代还不致于造成严重损失、如当时劳力不紧张，经济状况等又允许，可当代防治，及早抑制虫情；如当时劳力紧张、或经费、药械等不具备，即可下一代幼虫期防治。

7. 施药方法选择：根据不同的防治方法，结合气候、受害面积、地形、世代、发生状况、林地状况等因素、选择不同的施药方法。这些方法包括飞机超低容量喷雾、飞机低容量喷雾、轻型飞机超低容量喷雾、轻型飞机低容量喷雾、地面超低容量喷雾、喷烟、烟雾剂、喷粉、粉炮等方法。选择标准参照侯陶谦（1987）、李周直等（1987）、湖南省森保局等（1987）、李运帷（1987）、范建才（1986）、龚跃进（1987）等有关施药方法的研究。

8. 预测：预测时主要根据很多专家在实践中积累的一些经验及一些计算比较简单的经验公式进行预测，预测时主要考虑虫口密度、气候、寄生率、性比、蛹重、产卵量等因子。从而得出下一年或下一代虫口密度消长的情况。具体方法参考侯陶谦（1987）等研究。

§ 2.2 系统结构及推理树

对马尾松毛虫这样的历史性大害虫，各方面研究的资料很多，内容也很丰富，如果直接把这些内容输入计算机，计算机是不能得出结论的。作者通过对这些资料进行整理、归纳、总结、提高，详细地分析了它们之间的相互关系，形成了五株推理树，如图2、3、4、5、6所示。

以上各部分之间的关系如图7所示。

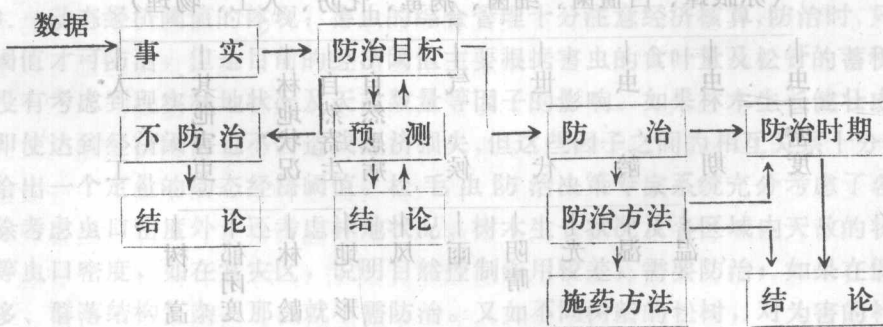


图7 系统结构图

当用户向计算机输入事实后、首先进入防治目标推理树，如果结论是不防治，就直接给出结论，完成一次运行。如果结论是预测，则进入预测推理树，给出预测结果，其结果可再进入防治目标推理树，看是否需要防治。如果得出结论是防治，则进入防治方法、防治时期推理树。如防治方法为化防或白僵菌、细菌、病毒，则进入施药方法推理树，然后给出全部结论。

§ 2.3 系统特点

本系统在设计及使用方面有如下十个主要的特点：

1. 以综合管理为指导思想：在研制本系统的过程中，自始至终注意了体现综合管理的指导思想，在作防治决策时，着重经济效益，并充分考虑了不同林地环境条件下的

防治目标 (不防治、预测、防治)

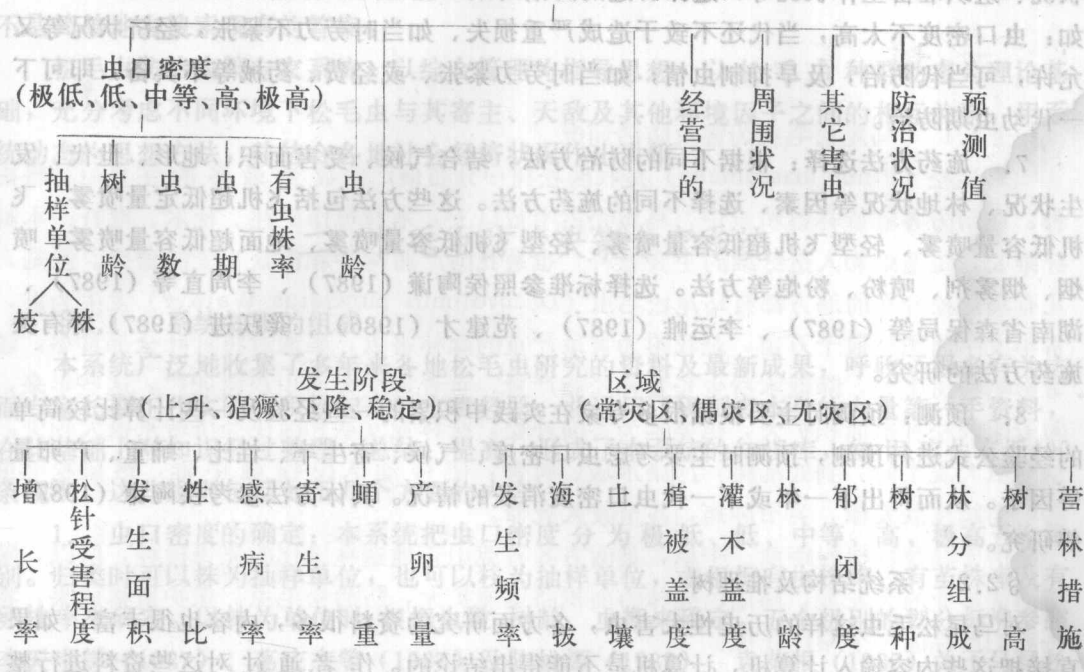


图2 防治目标推理树

防治方法 (赤眼蜂、白僵菌、细菌、病毒、化防、人工、物理)

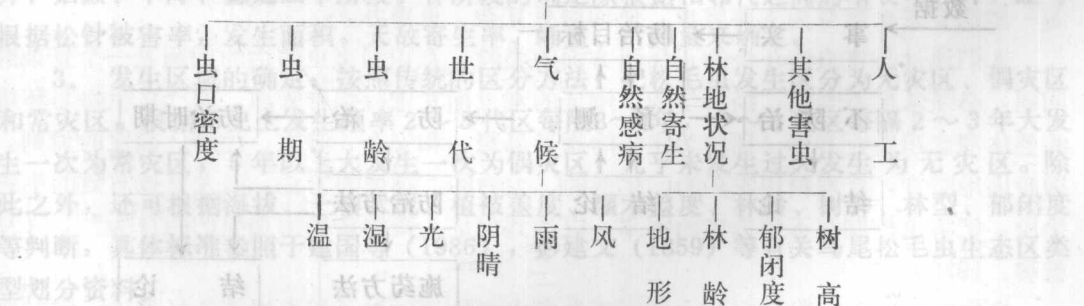


图3 防治方法推理树

施药方法 (飞机超低量、飞机低定量、轻型飞机超低量、轻型飞机低量、地面超低量喷雾、喷烟、喷粉、烟雾剂、粉炮)

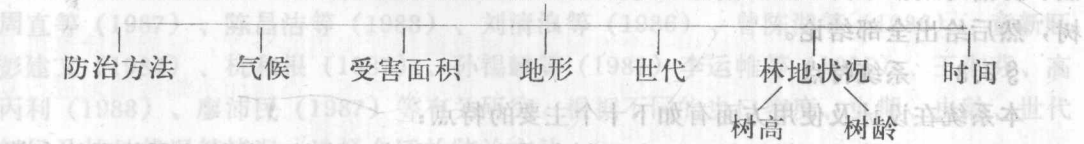


图4 施药方法推理树

防治时期
(当代卵期、当代幼虫期、当代蛹期、当代成虫期、下一代防治)

虫口密度 虫期 虫龄 防治方法 世代 经济 人工 药械

图5 防治时期推理树

预测
(下一代增长增长、稳定、下降、下一年增长、稳定、下降)

虫口密度 寄生率 感病率 性比 产卵量 蛹重 气候

图6 预测推理树

自然控制因素。在防治方法及防治时期的选择时，着重保护环境，可能的情况下，尽量采用生物防治，必要时采用化学防治。在施药方法的选择上，也尽量选择那些效果好、对环境污染小的方法，以达到经济、有效、保护环境、维护生态平衡的目的。

2. 以松毛虫种群动态为理论基础：系统的建立是以松毛虫种群动态为理论基础，根据马尾松毛虫周期性暴发的特点，分别考虑松毛虫在上升、猖獗、下降及稳定的不同发生阶段内，在常灾区、偶灾区及无灾区不同区域内松毛虫、松毛虫天敌及寄主及其环境之间的相互关系的特点及动态变化规律，根据各种相互制约因子的强弱、气候因素对整个系统的作用，松毛虫发生发展的规律作出决策。

3. 动态经济阈值的体现：害虫的综合管理十分注意经济核算，防治时，只有超过了经济阈值才可防治，但是目前的经济阈值主要根据害虫的食叶量及松针的蓄积量推算出的，没有考虑到现实林地状况及天敌数量等因子的影响。如果林木生长健壮或天敌数量多，即使达到经济阈值也不会造成经济损失，但这些因子之间的相互关系十分错综复杂，很难给出一个定量的动态经济阈值。松毛虫防治决策专家系统充分考虑了各因子的影响，除考虑虫口密度外，还考虑林地状况、树木生长状况及各区域内天敌的状况。同样是中等虫口密度，如在常灾区，说明自然控制作用较差，需要防治；如果在偶灾区，天敌较多、群落结构复杂，那么就不需防治。又如不同树龄的松树，对为害的补偿作用不同，小树容易受害，达到经济阈值就需防治，而大树补偿能力较强，就可超过经济阈值一些才防治。这就体现了动态经济阈值的思想。

4. 全面性：从系统推理树中可以看出，本专家系统在作决策时，充分考虑到了林地中各种因子的作用，考虑到了松毛虫与其天敌之间、寄主之间、环境之间的相互关系，并考虑到了气候因素，人为因素、经济及经营状况，这用模型是很难作到的，建模时往往不能考虑太多的因子，因子太多，一是计算时间长、精度也降低，同时在生产中要获得很多定量的数据也很困难，甚致不可能。

5. 全局观念：本专家系统在研制过程中注意了体现全局观念。例如根据长期松毛虫防治工作的经验，防治松毛虫要抓住上升阶段，小面积时期，在此阶段，就要抓紧防治。如果已经到了下降阶段，那么就要考虑周围状况，如周围有未受害林，那么需要防

治,以避免扩散为害,如果周围已无未受害林或轻度受害林或无林,那么就不需要防治。

6. 由于专家系统是运用知识及推理来完成决策过程,知识具有普遍性。所以专家系统也具有普遍性。这不同于模型,模型虽然有准确,数量化的特点,但建模时很难作到同时考虑到真实性、精确性及普遍性,往往是考虑到了前两个特性,就不得不放弃后一个特性,或者考虑到后两个特性,又不得不放弃前一个特性。所以很多模型具有地域性,一个地方建立起来的模型,拿到另外一个地方就不一定适用,而专家系统具有普遍性和通用性。

7. 经营者有选择、决策的余地:本系统在防治方法、防治时期及施药方法的选择上,由于这些方法不是唯一的,所以采取了不精确推理。给予规则的可信度为90,这样就可得出多种可行的防治方案,经营者可以根据当时当地的实际情况,作出决定,这就给经营者留下了选择和决策的余地。

8. 可与模型及数据库连接:专家系统通过知识和推理来解决问题,虽具有上述优点,但也有不足,它只能作一些简单的运算,在预测和经济效益分析方面就不能象模型那样高效率地给出定量化的结果。为此我们在系统设计时留下了模型和数据库连接的“接口”,如防治目标为预测时,可利用本系统的预测子系统进行预测,也可与预测模型连接,然后把模型计算的结果再输入专家系统,让它作出决策。在防治方法选择时,专家系统可选出几种可行的方法,这时也可与模型连接进行精确的经济效益分析,选出最佳方案。另外,本系统的事实库与规则库是分开的,事实库也可进一步与数据库相连,这样就能连续处理大批量的数据。

9. 可不断补充、更新:系统的推理机和知识库是分开的,随着科学技术的不断发展,人们对自然认识的不断加深,会不断总结出新的知识,这些知识随时都可以增加到知识库中去,随着专家知识的不断增加,专家系统的水平也将不断提高。

10. 使用方便:本系统在使用时只要求一些基本数据,很多数据特别是气候因素等只要告诉一定的范围,很多因子是定性的,所以获得比较容易,即使缺少一些数据,专家系统也可通过已知的数据推导出结论。虽然它考虑的因素很多,但并不是推理树里所有的因子都要知道,它会通过各因子之间的相互关系进行判断,体现了“智能”的特点。系统在操作时,只要记住为数不多的几个命令就能进行。所以使用很方便。

三、TOES专家系统工具

§ 3.1 专家系统工具简介

为了避免用LISP和PROLOG等语言完成各领域的专家系统的大量开发工作,缩短建造专家系统的周期,从七十年代后期国外开始了专家系统工具的研究,我国近年来也开始了此项研究。专家系统工具具有通用性,可以直接用它生成不同领域的专家系统,大大提高了专家系统的设计效率,缩短了系统研制周期。

松毛虫综合管理防治决策专家系统就是运用国防科技大学系统工程系陈文伟副教授及陈亮、张明安等新近研制成功的TOES (TOOL OF EXPERT SYSTEM)工具生成

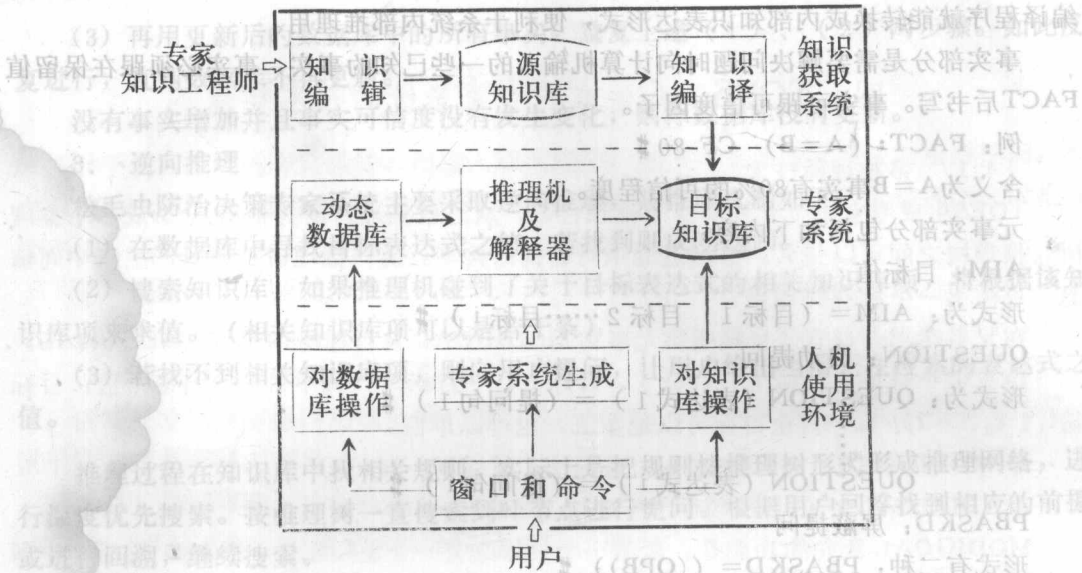


图8 TOES专家系统工具结构图

的。

§ 3.2 TOES 专家系统工具及其系统结构

TOES是一种通用型专家系统工具，由MACRO LISP语言写成，中西文兼用。它包括编译程序、推理机、解释器、动态数据库、交互咨询系统几部分组成，其系统结构如图8，其中编译程序完成知识不同表达形式之间的转换。推理机部分含正向推理和逆向推理，以逆向推理为主。解释器包括跟踪、录入等功能。动态数据库存放推理过程中产生的各种信息，而交互咨询系统则向用户提问，接收用户键入的回答或TOES的命令。

§ 3.3 TOES专家系统工具的知识表示

TOES有两种知识表示形式，一种是面向专家的，这种形式简明易读。另一种是推理机采用的内部知识表示形式，它与LISP语言的特点紧密相关。我们使用时只要将知识按第一种形式写成若干条规则，通过系统的编译程序就能将它转换成内部知识表达形式从而形成系统的知识库。

知识库包括三大部分：规则、事实、元事实。

规则包括规则标号、前提部分及结论部分。前提部分可能含有关系词AND及OR，结论部分可含有关系词AND及可信度因子。

例如：面向专家的一条规则可写成：

```

RULE1: IF  $A_1=B_1$  AND
 $A_2=B_2$  OR
 $A_3=B_3$ 
THEN  $C_1=D_1$  CF 80 #
  
```

其中CF为可信度标志，#是结束符，含义为： $A_1=B_1$ 成立时，在 $A_2=B_2$ 或 $A_3=B_3$ 中有一个成立时，则 $C_1=D_1$ 成立。该规则有80%的可信程度。这样的规则通过系统

编译程序就能转换成内部知识表达形式，便于系统内部推理用。

事实部分是需要解决问题时向计算机输入的一些已知的事实，事实必须跟在保留值 FACT 后书写。事实可跟可信度因子。

例：FACT: (A=B) CF 80 #

含义为 A=B 事实有 80% 的可信程度。

元事实部分包括如下内容：

AIM: 目标值

形式为：AIM = (目标 1 目标 2 目标 i) #

QUESTION: 自动提问

形式为：QUESTION (表达式 1) = (提问句 1) #

QUESTION (表达式 i) = (提问句 i) #

PBASKD: 屏蔽提问

形式有二种：PBASKD = ((QPB)) #

PBASKD = ((屏蔽 A)(屏蔽 B).....) #

前一种为全屏蔽，后一种为局部屏蔽，A、B 为屏蔽项。

MODIGOAL: 目标删除

ADDGOAL: 目标增加

形式为：

MODIGOAL = ((目标值 1 目标 i 目标 j) (目标 2 目标 k 目标 l).....) #

ADDGOAL = ((目标值 1 目标 i 目标 j) (目标 2 目标 k 目标 l).....) #

§ 3.4 TOES 工具的推理

推理机是专家系统的核心。它包括：动态数据库，正反向推理机，可信度的计算，数值计算等部分。

1. 动态数据库

动态数据库主要存放推理前的事实以及推理过程中产生的结论。

动态数据库在 TOES 中被设计成一张表，即数据库内容以表形式存放，充分体现了 LISP 语言的表处理特点。

动态数据库中每项的一般形式为：

((表达式 = 值) 规则号 可信度值)

对事实和结论的增加没有限制数量，存放多少的极限依赖于当前剩下的内存空间的数量。这种存放方式能充分利用内存。

2. 正向推理

正向推理的主要步骤是：

(1) 推理机用已知事实与知识库中的所有规则的前提事实进行匹配。

(2) 把匹配成功的规则的结论部分做为新的事实加到数据库中。

(3) 再用更新后的数据库中的所有事实，重复上述(1)、(2)两步骤。如此反复进行，直到数据库不再更新。

没有事实增加并且事实可信度没有发生变化，则称数据库没有更新。

3. 逆向推理

松毛虫防治决策专家系统主要采取逆向推理，其推理机制如下：

(1) 在数据库中寻找目标表达式之值。若找到则成功返回。

(2) 搜索知识库，如果推理机碰到了关于目标表达式的相关知识库项，将根据该知识库项来求值。(相关知识库项可以是若干条)

(3) 若找不到相关知识库项，则向用户提问，让用户给出当前正在搜索的表达式之值。

推理过程在知识库中找相关规则，实际上是把规则按推理树形式形成推理网络，进行深度优先搜索。按推理树一直搜索到叶节点进行提问。根据用户回答找到相应的前提或进行回溯，继续搜索。

推理过程流程图如上：

启动逆向推理

进入求值过程

数据库中有值吗？
Y → 返回
N → 能找到下一条有关规则吗？

能找到下一条有关规则吗？
Y → 对前提条件求值调求值过程
N → 提问

提问

回答合法吗？
Y → 存入数据库并返回到所调用过程
N → 前提条件求值成功？

前提条件求值成功？
Y → 存入数据库并返回到所调用过程
N → 对前提条件求值调求值过程

存入数据库并返回到所调用过程

4. 可信度计算

TOES含可信度的逆向推理。可信度取值范围为0~100。其中

2. 100 表示完全可信。

20 表示可信的门槛值。

0 表示完全不可信。

在松毛虫防治决策专家系统中，假设事实是完全可信的，防治目标部分的规则我们也给予可信度100。而防治方法、防治时期、施药方法部分由于方法不是唯一的，所以给予可信度90。推理机在推理过程中得出的结论的可信度介于20和100之间，将继续寻找相关规则项，直至所有的规则项都找遍或得出了可信度为100的结论。这样系统就可以给出所有可行的方案，供用户选择。

四、TOES工具生成的专家系统的技术特点

§ 4.1 多推理树技术

TOES生成专家系统允许有多个推理目标,从这些推理目标为根结点形成多个推理树,推理树之间可以交叉。推理过程中对数据库共享。前一推理树推理时产生的中间信息,可被另一个推理树所用。

在元事实部分设立了目标删除元事实MODIGOAL及目标增加元事实ADDGOAL。

设有多个目标:目标 i ,目标 j ,目标 k ,...目标 N ,其中目标 i 有多个值:目标值 $i_1, i_2, \dots, i_j, i_m$...其余目标可以是多值,也可以单值。

令MODIGOAL = ((目标值 i_m 目标 j 目标 N ...)(...))

令ADDGOAL = ((目标值 i_j 目标 k 目标 N ...)(...))

MODIGOAL语句的功能是:若前一个目标的某一个值 i_m 成立,则在多目标表中删去后面的目标,即目标 j ,目标 N

而ADDGOAL语句的意义正好相反,当前一个目标的某一值 i_j 成立,则在多目标表中增加后面的目标,即目标 k ,目标 N 。

例如在松毛虫防治专家系统中,共有五个目标:防治目标、防治方法、防治时期、施药方法、预测值。其中防治目标有三个值:不防治、防治、预测。

令MODIGOAL = ((预测 防治方法 防治时期 施药方法))

则当推论产生“防治目标=预测”时,多目标表立刻修改成(防治目标 预测值)

§ 4.2 规则库与事实库的分离

事实库变化较多,而规则库需要相对稳定。

规则库与事实库的分开,使得我们可以避免重复地进行规则转换,从而大大节省了专家系统的运行时间。

规则库在转换之后以内部形式存放于磁盘中,在以后的专家系统运行过程中,不需要再做转换工作,只须读入即可。TOES给规则库文件指定了文件名:NBFILE.DAT

在实际情况下,由于事实及元事实的不断变化,从而产生新的事实库文件,这时只须转换事实库。从而达到速度快,省时间的目的。

§ 4.3 规则库以多知识源存贮和调用

如将规则库分成多个知识源,则将提高运行速度。规则库分开时的原则:所有目标的规则及中间结点的规则单独形成知识源。

分开之后,知识源的调用由元事实KBSUB来实现。松毛虫防治专家系统的KBSUB

KBSUB = ((防治目标 “FZMB.KB”)

(防治方法 “FZFF.KB”)

(防治时期 “FZSQ.KB”)

(施药方法 “SYFF.KB”)

(预测值 “YCZ.KB”)

(虫口密度 “CKMD.KB”)

32. 陈晓峰 (发生阶段 “FSJD.KB”)

(区域 “QY.KB”))

§ 4.4 屏蔽技术

对于具体领域的专家系统, 当输入事实库后, 如不再需要专家系统向用户提问, 则在TOES中, 可以屏蔽系统向用户提问, 使推理机在无须和用户交互的情况下完成推理过程。

在屏蔽条件下, 分二种情况:

(一) 全屏蔽

PBASKD = ((QPB)) #

该情况使得所有提问均被屏蔽, 推理机用数据库事实及元事实驱动完成推理过程。使用该方式具有很大意义。

(二) 局部屏蔽

PBASKD = ((屏蔽A)(屏蔽B)...) #

该情况使得对表达式A, 表达式B...等等表达式的提问被屏蔽, 而对不在屏蔽表达式之列的其他表达式, 仍然提问。该方式使得屏蔽更为灵活。

§ 4.5 跟踪设施及录入

在打开跟踪之后, 系统的整个推理过程将全部显示在屏幕上, 包括成功的规则, 失败的规则, 事件成立与否, 正在考虑何条规则等等, 使用户对系统推理一目了然, 心中有数。在使用了录入命令之后, 系统将保存整个推理过程, 将推理过程形成一个文本文件存于磁盘中, 用以备考。

五、系统配制及运行

该系统可在IBM/PC机及其兼容机上运行。

硬件配置: 主机、终端、键盘、打印机各一台。

软件配置: DOS 操作系统, CCDOS, MACRO LISP 系统, 专家系统工具程序及马尾松毛虫防治决策专家系统知识库。

系统操作详见“松毛虫综合管理——防治决策专家系统使用说明书”。

六、主要参考文献

1. 傅京孙等 1987 人工智能及其应用 清华大学出版社。
2. 胡动发等 1988 人工智能系统——原理与设计 国防科技大学出版社。
3. 陈文伟等 1988 专家系统(ES)的研制 军事专家系统与人工智能学术讨论会论文。
4. 薛贤清 1986 电脑在林业中的应用。
5. 侯陶谦 1987 中国松毛虫 科学出版社。
6. 李天生等 1987 马尾松毛虫预测预报和防治指标研究 浙江安吉龙山林场马尾松毛虫综合治理技术研究。
7. 葛庆杰等 1987 马尾松毛虫防治指标制定及初步应用研究 南京林业大学学

报1987(2)210~215。

8. 袁荣根等 1985 马尾松毛虫防治指标的探讨 马尾松毛虫综合防治资料汇编
9. 陈桃源 1985 马尾松毛虫防治指标的初步研究 林业科学21(2):210~214。
10. 陈昌洁等 1988 赤松毛虫质型多角体病毒的引进和利用研究 林业科学研究 1988(1):14~23。
11. 李周直等 1987 使用化学农药控制松毛虫危害的研究 南京林业大学学报 1987(1):42~51。
12. 刘清浪等 1986应用马尾松毛虫质型多角体病毒防治松毛虫的研究 病毒学杂志1(4):65~71。
13. 曾陈湘等 1986 马尾松毛虫质型多角体病毒传递及特效观察 昆虫天敌 8(1):18~24。
14. 童新旺、彭建文 1984 提高赤眼蜂生活力及放蜂治虫效果的研究。
15. 杭和根 1987 应用赤眼蜂防治马尾松毛虫的效果 江苏林业科技 1987(2) 34~35。
16. 彭建文等 1985 封山育林对控制松毛虫虫灾机制的研究。
17. 周鼎英、孙明稚等 1987 马尾松毛虫生态区类型及其防治措施 马尾松毛虫综合防治技术研究资料汇编。
19. 王向学、宋运堂 1988 马尾松毛虫寄生天敌与其寄至数量变动关系的初步研究。
20. 何俊华等 1987 马尾松毛虫天敌调查及其消长关系研究 马尾松毛虫综合防治技术研究资料汇编。
21. 谈迎春等 1987 龙山林区天敌对马尾松毛虫抑制作用的研究 浙江安吉龙山林区马尾松毛虫综合防治技术研究。
22. 孙锡麟等 1987 龙山林场应用松毛虫赤眼蜂防治马尾松毛虫研究。
23. 关大成等 1987 应用电子计算机进行马尾松毛虫预测预报技术研究 马尾松毛虫综合防治技术研究。
24. 赵清山 1981 马尾松毛虫发生动态和大发生预测预报的初步研究 林业科学 17(2):123~133。
25. 雷光春 1987 马尾松毛虫种群动态的相图分析 林业科学 V01.23(4)
26. 李运帷、杨嘉寰 森林环境与害虫白僵病的流行。
27. 王淑芬、高丙利 1988 松毛虫白僵病林间流动动态研究。
28. 王淑芬、高丙利 1988 白僵菌和马尾松毛虫种群相互作用的动力学研究。
29. 李天生等 1981 马尾松毛虫空间分布型及其在实践中的应用 林业科学 17(4) 343~350。
30. 王淑芬等 1983 马尾松毛虫空间分布型及其抽样技术研究 中南林学院学报 3(1)28~42。
31. 李天生等 1987 马尾松毛虫危害程度与马尾松毛虫积生长率之间关系的模拟试验 林业科学 V01.23(1) 29~35。

32. 陈晓峰 1988 马尾松毛虫种群动态研究及为害损失分析 研究生论文。
33. 李天生等 1988 马尾松毛虫卵块、幼虫简易调查及序贯抽样检定防治指标方法 森林病虫通讯 1988(1) 29~32。
34. 龚跃进 1987 应用3Y-35型烟雾机防治马尾松毛虫 浙江林业科技。
35. 吴敬等 1983 马尾松毛虫消长预报和数量化模型 林业科学19(1):39~45。
36. 廖沛民 1987 对松毛虫防治工作的几点看法 柳州林业科技 总第6期。
37. 杨光森 1987 郴州市郊松毛虫连续几年防治成效 郴州林业科技 总14期。
38. 湖南省森保局等 A1型超轻型飞机超低容量喷洒溴氰菊脂防治松毛虫试验初报 松毛虫综合防治试点工程材料。
39. 邵阳市与马尾松毛虫综合防治工程工作总结报告 松毛虫综合防治试点工程材料 1988。
40. 杜增庆等 1987 马尾松毛虫综合防治协调应用技术研究报告 马尾松毛虫综合防治资料汇编。
41. 袁荣根等 1988 利用繁殖量指标预测马尾松毛虫种群趋势和为害程度的分析 浙江林业科技 8(3):28~31。
42. Paul Harmon, David King, 1985 EXPert System.
43. Ware Myers 1986 Introduction to EXpert Systems IEEE EXPERT SPRING 1986。
44. L. Johnson Expert systems technology.