

第 10 章 专家系统



第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

第10章 专家系统

- ✓ 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.1 专家系统的产生和发展

- 第一阶段：初创期（20世纪60年代中期—20世纪70年代初）
 - DENDRAL系统（1968年，斯坦福大学费根鲍姆等人）——推断化学分子结构的专家系统
 - MYCSYMA系统（1971年，麻省理工学院）——用于数学运算的数学专家系统
- 特点：高度的专业化。
 - 专门问题求解能力强。
 - 结构、功能不完整。
 - 移植性差。
 - 缺乏解释功能。

10.1 专家系统的产生和发展

- 第二阶段: 成熟期（20世纪70年代中期— 20世纪80年代初）
 - **MYCIN系统**（斯坦福大学）——血液感染病诊断专家系统
 - **PROSPECTOR系统**（斯坦福研究所）——探矿专家系统
 - **CASNET系统**（拉特格尔大学）：用于青光眼诊断与治疗。
 - **AM系统**（ 1981年，斯坦福大学）：模拟人类进行概括、抽象和归纳推理，发现某些数论的概念和定理。
 - **HEARSAY系统**（卡内基—梅隆大学）——语音识别专家系统

10.1 专家系统的产生和发展

● 第二阶段: 成熟期 (20世纪70年代中期— 20世纪80年代初)

■ 特点:

- (1) 单学科专业型专家系统。
- (2) 系统结构完整, 功能较全面, 移植性好。
- (3) 具有推理解释功能, 透明性好。
- (4) 采用启发式推理、不精确推理。
- (5) 用产生式规则、框架、语义网络表达知识。
- (6) 用限定性英语进行人一机交互。

10.1 专家系统的产生和发展

- 第三阶段：发展期（20世纪80年代至今）

- 专家系统XCON（DEC公司、卡内基—梅隆大学）：为VAX计算机系统制订硬件配置方案。
- 专家系统开发工具：
 - 骨架系统：EMYCIN、KAS、EXPERT 等。
 - 通用型知识表达语言：OPS5 等。
 - 专家系统开发环境：AGE 等。

10.1 专家系统的产生和发展

- 第三阶段：发展期（20世纪80年代至今）

- 我国研制开发的专家系统：

- 施肥专家系统（中国科学院合肥智能机械研究所）
- 新构造找水专家系统（南京大学）
- 勘探专家系统及油气资源评价专家系统（吉林大学）
- 服装剪裁专家系统及花布图案设计专家系统（浙江大学）
- 关幼波肝病诊断专家系统（北京中医学院）

第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- ✓ 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.2 专家系统的概念

- 10.2.1 专家系统的定义和组成
- 10.2.2 专家系统的特点
- 10.2.3 专家系统的类型
- 10.2.4 专家系统的应用

10.2 专家系统的概念

- 10.2.1 专家系统的定义和组成
- 10.2.2 专家系统的特点
- 10.2.3 专家系统的类型
- 10.2.4 专家系统的应用

10.2.1 专家系统的定义和组成

1. 定义

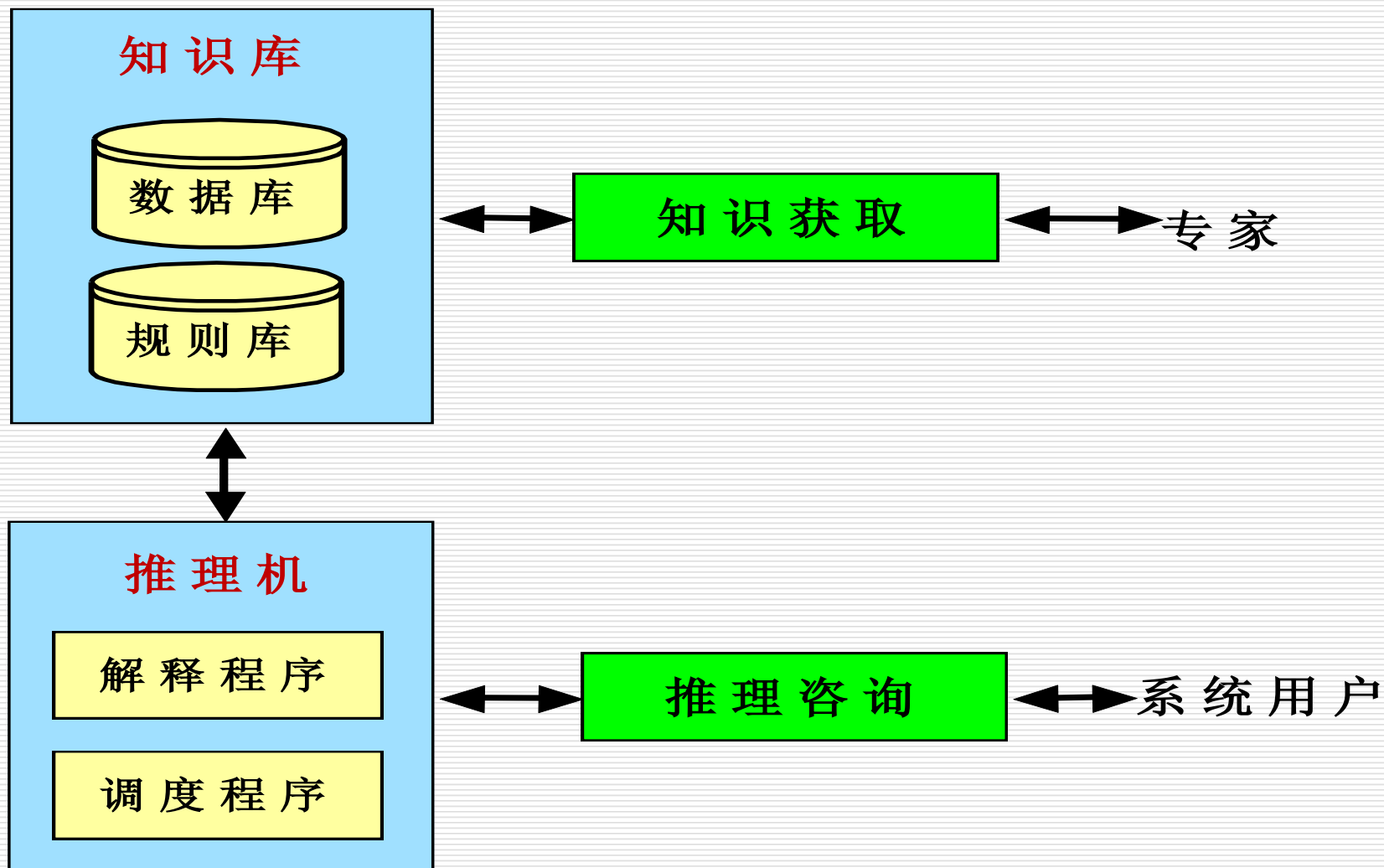
■ 费根鲍姆（E. A. Feigenbaum）：

“专家系统是一种智能的计算机程序，它运用知识和推理来解决只有专家才能解决的复杂问题。”

■ 专家系统：一类包含知识和推理的智能计算机程序。

10.2.1 专家系统的定义和组成

2. 专家系统的基本组成



10.2 专家系统的概念

- 10.2.1 专家系统的定义和组成
- 10.2.2 专家系统的特点
- 10.2.3 专家系统的类型
- 10.2.4 专家系统的应用

10.2.2 专家系统的特点

(1) 具有专家水平的专业知识。

(2) 能进行有效的推理。

(3) 启发性。

(4) 灵活性。

(5) 透明性。

(6) 交互性。

一个计算机程序系统的透明性：系统自身及其行为能被用户所理解。

10.2.2 专家系统的特点

□ 专家系统与传统程序的比较

(1) 编程思想:

传统程序 = 数据结构+算法

专家系统 = 知识+推理

(2) 传统程序: 关于问题求解的知识隐含于程序中。

专家系统: 知识单独组成知识库, 与推理机分离。

(3) 处理对象:

传统程序: 数值计算和数据处理。

专家系统: 符号处理。

10.2.2 专家系统的特点

□ 专家系统与传统程序的比较

(4) 传统程序：不具有解释功能。

专家系统：具有解释功能。

(5) 传统程序：产生正确的答案。

专家系统：通常产生正确的答案，有时产生错误的答案。

例如：AlphaGo对决李世石的第4局中，犯了连小学生都不会犯的错误。

(6) 系统的体系结构不同。

10.2 专家系统的概念

- 10.2.1 专家系统的定义和组成
- 10.2.2 专家系统的特点
- 10.2.3 专家系统的类型
- 10.2.4 专家系统的应用

10.2.3 专家系统的类型

专家类型种类	解 决 的 问 题	代表性的专家系统
解 释	根据感知数据推理情况描述	DENDRAL、PROSPECTOR
<u>诊</u> 断	根据观察结果推理系统是否有保障	MYCIN、CASNET、PUFF、PIP、 DART
预 测	指导给定情况可能产生的后果	PLANT/ <u>ds</u> 、I&W、TYT
设 计	根据给定的要求进行相应的设计	XCON、KBVLSI
<u>规</u> 划	设计动作	NOAH、SECS、TATR
控 制	控制整个系统的行为	YES/MVS
监 督	比较观察结果和期望结果	REACTOR
修 理	执行计划来实现规定的扑救措施	ACE、DELTA
教 学	诊断、调整、修改学生行为	GUIDON
调 试	建议故障的扑救措施	TIMM/TUNER

10.2 专家系统的概念

- 10.2.1 专家系统的定义和组成
- 10.2.2 专家系统的特点
- 10.2.3 专家系统的类型
- 10.2.4 专家系统的应用

10.2.4 专家系统的应用

领 域	系 统	功 能
医学	MYCIN CASNET PIP INTERNIST PUFF ONCOCIN VM	细菌感染性疾病诊断和治疗 青光眼的诊断和治疗 肾脏病诊断 内科病诊断 肺功能试验结果解释 癌症化学治疗咨询 人工肺心机监控
地质学	PROSPECTOR DIPMETER ADVISOR DRILLING ADVISOR MUD HYDRO ELAS	帮助地质学家评估某一地区的矿物储量 油井记录分析 诊断和处理石油钻井设备的“钻头粘着”问题 诊断和处理同钻探泥浆有关的问题 水源总量咨询 油井记录解释
计算机系统	DART RIXCON YES/MVS PTRANS IDT	计算机硬件系统故障诊断 配置 VAX 计算机 监控和控制 MVS 操作系统 管理 DEC 计算机系统的建造和配置 定位 PDP 计算机中有缺陷的单元

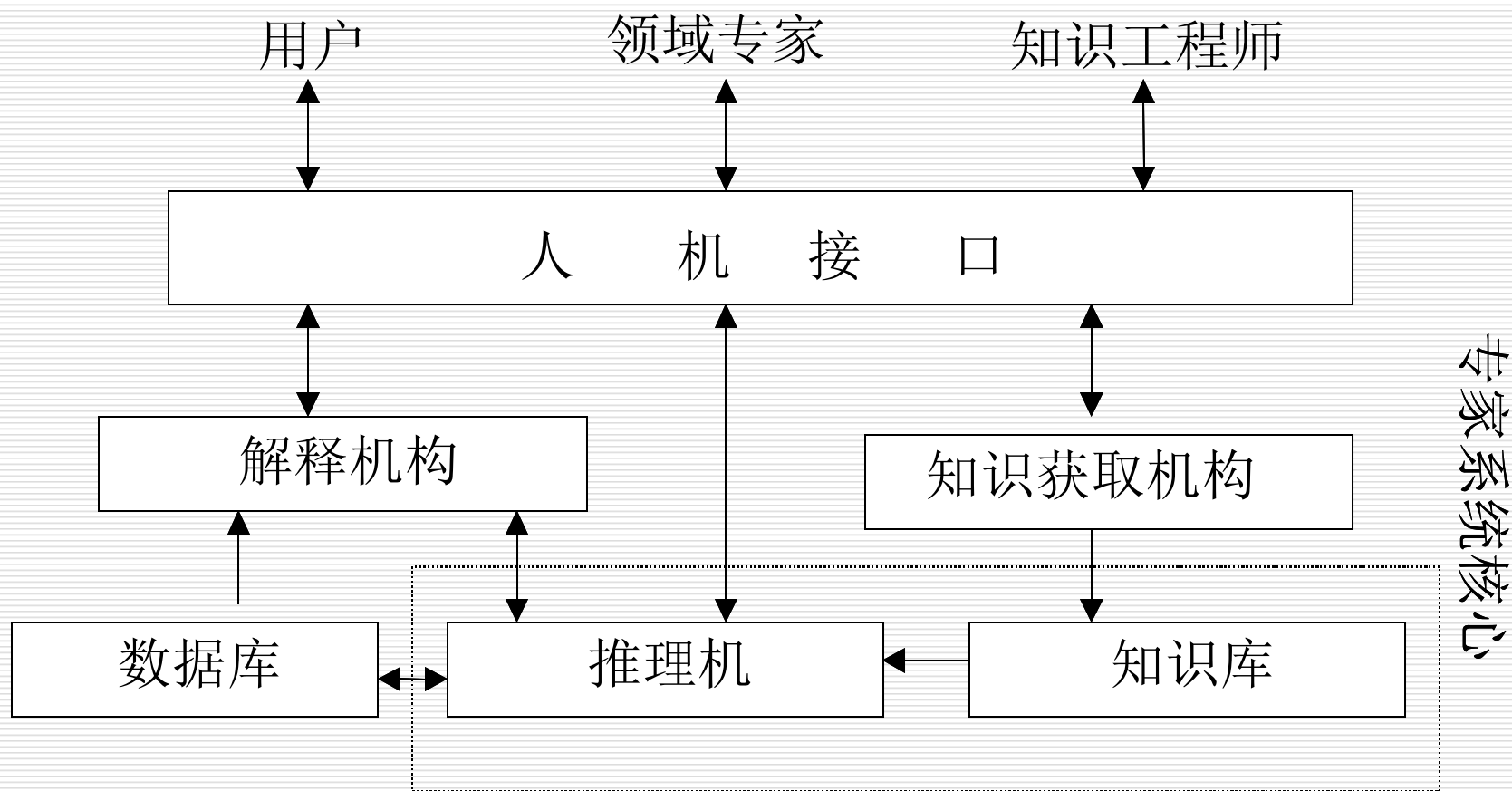
10.2.4 专家系统的应用

化学	DENDRAL MOLGEN CRYSTALS SECS SPEX	根据质谱数据来推断化合物的分子结构 DNA 分子结构分析和合成 通过电子云密度图推断一个蛋白质的三维结构 帮助化学家制定有机合成规划 帮助科学家设计复杂的分子生物学的实验
数学	MACSYMA AM	数学问题求解 从基本的数学和集合论中发现概念
工程	SACON DELTA REACTOR	帮助工程师发现结构分析问题的分析策略 帮助识别和排除机车故障 帮助操作人员检测和处理核反应堆事故
军事	AIRPLAN HASP TATR RTC	用于航空母舰周围的空中交通运输计划的安排 海洋声纳信号识别和舰艇跟踪 帮助空军制定攻击敌方机场的计划 通过解释雷达图像进行舰船分类

第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- ✓ 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.3 专家系统的工作原理



专家系统的一般结构

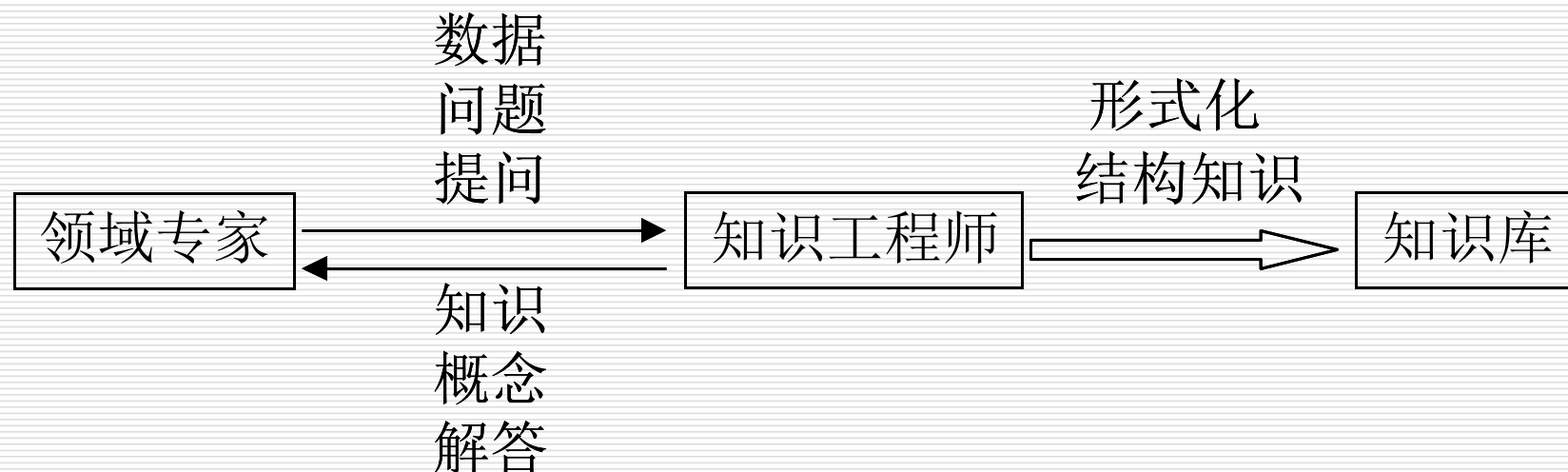
第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- ✓ 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.4 知识获取的主要过程与模式

10.4.1 知识获取的过程

抽取知识、知识的转换、知识的输入、知识的检测。

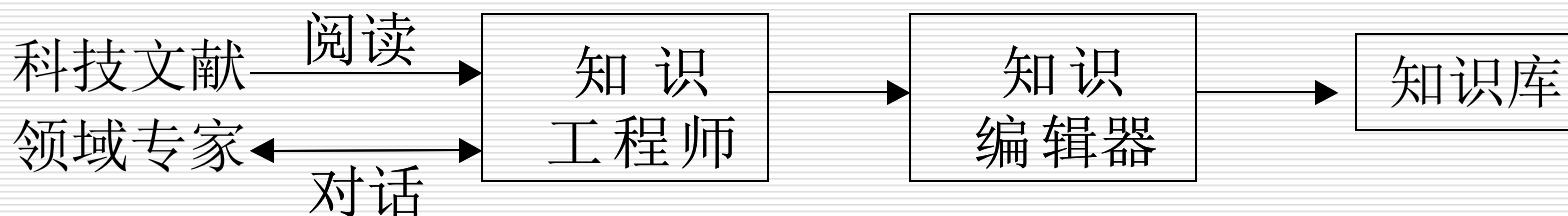


知识获取的过程

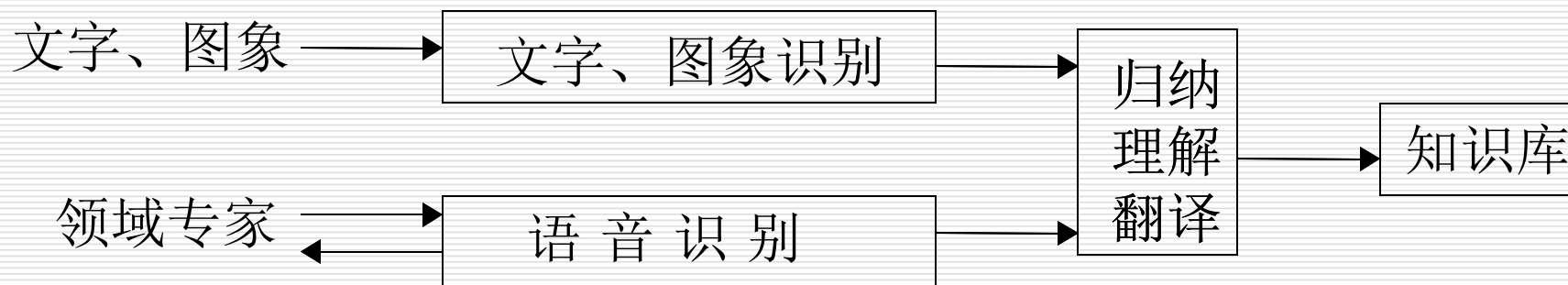
10.4 知识获取的主要过程与模式

10.4.2 知识获取的模式

非自动知识获取、自动知识获取、半自动知识获取。



非自动化知识获取



自动知识获取

第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- ✓ 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.5 专家系统的建立

- 10.5.1 适合于专家系统求解的问题
- 10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤
- 10.5.3 专家系统的评价

10.5 专家系统的建立

- 10.5.1 适合于专家系统求解的问题
- 10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤
- 10.5.3 专家系统的评价

10.5.1 适合于专家系统求解的问题

□ 如何选择适合专家系统开发的问题——威特曼 (Waterman)

- 什么情况下开发专家系统是可能的？
- 什么情况下开发专家系统是合理的？
- 什么情况下开发专家系统是合适的？

10.5.1 适合于专家系统求解的问题

1. 什么情况下开发专家系统是可能的？

- (1) 主要依靠经验性知识，不需运用大量常识性知识就可解决的任务。
- (2) 存在真正的领域专家。
- (3) 有明确的开发目标，且任务不太难实现。

10.5.1 适合于专家系统求解的问题

2. 什么情况下开发专家系统是合理的？

- (1) 具有较高的经济效益。
- (2) 人类专家奇缺，但在许多地方又十分需要。
- (3) 人类专家经验不断丢失。
- (4) 危险场合需要专业知识。

10.5.1 适合于专家系统求解的问题

3. 什么情况下开发专家系统是合适的？

- (1) 本质：问题能通过符号操作和符号结构进行求解，
且需使用启发式知识、经验规则才能得到答案。
- (2) 复杂性。
- (3) 范围：所选任务的大小可驾驭、任务有实用价值。

10.5 专家系统的建立

- 10.5.1 适合于专家系统求解的问题
- 10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤
- 10.5.3 专家系统的评价

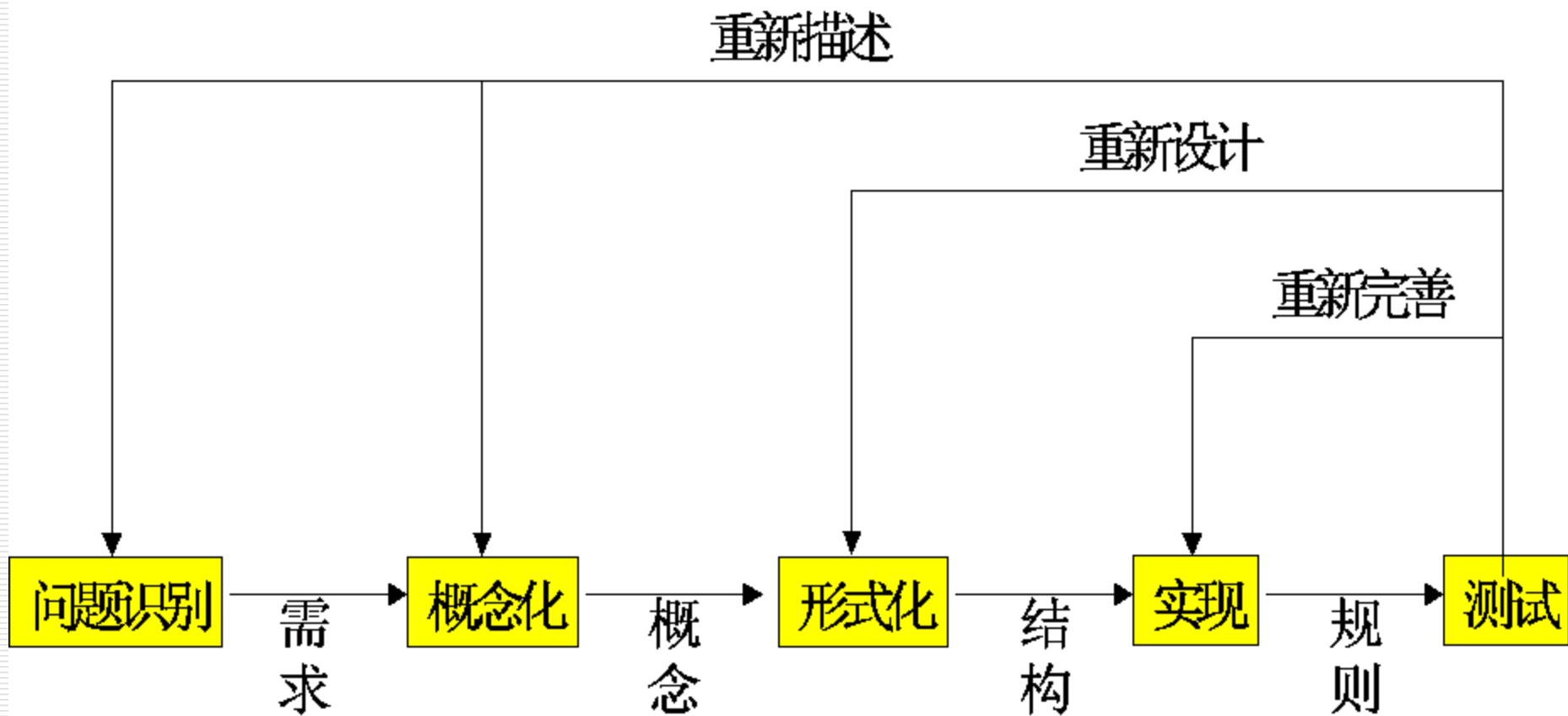
10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤

1. 专家系统的设计原则

- (1) 专门的任务
- (2) 专家合作
- (3) 原型设计
- (4) 用户参与
- (5) 辅助工具
- (6) 知识库与推理机分离

10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤

2. 专家系统的开发步骤



10.5 专家系统的建立

- 10.5.1 适合于专家系统求解的问题
- 10.5.2 专家系统的设计原则与开发步骤
- 10.5.3 专家系统的评价

10.5.3 专家系统的评价

1. 正确性

- (1) 系统设计的正确性:

- 系统设计思想的正确性。
- 系统设计方法的正确性。
- 设计开发工具的正确性。

- (2) 系统测试的正确性:

- 测试目的、方法、条件的正确性。
- 测试结果、数据、记录的正确性。

10.5.3 专家系统的评价

1. 正确性

- （3）系统运行的正确性：
 - 推理结论、求解结果、咨询建议的正确性。
 - 推理解释及可信度估算的正确性。
 - 知识库知识的正确性。

10.5.3 专家系统的评价

2. 有用性

- (1) 推理结论、求解结果、咨询建议的有用性。
- (2) 系统的知识水平、可用范围、易扩展性、易更新性等。
- (3) 问题的求解能力，可能场合和环境。
- (4) 人机交互的友好性。
- (5) 运行可靠性、易维护性、可移植性。
- (6) 系统的经济性。

第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取的主要过程与模式
- 10.5 专家系统的建立
- ✓ 10.6 专家系统实例
- 10.7 专家系统的开发工具

10.6 专家系统实例

- 10.6.1 医学专家系统——MYCIN
- 10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

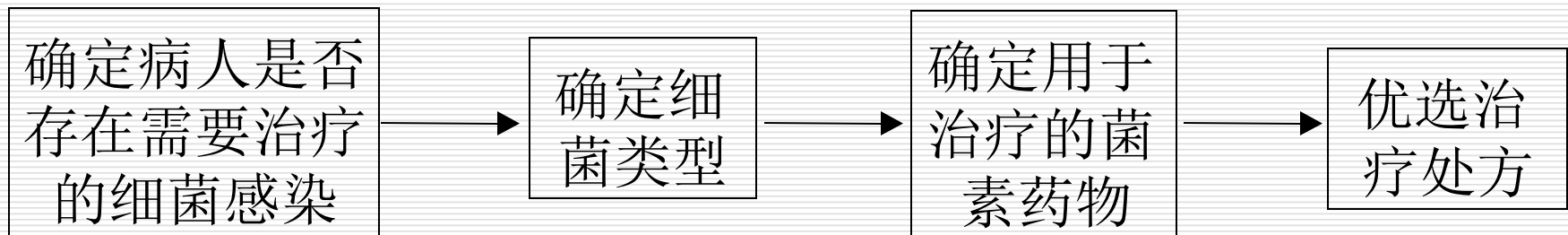
10.6 专家系统实例

- 10.6.1 医学专家系统——MYCIN
- 10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

1. 系统结构

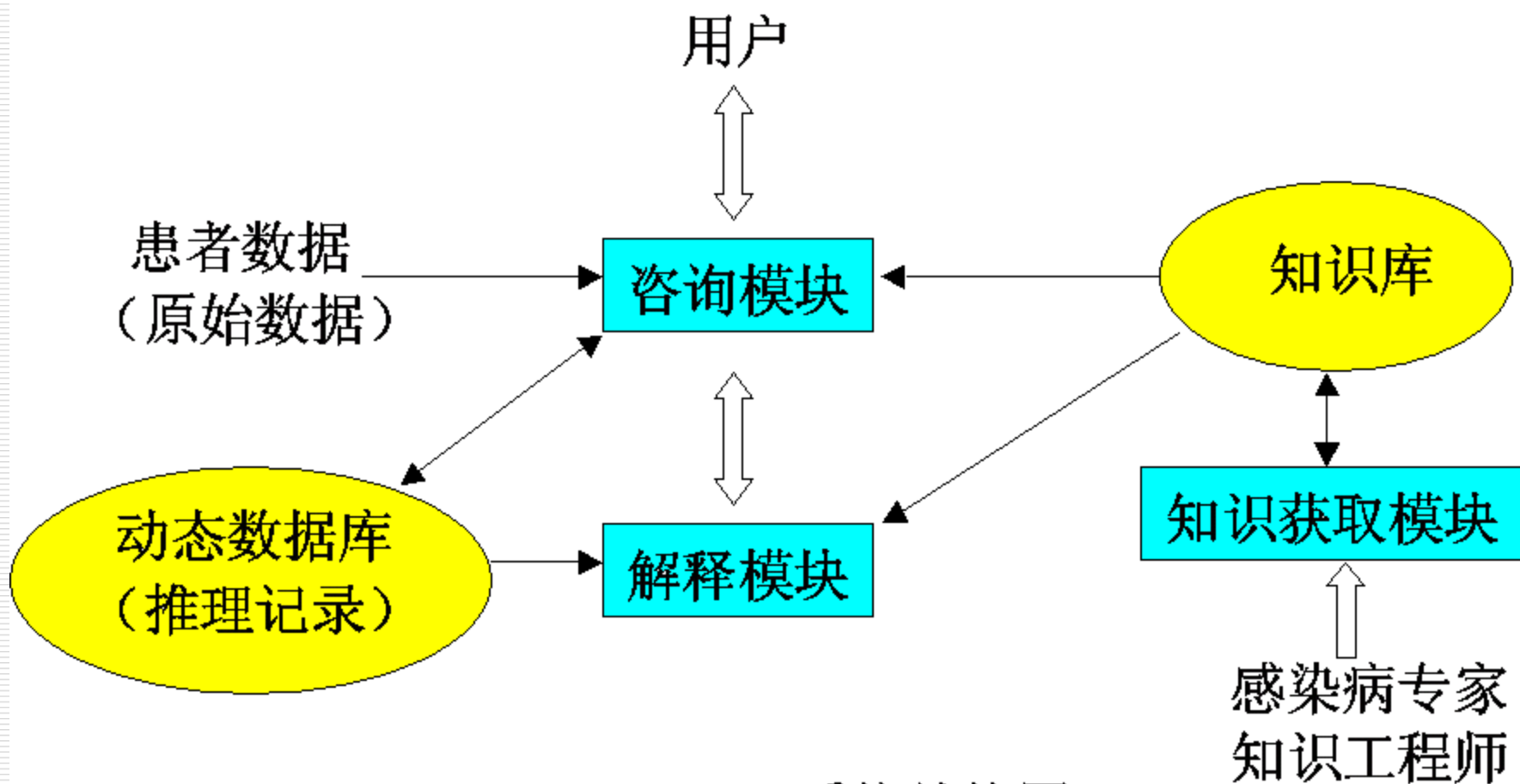
- ❑ MYCIN系统由斯坦福大学1972年开始建造，1978年最终完成。
- ❑ 系统用INTER LISP语言编写。
- ❑ 知识库有二百多条规则，可识别51种病菌，正确处理23种抗生素。



MYCIN系统的咨询过程

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

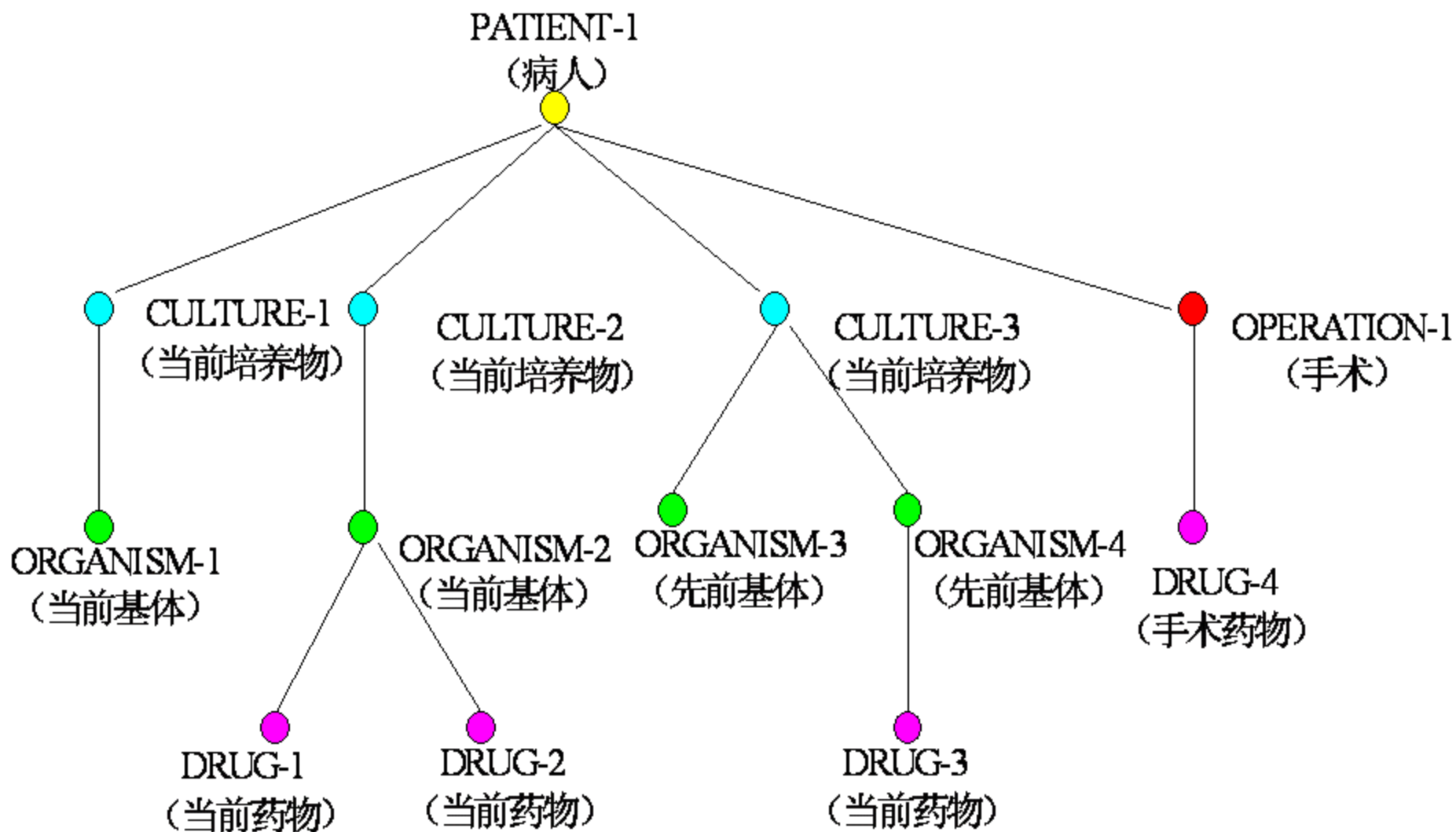
1. 系统结构



MYCIN系统结构图

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

2. 数据表示：上下文树（context tree）



10.6.1 医学专家系统——MYCIN

3. 知识表示

(1) 领域知识的表示：产生式规则。

■ **RULE 064** 如果：有机体染色是革兰氏阳性，

且 是有机形态是球状的，

且 有机体的生长结构呈链状，

则：存在证据表明该有机体为链球菌类，可信度为0.7。

■ **RULE 064**

PREMISE: (\$ **AND** (SAME **CNTXT** STALN GRAMPOS)

(SAME **CNTXT** MORPH COCCUS)

(SAME **CNTXT** CONFORM CHAINS))

ACTION: (**CONCLUDE** **CNTXT IDENT** STREPTO COCCUS **TALLY.7**)

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

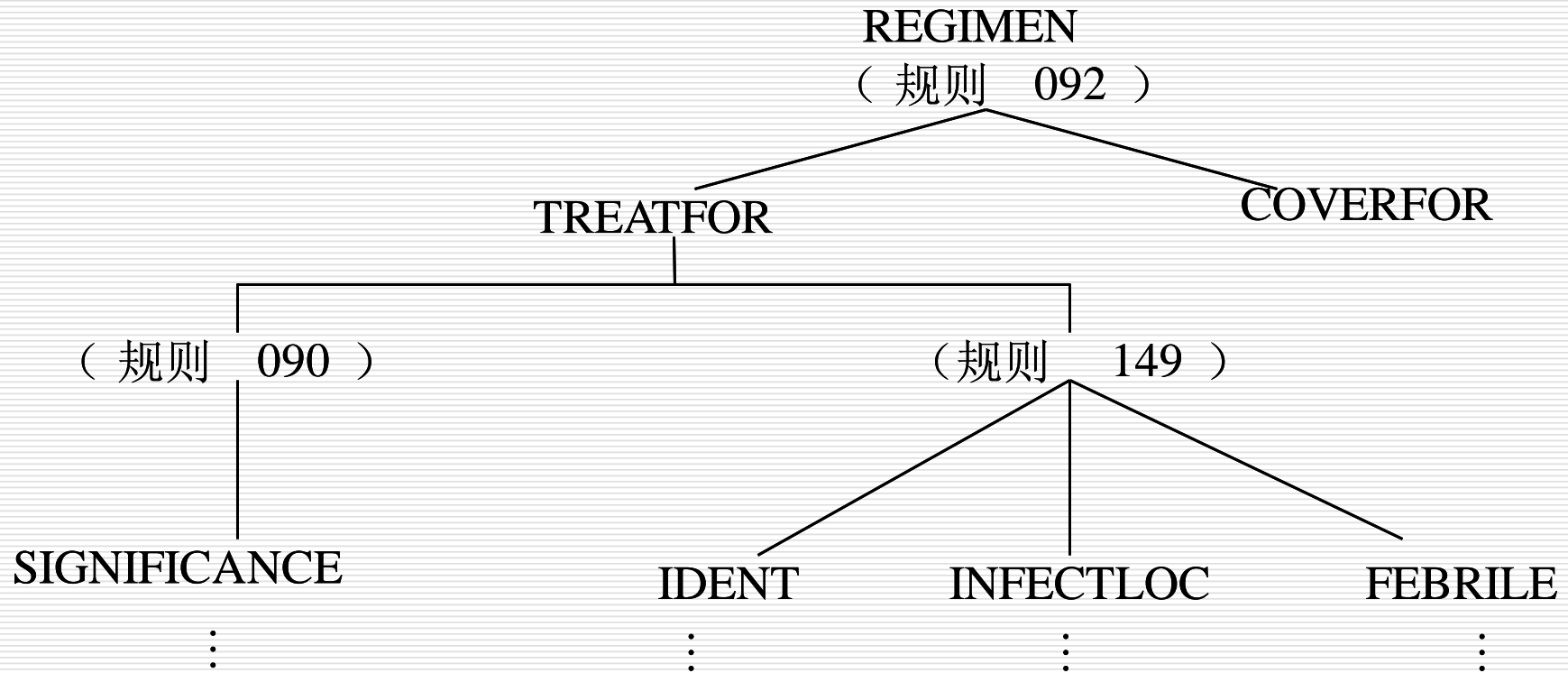
3. 知识表示

(2) 临床参数的表示

- 临床参数：三元组（上下文树、属性、值）
- 例：三元组（机体-1，形态，杆状）
三元组（机体-1，染色体，革兰氏阴性）
- 临床数据：单值、是非值、多值。
- MYCIN系统有65个临床参数，按照其相对应的上下文分类。

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

4. 推理策略：反向推理、深度优先的搜索策略



关于病人的上下文树

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

4. 推理策略

- **MYCIN系统**：通过两个子程序**MONITOR**和**FINDOUT**完成整个咨询和推理过程。
- **MONITOR**：分析规则的前提条件是否满足，以决定拒绝该规则还是采用该规则，并将每次鉴定一个前提后的结果记录在动态数据库中。
- **FINDOUT**：检查**MONITOR**所需要的参数，它可能已在动态数据库中，也可以通过用户提问获取。

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

5. 治疗方案选择

- (1) 生成可能的“治疗方案表”

例如: IF 细菌的特征是 *Pseudomonas*

THEN 建议在下列药物中选择治疗:

colistin (0.98)

polynyxin (0.96)

gentamicin (0.96)

carbenicillin (0.96)

sulfisoxazole (0.96)

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

5. 治疗方案选择

- （2） 选择用药配方
 - 该药物对细菌治疗的有效性。
 - 该药物是否已用过。
 - 该药物的副作用。

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

6. 知识获取

- (1) 告诉专家新建立的规则的名字（规则序号）。
- (2) 逐条获取前提，并从英文翻译成LISP表达。
- (3) 逐条获取结论动作，也从英文翻译为LISP表达。
- (4) 用LISP-english子程序将规则翻译成英语，显示给专家。
- (5) 提问专家是否同意这条翻译的规则；如果规则不正确，专家进行修改并回到步骤 (4)。

10.6.1 医学专家系统——MYCIN

6. 知识获取

- (6) 检查新规则与其他旧规则之间的矛盾。
- (7) 如果有必要，可调用辅助分类规则对新规则分类。
- (8) 把规则加入**LOOKHEAD**表。
- (9) 把规则加入**CONTAIED-IN**表、**UPDATED-BY**表。
- (10) 告诉专家系统新规则已是规则库中的一部分了。

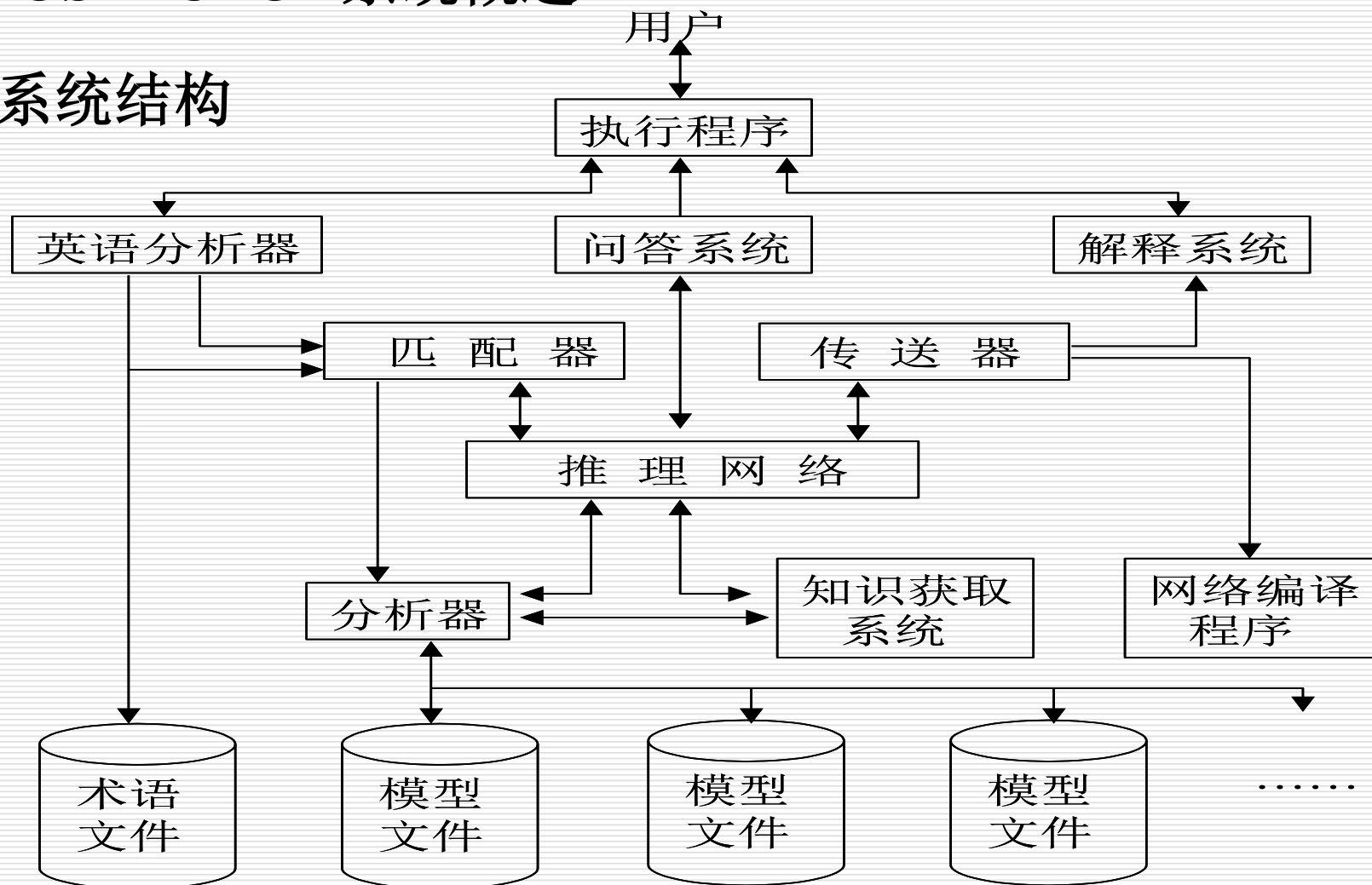
10.6 专家系统实例

- 10.6.1 医学专家系统——MYCIN
- 10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

1. PROSPECTOR系统概述

■ (1) 系统结构



PROSPECTOR系统的总体结构

10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

1. PROSPECTOR系统概述

■ (1) 系统结构

- **模型文件（模型知识库）**：12个模型文件，表达成推理规则网络，共有1100多条规则。规则的前提是地质勘探数据，结论的前提是推理得出的地质假设如矿床分类、含量、分布等。
- **术语文件（术语知识库）**：有400种岩石、地质名字地质年代和在语义网络中用的其他术语。
- **分析器**：将模型文件转换成系统内部的推理网络。
- **推理网络**：具有层次结构的与/或树，将勘探数据和有关地质假设联系起来，进行从顶到底的逐级推理，上一级的结论作为下一级的证据，直到结论可由勘探数据直接证实的端结点为止。

10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

1. PROSPECTOR系统概述

■ (1) 系统结构

- **匹配器**：用于语义网络匹配。
- **传送器**：用于修正推理网络中模型空间状态变化的概率值。
- **英语分析器**：对用户以简单的英语陈述句输入的信息进行分析，并变换到语义网络上。
- **问答系统**：检查推理网络的推理过程及模型的运行情况，用户可以随时对系统进行查询，系统也可以对用户提出问题，要求提供勘探证据。
- **知识获取系统**：获取专家知识，增删、修改推理网络。

10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

1. PROSPECTOR系统概述

■ (1) 系统结构

- **网络编译程序**：通过钻井定位模型，根据推理结果，编制钻井井位选择方案，输出图像信息。
- **解释系统**：对用户解释有关结论和断言的推理过程、步骤和依据。
- **知识获取系统**：获取专家知识，增删、修改推理网络。

■ (2) 系统的功能

- (1) 勘探结果评价。
- (2) 矿区勘探评测。
- (3) 编制井位计划。

10.6.2 地质勘探专家系统——PROSPECTOR

2. 推理网络

- 推理网络：一个矿床模型经编码而成的网络，把探区证据和一些重要地质假设连接成一个有向图。

- 推理方法：

- (1) 似然推理：根据 Bayes 原理的概率关系进行推理，用“似然率”表示规则的强度。
- (2) 逻辑推理：基于布尔逻辑关系的推理。
- (3) 上、下文推理：基于上、下文语义关系的推理。

第10章 专家系统

- 10.1 专家系统的产生和发展
- 10.2 专家系统的概念
- 10.3 专家系统的工作原理
- 10.4 知识获取
- 10.5 专家系统的建立
- 10.6 专家系统实例
- ✓ 10.7 专家系统的开发工具

10.7 专家系统的开发工具

- 10.7.1 骨架系统
- 10.7.2 通用型知识表达语言
- 10.7.3 专家系统开发环境
- 10.7.4 专家系统程序设计语言

10.7 专家系统的开发工具

- 10.7.1 骨架系统
- 10.7.2 通用型知识表达语言
- 10.7.3 专家系统开发环境
- 10.7.4 专家系统程序设计语言

10.7.1 骨架系统

1. EMYCIN系统

- EMYCIN系统的功能：

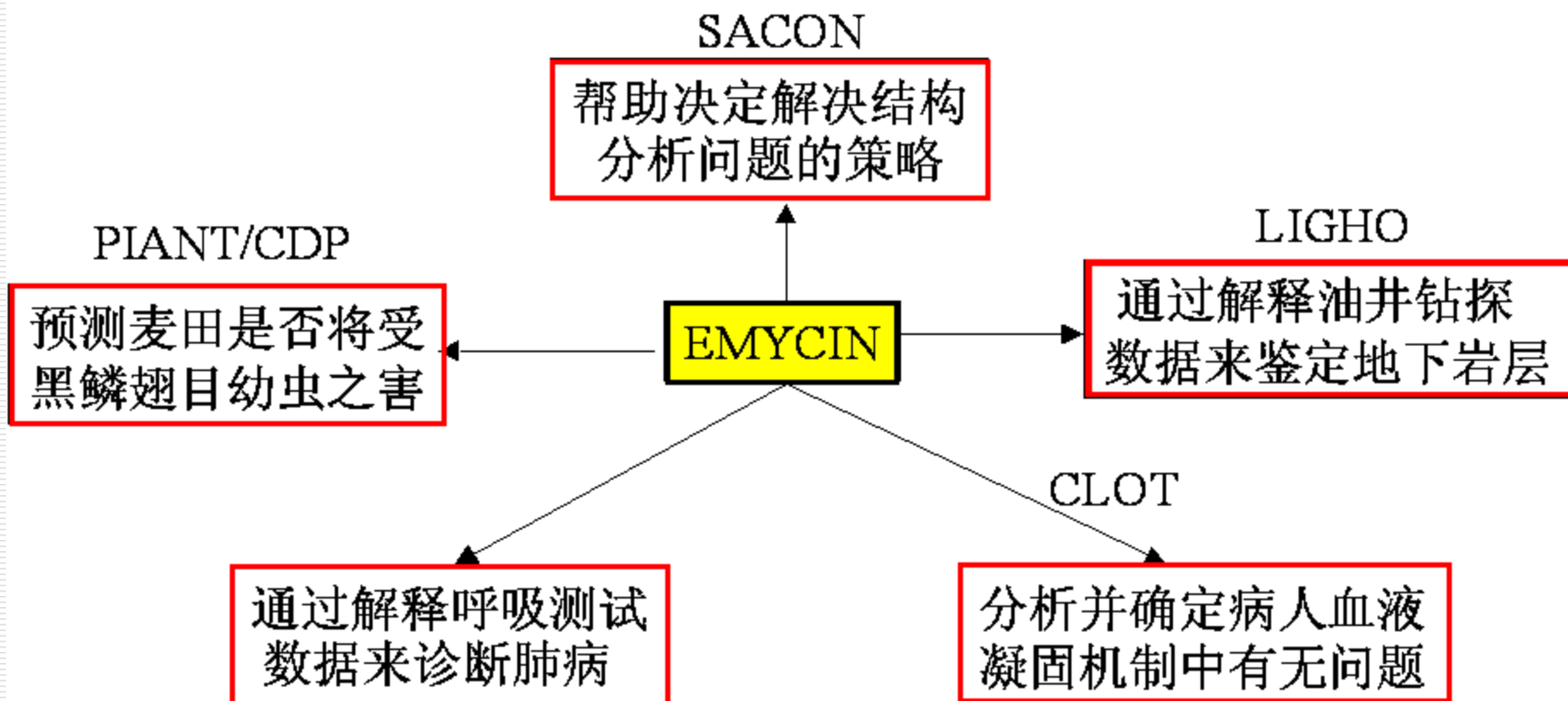
- (1) 解释程序。
- (2) 知识编辑程序及类英语的简化会话语言。
- (3) 知识库管理和维护手段。
- (4) 跟踪和调试功能。

- EMYCIN系统的工作过程：

- (1) 专家系统建立过程。
- (2) 咨询过程。

10.7.1 骨架系统

1. EMYCIN系统



EMYCIN系统的应用

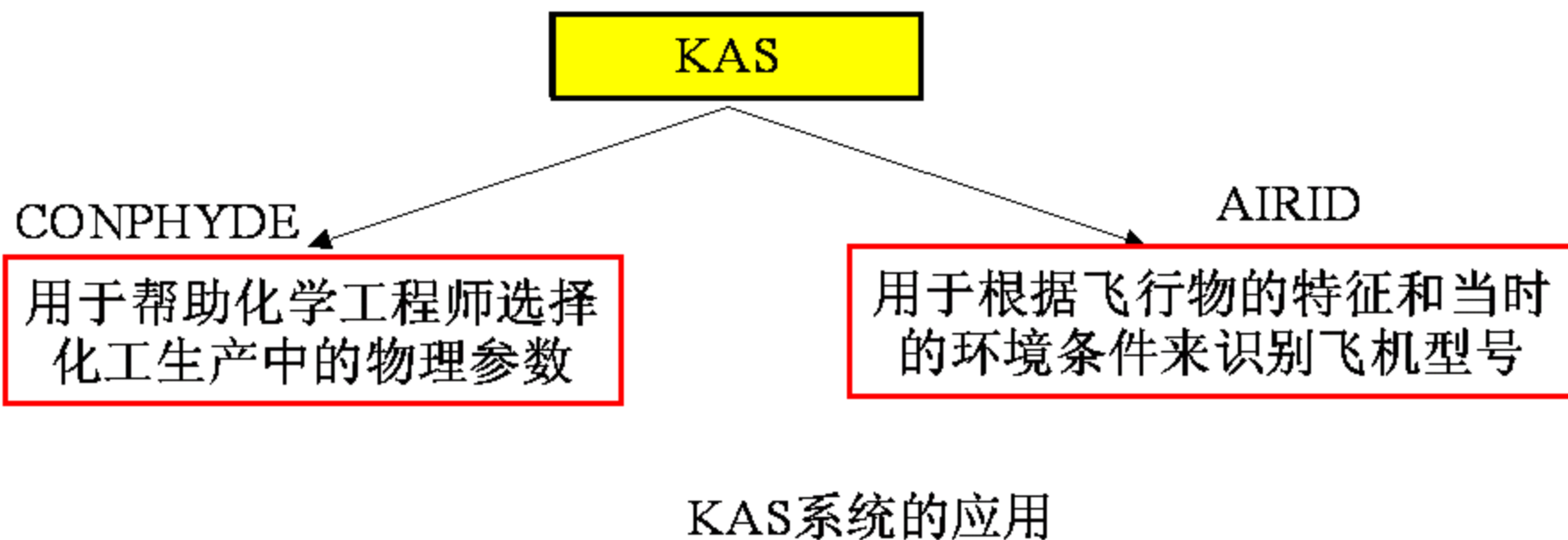
10.7.1 骨架系统

2. KAS系统

- **KAS系统**：由PROSPECTOR系统抽去原有的地质勘探知识而形成的，适用于开发解释型专家系统。
- **KAS系统**：采用产生式规则和语义网络相结合的知识表达方法及启发式正反向混合推理控制策略。
- **网络编辑程序**：把用户输入的信息转化为相应的语义网络，并检测语法错误和一致性等。
- **网络匹配程序**：分析任意两个语义网络之间的关系，是否具有等价、包含、相交等关系，从而决定是否匹配，同时检测知识库中的知识是否存在矛盾、冗余等。

10.7.1 骨架系统

2. KAS系统



10.7.1 骨架系统

3. EXPERT系统

- **EXPERT系统**：威斯（Weiss）、库里科斯基（Kulikowski）等人在CASNET系统（青光眼诊断系统）等的基础上于1981年设计完成的一个骨架系统，适用开发诊断和分类型专家系统。

- **EXPERT系统的知识**由假设、事实和决策规则三部分组成。
 - **事实**：有待观察、测量和确定的证据。
 - **假设**：由系统推出来的结论。
 - **规则**：描述事实和假设之间的逻辑关系。

10.7.1 骨架系统

3. EXPERT系统

- **FF规则**：从事实到事实的规则。

$F(M, T) \rightarrow F(PREGP, F)$ ：如果 M 为真，则 $PREGP$ 为假

- **FH规则**：从事实到假设的规则。

$F(A, T) \& F(B, F) \& [1: F(C, T), F(D, F)] \rightarrow H(E, 0.5)$

- **HH规则**：从假设到假设的规则。

$H(A, 0.2:1) \& H(B, 0.1:1) \rightarrow H(C, 1)$

10.7.1 骨架系统

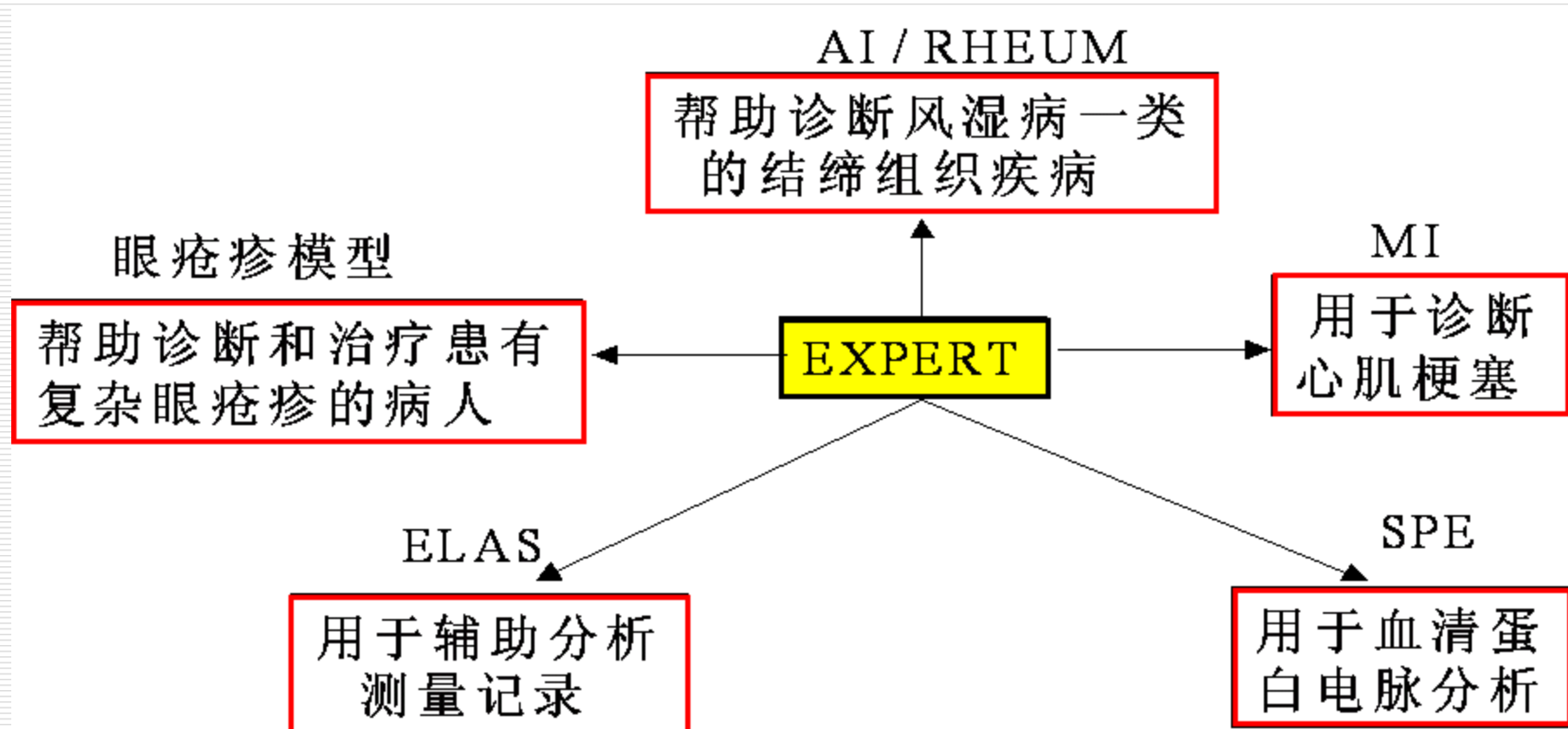
3. EXPERT系统

■ 推理过程：

- (1) 由事实对所有的FF规则进行推理。
- (2) 从已有的事实出发，检查所有的FH规则，如果其左部为真，就将其右部的假设存入集合PH中。
- (3) 置集合DH为空。
- (4) 从已有事实出发，检查所有的HH规则的上下文。
- (5) 按假设所形成的推理网络进行推理。
- (6) 对假设的选择除可按上述方法选择可信度最大的外，还设置了评分函数。

10.7.1 骨架系统

3. EXPERT系统



EXPERT系统的应用

10.7 专家系统的开发工具

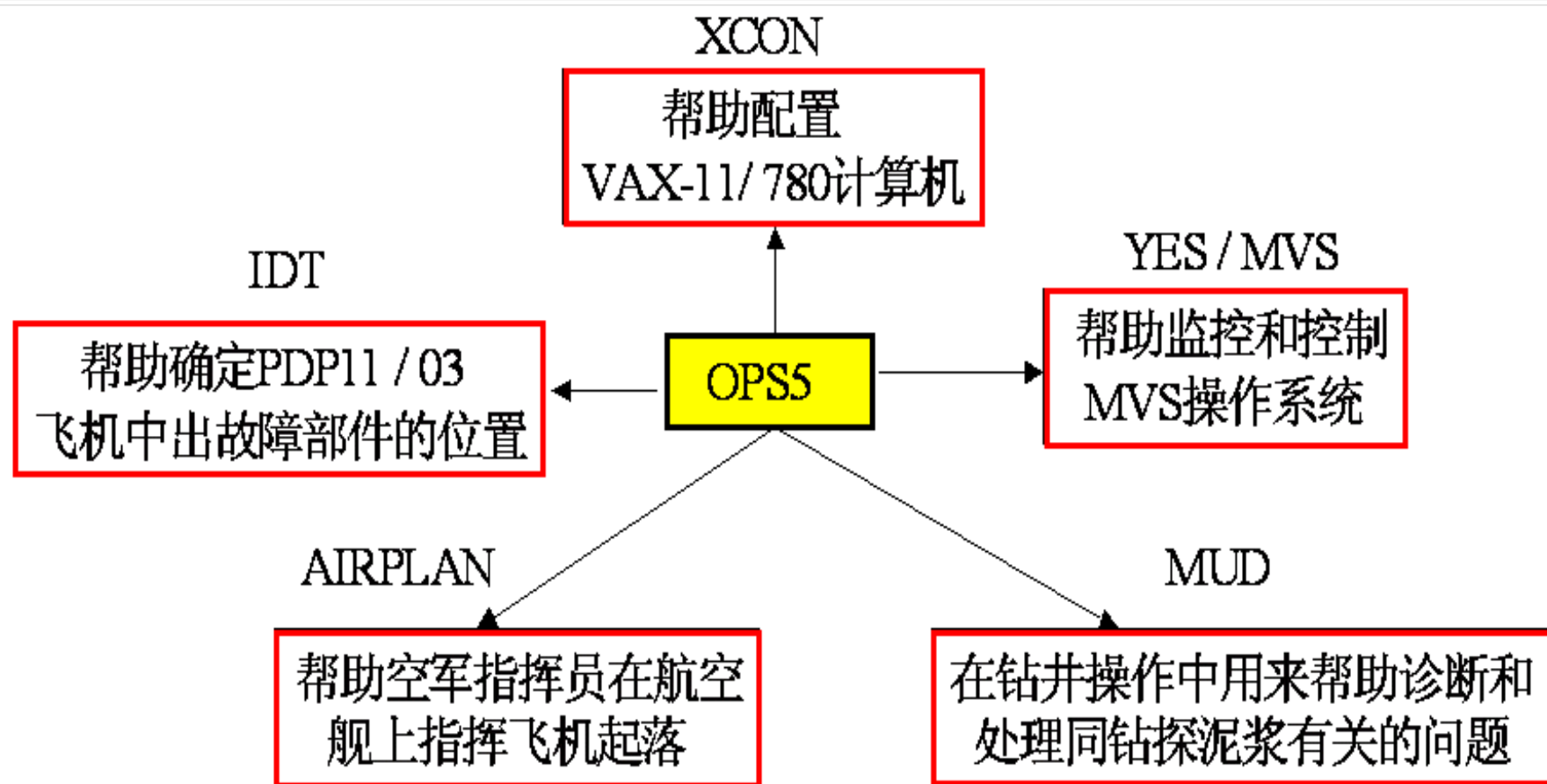
- 10.7.1 骨架系统
- 10.7.2 通用型知识表达语言
- 10.7.3 专家系统开发环境
- 10.7.4 专家系统程序设计语言

10.7.2 通用型知识表达语言

❑ **OPS5**：美国卡内基—梅隆大学的麦可达莫特（J. McDermott）、纽厄尔（A. Newell）等研制开发的一种通用知识表达语言。

- **OPS5的特点**：将通用的表达和控制结合起来，提供了专家系统所需的基本机制，并不偏向于某些特定的问题求解策略和知识表达结构。
- **OPS5的组成**：产生式规则库、推理机、数据库。

10.7.2 通用型知识表达语言



OPS5系统的应用

10.7 专家系统的开发工具

- 10.7.1 骨架系统
- 10.7.2 通用型知识表达语言
- 10.7.3 专家系统开发环境
- 10.7.4 专家系统程序设计语言

10.7.3 专家系统开发环境

- ❑ 专家系统开发环境（专家系统开发工具包）：可为专家系统的开发提供多种方便的构件，例如知识获取的辅助工具、适用各种不同知识结构的知识表示模式、各种不同的不确定推理机制、知识库管理系统等。
- ❑ AGE (attempt to generalize): 一种典型的模块组合式开发工具。
 - 通过AGE构造专家系统的途径：
 - (1) 用户使用AGE现有的各种组件作为构造材料，方便地组合设计所需系统。
 - (2) 用户通过AGE的工具界面，定义和设计各种所需的组成部件，以构成自己的专家系统。

10.7 专家系统的开发工具

- 10.7.1 骨架系统
- 10.7.2 通用型知识表达语言
- 10.7.3 专家系统开发环境
- 10.7.4 专家系统程序设计语言

10.7.4 专家系统程序设计语言

1. 符号处理语言（面向 AI 的语言或 AI 语言）

- **PROLOG语言**（R. Kowalski首先提出；1972年，A. Comerauer及其研究小组研制成功）：基于演绎推理的逻辑型程序设计语言。
- **LISP语言**（1960年，麦卡锡及其研究小组研制成功）：表处理语言，许多早期专家系统（MYCIN、PROSPECTOR）是用LISP建立的。

2. 面向问题的语言：C语言、C++语言。



THE END

