

# 第九章 专家系统

## 主要内容

- 专家系统的定义以及结构.
- 基于不同技术建立的专家系统
- 目前使用的一些新型的专家系统
- 专家系统的设计
- 专家系统的四种主要开发工具

# 专家系统的定义

- **专家系统是一个智能计算机程序系统，其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验，能够利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来处理该领域问题。**

# 专家系统的定义

- 也就是说，**专家系统**是一个具有大量的**专门知识与经验**的程序系统，它应用**人工智能技术和计算机技术**，根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验，进行**推理和判断**，模拟人类专家的决策过程，以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题。
- 简而言之，**专家系统**是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统

# 专家系统的一般特点

- **启发性**
- 专家系统能运用专家的知识与经验进行推理、判断和决策。
- **透明性**
- 专家系统能够解释本身的推理过程和回答用户提出的问题，以便让用户能够了解推理过程，提高对专家系统的信赖感。
- **灵活性**
- 专家系统能不断地增长知识，修改原有知识，不断更新。

# 专家系统的优点

- (1) 专家系统能够**高效率、准确、周到、迅速和不知疲倦地**进行工作。
- (2) 专家系统解决实际问题时**不受周围环境的影响，也不可能遗漏忘记**
- (3) 可以使专家的专长**不受时间和空间的限制**，以便推广珍贵和稀缺的专家知识与经验。
- (4) 专家系统能**促进各领域的发展**，它使各领域专家的专业知识和经验得到总结和精炼，能够广泛有力地传播专家的知识、经验和能力。

# 专家系统的优点

- (5) 专家系统能**汇集多领域专家的知识**和**经验**以及他们**协作解决重大问题的能力**，它拥有更渊博的知识、更丰富的经验和更强的工作能力。
- (6) 军事专家系统的水平是一个国家国防现代化的重要标志之一。
- (7) 专家系统的研制和应用，具有巨大的**经济效益和社会效益**。
- (8) 研究专家系统能够促进**整个科学技术的发展**。专家系统对人工智能的各个领域的发展起了很大的促进作用，并将对科技、经济、国防、教育、社会和人民生活产生极其深远的影响

# 专家系统的类型

- 按照专家系统**所求解问题的性质**, 大致可以分为:

解释专家系统

诊断专家系统

规划专家系统

控制专家系统

教学专家系统

预测专家系统

设计专家系统

监视专家系统

调试专家系统

修理专家系统

# 诊断专家系统

## 任务

**根据观察到的情况(数据)来推断出某个对象机能失常(即故障)的原因。**

## 特点：

- (a) 能够了解被诊断对象或客体各组成部分的特性以及它们之间的联系。**
- (b) 能够区分一种现象及其所掩盖的另一种现象。**
- (c) 能够根据用户提出测量的数据，从不确切信息中得出尽可能正确的诊断。**



## 诊断专家系统例子

- 诊断专家系统的例子特别多，有**医疗诊断**，**电子机械**和**软件故障诊断**以及**材料失效诊断**等。用于抗生素治疗的MYCIN、肝功能检验的PUFF、青光眼治疗的CASNET、内科疾病诊断的INTERNIST-I和血清蛋白诊断等医疗诊断专家系统，IBM公司的计算机故障诊断系统DART/DASD，火电厂锅炉给水系统故障检测与诊断系统、雷达故障诊断系统和太空站热力控制系统的故障检测与诊断系统等都是国内外颇有名气的实例。

# 诊断专家系统例子

- **MYCIN系统**: 70年代初由美国斯坦福大学研制, 是早期医疗诊断专家系统中较成功的应用实例。
- MYCIN用于医学诊断、治疗感染性疾病, 能帮助医生对住院的血液感染患者进行诊断并选用抗菌素类药物进行治疗。
- MYCIN 从功能与控制结构上可分为两部分:
- 首先, 以患者的病史、症状和化验结果等为原始数据, 运用医疗专家的知识进行逆向推理, 找出导致感染的细菌。若是多种细菌, 则用0到1的数字给出每种细菌的可能性。
- 其次, 在上述基础上给出针对这些可能的细菌的药方。

## 诊断专家系统例子

- **MYCIN专家系统**能识别51种病菌，正确使用23种抗菌素，可协助医生诊断、治疗细菌感染性血液病，为患者提供最佳处方，成功地处理了数百个病例。
- 它还通过以下的测试：
- 在互相隔离的情况下，用MYCIN系统和九位斯坦福大学医学院医生，分别对十名不清楚感染源的患者进行诊断并开出处方，由八位专家进行评判。结果是MYCIN 和三位医生所开出的处方对症有效；而在是否对其它可能的病原体也有效而且用药又不过量方面， MYCIN则胜过了九位医生，显示出较高的水平。

# 专家系统的结构

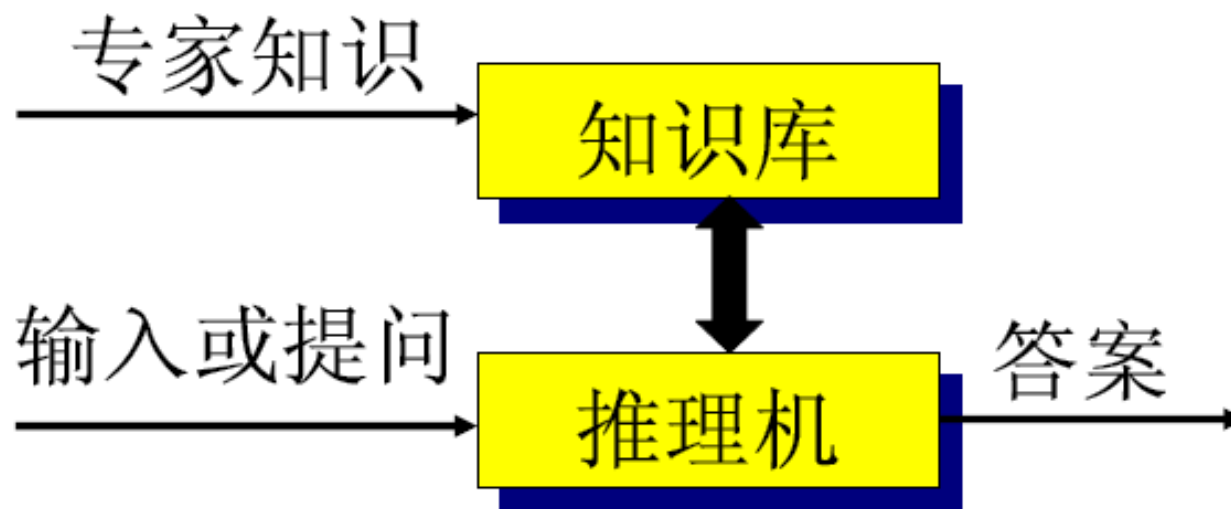
- **专家系统的结构是指专家系统各组成部分的构造方法和组织形式。**

**系统结构选择恰当与否，是与专家系统的适用性和有效性密切相关的。选择什么结构最为恰当，要根据系统的应用环境和所执行任务的特点而定。**

## 专家系统的结构

- 例如，MYCIN系统的任务是疾病诊断与解释，其问题的特点是需要较小的可能空间、可靠的数据及比较可靠的知识，这就决定了它可采用穷尽检索解空间和单链推理等较简单的控制方法和系统结构。
- 与此不同的，HEARSAY II 系统的任务是进行口语理解。这一任务需要检索巨大的可能解空间，数据和知识都不可靠，缺少问题的比较固定的路线，经常需要猜测才能继续推理等。这些特点决定了HEARSAY II 必须采用比MYCIN更为复杂的系统结构。

# 专家系统的结构图



专家系统结构简图

**解释器**:向用户解释系统的行为,包括结论的正确性以及原因.

**知识库**:一部分记录已知与当前问题有关的数据信息,一部分记录进行推理用到的一般知识和领域知识.

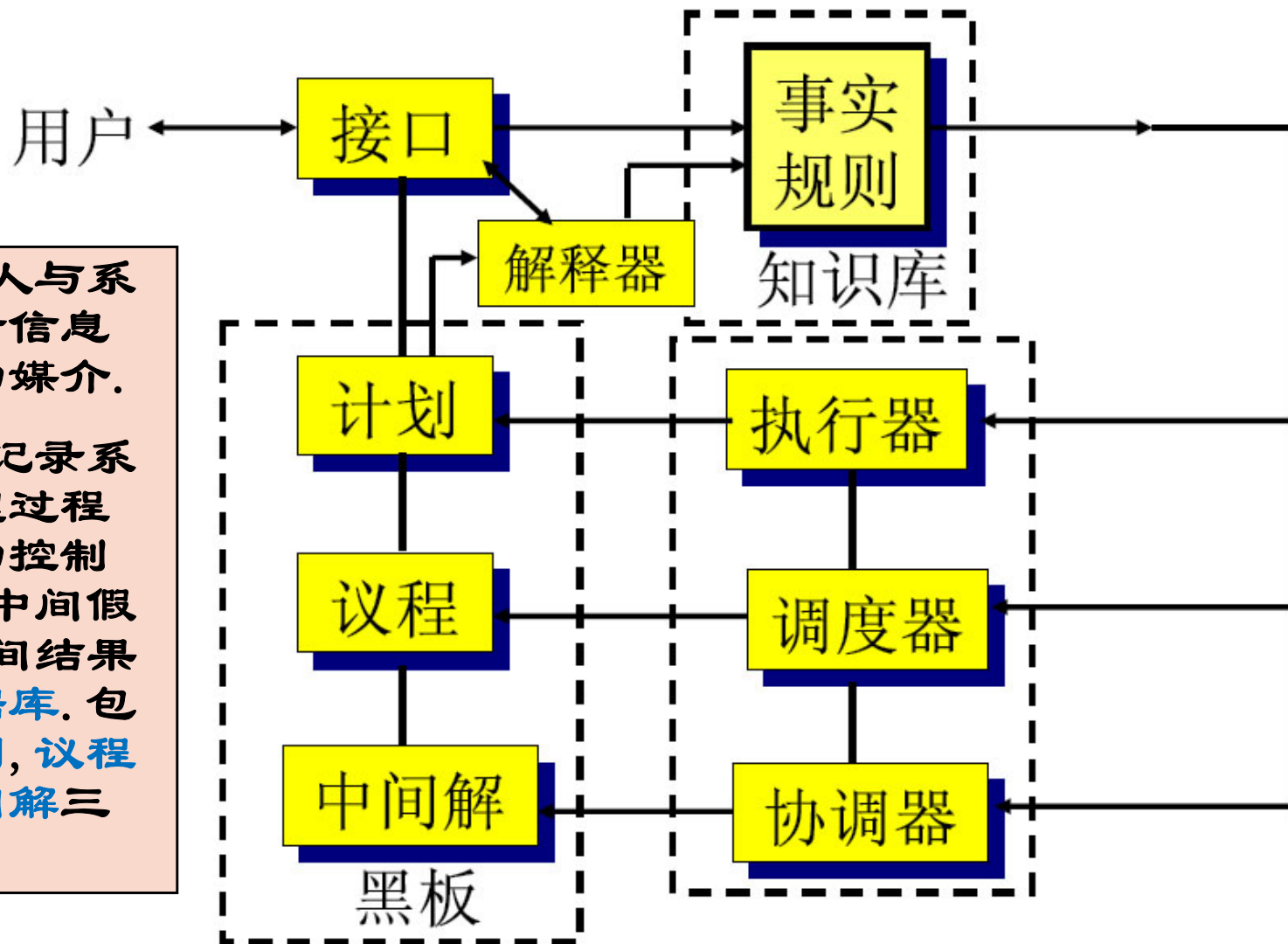
**调度器**;根据系统建造者所给出的控制知识,从议程中选择一项作为下一步的执行动作.

**执行器**应用知识库中的及黑板中记录的信息,执行调度器所选定的动作.

**协调器**的主要作用就是当得到新数据或新假设时,对已得到的结果进行修正,以保持结果前后的一致性.

**接口**:人与系统进行信息交流的媒介.

**黑板**:记录系统推理过程中用的控制信息,中间假设,中间结果的数据库.包括**计划**,**议程**和**中间解**三部分.



理想专家系统的结构图

# 一般应用程序与专家系统的区别

- **专家系统**：一个智能计算机程序系统。

一般应用程序	专家系统
<p>把问题求解的知识隐含地编入程序。</p> <p>把知识组织为两级：数据级和程序级。</p>	<p>把其应用领域的问题求解知识单独组成一个实体。即为知识库。</p> <p>将知识组织成三级：数据、知识库和控制。</p>



# 专家系统的主要组成部分

- 知识库, 综合数据库, 推理机, 解释器, 接口
- (1) 知识库(knowledge base)  
知识库用于存储某领域专家系统的专门知识, 包括事实、可行操作与规则等。
- 为了建立知识库, 要解决知识获取和知识表示问题。知识获取涉及知识工程师如何从专家那里获得专门知识的问题; 知识表示则要解决如何用计算机能够理解的形式表达和存储知识的问题。

# 专家系统的主要组成部分

- (2) **综合数据库** (global database)

综合数据库又称全局数据库或总数据库，它用于存储领域或问题的**初始数据**和**推理过程中得到的中间数据(信息)**，即**被处理对象的一些当前事实**。

- 3) **推理机** (reasoning machine)

推理机用于记忆所采用的规则和控制策略的程序，使整个专家系统能够以逻辑方式协调地工作。推理机能够**根据知识进行推理和导出结论**，而不是简单地搜索现成的答案

# 专家系统的主要组成部分

- (4) **解释器** (explanator)

解释器能够向**用户解释专家系统的行为**，包括解释推理结论的正确性以及系统输出其它候选解的原因。

- (5) **接口** (interface)

接口又称界面，它能够使系统与用户进行对话，使用户能够输入必要的**数据、提出问题**和了解推理过程及推理结果等。系统则通过接口，要求用户回答提问，并回答用户提出的问题，进行必要的解释。

# 专家系统的建造步骤

- 建立专家系统的一般步骤：

## 1. 设计初始知识库

**问题知识化：**即辨别所研究问题的实质，任务为何，如何定义，是否可以分解等。

**知识概念化：**即概括知识表示所需要的关键概念及其关系，如数据类型，已知条件，目标，提出的假设以及控制策略等。

**概念形式化：**即确定用来组织知识的数据结构形式。应用各种知识表示方法，把概念变换为正式的表达，包括假设空间，过程模型，数据特性等。

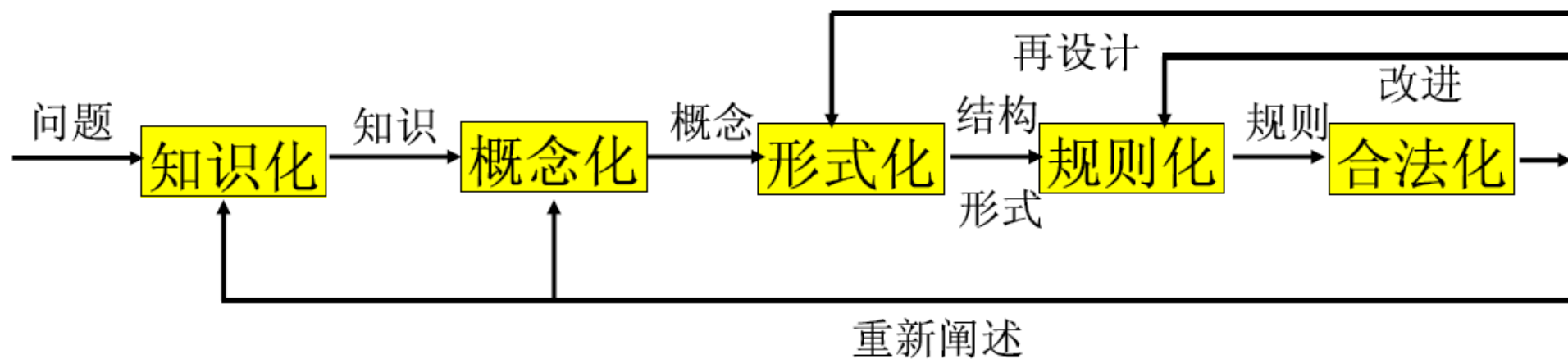
**形式规则化：**即编制规则，把形式化的语言变成由编程语言表示的可供计算机执行的语句和程序。

**规则合法化：**即确认规则化了的知识的合理性，检验规则的有效性。

# 专家系统的建造步骤

- **2. 原型机的开发与实验**: 开始建立整个系统所需要的实验子集, 包括整个模型的典型知识.
- **3 知识库的改进和归纳**: 反复对知识库及推理规则进行改进实验, 归纳出更完善的结果, 经过长期努力, 使系统在一定范围内达到人类专家的水平.

# 专家系统的建造步骤图示



# 基于规则的专家系统

- 根据专家系统的**工作机理与结构**, 将其分为:
- 基于**规则**的专家系统
- 基于**框架**的专家系统 ☐
- 基于**模型**的专家系统 ☐

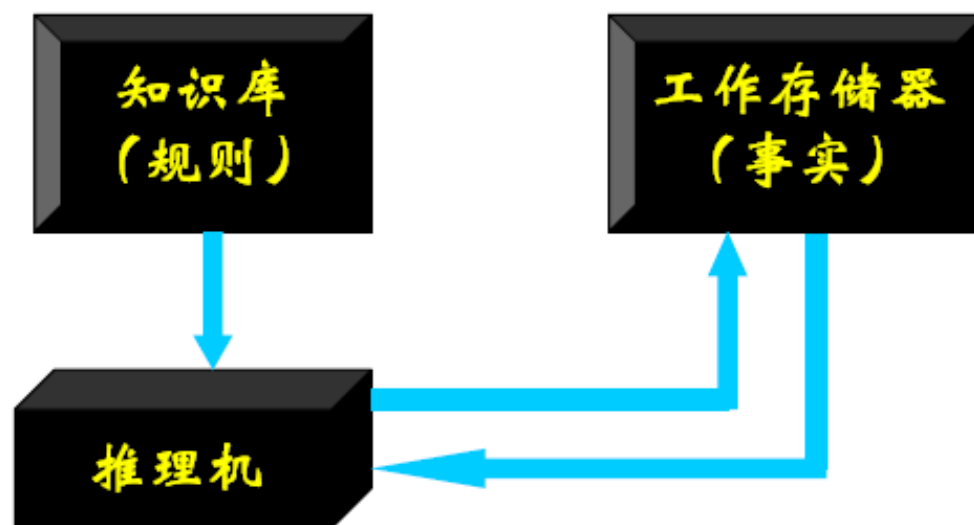
# 基于规则的专家系统

- 基于规则的专家系统是一个计算机程序, 该程序使用一套包含在**知识库**内的**规则**对工作存储器内的具体信息(**事实**)进行处理, 通过**推理机**推断出新的信息.



# 基于规则的专家系统

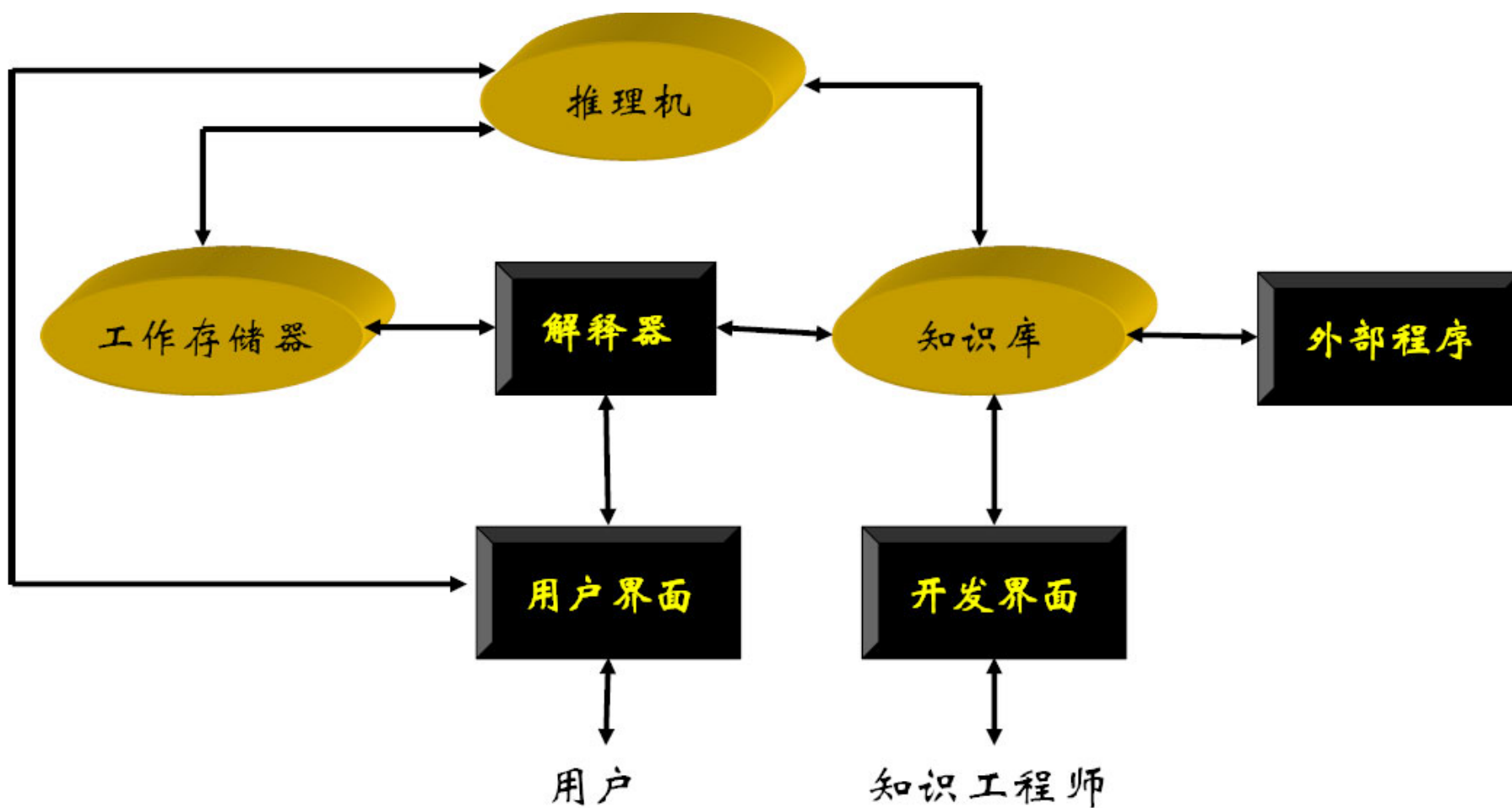
- 基于规则的专家系统的工作模型



# 基于规则的专家系统

- 建立产生式系统模型所采用的模块
- 知识库
  - □ 以一套规则建立的长期存储器模型。
- 工作存储器
  - 建立的短期存储器模型，存放问题事实和由规则激发而推断出的新事实。
- 推理机
  - 借助于把存放在工作存储器内的问题事实和存放在知识库内的规则结合起来，建立人的推理模型，以推断出新的信息。

# 基于规则的专家系统的结构



# 基于规则的专家系统的结构

- 其中知识库, 工作存贮器, 推理机是基于规则的专家系统的核心. 其他部分:
- 用户界面: 用户通过该界面来观察系统并与之对话.
- 开发界面: 知识工程师通过通过该界面对系统进行开发.
- 解释器; 对系统推理提供解释.
- 外部程序; 如数据库, 扩展盘和算法等, 对专家系统的工作起支持作用.

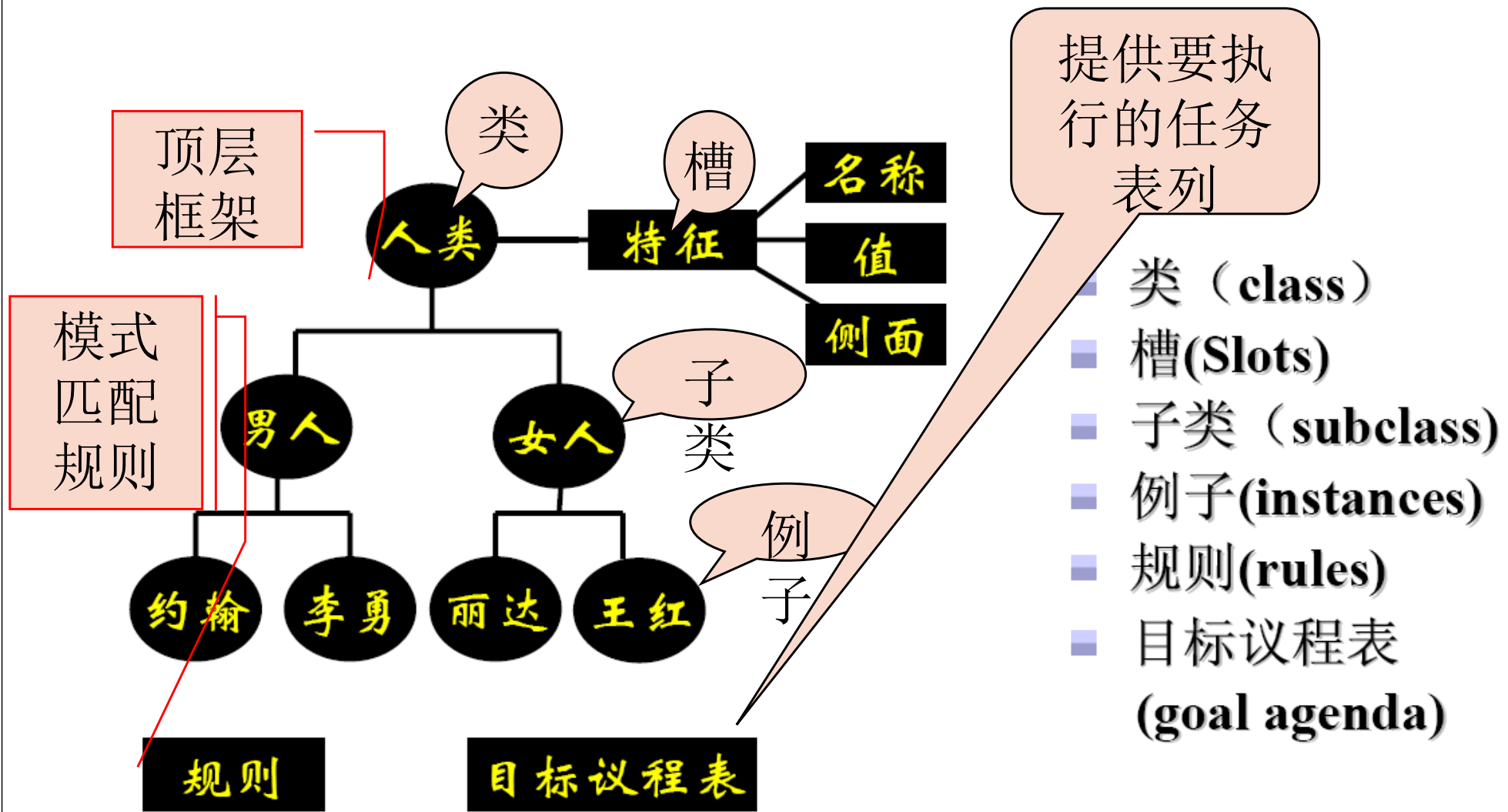
# 基于框架的专家系统

- **框架**是一种结构化的表示方法,由若干个描述相关事物各方面及其概念的**槽**构成,每个槽有若干个**侧面**,每个侧面拥有若干个**值**.

# 基于框架的专家系统的定义

- 基于框架的专家系统是一个计算机程序, 该程序使一组包含在**知识库内的框架**对**工作存储器**内的具体问题信息进行处理, 通过**推理机**推出新的信息.

# 基于框架的专家系统结构



人类的框架分层结构

# 基于框架的专家系统设计方法

把整个问题看作是被简练地表示的**规则**，每条规则获得问题的启发信息。规则概括了专家对问题的理解。

## 基本原则

- 基于框架专家系统的主要设计步骤与基于规则的专家系统相似。主要差别在于如何看待和使用知识；
- 在设计基于框架的专家系统时，把整个问题和每件事想像为编织起来的事物；
- 在辨识事物之后，寻找把这些事物组织起来的方法；
- 对于任何类型的专家系统，其设计是个高度交互的过程。



# 开发基于框架的专家系统的主要任务

- 1. 定义问题, 包括对问题和结论的考察和综述
- 2. 分析领域, 包括定义事物, 事物特征, 事件和框架系统.
- 3. 定义类及其特征
- 4. 定义例子及其框架结构
- 5. 规定模式匹配规则
- 6. 规定事物通讯方法
- 7. 设计系统界面
- 8. 对系统进行评价
- 9. 对系统进行扩展, 深化和扩宽知识
- 比基于规则的专家系统更强大

# 基于模型的专家系统

## 基于模型专家系统的提出

- 关于人工智能的一个观点
- 综合各种模型的专家系统比基于逻辑心理模型的系统具有更强的功能，从而有可能显著改进专家系统的设计
- 在诸多模型中，人工神经网络模型的应用最为广泛

人工智能是对各种定性模型（物理的，感知的，社会的系统模型）的获得，表达和使用的计算方法进行研究的学问

增加了系统的功能，提高了性能指标；可独立地深入研究各种相关模型，把获得的结果用于改进系统。

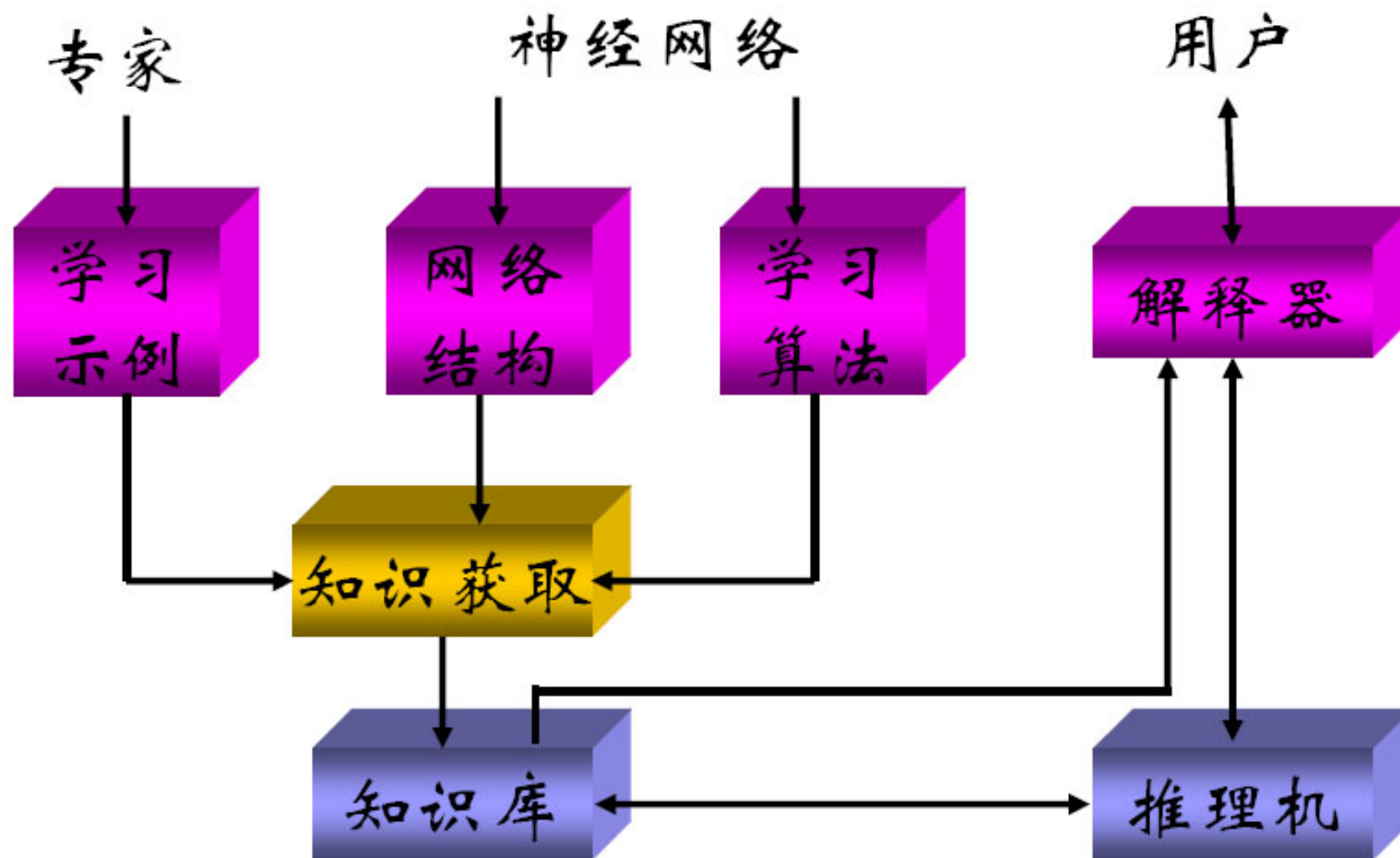
前面两类专家系统都是以**逻辑心理模型**为基础的，采用规则逻辑或框架逻辑，并以逻辑作为描述启发式知识的工具而建立的计算机系统

# 基于神经网络的专家系统

知识通过学习  
算法自动获取；  
推理机制从检  
索和验证变成  
网络模式对输  
入的竞争

- 神经网络模型从知识表示、推理机制到控制方式，与目前专家系统中的基于逻辑的心理模型有本质的区别
- 三种神经网络模型与专家系统集成模式
  - 神经网络支持专家系统
  - 专家系统支持神经网络
  - 协同式的神经网络专家系统

# 神经网络专家系统的基本结构



# 神经网络专家系统的几个问题

- 神经网络的知识表示是一种隐式表示
- 神经网络通过实例学习实现知识自动获取
- 神经网络的推理是个正向非线性数值计算过程, 同时也是一种并行推理机制
- 同一知识领域的几个独立的专家系统可组合成更大的神经网络专家系统

# 新型专家系统

- **新型专家系统的特征**
- **并行与分布处理**
- **多专家系统协同工作**
- **高级语言和知识语言描述**
- **具有自学习功能**
- **引入新的推理机制**
- **具有自纠错和自完善能力**
- **先进的智能人机接口**

# 分布式专家系统

## ● 主要目的

- 把一个专家系统的功能经分解以后分布到多个处理器上去并行地工作，从而在总体上提高系统的处理效率。

## ● 应用环境

- 可以工作在紧耦合的多处理器系统环境中，也可工作在松耦合的计算机网络环境里，所以其总体结构在很大程度上依赖于其所在的硬件环境

# 分布式专家系统

## ■ 设计和实现分布式专家系统，需要解决的问题

### □ 功能分布

- 把分解得到的系统各部分功能或任务合理均衡地分配到各处理节点上去

### □ 知识分布

- 根据功能分布的情况把有关知识经合理划分以后分配到各处理节点上。

### □ 接口设计

- 各部分间接口的设计目的是要达到各部分之间互相通讯和同步容易进行

### □ 系统结构

- 一方面依赖于应用的环境与性质，另一方面依赖于其所处的硬件环境

### □ 驱动方式

- 可供选择的几种驱动方式(1) 控制驱动(2) 数据驱动(3) 需求驱动(4) 事件驱动



# 协同式专家系统

- 当前存在的大多数专家系统, 在规定的专业领域内是一个“专家”, 但一旦超出特定领域, 系统就无法工作.
- 协同式专家系统亦可称为“群专家系统”, 表示能够综合若干个领域或一个领域的多个方面的子专家系统相互协作共同解决一个更为广泛的领域问题的专家系统.

# 协同式专家系统

- 协同式专家系统与分布式专家系统有共性. 因为都涉及多个子专家系统.
- 但协同式专家系统更强调子系统间的合作, 而不着重于处理的分布和知识的分布.

一般都在同一个处理机上实现子专家系统.

# 协同式专家系统

- 设计与建立一个协同式多专家系统，需要解决的问题
- 任务的分解
- 公共知识的导出
- 讨论方式
- 驱动方式

# 章节小结

- 专家系统的定义以及结构.
- 根据工作机理和结构而划分的三种专家系统
- 目前使用的一些新型的专家系统