

第一章 概论

1. 智能控制定义：是一类无须人的干预就能独立地驱动智能控制智能机器实现其目标的自动控制。

2. 智能控制的特点：

（1）兼具知识表示的非数学广义模型控制过程、混合控制过程或模仿自然生物行为机制的计算智能算法，常针对复杂、模糊、不确定且无已知算法的问题，以知识推理，用启发式策略与智能算法求解。

（2）核心在高层控制，即组织级。低级控制层也必不可少。

（3）设计重点在智能机模型或计算智能算法上。

（4）实现要依靠控制软硬件与智能结合，推动自动控制与多学科融合。

（5）是一门边缘交叉学科。

（6）是一个新兴的研究领域。

3. 评价标准：

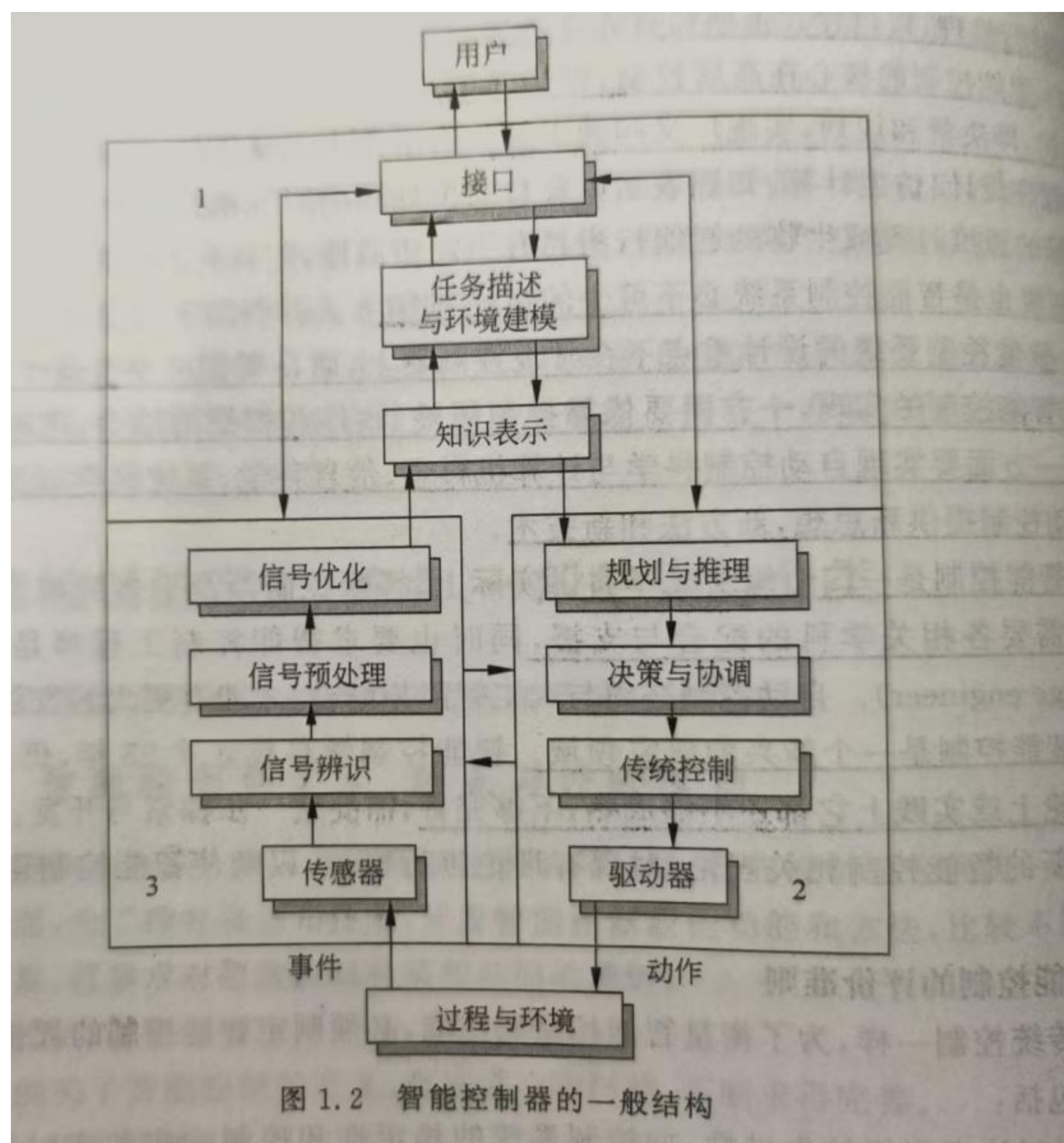
（1）控制技术指标的先进性。

（2）设计方法的科学性。

（3）控制方法的难度与易理解性。

（4）控制技术和系统的市场经济效益问题。

4. 智能控制器的一般结构



5. 分类：递阶控制系统，专家控制系统，模糊，学习，神经，仿生，网络，分布式，集成智能，组合智能。

6. 智能控制器与传统反馈控制器异同如下：

相同点：二者都以实现对被控对象的有效控制为目标，都依靠反馈环节来监测调节系统，确保输出接近预定值，且在硬件构成上，都离不开传感器采集信息、执行器执行指令。

不同点：控制算法上，传统反馈控制器多基于经典 PID 控制，简单直接，适用于线性时不变系统；智能控制器运用模糊、神经网络等复杂算法，能处理模糊、非线性情况。适应性上，传统的面对复杂多变系统易失灵，智能的凭借学习推理能力可灵活应变。此外，智能控制器还善于知识表示与利用，设计实现难度也相对更高。

第二章 递阶控制系统

1. 原理：IPDI：按照精度随智能降低而提高的原理逐级分布。

2. 理论成果：基于逻辑和基于解析。

3. 一般结构：

(1) 组织级：控制系统的主导思想，作为推理机的规则发生器，处理高层信息，用于机器推理、机器规划机器决策、学习反馈和记忆操作。

(2) 协调级：上（组织）下（执行）级接口，承上启下，借助于产生一个适当的子任务序列来执行原指令，处理实时信息。

(3) 执行级：最底层，较高精度但较低智能，按控制论进行控制，对相关过程执行适当的控制作用。

4. 组织级功能：机器推理，机器规划，机器决策，机器学习与反馈，机器记忆交换。

5. 组织级与概率理论的关系：组织级负责对整个系统进行宏观决策和规划。概率理论可以为组织级提供不确定性的量化描述。

6. 协调级功能：一旦由组织级产生和选择的最好任务序列（完备序列）被送到协调级，就提供了全部必要的细节，成功地执行了所选规划。

协调级有四大关键功能：一是分解组织级任务并合理分配给执行级；二是分配与管理系统的资源，保障高效运行；三是协调、仲裁执行单元冲突；四是作为信息枢纽，与上下级通信并整合执行级反馈，助力策略调整。

7. 协调级与 petri 网理论的关系：Petri 网可用于对协调级的工作流程进行建模。它能清晰展现任务分配、资源管理等协调过程中的并发、同步和冲突关系。通过 Petri 网的分析，有助于优化协调级的策略，提高系统的整体协调效率。

8. 执行级功能：执行由协调级发出的指令。

9. 执行级和信息熵的关系：执行级执行任务时会产生信息流动。信息熵可衡量这些信息的不确定性。如果执行级输出稳定、可预测，信息熵较低；若执行过程复杂多变、有干扰，信息熵就高，监测信息熵有助于评估执行级的性能。

第三章 专家控制系统

1. 专家系统定义：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和解决问题的方法来处理该领域问题，以人类专家的水平完成特别困难的某一专业领域的任务。

2. 主要组成部分（知识库，推理机和工作存储器是核心）：

（1）知识库：存储某领域专家的专门知识，包括事实、可行操作与规则。作用：为系统的推理和决策提供知识基础。

（2）综合数据库：存放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。

（3）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的工作。推理机能够根据知识进行推理和导出结论。

（4）解释器：向用户解释专家系统的行为。

（5）接口：系统与用户交互界面。

3. 专家系统的建造步骤：

（1）设计初始知识库：问题知识化，知识概念化，概念形式化，形式规则化，规则合法化。

（2）原型机的开放与试验。

（3）知识库的改进与归纳。

4. 主要类型：基于规则，基于框架，基于模型

5. 基于规则的专家系统：是一个使用一套包含在知识库内的规则对工作存储器内的具体问题信息进行处理，通过推理机推断出新的信息的计算机程序。结构：知识库，推理机和工作存储器是核心，其他：用户界面，开发者界面，解释器，外部程序。

6. 基于框架的专家系统：面向目标编程，所有数据均以目标形式出现。每个目标具有陈述

知识和过程知识。

7. 两者区别：采用规则表示知识，采用框架表示知识；基于规则的系统需要得到组织规则和结构以求解问题的基本思想和方法，基于框架的系统需要了解各种物体是如何相互关联并用于求解问题的；基于规则的专家系统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一些启发信息，这些规则的集合概括和体现了专家对问题的全面理解，基于框架设计要把整个问题和每件事想象为编织起来的事物。

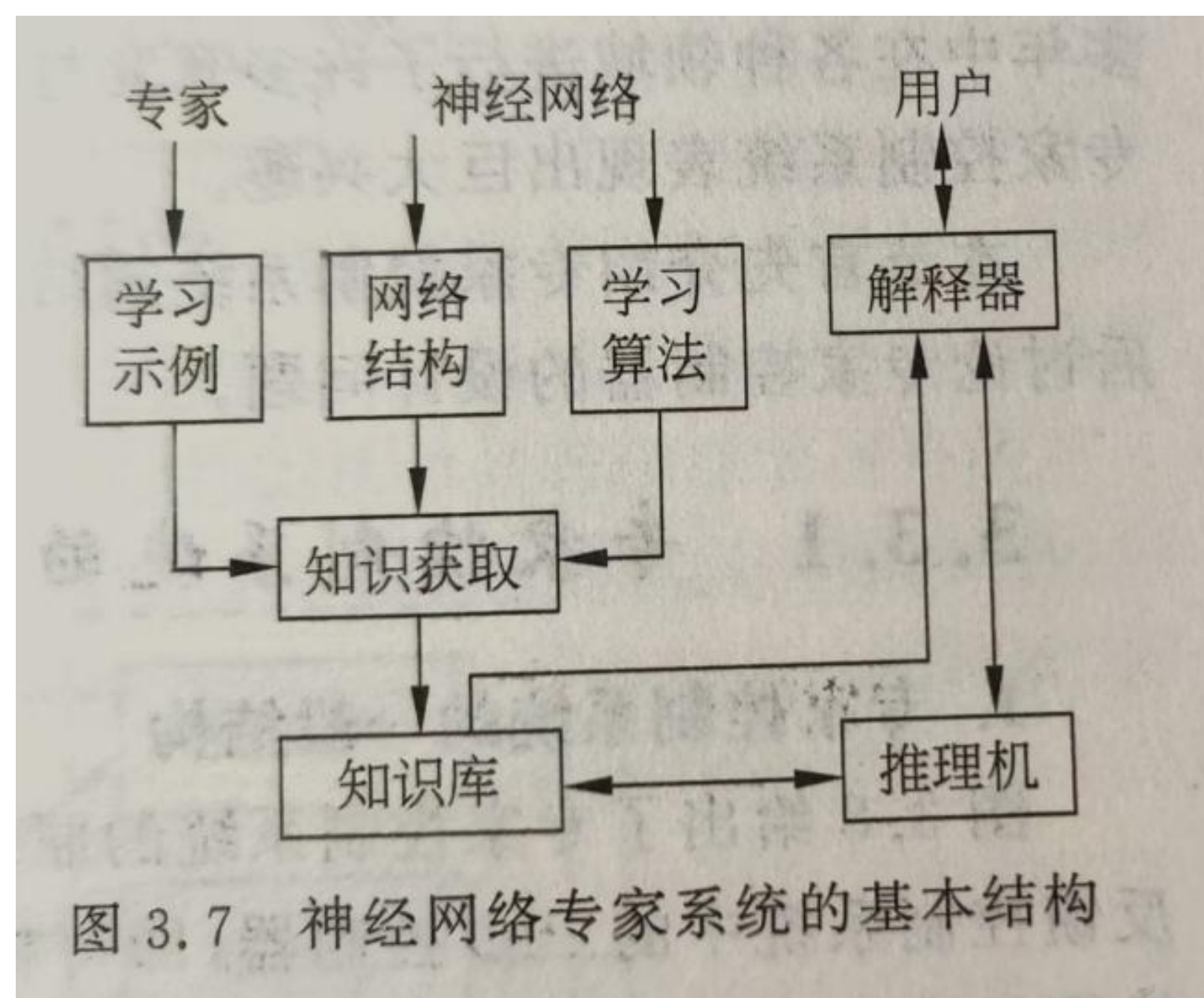
8. 基于框架的专家系统与面向目标编程有何关系？其结构特点 and 设计任务是什么？基于框架的专家系统和面向目标编程有紧密联系。它们都有类似的概念结构，框架中的槽和过程如同对象的属性和方法；都运用继承来构建层次关系；且都有类似消息传递与过程调用的交互方式。其结构特点包括：以框架作为知识表示结构，有框架名、槽和侧面；存在继承层次结构，减少知识冗余；槽值可以是动态或静态的。设计任务主要是定义和构建框架，要确定框架并设计槽和侧面；建立框架间继承关系，让知识条理化；还要定义和关联过程，用于获取、推理和更新槽值等操作。

9. 基于模型专家系统：优点：增加了系统的功能，提高了性能指标。独立地深入研究各种模型及其相关问题。

10. 专家系统开发工具 PESS 共利用四种模型：基于逻辑的心理模型，神经网络模型，定性物理模型，可视知识模型。

11. 基于规则和基于框架都是以逻辑心理模型为基础，采用规则或框架逻辑。

12. 神经网络与传统专家系统集成的三种模式：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。



13. 神经网络专家系统一些问题（特征）：神经网络知识隐式表示，组合专家系统知识同时显式和隐式表示。专家提供学习实例以及期望，神经网络学习算法不断修改网络的权值分布，通过学习纠错而达到稳定权值分布的神经网络。并行推理机制。可把同一知识领域的几个独立的专家系统组合成更大的神经网络专家系统。

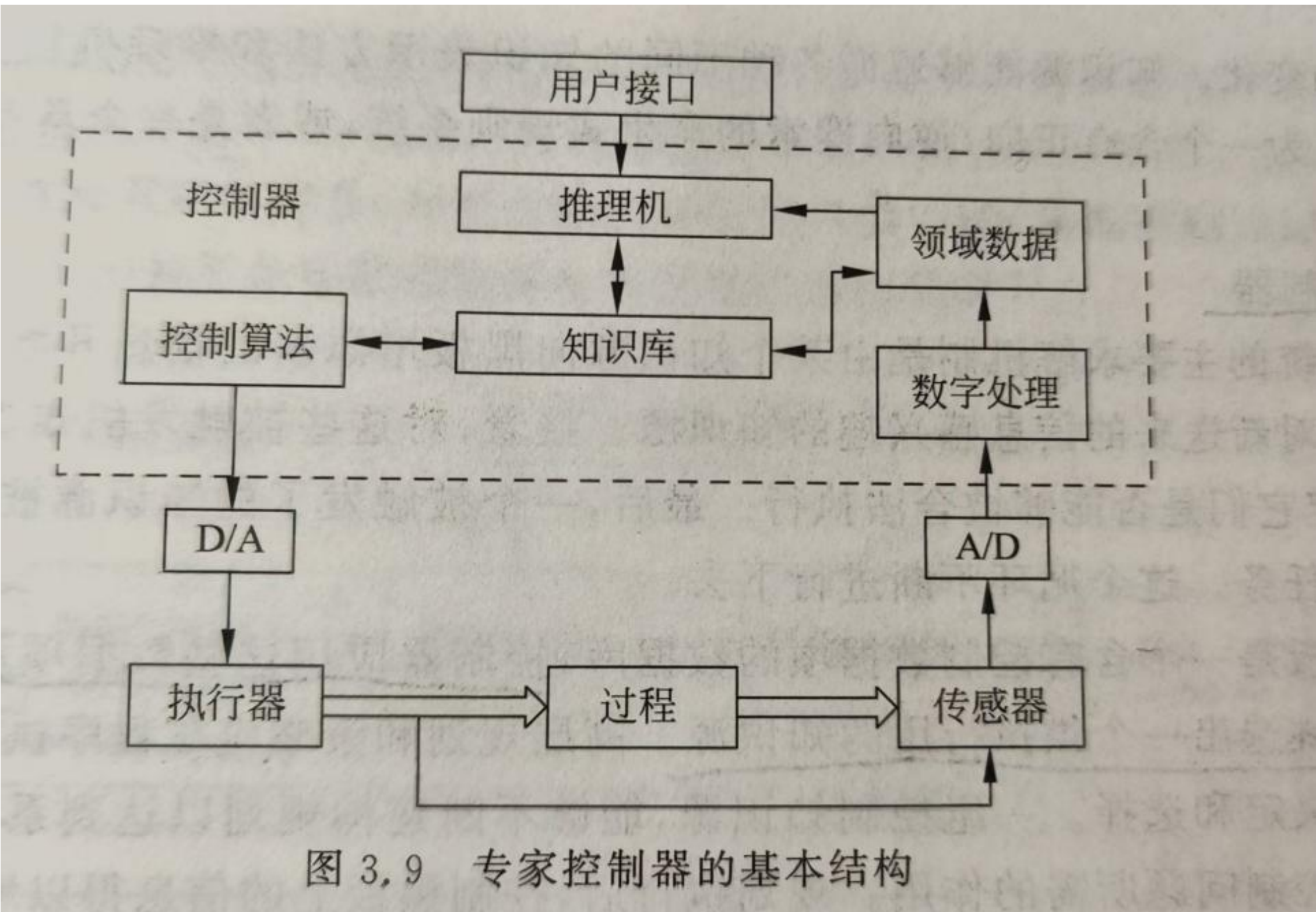
14. 为什么要提出基于模型的专家系统？试述神经网络专家系统的一般结构。提出基于模型的专家系统，一方面是为提升准确性与可靠性，相较于传统基于规则的系统，它依据物理、数学模型剖析复杂动态系统，如飞行器故障诊断能精准追因；另一方面是增强可解释性，像医疗领域，可借模型阐释疾病进程，令人信服。神经网络专家系统一般结构如下：输入层接收并预处理外部信息；隐层含多个神经元层，对数据做非线性变换；输出层输出结果，如分类、预测值。知识库由神经元连接权重构成，学习模块依训练数据调权重，解释模块为输出提供说明。

15. 专家控制系统：应用专家系统概念和技术，模拟人类专家的控制知识与经验而建造的控制系统。

16. 专家系统和专家控制系统差别：专家系统只对专门领域的问题完成咨询任务，专家控制系统需要独立和自动地对控制作用做出决策。专家系统的推理结果为知识项，新知识项，对原知识项的变更知识项，专家控制系统推理结果是可变更知识项或执行某些算法。专家系统

通常以离线方式，专家控制系统是在线动态实时控制。

17. 专家控制系统都包含知识库，推理机，控制规则集或控制算法。



18. 黑板专家控制系统组成：

- (1) 黑板：存储所有知识源可访问的知识，并处理各知识源之间的通信问题。
- (2) 知识源：领域知识的自选模块。独立的，每个知识源可视为专门用于处理一定类型的较窄领域信息或知识的独立程序。
- (3) 控制器：应用数据库中的数据从一组潜在可执行的知识源中挑选出一个可供执行用的知识源。

19. 专家控制系统分类：按结构的复杂性：专家控制系统和专家控制器。按系统的作用机理：直接专家控制系统和间接专家控制系统。

20. 直接专家控制系统：控制器向系统受控过程直接提供控制信号，产生控制作用。

21. 自适应控制比专家控制器的缺点：要求具有准确的装置模型以及不能为自适应机理设定有意义的目标。

22. 专家控制系统的控制要求：

- (1) 运行可靠性高：系统复杂，需要高可靠性。

(2) 决策能力强：专家控制系统能够处理不确定性，不完全性和不精确性之类的问题。

(3) 应用通用性好：易于开发、示例多样性、便于混合知识表示、全局数据库的活动维数等。

(4) 控制与处理的灵活性

(5) 拟人能力

23. 专家控制器的设计原则

(1) 模型描述的多样性：解析模型，离散事件模型，模糊模型，规则模型，基于模型的模型。

(2) 在线处理的灵巧性

(3) 控制策略的灵活性

(4) 决策机构的递阶性

(5) 推理与决策的实时性

24. 专家控制系统的设计问题

(1) 冲突消解策略设计：折射，修正，特殊性，优先权配置，任意性

(2) 控制知识获取：两种知识库设计方法：I 通过把与给定输入和对象输入输出直接相关的规则加入知识库；II 把受控对象模型并入知识库，知识库中受控对象的状态必须用对象的输出来更新。

25.

26.

27.

第四章 模糊控制系统

第五章 神经控制系统

第六章 学习控制系统

1. 学习系统：一个能够学习有关过程的未知信息，并用所学信息作为进一步决策或控制的经验，从而逐步改善系统的性能。

2. 学习控制：在系统进行过程中估计未知信息，并据此进行最优控制，以便逐步改进系统性能。

3. 学习控制系统：一个学习系统利用所学得的信息来控制某个具有未知特征的过程。

4. 学习控制机理：

（1）寻求动态控制系统输入与输出间的比较简单的关系。

（2）执行每个由前一步控制过程的学习结果更新了的控制过程。

（3）改善每个控制过程，使其性能优于前一个过程。

5. 优点：只需要检测实际输出信号和期望信号，而受控对象复杂的动态描述计算和参数估计可被简化或省略。

6. 意义：一是为了优化系统性能，使其能更高效、精准地运行；二是提高适应性，让系统能在复杂多变的环境下稳定工作；三是推动各领域发展，提升自动化与智能化水平，增强人类对复杂系统的掌控能力。

7. 学习控制与自适应控制关系：相互互补。自适应控制强调时间特性，其目标是强调在出现扰动和时变动力学时保持某些需要的闭环行为，学习控制系统强调空间特性，建立一个获取问题空间关系的映射。

8. 实现学习控制系统需要三种能力：

（1）性能反馈：要进一步改善系统性能，学习系统必须能够定量地估计系统的当前和以往性能水平。

(2) 记忆：学习系统必须具备存储所积累的并将在以后应用的知识的方法。

(3) 训练：要积累知识，就必须有一种能够把定量的性能信息转化为记忆的机制。

9. 学习控制方案：

(1) 基于模式识别的学习控制：模式识别模块实现对输入信息的提取与处理，提供控制决策和学习适应的基础。

(2) 迭代学习控制迭代应用先前试验得到的信息，以获得能够产生期望输出轨迹的控制输入，改善控制质量。可以显著减小系统在重复任务中的跟踪误差。

(3) 重复学习控制

(4) 连接主义学习控制（增强学习控制：学习系统根据从环境中反馈信号的状态（奖励/惩罚）调整系统参数。能在不确定的环境中学习到最优的控制策略。深度学习控制）

(5) 基于规则的学习控制（模糊学习控制）

(6) 拟人自学习控制

(7) 状态学习控制

10. 学习控制主要功能：搜索，识别，记忆，推理。

11. 学习控制的控制律映射：直接映射，间接映射，强化学习映射，自适应映射。

12. 控制律映射是学习控制的核心手段，学习控制为控制律映射提供优化基础，二者协同实现系统的高效控制。

13. 基本结构：被控对象，控制器，学习单元，反馈环节。

14. 性能反馈：是学习控制系统中非常重要的环节，它将系统的实际性能指标反馈给学习单元，学习单元根据这些信息来判断当前控制策略的优劣。

15. 迭代控制与最优控制的区别：最优控制根据系统模型计算最优输入，迭代控制通过先前试验获得最好输入。迭代控制与自适应控制：迭代控制是试验后离线实现，自适应是在线算

法。

第七章 分布式控制系统

1. 分布式人工智能研究目标：建立一个由多个子系统构成的协作系统，各子系统间协同工作对特定问题进行求解。

2. 分布式人工智能特点：分布性，连接性，协作性，开放性，容错性，独立性。

3. 分布式人工智能分类：分布式问题求解 DPS 和多真体系统 MAS。

DPS 研究如何在多个合作的和共享知识的模块，节点或子系统之间划分任务并求解问题。

MAS 研究如何在一群自主的 agent（真体）间进行智能行为的协调。

共同点：研究如何对资源，知识，控制等进行划分。

不同点：DPS 要有全局的问题、概念模型和成功标准，MAS 包含多个局部的。DPS 自顶向下设计，建立大粒度的协作群体，通过各群体的协作实现问题求解，MAS 自底向上设计，定义各自分散的 agent，之间关系可能是协作、竞争、对抗。

4. 真体的特性：行为自主性，作用交互性，环境协调性，面向目标性，存在社会性，工作协作性，运行持续性，系统适应性，结构分部性，功能智能性。

5. 真体的结构特点：真体=体系结构+程序

6. 真体的结构分类：

（1）反应式真体：只简单地对外部刺激产生响应，没有任何内部状态。

（2）慎思式真体：认知式，环境模型一般预先知道，对动态环境存在一定的局限性。

（3）跟踪式真体：具有内部状态的反应式真体通过一条条件与现有环境匹配的规则进行工作，然后执行与规则相关的作用。

（4）基于目标的真体：只要指定心的目标，就能产生新的作用。

(5) 基于效果的真体：比较不同作用获得的效果。

(6) 复合式真体：一个真体内组合多种相对独立和并行执行的智能形态。

7. 多真体系统：多个真体组成一个松散耦合又协作共事的系统。

8. 多真体特点：数据分布或分散，计算过程异步、并发或并行，每个真体具有不完全的信息和问题求解能力，不存在局部控制。

9. 多真体系统的基本模型：BDI 模型，协商模型，协作规划，自协调模型。

10. 多真体系统的体系结构：

(1) 真体网络：无论是远距离或短距离的真体，通信都是直接进行的。

(2) 真体联盟：若干近程真体通过助手真体进行交互，而远程真体则由各个局部真体群体的助手真体完成交互和消息发送。

(3) 黑板结构：局部真体群体共享数据存储于黑板。

11. 多真体协作：对策和学习是真体协作的内在机制。真体通过交互对策，在理性约束下选择基于对手或联合策略的最佳响应行动。方法：决策网络和递归建模，Markov 对策，真体学习方法，对策树和决策树。

12. 多真体协商：是多真体系统实现协同，协作，冲突消解和矛盾处理的关键环节。方法：协商协议，协商策略，协商处理。

13. 多真体协调：为实现冲突（真体间的负面交互关系导致冲突，一般包括资源冲突、目标冲突和结果冲突）消解。方法：基于集中规划的协调，基于协商的协调，基于对策论的协调，基于社会规划的协调。

14. 多真体规划：规划是连接精神状态与执行动作的桥梁，MAS 中的规划需要反馈环境的持续变化。

15. MAS 结构：控制模块，规划模块，协作模块，通信模块。

16. 多真体和传统控制系统：

同：控制目标，基本控制论理论，组成结构基础。

异：系统结构、控制方式：传统集中，真体分布式；多真体系统的灵活性和可扩展性强，容错性和可靠性高，智能性高。

第八章 进化控制与免疫控制

第九章 网络控制系统

1. 网络控制系统：在网络环境下实现的控制系统。两种理解：I 网络的控制，对网络路由、网络数据流量等的调度和控制，是对网络自身的控制。II 通过网络传输信息的控制，指控制系统的各节点之间的数据不是传统的点对点方式，而是通过网络传输的分布式控制系统。

2. 网络控制比传统控制的不同：并非以网络作为控制机理，而是以网络为控制媒介。

3. 网络控制系统的特点：

（1）允许对事件进行实时响应的时间驱动通信，且要求有高实时性与良好的时间确定性。

（2）要求有很高的可用性。

（3）要求有很高的数据完整性。

（4）控制网络的信息交互频繁，且多为短帧信息传输。

（5）具有良好的容错能力、可靠性、且安全性较高。

（6）控制网络的通信协议简单、实用，工作效率高。

（7）控制网络构建模块化，结构分散化。

（8）节点设备智能化，控制分散化，功能自治性。

（9）与信息网络通信效率高，方便实现与信息网络的无缝集成。

4. 影响因素：

(1) 信道带宽限制

(2) 采样延迟

(3) 数据丢包

(4) 单包传输与多包传输

5. 性能评价标准

(1) 网络服务质量：可用性、吞吐量、时延、时延变化、丢包

(2) 系统控制性能：稳定性，快速性超调量，偏差，振荡

6. 网络控制系统的稳定性：网络本身的稳定性以及控制系统的稳定性。网络系统本身的稳定性是通过每个节点队列中的信息量来定义的，如果该信息量大于某一常数或者随时间的增长信息量趋于无穷大时，就称该网络是不稳定的，网络系统的不稳定将有可能直接导致整个网络控制系统的不稳定，也有可能网络系统本身稳定的，但整个网络控制系统却是不稳定的。

7. 影响稳定因素：传输时延，数据包丢失

8. 调度方法

(1) 网络调度问题：网络中的节点在共享网络资源中发送数据并且发生碰撞时，规定数据包以怎样的优先级和何时发送数据包的问题。

(2) 协议层调度：指数据链路层通过一个链路活动调度器控制现场装置对总线的访问，通常是网络接口设备按照特定的协议规范来决定那些并发数据包的发送顺序。该调度的特点是通过特定的网络协议来实现某些调度算法。

(3) 应用层调度：指上层（传输层以上）的应用程序根据需要来主动地决策数据的发送规则，该规则与具体的网络协议无关。方法：借用 CPU 调度方法，设计网络调度协议，调度与控制协同设计，反馈控制实时调度。