



人工智能导论

任课老师：赵放

教材

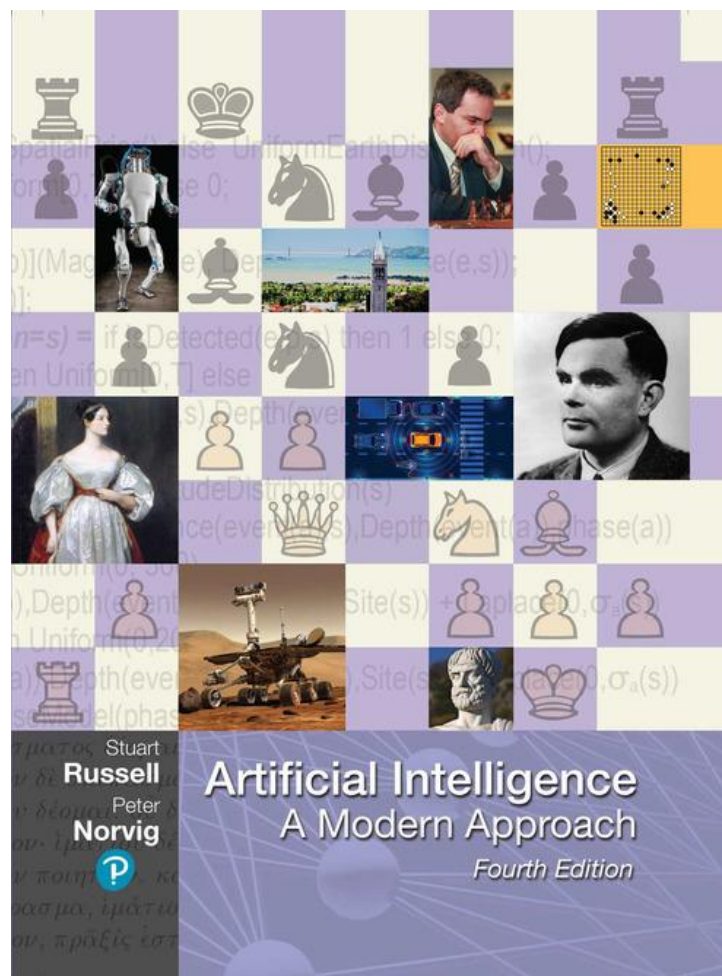


南京大學
NANJING UNIVERSITY

Artificial Intelligence: A Modern Approach (Fourth Edition)

人工智能：现代方法 (第4版)

斯图尔特·罗素，
彼得·诺维格



作业



南京大學
NANJING UNIVERSITY

本次课程有5次作业

使用Python语言，请开始熟悉该语言

作业5次，每次占15%，共75%

期末考试：25%

课程讨论QQ群：658411672

◆ 绪论

- 什么是人工智能
- 人工智能的基础
- 人工智能的历史
- 人工智能的发展现状
- 人工智能的风险与收益
- 课程内容概述

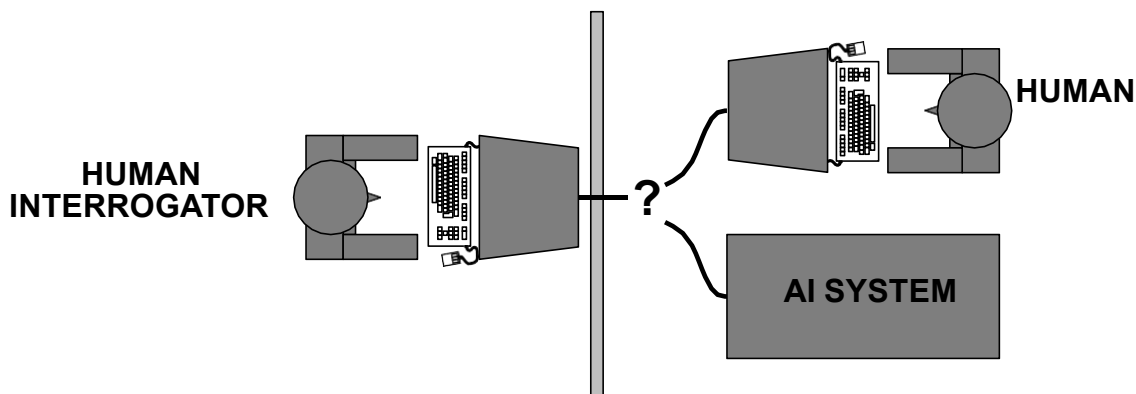
从**类人**与**理性**以及**思考**与**行为**这两个维度来看，有4种可能的组合：

类人思考	理性思考
类人行为	理性行为

需要关于大脑内部活动的科学理论

- 如何对知识进行抽象？信息如何传递？
 - 如何验证
 - 1) 预测和测试人类的行为 (top-down)
 - 2) 从神经学数据中直接识别 (bottom-up)
-
- 内省 (introspection) ——试图在自己进行思维活动时捕获思维；
 - 心理实验 (psychological experiment) ——观察一个人的行为；
 - 大脑成像 (brain imaging) ——观察大脑的活动。

- “机器能思考吗？” --> “机器能做出智能行为吗？”
- 智能行为测试：模仿游戏（Imitation Game）



图灵测试（Turing, 1950）

这个思想实验被提出的目的是**判断机器能否像人一样思考。**

- 希腊哲学家亚里士多德的**三段论 (syllogism)** 为论证结构提供了模式，当给出正确的前提时，总能得出正确的结论。

苏格拉底是人 + 所有人都是凡人 --> 苏格拉底是凡人

- 这些思维法则被认为支配着思想的运作，他们的研究开创了一个称为**逻辑 (logic)** 的领域。
- 19世纪的逻辑学家建立了一套精确的符号系统，用于描述世界上物体及其之间的关系。人工智能中所谓的**逻辑主义 (logicism)** 流派希望在此基础上创建智能系统。

- **理性行为**：做正确的事情。
- **智能体 (agent)**：能够采取行动的东西。
- 抽象地讲，智能体是从感知历史到行动的函数：

$$f : P^* \rightarrow A$$

- **理性行为**：做正确的事情。
- **智能体 (agent)**：能够采取行动的东西。
- 抽象地讲，智能体是从感知历史到行动的函数：

$$f : P^* \rightarrow A$$

- **理性智能体 (rational agent)** 需要为取得**最佳结果**或在存在不确定性时取得**最佳期望结果**而采取行动。

- **理性行为**：做正确的事情。
- **智能体 (agent)**：能够采取行动的东西。
- 抽象地讲，智能体是从感知历史到行动的函数：

$$f : P^* \rightarrow A$$

- **理性智能体 (rational agent)** 需要为取得**最佳结果**或在存在不确定性时取得**最佳期望结果**而采取行动。
- **人工智能专注于研究和构建做正确的事情的智能体**，其中正确的事情是我们提供给智能体的目标定义。

- **理性行为**：做正确的事情。
- **智能体 (agent)**：能够采取行动的东西。
- 抽象地讲，智能体是从感知历史到行动的函数：

$$f : P^* \rightarrow A$$

- **理性智能体 (rational agent)** 需要为取得**最佳结果**或在存在不确定性时取得**最佳期望结果**而采取行动。
- **人工智能专注于研究和构建做正确的事情的智能体**，其中正确的事情是我们提供给智能体的目标定义。
- **益机 (Beneficial Machine)**：对人类有益的智能体。

哲学

逻辑, 推理方法
将思想视为物理系统
学习、语言、理性的基石

数学

形式化表示和证明
可计算性, 易处理性
概率, 微积分

心理学

感知和行为
行为主义

经济学

理性决策的形式化理论

语言学

知识表示
语法

神经科学

大脑运作的机制

计算机工程

算力
编程语言, 开发框架

控制理论

稳态系统, 稳定性

人工智能的诞生 (1943—1956)

- 人工神经元模型
- 图灵测试
- 达特茅斯会议：“人工智能”术语被第一次正式使用

人工智能的诞生（1943—1956）

早期的人工智能（1952—1969）

- 通用问题求解器
- 物理符号系统假说
- 西洋跳棋的研究
- 神经网络

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

- 计算复杂性
- 基础结构存在限制

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

专家系统 (1969—1986)

- 符号主义
- 领域特定知识
- 知识密集型系统
- 第五代计算机

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

专家系统 (1969—1986)

神经网络的回归 (1986—现在)

- 反向传播学习算法
- 联结主义

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

专家系统 (1969—1986)

神经网络的回归 (1986—现在)

概率推理和机器学习 (1987—现在)

- 隐马尔可夫模型
- 贝叶斯网络

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

专家系统 (1969—1986)

神经网络的回归 (1986—现在)

概率推理和机器学习 (1987—现在)

大数据 (2001—现在)

- 数据为王

人工智能的诞生 (1943—1956)

早期的人工智能 (1952—1969)

低谷时期 (1966—1973)

专家系统 (1969—1986)

神经网络的回归 (1986—现在)

概率推理和机器学习 (1987—现在)

大数据 (2001—现在)

深度学习 (2011—现在)

- 卷积神经网络
- Transformer
- 扩散模型

人机博弈

2016年3月，AlphaGo 战胜韩国职业选手李世乭（九段）

升级版：AlphaGo Zero



人工智能的发展现状



南京大學
NANJING UNIVERSITY

自动驾驶

百度阿波罗
谷歌Waymo
特斯拉
英伟达

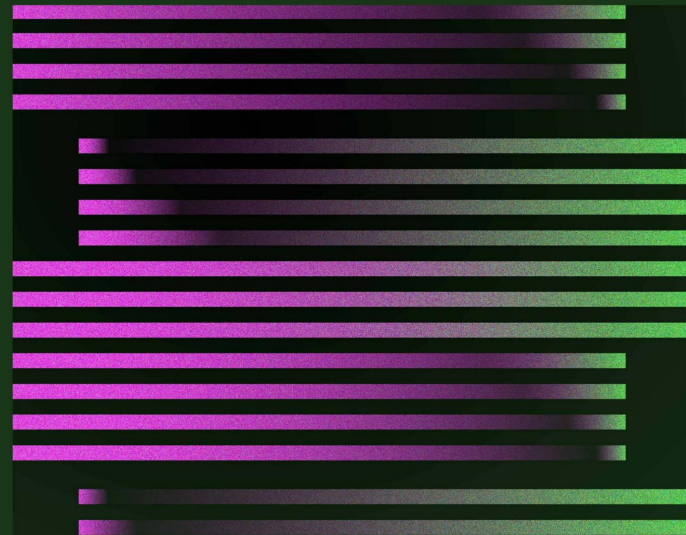


大型语言模型（LLM）

ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue

We've trained a model called ChatGPT which interacts in a conversational way. The dialogue format makes it possible for ChatGPT to answer followup questions, admit its mistakes, challenge incorrect premises, and reject inappropriate requests. ChatGPT is a sibling model to InstructGPT, which is trained to follow an instruction in a prompt and provide a detailed response.

[TRY CHATGPT ↗](#)



生成式人工智能 (AIGC)



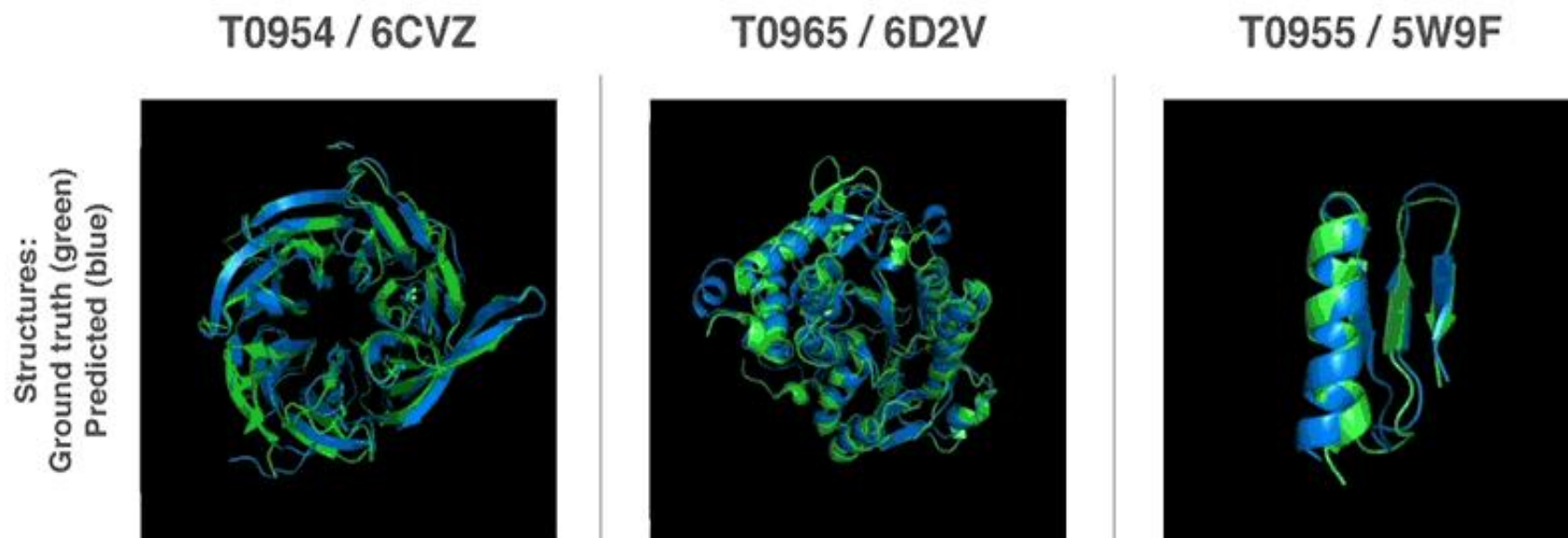
医疗

AI医疗影像

AI药物研发



AI for Science



预测蛋白质的3D结构

正如谷歌DeepMind首席执行官德米斯·哈萨比斯（Demis Hassabis）所建议的那样：“**首先解决人工智能问题，然后再用人工智能解决其他所有问题。**”

收益:

- 减少重复性工作
- 增加商品和服务的生产
- 加速科学研究 (疾病治疗, 气候变化和资源短缺解决方案)

风险:

- 致命性自主武器
- 监控与隐私
- 有偏决策
- 就业影响
- 安全关键型应用

课程内容

一、人工智能基础

- 绪论
- 智能体

课程内容



一、人工智能基础

二、问题求解

- 通过搜索进行问题求解
- 复杂环境中的搜索
- 对抗搜索和博弈
- 约束满足问题

课程内容



- 一、人工智能基础
- 二、问题求解
- 三、知识推理和规划
 - 逻辑智能体
 - 一阶逻辑
 - 一阶逻辑中的推断
 - 知识表示
 - 自动规划



课程内容

一、人工智能基础

二、问题求解

三、知识推理和规划

四、不确定知识和不确定推理

- 不确定性的量化
- 概率推理与时间上的概率推理
- 概率编程
- 做简单决策
- 做复杂决策
- 多智能体决策

课程内容

- 一、人工智能基础
- 二、问题求解
- 三、知识推理和规划
- 四、不确定知识和不确定推理
- 五、机器学习
 - 样例学习
 - 概率模型学习
 - 深度学习
 - 强化学习

课程内容

- 一、人工智能基础
- 二、问题求解
- 三、知识推理和规划
- 四、不确定知识和不确定推理
- 五、机器学习
- 六、沟通、感知和行动
 - 自然语言处理
 - 计算机视觉
 - 机器人学

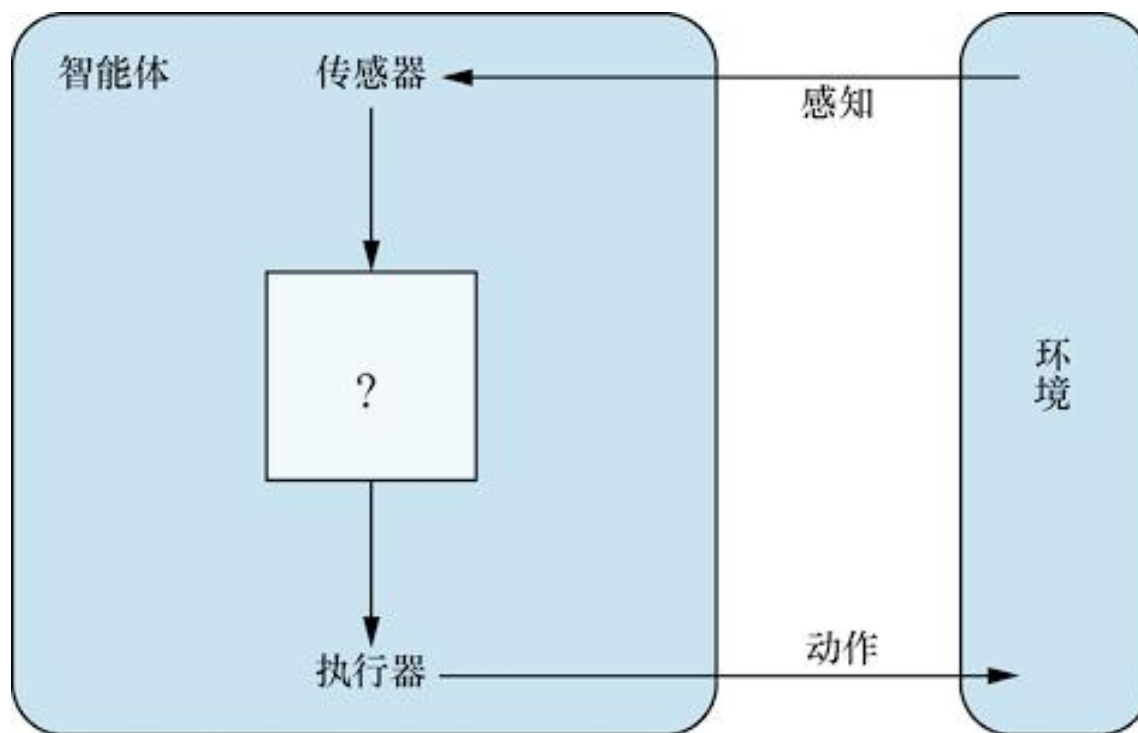


课程内容

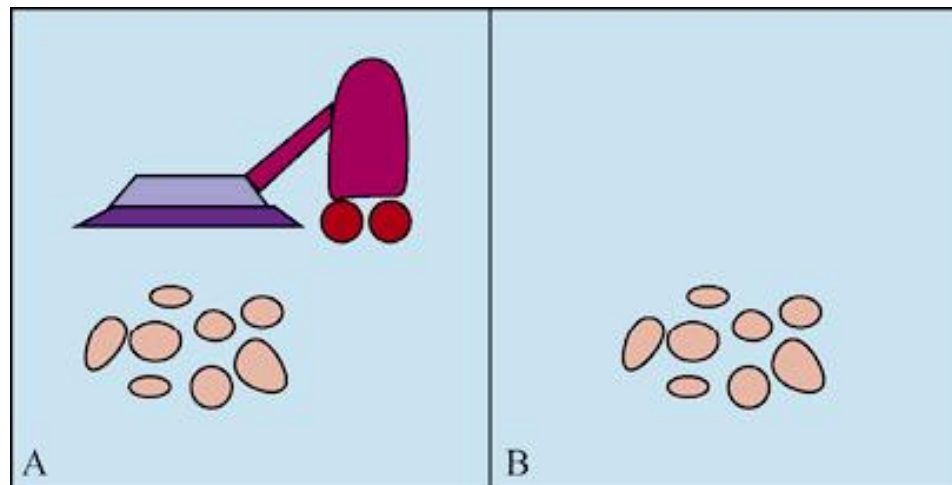
- 一、人工智能基础
 - 二、问题求解
 - 三、知识推理和规划
 - 四、不确定知识和不确定推理
 - 五、机器学习
 - 六、沟通、感知和行动
 - 七、总结
- 人工智能的哲学、伦理和安全性
 - 人工智能的未来

◆ 智能体

- 智能体和环境
- 理性的概念
- PEAS（性能度量、环境、执行器、传感器）
- 任务环境的属性
- 智能体类型



智能体通过传感器和执行器与环境交互



感知： 位置与环境状况，例如， $[A, Dirty]$

动作： *Left, Right, Suck, NoOp*

function REFLEX-VACUUM-AGENT($[location, status]$) **returns** 一个动作

if $status = Dirty$ **then return** *Suck*

else if $location = A$ **then return** *Right*

else if $location = B$ **then return** *Left*

真空吸尘器世界的简单智能体函数的部分表项

感知序列	动作
<i>[A, Clean]</i>	<i>Right</i>
<i>[A, Dirty]</i>	<i>Suck</i>
<i>[B, Clean]</i>	<i>Left</i>
<i>[B, Dirty]</i>	<i>Suck</i>
<i>[A, Clean], [A, Clean]</i>	<i>Right</i>
<i>[A, Clean], [A, Dirty]</i>	<i>Suck</i>
<i>⋮</i>	<i>⋮</i>
<i>[A, Clean], [A, Clean], [A, Clean]</i>	<i>Right</i>
<i>[A, Clean], [A, Clean], [A, Dirty]</i>	<i>Suck</i>
<i>⋮</i>	<i>⋮</i>

理性取决于以下4方面：

- 定义成功标准的性能度量；
- 智能体对环境的先验知识；
- 智能体可以执行的动作；
- 智能体到目前为止的感知序列。

理性取决于以下4方面：

- 定义成功标准的性能度量；
- 智能体对环境的先验知识；
- 智能体可以执行的动作；
- 智能体到目前为止的感知序列。

理性智能体的定义：

对于每个可能的感知序列，给定感知序列提供的证据和智能体所拥有的任何先验知识，理性智能体应该选择一个期望最大化其性能度量的动作。

理性取决于以下4方面：

- 定义成功标准的性能度量；
- 智能体对环境的先验知识；
- 智能体可以执行的动作；
- 智能体到目前为止的感知序列。

理性智能体的定义：

对于每个可能的感知序列，给定感知序列提供的证据和智能体所拥有的任何先验知识，理性智能体应该选择一个期望最大化其性能度量的动作。

理性 \neq 全知

理性取决于以下4方面：

- 定义成功标准的性能度量；
- 智能体对环境的先验知识；
- 智能体可以执行的动作；
- 智能体到目前为止的感知序列。

理性智能体的定义：

对于每个可能的感知序列，给定感知序列提供的证据和智能体所拥有的任何先验知识，理性智能体应该选择一个期望最大化其性能度量的动作。

理性 \neq 全知

理性 \Rightarrow 探索, 学习

任务环境 (task environment)，本质上是“问题”，理性智能体是“解决方案”：

- **Performance**（性能度量）
- **Environment**（环境）
- **Actuator**（执行器）
- **Sensor**（传感器）

智能体类型	性能度量	环境	执行器	传感器
自动驾驶出租车司机	安全、速度快、合法、舒适旅程、最大化利润、对其他道路用户的影响最小化	道路、其他交通工具、警察、行人、客户、天气	转向器、加速器、制动、信号、喇叭、显示、语音	摄像头、雷达、速度表、GPS、发动机传感器、加速度表、麦克风、触摸屏

自动驾驶智能体任务环境的PEAS描述

- 完全可观测的 (fully observable) 与部分可观测的 (partially observable)

- 完全可观测的 (fully observable) 与部分可观测的 (partially observable)
- 单智能体的 (single-agent) 与多智能体的 (multiagent)

- 完全可观测的 (fully observable) 与部分可观测的 (partially observable)
- 单智能体的 (single-agent) 与多智能体的 (multiagent)
- 确定性的 (deterministic) 与非确定性的 (nondeterministic)

- 完全可观测的 (fully observable) 与部分可观测的 (partially observable)
- 单智能体的 (single-agent) 与多智能体的 (multiagent)
- 确定性的 (deterministic) 与非确定性的 (nondeterministic)
- 回合式的 (episodic) 与序贯的 (sequential)
- 静态的 (static) 与动态的 (dynamic)

- 完全可观测的 (fully observable) 与部分可观测的 (partially observable)
- 单智能体的 (single-agent) 与多智能体的 (multiagent)
- 确定性的 (deterministic) 与非确定性的 (nondeterministic)
- 回合式的 (episodic) 与序贯的 (sequential)
- 静态的 (static) 与动态的 (dynamic)
- 离散的 (discrete) 与连续的 (continuous)
- 已知的 (known) 与未知的 (unknown)

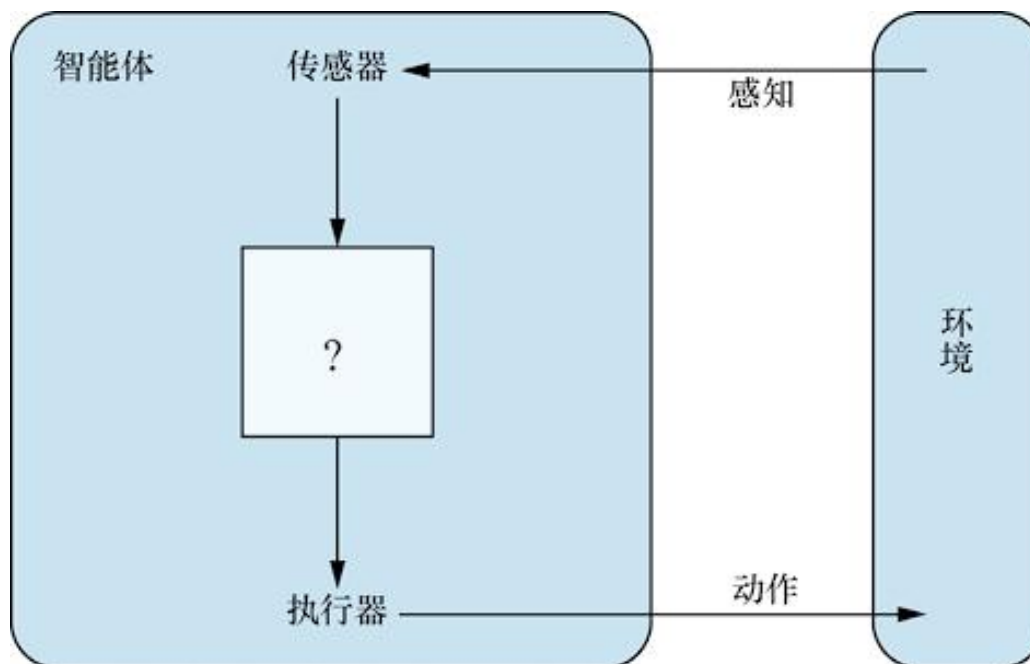
任务环境的属性

任务环境	可观测	智能体	确定性	回合式	静态	离散
填字游戏	完全	单	确定性	序贯	静态	离散
限时国际象棋	完全	多	确定性	序贯	半动态	离散
扑克	部分	多	非确定性	序贯	静态	离散
西洋双陆棋	完全	多	非确定性	序贯	静态	离散
驾驶出租车	部分	多	非确定性	序贯	动态	连续
医疗诊断	部分	单	非确定性	序贯	动态	连续
图片分析	完全	单	确定性	回合式	半动态	连续
零件选取机器人	部分	单	非确定性	回合式	动态	连续
提炼厂控制器	部分	单	非确定性	序贯	动态	连续
交互英语教师	部分	多	非确定性	序贯	动态	离散

任务环境的例子及其属性

- **智能体程序**：实现智能体函数，即从感知到动作的映射
- **智能体架构**：具有物理传感器和执行器的计算设备

智能体 = 架构 + 程序



- **智能体程序**：实现智能体函数，即从感知到动作的映射
- **智能体架构**：具有物理传感器和执行器的计算设备

智能体 = 架构 + 程序

```
function TABLE-DRIVEN-AGENT(percept) returns 一个动作
    persistent: percepts, 初始为空的序列
               table, 以感知序列为索引的动作表, 初始为完全确定

    将percept添加到percepts的末尾
    action  $\leftarrow$  LOOKUP(percepts, table)
    return action
```

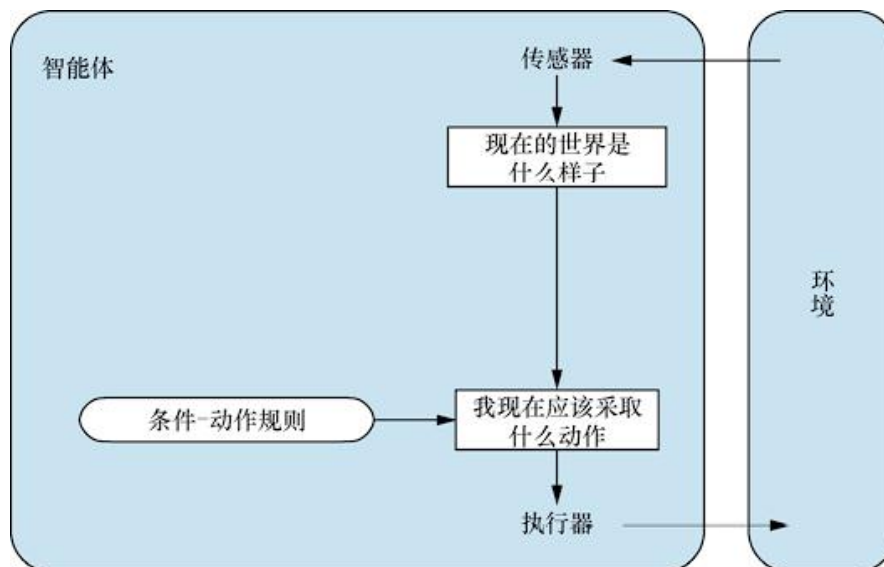
每个新的感知都会调用Table-Driven-Agent程序，并且每次返回一个动作。它在内存中保留了完整的感知序列。

按照通用性递增的顺序，4种基本的智能体程序：

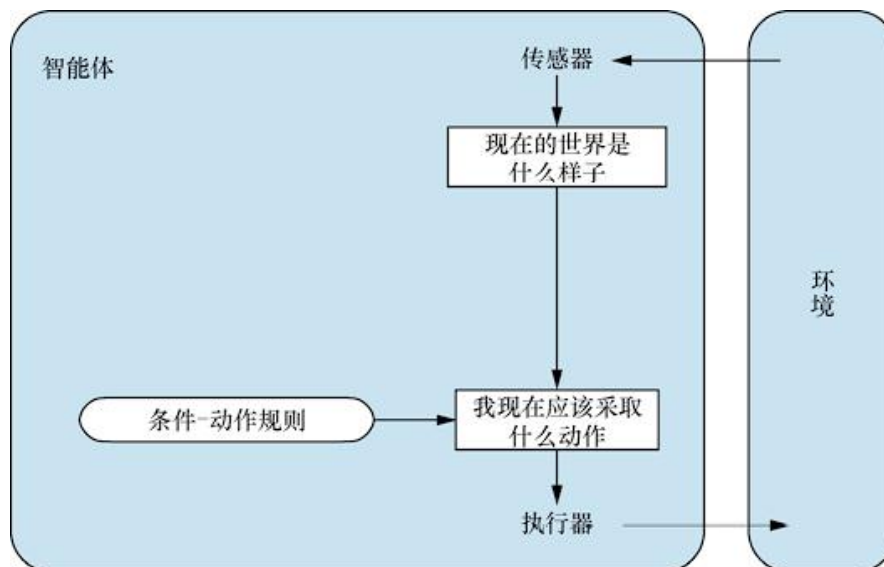
- 简单反射型智能体
- 基于模型的反射型智能体
- 基于目标的智能体
- 基于效用的智能体

所有这些类型的智能体都可以转化为学习型智能体

简单反射型智能体



简单反射型智能体的示意图



简单反射型智能体的示意图

function SIMPLE-REFLEX-AGENT(*percept*) **returns** 一个动作

persistent: *rules*, 一组条件-动作规则

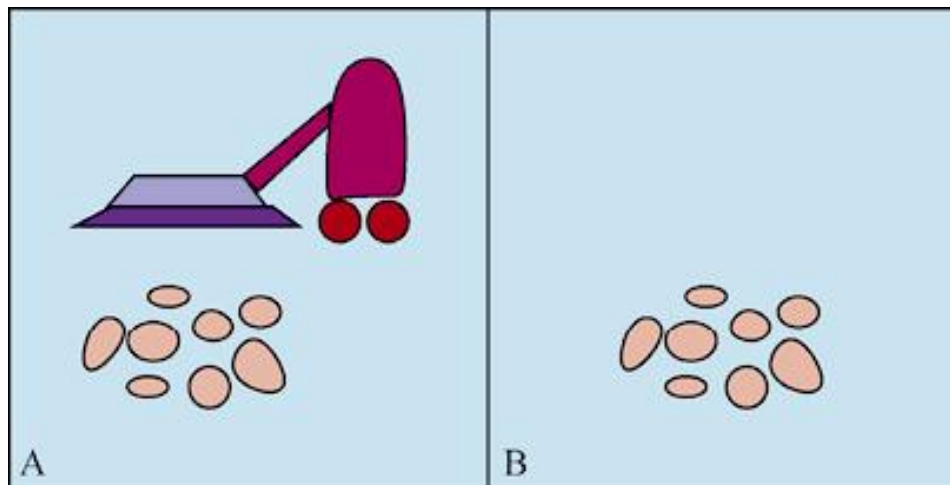
state \leftarrow INTERPRET-INPUT(*percept*)

rule \leftarrow RULE-MATCH(*state*, *rules*)

action \leftarrow *rule*.ACTION

return *action*

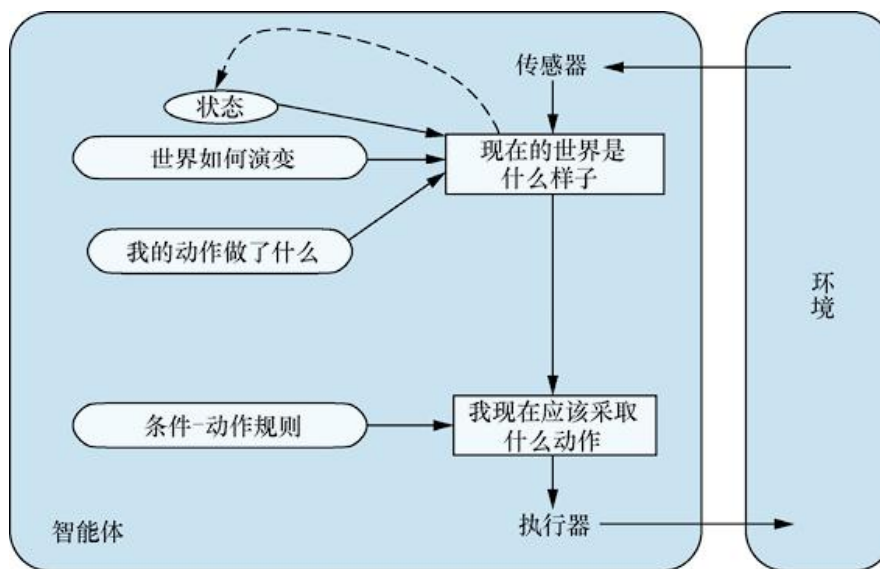
简单反射型智能体程序。它根据一条规则进行操作，该规则的条件与感知定义的当前状态相匹配。



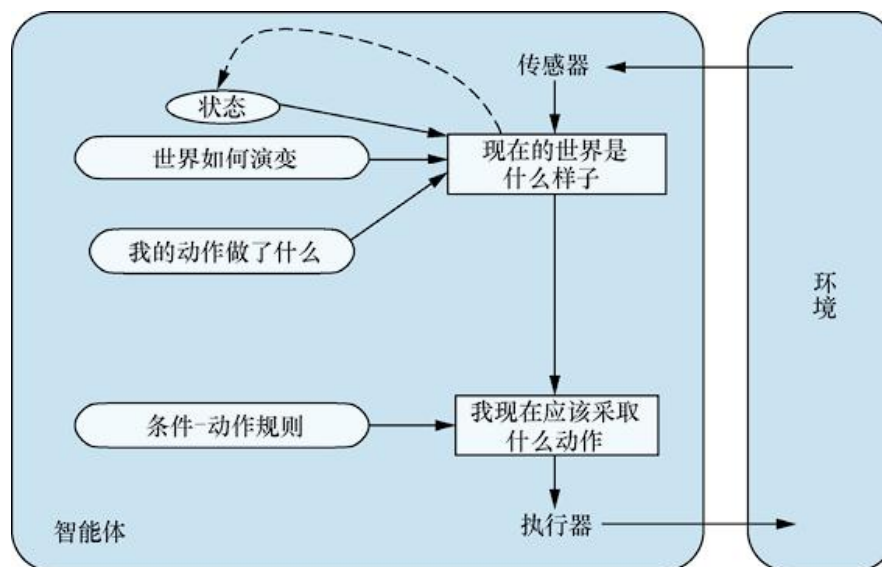
感知： 位置与环境状况，例如， $[A, Dirty]$

动作： *Left, Right, Suck, NoOp*

基于模型的反射型智能体



基于模型的反射型智能体



基于模型的反射型智能体

function MODEL-BASED-REFLEX-AGENT(*percept*) **returns** 一个动作

persistent: *state*, 智能体对世界状态的当前理解

transition_model, 关于下一个状态如何决定于当前状态和动作的描述

sensor_model, 关于当前世界状态如何反映到智能体感知的描述

rules, 一组条件-动作规则

action, 最近的动作, 初始为空

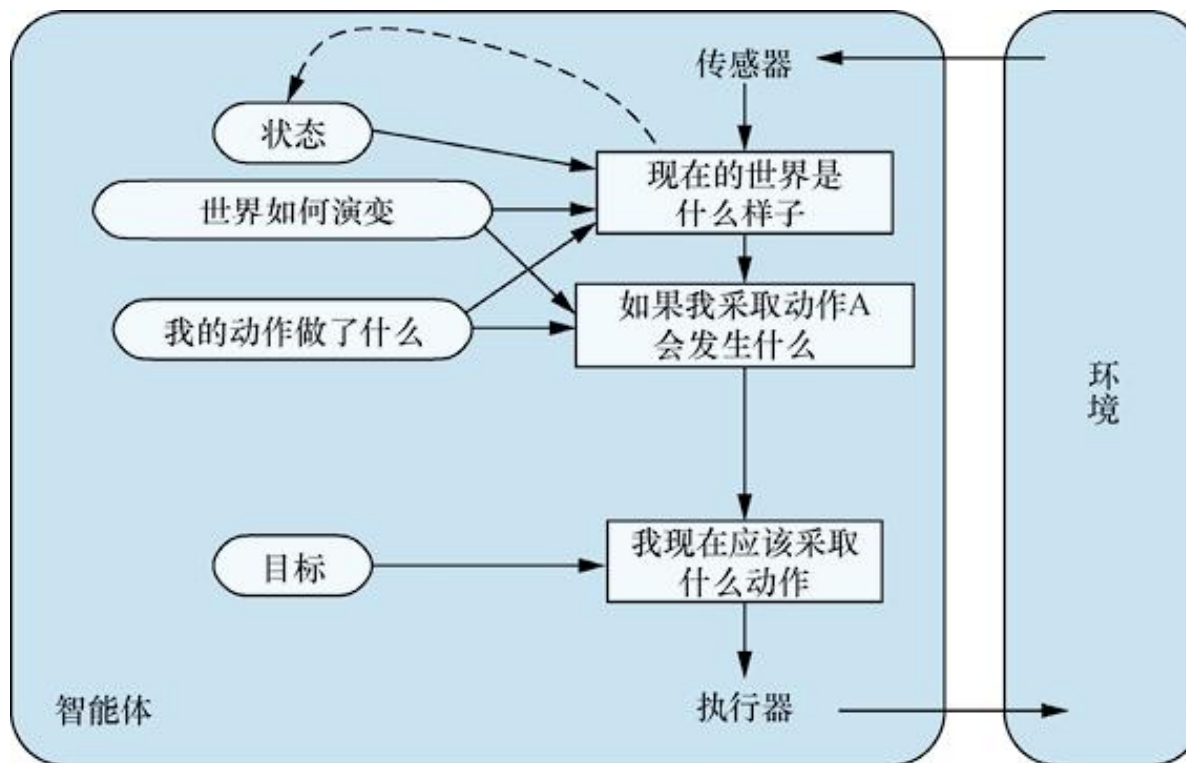
state \leftarrow UPDATE-STATE(*state*, *action*, *percept*, *transition_model*, *sensor_model*)

rule \leftarrow RULE-MATCH(*state*, *rules*)

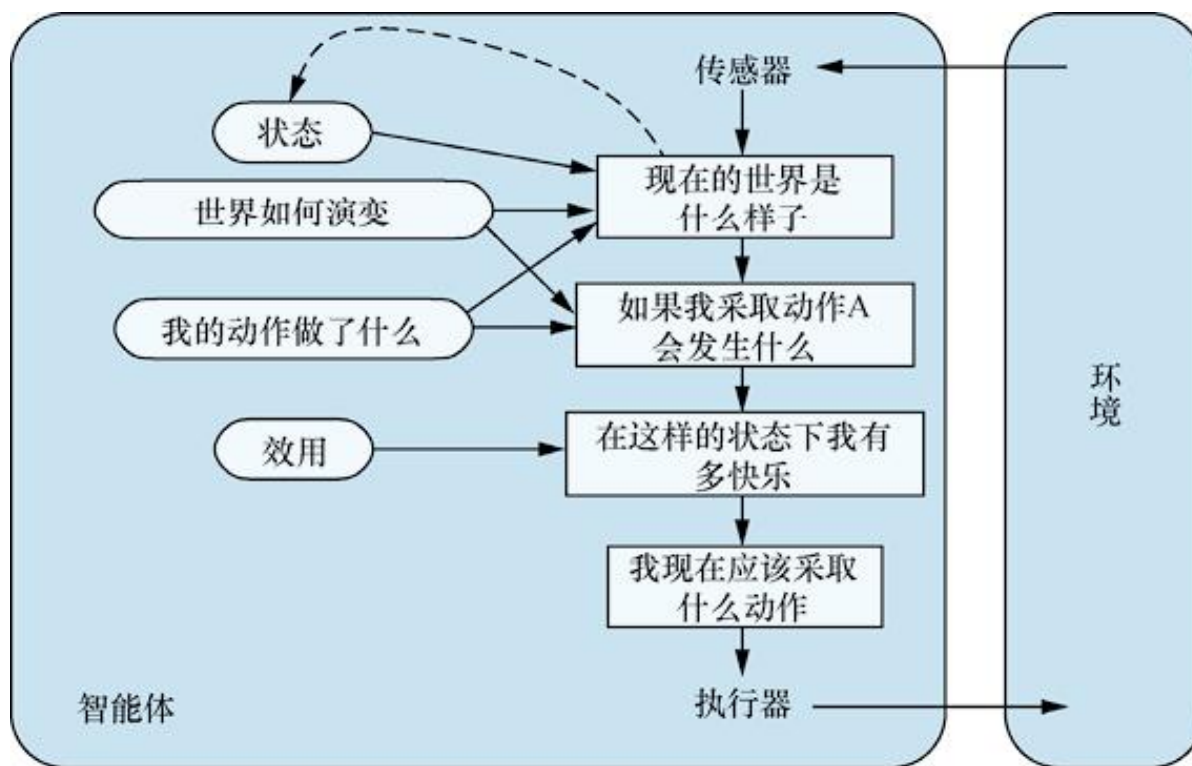
action \leftarrow *rule*.ACTION

return *action*

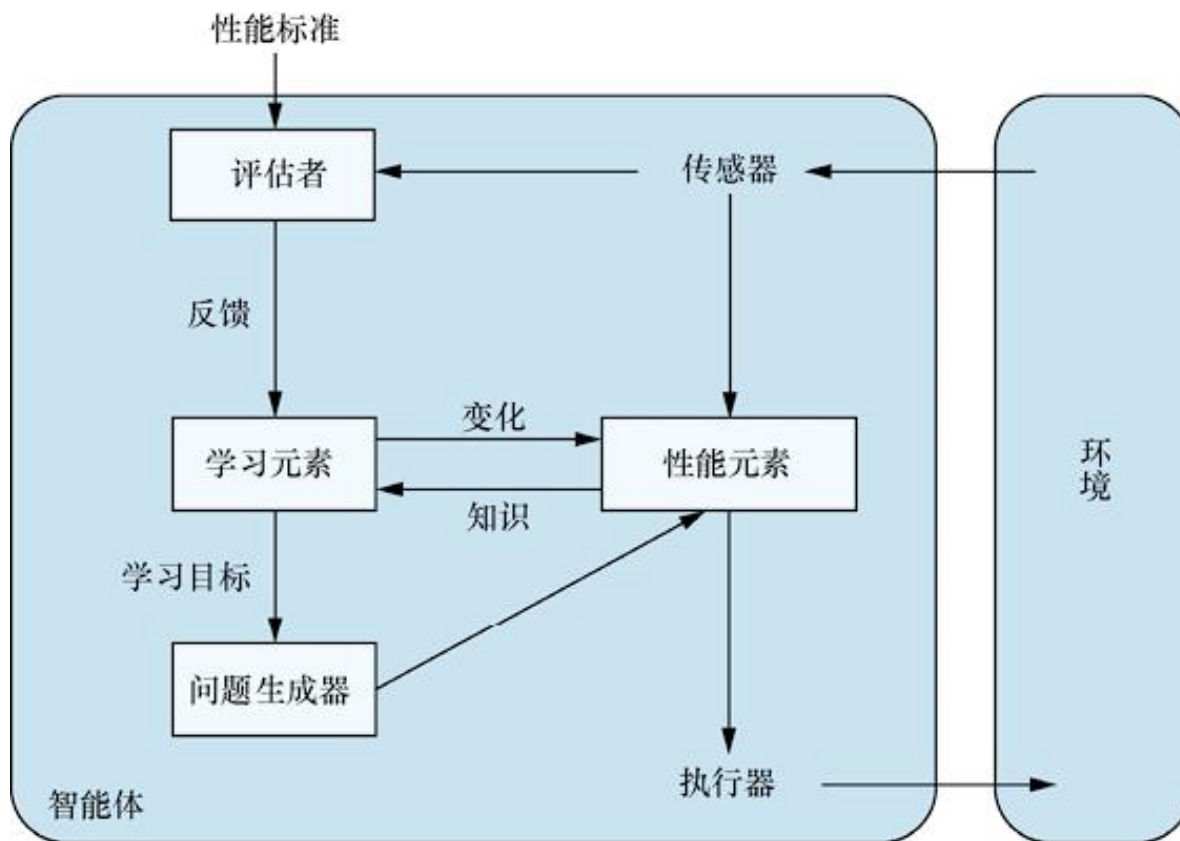
基于模型的反射型智能体。它使用内部模型追踪世界的当前状态，然后以与反射型智能体相同的方式选择动作。



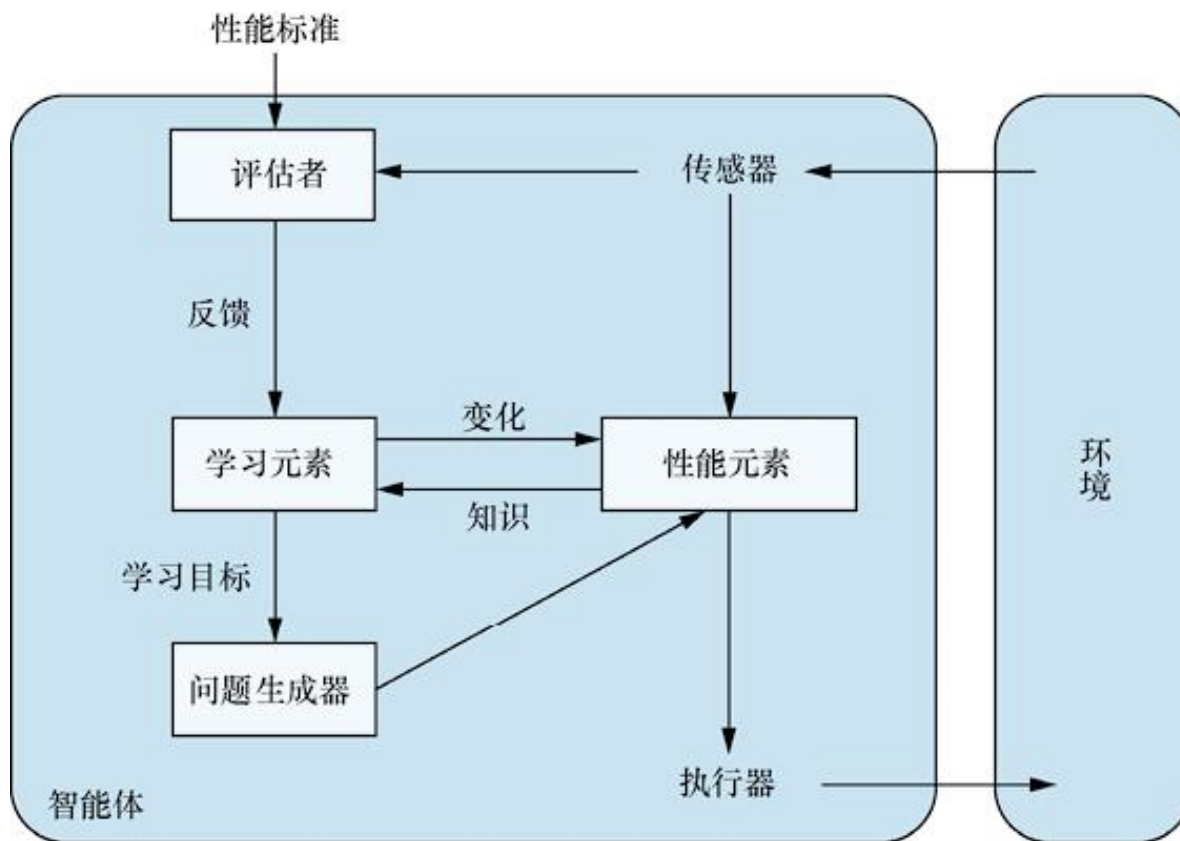
基于模型、基于目标的智能体。它追踪世界状态以及它试图实现的一系列目标，并选择一项最终能够实现目标的动作。



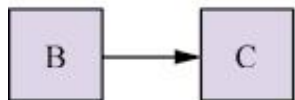
基于模型、基于效用的智能体。它使用了一个世界模型以及一个效用函数来衡量它在各状态之间的偏好，然后选择产生最佳期望效用的动作，其中期望效用是通过对所有可能的结果状态和对应概率加权所得。



通用学习型智能体。“性能元素”框表示我们之前认为的整个智能体程序，现在“学习元素”框可以修改该程序以提升其性能。



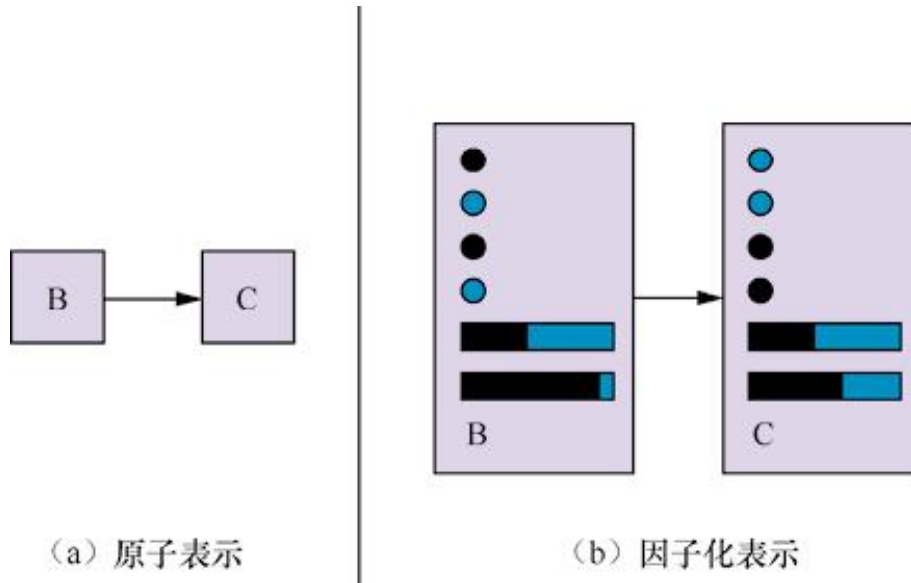
通用学习型智能体。“性能元素”框表示我们之前认为的整个智能体程序，现在“学习元素”框可以修改该程序以提升其性能。



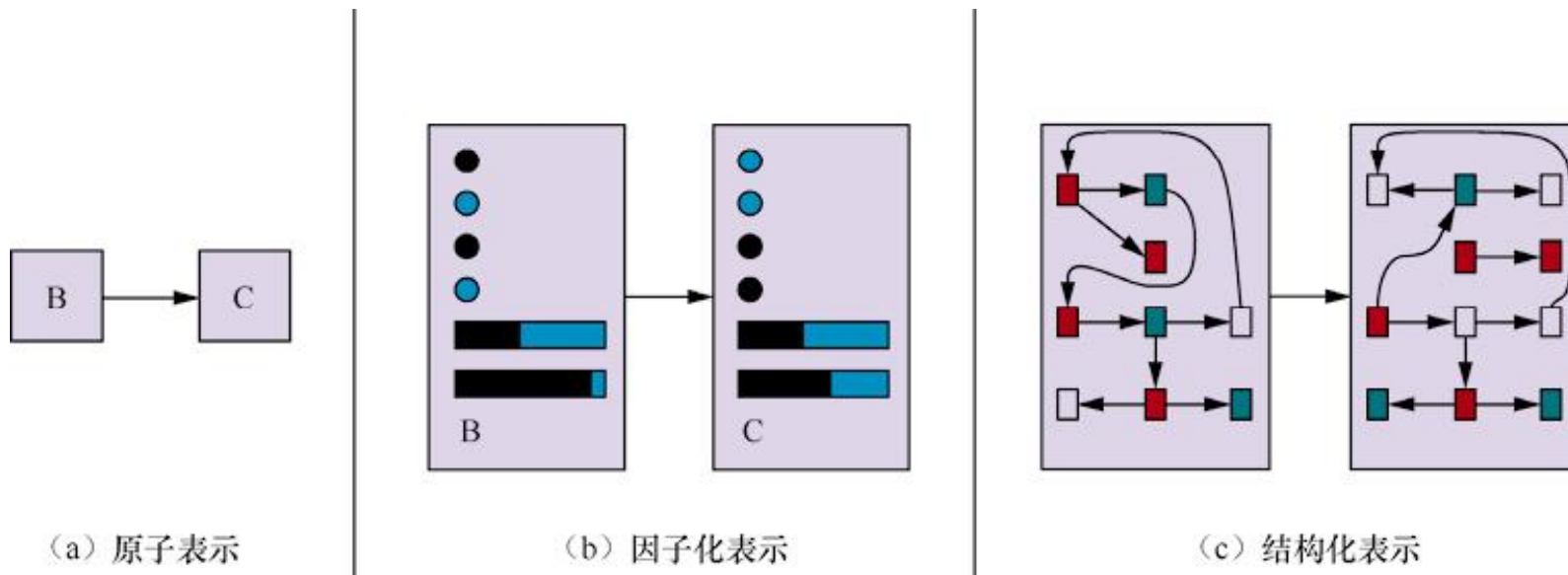
(a) 原子表示

表示状态及其之间转移的3种方法： (a) 原子表示一个状态（如B或C）是没有内部结构的黑盒；

智能体程序的组件如何工作



表示状态及其之间转移的3种方法：（a）原子表示一个状态（如B或C）是没有内部结构的黑盒；（b）因子化表示状态由属性值向量组成，值可以是布尔值、实值或一组固定符号中的一个；



表示状态及其之间转移的3种方法：（a）原子表示一个状态（如B或C）是没有内部结构的黑盒；（b）因子化表示状态由属性值向量组成，值可以是布尔值、实值或一组固定符号中的一个；（c）结构化表示状态包括对象，每个对象可能有自己的属性以及与其他对象的关系。

人工智能是智能体设计的科学。

- **智能体**是在环境中感知和行动的事物。智能体的**智能体函数**指定智能体在响应任意感知序列时所采取的动作。
- **性能度量**评估智能体在环境中的行为。给定到目前为止的感知序列，**理性智能体**的动作是为了最大化性能度量的期望值。
- **任务环境**规范包括性能度量、外部环境、执行器和传感器。在设计智能体时，第一步始终是尽可能完整地指定任务环境。
- 任务环境的属性。
- **简单反射型智能体**直接响应感知，而**基于模型的反射型智能体**保持内部状态以跟踪当前感知中不明晰的世界状态。**基于目标的智能体**采取行动来实现目标，而**基于效用的智能体**试图最大化自己期望的“快乐”。
- 所有智能体都可以通过学习提升性能。