



人工智能概论

楚 好

机器人科学与工程学院

课程QQ群: 851807322



群名称:《人工智能概论》

群 号:851807322



一. 智能体的定义及性质

二. 智能体的结构

三. 多智能体的协商

四. AI技术在机器人中的应用



一、智能体定义及性质

● 智能体（Agent）的定义

- 社会中某个个体经过协商后可求得问题的解，这个个体就是agent。
（明斯基，1986）
- 是一种通过传感器感知其环境，并通过执行器作用于该环境的实体。因此，可以把真体定义为一种从感知序列到实体动作的映射。
（Russell and Norvig, 1995）
- 是一种具有智能的实体。



● 智能体（Agent）的定义——IBM

- 智能体是一个软件实体，可以代表一个人类用户或者其他程序。
- 智能体具有一个行为集合，且具有某种程度的独立性或者自主性。
- 智能体在采取行为时，通常用某些知识来表示用户的目标或者期望。



一、智能体定义及性质

- 智能体（Agent）

人们希望机器或者设备能够代替人来执行、做一些决策。

- Agent可被译为智能体、真体、主体等。



一、智能体定义及性质

● 智能体（Agent）技术

- 起源于AI、软件工程、分布式计算以及经济学等学科。
- 20世纪90年代起，越来越受到学术界和产业界的重视。
- Agent是AI研究的起源，也是终结者。

一、智能体定义及性质



智能体的应用——群控电梯控制器



一、智能体定义及性质



智能体的应用——红绿灯控制器





一、智能体定义及性质

● 智能Agent的性质

- 自主性 (Autonomy)
- 主动性 (Pro-activeness)
- 反应能力 (Reactivity)
- 社会能力 (Social Ability)



一、智能体定义及性质

● 自主性

在不受人和其他实体的指令或者干预下，具备自动采取行动的能力，甚至还可以自主控制自身的内部状态。

● 主动性

不仅可以实现对外界的反应，还可以针对自己的目标采取主动行为。



一、智能体定义及性质

● 反应能力

感知外界环境，并及时对外界环境的变化做出动作响应。

● 社会能力

通过某种通信语言实现和其他智能体（甚至人）之间的交互。



一、智能体定义及性质

- **移动性 (Mobility)** : 具备在网络上移动的能力。
- **诚实性 (Veracity)** : 与其智能体通信时, 不会传输错误的信息。
- **无私性 (Benevolence)** : 智能体之间不会有相互冲突的目标。
- **理性 (Rationality)** : 无限理性/有限理性。
 - 通常假定是有限理性, 即当智能体去实现自己的目标时具备一定的理性, 分析这个目标是否能被实现。

二、智能体的结构

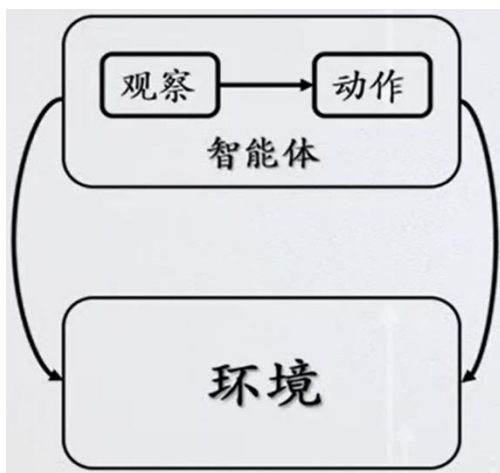


智能体的结构是指构建智能体的方法学，即将智能体分成不同的模块，并描述各模块之间的关系。

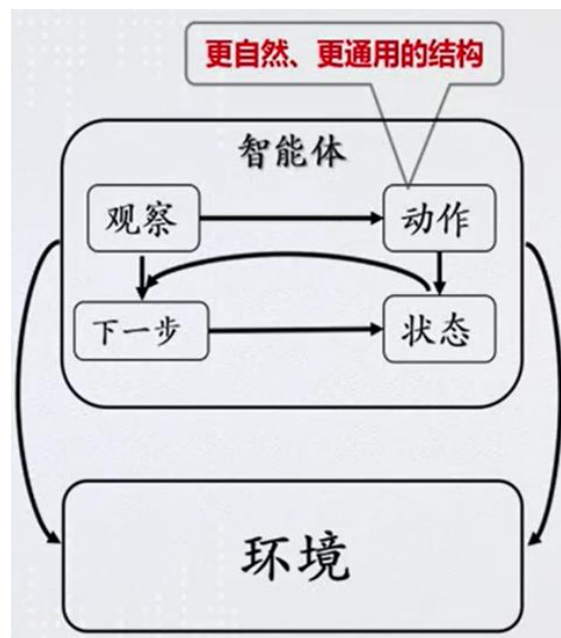
二、智能体的结构



不带内部状态的智能体结构



带内部状态的智能体结构



二、智能体的结构



- 将环境状态建模为 $S=\{s_1, s_2, \dots\}$;
- 智能体的动作集合建模为 $A=\{a_1, a_2, \dots\}$;
- 如果将智能体看出一个函数，那么它将要实现图中的动作函数（action）,其定义为 $\text{Action}: S^* \rightarrow A$ 。其 S^* 代表 S 的一个子集，表明智能体经历过一个状态序列。

二、智能体的结构



- 在智能体的作用下，环境会持续不断地发生变化。
- 用一个函数表示这种变化： $\text{Env}: S \times A \rightarrow \Pi(S)$ $\Pi(S)$ 表示所有状态子集的幂集。
 - 如果 $\Pi(s) = \{s_1\}$ ，则称环境是确定性的，且动作的结果是可以预测的；
 - 如果 $\Pi(s) = \{s_1, s_2, \dots\}$ ，则称环境是非确定性的，且动作的结果是不可预测的。

二、智能体的结构



- 智能体在与环境的不断交互过程中形成了一个<状态-动作>对的序列，这个序列称之为当前智能体的历史。

$$h: s_0 \xrightarrow{a_0} s_1 \xrightarrow{a_1} s_2 \xrightarrow{a_2} \dots s_{t-1} \xrightarrow{a_{t-1}} s_t \xrightarrow{a_t} \dots$$

- 一个无内部状态、纯反应式的智能体无须记住历史，只根据当前感知到的状态采取动作。因此，动作函数（Action）可简化为Action: $S \rightarrow A$

二、智能体的结构



- 将纯反应式的智能体结构在细分为感知组件（See）和动作组件（Action），分别定义如下：

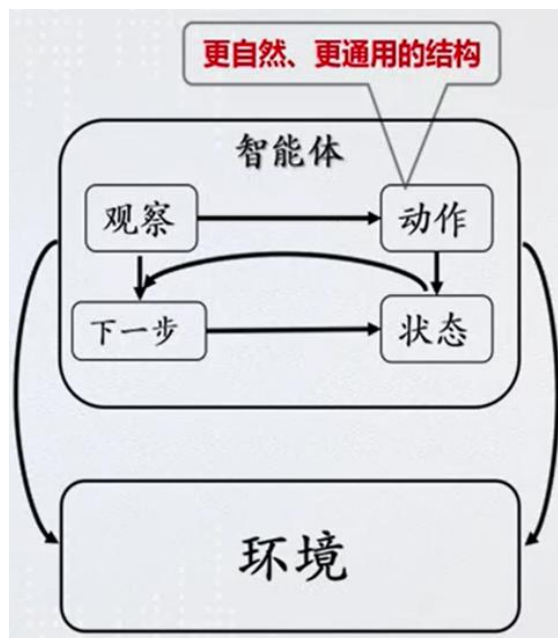
See: $S \rightarrow P$ Action: $P \rightarrow S$

- 这种分解看似没有什么意义，但如果当 $s1 \neq s2, \text{See}(s1) = \text{See}(s2)$ 时，这种分解将减少结构的复杂性。

二、智能体的结构



带内部状态的智能体结构



二、智能体的结构



- 假定智能体有一个初始内部状态 i_0 ,当前处在环境 s 时, 其得到一个感知 $see(s)$;
- 智能体根据 i_0 和 $see(s)$ 得到一个新的内部状态($i_0, see(s)$);
- 智能体根据 $next(i_0, see(s))$ 产生动作 $action(next(i_0, see(s)))$;
- 智能体按照上述方式反复与环境进行交互以到达目标。

二、智能体的结构——环境



智能体不可以完全控制环境，环境也不可以控制智能体。

两者相互影响，相互依存。

二、智能体的结构——环境



按照环境的性质进行分类：

- 确定性和非确定行
- 可访问和不可访问
- 场景式和非场景式
- 静态和动态
- 离散和连续

二、智能体的结构——环境



按照环境的性质进行分类——

- 确定性和非确定行

确定性是指执行某个行为所导致的状态是确定的（也就是说，环境的下一个状态完全是由当前状态和智能体选择的动作决定）

二、智能体的结构——环境



按照环境的性质进行分类——

- 可访问和不可访问

智能体能否精确感知外部环境状态。

二、智能体的结构——环境



按照环境的性质进行分类——

- 场景式和非场景式

假设智能体在下棋，每一局棋看成一个场景，如果智能体在一个新局中的性能或者学习过程和历史棋局没有关系，这种环境设置即为场景式。

二、智能体的结构——环境



按照环境的性质进行分类——

- 静态和动态

Env函数是否随着时间、空间的改变而变化；

- 离散和连续

环境的状态集合 S 是否有限、固定。

二、智能体的结构——环境



采用智能体技术设计红绿灯控制器

- 晴天，路口等待的车辆数目明确，则该环境是**可访问的**；
- 雾天或大雨天，控制器无法获得路上确定的车辆数目，则环境**不可访问**。

二、智能体的结构——环境



采用智能体技术设计红绿灯控制器

- 某个时间点（某个状态下），控制器采取了某个时长，但控制器无法确定下一个时间点路口等候的车辆数目，则环境是**不确定的**；
- 在一天的不同时段或者一周的不同天（如休息日和工作日），前后时间点路口等候车辆数目都会发生显著变化，则环境是**动态的**。

二、智能体的结构——环境



采用智能体技术设计红绿灯控制器

在前一天或者历史上红绿灯得到的策略，事实上对当前是有帮助的，则环境是**非场景的**；

如果只考虑环境中等待的车辆数目，动作只考虑离散的秒数，环境是**离散的**。

二、智能体的结构



实现一个具体的智能体的方式:

- 基于逻辑演绎
- 基于反应式（包孕结构）
- 基于决策理论
- 基于信念-期望-意图逻辑（BDI）
- 分层混合式

二、智能体的结构——包孕结构



包孕 (subsumption) 结构

认为智能体的理性行为是在智能体与环境的交互过程中涌现的。

二、智能体的结构——包孕结构



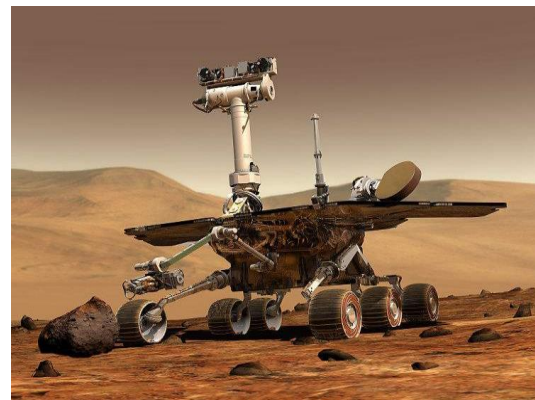
设计行星勘察机器人

任务：从行星上收集岩石样本。

条件：仅仅知道岩石是聚集的，但并不知道其确切位置。

目标：机器人需要通过在行星上行走发现岩石，然后取走部分岩石样本放回到飞船上。

机器人事先并没有关于行星的地图。同时，行星上存在大量的障碍，机器人在行走时需要避开这些障碍物。



二、智能体的结构——包孕结构



R1: 如果检测到障碍物, 则转向;

R2: 如果拿到岩石样本, 且机器人位于飞船上, 则放下手中样本;

R3: 如果拿到岩石样本, 但机器人不在飞船上, 则沿信号增强的梯度方向往回走;

R4: 如果检测到岩石样本, 则捡起岩石样本;

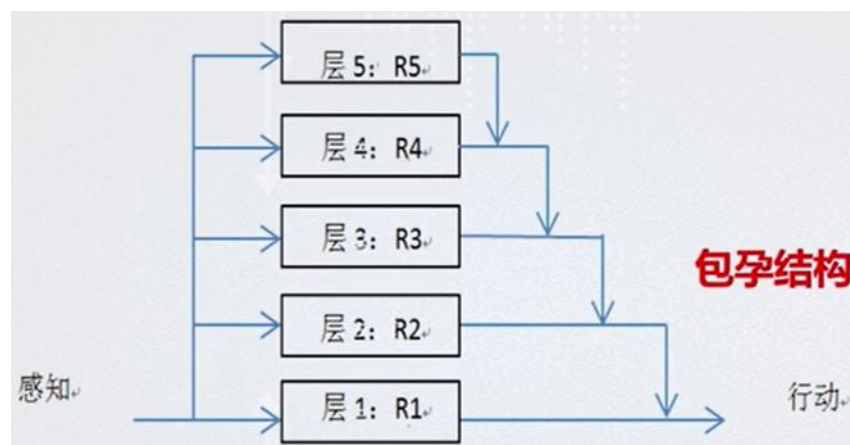
R5: 如果机器人一切正常, 则在行星上随机行走。

这5条规则存在优先关系: $R1 > R2 > R3 > R4 > R5$

二、智能体的结构——包孕结构



当多个规则同时被激活时，下层规则的输出将抑制上层规则的输出。



二、智能体的结构——包孕结构



当不允许机器人之间直接通信时，可以改进增强上述结构，实现间接通信（通过与环境交互），例如：

修改R3：如果拿到岩石样本，但机器人不在飞船上，则丢下两个信标，同时沿信号增强的梯度方向往回走；

增加R6：如果机器人感知到信标，则捡起1个信标，并沿着信号梯度下降方向走。

二、智能体的结构——包孕结构



当某个智能体A率先发现岩石后，则其他智能体可以根据A丢下的信标逐步向岩石聚集处靠拢，因此涌现出类似于蚂蚁寻找食物的智能行为。



二、智能体的结构——BDI



- **BDI结构：** 不同于数学的机械证明，人的推理是一种实证推理，其特点是人的知识是不断增长、变化的；同时，人的目标会随着自己的知识增长、环境状态改变而发生变化。
- **实证推理过程三要素：**
 - 信念（Belief）
 - 期望（Desire）
 - 意图（Intention）

二、智能体的结构——BDI



例子：

刚开学时的信念：

努力学习就能通过考试（意图）；

为了实现这个意图，执行了一个目标——手段的推理过程，形成了一系列期望，即期望自己可以努力学习、准时上课、完成作业和认真复习。



二、智能体的结构——BDI



例子——续：

突然有一天，身边的某些人给了他启发；

考试作弊也能通过考试且考试作弊比认真学习容易很多。

开始修正自己之前的信念，在意图不变的前提下，继续执行一个新的目标——手段的推理过程，形成了新的期望，即期望通过考试作弊的方式通过考试。

二、智能体的结构——BDI



例子——续：

期末复习时发现：

考试作弊被发现就不能通过考试；

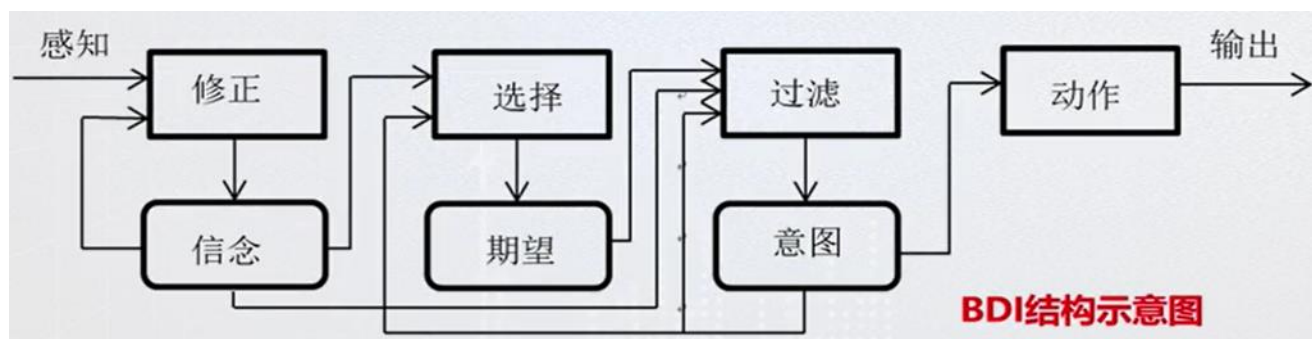
本门课程监考严格，考试作弊一定被抓。

再次修正自己之前的信念，在意图不变的前提下继续执行一个新的目标——手段的推理过程，形成了新的期望，即期望通过认真复习通过考试。

二、智能体的结构——BDI



在智能体技术中心，把这样的实证推理逻辑形式化为BDI逻辑，而把实现BDI逻辑的智能体结构称之为BDI结构。



二、智能体的结构——BDI



BDI结构需要四个函数：

- 修改函数——根据新的感知和已有的信念产生新的信念集合；
- 选择函数——根据新的信念和原有的意图产生新的期望；
- 过滤函数——根据新的信念、新的期望和原有的意图产生新的意图；
- 动作函数——根据新的意图产生动作输出。

三、智能体协商



如果多智能体系统中的每个智能体都是自利的（使自身获利最大），每个智能体的最优策略的组合未必是多智能体系统的最优策略，需要为每个智能体设计一种机制，通过协商来获得个体或者系统的最佳策略。

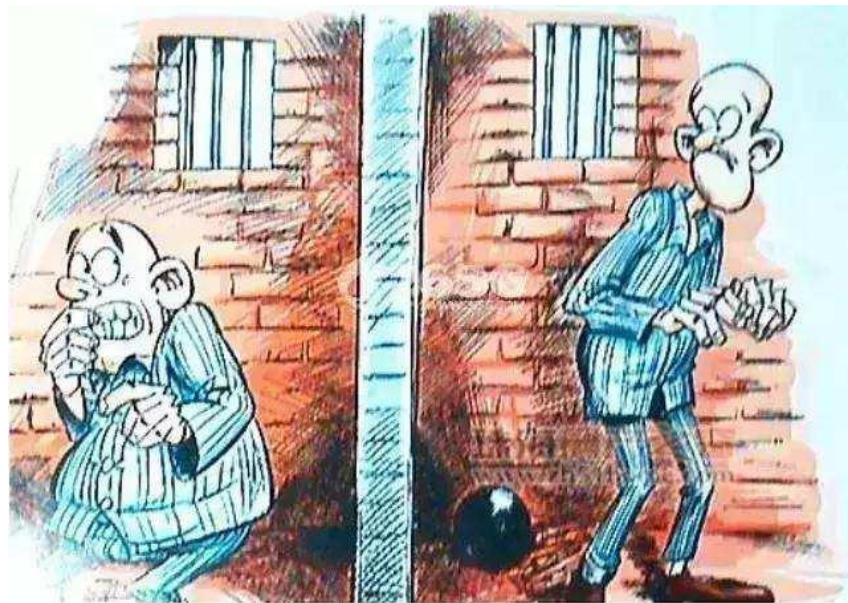
三、智能体协商



囚徒困境问题

警察抓到两个小偷（甲和乙），但是由于证据不足，因此对他们分别进行审问；

警察采用的政策是“坦白从宽、抗拒从严”。



三、智能体协商



- 如果甲（乙）交代了，而乙（甲）没有交代，则甲（乙）被释放，乙（甲）被从严处理关5年；
- 如果都不交代，因为证据不足，每个人关1年；
- 如果都交代了，警察不认可他们的自首情节，每个人关3年。

2.1 智能体定义及其要素



		乙	
		坦白	抗拒
甲	坦白	$(-3,-3)$	$(0,-5)$
	抗拒	$(-5,0)$	$(-1,-1)$

三、智能体协商



- 此时，两个小偷的策略会进入一个稳定的策略上，此时的组合策略（坦白，坦白）就叫纳什均衡。
- 纳什均衡：多智能体系统中一个智能体的策略依赖于其他智能体。如果一个解是纳什均衡解，当且仅当每个智能体的策略相对于此时纳什均衡求解中的其他智能体策略，则都是最优策略。



- 帕里托优解：如果一个解是多智能体系统中的帕里托优解，当且仅当不存在另外一个解使得每个智能体获利大于或等于当前解，并且至少一个智能体获利超过当前解。
- 针对上述的囚犯困境问题，以下都是帕里托优解。
(抗拒, 抗拒) (抗拒, 坦白) (坦白, 抗拒)



根据系统的具体应用场景进行选择：

- 如果侧重从个体角度设计系统，则选择纳什均衡解；
- 如果侧重从整体角度设计系统，则选择帕里托优解。

三、智能体协商



协商机制——投票

- 多数投票
- 二叉投票
- 计分投票



协商机制——多数投票

- 投票机制累计每个投票人（智能体）关于被选举人的次数；
- 累计次数最多者当选；



● 协商机制——多数投票

- 甲乙两个候选人，100个投票人中，60个人认为甲比乙优秀，则甲胜出当选。
- 如果再添加一个候选人——丙，认为甲比乙优秀60个人中出现了分裂：
 - 30人倾向于甲>乙>丙；30人倾向于丙>甲>乙；
 - 40人倾向于乙>甲>丙，输出乙当选。
- 结果显然不合理。



协商机制——投票

- 二叉投票——两两比较机制

- 随机地选择任意的两个被选举人进行比较（PK）
- 胜者进入下一轮与另一个任意选择的选举人进行比较
- 直至只余下唯一的胜者当选



协商机制——二叉投票

- 甲乙丙丁四个候选人，35%的人认为丙>丁>乙>甲，33%的人认为甲>丙>丁>乙，32%的人认为乙>甲>丙>丁，则二叉投票的议程：

方案1：乙和丁PK，丁胜出；丁和甲PK，甲胜出；最后甲和丙PK，甲胜出。

请给出二叉投票第二种方案。以证明两种方案得出结论不一样。

（这种机制只考虑了先后顺序，没有考虑在序中的问题）



协商机制——投票

- 计分投票：该机制给序中的每一个候选者一个分值，并通过累计每个候选者的分值总和来确定最终的当选者。

三、智能体协商



协商机制——计分投票

Agent	偏好	分值方案1				分值方案2			
		a	b	c	d	a	b	c	d
1	$a > b > c > d$	4	3	2	1	6	2	1	0
2	$b > c > d > a$	1	4	3	2	0	6	2	1
3	$c > d > a > b$	2	1	4	3	1	0	6	2
4	$a > b > c > d$	4	3	2	1	6	2	1	0
5	$b > c > d > a$	1	4	3	2	0	6	2	1
6	$c > d > a > b$	2	1	4	3	1	0	6	2
7	$a > b > c > d$	4	3	2	1	6	2	1	0
累计得分		18	19	20	13	20	18	19	6
当选		C当选				a当选			

三、智能体协商



协商机制——投票

- 计分投票

- 不同分值导致不同的输出；

- 虚假投票Vs机制鲁棒性

三、智能体协商



协商机制——投票

- 拍卖：是人类生活中常见的定价和交易行为。在拍卖中，存在两类不同的智能体：
 - 卖家智能体
 - 买家智能体



拍卖机制——英格兰式拍卖（首价公开拍卖）

- 卖家定出低价和竞价规则，买家一次加价；
 - 每轮叫价的出价必须依据竞价规则，超过前一轮的出价，直到无买家叫价时拍卖结束。
 - 商品由出价最高的买家获得，此时的成交价即为最高的叫价



拍卖机制——首价密封拍卖（招投标）

- 卖家公布低价和投标规则，然后由买家投标；
 - 每位买家只能一次性交标书，同时相互之间投标信息是保密的；
 - 开标时，商品由出价最高的买家获得，此时的成交价即为最高的叫价。



拍卖机制——荷兰式拍卖

- 卖家首先报价，如果没有买家应价，则卖家按照规则开始降价，依次报出每一轮的报价；
- 一旦有买家应价，则拍结束。

三、智能体协商



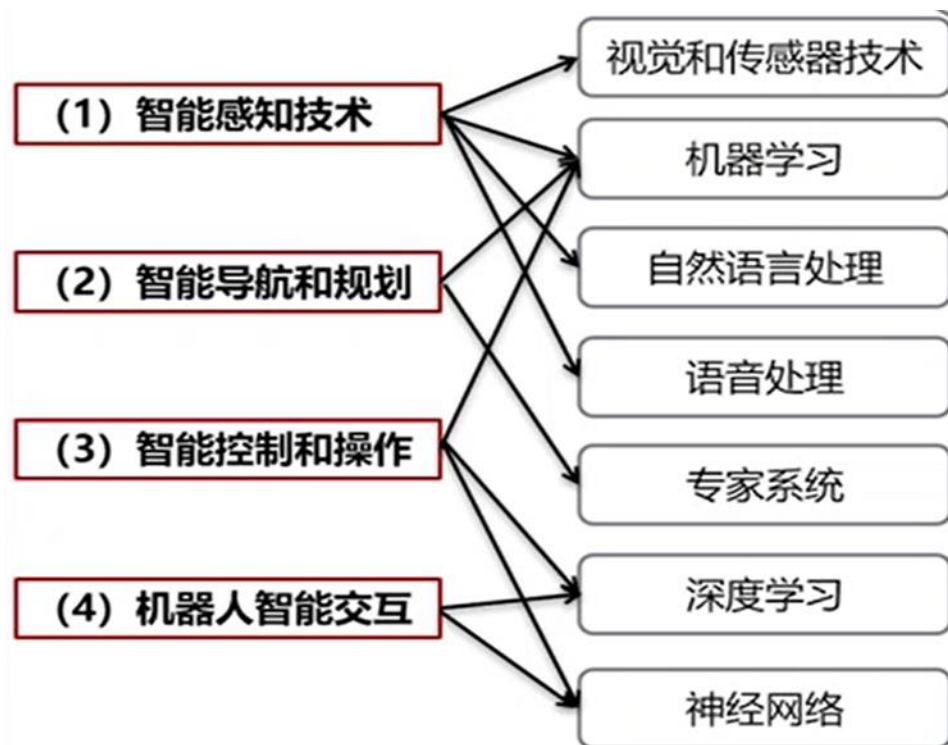
从智能体技术角度，我们关心买家采用何种策略报出自己的价格，而不是考虑卖家如何报价。

四、AI技术在机器人中的应用



- 人工智能技术的应用提高了机器人的智能化程度；
- 智能机器人的研究促进了人工智能理论和技术的发展；

四、AI技术在机器人中的应用



四、AI技术在机器人中的应用



智能感知技术——传感器：

- 机器人获取信息的主要源头，机器的感觉器官。
- 听觉、视觉、嗅觉和触觉传感器。

四、AI技术在机器人中的应用



智能感知技术——传感技术：

从环境中获取信息并对之进行处理、变换和识别的多学科交叉的现代科学与工程技術。

- 传感技术为机器人提供了“感觉”
- 传感器的功能和品质是高品质传感技术系统构造的关键。

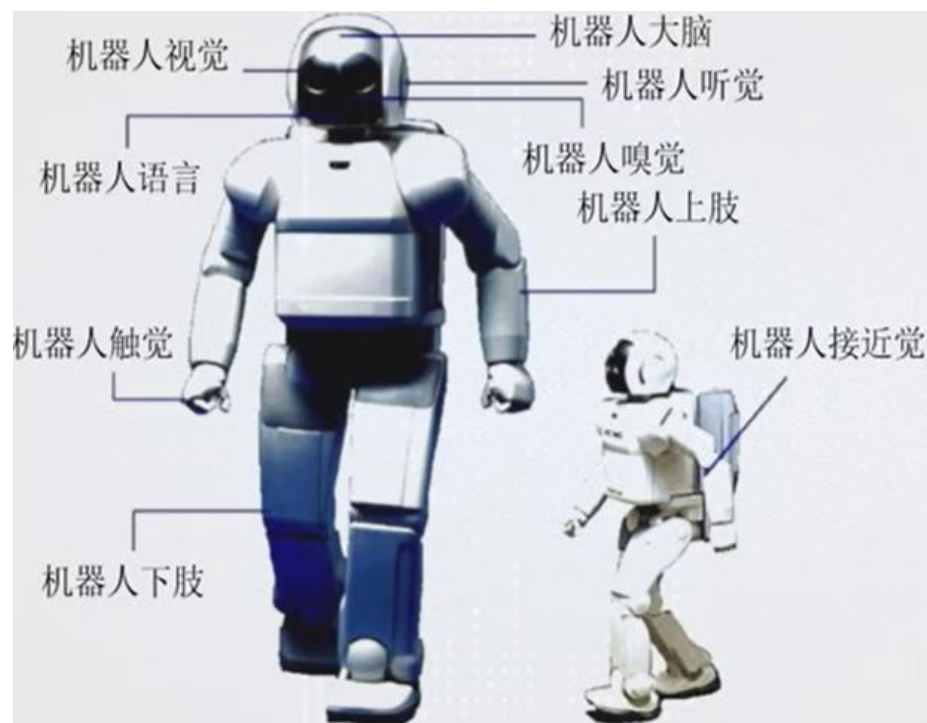
四、AI技术在机器人中的应用



视觉在机器人中的应用

- 为机器人的动作控制提供视觉反馈
- 移动式机器人的视觉导航
- 代替或帮助人工进行质量控制、安全检查所需要的视觉检验。

四、AI技术在机器人中的应用



四、AI技术在机器人中的应用



机器人的多模态信息融合

对于一个待描述的目标和场景，通过不同的方法或视角收集到的、耦合的数据样本是一个多模态数据。

通常把收集这些数据的每一种方法或视角称之为一个模态。

四、AI技术在机器人中的应用

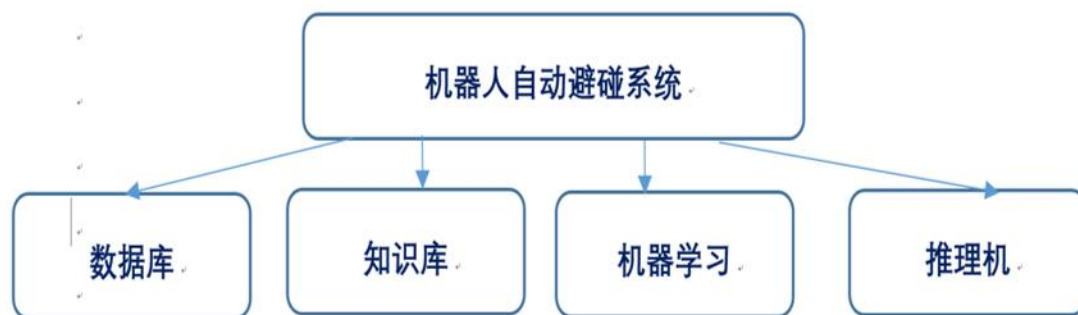


- 受限于任务的复杂性、成本和使用效率等因素：
- 市场上的机器人采用视觉和语音传感器
- 如视觉用于目标检测、听觉用于语音交互。

四、AI技术在机器人中的应用



- 采用智能导航与规划
- 实现智能导航的核心任务就是要实现自动避碰。



四、AI技术在机器人中的应用



机器人智能交互

- 人机交互的目的：实现人与机器人之间的沟通。
- 通过语言、表情、动作或者一些穿戴设备实现人与机器人之间自由地信息交流与理解。





基于深度网络的人机交互学习

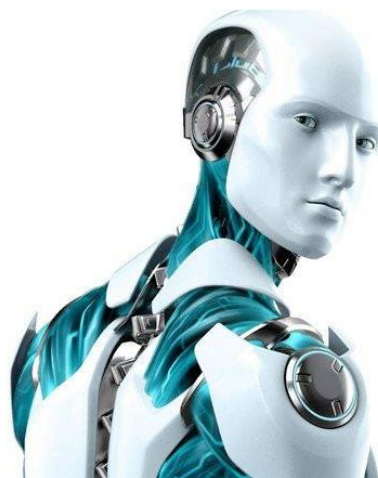
- 在人机智能交互中，对人类运动行为的识别和长期预测称为意图理解。
- 机器人通过对动态情境充分理解，完成动态态势感知，理解并预测协作任务，实现人&机器人互适应自主协作功能。

三、智能体协商



未来机器的发展方向

- 机器人的应用面会越来越广泛；
- 机器人种类会越来越多；
- 机器人智能程度不断提高，机器人会越来越聪明。





1. 《人工智能：一种现代的方法》，Stuart J. Russell等著，清华大学出版社。
2. 《机器学习》周志华，清华大学出版社。
3. 《Pattern Recognition and Machine Learning》,Christopher M. Bishop, 2006.
4. 《Machine Learning》Tom Mitchhell，机械工业出版社,2003。
5. 《统计学习方法》李航，清华大学出版社。
6. Stanford online course By Andrew NG <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>
7. Stanford online course By Fei-fei Li
<https://study.163.com/course/introduction.htm?courseId=1003223001>



1. 学习上传到QQ群的PPT及音频资料。
2. 学习慕课资源：北京大学《人工智能原理》第2章。
3. 兴趣扩展，搜索并观赏NASA探测机器人的资料及视频。
4. 完成并提交随堂测试。



注：每道题的答案限100字内

1. **BDI**结构中的**BDI**分别代表什么，如何用他们来描述智能体的？
2. 阅读PPT54页，给出二叉投票的方案二，用来例证二叉投票机制“只考虑了先后顺序，没有考虑在序中的问题”的弊端。
3. 区分强人工智能和弱人工智能。
4. 阿兰图灵对人工智能的重要贡献是什么？