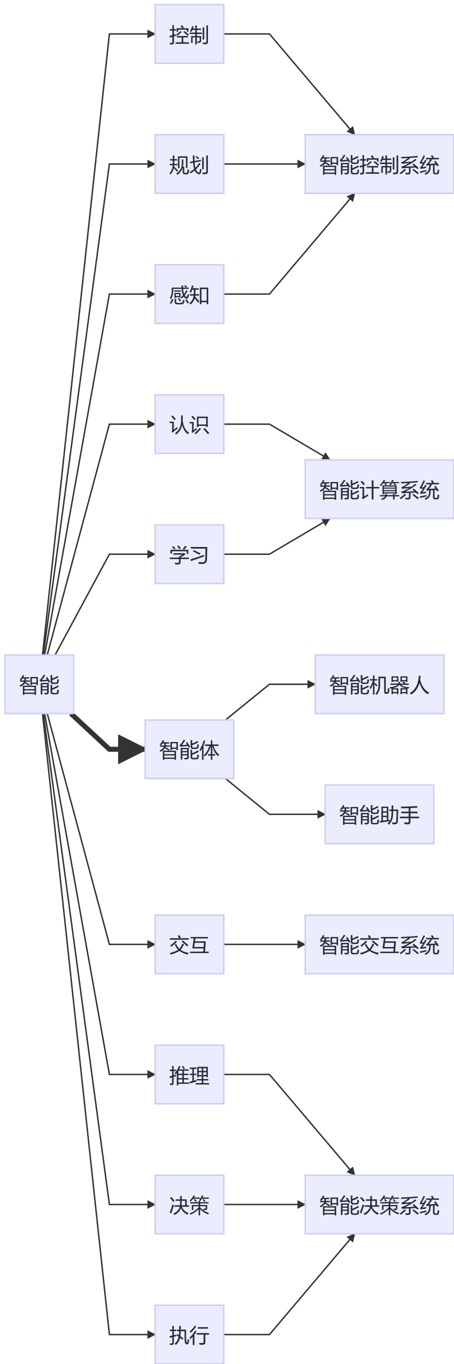
绪论

基础知识

1. 人工智能范畴
    1. 经典智能
    2. 智能计算
    3. 机器学习
2. 四次工业革命
    1. 第一次：蒸汽动力
    2. 第二次：电机和电能
    3. 第三次：IT技术实现自动化
    4. 第四次：通过CPS(物理系统信息)的智能制造
3. 智能的特征
    1. 感知能力
    2. 记忆和思维能力
    3. 学习能力和自适应能力
    4. 行为能力
4. 智能的基本内容
    1. 机器感知
    2. 机器思维
    3. 机器学习
    4. 机器理解
    5. 机器行为
5. 图灵、达特茅斯会议
    1. 图灵——图灵测试
    2. 达特茅斯会议
        1. 参会：麦卡锡、明斯基、香农、赛弗里奇、纽厄尔、司马贺
        2. 第一次提出了AI的概念
6. 近期目标和远期目标（大概）
    1. 近期：实现机器智能
    2. 远期：制造智能机器
7. 强弱人工智能（大概）
    1. 强人工智能：真正能够推理和解决问题的智能机器。
    2. 弱人工智能：机器只是看起来是智能的，并不拥有自主意识。
8. 智能的知识体系

智能



9. 智能的前沿信息
    i. 5G的应用
        a. 合适的场景：工业物联网、AR、VR
        b. 为什么高密度基站：因为5G频率更高，需要更集中的基站。
        c. 在智能中的作用：通信
    ii. VR属于智能的哪个部分：交互

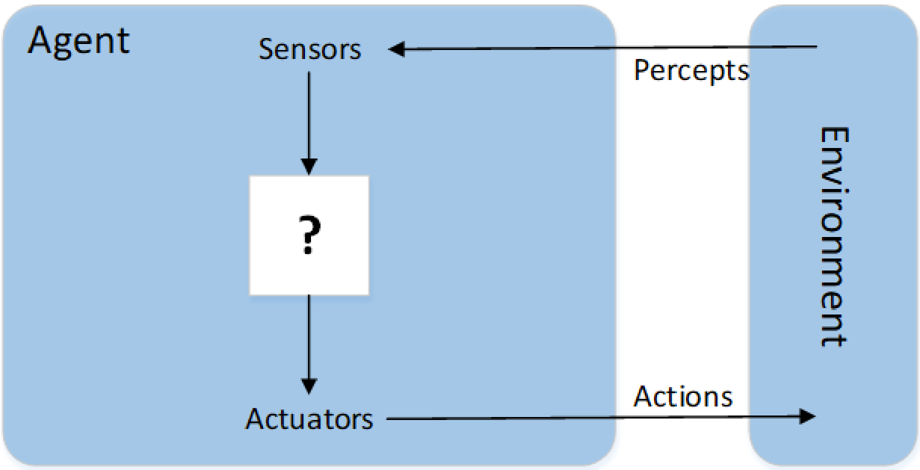
智能体

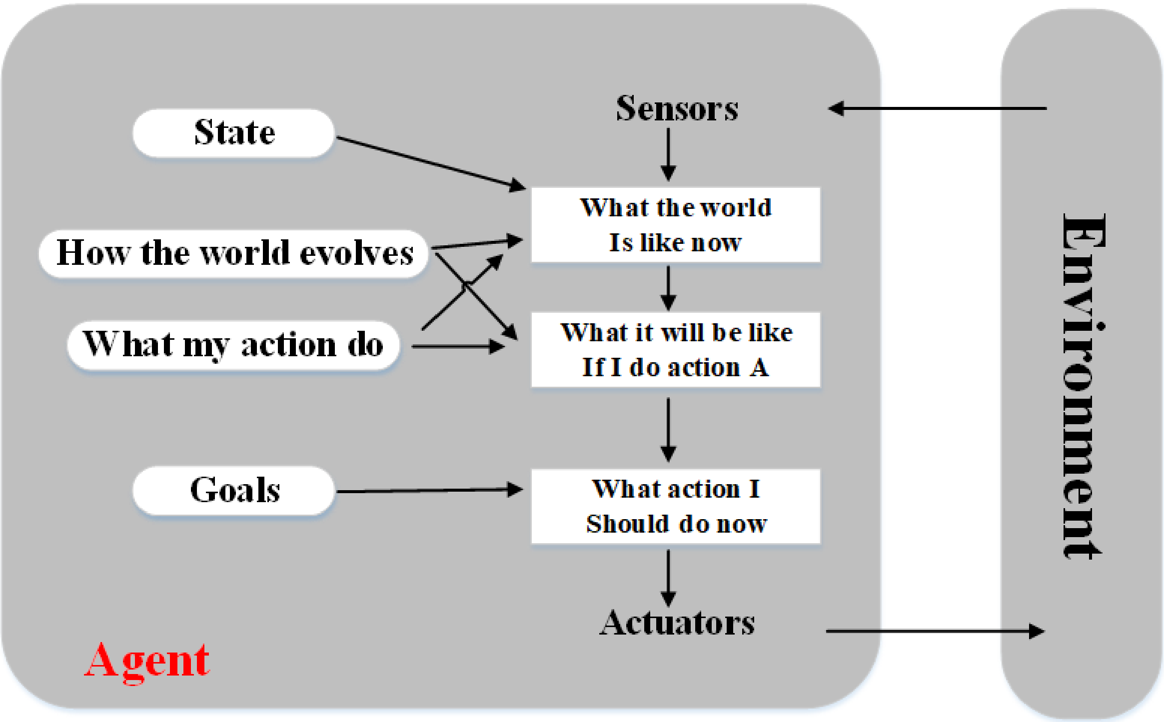
基础知识

1. 智能体的五个特性
    i. 自治性

ii. 反应性
iii. 主动性
iv. 社会性
v. 进化性

2. **智能体的基本概念和属性(大题)**
   i. 智能体与环境的交互图



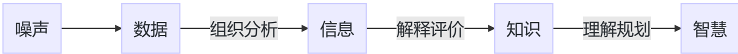


   ii. 智能体是具有智能的实体，驻留在环境中能够持续自主的发挥作用。智能体通过传感器感知环境，并通过执行器对所处环境产生影响。
3. 智能体是理性的
   i. 根据已知的感知序列提供的证据和智能体内的先验知识，智能体应该选择期望性能度量最大的行动。
4. 多智能体系统MAS
   i. 当前问题：信息集成和协调

知识表示

基础知识

1. 噪声->智慧的传递关系



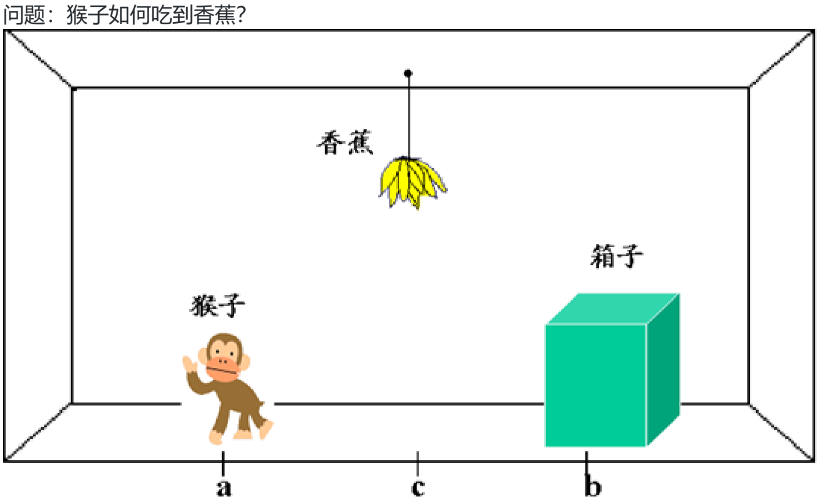
2. 知识的定义和属性
   i. 定义：人们对客观事物及其规律的认识。包括方法和策略。
   ii. 分类：
      a. 原理性知识（客观）
      b. 方法性知识（主观）
   iii. 属性：
      a. 真伪性
      b. 相对性
      c. 不完全性
      d. 不确定性
      e. 可表示性
      f. 可存储、可传递、可处理性
      g. 相容性
3. 基本概念
   i. 知识是对世界的描述（决定系统能力），表达是对知识的编码（决定系统的性能）

六种表达方法

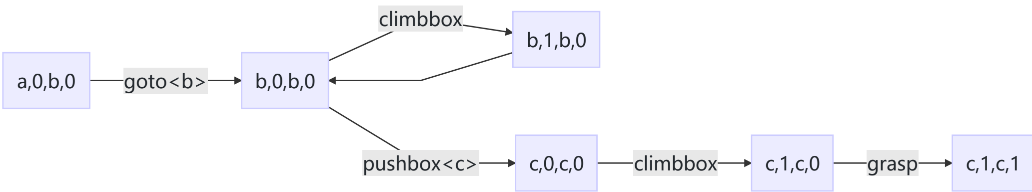
GOFAI

状态空间法

1. 方法：基于解答空间的求解方法
   i. 利用状态空间图，从初始状态开始，每次加一个操作符，直到达到目标。
   ii. 容易出现组合爆炸，只适用于简单问题。
2. **猴子吃香蕉(大题)**
   i. 问题：猴子如何吃到香蕉？

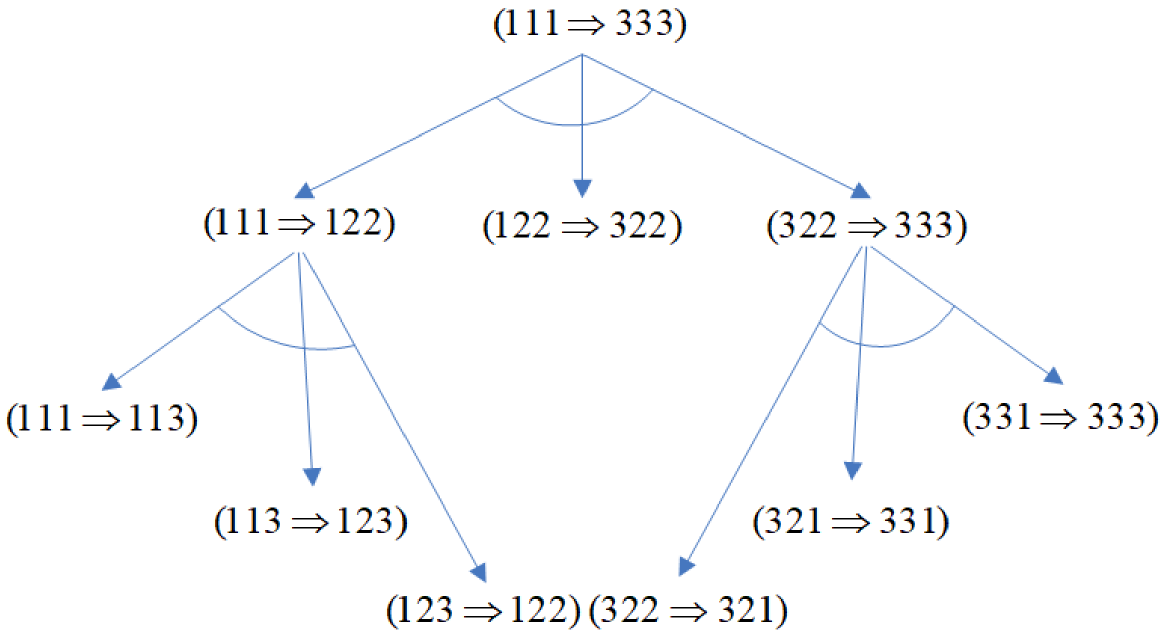


   ii. 求解：
      a. 定义四元组来**表达问题的状态** (W, x, Y, z)。其中 W 是猴子的水平位置；x 表达猴子是否在箱子上；Y 表示箱子的水平位置；z 表达猴子是否取到香蕉。
      b. 因此，**初始**状态为 $(a, 0, b, 0)$，**目标**状态时 $(c, 1, c, 1)$。
      c. 定义**操作符**：
         a. goto(U)：猴子从当前位置走到U位置。前提是猴子不在箱子上。
         b. pushbox(V)：猴子将箱子从当前位置推到V。前提是猴子不在箱子上且猴子与箱子在同一位置。
         c. climbbox：猴子爬到箱子上。前提是猴子和箱子在同一位置。
         d. grasp：猴子抓取香蕉。前提是猴子在正确位置并且在箱子上。
      d. 状态空间搜索：对此部分有些怀疑——存在死循环回环(???)



问题归约法

1. 思路：将一个问题转化为一系列子问题的集合，即把初始问题归约为一个本原问题。
2. 问题表达：可以使用三元组(G,O,P)，即(初始问题，操作符，本原问题)描述。
3. 汉诺塔问题为什么要这么拆(???)
   i. 状态表达：(D1,D2,...,Dn)
      a. 初始状态:(1,1,...,1)
      b. 目标状态:(3,3,...,3)
   ii. 3规模的问题归约表示法(与或图，带弧线为与，无弧线为或)



谓词逻辑

1. 概念
   i. 原子公式
      a. 谓词符号：表示一个动作——Study()
      b. 函数符号：表示一个类——student()
      c. 常量符号：表示一个对象——LI
      d. 例子：Study(student(LI),class(MATH))
   ii. 连词
      a. 合取 ∧
      b. 析取 ∨
      c. 蕴含 =>
      d. 非 ~
   iii. 量词
      a. 全称 ∀
      b. 存在 ∃
   iv. 注意优先级顺序
2. 描述
   i. 条条大路通罗马：(∀x)[Road(x)=>Lead(x,Roma)]

⇒ { 如果是∀,则用 →
　 如果是∃,则用 ∧

ii. Mary给了每个人一本书：(∀x)(∃y)[Person(x) ∧ Book(y) ∧ Give(Mary,x,y)]
iii. 对于一个变量x,如果他是整数，那么x是正或者负数：(∃x)[Int(x)=>P(x) ∨ N(x)]

3. 谓词公式
   i. 合式公式性质

$$\sim(\sim P) \rightarrow P$$
$$P => Q \rightarrow \sim P \vee Q$$
$$P => Q \rightarrow \sim Q => \sim P$$
$$\sim(P \wedge Q) \rightarrow (\sim P) \vee (\sim Q)$$
$$\sim(P \vee Q) \rightarrow (\sim P) \wedge (\sim Q)$$
$$P \wedge (Q \vee R) \rightarrow (P \wedge Q) \vee (P \wedge R)$$
$$P \vee (Q \wedge R) \rightarrow (P \vee Q) \wedge (P \vee R)$$
$$\sim(\exists x)P(x) \rightarrow (\forall x)[\sim P(x)]$$
$$\sim(\forall x)P(x) \rightarrow (\exists x)[\ P(x)]$$

   ii. 存在虚元——即 $(\forall x)P(x) == (\forall y)P(y)$
4. **置换合一(疑•大题)**不是很理解此部分(???)
   i. 置换：有些推理规则可以应用于一定的合式公式，推出新的合式公式。
      a. 假元推理： $W_1 => W_2\ and\ W_1 \quad generate\ W_2$
      b. 全称化推理： $(\forall x)W(x) \quad generate\ W(A)$
      c. 组合推理： $(\forall x)[W_1(x) => W_2(x)]\ and\ W_1(A) \quad generate\ W_2(A)$
      d. 例子：
         a. 置换s={z/x,w/y}—— $P[x, f(y), B]s = P[z, f(w), B]$
         b. 置换s={q(z)/x,A/y}—— $P[x, f(y), B]s = P[q(z), f(A), B]$
   ii. 合一：寻找项对变量的置换，以使两个表达式一致。
      a. 例子：

$$\text{For set} \quad \{P[x, f(y), B], P[x, f(B), B]\}$$
$$\text{order} \quad s = \{A/x, B/y\}$$
$$P[x, f(y), B]s = P[x, f(B), B]s = P[x, f(B), B]s = P[A, f(B), B]$$
$$\text{So} \quad s = \{A/x, B/y\} \text{ is their simplest unifier.}$$

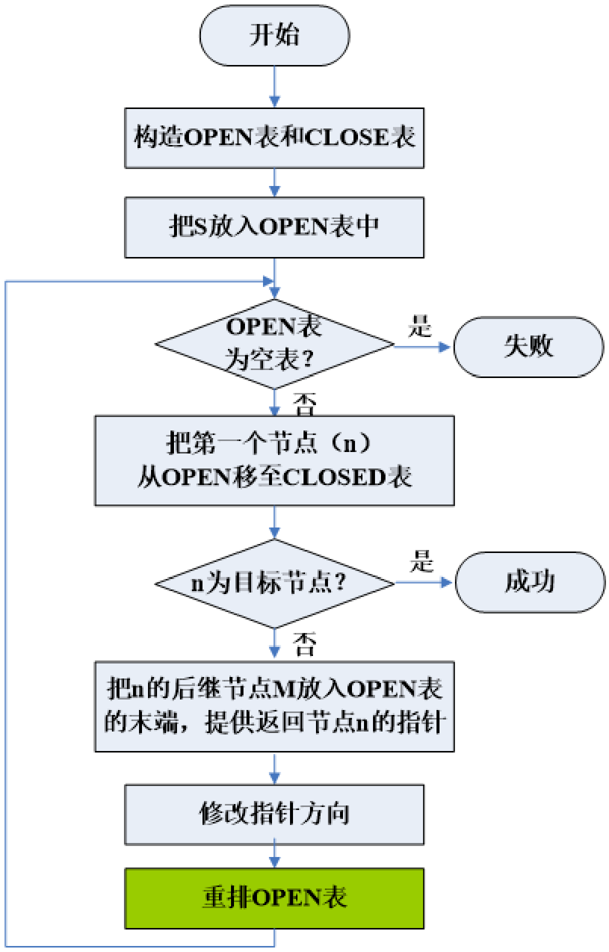
语义网络（不考）

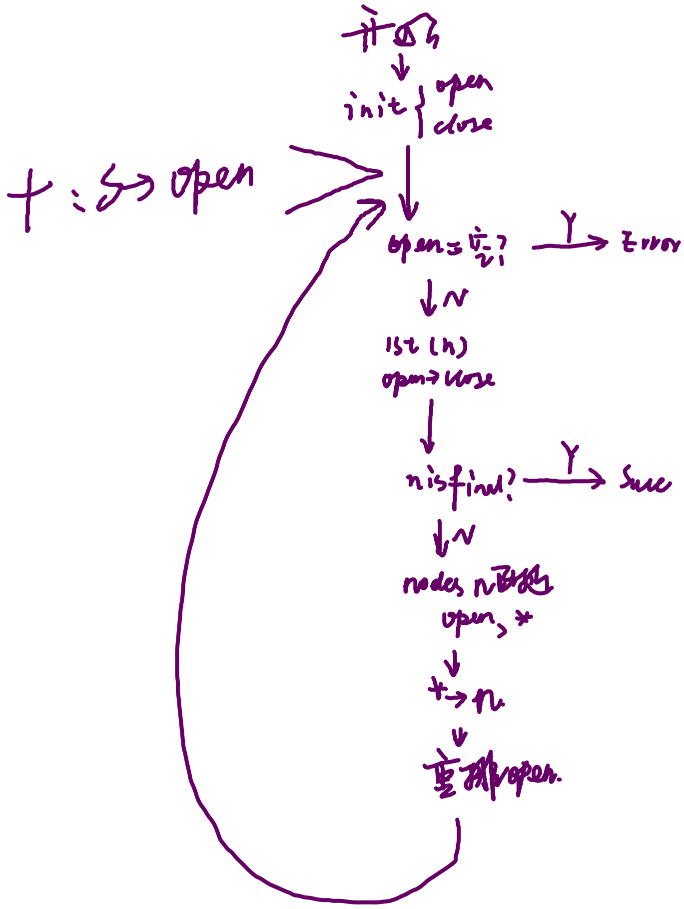
框架剧本过程（不考）

问题求解

六种搜索

1. 种类
   i. 深度优先搜索
   ii. 宽度优先搜索
   iii. 一致代价搜索(DJ，UCS)
   iv. 最佳优先搜索
   v. 贪婪算法
   vi. A*算法
2. 图搜索的流程图





盲目搜索

1. 性能评价
    i. BFS宽度(广度)优先
        a. 完备性
        b. 最优
        c. 时间复杂度 $O(b^{d+1})$
        d. 空间复杂度 $O(b^{d+1})$
    ii. DFS深度优先
        a. 图搜索完备，树搜索不完备写反了吧(???)回环是图里的
        b. 非最优
        c. 时间复杂度 $O(b^m)$
        d. 空间复杂度 $O(bm)$
        e. 改进：有界深度优先遍历(**效率最高**)
            a. 不完备
            b. 非最优
            c. 时间复杂度 $O(b^l)$
            d. 空间复杂度 $O(bl)$
    iii. 一致代价算法
        a. 在每一步的代价都大于等于某个正数值情况下，完备性
        b. 最优性
        c. 时间复杂度 $O(b^{1+[C^*/\epsilon]})$
        d. 空间复杂度 $O(b^{1+[C^*/\epsilon]})$

?

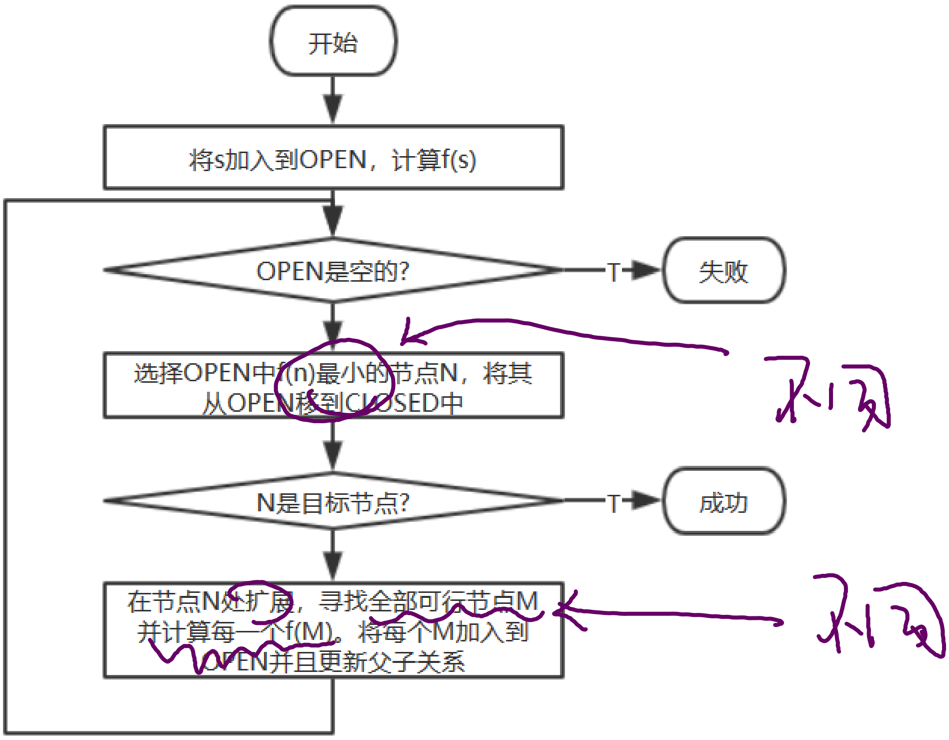
2. 其他不考

启发式搜索

1. 基本概念

i. 估价/评价函数：f(越小说明代价越低)
ii. 启发函数：h(越小越接近目标)
iii. 代价估计函数：g

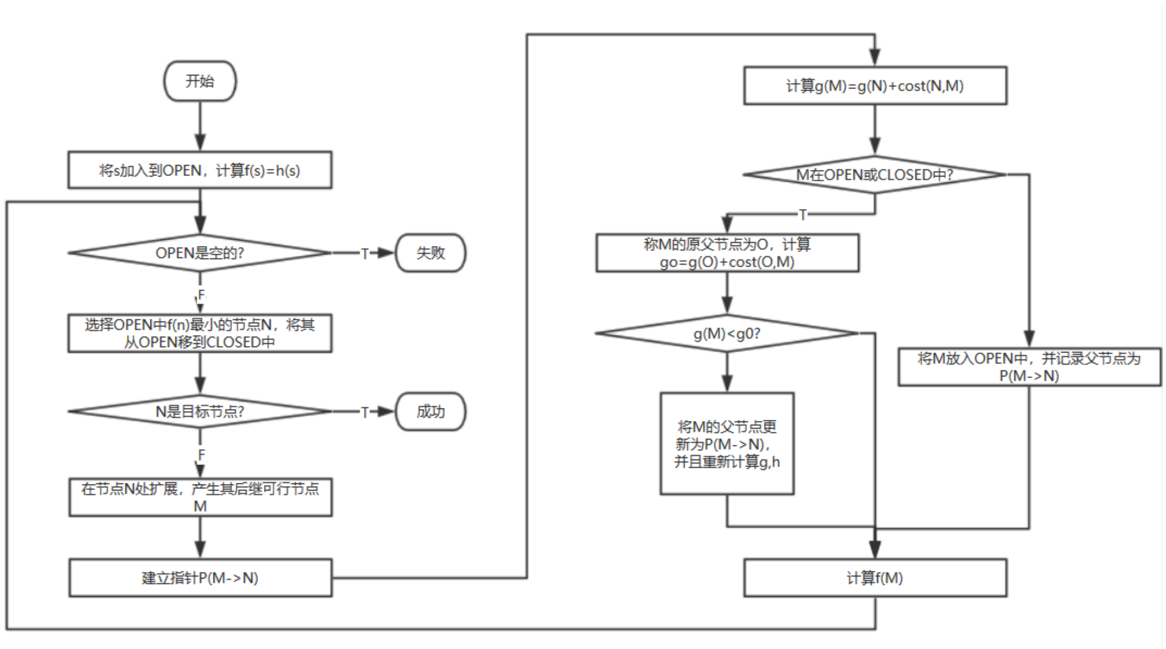
2. 最佳优先搜索
   i. 一致代价搜索(只评估g)是最佳优先搜索(至评估f)的特例。
   ii. 其f(n)是自主定义的
   iii. 流程图



3. 贪婪
   i. 只使用h作为评价。
   ii. 非完备性
   iii. 非最优性
   iv. 时间复杂度 $O(b^m)$
   v. 空间复杂度 $O(b^m)$

4. **A*算法(大题)**
   i. 与其他方法的关系：
      a. h=0——一致代价算法
      b. g=0——贪婪算法
   ii. 性质
      a. 采纳启发式
         a. 若f<实际：最优解
         b. 若f>实际：效率高
      b. h具有一致性，因此路径的f一定是非递减的
      c. CLOSED表中的记录路径一定是最优的。
   iii. 限制条件
      a. $g(n) \geq 0$ 即代价函数恒非负。
      b. $h(x) \leq h^*(x)$ 即h(x)不大于x到目标的实际代价。
   iv. 伪代码

v. 流程图



vi. 文字描述
  a. 把起点加入到OPEN表中
  b. 重复如下工作：
    a. 寻找OPEN表中f最低的网格N。
    b. 将N移动到CLOSED表
    c. 检查N的相邻网格。
    d. 判断OPEN是否为空。
  c. 保存路径，从目标网格开始沿着父节点方向一直带起始网格。
  d. 网格M检查方法：
    a. 如果是不可行网格：跳过
    b. 如果不在OPEN或者CLOSED中：记录M的父节点为N，计算此点的g,f。
    c. 如果在OPEN或者CLOSED：使用g值来评估新的父节点下的路径是否更好(代价更低)。如果是，则更新M的父节点并计算g,f；否则，保持当前父节点情况。

vii. 评价
  a. 完备性
  b. 最优性
  c. 时间复杂度 $O(b^{\epsilon d})$
  d. 空间复杂度：指数级

推理

确定性推理

1. **自然演绎推理(大题)**
  i. 概念：命题、谓词、连接词、量词
  ii. PPT12页例题
  iii. 基本规则
    a. P规则：推理的任何步骤都可以引入前提
    b. T规则：前面步骤有永真蕴含S，则可以将S引入推理。
    c. 全称指定推理
    d. 存在指定推理
    e. 假言推理 $P\ and\ P \rightarrow Q$则 Q
    f. 拒取式推理 $P \rightarrow Q$则$\neg Q \rightarrow \neg P$
  iv. 求解过程
    a. 定义谓词

b. 表达谓词公式

c. 推理规则推理(**必须基于推理规则**)

v. 例题：设以下事实：①凡是容易的课程小王都喜欢；②C班的课程都是容易的；③DS是C半的一门课程。求证：小王喜欢DS这门课。

定义谓词:

$EASY(x)$: x是容易的

$LIKE(x,y)$: x喜欢y

$C(x)$: x是C班的课

谓词公式表达事实:

$(\forall x)[EASY(x) \rightarrow LIKE(WANG,x)]$ ①

$(\forall x)[C(x) \rightarrow EASY(x)]$ ②

$C(DS)$ ③

$LIKE(Wang,DS)$ conclusion

推理(注意字体):

此处是为了证明**逻辑关系**的存在——**全称指定规则**

$\because (\forall x)[C(x) \rightarrow EASY(x)]\ and\ C(\mathrm{DS})$

$\therefore [C(\mathrm{DS}) \rightarrow EASY(\mathrm{DS})]$

此处是为了利用上述逻辑**证明事实**的存在——**P规则和T规则**

$\because C(DS)\ and\ [C(\mathrm{DS}) \rightarrow EASY(\mathrm{DS})]$

$\therefore [EASY(DS)]$

此处是为了证明**逻辑关系**的存在——**全称指定规则和P规则和T规则**

$\because (\forall x)[EASY(x) \rightarrow LIKE(WANG,x)]\ and\ EASY(\mathrm{DS})$

$\therefore [EASY(\mathrm{DS}) \rightarrow LIKE(WANG,\mathrm{DS})]$

此处是为了利用上述逻辑**证明事实**的存在——**P规则和T规则**

$\because EASY(DS)\ and\ [EASY(\mathrm{DS}) \rightarrow LIKE(WANG,\mathrm{DS})]$

$\therefore LIKE(WANG,DS)$

2. **归结反演推理——消解(大题)**

i. 思想：反证法，先否定结论Q，再用非Q和前提P去推理，推出矛盾即可。

ii. 基础知识

a. 定义:原子和文字、子句、NIL、子句集

b. 前束形范式：量词是非否定的&&管辖范围为整个公式&&公式不包括蕴含类关系。

c. 斯克林范式：量词中，存在量词在全称量词前面。

d. 斯克林标准型：前束形范式&&消去存在量词&&合取式。

iii. 消解

a. 必须把公式化为范式。

b. 只能在否定和析取之间进行。

$$\because 亲本子句\ \ P \vee Q\ \ and\ \neg P \vee Q$$
$$\therefore 消解式\ \ Q \vee R$$

c. 消解必须将 $\forall$ 和 $\rightarrow$ 去掉

a. 使用 $P \rightarrow Q \Rightarrow \sim P \vee Q$ 去掉 $\rightarrow$。

b. 使用 $P \leftrightarrow Q \Rightarrow (P \wedge Q) \vee (\neg P \wedge \neg Q)$。

c. 使用置换合一去掉 $\forall$。

iv. 子句求取

a. 按照上述箸中准则去掉 $\rightarrow$ 和 $\leftrightarrow$。

b. 减少 $\neg$ 的范围，使其最多作用在一个谓词上。

c. 重命名所有变元，保证没形成没有重复。(自由和约束也不相同)

d. 消去存在量词。如果存在量词不在全称量词辖域，使用新的个体常量(如A、B、C......)替代；如果存在量词在全称量词辖域内，使用斯克林函数 $\forall x \exists y[(P(y))] \rightarrow \forall x[P(f(x))]$ 替换。

e. 全称量词移动到最左边

f. 公式化为斯克林标准型

g. 消去全称量词

h. 消去合取词，变为集合

i. 变元换名

v. 例题1：将下演算公式换位一个子句集

题目：

$$(\forall x)\{P(x) \to \{(\forall y)[P(y) \to P(f(x,y))] \wedge \neg(\forall y)[Q(x,y) \to P(y)]\}\}$$

替换 $\to$ 和 $\leftrightarrow$:

$$(\forall x)\{\neg P(x) \vee \{(\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge \neg(\forall y)[\neg Q(x,y) \vee P(y)]\}\}$$

移动$\neg$：

$$(\forall x)\{\neg P(x) \vee \{(\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge (\exists y)[Q(x,y) \wedge \neg P(y)]\}\}$$

更改变元名称：

$$(\forall x)\{\neg P(x) \vee \{(\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge (\exists z)[Q(x,z) \wedge \neg P(z)]\}\}$$

删除存在量词$\exists$：

$$(\forall x)\{\neg P(x) \vee \{(\forall y)[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [Q(x,g(x)) \wedge \neg P(g(x))]\}\}$$

前束形范式：

$$(\forall x)(\forall y)\{\neg P(x) \vee \{[\neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [Q(x,g(x)) \wedge \neg P(g(x))]\}\}$$

斯克林标准型：

$$(\forall x)(\forall y)\{[\neg P(x) \vee \neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [\neg P(x) \vee Q(x,g(x))] \wedge [\neg P(x) \vee \neg P(g(x))]\}$$

消去全称量词：

$$\{[\neg P(x) \vee \neg P(y) \vee P(f(x,y))] \wedge [\neg P(x) \vee Q(x,g(x))] \wedge [\neg P(x) \vee \neg P(g(x))]\}$$

消去合取符号：

$$\{[\neg P(x) \vee \neg P(y) \vee P(f(x,y))]\,,\,[\neg P(x) \vee Q(x,g(x))]\,,\,[\neg P(x) \vee \neg P(g(x))]\}$$

变元重命名：

$$\{[\neg P(x_1) \vee \neg P(y) \vee P(f(x_1,y))]\,,\,[\neg P(x_2) \vee Q(x_2,g(x_2))]\,,\,[\neg P(x_3) \vee \neg P(g(x_3))]\}$$

vi. 消解推理规则

a. 定义：L1和L2为任意原子公式，L1和L2具有相同的谓词符号，但一般是不同变量。已知 $L_1 \vee a 和 \neg L_2 \vee b$，若L1和L2具有最一般合一者σ，则可以推导出 $(a \vee b)\sigma$。

b. 举例

a. 空子句: $P\ and \neg P \ \ \Rightarrow \ \ NIL$

b. 假言推理: $P\ and\ (\neg P \vee Q) \ \ \Rightarrow \ \ Q$

c. 合并: $(P \vee Q)\ and\ (\neg P \vee Q) \ \ \Rightarrow \ \ (Q \vee Q)$

d. 言重式: $(P \vee Q)\ and\ (\neg P \vee \neg Q) \ \ \Rightarrow \ \ (Q \vee \neg Q)\ and\ (P \vee \neg P)$

e. 三段论: $(\neg P \vee Q)\ and\ (\neg Q \vee R) \ \ \Rightarrow \ \ (\neg P \vee R)$

c. 方法：

a. 否定结论L得到~L

b. 把~L添加到公式集S

c. 把集合{S,~L}化为子句集

d. 消解原理，力求推出矛盾的空子句。

vii. 例题2:已知每个储蓄钱的人都能获得利息。证明：如果没有利息，则没有人储蓄。

定义谓词:

$S(x,y)$ x储蓄y

$M(x)$ x是钱

$I(x)$ x是利息

$E(x,y)$ x获得y

谓词公式表达事实:

$(\forall x)[(\exists y)M(y) \wedge S(x,y)] \Rightarrow (\exists y)[I(y) \wedge E(x,y)]$ 已知事实

$\neg(\exists x)[I(x)] \Rightarrow (\forall x)(\forall y)[M(y) \to \neg S(x,y)]$ 目标结论

推理:

化为子句集合

$$S = \begin{cases} \neg S(x,y) \vee \neg M(y) \vee I(f(x)) \\ \neg S(x,y) \vee \neg M(y) \vee E(x, f(x)) \end{cases}$$

$$\sim L = \begin{cases} \neg I(z) \\ S(a,b) \\ M(b) \end{cases}$$

消解反演

$\because [\neg S(x,y) \vee \neg M(y) \vee I(f(x))]$ and $[\neg I(z)]$, $make$ $\sigma = \{f(x)/z\}$

$\therefore [\neg S(x,y) \vee \neg M(y)]$

$\because [\neg S(x,y) \vee \neg M(y)]$ and $[S(a,b)]$, $make$ $\sigma = \{x/a, y/b\}$

$\therefore [\neg M(b)]$

$\because [\neg M(b)]$ and $[M(b)]$

$\therefore NIL$

viii. 例题3:任何兄弟都有同一个父亲；John和Peter是兄弟；John的父亲是David。问Peter的父亲是谁?

定义谓词:

$Fater(x, y)$ x是y的父亲

$Brother(x, y)$ x和y是兄弟

谓词公式表达事实:

$(\forall x)(\forall y)(\forall z)\{[Brother(x, y) \wedge Father(z, x)] \rightarrow Father(z, y)\}$

$Brother(John, Peter)$

$Father(David, John)$

合并子句集合:

化为子句集合

$$S = \begin{cases} \neg Brother(x, y) \vee \neg Father(z, x) \vee Father(z, y) \\ Brother(John, Peter) \\ Father(David, John) \end{cases}$$

将问题使用谓词公式表达，设$Peter$父亲为u

$Father(u, Peter)$

将上述作为结论，取反并与谓词答案析取

$G = \neg Father(u, Peter) \vee ANSWER(u)$

将G化为子句集

$S' = \{\neg Father(u, Peter) \vee ANSWER(u)\}$

对S'和S合并

$$S_{new} = \begin{cases} \neg Brother(x, y) \vee \neg Father(z, x) \vee Father(z, y) \\ Brother(John, Peter) \\ Father(David, John) \\ \neg Father(u, Peter) \vee ANSWER(u) \end{cases}$$

归结原理推理:

$\because [\neg Brother(x, y) \vee \neg Father(z, x) \vee Father(z, y)]$ and $[Brother(John, Peter)]$

$make\ \sigma = \{John/x, Peter/y\}$

$\therefore [\neg Father(z, John) \vee Father(z, Peter)]$

$\because [\neg Father(z, John) \vee Father(z, Peter)]$ and $[Father(David, John)]$

$make\ \sigma = \{David/z\}$

$\therefore [Father(David, Peter)]$

$\because [\neg Father(u, Peter) \vee ANSWER(u)]$ and $[Father(David, Peter)]$

$make\ \sigma = \{David/u\}$

$\therefore [ANSWER(David)]$

ix. 例题4:无论John在哪，Fido也去哪。如果John在学校，Fido在哪?

定义谓词:

$At(z, y)$ x在y处

谓词公式表达事实:

$(\forall x)[At(John, x) \rightarrow At(Fido, x)]$

$At(John, School)$

合并子句集合:

化为子句集合

$$S = \begin{cases} \neg At(John, x) \vee At(Fido, x) \\ At(John, School) \end{cases}$$

将问题使用谓词公式表达，设$Fido$在u

$At(Fido, u)$

将上述作为结论，取反并与谓词答案析取

$G = \neg At(Fido, u) \vee ANSWER(u)$

将G化为子句集

$S' = \{\neg At(Fido, u) \vee ANSWER(u)\}$

对S'和S合并

$$S_{new} = \begin{cases} \neg At(John, x) \vee At(Fido, x) \\ At(John, School) \\ \neg At(Fido, u) \vee ANSWER(u) \end{cases}$$

归结原理推理:

$\because [\neg At(John, x) \vee At(Fido, x)]\ and\ [At(John, School)]$

$make\ \sigma = \{Shcool/x\}$

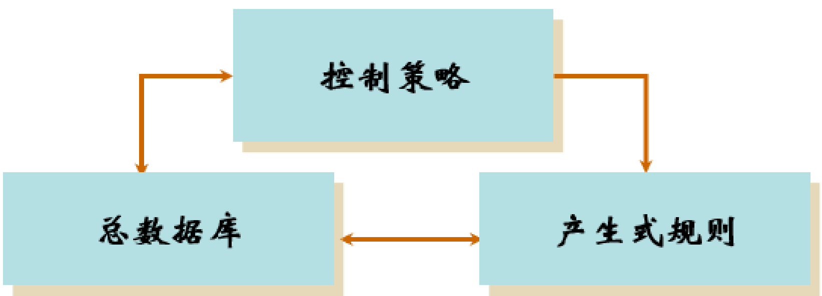
$\therefore [At(Fido, School)]$

$\because [\neg At(Fido, u) \vee ANSWER(u)]\ and\ [At(Fido, School)]$

$make\ \sigma = \{School/u\}$

$\therefore [ANSWER(School)]$

3. 规则演绎
4. **产生式系统(疑•大题)**
   i. 定义：用于描述若干个不同的以一个基本概念为基础的系统，也叫基于规则的系统。
   ii. 论域:
      a. 表示静态知识
      b. 产生式规则表示推理过程和行为
   iii. 组成:
      a. 总数据库：存放当前信息数据（又称综合数据库、黑板、上下文）
      b. 产生式规则(规则库)：存放求解相关知识的规则。
      c. 控制策略(推理机)：程序组成，控制系统运行。
      d. 结构图



   iv. 选择规则到执行步骤
      a. 匹配：数据库与规则进行匹配。
      b. 冲突：一条以上规则的条件符合当前数据库匹配。

c. 操作：执行规则的操作部分。

不确定性推理

1. 性质
   i. 随机性：只能对可能性给出估计
   ii. 模糊性：无明确的定义
   iii. 不完全性：信息不充分
   iv. 不一致性：推理中出现了前后不相容
   v. 时变性
2. 概率推理办法
   i. 贝叶斯公式：当Bi满足全概率公式条件(相互独立并且和为1)

$$\mathrm{P}(B_i \mid A)=\frac{P(B_i)P(A \mid B_i)}{\sum_{i=1}^{\infty} P(B_i)P(A \mid B_i)}$$

   ii. 先验概率和后验概率
      a. 先验概率：根据经验和分析求得的概率。
      b. 后验概率：得到结果后对概率的修正，其计算以先验概率为基础。
   iii. 概率推理：假设如下规则IF E THEN H，求在E发生下H的概率。
      a. 1E-1H

$$P(H \mid E)=\frac{P(H)P(E \mid H)}{P(E)}$$

      b. 1E-nH

$$P(H_i \mid E)=\frac{P(H_i)P(E \mid H_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(E \mid H_j)P(H_j)}$$

      c. mE-nH

$$P(H_i \mid E_1 E_2 \ldots E_m)=\frac{P(E_1 \mid H_i)P(E_2 \mid H_i)\ldots P(E_m \mid H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(E_1 \mid H_j)P(E_2 \mid H_j)\ldots P(E_m \mid H_j)P(H_j)}$$

   iv. 例题1：

$$\begin{aligned}
\text{已知}: & \text{有三个结论和两个证据。} \\
& P(H_1)=0.4;\ \ P(H_2)=0.3;\ \ P(H_3)=0.3 \\
& P(E_1 \mid H_1)=0.5;\ \ P(E_1 \mid H_2)=0.6;\ \ P(E_1 \mid H_3)=0.3 \\
& P(E_2 \mid H_1)=0.7;\ \ P(E_2 \mid H_2)=0.9;\ \ P(E_2 \mid H_3)=0.1 \\
\text{求解}: & P(H_i \mid E_1 E_2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{解}: & P(H_1 \mid E_1 E_2)=\frac{P(E_1 \mid H_1)P(E_2 \mid H_1)P(H_1)}{\sum_{i=1}^{3} P(E_1 \mid H_i)P(E_2 \mid H_i)P(H_i)}=0.45 \\
& \text{同理} P(H_2 \mid E_1 E_2)=0.52 \\
& \text{同理} P(H_3 \mid E_1 E_2)=0.03
\end{aligned}$$

3. **主观贝叶斯(大题)**
   i. 知识不确定性表示
      a. 表达：**IF E THEN （LS,LN）H**
         a. LS:充分性因子——衡量E对H的支持，取值[0,无穷)

$$LS=\frac{P(E \mid H)}{P(E \mid \neg H)}$$

         b. LN：必要性因子——衡量~E对H的支持，取值[0,无穷)

$$LN=\frac{P(\neg E \mid H)}{P(\neg E \mid \neg H)}$$

         c. 在E为真时，使用LS进行后验；在E为假时，使用LN进行后验
      b. 概率函数 $O(X)=\frac{P(X)}{1-P(X)}$

c. 知识不确定表达

$$O(H \mid E) = LS \cdot O(H)$$
$$O(H \mid \neg E) = LN \cdot O(H)$$
$$P(X) = \frac{O(X)}{O(X)+1}$$

ii. 证据不确定性表示

a. C(E|S)表示对提供证据的可信度——范围为[-5,5]的整数

b. 公式：

$$P(E \mid S) = \begin{cases} \frac{C(E \mid S)+P(E)\cdot(5-C(E \mid S))}{5} & \text{if } 0 \le C(E \mid S) \le 5 \\ \frac{P(E)\cdot(C(E \mid S)+5)}{5} & \text{if } -5 \le C(E \mid S) \le 0 \end{cases}$$

$$C(E \mid S) = \begin{cases} 5 \cdot \frac{P(E \mid S)-P(E)}{1-P(E)} & \text{if } P(E) \le P(E \mid S) \le 1 \\ 5 \cdot \frac{P(E \mid S)-P(E)}{P(E)} & \text{if } 0 \le P(E \mid S) \le P(E) \end{cases}$$

c. EH公式

$$P(H \mid S) = \begin{cases} P(H \mid \neg E) + \frac{P(H)-P(H \mid E)}{P(E)} P(E \mid S) & \text{if } 0 \le P(E \mid S) \le P(E) \\ P(H) + \frac{P(H \mid E)-P(H)}{1-P(E)} (P(E \mid S) - P(E)) & \text{if } P(E) \le P(E \mid S) \le 1 \end{cases}$$

d. CP公式

$$P(H \mid S) = \begin{cases} P(H \mid \neg E) + [P(H) - P(H \mid \neg E)] \cdot [\frac{C(E \mid S)}{5} + 1] & \text{if } 0 \ge C(E \mid S) \\ P(H) + [P(H \mid E) - P(H)] \cdot [\frac{C(E \mid S)}{5}] & \text{if } 0 < C(E \mid S) \end{cases}$$

iii. 主观贝叶斯方法推理

a. 初始证据推理：使用**CP公式。**

b. 中间结论作为证据推理：**使用EH公式。**

c. H的后验概率

$$O(H \mid S_1, \ldots, S_n) = \frac{O(H \mid S_1)}{O(H)} \cdot \frac{O(H \mid S_2)}{O(H)} \cdot \ldots \cdot \frac{O(H \mid S_n)}{O(H)} \cdot O(H)$$

iv. 例题

已知规则：

$R_1: E_1-(2,0.000001)-H_1$

$R_2: E_2-(100,0.000001)-H_1$

$R_3: H_1-(65,0.01)-H_2$

$R_4: E_3-(300,0.0001)-H_2$

先验概率：

$O(H_1)=0.1; O(H_2)=0.01$

用户数据：

$C(E_1 \mid S_1)=3; C(E_2 \mid S_2)=1; C(E_3 \mid S_3)=-2$

求：$O(H_2 \mid S_1 S_2 S_3)$

解：

首先可以绘制其相关性图：

首先求解$O(H_1 \mid S_1)$和$O(H_1 \mid S_2)$：

$$CP\text{公式}: P(H_1 \mid S_1)=P(H_1)+[P(H_1 \mid E_1)-P(H_1)]\frac{C(E_1 \mid S_1)}{5}$$

$$P(H_1 \mid S_2)=P(H_1)+[P(H_1 \mid E_2)-P(H_1)]\frac{C(E_2 \mid S_2)}{5}$$

$$\text{而}: P(H_1)=\frac{O(H_1)}{1+O(H_1)}=\frac{1}{11}$$

$$P(H_1 \mid E_1)=\frac{O(H_1 \mid E_1)}{1+O(H_1 \mid E_1)}=\frac{LS_1 \cdot O(H_1)}{1+LS_1 \cdot O(H_1)}=\frac{1}{6}$$

$$P(H_1 \mid E_2)=\frac{O(H_1 \mid E_2)}{1+O(H_1 \mid E_2)}=\frac{LS_2 \cdot O(H_1)}{1+LS_2 \cdot O(H_1)}=\frac{10}{11}$$

$$\therefore P(H_1 \mid S_1)=\frac{3}{22} \to O(H_1 \mid S_1)=\frac{P(H_1 \mid S_1)}{1-P(H_1 \mid S_1)}=\frac{3}{19}$$

$$P(H_1 \mid S_2)=\frac{14}{55} \to O(H_1 \mid S_2)=\frac{P(H_1 \mid S_1)}{1-P(H_1 \mid S_1)}=\frac{14}{41}$$

进而求解$O(H_1 \mid S_1 S_2)$：

$$O(H_1 \mid S_1 S_2)=\frac{O(H_1 \mid S_1)}{O(H_1)}\frac{O(H_1 \mid S_2)}{O(H_1)}O(H_1)=\frac{7}{13}$$

因此可以求解$O(H_2 \mid S_1 S_2)$：

$$\because P(H_1 \mid S_1 S_2)=\frac{O(H_1 \mid S_1 S_2)}{1+O(H_1 \mid S_1 S_2)}=\frac{7}{20}<\frac{1}{11}=P(H_1)$$

$$\therefore \text{采用}EH\text{公式}: P(H_2 \mid S_1 S_2)=P(H_2)+\frac{P(H_2 \mid H_1)-P(H_2)}{1-P(H_1)}[P(H_1 \mid S_1 S_2)-P(H_1)]$$

$$\text{而}: P(H_2)=\frac{O(H_2)}{1+O(H_2)}=\frac{1}{101}$$

$$P(H_2 \mid H_1)=\frac{O(H_2 \mid H_1)}{1+O(H_2 \mid H_1)}=\frac{LS_3 \cdot O(H_2)}{1+LS_3 \cdot O(H_2)}=\frac{13}{33}$$

$$\therefore P(H_2 \mid S_1 S_2)=\frac{663}{5555} \to O(H_2 \mid S_1 S_2)=\frac{663}{4892}$$

求解$O(H_2 \mid S_3)$：

$$CP\text{公式}: P(H_2 \mid S_3)=P(H_2 \mid \neg E_3)+[P(H_2)-P(H_2 \mid \neg E_3)]\frac{C(E_3 \mid S_3+1)}{5}$$

$$\text{而}: P(H_2 \mid E_3)=\frac{O(H_2 \mid E_3)}{1+O(H_2 \mid E_3)}=\frac{LN_4 \cdot O(H_2)}{1+LN_4 \cdot O(H_2)}=10^{-6}$$

$$\therefore P(H_2 \mid S_3)=0.006 \to O(H_2 \mid S_3)=\frac{3}{497}$$

求解$O(H_2 \mid S_1 S_2 S_3)$：

$$O(H_2 \mid S_1 S_2 S_3)=\frac{O(H_2 \mid S_1 S_2)}{O(H_2)}\frac{O(H2 \mid S_3)}{O(H_2)}O(H_2)=\frac{49725}{607831}$$

v. 优缺点

a. 优点

a. 比较坚实的理论基础

b. LS和LN是领域专家给出的，比较全面且避免统计工作

c. 实现了不确定性的逐级递减，给出了证据确定情况和证据不确定情况下更新概率为后验概率的方法

b. 缺点

a. 需要在给出规则的同时给出H的先验概率

b. 要求事件之间的独立性

4. **可信度计算(大题)**

i. 知识不确定性表示:**IF E THEN H(CF(H,E))**

a. 说明

a. CF表示规则的可信度，作用域为[-1,1]

b. CF>0：结论为真的程度，=1为证据使结论为真

c. CF<0：结论为假的程度，=-1为证据使结论为假

d. CF=0：结论与证据没有关系

b. 知识不确定性表示

a. MB：信任增长度，>0时有P(H|E)>P(E)

$$MB(H,E)=\begin{cases}1 & \text{if } P(H)=1\\ \frac{\max\{P(H\mid E),P(H)\}-P(H)}{1-P(H)} & \text{else}\end{cases}$$

b. MD：不信任增长度，>0时有P(H|E)<P(H)

$$MD(H,E)=\begin{cases}1, & \text{if } P(H)=1\\ \frac{\min\{P(H\mid E),P(H)\}-P(H)}{-P(H)} & \text{else}\end{cases}$$

ii. 证据不确定性表示:使用可信度CF(E)表示。

a. 说明

a. 取值范围[-1,1]

b. CF(E)>0：证据为真程度，=1为证据为真

c. CF(E)<0：证据为假程度，=-1证据为假

d. CF(E)=0,对证据一无所知

iii. 可信度方法推理算法

a. 组合证据的不确定性算法

$$\begin{aligned}&\text{合取}:E=E_1 \text{ and } \mathrm{E}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \mathrm{E}_n:\\ &\qquad CF(E)=\min\{CF(E_1),CF(E_2),\dots,CF(E_n)\}\\ &\text{析取}:E=E_1 \text{ or } \mathrm{E}_2 \text{ or } \dots \text{ or } \mathrm{E}_n:\\ &\qquad CF(E)=\max\{CF(E_1),CF(E_2),\dots,CF(E_n)\}\end{aligned}$$

b. 不确定性的遗传算法

$$\begin{aligned}&\text{规则}:\text{IF } E \text{ THEN } H\,(CF(H,E))\\ &\qquad CF(H)=CF(E,H)\cdot\max\{0,CF(E)\}\end{aligned}$$

c. 多个独立证据推出统一假设的合成算法

$$\begin{aligned}&\text{IF } E_1 \text{ THEN } H\,(CF(H,E_1))\\ &\text{IF } E_2 \text{ THEN } H\,(CF(H,E_2))\end{aligned}$$

a. 根据不确定性的遗传算法，求出多个CF(H)

$$\begin{aligned}CF_1(H)&=CF(H,E_1)\max\{0,CF(E_1)\}\\ CF_2(H)&=CF(H,E_2)\max\{0,CF(E_2)\}\end{aligned}$$

b. 求出两个证据对H的综合影响可信度

$$CF_{1,2}=\begin{cases}CF_1(H)+CF_2(H)-CF_1(H)\cdot CF_2(H) & \text{if } CF_1(H)\ge 0, CF_1(H)\ge 0\\ CF_1(H)+CF_2(H)+CF_1(H)\cdot CF_2(H) & \text{if } CF_1(H)\le 0, CF_1(H)\le 0\\ CF_1(H)+CF_2(H) & \text{else}\end{cases}$$

MYCIN系统基础上的专家工具EMYCIN对其改进：

$$CF_{1,2}=\begin{cases} CF_1(H)+CF_2(H)-CF_1(H)\cdot CF_2(H) & \text{if } CF_1(H)\geq 0, CF_1(H)\geq 0 \\ CF_1(H)+CF_2(H)+CF_1(H)\cdot CF_2(H) & \text{if } CF_1(H)\leq 0, CF_1(H)\leq 0 \\ \frac{CF_1(H)+CF_2(H)}{1-\min\{\mid CF_1(H)\mid,\mid CF_2(H)\mid\}} & \text{else} \end{cases}$$

c. 如果是两个以上的独立证据，则通过两两合成不断合并。

iv. 例题

已知规则：

$$R_1 : E_1 - H - (0.8)$$
$$R_2 : E_2 - H - (0.6)$$
$$R_3 : E_3 - H - (-0.5)$$
$$R_4 : E_4 \wedge (E_5 \vee E_6) - E_1(0.7)$$
$$R_5 : E_7 \wedge E_8 - E_3(0.9)$$

用户数据：

$$CF(E_2)=0.8\ ;CF(E_4)=0.5\ ;CF(E_5)=0.6$$
$$CF(E_6)=0.7\ ;CF(E_7)=0.6\ ;CF(E_8)=0.9$$

求：$CF(H)$

解：

首先可以绘制其相关性图：

首先求解 $CF(E_1)$：

$$\begin{aligned} CF(E_1) &= CF(E_1, E_4\wedge(E_5\vee E_6))\cdot \max\{0, CF(E_4\wedge(E_5\vee E_6))\} \\ &= 0.7\cdot \max\{0, \min\{CF(E_4), CF(E_5\vee E_6)\}\} \\ &= 0.7\cdot \max\{0, \min\{CF(E_4), \max\{CF(E_5), CF(E_6)\}\}\} \\ &= 0.7\cdot \max\{0, \min\{0.5, \max\{0.6, 0.7\}\}\} \\ &= 0.7\cdot 0.5 = 0.35 \end{aligned}$$

并且求解 $CF(E_3)$：

$$\begin{aligned} CF(E_3) &= CF(E_3, E_7\wedge E_8)\cdot \max\{0, E_7\wedge E_8\} \\ &= 0.9\cdot \max\{0, \min\{CF(E_7), CF(E_8)\}\} \\ &= 0.9\cdot \max\{0, \min\{0.6, 0.9\}\} \\ &= 0.9\cdot 0.6 = 0.54 \end{aligned}$$

然后，求解 $E_1 - CF_1(H), E_2 - CF_2(H), E_3 - CF_3(H)$：

$$\begin{aligned} CF_1(H) &= CF_1(H, E_1)\cdot \max\{0, CF(E_1)\} \\ &= 0.8\cdot \max\{0, 0.35\} \\ &= 0.8\cdot 0.35 = 0.28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF_2(H) &= CF_2(H, E_2)\cdot \max\{0, CF(E_2)\} \\ &= 0.6\cdot \max\{0, 0.8\} \\ &= 0.6\cdot 0.8 = 0.48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF_3(H) &= CF_3(H, E_3)\cdot \max\{0, CF(E_3)\} \\ &= -0.5\cdot \max\{0, 0.54\} \\ &= -0.5\cdot 0.54 = -0.27 \end{aligned}$$

最后，计算 $CF_{1,2,3}(H)$：

$$CF_{1,2}(H) = CF_1(H) + CF_2(H) - CF_1(H)\cdot CF_2(H) = 0.6256$$

$$CF_{1,2,3}(H) = \frac{CF_{1,2}(H) + CF_3(H)}{1-\min\{\mid CF_{1,2}(H)\mid, \mid CF_3(H)\mid\}} = 0.49$$

行为规则

路径与轨迹区别

1. 路径规划：在起始位置和目标位置之间获得一条最优路径以完成某项任务。在获得路径同时需要经过一些必须的点，并且不能触碰障碍物。
2. 轨迹规划：操作机初始位置和目标位置之间用多项式函数来内插或逼近给定路径，并沿时间轴产生控制一系列设定点。

旅行商问题(大题)

1. N与NP与NP-Hard
    i. P类：能够在**多项式时间内可解**。
    ii. NP类：在**多项式时间内可验证**问题。只能够猜出来一个解并在多项式时间内证明其是否正确。P问题属于NP问题。
    iii. NPC类：存在一种NP问题，使得所有NP问题都可以约化成它。它是**一个NP问题**，并且所有NP问题**都能够归约到它**。
    iv. NP-Hard类：所有NP问题都能够约化到它，但是它不一定是NP问题。
2. 时间复杂度
    i. P=确定性机器能够在多项式时间内解决的问题
    ii. NP=非确定性机器能够在多项式时间内解决的问题
3. 旅行商TSP问题：
    i. 一个人从某城市出发，访问n个城市各一次且只访问一次，然后回到原地。求代价最小路线。
    ii. 问题实际上是寻找总权最小的哈密尔顿回路。
    iii. 是一种NPC问题

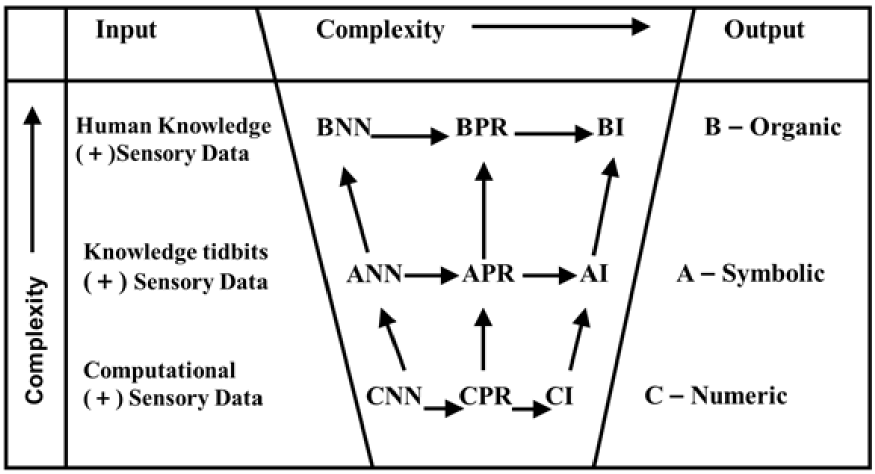
专家系统

不考

计算智能概述

A-B-C&NN-PR-I

1. 结构图



Relationships among components of intelligent system (after Bezdek 1994)

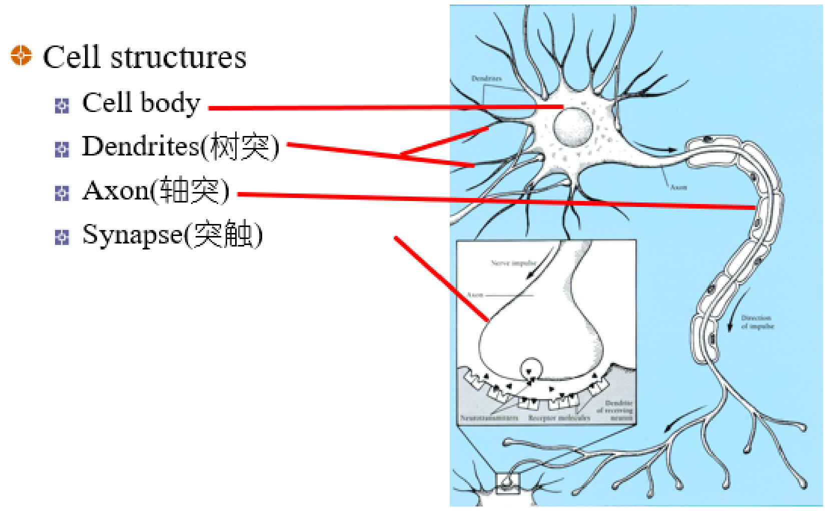
2. 说明
    i. 各领域之间的距离衡量着之间的差异。
    ii. →实际上有一定的子集含义
    iii. 计算智能知识一种智力方式的底层认知。
3. 表中元素说明
    i. CNN：低层的生物激励模型
    ii. CPR：对传感数据结构的搜索
    iii. CI：计算推理的低层算法
    iv. ANN：中层模型：CNN+知识精品
    v. APR：中层模型：CPR+知识精品
    vi. AI：中层模型：CI+知识精品
    vii. BNN：人类智能硬件：大脑

viii. BPR：对人的传感数据结构探索

ix. BI：人类智能软件：智力

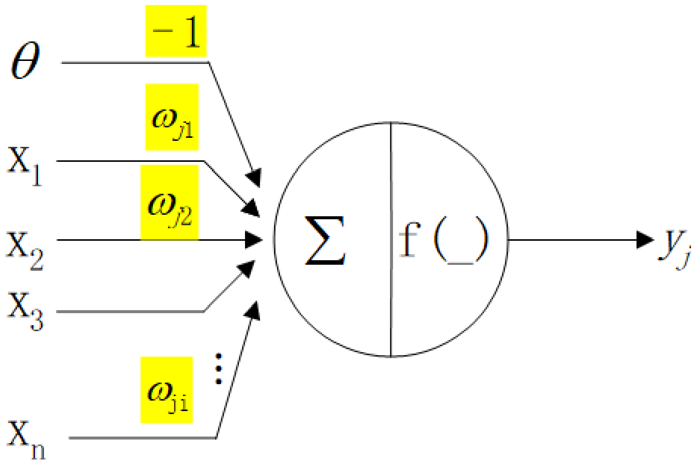
人工和生物神经网络结构(大题)

1. 生物神经网络



   i. 神经元：细胞体、轴突、树突、突触组成。

2. 人工神经网络



深度神经网络和传统神经网络对比和硬件要求(大题)

1. 对比找不到(???)
   i. 训练机制：传统使用BP，深度使用Layer-Wise。
2. 共性找不到(???)
   i. 采用了神经网络相似的分层——输入、隐含、输出层，只有相邻层之间神经元连接
3. 硬件需求：近年来。通过一些超大规模集成电路实现硬件已经问世。

模糊系统

基本概念

模糊数学理论

1. 模糊集合
   i. 定义
      a. 论域U中的模糊子集A，是以隶属度函数为表征的集合。由映射(隶属度函数) $\mu_A : U \to [0,1]$.也可以简记为 $A(u)$
      b. 模糊幂集：不同的隶属度函数可以确定不同的模糊子集。所有子集的模糊集合叫做模糊幂集F(U)
   ii. 模糊集合表示方法

a. Zade

$$A=\frac{\mu_A(u_1)}{u_1}+\frac{\mu_A(u_1)}{u_1}+\ldots+\frac{\mu_A(u_n)}{u_n}=\sum\frac{隶属度函数}{元素}$$

b. 矢量

$$A=(A(u_1),A(u_2),\ldots,A(u_n))$$

c. 续偶

$$A=\{<u_1,A(u_1)>,<u_2,A(u_2)>,\ldots,<u_n,A(u_n)>\}$$

d. 函数描绘

$$\mu(u)=f(u)$$

iii. 运算
   a. 并：取最大值
   b. 交：去最小值

2. 隶属度函数建立
   i. 基本要求
      a. 模糊集合必须是凸的模糊集合
      b. 变量的隶属度函数必须是对称平衡的
      c. 符合人类的语言顺序
   ii. 常用方法：
      a. 主观经验
      b. 分析推理
      c. 统计调查
3. 常见分布
   i. 偏小型模糊分布（降半）
   ii. 偏大型模糊分布（升半）
   iii. 中间型
4. 模糊关系与模糊矩阵
   i. 模糊关系：描述元素之间相关程度的数学模型
   ii. 模糊矩阵：描述模糊关系
   iii. 模糊矩阵计算
      a. 交：取最小
      b. 并：取最大
      c. 补：1-r
5. 模糊逻辑
   i. 模糊命题：含有模糊性的陈述句
   ii. 特征：
      a. 真值不是绝对真假
      b. 当模糊命题的真值为0/1时，其为清晰命题
      c. 一般形式： $A: e\ is\ E$ 。e是模糊变量，E是模糊集合，真值为隶属度函数。
      d. 命题之间有与或非运算
      e. A为α的恒真命题： $\forall e\in E,\mu_E(e)>\alpha,\alpha\in[0,1]$
   iii. 公式
      a. 表达： $F(x_1,x_2,\ldots,x_n)$
      b. 符号： $\cdot\ mean\ \wedge;+\ mean\ \vee$
   iv. 相容与不相容
      a. 对于所有的模糊变量，如果有T(F)>=0.5，则其为相容的
      b. 对于所有的模糊变量，如果有T(F)<=0.5，则其为不相容的。
   v. 析取范式和合取范式
      a. 合取 $(x\vee y)\wedge(x\vee z)\wedge(y\vee z)=(x+y)(x+z)(y+z)$
      b. 析取 $(x\wedge y)\vee(x\wedge z)\vee(y\wedge z)=xy+xz+yz$
6. 模糊语言
   i. 单词：最小单元
   ii. 词组：若干单词的组合

iii. 语言算子

a. 语气算子

a. 最、非常等——强化算子

b. 十分、比较等——淡化算子

b. 左右、大概等——模糊化算子

c. 偏向、大半是——判断化算子

7. 模糊推理

i. 模糊条件命题

a. if A then B:

a. $(A \to B) = AB + \bar{A} + AB$

b. 模糊关系矩阵: $R = \bar{A} \cup (A \times B)$

b. if A then B else C:

a. $(A \to B) \vee (\bar{A} \to C)$

b. 模糊关系矩阵: $R = (A \times B) \cup (\bar{A} \times C)$

c. if A and B then C:

a. $(A \wedge B) \to C$

b. 模糊关系矩阵: $R = A \times B \times C$

ii. 模糊推理

a. Zadch法 1.IF A THEN B: $R = (1 - A) \cup (A \times B)$

b. Mamdani法

a. IF A THEN B: $R = A \cap B$

8. 模糊判决

i. 重心法

ii. 最大隶属度法

iii. 系数加权平均法

iv. 隶属度限幅元素平均法

计算和例题

1. 模糊矩阵运算规律:

i. $A_{1\times m} \cup B_{m\times m} = C_{m\times 1}$，其中C中每个元素为A和B相应位置的最大值

ii. $A_{1\times m} \times B_{1\times m} = A^T B = C_{m,m}$，其中C中每个元素为AB(与运算)最小值

iii. $A_{m\times 1} \cdot B_{m\times m} = C_{m,m}$，其中C中每个元素为正常矩阵运算(以模糊矩阵规则)计算

2. 两个模糊子集的运算

$$
\begin{aligned}
&\text{论域}: U = [u_1, u_2, u_3, u_4, u_5] \\
&\text{两个模糊子集}: \\
&\qquad A = \frac{0.6}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.4}{u_4} + \frac{0.3}{u_5} \\
&\qquad B = \frac{0.5}{u_1} + \frac{0.6}{u_2} + \frac{0.3}{u_3} + \frac{0.4}{u_4} + \frac{0.7}{u_5} \\
&A\text{与}B\text{的并}: \\
&\qquad A \cup B = \frac{0.6}{u_1} + \frac{0.6}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.4}{u_4} + \frac{0.7}{u_5} \\
&A\text{与}B\text{的交}: \\
&\qquad A \cap B = \frac{0.5}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0.3}{u_3} + \frac{0.4}{u_4} + \frac{0.3}{u_5}
\end{aligned}
$$

2. 模糊公式真值计算

$$
\begin{aligned}
&\text{已知}: F(x_1, x_2, x_3) = (x_1 + x_2)x_3 + x_1\bar{x}_2 \\
&\text{其中}: T(x_1) = 0.8，\ T(x_2) = 0.4；\ T(x_3) = 0.7 \\
&\qquad T(F) = [(T(x_1) \vee T(x_2)) \wedge T(x_3)] \vee [T(x_1)T(\bar{x}_2)] \\
&\qquad\quad = [(0.8 \vee 0.5) \wedge 0.7] \vee [0.8 \vee 0.6] \\
&\qquad\quad = 0.7 \vee 0.8 \\
&\qquad\quad = 0.8
\end{aligned}
$$

3. 模糊矩阵推理计算:IF A THEN B

题目：

论域$X = Y = [1,2,3,4,5]$

模糊集合$A \in X, B \in Y$

且有$A = \frac{1}{1} + \frac{0.3}{2} + \frac{0}{3} + \frac{0}{4} + \frac{0}{5}; B = \frac{0}{1} + \frac{0}{2} + \frac{0}{3} + \frac{0.3}{4} + \frac{1}{5}$

解：

可知, $\mu_A = [1, 0.3, 0, 0, 0]; \mu_{\bar{A}} = [0, 0.7, 1, 1, 1]; \mu_B = [0, 0, 0, 0.3, 1]$

$$则A \times B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.3 \quad 1] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$因此R = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.7 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.3 & 1 \\ 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.7 & 0.7 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

4. Zadch法:

题目：

论域$X = Y = [1,2,3,4,5]$

三个模糊集合：

$A[大] = \frac{0.4}{3} + \frac{0.7}{4} + \frac{1}{5}$

$B[小] = \frac{1}{1} + \frac{0.7}{2} + \frac{0.4}{3}$

$C[较小] = \frac{1}{1} + \frac{0.6}{2} + \frac{0.4}{3} + \frac{0.2}{4}$

若模糊关系：若x小则y大。若x_1较(偏)小，则y_1如何?

解：

首先$B \to A$有：$R = (1 - B) \cup (B \times A)$

且$A = [0, 0, 0.4, 0.7, 1]; B = [1, 0.7, 0.4, 0, 0]; C = [1, 0.6, 0.4, 0.2, 0]$

$$\therefore R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.4 & 0.7 & 1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.6 & 0.6 & 0.6 & 0.6 & 0.6 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\therefore O = C \cdot R = [0.4 \quad 0.4 \quad 0.4 \quad 0.7 \quad 1]$$

$$\therefore y = \frac{0.4}{1} + \frac{0.4}{2} + \frac{0.4}{3} + \frac{0.7}{4} + \frac{1}{5}$$

5. Mamdani

题目：给定关系如果A则B。

其中$A = [1, 0.6, 0.2, 0], B = [0.7, 1, 0.3, 0.1]$

已知$A_1 = [0.2, 0.5, 0.9, 0.3]$，求$B_1$。

解：

$$R = A \times B = \begin{bmatrix} 0.7 & 1 & 0.3 & 0.1 \\ 0.6 & 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\therefore B_1 = A \cdot R = [0.5, 0.5, 0.3, 0.1]$$

$$\therefore y = \frac{0.5}{b_1} + \frac{0.5}{b_2} + \frac{0.3}{b_3} + \frac{0.1}{b_4}$$

模糊控制（不考）

进化计算

解码和编码

1. 原则：完备性(必须)、健全性、非冗余性
2. 编码计算
    i. 二进制编码

$$精度\,\delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^{l} - 1}$$

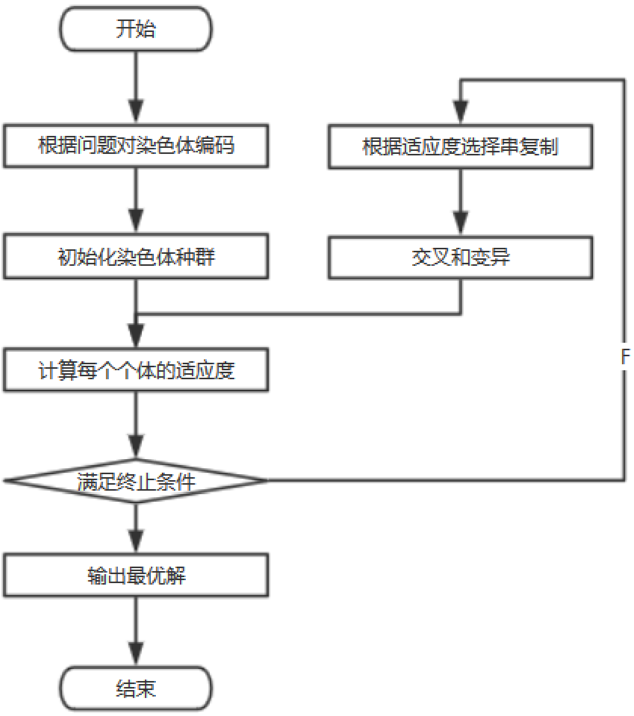
    ii. 解码

$$x = U_{\min} + \left(\sum_{i=l}^{1} b_i \cdot 2^{i-1}\right) \cdot \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^{l} - 1}$$

3. 例题：要求精度1e-4，-3<=x<=12.1

$$\delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^{l} - 1} \leq 10^{-4}$$
$$\therefore 2^{l} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\delta} + 1 = 151001$$
$$\therefore l = 18$$

基本流程(大题)



1. 令进化代数g=0，定义初始化种群P(g)
2. 对P(g)进行估值
3. 从P(g)中选择两个个体，进行交叉变异，得到新一代种群P(g+1)，令g=g+1。
4. 如果终止条件满足，结束算法；否则转到步骤2

机器学习

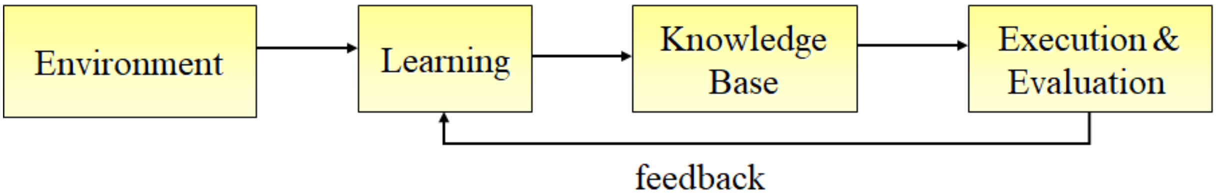
四种比较

1. 机械学习
2. 示教学习
3. 类比学习

4. 示例学习

基本结构和模型(大题)

1. 基本结构



2. 说明：环境向系统的学习部分提供信息；学习部分利用这些信息修改知识库，以增强系统执行部分完成任务的效能；执行部分根据知识库完成任务，同时把获得的信息反馈给学习部分。
   i. 环境、知识库和执行部分决定了工作的具体内容。
   ii. 学习部分需要解决的问题全部由上述三部分确定。
3. 环境向系统系统信息，是影响学习的最重要因素；知识库是影响学习的第二个因素。

过拟合问题

1. 一定存在
2. 如何避免找不到(???)
   i. 增加训练数据量
   ii. 运用L1、L2正规化(规范化)
   iii. 神经网络：使用Drop Out方法