考试范围：第一章到第四章范围之内

第一章第一页

什么是智能信息处理？智能信息处理是模拟人与自然界其他生物处理信息的行为，建立处理复杂系统信息的理论、算法和系统的方法和技术。

信息技术的三大支柱包括传感技术、计算机技术和通信技术。

智能具有如下特征：感知能力、记忆和思维能力、学习能力和自适应能力、行为能力

人工智能的定义：是人们使机器具有类似于人的智能，或者说是人类智能在机器上的模拟。

人工智能研究内容基本包括：机器感知、机器思维、机器学习、机器行为、之恶能系统及智能计算机的构造技术。

CI 与 AI 的异同：

AI：人工智能，是非生物的、人造的、常用符号表示，AI 的来源是人的知识精华和传感器数据。

BI：生物智能，是由人脑的物理化学过程反映出来的，人脑是有机物，是智能的物质基础。

CI：计算智能，是由数学方法和计算机实现的，CI 的来源是数值计算和传感器。

计算智能信息处理的三大技术主要包括模糊计算、神经计算和进化计算。

模糊性和概率性的区别？

模糊性：事件本身是含糊不清的，而事件出现是确定的（也可以是不确定的）。

概率性：事件本身是清晰的，只是事件出现的频数具有不确定性。

进化计算体现了生物进化中的 4 个要素：即繁殖、变异、竞争和自然选择。

遗传算法参数的选择：串长 L，群体大小 n(20~200)，交换概率 $p_c$(0.5~1.0) 以及突变概率 $p_{\mathrm{m}}$(0~0.05)。

计算智能技术的综合集成：

模糊系统与神经网络的结合，自动提取模糊规则、自动生成模糊隶属函数，使其具有自适应性。

神经网络与遗传算法结合：GA 预处理，NN 求解；用 GA 优化 NN。

模糊技术、神经网络和遗传算法的综合集成：

GA 调整网络参数结构、NN 调节优化局部性参数。

神经元的基本模型：

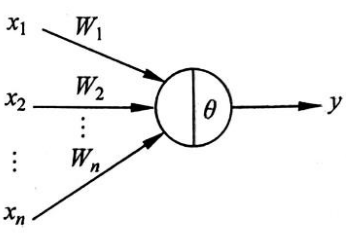


图 2-2 人工神经元模型

组成人工神经元模型的 3 种基本元素：

(1) 突触或连接链：每一个都由其权值或者强度作为特征。假设 $x_j$ 为突触 $j$ 上的输入信号，连接到神经元 $k$ 上，需要乘上 $k$ 的突触权值 $W_{kj}$。$W_{kj}$ 第一个下标 $k$ 表示所连接到的神经元，第二个下标 $j$ 表示权值所在的突触的输入端。人工神经元中 $W_{kj}$ 可以取正值也可以取负值，正值表示兴奋型突触，负值表示抑制型突触。

(2) 加法器：用于求输入信号中神经元的相应突触加权的和。这个操作构成一个线性组合器。

(3) 激活(励)函数：用来限制神经元输出振幅。激活函数将输出信号限制在所允许的范围内。通常，一个神经元输出的正常幅值范围可以写成[0,1]或者 [−1,1]。

主要神经网络拓扑结构包括单层网络、多层网络和回归型网络。

RBF 神经网络：是由输入层、隐含层、和输出层组成的三层前向网络。

**表 3-1 进化计算的一般步骤**

| | |
|---|---|
| 步骤 1 | 给定一组初始解 |
| 步骤 2 | 评价当前这组解的性能(即对目标满足的优劣程度如何) |
| 步骤 3 | 按步骤 2 中计算得到的解的性能,从当前这组解中选择一定数量的解作为迭代后的解的基础 |
| 步骤 4 | 对步骤 3 所得到的解进行操作(如基因重组和突变),作为迭代后的解 |
| 步骤 5 | 若这些解已满足要求,则停止;否则,将这些迭代得到的解作为当前解,返回步骤 2 |

优化问题的搜索技术可分为枚举搜索、微分搜索、随机搜索和启发式搜索四类。
遗传算法是一种基于达尔文生物进化论的自然选择和孟德尔遗传学说的生物进化过程的计算模型，是一种全新的随机搜索与优化算法。

题近似最优解。遗传算法的执行过程可分为以下几个步骤。

1) 初始化

选择一个群体,长度为 $l$ 的 $n$ 个二进制串 $b_i(i=1,2,\cdots,n)$ 组成遗传算法的初解群,也称为初始群体。在每个串中,每个二进制位就是个体染色体的基因。这个初始的群体也就是问题假设解的集合。在初始群体上,一般采用随机方式构造,也可以采用经验方法构造,以减少进化代数。

2) 选择

选择操作用于从群体中按个体的适应度值选择出较适应环境的个体,作为待繁殖的父代个体,因此有时也称这一操作为再生。由于在选择用于繁殖下一代的个体时,是根据个体对环境的适应度值而决定其繁殖量的,因此有时也称为非均匀再生。

3) 交叉

交叉操作用于对父代个体的染色体进行交叉重组,结合二者的特性产生新的子代染色体。交叉的基本实现方式是将父代个体的基因串按照指定位置进行互换,从而产生新的个体。

4) 突变

突变操作用于使染色体上位串产生随机的变化,得到新的个体。在突变时,对执行突变的基因串的对应位求反,即把 1 变为 0,把 0 变为 1。能遗传的突变是生物进化的重要手段,对于保证群体多样性具有不可替代的作用。

5) 全局最优收敛

当最优个体的适应度达到给定的阈值,或者最优个体的适应度和群体适应度不再上升时,则算法的迭代过程收敛,算法结束。否则,用经过选择、交叉、突变所得到的新一代群体取代上一代群体,并返回到第 2)步即选择操作处继续循环执行。

(1) 串：它是个体的表现形式，在算法中是二进制串，并且对应于遗传学中的染色体。

(2) 群体：个体的集合称为群体，串是群体中的元素。

(3) 群体大小：在群体中个体的数量称为群体的大小。

(4) 基因：基因是串中的元素，基因用于表示个体的特征。例如，有一个串 $S=1010$，则其中的 1，0，1，0 这 4 个元素称为基因。

(5) 基因位置：基因在串中存在的位置称为基因位置，有时也简称为基因位。基因位置是从串的左侧向右侧计算。例如，在串 S=1011 中，0 的基因位置是 2。基因位置对应遗传学中的地点。

(6) 基因特征值：在用串表示整数时，基因的特征值和二进制数的权一致。例如，在串 $S=1011$ 中，位于基因位 3 的 1，它的基因特征值为 2；位于基因位 1 的 1，它的基因特征值为 8。

(7) 染色体：染色体又可以称作基因型个体，群体是由一定数量的个体组成，群体中个体的数量称作群体大小。

(8) 适应度：适应度表示某一个体对于环境的适应程度，通常为了体现染色体的适应能力，算法中会引入一种对问题中的每一个染色体都能进行度量的函数，称作适应度函数。这个函数用于计算个体在群体中被使用的概率。

按照知识的范围作用来分，知识可分为常识性知识和领域性知识。按照知识的作用及表示来分，可分为事实性知识、过程性知识和控制性知识。

产生式系统：产生式系统是用来描述若干个不同的以一个基本概念为基础的系统。
前向推理：从一组表示事实的命题出发，使用一组产生式规则，用以证明该命题是否成立。
后向推理：从表示目标的命题出发，使用一组产生式规则证明事实命题成立，即首先提出一批假设目标，然后逐一验证这些假设。
双向推理：同时从目标向事实推理和从事实向目标推理，并在推理的某个步骤中实现事实与目标的匹配。

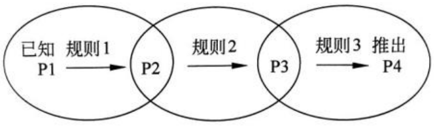


图 4-2 前向推理过程

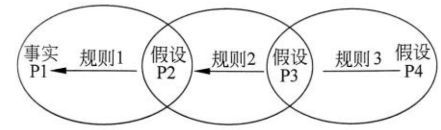


图 4-6 后向推理过程

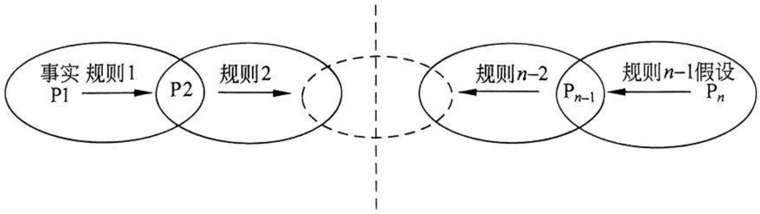


图 4-8 双向推理

模糊系统中的三大基本元素是模糊集、隶属函数和产生式规则。

模糊集合的基本运算：

**例 4-5** 设论域 $U=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5\}$ 以及模糊子集

$$A=\frac{1}{x_1}+\frac{0.9}{x_2}+\frac{0.4}{x_3}+\frac{0.2}{x_4}+\frac{0}{x_5}$$

$$B=\frac{0.9}{x_1}+\frac{0.8}{x_2}+\frac{1}{x_3}+\frac{0}{x_4}+\frac{0.1}{x_5}$$

试求 $A\cup B, A\cap B, \overline{A}$ 及 $\overline{B}$。

**解：**

$$A\cup B=\frac{1\vee 0.9}{x_1}+\frac{0.9\vee 0.8}{x_2}+\frac{0.4\vee 1}{x_3}+\frac{0.2\vee 0}{x_4}+\frac{0\vee 0.1}{x_5}$$

$$=\frac{1}{x_1}+\frac{0.9}{x_2}+\frac{1}{x_3}+\frac{0.2}{x_4}+\frac{0.1}{x_5}$$

$$A\cap B=\frac{1\wedge 0.9}{x_1}+\frac{0.9\wedge 0.8}{x_2}+\frac{0.4\wedge 1}{x_3}+\frac{0.2\wedge 0}{x_4}+\frac{0\wedge 0.1}{x_5}$$

$$=\frac{0.9}{x_1}+\frac{0.8}{x_2}+\frac{0.4}{x_3}$$

$$\overline{A}=\frac{1-1}{x_1}+\frac{1-0.9}{x_2}+\frac{1-0.4}{x_3}+\frac{1-0.2}{x_4}+\frac{1-0}{x_5}$$

$$=\frac{0.1}{x_2}+\frac{0.6}{x_3}+\frac{0.8}{x_4}+\frac{1}{x_5}$$

$$\overline{B}=\frac{1-0.9}{x_1}+\frac{1-0.8}{x_2}+\frac{1-1}{x_3}+\frac{1-0}{x_4}+\frac{1-0.1}{x_5}$$

$$=\frac{0.1}{x_1}+\frac{0.2}{x_2}+\frac{1}{x_4}+\frac{0.9}{x_5}$$

**例 4-7** 设

$$\boldsymbol{M}_R=\begin{bmatrix}0.5 & 0.3\\ 0.4 & 0.8\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{M}_S=\begin{bmatrix}0.8 & 0.5\\ 0.3 & 0.7\end{bmatrix}$$

则

$$\boldsymbol{M}_{R\cup S}=\begin{bmatrix}0.5\vee 0.8 & 0.3\vee 0.5\\ 0.4\vee 0.3 & 0.8\vee 0.7\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.8 & 0.5\\ 0.4 & 0.8\end{bmatrix}$$

类似地，

$$\boldsymbol{M}_{R\cap S}=\begin{bmatrix}0.5 & 0.3\\ 0.3 & 0.7\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{M}_{\bar{R}}=\begin{bmatrix}0.5 & 0.7\\ 0.6 & 0.2\end{bmatrix}$$

将 $\boldsymbol{M}_R^*$ 称为 $\boldsymbol{M}_R$ 的转置矩阵，即交换 $r_{ij}$ 和 $r_{ji}$ 的位置，例中

$$\boldsymbol{M}_R^*=\begin{bmatrix}0.5 & 0.4\\ 0.3 & 0.8\end{bmatrix}$$

$\boldsymbol{M}_R^*$ 也有写成 $\boldsymbol{M}_R'$ 和 $\boldsymbol{M}_R^{\mathrm{T}}$ 的。

$$\boldsymbol{M}_R=\begin{bmatrix}0.5 & 0.3\\ 0.4 & 0.8\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{M}_{R(\lambda=0.4)}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 1 & 1\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{M}_{R(\lambda=0.5)}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

设有普通矩阵

$$\boldsymbol{M}_R=\begin{bmatrix}0.3 & 0.7 & 0.2\\ 1 & 0 & 0.4\end{bmatrix}_{2\times 3},\quad \boldsymbol{M}_S=\begin{bmatrix}0.1 & 0.9\\ 0.9 & 0.1\\ 0.6 & 0.4\end{bmatrix}_{3\times 2}$$

$$\begin{aligned}\boldsymbol{M}_Q&=\boldsymbol{M}_R\cdot\boldsymbol{M}_S\\ &=\begin{bmatrix}(0.3\times 0.1)+(0.7\times 0.9)+(0.2\times 0.6) & (0.3\times 0.9)+(0.7\times 0.1)+(0.2\times 0.4)\\ (1\times 0.1)+(0\times 0.9)+(0.4\times 0.6) & (1\times 0.9)+(0\times 0.1)+(0.4\times 0.4)\end{bmatrix}\\ &=\begin{bmatrix}0.1+0.7+0.2 & 0.3+0.1+0.2\\ 0.1+0+0.4 & 0.9+0+0.4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.78 & 0.42\\ 0.34 & 1.06\end{bmatrix}_{2\times 2}\end{aligned}$$

若将这两个矩阵表示成模糊关系矩阵，各元素的值不变，即

$$\boldsymbol{M}_R=\begin{bmatrix}0.3 & 0.7 & 0.2\\ 1 & 0 & 0.4\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{M}_S=\begin{bmatrix}0.1 & 0.9\\ 0.9 & 0.1\\ 0.6 & 0.4\end{bmatrix}$$

则

$$\begin{aligned}\boldsymbol{M}_Q&=\boldsymbol{M}_{R\circ S}\\ &=\begin{bmatrix}(0.3\wedge 0.1)\vee(0.7\wedge 0.9)\vee(0.2\wedge 0.6) & (0.3\wedge 0.9)\vee(0.7\wedge 0.1)\vee(0.2\wedge 0.4)\\ (1\wedge 0.1)\vee(0\wedge 0.9)\vee(0.4\wedge 0.6) & (1\wedge 0.9)\vee(0\wedge 0.1)\vee(0.4\wedge 0.4)\end{bmatrix}\\ &=\begin{bmatrix}0.1\vee 0.7\vee 0.2 & 0.3\vee 0.1\vee 0.2\\ 0.1\vee 0\vee 0.4 & 0.9\vee 0\vee 0.4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.7 & 0.3\\ 0.4 & 0.9\end{bmatrix}_{2\times 2}\end{aligned}$$

模糊控制的基本结构和组成
模糊化：将输入的精确量转换为模糊化量
知识库：包含了具体应用领域中的知识和要求的控制目标，即存放控制规则。
模糊推理：具有模拟人的基于模糊概念的推理能力。
清晰化：主要是将模糊推理得到的控制量转变为一个确定的输出。
P145 最大树法
P150 练习 6 和 7