

(非大部分部分)

第一章 绪论

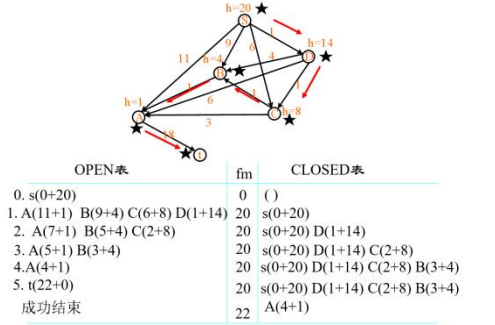
- 1.图灵测试的目的是测试机器是否具有图灵测试意义上的智能（组成、位置、过程、结论）
- 2.AI 的含义:计算机模拟人脑完成需要智能的工作
- 3.**Nilsson 认为**“AI 是关于知识的科学,即怎样表示知识、获取知识和使用知识的科学”（知识）**Winston 则认为**“AI 是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的富有智能的工作”（功能）**Feigenbaum 认为**“AI 是一个智能计算机的知识处理系统,该系统显示人类行为中与智能有关的某些特征”（系统）
- 4.**定义 1:** 人工智能是一门研究如何使计算机系统显示智能行为的学科,即研究如何让计算机完成那些过去只有人才能做的富有智能的工作。**定义 2:** 人工智能是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统,来模拟人类智能活动的能力,以延伸人们智能的科学。**定义 3:** AI 是使计算机象人一样思考、行动或能够进行理性地思考、行动的技术。
- 5.1956 达特茅斯,2006 深度学习,萌芽期、形成期(LISP)、发展和实用期(PROLOG)、发展黄金期、前景
- 6.**研究领域:**自然语言理解,知识表示、自动推理、机器学习、计算机视觉、机器人
- 7.研究办法
- ①符号智能:符号演算模拟**观点**,思维活动->自然语言->符号表达,物理符号系统假设**理论基础,逻辑推理和启发式搜索**
- ②计算智能:模型计算模拟**观点**,模拟各种自然智能机制,可描述各种智能机制的新逻辑
- ③群体智能:群体协同模拟观点、社会性的相互作用思想、(方法)具有简单感知、响应能力的个体组成的群落通过与环境或相互间的信息交流实现一种自组织的群智能(作用)集体行为的智能化

第二章 产生式系统

- 8.①POST(1943)的观点:用符号语言构造产生式模型:前提->结论②Markov (1954)提出基于产生式的符号变换控制算法③Newell&Simon(1972):人类的认知模型:长&短期记忆,认知处理器
- 9.从认知模型的角度理解大学思政教育的目的: 从短期记忆到长期记忆,形成社会主义核心价值观,从而正确地处理生活、学习和工作中遇到的事情。
- 10.产生式系统**三组成: 综合数据库**(内容动态变化)、一组产生式规则构成了**规则座**(固定的格式)、**控制系统**:解释程序或执行程序(匹配,选择冲突解决,应用操作)。
- 11.综合数据库是基础,产生式规则是进行推理的依据,控制系统是中枢,相互独立,间接影响
- 12.产生式系统基本过程**三操作**:匹配、选择、执行
- 13.产生式**运用的方法**:把待求解问题的描述转化成系统的三个部分:基础:**问题的表示**（综合数据库和规则集）;
- 14.**问题表示类型**:
- ①状态空间法(三元组 S(事实)O(规则)G(目标),状态空间(所有可能状态集合),状态转换(规则)问题求解(S-O->G)) ②比①是更一般的问题求解方法
- ②问题归约法(SO(初始问题)O(操作算子集)P(本原问题集)思路(SO-O->子问题->P)特点(P产生 P))
- 15.**三种控制方式**:①不可撤回方式:相当于沿着单独的一条路向下延伸搜索下去;②回溯方式:不保留完整的搜索树结构,只记住当前工作的一条路径,回溯就是对这条路径进行修正;
- ③穷举图搜索方式:记下完整的搜索树④启发式图搜索方式:部分搜索树
- 16.产生式系统的类型正向、逆向、双向产生式系统;可交换的产生式系统
- 17.爬山法**流程**:开始状态->用规则试探可能状态->状态测试和评估,是目标则终止,不是则取优->循环

- 缺点**:容易出现解的停滞,**三种情况**:局部极大点、平顶、山脊。使用的**限定条件**:如果测试函数具有单极值,那么这个极值对应的状态就是目标。
- 18.试探方式:种类为**回溯方式**(建立 4 个回溯点)(**非法状态、无规则可用、达到规定深度、有环路出现**)和图搜索方式(穷举方式)
- 第三章 产生式系统的搜索策略**
- 19.搜索策略的**任务**:确定选择规则的方式;**两种基本方式**①盲目搜索(无信息引导)按固定的步骤②**启发式搜索**(有信息引导):考虑领域的知识。**状态空间**:①**求任一解路**:回溯、爬山、宽度、深度、限定范围搜索、好的优先搜索②**求最佳解路**:大英博物馆法、分支限界法、动态规划法、最佳图搜索法 **A*问题归约**:
- 求与或图**:一般求与或图搜索法 AO*、极大极小法、α-β 剪支法、启发式剪支法。
- 20.回溯策略:不断试探&尝试,递归性质,回溯特点（非法状态、无规则可用、达到规定深度、有环路出现）
- 21.图搜索中**三种点**①mj 为两表中未出现的②mk 为 open 表中出现的③ml 为 close 表中出现的
- 22.open 表:待扩展节点;close:已扩展节点
- 23.启发式算法①核心思想:利用所处理问题的启发信息引导搜索目的②减少搜索范围,降低问题复杂度。

- 24.A 算法①基本思路**:定义一个评价函数 f,对当前待搜索状态进行评估(既考虑从起始节点到节点 n 的花费,又考虑从节点 n 到达目标节点的费用),然后找出一个最有希望的节点来扩展②**函数形式为**: $f(n)=g(n)+h(n)$. n 为被评价的节点。用此函数值来排列 OPEN 表中节点顺序的图搜索算法称为 A 算法③**控制策略**:按照 f(n)值递增的顺序对 OPEN 中的元素进行排序,f(n)值小的节点排在前面,大的放在 OPEN 表的后面④**效果**:每次扩展节点时,优先选择当前 f(n)值最小的节点来扩展⑤**结论**:算法 A 是一个好的优先搜索策略。
- 25.**另外三种方法**①**爬山法**: $f(n)=h(n)$ 表示山顶与当前位置高度差②**分支限界法**:从路径表中,优先扩展当前具有最小耗散值分支路径的叶节点 n,评价函数为 $f(n)=g(n)$ ③**动态规划法**:对于②,多条到达某一公共节点的路径,则只保留耗散值最小的那条路径,其余删去,并重新排序,g 值最小者排在前面
- 26.**A*算法**A 算法当 $h(n) \leq h^*(n)$ 时。
27. $g^*(n)$ 是从起点 S0 出发到达 n 的最小代价, $h^*(n)$ 是 n 到目标 Sg 的最小代价。
- 28.算法**性质**:①**完备性**:有解则必可找到②**可采纳性**:解必最佳③**最优性**:A1&A2, $h_1(n) < h_2(n) \leq h^*(n)$,A1 展开的节点数目至少和 A2 一样多
- 29.算法**推论**:①算法结束前,OPEN 表中必存在 $f(n) \leq f^*(S)$ 的节点(n 是在最佳路径上的节点)②OPEN 表上任 $f(n_0) \leq f^*(S)$ 的节点 n,终将被选作扩展节点.反之亦然
- 30.算法**不足**:如果用扩展节点数作为评价搜索效率的准则,那么可以发现 A 算法第 6 步(把 ml 作为 n 的后继节点添入 G,计算 f(n))中,对 CLOSED 表中 ml 类节点要重新放回 OPEN 表中的操作,将引起多次扩展同一节点的可能.**后果**即使问题所包含的节点数少,但重复扩展某些节点,也将导致搜索效率下降。①**对 h 加以限制**②**改进算法**
- 31.**改进思路**:①OPEN=($f < f^*(s)$)(NEST) | $f > f^*(s)$),fm(当前最大 f 值)替换 $f^*(s)$ ②NEST 子集按按 $f(n) = g(n)$ 排序
- 32.示例(狄克斯特拉算法)



- 33.影响算法搜索**性能的主要因素**:①路径的耗散值②扩展的节点数目计算③ h 所需的工作量
- 第四章 与或图搜索**
- ①与,用超链,或不用
- 35.与或图搜索与状态空间图搜索的**区别**
- ①**搜索目的不同**:是证明起始节点是否可解,而可解节点是递归定义的,取决于后继节点是否可解,即搜索过程是能否找到可解的叶节点.②**结果不同**:若初始节点被标示为可解,则搜索成功结束;若初始节点被标示为不可解,则搜索失败.③**节点处理不同**:一旦发现不可解节点,应将该节点从图中删去。
- 36.**AO*两个过程的重复**:①**自上而下的图生长过程**（4-6 步）:先通过有标记的连接符,找到目前为止最好的一个局部解图,然后对其中一个非终节点进行扩展,并对其后继节点赋估计耗散值和加能解标记.②**自下而上的估价函数值的修正、连接符的标记和 SOLVED 的标注过程(7-12)**:耗散值的修正从刚被扩展的节点 n 开始,其修正耗散值 q(n)取所有估计值中最小的一个,然后根据耗散值递归计算公式逐级向上修正其先辈节点的耗散值.只有下层节点耗散值修正后,才可能影响到上一层节点的耗散值,如此一直修正到初始节点。
- 37.**与 A*的区别**:

- ①**评价函数只考虑 h(n)**:理由:算法有自上而下的修正费用的的操作,实际上局部解图费用值的估计是在起始节点 S 比较,计算 g 既无必要也不可能。
- ②**不能优先扩展具有最小费用的节点**:理由:K-连接符连接的有关子节点对父节点的可解性及费用值的估计都会产生影响。
- ③**仅适用于无环图,否则耗散值递归计算不收敛**:方法:当新生成的节点已在图中时,判断是否为正被扩展节点的先辈节点。
- ④**控制策略不同**:没有 OPEN 表和 CLOSED 表,只用生成的解图结构 G, h(n) 是最佳解图的费用估计。
- 38.博弈树 max-min
- 思想**:在脑海中考虑双方对弈若干步之后的局势,从当前候选的走步中选一个相对好的走步走来,即在有限搜索深度范围内进行求解。
- 方法**:定义一个评价函数 f,以便对棋局的势态（节点）作出优劣估值。
- 一般规定**:利于 MAX(我) f(n)正;利于 MIN(敌) f(n)负;势均 f=0.无

- 穷则获胜
- 39.max-min 缺陷:把**生成树**和**棋局估值**两个过程**完全分离**,即**先生成全部的搜索树,然后再进行端节点估值和倒推值计算,这导致效率降低**。
- 40.**改进思路**:若两个过程同时进行,再依一定的条件判断,有可能尽早剪掉一些无用的分支,那么就可能减少搜索量,这是 α-β 搜索的思想。
- 41.极大值层的倒推值下界值 **α 永不下降**
- 42.极小值层的倒推值上界值 **β 永不上升**
- 43.α 剪枝: **α(先辈层) ≥ β(后继层)**,则可终止该 MIN 层搜索.(位置: **MIN 层**的剪枝)倒推值为 β
- 44.β 剪枝: **β(后继层) ≥ α(先辈层)**,则可终止该 MAX 层搜索(位置: **MAX 层**的剪枝)倒推值为 α
- 45.剪枝注意问题:
- ①比较是在极大值层节点和极小值层节点间进行的(非直系).
- ②比较时是与先辈层节点(已经通过其它路径有了值的那些节点),不仅限于父辈。
- ③只有一个节点的值固定以后,其值才能够向其父节点传递。
- ④剪枝搜索得到的最佳走步与极大极小方法得到的结果一致,但效率会提高。
- ⑤生成搜索图和剪枝过程同时进行。

第五章 高级搜索

- 46.70 年代由美国的密执根大学的 Holland 教授首先提出.遗传算法是模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传学机理的生物进化过程的计算模型,是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法。
- 47.遗传算法三操作:选择、交配（交叉）、变异
- 生物进化与遗传算法之间的对应关系

生物进化中的概念	遗传算法中的含义
环境	适应函数
适应性	适应函数值
适者生存	适应函数值最大的解被保留的概率最大
个体	问题的一个解
染色体	解的编码
基因	编码的元素
群体	一组解构成的解集
种群	根据适应函数选择的一组解
交配	以一定的方式由双亲产生后代的过程
变异	编码的某些分量发生变化的过程

- 48.轮盘赌:第 i 个染色体被选中的概率
- $$p(x_i) = \frac{F(x_i)}{\sum_{j=1}^N F(x_j)}$$
- 群体的规模 N , F(xi)是染色体适应值
- 49.群集智能->蚁群算法模仿蚂蚁群体觅食①状态变迁规则②信息素的更新
- 第六章 逻辑表示及归结系统**
- 50.谓词与命题的区别——具有更强的表达能力
- ①有概括能力②可表示变化着的情况③可在不同的知识之间建立高级联系
- 51.归结原理:直接法: $\cap F1 \rightarrow W$ 是永真式.间接法（反证法）: $F1 \cap \sim W$ 为永假。思想:采用反证法将待证明的表达式转换为逻辑公式,然后再进行归结,归结能够顺利完成,则证明原定理是正确的。
- 52.置换**满足结合律不满足交换律**
53. $E1s = E2s = E3s = \dots$ 则表达式集{Ei}是**可合一**的,这个置换 s 称作{Ei}的**合一者**。
- 54.如果 g 是公式集{Ei}的一个合一者,且对{Ei}的任意一个合一者 s 都存在一个置换 s',使得 $s = gs'$,则称 g 为表达式{Ei}的最简单合一者 mgu。
- {P (x, f (y) , B) , P (x, f (B) , B) } g={B/y}为该式的 mgu。因为 $\forall s s={A/x, B/y}$, \exists 置换 $s'={A/x}$,使 $s=gs'$
- 55.最简单合一者(mgu)

例: S={ P(a, x, h(g(z))), P(z, h(y), h(y)) }

1. $g_0 = \{ \}$; SG_0 不是单元集,故求不一致集 $D_0 = \{a, z\}$;

2. $g_1 = g_0 \{a/z\}$; $SG_1 = \{P(a, x, h(g(a))), P(a, h(y), h(y))\}$ 不是单元集,故 $D_1 = \{x, h(y)\}$;

3. $g_2 = g_1 \{h(y)/x\}$; $SG_2 = \{SG_0 \{h(y)/x\} = \{P(a, h(y), h(g(a))), P(a, h(y), h(y))\}$ 不是单元集,故 $D_2 = \{g(a), y\}$;

4. $g_3 = g_2 \{g(a)/y\}$; $SG_3 = \{SG_0 \{g(a)/y\} = \{P(a, h(g(a)), h(g(a))), P(a, h(g(a)), h(g(a)))\}$ 是可合一的。

• 即 $g_3 = \{a/z\} \{h(y)/x\} \{g(a)/y\} = \{a/z, h(y)/x\} \{g(a)/y\} = \{a/z, h(g(a))/x, g(a)/y\}$ 是一个mgu。

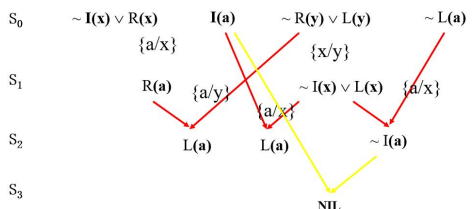
56.归结式

- 归结式:对于子句 $C_1 \vee L_1$ 和 $C_2 \vee L_2$,如果 L_1 与 $\sim L_2$ 可合一,且 s 是合一—,则 $(C_1 \vee C_2)$ s 是其归结式。
- 例: P(x)∨Q(y), ~ P(f(x))∨R(z) => Q(y)∨R(z) (s=f(z)/x)
- 选不同文字对做归结时,可得不同的归结式
练习: C1= P(x, f(y)) ∨ Q(y)
C2= ~P(z, f (A)) ∨ ~Q(z)
- 被归结的子句 C1, C2 应具有不同的变量。
方法:变量换名

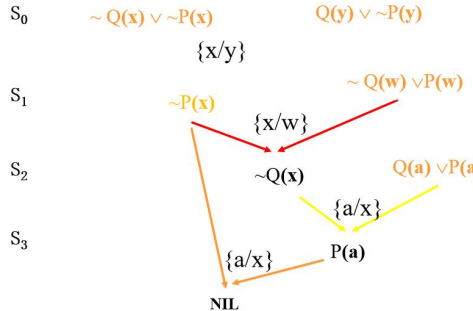
- 57.删除策略:①纯文字删除(子句集只有 L 没~L)②重言式(永真

式)删除③怀孕删除(A置换得B或者P(x)VQ(z)怀孕于P(f(y))VQ(a)VR(y) s={f(y)/x,a/z})

58.限制策略:①宽度优先策略②支持集策略(目标公式否定式(本身或后裔))



③单元子句优先策略(两个亲本子句中至少有一个是单文字子句)④线性输入形策略(两个亲本子句中至少有一个是从基本子句集中挑选)⑤祖先过滤形策略(两个亲本子句中有一个母子句或者从基本集中挑选,或者从该母子句的先辈子句中挑选)



第七章 逻辑表示及归结系统

59.研究知识的形式化方法, 3种知识类型: ①叙述型知识②过程型知识③控制型知识

60.知识模型的变换: 同构、同态

61.语义网络:采用网络形式表示人类知识的方法

形式: 是带标识的有向图

优点: 自然性, 联想性, 效率较高;

缺点: 不严格, 不便于表达判断性的和深层知识.

基本命题的语义网络表示

1 以谓词关系为中心的语义联系 2 以个体为中心:

①实例联系②泛化联系③聚集联系④属性联系

62.框架: 一个通用的数据结构的形式存储以往经验

第八章 基本的推理技术

63.置换集的合一复合运算是可结合和可交换的。

- 64.1
- 如果一个解图中所涉及的置换是一致的, 则该解图称为一致解图。
 - 设有置换集 {u₁, u₂, ..., u_n}, 其中: u_i={t_{i1}/v_{i1}, ..., t_{im}/v_{im}}, 定义表达式: U₁=(v₁₁, ..., v_{1m(1)}, ..., v_{n1}, ..., v_{nm(n)}) U₂=(t₁₁, ..., t_{1m(1)}, ..., t_{n1}, ..., t_{nm(n)}) 置换集 {u₁, u₂, ..., u_n} 称为一致的, 当且仅当 U₁和 U₂是可合一的。 U₁、U₂的mgu是 {u₁, u₂, ..., u_n} 的合一复合。
 - 置换集的合一复合运算是可结合和可交换的。

u ₁	u ₂	U ₁ 和 U ₂	合一复合
{A/x}	{B/x}	U ₁ =(x, x) U ₂ =(A, B)	不一致
{x/y}	{y/z}	U ₁ =(y, z) U ₂ =(x, y)	{x/y, x/z}
{f(z)/x}	{f(A)/x}	U ₁ =(x, x) U ₂ =(f(z), f(A))	{f(A)/x, A/z}
{x/y, x/z}	{A/z}	U ₁ =(y, z, z) U ₂ =(x, x, A)	{A/x, A/y, A/z}

65.归结反演存在的问题: 归结方法不自然, 效率低, 可能会丢失控制信息(蕴涵关系中)

66.正向演绎推理: V用连接符连接. F规则: L->W 其中L是单文字. 双箭头表示匹配, 推演箭头上面写规则序号. 如果一个解图中所涉及的置换是一致的, 则该解图称为一致解图. 也就是说白了, 解图里用到了如下置换{u₁...un}那么进行如下运算:u₁...un 将它们全部合一, 得到u, u 仍旧是解

- 67.正逆推理对比
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">事实表达式任意形规则形式: 单文字 → W目标公式为文字析取对事实、规则消存在量词, Skolem化用对偶形消目标的全称量词, Skolem化事实表达式与或树, “∨”对“与”, “∧”对应“或”从事实出发, 正向应用规则以目标为结束的一致解图 | <ul style="list-style-type: none">事实表达式是合取形规则形式: L → 单文字目标公式任意形对事实、规则消存在量词, Skolem化用对偶形消目标的全称量词, Skolem化目标公式的与或树, “∧”对“与”, “∨”对应“或”从目标出发, 逆向应用规则以事实为结束的一致解图 |
|---|--|

68.不确定性推理①原因:随机性,不精确性和模糊性②基本问

题:不确定性的表示&推理&度量②基础:概率理论、模糊理论和粗糙集理论④定义(思维过程):不确定性初始事实->运用知识->结论

69.Horn 子句是①包含若干个条件(前提)子句, 最多仅含一个结论子句的谓词子句.②是一类特殊的子句, 体现为下列三种形式:

①规则: 前项是正文字的合取, 后项是单个正文字②事实: 当前项为空时, 表示事实③目标: 当前项为空时, 表示目标

Horn 子句构成了 PROLOG 语言的基础.

70.在 PROLOG 中表示

- 规则: P_n :- P_{n1}, P_{n2}, ..., P_{nm} (后项:-前项) 含义: P_{n1} ∧ P_{n2} ∧ ... ∧ P_{nm} → P_n
- 事实: P_i :-; 目标: - P_{j1}, P_{j2}, ..., P_{jk}
- 采用回溯式搜索策略.
- PROLOG实际是一个基于规则的逆向系统.

71.贝叶斯公式

条件: A 互不相容, B 任意事件

$$P(A_i | B) = \frac{P(A_i)P(B | A_i)}{\sum_{j=1}^n P(A_j)P(B | A_j)} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

72.E 证据 H 结论, 后验概率 P (H|E)

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

真題

- 选项
- 1.在一般图搜索中,当目标出现的时候,算法可能仍然不结束,原因是(目标没有排在 open 表的第一个)
- 2.遗传算法评价的常用方法有:
- a) 当前最好法 b) 在线比较法 c) 离线比较法
- 3.在A*算法中为避免出现多次扩展同一个节点情况, 两种解决途径①对h 加以限制②对算法进行改进
- 4.极小极大算法是博弈树搜索的基本方法, 目前常用的 α-β 剪枝搜索方法也是从其发展而来。请从结果和效率两个方面对 α-β 剪枝法与极小极大算法进行比较。(二者结果相同, α-β 剪枝法的效率更高)。
- 5.子句是如下形式(L1 ∨ L2 ... ∨ Ln,每个 Li 是文字(原子或原子的非))的合式公式.
- 6.任一合式公式都可以转化成子句集, 这种转化不是(等价的), 但在可满足性上是等价的, 即原公式是(矛盾的), 转化后的子句(是矛盾的)。
- 7.语义元组是(由有向图表示的三元组(结点 1, 弧, 结点 2))。
- 8.邻域的定义(设 D 是问题的定义域, 若存在一个映射 N, 使得 N:S ∈ D → N(S) ∈ 2^D:则称 N(S)为 S 的邻域)。

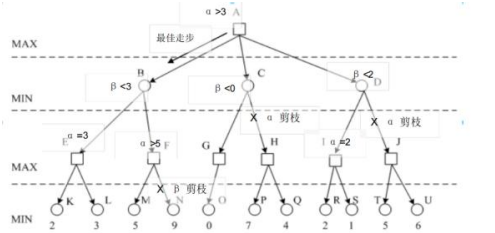
• 大题

1.二阶梵塔问题

规则顺序定义如下: 1—2, 1—3, 2—3, 2—1, 3—1, 3—2



2. α β



3.基于位置支配

首先随机产生一组位置。对于这些位置上的基因, 子代1从父代2中直接得到。子代1的其他位置的基因, 按照顺序从父代1中选取那些不相重的基因。子代2也类似处理。如:

父代1: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
父代2: 5 9 2 4 6 1 7 3 8
* * * *

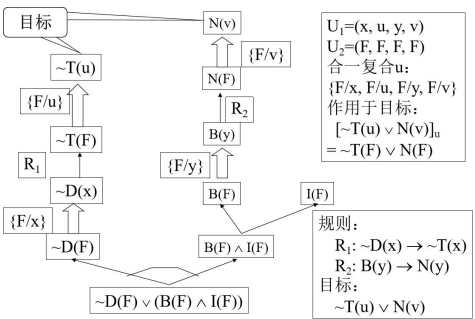
子代1: 1 9 2 4 6 5 7 3 8
子代2: 9 2 3 4 6 1 8 7

对于两个选定的父代染色体父代1和父代2, 随机产生两个位置。两个父代在这两个位置之间的基因产生对应, 然后用这种对应分别去替换两个父代的基因, 从而产生两个子代。

父代1: 1 2 6 4 3 8 1 5 7 9
父代2: 8 5 1 7 6 2 4 3 9

子代1: 1 8 4 7 6 2 5 3 9
子代2: 6 5 2 3 8 1 4 7 9

正向推理



★★★★化子句集★★★★

- 消蕴涵符
- 移动否定符(量词外的放里面, 括号外的消除)
- 变量标准化
- 量词左移 (保持前移到 M 的前部)

方法: (∃x)A(x) ∨ (∃x)B(x) => (∃x)A(x) ∨ (∃y)B(y)

合一复合u: {F/x, F/u, F/y, F/v}

作用于目标: [~T(u) ∨ N(v)]u = ~T(F) ∨ N(F)

规则: R1: ~D(x) → ~T(x), R2: B(y) → N(y), 目标: ~T(u) ∨ N(v)

5.消存在量词 (skolem 化)

原则: 对于一个受存在量词限定的变量, 如果它不受全称量词约束(左边没有全称量词限定的变量), 则该变量用一个常量代替, 如果它受全称量词约束, 则该变量用一个以全称量词限定的变量为因变量的函数代替。

∃x ∃y ∃w ~P(x) ∨ [~P(y) ∨ P(f(x, y))] ∧ [Q(x, w) ∧ ~P(w)] => ∃x ∃y ~P(x) ∨ [~P(y) ∨ P(f(a, y))] ∧ [Q(a, g(y)) ∧ ~P(g(y))]

- 化为合取范式即(avb) ∧ (cvd) ∧ (evf)的形式
 - 隐去全称量词
 - 表示为子句集: 以逗号替代所有的合取符号
 - 变量标准化 (变量换名) 不同的子句, 使用不同的变量
- ~P(a) ∨ ~P(y) ∨ P(f(a, y)), ~P(a) ∨ Q(a, g(y)), ~P(a) ∨ ~P(g(y))
- ~P(a) ∨ ~P(y₁) ∨ P(f(a, y₁)), ~P(a) ∨ Q(a, g(y₂)), ~P(a) ∨ ~P(g(y₃))