

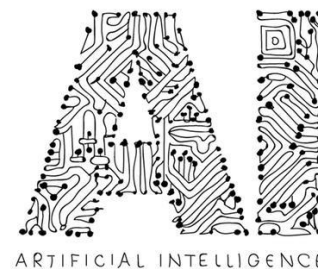


# 人工智能



沙瀛

信息学院  
2020.3





## 目录

## 主要内容

- 定理证明
- 问题求解

### 用归结原理进行定理证明

- 例1、任何通过历史考试并获得奖学金的人是快乐的。任何肯学习或幸运的人可以通过所有考试。John不学习但很幸运。任何人只要是幸运的就能获得奖学金。

求证：John是快乐的。

## 例子

- **第一步：定义谓词**
  - $\text{pass}(x,y)$  : X通过Y考试
  - $\text{win}(x,y)$  : X能赢得Y
  - $\text{study}(x)$  : X肯学习
  - $\text{lucky}(x)$  : X是很幸运的
  - $\text{happy}(x)$  : X是快乐的

## 例子

- 将前提和结论用谓词公式表示
  - F1:  $(\forall x)(\text{pass}(x, \text{history}) \wedge \text{win}(x, \text{grant}) \rightarrow \text{happy}(x))$
  - F2:  $(\forall x)(\forall y)(\text{study}(x) \vee \text{lucky}(x) \rightarrow \text{pass}(x, y))$
  - F3:  $\neg \text{study}(\text{John}) \wedge \text{lucky}(\text{John})$
  - F4:  $(\forall x)(\text{lucky}(x) \rightarrow \text{win}(x, \text{grant}))$
  - G:  $\text{Happy}(\text{John})$

## 例子

- 将F1~F4, G化为子句集

- $\neg \text{pass}(x, \text{history}) \vee \neg \text{win}(x, \text{grant}) \vee \text{happy}(x) \quad (1)$

- $\neg \text{study}(x) \vee \text{pass}(x, y) \quad (2)$

- $\neg \text{lucky}(x) \vee \text{pass}(x, y) \quad (3)$

- $\neg \text{study}(\text{John}) \quad (4)$

- $\text{Lucky}(\text{John}) \quad (5)$

- $\neg \text{lucky}(x) \vee \text{win}(x, \text{grant}) \quad (6)$

- $\neg \text{happy}(\text{John}) \quad (7)$

## 例子

- 对子句进行归结
- (8)  $\neg \text{pass}(x, \text{history}) \vee \neg \text{lucky}(x) \vee \text{happy}(x)$ 
  - 由(1)(6)归结
- (9)  $\neg \text{pass}(\text{John}, \text{history}) \vee \neg \text{lucky}(\text{Jon})$ 
  - 由(7)(8)归结  $\sigma = \{\text{John}/x\}$
- (10)  $\neg \text{pass}(\text{John}, \text{history})$ 
  - 由(5)(9)归结
- (11)  $\neg \text{lucky}(\text{John})$ 
  - 由(3)(10)归结  $\sigma = \{\text{John}/x, \text{history}/y\}$
- (12) Nil
  - 由(5)(11)归结

## 例子

例2、某公司招聘工作人员，有A、B、C三个人应试，经面试后公司说：

(1) 三人中至少录取一人

(2) 如果录取A且不录取B，则一定录取C

(3) 如果录取B，则一定录取C

试证：公司一定录取C。



## 例子

**证明：**

设 $P(x)$ 表示录取 $x$ ，则公司的想法可用谓词公式表示如下：

$$(1) P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(2) P(A) \wedge \neg P(B) \rightarrow P(C)$$

$$(3) P(B) \rightarrow P(C)$$

要求证 $P(C)$ ，其否定的谓词公式为：

$$(4) \neg P(C)$$

## 例子

- 上述公式的子句集如下：

$$(1) P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(2) \neg P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(3) \neg P(B) \vee P(C)$$

$$(4) \neg P(C)$$

## 例子

推理：

(5)  $P(B) \vee P(C)$       (1)与(2)归结

(6)  $P(C)$                       (3)与(5)归结

(7) NIL                              (4)与(6)归结

故有 $P(C)$ ，即公司一定录取C。

# 问题求解

- 求解步骤:
- 将已知条件用谓词公式表示, 且化为子句集  $S$
- 将所求问题用谓词公式  $P'$  表示, 引入一个谓词 ANSWER, 令:
  - $P = \neg P' \vee \text{ANSWER}$
  - ANSWER 的变元必须与  $P'$  中的变元相同。

## 例子

- 将P化为子句集并入S中，得到新子句集S'
- 对S'进行归结
- 若得到归结式ANSWER，则答案就在ANSWER中。

## 例子

- 例3、任何兄弟都有同一个父亲，John和Peter是兄弟，且John的父亲是David，问Peter的父亲是谁？

## 例子

- 定义谓词
  - **Father(x,y)**
  - **Brother(x,y)**
- 将事实用谓词表示
  - $(\forall x) (\forall y) (\forall z)(\text{Brother}(x,y) \wedge \text{Father}(z,x) \rightarrow \text{Father}(z,y))$
  - **Brother(John,Peter)**
  - **Father(David,John)**

## 例子

- 将其化成子句集
  - (1)  $\neg \text{Brother}(x,y) \vee \neg \text{Father}(z,x) \vee \text{Father}(z,y)$
  - (2)  $\text{Brother}(\text{John}, \text{Peter})$
  - (3)  $\text{Father}(\text{David}, \text{John})$
- 将问题用谓词公式表示，并与ANSWER做析取
- G: (4)  $\neg \text{Father}(u, \text{Peter}) \vee \text{ANSWER}(u)$



## 例子

- 用归结原理进行归结

┐ Brother(John,y)  $\vee$  Father(David,y) (5)

– (1)与(3)归结,  $\sigma=\{\text{David}/z, \text{John}/x\}$

┐ Brother(John,Peter)  $\vee$  ANSWER(David) (6)

– (4)与(5)归结,  $\sigma=\{\text{David}/u, \text{peter}/y\}$

ANSWER(David)

– (2)与(6)归结

## 例子

例4、老师发现窗户玻璃被打破了，询问A、B、C三个学生，他们都说不是自己打破的，老师问：你们谁在说慌？三个人的回答如下：

A说：B和C都在说谎

B说：A和C都在说谎

C说：A和B至少有一个是说谎者

老师调查后得知他们有的说的是真话，而有的在说假话，请问：究竟谁在说谎？

## 例子

- 解：
- 设用  $T(x)$  表示  $x$  说真话。
- 如果  $A$  说的是真话，则有：
  - $T(A) \rightarrow \neg T(B) \wedge \neg T(C)$
- 如果  $A$  说的是假话，则有：
  - $\neg T(A) \rightarrow T(B) \vee T(C)$

## 例子

- 同样根据B、C说的话，有：
  - $T(B) \rightarrow \neg T(A) \wedge \neg T(C)$
  - $\neg T(B) \rightarrow T(A) \vee T(C)$
  - $T(C) \rightarrow \neg T(A) \vee \neg T(B)$
  - $\neg T(C) \rightarrow T(A) \wedge T(B)$

## 例子

- 子句集S:

- (1)  $\neg T(A) \vee \neg T(B)$
- (2)  $\neg T(A) \vee \neg T(C)$
- (3)  $T(A) \vee T(B) \vee T(C)$
- (4)  $\neg T(B) \vee \neg T(C)$
- (5)  $\neg T(C) \vee \neg T(A) \vee \neg T(B)$
- (6)  $T(C) \vee T(A)$
- (7)  $T(C) \vee T(B)$

## 例子

求谁说假话，即求  $\neg T(x)$ 。得到问题求解子句  $T(x) \vee \text{ANSWER}(x)$ ，将其并入S中，有子句集S1

- $(8) T(x) \vee \text{ANSWER}(x)$

## 例子

- 归结：

- (9)  $\neg T(A) \vee T(C)$       由(1)和(7)归结

- (10)  $\neg T(A)$       由(2)和(9)归结

- (11) ANSWER(A)      由(8)和(10)归结

- $\sigma = \{A/x\}$

- 即A在说谎。

## 例子

- (12)  $\neg T(B) \vee T(C)$  由(1)和(6)归结
- (13)  $\neg T(B)$  由(4)和(12)归结
- (14) ANSWER(B) 由(8)和(13)归结
- 即B也在说谎。



## 例子

- 求谁说真话，即求 $T(x)$ ，得到问题求解子句  $\neg T(x) \vee \text{ANSWER}(x)$ ，将其并入 $S$ 中，有子句集 $S_2$
- (8)  $\neg T(x) \vee \text{ANSWER}(x)$

## 例子

- 归结：

- (9)  $\neg T(A) \vee T(C)$

由 (1) 和 (7) 归结

- (10)  $T(C)$

由 (6) 和 (9) 归结

- (11)  $ANSWER(C)$

由 (8) 和 (10) 归结

- 即C说真话。

## 课堂练习

- 1、设已知：
  - (1) 能阅读的人是识字的。
  - (2) 海豚不识字。
  - (3) 有些海豚是很聪明的。
- 求证：有些很聪明的人并不识字。

## 课堂练习

- 2、某人被盗，公安局派出所派出5个侦察员去调查。研究案情时，侦察员A说：“赵与钱中至少有一人作案”；侦察员B说：“钱与孙中至少有一人作案”；侦察员C说：“孙与李中至少有一个人作案”；侦察员D说：“赵与孙中至少有一人与此案无关”；侦察员E说：“钱与李中至少有一人与此案无关”；如果这5个侦察员的话都是可信的，试问谁是盗窃犯呢？

# 产生式系统简例

## 基于规则的动物识别系统(1/4)

### 例 一个用于动物识别的产生式系统

该系统可以识别老虎、金钱豹、斑马、长颈鹿、企鹅、信天翁这6种动物。  
其规则库包含如下15条规则：

- $r_1$  IF 动物有毛发 THEN 动物是哺乳动物
- $r_2$  IF 动物有奶 THEN 动物是哺乳动物
- $r_3$  IF 动物有羽毛 THEN 动物是鸟
- $r_4$  IF 动物会飞 AND 动物会下蛋 THEN 动物是鸟
- $r_5$  IF 动物吃肉 THEN 动物是食肉动物
- $r_6$  IF 动物有犬齿 AND 动物有爪 AND 该物眼盯前方  
THEN 动物是食肉动物
- $r_7$  IF 动物是哺乳动物 AND 动物有蹄 THEN 动物是有蹄类动物
- $r_8$  IF 动物是哺乳动物 AND 动物是嚼反刍动物 THEN 动物是有蹄类动物
- $r_9$  IF 动物是哺乳动物 AND 动物是食肉动物 AND 动物是黄褐色  
AND 动物身上有暗斑点 THEN 动物是金钱豹

# 产生式系统简例

## 基于规则的动物识别系统(2/4)

$r_{10}$  IF 动物是哺乳动物 AND 动物是食肉动物 AND 动物是黄褐色  
AND 动物身上有黑色条纹 THEN 动物是虎

$r_{11}$  IF 动物是有蹄类动物 AND 动物有长脖子 AND 动物有长腿  
AND 动物身上有暗斑点 THEN 动物是长颈鹿

$r_{12}$  IF 动物是有蹄类动物 AND 动物身上有黑色条纹 THEN 动物是斑马

$r_{13}$  IF 动物是鸟 AND 动物有长脖子 AND 动物有长腿  
AND 动物不会飞 AND 动物有黑白二色 THEN 动物是鸵鸟

$r_{14}$  IF 动物是鸟 AND 动物会游泳 AND 动物不会飞  
AND 动物有黑白二色 THEN 动物是企鹅

$r_{15}$  IF 动物是鸟 AND 动物善飞 THEN 动物是信天翁

其中,  $r_i(i=1,2,\dots,15)$ 是规则的编号

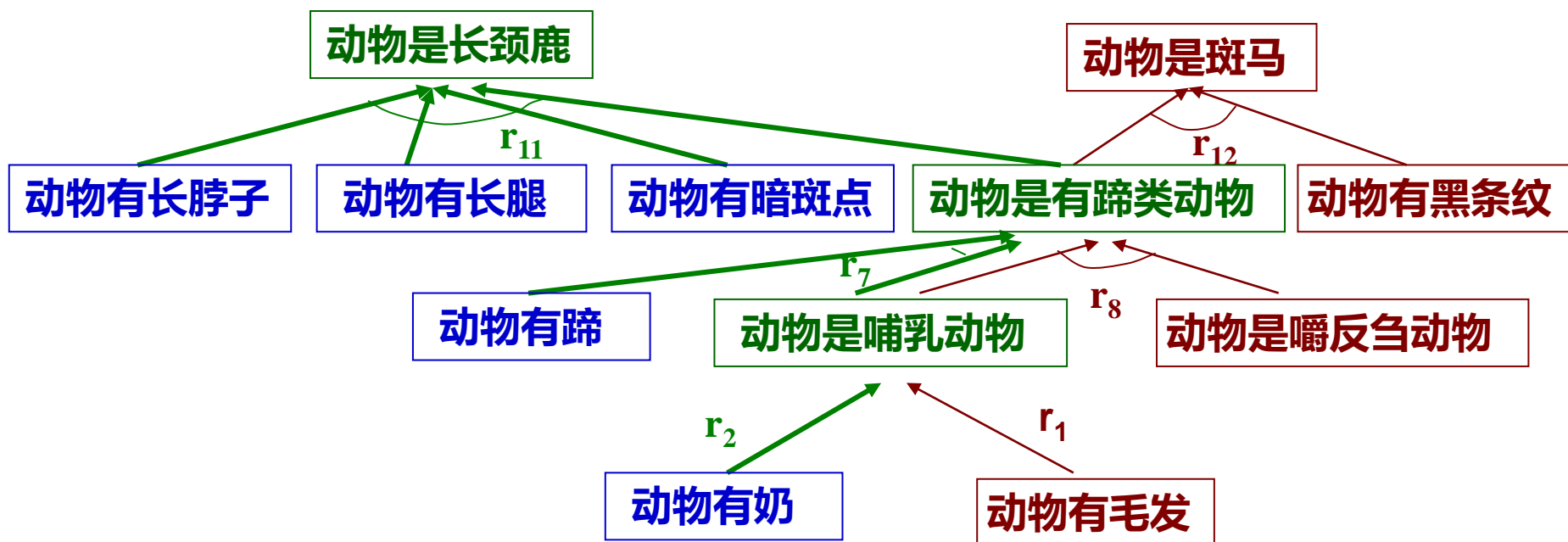
初始综合数据库包含的事实有:

动物有暗斑点, 动物有长脖子, 动物有长腿, 动物有奶, 动物有蹄

该例子的部分推理网络如下:

# 产生式系统简例

## 基于规则的动物识别系统(3/4)



图中最上层的结点称为“假设”或“结论”

中间结点称为“中间假设”；

终结点称为“证据”或“事实”；

推理过程如上图所示，推理过程为： $r_2 \rightarrow r_7 \rightarrow r_{11}$

推理的最终结论为：该动物是长颈鹿

# 产生式系统简例

## 基于规则的动物识别系统(4/4)

### 系统的推理过程

(1) 先从规则库中取出第一条规则 $r_1$ ，检查其前提是否可与综合数据库中的已知事实相匹配。 $r_1$ 的前提是“动物有毛发”，但事实库中无此事实，故匹配失败。然后取 $r_2$ ，该前提可与已知事实“动物有奶”相匹配， $r_2$ 被执行，并将其结论“动物是哺乳动物”作为新的事实加入到综合数据库中。此时，综合数据库的内容为：

动物有暗斑，动物有长脖子，动物有长腿，动物有奶，动物有蹄  
动物是哺乳动物

(2) 再从规则库中取 $r_3$ ， $r_4$ ， $r_5$ ， $r_6$ 进行匹配，均失败。接着取 $r_7$ ，该前提与已知事实“动物是哺乳动物”相匹配， $r_7$ 被执行，并将其结论“动物是有蹄类动物”作为新的事实加入到综合数据库中。此时，综合数据库的内容变为：

动物有暗斑，动物有长脖子，动物有长腿，动物有奶，动物有蹄  
动物是哺乳动物，动物是有蹄类动物

(3) 此后， $r_8$ ， $r_9$ ， $r_{10}$ 均匹配失败。接着取 $r_{11}$ ，该前提“动物是有蹄类动物 AND 动物有长脖子 AND 动物有长腿 AND 动物身上有暗斑”与已知事实相匹配， $r_{11}$ 被执行，并推出“动物是长颈鹿”。由于“长颈鹿”已是目标集合中的一个具体动物，即已推出最终结果，故问题求解过程结束。





本节结束，谢谢！

