

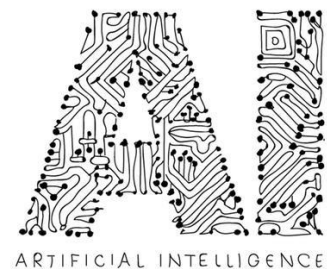


人工智能



沙瀛

信息学院
2020.2



确定性知识表示方法

2.2.1 谓词逻辑表示法

2.2.2 产生式表示法

1. 产生式表示的基本方法

2. 产生式表示简例

3. 产生式表示的特性

2.2.3 语义网络表示法

2.2.4 框架表示法

产生式表示法

- 1943年由美国数学家波斯特（post）提出
- 形式上很简单，但在一定意义上模仿了人类的思考过程（三段论）
- 60年代开始，成为专家系统的最基本结构
- 1972年，纽厄尔和西蒙在研究人类的认识模型中开发了基于规则的产生式系统
- 它已成为人工智能中应用最多的一种知识表示方法

1. 产生式表示的基本方法

事实的表示

事实的概念

事实是断言一个语言变量的值或断言多个语言变量之间关系的陈述句。

语言变量的值：例如，“雪是白的”

语言变量之间的关系：例如，“王峰热爱祖国”

事实的表示方法

(对象, 属性, 值)

例如, (snow, color, white) 或 (雪, 颜色, 白)。其中, 对象就是语言变量。

(关系, 对象1, 对象2)

例如, (love, Wang Feng, country) 或 (热爱, 王峰, 祖国)

1. 产生式表示的基本方法

规则的表达

产生式也叫产生式规则，或简称规则。

规则的基本形式

IF P THEN Q 或者 $P \rightarrow Q$

其中，P是前提，也称或前件，给出了该产生式可否使用的先决条件。Q是结论或操作，也称后件，给出当P满足时，应该推出的结论或执行的动作。

形式化描述

<规则> : : = <前提> \rightarrow <结论>

<前提> : : = <简单条件> | <复合条件>

<结论> : : = <事实> | <动作>

<复合条件> : : = <简单条件> And <简单条件> [(And <简单条件> ...)]
| <简单条件> Or <简单条件> [(OR<简单条件> ...)]

<动作> : : = <动作名> | [(<变元>, ...)]

2. 产生式表示简例

下面给出一个简化的动物识别例子（完整例子后面讨论），仅包括动物识别系统中的两条规则：

r_3 : IF 动物有羽毛 THEN 动物是鸟

r_{15} : IF 动物是鸟 AND 动物善飞 THEN 动物是信天翁

其中， r_3 和 r_{15} 是上述两条规则在动物识别系统中的规则编号，一般称为规则号。

r_3 :

前提条件是“动物有羽毛”

结论是“动物是鸟”

r_{15} :

前提条件是一个复合条件“动物是鸟 AND 动物善飞”，它是两个子条件的合取。

结论是“动物是信天翁”

3.产生式表示的特性

主要优点

自然性：采用“如果……，则……”的形式，人类的判断性知识基本一致。

模块性：规则是规则库中最基本的知识单元，各规则之间只能通过综合数据库发生联系，而不能相互调用，从而增加了规则的模块性。

有效性：产生式知识表示法既可以表示确定性知识，又可以表示不确定性知识，既有利于表示启发性知识，又有利于表示过程性知识。

主要缺点

效率较低：各规则之间的联系必须以综合数据库为媒介。并且，其求解过程是一种反复进行的“匹配—冲突消解—执行”过程。这样的执行方式将导致执行的低效率。

不便于表示结构性知识：由于产生式表示中的知识具有一致格式，且规则之间不能相互调用，因此那种具有结构关系或层次关系的知识则很难以自然的方式来表示。

2.2 确定性知识表示方法

2.2.1 谓词逻辑表示法

2.2.2 产生式表示法

2.2.3 语义网络表示法

1. 语义网络概述
2. 事物和概念的表示
3. 情况和动作的表示
4. 语义网络的基本推理过程
5. 语义网络表示的特征

2.2.4 框架表示法

语义网络

- 语义网络是奎利恩于**1968**年提出的一种心理学模型，后用于知识表示。
- **1972**年，西蒙在自然语言理解系统中采用了语义网络表示法；
- **1975**年，亨德里克斯对全称量词的表示提出了语义网络分区技术

1.语义网络概述

概念

语义网络是一种用实体及其语义关系来表达知识的有向图。

结点：代表实体，表示事物、概念、情况、属性、状态、事件、动作等

弧：代表语义关系，表示所连两个实体之间的语义联系，必须带有标识

语义基元

语义网络中最基本的语义单元称为语义基元，可用
三元组表示为：

(结点1, 弧, 结点2)



图：基本网元结构

基本网元

指一个语义基元对应的有向图，是语义网络中最基本的结构单元

例如：语义基元 (A, R, B) 所对应的基本网元，如上图。

例2.6 用语义基元表示“鸵鸟是一种鸟”这一事实。

解：如右图。



图：鸵鸟的基本网元

说明：弧的方向不可随意调换。

1.语义网络概述

基本语义关系(1/3)

实例关系: ISA

体现的是“**具体与抽象**”的概念, 含义为“是一个”, 表示一件事物是另一件事物的一个实例。例“李刚是一个人”, 如图。



图: 实例关系

分类关系: AKO

也称泛化关系, 体现的是“**子类与超类**”的概念, 含义为“是一种”, 表示一个事物是另一个事物的一种类型。例“机器人是一种机器”, 如图。



图: 分类关系

成员关系: A-Member-of

体现的是“**个体与集体**”的关系, 含义为“是一员”, 表示一个事物是另一个事物的一个成员。例“张强是共青团员”, 如图。



图: 成员关系

上述关系的主要特征

属性的继承性, 即处在具体层的结点可以继承抽象层结点的所有属性。

1. 语义网络概述

基本语义关系(2/3)

属性关系

指事物和其属性之间的关系。常用的有：

Have: 含义为“有”，表示一个结点具有另一个结点所描述的属性

Can: 含义为“能”、“会”，表示一个结点能做另一个结点的事情

例如：“鸟有翅膀”，如图



图：属性关系

包含关系（聚类关系）

指具有组织或结构特征的“部分与整体”之间的关系。常用的包含关系是：

Part-of: 含义为“是一部分”，表示一个事物是另一个事物的一部分。

例如，“大脑是人体的一部分”，如图

再如，“黑板是墙体的一部分”，如图

聚类关系与实例、分类、成员关系的主要区别

聚类关系一般不具备属性的继承性。

如上例，大脑不一定具有人的各种属性

黑板也不具有墙的各种属性。



图：包含关系一



图：包含关系二

1. 语义网络概述

基本语义关系(3/3)

时间关系

指不同事件在其发生时间方面的先后次序关系。

常用的时间关系有：

Before: 含义为“在前”

After: 含义为“在后”

如：“机器人Master在机器人Alphago之后”，
如图



图：时间关系

位置关系

指不同事物在位置方面的关系。常用的有：

Located-on: 含义为“在...上面”

Located-under: 含义为“在...下面”

Located-at: 含义为“在...”

如，“书在桌子上”，如图



图：位置关系

相近关系

指不同事物在形状、内容等方面相似或接近。

常用的相近关系有：

Similar-to: 含义为“相似”

Near-to: 含义为“接近”

如，“猫似虎”，如图



图：相似关系

2. 事物和概念的表示

用语义网络表示一元关系

一元关系是指可以用一元谓词 $P(x)$ 表示的关系。谓词 P 说明实体的性质、属性等。

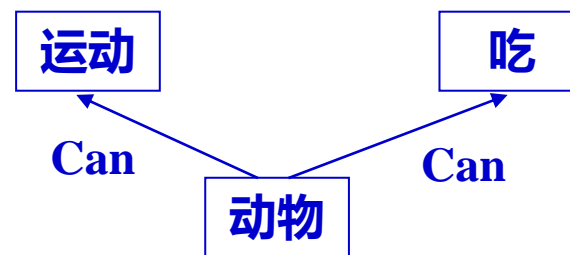
常用：“是”、“有”、“会”、“能”等语义关系来说明。如，“雪是白的”。

一元关系的描述

一个一元关系就是一个语义基元，可用一个基本网元来表示。其中，结点1表示实体，结点2表示实体的性质或属性等，弧表示语义关系。

如前，“李刚是一个人”为一元关系，其语义网络如前所示。

例2.7 用语义网络表示“动物能运动、会吃”。



图：动物的属性

2. 事物和概念的表达

用于语义网络表示二元关系(1/3)

二元关系是指可用二元谓词 $P(x,y)$ 表示的关系。其中， x,y 为实体， P 为实体之间的关系。

单个二元关系可直接用一个基本网元来表示。

复杂关系，可通过一些相对独立的二元或一元关系的组合来实现。

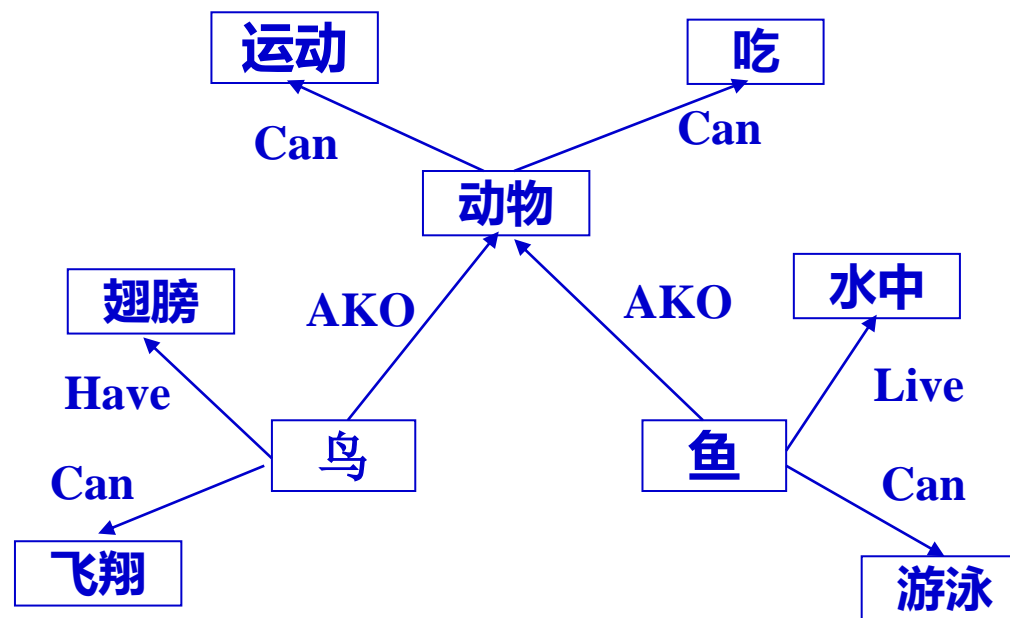
例2.8 用语义网络表示：

动物能运动、会吃。

鸟是一种动物，鸟有翅膀、会飞。

鱼是一种动物，鱼生活在水中、会游泳。

解：其语义网络表示如图所示



图：动物分类的语义网络

2. 事物和概念的表达

用语义网络表示二元关系(2/3)

例2.9 用语义网络表示:

王强是理想公司的经理;

理想公司在中关村;

王强28岁。

解: 其表示如下图所示



图： 经理王强的语义网络

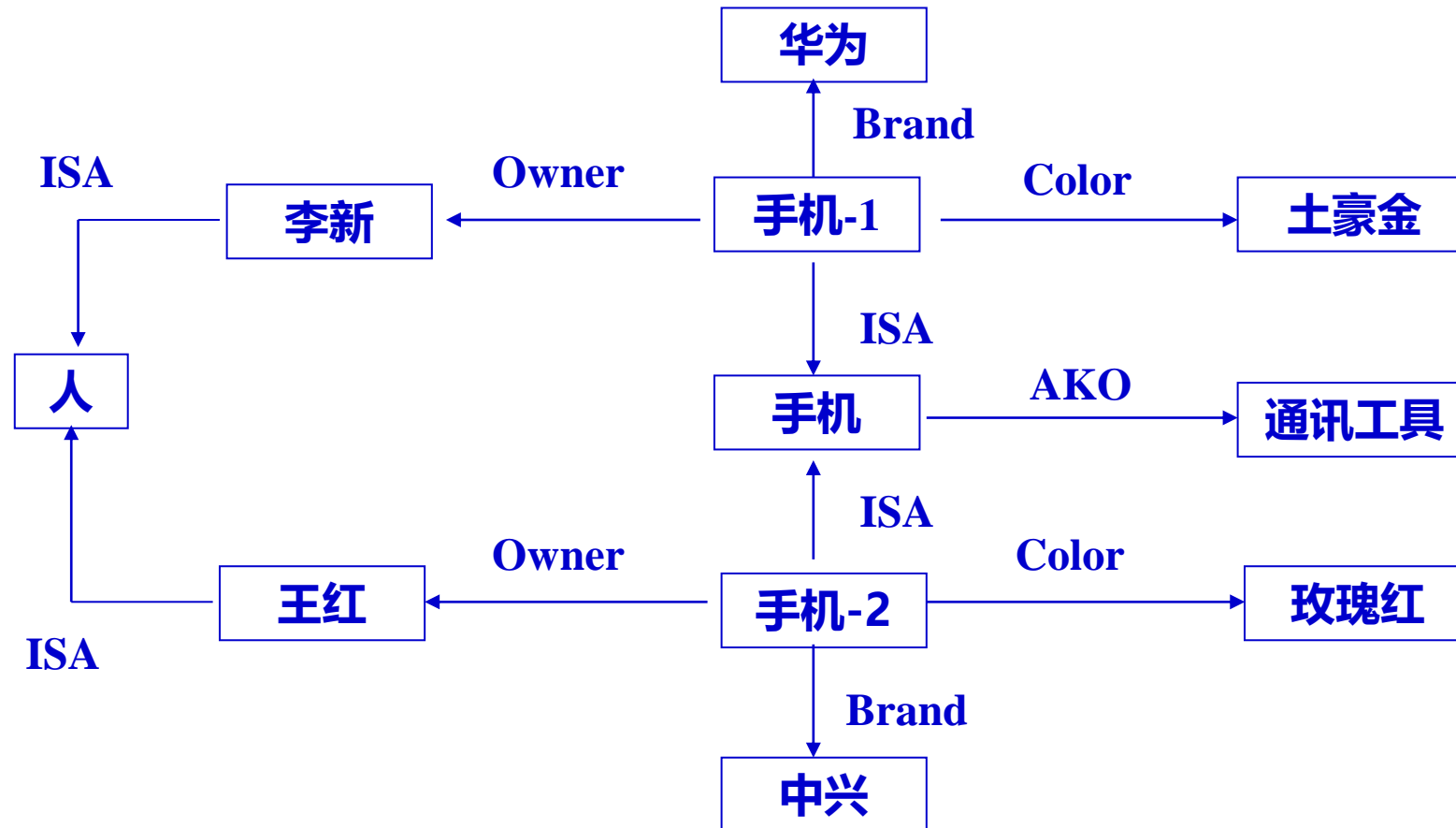
2. 事物和概念的表达

用语义网络表示二元关系(3/3)

例2.10：李新的手机牌子是“华为”、土豪金色。

王红的手机牌子是“中兴”、玫瑰红色。

解：李新和王红的手机均属于具体概念,可增加“手机”这个抽象概念。



2. 事物和概念的表示

用语义网络表示多元关系

多元关系

是指可用多元谓词 $P(x_1, x_2, \dots)$ 表示的关系。其中，个体 x_1, x_2, \dots 为实体，谓词 P 说明这些实体之间的关系。

多元关系的表示法

用语义网络表示多元关系时，可把它转化为一个或多个二元关系的组合，然后再利用下一节讨论的合取关系的表示方法，把这种多元关系表示出来。

3.情况和动作的表示

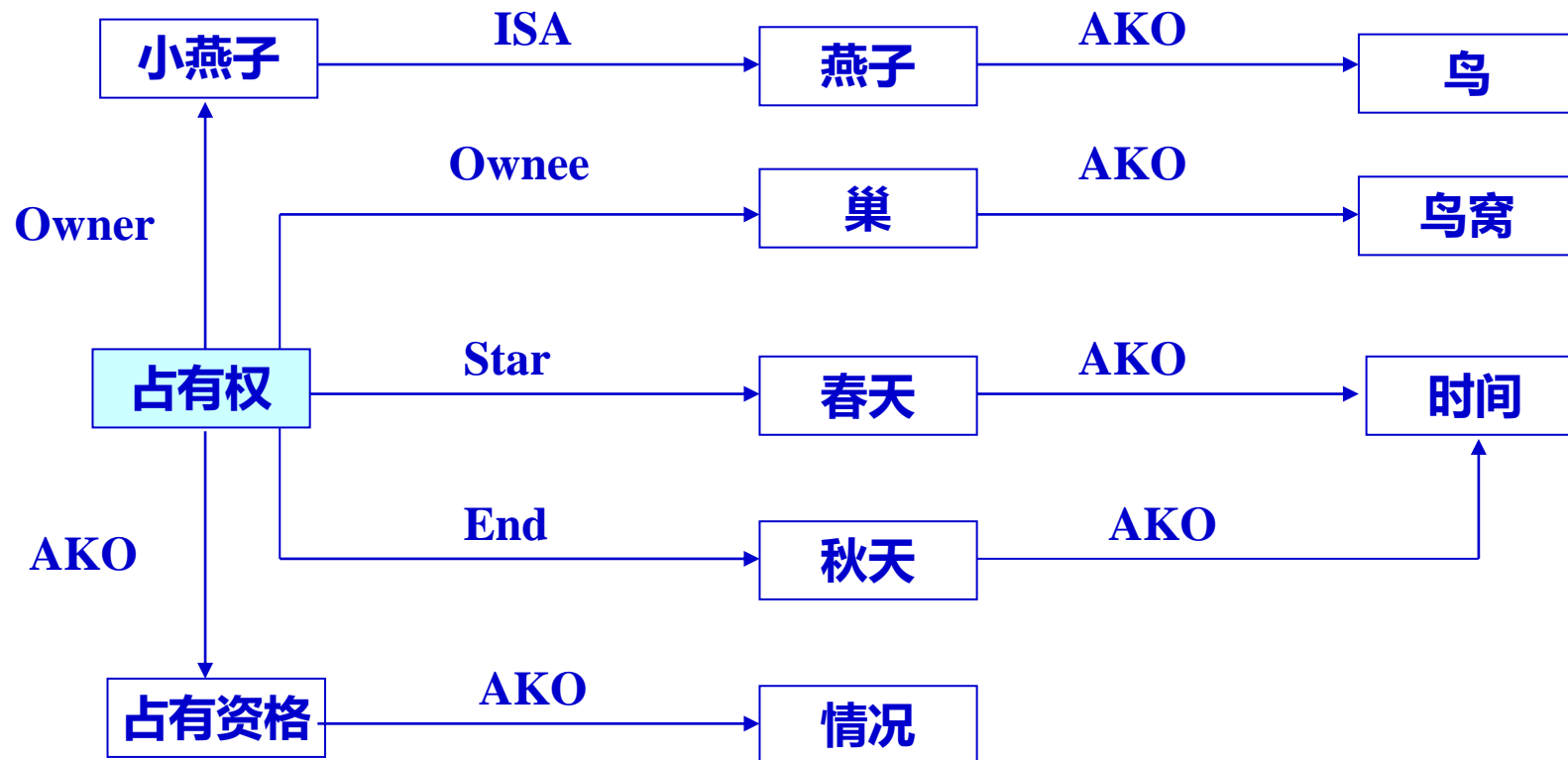
情况的表示(1/2)

表示方法：西蒙提出了增加情况和动作结点的描述方法。

例2.11：用语义网络表示：

“小燕子这只燕子从春天到秋天占有一个巢”

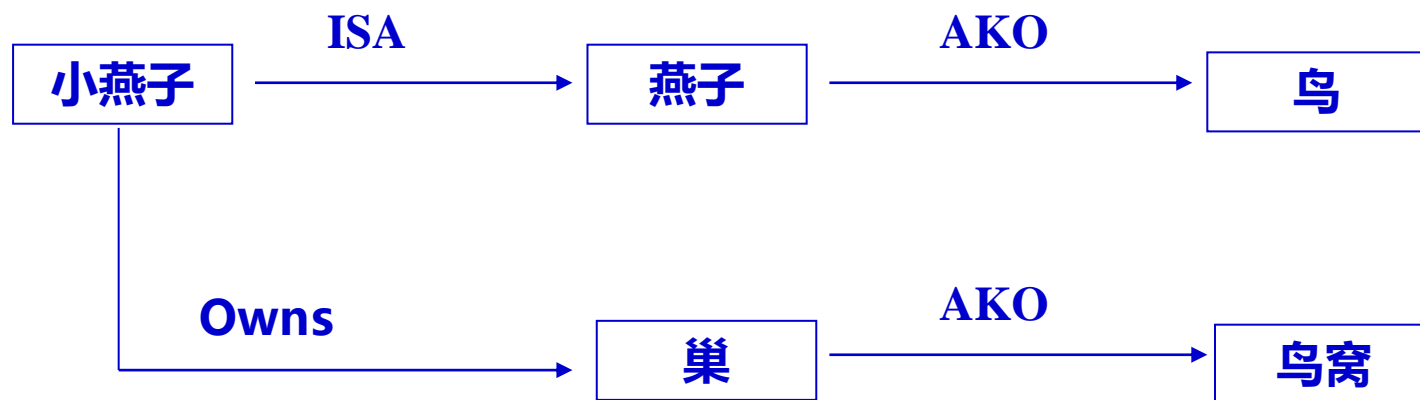
解：需要设立一个占有权结点，表示占有物和占有时间等。



3. 情况和动作的表示

情况的表示(2/2)

对上述问题，也可以把占有作为一种关系，并用一条弧来表示，但在这种表示方法下，占有关系就无法表示了



3.情况 and 动作的表示

事件和动作的表示

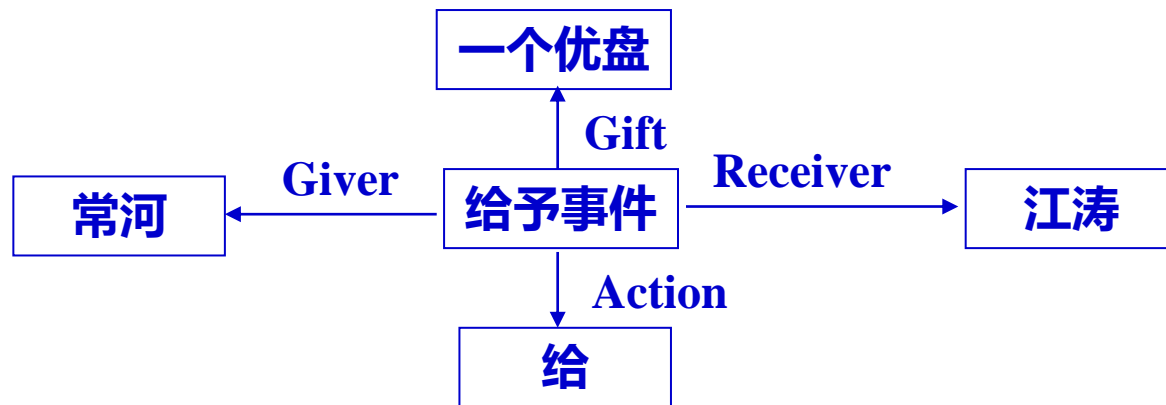
用这种方法表示事件或动作时，需要设立一个事件节点或动作节点。其中，事件节点由一些向外引出的弧来指出事件行为及发出者与接受者。动作节点由一些向外引出的弧来指出动作的主体与客体。

例2.13 用于语义网络表示：

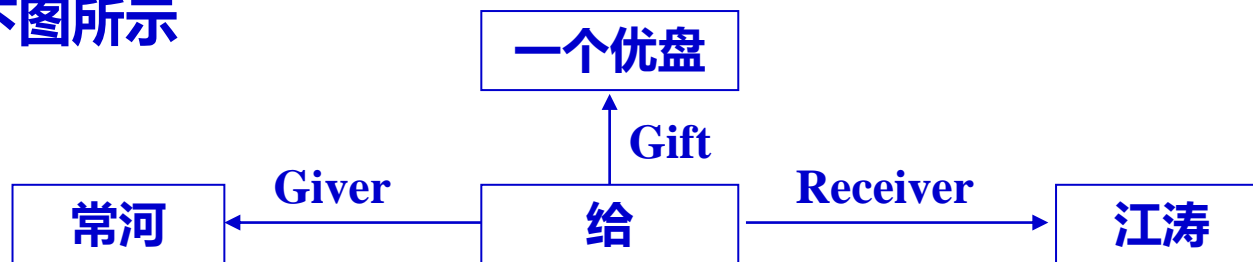
“常河给江涛一个优盘”

解：用事件节点表示如右图所示。

用动作节点表示如下图所示



例2.13图1 带有事件节点的语义网络



例2.13图2 带有动作节点的语义网络

4.语义网络的基本推理过程

继承

用语义网络表示知识的问题求解系统主要由两大部分所组成，一部分是由语义网络构成的知识库，另一部分是用于问题求解的推理机构。语义网络的推理过程主要有两种，一种是**继承**，另一种是**匹配**。

继承的概念

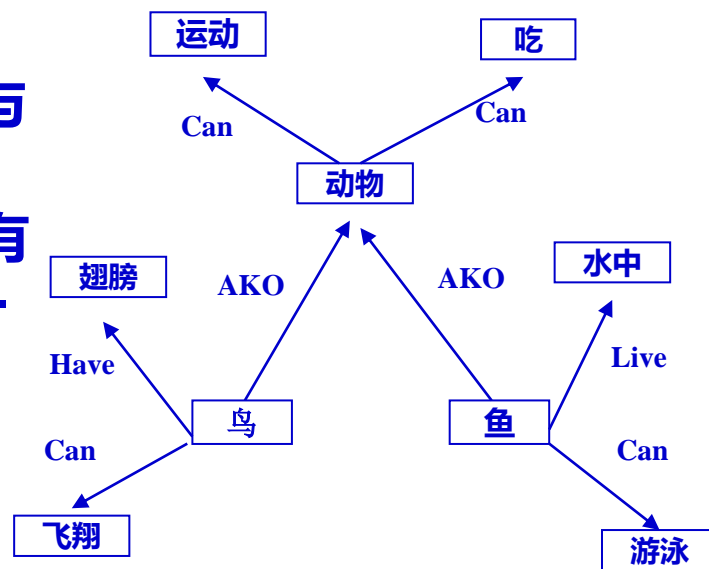
是指把对事物的描述从抽象结点传递到实例结点。通过继承可以得到所需结点的一些属性值，它通常是沿着ISA、AKO等继承弧进行的。

继承的一般过程

- (1) 建立一个结点表，用来存放待求解结点和所有以ISA、AKO等继承弧与此结点相连的那些结点。初始情况下，表中只有待求解结点。
- (2) 检查表中的第一个结点是否有继承弧。如果有，就把该弧所指的所有结点放入结点表的末尾，记录这些结点的所有属性，并从结点表中删除第一个结点。如果没有继承弧，仅从结点表中删除第一个结点。
- (3) 重复(2)，直到结点表为空。此时，记录下来的所有属性都是待求解结点继承来的属性。

继承的例子

在图2-17所示的语义网络中，通过继承关系可以得到“鸟”具有“会吃”、“能运动”的属性



图：动物分类的语义网络

4.语义网络的基本推理过程

匹配

匹配是指在知识库的语义网络中寻找与待求解问题相符的语义网络模式。

匹配的过程

- (1) 根据待求解问题的要求构造一个网络片断，该网络片断中有些结点或弧的标识是空的，称为询问处，它反映的是待求解的问题。
- (2) 根据该语义片断到知识库中去寻找所需要的信息。
- (3) 当待求解问题的网络片断与知识库中的某语义网络片断相匹配时，则与询问处相匹配的事实就是问题的解。

匹配的例子

例2.13：假设图2.18的语义网络已在知识库中，问王强在哪个公司工作？

解：根据这个问题的要求，可构造如如下语义网络片断。



图：经理王强的语义网络

当用该语义网络片断与图2-18所示的语义网络进行匹配时，由“Work-for”弧所指的结点可知，职员王强工作在“理想公司”，这就得到了问题的答案。若还想知道职员王强的其它情况，则可在语义网络中增加相应的空结点。

5. 语义网络表示的特征

主要优点:

结构性 把事物的属性以及事物间的各种语义联系显式地表示出来，是一种结构化的知识表示方法。在这种方法中，下层结点可以继承、新增、变异上层结点的属性。

联想性 本来是作为人类联想记忆模型提出来的，它着重强调事物间的语义联系，体现了人类的联想思维过程。

自然性 语义网络可以比较直观把知识表示出来，符合人们表达事物间关系的习惯。

主要缺点:

非严格性 没有象谓词那样严格的形式表示体系，一个给定语义网络的含义完全依赖于处理程序对它所进行的解释，通过语义网络所实现的推理不能保证其正确性。

复杂性 语义网络表示知识的手段是多种多样的，这虽然对其表示带来了灵活性，但同时也由于表示形式的不一致，使得它的处理增加了复杂性。

2.2 确定性知识表示方法

2.2.1 谓词逻辑表示法

2.2.2 产生式表示法

2.2.3 语义网络表示法

2.2.4 框架表示法

1. 框架理论
2. 框架结构和框架表示
3. 框架系统
4. 框架表示的特征

1. 框架理论

框架理论是明斯基于1975年作为理解视觉、自然语言对话及其它复杂行为的一种基础提出来的。

它认为人们对现实世界中各种事物的认识都是以一种类似于框架的结构存储在记忆中的，当遇到一个新事物时，就从记忆中找出一个合适的框架，并根据新的情况对其细节加以修改、补充，从而形成对这个新事物的认识。例如，对饭店、教室等的认识。

框架：是人们认识事物的一种通用的数据结构形式。即当新情况发生时，人们只要把新的数据加入到该通用数据结构中便可形成一个具体的实体(类)，这样的通用数据结构就称为框架。

实例框架：对于一个框架，当人们把观察或认识到的具体细节填入后，就得到了该框架的一个具体实例，框架的这种具体实例被称为实例框架。

框架系统：在框架理论中，框架是知识的基本单位，把一组有关的框架连结起来便可形成一个框架系统。

框架系统推理：由框架之间的协调来完成。

2. 框架结构和框架表示

框架的基本结构(1/2)

<框架名>

槽名1:	侧面名 1_1	值 1_{11} , 值 1_{12} , ...
	侧面名 1_2	值 1_{21} , 值 1_{22} , ...
	:	
槽名2:	侧面名 2_1	值 2_{11} , 值 2_{12} , ...
	侧面名 2_2	值 2_{21} , 值 2_{22} , ...
	:	
:		
:		
槽名n:	侧面名 n_1	值 n_{11} , 值 n_{12} , ...
	侧面名 n_2	值 n_{21} , 值 n_{22} , ...
	:	
	侧面名 n_m	值 n_{m1} , 值 n_{m2} , ...

2.5.2 框架结构和框架表示

框架的基本结构(2/2)

- **例2.14 一个直接描述硕士生有关情况的框架**
- **Frame <MASTER>** \\框架名
- **Name: Unit (Last-name, First-name)** \\姓名
- **Sex: Area (male, female)** \\性别
- **Default: male** \\缺省值
- **Age: Unit (Years)** \\年龄
- **Major: Unit (Major)** \\专业
- **Field: Unit (Field)** \\方向
- **Advisor: Unit (Last-name, First-name)** \\导师
- **Project : Area (National, Provincial, Other)** \\科研项目
- **Default: National**
- **Paper: Area (SCI, EI, Core, General)** \\论文
- **Default: Core**
- **Address: < S-Address>** \\住址
- **Telephone: Home Unit (Number)** \\电话
- **Mobile Unit (Number)**

2. 框架结构和框架表示

框架表示(1/2)

当知识结构比较复杂时，往往需要用多个相互联系的框架来表示。例如，对前面例2.14的硕士生框架“MASTER”可分为：

“Student”框架，描述所有学生的共性，上层框架

“Master”框架，描述硕士生的个性，子框架，继承“Student”框架的属性
学生框架

Frame <Student>

Name: Unit (Last-name, First-name)

Sex: Area (male, female)

Default: male

//缺省

Age: Unit (Years)

Address: < S-Address>

Telephone: Home Unit (Number)

Mobile Unit (Number)

在上述框架中，侧面Default是提供缺省值，当其所在槽没有填入槽值时，系统以此侧面值作为该槽的默认值。例如Area槽，其默认值为male。²⁹

2. 框架结构和框架表示

框架表示(2/2)

硕士生框架

Frame <Master>

AKO: <Student> //预定义槽名

Major: Unit (Major) //专业

Field: Unit (Direction-Name) //方向

Advisor: Unit (Last-name, First-name) //导师

Project: Area (National, Provincial, Other) //项目

Default: National //缺省

Paper: Area (SCI, EI, Core, General) //论文

Default: Core //缺省

这里用到了一个系统预定义槽名AKO，其含义为“是一种”。

AKO作为下层框架的槽名时，其槽值为上层框架的框架名
由AKO所联系的框架之间具有属性的继承关系。

2. 框架结构和框架表示

实例框架

例如，有杨叶和柳青2个硕士生，将他们的情况分别添入Master，会可得到：
硕士生-1框架：

Frame <Master-1>

ISA: <Master>

//是一个

Name: Yang Ye

Sex: female

Major: Computer

Field: Web-Intelligence

//方向 Web智能

Advisor: Lin Hai

//导师 林海

Project: Provincial

//项目 省部级

硕士生-2框架：

Frame <Master-2>

ISA: <Master>

Name: Liu Qing

Age: 22

Major: Computer

//专业 计算机

Advisor: Lin Hai

Paper: EI

//论文 EI收录

其中用到了系统预定以槽名ISA，即Master-1和Master-2是2个具体的Master。

3. 框架系统

框架之间的联系

框架系统由框架之间的横向或纵向联系构成。

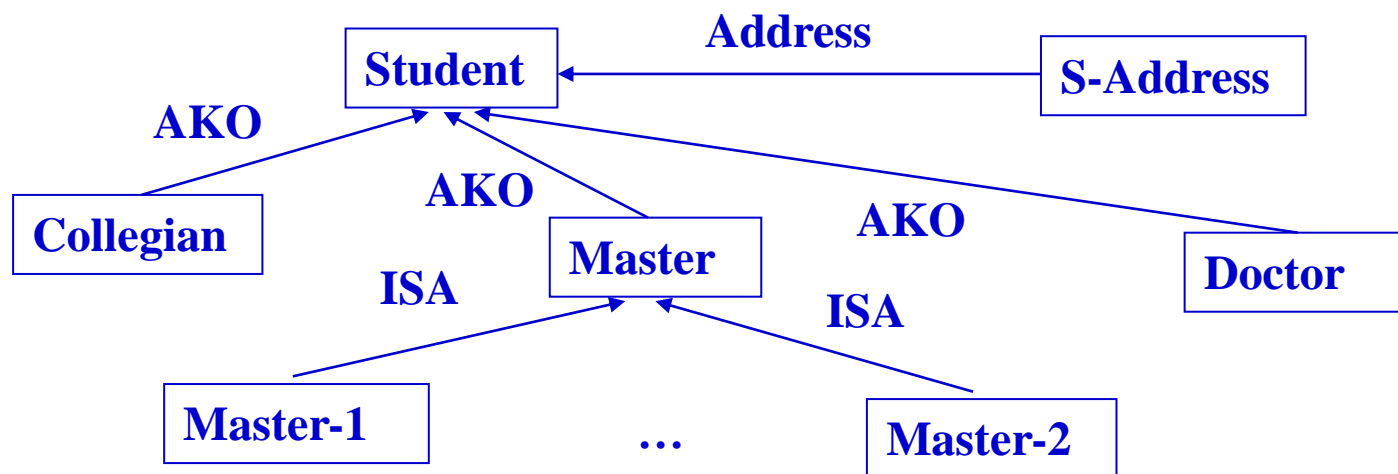
纵向联系

是指那种具有继承关系的上下层框架之间的联系。如下图，学生可按照接受教育的层次分为本生、硕和博。每类学生又可按照所学专业的不同划分。

纵向联系通过预定以槽名AKO和ISA等来实现。

横向联系

是指那种以另外一个框架名作为一个槽的槽值或侧面值所建立起来的框架之间的联系。如下图中Student框架与S-Addre框架之间就是一种横向联系。



3. 框架表示的特性

框架表示法的优点

结构性：最突出特点是善于表示结构性知识，它能够把知识的内部结构关系以及知识间的特殊联系表示出来。

深层性：框架表示法不仅可以从多个方面、多重属性表示知识，因此能用来表达事物间复杂的深层联系。

继承性：在框架系统中，下层框架可以继承上层框架的槽值，这样既减少知识冗余，又较好地保证了知识的一致性。

自然性：框架能把与某个实体或实体集相关特性都集中在一起，从而高度模拟了人脑对实体多方面、多层次的存储结构，直观自然，易于理解。

框架表示法的不足

缺乏框架的形式理论：至今，还没有建立框架的形式理论，其推理和一致性检查机制并非基于良好定义的语义。

缺乏过程性知识表示：框架系统不便于表示过程性知识，缺乏如何使用框架中知识的描述能力。

清晰性难以保证：由于各框架本身的数据结构不一定相同，从而框架系统的清晰性很难保证。

第2章 确定性知识系统

2.1 确定性知识系统概述

2.2 确定性知识表示方法

2.3 确定性知识推理方法

2.4 确定性知识系统简介

2.3 确定性知识推理方法

智能系统的推理过程实际上就是一种思维过程。本章重点讨论确定性推理，不确定性推理放到第3章。

2.3.1 产生式推理

1. 产生式推理的基本结构
2. 产生式的正向推理
3. 产生式的逆向推理
4. 产生式的混合推理

2.3.2 自然演绎推理

2.3.3 归结演绎推理

1. 产生式推理的基本结构

综合数据库、规则库

综合数据库DB(Data Base)

(1) 存放推理过程的各种当前信息。如：

问题的初始状态

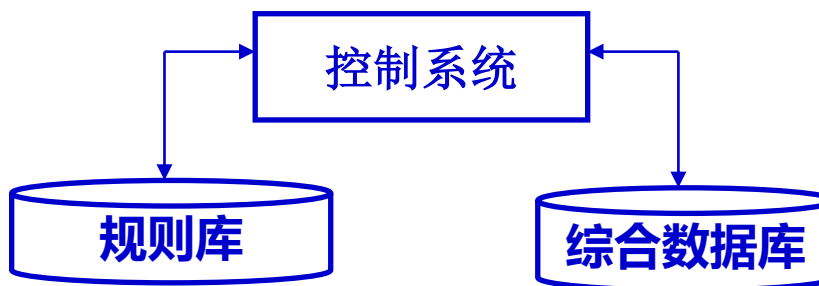
输入的事实

中间结论及最终结论

(2) 作为推理过程选择可用规则的依据。

推理过程中某条规则是否可用，是通过该规则的前提与DB中的已知事实的匹配来确定的。

可匹配的规则称为可用规则。利用可用规则进行推理，将会得到一个结论。该结论若不是目标，将作为新的事实放入DB，成为以后推理的已知事实。



规则库RB(Rule Base)

也称知识库KB(Knowledge Base)

(1) 作用

用于存放推理所需要的所有规则，是整个产生式系统的知识集。

是产生式系统能够进行推理的根本。

(2) 要求

知识的完整性、一致性、准确性、灵活性和可组织性

1. 产生式系统的基本结构

控制系统

控制系统(Control system)

控制系统的主要作用

亦称推理机，用于控制整个产生式系统的运行，决定问题求解过程的推理线路。

控制系统的主要任务

选择匹配：按一定策略从规则库中选择规则与综合数据库中的已知事实进行匹配。匹配是指把所选规则的前提与综合数据库中的已知事实进行比较，若事实库中存的事实与所选规则前提一致，则称匹配成功，该规则为可用；否则，称匹配失败，该规则不可用。

冲突消解：对匹配成功的规则，按照某种策略从中选出一条规则执行。

执行操作：对所执行的规则，若其后件为一个或多个结论，则把这些结论加入综合数据库；若其后件为一个或多个操作时，执行这些操作。

终止推理：检查综合数据库中是否包含有目标，若有，则停止推理。

路径解释：在问题求解过程中，记住应用过的规则序列，以便最终能够给出问题的解的路径。

2. 产生式的正向推理

推理算法

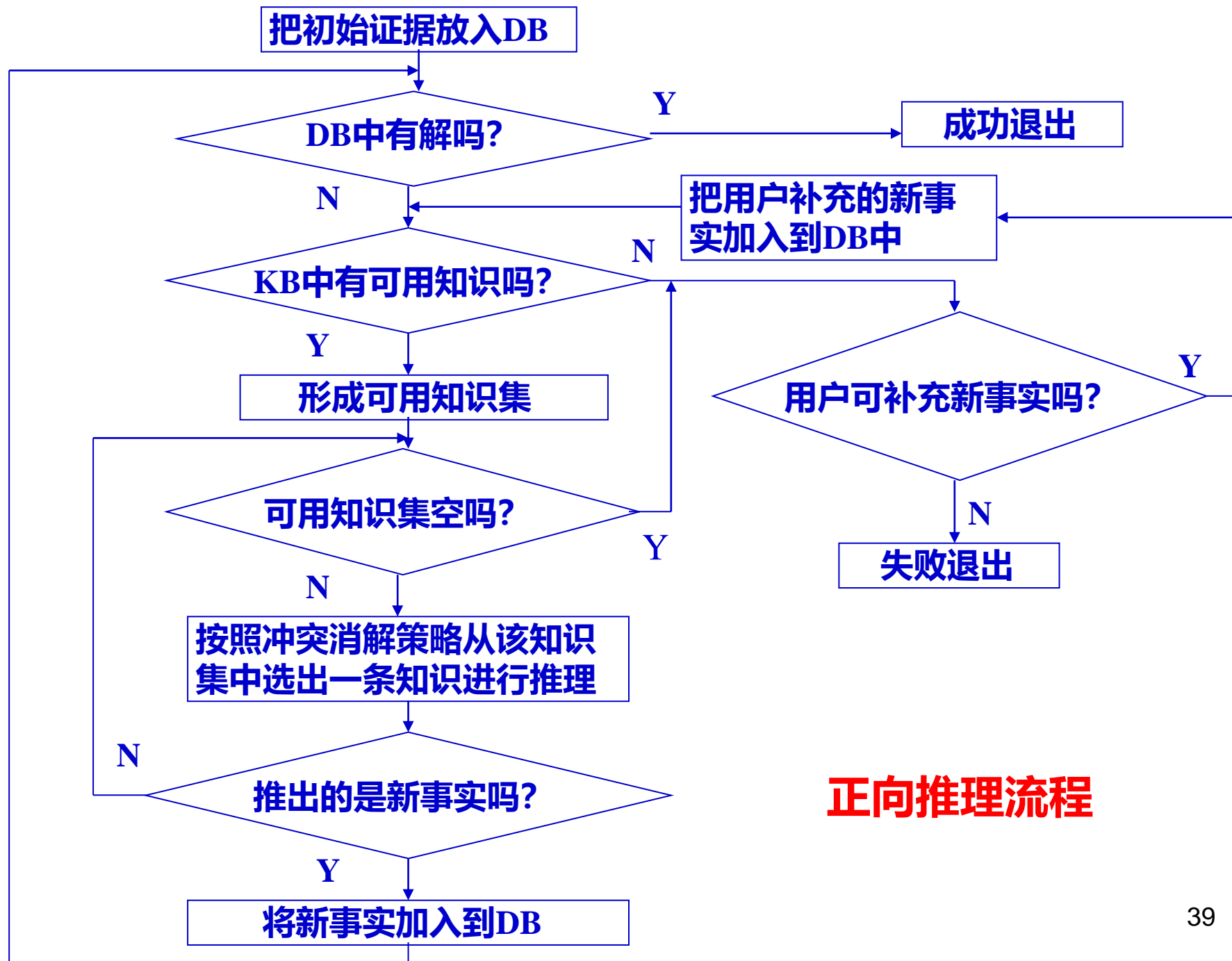
从已知事实出发、正向使用规则，也称为数据驱动推理或前向链推理。

算法描述

- (1) 把用户提供的初始证据放入综合数据库；
- (2) 检查综合数据库中是否包含了问题的解，若已包含，则求解结束，并成功推出；否则执行下一步；
- (3) 检查知识库中是否有可用知识，若有，形成当前可用知识集，执行下一步；否则转(5)。
- (4) 按照某种冲突消解策略，从当前可用知识集中选出一条规则进行推理，并将推出的新事实加入综合数据库种，然后转(2)。
- (5) 询问用户是否可以进一步补充新的事实，若可补充，则将补充的新事实加入综合数据库中，然后转(3)；否则表示无解，失败退出。

至于如何根据综合数据库中的事实到知识库中选取可用知识，当知识库中有多条知识可用时应该先使用那一条知识等。这些问题涉及到了知识的匹配方法和冲突消解策略，以后将会分别讨论。

其流程图如下：



2. 产生式的正向推理

推理的例子(1/2)

例2.15请用正向推理完成以下问题的求解

假设知识库中包含有以下2条规则：

r_1 : IF B THEN C

r_2 : IF A THEN B

已知初始证据A，求证目标C。

解：推理过程如下：

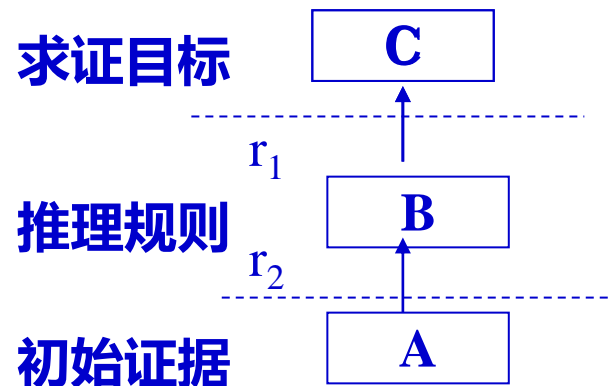
推理开始前，综合数据库为空。

推理开始后，先把A放入综合数据库，然后检查综合数据库中是否含有该问题的解，回答为“N”。

接着检查知识库中是否有可用知识，显然 r_2 可用，形成仅含 r_2 的知识集。从该知识集中取出 r_2 ，推出新的实事B，将B加入综合数据库，检查综合数据库中是否含有目标C，回答为“N”。

再检查知识库中是否有可用知识，此时由于B的加入使得 r_1 为可用，形成仅含 r_1 的知识集。从该知识集中取出 r_1 ，推出新的实事C，将C加入综合数据库，检查综合数据库中是否含有目标C，回答为“Y”。

它说明综合数据库中已经含有问题的解，推理成功结束，目标C得证。



2. 产生式的正向推理

推理的例子(2/2)

简化的动物识别例子，仅包括其中的 r_3 和 r_{15} ，完整例子后面讨论。

例2.16 设有以下两条规则

r_3 : IF 动物有羽毛 THEN 动物是鸟

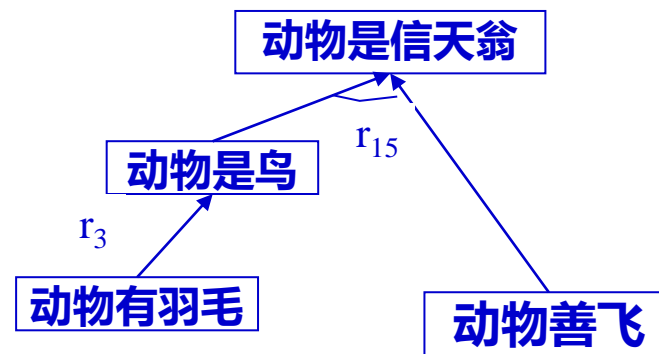
r_{15} : IF 动物是鸟 AND 动物善飞 THEN 动物是信天翁

其中， r_3 和 r_{15} 是上述两条规则在动物识别系统中的规则编号。假设已知有以下事实：

动物有羽毛，动物善飞

求满足以上事实的动物是何种动物。

解：由于已知事实“动物有羽毛”，即 r_3 的前提条件满足，因此 r_3 可用，承认的 r_3 结论，即推出新的事实“动物是鸟”。此时， r_{15} 的两个前提条件均满足，即 r_{15} 的前提条件满足，因此 r_{15} 可用，承认的 r_{15} 结论，即推出新的事实“动物是信天翁”。



例2.16的推理过程

3. 产生式的逆向推理

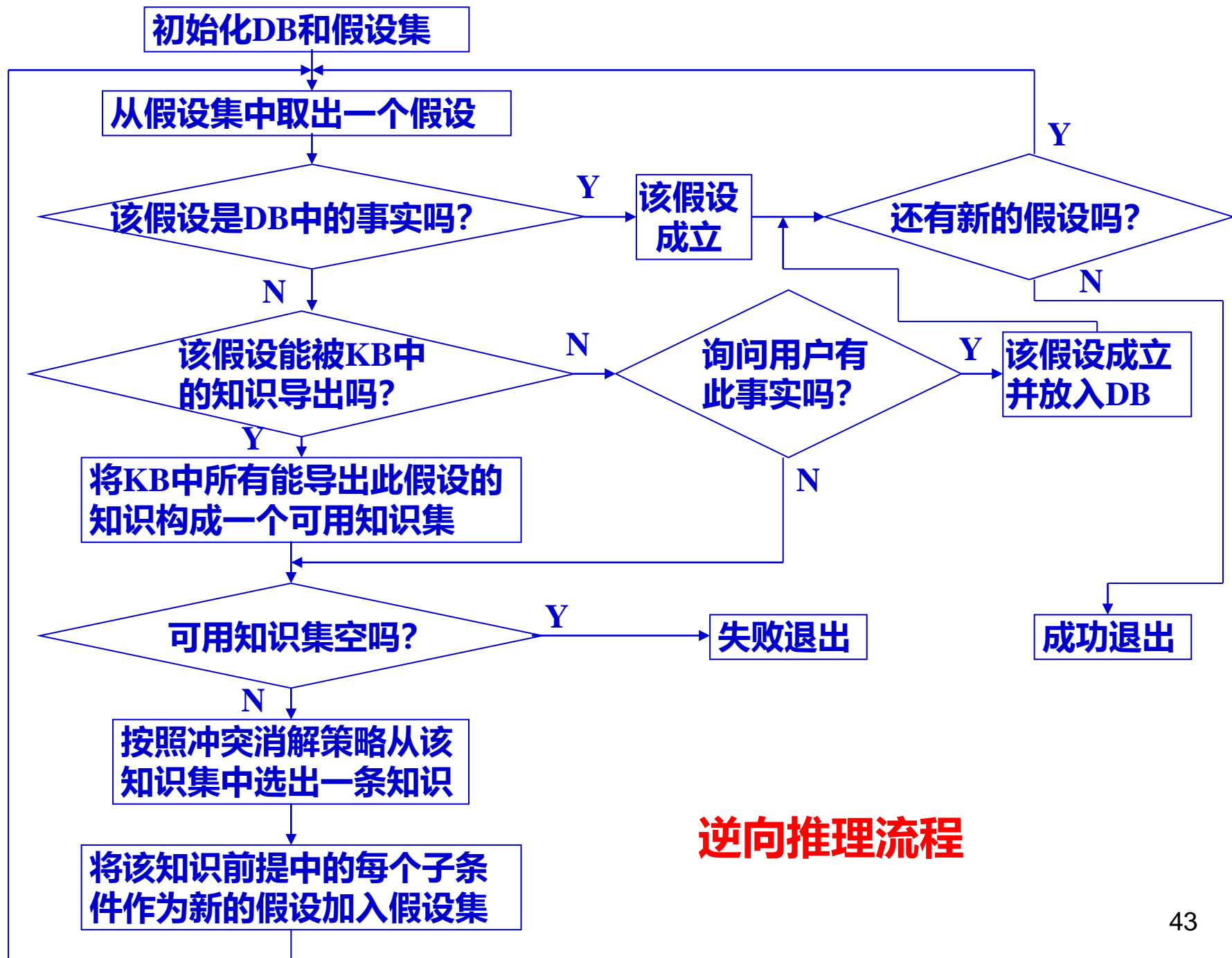
推理算法

从某个假设目标出发，逆向使用规则，亦称为目标驱动推理或逆向链推理。

算法描述：

- (1) 将要求证的目标（称为假设）构成一个假设集；
- (2) 从假设集中选出一个假设，检查该假设是否在综合数据库中，若在，则该假设成立，此时，若假设集为空，则成功退出，否则仍执行(2)；若该假设不在数据库中，则执行下一步；
- (3) 检查该假设是否可由知识库的某个知识导出，若不能由某个知识导出，则询问用户该假设是否为可由用户证实的原始事实，若是，该假设成立，并将其放入综合数据库，再重新寻找新的假设，若不是，则转(5)；若能由某个知识导出，则执行下一步；
- (4) 将知识库中可以导出该假设的所有知识构成一个可用知识集；
- (5) 检查可用知识集是否为空，若是，失败退出；否则执行下一步；
- (6) 按冲突消解策略从可用知识集中取出一个知识，继续；
- (7) 将该知识的前提中的每个子条件都作为新的假设放入假设集，然后转(2)。

其流程图如下：



逆向推理流程

3. 产生式的逆向推理

推理例子(1/2)

例2.17 对例2.15, 用逆向推理完成其推理过程

推理开始前, 综合数据库和假设集均为空。

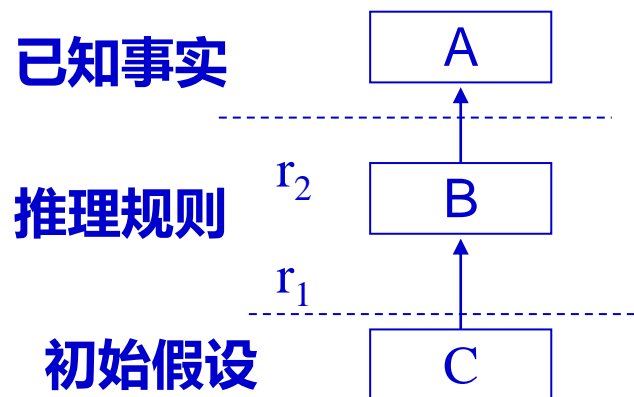
推理开始后, 先将初始证据A和目标C分别放入综合数据库和假设集, 然后从假设集中取出C, 查找C是否为综合数据库中的事实, 回答“N”。

再检查C是否能被某条知识所导出, 发现C可由 r_1 导出, 于是 r_1 被放入可用知识集。由于知识库中只有 r_1 可用, 故可用知识集中仅含 r_1 。

接着从可用知识集中取出 r_1 , 将其前提条件B放入假设集。从假设集中取出B, 检查B是否为综合数据库中的事实, 回答为“N”。再检查B是否能被某条知识所导出, 发现B可由 r_2 导出, 于是 r_2 被放入可用知识集。由于知识库中只有 r_2 可用, 故可用知识集中仅含 r_2 。

取出 r_2 , 将其前提条件A作为新的假设放入假设集。然后从假设集中取出A, 检查A是否为综合数据库中的事实, 回答为“Y”。

说明该假设成立, 由于已无新的假设, 推理过程成功结束, 目标C得证。



3. 产生式的逆向推理

例子(2/2)

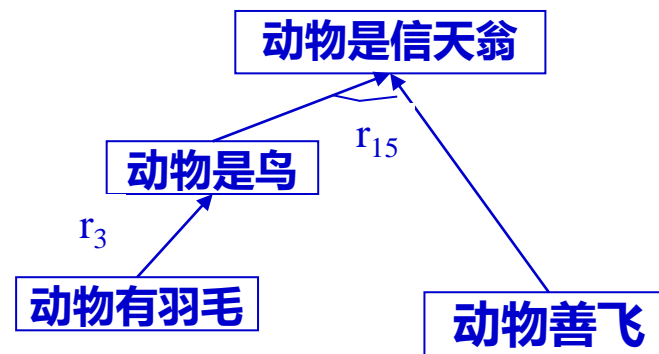
例2.18 对2.16的例子，请用逆向推理完成其推理过程

解：开始推理前，综合数据库和假设库均为空。开始推理后，现将初始证据“动物有羽毛”和“动物善飞”放入综合数据库；将动物是“信天翁”放入初始假设集。

解：开始推理时，从假设集取出“动物是信天翁”，综合数据库中不包含该假设，然后检查该假设能否被某个规则所导出？发现它可以被 r_{15} 导出， r_{15} 可用。使用 r_{15} ，将“动物是鸟”和“动物善飞”放入假设集。

从假设集取出一个假设“动物是鸟”，该假设仍不是综合数据库中的已知事实，但发现它可以由 r_3 导出，说明 r_3 可用。使用 r_3 ，将其前提条件“动物有羽毛”放入假设集。

此时，假设集中的所有假设已全部被综合数据库中的事实所满足，推理完成。



例2.18的推理过程

4. 产生式的混合推理

正向推理比较直观，但其推理无明确的目标，求解问题时可能会执行许多与解无关的操作，导致推理效率较低。

逆向推理过程的目标明确，但是当用户对解的情况认识不清，选择假设目标不好时，会影响系统效率。

因此人们提出了混合（双向）推理方法

混合（双向）推理是一种把正向和逆向结合起来使用的推理方法。有以下三种方式：

可以采用先正向后逆向

也可以采用先逆向后正向

还可以采用随机选择正向和逆向的推理方法。



本讲结束！