

非单调推理

陈志华



主要内容

□ 1. 缺省理论

□ 2. 界限理论

□ 3. 正确性维持理论

前言

□ 单调推理

- 加进系统的新知识（信念）必须与已有的知识（信念）**相一致**，不会引起矛盾
- 随着运行时间的推移，系统内含的结论**有增无减**

□ 传统的逻辑系统实际上做的是**单调推理**

前言

- 真实世界充斥了不完全信息和不断变化的状况，在解决复杂问题的过程中，要求不断应用并不保证正确的假设
- 假设可作为推理的依据，但在推理过程中，随着新事物的出现，可能到头来会发现原先所作的假设不正确，应予删除，从而造成推理的非单调性
- 因此，新知识（事实）的加入会引起已有知识（假设以及基于假设的推理结果）的删除

前言

□ 单调推理

- 新证据的出现，不会证明原有结论错误，**结论单调增加**

□ 非单调推理

- 新证据会否定原来推出的结论，**结论可能会减少**

□ **非单调推理更符合现实**，符合人类的认识规律

非单调推理的使用场合

- 不完全信息的出现要求**缺省推理**
- 世界是不断变化的，即使能获得关于问题求解的全部知识，也不能持久
 - 解决的办法是**删除**那些已经变得不精确的知识，而代之以另一些更精确的知识。
- 产生一个问题的完全解答或许要求关于部分解答的**暂时性假设**
 - 这些假设可能不正确，需要在以后发现时加以修改或删除，从而形成非单调推理。

非单调推理的使用场合

□ 例子：为三家公司的高管安排会议时间

- 先假设会议在某个具体日期举行，比如星期三，并将此假设存储于知识库
- 然后再查这一天三人是否有相容的会议参与时间，若出现冲突，则取消该假设，改用另一天作为假设的会议日期
- 这是一个非单调推理

1. 缺省理论

□ 缺省推理的形式定义

■ 令： x --某个证据

y --默认 x 为真时的某结论；

□ 则缺省推理包含以下3种情形：

■ 定义1：若不知道 x 为假，则有结论 y

■ 定义2：若不能证明 x 为假，则有结论 y ；

1. 缺省理论

■ 定义3：若不能在某个给定的时间期限内证明 x 为假，
则有结论 y 。

□ 这三个定义汇总起来意指：如果没有 x 为假的证据，
就认为 y 是真

例子

□ 在美国第一次应邀去朋友家作客，应带礼物，但不了解朋友喜欢什么样的礼物，这时可以**根据常识进行猜测**--鲜花总是受欢迎的。

■ 若已知在一组可选事物中必有一个为真，则在缺乏完全信息的情况下，**应该选择最有可能的一个**

1.1 缺省规则的形式

- 令 $A(x)$ 为先决条件； $B_i(x)$ 为默认条件； $C(x)$ 为结论； M 为模态算子，表示：无法证明... 为假或假定...是正确的

- 缺省规则可表示为：

$$\frac{A(x) : MB_1(x), \dots, MB_n(x)}{C(x)}$$

1.1 缺省规则的形式

□ 含义：如果先决条件 $\Delta(x)$ 成立，且没有证据证明 $B_i(x)$ 为假，则结论 $C(x)$ 成立

□ 推理思想：非假即真；不是假的就认为是真的

1.1 缺省规则的形式

□ 例：利用非单调推理表示“一般来说，鸟都会飞”

$$\frac{BIRD(x) : MCAN_FLY(x)}{CAN_FLY(x)}$$

如果 x 是一只鸟，那么如果没有相反的证据时， x 会飞

● 缺省规则适合表示：

大多数 P 是 Q ，或大多数 P 具有 Q 性质

1.2 分类

- 规范缺省
- 半规范缺省
- 不规范缺省

规范缺省

□ 默认条件与结论相同，由先决条件可以直接推理出结论

□ 形式如下：
$$\frac{A(x) : MB(x)}{B(x)}$$

□ 例：

—同学们大都爱游戏

$$\frac{STUDENT(x) : MLOVE_GAMES(x)}{LOVE_GAMES(x)}$$

半规范缺省

□ 默认条件:

$$B(x) = C(x) \wedge \neg D(x)$$

□ 规则形式:

$$\frac{A(x) : M(C(x) \wedge \neg D(x))}{C(x)}$$

□ 含义:

—除D(x)外，由先决条件A(x)的成立，可以推导出结论C(x)的成立

例子

- 除了企鹅以外，大多数的鸟都会飞；
- 除了鹦鹉以外，一般动物都不会讲话

$$\frac{BIRD(x) : M(CAN-FLY(x) \wedge \neg Penguin(x))}{CAN-FLY(x)}$$

$$\frac{ANIMAL(x) : M(\neg SPEAK(x) \wedge \neg PARROT(x))}{\neg SPEAK(x)}$$

2. 界限理论

- 现实当中，完成一件事情通常都会遇到**很多限制条件**，而且罗列出所有限制通常既不可能，也无必要
- 通常人们**不会考虑到大量的限制**，**只有没有发现存在限制，就认为可行**
- 例子：
 - 一周后飞往北京；
 - 周末爬黄山

2. 界限理论

- 界限理论不考虑大量不确定的限制因素或条件
 - 这些限制条件如果不能证明是真的，那就是假的，不需考虑
- 界限理论的思想
 - 不是真的（已知的），就认为是假的
 - 只有存在的，才是真的；不知道的，都认为是假的

界限理论的表示方法

□ 表示方法：引入特定谓词Ab表示异常

—例：一般鸟都会飞

$$(bird(x) \wedge \neg Ab(x)) \rightarrow fly(x)$$

—表示为：不是异常的鸟都会飞

界限理论的表示方法

设有如下事实：

1. $bird(a)$

2. $(bird(x) \wedge \neg Ab(x)) \rightarrow fly(x)$

由于1和2没有满足 $Ab(x)$ 的客体，

则满足 $Ab(x)$ 的客体为空集，

即没有事实说明 a 是异常的，

也就是可以认为 $(\forall x(\neg Ab(x)))$ 为真，

那么由上述两条规则1,2，可以得出

‘ a 会飞’的结论

界限理论的表示方法

□ 再添加两条规则:

3. $(bird(x) \wedge \neg wing(x)) \rightarrow Ab(x)$,

没有翅膀的鸟是异常的鸟

4. $bird(b) \wedge \neg wing(b)$, b 没有翅膀

由上述规则, 经过简单推理, 可以得到 b

是一只异常的鸟。此时, Ab 的客体集合为 $\{b\}$,

从而可以得到:

$(\forall x)(x \neq b \rightarrow \neg Ab(x))$

从而限定规则变成:

$(\forall x)(bird(x) \wedge x \neq b \rightarrow fly(x))$

3. 正确性维持系统

- 在非单调推理中，一旦有新的知识出现，就有可能要对原先得到的结论进行修正，甚至抛弃
- 如何删除错误的结论，从而保持正确性？
 - 多伊尔在1979年建立和提出了正确性维持系统
TMS (Truth Maintenance System)

TMS的原理

□ TMS在程序所产生的各个命题中，保持命题间的相容性

- 一旦发现命题出现不相容（矛盾），TMS就调用推理机制，回溯找到不相容的根源
- 修正由这一根源以前推理得到的所有命题，从而消除不相容，维持系统的正确性

TMS的原理

- 在TMS中，每个命题或规则称为节点。
- 节点的状态包括：
 - IN: 该命题被认为是真
 - OUT: 该命题不被认为是真
- 每个节点可以带有一个证实表（也可没有），证实表包括两种形式：
 - 支持表
 - 条件证明

TMS的原理

□ 支持表:

- (SL(IN 节点表)(OUT 节点表))
- 只有当“IN节点表”中所有节点的当前状态为IN，且“OUT节点表”中所有节点的当前状态为OUT，它所证实的节点是IN状态，有效
- IN表和OUT表均为空的节点为原始证据节点，所证实的节点是IN

TMS的原理

□ 条件证明:

- (CP(结论)(IN假设)(OUT假设))
- 只有当“IN假设”中所有节点的当前状态为IN, 且“OUT假设”中所有节点的当前状态为OUT, 结论节点为IN状态, 这时条件证实有效

例子

□ 设有下列节点：

- (1) 现在是冬天(SL(00) IN);
- (2) 天气是寒冷的(SL(1)(3))
- (3) 天气是温暖的 OUT

□ 分析：

- 节点2的IN表中只有节点1，且状态为IN; OUT表中只有节点3，且状态为OUT
- 因此，节点2的状态为IN

例子

□ 节点2的含义是：

- 如果现在是冬天(对应IN表中含有节点1)
- 且没有天气是温暖的证据(对应OUT表中含有节点3)
- 则可以得出结论“天气是寒冷的”

TMS的原理

- 当推理程序得到了新证据，而且这个新证据与某个节点发生矛盾时，程序就会自动产生一个矛盾节点：矛盾 $SL((...)(...))$ ，且状态置为IN，然后调用TMS

TMS的工作过程

- 当TMS遇到一个矛盾节点为IN，则唤醒面向从属关系的回溯，找出并删除当前的一个假设，即让该假设的状态为OUT, 从而使得矛盾节点为OUT
- 步骤1: 从矛盾节点开始，寻找它的基础节点，设为 A_1, A_2, \dots, A_n ，一般都放在矛盾节点的IN表中

TMS的工作过程

- 步骤2: 从 A_1 开始, 令此节点状态为OUT
- 步骤3: 进行正确性维持检查, 如果无法维持所有节点的IN/OUT状态, 则撤销 A_1 , 取出下一个节点 A_2 , 返回步骤2
- 如果 A_1, A_2, \dots, A_n 的任何一个或多个为OUT都无法维持所有节点的IN/OUT状态, 则说明这是一个不可解决的矛盾

例子--会议安排问题

节点	命 题	支持表	状态
1	$\text{TIME}(M) = 9:00$	$(\text{SL}()(2))$	IN
2	$\text{TIME}(M) \neq 9:00$		OUT
3	$\text{ROOM}(M) = 813$	$(\text{SL}()(4))$	IN
4	$\text{ROOM}(M) \neq 813$		OUT

例子--会议安排问题

□ 推理程序在它处发现9点钟813房间已被其它事务占用，于是生成节点5

■ 节点5 矛盾 (SL(1,3)()) IN

□ TMS的工作过程：

■ 首先找出节点5的基础节点1,3， 所以将节点1的状态改为OUT

■ 相应的，节点1的支持表(SL()(2))中，节点2的状态为IN

■ 节点5的状态为OUT，矛盾消除

例子--会议安排问题

□ 处理后，各节点的状态如下：

节点	命题	支持表	状态
1	$\text{TIME}(\text{M}) = 9:00$	$(\text{SL}())(2)$	OUT
2	$\text{TIME}(\text{M}) \neq 9:00$	$(\text{SL}())(5)$	IN
3	$\text{ROOM}(\text{M}) = 813$	$(\text{SL}())(4)$	IN
4	$\text{ROOM}(\text{M}) \neq 813$		OUT
5	矛盾	$(\text{SL}(1,3))()$	OUT

例子--会议安排问题

6	矛盾	$(SL(2,3)())$	IN
---	----	---------------	----

- 如果推理过程又发现节点2，3矛盾，
于是又生成节点6如下：

TMS的工作过程

- ❑ 找出节点6的基础节点2，使得节点2的状态改为OUT，节点2的支持表为(SL()(5))，这样就必须使得矛盾节点5的状态改为IN,从而产生矛盾
- ❑ 原因分析：
 - 上次不应该选基础节点2，再尝试改选节点3为基础节点
 - 将节点3的状态改为OUT，并按顺序调整其它节点的状态

TMS的工作过程

□ 最后各节点的状态如下表

节点	命题	支持表	状态
1	TIME(M) = 9:00	(SL()(2))	OUT
2	TIME(M) ≠9:00	(SL()(5))	IN
3	ROOM(M)=813	(SL()(4))	OUT
4	ROOM(M) ≠813	(SL()(6))	IN
5	矛盾	(SL(1,3)())	OUT
6	矛盾	(SL(2,3)())	OUT

例子

□ 假设John被人杀害，推理程序要找到凶手。

根据它的知识库，首先考虑Tom:

节点	命题	支持表	状态	命题含义
1	Guilty(Tom)		OUT	Tom是凶手
2	Innocent(Tom)		OUT	Tom清白

例子

□ 由于这两个节点都没有得到证实，支持表SL为空。

推理程序继续推理，发现Tom有谋杀John的动机，

于是产生节点3作为原始证据，状态为IN

节点	命题	支持表	状态
3	Has_Motives(Tom)	SL(00)	IN

例子

- 推理程序再继续推理，找到一条规则“任何有杀人动机且没有被证实是清白的人是嫌疑犯”，由节点2，3生成新节点4

节点	命题	支持表	状态	含义
4	Suspect(Tom)	SL((3)(2))	IN	Tom是嫌疑犯

例子

- 推理程序再继续推理，发现了Tom不在现场的证据，于是生成新节点5

节点	命题	支持表	状态	含义
5	Has_Alibi(Tom)	SL(00)	IN	Tom不在现场

例子

- 推理程序应用规则“如果某人不在现场，则不是嫌疑犯”，于是节点4和5产生矛盾，从而生成矛盾节点6

节点	命题	支持表	状态	含义
6	Contradiction	SL((4,5)())	IN	矛盾

TMS的工作过程

- 首先找节点6的基础节点4和5
- 令节点4为OUT, 则节点3为OUT或者节点2为IN
- 因为节点3是原始证据, 必须为IN, 因此只能将节点2
改为IN状态, 即TOM是清白的

小结

- 在非单调推理中，原有的结论有可能被新的证据推翻
- 缺省理论
 - 不是假的，就认为是真的
- 界限理论
 - 不是真的，就认为是假的
- TMS 可以找到冲突的根源并消除