计算机非传统推理导论

李英华
叶天荣　　编著
张虹霞

（京）新登字181号

内 容 提 要

本书介绍非传统推理——不精确推理和非单调推理。重点讨论非单调推理，因为非单调推理在国内外还处于初步探索阶段。全书共分六章，第一章是传统推理；第二章介绍不精确推理；第三章讨论非单调推理；第四章和第五章论述了非单调推理系统；第六章为结束语。本书适合于从事计算机专业以及使用计算机的科技人员阅读，也可供对逻辑和推理有兴趣的读者参考

计算机非传统推理导论

李英华
叶天荣　编著
张虹霞

责任编辑：廖寿琪　高丹平

*

宇航出版社出版

北京和平里滨河路1号　邮政编码100013

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京密云华都印刷厂印刷

*

开本：787×1092　1/32　印张：5.875　字数：137千字

1992年4月第一版第一次印刷　印数：1—3000册

ISBN 7-80034-483-5/O·014　定价：4.50元

前　言

"非传统推理"是当前国际上人工智能项目的热门课题之一，属于人工智能的基础研究工作。近十多年来，在经历了传统推理(包括精确推理和单调推理)阶段，取得了一定成果的基础上发展了"非传统推理"。

由于传统推理的局限性，使人工智能的研制工作难以达到普及推广应用阶段。因此，非传统推理这一基础理论性工作，便自然地作为"热门课题"之一。

非传统推理包括模糊推理和非单调推理。在现代汉语中，有许多包含模糊数字的词语，而这些模糊数字又不能精确理解为数字，例如"一本万利"、"三头六臂"、"四分五裂"、"五花八门"、"七上八下"、"九牛二虎"、"十万八千里"、"半旗"等，这些带数字的词，都是作为模糊的数词使用，究竟模糊到什么程度？有什么规律性？在什么范围内使用？这是不能用确切的语言表达的，而只有对话人双方能相互理解。当然作为计算机在第一次应用时，是无法理解的。

非单调推理是指人们对客观条件掌握不充分时，所得出的某些结论有可能被推翻，而不是在保持这些结论不变的基础上作适当修改。例如，某人在进行计算机辅助设计前，知道本单位有计算机，便得出了利用这些计算机可以完成CAD(计算辅助设计)任务的结论。但是当上机操作后发现，计算机有故障，则得出找维修人员排除故障后仍可进行CAD。

当维修人员在检修中发现是某一个关键性集成块坏了，则得出购买集成块后仍可进行CAD。但是在市场上缺货，而生产厂家的备份件早已卖完，于是便得出了一个明确的结论，在短期内根本无法承担这次CAD任务。除非另想方法或到其他单位去借用一台计算机。造成这一结论反复的原因是推理时没有考虑或不可能考虑到一切因素。

显然，非单调推理更具有普遍意义，正如上例所述的那样，从思维角度来说，思维要反映纷繁的客观世界，人的推理应该是非单调的。科学技术的发展和人类社会的不断进步，都离不开日臻完善的推理过程，这也与辩证唯物主义的观点相一致。世界是发展的、全面的、联系的，而不是静止的、片面的、孤立的。人类发明创造就是一种非单调过程，一旦发现、发明新的东西，与以往的认识就有矛盾，就必须修改以往的认识或推倒重来，使其更加完善。因此，研究非单调推理和开发非单调推理系统，是具有现实意义和深远历史意义的。

非传统推理中的非精确推理，不论在国内还是在国外，都得到了广泛应用，特别是在人工智能专家系统中。而非单调推理在国外的应用还处于初步探索阶段。因此，本书重点在于讨论非单调推理及非单调推理系统。作者特别提出了一些新的观点，例如，不精确推理与非单调推理的结合、模糊非单调推理系统FTMS等，这些都是研究工作的初步成果，愿这些成果能起到抛砖引玉的作用，并得到广泛应用。

目　　录

前　言…………………………………………………………（Ⅰ）
第一章　传统推理……………………………………………（1）
1.1　演绎推理 ……………………………………………（1）
1.2　归纳推理 ……………………………………………（16）
1.3　类比推理 ……………………………………………（23）
参考文献…………………………………………………（25）
第二章　不精确推理…………………………………………（27）
2.1　概述 …………………………………………………（27）
2.2　MYCIN的不精确推理模型 ……………………………（28）
2.3　主观贝斯（BAYES）方法 ……………………………（36）
2.4　模糊推理 ……………………………………………（44）
2.5　证据理论 ……………………………………………（61）
2.6　发生率计算 …………………………………………（73）
2.7　概率论简介 …………………………………………（79）
参考文献…………………………………………………（87）
第三章　非单调推理…………………………………………（89）
3.1　简介 …………………………………………………（89）
3.2　缺省理论（Default Theorics） ……………………（91）
3.3　非单调逻辑（Non-monotonic Logic）………………（96）
3.4　界限理论（Circumscription） ………………………（98）
3.5　正确性维持系统TMS（Truth Maintenance System）…………………………………………………（102）

3.6 评价………………………………………………………… (108)
参考文献 …………………………………………………… (111)
第四章 非单调推理系统TMS ………………………… (113)
4.1 简介………………………………………………………… (113)
4.2 信念的推理表示………………………………………… (113)
4.3 正确性维持机制………………………………………… (118)
4.4 面向从属关系的回溯…………………………………… (123)
4.5 TMS小结 ……………………………………………… (126)
4.6 TMS存在的问题 ……………………………………… (129)
4.7 改进选择错误的方法…………………………………… (133)
4.8 模糊非单调推理系统FTMS ………………………… (135)
4.9 FTMS的实现问题 …………………………………… (142)
4.10 不精确非单调推理系统的讨论 …………………… (148)
参考文献 …………………………………………………… (151)
第五章 基于假设的非单调推理系统ATMS ………… (154)
5.1 简介 ……………………………………………………… (154)
5.2 基本定义………………………………………………… (157)
5.3 基本数据结构…………………………………………… (160)
5.4 环境网…………………………………………………… (162)
5.5 基本操作和算法………………………………………… (164)
5.6 基于假设的模糊非单调推理系统FATMS ………… (167)
5.7 问题的解决……………………………………………… (169)
参考文献 …………………………………………………… (173)
第六章 结束语 …………………………………………… (175)
6.1 遗留问题的解决………………………………………… (175)
6.2 今后的工作……………………………………………… (179)
参考文献 …………………………………………………… (179)

第一章　传统推理

推理是从一个或几个判断中得出一个新判断的思维形式。任何推理都有这样两个组成部分，而推理所依据的判断以及推出的新判断。前者叫做前提，后者叫做结论。传统的推理有许多种分类方法，这里按演绎推理、归纳推理和类比推理来介绍和讨论。

1.1　演绎推理

根据推理所表现的思维进程的方向性，即根据思维进程中从一般到特殊、从特殊到一般、从特殊到特殊的区别，把推理分为演绎推理、归纳推理和类比推理。演绎推理是从一般到特殊的推理。归纳推理是从特殊到一般的推理。类比推理是从特殊到特殊的推理。

演绎推理将按命题逻辑推理和谓词逻辑推理加以介绍。

1.1.1　命题逻辑推理

一、命题及其表示法

（1）命题的定义

凡能分辨其真假的语句称为命题。

在语言中，一般讲只有陈述句才能分辨其真假。如：

今天下雪。

雪是黑的。

别的星球上有生物。

这盘菜太咸了。

吸烟危害人的健康。

哥德巴赫猜想是能证明的。

等等均为命题。

“哥德巴赫猜想是能证明的”这一命题为真；而“雪是黑的”这一命题为假。

要判断一个陈述句的真假有时是不容易的，它与人的思想感情、语句所处环境、判断标准、认识程度有密切关系。但是，我们说只要能分辨出真假，均是命题。如“这盘菜太咸了”是一个命题，其真假因人而异，取决于人的主观判断。

疑问句、祈使句、感叹句均不是命题，因为它们无法分辨真假。如：

请问到医院怎么走　（疑问句）

起立！　（祈使句）

我的天啊！　（感叹句）

（2）命题的种类

命题分为原子命题和复合命题两种。

一个语句如果不能再进一步分解成更为简单的语句，且又是一个命题，则称为原子命题；由联结句、标点符号和原子命题复合而成的命题称为复合命题。

“如果天气好，那么我就去散步”就是一个复合命题，它由两个原子命题、联结句（如果……那么……）和标点符号（，）复合而成。

（3）命题的表示法

一般用大写字母A，B，C，…或用带下标的字母或用数字，如A_1，A_2，[13]等表示命题。比如：

P：今天多云

P可表示“今天多云”这一命题。表示命题的符号也称为命题标识符，P就是命题标识符。

一个命题标识符如表示确定的命题，就称为命题常量。如果命题标识符只表示任意命题的位置标志，就称为命题变元。由于命题变元可以表示任意命题，所以它不能确定真值，故命题变元不是命题。当命题变元P用一个特定命题取代时，P才能确定真值，这时也称对P进行指派。

二、联结词

（1）否定

设P是一个命题，P的否定是一个新的命题，记为$\neg P$或$\overline{P}$。若P为真时，$\neg P$为假；若P为假时，$\neg P$为真。“$\neg$”或“$-$”就是否定联结词。

真值表如表1-1所示：

表1-1 “否定”真值表

P	$\neg P$或$\overline{P}$
T	F
F	T

其中“T”表示命题取真值，“F”表示命题取假值。

如：P表示今天下雪，则$\neg P$表示今天不下雪。

（2）合取

两个命题P和Q的合取是一个复合命题，记作$P\wedge Q$。当且仅当P，Q同时为T时，$P\wedge Q$的真值为T，否则$P\wedge Q$的真值为F。真值表如表1-2所示：

表1-2 “合取”真值表

P	Q	$P\wedge Q$
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	F

(3) 析取

两个命题P和Q的析取是一个复合命题，记作$P\vee Q$。当且仅当P，Q同时为F时，$P\vee Q$的真值为F，否则$P\vee Q$的真值为T，真值表如表1-3所示：

表1-3 “析取”真值表

P	Q	$P\vee Q$
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

(4) 条件

两个命题P和Q的条件命题是一个复合命题，记作$P\to Q$，读作“如果P，那么Q”。当且仅当P的真值为T，Q的真值为F时，$P\to Q$的真值为F，否则$P\to Q$的真值为T。称P为前件，Q为后件。真值表如表1-4所示：

表1-4 “条件”真值表

P	Q	$P\to Q$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

例如：P：明天天气晴朗

Q：举行运动会

则 $P\to Q$：如果明天天气晴朗则举行运动会。

(5) 双条件

表1-5 “双条件”真值表

P	Q	$P\rightleftharpoons Q$
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	T

给定两个命题P和Q，其复合命题$P\rightleftarrows Q$称作双条件命题，读作“P当且仅当Q，其仅当Q”，当P和Q的真值相同时，$P\rightleftarrows Q$的真值为T，否则$P\rightleftarrows Q$的真值为F。真值表如表1-5所示。

(6) 命题公式

设P和Q是任意两个命题，则$\neg P$，$P\vee Q$，$(P\vee Q)\vee(P\rightarrow Q)$，$P\rightleftarrows(Q\vee\neg P)$等都是复合命题。

如果P和Q是命题变元，则上述各式均称为命题公式。P，Q称为命题公式的分量。

值得注意的是：命题公式是没有真假值的，仅当在一个公式中命题变元用确定的命题代入时，才得到一个命题。这个命题的真值，依赖于代换变元的那些命题的真值。

联结词运算的优先次序为：$\neg$，$\wedge$，$\vee$，$\rightarrow$，$\rightleftarrows$，因此$\neg P\wedge Q\rightarrow R$意思就是：

$$((\neg P)\wedge Q)\rightarrow R$$

三、等价与蕴含

(1) 等价

给定两个命题公式A和B，设$P_1,P_2,\cdots,P_n$为所有出现于A和B中的原子变元，若给$P_1,P_2,\cdots,P_n$任一组真值指派，A和B的真值都相同，则称A和B是等价的或逻辑相等，记为$A\Leftrightarrow B$。

例1　证明$P \rightleftarrows Q \Leftrightarrow (P \to Q) \wedge (Q \to P)$

证明：

列出真值表（见表1-6）：

表1-6　等价真值表

P	Q	$P \to Q$	$Q \to P$	$P \rightleftarrows Q$	$(P \to Q) \wedge (Q \to P)$
T	T	T	T	T	T
T	F	F	T	F	F
F	T	T	F	F	F
F	F	T	T	T	T

可知$P \rightleftarrows Q$与$(P \to Q) \wedge (Q \to P)$真值相同，得证。

表1-7的命题定律都可以用真值表予以验证。

例2 利用命题定律证明：

$$(P \vee Q) \vee (P \wedge \neg Q) \Leftrightarrow P$$

证明：

$$\begin{aligned}(P \vee Q) \vee (P \wedge \neg Q) &\Leftrightarrow P \wedge (Q \vee \neg Q) && \text{(分配律)}\\ &\Leftrightarrow P \wedge T && \text{(否定律)}\\ &\Leftrightarrow P && \text{(同一律)}\end{aligned}$$

（2）蕴含

给定一个命题方式，若无论对分量作怎样的指派，其对应的真值永为T，则称该命题公式为永真式。若无论对分量作怎样的指派，其对应的真值永为F，则称该命题为永假式。

当且仅当$P \to Q$是一个永真式时，称“P蕴含Q”，并记作$P \Rightarrow Q$。

例1　证明$\neg Q \wedge (P \to Q) \Rightarrow \neg P$

表1-7　各类命题定律真值表

1	$\neg\neg P \Leftrightarrow P$	双重否定律
2	$P \vee P \Leftrightarrow P, P \wedge P \Leftrightarrow P$	幂等律
3	$(P \vee Q) \vee R \Leftrightarrow P \vee (Q \vee R)$ $(P \wedge Q) \wedge R \Leftrightarrow P \wedge (Q \wedge R)$	结合律
4	$P \vee Q \Leftrightarrow Q \vee P$ $P \wedge Q \Leftrightarrow Q \wedge P$	交换律
5	$P \vee (Q \wedge R) \Leftrightarrow (P \vee Q) \wedge (P \vee R)$ $P \wedge (Q \vee R) \Leftrightarrow (P \wedge Q) \vee (P \wedge R)$	分配律
6	$P \vee (P \wedge Q) \Leftrightarrow P$ $P \wedge (P \vee Q) \Leftrightarrow P$	吸收律
7	$\neg(P \vee Q) \Leftrightarrow \neg P \wedge \neg Q$ $\neg(P \wedge Q) \Leftrightarrow \neg P \vee \neg Q$	德·摩根律
8	$P \vee F \Leftrightarrow P, P \wedge \mathrm{T} \Leftrightarrow \mathrm{P}$	同一律
9	$P \vee T \Leftrightarrow T, P \wedge F \Leftrightarrow F$	零　律
10	$P \wedge \neg P \Leftrightarrow F, P \vee \neg P \Leftrightarrow T$	否定律
11	$P \rightarrow Q \Leftrightarrow \neg P \vee Q$	
12	$P \rightleftharpoons Q \Leftrightarrow (P - Q) \wedge (Q \rightarrow R)$	

证明：只要证明$\neg Q \wedge (P \rightarrow Q) \rightarrow \neg P$是一个 永 真 式 即可，真值表如表1-8所示：

从真值表可得$\neg Q \wedge (P \rightarrow Q) \rightarrow \neg P$为永真式，命题得证。

表1-8 "永恒"真值表

P	Q	$\neg P$	$\neg Q$	$P\to Q$	$\neg Q\wedge(P\to Q)$	$\neg Q\wedge(P\to Q)\to\neg P$
T	T	F	F	T	F	T
T	F	F	T	F	F	T
F	T	T	F	T	F	T
F	F	T	T	T	T	T

表1-9所列的所有蕴含式都可利用真值表予以证明：

表1-9 "蕴含"式真值表

1	$P\wedge Q\Rightarrow P, P\wedge Q\Rightarrow Q$	化简式
2	$P\Rightarrow P\vee Q, Q\Rightarrow P\vee Q,$	附加式
3	$\neg P\Rightarrow P\to Q$	
4	$Q\Rightarrow P\to Q$	
5	$\neg(P\to Q)\Rightarrow P$	
6	$\neg(P\to Q)\Rightarrow\neg Q$	
7	$\neg P\wedge(P\vee Q)\Rightarrow Q$	折取三段论
8	$P\wedge(P\to Q)\Rightarrow Q$	假言推论
9	$\neg Q\wedge(P\to Q)\Rightarrow\neg P$	拒取式
10	$(P\to Q)\wedge(Q\to R)\Rightarrow P\to R$	假言三段论
11	$(P\vee Q)\wedge(P\to R)\wedge(Q\to R)\Rightarrow R$	二难推论

例 2 利用上表的蕴含式证明：

$\neg(P\rightarrow Q)\Rightarrow P\vee Q$

证明： $\neg(P\rightarrow Q)$

$\Rightarrow P$ （利用上表的5式）

$\Rightarrow P\vee Q$ （利用上表的2式）

得证。

四、推理理论

设A和C是两个命题公式，当且仅当$A\rightarrow C$为一永真式，即$A\Rightarrow C$，称C是A的有效结论，或C可由A逻辑地推出。

这个前提A还可以推广到n个。

设$A_1,A_2,\cdots,A_n$，C是命题公式，当且仅当$A_1\wedge A_2\wedge\cdots\wedge A_n\Rightarrow C$，称$C$是一组前提$A_1,A_2,\cdots,A_n$的有效结论。

逻辑学的主要任务是提供一套推论规则，按照公认的推论规则，从前提的集合中推导出一个结论来，这样的推导过程称为演绎推理或形式证明。

在实际应用的推理中，常常把本学科的一些定律，定理和条件，作为假设前提，并使用一些公认的规则，得到另外的命题，形成结论，这种过程就是论证。

判别有效结论的过程就是论证过程，论证方法千变万化，但基本方法是以下三种：

（1）真值表法

此法很简单，列出真值表，比较：

$A_1\wedge A_2\wedge\cdots\wedge A_n\rightarrow C$是否为永真式即可。

（2）直接证明法

直接证明法就是由一组前提，利用一些公认的推理规则，根据已知的等价或蕴含公式推演得到有效的结论。

下面给出两个推理规则：

T规则：在推导中，如果前面有一个或多个公式蕴含 公式S，则可以把S引进推导过程之中。

P规则：在推导的任何步骤上都可以引入前提。

例：试证$R\vee S$是前 提$C\vee D$，$(C\vee D)\to\neg H$，$\neg H\to(A\wedge\neg B)$和$(A\wedge\neg B)\to(R\vee S)$的有效结论。

证明：

{1}	(1)	$(C\vee D)\to\neg H$	P规则
{2}	(2)	$\neg H\to(A\wedge\neg B)$	P规则
{1,2}	(3)	$(C\vee D)\to(A\wedge\neg B)$	T规则，(1)、(2)和蕴含式10
{4}	(4)	$(A\wedge\neg B)\to(R\vee S)$	P规则
{1,2,4}	(5)	$(C\vee D)\to(R\vee S)$	T规则，(3)、(4)和蕴含式10
{6}	(6)	$C\vee D$	P规则
{1,2,4,6}	(7)	$R\vee S$	T规则，(5)、(6)和蕴含式8

解释：

第一列上花括号中的数字集合，指明了此行上的公式所依赖的前提。第二列中的编号，不仅代表着该公式，而且表明了它处在推导中的那个行上。“T规则，(3)、(4) 和蕴 含式10” 表示利用 (3)、(4) 以及蕴含表中列出的第10条蕴含式和T规则可以推出。

(3) 间接证明法

设有一组前提$A_1, A_2, \cdots, A_n$，要推出结 论C，而 证$A_1\wedge A_2\wedge\cdots AA_n\Rightarrow C$，记为$S\Rightarrow C$，而$S\to C$为永真，又由于$S\to C\Leftrightarrow$

$\neg S \vee C \Leftrightarrow C \vee \neg S \Leftrightarrow \neg(\neg C \wedge S)$，因此只要证明$\neg C \wedge S$为永假,就可证明$S \rightarrow C$为永真，而$S \Rightarrow C$。

例：

证明$\neg(P \wedge Q)$是$\neg P \wedge \neg Q$的有效结论

证明：把$\neg\neg(P \wedge Q)$作为附加前提，并证明该附加前提将导致一个永假式。这也就是常说的反证法。

{1}	(1)	$\neg\neg(P \wedge Q)$	P（假定是前提）
{1}	(2)	$P \wedge Q$	T,(1)和等价式1
{1}	(3)	P	T,(2)和蕴含式1
{4}	(4)	$\neg P \wedge \neg Q$	P
{4}	(5)	$\neg P$	T,(4)和蕴含式1
{1,4}	(6)	$P \wedge \neg P$ 永假式	T,(3),(5)和蕴含式P，$Q \Rightarrow P \wedge Q$

得证。

1.1.2 谓词逻辑推理

在命题逻辑中，主要研究命题和命题演算，其基本组成单位是原子命题，并且不可再分解。这对研究命题间的关系而言是比较合适的。但是原子命题实际上还可以作进一步分析，特别是两个原子命题间，常常有一些共同的特征，为了刻划命题内部的逻辑结构，就需要研究谓词逻辑。

此外，有些推理形式是命题逻辑所不能包括的。例如：

凡是循环小数都可以化为分数，

0.2是循环小数，

所以，0.2可以化为分数。

这个三段论推理，它的前提和结论都没有联结词，它们都不