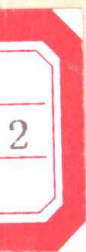
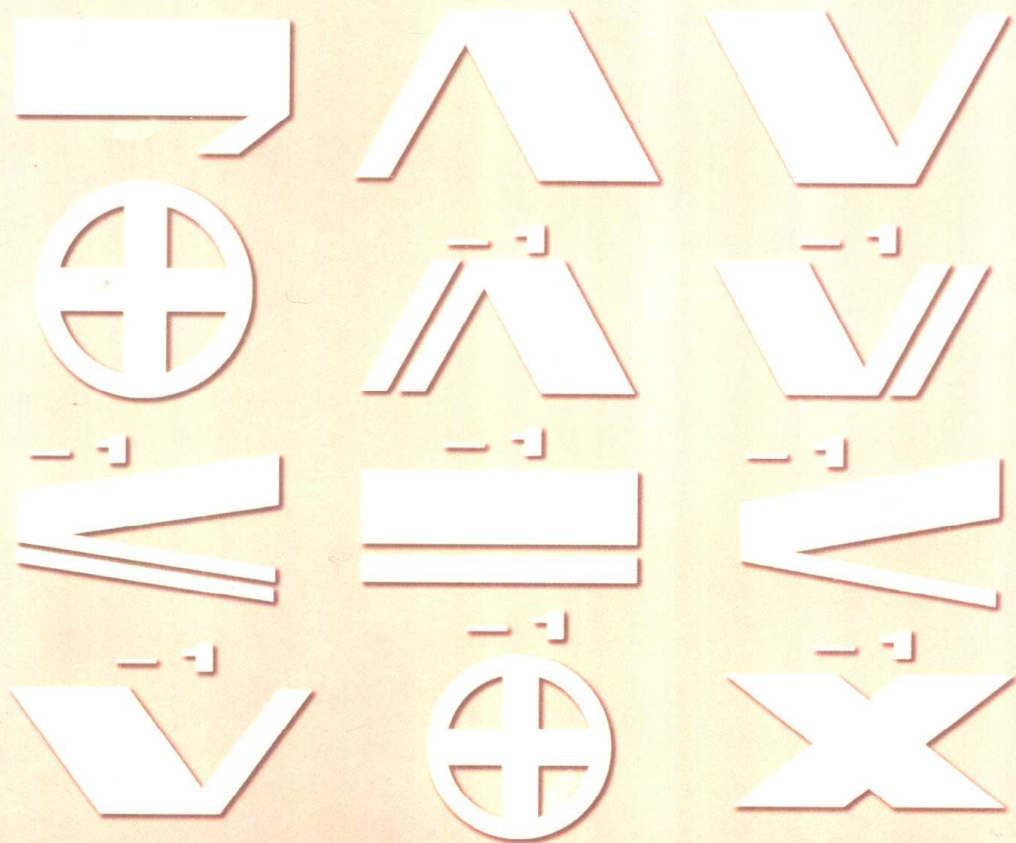


周训伟 著

互逆主义逻辑 与 Super-Prolog 语言



 中国科学技术出版社

互逆主义逻辑与 Super-Prolog 语言

周训伟 著

中国科学技术出版社

·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

互逆主义逻辑与 Super-Prolog 语言/周训伟著. —北京:
中国科学技术出版社, 2002.9

ISBN 7-5046-3347-X

I. 互... II. 周... III. Super-Prolog 语言-逻辑设计
IV. TP387

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 057837 号

中国科学出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷学院实习工厂印刷

*

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张: 11.875 字数: 300 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1-1 500 册 定价: 25.00 元

序 言

我国正处在实现四个现代化和中华民族伟大复兴的重要历史时期。科学技术已成为第一生产力。改革开放以来,我国在引进国外现代科学技术方面取得了长足进展。我国逻辑学的教学、科研和应用已实现了与国际接轨,特别是将逻辑学应用于计算机和人工智能领域,实现互动发展,已成为逻辑学应用研究的主攻方向。尽管现代逻辑经过 20 世纪百年的发展硕果累累,但还远远不能满足当代高新科学技术发展的需要。只有不断创新,建构功能更强的与当代科学技术同构的逻辑系统,才能满足当代科学技术发展的需要,才能充分发挥逻辑学作为基础科学和工具性科学所应有的作用。

周训伟副教授在早年研习经典逻辑并在尔后将经典逻辑应用于计算机人工智能领域的教学与科研过程中,发现其基于实质蕴涵的推理和纯演绎证明等局限性。为克服经典逻辑的局限性并为人工智能提供功能更强的逻辑工具,在继承中国和西方已有的逻辑理论的基础上,开创性地提出互逆主义逻辑理论,并在互逆主义逻辑和已有人工智能程序设计语言 Prolog 的基础上,构造出功能更强的人工智能程序设计语言 Super-Prolog,本书系统地阐述了与其相关研究成果。互逆主义逻辑提出并体现了一种逻辑来源于经验归纳的逻辑观,从而有别于逻辑主义、形式主义和直觉主义逻辑观。互逆主义逻辑增加了若干新的内涵相干的命题联结词;建构了一种无量词的谓词逻辑和一种新的集合论,从而简化了逻辑定理的证明序列,并且有更强的逻辑证明功能,可以证明若干经典逻辑不能证明的逻辑定理,进而以之为基础建构出了功能更强的人工智能程序设计语言。这些表明,该书确属创新之作。

任何新理论都有一个完善化的过程,都提出一些有待进一步

解决的问题。本书所阐述的互逆主义逻辑理论和程序设计语言也不会例外。因而,它可供逻辑学、计算机科学、数学、语言学、法学乃至哲学和科学方法论等领域的学者、科研教学人员、研究生和本科生,进一步研究、应用、推敲、论证。该书的科研成果是现实性的,而该书所体现的既要继承又要发展,既要引进更要创新,既重理论研究,又重应用研究的治学之道却永远值得提倡的。

(第五届中国逻辑学会副会长 北京市逻辑学会会长)

赵总宽

2002年7月1日

于中国人民大学宜园

前 言

本书共分三篇。第一篇是 Prolog 语言。这部分内容是作者基于在北京联合大学计算机系三次讲授 Prolog 语言的讲稿而形成的。第一篇既讲了 BPU-PROLOG, 又讲了 Turbo-Prolog。这样做的理由是讲述 BPU-PROLOG 的书是惟一介绍 Prolog 如何实现的书, 特别是书中的 SLD 树对于了解 Prolog 的消解过程很有帮助。而 Turbo-Prolog 是在全世界流行的 Prolog 版本之一, 并且是其中惟一的编译型 Prolog。

第二篇是作者所构造的互逆主义逻辑。作者读大学时学的是工业自动化, 读研究生时学的是计算机, 而早在 1984 年作者学习离散数学时就发现古典逻辑中连结词实质蕴涵的定义既有价值又有缺陷。于是作者就萌发了从蕴涵的定义开始, 从头构造一个更好的逻辑来取代古典逻辑的想法。经过 18 年的努力作者终于构造出了互逆主义逻辑。互逆主义逻辑继承了古典逻辑、形式逻辑、中国古代逻辑、相干逻辑、模态逻辑、古典归纳逻辑、多值逻辑、辩证逻辑和布尔代数的优点, 并有许多创新。值得指出的是, 互逆主义逻辑的子系统——中国模态逻辑继承了中国古代哲学家墨子用“有之必然”来定义“大故”这一思想, 用现代汉语来说就是“有 A 必有 B—A 就是 B 的充分条件”这一思想, 将中国古代墨家逻辑发扬光大。

作者正在构造互逆主义集合论与互逆主义抽象代数。作者的最终目标是构造互逆主义这一数理逻辑的第四学派, 包括逻辑演算、四论和互逆主义数学。

第三篇是基于 Prolog 和互逆主义逻辑的 Super-Prolog。由于作者是从事计算机专业的, 因此在构造互逆主义逻辑时的着眼点之一是使其能在计算机上实现, 故而互逆主义逻辑也是一个面向

计算机的逻辑。Super-Prolog 便是互逆主义逻辑应用于人工智能领域的产物,其逻辑推理能力远远超过 Prolog。

为便于读者自学,本书大部分章节后面都附有习题,其中的研究题是尚未解决的研究课题。

第二篇互逆主义逻辑基本上是自足的,不需受过专门的逻辑训练即可阅读。

只对互逆主义逻辑感兴趣的读者可只读第二篇。同时也对第三篇感兴趣但又不想花太多的精力学习 Prolog 语言的读者可只读第一篇的第一章和第八章然后就可以读第二篇和第三篇。

本书可供逻辑、计算机、数学、哲学、科学方法、法学、语言学学科的大学生、研究生及教学与科研工作者使用。

中国人民大学赵总宽教授阅读了全书的初稿并提出了许多宝贵意见。不少意见已被作者采纳。谨在此表示感谢。

由于作者水平有限,错误在所难免,望读者不吝指教。

作 者

2002 年 6 月

目 录

序 言 前 言

第一篇 Prolog 语言

第一章 SLD 反驳消解法	(1)
第二章 Turbo Prolog 程序设计基础	(7)
第一节 Turbo Prolog 程序的结构	(7)
第二节 域和谓词	(8)
第三节 域类型说明	(9)
第四节 谓词和子句	(9)
第五节 内部目标	(11)
第六节 外部目标	(12)
第七节 否定	(13)
第八节 复合对象	(14)
第九节 函子和域结构	(15)
第十节 结构图	(18)
第十一节 算术运算	(21)
第三章 重复与递归程序设计	(24)
第一节 失败——回溯(BAF)方法	(24)
第二节 截断——失败(CAF)方法	(26)
第三节 用户定义的重复(UDR)方法	(31)
第四节 递归方法	(33)
第四章 表程序设计	(38)
第一节 表结构	(38)

第二节	表的建立和使用	(40)
第三节	表的搜索	(41)
第四节	表的分解	(43)
第五节	表的拼接	(45)
第六节	表的插入排序	(47)
第七节	再谈截断	(48)
第八节	BPU - PROLOG 中的表处理	(49)
第五章	BPU - PROLOG 中小型应用程序的编制和例子	(53)
第一节	小型应用程序的编制	(53)
第二节	小型应用程序实例	(54)
第六章	Turbo Prolog 与数据库	(61)
第一节	预备知识	(61)
第二节	建立基于内存的数据库	(64)
第七章	BPU - PROLOG 与人工智能搜索算法	(81)
第一节	产生式系统	(81)
第二节	回溯算法	(82)
第三节	A* 算法	(90)
第八章	BPU - PROLOG 与专家系统	(96)
第一节	专家系统概貌	(96)
第二节	动物分类专家系统	(97)
第九章	BPU - PROLOG 与自然语言处理	(103)
第一节	预定义谓词 geto 与 name	(103)
第二节	词法分析	(103)
第三节	语法分析	(106)
第四节	语义分析	(108)
第十章	BPU - PROLOG 的解释实现	(113)
第一节	变量置换和合一算法	(113)
第二节	“编译”阶段	(115)

第三节 解释阶段.....	(119)
---------------	-------

第二篇 互逆主义逻辑

第十一章 项与命题的形成、周坐标系层次、层次集合.....	(128)
-------------------------------	-------

第一节 逻辑运算符.....	(128)
----------------	-------

第二节 命题与层次集合的同一.....	(128)
---------------------	-------

第三节 项与命题的形成.....	(130)
------------------	-------

第四节 实例.....	(140)
-------------	-------

第五节 周坐标系层次、层次集合	(141)
-----------------------	-------

第六节 周氏图.....	(149)
--------------	-------

第七节 抽象的项常元、函数符常元和谓词符常元 ..	(150)
---------------------------	-------

第十二章 事实命题与准经命题、零层逻辑	(151)
---------------------------	-------

第一节 零层元素.....	(151)
---------------	-------

第二节 本零事命题.....	(152)
----------------	-------

第三节 简繁复合.....	(152)
---------------	-------

第四节 函数.....	(156)
-------------	-------

第五节 准经命题.....	(156)
---------------	-------

第十三章 人类认识过程与互逆主义逻辑基本原理.....	(160)
-----------------------------	-------

第一节 互逆特殊命题与互逆一般命题.....	(160)
------------------------	-------

第二节 一元认识过程.....	(160)
-----------------	-------

第三节 二元认识过程.....	(161)
-----------------	-------

第四节 认识过程的细分.....	(164)
------------------	-------

第五节 本一单经命题与本二单经命题的归纳复合 建立.....	(164)
-----------------------------------	-------

第六节 归纳复合原理、分解原理、归纳复合与分 解的互逆原理.....	(168)
---------------------------------------	-------

第七节 归纳复合真值表与分解真值表.....	(169)
------------------------	-------

第八节 同名变元.....	(175)
---------------	-------

第九节 分解不确定性与归纳复合不确定性.....	(175)
--------------------------	-------

第十节	命题的周氏图表示·····	(176)
第十一节	互逆等价命题的真值表证明法·····	(179)
第十二节	特异集合的有意义——无意义二象性 原理·····	(181)
第十三节	简繁复合与归纳复合之异同·····	(182)
第十四章	单经命题与准逻辑命题、一层逻辑 ·····	(183)
第一节	一层元素·····	(183)
第二节	本一单经命题·····	(183)
第三节	无义事实子空间与有义事实子空间·····	(185)
第四节	项域的选取原则·····	(185)
第五节	相干项变元、传递项变元与附加项变元 ·····	(186)
第六节	自由的与约束的本一单经命题·····	(188)
第七节	自由事实子空间与约束事实子空间·····	(189)
第八节	一层集合与一层否定集·····	(189)
第九节	单细胞本一单经命题与单细胞本二单 逻辑命题的显式归纳复合建立·····	(190)
第十节	多细胞本一单经命题与多细胞本二单逻辑 命题的显式归纳复合建立·····	(194)
第十一节	负本命题中的谓词符与联符·····	(198)
第十二节	本一单经命题与本二单逻辑命题的隐式 归纳复合建立·····	(201)
第十三节	必然性、或然性、可能性、现实性、中国模 态逻辑·····	(203)
第十四节	一层分解运算·····	(205)
第十五节	二单经命题的简繁复合·····	(206)
第十六节	初等代数中的单经定理·····	(206)
第十七节	一层大独、一层小独,再论经验充分条件 ·····	(207)
第十八节	准逻辑命题·····	(209)

第十九节	基于一层分解运算的一层自然推理·····	(214)
第十五章	单逻辑命题与准超逻辑命题、二层逻辑 ·····	(221)
第一节	二层元素·····	(221)
第二节	本二单逻辑命题·····	(221)
第三节	无义单经子空间与有义单经子空间·····	(223)
第四节	事实域的选取原则·····	(223)
第五节	相干事实变元、传递事实变元与附加事实 变元·····	(225)
第六节	自由的与约束的本二单逻辑命题·····	(226)
第七节	自由单经子空间与约束单经子空间·····	(227)
第八节	二层集合与二层否定集·····	(227)
第九节	本二单逻辑命题的显式归纳复合建立·····	(228)
第十节	本二单逻辑命题的隐式归纳复合建立·····	(228)
第十一节	二阶分解运算·····	(238)
第十二节	二层大独、二层小独,再论逻辑充分 条件·····	(239)
第十三节	周坐标系层次小结·····	(241)
第十四节	准超逻辑命题·····	(242)
第十五节	基于二层分解运算的二层自然推理·····	(245)
第十六章	复经命题、一层逻辑续 ·····	(250)
第一节	特事命题段与非特事命题·····	(250)
第二节	周氏复图·····	(250)
第三节	成功图与失败图·····	(252)
第四节	最小成功图·····	(253)
第五节	命题链与特性命题段链·····	(257)
第六节	复经命题示例·····	(260)
第七节	有义的与约束的复经命题·····	(261)
第八节	复经命题的周氏复图·····	(262)
第九节	复经命题的命题链与最小成功图·····	(264)

第十节	一层复自然推理·····	(264)
第十七章	复逻辑命题、二层逻辑续·····	(279)
第一节	有义的与约束的复逻辑命题·····	(279)
第二节	互逆蕴涵命题的隐式归纳复合建立·····	(280)
第三节	矛盾命题的隐式归纳复合建立·····	(280)
第四节	上反对命题的隐式归纳复合建立·····	(284)
第五节	下反对命题的隐式归纳复合建立·····	(287)
第六节	复联符命题逻辑方阵·····	(288)
第七节	连续项空间中的复联符命题·····	(289)
第八节	二层复自然推理·····	(290)
第十八章	互逆主义逻辑与其他学科的关系·····	(292)
第一节	逻辑科学与经验科学的关系·····	(292)
第二节	逻辑学与数学的关系·····	(293)
第三节	解析几何是互逆主义逻辑的一部分·····	(293)
第四节	互逆蕴涵对其他逻辑的继承·····	(295)
第五节	公理系统、自然推理系统、隐式归纳复合·····	(295)
第六节	归纳复合与分解、归纳与演绎·····	(298)
第七节	互逆主义逻辑与古典逻辑·····	(299)
第八节	互逆主义逻辑与相干逻辑·····	(308)
第九节	互逆主义逻辑与模态逻辑·····	(309)
第十节	互逆主义逻辑与形式逻辑·····	(311)
第十一节	互逆主义逻辑与多值逻辑·····	(317)
第十二节	中国模态逻辑与辩证逻辑·····	(318)
第十九章	互逆主义集合论与逻辑定理主辅代数(周代数)	
	·····	(319)
第一节	互逆主义集合论·····	(319)
第二节	准逻辑定理主辅代数·····	(321)
第三节	单逻辑定理主辅代数·····	(323)
第四节	复逻辑定理主辅代数·····	(334)

第五节	判定问题·····	(338)
第六节	不矛盾律与一致性、排中律与完全性的关系 ·····	(338)

第三篇 Super-Prolog 语言

第二十章	Super-Prolog 语言 ·····	(340)
第一节	Prolog 语言的依据是互逆主义逻辑 ·····	(340)
第二节	复 Prolog 语言 ·····	(341)
第三节	二层 Prolog 语言 ·····	(342)
第四节	二层复 Prolog 语言 ·····	(354)
第五节	狭义 Super-Prolog 语言和广义 Super-Prolog 语言·····	(354)
后记	·····	(356)
参考文献	·····	(362)

第一篇 Prolog 语言

第一章 SLD 反驳消解法

设有某家庭成员的集合 $\{a, b, c_1, c_3, d_1, d_4\}$, 已知他们之间的亲属关系为:

b 是 c_1, c_3 的母亲

c_3 是 d_4 的母亲

c_1 是 d_1 的父亲

a 是 b 的丈夫

图 1.1 形象地画出了这些亲属关系。

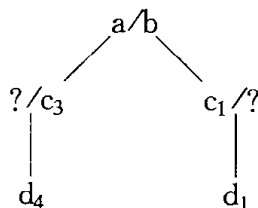


图 1.1

据图 1.1 可编制出 BPU-PROLOG 程序如下:

P $m(b, c_1).$ (1.1)

$m(b, c_3).$ (1.2)

$m(c_3, d_4).$ (1.3)

$f(c_1, d_1).$ (1.4)

$h(a, b).$ (1.5)

$gm(X, Z) : - m(X, Y), m(Y, Z).$ (1.6)

$gm(X, Z) : - m(X, Y), f(Y, Z).$ (1.7)

$gf(X, Z) : - h(X, Y), gm(Y, Z).$ (1.8)

$$G \quad ? \neg gf(a, X). \quad (1.9)$$

现在对该程序作一些说明。 m, f, h, gm, gf 为二元谓词, m 表示 mother(母亲), f 表示 father(父亲), h 表示 husband(丈夫), gm 表示 grandmother(祖母或外祖母), gf 表示 grandfather(祖父或外祖父)。 a, b, c_1, c_3, d_1, d_4 为个体常元。 X, Y, Z 为个体变元。同一表达式中的同名变元为同一变元的不同出现, 不同表达式中的同名变元为不同变元。在消解时每次遇到同名变元都标以不同的下标以示区别。原子公式之间的“,”号表 $\wedge$, “:—”表示 $\leftarrow$, “? —”表示 $\rightarrow$ 。式(1.1)~式(1.5)叫做事实或无条件子句。式(1.6)至(1.8)叫做推理规则或条件子句。无条件子句与条件子句合称程序子句。式(1.9)称为目标子句。

PROLOG 语言基于古典逻辑一阶谓词演算的 Horn 子句。Horn 子句有三种形式:

$$\text{程序子句} \begin{cases} \text{无条件子句 } A \\ \text{条件子句 } A: \neg B_1, \dots, B_q (q \geq 1) \\ \text{目标子句 } ? \neg B_1, \dots, B_q (q \geq 1) \end{cases}$$

其中条件子句中的 A 叫做条件子句的头, $B_1, \dots, B_q$ 叫做条件子句的体。目标子句中的每一 $B_i (1 \leq i \leq q)$ 叫做一个子目标。“? —”管辖所有子目标, 即“? — $B_1, \dots, B_q$ ”等价于 $\neg(B_1 \wedge \dots \wedge B_q)$, 后者又等价于 $\neg B_1 \vee \dots \vee \neg B_q$ 。

如果某表达式最左面的谓词是 p , 则称该表达式为 p 的定义子句。如式(1.1)~式(1.3)是 m 的定义子句, 式(1.6)与式(1.7)是 gm 的定义子句。

证明从程序可以推出目标的过程是一种反证法, 叫 SLD 反驳消解法。SLD 反驳消解法是这样进行的: 要想证明从程序 P 中可以推出结论 $F: gf(a, X)$, 就先假设目标 $G: \neg gf(a, X)$ 为真, 然后反向推理, 推出矛盾, 从而证明 F 为真。SLD 反驳消解法可以由对 SLD 树的搜索来描述。搜索策略是:

从左向右
深度优先 + 回溯
自上而下

从左向右指的是在对目标或消解式消解时先消解最左子目标。每次消解时都是最左子目标与一个程序子句进行消解。自上而下指的是当最左子目标有多个对应的定义子句时先消解上面的定义子句。深度优先指的是当消解可以在深度和宽度两个方面进行时先进行深度方向的消解。SLD 树的 G_0 为目标子句, $G_i (i \neq 0)$ 为消解式, 回溯指的是当 G_i 没有可匹配的候选子句, 则回到 G_{i-1} 取它的下一个候选子句以得出另一个 G_i (定义子句集中尚未被利用的部分称为候选子句集)。

SLD 反驳消解过程中要用到反向推理和选言推理。从 $\text{man}(x) \rightarrow \text{mortal}(x)$ 和 $\text{man}(\text{周})$ 推出 $\text{mortal}(\text{周})$ 叫做正向推理。从 $\text{man}(x) \rightarrow \text{mortal}(x)$ 和 $\neg \text{mortal}(\text{石头})$ 推出 $\neg \text{man}(\text{石头})$ 叫做反向推理。从 $\text{publish}(x) \vee \text{perish}(x)$ 和 $\neg \text{publish}(\text{周})$ 推出 $\text{perish}(\text{周})$ 叫做选言推理。

目标(1.9)与程序(1.1)~(1.8)的 SLD 树如图 1.2 所示。图中每根斜线表示一次消解。斜线的上端为参与消解的目标 G_0 或消解式 $G_i (i \neq 0)$ 。斜线左边的式号为参与消解的程序子句。斜线的下端为消解所得的新消解式 G_{i+1} 。消解的主要过程为合一过程。合一就是将 G_0 或 $G_i (i \neq 0)$ 的最左子目标与其定义子句中的无条件子句或条件子句的头中的符号逐一匹配。斜线的右边给出了合一到项时所进行的解置换。

在图 1.2 中最先进行消解的是 G_0 与其惟一的定义子句(1.8)。合一时 gf 与 gf 相合一, 左括号与左括号相合一, a 与 X_1 相合一, 逗号与逗号相合一, X_0 与 Z_1 相合一。合一成功后(1.8)的体成为新的消解式 G_1 。这时所进行的是反向推理。 G_1 表示 $\neg h(a, Y_1) \vee gm(Y_1, Z_1)$ 。 G_1 的最左子目标与其惟一的定义子句(1.5)合一成功, 得新的消解式 G_2 。这时所进行的是选言推理。

G_2 有两个候选子句:(1.6)和(1.7)。 G_2 先与(1.6)消解, 得