



中国计算机学会
学术著作丛书

认知逻辑导论

周昌乐 编著

2

清华大学出版社
广西科学技术出版社



认知逻辑导论

周昌乐 编著

国家自然科学基金资助(项目批准号:69983006)

清华大学出版社
广西科学技术出版社

清华大学出版社 广西科学技术出版社
计算机学术著作出版基金

评审委员会

主任委员 张效祥

副主任委员 唐泽圣 汪成为

委 员	王鼎兴	杨芙清	李三立
	施伯乐	徐家福	夏培肃
	董韪美	黄健	焦金生

出版说明

近年来,随着微电子和计算机技术渗透到各个技术领域,人类正在步入一个技术迅猛发展的新时期。这个新时期的主要标志是计算机和信息处理的广泛应用。计算机在改造传统产业,实现管理自动化,促进新兴产业的发展等方面都起着重要作用,它在现代化建设中的战略地位愈来愈明显。计算机科学与其他学科的交叉又产生了许多新学科,推动着科学技术向更广阔的领域发展,正在对人类社会产生深远的影响。

科学技术是第一生产力。计算机科学技术是我国高科技领域的一个重要方面。为了推动我国计算机科学及产业的发展,促进学术交流,使科研成果尽快转化为生产力,清华大学出版社与广西科学技术出版社联合设立了“计算机学术著作基金”,旨在支持和鼓励科技人员,撰写高水平的学术著作,以反映和推广我国在这一领域的最新成果。

计算机学术著作出版基金资助出版的著作范围包括:有重要理论价值或重要应用价值的学术专著;计算机学科前沿探索的论著;推动计算机技术及产业发展的专著;与计算机有关的交叉学科的论著;有较大应用价值的工具书;世界名著的优秀翻译作品。凡经作者本人申请,计算机学术著作出版基金评审委员会评审通过的著作,将由该基金资助出版,出版社将努力做好出版工作。

基金还支持两社列选的国家高科技重点图书和国家教委重点图书规划中计算机学科领域的学术著作的出版。为了做好选题工

作,出版社特邀请“中国计算机学会”、“中国中文信息学会”帮助做好组织有关学术著作丛书的列选工作。

热诚希望得到广大计算机界同仁的支持和帮助。

清华大学出版社
计算机学术著作出版基金办公室
广西科学技术出版社

1992年4月

序 言

计算机是当代发展最为迅猛的科学技术,其应用几乎已深入到人类社会活动和生活的一切领域,大大提高了社会生产力,引起了经济结构、社会结构和生活方式的深刻变化和变革,是最为活跃的生产力之一。计算机本身在国际范围内已成为年产值达 2500 亿美元的巨大产业,国际竞争异常剧烈,预计到本世纪末将发展为世界第一大产业。计算机科技具有极大的综合性质,与众多科学技术相交叉而反过来又渗入更多的科学技术,促进它们的发展。计算机科技内容十分丰富,学科分支生长尤为迅速,日新月异,层出不穷。因此在我国计算机科技尚比较落后的情况下,加强计算机科技的传播实为当务之急。

中国计算机学会一直把出版图书刊物作为学术活动的重要内容之一。我国计算机专家学者通过科学实践,做出了大量成果,积累了丰富的经验与学识。他们有撰写著作的很大积极性,但相当时期以来计算机学术著作由于印数不多,出版往往遇到不少困难,专业性越强越有深度的著作,出版难度越大。最近清华大学出版社与广西科学技术出版社为促进我国计算机科学技术及产业的发展,推动计算机科技著作的出版工作,特设立“计算机学术著作出版基金”,以支持我国计算机科技工作者撰写高水平的学术著作,并将资助出版的著作列为中国计算机学会的学术著作丛书。我们十分重视这件事,并已把它列为学会本届理事会的工作要点之一。我们希望这一系列丛书能对传播学术成果、交流学术思想、促进科

技转化为生产力起到良好作用,能对我国计算机科技发展具有有益的导向意义,也希望我国广大学会会员和计算机科技工作者,包括海外工作和学习的神州学人们能积极投稿,出好这一系列丛书。

中国计算机学会

1992年4月20日

前 言

原本无意编撰这样一部入门性专著，因为这既不能反映自己的学术思想和成果，又容易被人误解为沽名钓誉，甚至大有草率学问之嫌。但一次偶然的机，购得一部《计算机科学技术百科全书》，从头至尾翻阅一遍，洋洋数百万字，确实是一部好的工具书。但美中不足之处则是对某些较有影响的研究领域或主题多有遗漏，“认知逻辑”就是其中之一。由于受到我的导师马希文教授早年的影响，对“认知逻辑”稍有所了解，于是就动了系统介绍这一逻辑分支的念头。这样做虽于自己学问长进补益不大，但对于我国学术界开阔眼界，提供一部有益的参考书或有所裨益。现在经过两年多的努力，终于初稿脱手。欣慰之余再申明如下两点：这部书虽为我所编撰，但基本上是采集他人成果编辑和编译而成，恐有“抄书之嫌”，勉强冠以“编著”两字，实不敢窃他人之美而自居，此申明其一也。另外，所援文献书篇颇多，不能一一致谢，但主要为舶来之品，人说“他山之石，可以攻玉”，也就顾不得许多繁文缛节，一并拿来以为己用了，此申明其二也。

认知逻辑，一作认识逻辑，但与认识论逻辑颇有大小之别，主要是研究知识和信念的形式化问题的逻辑分支。其兴于西方，盛于西方，自然是顺理成章的事情。由于人工智能中运用逻辑和逻辑形式化，在最近十年有迅速发展之势，而人工智能的核心问题又是知识问题，因此，认知逻辑也就成为人工智能专家和计算机科学家所“发现”的核心工具之一。特别是对从事分布式智能系统中主体知识的形式描述研究，更是不能不认真借用的工具。推而广之，

从根本上讲,一切逻辑都是认识论的,都涉及到主观的信念、知识和概念等问题。因此除了人工智能的广阔应用前景外,认知逻辑也必将对认识哲学产生影响,这也已为越来越多的有识之士所认同。

但愿这部入门性专著能为扩大认知逻辑在中国的影响起到一定的作用,能够有更多的人工智能专家从认知逻辑与他们所从事研究的结合中有所获益,这样我所花费的这两年时间也就得到了最好的补偿。

最后,就书中符号的使用略作一点交代。在整部书中,符号的使用较为杂乱,符号的作用范围一般也都为局部性的。由于逻辑学符号本身的繁杂,有时不得已还会有符号多重使用现象的出现。比如,像“ M ”,既指“模型”也指“认可”模态算子;又如“ S ”既指“状态集”也指“逻辑系统”,如此等等。好在根据上下文内容,这些都是完全可以区分清楚的,所以我们也就不再加以分别了。关于这一点还请读者见谅。

作 者

2000. 6. 30

目 录

第一章 引论	1
1.1 从多元的观点看逻辑	1
1.2 认知逻辑发展简史	3
1.3 认知模态词及其命题形式	5
1.4 认知逻辑在人工智能中的应用	7
第二章 模态逻辑基础	10
2.1 可能世界语义学.....	10
2.2 模态命题逻辑.....	14
2.3 命题时态逻辑.....	25
2.4 模态谓词逻辑.....	35
习题	48
第三章 断定逻辑系统	52
3.1 断定模态及其性质.....	52
3.2 断定逻辑系统.....	55
3.3 断定逻辑系统间的关系.....	62
3.4 断定逻辑的深入课题.....	65
习题	68
第四章 知道逻辑系统	70
4.1 知道逻辑语言和语义.....	70
4.2 基本知道逻辑系统.....	75
4.3 知道逻辑系统及其性质.....	83
4.4 约简知识模型.....	87

4.5	公共知识模型	97
	习题	114
第五章	信念逻辑系统	121
5.1	信念逻辑形式	121
5.2	逻辑万能问题	123
5.3	隐式和显式信念	128
5.4	融合信念模型	133
	习题	138
第六章	广义认知逻辑	144
6.1	知识结构理论	144
6.2	信念推导模型	153
6.3	认知综合系统	159
6.4	量级认知逻辑	167
6.5	一阶认知逻辑	177
	习题	181
第七章	认知状态逻辑	182
7.1	非单调推理概论	182
7.2	优先推理模型	186
7.3	认知状态理论	191
7.4	自知逻辑系统	207
	习题	223
第八章	认知缺省推理	228
8.1	普通认知缺省推理	228
8.2	动态认知缺省逻辑	242
8.3	认知缺省衍推理论	252
8.4	反事实认知推理	260
	习题	272

第九章 应用	276
9.1 怀疑论的逻辑反驳	276
9.2 智能分布式系统	280
9.3 通信协议的逻辑验证	288
9.4 基于知识的行动规划	293
参考文献	300

第一章 引 论

认知逻辑(epistemic logic)关心知识和信念概念,并源于哲学中对这些概念进行逻辑分析而发展起来的。有时,认知逻辑也被译作认识逻辑^[1],是认识论逻辑(epistemological logic)的重要组成部分。通常人们认为认识论逻辑包括问答逻辑、假设与支持逻辑、信息逻辑、归纳逻辑以及我们本书所要介绍的认知逻辑;而认知逻辑则又包括断定逻辑、知道逻辑、信念逻辑、自知逻辑等。认知逻辑主要处理有关“断定”、“知道”、“相信”、“认为”、“怀疑”、“理解”、“意识(作动词用)”等认知概念的逻辑问题。之所以会产生认知逻辑,则完全与现代逻辑全新看待逻辑的出发点有关。

1.1 从多元的观点看逻辑

逻辑学主要是研究有效推理的科学,从西方逻辑学发展历史来看,自从亚里士多德提出三段论形式逻辑以来,一直到20世纪初弗雷格、罗素等人形成的数理逻辑,逻辑研究均以追求大一统的逻辑体系为其目标。但是,奥地利逻辑学家哥德尔于1931年发表的哥德尔定理,却使这一梦想成为了泡影,从此便拉开了逻辑研究的多样化帷幕。对于这一状况,后来的德国逻辑哲学家鲁道夫·卡尔纳普甚至这样说道:“对逻辑来说不存在清规戒律,每个人都可以构造自己的逻辑,即他自己的语言形式,只要他愿意,对他的唯一要求是:如果他想讨论这种逻辑,那么他必须说清楚他的方法,并给出语法规则,而不是给出哲学论据。”^[2]

如果说传统的命题逻辑、谓词逻辑均被称为经典逻辑,那么,

突破经典逻辑教条的那些新型逻辑就可以统称为非经典逻辑。历史上,古希腊的亚里士多德在所著的《工具论》中就论述过逻辑的时态和模态概念,不但预见到传统逻辑的局限性,而且还建立起相当规模的模态命题逻辑。但由于其弟子们的忽视,对非经典逻辑的研究一直冷落了两千多年。现代非经典逻辑的研究始于1910年。20世纪20—30年代,美国逻辑学家刘易斯(C. I. Lewis, 1883—1964)建立了模态命题逻辑;接着在50年代后各种道义、认知、问题、相干、自由、时态及弗协调等逻辑相继出现;到了80年代,动态、模糊、非单调、缺省等逻辑又陆续问世。从此,逻辑研究真正走上了多元化发展的道路。逻辑学发展到今天,形成了现代逻辑众多分支的新格局。据不完全统计,其主要分支包括:

(1) 数理逻辑:一阶逻辑、高阶逻辑以及模型论、证明论、递归论和公理集合论等等;

(2) 哲学逻辑:经典逻辑的种种扩展和非经典逻辑,包括模态、时态、多值、相干、直觉、认知、道义和弗协调等等;

(3) 语言逻辑:逻辑句法、蒙塔鸠语法、范畴语法、部分学、语篇表述理论、境况语义学、类型论逻辑等等;

(4) 计算逻辑:动态逻辑、缺省逻辑、模糊逻辑、博弈论逻辑、非单调逻辑、程序逻辑、开放逻辑等等。

随着逻辑研究多元化的深入发展,不同逻辑的相互交融、结合,必然成为逻辑发展的新趋势。

在非经典逻辑研究中,美国哲学家、逻辑学家克里普克(S. A. Kripke)等人所建立的可能世界语义学占据着举足轻重的地位。这不仅是因为其揭示了各种模态逻辑系统的直观背景,而且也因为它为其他哲学逻辑、语言逻辑、计算逻辑,乃至语言哲学的严密而深入的研究开辟了道路。

“可能世界”的概念首先源自莱布尼兹(G. W. Leibniz)的无矛盾可能性思想:只要事物的情况或事物情况的组合推不出逻辑矛

盾,该事物情况或事物的情况组合就是可能的。在此思想基础上,莱布尼兹进一步指出:“世界是可能事物的组合,现实世界就是由所有存在的可能事物所形成的组合(一个最丰富的组合)。可能事物有不同的组合,有的组合比别的组合更加完美。因此,有许多的可能世界,每一个由可能事物所形成的每一种组合就是一个可能世界。”^[3]

用莱布尼兹的“可能世界”的概念,就可以刻画必然性等模态词,因为只要规定一个命题是必然的当且仅当这一命题在所有的可能世界中都为真;而偶然性则表示只要有一个可能世界在其中这一命题为真。同样,类似地,“可能世界”这一概念也可以用以解释其他诸如道义、时态、认知等非经典逻辑的内涵语义。正因为如此,在20世纪50年代末至60年代,当代著名的逻辑学家克里普克^[4,5]、欣迪卡(J. Hintikka,芬兰逻辑学家、语言哲学家)^[6]等人根据莱布尼兹的“可能世界”观念,再进一步严格化、精确化,建立起完整的模态逻辑语义理论——可能世界语义学。自此,可能世界的观念渗透到了逻辑研究的各个领域,我们真正地可以从多元的角度去看待和探讨逻辑问题,其中自然也包括我们可以从认知的角度去探讨逻辑问题并建立各种认知逻辑系统。

1.2 认知逻辑发展简史

对认知逻辑的专门研究是20世纪40年代以后的事情。1947年,卡尔纳普(R. Carnap)发表了《意义与必然》(Meaning and Necessity)一书^[7],书中卡尔纳普讨论了带有“相信”和“断定”认知模态词的语句。这可能就是最早的有关认知逻辑的研究。

1948年,波兰逻辑学家耶西(Jerzy Zo's)发表了题为“多值逻辑与内涵涵项的形式”的重要论文,其中提出了关于信念逻辑的7条公理,从而使他成为信念逻辑的创始人。信念逻辑也成为认知

逻辑研究的重要内容。

从严格的意义上讲,1951年冯·莱特(G. H. von Wright, 芬兰哲学家)发表的《模态逻辑概要》一书^[8]才真正开启了认知模态命题逻辑系统研究的纪元。6年后,也就是1957年,美国逻辑学家科恩(L. Jonathan Cohen)发表了题为“间接引语的逻辑可以形式化吗”一文,对包括认知逻辑在内的一类模态词的逻辑分析进行了考察^[9],认为作为一种宽泛意义上的间接引语,构造各种认知逻辑具有十分重要的意义,可以避免使用间接引语时的语义悖论。这无疑为认知逻辑的研究提供了哲学基础。

作为一部认知逻辑方面的专著,1962年欣迪卡发表了著名的《知识与信念》一书^[6],为认知逻辑领域的发展奠定了坚实的基础。书中他将模型论方法运用于认知逻辑的研究之中,给出了认知逻辑的语义解释,从一种全新的视角来看待从模态逻辑到认知逻辑的对应转换问题,使认知逻辑发展到了一个新的水平。至此,认知逻辑研究趋于成熟,并开始为越来越多的人所重视。

20世纪70年代,围绕着认知逻辑的可能性问题,学术界展开了一场广泛而深入的讨论,霍丘特(M. O. Hocutt)发表文章“认知逻辑可能吗”,从而明确提出了认知逻辑是否存在的问题。其他像葛棣尔(E. L. Gettier)的“有据的真实信念就是知识吗?”的短文和薛雷辛格(G. N. Schlesinger)的《认知逻辑的范围》一书等,都对认知逻辑的有关哲学问题和研究范围作出探讨,并指出了认知逻辑进一步发展的方向^[10]。

到了20世纪80年代和90年代,将认知逻辑与其他非经典逻辑,特别是计算逻辑方面的研究相结合,成为认知逻辑的新趋势,并带动了认知逻辑的具体实际应用。比如,美国逻辑学家莫尔(R. C. Moore)关于知识与行为的逻辑研究^[11]、莱温斯基(H. Levesque)关于自知逻辑的研究^[12]、非单调认知逻辑^[13]、认知逻辑在分布式系统中的应用^[14]、量级认知逻辑^[15]、认知逻辑的缺省推