



扩展的三段论及自动推理



Expanded Syllogism
and Automatic Reasoning

张寅生 著

 科学技术文献出版社

张寅生(京)

张寅生 著

扩展的三段论及自动推理

张寅生 著

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

扩展的三段论及自动推理/张寅生著.-北京:科学技术文献出版社,2009.3

ISBN 978-7-5023-6318-5

I. 扩… II. 张… III. ①亚里士多德(前 384~前 322)-三段论-研究
②亚里士多德(前 384~前 322)-推理-研究 IV. B502.233 B812.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 034580 号

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话 (010)58882938,58882087(传真)

图书发行部电话 (010)58882866(传真)

邮 购 部 电 话 (010)58882873

网 址 <http://www.stdph.com>

E-mail: stdph@istic.ac.cn

策 划 编 辑 科 文

责 任 编 辑 张述庆

责 任 校 对 尹 升

责 任 出 版 王杰馨

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京密云红光印刷厂

版 (印) 次 2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 787×1092 16 开

字 数 282 千

印 张 19.75

印 数 1~1500 册

定 价 56.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

中国博士后基金会资助



中国科学技术信息研究所
知识组织与知识工程重点学科研究项目



科学技术文献出版社是国家科学技术部系统
唯一一家中央级综合性科技出版机构
我们所有的努力都是为了您增长知识和才干

(京)新登字130号

内 容 简 介

本专著着重论述了作者的三段论形式化研究和自动推理研究的最新进展和创新成果。

本书证明:亚里士多德三段论的特称量词的定义及其命题形式存在着两个违背同一律的逻辑错误——它将特称量词既定义为部分量词(不包括全集),又定义为不确定量词(相当于一阶逻辑中的存在量词,可包括全集);组成亚里士多德三段论的直言肯定命题的第二个项(后项)没有约束量词,这使得对这个项的量的理解存在歧义:它可能被解释为全部,也可能被解释为部分,也可能被解释为不确定量。为此,本书首先做了纠正这两个错误的工作:

——重新定义了部分量词、全称量词和存在量词,使得特称量词和包含特称量词的命题作为“部分”和“存在”的意义被区分,并用不同符号分别命名,同时,定义和解释了这3个量词以及包含这3个量词的命题的基本逻辑运算。

——对直言命题的第二个项(后项)加入了约束量词。

这两项工作构建了扩展的直言命题体系,由此构成了改进的三段论——扩展的三段论。继而:

对于扩展的直言命题体系及扩展的三段论进行了严格的数学分析,使上述命题形式和推理过程建立在数学模型基础上,这些模型决定了何以命名一个双约束量词的二元直言命题并进行逻辑运算,如何根据数学定理进行扩展的三段论推理。

改进了一阶形式语言,使扩展的三段论推理以及包括扩展的直言命题的其它形式的推理能够被一阶语言所接受,实现了扩展的三段论形式语言和一阶形式语言二者在数学基础上融合,从根本上消除了传统逻辑和一阶逻辑的分界限。

建立了扩展的三段论形式系统,从而论证了扩展的三段论的有效格式能够被计算机自动生成,并设计了面向应用的流程和算法。

本书认为:所谓的第三次数学危机实际上是首次逻辑学危机:逻辑学由于没有数学的准确定义使得逻辑规则失效——违背同一律。对于三段论的改进与对罗素悖论的改进其意义是一致的,都是先于逻辑准确定义逻辑的对象,这是解决逻辑危机的必由之路。逻辑原子主义应该承认,没有数学的逻辑学不可靠,将数学完全解释为逻辑学是不可能的。

序

逻辑学是一门古老而又年轻的科学。说它古老,因为它与人类思维一样久远。有记载的逻辑学历史可以追溯到距今约 2500 年前的以亚里士多德为代表的古希腊逻辑、古代中国以《墨经》为代表的名辩学说以及古印度的因明学说。说它年轻,因为逻辑学在当今探索心智奥秘的认知科学发展的背景下,在当代语言学、心理学、计算机科学、文化人类学、脑与神经科学以及哲学的发展中,仍然可以看到逻辑学所扮演的重要角色。有思维就有逻辑,因为认知神经科学的研究发现,以语言为载体的逻辑只不过是脑与神经系统语言加工的逻辑机制的体现。

逻辑学的发展,按照国际权威的划分,可以分为传统逻辑(traditional logic)、经典逻辑(classical logic)、经典逻辑的扩充(extensions of classical logic)与变异(alternatives to classical logic)、哲学逻辑(philosophical logic)、语言逻辑(logic and language)、科学逻辑(scientific logic)等形式。今后逻辑学的发展,我曾经预言可能在认知科学的新框架下形成认知逻辑(cognitive logic)新的学科群体。

亚里士多德三段论是传统逻辑的重要组成部分。三段论是关于命题常元 A、E、I、O 和词项变元的推理系统。

在三段论中,关于命题的质(肯定或否定)和量(全称和特称)是隐涵在 A、E、I、O 这 4 个命题常元之中的。虽然三段论在进行关于命题的质和量的推理,但它并没有独立的量词。这就是三段论的独特之处:它用最简单的方法来处理日常生活中应用最广的关于类的推理。

谓词逻辑建立以后,人们试图用一阶逻辑来重新解释三段论。一些中外逻辑学家曾经做过这样的尝试,他们用一阶逻辑重新构造了三段论系统,这应该没有什么困难,因为引入量词的一阶逻辑确实有很强的解释能力,它不仅能够描述算术系统,也能够描述日常语言

的语句,从而能够应用于日常语言的推理。

但这样做不是没有问题的。首先,三段论是一个充分自足的公理系统,它只须从第一格的 AAA 式和 EAE 式出发,辅以少数几个命题逻辑的定理,就可以推出全部 24 个有效式。用一阶逻辑建立的三段论系统,除了推理变得更加复杂之外,并不能够多推出一个定理。其次,三段论以自然语言为材料,它是自然语言逻辑的一种最有效的形式。虽然三段论推理也使用了 A、E、I、O 这样的逻辑常元,但众所周知,它们不过是“所有……都是……”(All ...are...)、“所有……都不是……”(No...are...)、“有……是……”(Some...are...)和“有……不是……”(Some...are not...)的自然语言语句的缩写而已。一阶语言的公式却并不是与自然语言对应的。例如,全称量词 $\forall$ 和特称量词 $\exists$ 并不是与自然语言中的“所有”和“有的”相对应。由此而生成的一阶语言的语句与自然语言的语句也就大相径庭。“所有金属都导电”这个语句翻译成一阶语言的语句是 $\forall x(M(x) \rightarrow C(x))$ ，“有的树木不落叶”翻译成一阶语言的语句是 $\exists x(T(x) \wedge \neg F(x))$ ，真是很不自然，很难理解。最后，三段论是可判定的，一阶逻辑却不是可判定的。我一直纳闷，为什么逻辑学家们非要把一个如此简单的逻辑系统变得如此复杂？为什么他们要用一种不自然的语言来解释自然语言？为什么他们非要把一个可以判定的逻辑系统变成不可判定的逻辑系统？

现代逻辑学家中，波兰逻辑学家卢卡西维茨是第一个坚持用亚里士多德本人的方法来解释亚氏三段论的人。1951 年，卢卡西维茨用现代逻辑的方法重建了亚里士多德三段论。卢卡西维茨说：“亚里士多德没有量词的明确观念并且没有在他的著作中使用它们；因而我们不能把它们引入他的三段论系统。”(卢卡西维茨著：《亚里士多德的三段论》，李真、李先焜译，北京：商务印书馆，1981 年，第 105 页)虽然卢卡西维茨的方向是对的，但他并没有获得成功，因为他并没有完全按照亚里士多德的两条公理(第一格的 AAA 式和 EAE 式)及相应的推理规则来构造系统，他使用命题逻辑的断定公式竟达 14 条之多！卢卡西维茨的这项工作备受指责，英国逻辑学家威廉·涅尔教

授和他的夫人玛莎·涅尔评论说,“如果当时有人告诉他(指亚里士多德——引者),他的理论预先假定了卢卡西维兹的第二同一律的话,那么很可能会大吃一惊而感到迷惑不解的。”(涅尔著:《逻辑学的发展》,张家龙、洪汉鼎译,北京:商务印书馆,1985版,第105页)此后,这个方向的努力似乎陷于停顿。

1987年,当我在中国人民大学哲学系做硕士学位论文时,在这个方向上取得了较好的成绩。我只用第一格AAA式和EAE式以及E命题换位3条公理,辅以命题逻辑的4个断定公式,证明了三段论的所有24个有效式,并证明了系统的一致性、完全性和公理间的独立性。这项成果以《一个与卢卡西维茨不同的亚里士多德三段论形式系统》为题发表(《哲学研究》,1988年第4期)。此后不久,我又解决了三段论的判定问题(蔡曙山:《词项逻辑和亚里士多德三段论》,《哲学研究》1989年第10期)。

斗转星移,时间到了2004年初,本书作者张寅生来到清华大学做博士后研究,选择我做他的博士后合作导师。他参加了我为博士生开设的现代逻辑课程,并多次参加我们的讨论。他对我在18年前所做的亚氏三段论形式化研究发生了兴趣,我也希望他能够在三段论自动推理的方向上继续推进这项工作。于是,三段论的形式化及自动推理成为他的博士后选题。

寅生勤于思考,勇于探索,对许多问题都有自己的独立见解。他从前的专业是计算机科学与技术,熟悉多种计算机语言。我当时就感到他做这个选题是合适的。在清华做博士后研究期间,他勤奋学习,努力工作,终于在短短两年多时间完成了这项工作。2006年,由清华大学计算机系张钹院士主持,对他的博士后研究工作进行了鉴定,评价为优秀。

博士后出站后,寅生到中国科学技术信息研究所工作。工作期间,他仍孜孜不倦于三段论的研究工作。《扩展的三段论及自动推理》一书就是他多年来辛勤劳动的结晶。

寅生对三段论的研究,有两个方面值得肯定,一个方面是三段论的形式化研究,另一个方面是三段论的自动推理。

在三段论的形式化研究方面,他既不认同亚里士多德本人、卢卡西维茨和我本人以 A、E、I、O 为逻辑常元的研究路线,也不认同其他逻辑学家以 $\forall$ 和 $\exists$ 为量词的研究路线,而是独立思考,另辟蹊径,从对量词的批判入手,以全称、部分和存在三种量词来构造三段论,这样就使得他对三段论的理解与其他人的理解不尽相同。在此基础上,他建立了自己的“扩展的三段论”系统,并认真研究了该系统的基本特征、有效格式、形式系统以及系统的可靠性、一致性和完全性。此外,他还研究了一阶语言对三段论的表示及可能的改进。

在三段论的自动推理方面,他以自己的扩展三段论为基础,研究了三段论自动推理的算法复杂性,并开发了三段论自动推理系统。寅生在以上两个方面的工作都是独创的,取得的成绩也是可喜可贺的。

我常常在思考,人和其他动物有什么不同?今天的人与过去的人又有什么不同?对第一个问题,我的答案是,人能够使用符号语言;对第二个问题,我的答案是,人能够发明并改进工具。其实这两个问题都与逻辑学有关。逻辑是什么?逻辑是思维和认知的工具。工具不只有一种,工具也从来不是一成不变的。逻辑从古到今已经改变了很多,已经革新了很多。在人类今后的思维和认知实践中,它还会得到不断的革新。

望寅生在今后的工作中取得更多的成绩。

国际逻辑学方法论和科学哲学联合会协理
清华大学心理学与认知科学研究中心主任

蔡曙山

于清华园明斋

前言

§ 1

古希腊学者亚里士多德(公元前 384—公元前 322)在其一生中发现和创造了诸多珍宝和奇迹,像他的弟子亚历山大大帝(公元前 356—公元前 323 年)一样征服了世界。亚里士多德的重要成就之一是三段论——就人类思维规律而言,他发现了三段论;就若干规则和人类尚未完全应用的思维形式而言,他发明了三段论。

三段论是人类基本的推理形式之一,在思维、计算等智能领域具有重要作用,并被持续不断地研究至今。

亚里士多德三段论举例如下:

所有的金属都是导体;
部分固体是金属;
所以,部分固体是导体。

这是所有正常的人随时随地都使用的推理规则。

亚里士多德确立的三段论形式和推理规则是人类史上第一个形式公理系统——它能够以少量命题和规则推导出符合某种形式要求的无数命题。正是从亚里士多德三段论开始,哲学家和数学家共同产生了一个梦幻:用形式公理系统证明或推导出所有的数学命题!在其直接影响下,欧几里得(公元前 300 年前后)建立了第一个数学公理系统——一个证明了当时他所知晓的几乎所有纯数学命题的“数学空间”。

两千多年来的追梦行动悲喜交加。在 20 世纪上半叶,歌德尔证明,这样一个系统其功能上将是不完全的——不可能证明符合系统形式要求的所有命题,如果这个系统的命题都是相互协调的(无矛盾的)。至此,元数学似乎划上了一个阶段性的句号。

人们一直把亚里士多德三段论视为衡量包括数学在内的各学科中的命题是否正确的圭臬,但是,数学和逻辑学却忽略了另外一个问题:亚里士多德三段

论自身的合逻辑性是否得到了充分的证明？换言之，三段论本身作为形式系统描述命题的工具是可靠的吗？元数学始终在关注形式系统对系统外的命题的处理能力——对于系统外命题证明的完全性、可靠性以及所证明的命题的一致性，但是，在形式系统内已经形式化为一个形式的多个命题在逻辑和数学意义上是同一吗？

§ 2

本书研究的出发点是关于亚里士多德三段论的两个基本问题：

第一个问题：特称量词的定义包含自相矛盾的逻辑错误吗？这个问题的详细解释如下。

构成亚里士多德三段论的关于两个项 A 和 B 的特称肯定直言命题被(汉语)解释为：

$$\text{有 } A \text{ 是 } B \tag{1}$$

或被解释为：

$$\text{有些 } A \text{ 是 } B \tag{2}$$

特称否定直言命题被(汉语)解释为：

$$\text{有 } A \text{ 不是 } B \tag{3}$$

或被解释为：

$$\text{有些 } A \text{ 不是 } B \tag{4}$$

一阶逻辑将上述特称肯定和否定直言命题被分别解释为：

$$(\exists A)B(A) \tag{5}$$

以及

$$(\exists A) \neg B(A) \quad (6)$$

$(\exists A)$ 读作“存在 A”。

在(1)—(6)命题形式中,特称量词被解释为“有”、“有些”和“存在($\exists$)”。现在的问题是:

命题形式(1)和(2),即用“有”和“有些”约束量词构成的特称肯定命题形式的两种不同解释,是矛盾的吗?

命题形式(5)和(2),即用“存在”和“有些”约束量词构成的特称肯定命题形式的两种不同解释,是矛盾的吗?

命题形式(3)和(4),即用“有”和“有些”约束量词构成的特称否定命题形式的两种不同解释,是矛盾的吗?

命题形式(6)和(4),即用“存在”和“有些”约束量词构成的特称否定命题形式的两种不同解释,是矛盾的吗?

上述问题可归结为一个问题(第一个问题):特称量词的定义和解释是自相矛盾的吗?

第二个问题:为什么在思维中和一阶语言形式上允许直言命题陈述“若干 A 是若干 B”,但是亚里士多德三段论却不允许这种形式存在?进一步地,允许或不允许这种形式存在的逻辑结果如何?

为解答这两个基本问题进行的综合研究构成了本书的主要内容。

这里所说的综合研究,是指对这两个问题所涉及的在不同领域必须要解决的问题进行的研究,以及应用不同领域所提供的方法和结论所进行的研究。这种跨学科研究是由于这两个问题引导的,其研究的基本脉络如下。

首先在语言学领域,对不同自然语言(汉语、英语)的特称量词定义进行了辨析,进而给出准确的、符合语言学规则的术语定义。

同时进入逻辑哲学领域,研究量词的本意和定义原则是什么。

上述工作解答了第一个问题:特称量词定义及其命题形式存在违背同一律的逻辑错误:一方面它将特称量词定义为部分量词(不包括所指称对象的全集),即解释为汉语的“有些”,另一方面它又将特称量词定义为不确定量词(相当于一阶逻辑中的存在量词,可包括所指称对象的全集),即解释为汉语的“有”,“存在”(长期以来英语逻辑学对特称量词的解释同样违背了逻辑同一律,详见本书第5章)。这一逻辑错误持续两千多年延续至今,暴露了亚里士多德三段论的一个不完善性。

上述工作也解答了第二个问题:组成亚里士多德三段论的直言肯定命题的

第二个项(后项)没有约束量词,这使得对这个项的量的理解存在歧义:该项的量可以被解释为全部,也可以被解释为部分,也可以被解释为量不确定。质言之,它进一步揭示了亚里士多德三段论的另一个不完善性:它不能明确表示一个项在命题中的数量意义。

得出特称量词定义及其命题形式存在逻辑错误这样一个结论是令人吃惊的——因为这一错误是太普遍存在的错误,持续太久的错误,诸多重要的逻辑学家和数学家所曾犯过的错误。

犯这个错误的名单包括:逻辑学奠基人、三段论创始人亚里士多德,对近代文明影响重大的《大英百科全书》,亚里士多德三段论形式系统的近代创立者、多值逻辑发明人卢卡西维茨,数学家汉密尔顿,德国古典哲学创始人、逻辑学学科命名者康德,数理逻辑创始人、二进制的现代解释者、微积分的发明人之一莱布尼茨,文恩图的发明人、数学家文恩,分析哲学、逻辑原子主义的重要创始人、诺贝尔奖获得者罗素。他们将特称量词或者解释为“部分”,或者解释为“存在”,或者将特称量词既解释为“部分”,又解释为“存在”。

而对于第二个问题,即亚里士多德三段论直言命题的后项缺少约束量词的问题,虽然一阶语言允许任何项进行量词约束,但是一阶语言始终没能对亚里士多德三段论直言命题的后项给予量词约束的改进或解释。一阶语言在描述能力上被认为是当前最强的逻辑语言,并且是最通用的逻辑编程语言,但是它仍然不能将亚里士多德三段论直言命题完全纳入一阶语言之中。它由于不将亚里士多德三段论直言命题后项进行量词约束,因而不能使亚里士多德三段论直言命题成为一阶语言的语句(构成一阶语言理论的基本单位——语句要求没有自由项),并且它不独立地表示亚里士多德三段论直言命题后项与系词,而是用一个字母既表示系词又表示项,这严重违背了形式化基本原则和一阶语言的基本特征,导致它不能与将谓词和项单独表示的一阶语言环境进行兼容。显然,一阶语言绕开了亚里士多德三段论直言命题,或者至少回避了需要一阶语言攻克的亚里士多德三段论直言命题这一传统逻辑的局限性堡垒。一阶语言有优势洞穿亚里士多德三段论的这个弊病,但是一阶语言却未给出解决方案,这使得一阶语言和亚里士多德三段论之间产生了鸿沟。

质言之,长期以来我们以亚里士多德三段论作为数学证明论的一个基本工具和逻辑学的基石,并用它来证明其它命题是否是正确的、合逻辑的,却原来我们所用的证明工具包含着逻辑错误,它使证明者的证明陷入了逻辑陷阱;当被誉为具有最高智能的逻辑程序语言(基于一阶逻辑的逻辑编程语言)在每秒运算若干亿次的计算机上进行自动推理时,它仍然不能发现和纠正传统逻辑(亚

里士多德三段论)的错误并对其进行解释或改进,而是沿袭这个错误,并将其量词的一部分意义(或者可以认为是量词意义中两种看法中的一种)断章取义地拿到鸿沟的此岸世界进行自圆其说地表达和运行,使现代逻辑与传统逻辑相隔离。进一步而言,这两个问题的解决,相当于对 § 1 所列的所有问题都给出了否定的答案。

读者可能对本书的这一结论不以为然,但是阅读完本书将会对这一核心问题得出自己的判断——得出与本书一致的结论可能更需要对权威的勇气。

在得出这两个结论后,后续的研究首先是为纠正这两个逻辑错误进行的三段论的完善和拓展工作,即建立扩展的直言命题形式及其推理、自动推理的逻辑、方法和技术。

首先建立了新的量词及其命题的体系,包括部分量词、全称量词和存在量词的命题形式——扩展的直言命题,并且命题的后项是可约束的。

扩展的直言命题的基础是使量词及其包含量词约束的命题成为逻辑和数学可运算的,由此进入数学领域,运用集合论给出了量词表述的对象集合的基本量化分析模型;运用概率论定义了集合关系模式的随机事件样本;运用组合数学方法,以对象集合关系模式的随机事件样本组合方案作为量词定义模型。这些方法奠定了新的量词及其命题定义的数学基础。

为使扩展的三段论产生有效的结论(实现推理),本书给出了根据扩展的直言命题中两个项所表示的对象的集合的关系模式样本组合,求取量词、谓词和项从前提到结论的映射模型。这是扩展的三段论推理的数学基础。

为研究扩展的三段论推理的形式化和系统化,本研究进入元数学领域和数学哲学领域,分析了形式系统的原理、结构和功能,建立了扩展的三段论形式系统,以证明扩展的三段论有效格式,并进入生成转换语言学和自动机理论领域,设计了基于生成转换语法和自动机文法的扩展的三段论形式系统,从而在理论上证明,一个扩展的三段论有效与否是可以机械化地证明的。

为实现扩展的三段论形式系统的运行,本研究进入计算机科学与技术领域,分析了扩展的三段论形式系统的算法复杂性,并设计了自动进行扩展的三段论推理的流程和算法,从而在技术上设计了扩展的三段论自动证明的实现方案。

为使扩展的三段论能够被一阶逻辑解释,本研究改进了一阶逻辑,使得扩展的直言命题能够被一阶逻辑解释。

这些工作解答了上述两个问题,即纠正了亚里士多德三段论的存在了 2000 多年之久的两个逻辑错误,消除了它的不完善性,给出了不含有逻辑错误的、完

善和可靠的形式。所说新的三段论形式不含有逻辑错误,是指量词和直言命题后项的量的意义是没有歧义的;所说新的三段论形式是完善的,是指量词表示的对象集合的数量状态样本(“部分”、“全部”、“不确定”)是完全的,即它包括了所有的两对象集合关系模式样本,并且,给出了当前自然语言对这些样本的所有量词表示。

此外,上述的交叉学科研究导致了多领域的创新。

它改进了传统逻辑,并使传统逻辑和一阶逻辑的量词及其所约束的命题的表述和推理能够基于量词表述的数学模型以及三段论的从前提到结论的量词映射数学模型进行,因此它给出了传统逻辑和一阶逻辑的三段论推演的数学基础。

它改进了一阶逻辑,使得一阶逻辑能够解释传统逻辑——亚里士多德三段论的量词、命题和推理规则,换言之,它使得一阶逻辑完全可以解释包括部分量词在内的传统逻辑量词及其命题,并且传统逻辑命题的任意项都允许得到量词约束,可以构成一阶语言理论。在这个意义上,传统逻辑和一阶逻辑的改进是桥梁,它使得一阶逻辑和传统逻辑(亚里士多德三段论的量词、命题和推理规则)之间的鸿沟得以连接,二者的界限消失。

上述工作进一步证明,逻辑原子主义将数学逻辑化的企图是不可能的,原因在于必须对逻辑的对象以数学方法模型化才能使逻辑建立。这个原因还可以表述为:逻辑的本质是对象的排列和组合的某种规则,而对对象需要数学进行定义——量词与解决罗素悖论的类型一样,都是命题形式在逻辑推导前需要进行数学定义的。没有准确的数学定义,陈述关于对象的命题及其推导可能遭遇违背同一律的困境。因此,在数学定义前的逻辑是危险的,或者说,先于数学的逻辑是危险的,这是第三次数学危机——在本质上是逻辑学危机——的教训。

上述逻辑的创新导致了一个不同于 Horn 逻辑的基于一阶语言自动推理方法。它说明,存在着若干一阶语言命题,它们的自动推理(从前提命题到结论命题)可以不通过 Horn 逻辑进行,即:存在一种一阶语言推理方法,它在谓词逻辑基础上即可以实现推理,而不是基于命题逻辑推理。换言之,这种一阶语言推理方法不需要给出任何原子命题前提和原子命题结论构成的蕴涵式,就可以断言一个结论,因为两个前提的量词、项和谓词逻辑地构成(映射)了新的(结论的)量词、项和谓词,这一新的(结论的)量词、项和谓词构成了新的命题,而非像 Horn 逻辑推理那样仅仅获得蕴涵式中的结论。这种基于谓词逻辑的一阶语言自动推理基于少量的规则,这些规则可以实现三段论(扩展的三段论)所有合法命题样本空间内有效命题的推理,原因在于这种推理可以通过建立形式系统实现。

本书关于形式系统的创新在于,它给出了一个将形式系统设计成为与基于乔姆斯基文法的自动机同构的模型:二者都有字母表、规则集合,形式系统所需要证明的命题可以作为自动机的生成语言加以生成或识别。进一步地,亚里士多德三段论和本书建立的扩展的三段论均可以通过自动机实现(定理)自动证明。同时,亚里士多德三段论形式系统可以通过传统的三段论推理规则构成形式系统推理规则和断定命题,而可以不将亚里士多德三段论的部分有效结论作为形式系统推理规则和断定命题,换言之,亚里士多德三段论所有的有效结论都是被证明的对象能够得以证明,而非以部分有效结论为前提证明其它有效结论。扩展的三段论是弥补了亚里士多德三段论不完善性的三段论,它的结论也是可以通过形式系统加以证明的。这种基于乔姆斯基文法的形式系统在机械特性上是能行的,它在理论模型上证明了亚里士多德三段论和扩展的三段论都是当前的计算机能够进行自动证明的。

上述工作将引导读者走进哲学、数学、语言学、计算机科学4个学科中的12个领域(逻辑哲学、传统逻辑、数理逻辑,元数学、离散数学、组合数学、概率论,生成转换语言学、应用语言学,自动机和算法理论、人工智能、计算机应用技术),共同创造一个完善的三段论——扩展的三段论,并在计算机上实现扩展的三段论的自动推理;进一步地,对当前描述功能最强大的可编程逻辑语言——一阶语言进行改进,以建造一个连接传统逻辑和现代符号逻辑鸿沟的桥梁和在计算机上可对两者进行一体化自动推理的引擎!

§ 3

在本书出版之际,作者谨向帮助、指导作者学习相关知识和进行本题目研究的老师致以真诚的谢意。他们是:原双鸭山市第十二中学余晓园老师,她是第一个教授作者数学证明论的教师;原双鸭山市第一中学特级教师周雪平先生,他是第一个教授作者逻辑学的教师;中国人民大学刘大椿教授,他指导了作者在博士论文中论述了关于三段论研究的若干重要结论;中国社会科学院金吾伦研究员、中国人民大学刘晓力教授、北京航空航天大学韩立岩教授,他们评审了博士论文并提出了相关研究的改进意见;清华大学蔡曙山教授,他是作者博士后研究题目三段论自动推理的合作导师,尤其在三段论研究史、形式系统理论、逻辑前沿方面给予了作者重要的指导和帮助,作者在此基础上完成了《三段论自动推理的逻辑研究》博士后出站报告;中国科学院院士、清华大学计算机系

张钊教授,他作为评审委员会主任主持了作者的博士后科研工作评审;中国社会科学院邹崇理研究员,他作为评审委员对作者的博士后科研工作进行了评审;清华大学陆玫教授,她在作者学习数理逻辑和集合论、图论和代数结构时给予了很大帮助;中国科学技术信息研究所乔晓东研究员,他在本题目的最后研究阶段给予了重要的帮助和支持。

本研究的一部分——主要是扩展的三段论的有效格式推理规则部分是在中国博士后科学基金资助下完成的(编号:2005038062)。

作者欢迎读者指正。

作者联系方式:zhangyinsheng@istic.ac.cn

zhangyinshengnet@sina.com

张寅生

2008年8月

于北京