

逻辑学及其应用研究



第四届全国逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议论文集

汪学明 主编

贵州民族出版社



逻辑学及其应用研究

第四届全国逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议论文集

汪学明 主编

贵州民族出版社

图书在版编目(CIP)数据

逻辑学及其应用研究——第四届全国逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议论文集/汪学明主编. —贵阳:贵州民族出版社,2009.12

ISBN 978 - 7 - 5412 - 1747 - 0

I. ①逻… II. ①汪… III. ①逻辑—文集②人工智能—文集③信息技术—文集
IV. ①B81 - 52②TP18 - 53③G202 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 225129 号

逻辑学及其应用研究

——第四届全国逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议论文集

主 编	汪学明
责任编辑	龙映红
封面设计	吴婧瑶
出版发行	贵州民族出版社
印 刷	贵阳经纬印刷厂
开 本	787 × 1090mm 1/16
字 数	180 千字
印 张	9.75
版 次	2009 年 12 月第 1 版
印 次	2009 年 12 月第一次印刷
定 价	38.00 元
书 号	ISBN 978 - 7 - 5412 - 1747 - 0

前 言

贵州制约逻辑学会、贵州省科学技术协会、贵州省社会科学界联合会主办,贵州大学、贵州人民武装学院、贵州毕节学院承办的第4届全国性逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议2008年在贵阳召开。来自全国各地高等院校、科研院所的专家学者和研究生聚集一堂,将各自研究的逻辑系统构造、智能科学、信息科学方面的最新成果进行展示、交流和研讨。本书是第4届全国性逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议(CLSISIT 2008)论文集。书中共收集逻辑系统、智能科学与信息科学等领域的研究论文29篇,内容涉及形式逻辑、数理逻辑、非经典逻辑、法律逻辑、逻辑思维、自然语言理解、神经网络、机器人设计、安全协议形式化分析、密码学及其应用等诸多研究领域。

随着逻辑科学、智能科学与信息科学的不断发展,瞄准研发新一代智能计算机的历史使命,许多学者在逻辑学、智能科学与信息科学研究中取得了可喜成绩。为加强横向联系,以实现学界共同进步、共同发展,以了解当今逻辑学、智能科学与信息科学发展新动向,拓展逻辑学、智能科学与信息科学研究范围为宗旨,在省科协和省社科联的大力支持下,1990年8月,贵州制约逻辑学会和贵州省逻辑教学研究会成立,这是一个跨文、理、工科的综合性学术组织。2005年至2007年,贵州制约逻辑学会连续3年成功举办3届全国性逻辑系统专题学术会议。

第4届全国性逻辑系统、智能科学与信息科学学术会议既为研究逻辑、智能科学与信息科学以及相关领域的全国各地学者、研究人员提供了一个多学科交流、研讨和报告他们最新研究成果的良好机会,同时也扩大了制约逻辑学术研讨的影响力。专家们就逻辑系统的构造、特征与应用、智能科学、信息科学的研究路线、方向和新成果应用进行广泛深入的研究和探讨。本次大会共收到来自全国各地提交的相关论文120余篇,经专家评审录用了68篇。

我们衷心感谢所有向本次会议投稿的作者对会议的关注与支持;感谢程序委员会的所有成员,他们为从众多的稿件中选出更具代表性的论文参加会议交流付出了很多劳动。我们还要感谢会议的主办单位贵州大学计算机学院、人文学院的老师和研究生,他们在本次会议的筹备和组织安排上默默地工作。正是由于各方的共同努力,使本次会议得以顺利举行。最后,还要感谢贵州民族出版社责任编辑龙映红女士,她为本次论文集的出版做了大量细致和繁琐的工作。本论文集的出版得到了贵州民族出版社的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。

目 录

I. 逻辑系统及其应用

论代数、逻辑和智能系统之间的对应关系	孙兆豪 李 昂 刘坤起 解建军(1)
基于哲学本体论的真值演算系统——实现计算机理解自然语言的逻辑方法	万继华(7)
内涵逻辑的对象理论建构	聂文龙(14)
基于 ALC 的扩展描述逻辑 ALC^+	文 斌 甘健侯 夏幼明 徐天任(20)
命题逻辑的文氏图方法	陈勇明 王 璐(25)
命名实体识别与提取分析	董俊林 聂 伟 杨君英 张春炉(30)
论思维语言假说	宋 荣 高新民(34)
逻辑代数的集合图方法的注记	陈勇明 谢海英(40)
模糊逻辑对地产商土地选址 KPI 因素的分析	李成杰(42)

II. 智能科学及其应用

基于蚁群算法的移动机器人路径规划技术的研究	刘 杰 闫清东(46)
基于训练序列的 OFDM 同步算法的改进	肖 俊 毕光国 张在琛(51)
智能组卷的扑克发牌算法研究	杨 滨 李 东 罗 兵(56)
基于字段匹配的 CRM 数据挖掘算法与应用	张乃岳 张 力 张学燕(61)
系统认知观探索	张晓锐 李敏勇 刘 忠 张 萌(65)
OWL-S 服务的 Petri 网自动建模方法研究	王凤娟 马炳先 曲守宁(70)
轮式移动机器人路径跟踪问题的一种简化算法	沈 杰 方 潇 刘建平(77)
某新型指控系统效能综合评估的模糊理想点法	张永久 成 跃 李立军 陶灵娟(84)
不精确数据的相似度计算	吴志雄(89)
对称矩阵非齐次特征值的敏感性分析	王丽娟 谷根代(92)

III. 信息科学及其应用

基于 IEEE802.15.4a 标准的超宽带 RAKE 接收机性能研究	吕 云 张在琛 毕光国(97)
基于 OpenCV 的运动目标检测算法的实现	王 强 刘建丽(102)
数据库技术在自动测试系统中的应用	贺雅楠 杨东凯(108)
交错时序认知逻辑在安全协议中的应用	冯荷飞 曹子宁(115)
基于 SVO 逻辑的电子商务协议非否认性形式化分析	崔 楠 汪学明(119)
一种改进的含离线可信第三方多方不可否认协议	王运敏 汪学明(125)
IP 网络中智能网呼叫模型支持多媒体服务的研究	雷 鸣 汪学明(131)
关于木马攻击及防范技术的研究	任瑞芳 汪学明(136)

IV. 其他

谓词逻辑中有关函数及其部分性质的形式描述 陈其楼 潘正华(140)

Generation of superpositions of arbitrary multi atom dicke states entanglement via adiabatic pas-
sage Shu Jing , Liu Zhong, Xie Ren hong, Shu Feng, and Han Yu bing(145)

论代数、逻辑和智能系统之间的对应关系

孙兆豪¹ 李 昂² 刘坤起³ 解建军¹

1. 河北师范大学数学与信息科学学院计算机系 石家庄 050016 zhsun@ieee.org

2. Mathematics Department, University of California, Riverside, CA 92507, USA

3. 石家庄经济学院 信息工程学院 石家庄 050031

摘 要:代数与逻辑的关系在数学中是众所周知的,逻辑与智能系统的关系在计算机科学中已有深入的研究,但代数、逻辑和智能系统的统一的对应关系在计算机科学教学和研究中尚未引起注意。本文将通过研究代数、逻辑和智能系统的对应关系,建立它们的统一模型来填补上述缺陷。本文提出的方法将有利于计算机科学和人工智能中的逻辑学以及智能系统的研究与教学。

关键词:逻辑;代数;智能系统;专家系统;知识库系统;人工智能

0 引言

代数与逻辑的关系在数学中是众所周知的。代数与逻辑在数学中相互影响,相互促进。例如,Printer 利用代数逻辑方法研究了 Lindenbaum 代数的结构^[1],王国俊给出了一阶逻辑完备性定理的代数证明^[2],裴道武讨论了形式系统 $L \sim *$ 的推理及强完备性问题^[3]。何华灿研究了泛集合、泛逻辑和泛代数的关系^[4]。

逻辑与智能系统的关系在计算机科学中已有深入的研究。黄志鑫指出人工智能的成就与逻辑的发展不可分,并将会促进逻辑的进一步发展^[5]。白振兴研究了人工智能的泛符号机制的思想与理论^[6],Truemper 研究了基于逻辑的智能系统的设计问题^[7],戴汝为研究了基于逻辑的人工智能到社会智能的脉络^[8]。但代数、逻辑和智能系统的统一的对应关系尚未引起注意。这导致了人们在认识上难以形成一个完整的观点,全面地把握三者之间的内在联系。本文将通过研究代数、逻辑和智能系统的对应关系,建立它们的统一模型来填补上述缺陷。本文首先探讨代数与逻辑的关系及逻辑和智能系统的关系,然后提出关于代数、逻辑和智能系统的一种 1-1 对应关系,最后提出它们的统一模型。本文提出的方法将有利于计算机科学和人工智能中的逻辑学以及智能系统的研究与发展。

1 代数和逻辑系统

代数是数学中一门古老的学科,它也是现代数学的一个重要分支。代数也称为代数结构或代数系统。代数系统作为现代数学的一个重要而基础的研究分支,主要采用代数的方法从研究对象中抽象出一般的数学模型并探索其规律、性质和结构。常见的代数系统主要研究群、环、域、格及布尔代数等结构,他们是对一些具体应用高度抽象的结果。

代数不仅操作通常的数,而且研究和处理符号、变量和集合的元素。从这一点来看,代数和现代计算机很相似,因为计算机也操作和处理通常的数、符号、变量和集合的元素,但计算机处理的信息的规模要比代数大的多,复杂的多。因此,我们可以断言,代数可以看做是计算机科学的理论基础之一,而计算机可以看作“代数工程化”的一个结果。

代数可划分为初等代数,线性代数,抽象代数(也叫近世代数,包含群、环、域等代数结

构),泛代数,数论,代数几何和代数组学等。但是,它的本质的特征是:代数系统由一个非空集合和若干定义在该集合上的运算组成^{[9][10]}。运算的若干性质决定了该代数系统或结构的特征,比如,群、环和域。因此代数系统可以简单的表示为:

$$\text{代数系统} = \text{集合} + \text{运算} \tag{1}$$

但如此我们看不到代数与逻辑的对应关系。然而,逻辑代数(又称布尔代数)却改变了我们的习惯思维。因为从名字上看,我们已看到代数与逻辑的密切关系。

逻辑代数是真值的逻辑演算,由 George Boole 在 19 世纪中期引入。逻辑代数是一个抽象的代数系统,该系统可以用于计算机科学和表示集合之间的关系。逻辑代数满足代数的基本特征(1)。逻辑代数推动了现代数理逻辑(命题逻辑和一阶谓词逻辑),从而是数理逻辑的一个重要组成部分。

数理逻辑使用数学符号语言的方法研究数学中的推理过程的科学,它主要包含命题逻辑和一阶谓词逻辑^[11]。从理论上讲,命题逻辑和集合论是逻辑代数的一种特例;换句话说,数理逻辑是逻辑代数。与命题逻辑不同的是,谓词逻辑中引入了两个量词:存在量词和全称量词,从而增加了它对自然语言中的知识表示能力。数理逻辑是数学的一个分支,它从符号逻辑发展起来。现代数理逻辑包含模型论、证明论、集合论、递归论等。数理逻辑的研究促进了人们对数学基础的理解。然而,本质上来看,数理逻辑像代数系统一样,主要由两部分组成:逻辑语言和逻辑推理。即:逻辑 = 逻辑语言 + 逻辑推理 (2)

逻辑语言由若干字符或字符串组成,从而逻辑语言可以看作是一个非空集合。逻辑推理可以看做是逻辑演算,而逻辑演算又可以看作为利用推理规则对字符和字符串(命题、谓词或合适公式)的运算。因此代数和逻辑通过(1)和(2)建立了一一对应的关系,如图 1 所示。

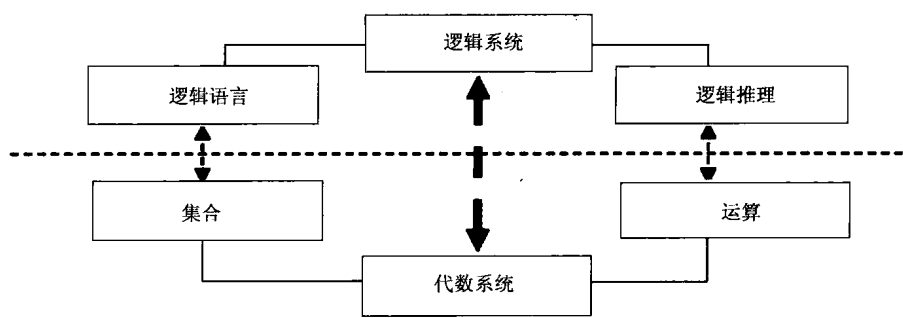


图 1 代数系统与逻辑系统的一一对应关系

数理逻辑家 Peirce 认为逻辑的研究实质上是代数到逻辑的一场“类推(analogy)”,这种“类推”的前提,就是对代数中的符号的选择。命题逻辑和布尔代数之间关系正是如此。命题逻辑是一个与布尔代数有密切联系的逻辑系统。它把 1 和 0 分别解释为命题的真和假,令变元只取 1 和 0 为值,即令其为二值的真值变元,并把 $\vee$ 和 $\wedge$ 解释为真值运算,从而得到一种对命题真值运算的真值代数,这与布尔代数的规则是一致的。

布尔代数中语法的概念在翻译到命题逻辑中只有轻微的变化,在记号和术语上,命题逻辑语义的定义是通过把布尔代数的等式对应到命题逻辑的重言式。在语法上,每一个布尔术语对应到一个命题逻辑的公式。布尔代数和命题逻辑的转换可以按如下规则进行:布尔变量的 $X, Y \cdots$ 成为命题的原子 $p, q \cdots$ 布尔术语如 $X \vee Y$ 成为命题公式 $p \vee q$, $X \wedge Y$ 成为命题公式 $p \wedge q$, 0 成为假, 1 成为真。

因此,从工程意义上讲,逻辑是代数工程化的结果。从计算机科学的角度来讲,逻辑更接近于计算机科学的基础或逻辑与计算机科学具有更加密切的关系。因此,在下一节我们探

讨逻辑与计算机科学,特别是智能系统的关系。

国际上有一个著名的期刊“Algebra and Logic”,该杂志由 Springer 出版并发表近世代数和逻辑的高水平的论文,包括逻辑中的层次集合、逻辑自动机和递归函数。可见代数和逻辑在目前的研究中仍然具有密切的关系。

2 逻辑系统和智能系统

逻辑在计算机科学中引起重视,不仅源于现代计算机早期的逻辑电路的设计,而且源于随着计算机的研究与发展及其日益增加的广泛应用,后者促进了人们对知识及其表示的重视,并导致人工智能、专家系统、知识库系统的相继出现。数理逻辑作为一种知识表示和知识推理的技术,在人工智能、专家系统和知识库系统中发挥着重要的作用。目前,在传统的数理逻辑基础之上,计算机科学工作者又发展了许多不同的非传统逻辑,例如非单调逻辑、缺席推理、限定理论、概率逻辑、模糊逻辑等^[12],以改善计算机对自然语言中的数据、信息、知识和经验的表示以及对现实世界中的问题求解能力^[13]。但计算机科学当中的逻辑仍然包含两个部分:逻辑语言和逻辑推理。虽然,在某些领域当中,诸如专家系统和知识库系统,人们强调语言和知识的作用;而在其他领域,诸如自动定理证明和决策理论,人们强调推理或问题求解的作用。这两种思想在计算机科学中以专家系统和知识库系统的形式得到集成。换句话说,逻辑的计算机工程化成为专家系统、知识库系统和智能系统。

智能系统或人工智能源于图灵 1950 年在《计算机器与智能》中提出“机器能思维吗?”,从而开始了人类对机器智能的研究。1956 年在美国举办的“如何用机器模拟人的智能”学术会议正式使用“人工智能”术语,成为这门新的研究领域诞生的标志。人工智能(Artificial Intelligence)被界定为是研究如何构造智能机器或智能系统,使它能模拟、延伸、扩展人类智能的学科^[14]。随着计算机的发展,人工智能取得了很大成就,文献[5]指出 20 世纪中期以来人工智能所取得的成就动力主要来源于逻辑学,逻辑为人工智能提供了根本性的观点与方法,并促成了人工智能研究中最主要派别逻辑主义 AI。逻辑学本身也在与人工智能的结合过程中获得了自数学公理化、形式化运动以来的又一次全新发展,更有论者认为“人工智能将是 21 世纪逻辑学发展的主要动力源泉,并且在很大程度上将决定 21 世纪逻辑学的面貌”^[4]。

2000 年,曾任美国数学会主席的斯梅尔又向全世界数学家提出了 21 世纪需要解决的 24 个数学问题,其中的第 18 个问题是:“人类智能的极限和人工智能的极限是什么?”并且指出这个问题与哥德尔不完全性定理有关。哥德尔不完全性定理是为了解决 1900 年希尔伯特提出的 20 世纪需要解决的 23 个数学问题之一所得的数学结果。哥德尔不完全性定理被认为是 20 世纪人类在数学和逻辑领域最伟大的智力成就之一。哥德尔定理告诉我们:在任何包含初等数论的形式系统中,都必定存在不可判定命题。有了图灵机概念之后,它的一个等价命题是,任何定理证明机器都至少会遗漏一个真的数学命题不能证,这就是数学的算法不可穷尽性。这一性质被许多人用来作为“在机器模拟人的智能方面必定存在着某种不能超越的逻辑极限”的论据。那么,哥德尔定理与人工智能的极限之间究竟有什么关系?

六十年代中后期,人工智能研究者对知识在智能系统中的重视导致专家系统的出现。专家系统是为了模拟和实现人类专家在某一特定领域中的专家的知识和问题求解的能力而开发的智能系统。专家系统的一种形式是基于规则的专家系统,它主要由两部分组成:知识库和推理机。即:专家系统 = 知识库系统 + 推理机 (3)

知识库由规则和事实组成。规则是专家系统中表示领域知识的一种广泛使用的方法。规则通常由“IF...THEN...”的形式表示,事实往往表示知识库当中知识的性质或关系。推理机是某种传统推理规则或范式的计算机实现,它操纵知识库中的知识并对知识实施推理,因此知识库可以看做是逻辑语言的一种计算机工程化,推理机是逻辑推理的计算机工程化,从而智能

系统和逻辑也存在着一一种一一对应的关系,如图 2 所示。

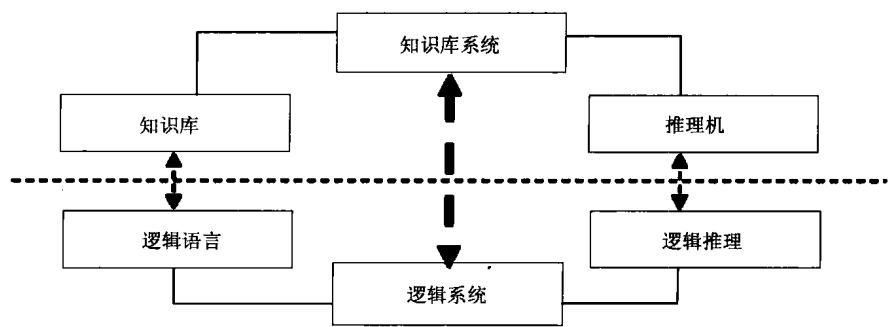


图 2 逻辑系统和知识库系统的一一对应关系

智能系统、专家系统和知识库系统在许多情况下是被认为是相同的概念,不同的学者使用其中之一术语来探讨应用人工智能中的原理、技术和方法开发的应用系统,实际上这三个系统存在着一种包含关系,如图 3 所示。

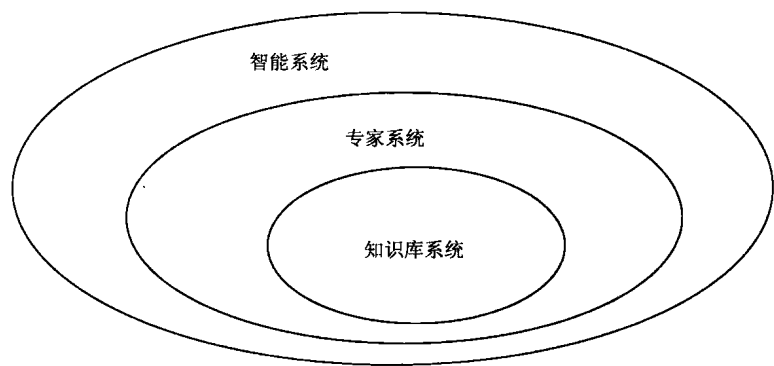


图 3 智能系统、专家系统和知识库系统的包含关系

智能系统包含专家系统,而专家系统包含知识库系统,因此智能系统是一个最宽泛最一般的概念,它包含所有应用人工智能中的原理、技术和方法开发的应用系统。作为智能系统的子集,专家系统模拟和实现人类专家在诸如医疗、工程和商务等领域的经验和知识^{[12][13]}。作为专家系统的子集,知识库系统强调知识在模拟和实现人类智能中的作用,而且强调知识库的管理和维护。但知识库系统不能包含所有的智能系统,因为有的学者研究没有知识的智能和没有推理的智能^{[15][16]},从而这种智能不属于知识库系统所研究的对象。

3 代数、逻辑和智能系统的统一关系

基于上述讨论,我们得到了代数、逻辑和智能系统的 1-1 对应和它们的统一模型,如图 4 所示。

代数、逻辑和智能系统不仅在系统层次上建立了对应关系,而且在系统的主要构成层次上形成了 1-1 对应。在系统层次上,代数的工程化产生逻辑,逻辑的工程化产生智能系统。这种工程化可以看作是一种具体化过程,从而,逻辑系统是代数系统的应用,知识库系统是逻辑系统的应用。这种过程化也可以看作过程的原理和方法在纯理论系统(代数系统)中的成功应用。特别是在逻辑工程化为知识库系统过程中,软件工程的原理、思想,方法、设计和编码都发挥了重要的作用。

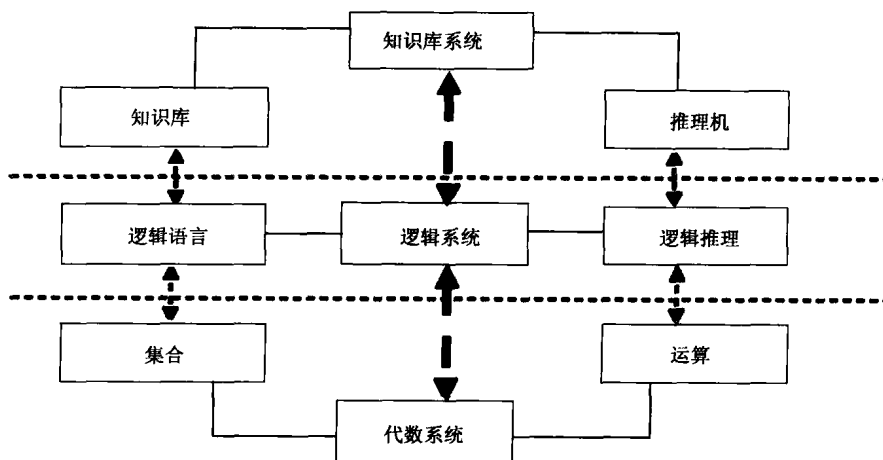


图4 逻辑系统和知识库系统的——对应关系

在系统的主要构成层次上,代数系统的集合对应于逻辑系统的逻辑语言,而逻辑语言又对应于知识库系统中的知识库;同时,代数系统的运算对应于逻辑系统的逻辑推理,而逻辑推理又对应于知识库系统中的推理机。从理论上讲,这种对应是1-1的。但从应用上看,这种对应呈现出至少以下两个特点:

(1) 代数系统中的集合中的元素往往呈现出同质的特征,而逻辑语言中的成分具有不同质的特性。例如,逻辑语言受自然语言的影响,包含字符、联结词及命题的合式公式和谓词的合式公式。知识库中的知识受人工智能的知识表示的影响,它包含许多不同形式的知识,例如事实、规则、范例、对象等,由此上述的对应可以看作为一对多的关系。

(2) 代数系统往往包含几个运算,例如群中包含一种运算,环和域中包含两种运算。而逻辑系统中的逻辑推理包含了三十多条推理规则,每条规则都可以看做是代数系统中的一种运算,从而上述的对应也是一对多的关系。进一步讲,知识库系统中的推理机往往基于逻辑中的一条或两条推理规则,但为了实施对知识库的知识的推理或处理,推理机还包含许多其他的系统成分,以实现知识的检索、更新和存储,因此逻辑推理和推理机的对应可以看做是多对一的关系,而同时又是一种从简单到复杂的工程化过程。

4 结束语

代上述对代数、逻辑和知识库系统的对应关系的讨论蕴含着智能系统的理论基础不仅包含数理逻辑或人工智能中的逻辑学,而且包含代数学,而后者在智能系统或人工智能的研究和教学中往往没有引起足够的重视。实际上,智能系统、人工智能、人工社会智能的研究与发展将带来智能的产业化和工业化,最终形成社会的智能化或智能社会。本文通过研究代数、逻辑和智能系统的对应关系,建立它们的统一模型。这将有利于计算机科学和人工智能中的逻辑学以及智能系统的研究与发展,建立学科课程之间的交叉与联系,为更高层面的社会智能的出现提供可操作的理论和技术平台。在未来的工作中,我们将从计算机工程化的角度深入研究代数、逻辑和智能系统的对应关系以改善我们对他们的理解和应用。

参考文献

- [1] Pinter, C. On the Structure of Lindenbaum Algebras: An approach using algebraic logic Proceedings of the American Mathematical Society, 56 (1) 1976: 267 - 271.
- [2] 王国俊. 一阶逻辑完备性定理的代数证明. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2002 年 04 期.

- [3] 裴道武. 关于形式系统 $L \sim *$ 的强完全性. 工程数学学报, 2005 年 01 期.
- [4] 何华灿等. 论泛集合、泛逻辑和泛代数的关系. 重庆工学院学报, 2006 年 02 期
- [5] 黄志鑫. 逻辑与人工智能. 哲学动态, 2005 年 04 期
- [6] 白振兴. 人工智能的泛符号机制. 空军工程大学学报(自然科学版), 2000 年 01 期
- [7] Truemper, K. Design of logic - based intelligent systems. John Wiley & Sons, 2004
- [8] 戴汝为. 从基于逻辑的人工智能到社会智能的发展. 复杂系统与复杂性科学, 2006 年 02 期.
- [9] 李盘林等. 离散数学. 高等教育出版社, 2003
- [10] 屈婉玲等. 离散数学. 高等教育出版社, 2008
- [11] 龚启荣. 形式逻辑导引. 贵州人民出版社, 1995.
- [12] Nilsson, N. J. . Artificial Intelligence: A New Synthesis. China Machine Press, 1999
- [13] Sun Z and Finnie G, 2004, Intelligent Techniques in E - Commerce: A Case - based Reasoning Perspective. Heidelberg: Springer - Verlag
- [14] 林尧瑞等. 人工智能导论. 清华大学出版社, 2001
- [15] Brooks, R. A. . Intelligence without representation. Artificial Intelligence, 47(1/3): 139 - 159, 1991
- [16] Brooks, R. A. . Intelligence without reason. In Proc 12th IJCAI - 91, pp. 569 - 595. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1991.

Correspondence Relationship among Algebra, Logic and Intelligent System

Sun Zhaohao¹, Li Ang², Liu Kunqi³, Xie Jianjun¹

¹ College of Mathematics and Information Science, Hebei Normal University

Shijiazhuang 050016, China, zhsun@ieee.org

² Mathematics Department, University of California, Riverside, CA 92521, USA

³ University of Economics Shijiazhuang, College of Information Engineering, Shijiazhuang, 050031

Abstract: The relationship between algebra and logic is well known in mathematics. The relationship between logic and intelligent systems has been studied deeply in artificial intelligence. However, the relationship among algebra, logic and intelligent systems has not been drawn significant attention in research and teaching of computer science and technology. This paper will fill this gap by examining the relationships between them, and proposes a unified model for algebra, logic and intelligent systems. The proposed approach will facilitate research and teaching of computer science and artificial intelligence.

Keywords: Algebra, logic, intelligent system, knowledge based system, artificial intelligence

基于哲学本体论的真值演算系统

——实现计算机理解自然语言的逻辑方法

万继华

深圳市真元数码技术开发有限公司 广东 深圳 518000

摘 要:计算机理解自然语言是实现智能化计算的技术核心,但现代计算技术及其理论的逻辑局限性,使得希望通过机械方法来理解自然语言即计算人类思维过程的技术目标无法实现。本体论的真值演算系统,通过在逻辑运算系统中增设计算(联结)主、谓概念的逻辑算符和重新定义逻辑真值及其赋值规则,实现了用真值形式表示和计算自然语言(本文以中文汉语言为对象)的逻辑目标。从而突破和超越了现代逻辑以真假形式为真值形式的理论和技术局限性。实现了自然语言的机械理解。

关键词:本体;真值;自然语言理解

0 引言

现代科学家维纳[美]在他的著名理论——《控制论》中预言:“逻辑问题的研究,必然归结为对逻辑机器的(神经的或机械的)研究和对于这些逻辑机器的所不可消除的局限和不完整性的研究。”^[1]不断发展的现代计算技术,不仅需要数字计算机具有高性能的计算能力,更需要它具有逻辑性的智能水平。计算机理解自然语言是实现智能化计算的技术核心和理论基础。但是,现代计算技术及其理论的逻辑局限性,使得希望通过机械方法来计算人类思维过程即自然语言的逻辑目标无法实现。如何通过创建一种新的逻辑体系来突破和超越现代逻辑的理论和技术的局限性,是当代逻辑研究的根本目标和重大使命。基于哲学本体论的真值演算系统就是完成这一使命的新型理论和应用技术,它系统地给出了计算机理解自然语言的逻辑方法。

1 本体论的逻辑思想和相关定义

1.1 本体论的逻辑思想

本体论思想是传统形而上学的基础和核心。它在哲学意义上,把世界万物的存在和运动,抽象成惟一的本体形式及其形式的变易。并在形而上学的哲学语境中描述世界背景和存在本质,它所要揭示的是存在的终极真理和本质意义。

本体论的真值演算系统就是以这种哲学本体论思想为理论基础的逻辑演算系统。它以形式化的逻辑方法,把形而上学的终极本体即哲学意义上的存在本质量化成为逻辑真的惟一变量形式—— X 。这种逻辑真的变量形式,不是以真假形式作为逻辑真值形式中的表示逻辑真的一种值,而是一个不具有真值,并且不受真值约束的本体性的自由变量。这种以逻辑真为形式的本体性变量能够产生以语义性质——以概念和命题是肯定或否定为形式的逻辑值。本体系统把这种概念和命题是肯定或否定的语义性质定义为逻辑真的真值形式。

这种把逻辑真作为惟一终极本体的变量和真值定义,排除了逻辑真值系统中的逻辑假

——它规定了逻辑假的语义或真值形式在本体论的真值系统中是不允许出现的非法形式。所以,这种以逻辑真为终极本体变量,并且以表示逻辑真的语义性质为真值的形式系统,就是一个在逻辑上永真的系统。它和人类的思维过程即自然语言的表达形式,在逻辑上是等价和自治的。因为在人类自然语言的真实表达过程中也是不允许出现假语句的。

由于本体系统中只有惟一的一个不受真值约束的逻辑变量——没有真值性质的本体变量,并且由于任一约束变量——具有真值性质的概念或命题变量,在语义上都只有“是”或“不是”即肯定或否定的两种性质或形式,所以本体系统中的二元真值组合即语义的二元组合形式,就只有 $n=1$ 的四种可能模型—— $2^2=4$ ——00-01-10-11。根据这种二元性的逻辑结构模型,本体系统对自然语言中的各个层次,分别实行二元关系的逻辑切分——把一个原子命题切分为主、谓概念的二元组合——把一个复合命题切分成两个原子命题的二元组合——把一个推理切分成前件和后件的二元组合,并且把表示真假形式的真值赋值规则定义为表示肯定和否定形式的真值赋值规则。同时,通过在逻辑运算符中增设计算和联结主、谓概念的粒子与算符,我们就能用 0 和 1 的真值形式来系统地表示和计算自然语言,并且这种真值形式的逻辑运算是以语法概念即主、谓概念为最小单元的模型化运算。这种本体论的逻辑演算系统将证明人类自然语言是用 0 和 1 两个信号进行逻辑控制的,并且是一个永真的重言系统。

1.2 相关定义

定义 1. 本体变量:或称逻辑真。是本体系统中惟一一个不受真值约束的自由变量,也是惟一一个产生逻辑真值的隐变量。用符号 X 表示。

定义 2. 逻辑真值:是本体变量即逻辑真的量化形式。这种逻辑真的量化形式就是命题为肯定或否定的语义形式。本体系统把命题为肯定或否定形式的逻辑值称为逻辑真值。用符号 1 和 0 表示。1 表示逻辑真的肯定形式,0 表示逻辑真的否定形式。本体系统中的逻辑真值不能包含逻辑假。它是不同于以真假形式为真值形式的真值概念。

定义 3. 粒子命题:是组成原子命题的基本单元。在自然语言中它是一个以概念为单位的语法词项——主项或谓项。粒子命题的主项是惟一和全同的本体变项 X , 其生成模型或公式是—— $Xn(x)$ ——因为公式中的主项即本体变量 x 具有物理粒子的全同性质而将其称为粒子命题——本体系统把粒子命题中的主项称为全同的逻辑主项。例如:原子命题“张三是一个人。”在本体系统中应表示为两个粒子命题。即“ x 是张三,并且 x 是一个人”。由于粒子命题的主项是全同的,因此,自然语言中粒子命题的主项都是隐藏和默认的。

定义 4. 原子命题:是由自然语言中的语法主项和谓项组成的命题。即由两个粒子命题构成的命题。例如:张三_是一个人。

定义 5. 分子命题:是由两个原子命题或一个原子命题和一个复合命题或两个复合命题组成的命题。

定义 6. 逻辑量子:是本体变量的量化形式。自然语言中的任一粒子命题、原子命题、分子命题,包括带有量词的全称和特称命题都是一个逻辑量子。全称和特称命题中的量词和个体词的逻辑性质是等同的。因为本体系统中的存在对象在逻辑上都是惟一和全同的,所以本体系统不需要区别量词和个体词。例如:原子命题“张三是一个人。”和“所有人都有生命。”都应表示为“ x 是张三并且 x 是一个人”和“ x 是所有人并且 x 都有生命”。逻辑量子都有且只有否定或肯定即 0 或 1 的逻辑语义性质或真值形式。

定义 7. 粒子与算符:是联结和计算粒子命题的逻辑算符。粒子与算符用下划线“_”表示。例如:原子命题“张三不是大学教授”可表示为“张三_不是大学教授”或“1X1_0X2——X”(前面的 0 或 1 表示真值,后面的数值表示粒子变量的序号)。

定义 8. 原子算符:是联结和计算原子命题(包括分子命题)的逻辑算符。原子算符有原子非、原子与、原子或、原子异或、原子蕴涵、原子等值。

定义 9. 真值赋值规则:指依据逻辑算符或逻辑联结词并以肯定或否定的语义真值形式对命题进行逻辑运算的规则。这些规则是:

(1) 原子与的赋值规则:当两个原子命题同时为肯定或同时为否定时,其值为肯定,否则为否定—— $0_0 = 1, 0_1 = 0, 1_0 = 0, 1_1 = 1$;

(2) 原子或的赋值规则:当一个联言复合命题中的两个支命题同时为肯定命题时,逻辑与关系的赋值才是肯定的,否则就都是否定的—— $0 \& 0 = 0, 0 \& 1 = 0, 1 \& 0 = 0, 1 \& 1 = 1$;

(3) 原子异的赋值规则:当一个选择复合命题中的两个支命题同时为否定命题时,逻辑或关系的真值才是肯定的,否则就都是否定的—— $0 \vee 0 = 0, 0 \vee 1 = 1, 1 \vee 0 = 1, 1 \vee 1 = 1$;

(4) 原子蕴涵的赋值规则:当一个不相容选择命题中的两个支命题同时为否定或同时为肯定命题时,逻辑异或关系的赋值是否定的,否则就都是肯定的—— $0 \oplus 0 = 0, 0 \oplus 1 = 1, 1 \oplus 0 = 1, 1 \oplus 1 = 0$;

(5) 原子充分蕴涵的赋值规则:当一个充分条件命题中的前件为肯定而后件为否定时,逻辑充分蕴涵关系的赋值才是否定的,否则就都是肯定的—— $0 \rightarrow 0 = 1, 0 \rightarrow 1 = 1, 1 \rightarrow 0 = 0, 1 \rightarrow 1 = 1$;

(6) 原子必要蕴涵的赋值规则:当一个必要条件命题中的前件为否定而后件为肯定时,逻辑必要蕴涵关系的赋值才是否定的,否则就都是肯定的—— $0 \leftrightarrow 0 = 1, 0 \leftrightarrow 1 = 0, 1 \leftrightarrow 0 = 1, 1 \leftrightarrow 1 = 1$;

(7) 原子等值的赋值规则:当一个充分必要条件命题中的前件和后件同时为肯定或否定时,逻辑等值关系的赋值才是肯定的,否则就是否定的—— $0 \leftrightarrow 0 = 1, 0 \leftrightarrow 1 = 0, 1 \leftrightarrow 0 = 0, 1 \leftrightarrow 1 = 1$ 。

定义 10. 目标变量:或称命题变量。在用于计算机程序设计的源语言中,它对应于程序设计语言中的对象标识符或存储系统中的存储单元。在自然语言中,它是任一粒子命题、原子命题或分子命题——用符号 $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ 表示粒子变量——用符号 $Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n$ 表示原子变量——用符号 $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$ 表示分子变量。目标变量是具有真值的约束变量。

定义 11. 变量代换:又称等量代换。是本体变量 X 和目标变量 X_n, Y_n, F_n 之间的等价互换关系。这种等价相对应的函数关系,构成形如 $X_1/x, X_2/x, X_3/x \dots X_n/x$ 或 $Y_1/x, Y_2/x, Y_3/x \dots Y_n/x$ 或 $F_1/x, F_2/x, F_3/x \dots F_n/x$ 的有限集合,集合中的元素 $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ 或 $Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n$ 或 $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$ 总是对应于另一个无穷集合中的惟一本体元素 X ,于是,系统中的任一目标变量 X_n, Y_n, F_n 与本体变量 X 就总是具有等价代换的函数对应关系。

2 本体论定理及其证明

本体论定理:人类自然语言即自然存在的逻辑控制系统中,只有逻辑真这个惟一的抽象元素即本体变量(x),这个惟一的抽象元素或本体变量(x),是自然存在的终极依据和本质,它只有且仅有逻辑是(肯定)与逻辑非(否定)的两种语义性质和真值形式。

本体论定理是本体系统中的逻辑元定理,证明这一定理的方法,是简单而又直观的。因为惟一逻辑变量即 $n = 1$ 的真值组合只有 $2^2 = 4$ —— $00 - 01 - 10 - 11$ 的四种可能形式,如果我们能够只用这四种真值组合形式的真值表方法,来机械地判定任一自然语言推理(命题和谓词公式)的逻辑有效性,那么我们就能够确定地证明,自然语言系统中的逻辑变量是惟一的。同时也能证明人类自然语言在逻辑上是以 0 和 1 这两种信号形式进行控制的。

下面是运用这种本体真值表方法的证明实例。

例1 或者逻辑难学(p),或者没有多少学生喜欢它($\neg q$)。如果数学容易学(r),那么逻辑不难学($\neg p$)。因此,如果许多学生喜欢逻辑(q),那么数学并不太容易学($\neg r$)。

证明:(1)写出该推理的逻辑公式: $((p \vee \neg q) \wedge (r \rightarrow \neg p)) \rightarrow (q \rightarrow \neg r)$

(2)写出推理中各个变量的真值系列:

$p = 0-0-1-1, q = 0-1-0-1, r = 0-0-1-1,$

$\neg p = 1-1-0-0, \neg q = 1-0-1-0, \neg r = 1-1-0-0。$

(3)构造本体真值表并进行计算

表1

赋值 组合模型	公式 $((p \vee \neg q) \wedge (r \rightarrow \neg p)) \rightarrow (q \rightarrow \neg r)$										
	p	$\vee$	$\neg q$	$\wedge$	r	$\rightarrow$	$\neg p$	$\rightarrow$	q	$\rightarrow$	$\neg r$
00	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
01	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
10	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
11	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0

(4)该公式为重言式。即推理有效。

根据本体论定理,这种真值表方法能够自然地推广到谓词逻辑,这种自然的方法,就是运用二分法,把每一个原子语句切分成为主、谓两个部分的概念形式,即切分成为两个粒子命题,并且运用粒子与运算的赋值规则,计算出原子语句的逻辑值,然后按照命题公式的方法逐步计算到最后结果。

因为本体系统中的所有对象在逻辑上都是本体同一的,即全称对象、特称对象和个体对象在逻辑上都是同构而又等价的。所以本体逻辑的真值运算,不特别考虑量词的不同形式。存在中的所有对象即全称对象、特称对象和个体对象的逻辑本质是本体同一的。它们之间的量的区别是通过语义关系的真实匹配和把它们作为不同参数形式来处理的。

例2 有的学科($x1/x$)是没趣的($\neg x2/x$),但是所有学科($x3/x$)都是有教导意义的($x4/x$),因而有的有教导意义的学科($x5/x$)是没趣的($\neg x2/x$)。

证明:

(1)把每个原子语句切分为两个粒子语句,并写出该推理的谓词公式:

$((x1 \neg x2) \wedge (x3 x4)) \rightarrow (x5 \neg x2)$

(2)写出推理中各个粒子(以主谓词项为单位的)变量的真值系列:

$x1 = 0-0-1-1$

$x2 = 0-1-0-1$

$x3 = 0-0-1-1$

$x4 = 0-1-0-1$

$x5 = 0-0-1-1$

$\neg x1 = 1-1-0-0$

$\neg x2 = 1-0-1-0$

$\neg x3 = 1-1-0-0$

$\neg x4 = 1-0-1-0$

$\neg x5 = 1-1-0-0$

(3)构造该公式的本体真值表并进行计算:

表 2

公式 赋值 组合模型	$((x1_{\neg} x2) \& (x3_{\neg} x4)) \rightarrow (x5_{\neg} x2)$										
	X1	$\neg$	$\neg$ X2	&	X3	$\neg$	X4	$\rightarrow$	X5	$\neg$	$\neg$ X2
00	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
01	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
10	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
11	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0

(4)该公式为普效式,推理有效。

实例 1 是计算命题公式的真值表方法,实例 2 是计算谓词公式的真值表方法。并且容易看到,所有原子命题都可以将其分解成为主、谓概念即粒子命题的形式,而使其成为谓词公式。这就是说,所有的自然语言推理,都能以谓词形式进行这种机械性的逻辑判定。并且能够通过自然语言中的任一实例来验证这种机械判定方法的逻辑可靠性,所以这种方法能够证明它在逻辑上是普遍有效的。因而能够逻辑地得出如下结论:

- (1)哲学意义上的惟一本体,在逻辑上是确定的;
- (2)自然语言的逻辑推理系统是一个永真的重言系统;
- (3)人类思维过程的逻辑形式可以抽象为机械形式,这种机械形式是用 0 和 1 两个逻辑信号进行控制的。

3 自然语言的真值演算及其系统

本体系统所要构造的演算,是不同于公理化演算的真值演算。这种真值演算的逻辑依据,不是由公理化系统所规定的演算规则,而是由本体系统所定义的真值赋值规则。因为自然语言推理的逻辑有效性总是直观可判定的,所以自然语言推理的真值演算就是以逻辑真值为形式,以真值的意义指派即以自然语言中的各种不同命题为内容,并以各种不同形式的逻辑联结词为运算符号的逻辑演算。

例 3 如果张三_是作案者,那么张三_在现场。如果张三_不在现场,那么张三_不是作案者。但是张三_不在现场,所以张三_不是作案者。

- (1) 设粒子变量:
X1 = 张三;
X2 = 是作案者;
X3 = 在现场
- (2)用粒子变量符号表示推理形式,同时给出每一粒子命题的真值——式中 X 前的 0 或 1 表示逻辑真值,X 后的数字表示不同变量的序号,得:
 $(((((1X1_{\neg} 1X2) \rightarrow (1X1_{\neg} 1X3)) \& ((1X1_{\neg} 0X3) \rightarrow (1X1_{\neg} 0X2))) \& (1X1_{\neg} 0X3)) \rightarrow (1X1_{\neg} 0X2))$

计算粒子命题,得:
 $(((((1Y1 \rightarrow 1Y2) \& (0Y2 \rightarrow 0Y1)) \& 0Y2) \rightarrow 0Y1)$
计算原子命题,得:
 $((((1F1 \& 1F2) \& 0Y2) \rightarrow 0Y1)$
计算分子命题,得:
 $((1F3 \& 0Y2) \rightarrow 0Y1)$
计算推理前、后件,得: