

归纳逻辑

与

人工智能

主编

王雨田

吴炳荣

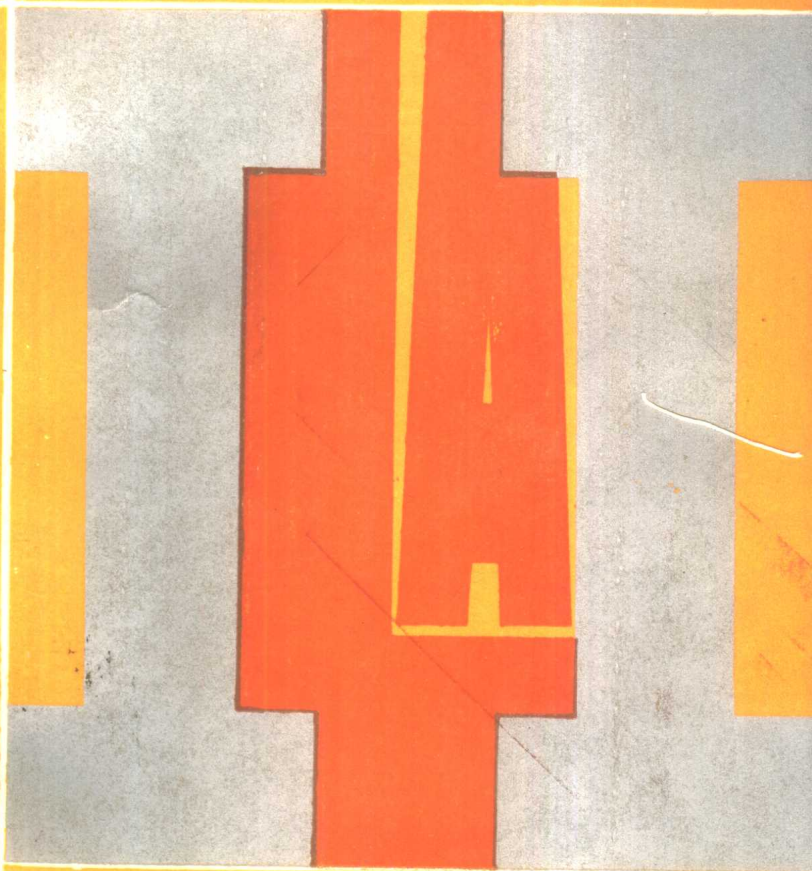
中国社会科学基金

国家高技术

863

计划(智能计算机基础)

资助项目



中国纺织大学出版社

ZHONGGUO FANGZHI DAXUE CHUBANSHE

归纳逻辑与人工智能

主编 王雨田 吴炳荣

中国纺织大学出版社

责任编辑 钱君燕

封面设计 赵 需

归纳逻辑与人工智能

王雨田 主编
吴炳荣

中国纺织大学出版社出版

(上海延安西路1882号 邮政编码200051)

新华书店上海发行所发行

江苏丹阳兴华印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 13.125 字数:

1995年9月第1版 1995年9月第1次

印数 0001—2000册

ISBN 7-81038-054-0/TP·01 定价

TP18

1016

INTRODUCTION

Nowadays scientific and technological revolution and social progress are clearly characterized by the mutual infiltration and combination of natural science and technology, social science and philosophy. The purpose of the present book is to promote the mutual "graft" of knowledge engineering and nerve network in inductive logic and artificial intelligence.

The Inductive Logic and Artificial Intelligence Research Group, namely, Wans Yatian Group, was officially founded in 1988 and was Supported with a social science fund. It soon become the Intelligence Computer Basic Theory Research Group engaged in a project of the state High-tech Programme No. 863. After four years (1988—1991) of grent efforts, the reseach group has succeeded in developing a new type of machine inductive system based on inductive logic, scientific philosophy and the science of cognition. The new system includes all the systems established by Such Scientists as Carnap, Cohen, Burks, Keynes and Lakatos. It has also obtained some fruitful results in the fields of non-axiomatized logic, limited inductive machines and non-pascal probability inductive logic. Moreover, it has put machine learning and indeterminate inference of the science of artificial intelligence on a

firm basis. Therefore, chinese as well as overseas scholars have shown great interest in it.

This book, composed of 5 parts including 28 chapters, gives an account of the development made in the fields of induction and inductive logic, Suggests the theory and method through which inductive logic may be Combined with inductive learning and studies a new type of machine inductive system based on cognition philosophy logic and the learning model of the nerve network. It also comments on some relevant logic, probability and mathematics problems. It has made some breakthrough in the study of the combination of inductive logic and artificial intelligence. However, further studies are to be made in this field.

前 言

当前,自然科学技术与社会科学、哲学的相互渗透与结合已经成为科学技术革命与社会进步的突出特点。近些年来,国内对归纳与归纳逻辑的研究已逐步展开并呈兴旺之势。归纳的基础理论研究应与科学技术的应用结合起来。在人工智能中知识工程与神经网络的研究进展,也势必推动着这一结合的逐步实现。

中国逻辑学会于1984年在大连召开了全国归纳与概率逻辑讨论会。这是一次自然科学技术与哲学、逻辑学相结合的、交叉性的多学科会议。会后,在王雨田教授主持下举办过现代归纳逻辑与机器学习的讨论班,并于1987年请中国社会科学院哲学研究所陈筠泉所长向社科基金方面建议设立“归纳逻辑与人工智能”项目,经审议通过。1988年,经审批成立了作为资助项目的课题组(王雨田组)。

在我们的研究过程中,加强了与计算机科学界、人工智能界的学术交流与联系,后来已得到国家高技术863计划智能计算机基础理论专家组的关注、支持与帮助。在近年内又经审批列为智能计算机基础理论的一个课题组。正是这种可贵的支持与协作,才使我们的研究工作取得较好的进展。在此,我们向中国社科基金会、向863计划智能计算机专家组致以衷心的谢意。

本专著是我组四年多来科研成果的结晶,这些成果既含开创性又是初步性的,因而也是不成熟的,难免存在不妥之处,恳请批评指正。

关于本书的出版和编写,早在1988年课题组成立之初就有打算,即在选题上已有考虑,因而有可能在科研成果的基础上挑选主

要的且彼此关联的论文编撰而成。起初，我们组织部分作者对科研成果进行评议与讨论，其后由陈炜、王培同志作了初步的编排工作，再由王雨田、吴炳荣两同志筛选、审定全部文稿，最后由吴炳荣同志加以编撰、串接与审改完成本部专著。

在此，我们对社会科学基金办公室、863 高技术计划智能计算机专家组的有关同志，对中国社科院哲学研究所陈筠泉所长、科研局黄洁涛副局长为本课题、本书所作的帮助与指导，对陈为蓬、王红、王碧珠诸同志为我组的财务和管理上所作的无报酬奉献，一并致以深切的谢意。

我们还要特别感谢学术界同志们的支持与帮助，在计算机与人工智能界，要向我组顾问孙怀民、石纯一、史忠植、李未、汤怡群、许卓群诸位教授致以衷心的感谢。在逻辑界，要向方华、吴家国、倪鼎夫、张家龙、郭世铭诸位教授致以衷心的感谢。

在出版本书时，我们得到了中国纺织大学出版社的同志们和中国纺大吴美芬副研究员的热情支持，尤其高兴的是得到了匡大芳女士诚挚的资助，特致深切的谢意。

以下是参加本书编写的作者名单，按本书篇章的先后为序：

王雨田 绪论 第1章 第5章 第6章 第8章 第13章

吴炳荣 绪论 第2章 第17章 第26章 第28章

熊立文 第1章

谢倍宁 第3章 第19章

汤怡群 第4章 第20章 第21章

黄玲 第4章

陈炜 第7章 第8章

杨莉 第9章

韩建超 第10章

王虎 第11章

石纯一 第11章

刘 弘	第 11 章	
桂起权	第 12 章	
任晓明	第 12 章	
鞠实儿	第 13 章	
夏 彦	第 13 章	
陈小平	第 14 章	
陈慧霞	第 14 章	
冠世琪	第 15 章	
贺卫华	第 15 章	第 16 章
孙怀民	第 17 章	
曹加恒	第 21 章	
周祥和	第 22 章	
杨炳儒	第 23 章	
王 培	第 24 章	
白 硕	第 25 章	
朱志方	第 27 章	

编者 1994.11

绪 论

科学技术对于当代社会生产与社会本身的发展所起的重大作用已是不可否认的事实。“知识就是力量”，培根所说的这句名言也已日益外化为物质的力量。一方面，这是由科学技术本身作为第一生产力这一本性所决定的，另一方面，自然科学技术与社会科学、哲学的相互渗透与结合，一系列新兴的边缘交叉学科的相继兴起，也推动着当代科学技术革命的发展与社会的进步。近半个世纪以来愈来愈明显地显示出来。

我们的任务就是要认清这一形势，以主观的能动性促使其实现与发展。在本书中，我们仅从一个侧面，即计算机科学技术，特别是其中的人工智能以及与逻辑学、尤其是现代归纳逻辑与科学哲学的相互结合与“嫁接”来进行探索与研究。

1936年由图林(Turing)提出的图林机本来是逻辑学概念。同样，1950年由卡尔纳普(Carnap)提出的归纳机器也是个逻辑学概念。如果说，在图林机理论的直接影响下，计算机科学技术与人工智能得以兴起与发展，那么，归纳机器理论对于专家系统与机器学习中的归纳学习所取得的成果，却看不出有过什么影响与作用。事实上凡是涉及到有关归纳的模拟，总是直接地或间接地、有意识或无意识地在不同程度上会涉及到归纳逻辑、概率逻辑、归纳方法、认知心理学、科学哲学与哲学等有关学科所探讨过的某些内容与问题的。为了在智能模拟中克服对归纳模拟的困难而有所突破，我们认为，应该将归纳逻辑等有关的基础理论研究 with 机器学习、不确定推理和神经网络学习模型与归纳学习中已有的成果与问题结合起来。才能在已有的归纳学习成果上，在机器归纳与机

器发现上取得新的突破与进展。

归纳逻辑是一门既古老而又富于前景的学科。从德谟克利特(Democritus)、亚里士多德(Aristotle), 不仅到众所周知的培根(F. Bacon)与穆勒(Mill), 而且到莱布尼兹(Leibniz)与布尔(Boole), 在他们研究演绎逻辑的同时, 也都在不同程度上以不同方式探讨了归纳逻辑这一更具复杂性的困难课题。为了回避休谟(Hume)的归纳疑难, 在数理逻辑与形式系统方法的影响下, 根据归纳的特点引入了概率统计, 便在 20 年代前后形成了以概率逻辑为主的现代归纳逻辑。到 50 年代卡尔纳普通过与演绎逻辑的对比研究, 论证了有限归纳机器的能行性, 并在此理论上构造出一个极为简单的而又优美严谨的系统, 同时却暴露出建立在帕斯卡(Pascal)型概率基础上的归纳逻辑面临着种种困境。从 60—70 年代开始, 为了摆脱或克服这些困难, 现代归纳逻辑又进入到一个新的阶段, 它在引入非标准逻辑, 拓展一阶逻辑, 突破帕斯卡型概率等等的基础上正处于学派林立、众说纷云的高潮之中, 再加上科学哲学、认知心理学、认知科学的介入, 使得这一现状充分反映出归纳问题的复杂性和适当的可行性。

与这一转变的同时, 从 70 年代以来, 人工智能已从数据处理转入知识处理。在专家系统与机器学习中, 机器学习与不确定推理的研究日益显得重要, 从已取得的成果来看, 所用的方法还是初步的、较简单的、带有操作性的。从 80 年代重新兴旺起来的神经网络在推理方面的研究也在逐步取得进展。为了对一些难题取得突破, 不能不加强基础理论的探讨。而在归纳逻辑、科学哲学、认知心理学方面, 虽然有些探讨很深入而细微、严谨而又富于启发性, 但往往着重纯理论的完善而不考虑实效性。因此, 根据有关的理论, 归纳与发现是既相关而又相区别, 应该在归纳机器理论与归纳学习成果的基础上将两方面互补起来, 加以“嫁接”, 立足于人工智能的实效性, 研制具有机器归纳与机器发现的有限归纳机器系

统,是一项迫切而又可行的任务。

我们意识到这一点,逐步地加深了认识,并进行科学的实践。通过 1984 年在大连召开的全国归纳与概率逻辑讨论会,我们中很多人松散地结合在一起,开始在摸索中前进。从 1988 年起的四年间,我们进一步团结在课题组内。一起进行探索。我们要感谢全国社会科学基金会以及其后国家高技术 863 发展计划智能计算机专家组(基础理论组)对我们的资助、支持与帮助。我们才具有一些初步的条件进行较有系统的探讨与研究。应该承认,我们在起初,虽然认为应该结合,但不知应该如何具体地加以结合。因此,我们是摸着石头过河的,所以,我们要边摸索边小结,以便下一步摸索得好一些。这样,我们才取得了一些初步的成果。同时,这也是一项系统工程,有可能在确定的目标指导下,通过边摸索边小结,逐步地从零散的工作中筛选与提炼出一些初步的成果。我们清醒地看到。这些成果还是很初步的,很可能是不完善、不够严谨,甚至有某些错误。但作为一个整体,我们确实是在现有的归纳学习方法之外,提出了一类新型的基于归纳逻辑、科学哲学、认知科学的归纳学习系统,或基于认知、哲学、逻辑的归纳学习系统(因为归纳逻辑与科学哲学中的某些内容是可以作为现代兴起的哲学逻辑内容的,而哲学逻辑的内容是广泛的,其中与认知有关的,或者说,与认识论、心理学、认知心理学有关的那部分哲学逻辑,在此称之为认知哲学逻辑),当然,这类系统是以物理符号主义为机制的,它一方面运用了归纳逻辑、科学哲学与认知科学的成果,另一方面又运用了人工智能与机器学习、不确定推理中的现有技术方法,这样结合起来才出现了这一类具有新特点的系统。同时,我们还注意到以联接主义为机制的神经网络方法。尽管现在一般认为它只具有感知的功能,而推理功能薄弱。但我们还是认为,研究神经网络的归纳推理功能是一项值得重视的任务。在这方面,我们仅仅处于摸索的阶段。由上可知,我们一方面要清醒地看到这些

成果的初始性,另一方面,我们又要满怀信心,克服困难,奋勇前进。因为这个方向是对的。这个方向的研究,不仅在国内得到一些计算机科学与人工智能的专家教授们的肯定与支持,而且通过国际的学术交流,在不久前召开的第九届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会期间也得到大会主席科恩(L. J. Cohen)教授,以及库伯格(Kuburg)与耶维(Levi)、阿加齐(Aggazzi)等教授的关注与肯定。可见这项研究是符合于当前交叉科学发展的总趋势的,是富于前景的一项前沿性研究。

本书就是作为这项研究的阶段性成果(1988—1991)而出版的。全书共分五篇。在第一篇中,我们评价了与归纳研究有关的一些重要学科的内容、特点与进展,它们是:归纳逻辑、认知科学、机器学习、不确定推理与神经网络中的学习与记忆模型。在这种知识背景下,我们在第二篇中提出了将归纳逻辑与计算机科学中关于归纳逻辑与计算机科学中关于归纳学习的研究相结合的任务与问题,指出了归纳逻辑至少可以作为归纳学习的一类逻辑基础。我们将归纳学习这一术语加以扩展,研究了首先由卡尔纳普提出的归纳机器思想,论证了有限归纳机器的存在性与结构,并一般地讨论了机器归纳(即对归纳的机器模拟)理论及其实现问题。接着在第三篇中提出了一类新型的基于认知哲学逻辑的机器归纳模型或系统,第四篇则探索了用神经网络方法实现机器归纳的问题。第三、四这两篇集中地反映了这方面的研究成果。最后,在第五篇中讨论了若干有关的理论问题,主要是逻辑问题、概率问题与数学问题以供进一步研究参考。

由于这项研究是集体性的成果。有关的各项子课题研究是分散地进行的。在我们从整体上将它们编辑成一部系统性的专著时,为了使读者较完整地了解各项子课题的思路与工作,主编有意地适当保留它们的一些独立性是必要而有好处的。因此,读者在阅读本书时,除了看到这项研究的整体轮廓之外,还难免会发现前后

有某些少量的重复,各篇不仅在文体上、深度与广度上有不平衡之处,还会具有一定的相对独立性,这是由这项研究的特点所决定的,请读者们理解。

我们希望,通过这本书,我们能将自己的初步研究成果进行交流,以便得到读者的批评指正与帮助,同时欢迎更多的同行们从事这一前沿性研究。

简 介

当前,自然科学技术与社会科学、哲学的相互渗透与结合,已经成为科学技术革命与社会进步的突出特点,本书旨在推进归纳逻辑与人工智能中知识工程、神经网络的相互“嫁接”。

1988年,经审批成立了《归纳逻辑与人工智能》的社会科学资金资助项目的课题组(王雨田组),不久,又成为国家高技术863计划智能计算机基础理论的一个课题组。历时4年(1988—1991),提出了一类新型的基于归纳逻辑、科学哲学、认知科学的机器归纳系统,其中包含了卡尔纳普、科恩、勃克斯、凯恩斯、拉卡托斯等科学家的各个系统,并在非公理化逻辑、有限归纳机器、非帕斯卡型概率归纳逻辑等方面作出了一些重要的成果,还为人工智能学科加强了机器学习、不确定推理的逻辑基础。此项工作已受到了国内外有些著名学者的关注。

本书有5篇共28章,介绍了归纳和归纳逻辑的进展情况,提出了归纳逻辑与归纳学习相结合的理论与方法问题,研究了一类新型的基于认知哲学逻辑的归纳机器系统和神经网络的学习模型问题,评述了一些有关的逻辑问题、概率问题和数学问题,在归纳逻辑与人工智能的结合上,作了初步的探索,取得了一定的突破,尚待进一步的研究。

目 录

前 言	I
绪 论	i

第一篇 对归纳的研究与进展

第一章 从古典归纳逻辑到现代归纳逻辑	3
第一节 古典归纳逻辑	3
第二节 现代归纳逻辑	8
第三节 归纳悖论	19
第四节 归纳逻辑的进展	21
第二章 专家系统、知识工程中的归纳问题	25
第一节 不确定推理中的归纳	27
第二节 机器学习中的归纳	35
第三章 认知科学中的归纳发现问题	41
第一节 认知科学的特点及有关的归纳问题	41
第二节 关于知识的分类与获取中的归纳	44
第四章 神经网络的学习与记忆模型	51
第一节 神经网络及其信息处理的特点	52
第二节 神经网络的结构与形态	53
第三节 神经网络的学习与记忆模型	56
第四节 神经网络求解的优化问题	67

第二篇 归纳逻辑与归纳学习相结合的理论问题

第五章 归纳逻辑与归纳学习相结合的研究任务	72
第六章 归纳逻辑与归纳学习的逻辑基础问题	77
第一节 归纳学习是机器学习的核心	77
第二节 归纳学习的逻辑基础问题	79
第三节 归纳学习与归纳逻辑的结合	82
第七章 机器归纳的概念空间理论与实现问题	91
第一节 演绎化的机器与发现	92
第二节 人工智能与归纳逻辑的结合问题	96
第三节 机器归纳的实现问题	106

第三篇 一类新型的基于认知哲学逻辑的归纳学习系统

第八章 卡尔纳普的归纳逻辑系统	116
第一节 概率逻辑系统 $\mathcal{L}_N^P$	116
第二节 归纳逻辑公理系统	122
第三节 几点注记	125
第九章 基于卡尔纳普、科恩归纳逻辑的概念获取算法与知识评估方法	130
第十章 基于卡尔纳普归纳逻辑的属性论归纳学习模型	139
第一节 属性的基本理论	140
第二节 属性表示的两个基本算法	146
第三节 模糊语言 $\mathcal{L}_N^F$ 及其学习算法	152
第十一章 基于卡尔纳普归纳逻辑的概念分类算法	159
第十二章 科恩的非帕斯卡概率归纳逻辑	169
第一节 归纳支持及其分级	171
第二节 归纳支持分级和归纳概率分级的逻辑句法	175
第三节 归纳支持和归纳概率的形式系统	178

第十三章	基于非帕斯卡归纳逻辑的归纳学习系统	183
第一节	非帕斯卡归纳逻辑的特点.....	183
第二节	非帕斯卡归纳逻辑推理的理论基础.....	186
第三节	基于归纳逻辑的归纳学习系统之实现.....	190
第十四章	基于亨普尔-科恩归纳逻辑用于解决归纳特征的 相关检验-修正法	199
第一节	机器学习和机器发现中的归纳推理问题.....	199
第二节	科恩的相关变量法.....	201
第三节	相关检验-修正法.....	204
第十五章	勃克斯的归纳概率理论	212
第一节	勃克斯实用理论.....	212
第二节	预定归纳概率理论.....	213
第十六章	基于勃克斯归纳概率的新确证理论	224
第一节	科学理论的描述与评价.....	226
第二节	归纳的不确定性推理.....	232
第三节	归纳概率函数.....	236
第十七章	凯恩斯统计推断的归纳系统	253
第一节	统计归纳.....	253
第二节	归纳相关.....	262
第十八章	拉卡托斯发现逻辑与项重写技术的机器发现逻辑	268
第一节	拉卡托斯的发现逻辑.....	268
第二节	项重写技术与一阶演绎.....	271
第三节	假说演算.....	274
第四节	拉卡托斯证伪方法论的形式化.....	280
第十九章	基于认知科学的深层知识结构的实用模型	292

第四篇 神经网络的归纳学习模型问题

第二十章	神经网络与人工智能中归纳学习的分析比较	298
-------------	----------------------------------	------------