

可拓学丛书

1.324
1.780
5.897

0 1 2 3 4

DEVELOPER

可拓逻辑初步

蔡文 杨春燕 何斌 著

可拓学丛书

可拓逻辑初步

蔡文 杨春燕 何斌 著

国家自然科学基金资助项目
广东省自然科学基金资助项目

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了人类思维的可拓形式及其逻辑规律,为人工智能研究提供了一种新型的逻辑,主要包括可拓模型、可拓变换、可拓集合、可拓推理和解决矛盾问题的逻辑工具等内容。

本书为处理控制、信息、搜索、诊断、决策和管理领域中的矛盾问题提供逻辑基础,尤其是变换和推理机制,对从事人工智能与信息技术、控制与检测、决策与管理、数学与逻辑等相关领域的科研和教学工作者有参考价值,也可作为相应专业的大学生和研究生的选修教材。

图书在版编目(CIP)数据

可拓逻辑初步 / 蔡文, 杨春燕, 何斌著. —北京: 科学出版社, 2003

(可拓学丛书)

ISBN 7-03-012336-0

I. 可… II. ①蔡… ②杨… ③何… III. 拓扑-逻辑 IV. B81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 091985 号

策划编辑: 卢秀娟 / 文案编辑: 邱璐 贾瑞娜 / 责任校对: 钟洋
责任印制: 安春生 / 封面设计: 黄华斌 陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年11月第一版 开本: A5(890×1240)

2004年7月第二次印刷 印张: 6 7/8

印数: 2 001—3 200 字数: 200 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

《可拓学丛书》编委会

主 任:涂序彦
副 主 任:于景元 钟义信 蔡 文
常务副主任:蔡 文
编 委:(以姓氏笔画为序)

丁朝模	于景元	王万良	史开泉
刘 巍	杨春燕	杨益民	陈文伟
陈 俊	张士行	钟义信	涂序彦
贺仲雄	黄有评	蔡 文	

序

人类的历史,是一部解决矛盾问题并不断开拓的历史。可拓学研究形式化的模型分析事物拓展的可能性和开拓创新的规律,形成解决矛盾问题的方法。利用这些研究成果,可以为解决计算机与人工智能、控制与检测、经济与管理等领域中的矛盾问题提供理论依据和可操作方法。利用可拓学探讨用计算机处理矛盾问题的方法和技术,对于提高机器智能的水平有重要的价值。可拓学研究正是基于这些目的而进行的。

可拓学选题开始于1976年,1983年发表首篇论文“可拓集合和不相容问题”。十多年来,经历了无数的艰辛,在广大可拓学研究者的努力下,逐步形成了可拓论的框架,开展了在多个领域的研究,一个新学科的轮廓已经形成。

近年来,不少学者加入了建设这一新学科的行列。可拓学的应用研究和普及推广迫切需要一批介绍可拓学的书籍,供研究者参考。为此,我们组织了“可拓学丛书”的编写,希望通过这套“丛书”,把可拓学介绍给广大学者。

诚然,目前可拓学还未完全成熟,可拓学的研究水平还不高,理论体系还要进一步建设,应用研究还需深入进行,大量的问题尚待解决。因此,这套丛书只能起抛砖引玉的作用。我们希望通过这套丛书,为广大学者提供可拓学的初步知识和可拓思维方法,提供研究的课题。

我们相信,丛书的出版将会吸引更多学者加入可拓学的研究行列,成为可拓学研究的生力军,推动可拓学的完善和发展。我们也希望广大读者对丛书提出宝贵意见,为可拓学的建设添砖加瓦。

中国人工智能学会可拓工程专业委员会主任

蔡文

2002年6月26日

《可拓学丛书》前言

“可拓学”是以蔡文教授为首的我国学者们创立的新学科,它用形式化的模型,研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律与方法,并用于处理矛盾问题。

经过可拓学研究者多年的艰苦创业、共同奋斗,可拓学已粗具规模,包括可拓论、可拓方法和可拓工程。在理论和方法研究上,取得了创新性、突破性的研究成果;在实际应用中,具有多领域、多类型的成功事例。可拓学及其应用已引起国内外学术界的广泛关注,具有一定的影响。其主要成果如下:

★**可拓论** 包括基元理论、可拓集合理论和可拓逻辑。

基元理论提出了描述事物基本元的“物元”、“事元”和“关系元”,讨论了基元的可拓性和可拓变换规律,研究了定性与定量相结合的可拓模型。提供了描述事物变化与矛盾转化的形式化语言。基元理论为知识表示提供了新的形式化工具,可拓模型为人工智能的问题表达提供了定性与定量相结合的模型,对人工智能的发展有重要的意义。

可拓集合论是传统集合论的一种开拓和突破。它是描述事物“是”与“非”的相互转化及量变与质变过程的定量化工具,可拓集合的可拓域和关联函数使可拓集合具有层次性与可变性,从而为研究矛盾问题,发展量化的数学方法——可拓数学和可拓逻辑奠定基础。

可拓逻辑研究化矛盾问题为不矛盾问题的变换和推理规律的科学,它是可拓学的逻辑基础。

★**可拓方法**是可拓论应用于实际的桥梁。在可拓学研究过程中提出了基于可拓论的多种可拓方法,如发散树、分合链、相关网、蕴含系、共轭对等方法;优度评价、真伪信息判别等评价判别方法;基本变换、复合变换和传导变换等可拓变换方法;菱形思维方法及转换桥方法等综合方法。

★**可拓工程** 将可拓方法应用于工程技术、社会经济、生物医学、交通环保等领域,与各学科、各专业的方法和技术相结合,发展出各领域的

应用技术,统称为“可拓工程”。可拓工程研究的基本思想是用形式化的方法处理各领域中的矛盾问题,化不可行为可行,化不相容为相容。近年来,可拓学在计算机、人工智能、检测、控制、管理和决策等领域进行的应用研究取得了良好的成绩。实践证明,可拓学的发展及应用,具有广阔的前景。

《可拓学丛书》的出版,总结了多年来可拓学在理论和应用上的研究成果,这对于可拓学的应用和普及具有重要的意义。它将推动可拓学研究的深入和发展。虽然,可拓学研究目前已经取得了初步的成绩,但是,还有许多工作要做,也可能遇到各种各样的困难和挫折。尽管科学的道路是不平坦的,但前途是光明的。特赋诗一首以祝贺可拓学丛书的出版:

人工智能天地广,

可拓工程征途长。

中华学者勇创新,

敢教世界看东方。

中国人工智能学会荣誉理事长

涂序彦

2002年6月1日

前 言

可拓学创立于1983年。20年来,广大可拓学研究者开展了概念与思想、理论与方法的研究,近年,可拓学开始进入应用与推广的阶段。

可拓学创立之初,不少著名学者就指出,可拓学“带有很浓厚的人工智能色彩”、“必将渗透到人工智能及其相关学科中”,从可拓学和人工智能的发展过程可以看出,两者有着十分密切的联系。

为了解决矛盾问题,特别是利用计算机生成解决矛盾问题的策略,必须建立描述事物及其变换的形式化模型,建立处理矛盾问题的逻辑。基于这一出发点,本书总结了作者多年来的研究工作,探讨异于经典逻辑和模糊逻辑、适合于处理矛盾问题的可拓逻辑。

新学科在发展中,很多概念和提法在不断完善和扩充。本书有关可拓学的基本概念和理论,在总结二十多年来研究工作的基础上,也进行了相应的完善和扩充。因此,本书中的概念和提法如有与作者原有论著不一致之处,以本书为准。有关可拓学的基本知识请读者参见文献[5,6]。

可拓学初创,困难重重。十多年来,国家自然科学基金委员会大力支持了这项研究,广东工业大学为作者提供了良好的科研环境,科学出版社和科学技术文献出版社不遗余力地支持新学科研究成果的问世。利用本书出版的机会,作者对上述单位及对困难时期大力支持可拓学研究工作的专家、领导和学者表示由衷的感谢!广东工业大学的李立希副教授为本书提出不少修改意见,朱冬梅、张后斌、赵燕研究生为书稿的排版付出了辛勤的劳动,在此一并致谢。

不论是一门学科,还是一个学科分支,都需要许多学者经过长时间的努力,才能形成一个内容丰富的体系,可拓逻辑的建立也需要许多有志者坚持不懈的努力。本书的出版只是已有成果的一个总结,作者冀求以此拙作引出荆山之玉。

书中不妥之处,亟望读者不吝赐教。

作者谨识

2003年6月

目 录

序

《可拓学丛书》前言

前言

第 1 章 绪论	(1)
§ 1.1 可拓学的基本思想	(1)
1.1.1 矛盾问题	(1)
1.1.2 解决矛盾问题的思路	(2)
1.1.3 解决矛盾问题的哲学思想	(6)
§ 1.2 可拓学的基本内容	(8)
1.2.1 可拓学的学科体系与发展过程	(8)
1.2.2 可拓学的逻辑细胞和基元理论	(9)
1.2.3 可拓学的集合论基础	(10)
1.2.4 可拓学的基本原理	(10)
1.2.5 解决矛盾问题的基本方法——可拓方法	(11)
1.2.6 可拓工程方法	(12)
§ 1.3 可拓学的逻辑基础	(13)
1.3.1 可拓逻辑的定义	(13)
1.3.2 可拓逻辑的特点	(13)
1.3.3 可拓逻辑的研究内容	(14)
§ 1.4 可拓学与人工智能	(16)
1.4.1 可拓模型和信息、知识的形式化表示	(17)
1.4.2 变换与推理技术	(17)
1.4.3 问题求解	(18)
1.4.4 可拓集合与分类、识别	(18)
1.4.5 可拓论与人工智能结合的若干课题	(19)

第 2 章 基元和复合元	(20)
§ 2.1 物元	(20)
2.1.1 物元的概念	(20)
2.1.2 物元的基本要素	(22)
2.1.3 物元的可拓性	(25)
§ 2.2 事元	(25)
2.2.1 事元的概念	(25)
2.2.2 事元的可拓性	(26)
§ 2.3 关系元	(31)
2.3.1 关系元的概念	(31)
2.3.2 关系元的可拓性	(33)
§ 2.4 复合元	(38)
2.4.1 复合元的构成	(39)
2.4.2 复合元的可拓性	(43)
§ 2.5 基元和复合元的逻辑运算	(44)
2.5.1 基元的逻辑运算	(44)
2.5.2 复合元逻辑运算规则	(48)
第 3 章 可拓变换与可拓集合	(50)
§ 3.1 可拓变换	(50)
3.1.1 可拓变换的概念	(50)
3.1.2 基本变换	(53)
3.1.3 可拓变换的传导性——传导变换	(55)
3.1.4 变换的复合与运算	(56)
3.1.5 可拓变换的类型	(57)
§ 3.2 可拓集合	(69)
3.2.1 可拓集合的定义	(69)
3.2.2 基元可拓集	(75)
3.2.3 关联函数及其变换	(82)
第 4 章 可拓推理	(84)
§ 4.1 基元拓展推理	(84)
4.1.1 发散推理	(84)

4.1.2	蕴含推理	(88)
4.1.3	相关推理	(90)
4.1.4	可扩推理	(91)
§ 4.2	基元变换的传导推理	(92)
4.2.1	物元变换的传导推理	(92)
4.2.2	事元变换的传导推理	(95)
4.2.3	关系元变换的传导推理	(96)
§ 4.3	复合元变换的传导推理	(99)
4.3.1	关系元和物元构成的复合元变换的传导推理	(99)
4.3.2	关系元和事元构成的复合元变换的传导推理	(104)
4.3.3	关系元和关系元构成的复合元变换的传导推理	(105)
§ 4.4	共轭推理	(106)
4.4.1	共轭部的特征	(106)
4.4.2	共轭规则	(108)
4.4.3	共轭物元和共轭部物元变换的传导推理	(108)
4.4.4	共轭部变换的传导推理	(110)
第 5 章	命题和推理句的基元表示与拓展	(112)
§ 5.1	命题的基元表示与拓展	(112)
5.1.1	用基元表示命题	(112)
5.1.2	复合元命题及其运算	(115)
5.1.3	拓展命题的涵义	(116)
§ 5.2	推理句的基元表示与拓展	(117)
5.2.1	用基元表示推理句	(118)
5.2.2	拓展推理句的概念	(119)
§ 5.3	命题的真度和推理句的正确度	(120)
5.3.1	命题的真度及其表述	(120)
5.3.2	推理句的正确度及其描述	(126)
§ 5.4	三段论法的基元表示	(130)
5.4.1	物元和关系元表达的三段论	(130)
5.4.2	事元和关系元表达的三段论	(131)
5.4.3	物元、事元和关系元表达的复合三段论	(132)

第 6 章 解决矛盾问题的可拓推理	(133)
§ 6.1 问题和矛盾问题	(133)
6.1.1 问题的基本概念	(133)
6.1.2 不相容问题的定义和解变换	(134)
6.1.3 对立问题的定义和解变换	(136)
6.1.4 问题的拓展	(137)
§ 6.2 利用可拓推理解决矛盾问题	(138)
6.2.1 利用拓展推理解决矛盾问题	(139)
6.2.2 利用传导推理解决矛盾问题	(146)
6.2.3 利用共轭推理解决矛盾问题	(150)
§ 6.3 矛盾问题链和矛盾问题系统	(151)
6.3.1 传导矛盾问题和传导矛盾问题链的概念	(151)
6.3.2 传导矛盾问题链的成因	(155)
6.3.3 矛盾问题系统	(157)
第 7 章 可拓逻辑的初步应用	(158)
§ 7.1 可拓模型与知识表示	(158)
7.1.1 用基元表示谓词	(159)
7.1.2 用基元表示产生式规则	(162)
7.1.3 可拓语义网络	(163)
7.1.4 框架表示的化简	(168)
§ 7.2 可拓分类方法与市场开拓	(170)
7.2.1 可拓分类方法	(171)
7.2.2 对房地产市场进行开拓	(172)
§ 7.3 问题求解与策略生成	(175)
7.3.1 滞销楼销售策略的生成	(176)
7.3.2 可拓策略生成系统	(182)
§ 7.4 可拓推理在产品创意生成中的应用	(185)
7.4.1 生成歼击机换代产品的创意	(186)
7.4.2 产品创意生成的主要步骤	(191)
§ 7.5 搜索罪犯与可拓刑侦系统	(192)
7.5.1 搜索罪犯的可拓推理	(193)

7.5.2 建立可拓刑侦系统的构想	(196)
主要符号说明	(198)
参考文献	(200)

第 1 章 绪 论

§ 1.1 可拓学的基本思想

1.1.1 矛盾问题

矛盾问题,是指人们要达到的目标在现有条件下无法实现的问题。例如,要称一头大象,却只有能称 20kg 的小秤;《三国演义》中,诸葛亮要对付司马懿的 10 万精兵,却只有 5000 老弱残兵。有时候,在同一条件下,要实现两个对立的目标,例如,香港的汽车靠左行驶,大陆的汽车靠右行驶,在遵守双方交通规则的条件下,要想把它们联结成一个大系统,又不会撞车,该怎么办?

上至中央,下至地方,再到企业的决策,矛盾问题比比皆是,就如苹果落到地上那么普遍。在诸多工程领域中,无论是管理、控制、计算机技术、人工智能、机械、电工等,都会碰到各种各样的矛盾问题,那么,解决矛盾问题有无规律可循?有无理论可依?能否建立一套理论与方法,去探讨它们,这就是可拓学研究的出发点。

世界充满着矛盾。人类出现以后,为了生存和发展,利用种种变换方法,处理各种各样的矛盾问题,使不相容转化为相容,对立转化为共存。矛盾、变换和统一贯穿于人类社会的整个发展过程中。

矛盾问题是可拓学的研究对象。我们把矛盾问题分为三类:第一类是主观和客观矛盾的问题,简称为不相容问题;第二类是主观和主观矛盾的问题,简称为对立问题;第三类是自然界存在的客观矛盾问题。可拓学主要研究第一类和第二类矛盾问题。

可拓学研究解决矛盾问题的理论与方法。在研究方法上,它与社会科学对矛盾问题的研究不同,因为它使用了形式化的模型,运用了可拓变换和可拓推理的方法。

1.1.2 解决矛盾问题的思路

为了用形式化方法解决矛盾问题,必须建立相应的模型、逻辑和定量化工具,必须从哲学和方法论的高度建立新的理论体系。

1. 必须研究解决矛盾问题的形式化模型

研究矛盾问题,一直是社会科学的工作,是决策者考虑的事。但是,它们都是以自然语言表达的,无法用推理、用定性和定量相结合的方法进行研究,更无法利用计算机协助处理复杂的矛盾问题。

矛盾问题的解是大量而且复杂的,单靠人脑难以胜任。科学技术发展到今天,我们必须研究用形式化的模型去处理矛盾问题。但是,现有人工智能的知识表示方法无法描述处理矛盾问题的过程。因此,为了解决矛盾问题,首先,必须建立描述事物以及各种关系的逻辑细胞及其运算和变换,建立问题相应的形式化模型。

数学模型能够处理宇宙飞船、卫星上天等精确性的问题,但无法处理诸如曹冲称象等目标和条件不相容的问题。其原因之一是解决矛盾问题时,除了要考虑数量关系以外,还要考虑事物本身和事物的特征。其原因之二在于解决矛盾问题的变换,有定量的部分,也有定性的部分。其原因之三是经典数学研究的是确定性的事物,而解决矛盾问题却要考虑矛盾的转化。因此,数学模型难以描述解决矛盾问题的过程。

为此,我们必须探讨能够恰当描述矛盾问题解决过程的形式化模型,探讨定性和定量相结合的异于数学模型的工具。

2. 建立解决矛盾问题的集合论

集合,是对事物的一种分类方法。

经典数学的基础是康托集合论,它把要讨论的事物集(论域)中的事物分成两类:一类是具有某种性质的事物,一类是不具有该性质的事物。经典集合论研究的是精确性的事物和精确性的问题。

正当经典集合论及建立于这一基础上的经典数学获得极大发展时,却又面临着两方面的挑战:Russell 悖论引发的第三次数学危机是来自经典数学本身的挑战,来自外部的挑战在于经典集合排除了模糊性问题。

模糊集合概念的提出是对经典集合概念的一次突破。

在现实世界里,事物的性质处于变化之中,既有量的变化,也有质的变化。事物可以从不具有某种性质变化为具有某种性质,从具有某种性质的程度不大变到较大,或者相反。因此,人们必须从描述确定性事物和模糊性事物,发展到能用集合模型描述性质变化的事物,描述在某些变换下事物的量变和质变,从集合的角度去探讨事物的动态分类和事物开拓的过程。也就是说,必须发展康托集合和模糊集合,研究新的集合理论,作为化矛盾问题为不矛盾问题的集合论基础。

3. 建立新的方法体系

计算机的长处是定量计算,它具有储存量大,速度快的优点。人的长处是定性分析,从定性的角度分析处理问题的能力强于计算机。而解决矛盾问题,需要从定性的角度去探讨事物拓展的可能性,以提出多种拓展的策略,又需要存储量大、速度快的计算。因此,处理矛盾问题的方法必须能把定量计算和定性分析结合起来。

(1) 研究拓展的思维

在人类处理各种问题的过程中,根据事物的可拓性,提出了种种可以开拓的可能途径,进行了多种失败和成功的尝试,找到解决问题的方法,使人类进行了生存空间的开拓,生产方式的开拓,生产工具的开拓……直到今天,人类还在不断地向微观和宏观开拓,向智能化开拓……在人类的发展史中,人把事物看成是可以拓展的,利用这种思想去处理人类发展过程中的种种问题。我们把这种思维方式称为可拓思维方式。对可拓思维方式的研究,将有利于总结人类开拓的历史,为今后的开拓提供合理的理论和方法。

解决矛盾问题,就是要变换问题的目标或条件,使目标得以实现。因此,思维方法需要拓展:从一个点拓展到一个区间、一个区域,从小的论域拓展到大的论域,从一个事物拓展为与其蕴含、相关的一批事物,从一维拓展到多维,从等式拓展到不等式,从事物的外延拓展到事物的内涵和内部结构。

概言之,要从传统的等量思维转向“拓展”的思维,拓展出一批对象,再从中找到适合于解决矛盾问题的对象。也就是说,处理矛盾问题,要把拓展的过程和收敛的过程结合起来。为此,我们必须研究事物拓展的可

能性,也即可拓性。

(2) 建立以变换为中心的方法体系
化矛盾问题为不矛盾问题的核心是变换。我们要从传统方法对匹配和蕴含的研究扩展为对变换和推理相结合的研究。

变换,有直接的,也有间接的。不少解决矛盾问题的策略是通过与问题的目标或条件相关的事物的变换,对蕴含问题的目标或条件的事物的变换产生的。因此,解决矛盾问题的方法要研究直接的变换,也要研究间接的变换。

在对变换的研究中,既要讨论其变换的形式,也要讨论变换的主体,变换采用的方法、工具、时间和地点,也即需要用定性和定量相结合的方法研究变换。

1) 要研究依据可拓性拓展事、物与关系的变换。

要解决矛盾问题,必须考虑事物范围(论域)的变换,决定问题矛盾程度的准则(关联函数)的变换和事、物及关系本身的变换(元素的变换),而这些变换都来源于事、物和关系的可拓性,因此,必须研究以物、事和关系的可拓性为依据的变换形式及其内涵。

2) 要研究物的共轭部的变换。

很多奇谋妙计来自物的共轭部的变换。共轭部某一部分的变换会引致相应的共轭部的变换,这些变换称为共轭变换,它们也为生成解决矛盾问题的策略提供了依据。因此,对物的共轭部及其共轭变换的研究将是解决矛盾问题的重要内容。

3) 要研究化对立为共存的特有方法。

解决对立问题有三种方法,一种是斗争的方法,即消除对立的某一方而使对立问题消失;一种是折中的方法,即对立双方通过协商,各取一定比例的方法,这是基于模糊集合思想的处理方法;第三种方法是“各行其道,各得其所”的方法,这种方法通俗地说,是双赢的方法。我们必须对这种特殊的方法进行认真的研究,用形式化的模型去描述“各行其道,各得其所”的处理方法,这是解决对立问题的一种特有方法,在可拓学上称为“转换桥方法”,其处理结果是使对立的事物共存于同一体中。

(3) 建立描述量变和质变的定量化工具

在经典集合论中,用取值为 $\{0,1\}$ 的特征函数定性地描述事物是否具