

·学科进展与展望·

一门新的交叉学科——可拓学

蔡文 杨春燕 王光华

(广东工业大学可拓工程研究所, 广州 510090)

[摘要] 可拓学是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,并用于解决矛盾问题的新学科。文中就可拓学的研究对象、理论框架、方法体系、应用情况、科学意义、实用价值和发展前景等问题做了简要的介绍。

[关键词] 可拓学,数学,哲学,工程学,人工智能

可拓学立项于 1976 年。1983 年,《科学探索学报》发表了可拓学的开创性文章“可拓集合和不相容问题”,标志着这门新学科的诞生。20 年来,一大批专家学者支持和参与了可拓学的建设。目前,可拓学的理论研究取得一定的进展,形成了以基元理论、可拓集合理论和可拓逻辑为支柱的理论框架和特有的可拓方法,它们在各个领域的应用技术称为可拓工程。可拓论、可拓方法和可拓工程构成了可拓学(原称物元分析)。

本文就可拓学的研究对象、理论框架、方法体系、应用情况、科学意义、实用价值和发展前景等问题做简要的介绍。

1 可拓学的研究对象

可拓学的研究对象是客观世界中的矛盾问题。所谓矛盾问题,就是指人们要达到的目的在现有条件下无法实现的问题。可拓学的研究者在研究过程中发现,在诸多工程领域,如管理、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?能否建立一套方法,来处理矛盾问题,这是可拓学研究的出发点。

计算机具有储量大、速度快的优点,因此,研究如何用形式化语言表达问题,描述问题的目的和条件,建立一套推理方法,最后,让计算机帮助人们提出解决矛盾问题的策略,这是可拓学的归宿。

概言之,可拓学就是这样一门学科,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,并用于解决矛盾问题。

2 可拓学理论框架和方法体系的研究概况

为了用形式化方法解决矛盾问题,必须研究相应的模型、逻辑和定量化工具,必须从哲学和方法论的角度建立新的理论和方法体系。

2.1 可拓学的理论研究

(1) 可拓学的逻辑细胞和可拓模型

数学模型能够处理大量精确性的问题,但无法处理诸如曹冲称象等目标和条件不相容的问题。其原因在于: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;解决矛盾问题的变换,有定量的部分,也有定性的部分;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事物的转化(包括量变和质变)。因此,数学模型难以描述解决矛盾问题的过程。

为了用形式化方法处理客观世界中的各种矛盾问题,首先必须研究如何描述客观世界中的种种事物。为此,可拓论建立了物元 $R = (N, c, v)$ 、事元 $I = (d, b, u)$ 和关系元 $Q = (s, a, w)$ (统称为基元),作为描述物、事和关系的基本元,它们是可拓学的逻辑细胞。

用基元描述信息、知识、智能和各种问题的形式化模型称为可拓模型。有了可拓模型,就可以根据基元的可拓性,利用可拓论和可拓方法,提出解决各种矛盾问题的策略。

本文于 2004 年 6 月 30 日收到。

(2)可拓论的三大支柱

可拓论有三个支柱:基元理论、可拓集合理论和可拓逻辑。

基元理论。基元的可拓性和物元的共轭性是基元理论的核心,而用形式化符号表示这些性质则是可拓论的重要特点,它们是生成解决矛盾问题的策略的依据。可拓性包括发散性、相关性、蕴含性和可扩性。共轭性包括物的物质性、动态性、系统性和对立性。

可拓集合理论。为了解决矛盾问题,必须涉及事物性质的变化。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,为此,我们研究了新的可拓集合理论,作为化矛盾问题为不矛盾问题的集合论基础。

可拓逻辑。现有的二值逻辑和模糊逻辑只能描述确定性和模糊性的事物,其推理方法无法作为解决矛盾问题的推理工具。为此,必须建立适用于处理矛盾问题的逻辑,使变换和推理不再停留在传统的确定性和模糊性的基础上,而能作为描述事物可变性的工具,使之成为未来的计算机进行创造性思维,能生成解决矛盾问题的策略的基础。因而,我们建立了可拓逻辑。

为了让计算机能处理矛盾问题,可拓逻辑必须具有两个特点:(i)用形式化模型;(ii)要考虑事物的内涵。要能表达“变”的推理规律。为此,可拓逻辑汲取了形式逻辑的形式化特点,采用了辩证逻辑研究内涵的思想,结合而成为化矛盾问题为不矛盾问题的逻辑。

(3)可拓学的理论框架

经过20多年的努力,可拓学建立了初步的理论框架,见科学出版社出版的《可拓逻辑初步》。

2.2 可拓学方法体系的研究

(1)可拓方法的特点

计算机长于定量计算,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。解决矛盾问题,既需要从定性的角度去探讨事物拓展的可能性,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把定量计算和定性分析结合起来。为此,我们建立了具有如下特点的可拓方法:

(i)基于可拓推理的方法体系

在人类的发展史中,人们会遇到各种各样的矛盾问题。在处理矛盾问题的过程中,总是把事物看成可以拓展的。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。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,就是要根据事物的可拓性,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,为此,我们根据事物拓展的可能性(可拓性),研究了表达事物拓展规律的可拓推理。而可拓方法则以可拓推理为基础。

(ii)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产生的。因此,在解决矛盾问题的方法中,既要研究直接的变换,也要研究间接的变换,即基于传导推理的变换。

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,也即需要从定性和定量两个角度去研究变换。

(iii)建立描述量变和质变的定量化工具

为了解决矛盾问题,必须建立可计算的公式,以描述在某种变换下事物性质的量变和质变。由于在实变函数中规定:“区间内的点与区间的距离均为0”。从而建基于实变函数的计算公式无法描述量变和质变,无法描述事物性质的变化,从而也就无法表达解决矛盾问题的过程。为此,我们从最基本的概念“距离”着手,建立描述距离的新概念“距”,以突破经典数学中区间内的点与区间之距离均为零的规

定。这样,可拓方法就可以描述“类内也有异”的客观现实,描述量变和质变的过程。

(2)可拓学方法体系的框架

可拓学方法体系的框架见《可拓逻辑初步》一书。

2.3 理论和方法研究成果

十几年来,科学出版社与科学技术文献出版社等已出版了一批有关可拓学的学术专著,介绍可拓学的理论成果和应用成果。这些专著已成为我国内地和台湾多所大学的研究生和本科生教材以及教学参考书。在这些专著和论文中,初步建立了学科的理论和方法体系的框架。

3 可拓学的初步应用——可拓工程的研究概况

3.1 可拓学在管理领域中的应用

无论是经理,还是政府官员,每天都要处理各种各样的矛盾问题。在决策过程中,如何选择较优的方案,化不行行为行,不是为是,对立为共存,是考验决策者水平的重要标志。如何帮助决策者提出类似“围魏救赵”“空城计”等高水平的策略,如何利用计算机帮助他们决策,是可拓学的出发点和归宿。20年来,可拓论和可拓方法与管理科学的结合主要在以下几个方面:

可拓决策。1988年,国家自然科学基金资助项目“决策系统中处理矛盾冲突问题的规律研究”开启了国家自然科学基金对可拓学研究的支持,16年来,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金会)管理科学部用6个项目支持了广东工业大学可拓工程研究所,使可拓学研究生存下来并逐步发展。其中,国家自然科学基金资助项目“转换桥的理论与方法研究”“关键策略的生成方法与协调问题”就属于可拓论在决策过程中的应用。1989年,叶雅阁等主编的《决策科学手册》把“可拓决策”作为第16章介绍给读者。

可拓营销 在营销领域中,存在大量的矛盾问题,如何使不是顾客的人转化为顾客,使不可控的资源转化为可控的资源,……这些问题可以用可拓方法去研究,以提出可供使用的策略。1999年,国家自然科学基金资助项目“可拓营销的理论与方法”支持了“可拓营销”这一研究方向,作为课题的研究成果之一的专著《可拓营销》于2001年由科学技术文献出版社出版。

可拓策划。策划领域中要就很多矛盾问题的解

决提出策略并进行决策。广东工业大学的杨春燕研究员提出了可拓策划这一研究方向。2002年,国家自然科学基金以项目“可拓策划的理论与方法研究”支持了这一方向,作为这一课题的成果之一,专著《可拓策划》由科学出版社于2002年出版,并列入了“可拓学丛书”。该书研究了策划中的矛盾问题,初步提出了可拓策划的理论和方法,为广大管理学者继续研究可拓策划打开了一条新路。

此外,金融可拓工程、管理可拓工程的研究也已提出,一些学者正在这些领域中探索。

3.2 可拓学在控制领域中的应用

控制领域中,存在形形色色的矛盾问题。华东理工大学王行愚教授率先把可拓论引入控制领域,提出了“可拓控制”这一研究方向。1994年,他承担了国家自然科学基金资助项目“可拓控制”,发表了一批有关可拓控制的论文。紧接着,清华大学自动化研究所金以慧教授和她的学生潘东发表了可拓控制的有关论文。

3.3 可拓学在检测领域中的应用

检测,有如眼睛的作用,在生产过程中,大量的参数难以检测,有的是缺乏相应的仪器,有的是在现有环境下已有的检测仪器无法使用。如何解决这些不可检测的问题?广东工业大学余永权教授提出了化不可检测为可检测的“可拓检测技术”。2000年,承担了广东省自然科学基金资助项目研究可拓检测。2002年,又承担了国家自然科学基金资助项目“可拓检测的物元机制研究”,其后,发表了一批基础理论的研究成果,并申请了“可拓检测技术”专利,研制了使用可拓检测技术的电饭煲,由广州柏力坚公司生产。

3.4 可拓学在信息科学中的应用

用物元、事元、关系元及它们的组合去描述信息的内涵,产生了可拓信息。用可拓推理规则去拓展信息,用可拓推理方法去生成知识,用可拓变换去产生策略,从而形成处理矛盾问题的可拓信息方法。

可拓信息方法将在信息科学中提出一个新的分支,为提高计算机的智能水平作出贡献。

3.5 可拓学在人工智能中的应用

人工智能技术,已在生产实践中发挥很大的作用。然而,不少人工智能专家认为,人工智能尚缺乏成熟的、系统的理论。必须加强人工智能基础理论的研究。而可拓学正好在此发挥重要的作用。有的人工智能专家认为,“可拓论可以作为广义人工智能的理论基础”。

此外,部分学者进行了可拓论在识别、搜索、诊断等领域的应用研究,试制“可拓刑侦系统”、“可拓策略生成系统”、“可拓故障诊断系统”等软件,也给人们展示了可拓论在人工智能领域的应用前景。

3.6 可拓学在新产品构思和机械设计中的应用

1985年以来,我们研究了可拓方法在新产品构思中的应用,提出了新产品构思的三个创造法。1999年,浙江工业大学赵燕伟教授研究了产品概念设计中的可拓方法,承担了国家自然科学基金资助项目,并研究了计算机实现的方案。由此可见,用计算机进行创造性思维和产品概念设计将是机械领域的学者的一个新课题。

3.7 可拓学在医学领域中的应用

可拓学的“虚、实、软、硬、潜、显、负、正”与中医基础理论有十分密切的关系,哲学思想是一致的。因此,无论是基础理论研究,还是应用医学技术,都与可拓学密切相关。可拓论和可拓方法在医学研究中的应用将具有诱人的前景。

广州中医药大学黎敬波教授承担了国家自然科学基金资助项目“可拓方法对外感病因因素的层次化和量化研究”,撰写了有关的论文,完成了该项目的研究报告,取得了较好的成绩,该研究方法已被列入国家中医现代化发展战略研究成果。

4 研究队伍的建设

4.1 可拓学研究队伍发展较快,全国性学术组织也已成立

随着可拓学的逐步发展,从事可拓学研究的科技人员一起成立了中国人工智能学会可拓工程专业委员会。学会及有关单位先后组织过十届全国可拓学年会和多次全国性专题学术研讨会。

4.2 可拓学逐步为海内外学者所接受,开展了各种学术交流活动

随着可拓学为海内外学者接受与承认,研究工作从广东省发展到包括香港、台湾地区在内的全国各地,美国、日本及南美洲等地的学者也常来学习可拓学,形成了海内外可拓学研究队伍,并开展了研究工作。

5 可拓学研究的科学意义和实用价值

5.1 可拓学是数学、哲学和工程学交叉而成的新学科

(1) 可拓学对数学的拓展

把研究对象扩展到研究矛盾问题,从对数量关

系与空间形式的研究发展到对物、事、关系及其特征的研究,建立了物元、事元和关系元等逻辑细胞,研究这些基本元的可拓性和变换、运算的规律,从而生成处理矛盾问题的形式化工具。

可拓集合的建立克服了经典集合和模糊集合的局限性。从只能描述确定性的事物和模糊性的事物,发展到能描述性质处于变化的事物,从集合的角度去探讨事物的动态分类和事物开拓的过程,从而建立新的集合理论。

把“距离”的概念扩展为“距”的概念,建立了量化的计算方法。在关联函数的计算中,可拓学提出了“距”的概念,突破了经典数学中区间内的点与区间的距离均为0的规定,建立了取值为负数的“距”的概念。这就使经典数学的“类内即为同”发展为可拓学的“类内也有异”,从而关联函数能更好地表达同类事物性质的区别以及量变和质变的过程。

研究了异于数理逻辑的可拓逻辑。数学剔除事物的内涵。因此,不少问题被某些学者形式化为无解的矛盾方程、矛盾不等式或其他数学模型。然而,在现实世界中,它们是有解的。因此,我们不但要研究不矛盾的数理逻辑,而且需要研究允许带有一定矛盾前提的逻辑。

(2) 可拓学与哲学

可拓学把矛盾问题作为学科的研究对象,哲学家也一直在研究矛盾问题,但可拓学与哲学研究矛盾问题的区别在于:哲学是用自然语言或文字表达的。可拓学希望建立处理矛盾问题的程式,最后用计算机帮助人们解决它们。因此,要研究用符号语言来建立矛盾问题的形式化模型,研究事物的可拓性,建立生成解决矛盾问题的形式化工具。最后,使计算机能够操作,帮助人们处理矛盾问题。这是可拓学和哲学研究矛盾问题的根本区别。

(1) 提出了共轭性理论

可拓学从物质性、系统性、动态性和对立性四个角度研究事物的结构,对应提出了虚部与实部、软部与硬部、潜部与显部、负部与正部,形成了共轭性的思想,为描述“奇谋妙计”处理矛盾问题提供理论依据。可拓学用形式化的语言描述了共轭的思想,在策划和营销中,利用虚资源与实资源、软资源与硬资源、潜资源与显资源、负资源与正资源以及它们的相互转化去解决矛盾问题,正是这些哲学思想的体现。它们在管理思想上都有实际的应用。

(2) 把哲学的有关规律形式化

可拓论建立了基元的概念,作为描述物、事和关

系的基本元。通过可拓变换(也包括基元变换)去研究量变和质变,并把对立统一规律、量变质变规律和否定之否定规律等用符号表达,实际上也在作哲学形式化的工作。尽管这些研究还只是开始,但已表明,用可拓方法把一批哲学规律形式化是可行的。

5.2 一门应用范围广阔的横断学科——可拓学在工程技术中的实用价值

正如有数量关系和空间形式的地方,就有数学的存在一样,凡是有矛盾问题的地方,就有可拓学的存在。可拓学与数学相仿,也是一门横断学科,其研究处理矛盾问题的理论和方法,可以帮助工程技术的各个领域处理矛盾问题。

5.3 可拓学的方法论功能

可拓学在某些领域中应用的成效并不在于发现新的实验事实,而在于提供一种理论与方法,提供一种新的思想和模型。可拓模型是比数学模型应用更广的思维模型,利用这种模型,可以揭示研究对象之所以产生矛盾的内在机制和转化的规律与契机。可拓学从新的角度为人们认识和分析现实世界、解决现实世界中的矛盾问题,提出了一种新的方法体系。

可拓学是一门寻求创新规律的学科。其分析和处理问题的思想和方法应用于“创新”是合适的,它回答“怎样创新”、“从哪里创新”、“对创新方案怎样评价”等问题。可拓学为了探索“出点子,想办法”的思路及分析方法,建立了新的工具去研究创造性思维的过程,提出了解决矛盾问题的菱形思维模式。它将可以作为研究思维过程,特别是创造性思维过程的形式化工具。

6 可拓学的发展前景

“目前,在人工智能中,信息和知识表示方法种类繁多,其中的每一种都有其优点,又同时存在这样

或那样的缺点。此外,它们还存在一个共同的问题,这就是它们都缺乏严格的理论体系,尤其是在表达不确定性知识及常识性知识上还存在一定的困难。”另一方面,也应该看到,在有效生成知识和产生智能方面,人们已有的理论和方法还远远不能满足创制高智能水平计算机的需要。

创制智能工具,是未来科学研究的核心问题,可拓学处理矛盾问题的功能正好为人类的这项任务提供基础理论和方法。

人类对计算机智能水平的要求越来越高。希望计算机能够进行创造性思维,帮助人们提出高水平的解决策略;在信息工程中,从“网民找网页”发展为“网页找网民”等等。要提高计算机的智能水平,离不开信息、知识和智能。有的学者研究了它们的关系,提出“信息-知识-策略-行为”的统一理论。但这只是理论上的构想,要实现这种统一,需要建立“信息-知识-策略-行为”的形式化体系。也就是说,面对给定问题的目标和环境,计算机如何简洁地表示收集到的信息和知识;同时,能够按照某些规则,生成解决问题需要的知识;又根据另外一些规则,从这些信息和知识生成解决该问题的策略,并对这些策略进行评价。可拓学的研究表明,利用可拓论和可拓方法,能建立清晰表示信息和知识、具有生成知识、产生策略和评价策略的规则的形式化体系(简称为基于可拓论的“信息-知识-智能形式化体系”),为人类创建高水平的智能计算机创造条件。

可拓学尚属幼年,亟待更多学者参与建设,急需更多专家予以扶持。我们期望,更多专家学者参与可拓学的建设工作,使之更快走向世界,自立于世界学科之林!

限于篇幅参考文献省略,请详见可拓学网页:
<http://web.gdut.edu.cn/~extenics/>

A NEW CROSS SUBJECT-EXTENICS

Cai Wen Yang Chunyan Wang Guanghua

(Research Institute of Extenson Engineering, Guangdong University of Technology, 510090)

Abstract Extenics is a new subject which solves contradictory problems. It studies the extensive possibility of things and the rules and methods of exploitation and innovation with formalized model. This paper briefly introduces its object of study, theory frame, method system, application, scientific meaning, utility value and prospect of development.

Key words Extenics, Mathematics, Philosophy, Engineering Science, Artificial Intelligence