



中国科协创新驱动助力工程
中国人工智能学会系列研究报告



ZHONGGUO YUANCHUANG XUEKE
KETUOXUE FAZHAN BAOGAO 2016

中国原创学科 可拓学发展报告

2016



主 编 杨春燕 汤 龙
副主编 赵燕伟 邹广天 李兴森 杨国为



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

中国科协创新驱动助力工程
中国人工智能学会系列研究报告

中国原创学科可拓学 发展报告 2016

主 编 杨春燕 汤 龙

副主编 赵燕伟 邹广天 李兴森 杨国为



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

图书在版编目 (CIP)

中国原创学科可拓学发展报告 2016 / 中国人工智能学会编写.

-- 北京: 北京邮电大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5635-4494-3

I. ①中… II. ①中… III. ①科学研究—研究报告—

中国III IV. ①G322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 007194 号

书 名: 中国原创学科可拓学发展报告 2016

著作责任者: 杨春燕 汤龙 主编

责任编辑: 满志文

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号 (邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京九州迅驰传媒文化有限公司

开 本: 720 mm×1 000 mm 1/16

印 张: 5

字 数: 78 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4494-3

定价: 48.00 元

• 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

《中国人工智能系列发展报告》

编委会

主 任	李德毅						
执行主任	王国胤						
副 主 任	杨放春	谭铁牛	黄河燕	焦李成	马少平	刘 宏	
	蒋昌俊	任福继	杨 强	胡 郁			
委 员	陈 杰	董振江	杜军平	桂卫华	韩力群	何 清	
	黄心汉	贾英民	李 斌	刘 民	刘成林	刘增良	
	鲁华祥	马华东	马世龙	苗夺谦	朴松昊	乔俊飞	
	任友群	孙富春	孙长银	王 轩	王飞跃	王捍贫	
	王万森	王卫宁	王小捷	王亚杰	王志良	吴朝晖	
	吴晓蓓	夏桂华	严新平	杨春燕	余 凯	余有成	
	张学工	赵春江	周志华	祝烈煌	庄越挺		

中国原创学科可拓学发展报告 2016

编委会

顾问：蔡文 陈文伟 刘巍 余永权

主编：杨春燕 汤龙

副主编：赵燕伟 邹广天 李兴森 杨国为

编委：汪明慧 周玉 李卫华 潘旭伟 张玲玲

陈建 连菲 薛名辉 洪欢欢 郭强



PREFACE

前言

可拓学是中国学者蔡文教授于 1983 年提出的、聚焦于矛盾问题求解和智能化处理的新学科。它通过探讨古往今来人们处理矛盾问题的规律，建立了一套程序化的方法，使人能够按照程序处理矛盾问题和开拓创新，利用计算机和网络帮助人们生成解决矛盾问题的创意和新产品创意。

历经 30 多年的发展，建立了基础理论——可拓论和应用方法——可拓创新方法，并在各领域应用形成可拓工程。可拓论、可拓创新方法和可拓工程构成学科可拓学。

目前可拓学已应用于工程、信息、经济与管理等多个领域的矛盾问题处理和产品创新、设计创新、管理创新等，获得多项专利；应用可拓学的理论和方法研究了用计算机帮助人们解决矛盾问题的工具，获得多项软件著作权。可拓学成果得到学术界和国家科技部门的高度评价，国际化和社会化工作成效显著。

可拓学研究者对矛盾问题求解的普遍规律和一般方法的形式化、系统化研究，得到的成果使人们解决矛盾问题有一定的规律可循，有可操作的方法可依，为各行业解决矛盾问题和开拓创新提供了一套系统的方法。

这项工作开辟了一个新的研究领域，使对矛盾问题求解的研究，从概念与理论的层次，发展到逻辑推理层次和可操作的方法层次，其体系是一种新的科学方法论。可拓学的应用研究为工程技术与信息技术等领域应用这些理论与方法去解决矛盾问题架设了桥梁，对推动相关学科的发展具有重要的意义，对科学技术的进步和社会经济的发展有积极的作



用，特别是可拓创新方法在很多企业和大中小学推广普及，对我国建设创新型国家、提升国民的创新素质，有十分重要的价值。

本书由中国人工智能学会可拓专业委员会组织撰写，全书共分 5 章：第 1 章可拓学概述；第 2 章可拓策略生成方法与系统；第 3 章基于可拓学的数据挖掘研究与应用；第 4 章可拓设计；第 5 章可拓控制。

由于编者才疏学浅，疏漏乃至错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者谨识

2016.10.10



CONTENTS

目录

第 1 章 可拓学概述.....	1
1.1 可拓学的学科体系	1
1.1.1 可拓学的定义和定位	1
1.1.2 可拓学的理论体系——可拓论	1
1.2 可拓学的方法体系——可拓创新方法	4
1.2.1 可拓模型建立方法	5
1.2.2 拓展分析方法	5
1.2.3 共轭分析方法	5
1.2.4 可拓变换方法	5
1.2.5 可拓集方法	5
1.2.6 优度评价方法	6
1.3 可拓工程	6
1.3.1 可拓学在人工智能领域的应用	6
1.3.2 可拓学在工程技术领域的应用	9
1.3.3 管理可拓工程	9
1.3.4 可拓学与其他领域的交叉融合	10



第 2 章 可拓策略生成方法与系统	11
2.1 引言	11
2.2 可拓策略生成的一般方法	12
2.2.1 问题的形式化界定方法	12
2.2.2 问题相容性的判断方法	13
2.2.3 问题相关度的计算方法	13
2.2.4 拓展分析方法与共轭分析方法	13
2.2.5 可拓变换及其筛选方法	14
2.2.6 可拓策略的优度评价方法	15
2.3 可拓策略生成系统	15
2.3.1 ESGS 的主要功能模块	15
2.3.2 应用 ESGS 求解不相容问题的一般步骤	18
2.3.3 ESGS 的软件架构	19
2.4 ESGS 软件研制情况	19
2.5 结束语	20
第 3 章 基于可拓学的数据挖掘研究与应用	21
3.1 引言	21
3.2 可拓分类知识获取	22
3.3 传导知识获取	23
3.4 基于知识库的可拓知识获取	24
3.4.1 拓展型可拓知识获取	24
3.4.2 从知识库中获取可拓知识的理论基础	24
3.4.3 基于决策树知识的可拓知识获取	25
3.5 智能知识的挖掘算法、技术与管理	25
3.5.1 转化规则挖掘方法	26

3.5.2	基于多目标线性规划的二次挖掘方法	26
3.5.3	智能知识管理系统设计技术	26
3.5.4	知识可拓优化技术	27
3.6	可拓模式识别	27
3.7	可拓神经网络	29
3.7.1	可拓神经网络的基本思想	29
3.7.2	可拓神经网络的类型与算法分析	29
3.8	应用研究成果	33
3.8.1	基于可拓数据挖掘的客户价值获取	33
3.8.2	产品销售问题可拓分类知识挖掘	34
3.8.3	基于变换选择策略的可拓知识挖掘系统	34
3.8.4	客户流失预防与转化策略获取系统	34
3.8.5	可拓建筑策划与设计数据挖掘	35
3.8.6	基于多目标线性规划的二次挖掘方法的应用	36
3.8.7	双权连接可拓神经网络的应用	36
3.9	结束语	37

第 4 章 可拓设计..... 39

4.1	引言	39
4.2	机械产品的可拓设计理论与方法	40
4.2.1	可拓概念设计	40
4.2.2	可拓配置设计	41
4.2.3	可拓低碳设计	43
4.2.4	可拓绿色设计	46
4.2.5	可拓设计的计算机实现	47
4.3	可拓建筑策划与设计的理论与方法	47



4.3.1	可拓建筑策划的理论与方法	47
4.3.2	可拓建筑设计的理论与方法	48
4.3.3	计算机辅助可拓建筑策划与设计	49
4.4	结束语	50
第 5 章	可拓控制	51
5.1	可拓控制的研究背景和意义	51
5.2	可拓控制理论	52
5.2.1	可拓控制的基本概念	52
5.2.2	可拓控制的原理	55
5.2.3	可拓控制器的结构与设计	55
5.3	可拓控制的应用	57
参考文献		59



第 1 章 可拓学概述

1.1 可拓学的学科体系

1.1.1 可拓学的定义和定位

可拓学 (Extenics) 是以形式化的模型, 探讨事物拓展的可能性以及开拓创新的规律与方法, 并用于解决矛盾问题的科学。它的研究对象是矛盾问题, 即在现有条件下无法实现人们要达到的目标的问题。

可拓学就是通过探讨古往今来人们处理矛盾问题的规律^[1], 建立一套程序化的方法, 使人能够按照程序处理矛盾问题, 利用计算机和网络帮助人们生成解决矛盾问题的创意和新产品创意^[2]。

可拓学的基本理论是可拓论^[3], 方法体系是可拓创新方法^[4], 它们的应用称为可拓工程。可拓论、可拓创新方法和可拓工程构成可拓学。

1.1.2 可拓学的理论体系——可拓论

可拓论由基元理论、可拓集理论和可拓逻辑构成其理论体系, 如图 1-1 所示。

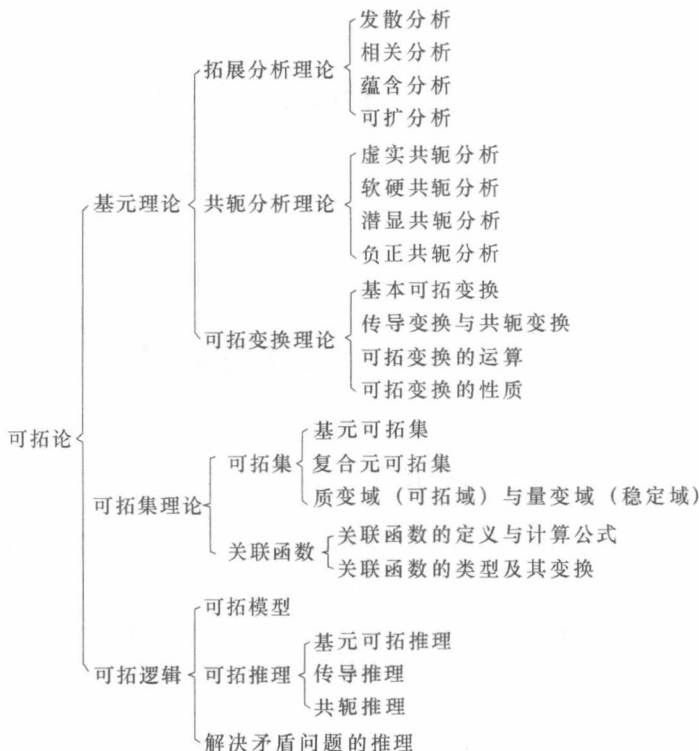


图 1-1 可拓论框架

1. 基元理论

物元、事元和关系元（统称为基元）是可拓学的逻辑细胞，利用它们可以描述事、物、关系和问题，描述信息、知识和策略。通过研究基元的拓展性和变换、变换运算的规律，建立了把数学模型拓广的可拓模型，去表示矛盾问题及其解决过程，作为处理矛盾问题的形式化工具；研究了基元的拓展分析理论和物的共轭分析理论；探讨了可拓变换的类型和性质，形成可拓变换理论；它们合称为基元理论。

2. 可拓集与关联函数

经典数学以康托集为基础，康托集是对确定性事物的分类。扎德提出的模糊集描述了模糊性的事物，是模糊数学的基础。康托集和模糊集定性地表达了事物的性质及其分类。

为了表示矛盾问题通过变换变为不矛盾问题，必须建立描述变换下

事物性质变化的集合概念。1983年,《可拓集合和不相容问题》一文提出了可拓集的概念,使静态的集合论发展为描述变换(包括动态)下的集合论,作为解决矛盾问题的集合论基础。

为了定量地刻画事物性质的变化,可拓集以关联函数作为定量化工具。

3. 可拓逻辑

要使计算机能利用可拓模型处理矛盾问题,生成解决矛盾问题的策略,必须研究带有矛盾前提的逻辑。

在解决矛盾问题的研究中,不仅要涉及数量关系,还要涉及事物、事物的特征和量值。不仅考虑静态的事物和关系,还要考虑事物和关系在变换下(包括动态)的变化。不仅要进行推理,还要涉及创造性思维的过程,不仅需要不矛盾的传统逻辑,还需要允许一定矛盾前提的逻辑。因此,在可拓学中,研究了它特有的逻辑——可拓逻辑,它异于形式逻辑和辩证逻辑,有如下几个特点:

(1) 研究使矛盾问题转化的逻辑。数理逻辑研究经典数学中推理的规律,模糊逻辑研究模糊数学中推理的规律。人们天天要与矛盾问题打交道,要处理各种各样的矛盾问题。因此,必须研究如何在矛盾前提下,通过某些变换,使矛盾问题转化为不矛盾问题的可拓逻辑。

(2) 逻辑值随变换而改变。在经典逻辑和模糊逻辑中,事物是否具有某种性质,命题为“真”或为“假”是相对固定的。但在可拓逻辑中,由于引入了变换(包括时空的改变),事物具有某种性质的程度和命题“真假”的程度随变换而改变。可以说,经典逻辑和模糊逻辑从“静态”的角度研究事物的性质和命题的真假;可拓逻辑则从变换(包括“动态”)的角度讨论事物具有某种性质的程度和命题真假的变化。同样,推理的正确性也是可变的,可拓逻辑也研究在变换下推理正确度的变化。

(3) 形式逻辑的形式和辩证逻辑的思想。可拓逻辑对语句或命题真假程度的描述成为描述事物矛盾程度的依据,可拓逻辑要研究“变”的推理规律,就必须符合自然辩证法的基本规律。因此,可拓逻辑也进行了哲学原理形式化的尝试。通过用符号表达某些哲学原理,可以对这些哲学规律进行操作和运算,使辩证逻辑不仅仅停留于自然语言的描述。

可拓逻辑汲取了形式逻辑形式化的做法,采用了辩证逻辑的思想,结合并发展出描述可拓思维形式,以解决矛盾问题的变换和推理为核心的可拓逻辑,为用计算机和网络处理矛盾问题建立了逻辑工具。

1.2 可拓学的方法体系——可拓创新方法

可拓学研究了描述现实世界中的事、物和关系，信息和知识以及问题的形式化体系。建立了以基元为逻辑细胞的可拓模型；研究了事物拓展的可能性——可拓展性以及用形式化表示可拓展性的方法——拓展分析方法；研究了从物质性、系统性、动态性和对立性分析物的结构的共轭性，建立了基元的拓展分析理论与方法以及物的共轭分析理论与方法，提出了矛盾问题转化的基本方法，包括化不相容问题为相容问题的可拓策略生成方法、处理对立问题的转换桥方法和从整体出发，考虑处理复杂问题的关键策略与协调方法。

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——可拓创新方法体系，如图 1-2 所示。

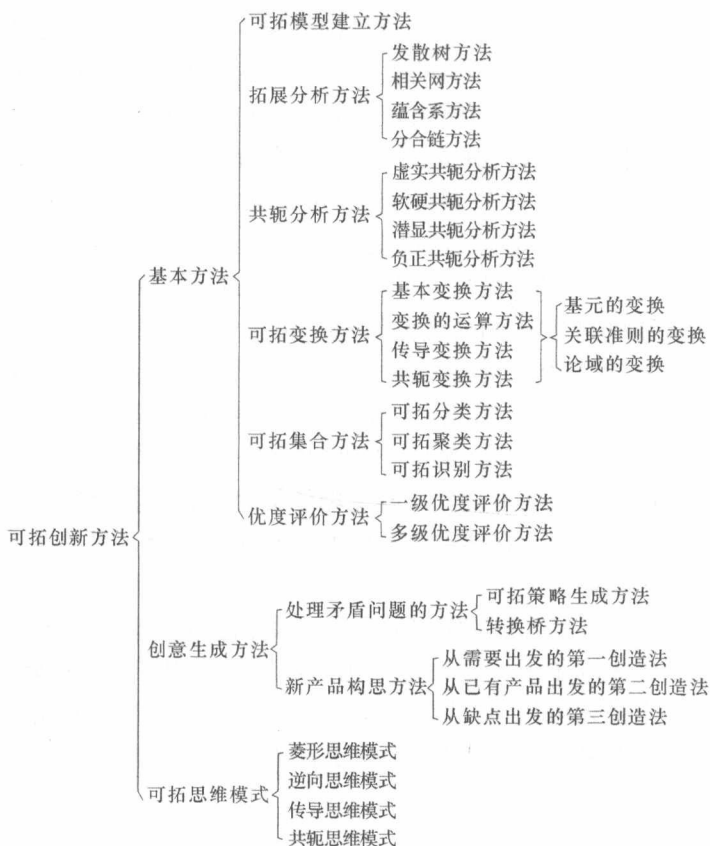


图 1-2 可拓创新方法体系



1.2.1 可拓模型建立方法

用基元表示事、物和关系,表示信息和知识,从而建立起问题的形式化模型,称为可拓模型。对矛盾问题的可拓模型进行拓展和变换,可以获得解决矛盾问题的创意,再进行评价,就获得可供应用的创意。

1.2.2 拓展分析方法

拓展分析方法是根据基元的拓展分析原理对事、物、关系等进行拓展,以获得解决矛盾问题的多种可能途径的方法。拓展分析方法包括发散树方法、相关网方法、蕴含系方法和分合链方法。

1.2.3 共轭分析方法

对物的结构的研究,有助于我们利用物的各个部分及各部分间的相互关系去解决矛盾问题。物具有物质性、系统性、动态性和对立性,统称为物的共轭性。根据物的共轭性,利用物元和关系元作为形式化工具,把物分为虚部、实部与虚实中介部;软部、硬部与软硬中介部;潜部、显部与潜显中介部;负部、正部与负正中介部。这种形式化分析方法,称为共轭分析方法。通过对物的各共轭部及其相互关系和相互转化的分析,可以得到解决矛盾问题的多种策略。共轭分析方法为人们全面分析物的结构提供了新的视角。

1.2.4 可拓变换方法

使矛盾问题转化的工具是变换。通过对人们处理矛盾问题的变换方法的研究,抽象出五种基本变换和四种运算方式。任何一个解决矛盾问题的创意,都是由五种基本变换通过四种运算或复合而成。

由于事物的相关性和蕴含性,对一事物或关系的变换会导致他事物或关系的改变,这是传导变换,人们常常利用传导变换去处理问题。

1.2.5 可拓集方法

可拓集方法是从动态的、转化的角度对研究对象进行分类、识别和聚类等方法。可拓集是以可拓变换和关联函数为基础的集合。针对不同的变换,可拓集有不同的质变域和量变域,从而有不同的分类、聚类和识别形式,它形式化和定量化地揭示了矛盾问题的转化过程和结果,

更贴切地描述了分类、聚类 and 识别等的动态性和可转化性。

在可拓学中，建立了描述距离的新概念“可拓距”，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。以此为基础建立的关联函数，就可以定量地描述“类内也有异”的客观现实，进而描述量变和质变的过程，建立了能表达在某种变换下事物性质的量变和质变的定量计算公式。

可拓集方法包括可拓分类方法、可拓聚类方法和可拓识别方法等。可拓集方法是可拓数据挖掘的基础。

1.2.6 优度评价方法

可拓变换方法得到的大批创意必须进行评价，把可拓集的关联函数应用于对创意评价的方法称为优度评价方法，它是综合多种衡量条件对某一对象、方案、策略等的优劣程度进行综合评价的实用方法。对一个对象的评价往往不能只考虑有利的一面，还要考虑不利的一面。此外，在评价时，往往要考虑到动态性和可变性，对潜在的利弊进行考虑。该方法用关联函数来计算各衡量条件符合要求的程度，由于关联函数的值可正可负，这样建立的优度可以反映一个对象利弊的程度，使得评价更符合实际。

1.3 可拓工程

可拓论和可拓创新方法在各个具体领域的应用统称为可拓工程。

1.3.1 可拓学在人工智能领域的应用

可拓论刚刚诞生不久，不少专家就明确指出，可拓论“带有很浓厚的人工智能色彩”^[3]，“必将渗透到人工智能及其相关学科中”^[4]，从可拓学和人工智能的发展过程可见，它们有着密切的联系^[5]。

1. 可拓论与人工智能的基础问题

(1) 问题处理：不少学者认为，用计算机进行“问题处理”是人工智能的核心，人工智能研究解决问题的思维规律及其计算机模拟。实际上，很多智能活动的过程，甚至所有智能活动的过程，都可以看作或抽