

可拓学丛书

1.324

1.780

5.897

可拓策略生成系统

李立希 杨春燕 李铎汶 著



科学出版社

www.sciencep.com

可拓学丛书

可拓策略生成系统

李立希 杨春燕 李铎汶 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

可拓策略生成系统是利用计算机辅助人们生成解决矛盾问题的策略的智能系统。本书依据可拓学的基本理论与方法,结合最新的人工智能理论与工具,研究了可拓策略生成系统的理论基础、基本方法和实用技术,并利用案例介绍了该系统的系统分析与设计思路。本书探讨了人工智能中矛盾问题求解的理论基础,并提供了一套可以在计算机上实现矛盾问题求解的策略生成的具体方法,对于发展决策科学和人工智能有重要的科学意义,研制相应的实用软件对于进行科学决策有实用价值。

本书的读者对象为计算机科学、智能科学与管理科学等领域的大学生、研究生、教学与科研人员以及管理决策人员。

图书在版编目(CIP)数据

可拓策略生成系统/李立希,杨春燕,李铎汶著. —北京:科学出版社,2006
(可拓学丛书)

ISBN 7-03-017125-X

I. 可… II. ①李… ②杨… ③李… III. 拓扑-人工智能-系统设计
IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 031871 号

责任编辑:范庆奎 贾瑞娜/责任校对:张 琪

责任印制:安春生/封面设计:王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 7 月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2006 年 7 月第一次印刷 印张:7 3/4

印数:1—2 000 字数:209 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《可拓学丛书》编委会

主 任：涂序彦

副 主 任：于景元 钟义信

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	张士行
陈 俊	陈文伟	钟义信	贺仲雄
涂序彦	黄有评	蔡 文	

《可拓学丛书》序

人类的历史,是一部解决矛盾问题、不断开拓的历史.可拓学研究用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,对于提高人类智能有重要的意义.根据这些研究成果探讨用计算机处理矛盾问题的理论和方法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种目的而进行的.

可拓学选题于1976年展开,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学的思维方法,并提供研究的课题.

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本丛书提出宝贵意见,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
国家级有突出贡献的专家
新学科可拓学的创立者

蔡文

2002.6

《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。

经过可拓学研究者们多年的艰苦创业、共同奋斗，可拓学已粗具规模，包括可拓论、可拓方法、可拓工程等。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、物和关系的基本元——“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。

可拓逻辑是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

《可拓学丛书》编委会主任

涂序彦

2002.6

前 言

进入 21 世纪, 管理技术日新月异地更新发展. 随着竞争的日趋激烈, 利用计算机进行策略生成和评价已成为决策科学化和智能化的必然趋势. 但一般的决策理论很少研究策略如何形成以及如何开拓决策策略集的问题, 而只是对已有的策略进行比较和优选. 策略生成是决策科学的难点, 要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.

随着科学技术的进步, 今后充分利用智能工具将是国民经济多个领域现代化的重要任务. 因此, 创制智能系统是当代科学技术的重要工作. 而智能系统水平高低的关键是如何使计算机能够把获得的信息加工成知识, 又如何使计算机能利用信息和知识, 生成策略去处理矛盾问题. 因此, 研究矛盾问题智能化处理的理论与方法是智能科学的重要课题.

可拓学的研究对象是客观世界中的矛盾问题, 目前, 已经建立了把问题进行形式化描述的可拓模型, 并利用事物的可拓性和可拓变换, 建立了解决矛盾问题的可拓方法和可拓工程方法. 在可拓学中, 解决矛盾问题的工具是可拓变换, 集合论基础是可拓集合, 其核心是使“不知变可知”、“非变为是”、“不行变行”、“不属于变属于”等. 因此, 如果计算机能利用它们处理事物性质的动态变化, 进行创新和生成策略, 并利用可拓变换作为解决矛盾问题的工具, 那将大大提高机器的智能水平. 为此, 我们进行了可拓策略生成系统的理论与方法及其计算机实现的研究.

本书是作者承接和参加的国家自然科学基金项目 (70140003, 70271060, 79870107) 和广东省自然科学基金项目 (010049, 05001832) 的有关研究成果的总结, 作者冀求以此拙作作为引玉之砖, 以使更多人工智能和计算机领域的学者参与开展这方面的研究, 为实现矛盾问题的智能化处理开辟一条新路.

本书是《可拓学丛书》中的一本, 是探讨利用可拓学的理论与方法研究解决矛盾问题的策略生成的计算机实现系统 (简称可拓策略生成系统) 的第一本著作. 作者感谢国家自然科学基金委员会和广东省自然科学基

金委员会对我们研究工作给予的大力支持! 感谢广东工业大学为我们提供的良好的科研环境, 感谢科学出版社多年来对我们工作的大力支持, 感谢《可拓学丛书》编委会全体编委的辛勤工作, 为本书的早日面世创造了条件.

在本书的写作过程中, 国家级有突出贡献的专家、可拓学的创立者蔡文研究员给予了很大的帮助, 并为本书审稿, 提出了很多宝贵的意见, 在此致以衷心的感谢! 国防科技大学的陈文伟教授为本书提出了不少修改意见, 可拓工程研究所的研究生王光华同学为本书提供了一些很好的资料, 在此一并致谢!

由于作者才疏学浅, 书中疏漏乃至错误之处在所难免, 恳请读者批评指正.

作 者

2005.10

目 录

《可拓学丛书》序

《可拓学丛书》前言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 问题的提出——决策与策略生成	1
1.2 研究 ESGS 的必要性	2
1.3 ESGS 的基本思想	5
第 2 章 ESGS 的理论基础	8
2.1 预备知识	8
2.1.1 基元的概念	8
2.1.2 可拓变换的基本知识	13
2.1.3 矛盾问题的形式化模型	18
2.1.4 问题的可拓分析	20
2.1.5 问题的核问题	32
2.2 矛盾问题的转化与求解	35
2.2.1 关联函数的建立方法	35
2.2.2 可拓集合的定义	40
2.2.3 矛盾问题及其求解规则	41
2.3 传导变换与传导矛盾问题求解	46
2.3.1 可拓图	46
2.3.2 传导变换	47
2.3.3 传导变换效应	51
2.3.4 传导变换的图表示	52
2.3.5 利用传导变换求解矛盾问题的一般步骤	57

2.3.6 共轭变换原理·····	59
2.3.7 传导矛盾问题·····	62
第3章 ESGS的基本方法 ·····	66
3.1 基元知识表示方法·····	66
3.1.1 基元知识表示方法的特点·····	66
3.1.2 可拓状态空间法·····	67
3.1.3 问题的蕴含系表示法·····	72
3.1.4 用基元表示演绎系统·····	73
3.1.5 用基元表示产生式规则·····	76
3.1.6 用基元表示本体·····	78
3.2 数据处理的可拓方法·····	81
3.2.1 数据表与基元集合·····	82
3.2.2 关系运算与拓展方法的数据库实现·····	86
3.2.3 利用 SQL 实现可拓变换·····	92
3.3 数据仓库方法·····	101
3.3.1 从数据库到数据仓库·····	101
3.3.2 OLAP 方法与可拓方法的结合·····	102
3.3.3 面向问题的多维数据模型设计方法·····	104
3.3.4 案例分析·····	110
3.4 ESGS 中的可拓规则·····	122
3.4.1 发散规则的功能特点·····	122
3.4.2 相关规则与变换的蕴含规则·····	128
3.4.3 基元变换的传导推理规则·····	130
3.4.4 优度评价规则·····	131
3.5 可拓数据挖掘方法初步·····	132
3.5.1 策略生成与数据挖掘·····	132

3.5.2 可拓数据挖掘的类型	133
3.5.3 应用可拓数据挖掘方法生成解决矛盾问题的策略	138
第4章 ESGS 的实用技术与功能模块	143
4.1 ESGS 的数据结构类型	143
4.1.1 关系数据表类型	143
4.1.2 结构体类型	144
4.1.3 类类型	145
4.2 ESGS 的系统分析	146
4.2.1 系统分析思路(框架)	146
4.2.2 建立问题的可拓模型	146
4.2.3 问题的相关网	147
4.2.4 可拓变换的蕴含树——可拓策略生成树	152
4.3 可拓策略生成技术	154
4.3.1 数据仓库技术	154
4.3.2 数据仓库设计	155
4.3.3 设计数据仓库架构	157
4.3.4 基于数据仓库的可拓策略生成	159
4.4 ESGS 功能模块	163
4.4.1 基础数据库	163
4.4.2 可拓变换库	174
4.4.3 可拓规则库	177
4.4.4 问题库	180
4.4.5 策略库	181
4.5 基于数据仓库的 ESGS	182
4.5.1 构建问题求解的知识库	182
4.5.2 设计星型模式或雪片模式	183
4.5.3 生成解决矛盾问题的策略	191

第 5 章 ESGS 实例研究——房地产营销的 ESGS	208
5.1 系统的基本思路	208
5.2 系统分析	210
5.2.1 建立可拓模型	210
5.2.2 相关分析	211
5.3 基础数据库模块	214
5.3.1 基础数据库模块概述	214
5.3.2 基础数据库模块功能要求	215
5.4 挖掘相关规则	217
5.4.1 选取与相关规则相关的数据	217
5.4.2 相关规则的挖掘	218
5.5 策略生成与评价	223
5.5.1 表层问题分析	223
5.5.2 利用相关规则分析问题	223
5.5.3 利用可拓变换生成策略	224
参考文献	231

第 1 章 绪 论

1.1 问题的提出 —— 决策与策略生成

决策自古有之。从宏观讲,决策就是制定政策;从微观讲,决策就是作出决定。一般认为,决策是为了实现一定的目标而通过对主客观条件的分析,提出各种方案并从中选取合适方案的过程。但一般的决策理论很少研究策略如何形成以及如何开拓决策策略集的问题,而只是对已有的策略进行比较和优选。然而,研究怎样产生更多、更巧妙的策略,却是决策活动的关键。

进入 21 世纪,管理技术日新月异地更新发展。随着竞争的日趋激烈,很多企业长期以来惯用的粗放式决策,甚至“拍脑袋”的决策方式已无法适应极度扩张的信息量和频繁多变的市场。因此,一个高效的策略生成系统将是企业决策者迫切需求的工具。

策略生成是决策科学的难点。随着社会经济的发展和信息技术的不断进步,决策所涉及的系统越来越复杂,要考虑的参数越来越多;可供选择的策略难以计数,仅靠人脑生成策略、进行决策已显得苍白无力。利用计算机进行策略生成和评价已成为决策科学化和智能化的必然趋势。在这个问题上,国内外的研究尚显不足。究其原因有两个方面:一是策略生成的基本理论不够成熟;二是用计算机进行策略生成的模型和方法尚需研究。

多年来,人们在决策过程中引进“决策支持系统”、“群决策支持系统”、“专家系统”、“遗传算法”、“神经网络”、“智能主体”、“管理信息系统”等支持决策。但这些系统在策略生成方面,尚未有本质性的突破。因此,研究生成策略的新路子势在必行。

在国家自然科学基金项目“决策系统中处理矛盾冲突问题的规律研究”、“转换桥的理论与方法”、“关键策略的生成方法与协调问题”、“可拓营销方法研究”、“可拓策划的理论与方法研究”、“可拓策略生成系统的基

基础理论与基本方法研究”,以及广东省自然科学基金项目“企业资源的共轭分析与可拓资源研究”、“基于可拓论的信息-知识-智能形式化体系研究”等的研究中,开始对策略生成、可拓学与计算机技术结合的问题进行初步的探索,研究了可拓营销策略生成系统的基本思路和关键技术,并初步研究了企业资源开拓系统.通过这几个课题的研究,总结出以下几点:

(1) 把决策科学、可拓学与人工智能相结合,用计算机进行策略生成和策略评价是提高决策者的决策水平和机器智能的重要手段,也是决策科学化的必由之路.这一研究对于管理、控制、检测、信息等领域都有重要的实用价值.它是决策科学、人工智能和可拓学的交叉研究项目.尽管困难甚多,但必须花力气去探索新的路子.

(2) 鉴于可拓模型既考虑数量关系,也考虑事物的质和特征,又可描述事物的可拓性,利用可拓模型作为策略生成的形式化工具比数学模型更为合理可行,更便于计算机操作,也便于人机结合,去处理较为复杂的问题.

(3) 如何加速研究的进程,寻求新的路子,使中国在利用计算机进行策略生成方面走在世界的前列,这是值得深入研究的课题.因此,探讨利用可拓学的理论与方法研究解决矛盾问题的策略生成的计算机实现系统(简称可拓策略生成系统)是有价值的.

由此可见,研究可拓策略生成系统(extension strategy generating system, ESGS)对于发展决策科学和人工智能有重要的科学意义,研制相应的实用软件对于国民经济中各行业进行科学决策有实用价值.

1.2 研究 ESGS 的必要性

数据处理(data processing)是计算机运用最广泛的领域,约占 70%.在 20 世纪 50 年代以前,数据处理主要靠手工和机械方式进行.但是,真正使数据处理发生革命性改变的是在计算机诞生之后.50 年代开始了计算机化数据处理和数据储存,这是基于计算机管理信息系统的早期形态,也称为电子数据处理系统(EDPS).EDPS 是指用计算机代替繁杂的手工事务处理工作,其目的是提高数据处理的准确性、及时性,以节约人力,提高效率.

20 世纪 70 年代初,随着数据库技术、网络技术和科学管理方法的发

展, 计算机在管理上的应用日益广泛, 管理信息系统 (MIS) 逐渐成熟起来. MIS 是指由若干子系统构成一个综合的人机系统, 从组织的全局出发, 实现数据共享, 提供分析、计划、预测、控制等方面的综合信息. 其主要目的是发挥系统的综合效率, 提高管理水平.

MIS 的主要问题是建立的系统缺乏灵活性及对决策者的支持不够. 这些缺点导致了决策支持系统 (DSS) 在 20 世纪 70 年代的出现. DSS 能够在决策者和计算机交互的过程中, 提供决策者所需的信息并帮助人们探索可能的解决方案. 其主要目的是帮助决策者提高决策的科学性和有效性.

人工智能是计算机发展中的最新研究领域. 专家系统 (ES) 是人工智能的一个特殊分支, 它受到了人们的格外关注. 一个专家系统可以实现某一领域的专家功能. 企业于 20 世纪 90 年代开始这方面的应用尝试, 用户可以使用专家系统中的知识库和推理机对决策问题进行推理, 得到相关结论.

但是, 正如文献 [1] 中所指出的: “目前多数知识系统和专家系统拥有的知识都是表层知识. 而要解决各种复杂问题, 在知识库系统中必须解决深层知识的储存、表示和处理问题. 借助深层知识可以提高问题求解能力和灵活性.” 另一方面, 传统知识库和专家系统的特征是求解相容问题, 而不研究不相容问题求解.

可以说, 人类历史就是一部解决矛盾问题的历史. 列宁在《黑格尔“逻辑学”一书摘要》中说: “概念的关系 (= 转化 = 矛盾) = 逻辑的主要内容”. 这里说明辩证逻辑的主要任务是研究事物的本质关系, 其主要内容包括矛盾及其转化.

矛盾问题是可拓学的研究对象. 通俗地讲, 矛盾问题是指人们要达到的目标是在现有条件下无法实现的问题. 解决矛盾问题, 是人类智能的集中体现, 也是人工智能的核心问题之一. 因此, 以解决矛盾问题为研究对象的可拓学与人工智能有着密不可分的联系.

问题求解是人工智能的核心概念和技术. 人工智能的第一个大成就就是发展了能够求解难题的下棋 (如国际象棋) 程序. 在下棋程序中应用的某些技术, 如向前看几步, 并把困难的问题分成一些比较容易的子问题, 发展成为搜索和问题归约这样的人工智能基本技术 [2].

1981 年, 意大利的学者萨摩尔维科 (M.Somalvico) 等人在 “人工智能

的问题和未来”一文中提出了一个以问题求解为中心的人工智能理论结构。自从人工智能形成一个学科以来,科学家们遵循着一条明确的指导思想:研究和总结人类思维的普遍规律,并利用计算机模拟它的实现。而人的思维过程,虽然各有特点,但都可以在一定条件下形式化地等效成一个“问题求解过程”。国内有的学者认为,人工智能研究中的其他内容都可以围绕问题求解这个中心来组织。因此人工智能研究的核心问题就是广义问题求解。

解决矛盾问题是解决问题的难点,用计算机处理矛盾问题也是人工智能研究水平的体现。但是,现有的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,可拓学与人工智能相结合,并用计算机处理矛盾问题,这对提高人类智能和机器智能都有重要的价值。

传导矛盾问题有十分重要的现实意义。当今社会,人类面临的许多重大问题,有相当一部分是由人们决策不当而导致的。无论是全人类还是企业,都面临着传导矛盾问题的挑战。研究传导矛盾问题的成因与学习处理它的方法是十分必要的。

在人们解决矛盾问题的过程中,为什么主观动机是良善的,又充分发挥了人的作用,但仍然会“制造”问题呢?“系统动力学”的创始人福里斯特(J. Forrester)教授认为:“许多严重的公共问题,从都市的日益恶化到全球生态的威胁,都起因于原先立意甚佳的政策。这些问题其实是处于一种复杂的系统中;这类系统会诱使政策的制定者在试图解决这些问题时,误将重点放在治疗问题的症状,而非根本病因。这样虽然能产生短期的效益,但就长期而言,病因恶化,药也不得不越下越重,造成更严重的问题”^[3]。这段话,首先说明许多严重的公共问题都是传导矛盾问题,其次说明主要原因在于“系统的复杂性”,致使人们只考虑解决表层问题,而没有重视分析深层问题。

复杂动态系统的特点是“相互关系”、“互动”。在可拓学中,可以用“发散树”、“相关网”和“蕴含系”来描述“相互关系”;而“互动”是由传导变换引起的。因此,研究传导矛盾问题也为研究复杂动态系统提供了思路和方法。

可拓论^[4]用形式化的工具,从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题的规律和方法。在可拓学中,为人们提供了基元知识表示方法、可拓