

可拓学与矛盾问题智能化处理

杨春燕, 蔡文

广东工业大学可拓学与创新方法研究所, 广州 510006

摘要 可拓学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, 其目标是按照一定的程序或利用计算机与网络帮助处理各行各业的矛盾问题, 实现矛盾问题智能化处理(IPCP)。本文从可拓集与不相容问题所开创的研究方向, 综述可拓集与不相容问题、转换桥与对立问题、矛盾问题智能化处理等方向的研究进展。

关键词 可拓学; 矛盾问题; 可拓集; 转换桥; 智能化处理

中图分类号 TP18; C934

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.36.001

Extenics and Intelligent Processing of Contradictory Problems

YANG Chunyan, CAI Wen

Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract Extenics is a new discipline: Using the formal model to study the extension possibility of things, the rules and methods of innovation. It aims to help people in various industries solve contradictory problems according to some procedures or using computer and network, and is also referred to as intelligent processing of contradictory problems (IPCP). This paper summarizes the research progress on extension set and incompatible problems, transforming bridge and antithetical problems, and intelligent processing of contradictory problems.

Keywords extenics; contradictory problem; extension set; transforming bridge; intelligent processing

可拓学的研究对象是矛盾问题, 重点研究不相容问题和对立问题。基本理论是可拓论, 方法体系是可拓创新方法, 可拓论和可拓创新方法在各个领域的应用称为可拓工程。根据一定的程序解决矛盾问题, 或者利用计算机和网络帮助人们处理矛盾问题, 称为矛盾问题智能化处理。可拓学为矛盾问题的智能化处理提供了基础理论和基本方法^[1-4]。

可拓学是一门充满生命力的新学科, 文献[4]~[8]介绍了可拓学的相关研究成果。本文从可拓集与不相容问题开创的研究方向, 综述30年来可拓学的研究概况。

1 可拓集与不相容问题

1.1 可拓集

蔡文^[9]提出可拓集概念, 从变换的角度研究对象具有某种性质的程度及其变化, 并用关联函数进行定量化描述。基于可拓集, 可以用形式化定量化的方法研究不相容问题的求解。

通过多年的研究, 可拓集的定义不断完善, 目前已经比较适合描述变化的分类和分类的变化, 特别是矛盾问题的转化。这就使对集合的研究从康托集和模糊集的静态分类发展为从变化的角度研究变换下对象的分类和分类的变化, 从而成为解决矛盾问题的集合论基础。

定义1 设 U 为论域, μ 为 U 中的任一元素, k 是 U 到实域 \mathbb{R} 的一个映射, $T=(T_U, T_k, T_u)$ 是给定的变换, 称 $\tilde{E}(T)=\{(u, y, y') | u \in U, y=k(u) \in \mathbb{R}, T_u u \in T_U, y'=T_k(T_u u) \in \mathbb{R}\}$ 为论域 U 上的一个可拓集, $y=k(u)$ 为 $\tilde{E}(T)$ 的关联函数, $y'=T_k(T_u u)$ 为 $\tilde{E}(T)$ 的可拓函数。其中 T_U, T_k, T_u 分别为对论域 U , 关联准则 k 和元素 u 的变换。可拓集中, 用可拓域(质变域)和稳定域(量变域)表达事物的质变和量变及其变化过程, 使矛盾问题转化为不矛盾问题有了坚实的集合论基础^[1]。

特别地, 当 $T_U=e, T_k=e$ 时, 上述可拓集只是关于论域中的元素 u 变换的可拓集。当 $T_u=e$ 时, 可以把论域 U 划分为3部分, 当 $T_u \neq e$ 时, 可以把论域 U 划分为5部分。

收稿日期: 2014-09-30; 修回日期: 2014-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(61273306); 广东省科技计划项目(2012B061000012)

作者简介: 杨春燕, 研究员, 研究方向为可拓学, 电子信箱: wyw@gdut.edu.cn

引用格式: 杨春燕, 蔡文. 可拓学与矛盾问题智能化处理[J]. 科技导报, 2014, 32(36): 15-20.

1.2 关联函数

可拓集中用于定量化表达论域中的元素关于某特征符合要求程度的函数,称为关联函数。由于研究对象的特征具有多种类型,因此,关联函数也具有多种形式。包括初等关联函数、简单关联函数、离散关联函数、区间型关联函数等。对于多维的情况,建立了多维初等关联函数^[10-14]。

为了建立初等关联函数,对实变函数中点与区间的距离这一概念进行拓展,定义了点与区间的可拓距、点与区间的侧距、点与区间套的位值等概念^[1,14]。

定义2 点 x 与区间 $X=[a, b]$ 的可拓距为

$$\rho(x, X) = \left| x - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{b-a}{2}$$

定义3 点 x 与区间套 $X_0 \subseteq X$ 的位值为

$$D(x, X_0, X) = \rho(x, X) - \rho(x, X_0)$$

定义4 点 x 与区间 $X=[a, b]$ 关于给定的点 $x_0 \in X$,且 $x_0 \leq \frac{a+b}{2}$ 的左侧距为

$$\rho_l(x, x_0, X) = \begin{cases} a-x & x \leq a \\ \frac{b-x_0}{a-x_0}(x-a) & x \in (a, x_0) \\ \frac{a-x_0}{x-b} & x \geq x_0 \end{cases}$$

点 x 与区间 $X=[a, b]$ 关于给定的点 $x_0 \in X$,且 $x_0 \geq \frac{a+b}{2}$ 的右侧距为

$$\rho_r(x, x_0, X) = \begin{cases} a-x & x \leq x_0 \\ \frac{a-x_0}{b-x_0}(b-x) & x \in (x_0, b) \\ x-b & x \geq b \end{cases}$$

左侧距和右侧距统称为侧距,记作 $\rho(x, x_0, X)$ 。

定义5 点 x 与区间套 $X_0 \subseteq X$ 关于给定的点 $x_0 \in X_0$ 的位值

$$D(x, x_0, X_0, X) = \rho(x, x_0, X) - \rho(x, x_0, X_0)$$

以上述概念为基础,可以建立由标准正域 X_0 、正域 X 和 \hat{X} 构成区间套 $X_0 \subset X \subset \hat{X}$ 的情况下,最优点 x_0 是 X_0 中点和不是 X_0 中点的初等关联函数^[11],分别为

$$k(x) = \begin{cases} \frac{\rho(x, X)}{D(x, X_0, X)} & D(x, X_0, X) \neq 0, x \in X \\ -\rho(x, X_0) + 1 & D(x, X_0, X) = 0, x \in X_0 \\ 0 & D(x, X_0, X) = 0, x \notin X_0, x \in X \\ \frac{\rho(x, X)}{D(x, X, \hat{X})} & D(x, X, \hat{X}) \neq 0, x \in \mathbb{R} - X \\ -\rho(x, \hat{X}) - 1 & D(x, X, \hat{X}) = 0, x \in \mathbb{R} - X \end{cases}$$

$$k(x) = \begin{cases} \frac{\rho(x, x_0, X)}{D(x, x_0, X_0, X)} & D(x, x_0, X_0, X) \neq 0, x \in X \\ -\rho(x, x_0, X_0) + 1 & D(x, x_0, X_0, X) = 0, x \in X_0 \\ 0 & D(x, x_0, X_0, X) = 0, x \notin X_0, x \in X \\ \frac{\rho(x, x_0, X)}{D(x, x_0, X, \hat{X})} & D(x, x_0, X, \hat{X}) \neq 0, x \in \mathbb{R} - X \\ -\rho(x, x_0, \hat{X}) - 1 & D(x, x_0, X, \hat{X}) = 0, x \in \mathbb{R} - X \end{cases}$$

1.3 不相容问题求解

在已有条件下目标不能实现的问题,称为不相容问题。要使不相容问题转化为相容问题,须拓展目标或条件,并通

过可拓变换使问题转化。而要定量化判断问题不相容的程度和实施变换的效果,须应用可拓集和关联函数作为定量化工具。

不相容问题的解决,有3种思路:1)目标不变,通过条件的变换使矛盾化解。此时可以以实现目标所必须的量域为限制,以条件为对象建立可拓集,进而寻找变换,使不相容问题转化为相容问题;2)条件不变,通过对目标的变换使矛盾问题化解。此时可以以条件能提供的量域为限制,以目标中与条件相应的基元为对象建立可拓集,进而寻找变换,使不相容问题转化为相容问题;3)目标和条件都要改变,才能使矛盾问题化解,此时要具体问题具体分析,选择先对目标变换还是先对条件变换。

1) 给定问题关于条件的核问题的定义及不相容问题的判定^[1]。

定义6 给定问题 $P = G * L$,其中 G, L 为基元、复合元或基元的运算式。设 c_0 为评价特征, ρ_0 为目标 G 实现时对象 Z_g 关于 c_0 所需要的特征,正域为 X_0 , ρ_0 为条件 L 中的对象 Z_0 关于 c_0 提供的特征,量值为 $c_0(Z_0)$,记

$$g_0 = (Z_g, c_0, X_0) \quad l_0 = (Z_0, c_0, c_0(Z_0))$$

称 $P_0 = g_0 * l_0$ 为问题 P 关于条件的核问题。

作基元集 $U = \{l | l = (Z, c_0, c_0(Z)) = (Z, c_0, x), Z_0 \in Z\}$,以 X_0 为正域,建立 l 关于 c_0 的相容度函数 $k(x)$,作可拓集

$$\tilde{E}(T) = \{(l, y, y') | l \in U, y = K(l) = k(x) \in \mathbb{R}, T_l \in T_U, y' = T_k K(T_l) \in \mathbb{R}\}$$

记 $K_0(P) = K(l_0) = k[c_0(Z_0)]$,称之为问题 P 的相容度。若 $K_0(P) < 0$,问题 P 为不相容问题;若 $K_0(P) > 0$,问题 P 为相容问题;若 $K_0(P) = 0$,问题 P 为临界问题。

2) 给定问题关于目标的核问题的定义及不相容问题的判定。

定义7 给定问题 $P = G * L$,其中 G, L 为基元、复合元或基元的运算式。设 c_0 为评价特征, ρ_0 为目标 G 实现时对象 Z_0 关于 c_0 所提供的特征,量值为 $c_0(Z_0)$, ρ_0 为条件 L 中的对象 Z_l 关于 c_0 所需要的特征,正域为 X_0 ,记

$$g_0 = (Z_0, c_0, c_0(Z_0)) \quad l_0 = (Z_l, c_0, X_0)$$

称 $P_0 = g_0 * l_0$ 为问题 P 关于目标的核问题。

作基元集 $U = \{g | g = (Z, c_0, c_0(Z)) = (Z, c_0, x), Z_0 \in Z, g \Rightarrow g_0\}$,以 X_0 为正域,建立 g 关于 c_0 的相容度函数 $k(x)$,作可拓集

$$\tilde{E}(T) = \{(g, y, y') | g \in U, y = k(g) = k(x) \in \mathbb{R};$$

$$T_{zg} \in T_U, y' = T_k K(T_{zg}) \in \mathbb{R}\}$$

记 $K_0(P) = K(g_0) = k[c_0(Z_0)]$,称之为问题 P 的相容度。若 $K_0(P) < 0$,问题 P 为不相容问题;若 $K_0(P) > 0$,问题 P 为相容问题;若 $K_0(P) = 0$,问题 P 为临界问题。

利用上述定义,可用形式化定量化的方法衡量和判定问题不相容的程度及通过可拓变换使不相容问题转化为相容的程度。其求解不相容问题的步骤为:1)建立不相容问题的可拓模型和核问题的可拓模型;2)根据实际问题的要求,建立相容度函数,并判断问题不相容的程度;3)判断进行目标的变换或者条件的变换;4)对目标或条件进行拓展分析,找

到采取变换的多条路径 5) 进行可拓变换 6) 利用相容度函数判断变换后的问题是否为相容问题,若是,则该变换为解变换,否则继续进行可拓变换,直至找到解变换 7) 优度评价,利用优度评价方法对所有的解变换进行评价,选取优度较高的解变换解决不相容问题。

2 转换桥与对立问题

2.1 对立问题

在已有的条件下,不能同时实现两个目标的问题,称为对立问题,这类问题很常见。解决这类问题的方法一般有:1) 一边倒的方法,结果是只能实现其中一个目标 2) 折中调和的方法,结果是两个目标各按照一定的比例实现 3) 各行其道,各得其所的方法,结果是两个目标都能实现。显然,第3种方法可以使对立的双方达到共赢。

与不相容问题的定义相类似,基于可拓集的思想,也可以给出对立问题的形式化、量化的定义^[15,1]。对立问题的求解同样可以通过对条件的变换、对目标的变换或目标和条件同时变换实现。下面给出问题关于条件的核问题的定义及对立问题的判定。

定义8 给定问题 $P=(G_1 \wedge G_2)*L$,其中 G_1, G_2, L 为基元、复合元或基元的运算式。设 c_0 为评价特征, Z_{g_1} 和 Z_{g_2} 为目标 G_1 和 G_2 所涉及的对象, c_{0s} 为 Z_{g_1} 和 Z_{g_2} 关于 c_0 所需要的特征,量值的正域为 X_{10}, X_{20} 。对象元为 $g_{10}=(Z_{g_1}, c_{0s}, X_{10}), g_{20}=(Z_{g_2}, c_{0s}, X_{20})$, c_{0t} 为条件 L 对应于目标的对象关于 c_0 所提供的特征,量值为 $c_{0t}(Z_{10}), c_{0t}(Z_{20})$,条件元记为 $l_{10}=(Z_{10}, c_{0t}, c_{0t}(Z_{10})), l_{20}=(Z_{20}, c_{0t}, c_{0t}(Z_{20}))$ 。则称 $P_0=(g_{10} \wedge g_{20})*(l_{10} \wedge l_{20})$ 为问题 P 的核问题。

记 $U_1=\{l_1|l_1=(Z_1, c_0, x_1), Z_1 \vdash Z_1\}$,

$U_2=\{l_2|l_2=(Z_2, c_0, x_2), Z_2 \vdash Z_2\}$,

作二元可拓集

$\tilde{E}(l_1, l_2)=\{(l_1, l_2), y, y'|l_1 \in U_1, l_2 \in U_2, y=K(l_1, l_2)=k(x_1, x_2);$

$T_{l_1}l_1 \in T_{U_1}U_1, T_{l_2}l_2 \in T_{U_2}U_2, y'=T_kK(T_{l_1}l_1, T_{l_2}l_2)=k'(x'_1, x'_2)\}$,称

$K_0(P)=K(l_{10}, l_{20})=k[c_{0t}(Z_{10}), c_{0t}(Z_{20})]$ 为问题 P 的共存度。若 $K_0(P)>0$,称 P 为共存问题;若 $K_0(P)<0$,称 P 为对立问题;若 $K_0(P)=0$,称 P 为临界问题。

2.2 转换桥方法

转换桥方法^[16]是从处理对立问题的实践中,总结出化对立为共存的规律,利用可拓学的基元概念和变换方法,设置化对立问题为共存问题的转换桥,生成化对立问题为共存问题的创意。可根据这一创意去化解对立问题。

由定义8可见,使对立问题转化为共存问题的关键是变换。转换桥方法就是通过对目标或条件的变换以设置转折部,通过不同的方法构造转换桥,使对立问题转化为共存问题的方法。

定义9 给定对立问题 $P=(G_1 \wedge G_2)*L, (G_1 \wedge G_2) \uparrow L$,若存在变换 $T=(T_{c_1}, T_{c_2}, T_L)$,使 $(T_{c_1}G_1 \wedge T_{c_2}G_2) \downarrow T_L L$,即 $T_{c_1}G_1$ 和 $T_{c_2}G_2$ 在条件 $T_L L$ 下共存,且 $T_{c_1}G_1 \Rightarrow G_1, T_{c_2}G_2 \Rightarrow G_2$,则称 T 为

问题 P 的解变换。

定义10 对立问题的解变换的变换对象,是使对立转化为共存的必不可少的构件,由于其在解决对立问题的过程中起到了转换作用,可形象地称为转换桥,记为 $Br(G_1, G_2)$ 。

转换桥的核心是转折部,可拓学研究了构造转折部的方法与步骤。文献[16]中认为转换桥一般是由转折部和转换通道构成,在有些情况下,不需要转换通道,此时转折部就是转换桥,并给出了连接式转折部、分隔式转折部、转换通道的构造方法。文献[17]、[18]探讨了对立问题的可拓模型,研究了转换桥的构造流程,提高了转换桥方法的可操作性。

在多数情况下,连接式转折部和分隔式转折部都不是孤立使用的,某些连接式转折部也有分隔作用,某些分隔式转折部也起到连接作用。例如,连接交通系统的立交桥,既有连接作用,也有分隔纵横交通车辆的作用;再如,为解决空间不足无法在一个房间放置两张床的矛盾而设计的叠架床,床架既起到分隔两张床的作用,又起到连接作用。因此,从功能(或作用)的角度考虑,转换桥可分为两种类型。

1) 连接功能为主的连接-分隔式转换桥。连接-分隔式转换桥分为对象连接-分隔式转换桥和量值连接-分隔式转换桥。

2) 分隔功能为主的分隔-连接式转换桥。分隔-连接式转换桥分为对象分隔-连接式转换桥和量值分隔-连接式转换桥。

下面给出对象连接-分隔式转换桥的构造方法,其它转换桥的构造方法类似可得。

设 G_1 和 G_2 是条件 L 下两个对立的目标,它们关于参数 t 构成对立问题

$$P(t)=(G_1(t) \wedge G_2(t))*L(t), (G_1(t) \wedge G_2(t)) \uparrow L(t),$$

其中 $G_1(t)=(O_1(t), c_1, v_1(t)), G_2(t)=(O_2(t), c_2, v_2(t)), L(t)=(S(t), c, v(t))$ 。

若 Z_0 为一个连接-分隔对象,作变换

$$T_0 L(t)=(S_1(t) \leftarrow Z_0, c, v'(t)) \wedge (Z_0, c, v_0(t)) \wedge (Z_0 \mapsto S_2(t), c, v''(t))=L'(t)$$

$$T_{c_1} G_1(t)=(O_1(t), c_1, v'_1(t)), T_{c_2} G_2(t)=(O_2(t), c_2, v''_2(t))$$

使得 $(T_{c_1}G_1 \wedge T_{c_2}G_2) \downarrow T_0 L$,其中 $T_{c_1}G_1 \Rightarrow G_1, T_{c_2}G_2 \Rightarrow G_2$ 。则对象连接-分隔式转换桥为 $Br_0(G_1, G_2)=(T_0 L, S_1 \leftarrow Z_0 \mapsto S_2, T_{c_1} \wedge T_{c_2})$ 。

3 矛盾问题的智能化处理

3.1 建立可拓信息-知识-策略形式化体系

矛盾问题智能化处理研究的基础问题是矛盾问题模型的建立。现有的数学模型不适合表示矛盾问题,为此研究了可拓模型,以物元、事元和关系元作为描述事、物和关系的基本元,统称为基元,它们是构成可拓模型的基本单元^[1]。而信息和知识都可以用基元形式化表示,如用物元表示陈述型信息,用事元表示行为型信息,用关系元表示关系型信息,用基元、基元的运算或基元之间关系表示各种知识,可以克服其他知识表示方法的某些缺点,也便于计算机操作。以此为基

础,建立可拓信息-知识-策略形式化体系,并将Agent的技术思想与此形式化表示体系相结合,使矛盾问题智能化处理具有形式化、逻辑化、数学化的特点。可拓信息-知识-策略形式化体系框架见文献[19]中的图1,该体系是逐步实现矛盾问题智能化处理的基础^[20~22]。

3.2 可拓数据挖掘理论、方法及其计算机实现

可拓数据挖掘^[23,24]研究用可拓学的理论和方法挖掘数据库或知识库中与解决矛盾问题的变换有关的可拓知识,包括可拓分类知识、传导知识、可拓聚类知识以及其他有关变换的知识,统称为可拓知识。对于可拓知识的获取将是一个全新的研究方向。挖掘可拓知识是解决矛盾问题的重要任务^[25],需要利用可拓知识来指导选择所需要的可拓变换,去对问题的对象、论域以及关联准则进行变换,以得到矛盾问题的解变换。

可拓数据挖掘的集合论基础是可拓集,基于可拓集理论对事物进行基于可拓变换的分类和聚类。由于可拓变换的实施,将导致分类或聚类结论的变化,这些变化有量变也有质变,因此可拓分类知识和可拓聚类知识包括发生量变的知识或质变的知识。根据拓展分析原理中的相关分析原理和蕴含分析原理^[1],对某一事物实施主动可拓变换,将导致与其相关或蕴含的事物发生传导变换。对某一特征的量值的主动可拓变换,将导致其他与其相关的特征的量值发生传导变换。变换前和变换后的数据都可以记录在数据库中,因此,从数据库中挖掘这些传导作用的知识有重要价值,研究从数据库中挖掘这些传导知识是可拓数据挖掘的另一内容^[26]。

在可拓数据挖掘的计算机实现方面,文献[24]研究了基于数据库的可拓分类知识挖掘方法、传导知识挖掘方法、可拓聚类知识挖掘方法,并分别以企业产品销售、成品油税费改革对股票市场的影响等为例进行了计算机实现;研究了基于知识库的可拓知识挖掘方法及其计算机实现。文献[27]研究了基于可拓集的分布式数据挖掘的知识发现。文献[28]利用分布式文件系统HBase的数据存储结构特征,采用可拓学基元对异构数据集进行整合处理并存储在HBase数据库,初步探讨了大数据基元的HBase数据库存储模型与实现。

3.3 可拓策略生成系统的研究

可拓策略生成系统^[29,30]是基于可拓学的基本理论与方法,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,目前已有应用于多个领域的可拓策略生成系统软件^[31~36]。

目前已提出了可拓信息-知识-策略形式化表示体系,研究了基于变换的知识、可拓知识的表示和获取方法及其计算机实现,为处理矛盾问题提供了新的知识表示和获取方法。但这些研究仅限于关系数据库和规则知识库中可拓知识的获取。前期对策略生成系统的研究仅是基于关系数据库进行的,还没有充分涉及基于网络上的知识资源解决矛盾问题的策略生成问题。需要继续深入研究的问题主要有:1)建立生成策略所需的知识库;2)解决矛盾问题的可拓变换的选取和收敛;3)表示、生成或获取解决矛盾问题所需的变化知识(可拓知识)。

现今已有更多的人关注、应用甚至发展HowNet(知网)^[37~39]。它的建网方式、知识获取和表达方式、事件概念分类方法和其自行设计的KDML(knowledge database mark-up language)与可拓学中的基元(物元、事元、关系元以及由它们复合而成的复合元)表示体系类似,符合解决矛盾问题的策略生成的知识需求,因此,探索以HowNet作为策略生成的知识资源,结合可拓知识的获取方法、拓展分析与共轭分析、可拓推理、可拓变换和矛盾问题求解的一般方法,研究人们遇到矛盾问题时,让计算机利用HowNet上已有的信息和知识生成解决矛盾问题的策略,可以辅助解决现有策略生成系统研究中由于知识库中知识不足致使生成的策略不足的问题,从而提高策略生成的智能化水平^[40]。

HowNet中的知识表达方式和事件概念分类与可拓学的形式化表达方式不同,但HowNet中认为世界可以被万物、时间、空间、属性、属性值、事件、部件这7类所涵盖,而这7类都是基元或复合元的构成要素,因此可与基元或复合元建立对应关系。利用可拓信息-知识-策略形式化体系和可拓推理规则,将策略生成所需要的知识提取出来,表示成基元、复合元之间的关系知识,存入知识库。再利用可拓数据挖掘方法,从HowNet的常识知识库或领域知识库中获取可拓知识。

基于HowNet策略生成系统的结构将与已有基于数据库的策略生成系统不同,它的知识库中的知识不只来源于可拓学和所涉及专业特有的领域知识,还可以将HowNet作为解决矛盾问题的知识资源和获取可拓知识的来源,主要包括问题可拓模型库、矛盾问题库、知识库、可拓变换库、可拓策略库等。图1是基于HowNet生成解决矛盾问题的策略的流程。

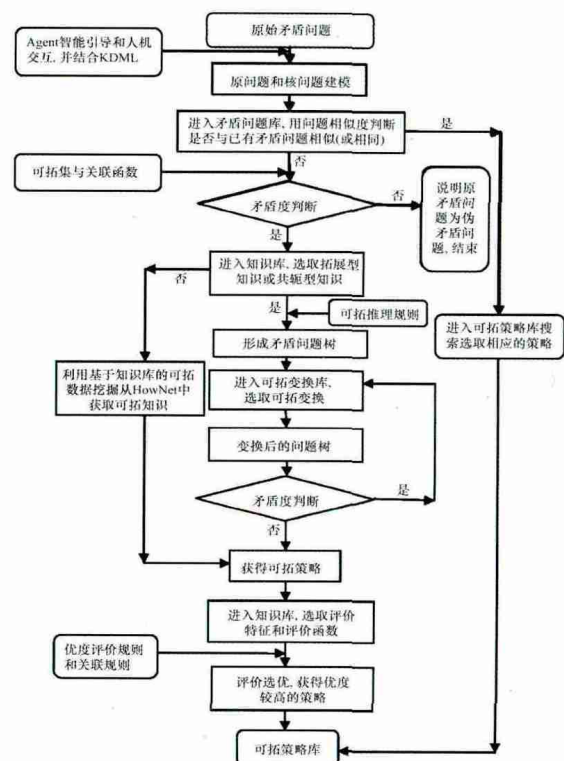


图1 可拓策略生成流程

Fig. 1 Flow chart of extension strategy generating

3.4 领域矛盾问题智能化处理

可拓学提供了解决一般矛盾问题的理论和方法,解决具体领域的矛盾问题,还必须研究能处理领域中矛盾问题所需要的形式化模型、量化工具、推理的规则和特有的方法。

多年来,多个领域进行了矛盾问题智能化处理的研究,如:1) 用计算机进行概念设计和产品设计,包括新产品构思,机械领域和建筑领域的产品概念设计和策划等^[41-43],借助计算机技术和网络技术,研制开发普适性的可拓创新方法工具箱和领域可拓创新方法工具箱,为各领域的创新和解决矛盾问题提供有效工具^[44];2) 利用可拓变换处理控制过程中的矛盾问题,研究了可拓控制策略、可拓控制器的设计、可拓力-位置混合控制等^[45-47];3) 以可拓论为依据,利用可拓创新方法,建立以可拓模型为基础的可拓检测理论、方法与技术,对传统方法无法检测或难以检测的物理量实行有效检测^[48,49]。

4 结论

可拓学创立30多年来,可拓论和可拓创新方法的研究取得了显著的进展,应用研究也逐步展开,领域矛盾问题智能化处理的研究已取得多项成果^[1,50],应用领域涉及人工智能、知识管理、控制、检测、机器人、机械设计、建筑设计、故障诊断、风险分析、信息决策、智能信息处理、评价等,期望进一步推动各领域矛盾问题智能化处理研究的快速发展。

参考文献(References)

- [1] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
Yang Chunyan, Cai Wen. Extenics[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [2] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Yang Chunyan, Cai Wen. Extension engineering[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [3] 杨春燕, 李卫华, 李小妹. 矛盾问题智能化处理的理论与方法研究进展[J]. 广东工业大学学报, 2011, 28(1): 86-93.
Yang Chunyan, Li Weihua, Li Xiaomei. Recent research progress on theories and methods for the intelligent disposal of contradiction problems [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2011, 28(1): 86-93.
- [4] 蔡文, 杨春燕. 可拓学的基础理论与方法体系[J]. 科学通报, 2013, 58(13): 1190-1199.
Cai Wen, Yang Chunyan. Basic theory and methodology on extenics[J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(13): 1190-1199.
- [5] 黄树林, 贺仲雄. 评可拓工程方法[J]. 科学通报, 1998, 43(21): 2351-2352.
Huang Shulin, He Zhongxiong. A review of extension engineering methods [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(21): 2351-2352.
- [6] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报, 1999, 44(17): 673-682.
Cai Wen. Extension theory and its application [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538-1548.
- [7] 钟义信. 评可拓学[J]. 科学通报, 2013, 58(13): 1188-1189.
Zhong Yixin. A review of extenics[J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(13): 1188-1189.
- [8] 吴文俊, 李幼平. 可拓论及其应用研究 鉴定意见[C/OL](2004-02-10). <http://extenics.gdut.edu.cn/jianding.htm>.
Wu Wenjun, Li Youping. The appraisal of "Extension theory and its applications"[C/OL] (2004-02-10). <http://extenics.gdut.edu.cn/hjianding.htm>.
- [9] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报, 1983(1): 83-97.
Cai Wen. Extension set and non-compatible problems[J]. Journal of Scientific Exploration, 1983(1): 83-97.
- [10] Yang Chunyan, Cai Wen. Extenics: Theory, method and application [M]. Beijing: Science Press; Columbus: The Educational Publisher, 2013.
- [11] 杨春燕, 蔡文. 可拓集中关联函数的研究进展[J]. 广东工业大学学报, 2012, 29(2): 7-14.
Yang Chunyan, Cai Wen. Recent research progress in dependent function in extension sets[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2012, 29(2): 7-14.
- [12] 李桥兴, 刘思峰. 基于区间距和区间侧距的初等关联函数构造[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1097-1100.
Li Qiaoxing, Liu Sifeng. The method to construct interval elementary dependent function based on the interval distance and side-distance[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(7): 1097-1100.
- [13] Smarandache F. Extenics in higher dimensions[M]. Columbus: Education Publisher, 2012.
- [14] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
Cai Wen. Matter-element model and its application[M]. Beijing: Science and Technology Literature Publishing House, 1994.
- [15] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
Cai Wen, Yang Chunyan, He Bin. Preliminary extension logic [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [16] 蔡文. 转换桥[J]. 广东工学院学报, 1990, 7(3): 1-4.
Cai Wen. Transforming bridge [J]. Journal of Guangdong Institute of Technology, 1990, 7(3): 1-4.
- [17] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
Cai Wen, Yang Chunyan, Lin Weichu. Extension engineering methods [M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [18] 彭强, 何斌, 康志荣. 转换桥方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(2): 99-105.
Peng Qiang, He Bin, Kang Zhirong. Transforming brigade method[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 1998, 18(2): 99-105.
- [19] 杨春燕, 蔡文. 可拓信息-知识-智能形式化体系研究[J]. 智能系统学报, 2007, 2(3): 9-11.
Yang Chunyan, Cai Wen. A formalized system of extension information-knowledge-intelligence[J]. Transactions on Intelligent System, 2007, 2(3): 9-11.
- [20] Li Weihua, Yang Chunyan. Extension information-knowledge-strategy system for semantic interoperability[J]. Journal of Computers, 2008, 3(8): 32-39.
- [21] 李卫华, 杨春燕. Agent 识别矛盾问题核问题的方案研究[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(8): 127-129, 137.
Li Weihua, Yang Chunyan. The scheme research for identifying the kernel problem of contradictory problem with agents[J]. Computer Engineering and Science, 2010, 32(8): 127-129, 137.
- [22] 李卫华, 杨春燕, 方卓君. 提高软件 Agent 策略生成的语义互操作能力[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(11): 131-138.
Li Weihua, Yang Chunyan, Fang Zhuojun. Improve the semantic interoperability for software agents strategy generation[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(11): 131-138.
- [23] 蔡文, 杨春燕, 陈文伟, 等. 可拓集与可拓数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
Cai Wen, Yang Chunyan, Chen Wenwei, et al. Extension set and extension data mining[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [24] 杨春燕, 李小妹, 陈文伟, 等. 可拓数据挖掘方法及其计算机实现[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2010.
Yang Chunyan, Li Xiaomei, Chen Wenwei, et al. Extension data mining methods and their computer implementation[M]. Guangzhou: Guangdong

- Higher Education Press, 2010.
- [25] 陈文伟, 杨春燕, 黄金才. 可拓知识与可拓知识推理[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1094-1096.
Chen Wenwei, Yang Chunyan, Huang Jincai. Extension knowledge and extension knowledge reasoning[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(7): 1094-1096.
- [26] Yang Chunyan, Li Zhiming. Recent research progress on extension data mining methods[C]//Prosedings of Information Technology Applications in Industry(Applied Mechanics and Materials). Switzerland: Trans Tech Publications, 2013, 263-266: 303-311
- [27] Sreenivasarao V, Srinivasu R, Ramaswamy G, et al. Research of distributed data mining knowledge discovery based on extension sets[J]. International Journal of Computer Application, 2010, 8(2): 12-17.
- [28] 李桥兴, 强保华, 杨春燕. 大数据基元的HBase数据库存储模型与实现[J]. 广东工业大学学报, 2014, 31(3): 8-13.
Li Qiaoxing, Qiang Baohua, Yang Chunyan. The storage model of big data basic-elements in HBase database and its realization[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2014, 31(3): 8-13.
- [29] 李立希, 杨春燕, 李铎汶. 可拓策略生成系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Li Lixi, Yang Chunyan, Li Hua Wen. Extension strategy generating system[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [30] Yang C, Wang G. Study on extension strategy generating system[J]. Advances in Systems Science and Applications, 2007, 7(3): 353-358.
- [31] 温树勇, 李卫华. 本体知识拓展分析树在可拓策略生成系统的应用[J]. 智能系统学报, 2014, 9(1): 1-7.
Wen Shuyong, Li Weihua. Application of ontology knowledge expansion analysis tree in the extension strategy generation system[J]. Transactions on Intelligent System, 2014, 9(1): 1-7.
- [32] 方卓君, 李卫华, 李承晓. 自助游可拓策略生成系统的研究与实现[J]. 广东工业大学学报, 2009, 26(2): 83-89.
Fang Zhuojun, Li Weihua, Li Chengxiao. The research and implementation strategy generating system of self-help travel[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2009, 26 (2): 83-89.
- [33] 李承晓. 可拓策略生成系统框架设计与复用研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2011.
Li Chengxiao. Research on design and reuse extension strategy generating system framework[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2011.
- [34] 李兴森, 朱正祥. 可拓策略辅助生成系统[Z]. 软件著作权号: 2010SR006257.
Li Xingsen, Zhu Zhengxiang. Extension strategy aided generating system [Z]. The Software Copyright Number: 2010SR006257.
- [35] 李卫华, 李承晓, 杨春燕. 租房可拓策略生成系统软件 V1.0[Z]. 软件著作权号: 2011SR064167.
Li Weihua, Li Chengxiao, Yang Chunyan. The system software of rent extension strategy generating V1.0[Z]. The Software Copyright Number: 2011SR064167.
- [36] 杨国为, 王钰, 陈军伟. 基于层次化矛盾求解的鞋品创新设计策略生成系统[Z]. 软件著作权号: 2009SR01561.
Yang Guowei, Wang Yu, Chen Junwei. Footwear innovation design strategy generating system based on hierarchical solving contradictory problems[Z]. The Software Copyright Number: 2009SR01561.
- [37] 董振东, 董强, 郝长伶. 知网的理论发现[J]. 中文信息学报, 2007, 21(4): 3-9.
Dong Zhendong, Dong Qiang, Hao Changling. Theoretical findings of HowNet[J]. Journal of Chinese Information Processing, 2007, 21(4): 3-9.
- [38] 董振东. 语义关系的表达和知识系统的建造[J]. 语言文字应用, 1998(3): 76-82.
Dong Zhendong. The expression of semantic relations and construction of knowledge system[J]. Language Application, 1998(3): 76-82.
- [39] 赵应秋, 罗军, 张君艳. 基于知网的词语语义相关度计算[J]. 信息技术, 2010(3): 90-93.
Zhao Yingqiu, Luo Jun, Zhang Junyan. Word semantic relevancy computation based on HowNet[J]. Information Technology, 2010(3): 90-93.
- [40] 李卫华. 利用知网增强可拓策略生成机制研究[J]. 广东工业大学学报, 2013, 30(2): 1-6.
Li Weihua. Research on taking advantage of the HowNet to enhance mechanisms of extension strategy generation[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2013, 30(2): 1-6.
- [41] 邹广天. 建筑设计创新与可拓思维模式[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1120-1123.
Zou Guangtian. Innovation of architectural design and extension thinking models[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(7): 1120-1123.
- [42] 赵燕伟, 苏楠. 可拓设计[J]. 北京: 科学出版社, 2010.
Zhao Yanwei, Su Nan. Extension design [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [43] 杨国为. 基于物元动态系统分析的智能化模型化概念设计[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(16): 109-113.
Yang Guowei. Intelligentized and modeling conceptual design based on the analysis of matter element dynamic system[J]. Computer Engineering and Applications, 2005, 41(16): 109-113.
- [44] 杨春燕, 李兴森. 可拓创新方法及其应用研究进展[J]. 工业工程, 2012, 15(1): 131-137.
Yang Chunyan, Li Xingsen. Research progress on extension innovation method and its application[J]. Industrial Engineering, 2012, 15(1): 131-137.
- [45] 翁庆昌, 陈珍源. 非线性系统的自适应可拓控制器设计[J]. 中国工程科学, 2001, 3(7): 54-58.
Wong Qingchang, Chen Zhenyuan. Adaptive extension controller design for nonlinear systems[J]. Engineering Science, 2001, 3(7): 54-58.
- [46] 管凤旭, 王科俊. 基于倒立摆系统的可拓控制策略研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1146-1149.
Guan Fengxu, Wang Kejun. Study on extension control strategy of pendulum system[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38 (7): 1146-1149
- [47] Vladareanu L, Cai W, Yang C Y, et al. Method and device for extension hybrid force-position control of the robotics and mechatronics systems: Romania: A20121077[P]. 2012-12-28
- [48] 余永权. 可拓检测技术[J]. 中国工程科学, 2001, 3(4): 88-94.
Yu Yongquan. Extension detecting technology[J]. Engineering Science, 2001, 3(4): 88-94.
- [49] 谢蓝, 曾超, 余永权, 等. 可拓检测的可拓变换机理[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(5): 149-151.
Xie Lan, Zeng Tao, Yu Yongquan, et al. Extension transformation mechanism of extension detection[J]. Computer Engineering and Application, 2011, 47(5): 149-151.
- [50] 中国科学技术协会. 智能科学与技术学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2010: 8, 50-51
China Association for Science and Technology. Report on advances in intelligence science and technology [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2010: 8, 50-51

(责任编辑 赵业玲)