

基于可拓论的不相容问题求解研究

杨春燕

(广东工业大学可拓工程研究所, 广州 510090)

[摘要] 以单特征不相容问题及其解变换的研究为基础,探讨多特征不相容问题的结构、判断方法和求解方法,并以在市场营销中的应用为例说明其应用价值。这一研究将为矛盾问题的智能化处理提供新的工具。

[关键词] 不相容问题;相容度函数;解变换;可拓集合

[中图分类号] TP311; F713.5 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2007)10-0036-04

1 引言

问题求解是人工智能的重要研究内容之一,已取得很多的研究成果^[1]。人工智能已提出解决问题的程序,即搜索解答空间,寻找较优的解答。但对问题的原概念——在人工智能中叫做问题表示的选择,还未能很好地解决^[2]。另外,从解决矛盾问题的角度出发考虑问题求解的研究还很少见。对矛盾问题智能化处理的研究也是人工智能的重要课题。可拓学^[3-5]的理论与方法和人工智能技术相结合,研究问题的形式化表示、问题相容性的量化判定及利用可拓变换和可拓推理解决矛盾问题的各种途径,从而实现矛盾问题的机器求解,是当前需要探讨的课题。

不相容问题是一类重要的矛盾问题,它是指在现有条件下无法实现既定目标的问题。文献[6]研究了单特征不相容问题及其解变换的定义,给出了求解单特征不相容问题的形式化和量化方法。笔者在此基础上探讨多特征不相容问题及其解变换,并研究其求解方法。

2 单特征不相容问题及其解变换

在问题 $P = G * L$ 中,当条件 L 能使目标 G 实现时,称问题 P 为相容问题,记作 $G \downarrow L$;否则,称为不相容问题,记作 $G \uparrow L$ 。

不相容问题的解决,有3种思路:**a.** 目标不变,通过条件的变换使矛盾化解;**b.** 条件不变,通过对目标的变换使矛盾化解;**c.** 目标和条件同时改变,使矛盾化解。

当需要通过条件的变换解决矛盾问题时,可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合,进而寻找可拓变换,使不相容问题化为相容问题。

当需要通过目标的变换解决矛盾时,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合,进而寻找变换,使不相容问题转化为相容问题。

2.1 单特征不相容问题

给定问题 $P = G * L$,其中 G, L 为基元、基元的运算式或复合元。设 c_0 为评价特征, c_{0s} 为目标 G 实现时,关于 c_0 所需要的特征,量值域为 X_0 , c_{0t} 为条件 L 中的对象元 Z_0 关于 c_0 提供的特征,量值为 $c_{0t}(Z_0)$, $Z_0 \in \{M, A, R, J\}$,其中 M 为物元, A 为事元, R 为关系元, J 为基元的运算式或复合元。记 $g_0 = (Z_0, c_{0t}, c_{0t}(Z_0)) = (Z_0, c_{0t}, x_0)$, $l_0 = (Z_0, c_{0s}, X_0)$,称 $P_0 = g_0 * l_0$ 为问题 P 的核问题。

作 $W = \{g \mid g = (Z, c_{0t}, c_{0t}(Z)) = (Z, c_{0t}, x), Z \in \{M, A, R, J\}, Z_0 \uparrow Z\}$,

建立 g 关于 c_0 的相容度函数 $y = k(x)$,则称 $K_0(P) = K(g_0) = k(x_0)$ 为问题 P 的相容度。若

[收稿日期] 2006-10-16; 修回日期 2006-12-05

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(70671031, 70271061);广东省自然科学基金资助项目(05001832, 010049)

[作者简介] 杨春燕(1964-),女,山东泰安市人,广东工业大学可拓工程研究所研究员,主要研究方向为可拓学,人工智能, E-mail:wyw@gdut.edu.cn

$K_0(P) < 0$, 称 P 为不相容问题; 若 $K_0(P) > 0$, 称 P 为相容问题; 若 $K_0(P) = 0$, 称 P 为临界问题。

相容度函数的建立方法可参见文献[7]中关联函数的建立方法。要特别注意: 当评价特征的最优点在其取值的经典域的中点和不在中点时的情况, 要采用不同类型的相容度函数^[8]。

2.2 单特征不相容问题的解变换

对问题 $P = G * L$, 若 $K_0(P) = K(g_0) \leq 0$, 则问题 P 为不相容问题或临界问题。

对任一变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$, 作可拓集合

$$A(T) = \{(g, y, y') \mid g \in T_w W, y = K(g) = k(x) \in (-\infty, +\infty), y' = T_k K(T_g g) \in (-\infty, +\infty)\},$$

其中 T_w 是对论域 W 的变换, T_k 是对相容度函数的变换, T_g 是对元素 g 的变换。

若变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$, 使

$$T_k K(T_g g_0) = K'(T_{g_0} g_0) = K'(g'_0) > 0,$$

则称 T 为不相容问题 P 的解变换, 其中

$$T = \begin{bmatrix} O_T, & \text{支配对象}, & v_1 \\ & \text{接受对象}, & v_2 \\ & \text{变换结果}, & v_3 \\ & \text{施动对象}, & v_4 \\ & \text{方法}, & v_5 \\ & \text{工具}, & v_6 \\ & \text{时间}, & v_7 \\ & \text{地点}, & v_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O_T, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & c_3, & v_3 \\ & c_4, & v_4 \\ & c_5, & v_5 \\ & c_6, & v_6 \\ & c_7, & v_7 \\ & c_8, & v_8 \end{bmatrix},$$

O_T 是变换的名称, $v_1 \in \{g, K, W\}$, v_2, v_3 和 v_4 定性地规定了变换的对象、结果, 以及变换的操作者, v_5 和 v_6 规定了变换的方法和工具, 是实现变换 T 的 2 个关键要素。 v_5, v_6, v_7, v_8 的取值范围由人的主观要求、历史资料或客观规律的限制确定。

注意: 有些实际问题, 把临界问题作为相容问题, 不需要实施变换; 而有些实际问题, 把临界问题作为不相容问题, 此时需要实施变换。对多特征不相容问题也有类似的情况。

变换 T 可以是论域中元素的变换, 可以是相容度函数的变换, 也可以是论域的变换。对变换的不同支配对象, 又分别可实施基本变换、变换的运算及复合变换等。在利用计算机进行操作时, 可首先建立可拓变换规则库, 对具体的不相容问题, 可从该库中选择变换并实施, 能使相容度函数的值由负变正的变换, 即为该不相容问题的解变换。

3 多特征不相容问题及其解变换

上面给出了单特征不相容问题及其解变换。但在实际问题中, 有多个条件无法满足实现目标的要求, 必须研究多特征不相容问题及其解决的方法。

3.1 多特征不相容问题

给定问题 $P = G * L$, 设 $c_{01}, c_{02}, \dots, c_{0m}$ 为问题 P 的 m 个评价特征, $P_0 = g_0^* l_0$ 为问题 P 的核问题, 其中

$$g_0 = \begin{bmatrix} Z_0, & c_{011} & c_{011}(Z_0) \\ & c_{012} & c_{012}(Z_0) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{01m} & c_{01m}(Z_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & c_{011} & x_{01} \\ & c_{012} & x_{02} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{01m} & x_{0m} \end{bmatrix},$$

$$l_0 = \begin{bmatrix} Z_0 & c_{0s1} & X_{01} \\ & c_{0s2} & X_{02} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{0sm} & X_{0m} \end{bmatrix},$$

$c_{0s1}, c_{0s2}, \dots, c_{0sm}$ 为目标 G 实现时, 关于 $c_{01}, c_{02}, \dots, c_{0m}$ 所需要的特征, 量值域分别为 $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0m}$ 。 $c_{011}, c_{012}, \dots, c_{01m}$ 为条件 L 中的对象基元 Z_0 关于 $c_{01}, c_{02}, \dots, c_{0m}$ 提供的特征, 量值为 x_1, x_2, \dots, x_m 。 作

$$W = \left\{ g \mid g = \begin{bmatrix} Z, & c_{011} & x_1 \\ & c_{012} & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{01m} & x_m \end{bmatrix}, z_0 \dashv z \right\}。$$

下面将针对不同实际问题对评价特征的不同要求, 分 3 种情况进行讨论:

1) 若实际问题中, 只要某一评价特征的相容度不符合要求就认为问题为不相容问题, 则建立 g 关于 $c_{01}, c_{02}, \dots, c_{0m}$ 的多特征相容度函数为 $y = K(g) = \bigwedge_{i=1}^m k_i(x_i)$, 其中 $k_i(x_i)$ 是关于每一评价特征 c_{0i} 的相容度, 则称 $K_0(P) = K(g_0) = \bigwedge_{i=1}^m k_i(x_{0i})$ 为问题 P 的相容度。

2) 若实际问题中, 要求所有评价特征的综合相容度不符合要求才认为问题为不相容问题, 设 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ 为各评价特征的权重系数, 且满足 $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$, 则建立 g 关于 $c_{01}, c_{02}, \dots, c_{0m}$ 的多特征综合相容度函数为

$$y = K(g) = \sum_{i=1}^m \alpha_i k_i(x_i),$$

称 $K_0(P) = K(g_0) = \sum_{i=1}^m \alpha_i k_i(x_{0i})$ 为 P 的相容度。

3) 若实际问题中, 所有评价特征都不符合要求, 该问题为不相容问题, 则相容度函数定义为

$$y = K(g) = \bigvee_{i=1}^m k_i(x_i),$$

称 $K_0(P) = K(g_0) = \bigvee_{i=1}^m k_i(x_{0i})$, 为 P 的相容度。

对于上述任一种情况,若 $K_0(P) < 0$, 称 P 为不相容问题;若 $K_0(P) > 0$, 称 P 为相容问题;若 $K_0(P) = 0$, 称 P 为临界问题。

3.2 多特征不相容问题的解变换

对问题 $P = G * L$, 若 $K_0(P) = K(g_0) \leq 0$, 则 P 为不相容问题或临界问题。

对任一变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$, 作可拓集合

$$A(T) = \{(g, y, y') \mid g \in T_w W, \\ y = K(g) \in (-\infty, +\infty), \\ y' = T_k K(T_g g) \in (-\infty, +\infty)\},$$

其中 T_w 是对论域 W 的变换, T_k 是对相容度函数的变换, T_g 是对元素 g 的变换。若变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$, 使

$$T_k K(T_{g_0} g_0) = K'(T_{g_0} g_0) = K'(g'_0) > 0,$$

则称 T 为不相容问题 P 的解变换。

对多特征不相容问题的变换 T 的选择及实施, 类似于单特征的情形, 此不详述。

4 案例解析

设某产品(或产品组合)在给定地区销售, 该地区的人群记为论域 U , 产品滞销是企业的矛盾问题。从营销学的角度分析, 其核问题为企业提供的产品不能满足消费者的购买能力和购买意愿的要求。

对消费者物元 $M = (O, C, V)$, $O \in U$, 取评价特征 c_{01} = “购买意愿” 和 c_{02} = “购买能力”。显然此例属于上述 3 种情况中的第一种, 即 2 个评价特征中, 只要某一个不符合要求, 问题就为不相容问题。

对评价特征 c_{01} , c_{02} , 根据营销学的知识, 通过市场调查或可拓数据挖掘, 获得其量值的经典域 X_{01}, X_{02} 和节域 X_1, X_2 , 显然 $X_{01} \subset X_1, X_{02} \subset X_2$ 。则对某一消费者物元 M_0 , 核问题为

$$P_0 = g * {}_0I_0 = \begin{bmatrix} M_0 & c_{01} & x_{01} \\ & c_{02} & x_{02} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} M_0 & c_{0s1} & X_{01} \\ & c_{0s2} & X_{02} \end{bmatrix}.$$

根据文献[8], 分别建立关于评价特征 c_{01} 和 c_{02} 的关联函数 $k_1(x_1)$ 和 $k_2(x_2)$ 。

对任一 $g = \begin{bmatrix} M & c_{01} & x_1 \\ & c_{02} & x_2 \end{bmatrix} \in W$ 和给定的变换

$T = (T_w, T_k, T_g)$, 建立可拓集

$$M(T) = \{(g, y, y') \mid g \in T_w W, \\ y = K(g) = k_1(x_1) \wedge k_2(x_2), \\ y' = T_k K(T_g g)\},$$

称

$$M_+(T) = \{g \mid g \in T_w W, y = K(g) \leq 0, \\ y' = T_k K(T_g g) > 0\}$$

为该不相容问题的正可拓域, 称为原市场的可拓市场^[9]。这里, 规定 $g \in T_w W - W$ 时, $y = K(g) < 0$ 。其中 $g \in T_w W - W$ 表示 g 属于变换后的论域而不属于原论域。

若 $y_0 = K(g_0) = k_1(x_{01}) \wedge k_2(x_{02}) < 0$, 说明企业提供的产品不能满足消费者的购买能力或购买意愿的要求, 即原问题为不相容问题。通过实施变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$, 若使得

$$T_k K(g_0) = K'(T_{g_0} g_0) = K'(g'_0) > 0,$$

则认为不相容问题化为相容问题, 其中的变换 T 即为原问题的解变换。不同的变换对应不同的可拓市场, 有如下情形:

1) 关于变换 T_g 的可拓市场 在 $M_+(T)$ 中, 若 $T_w = e, T_k = e$, 则下列集合称为原市场关于变换 T_g 的可拓市场,

$$M_+(T_g) = \{g \mid g \in W, y = K(g) \leq 0, y' = K(T_g g) > 0\}.$$

这是关于顾客的购买能力或购买意愿变换的可拓市场, 它的含义如下: **a.** 通过一定的变换, 可以使对某产品无购买意愿的人变得有购买意愿, 这些人构成的集合就是原市场的一个可拓市场; 或通过一定的变换, 使原来较弱的购买意愿增强。 **b.** 通过一定的变换使没有能力购买某产品的人变得有能力购买, 这些人便构成原市场的一个可拓市场。

2) 关于变换 T_k 的可拓市场 在 $M_+(T)$ 中, 若 $T_w = e, T_g = e$, 则下列集合称为原市场关于变换 T_k 的可拓市场。

$$M_+ T_k = \{g \mid g \in W, y = K(g) \leq 0, \\ y' = T_k K(g) > 0\},$$

这是关于相容度函数变换的可拓市场, 它的含义: 通过改变问题的相容度函数, 使得原来对某产品无购买意愿或购买能力的人变得有购买意愿和购买能力。这些人便构成原市场的可拓市场。

3) 关于变换 T_w 的可拓市场 在 $M_+(T)$ 中, 下列集合称为原市场关于变换 T_w 的可拓市场。

$$M_+(T_w) = \{g \mid g \in W, y = K(g) \leq 0, \\ g \in T_w W - W, y' = K'(g) > 0\},$$

这是通过论域的变换寻找可拓市场的方法, 也是在市场营销中最常用的开拓新市场的方法。

4) 关于传导变换的可拓市场 假如变换 $T =$

(T_w, T_k, T_g) 不能解决不相容问题,可以考虑利用这些变换的传导变换寻找可拓市场。例如,通过对产品本身的变换、对产品的使用对象的变换、甚至对时间的变换等等,都可导致人们的购买能力和购买意愿发生变换,从而形成关于传导变换的可拓市场。关于利用传导变换解决矛盾问题参见文献[10]。

5) 关于变换的运算式的可拓市场 假如变换 $T = (T_w, T_k, T_g)$ 不能解决不相容问题,可以考虑利用这些变换的运算式,包括多个变换的积变换、与变换、或变换、逆变换等,详情参见文献[9]。

事实上,目前非常畅销的《蓝海战略》^[11]中所讲述的开拓市场的各种方法,都是不同变换下的可拓市场。应用不同的可拓变换可获得不同的可拓市场策略。该书中所述的市场,是可拓市场中的一部分。该书的一个基本思想就是避开竞争,不去与竞争对手分割市场份额,而是重新建立新的市场(即开创蓝海)。例如书中的典型案例“太阳马戏团开拓市场的方法”,实际上是利用了产品变换的传导变换和论域变换相结合的方法,它避开竞争激烈的“儿童市场”,开拓了崭新的“成年人、商界人士”市场。再如书中“重建市场边界的方法”,实际上就是关联准则(或相容度函数)变换的方法。

5 结论

多特征不相容问题求解是一个重要的问题。笔者只是从理论和建模方面进行研究,还需要在算法

方面做进一步的研究,以便编制程序,利用计算机实现不相容问题求解。这一研究将为矛盾问题的智能化处理提供新的工具。

参考文献

- [1] Luger G F. Artificial intelligence — structures and strategies for complex problem solving [M]. Beijing: China Machine Press, 2003
- [2] 蔡自兴,徐光佑. 人工智能及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004
- [3] Cai Wen. Extension theory and its application [J]. Chinese Science Bulletin,1999, 44(17): 1538 ~ 1548
- [4] 蔡文,杨春燕,林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京:科学出版社,1997
- [5] Cai Wen, Yang Chunyan, Wang Guanghua. A new cross discipline—extenics [J]. Science Foundation in China, 2005, 13(1): 55 ~ 61
- [6] 蔡文,杨春燕,何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京:科学出版社,2003
- [7] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994
- [8] 杨春燕. 多评价特征基元可拓集研究[J]. 数学的实践与认识, 2005, 35(9): 203 ~ 208
- [9] 杨春燕,张拥军. 可拓策划[M]. 北京:科学出版社,2002
- [10] Yang Chunyan. Conductive transformation and conductive contradictory problem solving [A]. Proceedings of 2006 International Conference on AI [C]. Beijing: Publishing House, BUPT, 2006. 840 ~ 843
- [11] 金·W·钱(韩),勒妮·莫博涅(美). 蓝海战略[M]. 吉宓译. 北京:商务印书馆,2005

Study on Incompatibility Problems Solving Based on Extension Theory

Yang Chunyan

(Research Institute of Extension Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

[Abstract] Based on the study of single-characteristic incompatibility problem and the transformation of solving it, the structure, judging methods and solving methods of multi-characteristic incompatibility problem are studied. The transformation for solving incompatibility problem is called solution transformation. Its applied value will be explained through its application in marketing. This study will provide new tools for the intelligent disposal of contradiction problem.

[Key words] incompatibility problem; the function of compatible degree; solution transformation; extension set