

多用户协作的可拓方法

蔡卓恒, 李卫华

(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

摘要: 介绍了在多用户竞争有限的共享资源环境下, 多用户意愿矛盾问题可拓模型的建立及其可拓分析过程, 利用可拓方法对外部条件的特征变换, 在用户不改变自己意愿的前提下, 达到多用户自动协作的目标. 对一个交通管理实际问题进行了可拓分析, 并提出了解决问题的策略.

关键词: 可拓学; 多用户; 协作; Agent

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007) 01-0005-04

在很多情况下, 多个用户需要共享有限的外部资源, 由于用户的目标都是尽可能为自己争取最大利益, 并不考虑协作, 因此当多个用户竞争有限的资源时, 就可能发生冲突, 产生矛盾问题. 现有的人工智能方法, 如知识发现、决策支持等, 都无法描述和处理矛盾问题.

可拓学是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的学科, 它通过基元描述客观世界中的各种信息. 可拓推理表示从信息生成知识的规则, 可拓变换作为从已有的信息和知识生成解决问题的策略的工具, 可拓集合和关联函数作为生成和评价策略的工具. 由此, 可拓学为建立“信息—知识—智能形式化体系”提供了有力的支持^[1-2].

本文试图利用可拓方法, 在各用户不改变自己的意愿的前提下, 找出消解矛盾的方法, 使多用户能够自动协作, 合理共享资源.

1 可拓学基础

1.1 基元的概念

基元是可拓学的逻辑细胞, 它们描述了客观世界中的事物及其相互关系, 包括物元、事元和关系元^[3-4]. 本文只涉及物元和事元, 故只介绍物元和事元的概念. 物元 R 是由物 N 、特征 c 及 N 关于 c 的量值 v 构成的有序三元组 $R = (N, c, v)$, 是描述物的基本单元. 对于一个物, 通常具有多个特征 $c_1, c_2, \dots, c_n$ 及物关于特征 $c_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 对应的量值 $v_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 就构成了一个关于物 N 的 n 维物元. 物

与物之间的相互作用称为事, 事以事元来描述. 事元 I 是由动词 d 、动词的特征 b 及 d 关于 b 所取得的量值 u 构成的有序三元组 $I = (d, b, u)$. 动词 d 的特征 b 包括: 施动对象、接受对象、方式、程度等. 动词 d 的多个特征 $b_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 及 d 关于这些特征取得的量值 $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 构成一个关于动词 d 的 n 维事元.

1.2 可拓推理和策略生成

基元具有发散性, 因此产生发散规则, 用符号 $\vdash$ 表示发散. 根据一物多征、一征多物等规则, 可以发散出多个基元.

对基元 J_1, J_2 若 J_1 实现则 J_2 必然实现, 记为 $J_1 \Rightarrow J_2$ 表示 J_1 蕴含 J_2 .

对基元 J_1, J_2 若有 $(\exists f, K(J_2) = k[f(c_0(J_1))])$, 记为 $J_2 \sim (c_0)J_1$ 表示 J_2 和 J_1 相关.

用基元 G 和 L 分别表示目标和现有的条件, 问题 $P = G^* L$. 若现有条件 L 下, 目标 G 可以实现, 则 P 是相容问题, 记作 $P \downarrow$. 当现有条件 L 下, 目标 G 不能实现, 则 P 为不相容问题, 记作 $P \uparrow$.

可拓学通过发散、蕴含、相关等拓展推理方法和可拓变换方法^[3-4], 把不相容问题转换为相容问题, 从而达到消解矛盾、解决问题的目的. 同时, $P \uparrow$ 转换为 $P \downarrow$ 的变换过程是解决矛盾问题的过程, 为解决实际问题提供了可行的策略.

2 多用户协作的需要

在多个用户同时竞争有限的共享资源的情况下, 冲突的产生就不可避免^[5]. 若用户都是自私的,

收稿日期: 2006-05-30

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (05001832)

作者简介: 蔡卓恒 (1978-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为智能软件.

只从自身的利益出发,尽可能和其他用户竞争以获得资源,在某种情况下将可能会令情况变得更糟。如马路上的汽车都使用路面资源,马路的通行容量是有限的,当车流量不断增大,拥塞就会出现。此时若所有的司机均不肯让步,总是尽可能占用空间以求尽快通过,则拥塞就越来越严重,最终形成死锁,所有的车都难以前行,所有的用户都无法使用共享的资源。

冲突产生的原因与用户的知识不完全、不一致、不相容等因素有关。为消解冲突,很多时候需要进行仲裁,让某些用户放弃部分利益,以缓解矛盾,如交通警察维持秩序,强制各用户有序使用路面资源,达到用户协作的目的。因此,在有些场合下,用户只有选择协作才可以获得最大利益。

3 多用户意愿矛盾问题的可拓模型

目标 G 表示多个用户能共同使用资源, L 表示现有的资源条件,问题 $P = G^* L$ 表示多个用户共同竞争有限的资源 L 而产生的冲突。目标 G 和 n 个用户的意愿 W 是蕴含关系, G 的实现可以看作 n 个用户使用资源 L 的意愿 W 都能实现,原来的问题可以用 $P = (W_1 \wedge W_2 \wedge \dots \wedge W_n)^* L$ 表示。资源条件 L 和目标 G 是相关的,表示用户会根据自己的意愿和资源条件作出决定,记作 $L \sim G$ 。

在有限的共享资源 L 下,所有的用户不能协作、有序地使用资源,冲突就产生了,记为 $P \uparrow$,若能将 $P \uparrow$ 转换为 $P \downarrow$,则问题解决。使冲突化解的可拓变换就是解决问题的策略。根据 $P = (W_1 \wedge W_2 \wedge \dots \wedge W_n)^* L$,若用户的意愿发生改变,则用户竞争资源的问题可以获得解决。

对问题 P ,通常可以通过变换 T_w 对用户的意愿进行转换,使用户的意愿 W 发生改变,从而实现多用户协作,使矛盾问题解决。

用户的决定和资源 L 相关,因为用户会按自己的意愿对选择作评价,所以用户的意愿和已有的资源条件是相关的。由此,根据资源条件和用户意愿的相关特性,在用户意愿不改变的情况下,若根据用户的意愿,通过变换 T_L ,即对现有的资源条件进行变换,就会改变用户对不同选择的评价,令用户作出可以实现多用户协作的决定。

4 解决交通问题的可拓策略

对于日益增长的汽车数量,道路交通的压力越来越大,通常需要各用户合理协作,才能更好地使用

有限的路面资源。这里提出一个两桥交通管理问题,如图 1 所示。

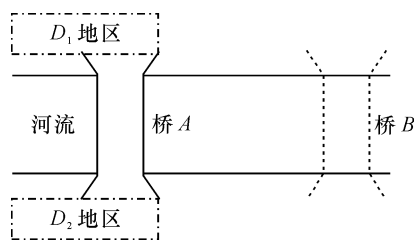


图 1 两桥交通管理问题图

图 1 中已有桥 A 连接 D_1 地区和 D_2 地区,桥 B 为拟建的新桥,用以缓和过河的交通压力。建立问题的物元模型如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} \text{桥 A, 通行容量, } m_1 \\ \text{过桥费, } n_1 \\ \text{里程, } s_1 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} \text{桥 B, 通行容量, } m_2 \\ \text{过桥费, } n_2 \\ \text{里程, } s_2 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} \text{司机意愿 } N, \text{ 时间开销, } t_1 \\ \text{金钱开销, } w_1 \\ \text{所选桥, } X \end{bmatrix}, (X = R_1 \vee R_2).$$

上述物元模型中,过河交通问题表示为 $P = G^* L$,现有条件 L 是 $R_1 \wedge R_2$,即已有或将可以提供的过河资源,而目标 G 则是 R_3 表示的过河车辆的司机在自己期望的开销范围内过河的意愿都能满足。

桥物元中的里程特征表示车辆使用桥 X 过河在 D_1 地区和 D_2 地区之间往返的里程。这里用户总是根据所选择路线的时间和金钱的开销作为评价,选择自己最满意的路线,即尽可能选择耗费时间及金钱开销最少的路线,即对选择不同路线时的取 $\min(t_1) \wedge \min(w_1)$ 。此外,对 X 的不同的选择通过 $K(X)$ 进行综合评价: $K(X) = a_1 \times t_1 + a_2 \times w_1$,其中 a_1 和 a_2 为权系数,表示用户对选择的路线更注重哪一方面的评价。 $K(X)$ 的值越小,表示过河的开销就越小,因此用户会选择 $\min(K(R_1), K(R_2))$ 。

这里,用户的意愿和桥的特征是相关的,有 $R_3 \sim (\text{过桥费, 里程}) R_1$,同理, R_3 和 R_2 也有同样的相关特性。过河的时间开销 t_1 和所选择路线的里程 s 是成正比的,记作 $t_1 = k_1 \times s + t_0$,其中 t_0 表示由于路面堵塞而花去额外的时间,金钱开销 w_1 也和路线的长度 s 成正比,并和收取的过桥费相关,记作 $w_1 = k_2 \times s + n$,其中 n 是过桥费。

当桥 A 的通行容量 m_1 已经不能满足过河的车

流量 m_3 , 拥塞就发生了, 因此拟建通行容量为 m_2 的桥 B , 使通行容量 $m_1 + m_2 > m_3$, 以避免拥塞的发生. 这里不试图改变用户的意愿, 即不强制要求车辆使用哪一座桥过河, 仅凭用户自己的意愿选择. 若 $K(R_1) < K(R_2)$, 根据上述的用户选择评价, 桥 A 将是首选, 当 $m_3 > m_1$, 桥 A 就开始拥塞了.

有足够的资源, 却仍发生拥塞, 矛盾出现, $P \uparrow = G * L$. 若用户愿意协作, 自觉平衡两桥的负载, 矛盾就可以解决. 若能找到变换 T_1 和 T_2 对现有的条件进行变换, 以令使用不同资源的代价相等, 用户的选择就不偏向某一座桥, 就可以平衡两桥的负载, 解决原来可能出现的矛盾问题, 即

$$\begin{aligned} & (K(R_1) < K(R_2)) \wedge (m_3 > m_1) \vdash P \uparrow, \\ & \exists ((T_1, T_2), K(T_1(R_1)) = K(T_2(R_2))), \\ & (K(T_1(R_1)) = K(T_2(R_2))) \wedge (m_1 + m_2 > m_3) \vdash P \downarrow. \end{aligned}$$

这里考虑两种情况:

1) 桥 B 建于与桥 A 相距不远的地方

车辆使用任何一座桥过河到达 D_1 地区或 D_2 地区的行使距离都相差不远, 并且收取的过桥费相当, 根据前面的用户评价规则, 选择评价仅和路面堵塞而花去额外的时间 t_d 有关, 评价 $K(X)$ 和 t_d 成正比关系, 可表示为 $K(X) \propto t_d$, 问题分析如下:

$$\begin{aligned} & (s_1 = s_2) \wedge (n_1 = n_2) \vdash K(X) \propto t_d, \\ & (K(R_1) = K(R_2)) \wedge (m_1 + m_2 > m_3) \vdash P \downarrow. \end{aligned}$$

在时间开销和金钱开销最优的用户意愿支持下, 那座桥拥塞相对较轻, 即 t_d 较小, 用户就会自动选择该桥. 在这种情况下, 用户总是自动选择负载较轻的桥, 从而平衡了两桥的负载, 拥塞没有发生, 用户协作实现.

2) 桥 B 建于与桥 A 相距较远的地方

由于某些客观原因, 桥 B 只能建于和桥 A 相距较远的地方, 即 $s_1 < s_2$. 若与情况 1) 中过桥费相同, 即 $n_1 = n_2$, 这时用户在不发生拥塞时过桥的开销:

$$(s_1 < s_2) \wedge (n_1 = n_2) \vdash K(R_1) < K(R_2).$$

用户更愿意选择桥 A , 当 $m_3 > m_1$, 则 $(k_1 \times s_1 + t_d) > (k_1 \times s_2)$ 时, 用户才选择桥 B , 这时桥 A 的拥塞已经发生了, 利用桥 B 缓解交通拥塞的目的不能达到, 即

$$(K(R_1) < K(R_2)) \wedge (m_3 > m_1) \vdash P \uparrow.$$

若能找到变换 T_1 、 T_2 , 使 $K(T_1(R_1)) = K(T_2(R_2))$, 就能使用户改变选择, 自觉协作平衡两桥的负载, 解决问题.

根据物元的相关特性 $R_3 \sim (\text{过桥费, 里程}) R_1$, 可见解决问题可以尝试对过桥费、里程两个特征进

行变换. 在这里, 里程是不可能改变的, 因此只能考虑对过桥费进行变换. 只进行过桥费变换只能影响金钱开销方面的评价, 而对时间开销的评价并没有直接影响, 但仍可以改变用户的综合评价.

选择事元 I_1 作为算子, 对过桥费进行变换, 同时需要为保证用户总体利益而设定条件: 改变后的过桥费总量和原来相等, 即 $n_1' + n_2' = n_1 + n_2$. 因此, 还需要作 I_2 的变换. I_1 和 I_2 的事元描述如下

$$\begin{aligned} I_1 &= \left[\begin{array}{l} \text{增加, 支配对象, 桥 } A \text{ 过桥费} \\ \text{数量, } \Delta n_1 \end{array} \right], \\ I_2 &= \left[\begin{array}{l} \text{减少, 支配对象, 桥 } B \text{ 过桥费} \\ \text{数量, } \Delta n_2 \end{array} \right]. \end{aligned}$$

用 I_1 和 I_2 作算子, 分别对 R_1 和 R_2 进行变换, 在拥塞不发生的情况下有

$$\begin{aligned} T_1(R_1) &= R_1', T_2(R_2) = R_2', \\ K(R_1') &= K(R_2'). \end{aligned}$$

通过可拓变换, 用户的评价选择桥 B 时, 金钱开销 w_1 减少, 而选择桥 A 则 w_1 增加, 时间开销 t_1 未变. 变换结果是: 选择桥 B 费用的优势抵偿因路程增加而导致时间开销的增加.

变换后, 用户的选择与情况 1) 类似, 选择评价 $K(X) \propto t_d$, 用户会根据情况选择负载较轻的桥, 协作实现:

$$(K(R_1') = K(R_2')) \wedge (m_1 + m_2 > m_3) \vdash P \downarrow.$$

原来的交通不相容问题 $P \uparrow$ 转换为 $P \downarrow$, 问题解决. 解题的过程正是通过物元的相关特性, 在不改变用户意愿的前提下, 改变桥的相关特征量, 使用户对路线选择的评价改变, 避免了拥塞的发生.

5 结束语

可拓学是一门研究化矛盾问题为不矛盾问题的学科, 它为利用计算机处理矛盾问题提供了新方法, 并可以推广到 Agent 领域中. 在多 Agent 系统中, 自治 Agent 因个体利益可能会和其他 Agent 冲突, 但为实现各自的目标又需要进行协作^[6]. 本文介绍的可拓协作方法利用可拓模型, 形式化地描述协作问题和解决过程, 方便利用计算机软件来求解, 能为多 Agent 协作、实现人工 Agent 社会提供新思路.

参考文献:

- [1] 蔡文, 杨春燕, 王光华. 一门新的交叉学科——可拓学[J]. 中国科学基金, 2004(5): 268-272
- [2] 钟义信. 知识论框架: 通向信息—知识—智能统一的理论[J]. 中国工程科学, 2000 2(9): 50-64

- [3] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1997
- [4] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步 [M]. 北京: 科学出版社, 2003

- [5] 唐平, 杨宜民. 可拓推理与多 Agent 之间的冲突消解问题 [J]. 计算机工程, 2002 28(5): 118-119
- [6] Michael Wooldridge 多 Agent 系统引论 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003

Extension Method for Multi-user Cooperation

CAI Zhuo-heng LI Wei-hua

(Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract This paper introduces an analysis process and the extension model development by extension method for the conflict of multi-user desires and cooperation in sharing limited resources. Based on the extension method, a way is presented by changing external resources conditions that make users cooperate without changing their desires and achieve the goal of automatic cooperation. A real life traffic problem is analyzed as an example and the strategy solving problem showed.

Key words extension; multi-user; cooperation; agent

本 刊 启 事

《广东工业大学学报 (自然科学版)》自 2007 年第一期开始改为 A4 版本, 双栏排版, 96 页, 办刊宗旨不变。同时重新设计了封面。特此敬告广大作者、读者, 感谢你们一直以来对本刊的热心支持, 也希望你们今后一如既往地支持本刊, 我们将尽最大的努力办好《广东工业大学学报》!

《广东工业大学学报》编辑部

2007 年 3 月