

# 一种基于主体可信度的联合辩论框架

翟浩良 韩道军 李 磊

(中山大学软件研究所 广州 510275)

**摘 要** 辩论框架是计算机利用辩论机制来解决实际问题的基础,如商务谈判、法律纠纷和劳动争议等。传统的辩论框架对辩论机制和论证方法作了具体的形式化描述,但忽略了辩论主体及其对辩论结果影响的描述,而且在辩论过程中一个论点通常需要多个论据的联合论证。针对以上问题,在传统辩论框架的基础上,提出了一种基于主体可信度的联合辩论框架(STUAF)。首先引入了辩论主体的概念,并对观点和论据之间的联合论证进行形式化定义;其次给出了完整的框架结构和语义描述,证明了该辩论框架满足 Dung 提出的标准辩论框架的基本定理;然后结合辩论树给出了语义计算的算法;最后给出一个具体的应用实例,实例分析表明 STUAF 及其语义算法是有效的。

**关键词** 辩论,主体可信度,联合论证,辩论框架

中图法分类号 TP301

文献标识码 A

## Union Argumentation Framework Based on Subject Trustworthiness

ZHAI Hao-liang HAN Dao-jun LI Lei

(Software Research Institute, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract** Argumentation framework is the foundation of computer using debate mechanism to solve some practical problems, such as business negotiations, legal disputes and labor disputes. The traditional frameworks provide a formal description of debate mechanism and reasoning methods, but ignore the description of debate subjects and their influence on the result in a debate, and in the process of a debate an argument usually requires joint demonstration of multiple arguments. To focus on those observations, we first introduced the concept of debate subject and provided a formal description of joint demonstration among the arguments. Then a union argumentation framework based on subject trustworthiness (STUAF) was proposed on the basis of traditional frameworks, the fundamental lemma and some basic results showed by Dung's argumentation framework were also hold for STUAF. Finally, the algorithm for semantic calculation was presented by combining dispute tree. Our experimental analysis and results show that STUAF and the corresponding algorithm are effective.

**Keywords** Argument, Subject trustworthiness, Joint demonstration, Argumentation framework

## 1 引言

辩论是辩论双方对于同一论题的不同观点的一种争辩和讨论,它通过提出一系列的主张为自己的观点辩护或对对方的观点进行反驳,其目的在于影响他人对一个有争议的观点的接受程度,它的基本原则是“谁有硬道理,谁就能笑到最后”<sup>[1,2]</sup>。对于辩论机制的理解和抽象有助于解决人工智能领域的几种关系问题,如非单调推理、可废止逻辑和智能 agent 的决策等,并逐渐成为人工智能的一个核心的研究方向<sup>[3-6]</sup>。辩论框架是进行一切辩论活动的基础,其中最经典的辩论框架是 Dung 提出的抽象辩论框架<sup>[2]</sup>和基于假设的辩论框架<sup>[7-9]</sup>。抽象辩论框架是在确定论据和攻击关系的基础上判断论据集的相关语义是否成立;基于假设的辩论框架则通过推理规则得到论据、区分攻击和发现被不同论据共享的前提。

目前,大部分关于辩论框架的理论和应用研究都是基于抽象辩论框架的,如 Bench-Capon 在 2003 年提出的基于值的辩论框架<sup>[10]</sup>;Coste-Marquis、Devred 和 Marquis 在 2005 年提出的对称辩论框架<sup>[11]</sup>;Modgil 在 2006 年提出的分层辩论框架<sup>[12]</sup>以及在 2009 年提出的扩展式辩论框架<sup>[13]</sup>等。这些辩论框架都对抽象辩论框架进行了不同程度的扩展,并在众多的领域中得到了应用,如决策和多 agent 对话协商<sup>[6,14,15]</sup>、知识表示和推理<sup>[16,17]</sup>以及解决法律纠纷<sup>[18-20]</sup>等。但是在实际应用中,上述辩论框架还存在一些问题。

(1)辩论是辩论主体进行的一种客观活动,但上述框架都没有对辩论主体本身的性质进行讨论和描述,忽略了辩论主体对辩论过程以及辩论结果的影响。比如在法律刑事纠纷中,辩论双方的近亲的证言是不能被采信;其中辩论主体指参与辩论的实体,详见定义 7。

(2)上述辩论框架都只对单个论据与观点之间的论证关

到稿日期:2010-12-12 返修日期:2011-03-24 本文受澳门科学技术发展基金(013/2010/A),中国博士后科学基金(20100480806)资助。

翟浩良(1983—),男,博士生,主要研究领域为人工智能、信息安全等,E-mail:zhaihliang@163.com;韩道军(1979—),男,博士生,主要研究领域为信息安全;李 磊(1951—),男,教授,博士生导师,主要研究领域计算机软件、数据库与知识库等。

系进行了描述,并没有考虑论据集与观点之间的论证关系。而在实际中,一个观点或论据通常需要多个论据的联合论证,单个论据通常不能论证某观点的成立和失败。如在法律纠纷中,判定一个人是否有罪要有多个论据,如作案动机、作案工具、作案时间等的联合论证。

例1 在2001年的国际大专辩论赛,有这样一个辩论主题“以成败论英雄是可取还是不可取的”。假设  $Sub$  和  $Sub'$  分别代表辩论主体双方,  $Sub_i$  和  $Sub'_i$  代表  $Sub$  方和  $Sub'$  方的某个辩论主体。 $Sub$  方的观点是“以成败论英雄是可取的”,  $Sub'$  方的观点是“以成败论英雄是不可取的”。 $A, B, \dots$  表示辩论观点或论据,则双方的观点和论据可以表示为:

$Sub_1: A, A = \text{“以成败论英雄是可取的”};$

$Sub'_1: B, B = \text{“以成败论英雄是不可取的”};$

$Sub'_2: C, C = \text{“以成败论英雄单纯鼓励追求结果,会导致追求成功过程中的不择手段,只要成功,你就是英雄,所以不可取”};$

$Sub_2: E, E = \text{“以成败论英雄作为一种追求成功,鼓励成功的价值观是可取的”}。$

其中  $Sub_1: A$  表示辩论主体  $Sub_1$  的观点或给出的论据是  $A$ ,其他几个的定义类似。

根据 Dung 的标准辩论框架,上述辩论过程可以用图 1(a)来表示。依据 Dung 辩论框架的可采纳论据集合的定义,  $\{A\}、\{B\}$  都不是可采纳的集合,此时无法得到一个令人信服的观点,需要辩论双方就各自的观点继续论述。

$Sub_3: D, D = \text{“纵然是英雄也有失败的时候,而且成功的因素有很多,不能以片面的成功来论定某个人是否是英雄”}。$

此时的辩论框架如图 1(b)所示,根据定义,  $\{A\}、\{B\}$  仍然都不是可采纳的集合。据此可以观察到,不管双方如何继续辩论,始终无法得到一个可接受的观点。

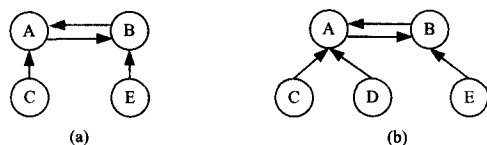


图1 例1的辩论框架

在基于值的辩论框架<sup>[10]</sup>中,同样存在上述问题,而且引入了另一个新问题:假设论据  $C$  和  $D$  单独攻击  $A$  时都失败,但有可能  $C$  和  $D$  联合攻击  $A$  却能够获得成功,此时如何描述辩论过程?

本文提出的基于主体可信度的联合辩论框架对上述两个问题进行了具体的阐述。首先在辩论框架中引入主体可信度对辩论主体进行描述,然后扩展论证的表示方法,给出了联合论证的定义和计算公式。扩展后的辩论框架可以对可信度不同的主体提供的论据进行论证力度的综合计算,而且能够对论据集与观点之间的论证进行直接描述。

本文第2节介绍了研究背景及相关工作;第3节提出了基于主体可信度的联合辩论框架及其框架描述,给出了该框架的扩展语义,证明了该框架满足 Dung 提出的辩论框架需要满足的一些基本定理;第4节结合辩论树给出了辩论框架语义的计算过程和方法;第5节是一个具体的实例及其分析;最后是结束语。

## 2 背景及相关工作

辩论框架是用计算机来模拟和描述辩论活动和过程的基

础。Dung 在 1995 年首次对辩论机制进行了形式化描述,提出了抽象辩论框架,以后的研究者把该辩论框架称为标准辩论框架。标准辩论框架的定义如下<sup>[2]</sup>。

定义1 一个辩论框架 (Argumentation Framework, AF) 是一个二元组  $AF = \langle AR, attacks \rangle$ ;  $AR$  是一个论据 (argument) 集合,  $attacks \subseteq AR \times AR$  是一个建立在集合  $AR$  上的二元关系。对于两个论据  $A$  和  $B$ ,  $(A, B) \in attacks$  表示论据  $A$  攻击论据  $B$ ,记为  $attacks(A, B)$ 。假设集合  $S_1, S_2 \subseteq AR$ , 则  $S_1$  攻击  $S_2$  当且仅当  $(\exists A)(\exists B)(A \in S_1 \wedge B \in S_2 \rightarrow attacks(A, B))$ 。

一个辩论框架可以用一个有向图来表示。如图 1 所示,图中的结点表示论据,结点之间的有向边表示论据之间的攻击关系。

应用辩论框架对辩论过程和结果进行描述和求解时,最关键的问题就是如何定义论据是否能被论据集合接受。在标准辩论框架中,对于论据是否被接受的定义如下<sup>[2]</sup>。

定义2 一个论据  $A \in AR$  能被集合  $S \subseteq AR$  接受 ( $acceptable(A, S)$ ), 当且仅当  $(\forall B)(attacks(B, A) \rightarrow attacks(S, B))$ 。

在可接受语义的基础上,标准辩论框架还对其他扩展语义进行了描述,如可采纳性 (admissible)、优先性 (preferred)、完备性 (complete)、稳定性 (stable) 和基础性 (grounded)。

定义3 一个论据集合  $S \subseteq AR$  是

- (1) 可采纳的 (admissible), 当且仅当  $S$  不攻击自己且攻击每一个攻击  $S$  的论据集。
- (2) 优先的 (preferred), 当且仅当  $S$  是最大的可采纳集合。
- (3) 完备的 (complete), 当且仅当  $S$  是可采纳的且任一可被  $S$  接受的论据都属于  $S$ 。
- (4) 稳定的 (stable), 当且仅当  $S$  不攻击自己且  $S$  攻击每一个不属于  $S$  的论据。
- (5) 基础的 (grounded), 当且仅当  $S$  是最小的完备集。

以后大部分对于辩论框架的研究都对该辩论框架进行了框架和语义的扩展。

Dung 辩论框架中的论据攻击总是成功的,但是在很多应用中,这种假设不一定都成立。Bench-Capon 在 2003 年提出了基于值的辩论框架 (Value based Argumentation Framework, VAF)<sup>[3]</sup>,在该框架中每个论据都对应一个数值,该数值可以用来表示接受该论据获得的奖励值或惩罚值,并在此基础上定义了论据之间的攻击成功关系。

基于值的辩论框架的定义如下<sup>[3]</sup>。

定义4 一个基于值的辩论框架是一个五元组  $VAF = \langle AR, attacks, V, val, P \rangle$ 。  $AR$  和  $attacks$  与标准辩论框架的定义一样;  $V$  是一个非空的数值集合;  $val$  是论据集  $AR$  到  $V$  的映射,即  $val(A) \in V$ ,此时每个论据都对应一个数值,该数值可以用来表示接受该论据获得的奖励值或惩罚值;  $P$  用来表示观察的角度或观众,它可以用来描述  $V$  中数值的优先或好坏关系,比如  $P$  可以是数值间的大小关系。

如果  $P$  固定后就是一个面向特定观众的值辩论框架 (Audience specific Value based Argumentation Framework, AVAF),  $AVAF = \langle AR, attacks, V, val, valpref \rangle$ 。

此时论据间攻击成功关系的成立不但跟论据对论据的攻击有关,而且跟论据对应的数值大小也存在联系,所以在定义

论据能否被论据集接受之前首先要定义新的攻击成功关系,即击败关系。

**定义 5** 一个论据  $A \in AR$  击败另一个论据  $B \in AR$  ( $defeats_s(A, B)$ ), 当且仅当  $(A, B) \in attacks$  且  $valpref(val(B), val(A))$  不成立。

**定义 6** 一个论据  $A \in AR$  能被面向特定观众  $\alpha$  的集合  $S \subseteq AR$  接受 ( $acceptable_\alpha(A, S)$ ), 如果  $(\forall X)(X \in AR \wedge defeats_s(X, A)) \rightarrow (\exists Y)(Y \in S \wedge defeats_s(Y, X))$ 。

基于值的辩论框架还对论据集的可采纳性和优先性进行了定义。

2005 年提出的对称辩论框架<sup>[4]</sup>, 要求攻击关系  $attacks$  满足对称性, 即如果有  $(A, B) \in attacks$ , 则一定有  $(B, A) \in attacks$ 。分层辩论框架<sup>[5]</sup>其实是一个辩论框架的组合, 它把论据和攻击关系划分成不同的层次, 每个层次的论据集和攻击关系单独构成一个辩论框架。分层辩论框架由这些不同层次的辩论框架共同组成。2009 年 Modgil 提出了扩展式辩论框架 (Extended Argumentation Framework, EAF)<sup>[6]</sup>, 该框架对辩论之间的优先关系进行了描述, 把标准辩论框架扩展为一个三元组。该三元组包含了论据集、攻击关系的集合以及一个论据集到攻击关系集的二元关系集合, 即  $EAF = \langle AR, attacks, D \rangle$ ,  $D \subseteq AR \times attacks$ , 关系  $D$  可以用来描述论据之间的可信程度或优先关系。

但上述辩论框架的定义和结构描述中都没有对参与辩论的主体进行描述。辩论是辩论主体进行的一种客观活动, 而且辩论过程和辩论结果都可能受到辩论主体的影响, 因此在辩论框架中对辩论主体进行描述是必要的。辩论的目的是通过辩论得到一个令人信服、可以接受的观点。在辩论过程中通常需要通过辩论主体双方多个回合论据的陈述和论证, 才能最终得到一个可以采纳的辩论结果和观点, 而且一个辩论的论据和观点通常需要多个论据来进行支持和反驳。但上述辩论框架都只对单个论据之间的论证方法进行了描述, 因此需要考虑多个论据对同一个观点或论据的联合论证。在此基础上, 本文提出了基于主体可信度的联合辩论框架。

### 3 基于主体可信度的联合辩论框架 (STUAF)

Bench-Capon 提出的基于值的辩论框架扩展了 Dung 的标准辩论框架, 在该框架中, 每个论据都关联着一个数值, 该数值可以用来表示接受该论据的奖励值或惩罚值。一个攻击是否成功需要通过这些数值之间的大小关系来判断。但是基于值的辩论框架以及其他辩论框架都没有考虑到辩论主体对论据结果的影响。因此, 本文扩展了基于值的辩论框架, 在辩论框架中引入辩论主体, 并用主体的可信度来描述辩论主体对辩论结果的影响。另外, 在实际应用中, 一个观点通常需要多个论据联合起来支持或反驳, 所以还需要对标准辩论框架和基于值的辩论框架论据之间的论证方法进行扩展, 使得该论证方法能表示多个论据之间的联合论证。

**定义 7** 一个基于主体可信度的联合辩论框架 (Union Argumentation Framework Based on Subject Trustworthiness, STUAF) 是一个六元组:  $STUAF = \langle Subject, AR, attacks, subConf, \alpha, \beta \rangle$ 。

$Subject$  是辩论主体集合, 辩论主体是参与辩论活动的实体, 是论据的产生者和发出者, 可以是具体的用户或虚拟实体, 比如某段程序等。  $AR$  是论据集合, 其中论据 (Argument)

是一个辩论主体发表的对于某个事件的一种有针对性的看法和观点, 它是一个三元组  $Arg = \langle sub, des, v \rangle$ , 其中  $sub$  是辩论主体,  $des$  是该论据的具体内容,  $v$  表示接受该论据的奖励和惩罚值。  $attacks$  是一个定义在论据集合  $AR$  上的二元关系, 即  $attacks \subseteq AR \times AR$ 。对于两个论据  $A$  和  $B$ ,  $attacks(A, B)$  也即  $(A, B) \in attacks$  表示论据  $A$  攻击论据  $B$ 。  $subConf: Subject \rightarrow [0, 1]$  是一个主体可信度函数, 用来表示每个辩论主体在系统中的可信程度。辩论主体  $sub_B$  的可信度可以用  $subConf(sub_B)$  来表示, 如  $subConf(sub_B) = 0$  表示  $sub_B$  完全不可信,  $subConf(sub_B) = 1$  则表示  $sub_B$  是完全可信的。  $\alpha$  是主体可信度影响因子,  $\beta$  越大表示主体的可信程度对论据论证力度的影响越大。  $\beta$  是奖励和惩罚值影响因子, 且  $\alpha + \beta = 1$ 。在实际应用中,  $STUAF$  中的  $subConf$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  由辩论系统管理人员预先定义。  $\alpha$  与  $\beta$  的设定可以根据不同辩论系统的实际情况来确定。一个论据对论点的论证力度不仅跟论据本身的属性有关, 而且可能跟提供论据的辩论主体的可信度也有关, 因为可信度不高和不可信的辩论主体提供的证据可能会对辩论的过程和结果产生各种消极影响, 此时可以通过  $\alpha$  与  $\beta$  的取值来消除一定的影响。

图 2 是一个基于主体可信度的联合辩论框架的实例, 具体描述见例 2。

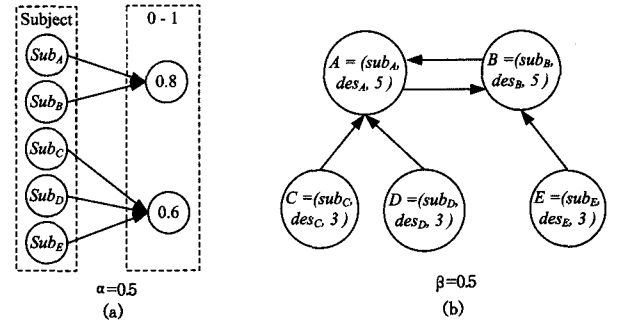


图 2 一个基于主体可信度的联合辩论框架实例

**例 2** 用基于主体可信度的联合辩论框架来描述例 1 的辩论过程。

用 STUAF 来描述例 1, 首先要对论据的描述进行如下扩展。

(1) 每个论据都增加了一个数值, 该数值表示接受该论据的奖励值或惩罚值。

(2) 每个论据都增加了关于辩论主体的描述, 并且每个辩论主体都预先设定一个表示可信度的数值, 数值越大表示主体的可信程度越高。

具体的辩论框架形式化和有向图描述如下:

$Subject = \{sub_A, sub_B, sub_C, sub_D, sub_E\}$   
 $A = (sub_A, des_A, 5); B = (sub_B, des_B, 5); C = (sub_C, des_C, 3); D = (sub_D, des_D, 3); E = (sub_E, des_E, 3);$   
 $AR = \{A, B, C, D, E\};$   
 $attacks = \{(A, B), (B, A), (C, A), (D, A), (E, B)\};$   
 $subConf = \{(sub_A, 0.8), (sub_B, 0.8), (sub_C, 0.6), (sub_D, 0.6), (sub_E, 0.6)\};$   
 $\alpha = 0.5$   
 $\beta = 0.5$

图 2(a) 表示辩论主体集合以及主体的可信度。图 2(b) 是一个有向图, 图中每个结点代表论据集合  $AR$  中的一个论据。若结点  $X$  到结点  $Y$  之间存在有向边, 则表示论据  $X$  攻击

论据  $Y$ , 即  $(X, Y) \in attacks$ 。  $\alpha, \beta$  分别表示主体可信度和奖励惩罚值的影响因子, 其中  $\alpha$  和  $\beta$  的值由辩论系统管理人员根据实际情况预先设定, 该例子假定  $\alpha=0.5$  和  $\beta=0.5$ 。

在应用辩论框架解决实际问题时, 首先需要定义论据之间的论证方法。传统的辩论框架仅仅对单个论据和观点之间的论证关系进行描述, 这不符合实际情况的论证要求。在实际应用中, 一个论据或观点通常需要多个与该论据或观点相关的论据进行联合论证, 因此需要定义论据集与观点之间的联合论证关系。在文献[3, 6]中, 引入了击败(defeats)来表示论据之间成功的论证关系, 即论据的攻击是否成功。本文也使用这个概念。

**定义 8** 假设  $STUAF = \langle Subject, AR, attacks, subConf, \alpha, \beta \rangle$  是一个基于主体可信度的联合辩论框架, 则  $AR_{B,S} = \{X_1, \dots, X_n\}$  是论据  $B$  在论据集合  $S$  中的直接论据集合, 当且仅当:

- (1)  $X_i \in S, 1 \leq i \leq n$ ;
- (2)  $(X_i, B) \in attacks, 1 \leq i \leq n$ 。

**定义 9** 假设  $AR_{B,S} = \{X_1, \dots, X_n\}$  是论据  $B$  在论据集合  $S$  中的直接论据集合, 则论据集  $AR_{B,S}$  击败论据  $B$  ( $defeats(AR_{B,S}, B)$ ), 当且仅当  $\sum_{i=1}^n (subConf(subX_i) \times \alpha + v_{X_i} \times \beta) \geq subConf(sub_B) \times \alpha + v_B \times \beta$ 。

**定义 10** 假设  $S \subseteq AR$  是一个论据集合, 则论据集  $S$  击败论据  $B$  ( $defeats(S, B)$ ), 当且仅当:

- (1)  $defeats(AR_{B,S}, B)$ ,  $AR_{B,S}$  是  $B$  在  $S$  中的直接论据集合;
- (2)  $(\forall AR'_{B,S}) (\forall X) ((AR'_{B,S} \subseteq AR_{B,S} \wedge X(AR'_{B,S} \wedge defeats(S - \{X\}, X)) \rightarrow defeats(AR_{B,S} - R'_{B,S}, B))$ 。

**例 3** 在图 2 所示的例子中, 依据定义 8,  $A$  的直接论据集合是  $\{B, C, D\}$ ;  $B$  的直接论据集合是  $\{A, E\}$ 。此时有  $\{B, C, D\}$  击败  $A$ ,  $\{A, E\}$  击败  $B$ ; 论据集  $\{B, C, D, E\}$  击败  $A$ , 而论据集  $\{A, C, D, E\}$  不能击败  $B$ 。

**定义 11** 假设  $S$  和  $S'$  都是论据集合, 则论据集合  $S$  击败  $S'$  ( $defeats(S, S')$ ) 当且仅当  $(\exists X) (X \in S' \rightarrow defeats(S, X))$ 。

在应用辩论框架解决实际问题时, 一般都需要根据论据集的具体语义来进行判断, 因此还需要定义论据对于某论据集合的可接受性(acceptable)以及其他具体语义。

**定义 12** 一个论据  $A \in AR$  被集合  $S \subseteq AR$  接受(acceptable( $A, S$ )), 当且仅当  $(\forall S') ((\exists S') ((S' \subseteq AR \wedge S' \subseteq S \wedge defeats(S', A)) \rightarrow defeats(S', S'))$ 。

给出了论据的可接受性的定义后, 就可以定义  $STUAF$  的其他扩展语义, 如非矛盾性、可采纳性、优先性、稳定性、完备性和基础性。

**定义 13** 论据集合  $S$  是非矛盾的(conflict-free), 如果  $(\forall S') (\forall S'') ((S' \subseteq S \wedge S'' \subseteq S) \rightarrow \neg defeats(S', S''))$ 。

**例 4** 在图 2 所示的例子中, 论据集  $\{B, C, D, E\}$  是非矛盾的; 论据集  $\{A, C, D\}$  和  $\{A, B\}$  不是非矛盾的, 因为有  $defeats(\{C, D\}, \{A\})$  和  $defeats(\{A\}, \{B\})$ ;  $B$  能被论据集  $\{C, D, E\}$  接受, 但是不能被  $\{D, E\}$  接受。

**定义 14** 假设  $S \subseteq AR$  是辩论框架  $STUAF = \langle Subject, AR, attacks, subConf, \alpha, \beta \rangle$  的一个非矛盾的论据集, 则:

- (1)  $S$  是可采纳的(admissible), 当且仅当  $(\forall X) (X \in S \rightarrow acceptable(X, S))$ ;

- (2)  $S$  是优先的(preferred), 当且仅当  $S$  是一个最大的可采纳集合(最大是对于集合的包含关系而言的);

- (3)  $S$  是稳定的(stable), 当且仅当  $(\forall X) (\exists S') (X \notin S \wedge S' \subseteq S \rightarrow defeats(S', X))$ ;

- (4)  $S$  是完备的(complete), 当且仅当  $(\forall X) (X \in AR \wedge acceptable(X, S) \rightarrow X \in S)$ ;

- (5)  $S$  是有基础的(grounded), 当且仅当  $S$  是最小的完备集(最小是对于集合的包含关系而言的)。

**例 5** 如图 2 所示:  $\{C, D, E\}$  是可采纳集合;  $\{B, E\}$  是可采纳集合;  $\{B, C, D, E\}$  是优先的;  $\{B, C, D, E\}$  是稳定的;  $\{B, C, D, E\}$  是完备的;  $\{B, C, D, E\}$  是有基础的。

为了对辩论框架的性质和语义之间的关系做进一步的阐述, 可以定义  $STUAF$  的特征函数。

**定义 15** 基于主体可信度的联合辩论框架  $STUAF$  的特征函数可以定义如下:

$$F: 2^{AR} \rightarrow 2^{AR}, F(S) = \{A | A \in AR \text{ 且 } A \text{ 能被 } S \text{ 接受}\}$$

在文献[2]中, Dung 同时提出了标准辩论框架满足的一些基本性质, 本文在此证明了  $STUAF$  同样满足这些基本性质。

**定理 1** 假设  $S$  是一个可采纳的论据集, 且  $A$  和  $A'$  都能被  $S$  所接受, 则:

- (1)  $S' = S \cup \{A\}$  也是可采纳的;
- (2)  $A'$  能被  $S'$  所接受。

**证明:** (1) 要证明  $S'$  是可采纳的论据集, 即要证 (a)  $\forall X \in S', X$  能被  $S'$  所接受; (b)  $S'$  是非矛盾的。由条件知,  $S$  是可采纳的, 且  $A$  能被  $S$  接受, 则 (a) 得证。假设  $S'$  是矛盾的, 则  $\exists S_1 \subseteq S' \wedge S_2 \subseteq S'$  使得  $defeats(S_1, S_2)$ , 即  $defeats(S_1, A)$ 。根据  $A$  能被  $S$  接受的定义, 则有  $defeats(S, S_1)$ , 此时  $S$  是一个矛盾的集合, 又由已知条件知  $S$  是一个可采纳的集合, 则  $S$  一定是一个非矛盾的论据集, 推出矛盾, (b) 得证。即 (1) 得证。

(2) 显然成立。

**定理 2** 假设  $STUAF$  是一个基于主体可信度的联合辩论框架, 则

- (1)  $STUAF$  的所有可采纳集合构成了一个完整的偏序集合;

- (2) 对于  $STUAF$  的任一可采纳集合, 都存在一个优先论据集合  $S'$  使得  $S \subseteq S'$ 。

**证明:** 由定理 1 和优先论据集的定义易得。

**推论 1** 每一个  $STUAF$  至少有一个优先的论据集合。

**证明:** 由于空集是任一  $STUAF$  的可采纳集合, 而优先的论据集合是最大的可采纳集合, 因此一个  $STUAF$  至少存在一个优先的论据集。

**定理 3**  $STUAF$  中每一个稳定的论据集都是优先的, 反之不成立。

**证明:** (1) 设  $S$  为  $STUAF$  的一个稳定的论据集合, 则  $S$  是非矛盾的, 由优先性的定义, 则只需证  $S$  是最大的可采纳集合即可。由稳定性的定义知  $\forall B \notin S, \exists S' \subseteq S$  且  $defeats(S', B)$ 。(a) 证明  $S$  是可采纳的。假设  $S$  不是可采纳的论据集, 则  $\exists A \in S, acceptable(A, S)$  不成立。 $acceptable(A, S)$  不成立, 则  $\exists S_1$  且  $defeats(S_1, A), \forall S_2 \subseteq S, defeats(S_2, S_1)$  不成立。又  $S$  是非矛盾的, 则  $\exists B \notin S, defeats(S_2, B)$  不成立, 与稳定性的定义相矛盾, 即  $S$  是可采纳的。(b) 证明  $S$  是最

大的可采纳集。假设  $S$  不是最大的可采纳集合,且  $S'$  是包含  $S$  的最大可采纳集合即  $S \subseteq S', \exists B \notin S \wedge B \in S', B$  能被  $S'$  所接受。又  $S$  是稳定的,则  $\exists S' \subseteq S$  且  $\text{defeats}(S', B)$ , 即  $\exists S' \subseteq S' \wedge B \in S'$  且  $\text{defeats}(S', B)$  与  $S'$  是非矛盾的论据集相矛盾,所以  $S$  是最大的可采纳集。(a)、(b)同时成立,即  $S$  是一个优先的论据集。(2)在例 2 中,假设存在论据  $F = (\text{sub}_F, \text{des}_F, 4)$ , 且有  $\text{attacks}(F, D)$ , 此时  $\{C, E, F\}$  是优先的,却不是稳定的。

**引理 1** 一个非矛盾的论据集  $S$  是可采纳的,当且仅当  $S \subseteq F(S)$ 。

证明:假设集合  $S$  是可采纳的,则由可采纳的定义知  $\forall X \in S$  都有  $\text{acceptable}(X, S)$ 。由特征函数  $F(S)$  的定义知,  $F(S)$  表示所有能被  $S$  所接受的论据的集合,即  $X \in F(S)$ , 即  $S \subseteq F(S)$ 。反之同样可得。

**引理 2** STUAF 的特征函数  $F$  是单调递增的。

证明:要证特征函数是单调递增的,即要证  $\forall S \subseteq S'$  都有  $F(S) \subseteq F(S')$ , 则  $\forall A \in F(S)$ , 都有  $A \in F(S')$ 。  $\forall A \in F(S)$  即  $\text{acceptable}(A, S)$ , 由定义 12 可知,  $\forall S_1$ , 如果有  $\text{defeats}(S_1, A)$ , 则  $\exists S_2 \in S$  且  $\text{defeats}(S_2, S_1)$ 。又  $S \subseteq S'$ , 则  $\forall S_1$ , 如果  $\text{defeats}(S_1, A)$ , 则  $\exists S_2 \subseteq S'$  且  $\text{defeats}(S_2, S_1)$ , 所以  $A$  能被  $S'$  所接受即  $A \in F(S')$ 。即得证。

**引理 3** 一个非矛盾的论据集合  $S$  是完备的,当且仅当  $S = F(S)$ 。

证明:由完备性的定义易得。

**定理 4** (1)每一个优先的论据集合都是完备的,反之不成立;

(2)所有的完备论据集合构成了一个半格。

证明:(1)假设  $S$  是一个优先的论据集合,即最大的可采纳论据集合。由引理 1 可知  $S \subseteq F(S)$ 。又由引理 3 知,要证  $S$  是完备的,即要证  $S = F(S)$ , 则只需证  $F(S) \subseteq S$ 。  $\forall A \in F(S)$ , 即  $A$  能被  $S$  所接受。如果  $A \notin S$ , 由定理 1 知  $S' = S \cup \{A\}$  也是可采纳的,此时  $S$  不是一个最大的可采纳论据集合,与已知条件矛盾,所以必有  $A \in S$ , 即  $F(S) \subseteq S$ 。得证。

(2)由定理 2 和引理 2 易知。

通过以上定理的证明分析可知,标准辩论框架中各种语义满足的一些基本性质和关系,基于主体可信度的辩论框架中的语义同样满足这些关系。

## 4 辩论框架语义的计算

辩论的几种扩展语义几乎可以把所有的非单调形式推理都统一在辩论系统中<sup>[23]</sup>,而且辩论框架和语义的应用涉及到众多领域,如商务谈判、逻辑推理和程序诊断等,因此在进行实际应用时,都需要进行语义计算。在文献[21]中,为了说明辩论过程和进行辩论语义的计算,Dung 提出了辩论树(Dispute Tree)的概念,并用辩论树来分析和计算辩论语义。为了进行基于主体可信度的联合辩论框架(STUAF)的语义计算,本文扩展 Dung 提出的辩论树,提出了基于主体可信度的加权辩论树(STWDT),并用 STWDT 来辅助进行 STUAF 的语义计算。因为几乎所有的辩论语义都是建立在可采纳语义的基础上,所以本文只给出了可采纳语义的计算。

### 4.1 基于主体可信度的加权辩论树(STWDT)

Dung 在文献[21]中提出了辩论树的概念,然后在辩论树的基础上给出了可采纳辩论树的定义,并且给出了可采纳辩

论树的防卫集与可采纳论据集之间的关系。其中辩论树的定义如下。

**定义 16** 一个论据  $A$  的辩论树  $T$  满足:

(1)树中的每一个结点都表示为一个论据,被标记为支持方结点或反对方结点,但不能被同时标记为双方结点;

(2)树的根结点是支持方结点  $A$ ;

(3)对每一个标记为支持方结点的论据  $B$ ,如果有论据  $C$  攻击  $B$ ,则存在一个  $B$  的孩子结点  $C$ ,它表示论据  $C$ ,并且被标记为反对方结点;

(4)对每一个标记为反对方结点的论据  $B$ ,如果有论据  $C$  攻击  $B$ ,则存在一个  $B$  的孩子结点  $C$ ,它表示论据  $C$ ,并且被标记为支持方结点;

(5)树  $T$  中的结点由以上 4 种情况给出,再没有其他结点。

树  $T$  中所有属于支持方结点的论据集合称为  $T$  的防卫集。

利用辩论树能方便地描述和计算辩论语义,但是在使用辩论树计算语义时,没有考虑多个论据对一个观点的攻击。因此,为了计算 STUAF 语义,本文首先扩展了 Dung 的辩论树,使之能符合 STUAF 的计算要求。

**定义 17** 一个论据  $A$  在论据集合  $S$  中的基于主体可信度的加权辩论树  $T$  (Dispute Tree based on Subject Trustworthiness and Weight, STWDT)满足:

(1)树中的每一个结点都表示为一个论据,被标记为支持方结点或反对方结点,但不能被同时标记为双方结点;

(2)树中的每一个结点的权值由该结点表示的论据的辩论主体的可信度来表示;

(3)树的根结点是支持方结点  $A$ ;

(4)对每一个标记为支持方结点的论据  $B$ ,如果在集合  $S$  中有论据  $C$  攻击  $B$ ,则存在一个  $B$  的孩子结点  $C$ ,它表示论据  $C$ ,并且被标记为反对方结点;  $S = S - \{C\}$ ;

(5)对每一个标记为反对方结点的论据  $B$ ,如果在集合  $S$  中有论据  $C$  攻击  $B$ ,则存在一个  $B$  的孩子结点  $C$ ,它表示论据  $C$ ,并且被标记为支持方结点;  $S = S - \{C\}$ ;

(6)树  $T$  中的结点由以上 5 种情况给出,再没有其他结点。

假设辩论框架论据集的论据数为  $m$ ,攻击关系数为  $n$ ,则构造一个论据的 STWDT 的时间复杂度为  $O(mn)$ 。

定义了基于主体可信度的加权辩论树(STWDT),此时可以利用 STWDT 来进行论据集的相关语义计算。

### 4.2 论据集击败论据的计算

根据定义 10,论据集  $S$  击败论据  $B$  ( $\text{defeats}(S, B)$ ) 需要满足以下两个条件:

(1)  $\text{defeats}(\text{AR}_{B,S}, B)$ ,  $\text{AR}_{B,S}$  是  $B$  在  $S$  中的直接论据集合;

(2)  $(\forall \text{AR}'_{B,S})(\forall X)((\text{AR}'_{B,S} \subset \text{AR}_{B,S} \wedge X \in \text{AR}'_{B,S} \wedge \text{defeats}(S - \{X\}, X)) \rightarrow \text{defeats}(\text{AR}_{B,S} - \text{AR}'_{B,S}, B))$ 。

根据以上两个条件,以 STWDT 为基础,可以构造如下算法来进行论据集与论据间击败关系的计算。

**算法 1** 判断论据集  $S$  是否击败论据  $B$  ( $\text{defeats}(S, B)$ ) 的算法

输入:辩论框架 STUAF;论据  $B$ ;论据集合  $S$

输出: true 或 false; true 表示论据集  $S$  能击败论据  $B$ ; false 表示论据

集  $S$  不能击败论据  $B$ ;

(1) 根据辩论框架 STUAF 构造出论据  $B$  在论据集合  $S$  中的 STWDT;

(2) 根据以下剪枝策略对 STWDT 进行剪枝:

```
for( $i=h; i \geq 0; i--$ ) { //  $h$  为 STWDT 的高度
    for( $j=1; j \leq k; j++$ ) { //  $k$  为 STWDT 第  $i$  层结点的个数
         $N_{ij} :=$  STWDT 第  $i$  层的第  $j$  个结点;
         $A := N_{ij}$  所表示的论据;
         $AR_{A,S} := A$  在  $S$  中的直接论据集合;
        if ( $defeats(AR_{A,S}, A)$ ) //  $defeats(AR_{A,S}, A)$  为判断集合  $AR_{A,S}$  是否击败论据  $A$ , 计算公式见定义 9
            delete( $tree(N_{ij})$ ); //  $tree(N_{ij})$  表示以  $N_{ij}$  为根结点的子树
        else delete( $children(N_{ij})$ ); //  $children(N_{ij})$  表示  $N_{ij}$  的所有子结点
    }
}
```

(3) 经过第(2)步的剪枝, 如果 STWDT 变成空树, 则返回 true; 如果 STWDT 只剩下根结点  $B$ , 则返回 false。

利用算法第(2)步的剪枝策略对辩论树进行剪枝的时间复杂度为  $O(mn)$ , 整个算法的时间复杂度为  $O(mn)$ 。

#### 4.3 可接受论据的计算

可接受论据是用来判断一个论据  $A$  是否能被一个论据集  $S$  所接受。根据定义 12, 如果有  $acceptable(A, S)$  成立, 当且仅当  $(\forall S')((\exists S'')((S' \subseteq AR \wedge S' \subseteq S \wedge defeats(S'', A)) \rightarrow defeats(S', S''))$ 。由于根据定义 12 的条件无法直接构造算法, 因此本文首先给出定义 12 的等价条件, 然后利用等价条件来构造可接受论据的算法。

**定理 5** 以下 3 个条件是等价的:

- (1)  $acceptable(A, S)$ ;
- (2)  $(\forall S')((\exists S'')((S' \subseteq AR \wedge S' \subseteq S \wedge defeats(S'', A)) \rightarrow defeats(S', S''))$ ;
- (3)  $(\forall X)((\exists AR'_{A,AR})((\exists S')((X \in AR'_{A,AR} \wedge AR'_{A,AR} \subseteq AR_{A,AR} \wedge S' \subseteq S \wedge defeats(S', X)) \rightarrow \neg defeats(AR_{A,AR} - AR'_{A,AR}, A)))$ 。

证明: 根据定义 12 知, (1) 和 (2) 是等价的, 即只需证 (2) 和 (3) 等价。假设  $S_1, S_2, \dots, S_n$  是互不包含且能击败论据  $A$  的极小论据集合, 即对于任一可以击败  $A$  的集合  $S'$ , 一定  $\exists S_i$  使得  $S_i \subseteq S'$  ( $1 \leq i \leq n$ )。则由 (2) 可得  $(\forall S_i)((\exists S')((S' \subseteq S \rightarrow defeats(S', S_i)))$  即  $(\exists S')((\exists X_i)(S' \subseteq S \wedge X_i \in S_i \rightarrow defeats(S', X_i))$  ( $1 \leq i \leq n$ )。又由于  $S_i$  是能击败论据  $A$  的极小集合, 则  $S_i - \{X_i\}$  不能击败论据  $A$ , 则构造集合  $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , 即是 (3) 中的  $AR'_{A,AR}$ 。假设有  $defeats(AR_{A,AR} - AR'_{A,AR}, A)$ , 则一定  $\exists S_i$  使得  $S_i \subseteq AR_{A,AR} - AR'_{A,AR}$ , 而  $AR_{A,AR} - AR'_{A,AR}$  中显然不包含元素  $X_i$ , 存在矛盾, 即由 (2) 可以推出 (3)。由 (3) 可知  $(\exists AR'_{A,AR})$  使得  $defeats(AR_{A,AR} - AR'_{A,AR}, A)$  不成立, 则  $(\forall S')$  且  $defeats(S', A)$ , 必有  $S' \cap AR'_{A,AR} \neq \emptyset$ , 即  $(\exists S')((\exists X_i)(S' \subseteq S \wedge X_i \in S' \rightarrow defeats(S', X_i))$  ( $1 \leq i \leq n$ ), 也即  $defeats(S', S')$ 。即 (2) 和 (3) 等价, 定理得证。

根据定理 5 中的 (3), 此时可以利用 STWDT 构造如下算法, 计算一个论据  $A$  是否能被一个论据集  $S$  所接受。

**算法 2** 判断论据  $A$  是否能被论据集合  $S$  接受 ( $acceptable(A, S)$ ) 的算法

输入: 辩论框架 STUAF; 论据  $A$ ; 论据集合  $S$

输出: true 或者 false; true 表示论据  $A$  能被论据集合  $S$  所接受; false 表示论据  $A$  不能被论据集合  $S$  所接受

(1) 查询论据  $A$  在论据集合  $AR$  中的直接论据集合  $AR_{A,AR} = \{X_1, \dots, X_n\}$ ;

(2) 构造树  $T$ :  $A$  作为  $T$  的根结点,  $X_1, \dots, X_n$  是  $A$  的子结点; 然后分别以  $X_1, \dots, X_n$  为根结点, 构造关于  $X_1, \dots, X_n$  在论据集合  $S$  中的 STWDT 子树;

(3) 根据以下剪枝策略对树  $T$  进行剪枝:

```
for( $i=h; i \geq 0; i--$ ) { //  $h$  为 STWDT 的高度
    for( $j=1; j \leq k; j++$ ) { //  $k$  为 STWDT 第  $i$  层结点的个数
         $N_{ij} :=$  STWDT 第  $i$  层的第  $j$  个结点;
         $B := N_{ij}$  所表示的论据;
         $AR_{B,S} := B$  在  $S$  中的直接论据集合;
        if ( $defeats(AR_{B,S}, B)$ ) //  $defeats(AR_{B,S}, B)$  为判断集合  $AR_{B,S}$  是否击败论据  $B$ , 算法见 4.2 节中的算法 1
            delete( $tree(N_{ij})$ ); //  $tree(N_{ij})$  表示以  $N_{ij}$  为根结点的子树
        else delete( $children(N_{ij})$ ); //  $children(N_{ij})$  表示  $N_{ij}$  的所有子结点
    }
}
```

(4) 经过第(3)步的剪枝, 如果  $T$  变成空树, 则返回 false; 如果 STWDT 只剩下根结点  $A$ , 则返回 true。

算法第(1)步的时间复杂度为  $O(n)$ , 剪枝策略的时间复杂度也为  $O(mn)$ , 整个算法的时间复杂度为  $O(mn)$ 。

#### 4.4 非矛盾论据集的计算

判断一个集合是否是一个矛盾的论据集, 根据定义, 也是判断论据集中是否有两个子集存在击败关系。

**算法 3** 判断论据集  $S$  是否为一个非矛盾的论据集 ( $conflict\_free(S)$ ) 的算法

输入: 辩论框架 STUAF; 论据集合  $S$

输出: true 或者 false; true 表示论据集合  $S$  是非矛盾的; false 表示论据集合  $S$  不是非矛盾的

(1) 假设论据集合  $S$  中有  $m$  个论据, 查询论据集合  $S$  中每一个论据  $X$  在论据集合  $S$  中的直接论据集合  $AR_{X,S} = \{X_1, \dots, X_n\}$ ;

(2) for( $i=1; i \leq m; i++$ ) { //  $m$  为集合  $S$  中论据的个数

$X_i :=$  集合  $S$  中的第  $i$  个论据;

$AR_{X_i,S} := X_i$  在  $S$  中的直接论据集合;

if ( $defeats(AR_{X_i,S}, X_i)$ ) //  $defeats(AR_{X_i,S}, X_i)$  为判断集合  $AR_{X_i,S}$  是否击败论据  $X_i$ , 算法见 4.2 节中的算法 1

return false;

}

(3) 返回 true。

算法第(1)步的时间复杂度为  $O(mn)$ , 第(2)步的时间复杂度为  $O(m)$ , 整个算法的时间复杂度为  $O(mn)$ 。

#### 4.5 可采纳论据集的计算

可采纳语义是其他语义的基础, 如优先、稳定、完备和基础语义。本节给出可采纳论据集的计算方法。根据定义 14, 可采纳论据集是一个非矛盾的论据集合, 而且集合中的每一个论据对于集合本身都是可接受的。根据定义和 STWDT 可以构造如下算法。

**算法 4** 论据集合  $S$  是可采纳论据集合

输入: 辩论框架 STUAF; 论据集合  $S$

输出: true 或者 false; true 表示论据集合  $S$  是可采纳的; false 表示论据集合  $S$  不是可采纳的

(1) if (!  $conflict\_free(S)$ ) //  $conflict\_free(S)$  为判断论据集合  $S$  是否是非矛盾的, 算法见 4.4 中的算法 3

return false;

(2)for( $i=1; i \leq m; i++$ ) { //  $m$  为集合  $S$  中论据的个数

$X_i$ : = 集合  $S$  中的第  $i$  个论据;

If(! acceptable( $X_i, S$ )) // acceptable( $X_i, S$ ) 为判断  $X_i$  是否能被论据集合  $S$  所接受, 算法见 4.3 节中的算法 2

return false;

}

(3)返回 true。

算法第(2)步的时间复杂度为  $O(m^2 n)$ , 整个算法的时间复杂度为  $O(m^2 n)$ 。

## 5 实例及分析

本节利用文献[20]中的一个法律案例来说明 STUAF 在实践中的应用情况。该例子被 Wigmore 曾经用著名的图表法进行过分析。通过图表法的分析容易得出论据以及它们之间的论证关系, 但是图表法没有对联合论证进行分析, 而且图表法缺乏具体的数据结构进行支持, 不便于进行具体的语义计算。下面利用 STUAF 来具体分析该案例。

案例说明: 一个农场的工人 Umilian(U)被控告谋杀他的同事 Jedrusik(J), J 的无头尸体在离仓库 500 尺的地方被发现。U 有杀人的动机, 因为 J 曾经尽力阻止过 U 跟在农场工作的一位女人结婚。J 是这么做的, 他写过信给主持婚礼的神父, 信上的内容说 U 在英格兰有妻子和孩子。因为这个原因, 神父拒绝主持 U 和那个女人的婚礼, 一直到神父发现信的内容是假的, 婚礼才正常进行。尽管婚礼还是进行了, 但 U 对这件事非常生气, 并且威胁过 J。一段时间过后 J 死了, 但是其他证据显示 U 和 J 在 J 被害的时候是在农场的不同地方。

根据案例可以构造如下论据来描述 U 的杀人动机。假设辩论主体的可信度是一样的, 并且假定  $\alpha=0.5, \beta=0.5$ 。

$A=(sub_A, des_A, 4); d_A="U \text{ 有杀人动机}";$

$B=(sub_B, des_B, 4); d_B="U \text{ 无杀人动机}";$

$C=(sub_C, des_C, 1); d_C=" \text{神父收到了信}";$

$D=(sub_D, des_D, 1); d_D=" \text{信是 J 写的}";$

$E=(sub_E, des_E, 1); d_E=" \text{神父阻止了 U 的婚姻}";$

$F=(sub_F, des_F, 1); d_F=" \text{信的内容是 U 有妻子和孩子}";$

$G=(sub_G, des_G, 1); d_G=" \text{信的内容是假的}";$

$H=(sub_H, des_H, 4); d_H=" \text{神父终于答应主持婚礼}";$

$I=(sub_I, des_I, 4); d_I=" \text{U 威胁过 J}";$

论据中的奖励或惩罚值可以根据如下公式获得: 假设  $AR_{X,S}=\{X_1, \dots, X_m\}$  是  $X$  在  $S$  中的直接论据集合, 如果论据集  $AR_{X,S}$  能击败  $X$ , 则  $v(X_i)=v(X) \times \frac{1}{m}$ 。

此时根据 Henry Prakken 在文献[20]中对该案例论据之间的论证关系的分析, 可以用图形化的 STUAF 来描述上述过程。

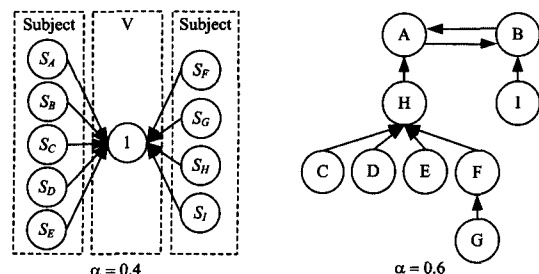


图3 一个基于主体信任度的联合辩论框架的案例

此时可以通过论据的可接受语义来说明  $U$  是否有杀人动机。

根据 4.2 节和 4.3 节的算法 1 和算法 2, 可以得到如下推理过程:

{G}攻击  $F$  成功;

{C,D,E,F,G}攻击  $H$  不成功;

{C,D,E,F,G,H}攻击  $A$  成功;

{I}攻击  $B$  成功;

$A$  不能被论据集合  $\{C,D,E,F,G,H,I\}$  所接受, 而  $B$  同样不能被集合  $\{C,D,E,F,G,H,I\}$  接受。

此时的论证结果表明不能证明  $U$  一定有杀人动机, 也不能说明  $U$  没有杀人动机。则根据以上的证人提供的证据和法律上的“疑罪从无”, 可以判断  $U$  没有杀人动机。

从该案例可以看出, 运用基于主体可信度的辩论框架可以很方便、自然地描述辩论过程, 尤其是对多个论据之间的联合论证, 并且给出了联合论证的表示方法和计算算法。实验结果及分析表明, 本文建立的表示方法和计算算法是简单有效的。

**结束语** 在将辩论理论应用于解决实际问题时, 传统的辩论框架忽略了辩论主体对论据结果和过程的影响, 使得在具体应用时的描述和论证复杂化。如在法律案件中, 原被告近亲属的证词是不能被采纳的或不可信的。此外, 在辩论过程中一个论据或论点通常需要多个相关的论据来进行综合论证。

本文在 Dung 的抽象辩论框架和 Bench-Capqn 的基于值的辩论框架的基础上提出了基于主体可信度的联合辩论框架。在辩论过程中引入了辩论主体可信度的概念, 扩展了辩论框架, 使得本框架能够支持多个论据的联合论证。然后验证了基于主体可信度的联合辩论框架满足 Dung 提出的标准辩论框架的一些定理, 并且给出了框架语义的计算算法。最后应用本框架对文献[20]中的一个法律例子做了描述。分析表明, 辩论框架能够解决多个论据的联合论证问题。框架中经验值的学习和获取以及具体应用时框架的构造是今后进一步的研究工作。

## 参考文献

- [1] Kraus S. Negotiation and cooperation in multi-agent environments[J]. Artificial Intelligence, 1997, 94: 79-97
- [2] Dung P M. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games[J]. Artificial Intelligence, 1995, 77: 321-357
- [3] Bench-Capon T J M, Dunne P E. Argumentation in artificial intelligence[J]. Artificial Intelligence, 2007, 171: 10-15
- [4] Bondarenko A, Dung P M, Kowalski R A, et al. An abstract, argumentation-theoretic framework for default reasoning[J]. Artificial Intelligence, 1997, 93(1/2): 63-101
- [5] Governatori G, Maher M J, Billington D, et al. Argumentation semantics for defeasible logics[J]. Journal of Logic and Computation, 2004, 14(5): 675-702
- [6] Kakas A, Moraitis P. Argumentation-based decision making for autonomous agents[C]//Proc of second International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems, Melbourne, Australia, 2003: 883-890
- [7] Bondarenko A, Dung P M, Kowalski R A, et al. An abstract, argumentation-theoretic framework for default reasoning[J]. Arti-

ficial Intelligence,1997,93(1/2):63-101

[8] Kowalski R A,Toni F. Abstract argumentation[J]. Journal of Artificial Intelligence and Law,Special Issue on Logical Models of Argumentation,1996,4(3/4):275-296

[9] Kakas A C,Toni F. Computing argumentation in logic programming[J]. Journal of Logic and Computation,1999,9(4):515-562

[10] Bench-Capon T J M. Persuasion in practical argument using value-based argumentation framework[J]. Journal of Logic and Computation,2003,13(3):429-448

[11] Coste-Marquis S,Devred C,Marquis P. Symmetric argumentation framework[C]//8<sup>th</sup> European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty (ECSQARU). Barcelona,Spain,2005:317-328

[12] Modgil S. Hierarchical argumentation [C]// Proc of 10<sup>th</sup> European Conference on Logics in Artificial Intelligence. Liverpool, UK,2006:319-332

[13] Modgil S. Reasoning about preferences in argumentation frameworks[J]. Artificial Intelligence,2009,173:901-934

[14] Modgil S. Nested argumentation and its application to decision making over actions[C]//Proc of second Int, Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems. 2005:57-73

[15] 伍京华,蒋国瑞,黄梯云. 基于论据的 agent 谈判中威胁及其评价的形式化模型[J]. 计算机工程与应用,2007,43(15):205-211

[16] 陈荣,姜云飞. 一种新的论据推理模式及其应用[J]. 计算机学

报,2001,24(2):119-126

[17] Rahwan I, Amgoud L. An argumentation based approach for practical reasoning[C]// Proc of Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. Hakodate, Japan,2006:347-354

[18] Bench-Capon T J M,Prakken H. Argumentation[M]. Lodder A R,Oskamp A. eds. Information Technology &. Lawyers: Advanced Technology in the Legal Domain,from challenges to daily routine. Springer-Verlag,2006:61-80

[19] Rissland E L, Ashley K D, Loui R P. AI and Law: a fruitful synergy[J]. Artificial Intelligence,2003,150:1-15

[20] Prakken H. Analysing and reasoning about evidence with formal models of argumentation[J]. Law, Probability and Risk, 2004, 3:33-50

[21] Dung P M,Mancarella P,Toni F. Computing ideal skeptical argumentation[J]. Artificial Intelligence,2007,171:642-674

[22] 袁金平,姚莉,佟濛. 用于辩证分析的多方对话协议[J]. 计算机科学与技术,2010,4(6):511-519

[23] 陈荣,孙吉贵. 真稳定类与辩论语义[J]. 计算机研究与发展, 1999,36(8):936-942

[24] Trojahn C,Quaresma P,Vieira R. Using an Extended Argumentation Framework Based on Confidence Degrees for Legal Core Ontology Mapping[C]//Proc. International Conference on AI and Law. Stanford, USA,2007:41-46

(上接第 178 页)

境中经过测量得到的参数值。当板材低速时,处理一幅图像需要 4.153s,对系统的实时性要求比较低。但是当板材高速运行时,处理一幅图像仅需要 1.384s,如果板形参数测量系统达不到这个时间要求,将无法满足板形处理的实时性。

表 2 实际运行时的各参数表

| 参数值 | v(m/s) | h(pixel) | $\eta$ (m/pixel) | $\varphi_{\min}$ | $t_{\max}$ (s) |
|-----|--------|----------|------------------|------------------|----------------|
| 低速时 | 10     | 576      | 0.0721           | 0.241            | 4.153          |
| 高速时 | 30     | 576      | 0.0721           | 0.722            | 1.384          |

选取 6 个不同的有代表性的运行时间样本,分析系统运行是否满足实时性,如表 3 所列,可以看出系统总的运行时间均小于最大运行时间 1.384s 的要求。实际的测量结果表明,本文提出的参数测量方法可以满足实际现场环境中板形测量实时性的要求。

表 3 样本图像的系统运行时间表

| 系统的各子模块             | 视频转换 | 区域分割 | 区域细化 | 参数计算 | 总时间 |
|---------------------|------|------|------|------|-----|
| 样本 1 运行<br>计算时间(ms) | 75   | 613  | 124  | 60   | 872 |
| 样本 2 运行<br>计算时间(ms) | 83   | 642  | 119  | 54   | 898 |
| 样本 3 运行<br>计算时间(ms) | 81   | 597  | 106  | 45   | 829 |
| 样本 4 运行<br>计算时间(ms) | 69   | 563  | 110  | 67   | 809 |
| 样本 5 运行<br>计算时间(ms) | 68   | 552  | 133  | 87   | 840 |
| 样本 6 运行<br>计算时间(ms) | 65   | 587  | 143  | 78   | 873 |

**结束语** 本文以工业测量智能参数选择系统为研究背景,在深入研究系统中板形参数测量方法的基础上,结合图像处理的相关理论,提出了图像分割与区域细化相结合(IST 算法)的板形参数测量方法,并通过实验对该方法进行了验证。

经过对实际应用结果的分析可以看出,该方法适用于板材的参数测量过程,可以有效地给出板形信息。同时,其检测结果可以输入到矫直机工艺参数选择系统,从而得到板材的矫直参数,具有较好的理论实用价值。

参 考 文 献

[1] Liu K,Xu H Z,Peng X H,et al. The Research and Application of a Learning Algorithm of Batch Increment and Online Which Bases on Support Vector Regression[C]//2008

[2] 蔡晓妍,戴冠中,杨黎斌. 谱聚类算法综述[J]. 计算机科学, 2008,35(7):14-18

[3] Ding C,He X,Zha H,et al. Spectral Min-Max Cut for Graph Partitioning and Data Clustering [C]// Proc. of the IEEE Intl Conf. on Data Mining. 2001:107-114

[4] Park J,Chen H C,Huang S T. A new gray level edge thinning method[C]// Proceedings of the ISCA 13th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering. November 2000:114-119

[5] Lee T C,Kashyap R L. Building skeleton models via 3-D medial surface/axis thinning algorithm[J]. Graphical Models and Image Processing,1994,56(6):462-478

[6] Hall R W. Fast Parallel Thinning Algorithms: Parallel Speed and Connective Preservation[J]. Commun. ACM(US),1989(1)

[7] Holt C M. An Improved Parallel Thinning Algorithm[J]. Commun. ACM(US),1987(2)

[8] 何渝. 计算机常用数值算法与程序(C++版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2003

[9] Chin R T,Wan H K,Stover D L. A one-pass thinning algorithm and its parallel implementation[J]. Computer vision graphics image processing,1987(1):30-40