

文章编号:1001-9081(2011)09-2526-04

doi:10.3724/SP.J.1087.2011.02526

基于 IBIS 和 Toulmin 辩论形式的群体研讨模型

陈俊良,陈超,姜鑫,张震

(国防科学技术大学 信息系统与管理学院,长沙 410073)

(changshacjl@gmail.com)

摘要:研讨模型是建立群体研讨环境的理论基础。以基于问题的信息系统(IBIS)模型和Toulmin辩论模型为基础,建立了一种可对研讨发言进行评价的群体研讨模型。该模型将群体研讨发言信息组织成由发言节点和语义边构成的图。给出了基于语言加权集结(LWA)算子和节点归约的发言节点评价方法。以系统体系结构设计问题的群体研讨为例,说明模型的可用性和有效性。

关键词:研讨模型;发言节点可接受度;节点归约;语言加权集结算子

中图分类号: TP181 **文献标志码:**A

Group argumentation model based on IBIS and Toulmin's argument schema

CHEN Jun-liang, CHEN Chao, JIANG Xin, ZHANG Zhen

(College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China)

Abstract: Argumentation model is the theoretical basis to establish group argumentation environment. Based on Issue-Based Information System (IBIS) model and Toulmin' argument schema, a group argumentation model was proposed, which was able to evaluate the argumentative utterance. With this model, the group argumentative information could be structured as a graph which consisted of utterance nodes and semantic links. A method of evaluating utterance nodes based on Language Weighted Aggregation (LWA) operator and node reduction was proposed. A group argumentation on the issue of system architecture design was illustrated as an example to show the usability and effectiveness of the proposed model.

Key words: argumentation model; acceptability degree of utterance node; node reduction; Language Weighted Aggregation (LWA) operator

0 引言

群体研讨环境是综合集成研讨厅的重要研究内容之一^[1],而研讨模型是建立群体研讨环境的理论基础^[2]。研讨模型的主要作用是对群体研讨中产生的各类信息进行组织和管理^[3-4],并支持观点的分析与评价^[5]。群体研讨信息包括研讨参与者、研讨主题、会议组织和研讨过程等基本信息,以及发言信息,其中以研讨参与者的发言信息最为重要^[4]。发言信息包含着与问题解决相关的知识、经验、观点和立场。在自然的研讨过程中,群体成员发言信息数量大、结构复杂,如若不进行较好的组织,会使得研讨观点分析困难。为了提高研讨效率,使专家紧紧围绕议题展开讨论,并支持群体研讨观点的分析,需要结构化的研讨模型。

国内外关于研讨模型的研究大多数都是以辩论理论(Argumentation Theory)为基础^[6]。国外比较有影响的研讨组织模型有基于问题的信息系统(Issue-based Information System, IBIS)模型^[7-8]和Toulmin辩论模型^[9]。IBIS模型是由Kunz和Rittel在1970年提出的研讨信息组织模型,它包括问题(Issue)、立场(Position)、论证(Argument)三个部件和响应、提问、支持、反对四种部件关联关系。IBIS模型将研讨过程中产生的信息组成一个以问题为中心的树型结构。Toulmin辩论模型描述了论证(argument)内部结构,把一个论证详细分为六个部件^[9]:主张(Claim)、根据(Premise)、证明(Warrant)、支援(Backing)、限定(Quality)和反驳(Rebuttal)。

由于它的形式简明,易于计算机表示和处理,因此在人工智能、知识创新^[10]和法律领域中得到广泛应用^[11]。

在国内,文献[4]提出了树型研讨信息组织模型,该模型以发言为节点,发言间的语义关系表示节点间的边,将研讨发言组织成动态的“研讨树”。文献[5]在研讨树的基础上,给出了共识分析与评价技术。该技术是以发言间语义关系和发言人的权重为基础,计算“支持”和“反对”某一“主意”发言节点的权重之和来确定该“主意”的共识程度。但是这种计算方法没有考虑论证发言节点间的逻辑论证层次关系对主意节点共识程度的影响。文献[3]提出了面向共识涌现的研讨信息组织模型。该模型将Toulmin模型的六个部件整合成根据、论证、模态限定和主张四个部件,并以专家权重和模态限定值为基础,计算主张的关注度和共识度。但是该模型中的共识计算也只考虑专家与主张之间的模态限定关系,没有考虑专家发言间的逻辑论证层次关系。另一方面,上述两种模型中发言节点的分析计算都是利用发言人权重,但研讨厅中的研讨有时需要更多地体现民主集中制^[11],因此需要一种能够不考虑发言人权重的研讨发言节点分析方法。

针对上述问题,本文提出一种研讨模型,该模型将IBIS模型和Toulmin模型相结合并进行改进,包括基于问题的研讨信息元模型和群体研讨对话模型两个部分。提出了基于语言加权集结算子和节点归约的研讨发言节点评价方法。该评价方法重点考虑了发言节点间的逻辑论证层次关系,以节点间的逻辑论证关系和模态限定值为基础计算发言节点的可接

收稿日期:2011-03-11;修回日期:2011-04-20。 基金项目:教育部博士学科点科研基金资助项目(20104307120020)。

作者简介:陈俊良(1982-),男,四川宜宾人,博士研究生,主要研究方向:智能决策、决策支持系统、研讨支持系统; 陈超(1977-),男,河南漯河人,讲师,博士,主要研究方向:智能决策、决策支持系统; 姜鑫(1982-),吉林白城人,博士研究生,主要研究方向:智能决策、决策支持系统; 张震(1986-),男,山东济南人,硕士研究生,主要研究方向:研讨支持系统。

受度。

1 群体研讨模型

本文提出的群体研讨模型由基于问题的研讨信息元模型和研讨对话模型两部分组成。

1.1 基于问题的研讨信息元模型

IBIS 模型能够描述研讨的问题以及围绕研讨问题而展开的研讨对话过程,但不能描述论证的内部结构;而 Toulmin 模型只描述了论证的内部结构,没有涉及研讨对话过程。因此本文将它们结合起来,以发挥两者的优点,在此基础上结合文献[4]中的发言类型,提出基于问题的研讨信息元模型,其结构如图 1 所示。

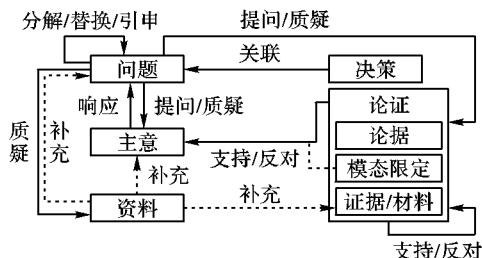


图 1 研讨信息元模型结构

基于问题的研讨信息元模型由五个部件,包括问题、主意、论证、资料和决策,以及部件与部件之间的逻辑关系组成。

1)问题。泛指所有类型的问题,包括议题、疑问、难题等。议题是指需要讨论的问题;疑问是需要做进一步说明或解答的问题;难题是指需要处理或解决的比较棘手的问题。

2)主意。即主张,它是对问题的响应,是为解决某一问题而提出的解决方案、措施、计划、手段或观点等。

3) 论证。是发言人针对某一主意或论证进行判断,表明立场、态度(支持或反对),并进行论证。基于问题的研讨信息元模型将 Toulmin 模型中的主张与论证主体分离,论证主体部分即为基于问题的研讨信息元模型中的论证,而主张可能是某个主意或者某个论证中的论据。论证主体部分包括论据、模态限定和证据/材料。论据是发言人的立论依据,在表现形式上是关于发言人的主观判断、经验或知识的陈述。证据/材料是与论证相关的客观数据、事实、理论或文档资料,是对论据的进一步说明和佐证。一个论证可以没有证据/材料,但必须有论据。模态限定是发言人表明的立场、态度,起着连接论证主体与主张的作用。

基于问题的研讨信息元模型对 Toulmin 模型中的证明、支援和反驳做了如下处理。“证明”是从根据得到主张的逻辑推理规则,是论证的重要组成部分,但在群体研讨中,想要让发言人明确表达出逻辑推理规则比较困难也不现实,逻辑推理隐含在发言中,成为语言表达的一部分,被群体理解和感知,故将“证明”省略。如果群体成员认为其他成员的论证的逻辑推理不正确,可以直接进行反驳。“支援”的最终目的是支持整个论证,因此它可作为论据或证明材料。“反驳”是对论证的否定或削弱,因此可以用模态限定值为负值的“论证”表示“反驳”。

4) 资料。是对问题、主意或论证的补充,包括相关的数据、事实、文档资料或发言人的主观经验等。

5) 决策。即确定问题的研讨结果。可以从响应问题的所有主意中进行选择,将群体普遍接受的主意作为问题的结论。

这五个部件之间的逻辑关系包括提问(由问题引出的连

线)、响应(由主意引出的连线)、支持/反对(由论证引出的连线)、补充(由资料引出的连线)和关联(由决策引出的连线)关系,如图1所示。

1.2 研讨对话模型

研讨对话模型的实质是群体研讨发言规范,它由一组发言类型组成,每类发言的结果是生成与研讨信息元模型对应的部件(不包括决策)。根据生成的不同结果,将群体研讨发言分为四类:

1) 提问发言。提出问题,这类发言的结果是产生一个新的问题部件。提问发言的对象包括问题、主意、论证和资料。提问发言涵盖的范围的比较广,不仅包括要求对某一主意或论证作进一步的说明,或对某一主意、论证、资料提出的质疑,而且还包括问题的分解、替换、引申等。

2)响应发言。响应发言是针对某一问题提出主意,其结果是生成一个主意部件。在群体研讨的任何时刻都可以进行响应发言。

3) 论证发言。发言人针对某一主意或论证进行判断,表明态度,其结果是生成一个论证部件。对论证发言做两点规范:一是新提出的论证要与已有的论证不同,不能进行重复论证;二是每位成员对某个主意或论证进行论证时,态度要求一致,不能同时发表支持和反对两种不同态度的论证。但是一个论证可以同时支持某个主意或论证和反对另一个主意。

补充发言。这类发言是针对问题、主意和论证进行补充，其结果是生成一个资料部件。由于资料不代表发言的立场、观点或态度，故在图 1 中用点划线表示。

1.3 研讨对话图

利用研讨对话模型和研讨信息元模型,可将群体的研讨对话发言组织成一个有向无环图,本文称为研讨对话图,如图2所示。

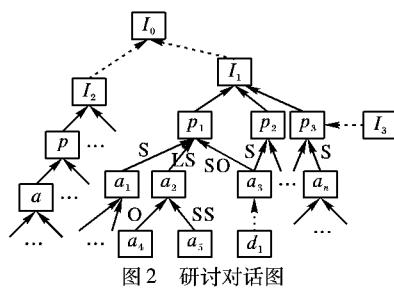


图2 研讨对话图

研讨对话图可划分为多个以问题为中心的问题研讨图 (Issue-based Argumentation Graph, IAG)。每个问题研讨图只包括一个问题节点，描述了研讨群体针对一个问题而展开的研讨对话活动。由多个 IAG 组成的研讨对话图描述了群体对整个议题的研讨活动。将每个 IAG 的研讨结果综合在一起就可得到议题的研讨结论。因此，IAG 是形成研讨结论的基本单位，也是进行研讨结果分析的基本单位。本文将 IAG 作如下形式化定义。

定义 1 设与问题 i 相连通的主要节点集为 P_i , 论证节点集为 A_i , 资料节点集为 L_i , P_i 与问题 i 之间的响应关系集为 R_i^1 , 论证关系集为 $R_i^2 \subset A_i \times P_i \cup A_i \times A_i$, 补充关系集为 $R_i^3 \subset L_i \times A_i \cup L_i \times P_i$, δ 是从论证关系集 R_i^2 到语言评价集 S 的映射, 在问题研讨图中表示由论证节点引出的边的权, 其具体含义是论证的模态限定值, 则关于问题 i 的问题研讨图 G_i 是一个三元组 $\langle N_i, R_i, \delta \rangle$, 满足 $N_i = P_i \cup A_i \cup L_i$, $R_i = R_i^1 \cup R_i^2 \cup R_i^3$ 。

$S = \{s_\alpha \mid \alpha = -t, \dots, -1, 0, 1, \dots, t\}$ 为预先定义的语言术语集^[12], 如 $s_{-3} = \text{'强烈反对(SO, strongly object)'}$, $s_{-2} = \text{'反对(O, object)'}$, $s_{-1} = \text{'轻度反对(LO, slightly object)'}$, $s_0 = \text{'不确定(I, inconclusive)'}$, $s_1 = \text{'轻度支持(LS, slightly support)'}$, $s_2 = \text{'支持(S, support)'}$, $s_3 = \text{'强烈支持(SS, strongly support)'}$ 。

2 研讨节点分析方法

研讨的目的是为解决问题而提出主张, 设计解决方案, 并进行论证, 研讨群体的关注焦点是主意和论证, 因此研讨节点的分析主要分析这两类节点的可接受度, 得出群体普遍接受的主意, 作为问题的研讨结果。

IAG 中的资料节点在研讨中为群体成员提供相关信息, 激发群体思考, 但是这类节点不代表发言人的立场、观点或态度, 不能为研讨发言节点的可接受度的分析提供信息。因此研讨发言节点的分析取决于主意发言节点和论证发言节点, 以及这两类节点间的逻辑层次关系。为此在进行研讨节点分析时, 可将补充发言节点 L_i 从 G_i 中移除。移除后得到的问题研讨图记为 \bar{G}_i 。

定义 2 只包括主意节点和论证节点的问题研讨图 \bar{G}_i 是一个三元组 $\langle \bar{N}_i, \bar{R}_i, \delta \rangle$, 其中 $\bar{N}_i = P_i \cup A_i$, $\bar{R}_i = R_i^1 \cup R_i^2$, $P_i, A_i, R_i^1, R_i^2, \delta$ 的含义与定义 1 相同。

为叙述方便, 若不考虑具体问题 i , 则由主意节点和论证节点组成的问题研讨图称为研讨图, 记为 G 。

定义 3 设 P 为主意节点集, A 为论证节点集, $N = P \cup A, R \subset N \times N$ 是发言节点之间的逻辑关系集, $\delta: R \rightarrow S$ 是从关系集 R 到语言评价集 S 的映射, 则研讨图 G 可表示为三元组 $\langle N, R, \delta \rangle$ 。

研讨图 G 是由主意和论证节点组成的赋权有向图, 如图 3 所示。一般的分析思路是从叶节点开始由下往上进行递阶评价, 计算每个节点的可接受度。给定一个 G , 其研讨节点的分析包括三个步骤。

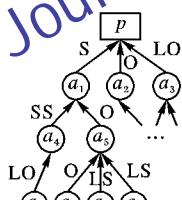


图 3 研讨图 G 示例

2.1 计算论证节点的可接受度

论证节点 a 的可接受度表示研讨群体对节点 a 的立场和态度。节点 a 可接受度的计算可以通过集结群体成员针对节点 a 的论证性发言得到。

设有研讨图 $\langle P \cup A, R, \delta \rangle$, 且 $a \in A$, 记 $R^-(a) = \{b \mid b \in A, (b, a) \in R\}$ 为论证节点 a 的前置节点集, $R^+(a) = \{b \mid b \in A, (a, b) \in R\}$ 为节点 a 的后置节点集。若 $R^-(a) = \emptyset$, 则称 a 为叶节点。

设 $a \in A$, 若 $R^-(a) = \emptyset$, 则论证 a 的可接受度设为 $H(a) = s_0$, 表示没有支持或反对论证 a 的发言。

若 $R^-(a) = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$, 则论证 a 的可接受度为

$$H(a) = LWA(\delta(b_1, a), \delta(b_2, a), \dots, \delta(b_m, a)) = w_1 \delta_{\alpha_1} \oplus w_2 \delta_{\alpha_2} \oplus \dots \oplus w_m \delta_{\alpha_m} = s_\beta \quad (1)$$

其中 LWA 为语言加权集结算子^[12], $\delta_{\alpha_m} = \delta(b_m, a)$, $\beta = \sum_{i=1}^m w_i \alpha_i$, $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ 为 δ_{α_i} ($i = 1, 2, \dots, m$) 的权重向量。 w_i 与节点 $H(b_i)$ 相关, 其计算公式如下:

$$w_i = \frac{f(H(b_i))}{\sum_{i=1}^m f(H(b_i))}, i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

其中: $f(H(b_i)) = I(H(b_i)) + t$, $I(s_\alpha) = \alpha, 2t = |S| - 1, |S|$ 表示语言术语集 S 的基。易得 $w_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, n$), $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

若 $H(a) > s_0$, 则表示群体对 a 持“赞同”态度, 且 $H(a)$ 越大, 赞同程度越高; 若 $H(a) < s_0$, 则表示群体对 a 持“否定”态度, 且 $H(a)$ 越小, 否定程度越大。

式(1)表明 a 的可接受度与它的前置节点 b_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 的模态限定值 δ_i 及其可接受度 $H(b_i)$ 有关。 b_i 的接受程度值越高, 它所代表的意见越可信, 故其权重越大。

2.2 论证节点的归约

在图 3 中, 节点 a_7 反对节点 a_5, a_5 反对 a_1 , 从某种意义上讲 a_7 是支持 a_1 的。这一部分信息也应该在计算 $H(a_1)$ 时给予考虑。文献[13]提出了节点归约的思想, 保留了这部分隐含信息。本文将节点的归约与节点的可接受度计算相结合, 提出论证节点可接受度和节点归约算法。

论证节点的归约是对节点的逻辑结构关系进行变更处理, 如图 4 所示。

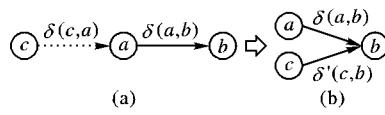


图 4 论证节点的归约

论证节点归约包括剪枝和连接两个步骤, 剪枝即断开前置节点 $c \in R^-$ (a) 与 a 之间的连接, 如图 4(a) 中虚线所示; 连接即建立节点 c 与后置节点 $b \in R^+$ (a) 之间的连接并给边 (c, b) 赋予模态限定值 $\delta'(c, b)$, 如图 4(b) 所示。论证节点归约的重点是计算 $\delta'(c, b)$ 。

设 $a \in A, c \in R^-(b) \neq \emptyset, b \in R^+(a) \neq \emptyset$, 且已知 $\delta(c, a) = s_\alpha, \delta(a, b) = s_\beta$, 节点归约的规则为:

- 1) 在研讨图中移除有向边 (c, a) , 添加有向边 (c, b) ;
- 2) 有向边 (c, b) 的模态限定值为

$$\delta'(c, b) = I^{-1}(\operatorname{sgn}(\alpha) \cdot \operatorname{sgn}(\beta) \cdot (|\alpha| \wedge |\beta|)) \quad (3)$$

其中: $I^{-1}(\alpha) = s_\alpha$, $\operatorname{sgn}()$ 是符号函数, \wedge 是取小算子。

例如图 3 中节点 $a_9 - a_5 - a_1$ 的归约, $\delta(a_9, a_5) = s_1, \delta(a_5, a_1) = s_{-2}$, 由归约规则得 $\delta(a_9, a_1) = s_{-1}$, 即 a_9 轻度反对 a_1 。

经过节点归约后, 节点 a 的前置节点集更新为 $R^-(a) \cup \bigcup_{b \in R^-(a)} R^-(b)$ 。而论证节点 a 可接受度的计算依赖于它的前置节点集, 因此论证节点的归约与论证节点可接受度的计算是一个相互交错的过程。

算法 1 论证节点归约算法。

输入: 研讨图 G ;

输出: 论证节点的可接受度。

- 1) 记 S 为已知可接受程度的论证节点集, \bar{S} 为未知可接受程度的论证节点集;

```

2)  $\bar{S}$  = 研讨图  $G$  中所有论据节点;
3) WHILE  $\bar{S} \neq \emptyset$  DO
4)   FOR EACH  $a \in \bar{S}$ 
5)     IF  $R^-(a) = \emptyset$  THEN
6)        $H(a) = s_0$ ;
7)       将  $a$  从  $\bar{S}$  移除并移入  $S$ ;
8)     ELSE IF  $R^-(a) \subset S$  THEN
9)       按式(1)(2)计算  $H(a)$ ;
10)    将  $a$  从  $\bar{S}$  移除并移入  $S$ ;
11)    IF  $R^+(a) \neq \emptyset$  THEN
12)      FOR EACH  $b \in R^+(a)$ 
13)        按规则执行节点约简;
14)      END FOR
15)    END IF
16)  END IF
17) END FOR
18) END WHILE

```

算法第6)~7)步计算叶节点的可接受度;第9)~15)步先计算前置节点的可接受度已知的论据节点的可接受度,然后判断该节点的后置论据节点是否为空,若不为空则对该节点进行约简。

2.3 计算主意节点的可接受度

经过节点约简后,所有的论据节点成为叶节点且后置节点都是主意节点 p ,并且已知每个论据节点的可接受度以及与主意节点连接边的限定值。按式(1)和(2)计算主意节点的可接受度 $H(p)$ 。

3 研讨模型的应用

根据本文提出的群体研讨模型,设计并实现了一个基于B/S结构的群体研讨环境。利用该研讨环境,组织了一次关于某系统体系结构设计的模拟研讨。限于篇幅,省略研讨发言具体内容。群体研讨图如图5所示。

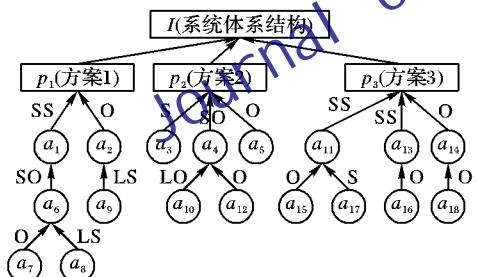


图5 系统架构设计研讨图

根据算法1对研讨图进行节点的可接受度和归约计算,得到的结果如图6所示,图中论据节点下面的语言术语表示该节点的可接受度,比如 $H(a_6) = s_{-0.5}$ 。

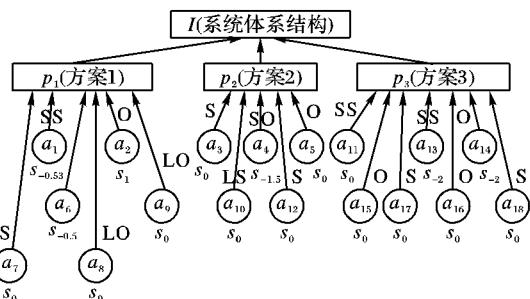


图6 研讨图计算结果

三个主意的可接受度分别为: $H(p_1) = s_{-0.45}$, $H(p_2) = s_{0.33}$, $H(p_3) = s_{0.59}$ 。根据主意的可接受度大小对主意进行排

序,可得 $p_3 > p_2 > p_1$,该研讨结果可作为群体研讨决策结果。

4 结语

群体研讨环境中研讨信息的组织与管理十分重要。一方面作为研讨会议资料,参与研讨成员的发言信息需要保存下来;另一方面,为了从研讨发言信息中提取群体共识和研讨结论,以及便于研讨支持平台的实现,需要将群体研讨进行结构化处理,规范研讨发言行为和发言信息的结构。这些需求突显出研讨模型在群体研讨环境中的地位和作用。

本文将IBIS模型和Toulmin模型相结合并进行改进,提出了基于问题的研讨信息元模型,并在此基础上给出了群体研讨对话模型。利用这两个模型,可将群体研讨对话组成以问题为中心研讨对话图。问题研讨图是群体研讨对话图的基本组成单位,它描述了群体对某个具体问题的群体研讨对话活动。本文对问题研讨图进行了形式化定义,并给出了问题研讨图的计算方法。该计算方法包括三个部分:论据节点的可接受性计算、节点归约和主意节点的可接受性计算。给出了节点可接受性计算和归约的具体算法。最后以系统架构设计问题的群体研讨为示例说明了模型的可用性和有效性。

参考文献:

- [1] 胡晓惠.研讨厅系统实现方法及技术的研究[J].系统工程理论与实践,2002,22(6):1~10.
- [2] 魏大权,李德华.一种研讨模型[J].软件学报,2009,20(8):2181~2190.
- [3] 李德华,魏大权.一种研讨信息组织模型及其在研讨厅中的应用[J].计算机应用研究,2008,25(9):2730~2733.
- [4] 谭俊峰,张朋柱,黄丽宁.综合集成研讨厅中的研讨信息组织模型[J].系统工程理论与实践,2005,25(1):86~92,99.
- [5] 谭俊峰,张朋柱,程少川,等.群体研讨中的共识分析和评价技术[J].系统工程理论方法应用,2005,14(1):55~61.
- [6] 张朋柱.群体支持系统和群体智慧集成的回顾与展望[C]//第二届中国管理科学与工程论坛.上海:上海交通大学,2004.
- [7] CONKLIN J, SELVIN A, SHUM S B, et al. Facilitated hypertext for collective sensemaking: 15 years on from gIBIS [C]// LAP'03: 8th International Working Conference on the Language-Action Perspective on Communication Modelling. New York: ACM, 2003: 1~19.
- [8] SHUM S J B, SELVIN A M, SIERHUIS M, et al. Hypermedia support for argumentation-based rationale: 15 years on from gIBIS and QOC [M]// Rationale Management in Software Engineering. Heidelberg, Berlin: Springer, 2006: 111~132.
- [9] TOULMIN S E. The uses of argument: updated edition [M]. New York: Cambridge University Press, 2003.
- [10] MALEEWONG K, ANUTARIYA C, WUWONGSE V. A collective intelligence approach to collaborative knowledge creation [C]// SKG '08: Fourth International Conference on Semantics, Knowledge and Grid. Piscataway, NJ: IEEE, 2008: 64~70.
- [11] REED C, ROWE G. Translating Toulmin diagrams: theory neutrality in argument representation [J]. Argumentation, 2005, 19(3): 267~286.
- [12] XU Z S. On generalized induced linguistic aggregation operators [J]. International Journal of General System, 2006, 35(1): 17~28.
- [13] SIGMAN S, LIU X F. A computational argumentation methodology for capturing and analyzing design rationale arising from multiple perspectives [J]. Information and Software Technology, 2003, 45(3): 113~122.