

基于议题偏好修改的 Agent 劝说机制及应用研究

伍京华¹, 孙华梅², 许扬威³, 盛兆猛¹, 许静超¹

(1. 中国矿业大学(北京)管理学院, 北京 100083; 2. 哈尔滨工业大学 管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;
3. 用友软件股份有限公司, 北京 100094)

摘要: 基于议题偏好修改的 Agent 劝说能更好提高 Agent 在动态环境下的谈判效率, 保证谈判效果。针对该模式, 结合形式逻辑理论, 提出了相应的劝说机制, 包括相应的表述模型和支持该模型的算法, 并提出了劝说影响因子的概念, 最后基于 Jade 平台和 Java 语言, 通过系统实现验证了该机制。结果表明, 该机制能更进一步发挥 Agent 在劝说中的人工智能特性。

关键词: 议题; 偏好修改; Agent; 劝说机制

中图分类号: C931.9; TP315; TP181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6062(2014)01-0209-05

0 引言

随着全球经济的发展, 商务谈判显得日益重要, Agent 谈判成为 Agent 领域中的研究重点^[1]。与单一议题相比, 多议题谈判能尽量避免 Agent 谈判陷入僵局, 保证 Agent 之间的双赢或多赢。这在现实生活中也很常见。例如, 在购买汽车的过程中, 买卖双方如果仅谈价格, 交易往往会失败, 而如果能就购买车险等更多议题谈判, 将会更好完成交易^[2]。

目前, 国内外对 Agent 的多议题谈判已有一定研究。在国外, 文献[3]针对美国海军中指挥官和海军之间确定雇佣关系的现实谈判问题, 结合无差异曲线, 提出相应模型。文献[4]提出了以鲍威尔(Boulware)、让步(Conceder)和线性(Linear)三种策略为核心的模型。文献[5]所提出的模型重点在于谈判议题的先后顺序确定。文献[6]在[5]的基础上, 考虑了谈判最后期限和折扣因素, 提出了近似最优模型。文献[7]则研究了该模型的非线性问题。在国内, 文献[8]提出了“谈判-谈判过程-谈判线程”的概念和相应模型。文献[9]基于整合效用, 提出了相应模型。文献[10]引入仲裁 Agent, 结合 Bayes 的增强学习机制, 提出了相应模型。文献[11]结合混合遗传算法, 提出了相应模型。文献[12, 13]基于协同进化遗传算法和适应度共享小生境技术, 提出了相应模型。文献[14]应用 Kuipers 的定性仿真算法, 对多属性谈判问题进行了仿真。

以上研究中, 由于要求 Agent 具有完全谈判信息, 因而难以适应动态的谈判环境。为了解决这一问题, 文献[15, 16, 17, 18, 19]分别针对劝说型辩论谈判(以下简称劝说), 提出了相应的形式化模型。其中, 文献[17]基于经济学中的多属性效用理论, 借助对信念修正算子这一工具的计算和比较, 对信念进行了量化和排序, 并构建了相应模型。文献

[20]则更进一步建立了 Agent 劝说中涉及多议题时的劝说策略选择标准, 该标准通过一个形式化的多层价值树得到体现。

不足的是, 在这些研究中, 重点主要放在构建 Agent 的劝说模型方面, 所涉及的多议题主要是为了验证该模型, 而没有较好地解决偏好的改变问题, 也就是说还不能很好体现 Agent 如何通过劝说来改变自身在谈判中对各议题的偏好, 以及 Agent 如何根据对这些议题偏好的修改来进一步完成劝说, 实现合作。本文拟在以上基础上提出相应的改进机制, 并通过系统实现对该机制进行验证。

1 机制

谈判机制的重点在于建立有效的表述模型, 并根据该模型构建保证该谈判高效有序完成的算法。因此, 为更好符合该要求, 本文拟结合 Agent 在劝说中的议题偏好修改, 对已有研究^[16, 17, 20]进行相应改进, 建立相应的表述模型和算法如下:

1.1 表述模型

结合形式逻辑理论, 对 $Agent_{a_i}$ 来说, 对方提出的劝说可表述为一个七元模型: $Per(a_i \Rightarrow a_1) = \{A, I, S, P^{a_i}, V^{a_i}, \geq^{a_i}, Z^{a_i}\}$ 。

(1) A 表示正在进行劝说的 Agent 集, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$, l 为 Agent 个数;

(2) I 表示该劝说中包含的议题集。 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$, m 为劝说议题个数;

(3) S 表示该劝说所采用的策略集。 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, n 为劝说策略种类;

(4) P^{a_i} 表示 $Agent_{a_i}$ 在劝说中对各议题的权重集, 包括

收稿日期: 2011-07-09 修回日期: 2012-06-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70971032, 71271067), 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(HIT.HSS.201105, 2009QG03)

作者简介: 伍京华(1978—), 男, 江西高安人。中国矿业大学(北京)管理学院讲师, 博士, 研究方向: Agent 理论与方法、市场营销等。

以下关系:

$$P^{o1} = \{P_{I_1}^{o1}, P_{I_2}^{o1}, \dots, P_{I_m}^{o1}\} \quad P_{I_1}^{o1} + P_{I_2}^{o1} + \dots + P_{I_m}^{o1} = 1$$

(5) V^{o1} 表示该劝说中, $Agent_{o1}$ 对各议题的值集。 $V^{o1} = \{V_{I_1}^{o1}, V_{I_2}^{o1}, \dots, V_{I_m}^{o1}\}$ 。对于每个议题, V^{o1} 的值都可取多个, 例如 $V_{I_1}^{o1} = \{V_{I_1}^{o1}(1), V_{I_1}^{o1}(2), \dots, V_{I_1}^{o1}(x)\}$, x 表示该议题总共取得多个值的数目;

(6) \geq^{o1} 表示该劝说中, $Agent_{o1}$ 对各议题所取的值构成的集合的偏好顺序。 $\geq^{o1} = \{\geq_1^{o1}, \geq_2^{o1}, \dots, \geq_y^{o1}\}$, y 表示交互 (这里指劝说) 进行到的轮数, 由于每轮劝说后, $Agent_{o1}$ 对各议题的取值都不同, 因此 \geq^{o1} 中的元素也不同, 例如在接收到第 y 轮劝说后, $Agent_{o1}$ 就可能修改偏好为 $\geq_y^{o1} = \{\geq V_{I_1}^{o1}(x), \geq V_{I_2}^{o1}(x), \dots, \geq V_{I_m}^{o1}(x)\}$;

(7) Z^{o1} 表示该劝说中, $Agent_{o1}$ 对各策略的权重集, 包括以下关系:

$$Z^{o1} = \{Z_{S_1}^{o1}, Z_{S_2}^{o1}, \dots, Z_{S_n}^{o1}\} \quad Z_{S_1}^{o1} + Z_{S_2}^{o1} + \dots + Z_{S_n}^{o1} = 1$$

1.2 算法

本文的算法是基于对文献[17]的改进。为简化表述, 假定参与劝说的 Agent 数和议题数均为 2 个。先作如下假设:

(1) 买方 $Agent_A$ 和卖方 $Agent_B$ 的劝说议题集均只包括价格和交货期, 为 $I = \{I_p, I_D\}$;

(2) 对买方来说, 对价格值和交货期值的希望都是越低越好, 而对卖方来说, 则正好相反;

(3) 买卖双方劝说的策略集相同, 均只包括威胁和奖励, 为 $S = \{T, R\}$ (作为劝说策略, 威胁和奖励在人类辩论谈判中最为基本和常见, 因此在这里被采用, 以利于研究^[11]);

(4) $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 对各议题的权重集及集合中各元素的关系如下:

$$P^A = \{P_{I_p}^A, P_{I_D}^A\} \quad P_{I_p}^A + P_{I_D}^A = 1$$

$$P^B = \{P_{I_p}^B, P_{I_D}^B\} \quad P_{I_p}^B + P_{I_D}^B = 1$$

(5) $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 对各议题的值集为 $V^A = \{V_{I_p}^A, V_{I_D}^A\}$ 和 $V^B = \{V_{I_p}^B, V_{I_D}^B\}$;

(6) 对于每个 Agent 的每个议题, 都能取多个值, 这里取其中的 2 个。例如: 对于 $Agent_A$, 有价格值 $V_{I_p}^A = \{V_{I_p}^A(1), V_{I_p}^A(2)\}$;

(7) $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 对各议题所取值的集合的偏好顺序为 $\geq^A = \{\geq_{I_p}^A, \geq_{I_D}^A\}$ 和 $\geq^B = \{\geq_{I_p}^B, \geq_{I_D}^B\}$ 。以 $Agent_A$ 为例, 显然有 $\geq_{I_p}^A = \geq_{I_p}^A(1) + \geq_{I_p}^A(2) < 1$;

(8) $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 对各策略的权重集及集合中各元素的关系如下:

$$Z^A = \{Z_T^A, Z_R^A\} \quad Z_T^A + Z_R^A = 1$$

$$Z^B = \{Z_T^B, Z_R^B\} \quad Z_T^B + Z_R^B = 1$$

(9) $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 都存在保留值集合 $R = \{R_A, R_B\}$ 、阈值集合 $Q = \{Q_A, Q_B\}$ 、关于对方所提出劝说的评价值集合 $U = \{U_A, U_B\}$ 这三个集合。对于每次劝说, 集合 U 中每个元素的值都不同。且劝说过程中, 一直有 $R_A < R_B$ 。

(10) 如果评价值与保留值之差大于阈值, Agent 选择威

胁的策略生成劝说, 否则选择奖励。

算法具体描述为: 接收到对方提议或劝说后, 被劝说方根据自身对劝说的评价的算法评价该提议或劝说。

以 $Agent_A$ 为例, 评价值的计算如下: $U_A = P_{I_p}^A \times V_{I_p}^A + P_{I_D}^A \times V_{I_D}^A$

其中, $V^A = \{V_{I_p}^A, V_{I_D}^A\}$ 的值根据被劝说方对 $\geq^A = \{\geq_p^A, \geq_D^A\}$ 的计算后确定的顺序选择, 该计算根据劝说影响因子 X^A 完成: $\geq^A = \geq^A \times (1 \pm X^A) = \geq^A \times (1 \pm Z^A \times |\geq^A - \geq^B|)$ 。该公式中, 对于买方, 选择加号计算, 对于卖方, 选择减号计算。

劝说影响因子 X^A 的定义如下:

定义 2 (劝说影响因子) 劝说中, 被劝说方根据对方的劝说对自身各项议题的偏好顺序进行修改, 以尽快达成一致, 修改的程度称为劝说影响因子。

被劝说方将计算出的对该劝说的评价与自身保留值比较, 如满足要求, 接受劝说, 完成交易。否则将对该值与其自身保留值的差与阈值进行比较。并且, 对应于不同阈值, 选择不同的劝说策略, 同时结合接收到劝说后自身偏好修改后的顺序选择相应议题值, 提出新的劝说。

1.3 算例

为更好说明以上机制, 举算例如下。计算过程中, 拟定的数据及计算结果最多精确到小数点后两位。

首先, 假定表 1 和表 2 为 $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 在劝说过程中保持不变的各項值及相应权重。

其次, 假定表 3 和表 4 为 $Agent_A$ 和 $Agent_B$ 在劝说过程中关于各议题的初始值、权重和初始偏好值。

$Agent_A$ 和 $Agent_B$ 的劝说过程如下:

(1) $Agent_A$ 选择较为偏好的价格值 4 和交货期值 3, 向 $Agent_B$ 生成初始提议 $\{I_p^A(4, 0.27); I_D^A(3, 0.33)\}$;

(2) $Agent_B$ 对 $Agent_A$ 提出的初始提议进行评价: $U_B = 0.8 \times 4 + 0.2 \times 3 = 3.8$, 比较可得到 $U_B < R_B$, 因此不接受该提议。同时通过计算有 $(|U_B - R_B| = 0.4) > (Q_B = 0.3)$, 因此 $Agent_B$ 选择威胁策略、较为偏好的价格值 6 和交货期值 5, 向 $Agent_A$ 生成劝说 $\{T^B; I_p^B(6, 0.51); I_D^B(5, 0.39)\}$;

(3) $Agent_A$ 对 $Agent_B$ 提出的威胁劝说进行评价: $U_A = 0.5 \times 6 + 0.5 \times 5 = 5.5$, $U_A > R_A$, 因此该轮劝说不成功, $Agent_A$ 修改对各议题值的偏好顺序。以价格值为 6 为例, 相应计算为:

$$X_{I_p}^A(2) = 0.8 \times |0.51 - 0.21| = 0.24$$

$$\geq_{I_p}^A(2) = 0.21 \times (1 + X_{I_p}^A) = 0.26$$

关于 $Agent_A$ 对各议题的偏好的具体修改值见表 5。表 5 表明, $Agent_A$ 对价格值较为偏好的仍然是 4, 对交货期值的偏好则相应修改为 5, 且 $(|U_A - R_A| = 2.3) < (Q_A = 2.5)$ 。因此, $Agent_A$ 选择奖励策略, 并根据此策略向 $Agent_B$ 生成劝说 $\{T^A; I_p^A(4, 0.27); I_D^B(5, 0.34)\}$;

(4) $Agent_B$ 对 $Agent_A$ 提出的威胁劝说评价: $U_B = 0.8 \times$

$4 + 0.2 \times 5 = 4.2, U_B = R_B$, 劝说成功, 实现交易, 最终交易结果为价值 4, 交货期值 5。

表 1 Agent_A 在劝说过程中保持不变的值和权重

R_A	Q_A	Z_T^A	Z_R^A
3.2	2.5	0.8	0.2

表 2 Agent_B 在劝说过程中保持不变的值和权重

R_B	Q_B	Z_T^B	Z_R^B
4.2	0.3	0.1	0.9

表 3 Agent_A 在劝说过程中对各议题的初始值、权重和初始偏好值

I_P^A		I_D^A			
$P_{I_P}^A$	$V_{I_P}^A$	$P_{I_D}^A$	$V_{I_D}^A$		
0.5	4	6	0.5	3	5
$\geq I_P^A$	0.27	0.21	$\geq I_D^A$	0.33	0.32

表 4 Agent_B 在劝说过程中对各议题的初始值、权重和初始偏好值

I_P^B		I_D^B			
$P_{I_P}^B$	$V_{I_P}^B$	$P_{I_D}^B$	$V_{I_D}^B$		
0.8	4	6	0.2	3	5
$\geq I_P^B$	0.48	0.51	$\geq I_D^B$	0.38	0.39

表 5 Agent_A 在接收到 Agent_B 第一次劝说后的偏好修改值

$\geq I_P^A$	$V_{I_P}^A$		$\geq I_D^A$	$V_{I_D}^A$	
	4	6		3	5
0.27	0.27	0.26	0.33	0.33	0.34

2 系统实现

为验证该机制, 我们采用 Java 语言, 基于 Jade 平台, 开发了相应系统, 并通过数据对所提出的模型及算法进行了验证。以买方为例, 主要代码如下:

```
public class BuyerAgent extends Agent {
    private AID sellerAID;
    private needPerformer perform;
    .....
    private class needPerformer extends Behaviour {
        .....
    }
    public void action() {
        switch (step) {
            case 0:
                //向卖方提议
                .....
                myAgent.send(msgPropose);
            case 1:
                //获取卖方发出的信息
                //处理提议
                if (msgDecision.getPerformative() == ACLMessage.
```

```
PROPOSE) {
    //分析评估提议, 确定应该采取的行为
    iDecision = decisionAccordingTo (tempPrice,
tempDelivery); //采用威胁策略
    if (iDecision == 2) {
        //偏好修改
        changePreference(iPrice, tempPrice, 1);
        changePreference(iDelivery, tempDelivery, 1);
        msgContinue.setContent(strPropose);
    }
    //采用奖励策略
    else if (iDecision == 3) {
        //偏好修改
        changePreference(iPrice, tempPrice, 2);
        changePreference(iDelivery, tempDelivery, 2);
    }
    .....
    myAgent.send(msgContinue); .....
}
```

系统运行及实现的各界面参数、数据及结果如下:

表 6 系统参数设置

	卖方基本参数	买方基本参数
保留值	4.2	3.2
阈值	0.3	2.5
威胁权重	0.1	0.8
奖励权重	0.9	0.2

表 7 系统运行界面

收到买家提议	[I;4.0,0.27;3.0,0.33]
收到卖家提议	[I;6.0,0.51;5.0,0.39]
收到买家提议	[R;4.0,0.27;5.0,0.34]
同意买家提议	[R;4.0,0.27;5.0,0.34]
同意卖家提议	[R;4.0,0.27;5.0,0.34]

表 8 系统运行结果

	卖方扩展参数	买方扩展参数
价格权重 0.8	[1] 4.0, 0.48	0.5 [1] 4.0, 0.27
	[2] 6.0, 0.51	
交货期权重 0.2	[1] 3.0, 0.38	0.5 [1] 3.0, 0.33
	[2] 5.0, 0.39	

3 与相关工作的比较

基于议题偏好修改的 Agent 劝说能使 Agent 在动态的谈

判环境下通过劝说更快更好达成一致,从而提高谈判效率,保证谈判效果。在这方面文献[16,17,20]具有一定代表性。

文献[16]研究了根据对方的劝说策略如何提出下一步的谈判模型,但没有说明如何根据对方的劝说去修改各议题值的偏好,因而不利于 Agent 人工智能特性的发挥,而本问则提出了如何根据该偏好的修改提出新的劝说。文献[17]对信念修正算子的计算主要在于可信度的计算,文献[20]提出的标准在于对价值树的选择,都没有体现出被劝说方如何根据对方劝说进行计算和偏好修改;而且,实验中,仅关注谈判中一方的背景变化,这对于交互机制实现来说,说服力度也不够。

由此可见,本文提出的机制更好考虑了 Agent 的偏好,能够很好体现出 Agent 如何通过劝说来改变自身在谈判中对个议题的偏好,以及 Agent 如何根据对这些议题偏好的修改来进一步更好完成劝说,实现合作。在该机制下构建的模型和算法,能够使 Agent 更好地模拟人类在谈判中的理性思维和模式,从而进一步发挥 Agent 的智能谈判优势,提高谈判的效率和有效性。此外,本文还通过系统实现,验证了该机制。

4 结束语和下一步研究方向

本文对基于议题偏好修改的 Agent 劝说进行了初步探索,提出了相应机制,并通过系统实现对其验证。今后将考虑劝说中时间因素对议题偏好及其他方面的影响,以及 Agent 的学习机制的影响等。

参 考 文 献

- [1] Jinghua Wu, Guorui Jiang, Tiyun Huang. Using Two Main Arguments in Agent Negotiation [C]. The 9th Pacific Rim International Workshop on Multi-Agents, 2006: 578 ~ 583.
- [2] Guoming Lai, Cuihong Li, Katia Sycara, et al. Literature Review on Multi-Attribute Negotiations [R]. Robotics Institute, Carnegie Mellon University, December, 2004.
- [3] Guoming Lai, Katia Sycara, Cuihong Li. A Decentralized Model for Automated Multi-Attribute Negotiations with Incomplete Information and General Utility Functions [J]. Journal of Multi-Agent and Grid Systems, 2008, 4(1): 1 ~ 35.
- [4] S. S. Fatima, M. Wooldridge, N. R. Jennings. An agenda based framework for Multi-Issue negotiation [J]. Artificial Intelligence Journal, 2004, 152(1): 1 ~ 45.
- [5] Shaheen S. Fatima, Michael Wooldridge, Nicholas R. Jennings. Multi-Issue Negotiation with Deadlines [J]. Journal of Artificial Intelligence Research, 2006, 27: 381 ~ 417.
- [6] Shaheen S. Fatima, Michael Wooldridge, Nicholas R. Jennings. Approximate and Online Multi-Issue Negotiation [C]. The 6th International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2007: 947 ~ 954.
- [7] Shaheen S. Fatima, Michael Wooldridge, Nicholas R. Jennings. An Analysis of Feasible Solutions for Multi-Issue Negotiation Involving Nonlinear Utility Functions [C]. The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2009, 2: 1041 ~ 1048.
- [8] 王立春,陈世福.多 Agent 多问题协商模型框架[J].软件学报,2002,13(8):1637 ~ 1643.
- [9] 郭庆,陈纯.基于整合效用的多议题协商优化[J].软件学报,2005,15(5):706 ~ 711.
- [10] 王黎明,黄厚宽.一个基于多阶段的多 Agent 多问题协商框架[J].计算机研究与发展,2005,42(11):1849 ~ 1855.
- [11] 李剑,牛少彰.一种基于混合遗传算法的双边多议题协商化[J].北京邮电大学学报,2009,32(2):1 ~ 4.
- [12] 袁勇,梁永全.基于协同进化遗传算法的多议题谈判[J].北京邮电大学学报,2009,35(4):187 ~ 189.
- [13] Taiguang Gao, Peiyou Chen, Kun Xiao. Research on Agent Multiple Issues Business Negotiation Decision Problem Based on GA. Value Engineering [J], 2011, 27(1):12 ~ 21.
- [14] Peiyou Chen, Yijun Li, Taiguang Gao. Study on Multi-Issue Negotiation Model Based on Kuipers Qualitative Simulation [J]. Chinese Journal of Management Science, 2011, 3(1):32 ~ 39.
- [15] Sarvapali Dyanand Ramchurn. Multi-Agent Negotiation using trust and persuasion [D]. Faculty of Engineering and Applied Science, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, England. May 2005: 5 ~ 9.
- [16] 杨佩,高阳,陈兆乾.一种劝说式多 Agent 多议题协商方法[J].计算机研究与发展,2006,43(7):1149 ~ 1154.
- [17] 伍京华,蒋国瑞,孙华梅,黄梯云.基于 Agent 的辩论谈判过程建模与系统实现[J].管理工程学报,2008,22(3):69 ~ 73.
- [18] 资武成,罗新星,向坚持.一种劝说式多 Agent 供应链协商模型研究[J].计算机工程与应用,2008,44(35):209 ~ 212.
- [19] F. J. Bex, T. Bench-Capon. Persuasive Stories for Multi-Agent Argumentation [R]. Proceedings of the 2010 AAAI Fall Symposium on Computational Narratives, 2010: 4 ~ 5.
- [20] T. L. van der Weide, F. Dignum, J. -J. Ch. Meyer, et al. Multi-Criteria Argument Selection In Persuasion Dialogues [C]. Proceedings of the 10th International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2011: 921 ~ 928.

Persuasion Mechanism Based on Preference Modification of Issues and Its Applied Research

WU Jing-hua¹, SUN Hua-mei², XU Yang-wei³, SHENG Zhao-meng¹, XU Jing-chao¹

(1. Management School, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China; 2. Management School, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 3. UFIDA Software Co. Ltd., Beijing 100094, China)

Abstract: With the development of global economic integration, electronic commerce has become a significant business field because of its effectiveness and low-cost. negotiation is an indispensable communication method for e-commerce transactions. Therefore, how to guarantee a more efficient negotiation in e-commerce is not only an important criterion to measure the core competitiveness of modern enterprises, but also a research trend in e-commerce related negotiation. However, the current negotiation system needs much human interference, which has limited influence on the improvement of effectiveness and cost reduction.

Some scholars introduce the concept of agent into the design of a negotiation system. Agent-based negotiation, with less human involvement and the ability to improve the efficiency and reduce the cost of negotiation, has drawing increasingly attention in the automated negotiation research field. In general, agent-based negotiation has three approaches, including game-theoretic approach, heuristic-based approach, and persuasion-based negotiation. Comparatively, persuasion-based negotiation, which matches human negotiation thoughts and makes the negotiation more rational, has attached increasing attention in the field of automated negotiation research.

In the current persuasion-based negotiation, most studies are about the generation and evaluation, but multi-issue negotiation is seldom considered. In contrary to single issue negotiation, multi-issue negotiation can reduce the possibility of negotiation deadlock to a certain degree.

This paper propose an improved expression model by combining preference modification features in persuasion, and summarizing the existing research on persuasion strategies and multi-issue algorithm. The persuasion influence factor has also been considered to verify the effectiveness of the model. Moreover, an evaluation algorithm is provided along with the model and concept. Furthermore, a correspondent java-based persuasion negotiation system is developed to prove the effectiveness of the model and algorithm. At last, a comparison with similar researches is conducted to explain the contribution of the research.

There will be more research on agent persuasion and multi-issue negotiation. This persuasion negotiation mode is going to have increasing influence on global economic development. Comparatively speaking, our research has only made a trivial contribution in the field, and much in-depth research is needed in the near future.

Key words: issues; preference modification; agent; persuasion mechanism

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen

(上接第 208 页)

Furthermore, we develop a group decision making approach based on binary connection numbers with incomplete and uncertain information. In this method, binary connection number criterion values are aggregated using the BCNWG operator and the BCNHG operator, some optimal models are constructed to determine the optimal criterion weights using the variance of binary connection number criterion values and the randomness of criterion weights. Ranking of alternatives is performed using binary connection number's comparative rule.

Finally, we give an example to illustrate the feasibility and effectiveness of the proposed method.

Key words: Group decision making; binary connection number; binary connection number weighted geometric (BCNWG) operator; binary connection number ordered weighted geometric (BCNOWG) operator; binary connection number hybrid geometric (BCNHG) operator

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen