

基于 Agent 的谈判模型研究

李海晨^{1,2}, 冯玉强¹, 李一军¹

(1. 哈尔滨工业大学管理学院, 哈尔滨 150001; 2. 黑龙江大学信息管理学院, 哈尔滨 150080)

摘 要: 提出了一种基于 Agent 技术的谈判模型, 应用模糊数学理论建立了谈判论据及谈判解接受度数学模型。采用约束放松的方法对谈判模型进行求解, 得到了谈判 Agent 满意的谈判解。阐述了双边多属性谈判过程, 设计并开发了 Agent 谈判系统原型, 实例计算分析表明, 该谈判模型是一种双赢的谈判模型。

关键词: 谈判; 自动谈判系统; 模糊数学; Agent

Study on Agent-based Negotiation Model

LI Haichen^{1,2}, FENG Yuqiang¹, LI Yijun¹

(1. Management School, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001;

2. School of Information Management, Heilongjiang University, Harbin 150080)

【Abstract】 An Agent-based negotiation model is proposed. The mathematic models of negotiation argument and result acceptability are established on the base of fuzzy sets. A satisfactory agreement is reached by solving negotiation models with constraint relaxing method. The bilateral multi-issue negotiation process is detailed and the Agent negotiation prototype is designed which shows the above-mentioned model is a win-win method.

【Key words】 Negotiation; Automated negotiation system(ANS); Fuzzy sets; Agent

谈判是解决冲突、达成协议的有效手段。自动谈判系统(Automated Negotiation System, ANS)是利用计算机程序部分替代人类进行谈判的系统, 自动谈判系统的实现主要依靠 Agent 技术。目前利用 Agent 进行谈判的系统, 主要是在线拍卖系统。如何将 Agent 应用到谈判系统中, Agent 应该具有哪些功能, 具有怎样的结构是建立自动谈判系统所必须解决的问题。因此, 对自动谈判系统中 Agent 的谈判模型研究具有重要的理论价值和实际意义。

谈判过程涉及到很多不确定性因素, 如谈判目标的约束、对谈判解的评价等, 不确定因素的存在增加了谈判过程建模的难度。谈判 Agent 为达成协议, 通常需要放松某些约束条件。针对这些特点, 本文在模糊数学的理论基础上提出了一种 Agent 谈判模型, 给出了谈判解满意度度量方法及谈判论据数学模型, 阐述了双边多属性谈判过程, 设计并开发了 Agent 谈判系统原型。最后通过一个算例, 说明了该谈判模型的可行性。

1 模糊数和模糊语言变量

谈判过程涉及到很多定性指标, 谈判 Agent 的目标偏好和对谈判解的评价通常是一个模糊概念。例如, 谈判 Agent 的目标偏好表示为: “很重要”, “重要”, “一般”等。采用 MacCrimmon 提出的两极比例法(bipolar scaling), 可以将这些模糊目标偏好和评价指标表示成[0,1]上的模糊数。

有关模糊子集和模糊数的内容见文献[1], 三角模糊数和梯形模糊数由于运算方便而经常被采用。本文采用三角模糊数来描述模糊语言变量, 三角模糊数可以表示为: $\tilde{A} = (l, m, n)$, 由 α 截集法或扩张原理可以得到三角模糊数的代数运算法则。以下文中变量带“~”为模糊值, 否则为精

确值。

采用文献[2]介绍的将模糊数转化为非模糊价值量的方法, 可将三角模糊数 $\tilde{A} = (l, m, n)$ 转换为[0,1]上的实数, 其计算公式为

$$D(\tilde{A}) = \frac{l+m+n}{4} \quad (1)$$

2 谈判权衡策略

谈判的本质是解决冲突, 本文将冲突定义为“对约束的违背”, 即由于谈判方的一条或多条约束违背而引发冲突。约束可以用来描述谈判方的需求、偏好及目标, 从作用范围来讲, 约束可分为硬约束和软约束。硬约束是指不允许修改, 无论何时都必须满足的约束, 而软约束则是一种期望达到的目标, 是可以松弛的约束。

所谓权衡就是谈判一方为达成协议而在某些议题上作出牺牲, 以换取另一方在其它议题上的回报。Win-win 型谈判的主要特点是谈判方必须在各种因素之间进行权衡, 而不是简单地、一味地追求效用最大。当确定谈判变量取值确实不能满足时, 除了可以降低相应指标的标准以外, 还应该考虑以下几种权衡策略:

- (1) 是否可以对谈判的目标进行放松;
- (2) 是否可以对谈判的偏好进行放松;
- (3) 是否可以对谈判的需求进行放松;

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70171011, 70471027, 70572023)

作者简介: 李海晨(1971 -), 男, 博士, 主研方向: 谈判支持系统, 决策支持系统; 冯玉强、李一军, 教授、博导

收稿日期: 2006-01-18 **E-mail:** li_haichen@yahoo.com.cn

- (4)是否可以考虑其它的谈判方案；
 (5)是否可以替换原来的谈判策略。

约束放松的目的是根据冲突分析，找到制约谈判变量不能达成共识的约束瓶颈，通过约束放松达到有效解决冲突的目的。在具体实现时，可将约束等级采用定性指标描述，如将优先级量化区间映射为弱、一般、较强、非常强等。

3 基于 Agent 的谈判模型

3.1 Agent 谈判模型

一般情况下，谈判过程往往在两个或多个 Agent 之间进行。为简化问题，本文假设谈判过程发生在两个 Agent 之间，谈判模型可以表示为一个 6 元组(A, O, ρ, M, Act, T)，其中：

A：参与谈判过程的 Agent 集合， $A = \{a, b\}$ 。

O：谈判目标集合，如商品的价格、质量等，谈判目标集是谈判 Agent 之间的公共知识。

ρ：谈判 Agent 对谈判目标权重的集合。

M：谈判 Agent 之间传递的信息集合。Agent 之间的信息交换可以通过知识查询及操作语言(KQML)来实现。

Act：谈判 Agent 的动作集合。例如在什么条件下接受(Accept)、拒绝(Reject)对方的报盘，什么情况下发出(Propose)、撤销(Withdraw)报盘，以及什么情况下退出(Close)谈判等。

T：谈判时间点的集合， $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{\max}\}$ ，超过最后谈判期限往往意味着谈判破裂。

3.2 Agent 对谈判解的评价

谈判过程是一个不断寻找折衷解的过程。给定一组谈判变量集 X，设 C 为谈判 Agent 的约束集合， $\rho_C \rightarrow [0, 1]$ 为约束 C 的权重集合， s_C 为约束 C 的满足程度集合，谈判 Agent 关于 X 的满意度函数可以表示为

$$S(X) = \min(\rho_C \circ s_C) \\ = \min\{\rho_{C_i} \circ s_{C_i} \mid i=1, \dots, m\} \quad (2)$$

式中算子 $\circ: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ 称为优先算子，选择合适的优先算子是计算满意度函数 S(X) 的关键，文献[3, 4]对此进行了深入研究，本文选择优先算子 \circ 如下：

$$a_1 \circ a_2 = (1 - a_1) \nabla a_2 \quad (3)$$

式中算子 ∇ 为 s-范数，常见的 s-范数有 Zadeh 算子、Yager 算子和 Einstein 算子等^[5]，为简化起见，本文取算子 ∇ 为 Zadeh 算子 max。

在实际谈判中，谈判 Agent 经常受到一些条件限制，如卖方要求顾客年龄在 18 岁以上，或商品只用于出口等。一般情况下，这些限制条件是不可以改变的。设 R 为谈判变量集 X 的限制条件集合， $S(R) \rightarrow [0, 1]$ 为 Agent 对限制条件 R 的满意度函数，S(X) 为 Agent 对变量集 X 的满意度函数，则谈判 Agent 对带有限制条件 R 的变量集 X 的满意度函数可以表示为

$$S(X)_R = \min(S(X), S(R)) \quad (4)$$

满意度函数 S(R) 是由谈判 Agent 的私有信息得到的，如买方对非 Intel 品牌的 CPU 满意程度为 40%，若卖方只有 AMD 品牌的 CPU，则买方对卖方限制条件的满意度为： $S(R)=0.4$ 。可以看出，满意度函数 S(R) 实际上表示的是谈判 Agent 对限制条件的一种服从程度。

谈判 Agent 为达成协议，通常要在谈判过程中加入各种论据。如卖方为吸引买方，通常对商品附加一些奖赏或威胁，

比如购买电脑的顾客可同时获赠 MP3 或受到商品将要涨价等威胁。为简化问题，本文只讨论论据为奖赏和威胁的谈判模型。设 $\tau \rightarrow [0, 1]$ 为 Agent 对谈判变量集 X 的接受度阈值， $\gamma \rightarrow [0, 1]$ 为 Agent 对奖赏 r 的偏好程度， $\eta \rightarrow [0, 1]$ 为 Agent 对威胁 t 的服从程度，则 Agent 对带有奖赏 r 和威胁 t 的变量集 X 的满意度函数可以表示为

$$S(X)_n = \min((\tau + \gamma(1 - \tau) + \eta(1 - \tau)), 1) \quad (5)$$

谈判过程涉及多种影响因素，Agent 既要考虑到谈判变量集 X 及其限制条件 R，也要权衡奖赏 r 和威胁 t。因此，谈判 Agent 对变量集 X 的接受度函数可以表示为

$$Acc(X) = S(X)_R \oplus S(X)_n \quad (6)$$

式中算子 $\oplus: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ 称为广义和算子，本文定义如下：

- (1) $\forall \alpha_1 \vee \alpha_2 = \tau, \alpha_1 \oplus \alpha_2 = \alpha_2 \vee \alpha_1$
- (2) $\forall \alpha_1, \alpha_2 \in [0, \tau], \alpha_1 \oplus \alpha_2 = \min(\alpha_1, \alpha_2)$
- (3) $\forall \alpha_1, \alpha_2 \in (\tau, 1], \alpha_1 \oplus \alpha_2 = \max(\alpha_1, \alpha_2)$
- (4) $\min(\alpha_1, \alpha_2) < \tau < \max(\alpha_1, \alpha_2), \alpha_1 \oplus \alpha_2 = \beta\alpha_1 + (1 - \beta)\alpha_2$

可见，当接受度阈值介于 $S(X)_R$ 和 $S(X)_n$ 之间时，谈判 Agent 需要对 $S(X)_R$ 和 $S(X)_n$ 作出折衷。式中 $\beta \rightarrow [0, 1]$ 称为 $S(X)_R$ 相对于 $S(X)_n$ 的权重系数，可由谈判 Agent 设定。一般地， β 取值较大，因为 Agent 更关心谈判目标而不是奖赏和威胁。

基于以上分析，若接受度 $Acc(X)$ 不小于接受度阈值 τ ，则谈判解是可以接受的，否则是不可以接受的，接受度阈值可以是模糊语言变量，也可以是 [0,1] 上的实数，需要在谈判之前预先设定。

3.3 Agent 谈判过程

谈判过程是一个不断寻找折衷解的过程。基于权衡的思想，本文给出供应商 Seller 与采购商 Buyer 之间的谈判过程，如下所示：

- (1) Buyer 按照约束权重由大到小的顺序依次提出约束条件提交给 Seller；
- (2) Seller 根据 Buyer 提出的约束条件寻找谈判解，若有解，选择己方利益最大的解提交给 Buyer，否则转过程(5)；
- (3) Buyer 按照约束权重由大到小的顺序检查 Seller 提交的谈判解是否满足己方约束条件，若满足，转过程(4)，否则转过程(1)；
- (4) 计算谈判解接受度大小，若接受度不小于给定阈值，则提交满意的谈判解，转过程(7)，否则要求 Seller 重新寻找谈判解，转过程(2)；
- (5) Seller 要求 Buyer 放松约束条件；
- (6) 若约束放松阈值不小于给定阈值，Buyer 选择权重最小的约束放松，并将放松后的约束条件提交给 Seller，转过程(2)，否则转过程(7)；
- (7) 谈判结束。

4 算例

某顾客想在网上商场购买一台笔记本电脑，设 Buyer 和 Seller 分别代表顾客与供应商，双方就笔记本电脑的价格(万元)、重量(kg)和 CPU 时钟(MHz)等问题进行谈判。Buyer 的谈判目标权重和对谈判目标值评价的模糊语言变量及相应隶属函数见表 1 和表 2。

对电脑重量和 CPU 时钟的硬约束和权重分别为：

$C_1: Weight \leq 2.8 \quad \rho(C_1) = \tilde{\omega}_4$; $C_2: CPU_clock \geq 800 \quad \rho(C_2) = \tilde{\omega}_3$, 对电脑价格与 CPU 时钟的软约束 C_3 如表 3 所示, 其权重和约束放松阈值分别为 $\rho(C_3) = \tilde{\omega}_2$ 和 $relax(C_3) = \tilde{\varepsilon}_3$ 。Buyer 对谈判解的接受度阈值为 $\tilde{\varepsilon}_4$, 对非 Intel 品牌的 CPU 满意度为 $\tilde{\varepsilon}_5$, 对奖赏 MP3 的偏好程度为 $\tilde{\omega}_2$, 对 Camera 和 Telephone 的偏好程度为 $\tilde{\omega}_1$, 对威胁 Demand Exceed (D. E.) 和 Price Hike (P. H.) 的服从程度分别为 $\tilde{\omega}_1$ 和 $\tilde{\omega}_2$, 权重系数 β 取值为 0.9。供应商 Seller 的商品信息和利润如表 4 所示。

表 1 Buyer 的谈判目标权重及隶属函数

目标权重	隶属函数	三角模糊数
很不重要	$\tilde{\omega}_1$	(0, 0, 0.2)
不重要	$\tilde{\omega}_2$	(0, 0.2, 0.5)
一般	$\tilde{\omega}_3$	(0.3, 0.5, 0.7)
重要	$\tilde{\omega}_4$	(0.5, 0.8, 0.9)
很重要	$\tilde{\omega}_5$	(0.8, 1, 1)

表 2 Buyer 的谈判目标评价及隶属函数

目标评价	隶属函数	三角模糊数
很差	$\tilde{\varepsilon}_1$	(0, 0, 0.2)
差	$\tilde{\varepsilon}_2$	(0, 0.2, 0.4)
较差	$\tilde{\varepsilon}_3$	(0.2, 0.4, 0.6)
一般	$\tilde{\varepsilon}_4$	(0.3, 0.5, 0.7)
较好	$\tilde{\varepsilon}_5$	(0.4, 0.6, 1)
好	$\tilde{\varepsilon}_6$	(0.6, 0.8, 1)
很好	$\tilde{\varepsilon}_7$	(0.8, 1, 1)

表 3 Buyer 对电脑价格和 CPU 时钟的约束

价格	CPU 时钟	满意度
1.0 < p 1.1	800	$\tilde{\varepsilon}_7$
1.1 < p 1.2	850	$\tilde{\varepsilon}_6$
1.2 < p 1.3	900	$\tilde{\varepsilon}_5$
1.3 < p 1.4	1 000	$\tilde{\varepsilon}_4$
1.4 < p 1.5	1 100	$\tilde{\varepsilon}_3$
1.5 < p 1.6	1 200	$\tilde{\varepsilon}_2$
1.6 < p	1 500	$\tilde{\varepsilon}_1$

表 4 Seller 的商品信息及利润

商品	重量	价格	时钟	限制	奖赏	威胁	利润
F1	3.2	1.0	800	None	None	None	45
F2	2.6	1.1	900	AMD	None	None	70
F3	2.7	1.2	750	None	None	None	100
F4	2.5	1.15	1 000	AMD	MP3	D. E.	70
F5	2.3	1.3	1 100	Intel	Camera	P. H.	55
F6	2.4	1.4	1 500	None	Tel.	P. H.	50

基于以上谈判过程分析, 本文采用 Java 语言设计了一个 Agent 谈判系统原型, Buyer 和 Seller 的人机交互界面分别如图 1 Buyer 的人机交互界面和图 2 Seller 的人机交互界面所示。

计算得到谈判时刻 $t = 7$ 时, 谈判过程结束, 此时谈判解为商品 F5, Buyer 对谈判解的评价为较好, Seller 获得的利润为 55 元, 谈判双方可以提交满意的谈判解。

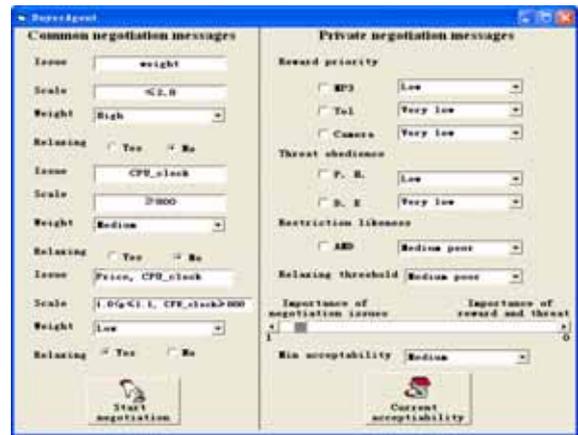


图 1 Buyer 的人机交互界面



图 2 Seller 的人机交互界面

5 结论

本文在模糊数学的理论基础上提出了一种基于 Agent 技术的谈判模型, 设计并开发了 Agent 谈判系统原型, 实例分析表明, 本文提出的谈判模型可以正确地描述谈判过程中的不确定因素和谈判论据, 得到谈判方满意的谈判解。在模型中谈判 Agent 能及时地与谈判支持系统交互修改谈判参数, 较好地体现了谈判的动态过程。

参考文献

- 1 李荣钧. 模糊多准则决策理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- 2 Chen S M. Fuzzy Group Decision Making for Evaluating the Rate of Aggregative Risk in Software Development[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 118(1): 75-88.
- 3 Luo X D. Prioritised Fuzzy Constraint Satisfaction Problems: Axioms, Instantiation and Validation[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 136(2): 151-188.
- 4 Dubois D, Prade H. Qualitative Possibility Theory and Its Applications to Constraint Satisfaction and Decision Under Uncertainty[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1999, 14(2): 45-61.
- 5 Yager R D. Uninorms in Fuzzy Systems Modeling[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 122(1): 167-175.