

基于 Multi-Agent 的动态在线议价模型

张虹 邱玉辉

(西南师范大学计算机与信息科学学院 重庆400715)

A Model for Dynamic Online Bargaining

ZHANG Hong QIU Yu-Hui

(Faculty of Computer and Information Science, South-West China of Normal University, Chongqing, 400715)

Abstract The rapid development of E-commerce makes online bargaining becoming true. This paper puts forward a model for dynamic online bargaining based on the combine of the E-commerce technology and Multi-Agent technology. Also we discuss the algorithm which form the bargaining pattern and analyzes the algorithm which match the bargaining pattern. In the end we also bring out the algorithm which forms dynamic bargaining price and present the result of experiment.

Keywords Multi-Agent, Online bargaining, Negotiation, Utility function, Elicitation mechanism

1 前言

随着电子商务技术的不断发展,许多国内外计算机工作者开始研究如何使得在线交易的价格协商更加自动化、智能化和科学化。研究表明,人们在进行在线购物的时候,即使不一定都能够通过在线议价获得最低的价格,也非常希望能够提供一个在线议价的功能;而且电子商务中 BtoB 模式下的商家,也希望有这样的议价空间。但是非常遗憾的是,目前运行的大部分电子商务系统都没有能提供这样的机会。主要原因如下:第一,目前大部分在线产品的价格都是商家根据市场上的销售情况和利润值来确定的,动态调节的空间较小。第二,在线交易的动态性和实时性,在出现多个请求的时候可能发生紊乱。第三,在线交易还缺乏智能化程度,对现实社会的模拟程度不高,不能根据单纯的需要在理论上作进一步讨论。

目前已经有不少的研究成果,著名的有 eMediator^[1]、AuctionBot^[2]、Tete-a-Tete^[3]以及 Kasbah^[4]等。这些研究都是对卖方和买方之间价格协商进行了研究,以使得在线交易更为方便和高效。在此研究基础上,在本文提出了一个基于 Multi-Agent 的动态在线议价模型(Dynamic Online Bargaining System, DOBS)。讲述 DOBS 的基本构建,说明 DOBS 的模式产生和执行过程,给出实验和评测,最后是结论。

2 DOBS 的基本构建

2.1 DOBS 的基本模型

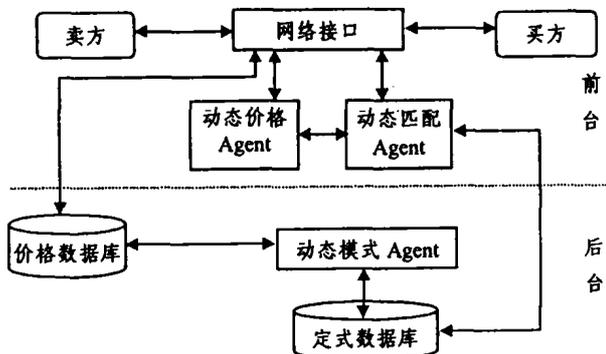


图1 动态在线议价模型

在电子商务中,一旦开始交易过程,买卖双方都会根据情况不停地改变自己的价格。当双方的价格达到一致的时候,交易过程完成,这个过程我们又可以称之为议价(bargaining)。在 DOBS 模型中,主要考虑卖方的议价过程。图1首先给出基于 Multi-Agent 的动态在线交易模型(DOBS 模型)。

在 DOBS 模型中,主要有三类的 Agent 组成,分别是动态价格 Agent、动态匹配 Agent 和动态模式 Agent。其中前两类 Agent 主要工作在前台,在这里前台可以看作是网络浏览部分,而动态模式 Agent 则主要在后台(服务器和数据库)发挥作用。三个 Agent 的功能分别是:

动态价格 Agent:基于最佳效益的原则,动态产生最优价格。

动态比较 Agent:将当前的事务状态和已有的模式相比较,使得买主动态形成最优反应。

动态模式 Agent:利用数据挖掘技术,基于已有的事务动态产生议价模式。它主要根据事务数据库中周期性数据,和现有的模式数据库相比较,定期产生新的模式。

2.2 议价过程的定义

卖方的价格序列定义成 $S = \{S_0, S_1, S_2, \dots, S_n\}$;买方的价格序列定义成 $B = \{B_0, B_1, B_2, \dots, B_n\}$;其中的 S_i 和 B_i 表示在第 i 步议价的时候卖方和买方分别提出的价格。 S_0 应是卖方提出的最初价格,同时它也是议价过程的初始价格(基准价格)。显而易见,在双方提出价格的过程中,主要考虑的应该是利润和效益。这个我们将在后面进行讨论。

对于卖方定义减幅序列为 $S_0S = \{K_0, K_1, K_2, \dots, K_n\}$,其中 $K_0 = (B_0 - S_0)/S_0$, $K_1 = (S_0 - S_1)/S_0$, $K_2 = (S_1 - S_2)/S_0$, ..., $K_n = (S_{n-1} - S_n)/S_0$ 。

定义买方的增幅序列为 $S_0B = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_n\}$,其中 $A_0 = (B_0 - S_0)/S_0$, $A_1 = (B_1 - B_0)/S_0$, $A_2 = (B_2 - B_1)/S_0$, ..., $K_n = (B_n - B_{n-1})/S_0$ 。

议价过程可以用图2简单地描述。在此基础上,还要定义以下的概念:

定义1(买方价格序列的小距离) 如果存在两个买方的价格序列 S_0B_1 和 S_0B_2 , 则 $S_0B_1 = \{A_{10}, A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}\}$, $S_0B_2 = \{A_{20}, A_{21}, A_{12}, \dots, A_{1n}\}$, 它们之间的价格小距离定义成集合 $e = \{e_0, e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$, 其中 $e_i = A_{1i} - A_{2i}$ ($0 \leq i \leq n$)。同理可以

定义卖方价格序列的小距离。

定义2(买方价格序列的大距离) 在任意两个买方价格序列之间,定义买方价格序列的大距离为 $E=(E_0, E_1, E_2, \dots, E_n)$, 其中 $E_i=E_{i-1}+E_i+E_{i+1}$ ($0 \leq i \leq n$)。同理可以定义卖方价格序列的大距离。

定义3(价格序列的阈值) 对于某类物品的价格,如果存在一个值,使得买卖双方在这个值的范围内感觉不到价格的差异,则将这个值和 S_0 之间进行相除的结果定义为价格序列的阈值,记作 σ 。

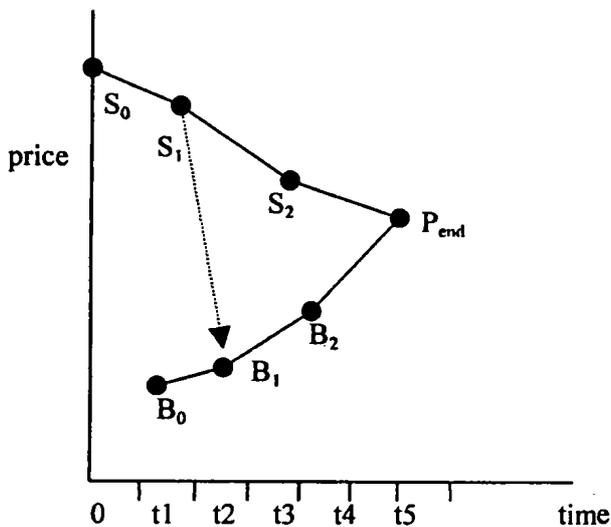


图2 一个议价过程的例子

定义4(价格序列相同) 如果对于两个价格序列的大距离 E , 如果其中的任意一个 E_i ($0 \leq i \leq n$) 都满足 $E_i \leq \sigma$, 则认为这两个价格序列相同。

定义5(议价序列相同) 如果对于两个议价过程,其买方价格序列相同,并且卖方价格序列也相同,则认为这两个议价序列相同。

定义6(议价模式) 如果两个议价过程的议价序列相同,则把它们的买卖价格的增幅和减幅序列的平均值,定义为议价模式。

3 DOBS 的模式产生过程

根据上面的定义,显而易见在模式产生过程中,主要是动态模式 Agent 产生议价模式。在系统开始运行以后,事务数据库中会保存一些议价的过程,其实就是一些卖方和买方的议价序列。在一批的议价过程中,Agent 将根据这些价格变化总结出经验性的议价模式,并将它们存储在模式数据库中。在此我们采用的是简单的聚类方法,就是将相近价格序列聚集在一起,产生总的模式。模式产生的算法如下:

1) 检查有效的议价序列:议价过程完成后,记录议价序列,分别形成 S_0S 和 S_0B 。衡量本次议价的表现,包括卖方的收益和买方的满意度,给出一个合理的分值。如果超过60分,则将本次议价序列进入价格数据库。

2) 议价数据库预处理:假设在整个价格数据库中一共有 N 个事务,而每个事务都需要经过 $2M$ 个议价状态。例如 $(S_0; B_0; S_1; B_1; \dots, S_{m-1}, B_{m-1}, P_{end})$ 。生成 m 个 $n \times n$ 的矩阵,将任意两个价格序列的 e 填入,对角线为0。

3) 寻找议价模式相同的序列:根据上述 m 个矩阵,计算 E ,生成 $m-2$ 个 E 矩阵。将所有矩阵各个元素和 σ 进行比较,

如果大于,则将其值置为无穷大。将这 $m-2$ 个 E 矩阵相加,生成一个 $n \times n$ 矩阵,称为 TE 。显而易见, TE 中任意不为无穷大的元素所对应的序列,就为议价模式相同的序列。

4) 产生新的议价序列,选择 TE 中值最小的元素,将它所对应的两个议价序列合并以产生新的议价序列,合并方法为求平均值。将新的加入数据库中,并且删除原来的两个议价序列。并相应的改变若干个 E 矩阵和一个 TE 矩阵。

5) 重复第四步,直到没有新的议价序列产生。即 TE 中没有不为无穷大的数。

6) 将剩下的价格序列所产生的议价模式,填入议价模式数据库。

上述过程是个一般的过程。如果在议价模式数据库中已经聚合若干的议价模式,而且它们之间都是不相同,则如果有一个新的有效价格序列,只需要构造 $n \times 1$ 的矩阵即可。在产生了若干的议价模式以后,就要将它们用于议价过程中了。

4 DOBS 的模式匹配和议价过程

4.1 议价过程

在实际的议价过程来临之际,DOBS 系统将会通过网络接口进行议价过程。基本的议价过程如下:

1) 初始价格的提出:卖方在议价开始的时候,会首先提出一个初始价 S_0 , 然后买方会给出第一个回应的价格 B_0 , 当有了这两个价格以后,自动议价系统就可以启动了。

2) 议价模式匹配过程:利用现有的买卖双方的所提出的价格,调用议价模式匹配算法进行匹配过程。算法将在4.2节中进行讨论。

3) 生成价格:如果议价模式匹配成功,则计算相应的回复价格。如果匹配不成功,则启动动态价格 Agent, 动态产生价格。

4) 价格复核:生成价格后,同样要检查当前 E 值,如果 $E \geq \sigma$, 则考虑在候选议价模式中任选其他的;如果当前没有可供选择的候选议价模式,则启动动态价格 Agent。

5) 重复2、3步,直到达成获得满意结果或协商失败。

4.2 议价模式匹配算法

假设议价模式库中已经存在 n 个候选议价模式,显然 $n \geq 0$, 在匹配过程最初,数据库中所有议价模式都可以作为候选模式。随着匹配次数的增多,候选模式会相应的减少。用 m 表示匹配状态, m 的初始值为 $m=1$ 。算法如下:

```
while (n!=0 and m<=当前的出价次数)
{
    记录买卖双方的出价序列;
    形成  $S_0B$ ;
    创建一个  $1 \times n$  的矩阵;
    计算所有候选模式在第  $m$  步的大距离,并且填入矩阵中;
    找出  $E$  大于阈值的相应模式,且将其删除,每删除一个,  $n=n-1$ ;
     $m=m+1$ ;
}
if (n!=0)
{
    找出剩下模式中  $E$  值最小的一个;
    计算模式所对应的价格;
    如果存在多个议价模式符合条件,则任选其中一个;
}
```

4.3 动态价格的生成

在议价模式匹配过程中,常常会出现匹配失败的情况,这时我们就需要采用其他的办法来生成价格,在 DOBS 中,这个任务由动态价格 Agent 完成。过程如下:

1) 建立满意和可接受价格范围。满意价格是指卖方可以获得较好利润的价格范围,可接受价格是指不会亏本也不会

有很好利润的价格范围。在这个过程中,可以使用历史数据,如果没有历史数据或者很少,也可使用成本和预期利润值(用C表示成本价,ε表示预期利润,则满意价格 $sp \geq C + \epsilon$,可接受价格 $C + \epsilon \geq ap \geq C$)。在议价过程中,如果买方价格在sp范围内,则议价过程立即结束,否则尽量选择sp中的价格,一般情况下,要保持在ap范围内。

2)在考虑额外费用和利润的前提下,动态生成价格。用 $U_s(X_n)$ 表示卖方的效用函数,其中 $X_n = B_n - B_0$,其中 $n=1,2, \dots, t$ 。同时,用 $U_b(Y_n)$ 表示买方的效用函数,其中 $Y_n = S_0 - S_n$,其中 $n=1,2, \dots, t$ 。

算法如下:

```

if (历史纪录存在) P_end = 历史纪录的上限
else P_end = C + ε;
while (议价没有结束)
{
    获取买方的最新价格 B;
    计算当前价格所获得的额外费用和利润;
    If (B ≥ C + ε) 接受当前报价, 议价结束;
    Else
    {
        计算诱惑因子;
        利用效用函数计算价格 S;
        if (C ≤ S < P_end) 出价 = P_end;
        else if (S < C) 议价失败;
        else 出价 = S;
    }
}
    
```

5 实验和评测

5.1 实验设计

为了验证系统的可行性和有效性,我们进行了一个简单的试验,议价的物品是我们选择的 Nokia 8250 型手机。为了确保参加者的人数,我们在学生中进行了作业性质的布置,同时在相关的电子商务网站也进行了宣传,参加者在进入系统之间,首先会填写一个简单的调查问卷,包括年龄、性别、受教育程度和职业。在为期7天的实验过程中,共有223人参加了议价,其中有效交易为189笔(有一部分不完整),大部分的参与者为男性(78.5%),15岁~30岁之间的占到了90%以上,大学程度以上的占到了95%以上。

整个实验过程,包括三个部分:系统介绍、议价过程、系统评价调查。用户第一次登录系统的时候,就会有一个详细的系统功能和实用介绍,以使用户能够对系统有一个快速而全面的了解。开始议价过程后,所有的用户都会有一个相同的界面,提示他们要进行议价的商品是什么。选择同一个最简单的商品进行也是为保证试验的可比性和可靠性。

在此,我们从两个方面对 DOBS 系统进行评测,一方面是买方的收益值,也就是说通过 DOBS 系统进行交易所获得的利润,另一方面就是卖方的满意程度。先对卖方的收益值进行定义:

定义7(买方的日收益平均值) 在对同一件商品进行n次交易中, P_i 表示在第i次交易中最终达成的价格,C表示进行议价商品的价值,买方的收益值为 $\sum_{i=1}^n (P_i - C)$,n为每天有效交易次数。

同理我们可以定义日收益最大值和日收益最小值,在此不一一罗列。

在实验过程中,我们设定买方商品价值为¥2200.00,即 $C = 2200$ 。满意价格 $sp \geq 2200 + 500$,可接受价格范围 $2200 \leq ap \leq 2700$ 。

而对卖方的满意度的衡量则采用了一个调查表的方式,调查表(略)

5.2 实验结果和分析

表1 交易的分布情况

	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
参加交易数量	37	44	45	23	19	51	4
有效交易次数	30	39	37	21	15	43	4
交易成功次数	30	35	27	10	12	40	4
交易失败次数	0	4	10	11	3	3	0

注:所谓交易失败是指议价过程最后没有达到一致价格,但仍为有效交易

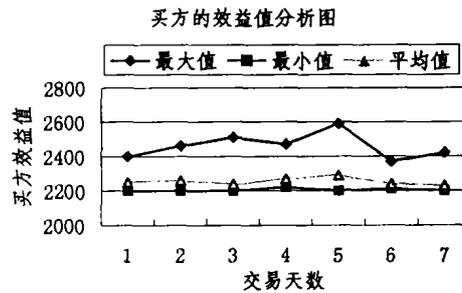


图2 买方的效益值分析图

表2 卖方满意程度调查表结果

	平均得分		平均得分
问题1	2.13	问题5	3.06
问题2	3.67	问题6	2.78
问题3	2.47	问题7	2.36
问题4	2.56	问题8	2.54

表3 买方满意程度调查表结果

	平均得分		平均得分
问题1	3.12	问题4	3.33
问题2	3.08	问题5	3.21
问题3	2.87	问题6	2.57

从上面的实验结果我们可以看出,DOBS 系统能够比较顺利地完成任务,在实验过程中第四天和第五天取得结果相对令人满意,说明系统在运行过程中,议价模式的产生起到了一定的作用,但是总的说来,成功议价的价格较低,说明诱惑函数仍需进一步加以改进。

结论 本文中提出的 DOBS 系统模型可以用在多种领域中,同时它也是我们正在研究的智能交易系统的一部分,和其他方法相比较,它将神经网络方法和诱惑机制较好地和其他 Agent 技术相结合,在卖方效益和买方满意度两方面都能实现较好的平衡。但是,显然在这个自动议价系统中还存在着若干的问题:

1)阈值的确定:目前采用的是经验性的定义,由于是人为的确定,科学度和可衡量度不够,仍存在着若干的问题。 σ 如果取得过大,会产生较少的议价模式;取得过小,产生的议价模式则会很多,所以应该选取更为合理的方法,来确定 σ 的值,提高模式匹配的效率和精度。

2)如果议价步数不确定的时候,议价模式的相应存储方法。

3)如何确定有效的前测数据?DOBS 系统通常会需要一

(下转第107页)

这就是说一个 UL(M)-赋值是从 $F(S)$ 到一个 UL-代数 M 的 $(\cap, \rightarrow, \vee)$ 型同态。

用 $\Omega(M)$ 表示全体 UL(M)-赋值之集。

定义16 设 M 是 UL-代数, 即 $M \in Y\Lambda$, A 是 $F(S)$ 中的公式, 如果对任意的 $v \in \Omega(M)$ 均有 $v(A) = 1$, 则称 A 为 UL(M)-重言式(永真式), 记为 $\models_M A$ 。特别地, 当 $M = [0, 1]_{UL}$, $\models_M A$ 简写为 $\models A$ 。

容易证明下述结论成立。

定理16 系统 UL 中的任意一条公理是任一个 UL-代数中的重言式。

定理17 设 $M_1, M_2 \in Y\Lambda$, 且 $M_1 \cong M_2$, 则 UL(M1)-重言式一定是 UL(M2)-重言式, UL(M2)-重言式一定是 UL(M1)-重言式。

证明: 设 A 是 UL(M1)-重言式, 即 $\models_{M_1} A$, 且 $\sigma: M_1 \rightarrow M_2$ 是同构映射, 则对任意 $v \in \Omega(M_2)$, $\sigma^{-1}ov \in \Omega(M_1)$, 从而 $\sigma^{-1}ov(A) = 1$ 。但 σ^{-1} 是保序双射, 故 $v(A) = 1$, 即 $\models_{M_2} A$, 这说明 UL(M1)-重言式一定是 UL(M2)-重言式。同理可证 UL(M2)-重言式一定是 UL(M1)-重言式。

定义17 设 A 是 $F(S)$ 中的公式, 如果对任意的关于序 \leq 构成全序集的 UL-代数 M 来说均有 $\models_M A$, 则称 A 关于所有 UL 链永真。

定理18 若 A 关于所有 UL 链永真, 则对任意 $M \in Y\Lambda$, A 是 UL(M)-重言式。

证明: 根据定理15及定理17, 只需证明对任意一族 UL 链 $\{M_t | t \in I\}$, A 是 UL(M*)-重言式, 这里 $M^* = \prod_{t \in I} M_t$ 。

事实上, 对任意 $v \in \Omega(M^*)$, 有 $\sigma_t v \in \Omega(M_t)$, 其中 $\sigma_t: M^* \rightarrow M_t$ 是投影映射。若 $v(A) = (a_t)_{t \in I} \neq 1$, 则存在 $t \in I$ 使得 $a_t \neq 1$, 即 $\sigma_t v(A) = \sigma_t(v(A)) \neq 1$, 这与 A 关于所有 UL 链永真矛盾。

定理19(可靠性) 设 A 是 $F(S)$ 中的公式, 若 A 是定理, 则对任意 $M \in Y\Lambda$, $\models_M A$ 。

证明: 由定理16知, 系统 UL 中的任意一条公理是 M 中的重言式。又 MP 规则保持重言式, 即当 $A, A \rightarrow B$ 是 UL(M)-重言式, 则 B 是 UL(M)-重言式。事实上, 当 $v(A) = 1, v(A \rightarrow B) = 1$ 时有

$$v(B) = 1 \rightarrow v(B) = v(A) \rightarrow v(B) = v(A \rightarrow B) = 1$$

定理20(关于赋值中介[F]的完备性) 设 A 是 $F(S)$ 中的公式, 则 $\vdash A$ 当且仅当 $\models_{[F]} A$, 这里 $[F] = F(S)/\approx$, \approx 是可证等价关系。

证明: 由定理19及 $[F] = F(S)/\approx$ 为 UL-代数知, 当 $\vdash A$ 时必有 $\models_{[F]} A$ 。

下设 $\models_{[F]} A$ 成立, 则对每个 UL([F])-赋值 v 均有 $v(A) = 1$, 特别地对映射

$$f: F(S) \rightarrow [F], f(A) = (A)$$

应有 $f(A) = 1$, 即 $[A] = 1$, 而 $[F]$ 的最大元 1 恰由 $F(S)$ 中的全部定理组成, 故 $\vdash A$ 。

定理21(弱完备性) 系统 UL 是弱完备的, 即若 A 是 $F(S)$ 中的公式且 A 关于所有 UL 链永真, 则 $\vdash A$ 当且仅当 $\models_{[F]} A$ 。

证明: 若 $\vdash A$, 则由定理19知 $\models_{[F]} A$ 。若 $\models_{[F]} A$, 由于 A 关于所有 UL 链永真, 故由定理18知对任意 $M \in Y\Lambda$, A 是 UL(M)-重言式, 特别地 UL-代数 $[F] = F(S)/\approx$ 来说, A 是 UL([F])-重言式, 即 $\models_{[F]} A$, 据定理20得 $\vdash A$ 。

参考文献

- 1 Zadeh L A. Fuzzy Sets. Inform Contr, 1965, 8:338~353
- 2 Zadeh L A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Trans SMC, 1973, 1:28~44
- 3 李洪兴. 从模糊控制的数学本质看模糊逻辑的成功. 模糊系统与数学, 1995, 9(4):1~14
- 4 王国俊. Fuzzy 命题演算的一种形式演绎系统. 科学通报, 1997, 42(10):1041~1045
- 5 王国俊. 模糊推理的全蕴含三 I 算法. 中国科学, E 辑, 1999, 29(1):43~53
- 6 Wang Guojun. On the logic foundation of fuzzy reasoning. Information Science, 1999, 177: 47~88
- 7 王国俊. 非经典数理逻辑与近似推理. 北京: 科学出版社, 2000
- 8 裴道武, 王国俊. 形式系统 L* 的完备性及其应用. 中国科学(E 辑), 2002, 32(1):56~64
- 9 何华灿, 刘永怀, 何大庆. 经验性思维中的泛逻辑. 中国科学, E 辑, 1996, 26:72~78
- 10 何华灿. 泛逻辑学原理. 北京: 科学出版社, 2001
- 11 张小红, 何华灿, 李伟华. 泛逻辑的基本形式演绎系统 UL 及其可靠性. 计算机科学(待发表)
- 12 Iseki K. An algebra related with a prepositional calculus. Proc. Japan Acad., 1966, 42:26~29
- 13 Meng Jie, Jun Y B. BCK-algebras. Seoul Korea: Kyung Moon Sa Co., 1994
- 14 Palasinski M. Ideals in BCK-algebras which are lower semilattices. Math. Japon., 1981, 26:245~250
- 15 Ahsan J, Deeba E Y, Thaheem A B. On prime ideals of BCK-algebras. Math. Japon., 1991, 36:875~882
- 16 Meng Jie. Implicative commutative semigroups are equivalent to a class of BCK-algebras. Semigroup Forum, 1995, 25(1):89~96
- 17 Meng Jie. BCK-filters. Math. Japon., 1996, 44(1):119~129
- 18 庞彦军, 刘开弟, 刘军. 模糊数学中“取大取小”运算引发的问题. 系统工程理论与实践, 2001, 9:98~100

(上接第85页)

些前测数据, 形成各种各样的议价模式, 以便能在新的议价过程中进行匹配操作, 同时, 前测数据也可以在动态价格生成过程中, 起到辅助的作用。同时需要较多的前测数据也是 DOBS 系统目前比较大的一个缺点。

我们将在以后的研究过程中, 针对这几方面的问题进行深入的讨论和研究。

参考文献

- 1 Sandholm T. eMediator: A Next Generation Electronic Commerce Server. In: Proc. Nat'l Conf. Artificial Intelligence (AAAI-99), AAAI Press, Menlo Park, Calif., 1999. 923~924

- 2 Wurman P, Wellman M, Walsh W. The Michigan Internet AuctionBot: A Configurable Auction Server for Human and Software Agents. In: Proc. Second Int'l Conf. Autonomous Agents (Agents'98), ACM Press, New York, 1998
- 3 Guttman R H, Maes P. Agent-Mediated Integration Negotiation for Retail Electronic Commerce. In: Proc. Workshop on Agent Mediated Electronic Trading (AMET'98), Springer Verlag, Berlin, 1998
- 4 Chaver A, Maes P. Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods. In: Proc. First Int'l Conf. Practical Application of Intelligent Agents and MultiAgent Technology (PAAM'96), The Practical Application Company, Blackpool, UK, 1996