

# 基于 GA 的一对多、多属性谈判模型研究

武玉英, 张礼兴

(北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100022)

**摘要:** 随着商务智能的发展, 自动谈判已成为解决用户与商家冲突的重要渠道。买家与卖家进行交易时, 往往要针对产品的多个属性进行交涉, 并希望与多个卖家同时进行, 从而选取最优方案。通过对遗传算法进行改进, 保证最优个体的不变性, 采用动态的选择概率以及增大交叉和变异概率等, 设计了基于 GA 的一对多、多属性自动谈判问题模型。仿真结果验证了该模型的有效性及其可行性。

**关键词:** 遗传算法; 自动谈判; 一对多; 多属性

**中图分类号:** TP39

**文献标识码:** A

## Research on GA-based one-to-many and multi-attributes negotiation model

WU Yu Ying, ZHANG Li Xing

(School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** With the development of business intelligence, automatic negotiation has become an important channel for resolving the conflict of business. When buyers transact with sellers, they often discuss a number of attributes, look forward to communicate with several buyers, and then choose the best deal. By improving the genetic algorithm, such as the unchanged of the best chromosome, introducing the dynamic selection probability, as well as increasing the crossover and mutation probability, a GA based one-to-many, multi-attributes automatic negotiation model is designed and simulated to validate the effectiveness and feasibility.

**Key words:** genetic algorithm; automatic negotiation; one-to-many; multi-attributes

随着 Internet 技术的发展, 传统的商务活动向 Internet 转移, 电子商务自动谈判的研究越来越受到诸多学者的关注。按谈判参与者数量的不同, 谈判活动可以分为一对一谈判、一对多谈判、多对多谈判; 按照谈判所涉及的属性的多少又可以分为单属性谈判和多属性谈判。在现实生活中, 谈判款项属性往往多于一个, 即多属性谈判。例如对于消费者来说, 价格并不是唯一的决定性因素, 消费者往往会关心其他相关的因素, 为了达到更好的谈判效果, 获得更多的利益, 买方希望与多个卖方或者卖方希望与多个买方同时进行谈判, 然后在所有达成一致的方案中选择最佳的交易方案<sup>[1-2]</sup>, 因此多属性、多对象谈判的研究具有重要的意义。

针对一对多并行协商, Rahwan I 提出了 3 种协调策略<sup>[3]</sup>: D 策略 (Desperate Strategy), P 策略 (Patient Strategy), OP 策略 (Optimized Patient Strategy); WANG Li Ming 提出的 eCN (e-commerce Concurrent Negotiation)<sup>[5]</sup> 扩展了 OP 策略, 指出先得到的提议不仅会影响到其他协商的保留值, 还会

影响到其他协商线程所选择的协商策略; FEI Yu Lian 用模拟退火算法设计了一对多、多属性谈判模型, 设计了多种谈判规则, 并对模型进行了仿真<sup>[6]</sup>, 仿真结果显示该模型在一定程度上能满足现实谈判的要求, 但模型的复杂度高, 且谈判过程的设计比较繁琐; 最近, 由于并行谈判的协调复杂性, 人们的目光开始转向了淘汰制模型的研究。如北京工业大学的李冉冉则利用谈判轨迹图, 通过估计成交价格的大小来进行对手的淘汰<sup>[7]</sup>, 但是该模型的研究存在一些问题, 例如当谈判轨迹是一种上下波动的情况时, 模型的处理就比较复杂; 另外, 该模型只是一个谈判支持系统的设计, 不能进行自动谈判, 并且淘汰机制的引入存在将最佳方案淘汰掉的可能, 从而造成不必要的损失。

遗传算法是模仿生物遗传和进化机制的最优化方法, 它具有简单、鲁棒性强、全局最优等特点, 需要解决的问题越复杂、目标越不明确, 它的优越性越大, 因此得到了越来越广泛的应用<sup>[8]</sup>。

本文设计了基于GA的一对多、多属性自动谈判问题的解决方案,对遗传算法也进行了改进。为了增强遗传算法的求解能力,提高遗传算法的收敛性,本文首先保证了当代中适应度最大的个体在下一代中的不变性,避免最优个体的消失,并设计了动态的选择概率,使得适应度大的个体在下一代具有更大的存活概率,适应度小的个体则更容易被淘汰掉,同时增大了交叉和变异概率,这样可以保证下一代个体中具有更多种的个体,避免陷入局部最优解。仿真结果表明,本模型能实现理想的目标,最终的结果具有一定的现实意义。

## 1 模型设计

### 1.1 问题设计、编码与解码<sup>[9]</sup>

采用二进制编码表示自动谈判系统的各谈判款项。对给定的区间 $[a, b]$ ,设采用二进制编码长度为 $n$ ,则任何一个变量 $x$ :

$$x = a + a_1 \frac{b-a}{2} + a_2 \frac{b-a}{2^2} + \dots + a_n \frac{b-a}{2^n} \quad (1)$$

本文拟设谈判问题为价格 $P$ 、质量 $Q$ 、交货期 $T$ 、售后服务水平 $S$ ,假设各个款项的变动区间为: $P \in (20, 34)$ ,  $Q \in (1, 5)$ ,  $T \in (5, 10)$ ,  $S \in (1, 5)$ ,另外编码的前3位用来表示卖方的编号NUM。

### 1.2 适应度计算

用模糊数学中的正态型隶属函数表示各个款项的接受度,即

$$f(x) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2} \quad (a > 0, b > 0) \quad (2)$$

例如,针对价格这一款项, $a$ 代表谈判方最愿意接受的价格,可以用它的初始报价来表示。 $b$ 代表谈判方对价格的敏感度, $b$ 越小表示谈判方对价格越不敏感,即在一定的价格变化范围内,谈判方的接受度变化越小。

对于单方接受度的计算,如果用 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示一个谈判方案,则可以用 $f_i$ 来表示相应款项的接受度值。假如用 $w_i$ 表示各个款项的权重,则该方案的接受度值acceptability可以表示为<sup>[10]</sup>:

$$\text{accept}_i = \sum_{i=1}^n f_i^{w_i} \quad (3)$$

在这里对于各个款项接受度值的计算并没有采用一般的线性加权的办法,因为本公式更具有一般性和合理性。例如,当某一项具有很高的权重而其接受度值却较低时,利用线性加权的办法很可能会使该方案的适应度较大而被接受,这样的方案是不合理的。而采用本计算公式时,由于 $w_i < 1$ ,根据其函数特点,算式 $f_i^{w_i}$ 会将计算结果显著地减小,从而降低该方案被接受的可能性。

进而对于每个染色体的适应度可以用如下公式表示:

$$\text{fitness}_i = \text{accept}_0 \times \text{accept}_i \quad (4)$$

$\text{accept}_0$ 表示买方的接受度值, $\text{accept}_i$ 表示各个卖方的接受度值。

## 2 模型操作

### 2.1 选择操作

本模型采用比较普遍的基于适应值比例的选择方法,即计算个体的相对适应值 $\text{selection}P_i$ ,

$$\text{selection}P_i = \frac{\text{fitness}_i}{\text{fitness}_{\text{sum}}} \quad (5)$$

其中 $\text{fitness}_i$ 是群体中第 $i$ 个个体的适应值, $\text{fitness}_{\text{sum}}$ 是针对每一个卖家所形成的所有各个体的适应度值之和,这样适应值越大的个体被复制的概率就越大,在后代中存在的概率也就越大,但为了保证模型的快速收敛,以及体现不同卖家之间的竞争关系,本模型首先要求下一代保留当代适应度值最大的个体,这样可以保证遗传操作一直沿着进化的方向发展。同时因为本模型设计了 $\text{num}$ 个卖家,为了体现卖家之间的竞争关系,针对每个卖家的下一代染色体都要包含当代中每一个卖家染色体中具有最大适应度值的个体,即用 $c_i (1 \leq i \leq \text{num})$ 分别表示当代各个卖家方案中具有最大适应度值的方案,那么下一代中针对每个卖家的染色体方案都必须包含方案 $c_1, c_2, \dots, c_{\text{num}}$ 。

### 2.2 交叉操作

为了防止因为交叉操作导致上一代具有最大适应度的 $\text{num}$ 个个体发生变化,在进行交叉操作时,不允许针对各个卖家的前 $\text{num}$ 个个体发生交叉操作,同时为了达到快速收敛的目的,加大交叉概率,这样就可以在下一代中产生更多样的个体。

### 2.3 变异操作

与交叉操作类似,不允许针对各个卖家染色体中的前 $\text{num}$ 个个体发生变异操作,同时为了进一步改进遗传算法,采用变化的变异概率 $m_i$ ,即:

$$m_i = \frac{\lg(p)}{10 \times f_i \times \sqrt{l-3}} \quad (6)$$

其中, $p$ 代表针对每一卖家所分配的染色体数目, $l$ 代表染色体长度。公式(6)反映出变异概率应当与染色体个数成正比,与适应度以及染色体长度成反比,即当染色体个数比较多时,发生变异的可能性就大;当适应度大时,变异概率相对较小。这样可以保证较优个体在下一代中存活的可能性较大,从而保证算法的快速收敛。

### 2.4 交易方案选取

在选取成交方案时,选出针对各个卖家染色体中具有最大 $\text{selection probability}$ 的个体,共有 $\text{num}$ 个,将这 $\text{num}$ 个个体根据 $\text{accept}_0$ 进行排序,具有最大的 $\text{accept}_0$

个体即为所选，这样可以体现多个卖方之间的竞争关系，同时买方也选择了最有利的交易。

### 3 仿真分析

设计1个买方同7个卖方进行谈判的情景，其谈判仿真结果如图1~图3。

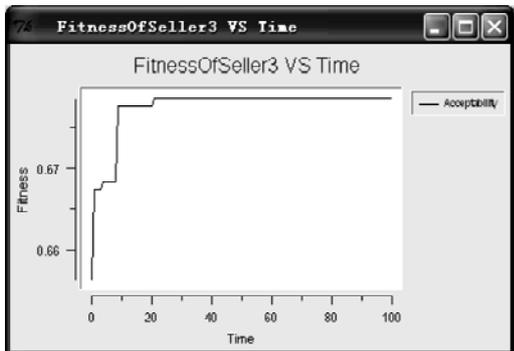


图1 卖方3适应度-时间图

图1所示为针对第三个卖家所形成的每代交易中具有最大适应度的方案的适应度变化情况。从图1可以看出，随着时间的变化，交易方案的适应度在不断提高，交易方案在不断优化。



图2 买方接受度-时间图

图2所示为在各代中，针对各个卖家的方案中具有最大适应度个体(共7个)中买方的最大接受度变化情况，而图3则是相应方案的卖家接受度情况。这2幅图反映了双方不可能同时获得最大收益的规律。由于在获取最优方案之前，所要选取的方案对应的卖家是不断变化的，所以图3的变化要比图2剧烈。

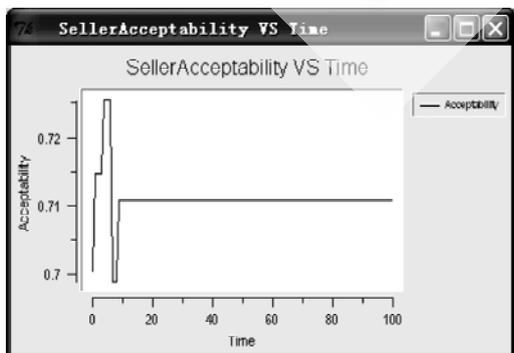


图3 卖方接受度-时间图

从这几幅图中可以分析出，当遗传大概进行20次的时候，各个曲线趋于稳定，这说明最优方案已经产生，可以达成交易。多次仿真，发现本模型基本能在40次遗传操作后获得最优方案，这足以证明本模型的快速收敛性。

在仿真结束后，模型给出与各个卖家达成的最终方案，并挑选出最优方案供买家决策。如图4所示。



图4 最终方案图

从图4可以看出，模型最终推荐买家与第3个卖家达成交易，交易方案为(20, 3, 4, 8)。模型之所以给出了与所有卖家达成的最终方案，是为了给买家更多的选择，以防因为卖家对自己偏好的不确定性而达成并不很满意的结果，同时这样做也体现了卖家之间的竞争关系。

接下来，改变买家的款项权重，进一步检验模型的可行性与实际性，其仿真结果如表1所示。

表1 对比仿真设计

交易号	买家权重	交易方案				
		卖家号	价格	质量	售后	交货期
1	(0.1,0.5,0.2,0.2)	2	31	4	4	5
2	(0.3,0.3,0.2,0.2)	5	20	2	1	6
3	(0.5,0.2,0.1,0.2)	5	20	1	1	6
4	(0.2,0.5,0.1,0.2)	5	21	4	1	6
5	(0.2,0.2,0.1,0.5)	5	21	1	1	5
6	(0.2,0.2,0.5,0.1)	5	21	1	4	8

对比第一个与第二个交易，可以看出，增加价格的权重，减小质量的权重，表明此时买家更加注重价格的优惠，使得最终达成的交易中，价格降低了，从而使买家在价格上获得了更多的效用，相应的质量标准降低了，其在质量方面的效用就减少了；对比第3个和第4个交易，价格和质量的权重是不同的，价格权重的降低使得最终方案里价格有所提高，相应的质量权重的提高使得质量的等级提高；对比第4个和第5个交易，调换了质量和交货期权重，即降低质量的权重，提高交货期的权重，最终达成的交易也正如所期待的，质量等级下降了，交货期缩短了。从对比仿真结果可以看出，本

(下转第18页)

模型能比较好地拟合实际问题,具有一定的实际意义。

通过分析及仿真结果可以看出,本文设计的基于GA方法的一对多、多属性自动谈判问题的模型,通过不断优化交易方案,使双方满意度不断提高,最终可以达到令双方都满意的结果。为了确保不会因为买家偏好的不确定性而造成买家的损失,模型最后给出了所有的最终方案供买家选择,这更符合现实的需要。GA方法本身具有需要信息少、智能性强等优势,并且本文对遗传算法进行了诸多改进,大大增强了其收敛速度,也进一步增强了其对于求解一对多谈判问题的求解能力。

### 参考文献

[1] 张谦,邱玉辉.一种具有自主学习能力的并发协商模型[J].计算机应用,2006,26(3):663-665.

[2] KEN B,NIR V.Applying game theory to automated negotiation[J].Netonomics Journal,1999(1):1-10.

[3] MARTIN B,ARIE S,CARRIE B.An electronic broker for business-to-business electronic commerce on the internet[J].International Journal of Cooperative Information Systems. 1998,7(4):315-329.

[4] RAHWAN I,KOWALCZYK R,PHAM H H.Intelligent agents for

automated one-to-many e-commerce negotiation.Twenty-Fifth Australian Intelligent Systems Conference (CSC2002)[C].2002:197-204.

[5] WANG Li Ming,CHAI Yu Mei,HUANG Hou Kuan.A one-many paralleling negotiation model and its paralleling negotiation course in speculative computation.Proceedings of Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics[C].2005:18-21.

[6] FEI Yu Lian,CHEN Wen Juan.A multi-agent, multi-object and multi-attribute intelligent negotiation model.Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery[C].IEEE. 2007.

[7] 李冉冉.基于Multi\_agent的一对多淘汰制谈判模型研究[N].信息系统学报,2008,2(1):29-36.

[8] 董玉振,张京军,高瑞贞.改进遗传算法在汽车悬架系统中的应用[J].微计算机信息,2007,12(1):281-283.

[9] 李玥,冯玉强,王衍华,等.遗传算法在网上谈判支持系统中的应用研究[J].系统工程理论与实践,2002(6):87-92

[10]SAMUEL P M C,LIU Ji Ming,CHAN Sheng Ping.A genetic agent-based negotiation system[J].Computer Networks,2001(37):195-204.

(收稿日期:2008-12-11)