

文章编号: 1001-0920(2005)08-0917-04

电子中介中的交易匹配研究

张振华, 汪定伟

(东北大学 信息科学与工程学院, 沈阳 110004)

摘 要: 研究电子中介中的匹配问题, 提出了电子中介处理多属性商品交易时双方的满意度函数, 以最大化双方满意度为目标, 建立了多个买家和多个卖家各交易一件同类商品的多目标匹配优化模型, 提出一种求解单目标的优先贪婪算法. 3 种算法的仿真实验表明, 优先贪婪算法比精确算法损失匹配数量约 8.0%, 节约时间约 31.6%; 比标准贪婪算法提高匹配数量约 2.7%, 节约时间约 36.3%.

关键词: 电子商务; 电子中介; 优先贪婪算法; 双边匹配; 多属性

中图分类号: TP29

文献标识码: A

Research on Matching Problem of Electronic Broker

ZHANG Zhen-hua, WANG Ding-wei

(School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China Correspondent: ZHANG Zhen-hua, E-mail: zzhjsj@126.com)

Abstract: The trader's satisfaction function for multi-attribute commodity is proposed. Since there are multiple buyers and sellers, each wanting to trade one commodity of the same kind, a matching mathematical model is constructed to maximize the total utility of the two parties. A preferential greedy algorithm for this model is also presented. Experiments show that, with respect to CPU time, preferential greedy algorithm improves Kuhn-Munkres algorithm by about 31.6% on average, and standard greedy algorithm by about 36.3% on average. With respect to matching number, preferential greedy algorithm improves standard greedy algorithm by about 2.7%, whereas decreases Kuhn-Munkres algorithm by about 8.0%.

Key words: Electronic commerce; Electronic broker; Preferential greedy algorithm; Bipartite matching; Multi-attribute

1 引 言

电子商务近年来发展迅猛, 新加入的商家和买家与日俱增. 然而由于网上信息过于丰富, 人们在网上的搜索时间和找到最中意商品或服务存在一定的困难. 基于现代信息技术而出现的电子中介^[1,2]表现出其无可替代的作用: 为买卖双方提供交易平台; 节约双方搜索时间, 提高交易效率; 为双方找到理论上的最优匹配; 提供丰富的信息, 便于掌握价格行情.

国外对电子中介的研究非常重视, 已经开展了一些中介项目的研究工作, 如 GAIA, COBRA, OSM, OFFER, Metabroker, ECDF, AEB^[3]. 也陆

续出现了一些中介网站, 如 <http://jango.excite.com>, <http://www.pricewatch.com> 等. 对于一些复杂商品, 如服务、旧货、房产等, 其研究还不能令人满意^[4].

中介的核心任务是使买卖双方达到最优匹配, 而有关这方面的量化研究还很少. Jung 等^[5]考虑多个买家和多个卖家的情况, 以买方和卖方互为值域, 以双方的属性是否得到满足为约束, 将其转化为约束满足问题进行求解, 开发了求解器并做了中介网站, 介绍了在房产中的应用. Sim 等^[6]直接连接每个可能进行交易的买家和卖家, 按属性满足程度对该

收稿日期: 2004-07-08; 修回日期: 2004-10-22

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (70431003).

作者简介: 张振华 (1971-), 男, 河南鲁山人, 博士生, 从事电子商务、智能优化的研究; 汪定伟 (1948—), 男, 江西彭泽人, 教授, 博士生导师, 从事制造系统建模与优化、智能计算等研究.

连接进行评价,并按评价值大小进行匹配 Tewari 等^[7]通过对用户输入参数的处理,估计出用户属性权重和效用函数,并介绍了在餐饮业中服务于无线上网用户的应用

本文研究电子中介处理多个买家和卖家交易一件同类商品的情况,提出了电子中介处理多属性商品交易时买卖双方的满意度函数 以最大化双方满意度为目标建立了优化模型,提出一种该类模型的优先贪婪算法 仿真实验表明,该算法具有较大的计算优势

2 问题与模型

考虑仅买卖一件商品的情况 对于 $1-m$ (即一个买家和 m 件商品) 的情况,可采用多属性决策方法^[8]为其选择最优 本文考虑处理 $n-m$ 交易的情况 设有 n 个买家和 m 件待卖商品,分别以 b_i 和 s_j 表示, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$; 并设商品有 p 个属性,买家 b_i 对属性 f 的要求称为约束 若为等号约束,则称为硬约束,否则为软约束 待卖商品 s_j 的 f 属性值以 h_{jf} 表示

2.1 买方属性满意度

理性人的购物行为是比较和决策,即货比三家和综合评价 交易时买家 b_i 向中介提交:硬约束,收益型属性的期望值 C_{if} 和最小允许值 $C_{if\min}$,成本型属性的期望值 C_{if} 和最大允许值 $C_{if\max}$.

1) 收益型属性:收益型属性表示越大越好的属性 引入函数 $a_{ijf}(h_{jf})$ 表示 b_i 对 s_j 的属性 f 的满意度,即

$$a_{ijf} = \begin{cases} 1, h_{jf} > C_{if}; \\ \frac{h_{jf} - C_{if\min}}{C_{if} - C_{if\min}}, C_{if\min} < h_{jf} < C_{if}; \\ \text{Neg}, h_{jf} < C_{if\min}. \end{cases} \quad (1)$$

其中 Neg 是对不满足约束 $C_{if\min}$ 的属性值 h_{jf} 的负满意度

2) 成本型属性:成本型属性表示越小越好的属性 取函数 $a_{ijf}(h_{jf})$ 表示 b_i 对 s_j 的属性 f 的满意度,即

$$a_{ijf} = \begin{cases} 1, h_{jf} < C_{if}; \\ \frac{C_{if\max} - h_{jf}}{C_{if\max} - C_{if}}, C_{if} < h_{jf} < C_{if\max}; \\ \text{Neg}, h_{jf} > C_{if\max}. \end{cases} \quad (2)$$

3) 硬约束:硬约束为交易必要条件,必须满足,因此不计算属性满意度

2.2 买方偏好

买家 b_i 应对各软约束阐明偏好 软约束对应属性 f 的重要程度称为偏好系数,以 w_{if} 表示 w_{if} 应满

足正规化要求: $\sum_{f=1}^{p_i} w_{if} = 1, w_{if} > 0$, 其中 p_i 为 b_i 软约束个数

2.3 买方总满意度和 Neg 的确定

以 l_{ij} 表示 b_i 对 s_j 评价结果的总体满意程度,即

$$l_{ij} = \begin{cases} \sum_{f=1}^{p_i} w_{if} \times a_{ijf}, s_j \text{ 满足 } b_i \text{ 硬约束}; \\ -1, \text{ 否则} \end{cases} \quad (3)$$

式(1)和(2)中 Neg 表示 b_i 对违反买方约束 $C_{if\min}$ 或 $C_{if\max}$ 的属性值 h_{jf} 的负满意度

对商品总体评价时采用一票否决制,即若一个属性违反约束,则令总体评价值 l_{ij} 为负 假设软约束对应属性 e 违反约束,则有

$$w_{ie} \times \text{Neg} + \sum_{f=1}^{e-1} w_{if} \times a_{ijf} + \sum_{f=e+1}^{p_i} w_{if} \times a_{ijf} < 0, \quad (4)$$

$$\text{Neg} < - \frac{1}{w_{ie}} \left(\sum_{f=1}^{e-1} w_{if} \times a_{ijf} + \sum_{f=e+1}^{p_i} w_{if} \times a_{ijf} \right). \quad (5)$$

由式(1)和(2)以及 $\sum_{f=1}^{p_i} w_{if} = 1$ 和 $w_{if} > 0$ 知

$$\sum_{f=1}^{e-1} w_{if} \times a_{ijf} + \sum_{f=e+1}^{p_i} w_{if} \times a_{ijf} < 1, \quad (6)$$

因此有 $\text{Neg} < -1/w_{ie}$

若 w_{ie} 保留一位小数,则其最小值为 0.1 于是 $\text{Neg} = -10$ 即可满足式(4).

2.4 卖方满意度

卖方 s_j 提交希望卖价 P_{sj} , 最低卖价 $P_{sj\min}$ 和商品其他属性,卖方满意度仅与 b_i 出价 P_{bi} 有关 取函数 d_{ji} 表示 s_j 对 b_i 出价的满意度,即

$$d_{ji} = \begin{cases} 1, P_{bi} > P_{sj}; \\ \frac{P_{bi} - P_{sj\min}}{P_{sj} - P_{sj\min}}, P_{sj\min} < P_{bi} < P_{sj}; \\ -1, P_{bi} < P_{sj\min}. \end{cases} \quad (7)$$

2.5 数学模型

以双方总满意度分别最大为目标,建立如下模型:

$$\begin{aligned} \max & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} l_{ij}), \\ \max & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} d_{ij}); \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, m, \\
 & x_{ij} = \{0, 1\}.
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

其中变量 $x_{ij} = 1$ 表示 b_i 匹配 s_j , $x_{ij} = 0$ 表示不匹配

在传统的中介中, 中介者面对面地协调交易主观性很强, 难以实现属性和满意度的量化, 也难以处理多对多的双边匹配问题, 因此本模型不能应用于传统的中介

3 模型求解

对双方给予相同的权重, 则化为单目标问题

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m ((l_{ij} + d_{ij}) x_{ij}). \tag{9}$$

这是一个典型的二分图的最大权匹配问题或指派问题, 已有诸如匈牙利、Kuhn-Munkres 等成熟解法^[9]. 随着解题规模的不断扩大, 要求提高计算效率和节约计算资源, 一般图中的最大权匹配问题已有多种近似解法^[10]. 在实际应用中, 上述模型的求解规模难以预料, 所以从节约计算时间考虑, 本文尝试提出一种求解二分图中最大权匹配问题的近似算法, 称为优先贪婪算法, 描述如下:

初始化: 去掉 $J_{ij} < 0$ 的边, 计算各顶点, 令最大值为 d_{max} .

计算各边匹配优先级步骤如下:

Step 1: 将与每一顶点邻接的边按 J_{ij} 从大到小排序, 依次为 $d_{max}, d_{max} - 1, d_{max} - 2, \dots$ 打分

Step 2: 每边两端点得分相加, 得到该边匹配优

先级, 设所有边优先级最大值为 e_{max}

Step 3: while ($e_{max} > 0$)

以优先级为 e_{max} 的边和顶点构造子图 G ;

设 G 中边数为 g , 在 G 中采用标准贪婪算法:

while ($g > 0$)

令 g_{max} 为 G 中 J_{ij} 最大的边, 匹配 g_{max} 两 endpoint, 去掉 g_{max} , 两 endpoint 及与 g_{max} 邻接的边, 更新 g ;

end

$e_{max} = e_{max} - 1$;

end

4 仿真实验

4.1 原始数据

以二手车市场为例^[4], 考虑 5 个属性: 型号, 颜色, 行驶里程, 价格, 生产年限. 其中车型和颜色为硬约束, 其余为软约束. 对买方来说, 年代为收益型属性, 行驶里程和价格为成本型属性. 由计算机随机生成 8 个买家和 10 个卖家, 各买卖一辆二手车. 车型包括: 奥迪, 桑塔纳, 夏利; 颜色包括: 红, 蓝, 黑; 行驶里程为 0~5 万 Km; 价格为 1~10 万元; 生产年限为 1996~2002. 其中行驶里程和价格保留一位小数, 买方最大值和卖方最小值在期望值上各随机加

表 1 买方参数

买家	车型	颜色	行驶里程/万 km			生产年限			价格/万元		
			期望	最大	偏好	期望	最早	偏好	期望	最大	偏好
b_0	夏	黑	4.8	5.0	0.3	01	00	0.1	9.3	9.5	0.6
b_1	桑	红	1.5	2.0	0.3	02	01	0.4	6.6	7.0	0.3
b_2	夏	红	0.4	1.0	0.3	99	99	0.5	9.2	9.5	0.2
b_3	夏	蓝	3.1	3.4	0.1	97	97	0.5	7.1	7.5	0.4
b_4	桑	红	4.4	5.0	0.5	98	98	0.3	5.5	6.0	0.2
b_5	桑	蓝	5.2	5.6	0.3	98	97	0.3	9.5	10.0	0.4
b_6	奥	红	4.3	4.3	0.3	98	98	0.1	6.0	6.5	0.6
b_7	奥	蓝	2.3	2.5	0.2	98	97	0.4	2.6	3.0	0.4

表 2 卖方参数

卖家	车型	颜色	行驶里程	生产年限	价格	
					期望	最小
s_0	桑	黑	2.7	02	4.2	4.0
s_1	奥	蓝	4.3	96	5.4	4.9
s_2	奥	红	0.2	02	9.6	9.5
s_3	奥	红	1.0	98	2.5	2.2
s_4	桑	蓝	1.6	00	3.6	3.1
s_5	夏	黑	2.1	02	3.1	2.8
s_6	奥	蓝	1.5	96	8.4	8.1
s_7	夏	红	1.0	00	4.3	3.8
s_8	夏	黑	4.3	02	9.8	9.2
s_9	夏	蓝	2.5	01	3.8	3.1

表 3 3 种算法计算结果

算法	优先贪婪		标准贪婪		精确算法	
计算结果	b_0	s_5	b_0	s_5	b_0	s_5
	b_2	s_7	b_2	s_7	b_2	s_7
	b_3	s_9	b_3	s_9	b_3	s_9
	b_5	s_4	b_5	s_4	b_5	s_4
	b_6	s_3	b_6	s_3	b_6	s_3
匹配数量	5		5		5	
用时 /ms	20		30		10	

或减一个小于 1 的非负小数, 买方生产年限最小值则在期望值上随机减 1 或 0. 详见表 1 和表 2

4.2 计算结果

对以上数据用jdk1.4编程,在Petium III733内存128M的计算机上运行.采用优先贪婪、标准贪婪和Kuhn-Munkres 3种算法,计算结果如表3所示.

由表3看出,当计算规模较小时,3种算法的计算结果完全相同,只是计算时间有所差异.买家1,4,7没有买到车,而卖家0,1,2,6,8也没有卖出车.

4.3 3种算法计算效果比较

为验证3种算法的计算效果,变量从50~1000每50进级,每级各计算5次取均值,比较其计算时间和匹配数量上的差异,结果如图1和图2所示.图1表明,与精确算法相比,优先贪婪算法具有明显的时间优势;图2表明,在匹配数量上优先贪婪算法介于精确算法和标准贪婪算法之间.仿真实验表明,与Kuhn-Munkres算法相比,优先贪婪算法在匹配数量上平均损失约8.0%,但计算时间平均降低约31.6%,最大可达47.4%;与标准贪婪算法相比,优先贪婪算法平均提高匹配数量约2.7%,计算时间平均降低约36.3%.

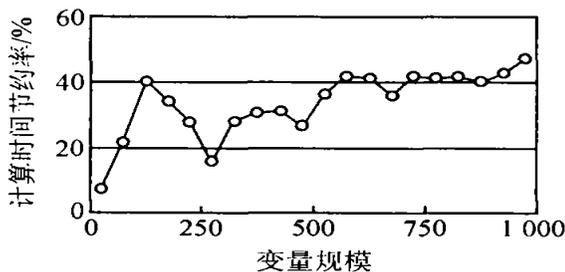


图1 优先贪婪算法比精确算法计算时间节约率

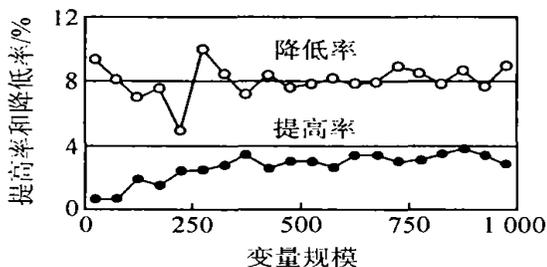


图2 优先贪婪算法匹配数量比精确算法降低率和比标准贪婪算法提高率

5 结论

本文研究电子中介处理多属性商品,多买家和多卖家各交易一件同类商品的匹配问题,提出了电子中介处理多属性商品交易时买卖双方的满意度函数.以最大化双方满意度为目标建立了优化模型,提出一种优先贪婪算法.仿真实验表明,优先贪婪算法比精确算法损失匹配数量约8.0%,节约时间约31.6%;比标准贪婪算法提高匹配数量约2.7%,节约时间约36.3%.

仿真结果表明,以双方最大满意度为目标,电子中介可以找到多个买家和多个卖家各交易一件同类商品的最优匹配.精确算法可得到最大的匹配数量,但当规模较大时,优先贪婪算法在计算时间上具有较大的优势.

参考文献(References)

- [1] Ahmed Patel, Mikhail Blinov, Mikhail Bessonov. Reference Model and Functional Architecture for Information Availability [J]. *Computer Standards and Interfaces*, 1999, 21(3): 273-285.
- [2] Martin Bichler. A Brokerage Framework for Internet Commerce [J]. *Distributed and Parallel Databases*, 1999, 7(2): 133-148.
- [3] Mikhail Blinov, Ahmed Patel. An Application of the Reference Model for Open Distributed Processing to Electronic Brokerage [J]. *Computer Standards and Interfaces*, 2003, 25(4): 411-425.
- [4] Jenny Yinghu. *Exchanges for Complex Commodities: Representation and Indexing of Orders* [D]. Florida: University of South Florida, 2002.
- [5] Jong Jin Jung, Geun Sik Jo. Brokerage between Buyer and Seller Agents Using Constraint Satisfaction Problem Models [J]. *Decision Support Systems*, 2000, 28(4): 293-304.
- [6] Kwang Mong Sim, Raymond Chan. A Brokering Protocol for Agent-based E-commerce [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C*, 2000, 30(4): 474-484.
- [7] Gaurav Tewari, Jim Youll, Pattie Maes. Personalized Location-based Brokering Using an Agent-based Intermediary Architecture [J]. *Decision Support Systems*, 2002, 34(2): 127-137.
- [8] 张全, 樊治平, 潘德惠. 区间数多属性决策中一种带有可能度的排序方法 [J]. *控制与决策*, 1999, 14(6): 703-706. (Zhang Q, Fan Z P, Pan D H. A Ranking Approach with Possibilities for Multiple Attribute Decision Making Problems with Intervals [J]. *Control and Decision*, 1999, 14(6): 703-706.)
- [9] 常庭懋, 韩中庚. 用“匈牙利算法”求解一类最优化问题 [J]. *信息工程大学学报*, 2004, 5(1): 60-62. (Chang T M, Han Z G. Solution to a Class Optimization Problem by Utilizing the "Hungary Calculate Way" [J]. *J of Information Engineering University*, 2004, 5(1): 60-62.)
- [10] Doratha E Drake, Stefan Hougardy. A Simple Approximation Algorithm for the Weighted Matching Problem [J]. *Information Processing Letters*, 2003, 85(4): 211-213.