

# 电子中介中多属性商品交易匹配模型与算法研究综述\*

蒋忠中<sup>1</sup>, 盛莹<sup>2</sup>, 樊治平<sup>1</sup>, 汪定伟<sup>3</sup>

(1 东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004

2 东北大学 理学院, 沈阳 110004

3 东北大学 信息科学与工程学院, 沈阳 110004)

**摘要** 作为电子商务的重要组成部分, 电子中介的相关研究备受关注。本文在介绍电子中介基本概念的基础上, 综述分析了电子中介中多属性商品交易匹配模型的研究进展, 并简要评述了匹配模型的求解算法。最后探讨了多属性商品交易匹配问题进一步的研究方向。

**关键词** 电子中介, 多属性商品, 交易匹配, 模型, 算法

**中图分类号** N945

随着互联网(Internet)技术的发展, 传统的商务活动逐渐向 Internet 转移, 网上的商务交易不断增加, 在线用户和企业的数量如爆炸式增长, 据最近的市场调查机构 IDC 报告表明<sup>[1]</sup>, 2008 年全球互联网用户的数量约为 14 亿, 约占世界人口的 1/4, 而在中国, 最新的 DCCI 2009 年调查数据显示<sup>[2]</sup>, 2008 年中国互联网用户规模为 3.03 亿人, 与 2007 年 1.82 亿人相比增长率高达 66.5%, 首次成为全球网民最多的国家, 以上数据充分表明了当前无论是在全球还是在中国已拥有较为庞大和成熟的互联网市场基础, 这一方面将促进电子商务进一步地蓬勃发展; 另一方面也带来了新的挑战<sup>[3-6]</sup>。

例如在互联网市场上, 买方或卖方的最主要目的就是用尽量少的时间找到最满意的对方并进行商品交易, 然而由于互联网上信息数量巨大, 这种看似简单的任务却极难完成, 因为买方或卖方即使在搜索引擎(如 google, baidu 等)的帮助下浏览所有相关网页的信息也是非常费时的, 当然也就不可能快速地找到最合适的商品。为此, 互联网市场的买卖双方已经越来越把注意力投向了一种互联网中介, 即电子中介。电子中介是中介网站利用现代信息和远程通信技术, 向买方和卖方提供服务, 并撮合和组织其交易的一种市场运作行为<sup>[7-9]</sup>。它模仿了传统的市场, 即在电子(互联网)环境下将买卖双方聚合在一起并匹配, 最终实现商品的交易。如图 1 所示, 在买方( $m$  个买家)和卖方( $n$  个卖家)同时参与交易的市场中, 信息的传输量与买卖双方数量的乘积(即  $m \times n$ )成正比, 如图 1(a)所示, 而借助于电子中介平台, 信息的传输量变成与买卖双方数量的和(即  $m+n$ )成正比, 如图 1(b)。众所周知, 在互联网环境下通常参与交易的买(卖)家非常之多, 因而有  $(m \times n) \gg (m+n)$ , 所以电子中介的参与将能大大减少市场信息的传输量, 有助于提高市场的交易效率。同时, 与传统市场上的中介相比, 电子中介可以突破时空限制, 能够为买方和卖方提供更多、更实时和更有效的信息等明显优势<sup>[10]</sup>, 因而受到了人们的广泛关注, 目前已出现了成百上千个各种式样的如房产、汽车、家电、计算机和零部件

\* 基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(70801012); 中国博士后科学基金资助项目(20080441087, 200902543); 东北大学博士后基金资助项目(20080413); 国家自然科学基金重大研究计划培育项目(90924016); 国家自然科学基金重点资助项目(70931001)。

通信作者: 蒋忠中, 东北大学工商管理学院, 讲师, E-mail: zjiang@mail.neu.edu.cn。

等商品交易的中介网站。

然而,作为电子商务运营的一种新兴模式,电子中介的实践虽然发展很快,但相应的理论研究却远远跟不上实践发展的需要。大部分中介网站仅仅是一个替买卖双方用户发布交易信息的场所,而买卖双方的交易匹配尚需要用户通过浏览网站信息或者网站提供的简单搜索功能来自己完成,中介网站自身并不具备交易信息的优化匹配功能,这样的电子中介实际上是仅有买卖双方参与的交易市场(如图1(a)所示)的一种简单电子化而已,并不能发挥电子中介在交易市场中的真正作用(如图1(b)所示)。因此总体而言,电子中介实际的效率和效益均不高。随着这个行业的不断发展,电子中介企业之间的竞争势必越来越激烈,所以,如何针对买卖双方的交易信息(即商品信息)实现最优匹配,提高电子中介企业的交易利润和核心竞争力,已成为当前管理科学、运筹学、计算机科学和系统工程等领域备受关注的新兴研究方向,具有广阔的应用前景和重要的科学意义。

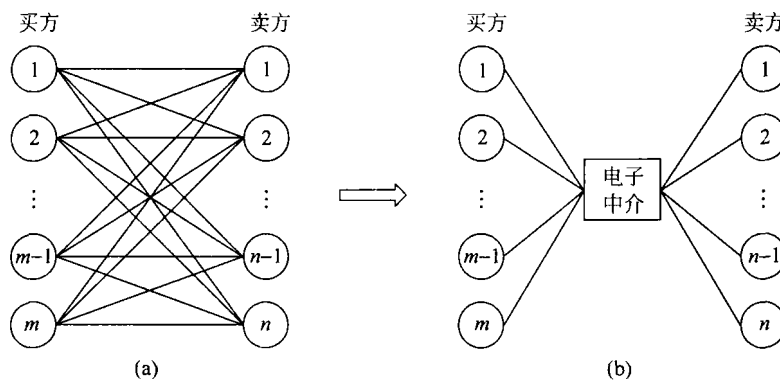


图1 电子市场交易效率示意图

基于中介的交易匹配早期的研究集中在单属性(即价格属性)商品的优化匹配方面<sup>[11]</sup>,如以NASDAQ为代表的股票交易系统,近年来伴随电子中介的发展,国内外学者已经开始关注电子中介中多属性商品交易匹配的研究,且理论研究成果多侧重于交易匹配的模型与算法。为此,本文将着重针对电子中介中多属性商品交易匹配模型和算法的研究进展进行综述,并提出未来的研究方向。

## 1 模型研究进展

电子中介的参与对象通常包括三类,即买方(由多个买家组成)、卖方(由多个卖家组成)以及中介(通常为电子中介企业)。其中,买卖双方在向中介递交商品的交易信息后,中介将依据交易信息的约束(如价格、品牌等多属性约束)和交易匹配的多个优化目标(如匹配度最大、社会福利最大、中介收益最大等),完成双方交易的优化匹配任务。由于买卖双方是多对多的关系,Pinker等<sup>[12]</sup>将这类网上交易(Web-Based Exchange)视为在线双向拍卖(double online auction)。詹文杰、汪寿阳等<sup>[13]</sup>根据交易规则中的买卖双方发生交易的不同条件,将双向拍卖划分为连续型双向拍卖和间隔型双向拍卖。依据这一思想,同时考虑到商品的多属性,本文将电子中介中多属性商品交易匹配等同于多属性在线双向拍卖中的交易匹配问题,并将现有的模型分为连续型交易匹配模型和间隔型交易匹配模型。目前,虽然已有不少学者就在线双向拍卖或多属性拍卖问题进行了研究,但是少有学者能将两者结合起来,即研究在线多属性双向拍卖中交易匹配(或称电子中介中多属性商品的交易匹配)的优化模型。接下来本文分别从连续型和间隔型两个方面就多属性商品交易匹配模型的现有研究情况进行综述。

### 1.1 连续型交易匹配模型

连续型交易匹配是指电子中介(企业)依据买卖双方交易信息,实时地完成优化匹配任务。

美国南佛罗里达大学 Fink 教授及其研究组对复杂商品(即多属性商品)连续交易匹配问题进行了深入研究<sup>[14-18]</sup>,并建立了相应的通用交易匹配模型。利用该模型,中介系统可以将买卖双方实时的买卖请求(即商品的多属性约束)按照属性分层存储,从而建立买方和卖方商品的存储树,如图 2 所示。

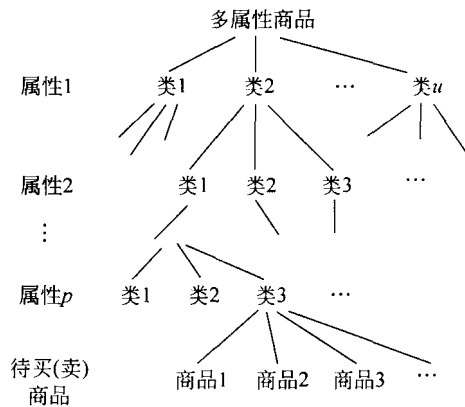


图 2 买(卖)方多属性商品的存储树

买卖请求由四元组表示,例如,买方的请求可表示为:  $(I_b, Price_b, max_b, min_b)$ ,其中  $I_b$  为商品集,  $Price_b$  为商品集的价格函数,  $max_b$  为商品购买数量的上限,  $min_b$  为商品购买数量的下限;同理,卖方的请求可以表示为  $(I_s, Price_s, max_s, min_s)$ ;如买卖双方产生交易匹配,必须满足如下条件: (1)  $i \in I_b \cap I_s$ ; (2)  $Price_s \leq P \leq Price_b$ ; (3)  $max(min_b, min_s) \leq size \leq min(max_b, max_s)$ 。除此之外,模型还将存储树分为两类,一类是索引树,该类树存储有确定属性的商品,设用四个属性(车型、颜色、年代、里程数)描述一辆汽车,则购买一辆价格不超过 19 000 美元且里程数在 20 000 英里以下的红色马自达汽车的请求即为有确定属性要求的商品,该商品存储在索引树中;另一类

是非索引树,该类树存储有非确定属性的商品,如出售价格为 18 000 美元的马自达新汽车,颜色任选,该请求中颜色是不确定的,所以该商品存储在非索引树中。交易匹配过程中匹配顺序为,先索引树后非索引树,匹配的目标是实现价值剩余最大。目前,Fink 等已将交易匹配模型成功应用于二手汽车交易系统,该系统每秒钟能实时处理几百个买(卖)家的交易请求,且系统可容纳 30 000 个买(卖)家,但是该系统尚不能处理带有数量折扣的多数量商品交易匹配,同时也无法实现两个非索引交易请求的匹配。

在金融交易市场方面,Gimpel 等<sup>[19,20]</sup>建立了多属性双向拍卖机制实现多属性商品连续交易匹配。匹配过程分为两个阶段:(1)如何为一个新的买卖请求找到匹配对象,形成匹配对;(2)匹配对确定后,怎样确定多属性商品最终的交易属性,例如,最终的交易价格。为解决上述交易匹配过程中的关键问题,在第一阶段,即匹配阶段,以个体的效用和社会的福利最大化为优化目标,获得最优的匹配对;然后在第二阶段,即仲裁阶段,Gimpel 等引入合作博弈论模型,并兼顾效率和公平,采用了 Nash 谈判解或 Kalai-Smorodinsky 谈判解确定最终的商品交易属性(如交易价格等)。目前,该模型已在一个基于客户/服务器的交易系统(meet-trade system)上实现了金融交易市场的连续交易匹配,该系统的一个重要特色在于能处理多属性的金融衍生商品,如期权和期货,而非单一的价格属性。

国内王红兵等<sup>[21]</sup>研究了一个以中间代理为核心的电子市场,通过沟通买卖双方,以帮助买卖双方实时地找到合适的交易伙伴,并为此提出了相应的交易匹配模型。该模型能处理商品的多个属性,诸如质量、价格或成本、数量、提交时间、提交成本和支付手段等,且具有两级资格认定,第一级认定使买方建立和维护可接受的卖方(供应商)列表,或使卖方建立和维护认定的购买方列表;第二级资格认定,让买(卖)方将其具体需求与卖(买)方提出的配额进行匹配。依据具体的适合程度,买(卖)方可找到最适当的卖(买)方,即适合程度最高。同时,模型的一个重要特性是在交易匹配过程中实现了需求隔离(供应聚集)和供应隔离(需求聚集)的功能,其本质是买卖双方商品交易的数量具有很强的灵活性,即一个买家可以从多个卖家购买商品,同时一个卖家亦可以将商品出售给多个买家。通过实例应用研究表明,在确定匹配视角(即买方视角或卖方视角)的前提下,该模型总能为买(卖)家提供最优匹配的卖(买)

家,但是该模型仅适合从买方或者卖方的单一视角进行匹配,无法同时考虑买卖双方相互最优的匹配。

可以看出,连续型交易匹配模型具有实时性强、匹配迅速等特点,适用于解决多属性商品实时交易信息的匹配问题,即当一个新的买卖请求(或称需求)进入中介系统后,电子中介如何实时地为其找到匹配的对象,从而得到一个最优匹配对,且在此之后进入的买卖请求不会对该最优匹配对有任何影响,也就是说一旦最优匹配对形成,交易即产生。但在现实的多属性商品交易中,较多情形并不是要求进行实时匹配,而是需要中介对某个时段内买卖双方交易信息进行匹配,例如对于房产交易,中介网站可能会将一天之内收集到的大量交易信息汇总,然后实现最优交易匹配,对此我们需要引入间隔型交易匹配模型。

## 1.2 间隔型交易匹配模型

间隔型交易匹配是指电子中介(企业)依据买卖双方的交易信息,按照预定的间隔时间周期性地完成优化匹配任务。与连续型交易匹配不同的是,间隔型交易匹配每次(即一个周期内)需要优化的信息量比连续型交易匹配要大得多,因而通常具有更好的流动性和更高的效率<sup>[22]</sup>,从而能为买卖双方找到更优的匹配对象,同时亦有利于电子中介企业获取更多的利润。为此,国内外学者就电子中介的间隔型交易匹配问题提出了相应的匹配模型,并涉及了多个领域的应用。

国外方面,Ryu<sup>[23]</sup>研究了多属性商品拍卖市场交易匹配机理,建立了以价值剩余最大化为目标的匹配模型,并将除价格和数量属性之外的其他属性约束进行分级处理,研究表明求解该模型得到的最优匹配对为稳定匹配对。Jung和Jo<sup>[24]</sup>将买方集合和卖方集合互为变量集和值域集,从而将电子中介中多属性商品交易匹配问题的模型转化为约束满足问题(Constraint Satisfaction Problem, CSP),约束便是各个节点对各自买或卖商品的属性要求值或属性值,其中包括硬约束和软约束,即模型中的约束条件。Kameshwaran和Narahari<sup>[25]</sup>研究了多单元同类多属性商品的交易匹配模型,并探讨了模型的特性,结果表明即便在只考虑价格和数量两个属性的情况下,依据买卖双方交易信息的结构,交易匹配模型亦可能成为NP-Hard难题。Engel和Wellman等<sup>[26]</sup>研究了多属性双向拍卖中买卖双方交易信息(投标书)的约束以及最优交易匹配问题,其中将交易信息约束分为四类,即NI(Bid AON and not aggregating,一次性不可聚集)、AD(Bid allows aggregation and divisibility,可聚集且可分割)、AI(Bid AON, allows aggregation,一次性可聚集)、ND(No aggregation, divisibility,不可聚集但可分割);接着结合多属性效用理论将交易匹配问题转换成一类网络流模型(Network flow models),并分析了四类交易约束信息对模型求解的影响。Dani和Pujari等<sup>[27]</sup>对具有不可分割交易约束的多属性双向拍卖进行了研究,文中以交易剩余最大以及浪费最小为优化目标建立了交易匹配模型,模型的特点在于,一方面考虑了不可分割的交易约束,另一方面将交易商品除价格之外的其他属性(如数量、规格(长、宽等))作为交易匹配优化目标的一部分,即浪费最小;该类模型尤其适合纸业和钢材业交易市场的匹配。Kim和Chung等<sup>[28]</sup>研究了货物配送的电子中介系统,该系统由发货人、送货人和中介组成,每个发货人将货物的货物量、发送时间窗及发送费用等其他属性要求交与中介,同时每个送货人亦将货物承载量、可工作时间段及送货费用等与发货人对应的属性交与中介,然后中介依据双方的信息建立以最大化送货人的利润为目标函数,承载量和时间等属性为约束条件的优化匹配模型。Placek和Buyya<sup>[29]</sup>建立了存储器服务的全球交易平台,包括存储器提供者(Storage Provider)、存储器客户(Storage Client)、存储器中介(Storage Broker)以及存储器交易(Storage Exchange),其中存储器交易是存储器中介实现交易的组件(场所),存储器拥有多个属性,如容量、上载率、下载率以及可用时间段,并为该平台设计了双向拍卖的市场交易匹配模型。Schnizler和Neumann<sup>[30]</sup>针对网络服务的分配与调度问题,建立了多属性组合交易匹配模型,模型的目标函数是最大化买卖双方的交易剩余(即最

大化社会福利),约束条件包括时间约束、组合约束和协同分配约束等。Gujo<sup>[31]</sup>研究了企业间物流服务交易匹配的问题,依据物流服务提供商(卖方)和顾客(买方)之间的供需关系,建立了多属性组合交易匹配模型,优化的目标是实现顾客的满意度最大化。

国内方面,张振华、汪定伟就电子中介中的商品交易匹配问题做了相应的研究工作<sup>[32-36]</sup>,文献[32]研究了电子中介中单件物品交易时的多属性匹配问题,以买方满意度最大为目标函数建立了该问题的多目标指派模型;文献[33]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;文献[34,35]分别介绍了交易匹配模型在旧房和旧车市场中的应用研究。文献[36]考虑了电子中介中匹配的三个目标,即买卖双方的满意度和中介的利润,建立了相应的多目标指派模型。蒋忠中、盛莹等<sup>[37,38]</sup>以C2C电子商务为实际背景,研究了在商品属性权重信息不完全的情况下买卖双方的交易匹配问题,并提出了相应的多目标决策模型。最近,樊治平、陈希<sup>[39,40]</sup>在上述研究基础上运用公理设计和二元语义等方法确定买卖双方交易的匹配度,并建立了多目标线性规划模型。上述关于间隔型交易匹配模型的应用研究为众多领域的电子中介中多属性商品交易匹配问题提供了有益的理论指导和决策支持。

综上所述,间隔型交易匹配模型通常属于数学规划模型,具有规模大、约束多等特点,适合于解决多属性商品某个时段内交易信息的匹配问题,由于交易信息量庞大,交易信息约束众多等特性,使得间隔型交易匹配模型的求解相对连续型交易匹配模型而言更具有挑战性。为此,在下面的章节中,我们将对两类模型的求解算法进行综述。

## 2 算法研究进展

目前,求解匹配模型的算法主要分为两大类:精确算法(Exact Algorithm)和启发式算法(Heuristics),其中,精确算法较多地应用于连续型交易匹配模型的求解;而间隔型交易匹配模型在规模相对不大时可用精确算法求解,但当规模较大时启发式算法更为有效。接下来重点探讨这两类算法的研究进展。

### 2.1 精确算法

精确算法指可求出最优解的算法。针对连续型交易匹配模型的求解,Fink等<sup>[14-18]</sup>提出了深度优先搜索和最好优先搜索两种算法。深度优先搜索算法首先通过搜索索引树得到满足买(卖)家匹配条件的所有叶子节点,然后依据买(卖)家的特性函数(该特性函数决定了买(卖)家对商品多个属性的偏好程度)从上述叶子节点中选取使得特性函数值最大的叶子节点作为该买(卖)家的匹配对象。当商品的某些属性具有单调性(如汽车的里程数)时,最好优先搜索算法通常比深度优先搜索算法更快。该算法亦分两步,第一步是从索引树中找出能与买(卖)家匹配的且是单调性属性的最小深度节点;第二步是从第一步得到的节点的子树中利用特性估计找到与之匹配的最优叶子节点,这里的特性估计基于一个子树上所有单调性属性的最优值组合。Gimpel<sup>[19-20]</sup>和王红兵等<sup>[21]</sup>提出较为相似的匹配算法,基本思想是依据实时进入中介系统的买(卖)家的请求和其给出的效用函数(或称适合函数),并通过效用函数确定该买(卖)家的匹配对象。例如:以买家请求为例,匹配算法的过程如下:(1)确立买家对各种商品属性的偏好;(2)通过买家的适合函数计算现有卖家的适合度;(3)按照适合度对卖家进行排序,显然排名第一的卖家即为最优的匹配对象。

精确算法亦应用于求解间隔型交易匹配模型,尤其适合于较小规模的线性规划匹配模型。Ryu<sup>[23]</sup>将建立的交易匹配模型视为一种指派问题,通过精确求解该指派问题得到一个最优匹配解的空间,然后运用稳定交易匹配算法从该空间得到最优且稳定的匹配对。Engel和Wellman等<sup>[26]</sup>运用

分支定界算法对建立的多属性交易匹配模型(即网络流模型)进行了求解。Dani 和 Pujari 等<sup>[27]</sup>针对交易匹配模型的特点提出了基于指派树的指派算法,该算法基本思想是从买卖双方中找出单位商品交易对目标函数最大化最有利的买家和卖家,然后最大化他们之间的交易数量;算法的时间复杂度为 $O(n^2)+O(n \log n)+O(n)$ ,这里  $n$  为买家和卖家的数量。Placek 和 Buyya<sup>[29]</sup>针对存储器中介的交易匹配模型,给出了优先适应、最大化交易剩余、利用率最优和最大剩余/利用率最优组合等四种算法,并给出了四种算法的计算结果分析,研究表明最大剩余/利用率最优组合的算法具有更好的性能。张振华<sup>[41]</sup>等考虑商品的多属性,给出了交易者按综合满意程度对满足自己约束对方的排序计算方法。将 Gale-Sharply 和 H-R 算法从理论上扩展到“ $p-k$ ”情况,用来解决电子中介处理稳定的多对多双边匹配问题。需要指出的是,当问题的规模较大时,上述精确算法很难在一个合理时间内求得模型的最优解,因而在这种情况下,启发式算法是一个更好的选择。

## 2.2 启发式算法

启发式算法是在算法的设计中嵌入一些该问题领域的“智能知识”,即一组启发式规则,算法在搜索过程中依据这些规则进行搜索,这有助于(1)改善算法求解的质量;(2)缩短算法找到最优解的时间;(3)算法可以有效地求得特定问题的最优解(或次优解)。与精确算法相比,启发式算法具有更高的搜索效率,因而适合求解较大规模的间隔型交易匹配模型。例如:Kim 和 Chung 等<sup>[28]</sup>根据货物配送中介交易匹配模型的特点,设计了贪婪随机自适应搜索的启发式算法(Greedy randomized adaptive search procedure, GRASP, 该算法最先由 Feo and Resende<sup>[42]</sup>1995 年提出)。算法分两个阶段,第一阶段是运用启发式规则构建一个初始解,启发式规则如下:配送任务依据一定的选择概率(该概率与其对中介的利润大小成正比)依次进入初始解中,直到所有能产生利润的任务都被选入初始解;第二阶段是对初始解重复进行插入和删除一个任务的操作,直到该解的目标函数值不能再进一步优化,即得到了该模型的最优(次优)解。结果表明该算法比动态规划法能更有效的求解文献<sup>[28]</sup>建立的交易匹配模型。张振华、汪定伟提出两类求解匹配模型的启发式算法。文献<sup>[32]</sup>提出了有指导随机搜索算法对经过理想点法转换得到的非线性指派模型进行求解,并通过实例验证了算法的有效性。文献<sup>[33]</sup>将多目标的交易匹配模型转换为单目标二分图最大权重匹配问题后,提出了求解该问题的优先贪婪算法,并通过与精确算法和标准贪婪算法进行比较,结果表明,优先贪婪算法全面优于标准贪婪算法,且在规模较大时,优先贪婪算法较精确算法在计算时间上具有明显的优势。

启发式算法虽然具有解决大规模间隔型交易匹配模型的能力。但通常的启发式算法还存在一些缺陷,如启发式规则仅适合于特定的模型或问题,一旦问题的结构发生改变则该启发式策略也许完全失效。近年迅速发展起来的元启发式算法(Meta-heuristics),或称现代启发式算法、智能优化算法等,是一类通用的且不依赖于问题的新型启发式算法,如遗传算法、模拟退火和禁忌搜索等,此类算法只要做少许修改就可以解决不同的实际问题,因而已成为求解大规模复杂问题的一种强有力方法。汪定伟<sup>[36]</sup>提出群落选址算法求解了多目标交易匹配模型。但值得一提的是,迄今为止使用元启发式算法求解间隔型交易匹配模型的文献并不多见。

由此可见,精确算法适合于求解小规模结构较简单的交易匹配模型。对于复杂的大规模交易匹配问题,如果采用精确算法获得最优解,通常需要花费很大代价,且难以得到理想结果,特别是对于间隔型交易匹配模型,由于交易信息量庞大,交易信息约束众多等特点,使得解决该类模型主要依赖于启发式算法。但是,现有的启发式算法研究多集中在针对特定问题的传统启发式算法研究,通常存在通用性较差等缺陷,因而,我们认为,如何在目前算法研究的基础上,提出和设计通用性更强,速度更快,效率更高的元启发式算法是非常值得探索的研究方向。

### 3 研究展望

虽然近几年有关电子中介中多属性商品交易匹配的研究已经开始受到少数学者关注,并取得了一定的研究成果,但是这些研究成果仅仅是初步的,仍有很多问题尚未得到有效的解决。近年来,作者结合主持的国家自然科学基金、中国博士后科学基金等项目的研究,对电子中介中多属性商品交易匹配模型与算法进行了初步探讨,并依据近一段时间该领域的动态和趋势,作者预计进一步的研究将会集中在以下几个方面:

(1) **匹配信息方面**。现有的研究成果绝大多数仅考虑电子中介多属性商品交易匹配中存在的对称且确定的交易信息。而在现实生活中,一方面,买卖双方可能给出模糊交易信息,如在二手车市场,卖家给出“出售九成新左右的丰田汽车一台,价格尽量不低于10万元”;另一方面,通常买方对商品属性的了解程度要远低于卖方,因而买方和卖方对商品属性的描述无论是内容上还是数量上都是不对称的。所以,如何确定这些不对称且模糊信息(属性)之间的匹配关系并计算它们之间的匹配度,最终实现优化匹配,是未来电子中介多属性交易匹配研究更为现实和新兴的方向。

(2) **匹配模型方面**。现有的研究成果绝大多数将匹配模型(尤其是对于间隔型交易匹配模型)的目标函数设为仅与价格有关,如交易剩余最大、交易额最大等,而除价格之外的其他属性均作为匹配的约束条件。事实上,其他属性之间的匹配度,如“质量、售后服务”在满足相应约束条件的情况下,也应作为模型的优化匹配目标之一。文献[32,37,38,39]虽然建立了初步的多属性匹配模型,但是,显然对于处理具有不对称模糊信息和复杂交易信息结构(例如多数量折扣价格,组合交易等)的优化匹配问题是不够的。此外,从电子中介企业的市场影响力角度出发,匹配模型的优化目标还应考虑最大化交易的匹配对数量。

(3) **匹配算法方面**。通过算法分析可以看出,目前求解电子中介中多属性交易匹配模型的元启发式算法较为缺乏。特别是对于具有不对称模糊交易信息和复杂交易信息结构的间隔型交易匹配问题,此时建立的匹配模型通常属于大规模的非线性多目标模糊规划模型,难以用现有算法求解。因而,未来算法方面的研究应在目前算法研究成果的基础上,提出和设计通用性更强,速度更快,效率更高的元启发式算法,求得交易匹配模型的最优解(或次优解)。

### 4 结论

基于电子中介的多属性商品交易匹配问题是近年来管理科学、运筹学、计算机科学和系统工程等领域备受关注的新兴研究方向,具有广阔的应用前景和重要的科学意义。本文探讨了电子中介的基本概念,并对电子中介中多属性商品交易匹配的模型与算法进行了综述。在此基础上,对于多属性商品交易匹配模型与算法的进一步研究方向做了分析展望,期望能为从事该领域研究的学者提供参考。

### 参考文献

- [1] IDC. 数字市场模式与预测. [EB/OL] <http://www.bjfar.com/News/25.html>.
- [2] DCCI. 2009 中国互联网受众指数测量报告. [EB/OL] <http://data.chinabyte.com/mfbgjd/164/3061164.sht ml>.
- [3] Wang D W, Nuttle H L W, Fang S C. Survey of e-commerce modeling and optimization strategies[J]. Tsinghua Science and Technology, 2005, Z1: 761-771.
- [4] Albers S, Clement M. Analyzing the success drivers of e-business companies[J]. IEEE Transactions on

- Engineering Management, 2007, 54(2): 301-314.
- [5] Yoon C. The effects of national culture values on consumer acceptance of e-commerce: Online shoppers in China [J]. Information and Management, 2009, 46(5): 294-301.
- [6] 陈禹. 电子商务——研究与展望[J]. 信息系统学报, 2009, 3(1): 101-102.
- [7] Blinov M, Patel A. An application of the reference model for open distributed processing to electronic brokerage [J]. Computer Standards & Interfaces, 2003, 25: 411-425.
- [8] Bichler M, Segev, A. A brokerage framework for internet commerce[J]. Distributed and Parallel Databases, 1999, 7: 133-148.
- [9] 张振华. 电子中介中交易匹配方法及其应用研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2005.
- [10] 蒋锡军. 电子商务中介的理论及实例研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.
- [11] Segev A, Beam C. Brokering strategies in electronic commerce markets[C]. Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce, Denver, CO, USA, 1999, 167-176.
- [12] Pinker E J, Seidmann A, Vakrat Y. Managing online auctions: Current business and research issues[J]. Management Science, 2003, 49(11): 1457-1484.
- [13] 詹文杰, 汪寿阳. 评“Smith 奥秘”与双向拍卖的研究进展[J]. 管理科学学报, 2003, 6(1): 1-12.
- [14] Fink E, Johnson J, Hershberger J. Fast-paced trading of multi-attribute goods[C]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Washington, DC, USA, 2003, 5: 4280-4287.
- [15] Fink E, Johnson J, Hershberger J. Multi-attribute exchange market: theory and experiments[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2671: 603-610.
- [16] Fink E, Gong J L, Hershberger John. Multi-attribute exchange market: Search for optimal matches[C]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, The Hague, The Netherlands, 2004, 5: 4140-4146.
- [17] Fink E, Johnson J, Hu J. Exchange market for complex goods: theory and experiments[J]. Netnomics, 2004, 6: 21-42.
- [18] Hershberger J. Exchanges for complex commodities: toward a general-purpose system for on-line trading[D]. Florida: University of South Florida, 2003
- [19] Gimpel H, Mäkiö J, Weinhardt C. Multi-attribute double auctions in financial trading[C]. Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology, Washington, DC, USA, 2005, 366-369.
- [20] Gimpel H, Mäkiö J. Towards multi-attribute double auctions for financial markets[J], Electronic Markets, 2006, 16 (2): 130-139.
- [21] 王红兵, 王铁成, 谢俊元. 智能买卖交互模型[J]. 计算机学报, 2003, 26(9): 1190-1195.
- [22] Economides N, Schwartz R A. Electronic call market trading [J]. Journal of Portfolio Management, 1995, 21(3): 10-18.
- [23] Ryu Y U. Hierarchical constraint satisfaction of multilateral trade matching in commodity auction markets[J]. Annals of Operations Research, 1997, 71: 317-334.
- [24] Jung J J, Jo G S. Brokerage between buyer and seller agents using Constraint Satisfaction Problem models[J]. Decision Support Systems, 2000, 28: 293-304.
- [25] Kameshwaran S, Narahari Y. Trade determination in multi-attribute exchanges [C]. IEEE International Conference on E-commerce, Newport Beach, USA, 2003: 173-180.
- [26] Engel Y, Wellman M P, Lochner K M. Bid expressiveness and clearing algorithms in multiattribute double auctions[C]. Proceedings of the 7th ACM conference on Electronic commerce, Ann Arbor, USA, 2006: 110-119.
- [27] Dani A R, Pujari A K, Gulati V P. Continuous call double auctions with Indivisibility constraints[C]. The 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service, Hongkong, China, 2005: 32-37.
- [28] Kim H K, Chung W J, Hwang H, Ko C S. A distributed dispatching method for the brokerage of truckload freights [J]. International Journal of Production Economics, 2005, 98: 150-161.



- [29] Placek M, Buyya R. Storage Exchange: A global trading platform for storage services[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006, 4128: 425-436.
- [30] Schnizler B, Neumann D, Veit D, Weinhardt C. Trading grid services-a multi-attribute combinatorial approach [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187: 943-961.
- [31] Gujo O. Multi-attribute inter-enterprise exchange of logistics services [C]. Proceedings of the 10th IEEE Conference on E-Commerce Technology and the Fifth IEEE Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services, Washington, D. C. , USA, 2008: 113-120.
- [32] 张振华, 汪定伟. 电子中介中的多属性匹配研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 4: 9-11.
- [33] 张振华, 汪定伟. 电子中介中的交易匹配研究[J]. 控制与决策, 2005, 20(8): 917-920.
- [34] 张振华, 汪定伟. 电子中介在旧房市场中的交易模型研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 492-499.
- [35] 张振华, 汪定伟. 电子中介在旧车交易中的匹配[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2005, 26(4): 216-218.
- [36] 汪定伟. 电子中介的多目标交易匹配问题及其优化方法[J]. 信息系统学报, 2007, 1(1): 102-109.
- [37] 蒋忠中, 盛莹, 樊治平, 袁媛. 属性权重信息不完全的双边匹配多目标决策模型的研究[J]. 运筹与管理, 2008, 17(4): 138-142.
- [38] Jiang Z Z, Fan Z P, Yuan Y. A matching approach for one-shot multi-attribute exchanges with incomplete weight information in E-brokerage [C]. The Sixth International Symposium on Management Engineering, Dalian, China, 2009, 1-8.
- [39] 樊治平, 陈希. 电子中介中基于公理设计的多属性交易匹配研究[J]. 管理科学, 2009, 22(3): 83-88.
- [40] 陈希, 樊治平. 电子采购中具有语言评价信息的交易匹配问题研究[J]. 运筹与管理, 2009, 18(3): 132-137.
- [41] 张振华, 贾淑娟, 曲衍国, 孙婧, 汪定伟. 基于稳定匹配的电子中介匹配研究[J]. 控制与决策, 2008, 23(4): 388-391.
- [42] Feo T A, Resende M G C. Greedy randomized adaptive search procedures[J]. Journal of Global Optimization, 1995, 6: 109-133.

## A Review on Matching Models and Algorithms of Multi-attribute Commodity Exchange in Electronic Brokerage

JIANG Zhongzhong<sup>1</sup>, SHENG Ying<sup>2</sup>, FAN Zhiping<sup>1</sup> & WANG Dingwei<sup>3</sup>

(1 School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004

2 College of Science, Northeastern University, Shenyang 110004

3 School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)

**Abstract** As an important sector of E-commerce, electronic brokerage has been a hot topic in this research field. Based on the concept of electronic brokerage, this paper summarizes the matching models of multi-attribute commodity exchange in electronic brokerage, and then the algorithms of the matching models are discussed. Finally, the further issues on models and algorithms of multi-attribute commodity exchange are proposed.

**Key words** Electronic brokerage, Multi-attribute commodity, Trade matching, Model, Algorithm

### 作者简介:

蒋忠中(1979— ),男,湖南祁阳人,东北大学讲师,博士。研究方向:系统建模与决策,智能优化算法等,E-mail: zzjiang@mail. neu. edu. cn。

盛莹(1981— ),女,辽宁沈阳人,东北大学助教,从事数值计算等研究。

樊治平(1961— ),男,江苏镇江人,东北大学教授,博导,从事决策分析等研究。

汪定伟(1948— ),男,江西彭泽人,东北大学教授,博导,从事复杂系统建模与优化等研究。