

基于冲突检测的供应链协同计划

蒋国瑞, 段晓敏, 张瀚林

(北京工业大学经济与管理学院, 北京 100124)

摘要: 在供应链协同计划中, 以供应链整体最优为目标做出的决策有可能引发个体理性和集体理性冲突。针对该问题, 在研究供应链协同计划时引入冲突检测方法, 建立供应链协同计划冲突检测模型, 采用 Agent 协商技术对检测到的冲突进行消解。仿真实例说明, 在供应链协同计划中引入冲突检测方法能及时发现供应链中存在的冲突, 有助于提高供应链协同计划的效率和科学性。

关键词: 冲突检测; 供应链协同计划; Agent 协商

Supply Chain Collaborative Planning Based on Conflict Detection

JIANG Guo-rui, DUAN Xiao-min, ZHANG Han-lin

(School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

【Abstract】 In supply chain collaborative planning, the decisions which are made to achieve the optimal objective of the whole supply chain may trigger conflict between individual rationality and collective rationality. Aiming at this problem, this paper introduces conflict detection method into the supply chain collaborative planning study, establishes a supply chain collaborative planning conflict detection model, and uses negotiation based on Agent to dispel the detected conflict. This model is simulated via an application example, and the results show that introducing conflict detection method into the supply chain collaborative planning can detect conflicts that exist in the supply chain in time, and it is helpful to improve efficiency and scientificity of supply chain collaborative planning.

【Key words】 conflict detection; supply chain collaborative planning; collaborative Agent

1 概述

市场全球化和日益加剧的竞争压力, 促使制造企业积极寻求采购、生产、分销计划的协同, 以降低成本, 提高响应速度。信息技术的高速发展为其提供了有力的技术支持, 因此, 近年来有关供应链协同计划的研究逐渐成为热点^[1]。供应链管理分布决策的一个特点是个体理性和集体理性的矛盾冲突, 解决这一冲突的办法不是否认个体理性, 而是设计一种机制, 在满足个体理性的前提下达到集体理性。基于这种思想, 人们提出了基于契约的协调方法^[2-6]。

现实中的契约复杂多样, 由于契约订立和施行涉及法规、政策等问题, 对契约的规范描述和建模非常困难。目前契约协调的研究主要针对较为简单的库存模型, 契约协调的实际意义受到很大局限^[7]。此类研究主要集中在出现冲突时寻找解决方案, 希望通过契约平衡供应链成员的决策目标, 使得供应链成员的决策目标和供应链整体目标趋于一致, 但在此过程中往往会造成供应链响应时间的延迟和供应链成本的提高。因此, 本文引入基于约束的冲突检测技术, 改进供应链协同计划流程, 以尽早发现供应链协同计划中可能存在的冲突并对其采取合理的方案进行消解。

2 供应链协同计划的冲突检测

2.1 冲突检测方法

基于约束的冲突检测技术是依据约束满足问题 (Constraint Satisfaction Problem, CSP) 及其求解算法的思想来进行的^[8]。基于约束的冲突检测技术是目前冲突检测研究中常用的方法之一, 也是比较符合供应链协同计划特性的一项冲突检测技术。在供应链协同计划过程中, 存在着许多约束关系, 如成本、时间、库存水平等。这些约束制约着供应链

协同计划的进行。一个供应链协同计划问题就是在一系列约束要求下为供应链协同中处理客户订单时寻找合适的值来满足这些约束要求。因此, 一个供应链协同计划问题可以看作一个约束满足问题, 即对各订单寻找合适的解决方案, 来满足供应链中各约束要求, 如果找不到合适的解决方案, 则说明存在冲突。此时要对此冲突进行归档和分析, 以提出合适的冲突消解方案。

约束满足问题的数学描述如下^[9]: 设 x_i 是一个变量, 每个变量 x_i 有一个定义域 d_i , 则变量 x_i 的集合记为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; 定义域的集合记为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$; 设 c_j 为一个约束, 则约束 c_j 的集合记为 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ 。每个约束 c_j 由变量集 $V(c_j)$ 和关系 $R(c_j)$ 两部分构成。其中, $V(c_j) = \{x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k}\}$, 变量 x_{j_k} 的定义域为 d_{j_k} , $i = \{1, 2, \dots, n\}$, $j = \{1, 2, \dots, m\}$, $k < n$; 关系 $R(c_j) = R(x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_k}) \subseteq d_{j_1} \times d_{j_2} \times \dots \times d_{j_k}$ 。

约束满足问题的求解过程是一个搜索过程, 即对于所有变量 x_i , 都能够从其值域 d_i 中找到至少一个值, 形成一个 n 元组满足所有的约束条件。当存在一个解集, 使其中所有变量的值能同时满足所有的约束, 称此解集为约束网络的一个解^[10]。基于约束的冲突检测实际上就是判断问题是否有

基金项目: 北京市社会科学规划办公室重点课题基金资助项目“北京现代制造企业供应链协同优化问题研究”(S0011790200901)

作者简介: 蒋国瑞(1954 -), 男, 教授、博士, 主研方向: 管理信息系统, 决策支持系统; 段晓敏, 硕士; 张瀚林, 博士

收稿日期: 2009-10-30 **E-mail:** jianguoruibjut@126.com

解, 如果没有, 则存在冲突^[11]。

2.2 供应链协同计划中的冲突检测模型

约束满足问题在供应链协同计划中有其特殊性, 表现为供应链协同计划的变量约束网络相互影响紧密, 例如供应链协同计划的成本约束、时间约束和供应链库存水平约束互为条件又相互制约。因此, 可把供应链协同计划问题用 CSP 理论描述为变量集 X 、变量的定义域集 D 和必须满足的约束集 C 所构成的三元组 $CSP = \{X, D, C\}$ 。

设 $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, $D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$, $C = \{c_1, c_2, c_3\}$, 其中, x_1 表示产品生产时间; x_2 表示产品生产数量; x_3 表示产品库存数量; x_4 表示产品运输时间; $d_1 = (0, +\infty)$; $d_2 = (0, +\infty)$; $d_3 = [a, b]$, $a, b \in N$ 且 $a < b$, a 表示安全库存水平, b 表示最高库存量; $d_4 = (0, +\infty)$; c_1 表示时间约束; c_2 表示成本约束; c_3 表示产品需求量约束。供应链协同计划中是否存在冲突的条件, 就是其对应的约束满足问题是否有解, 如果没有解, 则说明存在冲突; 如果有解, 则说明没有冲突。

假设某订单的交货期为 T , 订货量为 Q , 单个产品支付价格为 P , 而此时供应链中产品单位产量的生产成本为 u_1 , 单位时间内单位数量产品的库存成本为 u_2 , 单位数量单位时间内的运输成本为 u_3 , 生产厂商给出的最短生产时间为 t_1 , 运输商给出的最短运输时间为 t_2 , 以整条供应链为冲突检测对象, 此时供应链协同计划冲突检测模型可以表示为

$$F(U, I) = \begin{cases} 0 & (U - I) < 0 \\ 1 & (U - I) \geq 0 \end{cases}$$

其中, I 为订单收入, $I = QP$; U 为供应链最小成本 $U = \min Z = x_2 u_1 + x_1 x_3 u_2 + Q x_4 u_3$, $x_1 + x_4 \leq T$, $x_2 + x_3 \leq Q$, $x_1 \geq t_1$, $x_2 > 0$, $a \leq x_3 \leq b$, $x_4 \geq t_2$ 。如果 $F = 0$, 则冲突不存在, 接受订单; 如果 $F = 1$, 则冲突存在, 需要进行冲突消解, 冲突消解之后接受订单, 如果冲突不可消解, 则拒绝订单。

3 供应链协同计划的冲突消解

3.1 冲突消解的 Agent 结构

本文采用 Agent 技术, 用 Agent 代表供应链中各成员企业, 利用 Agent 的智能性、自治性和协作性来消解供应链协同计划中的冲突问题。参考文献[12], 本文把参与协商的 Agent 分为 2 类: 发起 Agent 与合作 Agent。发起 Agent 接收到需要消解的冲突问题后发起协商, 它始终管理着整个协商过程; 合作 Agent 指协商的参与者。在供应链协同计划中通常一个协商问题有多个合作 Agent, 对应多个客户、供货商以及运输商, 但只有一个发起 Agent, 即生产商。本文 Agent 的体系结构如图 1 所示。

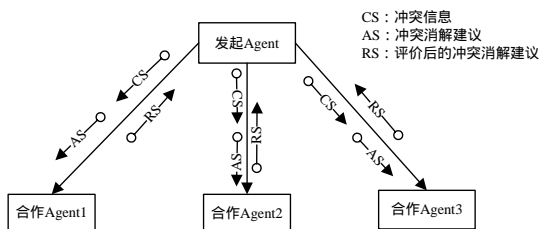


图 1 参与协商的多 Agent 体系结构

3.2 基于多 Agent 的冲突消解流程

基于 Agent 的冲突协商消解流程如图 2 所示。在冲突消解协商过程中, 发起 Agent 和合作 Agent 交替地提出自己的冲突消解建议。

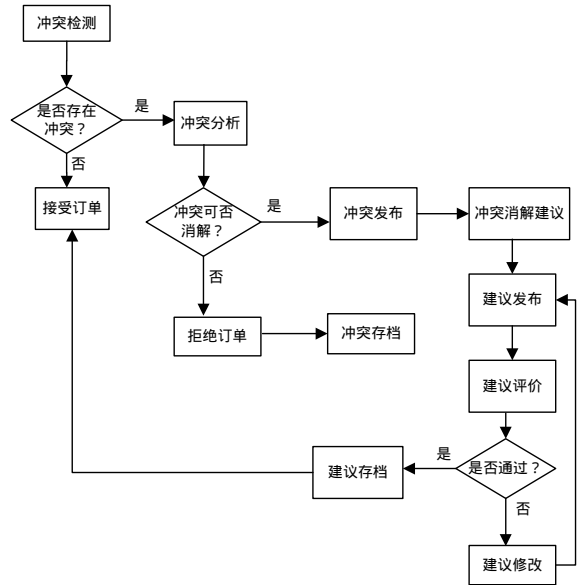


图 2 基于 Agent 的冲突协商消解流程

和供应链中的成员企业一样, 每个 Agent 具有不同的约束网络和偏好, 这些约束和偏好是 Agent 自身的私有信息, 封装在 Agent 的偏好模型里, 不被其他 Agent 所知。每个参与协商的 Agent 具有自己的评价函数。在协商中, Agent 根据自身偏好和约束, 利用自身评价函数对协商中的冲突消解建议进行评价, 得出对此冲突消解建议的偏好水平。发起 Agent 还要对冲突消解建议进行全局评价, 得出对此冲突消解建议的全局偏好水平。

由于冲突检测时已经分析出冲突存在的点及其不满足的约束, 因此在协商时 Agent 不需要知道其他 Agent 的约束网络和偏好细节, 只需针对冲突问题来进行协商即可。冲突消解的具体步骤如下:

(1)冲突检测和分析。当接到一个新的客户订单时, 进行冲突检测。当检测到系统存在冲突时, 对冲突问题进行分析。如果冲突可消解则把冲突问题发送给发起 Agent, 发起 Agent 发布冲突, 并组织合作 Agent 进行协商以消解冲突。如果冲突不可消解则拒绝订单, 并进行冲突存档, 为下次冲突检测提供判断依据。

(2)冲突发布发起 Agent 向合作 Agent 发布冲突。

(3)提出冲突消解建议。针对冲突问题, 每一个合作 Agent 根据自己的计划安排表及偏好模型, 产生一系列冲突消解建议, 这些建议根据其偏好水平(依从大到小的顺序)置于其偏好向量中。

(4)建议发布。合作 Agent 产生的冲突消解建议传递给发起 Agent, 发起 Agent 结合合作 Agent 的冲突消解建议提出新的冲突消解建议, 并连同建议的全局偏好水平存放于全局偏好评价向量中。发起 Agent 根据建议的全局偏好水平, 从全局偏好评价向量中选择下一个最优建议予以公布。

(5)建议评价。每一个合作 Agent 对接收到的建议进行评价并回复, 如果建议是可接受的, 则回复“接受”并返回偏好水平; 否则, 回复“拒绝”, 转到步骤(7)。

(6)协商发起 Agent 更新全局偏好评价向量。发起 Agent 综合合作 Agent 的回复, 计算建议的全局偏好水平, 更新全局偏好评价向量。

(7)建议修改。合作 Agent 选择一个比发起 Agent 提出的建议具有更高偏好水平的反建议, 并把它发送给发起

Agent。

(8)发起 Agent 综合合作 Agent 的修改后的建议,更新全局偏好评价向量。返回步骤(4)。结束条件如下:

1)无法找到解。当任意一个参与等级为必须的 Agent 拒绝所有建议并且没有提出反建议时,意味着在所有可能建议中无法找到解,冲突不可消解。在这种情况下,拒绝订单。

2)找到最优解。若找到了最优解,即所有 Agent 均接受步骤(4)发布的建议,则执行下一步。

(9)确认并提交。向所有 Agent 宣布一个建议被接受,合作 Agent 将协商结果提交给自己的计划安排表,此时接受订单。

4 实例分析

为验证该模型,本文针对北京市北方印刷机电器厂的原料采购问题进行仿真。北方印刷机电器厂是一家客户导向型企业,接到订单后再安排生产。由于印刷机电器配件的技术含量较高,目前其所处的印刷机供应链已经形成了比较稳定的供应链结构。但在生产过程中仍存在由于生产能力制约和客户订单的随机性之间的冲突造成停工待料的情况,使得交货期延期,引起客户不满,不利于公司客户服务水平的提高。

采用 IBM WebSphere Business Modeler 软件(6.0.1 版本),对北方印刷机电器厂原有的原材料采购业务流程建模,命名为 As-Is Model,同时对引入了冲突检测技术和 Agent 协商算法的改进后的原材料采购业务流程建模,命名为 To-Be Model。以订单完成时间和完成订单需要花费的成本为监测指标。分别在 2 个模型里输入工厂提供的单个订单、月计划订单、年计划订单的数据,运行模拟,可得到 2 类模型完成订单所花费的时间(如表 1 所示),以及完成订单需要花费的成本(如表 2 所示)。

表 1 完成订单需要花费的时间 h

模型	单项订单	月计划订单	年计划订单
	所用时间	所用时间	所用时间
As-Is Model	847	1 222	4 723
To-Be Model	577	739	2 621

表 2 完成订单需要花费的成本 元

模型	单项订单成本	月计划订单成本	年计划订单成本
As-Is Model	15 339	460 167	5 522 004
To-Be Model	11 268	338 064	4 056 768

从表 1 可以看出,由于冲突的存在,采用 As-Is Model 造成较高的时间花费,利用 To-Be Model 得到的计划消除了所有的订单冲突,完成单项订单所花费的时间缩短了 270 h;完成月计划订单所花费的时间缩短了 483 h;完成年计划订单所花费的时间模型缩短了 2 102 h。从表 2 可以看出,同样由于冲突的存在使 As-Is Model 得到的成本值较高,采用 To-Be Model 消除冲突后,基于新计划完成单项订单花费的成本降低 4 071 元,完成月计划订单花费的成本降低了 122 103 元,完成年计划订单花费的成本降低了 1 465 236 元。

另外,通过 IBM WebSphere Business Modeler 软件提供的分析工具得到 To-Be Model 和 As-Is Model 订单完成的延迟时间(如表 3 所示)。比较 2 类模型模拟的结果,可验证在供

应链协同计划中引入基于约束的冲突检测技术的优越性。从表 3 可以看出,与 As-Is Model 相比,To-Be Model 减少了订单完成延迟时间。

表 3 完成订单的延迟时间 h

模型	完成订单的延迟时间
As-Is Model	667
To-Be Model	321

由模拟结果可知,在供应链协同计划中引入基于约束的冲突检测技术并利用 Agent 协商技术,能够有效地解决由于生产能力制约和客户订单的随机性之间的冲突引起的产品延期交付问题。

5 结束语

本文在供应链协同计划中引入冲突检测技术,在接受订单之前发现执行该订单时可能存在的冲突,并利用 Agent 协商技术对冲突进行消解,避免发生订单执行过程中供应链成员之间由于发生不可消解的冲突而导致违约的情况。通过实例分析可以看出,在供应链协同计划中运用冲突检测技术,可以减少供应链资源浪费和违约情况的发生,节省成本,提高供应链的整体绩效。

参考文献

- [1] 陈淮莉,张洁,马登哲.基于成本和时间平衡优化的供应链协同计划研究[J].计算机集成制造系统,2004,10(12):1518-1522.
- [2] Lariviere M A,Porteus E L.Selling to the Newsvendor: An Analysis of Price-only Contracts[J].Manufacturing and Service Operations Management,2001,3(4):293-305.
- [3] Monahan J P.A Quantity Discount Pricing Model to Increase Vendor Profits[J].Management Science,1984,30(6):720-726.
- [4] Weng Z K.Channel Coordination and Quantity Discounts[J].Management Science,1995,41(9):1509-1522.
- [5] Lee H,Whang S.Decentralized Multi-echelon Supply Chains: Incentives and Information[J].Management Science,1999,45(5):633-640.
- [6] Fransoo J C,Wouters M J F,Kok T G.Multi-echelon Multi-company Inventory Planning with Limited Information Exchange[J].Journal of Operational Research Society,2001,52(7):830-838.
- [7] 周威.分布与不确定环境下的供应链计划优化[D].北京:清华大学,2005.
- [8] Jaulin L.Interval Constraint Propagation with Application to Bounded-error Estimation[J].Automatica,2000,36(10):1547-1552.
- [9] 谢洪潮,陈大融,孔宪梅.协同设计中基于约束的冲突检测[J].中国机械工程,2002,13(18):1590-1593.
- [10] 朱湘毅,唐泉,陈文培,等.并行工程中基于约束的冲突检测研究[J].机械科学与技术,2000,19(5):849-852.
- [11] 赵慧设,田凌,董秉枢.协同设计中基于约束的冲突检测与协商技术[J].计算机集成制造系统,2002,8(11):103-109.
- [12] 孔莲芳,罗天德.基于 Agent 的分布式协商策略在供应链动态计划中的应用[J].计算机集成制造系统,2006,12(7):1128-1133.

编辑 顾姣健

(上接第 246 页)

- [4] 彭志刚,张记会,徐心和.基于遗传算法的知识获取及其在故障诊断中的应用研究[J].信息与控制,1999,28(5):391-395.
- [5] Potte M A,Jong K A D.A Cooperative Co-evolutionary Approach to Function Optimization[C]//Proceedings of the 3rd Conference on

Parallel Problem Solving from Nature. [S. l.]: Springer-Verlag, 1994.

- [6] 王树锋,吴耿锋,潘建国.一种从海量不完备决策表中抽取规则的方法[J].计算机工程,2008,34(6):67-69.

编辑 索书志