

[经营·管理]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.02.019

基于遗传算法的多源多周期采购决策优化

杨倩, 胡燕海*

(宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为了降低供应链网络采购成本同时避免单源采购的风险, 课题组研究了多源采购中多周期和多原料的供应链订单分配问题。考虑价格折扣和采购量的约束, 建立了以期望成本最小化为目标的非线性规划模型, 并采用遗传算法进行优化计算。设计了遗传算法双层编码染色体及相应的遗传算子, 以 MATLAB 为平台进行优化。将算例分别采用遗传算法和启发式算法进行计算, 计算结果验证了所设计的遗传算法是有效的。该研究可以协同优化多制造商对多供应商的订单分配问题, 降低采购风险。

关键词: 生产管理; 多源采购; 订单分配; 多周期; 非线性规划模型; 遗传算法

中图分类号: TH186

文献标志码: A

文章编号: 1005-2895(2020)02-0103-05

Multi-Source and Multi-Cycle Procurement Decision Optimization Based on Genetic Algorithm

YANG Qian, HU Yanhai*

(Faculty of Mechanical Engineering & Mechanics, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

Abstract: In order to reduce the cost of supply chain network procurement and avoid the risk of single-source procurement, the distribution of supply chain orders for multi-cycle and multi-material in multi-source procurement was studied. A nonlinear programming model with the objective of minimizing expected cost was established by considering the price discount and purchase quantity constraints, and genetic algorithm was adopted to optimize the calculation. Genetic algorithm with double coding chromosome and corresponding genetic operator were designed and MATLAB was used as the platform for optimization. Genetic algorithm and heuristic algorithm were used to calculate the example respectively. The results show that the designed genetic algorithm is effective, which can coordinate to optimize the order allocation problem for multi-manufacturers to multi-suppliers and reduce the purchase risk.

Keywords: production management; multi-source procurement; order allocation; multi-cycle; nonlinear programming model; genetic algorithm

订单分配决策作为多源采购决策的核心议题, 直接影响企业的生产成本。如何将订单数量在供应商之间进行科学地分配, 是企业采购过程中的重要决策。

国内关于多源采购决策的相关研究较多。刘钰琛等^[1]研究了单分销商向多供应商的订货批次及批量问题; 潘伟^[2]在供应中断风险下对选择单源或双源采购进行了研究; 戴卓^[3]讨论了需求量和距离对供应链总成本的影响; 龙菲^[4]构建了供应中断风险下, 总成本

及服务水平的双目标模型; 郝娟^[5]研究了在缺货情况下, 供应链的生产-分销协同优化问题; 徐艳飞^[6]阐述了在价格折扣、不确定需求、多供应商及多产品等约束下的最优订单分配模型。

国外 Meena 等^[7]将价格折扣、供应中断考虑进多源采购问题。Christoph 等^[8]研究了随机需求下的多源采购问题。

但是目前的研究大多讨论单周期的采购问题, 较

收稿日期: 2019-09-28; 修回日期: 2019-12-11

基金项目: 国家自然科学基金(51705263); 宁波市重大科技专项(2017C110030)。

第一作者简介: 杨倩(1995), 女, 江苏镇江人, 硕士研究生, 主要研究方向为供应链管理。通信作者: 胡燕海(1966), 男, 浙江宁波人, 教授, 主要研究方向为生产运作管理、机电产品研发。E-mail: huyanhai@nbu.edu.cn

少考虑多种原材料,有的只考虑到整个供应链的采购是多供应商,从单个制造商的角度而言只选择最优的某个供应商,还是属于单源采购^{[3]5}。课题组在确保每个制造商的每种原材料至少由2个供应商供货以降低风险的前提下,引入价格折扣及订货量约束,建立多源采购模型,设计合适的遗传算法,通过算例验证该算法优于启发式算法,适合解决此类问题。

1 问题描述及数学模型

1.1 问题描述

如图1所示,该多源供应链的多个制造商生产同一种产品,生产该产品所需的每种原材料有多个供应商供货,且各供应商给出的价格折扣不同。每个制造商在每个周期中所需的每种原材料都必须在多个供应商中选择2个或2个以上供应商。多源采购供应链优化旨在从整体的角度协同优化多个制造商的订单分配,以取得制造商总成本最低的目的。

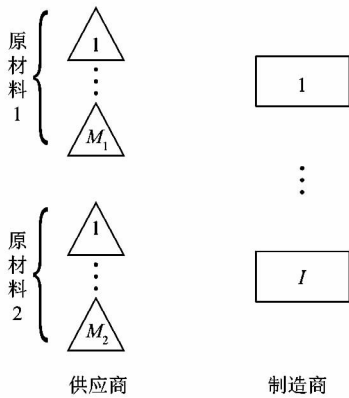


图1 多源采购供应链

Figure 1 Multi-source procurement supply chain

1.2 模型的假设条件

模型的假设条件:

- 1) 本模型涉及多周期、多种原材料。
- 2) 各制造商每周所需的产品数量已知。
- 3) 各个周期、每个制造商的每一种原材料都必须从2个或2个以上供应商处采购,各供应商可向多个制造商供货。
- 4) 供应商到制造商的距离及单位运费是确定的。
- 5) 各供应商有最低采购量和生产能力约束。
- 6) 若某一周期某制造商的采购量大于需求量,则产生库存费用;反之,则产生缺货费用。
- 7) 各周期各制造商都按一定比例采购各种原材料。
- 8) 各供应商给出的价格折扣已知。

1.3 参数设置

本模型中,参数定义如表1所示,决策变量定义如表2所示。

表1 模型参数定义

Table 1 Definition of model parameter

参数	定义
T_C	制造商总成本
n	第 n 种原材料, $n = 1, 2, \dots, N$
m_n	原材料 n 的供应商序列, $m_n = 1, 2, \dots, M_n$
i	制造商序列, $i = 1, 2, \dots, I$
t	供应链生产周期序列, $t = 1, 2, \dots, T$
C_{mn}	原材料 n 的供应商 m_n 提供的单位原材料 n 的基础价格
d_{mn}	原材料 n 的供应商 m_n 提供的价格折扣
V_{mni}	供应商 m_n 到制造商 i 单位运输费用
W_{iE}	制造商 i 的单位库存成本
W_{iF}	制造商 i 的单位缺货成本
g_{it}	第 t 周期制造商 i 的需求量
θ_n	产品与原材料 n 的比例关系
D_{mn}	原材料 n 的供应商 m_n 的产能
L_{mn}	原材料 n 的供应商 m_n 的最低采购量

表2 决策变量定义

Table 2 Definition of decision variables

变量	定义
y_{mni}	第 t 周期制造商 i 是否选择供应商 m_n
x_{mni}	第 t 周期制造商 i 向供应商 m_n 的采购量
x_{iE}	第 t 周期制造商 i 的超额采购量
x_{iF}	第 t 周期制造商 i 缺货量
k_{it}	第 t 周期制造商 i 完成产品量

1.4 模型建立

目标函数:

$$\min T_C = \sum_{n=1}^N \sum_{m_n=1}^{M_n} \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (C_{mn} d_{mn} + V_{mni}) x_{mni} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (W_{iF} x_{iF} + W_{iE} x_{iE}); \quad (1)$$

$$\text{其中, } d_{mn} = \begin{cases} d_1, Q_1 \leq x_{mni} < Q_2; \\ d_2, Q_2 \leq x_{mni} < Q_3; \\ d_3, Q_3 \leq x_{mni} \circ \end{cases}$$

st. :

$$\theta_n \sum_{m_n=1}^{M_n} x_{mni} = k_{it}, \forall n, i, t; \quad (2)$$

$$\theta_n \sum_{m_n=1}^{M_n} x_{mni} + x_{i(t-1)E} - x_{i(t-1)F} - x_{iE} + x_{iF} = g_{it}, \forall n, i, t; \quad (3)$$

$$L_{mn} \leq x_{mni} y_{mni} \leq D_{mn}, \forall n, m_n, i, t; \quad (4)$$

$$\sum_{m_n=1}^{m_n=M_n} y_{mni} \neq 1, \forall n, m_n, i, t; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{mni} \leq D_{mn}, \forall n, m_n, t; \quad (6)$$

$$\theta_n \sum_{m_n=1}^{m_n=M_n} \sum_{t=1}^T x_{mni} = \sum_{t=1}^T g_{it}, \forall n, i; \quad (7)$$

$$y_{mni} \in \{0, 1\}, \forall n, m_n, i, t; \quad (8)$$

$$x_{mni}, x_{itE}, x_{itF} \text{ 为非负整数, } \forall n, m_n, i, t. \quad (9)$$

目标函数式(1)的第1项表示 N 种原材料的购买成本及运输成本,第2项表示制造商过度购买引起的库存成本和未满足需求引起的缺货成本。式(2)表示各周期各制造商采购的各种原材料要保持适当的比例。式(3)表示各周期各制造商的产品量与缺货、库存之间的平衡关系。式(4)是各供应商采购量的取值范围限制。式(5)表示各周期各制造商的每种原材料不能只选择一个供应商。式(6)是不同原材料每个供应商的生产能力限制。式(7)表示每个制造商各周期生产产品总量等于各周期产品需求总量。式(8)表示各供应商有被选择和不被选择两种情况。式(9)表示各变量都为非负整数。

2 遗传算法

2.1 遗传算法描述

遗传算法是借鉴遗传学原理的优化算法,被广泛用于求解运输问题、供应链网络问题以及选址分配问题等。

遗传算法的基本步骤如下:

- 1) 选择染色体的编码和解码策略;
- 2) 确定适应度函数;
- 3) 生成初始种群;
- 4) 按照适应度大小进行选择操作;
- 5) 按照一定的概率进行交叉和变异操作;
- 6) 若满足终止条件,则以适应度最大个体作为最优解输出,终止迭代;否则返回步骤4)。

2.2 编码设计

本模型采用双层编码,第1层 y_{mni} 采用0~1编码,供应商未被选择时为0,供应商被选择时为1。第2层 x_{mni} 采用整数编码,每个整数代表制造商向供应商的采购量。该编码方式含义明确,并且不需要解码,提高了传输速率。

根据本研究中供应链结构的特点,设计的染色体 X, Y 都由 N 个子染色体构成,即 $X = [X_1 X_2 \cdots X_N]$, $Y = [Y_1 Y_2 \cdots Y_N]$, N 为原材料个数, X 的每个子染色体分别代表其对应原材料的各供应商的采购量, Y 的每

个子染色体分别代表其对应原材料的各供应商被选择情况。

以子染色体 n 为例, X_n 为 $(M_n * T) \times I$ 的矩阵,其表示 I 个制造商在 T 个周期内分别向原材料 n 的 M_n 个供应商的采购量。

$$X_n = \begin{bmatrix} x_{111} & \cdots & x_{1i1} & \cdots & x_{1I1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{mn11} & \cdots & x_{mni1} & \cdots & x_{mnI1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{Mn11} & \cdots & x_{Mni1} & \cdots & x_{MnI1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{11t} & \cdots & x_{1it} & \cdots & x_{1It} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{mn1t} & \cdots & x_{mnit} & \cdots & x_{mnIt} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{Mn1t} & \cdots & x_{Mnit} & \cdots & x_{MnIt} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{11T} & \cdots & x_{1iT} & \cdots & x_{1IT} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{mn1T} & \cdots & x_{mniT} & \cdots & x_{mnIT} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{Mn1T} & \cdots & x_{MniT} & \cdots & x_{MnIT} \end{bmatrix} \circ$$

2.3 适应度函数

本模型需要获得制造商总成本最小时的采购方案,所以直接选取目标函数作为适应度函数,评价解的优劣。

2.4 生成初始种群

根据约束,随机产生具有确定规模的可行解作为初始种群。

2.5 遗传策略

1) 交叉

设置种群的交叉概率为 P_c 。随机选取2条染色体,当满足交叉条件时,随机产生2个交叉点 $t_1, t_2 \in [1, T]$,将染色体1的 t_1 周期数据与染色体2的 t_2 周期数据进行交换。

2) 变异

设置种群的变异概率为 P_m 。随机选取一条染色体,当满足变异条件时,随机产生2个变异点 $t_1, t_2 \in [1, T]$,将染色体 t_1, t_2 周期的数据进行交换。

3) 修复

染色体经过交叉和突变后,将存在染色体所有周期的总采购量不等于总需求量的情况,即不满足约束

(7), 所以需要修复这些非法染色体。以采购总量小于需求总量为例, 修复步骤为: 根据当前采购量计算原材料 1 的各供应商提供的单价, 按价格由低到高依次增加采购量, 同时调整同周期其他原材料的采购量, 使染色体满足原材料比例约束, 调整方式也是根据该周期内供应商单价由低到高增加采购量。

3 启发式算法

每个周期制造商按照各供应商的生产能力将订单按比例分配给每个供应商^[9-10], 因此不存在缺货和库存。以原材料 1 为例, 第 t 周期制造商 i 向原材料 n 的 m_n 供应商的采购量

$$x_{mnit} = \frac{D_{mn}}{\sum_{m_n=1}^{M_n} D_{mn}} \times g_{it} \quad (10)$$

4 算例分析

4.1 符号赋值

本研究中的模型考虑以下情况: 4 个周期, 3 个制造商, 2 种原料, 每种原料有 3 个供应商。原料 1 的单位运输费用 $V_{m1} = 0.02$ 元/km, 原料 2 的单位运输费用 $V_{m2} = 0.01$ 元/km, 缺货成本为 20 元/件, 库存成本为 5 元/件。原料 1 的基础价格 $C_{m1} = 200$ 元/件, x_{mnit} 原料 2 的基础价格 $C_{m2} = 100$ 元/件, 供应商的产能和价格折扣如表 3 所示。供应商到制造商的距离如表 4 所示。制造商 4 个周期的需求如表 5 所示。其他相关数: $\theta_1 = 1, \theta_2 = 1$ 。

表 3 供应商的产能与价格折扣

Table 3 Capacity and price discounts of supplier

原材料	供应商	最低购 量/件	产能/件	采购量 区间/件	对应价格 折扣
1	1	300	6 000	1 000 ~ 2 000	0.88 ~ 0.78
	2	200	5 000	800 ~ 1 500	0.90 ~ 0.85
	3	100	4 000	500 ~ 900	0.92 ~ 0.89
2	1	300	8 000	1 000 ~ 2 000	0.88 ~ 0.75
	2	200	7 000	850 ~ 1 500	0.89 ~ 0.80
	3	100	6 000	400 ~ 800	0.95 ~ 0.90

表 4 供应商与制造商的距离

Table 4 Distance between supplier and manufacture

原材料	供应商	距供应商的距离/km		
		制造商 1	制造商 2	制造商 3
1	1	2 000	1 900	1 600
	2	1 500	1 600	1 700
	3	1 800	1 900	1 000
2	1	1 300	1 600	1 550
	2	2 560	1 380	1 100
	3	1 580	1 200	1 680

表 5 制造商各周期需求量

Table 5 Demand of manufacture in each cycle

距离	各周期需求量/件		
	制造商 1	制造商 2	制造商 3
g_{11}	3 500	2 800	4 100
g_{12}	4 200	3 200	2 800
g_{13}	2 500	4 600	3 100
g_{14}	3 000	2 800	3 400

4.2 算例结果

课题组以 MATLAB 8.3 为平台进行编程及仿真求解, 算法各参数设置如下: 种群大小 $N = 2\ 000$, 最大遗传代数 $G_{en} = 2\ 000$, 交叉概率 $P_c = 0.6$, 变异概率 $P_m = 0.05$ 。遗传算法得到的最优解是 11 482 340, 2 种原材料相应的订单分配方式分别如表 6 和 7 所示。采用启发式算法获得的最优解为 12 702 711, 遗传算法比启发式算法求解的期望成本降低 9.61%。

表 6 制造商向原材料 1 供应商的采购量

Table 6 Manufacturer's purchase from raw material 1 supplier

周期	供应商	采购量/件		
		制造商 1	制造商 2	制造商 3
1	1	0	2 706	3 294
	2	3 400	0	0
	3	100	100	671
2	1	0	3 127	2 873
	2	4 100	0	0
	3	100	100	100
3	1	0	3 032	2 968
	2	2 400	1 529	0
	3	100	0	100
4	1	0	2 706	3 294
	2	2 900	0	0
	3	100	100	100

表 7 制造商向原材料 2 供应商的采购量

Table 7 Manufacturer's purchase from raw material 2 supplier

周期	供应商	采购量/件		
		制造商 1	制造商 2	制造商 3
1	1	3 400	0	3 865
	2	0	2 706	0
	3	100	100	100
2	1	4 100	0	2 873
	2	0	3 127	0
	3	100	100	100
3	1	2 400	0	2 968
	2	0	4 461	0
	3	100	100	100
4	1	2 900	0	3 294
	2	0	2 706	0
	3	100	100	100

5 结语

课题组为研究降低制造商的总成本,在多供应商多制造商的采购问题中,引入价格折扣和采购量约束,综合考虑各项成本,建立了带有多个约束的非线性规划模型,利用 MATLAB 软件设计遗传算法,仿真求解,确定每个制造商在各周期向每个供应商的采购量,与启发式算法求解结果相比制造商成本大大降低,说明该算法可以协同优化多制造商对多供应商的订单分配问题。

参考文献:

- [1] 刘钰琛,周溪召.多供应商条件下多批次配送模型及算法研究[J].宁波大学学报(理工版),2007,20(2):274-277.
 - [2] 潘伟.基于供应中断风险的模糊多目标订单分配模型[J].管理科学学报,2015,18(3):45-51.
 - [3] 戴卓.多周期多原料的供应链网络成本优化及其混合遗传算法[J].计算机应用研究,2014,31(9):2620-2624.
 - [4] 龙菲.供应中断风险下基于成本和服务的多源采购策略[D].北京:北京交通大学,2016:15-28.
 - [5] 郝娟.考虑允许缺货的多级供应链网络构建与仿真优化[D].西安:西安理工大学,2018:23-25.
 - [6] 徐艳飞.不确定性环境下最优供应商数量和订单分配问题研究[D].秦皇岛:燕山大学,2013:29-36.
 - [7] MEENA P L, SARMAH S P. Multiple sourcing under supplier failure risk and quantity discount: a genetic algorithm approach [J]. Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review, 2013, 50(50):84-97.
 - [8] BOHNER C, MINNER S. Supplier selection under failure risk, quantity and business volume discounts[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 104:145-155.
 - [9] 项薇,宋法帅,叶飞帆.基于生产负荷率均衡的订单分配响应性研究[J].控制工程,2013,20(3):497-500.
 - [10] 汤洪涛,王大国,支文全.物联网环境下混流生产车间两级动态调度研究[J].机电工程,2018,35(11):1166-1171.
-
- (上接第 102 页)
- ### 参考文献:
- [1] 孙玮聪.基于 SPSS 回归分析研究影响国家财政收入的因素[J].中国商论,2019(16):231-232.
 - [2] 李爽境,黄闪闪,刘熹润.决策树模型与 Logistic 回归模型在代谢综合征影响因素分析中的应用:以凉山地区为例[J].现代预防医学,2019,46(13):2319-2323.
 - [3] 徐亚涛.中国儿童青少年身体发育状况及其影响因素的研究[D].上海:华东师范大学,2019:49-86.
 - [4] 王永哲,张敏霞,杨索和.我国研究生教育规模影响因素分析及预测[J].数学的实践与认知,2019,49(14):277-287.
 - [5] 景熠,敬爽,代应.基于结构方程模型的区域大气污染协同治理影响因素分析[J].生态经济,2019,35(8):200-205.
 - [6] 齐敏芳,付忠广,景源.基于信息熵与主成分分析的火电机组综合评价方法[J].中国电机工程学报,2013,33(2):58-64.
 - [7] 鲁宏浩,鲁玉军.基于分布估计:蚁群混合算法的柔性作业车间调度方法研究[J].机电工程,2019,36(6):568-573.
 - [8] 邹伟.SPSS 软件单因素方差分析的应用[J].价值工程,2016,35(34):219-222.
 - [9] GUVEN G, GURER O, SAMKAR H. A fiducial-based approach to the one-way ANOVA in the presence of nonnormality and heterogeneous error variances[J]. Journal of Statistical Computation and Simulation, 2019, 89(9):1715-1729.
 - [10] 田兵.单因素方差分析的数学模型及其应用[J].阴山学刊(自然科学),2013,27(2):24-27.
 - [11] 高云.农村老年人健康相关生活质量及其影响因素的研究[D].南京:南京邮电大学,2018:26.
 - [12] 黄佳玮.面向订单的制造企业工时定额制定方法研究[D].重庆:重庆大学,2008:8-13.



www.QCtester.com

因为专业, 所以权威

因为用心, 所以收获更多



扫一扫 加入我们



杭州轻工技师学院

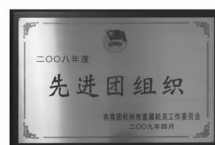
Hangzhou Qingong Technical School

自强文明 团结进步

【学校概况】

杭州市轻工高级技工学校隶属于杭州市人力资源和社会保障局，是一所集学历教育、技能培训与鉴定为一体的多功能、综合性的高级技工学校。建校50多年来，学校始终坚持以就业为导向、以技能为核心的办学理念，面向市场办学，不断提升办学层次，努力提高办学满意度。

学校地处杭州市中心，地理位置优越，交通便捷，建筑面积共计36 905.12平方米，在校学生2 256人。学校师资队伍结构合理，教师132名，专职教师86名，其中，具有高级职称的教师占20.4%，中级职称的教师占27.3%。现开设专业有：药物制剂、数控加工、机械设备装配与自动控制、服装设计与制作、装潢艺术设计、计算机网络应用、会计7个专业。



地址：浙江省杭州市莫干山路102号 邮编310011 校长：杨国强 电话：0571-85192066 网址：www.hzqgjx.com

《轻工机械》2020 年征订启事

《轻工机械》杂志(刊号:CN 33-1180/TH, ISSN 1005-2895),创刊于1983年,由中国轻工机械协会、中国联合装备集团有限公司与轻工业杭州机电设计研究院联合主办,是一份在国内有较高影响力、历史悠久的轻工机械领域的专业性科技期刊。以报道轻工机械、自动化技术、机电一体化、工艺设计及其应用为特色。

- 双月刊,大16开,每册定价10.00元,全年60.00元。
- 邮局订阅(代号32-39),也可直接向本编辑部邮购(另加邮费2元/本)。
- 编辑部地址:杭州市余杭区高教路970号西溪联合科技广场4号楼711 邮编:311121
- 电话:(0571)85186130 85187520 E-mail: qgjxzz@126.com
- 网址:www.qgjxzz.com
- 开户银行:工行杭州建国北路支行
- 户头:轻工业杭州机电设计研究院 帐号:1202022209014428297
- 税号:913300007236292912

本刊系中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”、“万方数据资源系统”、“中文科技期刊数据库”,并被英国《科学文摘》(SA, INSPEC)、美国化学文摘(CA)、美国剑桥科学文摘(CSA)、美国乌利希期刊指南(Ulrich)、《中国学术期刊文摘》等收录。

欢迎订阅 ● 欢迎刊登广告 ● 欢迎赐稿