文章编号: 1000-582X(2007)06-0155-04

供货商选择的双层规划模型及遗传算法求解

肖　剑[a,b], 但　斌[b], 张旭梅[b]
(重庆大学 a. 数理学院; b. 经济与工商管理学院, 重庆 400030)

摘　要: 采购商在对供货商的选择中, 需要考虑到供货商的选择行为, 因供货商只和符合自己理性选择的采购商进行交易。传统的供货商选择模型对此考虑较少, 鉴于此, 建立了供货商选择的双层规划模型, 并设计了基于遗传算法的模型求解算法。模型的上层规划体现了采购商对供货商的最小成本选择, 下层规划中描述了需求量在供货商之间的分配, 即供货商的选择行为, 并考虑了供货商的最小采购批量和供货能力以及产品匹配等约束。最后通过一算例验证了模型及其算法的可行性。

关键词: 供货商选择; 双层规划; 遗传算法
中图分类号: U492.3　　文献标志码: A

随着制造方式的变迁, 供应链理论的发展, 作为制造过程中资源利用经典问题的供货商评价与选择问题, 不断被赋予了新的内容, 同时得到了学术界与企业界愈来愈多的关注。供货商的选择直接关系着核心企业的采购成本, 而采购成本在企业总成本中占有相当大的比重。因此, 如何将需求数量在供货商之间进行分配, 从而做到既能降低企业的采购成本, 保持极好的采购质量, 同时又能调动供货商的积极性, 促进它们之间的竞争, 不断提高产品质量和服务水平, 是目前采购活动中非常关键的问题。

评价供货商的方法可以分为定性方法和定量方法两大类, 其中定量方法是当今的主流选择方法, 在国内外的研究中, 出现了多种模型和算法, 其中混合整数规划模型[1]、多目标数学规划模型[2]、模糊目标规划模型[3]、博弈模型[4]等讨论较少。目前比较流行的研究方法是层次分析法(AHP)和数据包络分析法(DEA)结合[5-6]或者AHP和线性规划(LP)相结合[7-8], 文献[9]采用分类的方法归纳了供货商选择问题的研究进展, 深入分析了在不同采购策略下供货商评价准则、供货商选择模型和优化方法。但以上这些模型基本都只从规划人员的角度出发考虑采购商在总费用最小情况下的配送方案, 而不考虑供货商的选择行为。事实上, 某个采购商的需求不但可以由多个供货商共同满足, 而且由每个供货商配送的货物量取决于供货商的选择行为, 同时这种选择行为在很大程度上具有较高的随机性。国内也有学者采用了双层规划方法来研究供货商选择问题, 考虑了供货商的选择行为, 但此方面的研究成果不多。沈立新等[10]在联盟伙伴选择中考虑了配送路线安排对作业成本的影响, 并采用启发式算法对模型进行了求解。高自有, 孙会君[11]建立了供货商选择的双层规划模型, 上层规划为决策部门选择最佳的供货商使得总成本最小(包括采购成本和运输成本), 下层目标函数为采购的产品数量在各个供货商处进行分配以使其总费用最小, 所给模型比较简单, 考虑因素较少, 且没有给出具体的算法和算例。笔者完善了文献[11]的模型, 建立了改进的供货商选择的双层规划模型, 在模型中增加了供货商数目最小值、供货商最小采购批量、供货商的供货能力、供货商产品匹配等约束条件, 设计了模型的遗传算法求解算法, 并用算例验证了模型和算法的有效性。

1　供货商选择模型的建立

供货商的选择问题可看成是一个 Leader–Follower问题, 其中决策部门是指导者(Leader), 采购商对供货商选择行为或者采购商需求在各供货商的分配为跟随者(Follower), 决策部门可以影响采购商对供货商

收稿日期: 2007-01-23
基金项目: 重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2005BB2179)。
作者简介: 肖剑(1975-), 男, 重庆大学, 博士, 主要从事决策分析、物流与供应链管理的研究。
但斌(联系人), 男, 教授, 博士生导师(Tel) 023-66719986; (E-mail) danbin@cqu.edu.cn。

的选择,但不能控制他们的选择,采购商则对现有的供货商进行比较,根据自己的需求特点和行为习惯来选择供货商,这种关系可以用双层规划模型来描述。

上层规划(U)可以描述为采购商选择最佳的供货商使得总成本最小(包括采购成本和运输成本)。而下层规划(L)则描述了在多个供货商存在的条件下,需求量如何在各个供货商之间进行分配。具体模式如下:

$$U:\ \min F=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}X_{ij}+\sum_{j=1}^{n} f_j z_j+\sum_{j=1}^{n}\left(t_j\sum_{i=1}^{m} X_{ij}\right), \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{n} z_j \geqslant N, \tag{2}$$

$$z_j\in\{0,1\}。 \tag{3}$$

式中:C_{ij}为第i种产品由供货商j提供服务的广义单位费用,这里假定它仅是需求量的函数,一般随着分配需求量的增大,广义费用也增加(这里的广义费用不包括运输费用);X_{ij}为第i种产品在供货商j处得到满足的需求量;f_j为选择供货商j的固定成本;t_j为从采购商到供货商j处的单位运输费用,这里假定运输费用为常数。z_j表示选择供货商j时,值为1,否则为0。$i=1,2,\cdots,m$;$j=1,2,\cdots,n$。N表示采购商确定的最少供货商数目。

上层目标函数是从决策者的角度出发使系统总费用(包括采购费用、固定费用和运输费用)最小。第一个约束保证至少选择N个供货商,为了分担风险和增加弹性,一般有一个选择的供货商数目的最小值N,文献[11]中没有考虑到这一因素。第二个约束为变量的0−1约束。U为0−1整数规划问题,若给定X_{ij},则可用分枝定界法求解,值得注意的是U中X_{ij}由L求得。

下层规划描述需求量在各供货商处的分配,显然,每个供货商的吸引能力与它的产品质量、服务水平、信誉状况等多种因素有关,用一个吸引测度指标r_j来表示,r_j值越大,j点的吸引能力越强,就有越多的需求量由供货商j点提供服务。但是,还有一个因素必须考虑,即选择j点的费用值大小。一般假设需求方在做出决策前,总同时考虑两方面的因素:试图选择吸引力最大的地点和试图花费最少的费用,这两种因素的交叉作用,会达致一个吸引力与费用之间的平衡。对产品i谋求r_j最大和选择供货商j的费用最小。即在选择供货商时,应尽量使(r_j-f_{ij})最大(f_{ij}为产品i由供货商j提供的费用),称(r_j-f_{ij})为净费用值。故在平衡状态,各产品由所选择的供货商提供服务的净费用值都相等,且为最小净费用值,而没有选择的供货商的净费用值大于最小净费用值。

因此可以这样描述下层规划:

$$L:\ \min H=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\int_0^{X_{ij}} f_{ij}(w)\,\mathrm{d}w-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} r_j X_{ij} \tag{4}$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{j=1}^{n} X_{ij}=W_i,\quad i=1,2,\cdots,m, \tag{5}$$

$$z_j M\leqslant\sum_{i=1}^{m} X_{ij}\leqslant g_j,\quad i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n, \tag{6}$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}=s_{ip}\sum_{j=1}^{n} X_{pj},\quad i,p=1,2,\cdots,m, \tag{7}$$

$$(1-z_j)\sum_{i=1}^{m} X_{ij}=0,\quad i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n, \tag{8}$$

$$X_{ij}\geqslant 0,\quad i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n。 \tag{9}$$

式中:m为产品种类数,n为备选供货商的数目,f_{ij}为需求函数的反函数,常用的有幂函数形式和对数函数形式;W_i为产品i的总需求量;g_j表示第j个供货商的供货能力;最小订购批量为M;s_{ip}为产品i和产品p的匹配系数,假设对各供货商没有偏好。

下层规划表示采购商选择最优的供货商,即在各供货商间分配需求量,以使其总费用最小。式(5)表示需求平衡;式(6)表示从各供货商处的订购量不小于最小订购批量但小于其供货能力,文献[11]中忽略了这一要求;式(7)表示产品的匹配要求,文献[11]中没有涉及;式(8)表示当$\sum_{i=1}^{m} X_{ij}>0$时,$z_j=1$,当$z_j=0$时,$\sum_{i=1}^{m} X_{ij}=0$,即$X_{ij}=0$,$i=1,2,\cdots,m$;$j=1,2,\cdots,n$,其作用是保证需求量总是在拟选择的供货商处分配,这里给出的形式与已有文献[11]不同;式(9)表示订购量的非负限制。同时对于给定的z_j可以计算出目标函数的Hessian矩阵是正定的,因此L有唯一解。

2 模型求解

2.1 遗传算法介绍

双层规划问题的非凸性、非连续性等特点决定了用常规的优化方法不能有效地求解该问题,因而一种简单易行的算法将是双层规划模型得以成功运用的关键,在此采用遗传算法(GA)来求解。

遗传算法是一种全局优化搜索算法,具有简单通用、鲁棒性强的特点。遗传算法求解双层规划问题时,以适应度函数(上层规划的目标函数)为依据,通过对群体个体施加遗传操作实现群体内个体结构重组,在

这一迭代过程中, 群体个体 (问题的解)一代一代地得以优化并逐渐逼近双层规划最优解。

2.2 算法的基本要素

算法的基本要素如下:

1) 编码选择和生成初始种群

实数编码在解的质量和算法效率方面均优于二进制编码, 且实数编码所表示的问题更接近于问题的本身, 所以在此采用实数编码。

初始种群的每个个体都是通过随机方法产生的, 群体中各个个体对应不同的物流中心布局方案 z。

2) 设计适应度函数

确定个体适应度的量化方法, 即由上层目标函数值 F到个体适应度的转换规则。这里适应度函数采用:

$$G(z)=\begin{cases} C_{max}-F(z, X) & \text{如果 } F(z, X)<C_{max} \\ 0 & \text{如果 } F(z, X)\geqslant C_{max} \end{cases}。$$

这里 $F(z, X)=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}X_{ij}+\sum_{j=1}^{n} f_j z_j+\sum_{j=1}^{n}(t_j\sum_{i=1}^{m} X_{ij})$, 取 $C_{max}=50\ 000$。

3)确定选择算子

选择算子有很多种, 在此采用正规几何排序选择法。这一算法是将种群中的个体根据其适应度函数值进行排序, 序号 1表示最好, 对每个个体按式 (10)定义被选概率 Q_i,

$$Q_i(\text{选择第 } i\text{个个体})=q'(1-q)^{k-1}, \qquad (10)$$

式中, q为选择最优个体的可能性, k为个体的序号, 1是最好的, $q'=\dfrac{q}{1-(1-q)^{p_0}}$, p_0为种群的大小。

4)选取交叉和变异算子

对于不同的编码方式, 有不同的交叉和变异算子。针对实数编码, 在此选用算术交叉和非均匀变异。算术交叉是产生两个完全由父代线性组合而成的子代。

$$\begin{cases} X'=rX+(1-r)Y \\ Y'=(1-r)X+rY \end{cases}, \qquad (11)$$

式中, $r=U(0, 1)$即 (0, 1)之间的均匀分布随机数。

非均匀变异是随机选择一个个体 i,并使它等于一个非均匀变异的随机数。

$$x_i=\begin{cases} x_i+(b_i-x_i)f(G) & r_1\geqslant 0.5 \\ x_i-(x_i-a_i)f(G) & r_1<0.5 \end{cases}, \qquad (12)$$

式中, a_i, b_i分别为变量 x_i的下界和上界, $f(G)=(r_2(1-\frac{G}{G_{max}}))^b$, r_1, r_2为 (0, 1)之间均匀分布的随机数, G为当前代数, G_{max}为最大进化代数 ($G_{max}=100$), b为一个形式参数, 在此取为 3。

5)终止条件判断

求解供货商选择双层规划问题, 最优解事先无法知道, 所以只能采用给定一个最大进化代数作为终止依据。

2.3 算法步骤

算法具体步骤如下:

Step1: 初始化, 随机生成 M_0 个个体作为初始群体 $P(0)$, 设置进化代数计数器 $t=0$, 设置最大进化代数 T。

Step2: 将上层规划的目标函数转化为 GA的适应度函数, 对其约束条件用罚函数法处理。

Step3: 对每一个个体进行解码, 得到对应的供货商选择方案, 然后求解下层规划, 获得每一个选择方案对应的客户需求量在不同物流中心之间的分配信息 X, 进而求解上层目标函数值 F, 得到各个个体的适应度。

Step4: 根据式 (10)对个体进行选择。

Step5: 根据式 (11)和 (12)分别进行交叉和变异, 产生新一代的 M_0 个个体。

Step6: 置 $t=t+1$, 转至 Step3。

Step7: 当 t大于最大进化代数时, 终止遗传算法。

Step8: 输出最优解结果。

可见, 该算法除了在 Step3中计算个体适应度时需要求解下层规划问题, 其余搜索最优解的工作完全由遗传算法完成, 充分利用了遗传算法的求解机制。

3 算例分析

以下用一个简单的例子来验证本文提出的模型和算法的有效性。

假设系统中只有 2种产品 (B_1, B_2), 3个候选供货商 (A_1, A_2, A_3)。 2种产品的总需求量分别为 $W_1=535$, $W_2=762$。需求函数的反函数采用如下幂函数的形式: $f_{ij}(X_{ij})=a_j(X_{ij})^{b_j}-V_j z_j$, 其中: a_j, b_j为参数, 可令 $a_1=a_2=a_3=0.5$、$b_1=b_2=b_3=0.5$, 另设 $V_1=5$、$V_2=3$、$V_3=1$、$f_1=200$、$f_2=250$、$f_3=300$, $M=10$, $N=1$, $g_1=1000$、$g_2=900$、$g_3=700$, $r_1=0.6$、$r_2=0.4$、$r_3=0.5$, $s_{11}=s_{12}=s_{21}=s_{22}=1$, $t_1=0.2$、$t_2=0.3$、$t_3=0.5$, $c_{11}=1$、$c_{12}=3$、$c_{13}=5$、$c_{21}=2$、$c_{22}=4$、$c_{23}=6$。

遗传算法的相关参数为: 种群中个体数目 popsize=10, 交叉概率 $p_c=0.6$, 变异概率 $p_m=0.03$, 进化代数 maxGenTerm=100。采用该算法和 Monte Carlo模拟退火法分别来计算双层规划[12], 结果相差非常小, 说明设计的算法是有效的。经 matlab编程计算,

得到 $z=(1,1,0)$, $X_{11}=298.7632$、$X_{12}=236.2328$、$X_{13}=0$、$X_{21}=133.5371$、$X_{22}=628.4629$、$X_{23}=0$。$F=3705.2$,即需要选择供货商 A_1、A_2,而供货商 A_3 不选择。在供货商1处的采购量为 $X_{11}+X_{21}=432.3003<g_1=1000$,在供货商2处的采购量为 $X_{12}+X_{22}=864.6957<g_2=900$,满足供货商的供货能力约束,供货商1的供货能力有较多剩余,而供货商2的供货能力剩余较少。

4 结束语

在现有文献[11]的基础上建立了改进的供货商选择双层规划模型,在下层规划中描述了需求量在各供货商之间的分配,并进一步考虑了供货商的产品匹配、供货能力、最小采购批量等约束,结合模型的非凸性、非连续性的特点,提出了基于遗传算法的求解算法,从算例的计算结果来看,较好地体现了采购商和供货商在供货商选择中的"双向选择"。对本模型进一步的研究可在上层规划中体现对供货商服务方面的要求,或者考虑采购和供货活动中普遍存在的不确定性,用不确定规划来建模。

参考文献:

[1] KAXILINGAM RAJA G, LEE C P. Selection of vendors: a mixed-integer programming approach[J]. Computers and Industrial Engineering, 1996, 31(1): 347-350.

[2] WEBER C A, CURRENT J R. A multiobjective approach to vendor selection[J]. European Journal of Operational Research, 1993, 68(2): 173-184.

[3] KUMAR M, VRAT P, SHANKAR R. A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain[J]. Computers and Industrial Engineering, 2004, (46): 69-85.

[4] 姚建明,周国华. 软计算方法在供货商选择多回合博弈过程中的应用[J]. 中国管理科学, 2003, 11(1): 48-52.

[5] 黄绍服,赵韩. 供货商选择的AHP/随机DEA方法[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2004, 27(2): 28-31.

[6] 晏华辉,崔晋川. 基于AHP与DEA的多因素排序法[J]. 系统工程学报, 2004, 19(5): 543-547.

[7] 田宇. 物流服务供应链构建中的供货商选择研究[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 49(5): 49-53.

[8] 李凌丰,谭建荣,赵海霞. 基于AHP模糊优先权的虚拟企业伙伴选择方法[J]. 系统工程理论与实践, 2004, (12): 1-7.

[9] 刘晓. 供货商选择模型与方法综述[J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 139-148.

[10] 沈立新. 基于双层规划的虚拟物流企业伙伴选择[J]. 软科学, 2005, 19(3): 30-33.

[11] 高自友,孙会君. 现代物流与交通运输系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003: 219-220.

[12] XIAO JIAN, CHEN YI-HUA. Algorithm for solving the bi-level decision making problem with continuous variables in the upper level based on genetic algorithm[J]. Journal of Chongqing University (English Edition), 2005, 4(1): 59-62.

Bi-level Programming Model and Genetic Algorithms for the Selection of Vendors

XIAO Jian[a,b], DAN Bin[b], ZHANG Xu-mei[b]

(a. College of Mathematics and Physics; b. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The traditional vendor selection model often pay attention to the profit of the buyers and the selection behavior of vendor is ignored, but the vendors only trade with the buyers according with their rational selection, so the vendors selection bi-level programming model is presented with constraint of minimal batches, the ability of supply, product matching etc. A solution of the model based on genetic algorithm is proposed. The buyers' vendor selection of minimum cost is realized in the upper programming and the allocation of requirements is proposed in the lower programming. The application of the model and its algorithm are illustrated with a practical example.

Key words: vendor selection; bi-level programming; genetic algorithms

(编辑 吕建斌)