

多产品三阶段供应链选址分配问题及其遗传算法

马宇红^{1,2}, 孙淑芬²

1. 《西北师范大学学报》编辑部, 兰州 730070
2. 西北师范大学数学与信息科学学院, 兰州 730070

摘要 建立了一种基于最小物流费用的多产品三阶段供应链选址分配模型, 该模型综合考虑了原材料和产品的运输费、工厂的固定建设费及原材料采购费和产品加工费、销售中心的固定建设费和库存保管费等。在多产品三阶段供应链体系中, 在供应商-工厂阶段, 一个工厂不仅可以从不同的供应商处采购不同产品的原材料, 而且同一种产品的原材料也可以从不同的供应商处采购; 在工厂-销售中心和销售中心-顾客阶段, 产品需求者虽然可以从不同供应者处采购不同产品, 但同一种产品却只能从一个供应者处进货。根据模型的这些特点, 本文结合选址问题的随机顺序编码和运输问题的优先权编码技术, 设计了一种新的染色体编码方法, 从而借助遗传算法实现了多产品三阶段供应链选址分配问题的求解。数值仿真结果表明, 本文给出的染色体编码方案是恰当的, 设计的遗传算法具有较高的搜索效率, 能够快速稳定地求解多产品三阶段供应链选址分配问题。

关键词 多产品供应链网络; 选址分配; 优先权编码; 顺序编码; 遗传算法

中图分类号 O221.2

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.09.008

Location-allocation Problem of Three-stage Supply Chain with Multi-products and Its Genetic Algorithm

MA Yuhong^{1,2}, SUN Shufen²

1. Editorial Department of the Journal of Northwest Normal University, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China
2. College of Mathematics and Information Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract Based on the principle for minimizing the total logistics cost, a location-allocation model of three-stage supply chain with multi-products is established. The model takes the transportation expenses of raw materials and products, the fixed construction cost, the cost of raw materials, and the processing cost of products for factories, as well as fixed construction fee and storage fee for sales centers into account. In the stage of supplier-factory, a factory not only can purchase different raw materials from different suppliers, but also can purchase the same kind of raw materials from different suppliers; however, in the stages of factory-sales center and sales center-customer, though a product demander can purchase different products from different suppliers, however the same kind of products must be purchased from a single supplier. Based on these characteristics of the model, the stochastic order encoding in a location problem is combined with the priority encoding in a transportation problem to design a new chromosome encoding method, the method is able to use genetic algorithm for solving the location-allocation problem of three stage supply chain with multi-products. The simulation results of numerical experiment show that the proposed encoding technique of chromosome is suitable, and the genetic algorithm has the fairly good research efficiency, it is able to rapidly and stably solve the location-allocation problem of three-stage supply chain with multi-products.

Keywords multi-products supply chain network; location-allocation; priority encoding; order encoding; genetic algorithm

收稿日期: 2011-12-07; 修回日期: 2012-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(11061030)

作者简介: 马宇红, 副编审, 研究方向为供应链网络设计与优化, 电子信箱: mayh@nwnu.edu.cn

0 引言

随着现代管理思想和手段的变革与发展,越来越多的企业开始运用供应链管理达成企业内外环境的协同,进行一体化管理,以提高企业的核心竞争力。供应链管理主要涉及供应管理、生产计划、物流管理和需求管理^[1]。选址分配是物流活动的一个重要环节,在整个物流系统中起着承上启下的作用,其目标是促进货物运输向组织化、综合化和现代化方向发展。2002年,杨波等^[2]给出了一个物流配送中心选址的随机数学模型;2005年,Chen等^[3]研究了一个制造商为多个顾客供货的供应链,并考虑运送路线的选择问题,对不同目标问题分别给出了动态规划算法;此后,吴兵等^[4]用遗传算法解决了物流配送中心选址问题,贺竹馨等^[5]采用优先权解码对多阶段供应链网络进行求解。然而,当前研究的供应链网络相对简单,要么仅涉及配送中心选址,要么顾客需求单一,而现实生活中,在一个大的物流体系中,供应链结构往往比较复杂,顾客需求多元,物流环节也可能需要多阶段选址,且多次选址彼此相互依存。基于此,本文考虑涉及多阶段选址的多产品供应链网络优化问题,建立了一个基于原材料采购和运输成本、工厂的固定建设成本及产品的加工和运输成本、销售中心的固定建设成本及产品的库存保管成本之和最小的多产品三阶段供应链选址分配网络模型;根据模型的具体特点,结合选址问题的随机顺序编码和运输问题的优先权编码技术设计了一种新的染色体编码方案,从而给出了一种求解该模型的遗传算法。最后,通过数值算例检测分析了本文遗传算法的搜索效率和有效性,结果表明,本文给出的染色体编码方案和设计的遗传算法是成功的,它能够快速有效地求解该问题。

1 模型及其意义

1.1 模型特征

已知某城市众多顾客对多种产品的实际需求,并且该城市有多个供应商可以供应组织生产所需的原材料,现在要求在多个备选工厂和销售中心中选择开办其中几家,选择开办的工厂首先从供应商处采购所需原材料组织生产,然后产品再经由选择开办的销售中心全部送达顾客。整个物流过程组成一个三阶段供应链网络,结构如图1所示。

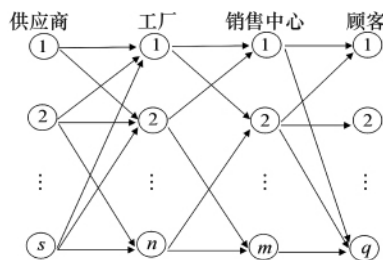


图1 三阶段供应链网络

Fig. 1 Three-stage supply chain network

该模型的特征如下。

(1) 一个工厂可能只生产一种产品也可能同时生产多种产品;同样,一个销售中心可能只经销一种产品也可能同时经销多种产品,一个顾客可能只需要一种产品也可能同时需要多种产品。

(2) 从工厂到销售中心,从销售中心到顾客,对需求者而言是多源的,对产品而言是单源的,即需求者虽然可从多个供应者处进货,但同一种产品却只能从一个供应者处进货。

(3) 从供应商到工厂是多源的,即一个工厂不仅可以不同供应商处采购原材料,同一产品所需原材料也可以不同供货商处采购。

(4) 工厂生产有损耗,不同产品损耗不同;原材料和产品运输过程没有损耗。

(5) 不同产品单位运费可能不同。

1.2 模型基本假设

模型的基本假设如下。

(1) 每个备选销售中心的固定建设费和最大库存已知;每个备选工厂的固定建设费和最大产能已知,各产品的生产损耗已知。

(2) 顾客对各产品的实际需求已知。

(3) 备选销售中心的最大库存足以满足所有顾客的需求;备选工厂的实际产能足以满足销售中心的需求。

(4) 供应商对每种产品所需原材料的供应足以满足工厂的生产需要且供应能力已知。

(5) 所有开办工厂各产品的实际生产量与所有开办各销售中心的进货量相同,也与所有顾客的需求相同。

1.3 模型及其意义

本文采用0-1混合整数规划模型来描述多产品三阶段供应链选址分配问题,具体模型如下:

$$\begin{aligned} \min F = & \sum_{l=1}^s \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p W_{ij} a_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{h=1}^m \sum_{j=1}^p W_{ihj} b_{ihj} Y_{ihj} + \\ & \sum_{h=1}^m \sum_{k=1}^q \sum_{j=1}^p W_{hjk} c_{hjk} Z_{hjk} + \sum_{i=1}^n (f_i + \sum_{h=1}^m \sum_{j=1}^p \alpha_j b_{ij}) P_i + \\ & \sum_{h=1}^m (g_h + \sum_{k=1}^q \sum_{j=1}^p \beta_j c_{hkj}) D_h + \sum_{l=1}^s \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p W_{ij} a_{ij} Q_j \end{aligned} \quad (1)$$

st

$$\sum_{k=1}^q \sum_{h=1}^m c_{hkj} = \sum_{k=1}^q d_{kj} \quad \forall j=1, 2, \dots, p \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^q c_{hkj} \leq K_{hj} \quad \forall j=1, 2, \dots, p; \forall h=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^q c_{hkj} = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad \forall j=1, 2, \dots, p; \forall h=1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$\sum_{h=1}^m b_{ihj} \leq e_{ij} \quad \forall j=1, 2, \dots, p; i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{l=1}^s S_{l ij} = \sum_{h=1}^m b_{ihj} \quad \forall j=1, 2, \dots, p; \forall i=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{lij} \leq G_j \quad \forall l=1,2,\dots,s; \forall j=1,2,\dots,p \quad (7)$$

$$\sum_{h=1}^m \sum_{i=1}^n W_{ihj} = 1 \quad \forall j=1,2,\dots,p \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^q \sum_{h=1}^m W_{hbj} = 1 \quad \forall j=1,2,\dots,p \quad (9)$$

$$X_{lj} = X_{il} l_j \quad Y_{ij} = Y_{ih} l_j \quad Z_{hk} = Z_{kl} l_j \quad (10)$$

$$W_{lij}, W_{ihj}, W_{hbj} \in \{0, 1\} \quad (11)$$

$$D_h, P_i \in [0, 1] \quad \forall h=1,2,\dots,m; \forall i=1,2,\dots,n \quad (12)$$

在上述模型中,各变量及关系式的意义如下: $l=1,2,\dots,s$ 为供应商编号, $i=1,2,\dots,n$ 为工厂编号, $h=1,2,\dots,m$ 为销售中心编号, $k=1,2,\dots,q$ 为顾客编号, $j=1,2,\dots,p$ 为产品编号; a_{lj} , b_{ij} , c_{hbj} 分别表示供应商 l 为工厂 i 提供生产产品 j 的原材料的量、工厂 i 为销售中心 h 提供产品 j 的量、销售中心 h 为顾客 k 提供产品 j 的量; X_{lj} , Y_{ij} , Z_{hk} 分别表示供应商 l 向工厂 i 运输生产产品 j 的单位原材料的费用、工厂 i 向销售中心 h 运输单位产品 j 的费用、销售中心 h 向顾客 k 运输单位产品 j 的费用,其定义见式(10),其中 X_{li} , Y_{ih} , Z_{hk} 分别为供应商 l 向工厂 i 运输标准单位原材料的费用、工厂 i 向销售中心 h 运输标准单位产品的费用、销售中心 h 向顾客 k 运输标准单位产品的费用; l_j 是考虑到不同产品体积的不同而设置的相对运输费率; W_{lij} , W_{ihj} , W_{hbj} 均为 0,1 变量,其中 W_{lij} 表示供应商 l 是否给工厂 i 供应生产第 j 种产品的原材料, W_{ihj} 表示工厂 i 是否给销售中心 h 供应第 j 种产品, W_{hbj} 表示销售中心 h 是否给顾客 k 供应第 j 种产品,如果供应,则其值为 1, 否则其值为 0; P_i , D_h 均为 0,1 变量,分别表示工厂 i 和销售中心 h 是否开办,如果开办,则其值为 1, 否则其值为 0; f_i 为工厂 i 的固定建设费, g_h 为销售中心 h 的固定建设费; α_j 为工厂加工单位产品 j 的费用, β_j 销售中心保管单位产品 j 的费用; Q_j 为采购生产第 j 种产品所需单位原材料的费用; d_{kj} 为顾客 k 需要产品 j 的量, K_{hj} 为销售中心 h 对产品 j 的库存容量; e_{ij} 为工厂 i 对产品 j 的最大产能; S_j 为产品 j 的生产损耗系数; G_j 为供应商 l 可以提供生产第 j 种产品所需原材料的最大量。

式(1)中的第 1 项表示供应商给工厂运送原材料的总费用,第 2 项表示工厂给销售中心运送产品的总费用,第 3 项表示销售中心给顾客运送产品的总费用,第 4 项表示工厂的固定建设费和产品加工费,第 5 项表示销售中心的固定建设费和库存保管费,第 6 项表示工厂采购原材料的费用;式(2)表示所有销售中心每种产品的送货量等于顾客的实际需求;式(3)表示每个销售中心每种产品的送货量不超过其库存容量;式(4)表示每个销售中心每种产品进出平衡;式(5)表示每个工厂每种产品的产量不超过其产能;式(6)表示所有工厂每种产品的实际生产量等于所有销售中心对该产品的需求量;式(7)表示供应商能力约束;式(8)表示每个顾客需要的一种产品只能由一个销售中心供给;式(9)表示每个销售中心需要的一种产品只能由一个工厂供给;式(11)和式(12)

是决策变量。

2 遗传算法

2.1 遗传算法描述

遗传算法是模拟生物在自然界中的遗传和进化过程而开发的一种全局优化自适应随机搜索算法^[6]。遗传算法由于全局搜索能力强、鲁棒性好,而且适用于并行处理,被广泛用于求解运输问题^[7]、供应链网络问题^[8-11]及选址分配问题^[12]等。

遗传算法的运行过程为一个典型的迭代过程,其基本步骤如下。

- (1) 选择染色体的编码和解码策略。
- (2) 定义适应度函数。
- (3) 随机生成初始种群。
- (4) 计算种群中每个个体的适应度。
- (5) 确定遗传策略,运用选择、交叉和变异算子作用于种群,形成新一代种群。

(6) 终止判断,如果遗传操作满足终止条件,则得到最优解或近似最优解,算法终止;否则回到步骤(4)。

2.2 染色体编码与解码

在优先权编码中,染色体的基因代表供应链的节点,基因值越大优先权越高,解码越早;随机顺序编码按照随机排序确定节点解码的次序。多阶段供应链解码是多次解码过程,必须从最后一阶段开始,通过每一阶段的解码得到本阶段的供求关系,然后将本阶段的供应点及供应量作为下一阶段的需求点和需求量,依此类推,直到所有阶段解码完成,获得一个完整的可行解。本文在第二、三阶段采取随机顺序编码,在第一阶段采用优先权编码。

假设多产品三阶段供应链网络共有 s 个供应商, n 个工厂, m 个销售中心, q 个顾客, p 种产品, 则其染色体编码分为 3 个片段。从销售中心到顾客是染色体的第 1 片段,编码长度为 m ,基因值为自然数 1 到 m 的一个随机排列,比如 i_1, i_2, \dots, i_m , 表示备选销售中心的开办次序,即首先开办销售中心 i_1 , 然后依据单位运费最小原则确定销售中心 i_1 依次向哪些顾客供货,注意此时运输对顾客而言是多源的,对产品而言是单源的。如果销售中心 i_1 各产品的剩余库存已不能满足任意一位顾客的需求,则再选择开办销售中心 i_2 , 仍然依据单位运费最小原则, 确定由 i_2 向哪些尚未满足需求的顾客依次供货, 依次类推,直至已经开办的销售中心完全满足所有顾客的需求,则销售中心选址结束。归纳整理已开办的销售中心及其各产品的实际库存量,同时生成销售中心—顾客阶段的需求分配矩阵。从工厂到销售中心是染色体的第 2 片段,编码长度为 n ,基因值为自然数 1 到 n 的一个随机排列,表示备选工厂的开办次序,选址方法与销售中心选址完全类似。从供应商到工厂是染色体的第 3 片段,编码长度为 $s+n$,基因值为自然数 1 到 $s+n$ 的一个随机排列,表示供应商和工厂的优先服务级别,基因值越大,优先权越高。根据第二阶段确定的已开

办工厂及其对各产品所需原材料的需求量,依据优先权编码确定优先满足工厂进货要求还是供应商销货要求。如果优先满足供应商的销货要求,则依据单位运费最小原则确定该供应商依次向哪些工厂供应原材料,直到每种产品所剩原材料不能满足任意一个工厂的要求为止;如果优先满足工厂的进货要求,则依据单位运费最小原则确定依次由哪些供应商向该工厂提供生产所需原材料,直至满足该工厂对原材料的需求为止。依次类推,直至所有已开办工厂对原材料的需求得到满足为止,得到本阶段的需求分配矩阵。

本文一个完整的染色体只有3个片段,编码长度为 $s+2n+m$,而文献[5]的染色体有5个片段,编码长度为 $s+2n+2m+q$ 。因为遗传算法的时间复杂性通常为 $O(N \cdot D)$,其中 N 为种群规模, D 为染色体编码长度,所以与文献[5]相比,本文给出的遗传算法搜索效率更高,时间复杂性更低。

下面以2种产品,3个供应商 (A_1-A_3),3个工厂 (B_1-B_3),4个销售中心 (C_1-C_4)和5个顾客 (D_1-D_5)的供应链网络为例,说明本文染色体的编码方法及遗传操作策略。图2是一个完整的染色体,它共有3个片段,片段1对应销售中心选址次序,片段2对应工厂选址次序,片段3对应供应商和工厂的优先服务级别。

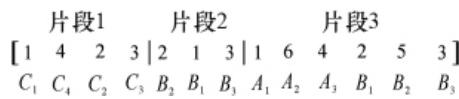


图2 染色体编码

Fig. 2 Chromosome encoding

2.3 适应度函数

本文选取模型的目标函数作为适应度函数去评价种群中个体的优劣,并将个体适应度按照由小到大的顺序进行排列,适应度越小,个体越优秀,它所对应的物流方案总费用也最小。

2.4 生成初始种群

随机产生一个具有确定规模 N 的初始种群,并且种群中的每一个个体均满足染色体的结构要求。

2.5 遗传操作

(1) 交叉。设种群的交叉概率为 P_c 。执行交叉操作时,首先在上一代种群中随机选择两个染色体作为父代,然后生成一个介于0和1之间的随机数 P 。如果 $P > P_c$,则两个父代不进行交叉操作,因而不产生新个体;如果 $P \leq P_c$,则再生成一个介于1和3之间的随机整数 e ,对应染色体的3个片段,如果 $e=i(i=1,2,3)$,则两个父代染色体的第 i 个片段进行调换,生成两个新个体。如两个父代

$$A=[1\ 4\ 2\ 3\ |2\ 1\ 3\ |1\ 6\ 4\ 2\ 5\ 3]$$

$$B=[3\ 2\ 4\ 1\ |1\ 1\ 3\ 2\ |5\ 6\ 3\ 2\ 1\ 4]$$

的第3个片段进行交叉,则生成两个新个体:

$$A'=[1\ 4\ 2\ 3\ |2\ 1\ 3\ |5\ 6\ 3\ 2\ 1\ 4]$$

$$B'=[3\ 2\ 4\ 1\ |1\ 1\ 3\ 2\ |1\ 6\ 4\ 2\ 5\ 3]$$

(2) 变异。设种群的变异概率为 P_m 。首先生成一个介于0和1之间的随机数 P' 。如果 $P' > P_m$,则染色体不发生变异,因而不产生新个体;如果 $P' \leq P_m$,则再生成一个介于1到3之间的随机整数 f ,对应染色体的3个片段,如果 $f=i(i=1,2,3)$,则染色体第 i 个片段的基因进行变异,即在第 i 个片段中随机选择两个位置的基因进行对换,生成一个新个体。如父代个体

$$A=[1\ 4\ 2\ 3\ |2\ 1\ 3\ |1\ 6\ 4\ 2\ 5\ 3]$$

的第3个片段发生变异(第2、第5个基因对换),则生成新个体:

$$A'=[1\ 4\ 2\ 3\ |2\ 1\ 3\ |1\ 5\ 4\ 2\ 6\ 3]$$

(3) 精英选择。选择上一代种群中适应度最好的个体(选择率 $P_s=0.1$)直接进入下一代,并参与交叉和变异,这样不仅可以继承上一代种群中优秀个体的基因,而且可以避免最优个体中途丢失,加速算法收敛。

2.6 生成标准化新种群

在本文的遗传算法中,新种群的来源可能有多种途径:一是通过交叉产生的新个体,二是通过变异产生的新个体,三是上一代种群中适应度最好的部分个体。如果通过上述3种途径得到的种群规模为 N' ,而 $N' \geq N$,则按适应度由小到大的顺序选取前 N 个个体组成新种群;如果 $N' < N$,则再随机生成 $N-N'$ 个个体加入新种群,得到一个规模为 N 的新种群。保持新种群与上一代种群规模相同,即可以避免因为种群规模越来越大而增加交叉和变异的规模,也可以防止因为种群规模越来越小而导致早熟,削弱算法的收敛性。

3 数值实验

3.1 算例基本特征

本文设计的供应链包括2种产品,3个供应商,5个工厂,8个销售中心和12位顾客。取两种产品的单位生产损耗系数 $S_1=1/1.2, S_2=1/1.05$,单位产品的相对运费率 $l_1=0.8, l_2=0.3$,单位加工费 $\alpha_1=0.6, \alpha_2=0.4$,库存保管费 $\beta_1=0.8, \beta_2=0.3$,原材料采购成本 $Q_1=5, Q_2=2$ 。实验数据见表1—表9。

表1 供应商供应量

Table 1 Supply quantity of suppliers

供应商序号	1	2	3
产品1	800	600	700
产品2	600	900	500

表2 工厂产能

Table 2 Output of factories

工厂序号	1	2	3	4	5
产品1	1650	1400	0	1500	1100
产品2	600	900	500	1000	1300

表 3 销售中心库存容量

Table 3 Inventory quantity of sales centers

销售中心序号	1	2	3	4	5	6	7	8
产品 1	500	1100	650	0	600	700	600	800
产品 2	800	0	500	1300	700	600	800	500

表 4 顾客需求量

Table 4 Demand quantity of customers

顾客序号	1	2	3	4	5	6
产品 1	95	80	0	130	120	0
产品 2	100	120	160	80	0	180

顾客序号	7	8	9	10	11	12
产品 1	90	100	110	0	150	125
产品 2	0	120	90	150	85	115

表 5 工厂固定建设费

Table 5 Fixed construct cost of factories

工厂序号	1	2	3	4	5
固定建设费	2000	1400	1000	1900	2200

表 6 销售中心的固定建设费

Table 6 Fixed construct cost of sales centers

销售中心序号	1	2	3	4	5	6	7	8
固定建设费	2000	1400	1000	1900	2200	2500	2100	2700

表 7 供应商到工厂单位运费

Table 7 Unit transportation expenses from suppliers to factories

供应商序号	1	2	3
工厂 1	3	1	2
工厂 2	2	4	3
工厂 3	3	4	2
工厂 4	4	1	3
工厂 5	3	4	2

3.2 结果分析

本文以 Matlab 7.01 为平台编程并进行计算机仿真求解, 算法各项参数设置如下: 种群规模 $N=40$, 最大遗传代数设置为 100, 交叉概率 $P_c=0.6$, 变异概率 $P_m=0.1$, 选择率 $P_s=0.1$ 。从多个不同的初始种群开始, 当遗传代数足够大时本文遗传算法几乎都能够得到最优值 24210。最优值对应的供应商到工厂的需求分配矩阵为

表 8 工厂到销售中心的单位运费

Table 8 Unit transportation expenses of from factories to sales centers

工厂序号	1	2	3	4	5
销售中心 1	3	5	2	4	3
销售中心 2	3	3	5	4	2
销售中心 3	1	2	3	1	4
销售中心 4	1	3	2	5	4
销售中心 5	3	2	1	4	6
销售中心 6	3	1	2	2	1
销售中心 7	2	2	3	5	4
销售中心 8	1	2	3	3	4

表 9 销售中心到顾客的单位运费

Table 9 Unit transportation expenses of from sales centers to customers

销售中心序号	1	2	3	4	5	6	7	8
顾客 1	1	2	3	2	3	2	1	5
顾客 2	5	2	2	1	3	3	4	5
顾客 3	4	7	5	4	6	5	2	1
顾客 4	5	2	7	3	4	3	2	6
顾客 5	7	4	1	3	5	2	7	1
顾客 6	8	3	4	6	2	5	6	3
顾客 7	2	5	3	2	4	1	3	2
顾客 8	4	2	3	6	5	3	2	2
顾客 9	4	3	5	1	2	3	6	4
顾客 10	3	2	4	7	5	6	1	4
顾客 11	3	4	6	1	5	2	7	4
顾客 12	6	3	6	5	4	2	1	5

$$\begin{matrix}
 & A_1 & A_2 & A_3 \\
 B_1 & (0,0) & (600,498.75) & (600,0) \\
 B_2 & (0,600) & (0,0) & (0,161.25) \\
 B_3 & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 B_4 & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 B_5 & (0,0) & (0,0) & (0,0)
 \end{matrix}$$

工厂到销售中心的需求分配矩阵为

$$\begin{matrix}
 & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\
 C_1 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_2 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_3 & (460,475) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_4 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_5 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_6 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_7 & (540,0) & (0,725) & (0,0) & (0,0) & (0,0) \\
 C_8 & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0) & (0,0)
 \end{matrix}$$

销售中心到顾客的需求分配矩阵为

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
D_1	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(95,100)	(0,0)
D_2	(0,0)	(0,0)	(80,120)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
D_3	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,160)	(0,0)
D_4	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(130,80)	(0,0)
D_5	(0,0)	(0,0)	(120,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
D_6	(0,0)	(0,0)	(0,180)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
D_7	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(90,0)	(0,0)
D_8	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(100,120)	(0,0)
D_9	(0,0)	(0,0)	(110,90)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
D_{10}	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,150)	(0,0)
D_{11}	(0,0)	(0,0)	(150,85)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
D_{12}	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(125,115)	(0,0)

其中,矩阵元素为一个二元数组,第一个分量表示产品 1 的需求,第二个分量表示产品 2 的需求。

可知,需要开办的销售中心为 C_3 和 C_7 ,其中 C_3 对产品 1 的实际供货量为 460,对产品 2 的实际供货量为 475; C_7 对产品 1 的实际供货量为 540,对产品 2 的实际供货量为 725。需要开办的工厂为 B_1 和 B_2 ,其中 B_1 对产品 1 的实际生产量为 1000,对产品 2 的实际生产量为 475; B_2 对产品 1 的实际生产量为 0,对产品 2 的实际生产量为 725。结合各产品的生产损耗, B_1 需要产品 1 的原材料的量为 1200,需要产品 2 的原材料的量为 498.75; B_2 不需要产品 1 的原材料,需要产品 2 的原材料的量为 761.25。从图 3 可以看出,工厂 B_1 需要从供应商 A_2 和 A_3 处订购原材料,工厂 B_2 需要从供应商 A_1 和 A_3 处订购原材料。

图 3 给出了从 5 个不同初始种群(种群规模为 40)开始得到的进化曲线,它反映了每一代种群中最优个体的适应度随遗传代数的变化关系。从图 3 可知,只要种群规模适当,经过一定的遗传代数后,遗传算法总能稳定地得到最优值。

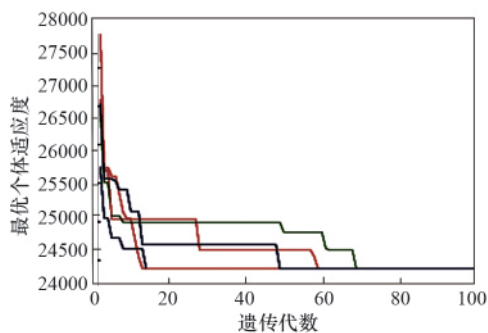


图 3 来自 5 个不同初始种群的进化曲线

Fig. 3 Genetic curves for five different initial populations

3.3 算法有效性分析

为了进一步检测本文遗传算法的搜索效率和有效性,设定不同的种群规模和遗传代数,然后随机选择初始种群,并多次运行 Matlab 程序。结果显示,对于恰当的种群规模或遗

传代数,本文算法均能得到最优值,并且运算效率较高(表 10),这说明本文设计的遗传算法是成功的、有效的。

从表 10 可以看出,当种群规模和遗传代数的乘积一定时,随着种群规模扩大,程序运行时间趋于减少,最优值首次出现的时间也趋于提前,这说明减少遗传代数同时扩大种群规模更有利于降低算法的时间复杂性。需要说明的,首先,由于每次运行程序时初始种群的生成和遗传操作具有随机性,所以当种群规模或遗传代数较小时,使用遗传算法可能得不到最优值;其次,由于遗传算法的随机属性,最优值首次出现的时机并没有明显的规律性,即使种群规模和遗传代数完全相同,两次运行得到的最优值首次出现的时机也未必相同。

表 10 遗传算法的有效性

Table 10 Effectiveness of proposed genetic algorithm

种群规模	遗传代数	最优值 /元	最优值首次出现代数	运算时间 /s
10	50	24210	37	1.279
	100	24210	37	3.478
20	200	24210	148	5.553
	50	25886	50	0.811
	100	24210	63	2.449
30	200	24210	34	4.726
	50	25010	5	1.061
	100	24210	30	2.247
40	200	24210	139	4.368
	50	24210	31	0.843
	100	24210	27	2.496
50	150	24210	43	4.056
	50	24210	10	0.904
	80	24210	4	1.591
	100	24210	16	2.277

4 结论

供应链网络设计与优化是当前物流管理与研究的热点。本文首先建立了一个具有多阶段选址需求的多产品供应链网络模型,然后结合选址问题的随机顺序编码和运输问题的优先权编码技术,给出了一种较为简单的染色体编码方案,进而借助遗传算法实现了该模型的求解。借助 Matlab 语言完成了相应的程序设计,并且在不同种群规模和不同遗传代数设置条件下反复运行该程序去检测本文遗传算法的搜索效率和有效性,结果表明,本文给出的染色体编码方案恰当,设计的遗传算法有效,并且具有较好的搜索效率,完全能够快速稳定地求解多产品三阶段供应链选址分配问题。

参考文献 (References)

[1] 柏孟卓,陈峰,唐国春. 供应链管理中和生产和运输集成的排序问题[J]. 工业工程与管理, 2007(5): 47-50.
Bai Mengzhuo, Chen Feng, Tang Guochun. *Industrial Engineering and Management*, 2007(5): 47-50.

- [2] 杨波, 梁梁, 唐启鹤. 物流配送中心选址的随机数学模型[J]. 中国管理科学, 2002, 10(5): 57-61.
 Yang Bo, Liang Liang, Tang Qihe. *Chinese Journal of Management Science*, 2002, 10(5): 57-61.
- [3] Chen Z L, George L V. Integrated scheduling of production and distribution operations[J]. *Management Science*, 2005, 51(4): 614-628.
- [4] 吴兵, 罗荣桂, 彭伟华. 基于遗传算法的物流配送中心选址研究[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程, 2006, 28(2): 89-91.
 Wu Bing, Luo Ronggui, Peng Weihua. *Journal of Wuhan University of Technology: Information and Management Engineering*, 2006, 28(2): 89-91.
- [5] 贺竹磐, 孙林岩, 汪翼. 采用优先权解码的多阶段供应链网络设计方法[J]. 系统工程, 2007, 25(1): 33-37.
 He Zhuqing, Sun Linyan, Wang Yi. *Systems Engineering*, 2007, 25(1): 33-37.
- [6] 玄光男, 程润伟. 遗传算法与工程优化 [M]. 于歆杰, 周根贵, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
 Xuan Guangnan, Cheng Ruiwei. *Genetic algorithms and engineering optimization* [M]. Yu Xinjie, Zhou Gengui, trans. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [7] Zegordi S H, Beheshti Nia M A. A multi-population genetic algorithm for transportation scheduling[J]. *Transportation Research Part E*, 2009, 45(6): 946-959.
- [8] Zhou G, Min H, Gen M. The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: A genetic algorithm approach[J]. *Computers Industrial Engineering*, 2002, 43: 252-261.
- [9] Thomas D J, Griffin P M. Coordinated supply chain management [J]. *European Journal of Operational Research*, 1996, 94(1): 1-15.
- [10] Yeh W C. A hybrid heuristic algorithm for multistage supply chain network problem [J]. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 2005, 26(5-6): 675-685.
- [11] Altiparmak F, Gen M, Lin L, et al. A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks [J]. *Computer Industrial Engineering*, 2006, 51(1): 196-215.
- [12] Jaramillo J H, Bhadury J, Batta R. On the use of genetic algorithms to solve location problems[J]. *Computers Operations Research*, 2002, 29(6): 761-779.

(责任编辑 代丽)

·学术动态·



“中医药慢性病防控暨中医、中西医结合防治慢性心肺疾病学术会议”征文

为发挥中医药在防治慢性心肺疾病方面的特色优势,促进学术发展,由中华中医药学会主办,《世界中西医结合》杂志社承办的中医药慢性病防控暨中医、中西医结合防治慢性心肺疾病学术会议拟于2012年10月召开,现将有关征文事宜通知如下:

征文内容:中医、中西医结合防治慢性心肺疾病的理论、临床及药物应用研究;中医治未病、养生保健经验研究;名老中医经验总结;中医特色疗法等。

联系人:鲍燕、郭文芳、莫晓飞。

电话(传真):010-64822253。

通讯地址:北京市朝阳区北四环东路115号院6号楼109室(100101)。

会议网址:www.zhongxi.org。

《科技导报》“综述文章”栏目征稿

“综述文章”栏目发表对当前自然科学有关学科领域的研究热点、前沿分支发展现状及动向的评述性文章。要求在所属学科领域从事比较深入研究的一线科研人员在研读相当数量文献资料的基础上,全面、深入、系统地论述该领域的问题,并对所综述的内容进行归纳、分析、评价,以反映作者的观点和见解。在线投稿:www.kjdb.org。