

基于联盟效应的医药物流中心选址模型及算法*

胡正东^{1,2}, 李利华^{1,3}, 李夏苗¹, 王国明¹

(1. 中南大学 交通运输工程学院, 长沙 410075; 2. 南华大学 政治与公共管理学院, 湖南 衡阳 421001; 3. 长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410004)

摘要: 针对医药供应链物流系统, 分析了药品供应链物流的需求特征, 阐述了药品供应链中生产企业、批发企业构建共享物流中心的意义, 提出了一种三方合作效益最大化的物流联盟结构模式。建立了药品物流联盟物流中心节点选址的双层规划模型, 上层规划以联盟效益最大化为目标, 下层规划考虑联盟博弈的 Shapley 分配模式, 体现了各参与方的利益分配最大化, 并设计了遗传算法的求解模式。算例测试结果表明, 该方法与算法具有较强的实践可操作性, 可以作为物流节点选址决策的参考方法。

关键词: 供应链; 物流联盟; 联盟效应; 选址; 遗传算法

中图分类号: TP301.6; TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)09-3299-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.09.026

Model and algorithm for medicine logistics center location based on alliance effect

HU Zheng-dong^{1,2}, LI Li-hua^{1,3}, LI Xia-miao¹, WANG Guo-ming¹

(1. School of Traffic & Transport Engineering, Central South University, Changsha 410075, China; 2. School of Politics & Public Administration, University of South China, Hengyang Hunan 421001, China; 3. School of Traffic & Transport Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: For the logistics system of medicine supply chain, it analyzed the demand character of medicine supply chain logistics, explained the significance about building the shared logistics center between production enterprises and wholesale enterprises in the medicine supply chain. This paper proposed a structure mode of logistics alliance which can embody the maximum benefit under the cooperation of the three party. It established a bilevel programming model for the location of logistics center of medicine logistics alliance, the object of upper planning is maximum alliance benefit, and the lower planning considered the distribution model of Shapley based on alliance game, which reflected the maximum distribution interest of each party. Lastly it designed the solving model of genetic algorithm. The result of a tested example shows that the practical operability of the method and algorithm is more effective, and it is a reference method for deciding the location of logistics nodes.

Key words: supply chain; logistics alliance; alliance effect; location; genetic algorithm

0 引言

医药物流是新医改政策下重点提升改造的领域, 尽管在国家宏观调控下, 目前我国的医药产品呈现价格下调趋势, 但从现代物流的角度分析, 我国的医药物流还是存在流通环节多、费用高、核心竞争力物流中心缺乏等问题^[1]。问题的解决不仅需要国家政策对市场的规范、引导与调节, 在行业内部也应该符合市场需求特征, 不断更新与改革, 采取新的措施与途径, 降低流通成本。

供应链体系下的医药物流是我国未来药品管理的一个重要发展方向, 也是解决当前医药成本过高的有效途径^[2]。物流联盟是实现供应链物流一体化的重要方式, 也是降低物流行业成本、加强物流企业间合作的重要途径。其特征是要求在药品供应链流通中, 各层次的物流运作环节(企业)连接成为一

个群体, 缔造共同的物流节点(中心), 进行资源整合、降低成本、实现效益最大化。由此可见, 供应链体系下的物流联盟及其节点选址决策问题变得至关重要, 也是当前行业研究的热点。文献[3]运用进化博弈研究了供应链物流联盟合作关系的稳定性; 文献[4]从医药供应链战略联盟的角度对区域医药物流产业集群的构建问题进行了探讨; 文献[5]从规模经济理论的角度对物流联盟共用物流中心的选址问题进行研究; 文献[6]从网络分析的角度对医药物流配送中心选址的 P 中心法进行了改进; 文献[7]以效益最大化构建了第三方物流企业联盟物流中心的选址模型; 文献[8]对属性相同物流企业物流中心的动态选址问题进行了研究; 文献[9,10]探讨了供应链环境下合作物流中心的选址模型及算法; 文献[11]从供应链库存管理的角度探讨了医药物流伙伴的选择问题; 文献[12]在产出分享模式下构建物流联盟利益分配的两阶段过程模型, 运

收稿日期: 2012-03-07; **修回日期:** 2012-04-12 **基金项目:** 湖南省科技计划资助项目(2010FJ6016); 湖南省教育厅计划资助项目(11C1076)

作者简介: 胡正东(1975-), 男, 湖南衡阳人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为物流工程与管理(zhengdonghu@163.com); 李利华(1979-), 男, 湖北红安人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为交通运输规划与管理; 李夏苗(1963-), 男, 湖南茶陵人, 教授, 博导, 博士, 主要研究方向为交通运输规划与物流工程; 王国明(1980-), 男(满族), 辽宁锦州人, 博士研究生, 主要研究方向为交通运输规划与管理。

用不对称 Nash 协商进行利益分配研究;文献[13]对信息对称与不对称状态下星型整体物流联盟的利益分配问题进行了探讨;文献[14~16]从运筹学角度的算法优化设计探讨了物流中心选址模型的求解方法。

综上所述,当前对医药物流供应链联盟物流中心选址问题的研究主要集中于:a)以传统成本函数为目标,忽视效益作用;b)供应链环境下的物流联盟与物流中心选址问题独立研究成果较多,从系统性角度出发将两者进行整合研究的文献不多。本文结合当前的行业热点,从医药物流企业供应链联盟的角度出发,以联盟效益最大化为目标,同时考虑各个体单元的利益分配,研究医药物流供应链体系下共同物流中心选址问题。

1 问题的基本描述

1.1 医药供应链物流联盟物流中心需求特征

医药物流药品流通环节主要包括生产企业、批发企业、零售终端(医院药房、零售药店、连锁药店等)、消费者等几个层面。当前我国医药供应链体系药品的流向模式为:生产企业各自为政,将其生产的药品转向下游散状批发企业,再由批发企业流向零售终端。在药品流通的整个过程中,基本上不存在各生产企业间、批发企业间的相互协调,供应链体系中共用的物流中心节点极少,多是一些散状的为自身企业服务的小型配送中心节点。因此,在此流通模式下引发了一系列问题,如药品流通成本过高、供应链整体系统效益与效率低下等,从而导致医患矛盾、药患矛盾等民生问题。而实际上,在整个供应链体系中,生产企业、批发企业、零售终端都表现出利润收益不大、无可奈何的状态。

当前医药物流供应链系统中出现的上述问题,事实上是一个复杂的系统利益分配问题,其关键是要解决供应链各层次间的中间协调,即物流中心节点的决策问题。因此,本文提出构建药品供应链结构模式,如图 1 所示。

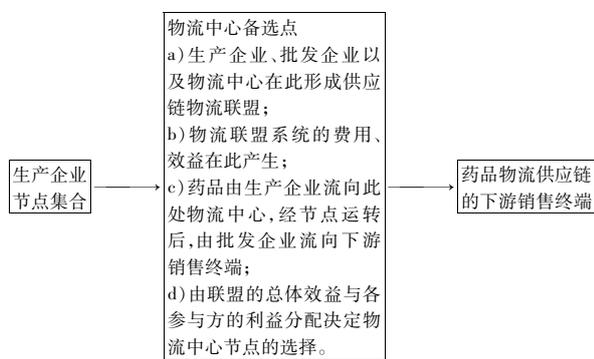


图 1 医药联盟供应链物流中心供需结构

图 1 表明,药品供应链物流体系是一个物流联盟结构,即供应链中两个独立层次药品的生产企业层与批发企业层的流通关系依旧为上下游层次对应,但两者在一个共同的物流中心节点处形成物流联盟体系,所有的生产企业将其药品直接流通到该共同的物流中心,而批发企业根据药品的供需关系在此与上游的生产企业以及下游的零售终端对接,且该物流中心节点为一独立体,不表现为某一生产企业主导,也不归属于某一独立的批发企业。缔结这一模式的物流联盟体系表现出的特征主要有:

a) 该物流联盟为一系统结构,由生产企业层、批发企业层

以及物流中心三方组成,且各方都表现为一独立环节。

b) 药品供应链物流联盟涉及到各方的利益博弈,既要考虑联盟效益最大化,也要满足各分散的独立单元(如某一生产企业或某一批发企业)的利益目标。

c) 物流联盟中共用的物流中心节点是关键,节点的投资及运作会产生相应的费用,联盟的整体效益以及各独立体的利益追求是否能消除节点增加费用是供需结构研究的主要环节。

1.2 建模的基本思想

医药物流供应链体系中,由于不同类型企业经营方式、核心业务、发展方向等存在差别,其建设物流中心的目的地、物流中心选址的要求也不同^[7]。事实上,在现代物流的市场化背景下,该物流中心势必为一个第三方的运作模式,从概念模型的角度分析,应该是一个考虑三方综合利益的节点决策问题。因此,对于此类问题可以定义为:供应链物流联盟上游对应为生产企业,下游对应为销售终端,中间物流中心与批发企业为衔接方,是一个典型的物流节点决策问题。本文所提出的基于联盟效应,就是既要考虑联盟的整体利益,同时还要明确每一个独立体的利益分配,则问题转换为考虑物流联盟收益分配机制的物流节点决策问题。

因此,本文所构建的基于联盟效应的物流中心选址模型是一个双层规划的节点决策模型。上层模型的结构表示为考虑联盟整体效益最大化的 0-1 混合整数规划问题;下层模型运用合作博弈机制,考虑供应链中各药品企业的利益分配最大化问题,以合作博弈的 Shapley 值分配模式定义。

2 选址模型的构建

2.1 假定前提

供应链联盟体系下医药物流中心的选址是一个多方利益分配的系统工程,特别由于医药行业是当前社会的敏感性行业,涉及多方利益博弈与民生问题,因此本文所构建的选址模型基于以下前提条件:

- a) 选址模型为一离散型节点决策问题,而且各生产企业节点、备选物流中心节点和批发企业层都能满足系统的服务需求;
- b) 各对应层次能够形成一个稳定的物流联盟结构,不存在利益冲突而引发的不信任状态;
- c) 各参与方的效益、费用为线性可计算型函数;
- d) 不考虑效益与费用的动态变化。

2.2 模型的建立

1) 上层规划

基于上述前提,定义一个医药物流供应链系统, $A = \{i | i = 1, 2, \dots, m\}$ 为医药供应链生产企业层次对应的点集, $B = \{j | j = 1, 2, \dots, n\}$ 为供应链体系中批发企业层次对应的点集, $D = \{k | k = 1, 2, \dots, q\}$ 为待选物流中心节点集。

则在考虑联盟利益体系下,以系统整体效益最大化为目标构建的选址模型为

$$\begin{aligned} \max Z = & \xi_1 \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k \alpha_{lki} x_{lki} + \xi_2 \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k \beta_{lki} x_{lki} + \\ & \xi_3 \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k \theta_{ljk} x_{ljk} - \xi_4 \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k c_{lki} x_{lki} - \\ & \xi_5 \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k x_{lki} \tau_{lki} - \xi_6 \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q W_k x_{ljk} \tau_{ljk} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \xi_7 \sum_{k=1}^q W_k G_k \\ \text{s. t. } & \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{lki} \leq A_{li}, \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{ljk} \leq B_{lj}, \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{lki} = \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{ljk}, \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{lki} \leq v_{kl}, \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^w \sum_{k=1}^q x_{ljk} \leq d_{kl}, \\ & x_{lki}, x_{ljk}, A_{li}, B_{lj}, v_{kl}, d_{kl} \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中: Z 为系统总收益目标; W_k 为 0-1 决策变量,表示物流中心节点的选取与否, $W_k=1$ 表示物流中心节点被选择,否则反之; $\xi_1 \sim \xi_7$ 为分摊系数,表示在整个系统规划设计运营期限内,每一个收益或费用群体以按年度进行分摊; α_{lki} 表示供应链中药品 l 由生产企业节点 i 运至物流中心 k 的增值服务收益系数(即药品在物流中心 k 进行处理、加工、运输、存储等取得的收益系数); x_{lki} 表示药品 l 由生产企业节点 i 运至物流中心 k 的流量; β_{lki} 表示生产企业节点 i 的药品 l 在物流中心 k 中享受特殊服务的收益系数(如药品展销等); θ_{ljk} 表示物流中心 k 的药品 l 转至批发企业节点 j 的增值服务收益系数(即药品流出过程中装卸、运输、配送、包装、分拣等形式的收益系数); x_{ljk} 表示物流中心 k 的药品 l 转至批发企业节点 j 的流量; c_{lki} 表示药品 l 由生产企业节点 i 运至物流中心 k 的单位运输成本; r_{lki} 表示药品 l 从生产企业 i 到物流中心 k 的流量处理成本系数; r_{ljk} 表示药品 l 从物流中心 k 转至批发企业 j 的流量处理成本系数; A_{li} 表示系统生产企业药品 l 总的生产规模; B_{lj} 表示系统生产企业药品 l 总的需求规模; v_{kl} 表示物流中心 k 对药品 l 的接受流量规模限制; d_{kl} 表示物流中心 k 对药品 l 的发送流量规模限制; G_k 表示物流中心 k 的投资费用。

2) 下层规划

Shapley 值分配模式是联盟合作机制下各方利益分配的一种方法。药品供应链物流联盟结构,由药品生产企业、批发企业以及物流中心三方缔结,每一方参与联盟对其他方都是一个随机依次选择的过程,在上层规划的体系下,组成物流联盟的三方中,各自的每一个独立体都可选择是否加入到物流联盟结构中,因此可以构成多个物流联盟结构,各独立体势必追求自身利益最大化,其分配模型如下:

$$\begin{aligned} \max \varphi_t(Z) &= \sum_{s(t \in s)} \frac{(|Z|-1)! (t-|Z|)! [v(Z) - v(Z \setminus \{t\})]}{t!} \\ \text{s. t. } & t=3 \\ v(Z) &= \sum_{k=1}^q W_k \left(\sum_{s'(t \in s')} \sum_{l=1}^w x_{lks'} \lambda_{lks'} \right) \\ x_{lks'} &= x_{lke}, x_{lkr}, x_{lko} \quad (e \in (i+j), r \in (i+k), o \in (j+k)) \\ v(Z \setminus \{t\}) &= \sum_{k=1}^q W_k \sum_{l=1}^w \sum_{i \in s} \lambda_{lki} K_{lki} \\ K_{lki} &= x_{lki}, x_{ljk}, W_{lk} \\ v(Z), x_{lkt'}, K_{lkt}, x_{lki}, x_{ljk}, W_{lk} &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

其中: $\varphi_t(v)$ 表示各参与联盟中独立体的利益分配; $|Z|$ 表示可能形成的物流联盟数目; $v(Z)$ 为所形成物流联盟的整体效益; t 表示参与物流联盟的三方结构; $x_{lkt'} = x_{lke}, x_{lkr}, x_{lko}$ 表示参与物流联盟的三方两两缔结后对药品 l 的流量需求; λ 表示参与联盟中单位流量的利益收益率; $K_{lki} = x_{lki}, x_{ljk}, W_{lk}$ 表示各方不参与联盟对药品 l 的流量需求。

模型表示供应链物流联盟中参与方 t , 与前面的 $|Z|-1$ 个参与方形成联盟 $|Z|$, 参与方 t 对该物流联盟的边际贡献为 $v(Z) - v(Z \setminus \{t\})$ 。因此,参与方 t 所做贡献的期望分配值是其参与所有合作的贡献的加权平均值,即为 Shapley 分配模式。

3 模型的求解及算法设计

上述模型为一典型的双层规划模型,上层考虑联盟整体效益 Z 最大化,即生产企业、批发企业与物流中心三方结盟后,在联盟结构下系统的整体效益;下层以物流联盟各参与方的利益分配最大化为原则,模型中考虑的收益、费用函数较多,变量结构复杂,本文采用启发式遗传算法求解。

1) 编码

对待选物流节点编号,利用编号进行编码,确定染色体的构成,每个染色体第一个数字对应待选物流节点的编号,其余按供应链流向对应各节点的配送线路。染色体标定为

$$L_p = \{L_p^1, L_p^2, \dots, L_p^d\} \quad 1 \leq p \leq k \quad (3)$$

其中: k 为待选物流中心节点数目($1 \leq k \leq q$), p 为染色体数目($p=1, 2, \dots, d$)。

2) 定义初始种群

生成决策变量 W_k 的初始种群集,并利用 goat 工具箱随机生成 W_k 的初始解集,设定群体进化代数 N 。

3) 构建适应度函数

适应度函数反映了每一条染色体适应环境的能力,通过计算染色体的适应度,决定该染色体是否保留。本文模型涉及到的变量要素为 W_k, x_{lki}, x_{ljk} , 同时要求考虑上下层规划目标 Z 与 $\varphi_t(Z)$ 效益最大化问题,故定义如下适应度函数:

$$G(W_k, x_{lki}, x_{ljk}) = Z(W_k, x_{lki}, x_{ljk}) + M_N \max\{\varphi_t(W_k, x_{lki}, x_{ljk}), 0\} \quad (4)$$

其中: $G(W_k, x_{lki}, x_{ljk})$ 表示决策变量 W_k, x_{lki}, x_{ljk} 的适应度; N 表示遗传进化代数; M_N 为惩罚函数; M_1 为预先设定的初始值。

4) 遗传选择

对种群中所有染色体的适应值求和得

$$F = \sum_{k=1}^q G_k(W_k, x_k) \quad (5)$$

计算各染色体的选择概率 P_k :

$$P_k = \frac{G_k}{F} \quad (6)$$

则可得出各染色体累计概率为

$$Q_p = \sum_{p=1}^k P_k \quad p=1, 2, \dots, d \quad (7)$$

定义可比较的伪随机数 w_p ($0 \leq w_p \leq 1$), 进行染色体选择比较。若 $w_p \leq Q_1$, 则选择第一条染色体 L_1 ; 若 $Q_{p-1} \leq w_p \leq Q_p$ ($2 \leq p \leq d$), 则选择 L_p 。

5) 遗传交叉重组

定义一个遗传杂交选择概率 p_c , 在染色体 L_p 中随机选择两个进行交叉配对, 并对决策变量 W_k, x_k 进行杂交, 得到 W_c, x_c , 计算 W_c, x_c 对应的下层规划问题的最优解 $\max \varphi_t(W_k, x_k) = \varphi_t(W_c, x_c)$, 产生新的子代染色体。

6) 遗传变异

设定遗传变异概率 p_m , 选择出进行变异的个体 (\hat{W}_k, \hat{x}_k) , 对其进行变异后得到 (\hat{W}_m, \hat{x}_m) , 同时产生一组新的染色体。

7) 自然选择

对遗传交叉与变异后的新的染色体在适应度函数下进行重新排序, 排在最后的染色体性能最差, 将其用上一代最优染色体代替。

8) 结果输出

如果终止条件成立,则停止运算,否则进行新一轮的迭代操作,令 $N = N + 1$,转 4)。

4 算例分析

假定存在一个医药物流供应链系统,生产企业层中 $A_i = \{A_1, A_2, A_3\}$,对应两种药品供应,待选择的物流中心 $D_k = \{D_1, D_2, D_3, D_4\}$,批发企业 $B_j = \{B_1, B_2, B_3\}$,物流网络中各需求参数如表 1~6 所示。

表 1 第一种药品由生产企业节点与待选物流节点关系

Table with 10 columns: 节点, 增值收益系数 alpha_lki, 特殊收益系数 beta_lki, 运输成本系数 c_lki, and sub-columns for A1, A2, A3, D1, D2, D3, D4.

表 2 第二种药品由生产企业节点与待选物流节点关系

Table with 10 columns: 节点, 增值收益系数 alpha_lki, 特殊收益系数 beta_lki, 运输成本系数 c_lki, and sub-columns for A1, A2, A3, D1, D2, D3, D4.

表 3 各种药品对批发企业的增值服务收益系数 theta_ij

Table with 7 columns: 节点, 药品 1 (B1, B2, B3), 药品 2 (B1, B2, B3), and rows for D1, D2, D3, D4.

表 4 各种药品的供需关系

Table with 3 columns: 节点, 第一种药品, 第二种药品, and rows for A1, A2, A3, B1, B2, B3.

表 5 各种药品的节点成本运作系数

Table with 13 columns: 节点, 第一种药品 (流入/流出成本系数), 第二种药品 (流入/流出成本系数), and rows for D1, D2, D3, D4.

表 6 缔结物流联盟的 lambda 收益系数

Table with 10 columns: 物流联盟, 与 D1 联盟, 与 D2 联盟, 与 D3 联盟, 与 D4 联盟, and sub-columns for 药品 1, 药品 2.

表 1、2 分别表示两种药品与生产企业发送业务关系的效益与费用系数;表 3~5 分别表示各种药品对批发企业的增值服务收益系数 theta_ij、各药品对物流中心节点需求关系、各药品在物流中心节点对应的生产企业流出成本系数 r_lki 和批发企业流出成本系数 r_lkj。同时,定义各物流待选节点的投资费用分别

为 250、280、260、300。

定义算例的遗传算法的相关参数,初始种群 $p = 3 \times 4 \times 3 = 36$ 个,进化代数设定为 $N = 50$,交叉概率 $p_c = 0.7$,变异概率 $p_m = 0.05$,利用计算机仿真,得出结果如表 7。

表 7 决策仿真计算结果

Table with 5 columns: 决策节点, max Z, max phi_A, max phi_B, max phi_D, and rows for D1, D2, D3, D4.

表 7 为物流中心节点决策求解结果,根据算法仿真结果可以看出,物流中心节点 D3 为最优决策方案,满足供应链联盟效益最大化 max Z = 1672,同时物流联盟的缔结方生产企业、批发企业以及物流中心三方都能满足各自的利益分配最大化,其对应的利益分配结果分别为 max phi_A = 401、max phi_B = 669、max phi_D = 602。表中计算结果表明,采用 D3 节点的决策方案,既能满足联盟效益最大化,也能满足各参与方的利益最大化,是最优决策方案。

由图 2 对物流中心节点 D3 的求解过程可以看出,通过遗传算法的不断进化演变,在 N = 25 以后,搜索计算结果基本趋于稳定,在设定的总进化代数 N = 50 的范围中,满足算法需求。

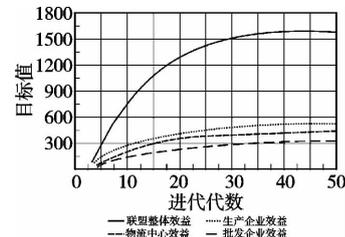


图 2 物流中心节点 D3 求解过程

5 结束语

本文通过对药品供应链物流网络的分析,研究成果主要表现为如下:

- a) 分析了药品供应链物流需求特征,提出了构建药品供应链物流联盟的必要性及意义;
b) 构建了基于联盟效应的医药物流中心选址的双层规划模型,以药品生产企业、批发企业以及其共用物流中心三方缔结组团的形式,上层规划考虑了整体物流联盟的效益最大化问题,下层规划考虑了联盟博弈的 Shapley 分配模式,体现了各参与方的利益分配最大化;
c) 设计了基于遗传算法的问题求解模式,并进行算例测试,结果表明,该方法与算法对于解决实际问题具备一定的可操作性和实效性。

参考文献:

[1] 师绘敏. 新医改下医药物流与医疗供应链体系未来模式研究[J]. 中国医药指南, 2011, 9(21): 363-364.
[2] 宋远方, 宋华. 医药物流与医疗供应链管理[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005.
[3] 卓翔芝, 王旭, 王振锋. 供应链联盟合作伙伴关系的进化博弈研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(1): 208-210.
[4] 丁勇. 构建区域医药物流产业集群探索医药供应链战略联盟的切入点[J]. 医药导报, 2007, 26(9): 1104-1105.

(上接第 3302 页)

- [5] 于焱. 基于规模经济理论的物流配送中心选址方法研究[J]. 中国流通经济, 2009, 23(11): 14-17.
- [6] 刘柱建, 傅春. 医药企业物流配送中心选址模型的建立[J]. 物流科技, 2007, 30(6): 21-24.
- [7] 胡刚, 王淑秦, 李铁柱, 等. 针对第三方物流企业的物流中心选址研究[J]. 公路交通科技, 2002, 19(6): 172-176.
- [8] 周爱莲, 李旭宏, 毛海军. 一类企业物流中心动态选址模型研究[J]. 系统工程学报, 2011, 26(3): 360-366.
- [9] 阳林, 刘付显. 供应链环境下物流配送中心的选址研究[J]. 商场现代化, 2007(9): 154-155.
- [10] 朱超才. 供应链中配送中心选址模型的研究[J]. 物流科技, 2010, 33(5): 56-59.
- [11] LIANG Yan, WANG Xin, CUI Hui-jie. Medicine logistics based on VMI pattern [C] // Proc of International Conference on Management Science and Engineering. Hongkong: ETP-Engineering Technology Press, 2010: 177-180.
- [12] 吴朗. 产出分享模式下动态物流联盟利益分配方法[J]. 系统工程, 2009, 27(5): 25-29.
- [13] 孙宝凤, 杨华, 韩伟. 星形整车物流联盟的收益分配机制研究[J]. 公路交通科技. 2009, 26(12): 142-147.
- [14] ZHOU Ruo-hong, LIU Wei. A location model of collector in a multi-commodity flow supply chain [C] // Proc of the 4th International Conference on Innovative Computing, Information and Control. 2009. Washington DC: IEEE Computer Society, 2009: 691-695.
- [15] GOETSCHALCKX M, VIDAL C J, DOGAN K. Modeling and design of global logistics systems: a review of integrated strategic and tactical models and design algorithms [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 1-18.
- [16] HARKNESS J, ReVELLE C. Facility location with increasing production costs [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 145(1): 1-13.