

家电回收的闭环物流网络选址模型

潘旭伟, 董 雪

(浙江理工大学经济管理学院, 杭州 310018)

摘 要: 在逆向物流及闭环供应链理论研究的基础上,立足于家电行业,构建废旧家电回收的闭环物流网络体系。提出一个包括供应商、加工厂、配送中心、零售商、回收中心在内的多阶段闭环物流网络选址模型,该模型以经济成本最小和顾客服务水平最高为约束目标,确定配送中心、回收中心的位置。在对该问题进行分析的基础上,提出了针对该多目标模型的粒子群优化算法,并结合罚函数法对目标函数进行寻优。结合具体案例说明了该选址模型及其求解算法的应用。

关键词: 家电回收; 闭环物流; 粒子群算法; 选址模型

中图分类号: F272

文献标志码: A

从20世纪90年代初开始,日益凸显的环境污染问题和产品回收中蕴藏的巨大经济利益,促使学术界和企业界重视产品回收及其环保再利用问题。在经济利益、环保法规以及消费者环保意识等诸多因素的驱动之下,逆向物流开始形成与发展^[1-3]。

逆向物流的开展,首先需要构建相应的网络,在这方面,Guiltnan等^[4]较早开展了对生产企业构建逆向物流网络结构的定性分析,分类描述了自营、联营、依靠传统零售商回收、外包这4种逆向物流回收渠道,根据流通渠道内各企业成员在产品再生或再制造方面功能和能力的不同,构建了不同的逆向物流回收系统;Fleischmann等^[5]对回收物流的网络结构进行了描述,并将回收物流网络的特点与正向物流以及废弃物处理物流网络进行了对比。如何选址是逆向物流网络中的一个重要问题。周根贵等^[6]构建了一个逆向物流网络中的选址模型,旨在研究从备选地址中选择建立配送中心或回收中心的最佳策略,然后应用遗传算法讨论了该模型的具体解法;李波等^[7]提出一种针对计算机等相关电子产品的逆向物流网络多层设施的选址模型,针对废旧电子产品的逆向回收提出了一种低成本的解决方案。

随着逆向物流的深入发展,将逆向物流与正向

物流整合,构建经济成本更低、效率更高的闭环物流网络系统,成为物流运作中的新趋势。Listes^[8]针对整合正向与逆向物流的回收系统设计了一个随机目标规划模型,用分枝切割法求解,以解决闭环网络建设中的选址问题。Ramezani等^[9]针对多产品、多层级的闭环物流网络设计,提出一个多目标规划模型,综合考虑总利润、顾客服务水平和供应物料之间的平衡,并用 ϵ -约束法求解最优解。邱若臻等^[10]针对再利用、再制造、再循环、商业退货4种闭环供应链类型,分别综述了与之相关的网络设计模型及解决算法。谢家平等^[11]借助于物流网络结构和混合整数线性规划,构建了一个单周期闭环供应链网络选址模型,用分支定界法对模型进行了求解。涂南等^[12]提出了一个考虑设施扩展的闭环物流网络多目标优化模型,采用基于进化算法和贪婪算法的两阶段算法进行求解。

在废旧产品回收领域,废旧家电因其污染性与可再利用性并存,其回收再利用尤其受到关注。目前我国大部分废旧家电由私人回收,大量报废的家电产品流入非正规拆解企业,造成了更严重的环境污染和市场的二次污染。正规企业的规范化回收活动,由生产企业独自承担回收责任,初始投资成本和

回收成本高,回收率难保证,回收处理不具规模,回报周期长,增加了企业负担。因此现有的废旧家电逆向回收方式已经不能够满足资源节约的需要和绿色环保的要求,而将产品设计者、生产厂家、零售商、终端处理公司联结在一起,形成一个“闭环”,构建废旧家电回收的闭环物流网络,是解决上述问题的新思路。本文在已有闭环物流网络系统构建模型基础上,针对废旧家电回收行为,提出了一个多目标、考虑多设施的闭环物流网络选址模型;依据该模型特点,采用了结合罚函数法的粒子群算法,对闭环物流网络中的配送中心、回收中心进行选址优化和流量分配。

一、模型构建

(一)问题描述

在废旧家电回收链条的构建过程中,首先需要解决配送中心、回收中心等设施的选址定位、配送网络的拓扑结构,以及各个节点间的流量问题。图 1 是废旧家电闭环物流网络结构的一个示意图,涉及的产品流动过程如下。

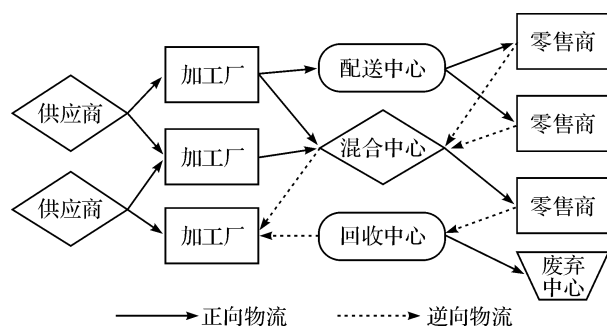


图 1 闭环物流网络结构

正向物流的层级:供应商-加工厂-配送中心-零售商-消费者。原材料由供应商供应给加工厂,加工成的产品由各配送中心流向零售商,并供应给最终消费者。

逆向物流的层级:零售商建立在顾客群附近,负责从消费者手中回收废旧家电;回收中心对各零售商回收的废旧家电进行归集,并进行检测分类,可重新利用的废旧家电回归加工厂进行二次加工或原料回收,没有再利用价值的废弃产品运至废弃中心,进行环保化处理;返回至加工厂的废旧家电,将被再加工或拆解,进入正向物流过程。

图 1 中的混合处理中心,表示该中心既是配送中心,也是回收中心,同时进行配送和回收。

本文所讨论的闭环物流网络模型包括了配送中心、零售商、回收中心和混合处理中心这四种网络节点,模型变量是 4 种网络节点的选址、配送中心与零

售商之间配送关系的建立、回收中心与零售商回收关系的建立,以及节点间的产品流量分配。

(二)模型假设

- a) 供应商、加工厂、零售商和废弃中心位置已知。
- b) 考虑一个周期内某种废旧家电的回收情况;评价运营期可计量的经济成本,不考虑时间成本、社会效益等。
- c) 备选地址及数量已知;各备选地址可建立配送中心、回收中心,若出现配送中心和回收中心建立在同一位置的情况,则说明该处为混合处理中心。
- d) 物流只在相邻层级之间发生,跨层级之间没有物流活动。
- e) 设施开设成本和处理能力由候选设施位置和设置方式决定,单位开设成本固定不变,设施间运输成本由设施间距离决定,单位运输成本固定,设施配送/回收能力有上限。
- f) 零售商对产品的需求量和回收量取决于最终消费者,不考虑消费者将产品运回零售商的费用。

(三)参数介绍

1. 符号说明

C 为零售商数量, c 为零售商的序号;

D 为拟建立配送中心个数, d 为配送中心的序号;

R 为拟建立回收中心个数, r 为回收中心的序号;

L 为备选地址个数, l 为备选地址的序号。

2. 确定性变量

DE_c 为零售商 c 对产品的配送需求量,即消费者需求的产品量;

DR_c 为零售商 c 产生的回收需求量,即从消费者处回收的废旧产品数,由回收中心进行归集;

FR_l 为在 l 处建立回收中心的固定成本;

FD_l 为在 l 处建立配送中心的固定成本;

FM_l 为在 l 处建立混合处理中心所节省的固定成本;

TD_{lc} 为从配送中心 l 到 c 零售商运送单位产品的费用;

TR_{rl} 为从零售商 l 到回收中心 l 回收单位产品的费用;

CD_l 为在 l 处建立的配送中心的配送能力;

CR_l 为在 l 处建立的回收中心的回收能力;

AD_c 为零售商 c 每一单位产品的配送需求未能得到满足所产生的不满意度,即消费者需求未得到满足;

AR_c 为零售商 c 每一单位产品的回收需求未能得到满足所产生的不满意度,即零售商从消费者处回收的废旧产品,未被上游回收中心全部归集。

3. 决策变量

QD_c 为运送到零售商 c 的产品数;

QR_c 为由零售商 c 回收到的回收中心的废旧产品数;

XD_l 为备选地址 l 是否开设配送中心的二元变量,若是则取 1,否则为 0;

XR_l 为备选地址 l 是否开设回收中心的二元变量,若是则取 1,否则为 0;

LD_k 为备选地址 l 处开设的配送中心与零售商 c 之间是否建立配送关系,若是则取 1,否则为 0;

LR_d 为零售商 c 与备选地址 l 处开设的回收中心之间是否建立回收关系,若是则取 1,否则为 0。

(四)模型的建立

在物流网络的构建过程中,企业面临的经济成本是设施建造费用和配送(回收)费用,同时企业还要确保零售商的需求得到及时满足。因此在本模型中,对两个目标分别赋权,寻求闭环物流网络总成本最小(目标函数 1)和顾客满意度最高(目标函数 2),并在此前提下确定配送中心、回收中心、混合处理中心的数量、位置及设施间的流量分配。

目标函数 1: $\min f_1 = \text{固定成本} + \text{运输成本}$ 。

$$f_1 = \sum_l (XD_l FD_l + XR_l FR_l - XD_l XR_l FM_l) + \sum_c QD_c \sum_l LD_k TD_k + \sum_c QR_c \sum_l LR_d TR_d。$$

目标函数 2: $\min f_2 = \text{总体不满意度}$ 。

$$f_2 = \sum_c AD_c (DE_c - QD_c) + \sum_c AR_c (DR_c - QR_c)。$$

其中: $(DE_c - QD_c)$ 表示 c 零售商未得到满足的配送需求数; $(DR_c - QR_c)$ 表示 c 零售商未得到回收中心响应的回收需求数。

模型中的相关约束条件如下:

$LD_k \leq XD_l$, 只有在 l 处建立配送中心后,才能与零售商产生配送关系 (1)

$LR_d \leq XR_l$, 只有在 l 处建立回收中心后,才能与零售商产生回收关系 (2)

$QD_c \leq DE_c$, 向零售商 c 配送的货物数小于等于零售商 c 的需求量 (3)

$QR_c \leq DR_c$, 零售商 c 回收的货物数小于等于零售商 c 的回收需求 (4)

$\sum_c LD_k QD_c \leq CD_l$, 配送中心 l 配送出的产品数小于等于该配送中心的配送能力 (5)

$\sum_c LR_d QR_c \leq CR_l$, 回收中心 l 回收的产品数小于等于该回收中心的回收能力 (6)

二、模型求解

(一)算法设计

上述建立的废旧家电闭环物流网络模型是多目标优化问题,优化参量较多,需要采用启发式优化算法。粒子群算法模拟鸟群觅食行为,通过追随当前搜索到的最优值来寻找全局最优^[13],其原理简单,操作方便,近年来已成为解决多目标优化问题的普遍方法。与同属于进化算法的遗传算法相比,粒子群算法比遗传算法规则更简单,没有遗传算法的“交叉”(crossover)和“变异”(mutation)操作;与其他启发式算法相比,如神经网络、模拟退火等算法,这些算法实现复杂度较高,计算量大,而采用更轻量级的粒子群算法,更有助于对问题的求解和分析。

本文在运用粒子群算法进行优化的过程中,结合了罚函数法。罚函数方法是求解约束优化问题的一类较好的算法,其基本思想是:根据约束的特点构造某种惩罚函数,并把惩罚函数添加到目标函数上去,从而得到一个增广目标函数,使约束优化问题的求解转化为一系列无约束优化问题的求解。具体在粒子群算法进行废旧家电闭环物流网络选址模型求解过程中,分为配送中心选址优化、回收中心选址优化和闭环物流网络综合选址优化等 3 个过程。

(二)配送中心选址优化过程

在本模型中,配送网络所涉及的决策变量为: XD_l 、 LD_k 、 QD_c 。在优化过程中,使用粒子群优化的罚函数法,将约束条件(5)作为罚函数加到被优化的目标函数中,对于目标函数 1 和目标函数 2,采用了赋权处理的方法,处理后的目标函数:

$$\min f = \text{Cost} + \alpha * \text{Response} + \gamma * \text{Penalty}。$$

其中: Cost 是配送中心的配送成本总和; Response 是零售商配送需求未得到满足产生的不满意度。

$$\text{Cost} = \sum_c QD_c \sum_l LD_k TD_k,$$

$$\text{Response} = \sum_c AD_c (DE_c - QD_c)。$$

当变量满足约束条件(5)时,

$$\text{Penalty} = 0;$$

变量不满足约束条件(5)时,

$$\text{Penalty} = \sum_l (\sum_c LD_k QD_c - CD_l)。$$

α 是顾客不满意度这一目标的目标权重; γ 是罚函数对应的权值, γ 越大,约束条件越有效,在实际优化中,结合企业实际需要程度,对这一参数进行测试并赋予具体值。

在考虑建造 D 个配送中心的情况下,配送中心

的建造方案一共有 C_L^D 种,决策变量分为两类: LD_k 、 QD_c 。只有当配送中心与零售商建立配送关系后,才能向零售商配送商品,因此需要分两步对 LD_k 、 QD_c 进行优化。

步骤一:根据每一种给定的配送关系 LD_k ,利用连续粒子群算法(MATLAB 自带粒子群工具箱)计算出使得目标函数最优的配送数量 QD_c 。

步骤二:根据上一步骤求出的每种给定配送关系下的最优配送数量 QD_c ;对 LD_k 变量进行二进制粒子群优化,得到使目标函数最优的 LD_k 。

最后比较 C_L^D 种选址方案的目标函数,得出最优方案。

(三)回收中心选址优化过程

在本模型中,回收网络所涉及的决策变量为: XR_l 、 LR_d 、 QR_c 。将约束条件(6)作为罚函数加到被优化的目标函数中,处理后的目标函数:

$$\min f = Cost + \alpha * Response + \gamma * Penalty.$$

其中: $Cost$ 是回收中心的回收成本总和; $Response$ 是零售商回收的产品未得到回收中心响应产生的不满意度。

$$Cost = \sum_c QR_c \sum_l LR_d TR_d,$$

$$Response = \sum_c AR_c (DR_c - QR_c).$$

当变量满足约束条件(6)时,

$$Penalty = 0;$$

变量不满足约束条件(6)时,

$$Penalty = \sum_l (\sum_c LR_d QR_c - CR_l).$$

在考虑建造 R 个回收中心的情况下,回收中心的建造方案一共有 C_L^R 种,决策变量分为两类: LR_d 、 QR_c 。只有当回收中心与零售商建立回收关系后,才能从零售商处回收废旧家电,因此需要分两步对 LR_d 和 QR_c 进行优化。

步骤一:根据每一种给定的回收关系 LR_d ,利用连续粒子群算法(MATLAB 自带粒子群工具箱)计算出使得目标函数最优的回收数量 QR_c ;

步骤二:根据上一步骤求出的每种给定回收关

系下的最优回收数量 QR_c ,对 LR_d 变量进行二进制粒子群优化,得到使目标函数最优的 LR_d 。

最后比较 C_L^R 种选址方案的目标函数,得出最优方案。

(四)闭环物流网络选址优化过程

闭环选址情况下,综合上述正向配送中心选址和逆向回收中心选址,考虑建造混合处理中心的可能,需满足目标函数:

$$\min f = Cost_{dis} + Cost_{Return} + Cost_{fixed} + \alpha * Response.$$

其中:

$$Cost_{dis} = \sum_c QD_c \sum_l LD_k TD_k,$$

$$Cost_{Return} = \sum_c QR_c \sum_l LR_d TR_d,$$

$$Cost_{fixed} = \sum_l (XD_l FD_l + XR_l FR_l - XD_l XR_l FM_l),$$

$$Response = \sum_c AD_c (DE_c - QD_c) + \sum_c AR_c (DR_c - QR_c).$$

将建造成本及建立混合处理中心所节省的费用考虑进去,对 C_L^D 种正向选址情况和 C_L^R 种逆向选址情况进行优化,最后比较每种选址方案,得出满足目标函数约束的最优方案。

三、案例应用

(一)案例背景

某公司在全国 10 个地区设有销售中心,即模型中的零售商 $C=10$,主要销售某种家用电器。该公司拟构建针对该废旧家电的回收网络,与其正向物流网络进行整合;调查分析后,初步选定了 5 个备选城市,即 $L=5$;要开设 2 个配送中心和 1 个回收中心,即 $D=2, R=1$,如果 $XD_l = XR_l = 1$,表示此处建立了混合处理中心。根据该公司物流系统调查报告,选取一个销售季度的数据,进行适当的数据样本扩充和修改,使其完备并适合本模型,然后利用离散粒子群优化算法求解,选择合适地址建立各物流中心。

本应用案例所使用的基本参数情况如表 1—表 5 所示。

表 1 零售商的需求参数

| 零售商 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 配送需求 | 125 | 117 | 130 | 103 | 114 | 104 | 129 | 101 | 124 | 125 |
| 回收需求 | 109 | 10 | 52 | 27 | 92 | 45 | 118 | 19 | 33 | 19 |
| 配送不满意度 | 10 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 1 | 10 | 10 | 5 |
| 回收不满意度 | 5 | 4 | 10 | 4 | 2 | 8 | 4 | 3 | 5 | 1 |

注:表 1 表示各零售商在本销售季度的配送需求和回收需求,其中回收需求小于配送需求。考虑到个别零售商推行以旧换新活动,会引起回收需求大幅上升,因此对于零售商 1 和 7,赋予其较大回收需求。

表2 配送费用

| 零售商 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 备选1 | 5 | 20 | 23 | 22 | 25 | 14 | 15 | 9 | 15 | 23 |
| 备选2 | 13 | 2 | 23 | 1 | 21 | 12 | 14 | 21 | 29 | 8 |
| 备选3 | 28 | 26 | 12 | 9 | 10 | 23 | 20 | 20 | 11 | 16 |
| 备选4 | 24 | 29 | 20 | 2 | 29 | 24 | 22 | 5 | 18 | 21 |
| 备选5 | 29 | 21 | 6 | 3 | 2 | 6 | 23 | 4 | 7 | 27 |

表3 备选地址的处理能力

| 备选地 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 配送能力 | 314 | 387 | 158 | 155 | 115 |
| 回收能力 | 136 | 113 | 86 | 102 | 91 |

表4 回收费用

| 备选地 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|----|----|----|----|----|
| 零售商1 | 29 | 11 | 9 | 4 | 19 |
| 零售商2 | 17 | 6 | 23 | 18 | 8 |
| 零售商3 | 5 | 8 | 23 | 15 | 20 |
| 零售商4 | 5 | 19 | 12 | 1 | 21 |
| 零售商5 | 8 | 15 | 18 | 11 | 23 |
| 零售商6 | 26 | 11 | 3 | 5 | 14 |
| 零售商7 | 8 | 25 | 2 | 24 | 3 |
| 零售商8 | 25 | 18 | 16 | 10 | 7 |
| 零售商9 | 8 | 17 | 24 | 16 | 28 |
| 零售商10 | 28 | 28 | 29 | 5 | 5 |

表5 备选地建造处理中心的固定费用

| 备选地 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 配送中心 | 5 100 | 5 280 | 3 550 | 3 960 | 3 970 |
| 回收中心 | 5 820 | 5 910 | 5 130 | 5 920 | 5 640 |
| 建造混合中心节省费用 | 2 620 | 4 070 | 3 530 | 2 370 | 3 690 |

(二) 配送中心选址优化结果

应用案例的备选地址 $L=5$, 建立 2 个配送中心, 即 $D=2$ 。经过测算, 并结合某公司对于顾客满意度的设定, 赋予对应的优化参数: $\alpha=50$, $\gamma=10\ 000$, 算法运用结果如表 6—表 8 所示。在备选地 1 和 2 处开设配送中心, 对应的 $Cost=8037$, $Response=954$ 。

表6 配送中心选址(XD_I)

| 备选地址 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|
| 是否建立配送中心 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

表7 是否建立配送关系(LD_{ic})

| 零售商 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 配送中心1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 配送中心2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

表8 每个零售商接收到的产品数(QD_c)

| 零售商 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|-----|-----|---|---|----|----|---|-----|-----|-----|
| 产品数 | 125 | 117 | 0 | 0 | 20 | 88 | 0 | 101 | 124 | 125 |

(三) 回收中心选址优化结果

沿用配送中心选址中, 优化参数 $\alpha=50$, $\gamma=10\ 000$ 。

回收中心选址的优化结果如表 9 所示。在备选地 3 处开设回收中心, 对应的 $Cost=3\ 840$, $Response=134$ 。

表9 每个零售商回收的废旧产品数(QR_c)

| 零售商 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|
| 产品数 | 29 | 20 | 52 | 27 | 0 | 45 | 48 | 12 | 33 | 0 |

(四) 闭环物流网络选址优化结果

结合配送中心和回收中心选址优化, 针对某公司构建闭环物流回收网络的需求, 得到优化结果如表 10 所示。在备选地址 1 和 2 处建立配送中心, 在备选地 3 处建立回收中心, 模型优化结果显示未建立混合处理中心。

表10 闭环物流选址结果

| 备选地址 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|
| 是否建立配送中心 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 是否建立回收中心 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

四、结 语

本文在生产企业主导回收行为的模式下, 建立了废旧家电回收的多目标闭环物流网络选址模型。模型的求解采用了进化算法中的粒子群算法, 并结合罚函数法的思想, 对回收行为中的约束性条件进行了处理。由于模型只考虑单一产品的回收, 忽略回收产品的质量差异, 偏重单周期静态研究, 且模型构建过程中做了比较多的理想化假设, 因而该模型适用于准备建造闭环物流网络、回收的家电产品具有同质性的企业。回收行为中的需求不确定性、回收产品质量差异、时间因素等, 有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] Beullens P, Wassenhove L V, Oudheusden D V. Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-loop Supply Chains[M]. Berlin: Springer, 2004: 95-134.
- [2] Barros A I, Dekker R, Scholten V. A two-level network for recycling sand: a case study[J]. European Journal of Operational Research, 1998, 110(2): 199-214.
- [3] Fleischmann M, Bloemhof-Ruwaard J M, Dekker R, et al. Quantitative models for reverse logistics: a review[J]. European Journal of Operational Research, 1997,

- 103(1): 1-17.
- [4] Guiltinan J P, Nwokoye N G. Developing distribution channels and systems in the emerging recycling industries [J]. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 1975, 6(1): 28-38.
- [5] Fleischmann M, Krikke H R, Dekker R, et al. A characterization of logistics networks for product recovery[J]. Omega, 2000, 6(28): 653-666.
- [6] 周根贵, 曹振宇. 遗传算法在逆向物流网络选址问题中的应用研究[J]. 中国管理科学, 2005, 13(1): 42-47.
- [7] 李 波, 曾成培. 一种逆向物流网络的多期动态选址方法[J]. 管理科学学报, 2008, 11(5): 76-84.
- [8] Listes O. A generic stochastic model for supply-and-return network design [J]. Computers & Operations Research, 2007, 34(2): 417-442.
- [9] Ramezani M, Bashiri M, Moghaddam R T. A new multi-objective stochastic model for a forward/reverse logistic network design with responsiveness and quality level [J]. Applied Mathematical Modelling, 2013, 37(1): 328-344.
- [10] 邱若臻, 黄小原. 闭环供应链结构问题研究进展[J]. 管理评论, 2007, 19(1): 49-55.
- [11] 谢家平, 黄雪琪, 陈荣秋. 闭环供应链物流网络选址优化模型[J]. 系统管理学报, 2008, 17(3): 248-255.
- [12] 涂 南, 吕柳枫, 麦合迪, 等. 考虑设施扩展的闭环物流网络多目标优化[J]. 工业工程, 2013, 16(5): 53-61.
- [13] 石 莹. 基于粒子群的无线传感器网络定位技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2010.

A Closed-Loop Logistics Location Model for the Recycling of Home Appliances

PAN Xu-wei, DONG Xue

(School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: On the basis of theories of reverse logistics and closed-loop supply chain, a closed-loop logistics network for recycling of scrap home appliances is established based on home appliance industry. A multi-stage closed-loop logistics location model is proposed, which is composed of suppliers, plants, distribution centers, retailers and recycling centers. The model regards economic cost minimization and customer service level maximization as the constraint objective to confirm the positions of distribution centers and recycling centers. Based on analysis of the problem, particle swarm optimization in allusion to multi-objective model is put forward. Penalty function method is used to search the optimization of the objective function. This paper also explains the location model and application of solution algorithm in combination of specific cases.

Key words: home appliances recycling; closed-loop logistics; particle swarm optimization; location model

(责任编辑: 陈和榜)