

云物流模式下基于最大覆盖配送中心的 选址—分配问题研究*

毕 娅^{1,2}, 梁晓磊¹, 赵 韦¹, 王 勋¹, 李文锋¹

(1. 武汉理工大学 物流工程学院, 武汉 430063; 2. 湖北经济学院 物流与工程管理学院, 武汉 430205)

摘要: 为了实现物流资源利用率的提高和物流成本的降低,根据“云”的思想,建立了云物流下基于最大覆盖的选址—分配的多目标非线性决策模型,该模型的目标是配送中心的选址优化和整体需求覆盖最大化。设计了基于遗传和粒子群的组合式启发式算法,对算法的性能进行了 Benchmark 测试。通过大量算例和对比分析,验证了模型和算法的有效性和稳定性。

关键词: 云物流; 最大覆盖; 选址—分配模型; 多目标决策; 启发式算法

中图分类号: F27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)10-3640-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.10.010

Research for logistics distribution center location-distribution problem based on maximal covering in cloud logistics mode

BI Ya^{1,2}, LIANG Xiao-lei¹, ZHAO Wei¹, WANG Xun¹, LI Wen-feng¹

(1. School of Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China; 2. School of Logistics & Engineering Management, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China)

Abstract: In order to improve the logistics resource utilization rate and reduce the logistics cost, under the guidance of the “cloud” thought, this paper constructed a new multi-objective and non-linear location-distribution model with certain assumptions as premises. The model aimed to the maximal covering demand, the optimal distribution and the lowest cost of the supply chain. It designed the heuristic algorithm based on GA and PSO for the model according to the specific structure of the model’s decision-making space. The numerical calculation was performed to solve the arithmetic problem in practical investigation. It shows that the decision model is practical and the algorithm is valid.

Key words: cloud logistics; maximal covering; location-distribution model; multi-objective decision; heuristic algorithm

高性能计算和物联网的发展催生了云制造^[1-4]模式的产生。物流与制造的关系密切^[5],两者休戚与共,表里相依。物流模式要与制造模式特征一致,否则会成为制造的瓶颈。事实上,随着云制造模式的产生和发展,物流模式在功能形态和资源配置上已经发生变化。物流资源的虚拟性、集成共享性和服务性等特点显得非常突出,形成了以分散资源集中管理、集中资源分散服务为思想的云物流模式。

从经营环境的角度看,配送中心多是经济独立核算的个体,都拥有一定的物流资源和能力,这些物流资源和能力只为其自身服务,物流资源和其能够提供的物流服务之间的关系是强耦合的。从理论研究的角度看,由于受传统物流模式的限制,作为研究的对象,配送中心也都是独立的,各种物流资源和能力都是在“单打独斗”的前提下被优化。这种优化是局部的,无法从全局上实现物流资源的合理配置和物流成本的降低。

云物流模式是指打破各个配送中心独立经营的壁垒,将所

有的物流资源和能力进行虚拟化的集成,形成虚拟资源池,在虚拟资源池内实现对物流资源的一体化调度,形成标准化的物流服务并透明地向多用户提供。由此可见,云物流模式可以跨越企业边界,能够以社会物流总成本最低为目标实现对全体物流资源的一体化集成和调度,因此,能充分调动闲散物流资源,提高物流资源的利用率,最终实现全社会物流资源的最优化配置。在强调可持续发展、绿色低碳、高效低能的今天,研究云物流模式下的选址—分配问题,提高物流资源的利用率和降低物流的成本,符合社会的发展趋势,是选址—分配问题在理论上的创新。

1 选址—分配问题的研究现状

研究近几年选址—分配问题的文献,从选址模型对不确定性需求的处理来看,黄松等人^[6]研究了一类具有季节性需求的选址—库存模型,认为选址除了应该考虑常规的经营库存和

收稿日期: 2012-03-10; **修回日期:** 2012-04-16 **基金项目:** 湖北省自然科学基金重点资助项目(2010CDA022);湖北省软科学研究专项(RKF0069);湖北省社科“十二五”规划资助项目

作者简介: 毕娅(1978-),女,湖北武汉人,博士,主要研究方向为复杂物流系统建模仿真(idabiya@126.com);梁晓磊(1985-),男,山西长治人,博士研究生,主要研究方向为复杂物流系统建模仿真;赵韦(1988-),女,重庆人,硕士研究生,主要研究方向为企业供应链管理;王勋(1989-),女,湖北荆州人,硕士研究生,主要研究方向为物流信息系统与仿真技术;李文锋(1966-),男,湖南衡阳人,教授,博导,主要研究方向为虚拟制造与物流仿真、机器人制造。

安全库存之外,还应该考虑规模经济、风险分摊以及季节性商品随时间变化的不确定性。他们将季节性商品假设为一个相互独立且均服从正态分布的随机变量,建立了一类随机需求下以期望销售收益最大化为目标函数的联合选址—库存的混合整数规划模型,拓展了已有的联合选址—库存模型。叶耀华等人^[7-10]在需求不确定的有容量网络设计中引入了缺货成本和过剩成本,让资源短缺和过剩的损失达到最小。他们给出了一个两阶段的随机混合整数规划模型,认为不确定的需求是随机的,可以用 Poisson 分布来表示;其工作丰富了对不确定性需求的研究,给选址问题打下了很好的理论基础。从分配的角度看,税文兵^[11]研究了动态情况下单目标的选址—分配问题;管小俊等人^[12]在此基础上建立了基于竞争的双层规划的选址—分配模型,模型中单个需求点的需求可以同时由多个配送中心共同满足,分配原则是按配送中心的规模线性实现。以上研究初步体现了不同配送中心物流资源协同工作的思想,但资源分配的方法过于粗糙,无法实现云物流的按需分配的思想,物流资源没有实现最优化的配置。

总结现有选址—分配研究中的问题:a)没有体现云物流的思想,没有实现对资源的集成和一体化调度,资源利用率低,使用成本高;b)对不确定性需求的处理过于理想化。

2 云物流模式下基于最大覆盖的配送中心选址—分配模型

本文针对上述不足,提出云物流模式下基于最大覆盖的配送中心的选址—分配模型。该模型以物流成本最低和对需求量覆盖最大为目标,在对各配送中心的物流资源虚拟集成的基础上,实现对物流资源的一体化调度和配送中心的选址。该模型的意义是:解除了物流资源和物流服务之间的紧密耦合关系,实现选址方案的灵活构建和物流资源的按需分配,体现了云物流模式下分散资源集中管理和集中资源分散服务的思想,实现了物流资源的高效使用和物流成本的大幅下降。该模型主要有以下三个创新点:

a)对物流资源进行一体化调度,形成云物流下新的分配模式。

b)采用模糊函数对配送中心下游的不确定性需求进行拟合,将拟合优度更好的预测量带入模型,让最终的选址结果更具有现实意义。

c)在云物流模式下松弛候选站点的覆盖状态,并以最大覆盖为目标对选址方案进行优化。

下面对以上三点进行展开说明。

2.1 云物流下新的资源分配模式

传统物流模式下各配送中心是独立运营的,各配送中心的物流资源不存在集成管理和一体化调度,需求点的需求可以由任意一个配送中心提供,但是只能由一个配送中心提供。配送中心和需求点之间的服务映射关系是一对一或一对多的。在云物流的新的资源分配模式下,物流资源和物流服务之间关系是松散的,各配送中心的物流资源接受一体化调度,不同配送中心的物流资源可以实现以总成本最低为目标的调度和匹配。配送中心和需求点之间的服务映射关系是多对多的关系。

2.2 模糊函数对不确定性需求的拟合

目前针对不确定性需求的研究大多是利用概率论的知识和方法,将其看成是一种随机变量,用服从某一随机概率分布来处理,如泊松分布。泊松分布适合描述那些质点的发生具有随机性和独立性的事物,且前提是必须要有充足的、真实的历史数据。因此,利用泊松分布函数来描述不确定性需求可能会出现较大的偏差,导致生产计划的安排失误。模糊数表示的是某事件发生的概率,指的是某件事情的发生状态是模糊的,该事件所有可能的模糊状态组成了模糊集合。根据模糊函数的定义,只需要几个点的数据就可以获得模糊数的隶属度,不需要大量的历史数据,实现起来比较容易,而且还能够较好地反映具有连续性变化的数据的内在规律。

首先对模糊函数和泊松分布拟合真实数据的效果进行定性分析,其结果如图 1 所示;然后进行定量分析,其结果如表 1 所示。拟合采用的数据和详细的分析结论参见文献[13~15]。

表 1 误差和拟合优度分析

数据区间	频数	泊松分布		模糊函数	
		相对误差/%	拟合优度 χ^2	相对误差/%	拟合优度 χ^2
[2,18]	2	100.00	1 498.64	0.12	0.084 6
(18,34]	7	99.44	564.56	9.50	0.006 4
(34,50]	11	3.06	0	8.20	0.035 4
(50,66]	14	199.82	18.6	24.78	0.376 8
(66,82]	22	69.99	35.9	4.84	0.002 9
(82,98]	4	98.81	328.4	19.98	0.282 9

$\chi^2_{泊松} = 2446.2 \gg 7.815 = \chi^2_{0.05,3}$,泊松分布的拟合优度差;
 $\chi^2_{模糊} = 0.7891 \ll 9.488 = \chi^2_{0.05,4}$,模糊函数的拟合优度好。

由以上分析可以看出,无论是定性分析还是定量分析,采用模糊函数对真实需求进行拟合,其精度要优于泊松分布。以此为基础,本文在后面搭建配送中心的选址—分配模型时,先采用模糊函数对不确定性需求进行拟合预测,然后将优化后的需求量假设为匀速的消耗量带入模型,这样可以使输入需求量更贴近于真实情况,从而得到更加准确的选址—分配结果。

2.3 覆盖状态的松弛

传统的基于最大覆盖的选址—分配模型的目标是对需求量覆盖的最大化,前提是已知候选站点的服务半径和准备建站的数量。服务半径是指配送中心以自己为圆心向外辐射最远的服务距离。配送中心的覆盖状态只有两种:当需求点在配送中心的服务半径之内且由该配送中心完全满足其需求时为覆盖,否则为不覆盖,只有对需求点实行覆盖的配送中心才能为需求点提供服务。本文提出的云物流下基于最大覆盖的选址—分配模型,允许归属于不同配送中心的资源共同为一个需求点协同工作,这样有效松弛了配送中心的覆盖状态,配送中心可以根据最优化原则部分满足需求点的需求,即允许配送中心对需求点进行部分覆盖。覆盖比例的取值范围可以依据物流系统成本最优的原则在[0,1]内取值。松弛了覆盖状态的选址—分配模型原理如图 2 所示。

图 2 表示三个候选配送中心和六个需求量相同的需求点。假设要选择两个配送中心建站,按照传统的基于最大覆盖的选址模型的思想,最优的结果是配送中心 1 和 3,因为有三个需求点(1、3、4)被完全覆盖。但在本文提出的云物流下的选址—分配模型中,由于有效松弛了覆盖状态,允许配送中心对

需求点部分覆盖,所以最优的选址应该是配送中心 1 和 2。因为虽然只有两个需求点(1,3)被完全覆盖,但它们还可以协同覆盖需求点 2、4、5、6,实际的覆盖量更大,配送中心服务半径更小,物流成本更低。

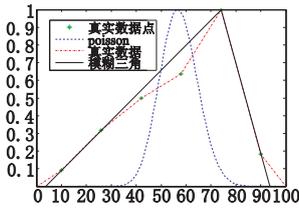


图1 泊松和模糊函数对真实数据的拟合

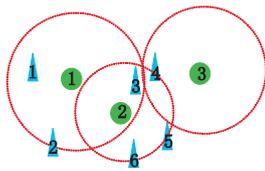


图2 松弛了覆盖状态的选址-分配模型

3 数学模型及其算法

3.1 基本假设

假设:a)已知候选配送中心和需求点的位置、数目和需求数量;b)建站区域内无已建站点;c)已知准备建站的数目;d)覆盖状态的取值区间是 $[0,1]$ 。

3.2 符号定义

给定的网络 $G(V,A)$,配送中心和需求点都分布在网络节点上,距离已知;

i 为任意需求点, I 为需求点集合; j 为候选的配送中心, J 为候选的配送中心集合;

Q_i 为采用模糊函数对需求点 i 的不确定性需求进行优化拟合后的需求;

p 为准备建站的个数;

H_j 为配送中心 j 的建站费用;

p^t, p^e, p^s, p^o 为依次表示单位距离运输单价、商品购买价格、订购商品的费用、存储费用;

d_{ij} 为需求点 i 到配送中心 j 的距离;

$X_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ 为是否在设施点 j 进行建站,其为 0-1 变量,1 表示建站,否则为 0;

Z_{ij} 为配送中心 j 对需求点 i 的覆盖比例; $\sum_j Z_{ij}$ 表示多个配送中心对需求点 j 的共同分配的总量,这个变量体现了云模式下协同分配的思想;

a_j 为配送中心 j 处建站的建站成本系数。

3.3 数学模型

建立一个多目标的双层模型。上层模型式(1)解决配送中心的选址问题,下层模型式(2)解决资源的协同分配问题。

$$\max F^u = \sum_i \sum_j Q_i Z_{ij} X_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (1)$$

$$\min F^d = \sum_j H_j X_j + p^t \sum_j \sum_i d_{ij} Q_i Z_{ij} X_j + p^o + p^e \sum_i \sum_j Q_i Z_{ij} X_j + p^s \sum_i \sqrt{\sum_j Q_i Z_{ij} X_j} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2)$$

其中:

$$H_j = a_j \sqrt{\sum_i Q_i Z_{ij}} \quad (3)$$

$$\text{s.t. } X_j = 0, 1 \quad \forall j \in J \quad \forall j \in J, X_j = 1 \quad (4)$$

$$\sum_j X_j = p \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$0 \leq Z_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6)$$

$$\sum_j Z_{ij} X_j \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (7)$$

3.4 关于模型的解释说明

目标函数式(1)说明配送中心覆盖的需求量最大;目标函数式(2)说明总成本最低。其中多项式的第一项表明配送中心建站成本;第二项表明运输成本;第三项表明单次货物的订购费用;第四项表明货物的购买成本;第五项表明在允许缺货、瞬时补货、需求消耗匀速的库存策略下客户的存储成本。式(3)说明建站的成本不随供应量呈线性增长,由于存在规模效应,建站成本会随着配送中心容量的增加而增大,但增大的幅度会随着容量的扩大逐渐减少;约束条件式(4)是对决策变量的约束,说明是否在 j 处建站;约束条件式(5)表明总共建站的数量是 P 个;约束条件式(6)是对决策变量的约束,说明该配送中心 i 向需求点覆盖的比例,取值范围是 $[0,1]$,也可以把这个决策变量理解为松弛的覆盖状态。

本文提出的模型主要解决三个问题:a)云物流下物流资源的一体化调度和分配;b)不确定性需求的拟合优化;c)云物流下基于最大覆盖理论的选址决策。

3.5 基于 GA-PSO 的组合式启发算法设计

3.5.1 标准 GA-PSO 组合式启发算法设计

GA 全局搜索性强,但是搜索速度慢;PSO 算法使用简单,搜索速度快,但是容易陷入局部最优。这两种算法在算法特点上有极强的互补性,可以将它们的优点进行有效结合并排除掉各自的缺点,以期能够形成一种收敛快速、全局搜索性强的混合式启发算法。标准 GA-PSO 算法的设计思想是:采用遗传一粒子群的两层递阶循环结构,先采用遗传算法进行全局搜索,然后采用粒子群算法在遗传算法染色体的位置附近快速搜索。如此循环,不断寻优更新,直至到达问题要求。算法具体流程如图 3 所示。

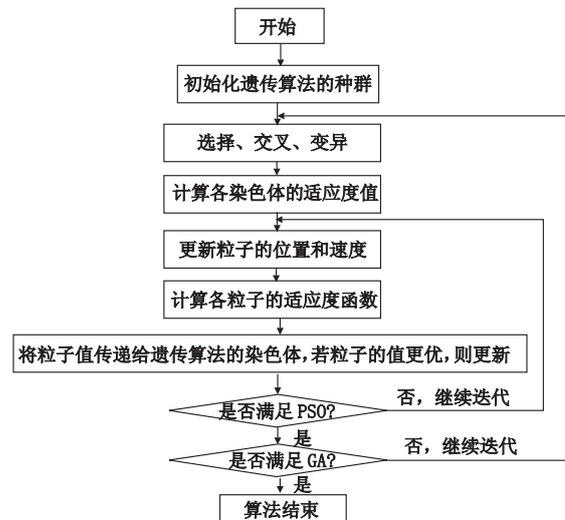


图3 标准GA-PSO算法流程

为了检验标准 GA-PSO 算法的各项性能,本文采用标准函数 Schwefel's 对其进行 Benchmark 测试,目的是验证 GA-PSO 算法的收敛性、全局寻优能力以及鲁棒性。分别采用 GA、PSO、GA-PSO 验算此函数,实验的图形结果如图 4~7 所示。

图 4 表示 GA-PSO 算法在经过 50 次迭代后所有个体的位置,通过图形动态迭代的过程发现,所有个体对于函数整个区域的搜索范围令人满意。图 5 表示在 10 次计算中,GA-PSO、GA 和 PSO 算法寻优的所有结果,GA-PSO 有 7 次找到最优,3

次找到局部最优;GA 有 6 次找到全局最优,4 次找到局部最优;PSO 有 5 次找到全局最优,5 次找到局部最优。图 6 表示在 10 次计算中,GA-PSO、GA、PSO 算法找到的最优点,图中显示这 3 个点重合的。图 7 表示 GA-PSO、GA、PSO 算法的收敛情况,其中 GA-PSO 算法收敛最快,寻优的结果最好;PSO 算法随后收敛,但寻优的结果最差;GA 收敛速度最慢,寻优结果优于 PSO 算法。由此得出结论:通过多次实验,GA-PSO、GA、PSO 三种算法均能找到 Schwefel's 函数的最优解,GA-PSO 算法收敛速度最快;在 10 次实验中,GA-PSO 算法找到最优解的次数最多,且算法个体多样性丰富,具有极强的全局寻优性,说明 GA-PSO 算法具备了 PSO 算法收敛速度快和 GA 全局搜索能力强的优势,同时在很大程度上克服了两者的局限性,是一种性能更优的混合式启发算法。

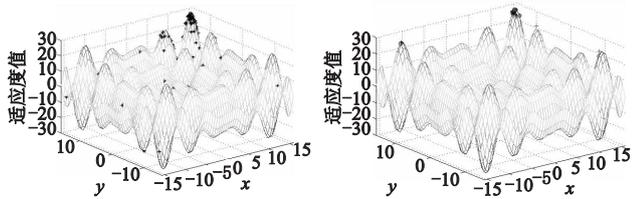


图4 GA-PSO最后一次迭代所有个体的位置 图5 GA-PSO (*)、GA (o)、PSO (+) 各10次计算中最优解的位置

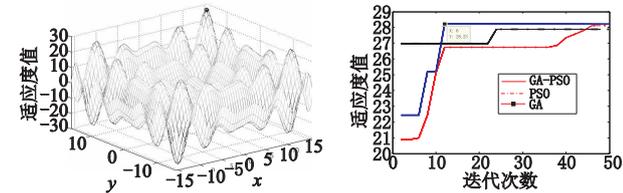


图6 GA-PSO (*)、GA (o)、PSO (+) 寻找到的最优解 图7 GA-PSO、GA、PSO 算法收敛情况对比

3.5.2 算法中的参数和约束设计

本文提出的选址—分配系统是一个双层模型。上层模型在离散空间作选址决策,下层模型在连续空间作分配决策。针对模型特点,本文对基于 GA-PSO 的组合式启发算法的参数与约束进行了设计,设计的难度在于处理不同空间中的参数传递问题以及特定问题下的不可行解。

1) 遗传算法设计

编码采用二进制 0-1 编码设计,染色体长度为候选配送中心的数目。选择策略采用轮盘赌结合锦标赛。交叉策略中为了保证候选站点的个数始终不变,采用单亲随机双点交叉。随机双点变异与单亲随机双点交叉的效果相同,因此算法不做变异操作。在经过交叉操作之后可能会产生重复的染色体结构,处理的原则是,对除了直接进入子代的父代染色体之外的所有染色体进行重码检查,淘汰重码的染色体,直至没有重码为止。

2) 粒子群编码

编码采用实数编码,粒子的维度值表示配送中心对需求点覆盖的比例。惯性系数采用线性动态设置,权重为 $w^t = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{Iter}_{\max}} \times t$ 。粒子的每个维度及所有粒子维度之和均控制在 $[0,1]$ 内。在迭代的过程中,若单个粒子维度小于 0,则强制为 0;若单个粒子的维度大于 1,则强制为 1;若所有粒子维度之和大于 1,即 $x_1 + x_2 + \dots + x_p > 1$,则按照比例对这些维度的

量进行调整,调整方案为 $\frac{x_1}{x_1 + x_2 + \dots + x_i}, \frac{x_2}{x_1 + x_2 + \dots + x_i}, \dots, \frac{x_i}{x_1 + x_2 + \dots + x_i}$ 。

4 实验设计及分析

经济的高速发展要求物流行业对其管理模式进行不断的变革和优化,物流资源的整合和一体化的调度是物流模式发展的必然趋势。本文认为云物流下基于最大覆盖的选址—分配模型能很好地适应这一趋势,实现物流资源的集成以及物流服务的标准化和协同化,最终实现物流成本的大幅降低和物流服务水平提高。为了验证本文提出的云物流下选址—分配模型和算法的有效性、可行性和鲁棒性,本文设计了如下三组仿真实验。

4.1 实验 1

实验 1 采用文献[12]中的真实数据分别对本文提出的云物流模式下基于最大覆盖的选址—分配模型和传统物流模式下的选址—分配模型进行验算,实验的意义是证明云物流模式下基于最大覆盖的选址—分配方案的有效性和可行性。图 8 表示 GA-PSO 算法中 GA 的收敛情况。

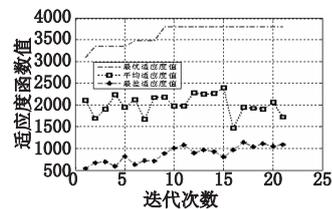


图8 适应度函数收敛情况

图 9 表示了云物流下基于最大覆盖的选址结果,即在 10 个候选配送中心中选择 3 个配送中心建站,要求对周边 20 个需求点的需求尽可能地覆盖,同时满足物流成本最低的条件下,最后选择了 2、6、10 号站点进行建站。

图9 选址结果

图 10 表示 2、6、10 号配送中心对周边 20 个需求点进行协同分配的结果。该结果是一个 21×200 的矩阵,行表示每次迭代的结果,列表示 10 个配送中心对 20 个需求点的覆盖比例。图 8~10 表明云物流模式下的选址—分配模型算法收敛良好,选址结果符合客观实际,各配送中心的资源能协同工作,并以最大比例对需求点实现协同覆盖。

对该组数据连续进行 10 次实验,计算物流成本、运输成本和存储成本,结果如图 11 所示。结果表明物流成本均在 6.8315×10^6 附近,波动在 4% 以内,结果稳定。其中,运输费用占物流成本的比重较大,且与物流成本的变化一致;存储成本占物流成本的比重较小,其变化可以忽略不计。

在相同的数据下对传统的选址—分配模型用 Lingo 进行测试,结果如图 12 所示,表明传统的选址—分配方案选择了配送

中心 1、4、6 进行建站,其物流成本为 7.0024×10^6 元。将两种物流模式下的选址一分配方案的结果进行对比,结果如表 2 所示。

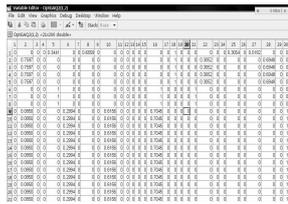


图 10 云物流下资源一体化调度后分配结果

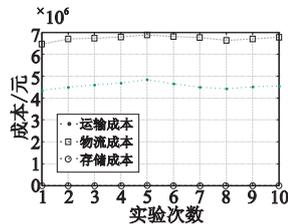


图 11 初始值相同情况下 10 组实验结果

Global optimal solution found. Objective value: 7002468.00 Objective bound: 7002468.00 Infeasibilities: 0.000000 Extended solver steps: 0 Total solver iterations: 11

Variable	Value	Reduced Cost
X(1)	1.000000	0.000000
X(2)	0.000000	0.000000
X(3)	0.000000	0.000000
X(4)	1.000000	0.000000
X(5)	0.000000	0.000000
X(6)	1.000000	0.000000
X(7)	0.000000	0.000000
X(8)	0.000000	0.000000
X(9)	0.000000	0.000000
X(10)	0.000000	0.000000

图 12 Lingo 计算结果

表 2 GA-PSO 与 Lingo 计算结果对比

物流模式	选址结果	覆盖比率/%	协同分配	物流成本 / $\times 10^6$
云物流模式下选址一分配方案	2,6,10	78	有	6.832
传统模式下选址一分配方案	1,4,6	70	无	7.002

4.2 实验 2

实验 2 分别采用 5×10 、 8×15 、 15×20 的随机算例对两种物流模式下基于最大覆盖的选址一分配模型进行验算,实验的意义是验证云物流模式下基于最大覆盖的选址一分配方案的鲁棒性。每组算例均使用 10 组不同的初始值,共进行 30 次实验。实验对比结果如表 3 所示。实验结果表明,算法的鲁棒性能稳定,云物流下的资源分配模式能够充分利用物流资源,显著降低物流成本,且其优势会随着问题规模的扩大而扩大。

表 3 三组随机算例的实验结果

算例	问题规模	云物流下的选址一分配方案				传统物流模式下的选址一分配方案	
		物流成本 / $\times 10^5$ 元	最大差 / %	优于 Lingo 的次数	计算时间/s	物流成本 / $\times 10^5$ 元	计算时间/s
1	5×10	2.905 3	2.4	5	212	3.295 4	6.226
2	8×15	3.876 3	4.7	7	863	4.745 1	10.56
3	10×20	6.283 2	8.3	8	1 478	8.174 3	15.23

4.3 实验 3

实验 3 分别在 100% (-50%, 50%) 的范围内改变单位运输费用和存储费用,观察它们与物流成本和覆盖率之间的相对变化。实验的意义是揭示云物流模式下选址一分配方案中一些重要参数之间的关系,为云物流模式下选址一分配方案的具体实施提供实践指导,结果如图 13 所示。

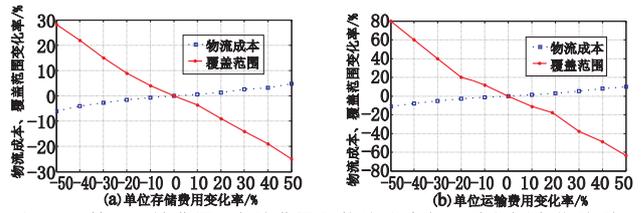


图 13 单位运输费用、存储费用和物流成本与覆盖范围变化关系

实验结果表明,在云物流下基于最大覆盖的选址一分配模型中,单位运输费用和存储费用的降低或升高都能够引起物流成本同一趋势的变化,但变化的幅度均不大,分别为 20% 和 8% 左右。但与此同时,单位运输费用和存储费用的下降却会显著增加配送中心对周边需求点的覆盖范围,分别为超过 100% 和接近 60%,能够显著提高客户满意度。

综上所述:a)本文提出的选址一分配模型体现了云物流模式的思想,提高了物流资源的利用率,降低了物流成本,实现了更灵活的选址方案;b)基于 GA-PSO 的组合式启发算法有效、稳定;c)给出了相关的结论和解决策略,为云物流模式下选址一分配问题提供了理论依据和实践指导。

参考文献:

- [1] 陶飞,张霖,郭华,等.云制造特征及云服务组合关键问题研究[J].计算机集成制造系统,2011,17(3):477-485.
- [2] 李伯虎,张霖,王时龙,等.云制造一面向服务的网络化制造新模式[J].计算机集成制造系统,2010,16(1):1-17.
- [3] 李伯虎,张霖,任磊,等.再论云制造[J].计算机集成制造系统,2011,17(3):449-457.
- [4] 任磊,张霖,张雅彬,等.云制造资源虚拟化研究[J].计算机集成制造系统,2011,17(3):511-518.
- [5] 尹超,黄必清,刘飞,等.中小企业云制造服务平台共性关键技术体系[J].计算机集成制造系统,2011,17(3):495-503.
- [6] 黄松,杨超.随机需求下联合选址一库存模型研究[J].中国管理科学,2009,17(5):96-102.
- [7] 叶耀华,丁文霞,蒋怡乐.一种需求不确定的有容量网络设计问题求解方法[J].复旦大学学报:自然科学版,2005,44(6):1104-1115.
- [8] 郭子雪,齐美然,张强.基于区间数的应急物资储备库最小费用选址模型[J].运筹与管理,2010,19(1):15-20.
- [9] 胡丹丹,杨超.在竞争环境中的拥塞设施截流选址问题[J].系统工程理论与实践,2010,30(1):68-72.
- [10] 马云峰.网络选址中基于时间满意度的覆盖问题研究[D].武汉:华中科技大学,2005.
- [11] 祝文兵.物流配送中心动态选址模型及算法研究[J].计算机应用研究,2010,27(12):4476-4480.
- [12] 管小俊,王喜富,王翠华,等.基于竞争的物流中心选址双层规划模型及算法研究[J].武汉理工大学学报,2009,33(5):956-959.
- [13] 毕娅,李文锋.基于协同库存和模糊需求的高散选址模型研究[J].统计与决策,2011(6):66-69.
- [14] 毕娅,林红,李文锋.基于模糊理论的随机需求系统的研究与设计[J].计算机系统应用,2011,20(6):12-16.
- [15] BI Ya, LI Wen-feng. Fuzzy algorithm's analysis and realize of random demand system[C]//Proc of International Conference on Electric Information and Control Engineering. 2011:427-430.