

文章编号:1007-2985(2012)06-0029-04

一个物流配送中心选址模型及其算法^{*}

林 珊,段复建

(桂林电子科技大学数学与计算科学学院,广西 桂林 541004)

摘 要:一个最优的配送中心选址方案,既可以提高物流系统的效率,又能降低物流系统的成本.在时间已经成为竞争优势的一种新资源的社会,将时间约束考虑到配送中心选址模型中无疑是一个突破.建立了一个物流配送中心选址模型,在模型中只需要知道所需配送中心的个数上限即可,松弛了以往模型中需确定所需配送中心个数的条件.模型求解算法上,采用优化方法中的0-1规划割平面法,结果表明模型具有可靠性,且计算复杂度得到降低.

关键词:配送中心选址;时间约束;0-1规划割平面法

中图分类号:O221.7

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1007-2985.2012.06.008

目前,物流业在整个社会经济乃至世界经济中的地位迅速上升,与此同时,物流系统在应对实际环境中所遇到的一些问题也急待研究解决.配送中心(Distribution center)是产地和需求地之间的桥梁,在物流系统中起着枢纽的作用,因此优化配送中心的选址将对物流系统作用的发挥乃至物流经济效益的提高产生重要的影响.

到目前为止,对于配送中心的选址问题,有很多学者对其进行了大量的研究,取得了一定的理论成果,并且为了实际应用,也建立了大量的数学模型^[1-4],这些模型都是从企业利益出发,尽可能地最小化物流成本、最大化收益.从企业利益角度看,客户就是一切收益的来源,企业通过提高技术水平、产品质量等手段来留住和吸引更多的客户.在现代社会,客户追求的不仅是高技术、高质量的产品,更多是享受企业给予的服务,而影响客户服务水平的一个重要因素就是时间.从物流系统运作角度看,减少配送时间不仅可以提高效率,更能提高客户的满意度.因此,时间在物流系统中也是一个不容忽视的重要因素,并且随着技术的提高和人们需求的多样化,人们不再局限于追求产品的长期使用寿命,而是高品质的服务.在竞争激烈的现代社会中,时间已经成为企业的一种能提高自身竞争优势的新资源.自从20世纪80年代后期Stalk提出基于时间的竞争模式^[5]后,其重要性广泛地受到人们关注.因此文献[6]中的模型考虑了时间约束,使得模型更符合新型的发展社会.

笔者在上述基础上,对文献[6]中的模型进行改进.文献[6]中认为配送网络所需DC的数量 p 是已知的,但实际情况中,要预先确定配送网络所需的DC数量存在一定的难度,反而确定所需数量不超过一定的上限相对比较容易.针对这一思路,在文献[6]的模型基础上将约束条件 $\sum_j y_j = p$ 做松弛修正,变为 $\sum_j y_j \leq p$,使模型更贴合实际情况.另一方面,采用优化方法求解新模型,相比文献[6]中的启发式算法,降低了计算复杂度,提高了计算效率,尤其在求解大规模模型上效果明显.

* 收稿日期:2012-10-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11061011);广西省自然科学基金资助项目(2011GXNSFA018138)

作者简介:林珊(1988-),女,广西贵港人,硕士研究生,主要从事最优化理论与方法研究;段复建(1965-),男,黑龙江黑河人,桂林电子科技大学数学与计算科学学院教授,博士,主要从事最优化理论与方法、组合优化研究.

1 模型假设和符号说明

文中做如下假设:

- (1) 各产地对不同产品的生产能力限制已知;
- (2) 不考虑备选 DC 的扩建问题;
- (3) 各需求地对各产品的需求量为常数;
- (4) 每个需求地只由 1 个 DC 配送;
- (5) 对于第 j 个备选 DC, 若被选中, 则建立和经营 j 的固定费用已知;
- (6) 配送系统所需 DC 的上限为 p .

其中假设(6)是在文献[6]的基础上做出的松弛修正.

为了简化模型, 做出如下符号说明规则: b_{ik} 为对 $\forall i$, 需求地 k 的需求量; a_{ijl} 为对 $\forall i$, 从产地 l 到第 j 个备选 DC 的单位运费; C_{ijk} 为对 $\forall i$, 从第 j 个备选 DC 到需求地 k 的单位运费; x_{ijl} 为对 $\forall i$, 从产地 l 到第 j 个备选 DC 的产品数量; d_{il} 为对 $\forall i$, 产地 l 的产品供应能力; g_j 为建立和经营第 j 个备选 DC 的固定费用; e_{ijk} 为对 $\forall i$, 从第 j 个备选 DC 到需求地 k 的配送时间; f_{ik} 为对 $\forall i$, 需求地 k 对产品的配送时间限制; p 为对配送系统所需 DC 个数的上限; I 为产品集; J 为备选 DC 集; K 为需求集; L 为产地集;

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{备选中心 } j \text{ 被选中,} \\ 0 & \text{备选中心 } j \text{ 不被选中;} \end{cases} \quad z_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{需求地 } k \text{ 由备选中心 } j \text{ 配送产品 } i, \\ 0 & \text{需求地 } k \text{ 不由备选中心 } j \text{ 配送产品 } i. \end{cases}$$

2 数学模型和模型算法

在实际环境中, 要精确地确定配送系统中所需的 DC 个数这一约束条件是很苛刻的, 即使可以通过预测, 但是由于实际环境的未知性会导致预测的结果与实际情况存在有误差, 因此, 文中的数学模型将文献[6]模型中的约束条件 $\sum y_j = p$ 做松弛修正, 改为 $\sum y_j \leq p$, 也就是将条件“所需 DC 的个数”改为“所需 DC 的数量不超过一定的上限”.

基于以上考虑, 建立改进的新模型(P) 如下:

$$\min f = \sum_l \sum_i \sum_j a_{ijl} x_{ijl} + \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} b_{ik} z_{ijk} + \sum_j g_j y_j \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad e_{ijk} z_{ijk} \leq f_{ik} \quad \forall i, j, k \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ijl} \leq d_{il} \quad \forall i, l \quad (3)$$

$$\sum_j z_{ijk} y_j = 1 \quad \forall i, k \quad (4)$$

$$\sum_i x_{ijl} = \sum_k b_{ik} z_{ijk} \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$\sum_j y_j \leq p \quad (6)$$

$$y_j, z_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, k \quad (7)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, l \quad (8)$$

模型中(1)以整个配送系统总费用最小为目标, 其中第 1 项表示从产地到 DC 的运输费用, 第 2 项表示从 DC 到各个需求点的运输费用, 第 3 项表示所选 DC 的固定费用. 约束条件(2)表示 DC 配送各个产品到需求点的时间不超过客户要求的时间限制, 也就是时间约束条件. 约束条件(3)表示生产基地生产各个产品的供应量都在其生产能力范围内. 约束条件(4)表示每个需求点的每种产品只由 1 个 DC 负责配送. 约束条件(5)表示供需平衡. 约束条件(6)是在文献[6]的基础上做出松弛修正, 表示所需 DC 个数不超过一定的上限. 约束条件(7)和(8)分别表示变量为 0-1 变量和非负约束.

关于模型的求解算法, 文献[6]中的启发式算法的思路就是从 J 个备选 DC 中选取 p 个组合, 将原问题变成 p 个子问题, 然后进行求解. 对于一般的小规模模型来说, 这无疑是一个很好的算法, 但在求解大规模模型时, 要逐个试算出各种组合, 这一工作的计算量很大, 在计算过程中不免产生很多无效数据以及误差.

笔者采用最优化理论中的 0-1 规划割平面法中的思想来求解上述模型.

Step 1 将模型中的约束条件中的 0-1 变量转化成不等式约束,得到一个新模型(P') 如下:

$$\begin{aligned}
 \min f &= \sum_l \sum_i \sum_j a_{ijl} x_{ijl} + \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} b_{ik} z_{ijk} + \sum_j g_j y_j \\
 \text{s. t.} \quad & e_{ijk} z_{ijk} \leq f_{ik} \quad \forall i, j, k \\
 & \sum_j x_{ijl} \leq d_{il} \quad \forall i, l \\
 & \sum_j z_{ijk} y_j = 1 \quad \forall i, k \\
 & \sum_i x_{ijl} = \sum_k b_{ik} z_{ijk} \quad \forall i, j \\
 & \sum_j y_j \leq p \\
 & 0 \leq y_j \leq 1, 0 \leq z_{ijk} \leq 1, y_j, z_{ijk} \in Z \quad \forall i, j, k \\
 & x_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, l
 \end{aligned} \tag{9}$$

Step 2 忽略新模型(P') 中约束条件(9) 的取整约束,用单纯形法求解(P') 相应的线性规划问题. 若求出的解为整数,则为原问题的最优解,算法停止;若(P') 相应的线性规划问题没有解,则算法停止;否则到下一步.

Step 3 在求出的非整数解的基础上,新增加约束条件——割平面,去切割可行域中的非整数解,保留整数解,返回 step 2.

该算法的优势在于不需要全部试算出所有变量取 0 和 1 的组合,而是用优化方法中的单纯形算法来直接找到最优方案. 在求解大规模模型时,直接用计算机模拟,问题就可以很快得到解决,提高了求解模型的计算效率.

3 数值算例

算例 1 取参数 $L=1, I=1, J=3, K=7$ (模型中的相关数据见附录中表 1 至表 6),此时由于 $L=1$,也就是说改生产地的生产能力足以满足. 在 MATLAB7.0 的运行环境中,得到如表 7 所示的结果.

表 1 单位运费 元/件

j	1	2	3
i	26	36	41

表 2 产品的需求量 千件

k	1	2	3	4
i	8	10	9	20

表 3 单位运费 元/件

k/j	1	2	3
1	5	20	30
2	8	22	41
3	10	27	41
4	8	30	38

表 4 产品的运输时间 h

k/j	1	2	3
1	23	32	34
2	28	31	34
3	28	34	37
4	27	33	36

表 5 配送时间限制 h

k	1	2	3	4
i	28	28	30	28

表 6 配送 DC 建立和经营的固定费用 千元

j	1	2	3
g_j	500	300	190

表 7 0-1 变量的最优解

变量	Y_1	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	X_1	其他 0-1 变量
值	1	1	1	1	1	47	0

算例 2 选用文献[6] 中的算例,将有关数据应用到上述模型和算法中,计算结果如表 8,9 所示. 从该结果可知,与文献[6] 的结果是一致的. 但是因为利用了计算机仿真,计算效率很大程度上得到提高,所以模型和算法是可行的.

表 8 0-1 变量的最优解

变量	Y_1	Y_3	Z_{111}	Z_{112}	Z_{113}	Z_{114}	Z_{115}	Z_{136}	Z_{137}	Z_{211}	Z_{212}	Z_{213}	Z_{214}
值	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
变量	Z_{215}	Z_{236}	Z_{237}	Z_{311}	Z_{312}	Z_{313}	Z_{314}	Z_{335}	Z_{336}	Z_{337}	其他 0-1 变量		
值	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		

表 9 分配变量 X_{ijk} 的最优解

变量	X_{111}	X_{112}	X_{132}	X_{211}	X_{212}	X_{232}	X_{312}	X_{331}	其他
值	25.761	34.648	15.352	100	0.208	44.285	100	44.6	0

4 结语

物流配送的时间不仅直接影响着物流系统的效益和效率,更直接影响着客户的满意度.笔者在文献[6]的基础上对考虑工厂生产能力限制和配送响应时间约束的、多源多品种供应的配送系统模型进行修正,在模型中只需知道所需 DC 的个数上限,而不需确定所需 DC 的个数,从而更符合实际情况.在求解模型上,采用优化算法——0-1 割平面法来解决模型,避开了文献[6]中启发式算法的缺陷,即并不需要对变量取 0 和 1 的各种组合列出试算,将原问题拆分成 p 个子问题来解决.用实际调研的数据作为算例来对模型进行数值演算,证明该优化算法解决这一模型是可行的.

参考文献:

- [1] AMIR RASTPOUR, ESFAHANI M S. Mathematical Models for Selection of Optimal Place and Size of Connections Considering the Time-Value of Money [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 200: 764 - 773.
- [2] 杨波, 梁樑, 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, 5(10): 57 - 61.
- [3] NICOLETTA RICCIARDI, ROBERTO TADEI, ANDREA GROSSO. Optimal Facility Location with Random Throughput Costs [J]. Computers & Operations Research, 2002, 29: 593 - 601.
- [4] 罗荣桂, 彭伟华. 物流配送中心选址优化模型与算法实现 [J]. 台声·新视角, 2005(5): 53 - 54.
- [5] STALK JR G. Time-the Next Source of Competitive Advantage [J]. Harvard Business Review, 1988, 66(4): 41 - 51.
- [6] 李延辉, 马士华, 刘黎明. 基于时间约束的多源多品种配送系统模型及一种启发式算法 [J]. 系统工程理论方法应用, 2004, 5(13): 395 - 399.

Model of the Logistics Distribution Center Location and Its Algorithm

LIN Shan, DUAN Fu-jian

(School of Mathematics and Computational Science, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, Guangxi China)

Abstract: An optimal distribution center location can not only improve the efficiency of the logistic system, but also reduce the cost of logistics system as well. In the current society, time has become a new resource of competitive advantage, so taking into account the time constraints on the distribution center location model is undoubtedly a breakthrough. A model of the logistics distribution center location is proposed. In the new model it is necessary to know the upper limit of the number of the required distribution center, thus the relaxation of the conditions to be determined in the previous model is achieved. Finally 0-1 programming cutting plane method, which is the optimization methods, is used for model solution. At last the results indicate that the model is reliable, and the methods reduce the computational complexity of the algorithm.

Key words: distribution center location; time constraints; 0-1 programming cutting plane method

(责任编辑 向阳洁)