Vol. 21 No. 12　　公路交通科技　　2004年12月
JOURNAL OF HIGHWAY AND TRANSPORTATION RESEARCH AND DEVELOPMENT

文章编号：1002-0268（2004）12-0141-03

带时效性约束的物流中心选址研究

龚延成[1]，蔡团结[2]
（1. 汽车管理学院车管系，安徽　蚌埠　233011；2. 交通部公路司，北京　100736）

摘要：论述设施选址的时效性约束问题，构造带时效性约束的物流中心选址模型，分析求解重心选址模型传统迭代算法的局限性，提出一种新的基于Matlab优化函数的精确算法，并给出算例，验证模型和新算法的可行性。模拟分析表明，基于Matlab函数的新算法，编程简单，功能强大，能够求解传统迭代算法无法求解的带时效性约束选址问题。
关键词：物流中心；选址模型；时效约束；优化算法
中图分类号：U492.3　　文献标识码：A

Study of Logistics Center Location Problems with Time Restrains

GONG Yan-cheng[1]，CAI Tuan-jie[2]
（1. Department of Automobile Management，Automobile Management College，Anhui　Bengbu　233011，China；
2. Highway Department，MOC，Beijing　100736，China）

Abstract：This article described the time restrictions on logistics center location selection，constructed a logistics location model with the time restrains，analyzed the limitations of traditional alternate algorithms that solves the gravity model，put forward a new exact algorithm to solve the model with the time restrains based on a Matlab optimal function，and used an example to demonstrate the model and the new algorithm. The results indicate that comparing with the traditional algorithm，the new algorithm based on the Matlab function is characteristic of simplicity with powerful capability，and can effectively solve the logistics center location problems with time restrictions.
Key words：Logistics center；Location model；Time restrains；Optimal algorithms

0　引言

物流中心选址决定物流网络结构，对物流配送的时效性产生持久的和决定性的影响。但现有物流中心选址方法如重心模型法或整数线形规划法，主要依据单纯经济性目标（最低运输周转量或物流费用）建立选址模型，进行优化计算[1]，没有考虑到客户对配送时间的要求，不能解决血液供应、抢险物资供应和军事后勤补给等时效性性要求很高的物流中心选址问题。本文综合考虑选址的经济性和时效性因素，以经济性为决策目标，以时效性为约束条件，建立带时效性约束的物流中心连续选址模型，并借助Matlab优化工具箱的fmincon（）函数，设计与传统迭代算法完全不同的优化算法，求解时效性要求高的物流中心最优选址问题。

1　选址模型

问题定义：在区域内为 n 个客户拟建一个物流中心，已知客户 j 地址坐标为（x_j，y_j），需求量为 w_j，最大允许配送距离 D_j。确定物流中心的地址坐标（X，Y），使得在满足客户最大允许配送距离的前提下，总运输周转量最低。

连续选址一般做如下假设[2]：①选址目标区域是连续的，区域内任意一点都是候选地点；②用两点间的直线距离近似代替两点间的运输距离。物流中心选址模型为：

目标函数

$$\min\sum_{j=1}^{n} w_j\sqrt{(X-x_j)^2+(Y-y_j)^2} \tag{1}$$

约束条件

收稿日期：2004-04-01
作者简介：龚延成（1964-），男，安徽肥东人，副教授，主要研究方向为现代物流与汽车运用工程.

$$\sqrt{(X-x_j)^2+(Y-y_j)^2}-D_j\leqslant 0,\quad j=1,2,\cdots,n \tag{2}$$

模型中，目标函数式（1）表示总运输周转量最低，是常见的无时效性约束的重心选址模型；约束条件式（2）表示每个客户的配送距离必须在允许范围内，满足时效性要求。式（1）、式（2）共同构成带时效性约束的物流中心选址模型，它表达在满足配送时效性要求前提下追求最低配送成本的选址理念。

2　优化算法

2.1　传统迭代算法

若不考虑配送距离约束式（2），配送中心连续选址模型式（1）就是重心模型，一般运用迭代格式求解，可以求出运输周转量最小的配送中心地址。根据最小二乘原理，由式（1）可以求出迭代公式[3]

$$X^{k+1}=\sum_{j=1}^{n}\frac{w_jx_j^k}{d_j^k}\Big\backslash\sum_{j=1}^{n}\frac{w_j}{d_j^k} \tag{3}$$

$$Y^{k+1}=\sum_{j=1}^{n}\frac{w_jy_j^k}{d_j^k}\Big\backslash\sum_{j=1}^{n}\frac{w_j}{d_j^k} \tag{4}$$

$$d_j^{k+1}=\sqrt{(X-x_j^k)^2+(Y-y_j^k)^2}\quad j=1,2,\cdots,n \tag{5}$$

式中，k 为迭代次数；X^k 为第 k 次迭代运算后物流中心横坐标；Y^k 为第 k 次迭代运算后物流中心纵坐标；d_j^k 为第 k 次迭代运算后客户 j 到物流中心的距离。

由于 d_j^{k+1} 算式中含有待求的未知数 X、Y，不能直接用上述公式来求出物流配送中心的地址坐标（X，Y），但可采用迭代格式求解。一般令 $d_j^0=1$ 带入式(3)、(4)得到初始解 X^0、Y^0；再将 X^0、Y^0 带入式(5)求出 d_j^1；再将 d_j^1 带入式(3)、(4)求出 X^1、Y^1 的值；如此反复，直到（X^k，Y^k）与（X^{k+1}，Y^{k+1}）值充分接近为止。此时，（X^{k+1}，Y^{k+1}）就是最优选址结果。

理论和实践表明，无论初始解[X^0、Y^0] 为何值，迭代算法都是收敛的，且收敛速度很快[4]。这种传统迭代算法虽然能够保证选址方案的总运输周转量最低，但它需要专门编写较复杂的计算程序，且一般不满足式(2)约束，不能保证物流配送的时效性要求。因此，传统迭代算法无法求解带时效性约束的物流中心选址问题。

2.2　基于Matlab 的优化算法

从式(1)和(2)可以看出同时考虑经济性和时效性目标的选址模型是一个有约束非线形规划的求最小值问题，可以利用 Matlab 优化工具箱中函数求解。Matlab 优化工具箱中的 fmincon()函数是求解多变量有约束非线形函数极小值的函数，适合于求解有时效性要求的物流配送中心选址问题。

fmincon()的标准数学模型为[5]：

目标函数　$\min f(x)$

约束条件　$c(x)\leqslant 0$

$$ceq(x)=0$$

$$A\circ x\leqslant b$$

$$Aeq\circ x=beq$$

$$lb\leqslant x\leqslant ub$$

式中，x，b，beq，lb，ub 为向量；A 和 Aeq 为矩阵；$c(x)$ 和 $ceq(x)$为函数。

比较带时效性约束的物流中心选址模型和 fmincon()的标准数学模型，有：

目标函数

$$f(x)=\sum_{j=1}^{n}w_j\sqrt{(X-x_j)^2+(Y-y_j)^2} \tag{6}$$

约束条件

$$c_i(x)=\sqrt{(X-x_j)^2+(Y-y_j)^2}-D_j\quad j=1,2,\cdots,n \tag{7}$$

选址坐标上限

$$lb=[\min\{x_j\},\min\{y_j\}]^T\quad j=1,2,\cdots,n \tag{8}$$

选址坐标下限

$$ub=[\max\{x_j\},\max\{y_j\}]^T\quad j=1,2,\cdots,n \tag{9}$$

因为没有等式约束条件，所以有 $A=[\,]$，$b=[\,]$，$Aeq=[\,]$，$beq=[\,]$。

fmincon()函数的调用格式为：[x，$fval$] = fmincon（@fun，x_0，A，b，Aeq，beq，bl，ul，@con）。

x 是输出的选址结果，$fval$ 是输出的目标函数值，即最小运输周转量。fun 是用 MATLAB 语言编写的目标函数 M 文件，con 是用 MATLAB 语言编写的时效性约束 M 文件。bl、ul 分别是配送中心坐标取值的上限和下限，A、b、Aeq、beq 为空集。x_0 为初始可行解。

由于调用 fmincon()函数需要输入初始可行解，以确定寻优搜索的起点位置。为加快计算速度，把初始可行解定位在区域中心位置。令：

$$x_0=\left[\frac{\min\{x_j\}+\max\{x_j\}}{2}\right]\quad j=1,2,\cdots,n \tag{10}$$

$$y_0=\left[\frac{\min\{y_j\}+\max\{y_j\}}{2}\right]\quad j=1,2,\cdots,n \tag{11}$$

把上面 M 文件和输入参数一起代入 fmincon()函数中，Matlab 发挥其强大运算功能，很快输出选址结果[X，Y]。如果无解则说明配送距离约束过紧，应该增加物流中心数量，以满足配送时效性要求。

若在输入参数中删除 @con 项，则 fmincon()函数可以取代传统迭代算法，求解无时效要求的单源选址

问题。由于传统迭代算法需要编写专门的计算程序,而fmincon()函数是Matlab优化工具箱中的通用程序,可以在Matlab系统环境下直接调用。因此,fmincon()函数比传统迭代算法使用更加方便,适用范围更广,运算功能更强大,可以解决带时效性约束或不带时效性约束的物流中心连续选址问题。

3　模拟分析

某物流中心为5个客户服务,各客户地址坐标和日需求量如表1所示。①按照无时效性约束,确定物流中心的地址坐标;②物流中心到各个客户之间的配送距离均不得大于35km,确定这个物流中心的地址坐标。

表1　客户地址坐标和需求量

客户	横坐标/km	纵坐标/km	需求量/t·km
1	30	8	200
2	6	11	300
3	12	65	250
4	56	28	100
5	45	39	150

(1)对问题①采用传统迭代算法

按照式(3)、(4)、(5)编写计算机程序,并取运算精度控制参数为0.01。上机迭代运算8次后,得到选址结果为:中心地址坐标[22.80 km, 22.56km],总周转量为27 819t·km。各客户到中心的运输距离和运输周转量如表2所示。

表2　无时效性约束的客户运输距离和周转量

客户	1	2	3	4	5
运输距离/km	16.24	20.39	43.79	33.64	27.62
周转量/t·km	3248	6117	10947	3364	4143

(2)对问题②采用Matlab优化算法

为符合Matlab编程习惯,设$x(1)$表示物流中心横坐标,$x(2)$表示物流中心纵坐标,求解过程如下。

①编写Matlab语言的M文件fun.m,用来描述目标函数,文件内容如下:

```
function f=myfun(x)
f=200 *sqrt((x(1)-30)^2+(x(2)-8)^2)+300 *
   sqrt((x(1)-6)^2+(x(2)-11)^2)…+250 *
   sqrt((x(1)-12)^2+(x(2)-65)^2)+100 *
   sqrt((x(1)-56)^2+(x(2)-28)^2)…+150 *
   sqrt((x(1)-45)^2+(x(2)-39)^2)
```

②编写M文件con.m来描述约束条件,文件内容如下:

```
function[c,ceq] = con(x)
c(1)= sqrt((x(1)-30)^2+(x(2)-8)^2)-35
c(2)= sqrt((x(1)-6)^2+(x(2)-11)^2)-35
c(3)= sqrt((x(1)-12)^2+(x(2)-65)^2)-35
c(4)= sqrt((x(1)-56)^2+(x(2)-28)^2)-35
c(5)= sqrt((x(1)-45)^2+(x(2)-39)^2)-35
```

③给出初始可行解x_0=[31,36.5],以及x取值的下限lb=[6,8]^T,上限ub=[56,65]^T。

④调用Matlab优化工具箱中的fmincon()函数进行运算。

[x, fval] = fmincon(@fun, x_0, [], [], [], [], lb, ub, @con)

⑤整理输出结果。

物流中心横坐标$x(1)$=22.22km,纵坐标$x(2)$=31.53km,总运输周转量$fval$=28 546t·km,各客户到物流中心的直线距离和运输周转量如表3所示。

表3　有时效性约束的配送距离和运输周转量

客户	1	2	3	4	5
直线运距/km	24.78	26.16	35.00	33.96	23.97
运输周转量/t·km	4956	7848	8750	3396	3596

从算例中可以看出,基于时效性要求调整物流中心选址方案,只是略微增加总运输周转量(不到3%),经济成本上升有限,因为某些客户的运输周转量增加,必然会在很大程度上被另一些客户运输周转量的减少所抵消。但是,调整后选址方案满足每个客户对配送速度的要求,显著提高物流配送服务水平,无疑具有十分积极意义。

4　结语

当客户对配送时间要求很高时,物流中心选址必须综合考虑经济性目标和时效性目标。把时效性目标转化为约束条件后,就可以建立带时效性约束的物流中心选址模型。该模型属于有约束非线形规划的求最小值问题,非常适合用Matlab优化工具箱的fmincon()函数求解。为满足时效性约束条件,必然会降低选址方案的经济性目标,但通常情况下增加的运输周转量十分有限。

参考文献:

[1] 朱道立,龚国华,罗齐.物流和供应链管理[M].上海:复旦大学出版社,2001.

[2] 罗纳德H巴罗,著,王晓东,胡瑞娟,译.企业物流管理-供应链规划组织和控制[M].北京:机械工业出版社,2002.

[3] 龚延成,郭晓汾,蔡团结,李卫江.物流配送点选址模型及其算法研究[J].中国公路学报,2003,16(2):123-126

[4] Aikens C H. Facility Location Models for Distribution Planning[J]. European Journal of Operational Research, 1985, 22(2).

[5] 苏金明,阮沈勇.Matlab6.1实用指南[M].北京:电子工业出版社,2002.