

精确重心算法在物流节点选址中的应用

Application of Exact-gravity Algorithm in Logistics Node Location

蒋长兵, 王姗姗

JIANG Chang-bing, WANG Shan-shan

(浙江工商大学, 浙江 杭州 310035)

(Zhejiang University of Business, Hangzhou 310035, China)

[摘 要]首先介绍了国内外解决设施选址和布局问题的常用研究方法,其次研究了物流节点选址问题重心算法,并重点对精确重心算法进行了深入研究,最后利用计算机仿真技术实现了单一物流节点选址的精确重心仿真求解。

[关键词]物流节点选址; 计算机仿真; 精确重心算法

[中图分类号]JF224 **[文献标识码]**A

[文章编号]1005-152X (2005) 09-0065-03

Abstract: The paper introduces the general methods to solve facility location and layout both at home and abroad, studies the center-of-gravity approach and exact-gravity algorithm in logistics node location, and finally, the simulation solution of exact-gravity algorithm on single logistics node location is implemented by the computer simulation technology.

Keywords: logistics node location; computer simulation; exact-gravity algorithm

1 引言

对一般类型的选址问题,已有一系列选址模型与算法,这些模型及其算法复杂,为 NP 难点问题(Non-deterministic Polynomial Problem)。在这些问题的讨论中,经常用到运筹学的模型与方法,如动态规划,整数规划,网络流技术等,著名学者 Dantzig, Wolfe 及 Zingwill 等在此领域均做出了很好的成果^{[1][2]}。

在物流系统中,配送中心居于重要的枢纽地位,起着承上启下的作用。因此配送中心的合理选址就显得十分重要^{[1][2]}。在物流系统分析与设计时,配送中心选址常需得到模型化,数量化的支持。国内外对设施选址的数量化方法已经有较深入的研究,许多模型方法已被用来解决物流管理中选址的实际问题,比如重心法模型(center-of-gravity approach),鲍姆尔-沃尔夫法(Baumol-Wolfe),混合-整数线性规划(mixed-integer linear programming),启发式方法(Heuristic Methods)等。这些方法的共同特征是考虑物流系统各个环节的费用,在一定的物流服务水平下,根据不同的算法和模型求出物流成本最低的最优解或满意解,以获得选址方案。在物流研究与应用比较先进的国家,如美国、日本、德国等,在这方面已有多项研究报告与应用成果问世。

一般的配送选址模型往往都是假设在物流系统中各供应点(城市)对某商品的需求量为已知常数,然后选择单个或多个配送中心^{[2][3]}。Harners(1999 年)把配送中心的选址问题描述为和中国邮递员问题有关的成本分配问题^[4],中心把产品或服务提供给顾客,一方面希望递送费用低,另一方面还要考虑如何把总成本合理分摊到各个顾客。他采用赋权的连通无向图来描述这个问题,其中边代表具有固定成本的街道,点代表分销中心,服务人员沿着图的边行走,最后回到分销中心。从分销中心到各个递送点的具有不同容量卡车的路径优化问题由 Clarke and Wright(1964 年)首次给出了解的具体描述和算法设计^[5],算法思想是尽量减少循环,从而快速找到最优路径。这一方法至今仍在使用。Hansen 等(1994 年)提出的启发式(ALA)法可以更高效地解决广义的选址问题^[6]。其解决方法是将问题分解为三个子问题,然后分别解决。Bookbinder and Reece(1988 年)将从工厂到顾客的分销分为一个两阶段过程来考虑:首先是工厂到分销中心^[7],然后是分销中心到顾客,从而将多商品和有能力限制的分销模型归结为一个非线性混合整数规划。Min 等(1998 年)从算法的发展和模型复杂性方面对以往的选址问题的研究进展进行了总结^[8]。遗传算法(Genetic Algorithm, GA)是由 J. H. Holland 等于 20 世纪 70 年代发展起来的^[9],它是一种以自然选择和遗传理论为基础,将生物进化过程中适者生存规则与同一群染色体的随机信息交换机制相结合的搜索算法,遗传算法的多点搜索、不受目标函数性质(如连续性、可导性、单峰性等)约束、概率指导随机搜索等优点,使其在组合优化、自适应控制,机器学习等许多领域获得成功应用。

2 物流中心选址的精确重心算法

重心法是一种模拟方法。这种方法将物流系统中的需求点和资源点看成是分布在某一平面范围内的物流系统,各点的需求量和资源量分别看成是物体的重量,物体系统的重心作为物流网点的最佳设置点,利用求物体系统重心的方法来确定物流网点的位置。

这里仅讨论用重心法在计划区域内设置一个网点的简单情况。在某计划区内,有 n 个资源点和需求点,各点的资源量或需求量为 W_j ($j=1,2,\dots,n$),它们各自的坐标是 (x_j, y_j) ($j=1, 2,$

..., n)。需设置一个网点,设网点的坐标为(x, y),网点至资源点或需求点的运费率为 C_j 。

根据求平面中物体系统重心的方法有:

$$\begin{cases} x \cdot \sum_{j=1}^n C_j W_j = \sum_{j=1}^n C_j W_j X_j \\ y \cdot \sum_{j=1}^n C_j W_j = \sum_{j=1}^n C_j W_j Y_j \end{cases}$$

整理后得:

$$\begin{cases} x = \frac{\sum_{j=1}^n C_j W_j X_j}{\sum_{j=1}^n C_j W_j} \\ y = \frac{\sum_{j=1}^n C_j W_j Y_j}{\sum_{j=1}^n C_j W_j} \end{cases} \quad (1)$$

代入数字,实际求得(x, y)的值即为所求物流中心网点位置的坐标,记为 (\bar{x}, \bar{y}) 。

重心法的最大特点是计算方法较简单,但该方法并不能求出精确的最佳网点位置(当然这种精确位置有时可能是没有实用价值的),因为这一方法将纵向和横向的距离视为互相独立的量,与实际是不相符的,往往其结果在现实环境中不能实现,因此只能作为一种参考结果,而利用微分法可以得出精确解,微分法是为了克服重心法的上述缺点而提出来的,但它要利用重心法的结果作为初始解,并通过迭代获得精确解。

仍以重心法讨论的系统为例,设总运输费用为F,则

$$F = \sum_{j=1}^n C_j W_j [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2}$$

使总运输费用F最小的网点位置,其坐标(x, y)必须满足

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial x} = \sum_{j=1}^n C_j W_j (x - x_j) / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial y} = \sum_{j=1}^n C_j W_j (y - y_j) / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

公式(2)为一元网点布局的微分方程,由公式(2)解得:

$$\begin{cases} x = \frac{\sum C_j W_j x_j / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2}}{\sum C_j W_j / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2}} \\ y = \frac{\sum C_j W_j y_j / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2}}{\sum C_j W_j / [(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2]^{1/2}} \end{cases} \quad (3)$$

公式(3)右边仍含有未知数x, y, 此时最佳网点位置坐标 \bar{x}, \bar{y} 还不能解出。如果要式(3)右边的x, y完全消除,计算起来是相当复杂的。为此,下面采用一种简便的迭代方式求解。迭代法求解必须事先给出一个初始解,通常的方法是由重心法求得系统的重心坐标,以重心坐标作为初始解。重心坐标可由重心法公式(1)求得。记重心坐标为 (x^0, y^0) , 将 (x^0, y^0) 代入公式(3)得 (x^1, y^1) , 再将 (x^1, y^1) 代入公式(3)得 (x^2, y^2) , 反复进行,直至两次迭代结果相同时为止。这时即获得网点最佳位置坐标 (\bar{x}, \bar{y}) , 在实际运用将其作为节点选址的一个参考值。

3 精确重心算法求解过程的计算机仿真实验分析

为方便理解,我们假设某计划区域内资源点与需求点的分布情况如图1所示,各点资源量、需求量和运费率,如表1所示。需在该地区设置一个物流网点D,只考虑运输费用,求D的最佳位置。

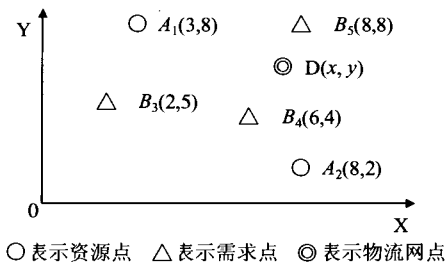


图1 资源点与需求点的分布情况

表1 节点间供需状况表

节点	资源量或需求量(W_j)	至网点的运费率(C_j)	综合权重系数($V_j = W_j \cdot C_j$)
A ₁	2 000	0.5	1 000
A ₂	3 000	0.5	1 500
B ₃	2 500	0.75	1 875
B ₄	1 000	0.75	750
B ₅	1 500	0.75	1 125

用手工算法先由重心公式(1)求得重心坐标 (x^0, y^0) , 再将 (x^0, y^0) 代入公式(3)得 (x^1, y^1) , 再将 (x^1, y^1) 代入公式(3)求得 (x^2, y^2) , 如此反复进行。运算过程如下, 先由重心公式(1)求得重心坐标 (x^0, y^0) 。

$$x^0 = \frac{1\ 000 \times 3 + 1\ 500 \times 8 + 1\ 875 \times 2 + 750 \times 6 + 1\ 125 \times 8}{1\ 000 + 1\ 500 + 1\ 875 + 750 + 1\ 125} = 5.16$$

$$y^0 = \frac{1\ 000 \times 8 + 1\ 500 \times 2 + 1\ 875 \times 5 + 750 \times 4 + 1\ 125 \times 8}{1\ 000 + 1\ 500 + 1\ 875 + 750 + 1\ 125} = 5.18$$

将 x^0, y^0 代入公式(3)得

$$x^1 = 5.04 \quad y^1 = 5.06$$

再将 x^1, y^1 代入公式(3)得 $x^2 = 4.99, y^2 = 5.03$ 。如此反复进行。

最后通过有限次迭代,求得网点最佳位置坐标,但这个过程是异常艰辛的。

用手工方法求解精确重心算法的解是异常艰辛的工作,但是我们不难发现,这里的计算量虽然非常大,但却不复杂,为此,可以开发计算机仿真软件来仿真迭代过程。以下是用 Visual C++6.0 开发的精确重心算法节点选址软件,将前后两次迭代结果差异作为终止条件,以上面的例子为例,当 $|x^k - x^{k-1}| < 0.000\ 000\ 001$ 时终止,经过60次迭代终止,得到近似最优解,迭代过程及结果见表2。

4 结论

微分法由于利用重心法求得结果作为初值,所以有时也称做精确重心法。用精确重心法得到的最优解只有一个点,而不是一条线段或者一个区域。

表 2 迭代结果

迭代次数 (K)	x^k	y^k	总运费 (元)
0	5.160 000	5.180 000	21 471.002 980
1	5.037 691	5.056 592	21 431.215 810
2	4.990 259	5.031 426	21 427.110 404
3	4.966 136	5.031 671	21 426.140 542
4	4.950 928	5.036 766	21 425.686 792
...
59	4.910 110	5.057 677	21 425.136 231
60	4.910 110	5.057 677	21 425.136 231

微分法虽能求得精确最优解,但用这种方法所得到的精确解在现实生活中往往是难以实现的,在精确最优解的位置上由于其他因素的影响,决策者考虑这些因素后有时不得不放弃这一最优解的位置,而去选择现实中可行的满意方案。另外,我们还应看到,这种方法迭代次数较多,计算工作量比较大,计算成本也较高。

微分模型是一种连续选址模型,上述微分法的缺陷正是连续选址模型的通病之一。连续选址模型的更大弊病还在于,模型中将运输距离用坐标来表示,把运输费用看成是两点间直线距离的函数,这与实际情况是不相符的,在实际运算过程中要加以修正,这样计算出的结果可靠性才能提高。

[参考文献]

- [1]Engue S. Multiproduct Dynamic Lot-sizing Model With Coordinated Replenishment [J]. Naval Research Logistics, 1988, 33.
- [2]Bachtel, C and Jayanth, J. Supply chain management: A strategic perspective [J]. The International Journal of Logistics Management, 1997, 8(1).

- [3]Bowersox, D J and Closs, D J Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process [M]. McGraw-Hill, Inc, 1998.
- [4]Donna Cooperation, Technology and Japanese Development [M]. Westview Press, 1995.
- [5]Hammers H. Cost Allocation in the Chinese Postman Problem [J]. European Journal of Operational Research, 1999, 118: 153-163.
- [6]Clarke G, Wright J W. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points [J]. Operations Research, 1964, 12: 568-581.
- [7]Hansen P H, Hegedahl B, Hjortkjaer S, et al. A Heuristic Solution to the warehouse Location-routing Problem [J]. European Journal of Operational Research, 1994, 76: 112-127.
- [8]Min H, Jayaraman, V, Srivastava R. Combined Location-routing Problems: A synthesis and Future Research Direction [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 108: 2-15.
- [9]Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial System [M]. Cambridge, Mass: MIT Press, 1975.
- [10][日]日通综合研究所,物流手册[M].北京:中国物资出版社,1986.
- [11]胡双增,张明.物流系统工程[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [12]宋华,胡左浩.现代物流与供应链管理[M].北京:经济管理出版社,2000.

[收稿日期]2005-03-10

[作者简介]蒋长兵(1976-),男,四川资阳人,浙江工商大学物流管理与工程系讲师,研究领域包括物流系统分析与设计、物流系统工程的建模方法及计算机仿真。
王姗姗(1975-),女,湖北襄樊人,浙江工商大学物流管理与工程系讲师,主要研究领域包括物流信息系统、数据仓库与数据挖掘、系统建模与仿真。

(上接第 50 页)



图 5 条烟自动分拣线平面布置示意图

拣销售量较少、品项较多的 BC 类烟;106 为爬坡皮带输送机,用于提高人工作业面,适合人机工程学作业高度;107 为整形输送机,使烟条姿态规范一致;108 为无动力流利条输送机,用于缓存条烟;109 为人工装箱台,用于人工作业装箱;110 为喷码机,用于标记相关信息。

若将 101~104 换作流利式货架或者搁板式货架,并装置相应电子标签,便成为一条以手工操作为主的条烟电子标签拣选线。

若将 109 换作自动热缩膜包装机或者自动装箱机,并增加 2~3 台辅联设备,便可实现条烟按照订单自动打包或装箱。

7 结束语

上述介绍了件烟存贮和条烟分拣的基本方式,在国内诸多

烟草公司已建项目或在建项目中有着普遍应用。从具体应用的反馈来看,条烟分拣系统的稳定性、分拣能力、人工劳动强度等方面的问题还比较突出,各物流供应商仍在积极研发,其中从存贮区到分拣区的件烟自动以订单驱动按序补货,以及件烟自动开箱并自动将条烟补货到分拣机的工艺过程和相关单机、电控、计算机软件的技术开发显得比较紧迫,目前有些供应商已完成设备试制和联调,但实际的工程项目的顺利实施和可靠应用,还需要时间验证。

[参考文献]

- [1]贾争现,等.物流配送中心规划与设计[M].北京:机械工业出版社,2004.

[收稿日期]2005-08-01

[作者简介]金桂根(1969-),男,云南鹤庆人,工学硕士,昆明昆船物流信息产业有限公司副总工程师,主要从事自动化物流系统的设计与开发工作。
刘学军(1969-),男,云南沾益人,昆明昆船物流信息产业有限公司高级工程师,主要从事自动化物流系统的设计与开发工作。