

基于 GIS 的物流配送中心选址模型研究

Study on Distribution Center Allocation Model Based on GIS

李振宇, 杨松林

LI Zhen-yu, YANG Song-lin

(北京交通大学 土建学院, 北京 100044)

(School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

[摘要] 在简要地介绍配送中心规划选址发展历史的基础上, 重点分析了几种传统的配送中心规划选址方法。结合 GIS 网络分析的特点, 提出了基于 GIS 的城市配送中心规划选址模型, 并对模型的应用前景进行了评价和展望。

[关键词] GIS 配送中心选址; 网络分析; 模型; 最佳路径规划

[中图分类号] F253; TB491 [文献标识码] A

[文章编号] 1005-152X(2003) 12-0074-02

Abstract: Several traditional ways of distribution center planning and allocation are analyzed. Combining the features of GIS network analysis, the model of urban distribution center allocation based on GIS is introduced. At last, the prospective application of the model is evaluated and prospect-ed.

Keywords: GIS; distribution center allocation; network analysis; model; optimized route planning

传统的物流配送中心规划选址模型都是基于统计的静态模型, 而物流过程是实物空间位置转移的过程, 物流中的客户位置定位、物流配送中心的选址、物流网络的节点布局、运输的最佳路径规划都是空间信息的基本应用。因此, 本文将以 GIS 技术为核心, 结合最短路径分析, 利用交通网络中心服务范围实现原理构建物流配送中心选址模型。

1 物流配送中心常用网络布局和选址模型

物流配送中心选址的核心是对项目的科学布局, 通过多方案的比较分析, 应用科学的、综合的研究方法, 对项目所涉区域的土地资源、交通资源、人力资源进行全面研究, 优化配置各类资源, 将之调节到最有利于人类生存、建设发展的最佳状态, 通过布局的调整, 选择投资少、效益大的选址方案。物流配送中心选址早期常以混合整数规划模型为主, 但由于复杂程度和求解工作上的困难, 人们常常针对某些实际问题的特殊性, 设计出相应的处理方法, 这样可以获得事半功倍的效果。在传统的

选址与设计过程中, 主要采用以下一些方法:

1.1 地理重心法

这是一种一元网点布局常用的选址方法, 属模拟法。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, 它根据距离、重量或两者的结合, 通过在坐标上显示, 以物流结点位置为变量, 用代数方法来求解物流结点的坐标。重心法最大的特点就是计算简单, 但这种方法并不能求出精确的最佳网点设置 (当然这种精确位置有时是可能没有实用价值的), 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。

1.2 CFLP 法

CFLP (Capacitated Facility Location) 方法是针对网点规模有限的情况提出的。CFLP 法的基本思想是: 首先假定初始方案已经确定, 即给出一组网点的初始设置地址。根据初始方案按运输规划模型求出各初始网点的供货范围, 然后在各供货范围内分别移动网点到其它备选地址上, 以使各供货范围内的总成本下降, 找到各供货范围内总成本最小的新网点设置地址, 再将新网点设置地址代替初始方案, 重复上述过程直至各供货范围内的总成本不能再下降时为止。这种方法只需要运用运输规划求解, 使计算工作大为简化。

1.3 鲍姆尔-沃尔夫 (Baumol-wolfe) 法

鲍姆尔-沃尔夫网点布局方法是一种启发式算法。这种方法在求解过程中只需要运用一般运输规划的计算方法即可, 避免了混合整数规划模型的求解困难, 大大降低了计算成本。不仅如此, 鲍姆尔-沃尔夫法还较好地解决了网点存储费用非线性形的问题。鲍姆尔-沃尔夫法每次迭代使总成本单调下降的趋势是不难理解的, 因为迭代过程中采用了线性规划这种系统最优化技巧, 这是一种广泛使用的战略和战术物流计划与设计工具, 它一般是在一些特定的约束条件下, 从许多可用的选择中挑选出一个最佳的方案。这种技巧应用于鲍姆尔-沃尔夫法选

址能使系统每次迭代的结果都是在系统费用最小的前提下寻求新的更好的布局方案,直至总成本不能再下降。此法有两个缺陷:一是不能保证得到最优解,而且最终解的满意程度与备选点选择的合理与否关系密切。二是网点设置的固定投资成本在模型中没有体现。

2 GIS 在物流中心规划选址应用

地理信息系统 (Geographic Information System, 即 GIS) 是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学和管理科学为一体的新兴边缘科学;是多学科集成并应用于各领域的基础平台。这种集成是对信息的各种加工、处理过程的应用、融合和交叉渗透,并且实现各种信息的数字化的过程,具有数据采集、输入、编辑、存储、管理、空间分析、查询、输出和显示功能,为系统用户进行预测、监测、规划管理和决策提供科学依据。面向具体的应用领域, GIS 可以回答以下问题:定位(Location):对象在何处?条件(Condition):哪些地方符合.....特定的条件?趋势(Trends):从何时起发生了哪些变化?模式(Patterns):对象的分布存在何种空间模式?模拟(Modeling):如果.....将如何? GIS 最明显的吸引力是通过地图来表现数据,这是通过把空间要素和相应的属性信息关联起来实现的,因而 GIS 能够支持传统的关系数据库所不能支持的空间查询和空间分析。

正是由于 GIS 具有上述独特的优势,使得 GIS 被越来越多的商业领域用来作为一种信息查询和信息分析工具, GIS 技术本身也融入了这些商业领域的通用模型,因而 GIS 技术在各个商业领域的应用在深度上和广度上不断发展。事实上,凡是涉及到地理分布的领域都可以应用 GIS 技术。物流作为物体在时间和空间上的位移,对地理空间具有较大的依赖性,基于 GIS 技术的物流管理系统对于物流的可视化、实时动态管理和辅助决策分析等具有重大的意义。物流配送中心选址是一个复杂的决策过程,一个最佳的位置是由许多的因素决定的,传统的选址方法几乎都是先建一个模型,然后经过一系列的计算得出设施点的位置,缺乏计算机和决策者的动态交互过程,这样的功能只有 GIS 能够实现,这是本文基于 GIS 建立配送中心选址模型的基础。GIS 技术与现代物流管理技术的飞速发展,为基于 GIS 进行物流配送中心选址研究提供了新的更为有效的方法。

3 基于 GIS 的物流配送中心选址模型

3.1 物流配送中心的辐射范围和选址涉及的主要因素

中心(服务点)的辐射范围主要由两个因素决定,一是连锁企业或店铺(需求点)的辐射范围,一是每个中心要辐射的范围。从连锁企业的角度来说,店铺布局决定着中心的辐射区域,中心必须保证每一个店铺都能及时、准确地得到商品。店铺遍布的区域越大,中心辐射的区域越大,选择中心的辐射范围必须与连锁店铺分布相一致。中心选址要考虑很多因素,如自

然环境因素、经营环境因素、基础设施条件等,其中起决定作用的是交通条件和需求人口的数量,因而本文也将主要从这两个方面扩展建立物流配送中心选址模型。

3.2 需求点规模和数量的确定

3.2.1 城市居住人口的三维遥感估算模型

在城市建设与规划中,建筑容积率是城市发展和规划的控制指标之一,建筑容积率包含了居住区内每一住宅三维结构的特征总量,因此,由人口、用地与建筑三者数量关系衍生的数学模型,反映了人口的三维分布情况。设人均居住建筑面积为 B,某一居住区人口 P 与居住区占地面积 S、建筑容积率 K,则关系式为

$$P=S \times K \mid B \quad \text{设 } A=S \times K, \text{ 则 } A=B \times P$$

用最小二乘法原理求出每种类型的人均居住建筑面积 B,最终得出城市人口密度并建立人口空间数据库。

3.2.2 需求点辐射区划分模型,确定需求点辐射范围与吸入人口定量分析

将人口密度图与服务区网点进行空间叠加;以每个网点为中心,以假设半径画圆,获得辐射图;运用 GIS 空间分析功能,求每一同心圆包含的人口数。

3.2.3 需求点与人口耦合度模型,确定需求点与人口数的关系

设居住区人口为 X,服务区个数为 Y, N 为居住区个数,

$$R_{xy} = \left[1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_i}{\sum X_i} - \frac{Y_i}{\sum Y_i} \right| \right] \times 100\%$$

决定耦合度的大小,其表征了服务网点与人口在地域空间分布的一致性。根据耦合度的大小来调整需求点辐射区划分模型。

3.2.4 需求点选择模型,确定需求点点的选择

将街区、主干道和人口空间数据库叠置,生成背景图;将现有和已规划的需求点标注于背景图上;按人口密集原则和交通最优原则确定可以确定需求点的最后选址。确定零售点的位置和规模后,根据国际上通行的配送中心总规模与零售店铺总面积之比为 1:10 的经验,确定配送中心的总规模。

3.3 需求点和服务点之间的最佳路径分析

在众多的矢量 GIS 中,广泛使用了最佳路径的 Dijkstra 及其改良算法。它的基本思想是:把图 G 的顶点集 V 分为 S、T 两类,若 u_0 到某顶点 x 的最短通路已经求出,则将 x 归入 S,其余未求出点归入 T。开始 S 中只有起点 u_0 ,随着程序运行通过逐个比较距离,可把 T 的某个顶点归入 S,同样又可逐次加入其它顶点,直到所需终点 v_0 也被加入 S,程序结束。大部分 GIS 平台都把 Dijkstra 算法作为最佳路径分析的基本算法。

3.4 配送中心最优设置分析模型

物流配送中心最优设置分析拟采用运筹学中的 Teitz-Bart 算法,其服务标准由总距离、时间或费用给出。顶点 i 上的需求量(零售点的规模)由 c_i 表示,表示由候选服务点 j 对需求点 i 的最佳路径长,则 P 个中心问题可表示为:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} d_{ij} = \min \quad (\text{下转第 79 页})$$

令 $d \frac{E(C(r))}{dr} = 0$, 我们可以得到满足(4)式的 r 的最小值
满足如下的式子:

$$\frac{\int_0^x g(x) dx}{\int_0^{\infty} g(x) dx} = \frac{c_2}{c_1} \quad (5)$$

从上式中, 我们可以看到: 在缺失成本(c_2)相对较高时, 我们应提高订货点, 这样可以减少订货延期带来的损失; 在库存维持成本(c_1)相对较高时, 我们应降低订货点, 这样可以减少库存维持费用。

从上面我们可以看出, 我们只需要掌握这个随机需求变量的变化就可以很好的控制这个库存模型, 下面我就给出一个方法来得到这个需求变量的概率密度。

2 概率密度函数

在大多数情况下, 随机需求变量都服从正态分布, 假设服从期望 μ , 方差 σ 的正态分布, 则我们将 $f(x)$ 改为 $f(x, \mu, \sigma)$, $g(x)$ 修改为 $g(x, \mu, \sigma)$, 这样在给定的服务水平下, 我们就可以更好的控制随机订货提前期所带来的影响。

我们采用矩估计来得到随机变量的参数, 首先来看订货周期内的随机需求变量:

假设我们提取的变量的母体数为 N , 用 $X[N]$ 来表示最近连续的 N 个订货周期内的需求量。下面我给出算法来计算 $f(x, \mu, \sigma)$ 中的 μ, σ :

- (1) 初始化: $X[N]$ 的值都赋 0 值, 游标 c 赋 0 值。
- (2) 得到新的订货周期的需求量 x , 然后 $c=c+1$, 如果 $c>N$, 则 $c=0$; 将 $X[c]=x$ 。

(上接第 75 页)

$$\text{式中, } \sum_{j=1}^m a_{ij} = 1, i=1, 2, \dots, n.$$

式中, a_{ij} 是分配系数, 指需求点 i 受 j 点服务则为 1, 否则为 0。

算法如下:

- (1) 先任选 P 个候选点作为配送中心集 $P_1: S_1, S_2, S_3, \dots, S_p$ 。
- (2) 将所有需求顶点为它们最邻近的中心服务, 用距离最短来计算总加权距离为 B_1 。
- (3) 从未选入 P_1 的候选点中取一点 S_0 。
- (4) 对 P_1 中每一个中心 $S_j, j=1, 2, \dots, P$ 用 S_0 来代替, 进行(2)的过程, 并计算其总加权距离变化 Δb_j 。
- (5) 由(4)可找到 P_1 中的一个服务点 S_k , 使 S_0 取代它, 可使总加权距离减小最多, 否则不能取代。
- (6) 若取代, 则从 P_1 中淘汰 S_k , 放入淘汰点集 C , 并放 S_0 入 P_1 , 形成新中心点集 P_2 。
- (7) 在候选点中选一新的 S_k , 重复(4)-(6)步。

每完成一个循环, 若没有任何取代, 总加权距离减小时停止; 否则继续进行循环, 直至计算停止, 此时得到的 P_i 即为所求配送中心集。

$$(3) \text{ 我们令 } \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N X[i] \text{ 为 } \mu \text{ 的新值, 令 } \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (X[i]-\mu)^2}{N}}$$

为 σ 的新值。

(4) 转(2)。

这样每个订货周期结束, 我们都能得到新的概率密度函数 $f(x, \mu, \sigma)$, 这样就可以帮我们更加准确的去预测订货量及订货点。

用同样的方法, 我们可以得到订货提前期内的随机变量概率密度函数 $g(x, \mu, \sigma)$ 。

3 结束语

市场的激烈竞争导致了市场环境的瞬息万变, 也就导致了供应链内不确定性的增长。因此, 企业为了能够适应不断变化的市场环境, 就必须努力适应市场变化, 将不确定因素控制在自己的掌握范围之内, 以减少不确定因素对企业生产的影响。

企业可以同供应商建立良好的合作关系, 力争让供货时间服从于一个服务水平较高的正态分布, 这样就可以准确供货时间, 提高企业的预测能力, 让企业的生产、库存保持一个比较稳定的状态。

【参考文献】

- [1] 马士华, 林勇. 基于随机提前期的(Q,r)库存模型[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2002, 8(5): 396.
- [2] 金光熙, 生产管理[M]. 上海: 上海人民出版社, 2002.
- [3] 罗鸿, 王忠民. ERP 原理·设计·实施[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[收稿日期] 2003-10-30

4 结束语

物流具有空间尺度和空间特征的性质是 GIS 技术与物流技术集成的基础, GIS 应用于物流, 从根本上改变传统物流的管理方式和分析模式, 具有广阔的应用前景。但是, 目前基于 GIS 的城市配送中心选址的研究还处于实验阶段, GIS 用于规划选址还很不成熟, 而且模型的精确程度与数据量的关系极大。本文通过样区数据验证, 但数据量小, 数据种类少, 只是对 GIS 应用于物流做了初步的探索, 如何利用 GIS 技术为物流分析服务, 还有许多的问题需要考虑和实践。

【参考文献】

- [1] 李长江, 物流中心设计与运作[M]. 北京: 中国物资出版社, 2002.
- [2] 汝宜红, 等. 配送中心规划[M]. 北京: 北方交通大学出版社, 2002.
- [3] 陈述彭. 城市化与城市地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] M. Grazia Speranza, 配送物流新趋势[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 徐建刚, 韩雪培, 陈启宁. 城市规划信息技术开发及应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.
- [6] 胡鹏, 等. 地图代数[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.

[收稿日期] 2003-10-27