

文章编号:1671-8879(2006)02-0084-04

基于 GIS 的城市物流配送系统规划方法

宣登殿^{1,2}, 胡大伟², 蔺宏良³

(1. 内蒙古自治区 交通厅, 内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 3. 陕西交通职业技术学院 汽车工程系, 陕西 西安 710021)

摘 要:根据地理信息系统(GIS)的特点,将 GIS 所提供的空间分析能力以及数字图形环境等功能与城市物流配送系统规划有机结合,提出了基于 GIS 的城市物流配送系统总体结构,并据此改进了传统的城市物流配送系统规划步骤。对于在配送中心数目优化中规模大小难以确定这一难题,提出了基于克里斯塔勒(Christaller W)六边形法则划分区域的方法,结合配送车辆经济配送半径,有效解决了配送中心数目的确定问题。同时建立了配送中心空间布局优化模型,并提出采用交替选址划分法对模型进行了有效求解,为完善城市物流配送系统的规划提供了新的途径。

关键词:交通工程; 城市物流; GIS; 配送中心; 规划

中图分类号:U492.3 **文献标识码:**A

Planning Method of City Logistics Delivery System Based on GIS

XUAN Deng-dian^{1,2}, HU Da-wei², LIN Hong-liang³

(1. Department of Communications, Inner Mongolia Autonomous Region Government, Huhhot 010020, Inner Mongolia, China; 2. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 3. Department of Automobile Engineering, Shaanxi College of Communication Technology, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract: According to the characteristics of GIS, combined the space analysis, digit picture and city logistics delivery system, this paper presented the overall structure of city logistics delivery system, improved the traditional planning steps. In the process of distribution center's (DC') number optimizing, the determining of DC' number was pointed out based on the vehicle economic delivery range. An optimizing model of DC' location layout was developed, and an approach to solving the model was given according to alternative location division. The results showed that it is an effective way for solving these problems. 5 figs, 7 refs.

Key words: traffic engineering; city logistics; GIS; distribution center(DC); planning

0 引 言

城市物流配送系统是指在城市范围内按客户要求
求进行备货、送货等经济活动的系统,其规划就是对
物流配送活动进行总体优化的过程,在这个过程中

不但要追求物流配送系统配置上的优化,还要考虑
诸如交通环境和能源消耗等因素。

以往人们在研究城市物流配送问题时大都注重
运输或者仓储,而忽略了其系统性,这种脱离系统的
观点往往会产生片面性。城市物流配送系统规划包

括配送中心数目确定、配送中心空间布局优化(即选址)以及配送路线安排等问题^[1-2]。

本文将地理信息系统(GIS)与城市物流配送系统规划有机结合起来,试图找出一种快速、科学、有效和实用的规划方法,重点介绍配送中心数目优化和空间布局优化模型^[3-7]。

1 城市物流配送系统规划

1.1 GIS 引入城市物流配送的优点

(1)数据库技术只能解决二维表数据的处理,CAD 技术只能解决纯图形的处理;GIS 技术则是结合 CAD 技术和数据库技术,除了具有管理空间数据如配送中心、配送点的位置坐标信息功能之外,还具有建立拓扑、进行空间分析等功能(如空间数据库系统)。在进行城市物流配送系统规划时,能够通过数据访问方便地获取配送中心、配送点的位置坐标;另外,在配送中心选址寻优过程中,能够利用其空间分析与拓扑分析功能自动地避开障碍物。

(2)利用 GIS 可以使规划区域含地理背景,整个配送网直观地显示在屏幕上,规划人员能够方便地确定待选配送中心和线路。

(3)方案调整灵活。对于规划的配送中心或线路如因特殊原因不符合实际情况时,可以方便的在地图上调整。

(4)具有可视性、交互性。配送系统规划后,用户可以选择以地图的形式显示,同时可选择不同的线型和颜色以渲染规划的配送中心或线路。

1.2 总体结构

根据城市物流配送系统规划需要实现的目标,本文建立的“基于 GIS 的城市物流配送系统”由若干相互独立又相互作用的模块构成:城市物流配送系统 GIS 数据库、配送中心数目确定模块、配送中心空间优化布局模块、选择配送中心模块以及配送线路优化模块等。系统总体结构见图 1。

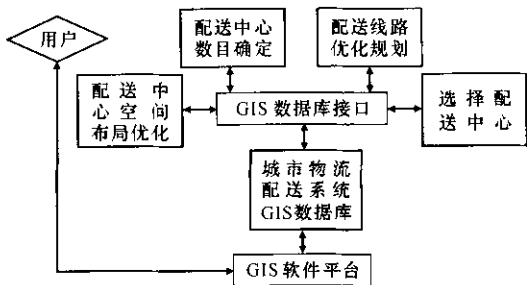


图 1 基于 GIS 的城市物流配送系统总体结构

2 城市物流配送中心布局优化

2.1 布局优化步骤

本文结合传统选址规划步骤,应用 GIS 技术,对规划作了适当调整,提出了如下优化步骤(图 2):

(1)明确所规划配送中心的类型。不同类型的配送中心,因为其特征、影响因素和要求条件不同,所以规划之前明确其类型是非常必要的。

(2)建设配送中心之前进行可行性分析。

(3)通过定量和定性分析相结合的方法,初步确定了配送中心的数量,然后进一步优化。

(4)建立相应的数学模型,利用 GIS 技术进行配送中心的空间布局优化。

(5)结合实际情况和上述模型计算结果,最终确定建设地址。

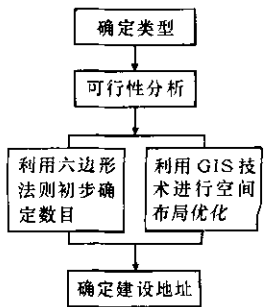


图 2 选址规划步骤

2.2 配送中心数目确定

目前国内外关于优化配送中心数目的研究相对较少,主要原因是有关配送中心的规模等级划分无标准、配送中心类型繁多等。本文依据城市物流配送具有配送距离短、范围小、批量小、品种多、用户多和批次多的“一短二小三多”特点,提出了销售型物流配送中心的数目优化方法及相应的解决思路。

假设某规划区域的配送需求密度是均匀的,而且各配送中心均能满足其配送任务,那么通过专家咨询和经验判断,可以初步确定现代城市的配送车辆的经济配送半径。若是单一配送中心规划,则配送中心的经济配送范围必然是以 r 为半径的一个圆,它能使货物以最小的综合费用供应最多的消费者。若是在多配送中心规划时,如果每个供应点的市场区都是圆形的,彼此之间相切而又不重叠的话,圆与圆之间必将存在空角,居住在空角里的消费者将得不到供应(图 3)。如要不露空角,则圆与圆必须重叠(图 4),这时,居住在重叠区内的消费者有 2 个可供选择的区位。按照就近原则,重叠区可平均分割为两部分,其中位于平分线上的消费者到 2 个相邻的供应点的距离是相等的,这条线被称作无差别线。由于重叠区被分割,圆形的市场区即被六边形的市场区所替代(图 5)。这样便推导出六边形图式是市场区最有效的理论形状,这就是克里斯塔勒

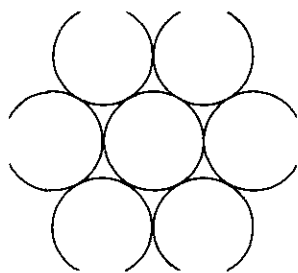


图3 各圆相切

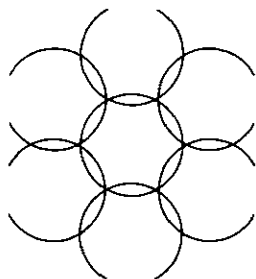


图4 圆形市场区的重叠

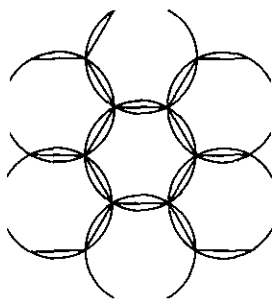


图5 克里斯塔勒中心理论的六边形法则原理图

(Christaller W)著名的六边形法则。该理论是由德国城市地理学家克里斯塔勒和德国经济学家廖士(Lsch A)分别于1933年和1940年提出的。所以引入配送中心规划时,在多配送中心规划中其经济配送范围是以 r 为半径的圆的内接正六边形,其面

积为 $\frac{3\sqrt{3}}{2}r^2$ 。在具体的规划过程中,只要确定了规划区域的面积 S ,该区域(城市)配送车辆的经济配送半径 r (可根据城市性质、规模及道路状况等通过专家咨询和经验判断确定),则可通过式(1)粗略求得配送需求密度均匀情况下该区域配送中心的数目 m_s 为

$$m_s = \frac{S}{3\sqrt{3}/2r^2} \quad (1)$$

同时,式(1)求得的 m_s 可在以下优化过程中不断改进。

2.3 基于GIS的配送中心空间布局优化模型

2.3.1 模型的建立

配送中心的优化布局问题实际是一个供给区位的优化问题。本文以克里斯塔勒的中心理论为基础,提出了中心地、中心货物与服务以及服务范围的概念,分别与所研究的物流配送系统的配送中心、配送服务及经济配送范围相吻合。

将配送中心合理布点问题看做是一个连续性问题,借助GIS的空间分析功能(包括数据库含有地价属性等特点)初选 m_s 个配送中心,若确定的配送中心是居民区、大型商业建筑、办公楼以及学校等不适宜的位置,则重新分配配送任务,并将此作为新增约束条件,重新确定配送中心的位置。

基于此,本文将配送中心合理选址问题描述为

已知:① n 个配送点的位置 (x_j, y_j) , $(j=1, 2, \dots, n)$;②各配送点的配送需求量 P_j , $(j=1, 2, \dots, n)$;③单位配送量及距离的配送费率 β 。

求解:①配送中心的优化数目 m ;②各配送中心的最优区位 (u_i, v_i) , $(i=1, 2, \dots, m)$ 。

配送中心空间合理布局的目标应该是使配送中心的经营总费用最小、交通便利以及对周围环境的影响最小,其中后者可以利用GIS的缓存区等功能在初选时加以考虑。配送中心的总费用包括两部分:固定费用(即建造成本)和可变费用(即运送成本),其中固定费用主要和配送中心的地价等因素有关,同样可以利用GIS地价分析功能确定。在本文的目标函数中只考虑运送费用,大大简化了问题的复杂性。

目标函数可表示为

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} P_j d_{ij} \beta \quad (2)$$

式中: $d_{ij} = \sqrt{(u_i - x_j)^2 + (v_i - y_j)^2}$,为配送中心 i 到配送点 j 的距离;决策变量 X_{ij} 为第 i 个配送中心是否向第 j 个配送点配送货物,如果是, X_{ij} 值为1,否则,其值为0。

约束条件:

(1) 保证对所有配送点配货,且每个配送点只由一个配送中心配货,即

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = 1 \quad (3)$$

(2) 保证配送量的非负性,即

$$P_j \geq 0 \quad (4)$$

运用经济配送半径优化配送中心的数目,确定规划区平均配送需求密度下的初始配送中心的数量 m_s ,若考虑到规划区配送需求的不平衡性,实际配送需求条件下配送中心的优化数量 m 可能会与平均配送需求密度有出入。因此,在模型中将配送中心数目也作为优化变量;以平均配送需求密度下配送中心的优化数量为参考,压缩解空间;在模型中不考虑平均配送需求密度下配送中心的数目,在所有解空间内寻求最优解。

2.3.2 模型求解分析

上述模型在GIS软件系统的支持下,求解起来比较方便。因为在GIS环境下,能方便地获取各配送点、配送中心的坐标,并且计算结果也可在屏幕上显示出来。尽管在建立规划所需的GIS数据库时,可能费工费时,但通常可以采用规划区域GIS公用数据库以节约各种资源,如对原有的GIS数据库进

行必要的修改、增补之后,即可开始新的规划。

当然,GIS只是一个数据库管理工具而已,它并不能直接用于求解配送中心空间布局优化模型。求解这类问题的方法主要有两种:一是随机终点法;二是交替选址分划法。

随机终点法:从 $1 \rightarrow n$ 个整数中随机提取 m 个数,把 m 个数作为电源(配送中心),然后向 $n-m$ 个配送点配送货物,使其费用最小,通过迭代最后选出 m 个点即为最优选址方案。

由于 n 个数中,有 C_n^m 种组合,计算起来非常复杂,因此建议采用交替选址分划法求解上述模型。其实现步骤为:

(1) 分别令供应点的个数为 $m(m = m_s - 2, m_s - 1, m_s, m_s + 1, m_s + 2)$,在确定的供应点(配送中心)个数下求解多场址选择模型。

(2) 将 n 个需求点(配送点)划分成 m 个元素大致相等的组,初步确定出 $X_{ij}^{(0)}$ 。

(3) 对各组分别采用单场址选择模型中的迭代法,求出各组的最优供应点(配送中心)的位置。

(4) 计算每个配送点由各配送中心配货的费用,费用最小的 $X_{ij}^{(k)}$ 为1,其余为0。检查 n 个需求点是否已划分给配送费用最小的供应点,即 $X_{ij}^{(k)}$ 是否与 $X_{ij}^{(k-1)}$ 一致,若是,则多场址选择的求解结束;否则,按 $X_{ij}^{(k)}$ 改进划分方案并回到(3),重新求解单场址选择模型。

3 结 语

(1) 提出了运用GIS技术对城市物流配送系统进行规划的方法。

(2) 在传统物流配送中心布局规划的基础上,建立了基于GIS技术的规划步骤。

(3) 对城市销售型物流配送中心的数目确定,避开了配送中心规模大小的难点,提出了用经济配送半径的六边形法则确定配送中心数目的方法。

(4) 建立了配送中心空间布局优化模型,并结合GIS技术给出了相应求解方法,实现了对配送中心数目优化和其空间布局优化的目标。

(5) 给出的规划方法在应用中还存在一定的局限性。一是前期准备工作较大,尤其是GIS数据库的建立与维护比较耗时耗资,不过一旦建立好之后就可方便地反复利用;二是配送中心空间布局规划模型中的参数(如配送需求量 P_j)等需在调研的基

础上给出必要预测,该数据的准确程度对结果有较大影响。

参考文献:

References:

- [1] 张超. 地理信息系统实习教程[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
ZHANG Chao. Practice Course on Geographic Information System[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [2] 于洪俊. 城市地理概论[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1983.
YU Hong-jun. Introduction to City Geography[M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1983.
- [3] 李贤林,王清蓉,文军. GIS技术在城市物流系统中的应用[J]. 物流技术,2002(11):22-25.
LI Xian-lin, WANG Qing-rong, WEN Jun. Application on GIS Technology in City Logistics System[J]. Logistics Technique, 2002(11):22-25.
- [4] 汤红卫. 基于GIS的农村电网规划方法研究[D]. 北京:中国农业大学,2001.
TANG Hong-wei. Research on Plan Method of Village Electric Network Based on GIS[D]. Beijing: China Agricultural University, 2001.
- [5] 孙会君,高自友. 考虑路安排的物流配送中心选址双层规划模型及求解算法[J]. 中国公路学报,2003,16(2):115-119.
SUN Hui-jun, GAO Zi-you. Bi-level Programming Model and Solution Algorithm for the Location of Logistics Distribution Centers Based on the Routing Problem[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003,16(2):115-119.
- [6] 暨育雄,阚胜男,孙立军,等. 基于GIS的机场道面管理系统[J]. 交通运输工程学报,2004,4(1):70-74.
JI Yu-xiong, KAN Sheng-nan, SUN Li-jun, et al. Airport Pavement Management System Based on GIS[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004,4(1):70-74.
- [7] 赵仲华,赵黎明,郑江波. 基于地理信息系统的公路管理信息系统[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(1):69-72.
ZHAO Zhong-hua, ZHAO Li-ming, ZHENG Jiang-bo. Highway Management Information System Based on GIS[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005,25(1):69-72.