

基于 GIS 的物流配送系统路径优化的算法

黄 红

(华中科技大学 计算机科学与技术学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:物流配送系统的车辆旅途问题是一个 NP-hard 问题。文中针对某烟草物流配送系统, 将其配送路径抽象为 TSP 问题, 完成现实空间到问题空间的映射, 使实际问题转化为平衡运输问题的数学模型, 采用单纯形法和贪婪法配合使用, 从而求出最优解或满意解。实践证明: 这种组合方式是相当成功的。

关键词:物流配送; 路径优化; 数学模型; 单纯形法; 贪婪法

中图分类号: TP301.6; O22

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)08-0046-03

Algorithm for Optimizing Route in Logistics Delivering System Based on GIS

HUANG Hong

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The vehicle problems in logistics delivering system are NP-hard problems. In this paper, it abstracts TSP from the delivering route in a logistics delivering system, has finished reflecting from real space to problem space, converts fact problem into mathematical model of balancing transport problem. By means of combination of simplex method and greedy method, have obtained the optimization solution or satisfactory solution. The practice proves that it obtains the certain success.

Key words: logistics delivering; optimizing route; mathematical model; simplex method; greedy method

0 前 言

“高效率、低成本”是现代物流企业生存之本。合理进行配送线路优化、提高车辆的配送效率在现代化物流企业中具有至关重要的意义。某省会城市烟草物流配送公司, 急需建立一套基于 GIS 物流配送系统, 业务流程为根据营销中心的数据要求生成配送订单。然后针对指定客户分别分拣卷烟, 分拣完成后, 根据送货车辆的装载量、客户分布情况、订单情况、交通线路情况、最短路径等因素进行线路优化, 形成最佳送货路线, 保证最低的送货成本及最高的送货效率, 同时管理人员可对生成的路线进行人工干预调整, 使其更符合实际情况。

优化算法的目标以最快的速度完成配送计算, 配送结果应能打破现有的行政区划, 提高配送速度, 降低配送成本, 使配送趋于合理化。要求算法结果使得资源使用最合理, 即配送路径、配送时间最短(本要求可由足够满意的解代替最优解)。

在计算过程中可以考虑交通禁则的限制(如道路通行能力段, 十字路口, 单双日通行, 单行路, 左右转禁止控制等等)、管理人员的思维习惯等等问题。

输入量:

①日配送单数; ②日配送量; ③卷烟库存量; ④卷烟品种数; ⑤配送车辆; ⑥进货车辆车载量; ⑦进货车车位; ⑧配送车辆车载量; ⑨配送车车位。

输出量:

①所有的货物需要多少辆车来送; ②哪辆车对应哪条线路; ③每条线路货物总量与车辆的装载量相匹配; ④每辆车的送货线路, 包括线路上客户的送货顺序及名单; ⑤对管理人员可进行微调, 然后按照线路为每辆车配货, 装车, 送货; ⑥从仓库最近的客户送起, 送完最后一份货物时, 车辆应离仓库最近。

1 理论依据

针对于以上的配送目标描述, 可以将其抽象为传统的 TSP 问题。

TSP: Travelling Salesman Problem, 即: 旅行销售员问题, 也就是寻找经过每个结点一次的最佳闭合路径^[1]。而针对于烟草“配送线路优化”的问题, 当然除了解决该 TSP 问题, 还要考虑上面提到的其他的附加限制条件, 诸如: 车的数量、载重量、需求点(烟摊)的需求量等等。

其他的依据来源于:

- 运筹学的网络分析理论^[2];
- 运筹学的图论^[2];

收稿日期: 2005-11-20

作者简介: 黄 红(1966-), 男, 湖南岳阳人, 硕士, 研究方向为数据库及 GIS 的应用工程。

c. 概率论和随机理论^[3]。

2 算法描述

根据对某烟草现行的配售流程,在已知配送需求的情况下,为提高配送的效率,提出以下两种解决方案:

配送算法方案一 单纯形法:是以配送安排最优为首要前提的方案,它是以计算速度为代价以求得结果最优的解决方案。

配送算法方案二 贪婪-迭代法:是以计算速度最优为首要前提的方案,它能尽快提供一种达到足够满意但并不一定最优的结果。

配送算法方案三 贪婪-回溯法:与方案二相似。

2.1 配送算法备选方案一——单纯形法

参照设计的已知条件和要求输出,将问题转化为平衡运输问题的数学模型。

2.1.1 算法原理

理论依据:配送实际上是一个线性规划的问题^[4],根据运筹学理论中的单纯形方法,提出如果一个线性规划问题存在着最优解,则这个最优解一定能够从约束议程组的不超过 C_n^m 个基本可行解中找到。如果针对现在提出的配送算法,引入一数学模型:

$$\begin{aligned} \min Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n X_{ij} &= a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} &= b_j \quad j = 1, 2, \dots, n \\ X_{ij} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

其中, $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, a_i > 0, b_j > 0, c_{ij} \geq 0$

这个数学模型有一个可行解,达到上述几点约束条件后即最优解。

2.1.2 算法一描述

将实际问题抽象成数学模型,下面首先对某城市烟草配送系统进行建模。

将单车配送多个目的地的过程,抽象为一个转运过程,从中心(产地)出发,到达第一个目标(D_1),完成一次配送,卸货,到达第二个目标(D_2),相当于一次从 D_1 到 D_2 的转运过程。在这样的抽象的基础上,所有车辆的转运过程之和,相当于从某个目标点(D_i)到另一个目标点(D_j)的送货任务。

D_i 到 D_j 的路径可以通过 GIS 系统的最优路径算法求得。最优路径算法已经考虑到了城市交通路网的情况,给出的计算结果符合道路的通行能力(是否通行)、十字路口个数、单双日通行、禁止左转等通行要求。最优路径算法的结果是 D_i 到 D_j 的通行最小权值^[1,5]。

将各中心的所有车和需求点等同于起始点及目标点。

(1) 符号体系。

C 为通行起始点集与目标点集的最小权值矩阵;

X 为通行起始点集与目标点集的货量矩阵;

目标点的供货量构成供货量集合 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$;

起始点的需求量构成需求量集合 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$;

优化目标 $\min f = \sum \sum C_{ij} X_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m)(j = 1, 2, \dots, n)$;

m 为起始点个数, n 为目标点个数;

C_{ij} 为 D_i 到 D_j 的最小权值,逻辑意义:运价;

X_{ij} 为 D_i 到 D_j 的运货量。

(2) 构造模型框架。

假设:仓库可以提供完整的资源,不存在某仓库缺某品牌烟的情况。

a 检查当前仓库库存总量是否能满足需求总量,若不满足,给出警告。

[解决:]去除最近添加的需求,直至需求总量 \leq 仓库库存。

b. 根据需求点,找出所有卸货点(卸货点由操作者自行决定,可以是某一需求点,也可根据实际路况安排几个需求点共用一个卸货点),求卸货点的需求量。

c. 检查每个卸货点的需求量是否超出单车的最大载货量,若存在,给出警告。

[解决:]选择最近仓库派满载车,满足需求。派出车辆从车辆等待中去除。不能满载的部分纳入求解系统进行处理。

d. 构造车辆集合 $T_i = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$, 即 k 辆车,构造卸货点集合 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, 根据车辆位置、卸货点位置,构造最小路径权值矩阵 C :

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1 & T_2 & \dots & T_k & & d_1 & d_2 & \dots & d_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_k \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & & \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & & \\ & & & & & 0 & & & & \\ & & & & & & 0 & & & \\ & & & & & & & 0 & & \\ & & & & & & & & 0 & \end{pmatrix} \end{matrix}$$

C_{ij} :表示从地点 i 到达地点 j 的路径权值。 i, j 同址, 则 $C_{ij} = 0$; i, j 不可能通行, 则 $C_{ij} = \infty$ 。具体权值大小由交通路网及路况决定,表示了是否通行、十字路口个数、单双日通行、禁止左转等通行要求。在预先定义所有卸货点及仓库位置的情况下,通过 GIS 平台,可以计算出两点间的最优路径权值,分单双日分别保存在两个数据表中。在构造路径权值矩阵 C 的过程中,按照车辆集合 T 中车辆的牌号和送货日的单双号,选择不同的路径权值。

构造运货量矩阵 X :

$$X = \begin{matrix} & T_1 T_2 \cdots T_k & d_1 d_2 \cdots d_m \\ \begin{matrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_k \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ & 0 & \\ & & 0 \\ & & \ddots \\ & & & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$i \rightarrow j$ 的运货量为 X_{ij} 。

设置优化目标为 $\min f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * 1(X_{ij} > 0, i =$

$1, \cdots, n; j = 1, \cdots, n)$,

* 约束条件一:

设 $n = m + k$ (k 为车辆数目, m 为卸货点数目)

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} - \sum_{j=1}^n X_{ij} = b_i$$

已知 B_0 为单个需求点集合, 可经过转换变为卸货点

$$\text{集合 } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

下式表示入货量 - 转运量 = 自身需求量

$$\sum_{i=k+1}^n X_{ij} - \sum_{j=k+1}^n X_{ij} = b_i$$

* 约束条件二:

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} = a_i$$

$$\text{车辆载货限制量集合 } A = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix}$$

k 为参与配货的车辆总数。假设每辆车都满载发货, 未送完的货返回仓库, 目的是为了将空载回程的情况纳入系统范围。

* 约束条件三:

$X_{ij} \geq 0$, X_{ij} 代表到达一个卸货点。

至此, 已经完成现实空间到问题空间的映射。配送问

题转换为线性不等式方程组求解的问题。从数学角度来看, 该线性不等式方程组的求解, 首先存在解, 其次存在最优解。

2.1.3 算法补充说明

* 发车数量少与配送快速的关系为减少允许发送的车辆数目, 即可实现发车数量少的优化目标。除备用车之外, 所有配送车辆均参与配送, 即可实现配送快速的优化目标。

* 在给定发车数量的情况下, 系统的优化目标均为所有车辆配送路径之和最小。

* 在前提条件确定的情况下 (即计算过程中不动态修改需求量、需求点、参与配送的车辆数目和车型), 系统必定存在最优解 (车辆配送路径之和最小), 但如何配载, 每辆车的运送目的地可能存在多种组合, 即存在多个最优解。系统能够给出的解, 只是其中的一种。

* 从算法的设计来看, 没有考虑多车送一点的情况。这需要在约束条件中进行修正。

2.2 配送算法方案二

配送算法方案二算法采用贪婪法, 由随机理论和优化仓库选址要求可以推得, 采用最近需求点优先配送原则。由于篇幅问题, 在此不再叙述。

3 结束语

每种算法都有它的前提和条件。实际系统应用中, 如果仅采用“最优路径”的单纯形法或“最近优先”的贪婪 - 迭代法中的一种, 都会存在一些缺点, 只有将单纯形法和贪婪 - 迭代法配合使用, 以贪婪 - 迭代法得到的结果用来确定各个仓库配送的任务, 再采用单纯形法来求解具体到每个车辆的配送任务, 能够得到足够的满意解, 且实行简单, 人工干预方便, 对问题规模的适应性强, 拓展性好, 运行效率高, 系统占用资源少, 能够满足用户的实际需要。

参考文献:

- [1] Shaffer C A. 数据结构与算法分析 (C++ 版) [M]. 张 铭, 刘晓丹, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] 钱颂迪. 运筹学 (修订版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [3] 王福保. 概率论与数理统计 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1984.
- [4] 张建中, 许绍吉. 线性规划 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [5] 陈宝林. 最优化理论与算法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1989.

(上接第 45 页)

ing dimensioning and tolerancing schemes in CAD systems[J]. Computer - Aided Design, 2001(10): 721 - 737.

[4] 图档管理软件 [EB/OL]. <http://www.share-xiehe.com/software.htm>, 2005 - 01.

[5] 曹洪龙. 基于 Web 的机械电子版图纸管理系统的研究与设

计[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.

[6] Liu D T, Xu X W. A review of web - based product data management systems[J]. Computer in Industry, 2001, 44(3): 251 - 262.