

# 考虑交通拥堵的物流配送路径优化

郑乔芳

(南京交通职业技术学院 运输管理学院,江苏 南京 211188)

**[摘要]**在电商平台发展背景下,日益增长的物流量促使物流配送路径优化问题变得更为重要。实际运作过程中,很多看似距离很近的道路却因交通拥堵而使得通行时间延长,配送成本可能高于采用其他道路迂回情况下的成本,因此考虑交通拥堵并基于影响物流成本的配送距离、配送时间两个因素,研究物流配送节点之间的配送有效性并进行量化,提出以有效距离为权重的物流配送路径优化模型,应用 Floyd 算法求解得出物流节点之间的路径优化结果,通过算例验证模型的有效性。

**[关键词]**路径优化;物流配送;交通拥堵;有效距离;Floyd 算法

**[中图分类号]**F252;F224

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1005-152X(2020)08-0078-04

## Route Optimization in Logistics Distribution Considering Traffic Congestion

Zheng Qiaofang

(School of Transportation Management, Nanjing Vocational Institute of Transport Technology, Nanjing 211188, China)

**Abstract:** Considering traffic congestion and on the basis of distance and time, two factors affecting logistics cost, this paper studied and quantified the distribution effectiveness between logistics nodes, put forward a logistics distribution route optimization model with effective distance as the weight, used the Floyd algorithm to solve the model and yield the optimal route between logistics nodes, and at the end, proved the effectiveness of the model using a numerical example.

**Keywords:** route optimization; logistics distribution; traffic congestion; effective distance; Floyd algorithm

## 1 引言

配送作为物流运作中重要的环节,关乎整个物流系统的运作效率以及客户服务满意度,物流配送路径优化也一直是企业和学术界研究的重点。物流配送路径选择不合理导致配送路径重复、迂回,使得配送距离增加,配送道路拥堵使得配送时间延长,配送距离和配送时间的增加使得配送成本增加。以往的很多路径规划问题研究,主要以配送距离作为权重,本文考虑交通拥堵问题,并基于时间成本因素和距离成本因素,提出以有效距离作为权重规划路径,在降低成本的同时,提高客户满意度。

## 2 问题描述

研究一定区域内单个配送中心、多辆配送车辆对多个配送站点的共同配送路径问题。以配送中心和多个配送站点为节点,配送路径为边,用物流配送过程中投入的车辆行驶里程和时间产生的效用值来量化节点之间配送的有效性,应用柯布-道格拉斯函数模型,物流配送里程和配送时间的投入以指数形式产出效用值,而不是以往研究中的线性形式增长,因为配送距离和配送时间的增加不仅会增加燃油成本、加快车辆磨损和耗费人工成本等,还会引发客户满意度降低、配送效率降低、库存成本增加等问题。

**[收稿日期]**2020-06-15

**[基金项目]**南京交通职业技术学院科研基金项目(JZ1914)

**[作者简介]**郑乔芳(1990-),女,安徽安庆人,南京交通职业技术学院运输管理学院助教,硕士,研究方向:物流路径规划。

用这一效用值来定义有效距离,量化物流配送路径的有效性,物流配送距离和配送时间越大,产生的距离效用值越大,有效距离越大,配送有效性越低,反之亦如此。以有效距离为边的权重,用Floyd算法求解配送中心到其他所有物流节点的有效路径。

### 3 模型建立

#### 3.1 条件假设与参数说明

相关条件假设如下:

(1)本文假设任意两物流节点之间存在往返路径,且往返距离和时间相同。

(2)本文定义的有效距离并非实际物流配送网络中节点之间的配送距离或地理距离,而是用来度量节点之间配送有效性的量,糅合了配送时间与配送距离的效用。

(3)本文假设的配送距离为路程而非位移,配送时间为平均耗用时间。

参数说明如下:

$d_{ij}$ :表示相邻两个节点*i*和节点*j*之间的有效距离,也是对应边上的权重,且  $d_{ij} = d_{ji}$  ;

$e_{ij}$ :表示节点*i*和节点*j*之间的有效距离,当节点*i*和节点*j*为相邻节点时,  $d_{ij} = e_{ij}$  且  $e_{ij} = e_{ji}$  ;

$s_{ij}$ :表示车辆从节点*i*行驶到节点*j*的路程;

S:表示路程矩阵;

$t_{ij}$ :表示车辆从节点*i*行驶到节点*j*的平均时间;

T:时间矩阵;

$\lambda$ :表示距离效用系数;

$\theta$ :表示行驶车辆的性能指数;

D:表示有效距离初始矩阵,权值矩阵;

W:表示有效路径矩阵;

$W_{ij}$ :表示从*i*到*j*的最短路要经过  $W_{ij}$  点;

$\alpha$ 、 $\beta$ :表示路段阻抗函数中的待标定参数;

$Q_{ij}(t)$ :表示节点*i*和节点*j*之间的交通量;

$C_{ij}$ :表示节点*i*和节点*j*之间路段的通行能力。

#### 3.2 网络模型

以配送中心、若干个配送站点为节点,以配送中

心与配送站点之间的路径为边,构建物流配送网络,在物流配送网络中,将相邻节点*i*和节点*j*之间的有效距离  $d_{ij}$  定义为:

$$d_{ij} = f(s, t) = \frac{1}{\theta} s_{ij}^{\lambda} t_{ij}^{1-\lambda} \quad (1)$$

式(1)中 $\lambda$ 表示在物流配送网络中其他条件不变的情况下,两节点之间的配送路程增加1%,两节点之间的有效距离对应地增加 $\lambda\%$ 。 $1-\lambda$ 是时间系数,表示在物流配送网络中其他条件不变的情况下,配送时间增加1%,有效距离增加 $(1-\lambda)\%$ 。 $\lambda$ 是可调参数,且  $0 < \lambda < 1$  ;  $\theta$  为车辆性能指数,且  $0 < \theta < 1$  ,  $\theta$  越大表示物流配送车辆性能越好,反之亦然。当物流企业对节约距离成本的关注度高于对节约时间成本的关注度时,可使得  $\lambda > 0.5$  ,相应地,当物流企业对节约时间成本的关注度高于对节约距离成本的关注度时,可使得  $\lambda < 0.5$  。

考虑配送过程中的交通拥堵,通过路段使用的时间会比自由行驶时间长,因而引用路段阻抗函数(BRP)描述出行时间与路段流量和最大通行能力之间的关系,表示为:

$$t_{ij} = t_{ij}^0 [1 + \alpha (\frac{Q_{ij}(t)}{C_{ij}})^{\beta}] \quad (2)$$

式(2)中, $\alpha$ 和 $\beta$ 为待标定参数,一般取值: $\alpha = 0.15$ ,  $\beta = 4.0$ ,  $t_{ij}$ 表示实际通过该路径所需时间,  $t_{ij}^0$ 表示通过该路径自由行驶时间,  $Q_{ij}(t)$ 为该路径交通量,  $C_{ij}$ 表示该路径的通行能力,二者之间有如下关系:

$$\begin{cases} Q_{ij}(t)/C_{ij} \leq 1 \text{ 时, 道路不拥堵} \\ Q_{ij}(t)/C_{ij} > 1 \text{ 时, 道路拥堵} \end{cases} \quad (3)$$

根据观测的相邻节点距离数据和计算的通行时间数据,分别构建S矩阵和T矩阵。

$$S = \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & s_{13} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & 0 & s_{23} & \cdots & s_{2n} \\ s_{31} & s_{32} & 0 & \cdots & s_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & s_{n3} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$T = \begin{bmatrix} 0 & t_{12} & t_{13} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & 0 & t_{23} & \cdots & t_{2n} \\ t_{31} & t_{32} & 0 & \cdots & t_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & t_{n2} & t_{n3} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

其中,  $S_{ij}=S_{ji}, t_{ij}=t_{ji}$ , 给定合适的参数, 根据式(1)和式(2), 计算并构建相邻节点间的有效距离矩阵D。

$$D = \begin{bmatrix} 0 & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & 0 & d_{23} & \cdots & d_{2n} \\ d_{31} & d_{32} & 0 & \cdots & d_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{n3} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中,  $d_{ij}=d_{ji}$ , 配送时间和配送距离的减少都会以指数形式产生效用, 以有效距离进行度量, 而路径优化的目标是配送中心到任一配送站点之间的有效距离最短。

### 3.3 模型求解

以有效距离为权重, 应用Floyd算法对构建的由一个配送中心和若干个配送站点构成的规则网络进行最优路径的求解, 并计算配送中心至各节点的有效距离, 详细步骤如下:

首先, 用式(5)中的邻接矩阵D作为权值矩阵, 即  $E^{(0)}=(e_{ij}^{(0)})_{n \times n}=D$ ;

其次, 用插入顶点的方法进行v次插入, 依次构造出v个矩阵:

(1)  $E^{(1)}=(e_{ij}^{(1)})_{n \times n}$ , 其中  $e_{ij}^{(1)}=\min\{e_{ij}^{(0)}, e_{i1}^{(0)}+d_{1j}^{(0)}\}$ ,  $e_{ij}^{(1)}$  是从i到j的只允许以1作为中间点的路径中最小的有效距离;

(2)  $E^{(2)}=(e_{ij}^{(2)})_{n \times n}$ , 其中  $e_{ij}^{(2)}=\min\{e_{ij}^{(1)}, e_{i2}^{(1)}+d_{2j}^{(1)}\}$ ,  $e_{ij}^{(2)}$  是从i到j的只允许以2作为中间点的路径中最小的有效距离;

(3) 按照第(1)和第(2)所描述的方法进行依次插入顶点, 一直到所有的顶点插入并计算完得到  $E^{(v)}=(e_{ij}^{(v)})_{n \times n}$ , 其中  $e_{ij}^{(v)}=\min\{e_{ij}^{(v-1)}, e_{iv}^{(v-1)}+d_{vj}^{(v-1)}\}$ ,  $e_{ij}^{(v)}$  是从i到j的只允许以1、2、...、v作为中间点的最短路径中最小的有效距离, 即从i到j中可插入任何顶点的路径中最小的有效距离, 因此  $E^{(v)}$  是节点之间最短有效距离矩阵, 可由  $E^{(v)}$  来查找任意两个节点之间的最短有效距离。

最后, 在求得有效距离矩阵的同时, 建立有效路径矩阵  $W=(w_{ij})_{n \times n}$ ,  $w_{ij}$  表示从i到j的最短路要经过  $w_{ij}$  点: 初始值  $W^{(0)}=(w_{ij}^{(0)})_{n \times n}$ ,  $w_{ij}^{(0)}=j$ , 在每求得一个有效

距离矩阵  $E^{(k)}$  时, 按照以下方式产生对应的新路径矩阵  $W^{(k)}$ :

$$W_{ij}^{(k)} = \begin{cases} k, & e_{ij}^{(k-1)} > e_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)} \\ W_{ij}^{(k-1)}, & e_{ij}^{(k-1)} \leq e_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)} \end{cases}$$

即当  $w_{ij}^{(k)}=k$  时, 则点k是点i到点j的有效路径中经过的点, 就会被记录在矩阵  $W^{(k)}$  中; 当  $w_{ij}^{(k)}=w_{ij}^{(k-1)}$  时, 则点k不是点i到点j的有效路径中经过的点, 插入其他的点进行计算验证是否是点i到点j之间有效路径经过的点。在依次求得最短有效距离矩阵  $E^{(v)}$  的过程中求得有效路径矩阵  $W^{(v)}$ , 可由  $W^{(v)}$  来查找任意两个节点之间的有效路径, 在矩阵  $W^{(v)}$  中可通过下列方法对路径进行追溯:  $w_{ij}^{(v)}=q_1$ , 则点  $q_1$  是点i和点j的有效路径中的点, 用同样的方法分两头查找, 若:

(1) 向点i追溯得:  $w_{iq_1}^{(v)}=q_2, w_{iq_2}^{(v)}=q_3, \dots, w_{iq_k}^{(v)}=q_{k+1}$ ;

(2) 向点j追溯得:  $w_{q_1j}^{(v)}=p_1, w_{p_1j}^{(v)}=p_2, \dots, w_{p_mj}^{(v)}=p_{m+1}$ ;

则点i到点j的有效路径[i-j]为:  $i-q_{k+1}-q_k-\dots-q_2-p_1-p_2-\dots-p_{m+1}-j$ 。

### 3.4 数值模拟

假设有1个配送中心H需要向该区域内20个配送站点共同配送货物, 分别用数字1~20进行编号, 配送中心H与各节点之间的配送距离s见表1, 假设物流配送运作过程中, 对于配送距离和配送时间注重程度是一致的, 引入参数  $\lambda=0.5, \theta=0.9, \alpha=0.15, \beta=4.0$ , 选定时间窗、通行能力、交通量并计算出相邻节点间有效距离数据见表2。

根据表2中相邻节点间的有效距离作为权重, 构建权值矩阵D, 运用matlab, Floyd算法求解得出物流配送网络中各节点间的有效距离, 见表3。

同时, 在配送时间因素和配送距离因素同等重视的情况下,  $\lambda=0.5$ , 通过算法求解得出物流配送网络中任意两节点之间的有效路径, 其中配送中心H至各配送站点的有效路径信息见表4, 通过数值模拟, 以有效距离作为权重求解得出的有效路径更贴



用性得分 $F$ 。最终计算结果见表8,其中某些主成分得分或适用性得分为负,并不说明该项竞争力为负,而是计算中将原始数据标准化的结果<sup>[7]</sup>。

表8 主成分计算结果

	$F_1$	$F_2$	$F$	排名
S	5.330 084 065	1.041 471 404	3.236 778 336	1
Y	0.758 332 048	-1.763 330 468	-0.183 744 347	6
ZH	0.147 091 796	1.599 622 753	0.618 773 822	5
D	0.663 689 235	1.306 558 746	0.799 690 548	2
T	0.633 673 957	0.880 509 129	0.639 844 214	4
SH	0.090 426 306	1.785 912 309	0.650 881 591	3

从原始调查问卷数据表可以看出,S企业在部队客户中的印象相对较好,得分也较高,但从原始互联网统计数据中可以看出,在网点数量上S企业并无优势。综合各方面因素计算后,由表6评价结果可以看出排名先后依次为S、D、SH、T、ZH、Y,其中S企业参与被装精确申领直达配送最有效。

## 5 结语

本文以被装精确申领业务为例,针对被装直达配送特点创造性地建立了物流企业参与直达配送的评价指标体系,通过调查问卷和资料收集,基于主成分分析法建立模型将国内6家典型民用物流企业进

行排名,给部队深入推进物流领域军民融合,被装精确申领直达配送工作过程中选用民营企业提供了一定的参考,具有一定的实用价值和应用创新性。在选择物流企业后,需要签订服务协议和保密承诺,确保配送服务优质、安全。虽然本研究给出了通用做法,但是还存在以下不足:一是调查问卷发放数量相对较少,代表性不足;二是特定地区不适用,如艰苦边远地区只有Y网点。下步应该针对各地区物流行业发展情况进行专项调查研究,获取当地物流企业数据,得出适合驻地单位的研究结论。

### [参考文献]

- [1]射手.2019物流产业图谱[J].互联网周刊,2019,(11):25-28.
- [2]魏耀聪,龙绵伟,尹林暄.新体制下军事物流能力建设研究[J].军事交通学院学报,2018,20(5):50-54.
- [3]肖和英.基于过程化的第三方物流企业服务质量评价指标体系研究[J].物流技术,2018,(5):54-59.
- [4]徐剑,刘俊强,方小昌.物流企业服务质量评价指标体系研究[J].物流科技,2006,(1):48-51.
- [5]中商产业研究院.2019年7月快递企业投诉排行榜:顺丰速运进入前十[N/OL].中商情报网,2019-08-27.
- [6]亓莱滨,张亦辉,郑有增,等.调查问卷的信度效度分析[J].当代科学教育,2003,(22):53-54.
- [7]迟国泰,郑杏果,杨中原.基于主成分分析的国有商业银行竞争力评价研究[J].管理学报,2009,6(2):228-233.

(上接第81页)映配送服务过程中,配送时间或配送距离的增加,都会以指数的增长影响到客户满意度,尤其是当前互联网电商平台发展背景下,配送服务要求越来越高,以有效距离构建权值矩阵,应用Floyd算法求解得出配送网络中各节点之间的优化路径。该路径的选择同时考虑了交通拥堵影响下的时间因素和距离因素,更贴近实际运作,为路径的优化以及配送网络的构建提供借鉴和参考。

### [参考文献]

- [1]吴欣.考虑实时拥堵指数和时间窗的多目标冷链物流配送路径优化[J].价值工程,2020,39(9):131-133.
- [2]赵志学,李夏苗,周鲜成,等.考虑交通拥堵的冷链物流城市配送的GVRP研究[J].计算机工程与应用,2020,56(1):224-231.
- [3]Brockmann D,Helbing D.The hidden geometry of complex, network-driven contagion phenomena[J].Science,2013,342(6 164): 1 337-1 342.

- [4]徐梅,陈淮莉.交通拥堵情况下的多温共配车辆路径优化[J].江苏大学学报(自然科学版),2019,40(2):152-158.
- [5]Yongyut Meepetchdee,Nilay Shah.Logistical network design with robustness and complexity considerations[J].International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2007,3(37):201-222.
- [6]李靖,张永安.复杂网络理论在物流网络研究中的应用[J].中国流通经济,2011,(5):38-42,112.
- [7]Yong Ye,Jing Wang.Study of logistics network optimization model considering carbon emissions[J].International Journal of System Assurance Engineering and Management,2017,8(2).
- [8]庞立伟,郑明伟,吴洋晖,等.共同配送模式下冷链物流的路径优化途径分析[J].南方农机,2020,51(8):245-246.
- [9]曹岩,马健.基于改进的Bellman-Ford算法优化中药配送路径[J].河北北方学院学报(自然科学版),2020,36(3):18-21.
- [10]李珍萍,赵雨薇,张煜炜.共同配送选址-路径优化模型与算法[J].重庆大学学报,2020,43(1):28-43.
- [11]李妍峰,高自友,李军.基于实时交通信息的城市动态网络车辆路径优化问题[J].系统工程理论与实践,2013,33(7): 1 813-1 819.