

基于 K 均值聚类和 LK 算法的“车”模式下应急物资配送路径优化研究

吕 越, 范明辉

西藏大学纳金校区 西藏拉萨

【摘要】针对应急物资的配送路径的优化设计问题, 本文以 2022 年电工杯 B 题为例, 结合 K 均值聚类理论和 LK 算法, 建立的“车”模式环境下的应急物资快速配送的路径优化模型, 并进行数据预处理, 从而得出最优的配送方案为 9-13-14-10-6-4-6-5-3-2-5-1-11-12-7-8-9, 合理巧妙地解决了应急物资配送路径优化问题。

【关键词】K 均值聚类; LK 算法; 应急物资配送; “车”模式

Car Mode Based on K-means Clustering and LK Algorithm Study on Optimization of Emergency Material Distribution Route

Yue Lv, Minghui Fan

Tibet University Najin Campus, Lhasa, Tibet

【Abstract】In this paper, the optimal design of the distribution path of emergency supplies is based on the 2022 Electrotechnical Cup B. Combining K-mean clustering theory and LK algorithm, we establish the path optimization model for the rapid distribution of emergency supplies in the environment of "car" mode and carry out data pre-processing, so that the optimal distribution plan is 9-13-14-10-6-4-6-5-3-2-5-1-11-12-7-8-9, which reasonably and skillfully solves the emergency material distribution path optimization problem.

【Keywords】K-means clustering; LK algorithm; Emergency material distribution; "Car" model

引言

自新型冠状病毒肺炎疫情出现以来, 给全球公共卫生带来了非常严峻的挑战。期间, 口罩、药品等应急医疗物资的配送优化问题显得尤为突出^[1]。由于自然性突发事件和社会性突发事件的不确定性和破坏性, 不仅会给突发事件地区地居民的正常生活带来严重影响, 而且应急救援物资的紧缺等情况时有发生。因此, 保证应急物资的高效配送, 成为亟待解决的问题之一^[2]。从配送中心数量、物资供应能力、受灾点物资需求紧迫程度等多个方面考虑, 以受灾点服务开始时间总体满意度最大为路径选择标准, 建立地震灾害下的物资配送路径优化模型^[3]。韩孟宜等人^[4], 以配送车辆的固定成本、运输成本等最小为目标, 构建带时间窗约束的应急物资配送路径优化模型, 为应急物资的配送路径优化问题解决, 提供了科学的决策依据。宋英华等人^[5], 以多个优化目标, 并考虑最小化配送时间和成本, 从而

构建应急物资配送中心快速选址模型, 发现该模型可减少资源浪费, 提升应急物流体系的效率。吕伟等^[6], 建立应急物资车辆配送路径方案生成模型, 在综合考虑软硬时间窗的影响, 进行分析研究。马丽荣面向甘肃省, 构建了多目标应急配送模型, 利用蚁群算法求解, 发现蚁群算法对配送路径的优化有一定的优越性^[7-8], 运用旅行商理论, 依据时效性、经济性和安全性三大特点, 运用树算法找到最大的目标函数值, 进行实例分析。邢雅倩构建了电网应急物资配送路径多目标优化模型, 并基于电力物联网、电网应急物资的需求特点、配送方式等相关理论, 对应急的救援工作进行研究^[9]。

为了更好地优化配送应急物资的路径问题, 本文以 2022 年电工杯 B 题为例, 结合 K 均值聚类理论和 LK 算法, 建立的“车”模式环境下的应急物资快速配送的路径优化模型, 以需求点的等待时间为优化目标, 车辆以及配货量等为约束条件, 分析

所给的灾区节点所需要的货物重量以及各节点的位置, 进行数据预处理, 从而得出最优结果。

1 模型构建

本文将研究如何用同 1 辆应急配送专用运输车辆, 从同 1 个紧急供应点出发, 将各种应急运输物资统一紧急快速运送到同 m 个物资需求点, 各专项运输专线车辆如何在及时完成快速运送物资任务后顺利返回紧急供应点的应急车辆路径和规划问题。优化的主要目标应该是需求点上的等待的时间最长和未获得满足要求的物资量总量最小。

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & (i, j) \text{ is traversed by vehicle } k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \#(1)$$

$$S_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{node } i \text{ can be serviced by vehicle } k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \#(2)$$

那么, 突发事件中应急物资调度的 VRP 模型为:

(1) 优化目标

$$\text{minimize } \sum_{i \in D} U_i + \lambda \sum_{i \in D, k \in K} T_{ik} \quad \#(3)$$

(2) 约束条件

$$\sum_{i \in D} \sum_{k \in K} X_{0ik} \leq n \quad \#(4)$$

$$\sum_{i \in D} \sum_{k \in K} X_{i0k} \leq n \quad \#(5)$$

$$\sum_{j \in D} X_{0jk} = \sum_{j \in D} X_{j0k} = 1 (\forall k \in K) \quad \#(6)$$

$$\sum_{j \in C} \sum_{k \in K} X_{ijk} = 1 (\forall i \in D) \quad \#(7)$$

$$\sum_{j \in C} \sum_{k \in K} X_{jik} = 1 (\forall i \in D) \quad \#(8)$$

$$\sum_{j \in C} X_{ijk} = \sum_{j \in C} X_{jik} (\forall i \in D, k \in K) \quad \#(9)$$

$$T_{0k} = 0 (\forall k \in K) \quad \#(10)$$

$$T_{ik} + \tau_{ijk} - T_{jk} \leq (1 - X_{ijk})M (\forall i, j \in C, k \in K) \quad \#(11)$$

$$0 \leq T_{ik} \leq \sum_{j \in C} X_{ijk} M (\forall i, j \in C, k \in K) \quad \#(12)$$

$$s - \sum_{i \in D} \sum_{k \in K} Y_{ik} \geq 0 \quad \#(13)$$

$$\sum_{i \in D} Y_{ik} \leq c_k (\forall k \in K) \quad \#(14)$$

$$X_{ijk}, S_{ij} = \{0, 1\}, Y_{ik} \geq 0, U_i \geq 0, \\ T_{ik} \geq 0, \delta_{ik} \geq 0$$

#(15)

其中, 优化目标式中 (3) 分别表示如何最小化在每个物资需求节点路径上存在的未最终获得的满足请求条件的物资量和等待的响应的的时间。约束式中的 (4) 项和式的 (9) 可用以进一步描述对应急物品输送的车辆类型及其它运输方式车辆路径长度等的路径优化及限制的问题; 约束式数中的 (6) 只能用于表示紧急配送运输的车辆何时在从到达目的地仓库时出发或何时完成紧急配送运输的车辆任务结束后会自动返回至目的仓库问题; 而约束式数 (7) 中、式数 (8) 中均是表示出了每个车辆需求节点最多只能同时连续地被系统设置为访问派出两次车辆; 而约束式数的 (8) 则只用来表示出了每个车辆节点只能至少在系统 0 时刻下才能同时被系统设置访问派出车辆两次; 同时约束式数 (11) 又进一步保证出了对每个车辆的配置和访问经过需求节点时序关系判断的绝对的正确性; 而约束式数 (12) 同时又明确表示出了若该车辆没有任何设置经过需求节点则重置和访问车辆的时间都将为 0。约束式中 (13)、式中 (14) 都保证了货物流的最大可行性; 约束式中 (13) 都可以充分保证每个供应点的实际所输出的货物流的物质总量都不具有可能的超过其最大的可实际承受货物供应量范围。约束等式 (15) 是用来表示对决策变量的取值限制范围内的任何一个限制^[10]。

2 算法设计

为更加准确地求解上述模型, 本文利用 KMLK 算法进行求解, 具体的流程如下:

(1) 输入: 供应点的可接受供应量 s ; 第 i 个需求节点所实际需要的提供给的物资量 ζ_i ; 配送的车辆需要的最大的载货量 C_k ; 配送货物的运输车辆要能将物资从第 i 个配送物流节点直接的运送到第 j 个物流配送物流节点时所实际需要或所可能花费最少的运输的时间 τ_{ijk} ;

步骤 1: 用 Fast K-mean 算法分别对需求节点进行聚类, 类别数均设为 n , 得到初始的任务划分结果为 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$;

步骤 2: 运用修正算法对初始划分 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 进行修正, 得到了新的任务

划分 $D' = \{D'_1, D'_2, \dots, D'_n\}$;

步骤 3: LK 算法来求解每个城市集合中 C_i 的最优 TSP 路径, 使得目标函数最小化。

(2) 输出: 配送车辆的运输路径, 目标函数值:

在步骤 2 中对 Fast K-mean 聚类结果也进行做了相应修正。修正的方法具体实现流程如下:

输入: Fast K-mean 聚类后的初始划分

$D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 。

步骤 1: 计算在当前划分

$D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ 的前提下, 每一辆应急物资车辆承受的运输任务的负载, 记数为

$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ 。求集合中 Q 的最小方差 d_Q , 若能使 d_Q 值保持在连续进行 10 次迭代运算后而不再有降低, 则修正算法也将会停止, 令 $D' = D$, 输出当前划分; 否则请回转步骤 2 继续迭代。

步骤 2: 令

$Q_i = \max\{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\} (i = 1, 2, \dots, n)$, 配

送车辆的运输任务为 $D_i = \{d_1, d_2, \dots, d_s\}$ 为第 i 辆应急救援车辆所要到达的救援需求节点数。

步骤 3: 重新计算第 i 个划分的和第 k 个未划分的聚类中心 m_i 和 m_k , 转步骤 1。

3 模型求解

本文将采用 LINGO (Linear Interactive and General Optimizer) 求解器与 matlab 对所建立的基于 H V-DRP 的“车”模式下应急物资配送路线优化模型进行求解分析。

3.1 数据预处理

为了验证模型的有效性, 采用 matlab 对小规模算例 (14 个节点) 进行求解, 节点包括 1 个应急物资集中地点, 13 个受灾点。因此需要对 14 个节点当日物资的需求量与配送车辆的载重量进行分析, 判断是否需要进行二次配送或配送车辆增加, 对比结果图如图 2 所示:

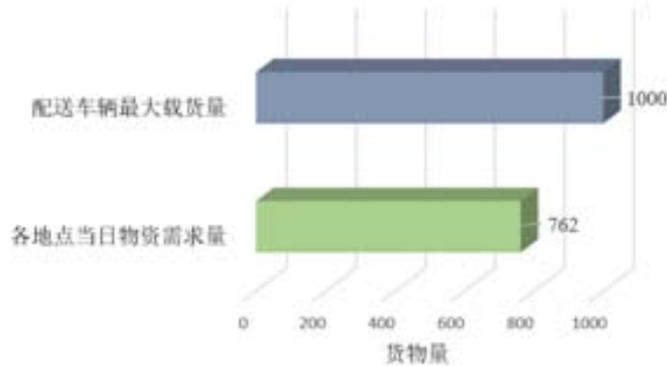


图 1 节点当日物资的需求量与配送车辆的载重量

由图 1 可知, 配送车辆只需要一辆就可以完成一次配送。

配送车辆的整车最大总载重负荷为大于 1000 千克, 行驶线路平均行车速度限制为低于 50 公里每秒/千米小时, 具体如表 1 所示。

最后分析了各需要配送节点的位置与距离, 如表 2 所示。

3.2 模型求解

针对上述的数据采用 KMLK 算法采用 VC++6.0 实现, 对 K 均值聚类和 LK 算法的“车”模式下应急物资配送路径优化模型进行求解。求解结果如图 2 所示。

算例的运行时间为 1 分 07 秒, 目标函数的值为 10.76 小时, 其中图 (b) 为算例的路线图, 图中黑线代表配送车辆不通行的道路, 红线代表配送车辆通行的道路。具体情况见表 3。

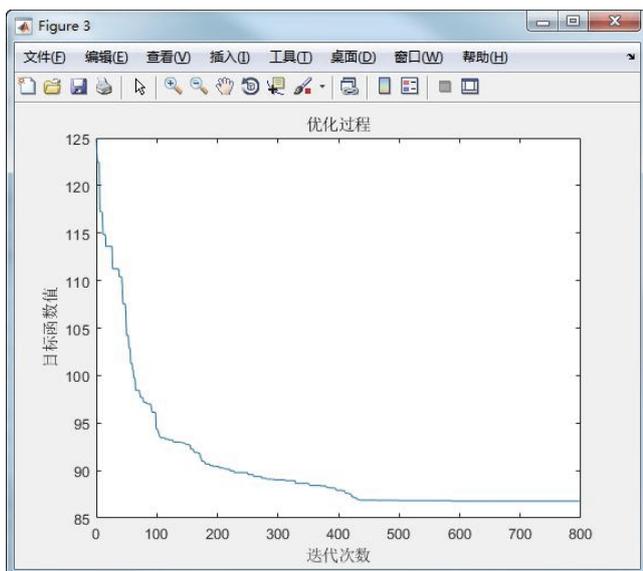
为了更直观地展示本文算法的优越性, 图 3 分别描述了在随机模型实例和混合高斯模型实例下 TH 算法与 KMLK 算法求解的目标函数之差。从图 3 的对比结果可以看出: KMLK 算法的优越性越明显。由于本文采用到了一种目前用于求解 TSP 问题性能优势最突出的启发式算法 LK 算法, 可以对单个应急救援车辆的行驶和路线选择进行实时优化, 所以取得了良好的效果。

表 1 配送车辆性能表

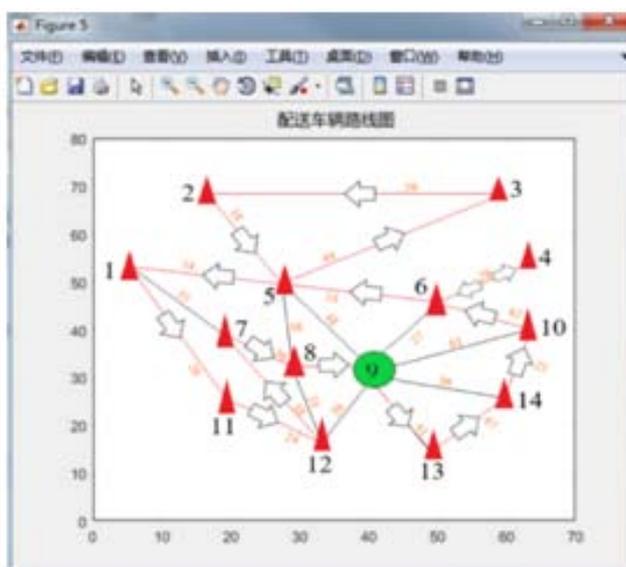
配送设备	平均速度	最大载重量
车辆	50km/h	1000kg

表 2 灾区节点之间的距离

灾区节点	与该点之间的距离 (km)						
1	5 (54)	7 (55)	11 (26)				
2	3 (56)	5 (18)					
3	2 (56)	5 (44)					
4	6 (28)						
5	1 (54)	2 (18)	3 (44)	6 (51)	7 (34)	8 (56)	9 (48)
6	4 (28)	5 (51)	9 (27)	10 (42)			
7	1 (55)	5 (34)	8 (36)	12 (38)			
8	5 (56)	7 (36)	9 (29)	12 (33)			
9	5 (48)	6 (27)	8 (29)	10 (61)	12 (29)	13 (42)	14 (36)
10	6 (42)	9 (61)	14 (25)				
11	1 (26)	12 (24)					
12	7 (38)	8 (33)	9 (29)	11 (24)			
13	9 (42)	14 (47)					
14	9 (36)	10 (25)	13 (47)				



(a)



(b)

图 2 算例求解结果

表 3 算例最优解

算例	最优解	求解时间	车辆路线
问题 1	10.76h	1.12min	9-13-14-10-6-4-6-5-3-2-5-1-11-12-7-8-9

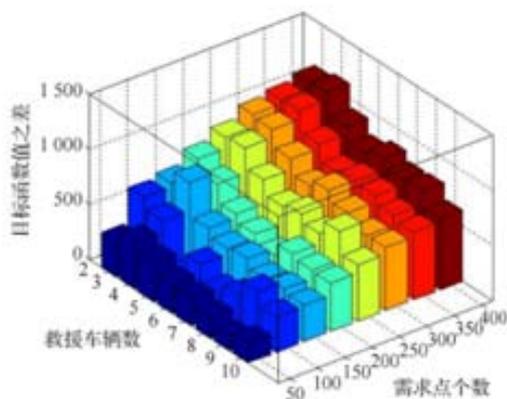


图 4 TH 与 KMLK 目标函数之差

4 结论

本文建立基于 K 均值聚类和 LK 算法的“车”模式下应急物资配送路径优化模型,以需求点的等待时间为优化目标,车辆以及配货量等为约束条件对问题求解,最优的配送方案为 9-13-14-10-6-4-6-5-3-2-5-1-11-12-7-8-9;合理巧妙的解决了应急物资配送路径优化问题,同时由于应急物资配送路径优化问题具有一般性,因此本文所构建的数学模型可以应用到其他类似问题之中去。

参考文献

- [1] 梁永梅, 房志明, 黄嘉豪. 考虑时效的应急物资配送路径优化方法[J].物流科技, 2021, 44 (06) :38-41.
- [2] 李志红. 考虑需求时间窗和资源有限性的应急物资配送路径规划研究[D].武汉理工大学, 2020.
- [3] 王宏斌. 地震灾害下应急物资配送路径优化问题的研究[D].兰州交通大学, 2018.
- [4] 韩孟宜, 丁俊武, 陈梦覃, 霍珂珣. 基于混合遗传算法

的应急物资配送路径优化[J].科学技术与工程, 2021, 21 (22) :9432-9439.

- [5] 宋英华, 苏贝贝, 霍非舟, 宁晶婧, 方丹辉. 考虑动态需求的应急物资配送中心快速选址研究[J].中国安全科学学报, 2019, 29 (08) :172-177.
- [6] 吕伟, 李志红, 马亚萍, 赵相成, 宁晶婧. 考虑受灾点需求时间窗的应急物资配送车辆路径规划研究[J].中国安全生产科学技术, 2020, 16 (03) :5-11.
- [7] 马丽荣. 基于蚁群算法的甘肃省应急物流配送路径优化研究[J].中国物流与采购, 2022 (10) :48-49.
- [8] 董玉玲, 刘小芳. 应急物资调度方案的优化问题研究[J].现代计算机, 2021 (05) :13-19.
- [9] 邢雅倩. 电力物联下电网应急物资配送路径优化研究[D].华北电力大学(北京), 2021.
- [10] 梁一为. “车辆-无人机”串联模式下的应急物资配送路线问题研究[D].长安大学, 2021.

收稿日期: 2022 年 6 月 10 日

出刊日期: 2022 年 7 月 25 日

引用本文: 吕越, 范明辉, 基于 K 均值聚类和 LK 算法的“车”模式下应急物资配送路径优化研究[J]. 工程学研究, 2022, 1(2) : 1-5
DOI: 10.12208/j.jer.20220020

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS