

# 建造遗传算法求解带时间窗的物流工程车辆路径问题

吕 博

西安邮电大学 现代邮政学院 陕西西安 710000

**摘要:** 伴随着电商平台的发展以及人民物质水平的提升, 顾客对于物流公司提供的配送服务需求也在不断地走向多样化, 对效率、时效性等要求不断提高。完善合理地规划配送路线, 可以降低公司的配送成本, 提高车辆的承载能力, 并提升顾客的满意度, 为物流企业营业额的提升和行业竞争力的增强带来强力支持。本文结合某物流公司的实际交付情况, 构建了一个具有软时间窗的车辆路径优化模型, 旨在最大限度地降低企业成本。通过遗传算法对此模型进行求解和构造, 通过MATLAB软件进行算法的实现。

**关键词:** 物流工程; 遗传算法; 车辆路径规划; 时间窗

## Build a genetic algorithm to solve the logistics engineering vehicle path problem with a time window

Bo Lv

Xi'an University of Posts and Telecommunications Modern Postal College Xi'an 710000, Shaanxi

**Abstract:** With the development of e-commerce platforms and the improvement of people's material level, customers' demand for delivery services provided by logistics companies is also constantly diversifying, and their requirements for efficiency and timeliness are constantly improving. Perfectly and reasonably planning distribution routes can reduce a company's distribution costs, improve vehicle carrying capacity, and enhance customer satisfaction, providing strong support for the improvement of logistics enterprise revenue and industry competitiveness. This article constructs a vehicle path optimization model with a soft time window based on the actual delivery situation of a logistics company, aiming to minimize enterprise costs. Solve and construct this model through genetic algorithm, and implement the algorithm through MATLAB software.

**Keywords:** Logistics engineering; Genetic algorithm; Vehicle path planning; Time Window

### 引言

车辆路径规划问题一直是热点研究问题, 随着近几年快递行业的发展, 配送路径优化占据研究热门。在现代物流服务进行的配送任务中, 其服务的目标客户大多具有一个或者多个接受服务的时间窗, 配送服务要在时间窗范围内进行以给与被服务人群最好的物流体验。同次服务中要满足所有被服务者的时间要求。

带时间窗的VRP (VRP with Time Windows) 是在车辆路径问题的基础加上时间窗的约束条件, 其含义为包裹需要从中心的配送中心出发, 在顾客所要求的时间段内送达并完成服务, 最后车辆和配送人员再返回配送中心, 在此期间若包裹没能在顾客要求的时间短内到达, 包括提前到达或者晚点到达, 都会受到对应的时间窗惩罚。Kolen<sup>[1]</sup>等人在一九八七年第一次提出了单个配送中心遵照顾客要求的时

间窗, 对路径中的每位顾客进行配送服务。Savelsbergh<sup>[2]</sup>等人通过模型验证了考虑时间窗的车辆路径问题相对于未考虑时间窗的车辆路径问题, 在最优解方面存在更多的可探究的方面。Thanfiah<sup>[3]</sup>和Joe<sup>[4]</sup>这两位是最早使用遗传算法对带时间窗的VRP问题进行建模求解, 并且获得了相应的解, 证明遗传算法对此类问题的可行性。F. Errico<sup>[5]</sup>等把顾客的需求量和配送人员对顾客进行服务的时间中的不确定因素纳入到了其所搭建的求解模型中。Carlsson<sup>[6]</sup>等率先考虑了时间窗的上限与下限, 顾客要求配送人员最早到达时间为上限, 最晚的到达时间为下限, 其中的为配送人员服务顾客的时间。魏俊华<sup>[7]</sup>通过考虑客户的需求, 提出了软时间窗问题, 由此搭建模型并采用遗传算法进行结果的获取。张建勇<sup>[8]</sup>考虑到顾客在不确定预约时间的喜好用插入启发式算法求解, 之后采用真实数据进行计算, 得出插入启

式算法对于解决这类问题的优越性。

### 1 问题描述与数学模型构建

#### 1.1 问题描述

设有n个顾客的集合 $S = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ ，其中0表示配送中心， $d_i (i \in S)$ 表示各个客户的物资需求量，车辆数量 $V = \{1, 2, \dots, K\}$ ，汽车最大载重量为 $q_k (k \in V)$ 。在满足约束的前提下，k辆 ( $1 \leq k \leq K$ , K为最大允许车数) 车辆从配送中心出发，在客户指定的时间内完成送货任务，实现总成本最小为目标。

#### 1.2 参数定义

$\delta_i$ : 需求点的服务时间,  $\forall i \in S$ ;  $t_{ij}$ : 需求点i到需求点j的旅行时间, 与距离相关,  $\forall i, j \in S$ ;  $l_{ik}$ : 车辆k到达节点i的时间,  $\forall i \in S, \forall k \in K$ ;  $(a_i, b_i)$ : 节点i的左时间窗和右时间窗; T: 很大的正数。

#### 1.3 决策变量

$x_{ijk}$ : 车辆k服务完节点i后立即前往节点j时  $x_{ijk} = 1$ , 否则为0,  $\forall i, j \in S, \forall k \in K$ 。

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{0jk} \quad (1)$$

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} x_{ijk} \quad (2)$$

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1, \forall i \in S \quad (3)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq q_k, \forall k \in V \quad (4)$$

$$l_{ik} + \delta_i + t_{ij} - T(1 - x_{ijk}) \leq l_{jk}, \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (5)$$

$$a_i \leq l_{ik} \leq b_i, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (6)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, j \in N (\forall k \in V) \quad (7)$$

式(1)表示使用的车辆数最少; 式(2)表示所有车辆的总里程最小; 式(3)意味着每个客户只能被访问一次; 式(4)表示服务车辆满足容量要求; 式(5)表示当车辆k从客户i行驶到客户j时, 对于 $l_{ik} + \delta_i + t_{ij}$ 之前无法到达的客户j, T设置为较大的标量; 式(6)表明客户i的服务时间必须在时间窗口内; (7)是0-1约束。

### 2 算法设计

遗传算法由Michigan大学的 *J Holland* 教授于一九七五年率先提出, 在他们的工作中, 学生们试图通过许多实验将遗传算法的思想应用于解决优化问题, 这些实验提出了一项基于生物遗传学和进化机制的技术, 可以适用于复

杂系统概率的自适应优化。根据生存规律, 自然界中最强的基因都是由有益的物种遗传的。

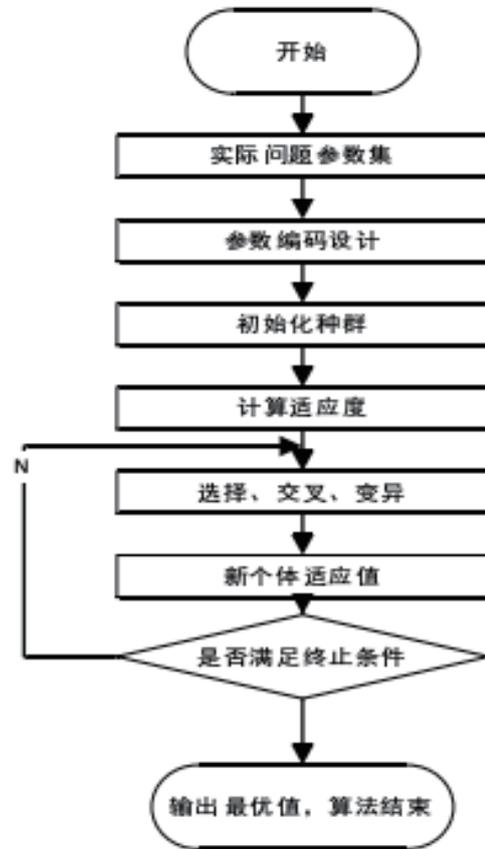


图1 遗传算法流程图

### 3 算例分析

本文采用某物流配送公司的配送信息进行计算, 如表1所示。种群大小为50; 迭代次数为450; 选择概率为0.9; 交叉概率为0.5; 变异概率为0.1; 违反时间窗上限的惩罚因数为1; 违反时间窗下限的惩罚因数为3。

表1 配送信息

顾客	行驶路径	时间窗的上限/min	时间窗的下限/min	服务时间/min	需求量/m <sup>2</sup>
1	0-1-0	75	105	15	4.3
...	...	...	..	..	..
14	0-14-0	175	205	15	4.92

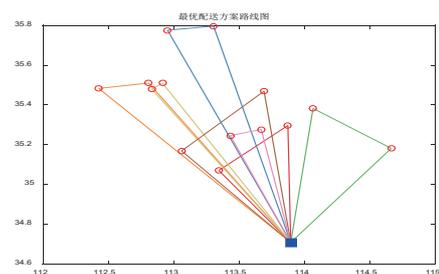


图2 遗传算法最优解路线图

遗传算法求解的最优配送路径如图2所示，将配送方案进行优化后的结果与之前进行对比，遗传算法优化后的配送信息如表2所示，求解结果和遗传算法优化前配送信息对比如表3所示。

表2 优化后的配送信息

路径序号	配送顺序	行驶距离/km	行驶时间/min	装载率/%
1	0-11-7-0	291.60	397.35	0.73
2	0-1-6-0	392.80	487.93	0.92
3	0-12-3-0	457.60	559.55	0.86
4	0-5-2-0	291.40	416.77	0.92
5	0-8-4-0	193.60	286.70	0.89
6	0-13-9-0	595.30	737.81	0.94
7	0-14-10-0	263.90	313.68	0.90

表3 遗传算法求解结果与优化前情况对比

	配送车辆/辆	总行驶距离/km	总成本/元	总行驶时间/min	平均装载率/%
优化前	14	3978.90	19258.10	6102.83	0.50
优化后	7	2482.40	13416.73	3278.36	0.87

#### 4 总结

本文通过对某物流公司配送的真实数据进行建模求解，通过使用遗传算法对带时间窗的车辆路径模型进行求解，通过对优化车辆配送总成本、配送总行驶距离和时间、车辆装载率的前后对比，可以证实此模型算法的合理性和有效性，这对于合理高效地规划包裹配送路径，提高物流企业服务水平，增强顾客满意度，为顾客带来高水平的配送

服务，是十分具有现实意义的措施。

#### 参考文献:

- [1] Kolen, A. Rinnooy, K. Trienekens, H. Vehicle routing with time windows [J]. Operations research, 1987, 35 (2): 266-73.
- [2] Savelsbergh, M. Local Search in Routing Problems with Time Windows [J]. Annals of Operations Research. 1985, 16 (4): 285-305.
- [3] Thangiah, S. Nygard, K. A genetic algorithm system for vehicle routing with time windows [J]. United States: IEEE, 1990: 322-328.
- [4] Joe, L. Blanton, J. Multiple vehicle routing problem with time and capacity constraints using genetic algorithms [J]. Morgan Kaufman Publishers Inc, 1993: 452-459.
- [5] F. Errico, G. Desaulniers, M. Gendreau, W. Rei, L.-M. Rousseau. A priori optimization with recourse for the vehicle routing problem with hard time windows and stochastic service times [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 249 (1).
- [6] Desrochers, M. Carlsson, J. Worst-case demand distributions in vehicle routing [J]. European Journal of Operational Research. 2017, 256 (2): 462-272.
- [7] 魏俊华, 王安麟, 童毅. 基于需求划分的带软时间窗的路径优化方法 [J]. 公路交通科技, 2005, 22 (10): 165-170.
- [8] 张建勇, 李军, 郭耀煌. 带模糊预约时间的动态VRP的插入式启发式算法 [J]. 西南交通大学学报, 2008 (01): 107-113.