

M 公司冷链物流配送路径优化研究

黄孝庆 张艳艳

青岛恒星科技学院, 山东省青岛市, 266100;

摘要: 当前, 我国冷链物流规模虽持续增长, 但货物损耗率仍旧居高不下, 全程监控技术的实现面临诸多挑战。因此, 合理规划配送路径以缩短货物运输时间, 成为降低损耗、实现冷链物流高效发展的迅速而有效的措施。本文以 M 公司为研究对象, 分析其在冷链物流配送当中出现的问题, 利用遗传算法, 构建配送路径优化模型并借助 Matlab 软件实现求解出最优路径。

关键词: 冷链物流; 配送路径优化; 遗传算法

DOI: 10.69979/3029-2700.25.11.093

引言

近年来, 我国果蔬、肉类、乳品、速冻食品、生物制剂、药品等冷链产品市场需求快速增长^[1], 冷链物流作为保障食品及药品安全、延长产品保质期的关键环节, 面临着机遇与挑战并存的局面。对于中小型冷链食品企业而言, 要想全面提升公司冷链运输的效率, 首要任务在于优化配送路线并提升配送效率, 以不断完善其冷链运输体系。合理的配送路线不仅能够带来更高的经济效益, 还能够提升客户满意度, 从而使企业在日益激烈的市场竞争中脱颖而出, 促进企业稳健发展。

1 M 公司冷链配送问题分析

M 公司成立于 2001 年, 是一家集研发、生产、销售于一体的综合性食品企业。作为以速冻食品生产和销售为核心的企业, 公司的主要物流活动是将货物配送至各大商店和超市。目前, 公司自有 8 辆冷藏运输车辆, 其车况大致相同, 载重量均为 6t。鉴于目前业务主要集中在速冻食品领域, 一些零星的常温保存食品亦多安排于冷藏车辆中进行联合运输。由于 M 公司至今没有运用现代化的信息技术或信息系统来进行物流配送作业, 大多以传统手工业和司机凭经验主观判断为主。在配送路径规划管理方面还存在不少问题。

1.1 配送路线规划主观性强

公司在创业初期, 业务规模小, 尚未设立专门的物流配送部门。随着业务量的增长和覆盖范围的扩大, 公司才在食品加工厂附近建立了配送中心。然而, 配送环节管理层面和其他物流环节并未经过科学的规划, 也缺少相应的管理人员以及物流信息系统来监控和改进物

流操作。特别是车辆调度和配送路线的选择, 完全依赖于司机的经验判断, 主观性强, 缺乏科学依据。由于配送路径规划主观性强, 配送车辆在运输过程中可能遭遇交通堵塞和不良路况, 导致配送时间延长, 客户满意度下降。

1.2 配送车辆空载率较高

当前, M 公司的配送车辆装载率普遍处于 60% 至 70% 的较高水平。据调查, 该公司初期配置了 8 辆冷链运输车辆, 并计划保留 2 辆作为备用。然而, 由于司机主要依赖过往经验执行配送任务, 加上雇佣员工的标准经常是以技术方面为主, 文化程度要求不高, 缺乏对于成本控制的意识和专业知识, 只保证了运输量而忽略了运输效率, 有时甚至会出现空车转运的现象, 这势必会导致车辆空载率较高, 增加其配送成本。

1.3 配送成本较高

目前, M 公司历经十多年发展, 产品的生产和销售成本几乎达到了行业内优秀水平。但由于公司对于配送管理起步较晚, 配送成本一直居高不下, 这成为迫切需要解决的问题。配送路径规划的不合理, 会导致车辆行驶距离远、行驶时间长、制冷系统能源消耗多以及货损率增加等问题的出现。M 公司也缺乏相对应的配送管理系统, 在配送过程中的调度、追踪、监控等方面都只能依靠人力进行, 增加了管理成本, 也影响着在行业内的竞争力。

2 M 公司冷链配送路径优化设计

针对速冻食品冷链物流配送路径问题, 优化运输过程中的运输成本、制冷成本、惩罚成本、货损成本等,

寻求最优的配送路径从而形成优化的配送方案。

M 公司配送中心能够提供运输服务的车辆有限, 车型、车况、排量以及载重量相同且配送点信息已知。在一定约束条件下, 满足客户时间窗限制, 合理安排配送顺序, 进行配送服务, 以成本最低为目标进行路径优化。可构建成为一个配送中心多配送点有软时间窗限制、非满载、单车型且闭环的实际车辆行驶路径问题。通过调配多辆具有冷藏或冷冻功能的货车从指定的冷链配送中心出发, 将客户需要的速冻产品在客户指定的时间窗内送到客户指定的地点^[2], 更低成本的完成配送任务。

2.1 模型构建

本文将 M 公司冷链物流配送作为研究对象, 面临一个配送中心多配送点有软时间窗限制、非满载、单车型且闭环的实际车辆行驶路径问题。基于 M 公司实际情况, 将配送的总成本最低作为目标, 具体目标成本如下。

2.1.1 固定成本 F1

本文 M 公司冷链物流运输过程中的固定成本考虑配送车辆购置费用、折旧费和配送工作人员薪资。

2.1.2 变动成本 F2

$$\text{MinF} = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$= q * f + \sum_{h=1}^q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c * D_{ij} * X_{ijh} + \sum_{h=1}^q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(X_{ijh} * p * R_i * b_1 * \frac{D_{ij}}{v} + X_{ijh} * p * Q_{in} * b_2 * t_j + \sum_{h=1}^q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_f * D_{ij} \right. \\ \left. * X_{ijh} + \varepsilon_1 \sum_{i=1}^n \max(E_i - t_i, 0) + \varepsilon_2 \sum_{i=1}^n \max(t_i - L_i, 0) \right)$$

2.2 遗传算法设计及优化方案

2.2.1 基础数据整理

(1) 配送点信息

配送点名称由实地调研数据整理得知, 经纬度由浏览器中经纬度坐标器查询得知, 需求量选中 M 公司某月中的某一天比较有代表性的订货需求量, 考虑 M 公司实际情况, 配送工作人员在卸货作业中多与客户一同进行卸货操作, 无法用准确时间表示, 为方便利用软件计算, 每个配送点服务时间选定 5 分钟。

(2) 配送中心与配送点距离表和时间表

根据经纬度坐标计算出配送中心与各配送点之间距离表, 根据配送点相对距离表作配送点相对时间表。

(3) 模型参数

本文经过实地调查, 考虑 M 公司实际情况以及为方

本文为方便模型构建, 假设配送车辆匀速行驶不考虑速度以及货物装卸对于油耗的影响, 只考虑运输距离长短对油耗的影响。

2.1.3 货损成本 F3

货物在运输和装卸过程中无法避免会出现变质、腐烂等货损情况的发生。本文考虑货物随运输时间的增加以及装卸时开车厢次数的增加造成货物变质、腐烂等货损情况。

2.1.4 制冷成本 F4

配送车辆在运输过程中以及货物装卸时制冷机都需要工作来保障货物的品质, 制冷机工作的成本就是制冷成本。

2.1.5 惩罚成本 F5

各配送都有送达货物的时间窗限制, 早于或晚于时间窗限制都会有惩罚。惩罚成本即配送车辆早到、晚到支付的罚金^[3]。

以上对于 5 种成本进行了详细分析, 本文以总成本最小化为优化目标建立模型。总成本=固定成本+变动成本+货损成本+制冷成本+惩罚成本, 表达式如下:

便利用模型进行求解优化, 对执行的相关参数进行设置。

2.2.2 遗传算法设计

本文根据所构建的优化模型, 利用表相关参数, 运用 Matlab 软件编写了遗传算法程序代码, 进行求解优化。具体模型求解步骤如下:

(1) 编码

本文选用自然数编码方式, M 公司共有 1 个配送中心, 20 个配送点。配送中心编号为 0, 各配送点编号为 1-20。上文中规定配送车辆执行完配送任务后要返回配送中心。以现行路径第二条线路为例, 配送车辆最初从配送中心出发经过 M1 村、M2 村、M3 村这三个客户地执行配送任务, 最终返回配送中心。此路线染色体就表示为: 0-1-5-15-0。其他路径均符合此编码方式。

(2) 生成初始种群

进行编码操作后要进行设置初始种群，以此提升求解效率获得更加准确的最优解。对于初始种群的选择不可太大或太小。太小容易造成局部最优，太大会降低求解效率，要选择适当的初始种群规模。M 公司一共有 20 个配送点为方便进行求解计算和获得精确的优化结果，本文将种群数量设置为 60。

(3) 计算种群适应度

本文将各项成本之和的总成本作为目标函数，适应度的大小与目标函数成反比为倒数关系，因此适应度函数可以表示为 $Fitness=1/F$ 。

(4) 遗传算法的选择、交叉和变异

遗传算法的选择过程就是通过计算种群适应度函数值来进行，适应度大的值会代替适应度小的值，因此优秀的基因会被遗传，差的基因会被淘汰。留下来的基因会越来越优秀，不断迭代后会获得最优解。

遗传算法的交叉过程就是通过设置的交叉概率，选择交叉点，交叉点的两个基因会进行交换并产生新的染色体以此获得新的种群。M 公司有 20 个配送点，为使模型更方便的运行，本文将交叉概率设置为 0.9。遗传算法的变异过程就是替换父代染色体的基因和其他的基因，生成不同序列的染色体，染色体在遗传过程中根据概率进行变异。根据交叉概率，为使模型更方便的运行，本文将变异概率设置为 0.1。

(5) 终止运行

本文设置迭代次数为 300 次，迭代结束后获得最优解。

2.2.3 输出优化方案

本文依照上文中设置规则，运用 Matlab 软件编写了遗传算法程序代码^[4]，迭代结束后获得最优近似解为 2366.47176。

表 1 优化后配送路径信息

车辆编号	配送路线	载重量 (t)	载重率	行驶里程 (km)
1	0-4-17-16-0	5.5	91.7%	23.567
2	0-10-5-1-0	5.5	91.7%	17.4738
3	0-6-14-15-0	5.5	91.7%	17.0688
4	0-12-2-0	5	83.3%	12.4006
5	0-18-20-19-0	6	100%	12.0386
6	0-3-9-13-0	6	100%	16.178
7	0-8-7-11-0	5.5	91.7%	14.7966

3 M 公司配送路径优化效益分析

遗传算法优化进程图如图 1 所示：

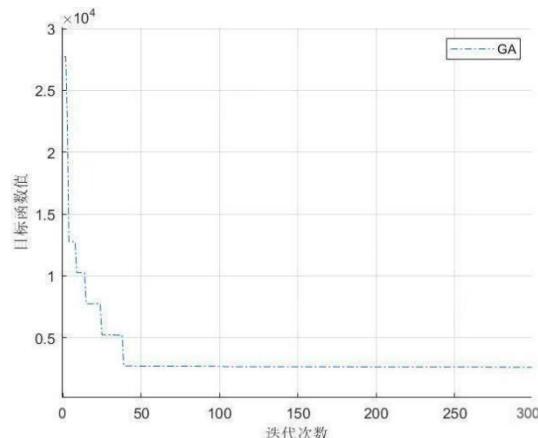


图 1 遗传算法优化进程

从迭代进程图中可知，迭代曲线呈现总体下降后趋于平稳的趋势。在进行前 50 次迭代时曲线不断下降，此时为进行选择更加优秀的个体。后面曲线趋于平稳代表有了最优解，最后就能够输出优化后的配送路径。

优化后配送路径图如图 2 所示

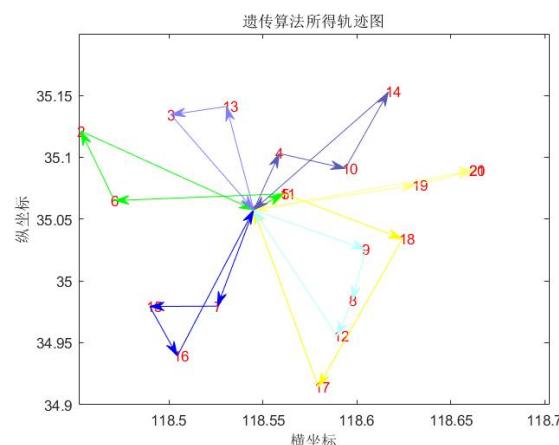


图 2 遗传算法优化后路径

整理图中数据可得优化后配送路径数据信息，如下

表 1：

根据调查到的优化前各成本以及通过 Matlab 优化

后的各成本作优化前后各成本对比表 2 如下：

表 2 优化结果对比表

指标	优化前成本	优化后成本	降低比率
固定成本	2400	2100	12.5%
变动成本	203.7348	170.285	16.4%
制冷成本	96.494	83.11416	13.9%
货损成本	14.11621	13.0726	7.4%
惩罚成本	45	0	100%
总路程	135.82334	113.5234	16.4%
总成本	2759.34501	2366.47176	14.2%

优化后固定成本占比仍然最大，达到了 88.8%，但通过优化路径减少了一辆车执行配送任务，较优化前成本降低了 12.5%。优化后变动成本占比较大，达到了 7.2%，较优化前成本降低了 16.4%。优化后制冷成本占比较小，为 3.5%，较优化前成本降低 13.9%。优化后货损成本占比最小，仅为 0.5%，较优化前成本降低 7.4%

优化前 8 辆车执行配送任务总路程为 135.82334km，优化后只需 7 辆车即可完成配送任务，总路程为 113.5234。优化后总路程较优化前降低 16.4%，不仅减少了车辆的使用使得 M 公司可将剩余 1 辆车作为应急保障车辆，而且减少了迂回行驶现象总路程路程减少，降低了燃油费等费用。优化前 8 辆配送车辆装载率在 90% 以上的仅有 3 辆车，优化后 7 辆配送车辆装载率在 90% 以上的有 6 辆，仅有 1 辆车装载率 83.3%。优化后配送车辆装载率得到显著提升，提高了物流效率的同时，也降低了运输总成本。

4 总结

本研究针对 M 公司配送问题，首先进行了模型构建，

通过整理 M 公司冷链物流配送的详细数据并根据设置好的参数对遗传算法的编码、生成初始种群、计算适应度函数以及选择、交叉和变异流程进行了设计；然后，通过运行 Matlab 软件进行迭代后输出优化后的配送路径；最后对于优化后的配送路径做了综合分析，确认优化后的配送路径能够降低配送总成本、提高配送效率以及增加客户满意度。

参考文献

- [1] 曹政. “十四五”全国建 100 个骨干冷链物流基地 [N]. 《北京日报》, 2021-12-14.
- [2] 范立南, 董冬艳, 李佳洋, 等. 基于生鲜农产品的冷链物流配送路径优化 [J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2017, 29(2): 125-131.
- [3] 董辰辉. MATLAB 从入门到精通 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2018: 56-57.
- [4] 陈柳. 考虑碳排放的 T 公司冷链物流配送路径优化研究 [D]. 成都理工大学, 2020.