

基于蚁群算法的卷烟物流配送路径优化研究

马楠¹, 王龙飞²

(1. 云南省烟草公司德宏州公司, 云南 芒市 6784001; 2. 云南财经大学物流与管理工程学院, 昆明 650221)

摘要: 在全球化和信息技术的推动下, 现代物流业正成为连接发达与发展中国家的关键纽带。现代物流通过信息化、网络化、智能化手段提升效率和优化供应链管理。卷烟物流的目的是确保卷烟产品能够快速、安全、准确地送达目的地。配送路径优化是卷烟物流的核心, 通过减少配送时间, 提高服务效率和客户满意度。蚁群算法作为启发式算法, 在旅行商问题(TSP)、调度、路径规划等领域广泛应用。探讨蚁群算法在卷烟物流配送路径优化的应用。首先, 介绍卷烟物流和配送路径优化相关概念, 然后深入分析蚁群算法的理论和实施流程。接着, 构建蚁群算法模型, 解决卷烟物流配送问题, 并通过仿真分析评价算法性能。最后, 以云南省DH烟草公司为例, 探讨其卷烟物流配送路径优化策略。利用MATLAB仿真建模, 研究显示蚁群算法能显著优化卷烟物流配送路径, 降低成本, 提升效率, 为行业提供技术支撑。

关键词: 卷烟物流; 配送路径优化; 蚁群算法; MATLAB

中图分类号: C934; C931.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)22-0323-06

随着全球经济一体化的不断深入和市场竞争的日益加剧, 卷烟行业正面临着前所未有的挑战和机遇。卷烟物流作为烟草产业链中至关重要的一环, 其配送效率和成本控制不仅直接关系到企业的市场竞争力, 还显著影响着企业的经济效益和盈利能力^[1]。然而, 传统的配送路径优化方法, 如最近邻法等, 往往无法满足复杂配送环境下的优化需求。这些方法在配送路径的合理规划、成本的有效控制以及服务质量的持续提升方面存在明显的不足, 难以适应现代物流对快速响应、准时配送、成本优化和客户满意度的高标准要求^[2]。此外, 随着消费者需求的多样化和个性化, 以及环保法规的日益严格, 卷烟物流配送还需要考虑如何减少环境污染、提高资源利用率和实现绿色可持续发展。因此, 探索更为先进和有效的配送路径优化方法, 对于提升卷烟物流配送的整体性能, 满足现代物流发展的需求具有重要意义。

蚁群优化算法(ant colony optimization, ACO)作为一种模拟自然界蚂蚁觅食行为的智能优化算法, 以其独特的正反馈机制、分布式计算和自组织特性, 在解决路径优化等组合优化问题中显示出了卓越的性能。该算法通过模拟蚂蚁在寻找最短

路径过程中的信息素交流机制, 能够有效地搜索出优化的路径, 从而提高配送效率, 降低运输成本。该算法已被广泛应用于路径规划、车间调度等领域, 成为优化领域的重要工具^[3]。牛秦玉等^[4]提出了一种结合启发式搜索策略和U形陷阱填充策略的改进蚁群算法, 并融入了奖惩机制。他们采用贪心算法来剔除冗余拐点, 从而减少了算法的执行时间。马晓平等^[5]通过仿真实验, 针对路径规划和旅行商问题(traveling salesman problems, TSP)等实例, 证明了他们改进的蚁群算法在避免局部最优解和加速收敛速度方面优于其他对比算法。这一结果证实了改进算法在提升收敛效率和缩短计算时间方面的优势。宋晓博等^[6]提出了一种创新的地图建模方法, 通过路径规划和旅行商问题(TSP)的仿真实验, 证明了经过优化的蚁群算法在跳出局部最优解和提升收敛速度方面的显著优势。卷烟物流配送路径优化问题具有其特殊性和复杂性, 如配送需求的不确定性、配送网络的动态变化、配送成本的多样性等因素, 给蚁群算法的应用带来了新的挑战。如何结合卷烟物流配送的实际需求, 设计出更加高效、灵活、适应性强的蚁群算法模型, 成为当前亟待解决的问题。

收稿日期: 2024-06-09

基金项目: 2023年云南省烟草公司德宏州公司科技计划项目(DHYCKJ202302)

作者简介: 马楠(1985—), 男, 云南德宏人, 研究方向为卷烟营销与物流; 通信作者王龙飞(1999—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为物流与供应链管理。

本文采用蚁群算法对卷烟物流配送路径进行优化,目的是找到更加高效和环保的配送路径,旨在降低运输成本和碳排放量,减轻运输与配送过程对环境的不利影响,同时提升资源的利用效率和经济效益,从而能够对实际物流运作中优化路径和规划路线具有指导作用。

1 相关概念理论基础

1.1 卷烟物流

卷烟物流是指在卷烟产品的整个供应链管理过程中涉及的一系列物流活动,包括卷烟的采购、存储、运输、配送以及信息管理等环节。它不仅包括了卷烟从生产到最终消费者手中的物理流动,还涉及与物流相关的信息流和资金流的管理。卷烟物流的目的是确保卷烟产品能够快速、安全、准确地送达目的地,同时控制物流成本,提高服务效率和质量,以满足市场需求和消费者满意度^[7]。

1.2 配送路径问题

配送路径涉及车辆向不同地点的用户运送货物的具体路线^[8]。这些路径的合理性对运输成本有显著影响,并与车辆的碳排放量密切相关。配送路径问题关注于规划一系列配送线路,使货物有效地送至需求点,同时满足一定约束条件^[9]。如表1所示。

表1 配送路径约束条件

约束条件	内容
车辆容量	车辆的载重与体积限制
时间窗口	客户要求的特定时间范围
路线限制	由于交通、法规的限制
服务水平	时间、空间需求,送达的货物质量有保证

1.3 蚁群算法

蚁群算法是一种模拟自然界蚂蚁觅食行为的优化工具,它通过信息素的沉积和更新机制来模拟蚂蚁之间的沟通与协作^[10]。在算法中,蚂蚁根据路径上的信息素浓度来选择路径,信息素浓度高表示路径更优,因为更多的蚂蚁选择过。随着时间,信息素会挥发,而短路径上的信息素由于蚂蚁的频繁经过而增加,形成正反馈循环,最终导致蚁群集体趋向于最短路径。这种方法有效利用分布式计算和自组织特性,为解决复杂组合优化问题提供了一种强大的策略^[10]。作为启发式算法之一,蚁群算法特点如下。

(1)分布式计算。蚁群优化算法通过模拟蚂蚁觅食时的信息素交流,实现了一种分布式的搜索方法。在这一过程中,蚂蚁个体基于局部信息和

同伴留下的信息素进行路径选择,无需中央控制,整个蚁群通过协作逐步优化路径,最终能够发现全局最优或近似最优的解。

(2)正反馈机制。蚁群对浓度高路径选择偏好的结果是,那些被证明是较好(即路径较短或成本较低)的路径上信息素的浓度会随时间不断增加,这又进一步促进蚁群选择优质路径的概率。这个过程为自我加强的循环,好的路径越多被选择,差的路径则逐渐被废弃,从而提高了整个蚁群找到优秀解决方案的效率。

(3)启发式搜索。信息素蒸发是蚁群算法中防止局部最优和保持全局搜索能力的关键机制。通过模拟自然界中信息素随时间自然消散的现象,算法中信息素的逐渐减少促使蚂蚁探索新路径,同时新信息素的释放又帮助蚁群逐步优化和集中路径选择。

(4)鲁棒性。该算法对于开始时设置的参数不太敏感,即使参数的选取不是非常精确,蚁群算法仍然能够找到一个不错的解决方案。这表明蚁群算法能够在不同的初始条件下都能表现出较好的性能,不会因为参数的微小变化而显著影响算法的最终结果。

2 配送路径优化模型构建

2.1 问题描述

以一个具体例子来解释卷烟物流配送路径问题的模型构建:假设一家物流公司负责向某一地区内的5个需求点进行配送,每个需求点具有一定的货物需求量,物流车辆需要从配送中心 P_1 发出货物,遍历5个需求点,将需求点 i 、 j 的直线距离视为遍历时路径距离,将这些需求点通过物流网络连接起来,需要选择合适的运输方式和车辆,确保货物在规定时间内送达,最终回到配送中心。在物流流转配送环节中,不同配送路径选择将对配送的成本构成、配送时间效率以及碳排放的水平产生差异化影响。

蚂蚁通过释放和感知信息素来协作寻找最短路径,这种信息素的正反馈作用加速了搜索过程并提高了找到高质量解的概率。在每一次迭代中,蚁群算法都会构建一个禁忌表,记录下已经探索过的路径,以避免重复搜索。这种禁忌策略增强了算法的探索性,同时确保了搜索的多样性。随着计算机水平的不断发展,蚁群算法得到了进一步的改进和完善,故将该算法与配送路径反馈进行结合,以期获得满意的优化结果(表2)。

表2 蚁群行径与组合优化对应关系

蚁群算法	组合优化
蚁群觅食行为	组合优化问题
信息素路径的形成	解空间中的潜在解
路径选择机制	解的质量评估
信息素更新	解的改进策略
局部搜索	解空间中的局部搜索
全局搜索	解空间中的全局搜索
自组织性和适应性	处理动态变化的问题环境
多蚁群合作	多目标优化策略

2.2 模型构建

从经济与环境角度出发,根据以上参数设置出发点,访问过每个配送点后返回出发点,把每个需求点看作节点。

2.2.1 可行解

要求所选顶点的全排列,选取其中总路径最短距离为目标问题最优解。然而随着需求点的增加,可行方案增加会使得计算量增大,影响目标函数最优解的判别,故需利用启发式模型加以计算,减少解决过程的复杂度。

2.2.2 蚁群算法模型建设

假设只将信息素浓度视为影响蚂蚁路径选择的主要因素,那么在初始迭代阶段,各条路径的信息素水平普遍较低,这会导致蚂蚁在选择路径时表现出较大的随机性。要解决该单一变量的所带来的缺陷,将考虑到距离因素,即当信息素浓度相同时,城市*i*到城市*j*的路径距离与选择该路径概率成反比。为确认上述因素(信息素浓度、路径距离)对概率的影响,分别引入两个指数 α 、 β 。

2.2.3 蚁群算法模型

路径选择概率 $p_k(i, j)$ 。当前蚂蚁在需求点*i*,第*k*只蚂蚁从*i*转移到*j*的概率,算法公式为

$$p_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{\mu \in J_k(i)} [\tau_{i\mu}(t)]^\alpha [\eta_{i\mu}(t)]^\beta}, & j \in \text{allowed}_k \\ 0, & j \notin \text{allowed}_k \end{cases} \quad (1)$$

式中: allowed_k 为第*k*($k = 1, 2, \dots, m$)只蚂蚁未经过的地点,即可选择的需求点; μ 为未访问的需求点集合(allowed_k)中的一个地点; $j \notin \text{allowed}_k$ 为已走过的地点; α 为信息素浓度程度的参数; β 为路径距离程度的参数; τ_{ij} 为需求点*i*到*j*路径的信息素浓度; $\eta_{ij}(t)$ 为蚂蚁从需求点*i*到*j*的期望程度,一般同路径长度 $L_{ij}(t)$ 成反比,计算公式为

$$\eta_{ij}(t) = \frac{1}{L_{ij}(t)} \quad (2)$$

信息素更新规则 τ_{ij} 。*i*点到*j*点路径上的信息素浓度,更新公式为

$$\tau_{ij}(t+1) = \tau_{ij}(t) \times (1 - \gamma\text{ho}) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (3)$$

式中: $\tau_{ij}(t+1)$ 为进一步行进的信息素浓度; $\tau_{ij}(t)$ 为*t*时间*i*点到*j*点路径上的原有信息素浓度; γho 为信息素蒸发系数; $\sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$ 为总的*m*只蚂蚁上一轮迭代的信息素新增变化量; $\Delta\tau_{ij}^k$ 为第*k*只蚂蚁释放的新浓度,计算公式为

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁已走过路径 } i \text{ 到 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中: Q 为*C*(常数),表示信息素强度; L_k 为*k*只蚂蚁迭代总路径长; $\frac{Q}{L_k}$ 为一只蚂蚁在路径上不同点的信息素浓度。

该模型一旦达到预先设定的最大迭代次数限制,算法将停止运行,并输出当前最优解。如果没有达到迭代次数的限制,模型会清除当前轮次中记录的蚂蚁行走路径信息,保留信息素浓度,然后重新初始化蚂蚁的位置,并随机地将它们分布到某个城市,从而开始新一轮的迭代过程。

2.3 参数说明

参数说明如表3所示。

由于数据输入的多样性和算法设计中固有的概率机制,智能启发式算法参数具有随机性,要确定参数值,首先需要找出其范围,根据以往文献中蚁群算法参数取值,模型参数取值范围如表4所示。

表3 参数说明

参数	解释	参数说明
α	信息启发式因子	α 越大,搜索路径随机性减弱; α 越小,易陷入局部最优环境
β	期望启发式因子	β 与收敛速度成正比;与可随机性成反比,易得到局部相对最优
m	蚂蚁数量	m 与精确度成正比,但可能出现重复解,在临界值后的信息正反馈的边际效用下降,重复性求解将消耗资源,增加无效运行时间
ρ	信息挥发因子	ρ 过小,信息素挥发慢,无效路径被继续采用,算法收敛速率下降, ρ 过大,无法保证有效路径被搜索,最优值找寻难度增大

表 4 参数取值范围

参数	取值范围
α	[0,5]
β	[0,5]
m	[10,10 000]
ρ	[0.1,0.99]

3 卷烟物流配送路径优化实证研究

3.1 云南省 DH 烟草公司基本情况

云南省 DH 烟草公司是一家国有企业,该公司成立于 1989 年,主营业务有卷烟物流配送服务、卷烟营销等。云南省 DH 烟草公司在所负责的 W 区域的卷烟配送中面临困境。随着消费者需求的不断增长和配送服务标准的提升,传统的配送模式已无法满足当前的市场需求,需要一种更为高效和成本优化的配送路径规划方法。

云南省 DH 烟草公司在 W 区域的配送现状存在优化空间。目前采用的最近邻算法(nearest neighbor algorithm, NNA)存在局限性,如局部最优、不考虑重复节点、对异常值敏感,且计算效率低。该公司在 W 区域原有配送路径主要有 7 条路线,公司目前各条路径的配送成本如表 5 所示。

由表 5 可以看出,云南省 DH 烟草公司采用传统方式进行本次配送工作的总成本为 4214.13 元,其中,运输配送成本占比约为 46.08%,时间惩罚成本为 33.96%,这二者占比较高,碳排放成本约占 3.17%;路径 5 和路径 6 运输成本占据比例较高,路径 3 和路径 4 时间惩罚成本较高,分别占 38.09%、45.76%。说明该公司配送成本需要提高。

云南省 DH 烟草公司配送流程为接收订单信息、配送中心调度人员制定配送路线、司机按规划路径配送,目标是最低成本、最低碳排放和最高满意度。提前送达会产生等待成本,超时配送会导致更高惩罚成本。本文将重点考虑提前期成本,探索更高效的配送路径优化方法,以提升配送效率,降

表 5 传统配送成本分析

车辆	固定成本/元	运输成本/元	碳排放成本/元	时间窗惩罚成本/元	总成本/元
1	100	259.44	16.51	187.4	563.35
2	100	322.25	20.51	227.2	659.39
3	100	336.55	21.42	211.9	556.32
4	100	277.26	17.64	324.8	709.98
5	100	271.21	17.26	136.0	510.86
6	100	316.03	20.11	144.7	580.84
7	100	295.30	18.79	219.3	633.39

低成本和碳排放,提高客户满意度。该公司在 W 区域原有配送路径通过最近邻算法取得,主要有 7 条路线如表 6 所示。

表 6 传统路径配送方案

车辆编号	车辆配送路径	车辆载重/t	车辆载重率/%
1	A-8-11-13-1-A	2.38	79.33
2	A-24-19-25-27-A	2.75	91.67
3	A-18-21-28-15-29-A	2.87	95.67
4	A-6-5-12-20-A	2.98	99.33
5	A-22-3-14-A	2.24	74.67
6	A-17-10-2-23-A	2.42	80.67
7	A-4-9-26-16-A	2.62	87.33

通过以上对云南省 DH 烟草公司现状分析发现,该公司在配送路径优化中存在多个问题,分别是配送路径规划不当、成本浪费、环保意识薄弱和车辆利用率低。

3.2 实证分析

3.2.1 目标函数与约束条件确立

(1)目标函数:最小化总行驶距离,有

$$\min \sum_{k=1}^m l_k \quad (5)$$

式中: l 为 m 辆车辆总行驶距离。

(2)约束条件:每个需求点只被一辆车提供服务。

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n x_{kj} i_k = 1, \forall i \quad (6)$$

式中: x_{ij} 为一个决策变量,如果路径从 i 到 j 被选中则为 1,否则为 0。

每辆车从配送中心出发,再回到配送中心形成闭回路。车辆载重量小于核载量,有

$$c_k + q_i - q_j \leq Q, \forall k, \forall i, \forall j \quad (7)$$

式中: i, j 为车辆 k 访问的需求点; c_k 为车辆 k 的出发点; q_i, q_j 分别为每辆车从配送中心出发,再回到配送中心形成闭回路的约束条件。时间窗约束为

$$e_i \leq t_{ij} \leq l_i, \forall i \in C, \forall j \in C, j \neq i, \forall k \quad (8)$$

式中: e_i 为最早服务时间; l_i 为最迟服务时间; t_{ij} 为从 i 点到 j 点的时间。

3.2.2 蚁群算法参数设置

基于以上数据,蚁群算法参数初步设置如表 7 所示。

3.3 实验结果分析

本文通过 MATLAB 软件进行求解,通过软件计算过程得出优化路径效果,如图 1 所示。

表7 蚁群算法优化参数数据

参数	取值
M	150
α	1
β	3
δ	3
ρ	0.85
Q	5
iter	1
Iter-max	100

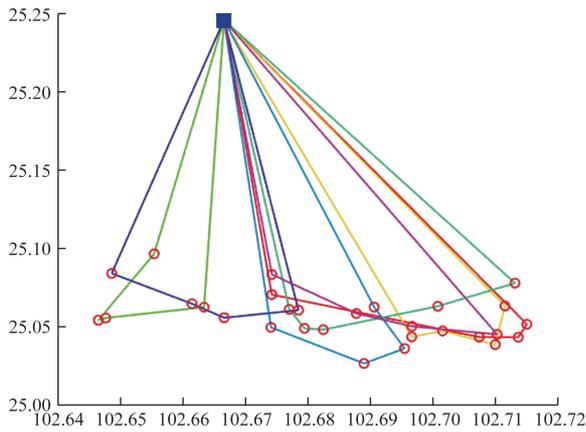


图1 优化路径效果

图1为不同颜色标记的七条配送路线,每条路线代表一辆配送车辆从配送中心出发,横坐标代表配送路径中各个客户节点在地图上的水平位置,纵坐标代表配送路径中各个客户节点在地图上的垂直位置,通过这种方式,可以直观地向各个客户节点进行货物配送的路径。这些路线通过不同的颜色进行区分,以便于视觉识别和分析。每条路线的颜色和编号有助于物流管理人员和驾驶员轻松识别特定的配送任务,确保配送过程的顺利进行。通过这种管理方式,物流公司能够有效地组织配送工作,提高配送效率,同时降低运营成本。

成本分析如图2所示,从图中观察迭代次数在60左右已经达到了最优路径规划,总成本由3185~3190元降至3170~3165元。

通过表8可得云南省DH烟草公司采用蚁群优化方法后进行一次配送工作的总成本为3165.95元,车辆平均载重率为86.95%。比之前提高了8.63%,有效增加了各车辆的载重率,减少空载浪费现象。

3.4 配送路径优化对比

根据表9配送规划对比,时间窗惩罚成本由原来的1454.3元降至1078.7元,碳排放成本由原有

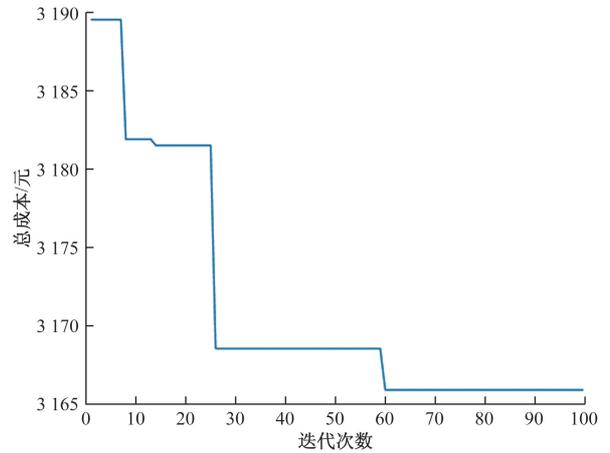


图2 成本分析

表8 优化算法车辆路径

车辆编号	车辆配送路径	载重/t	车辆载重率/%
车辆1	A-26-24-4-10-A	2.56	85.33
车辆2	A-6-27-3-29-A	2.54	84.67
车辆3	A-20-13-25-28-A	2.71	90.33
车辆4	A-15-5-9-22-A	2.89	96.33
车辆5	A-2-12-14-23-A	2.65	88.33
车辆6	A-21-7-8-1-A	2.37	79.00
车辆7	A-18-19-17-16-11-A	2.54	84.67

表9 新旧配送规划对比

方法	总成本/元	时间窗惩罚成本/元	碳排放成本/元
传统调度法	4214.13	1451.3	132.24
蚁群算法	3165.95	1078.7	98.68

的132.24元降至98.68元,总成本下降24.87%。因此,云南省DH烟草公司采纳蚁群算法来优化其配送路线,这一决策被证明是卓有成效的。该算法不仅有效地解决了云南省DH烟草公司在配送过程中遇到的难题,还显著减少了配送距离,提升了客户满意度,并降低了企业的资源消耗。这些改进为云南省DH烟草公司带来了更加丰厚的经济效益。

4 结语

本文通过深入分析卷烟物流配送路径优化问题,提出了一个综合考虑经济成本、环境影响和碳排放的优化模型。文中引入并验证了蚁群算法的有效性,通过在TSP问题上的测试,证明了其在路径优化问题上的适应性和效率。进一步,结合实际案例,在算法中加入了时间窗和容载量约束,通过MATLAB建模直观展示了最优路径和成本,并通过与传统算法的对比分析,凸显了蚁群算法在解决卷烟物流配送路径优化问题上的优越性。本文的主要贡献在于创新性地构建了卷烟物流配送路径

优化模型,成功应用了蚁群算法,并在实例研究中验证了其在特定问题上的性能优势。

参考文献

- [1] 张旭,吕明睿,张春雪,等. 高质量发展背景下区域绿色物流水平评价及障碍因子[J]. 经济地理, 2023, 43(5): 139-149.
- [2] 毛涛. 我国制造业绿色物流体系构建初探——以碳达峰碳中和为视角[J]. 环境保护, 2023, 51(Z2): 10-13.
- [3] 何黎明. 创新引领绿色物流协同构建绿色供应链新生态[J]. 物流技术与应用, 2023, 28(12): 52.
- [4] 牛秦玉,董鑫炜,傅垚. 基于蚁群算法启发式策略改进的AGV路径规划[J]. 计算机集成制造系统, 2024, 21(1): 1-19.
- [5] 马晓平,赵学涛,王炬成. 加入动态搜索模型的蚁群算法及其应用[J]. 计算机工程与设计, 2023, 44(11): 3462-3468.
- [6] 宋晓博,高经纬,张朝衍. 基于改进蚁群算法的越野车辆路径规划研究[J]. 计算机仿真, 2023, 40(10): 200-204.
- [7] 王勇,李慧星,罗思好,等. 资源共享模式下多中心共同配送电动车辆路径优化问题[J]. 系统管理学报, 2023, 32(6): 1119-1141.
- [8] 王勇,魏远哈,蒋琼,等. 带时间窗的三维装载物流配送优化方法研究[J]. 运筹与管理, 2022, 31(12): 111-119.
- [9] 蒋俊,申贵成,王诗佳,等. 基于强化学习的物流配送路径优化[J]. 统计与决策, 2021, 37(18): 185-188.
- [10] 陈志新,闫昊炜,张昕宇,等. 基于改进蚁群算法的B2B城配模式下车辆路径优化[J]. 公路交通科技, 2023, 40(7): 231-238.

Research on the Optimization of Cigarette Logistics Distribution Path Based on Ant Colony Algorithm

MA Nan¹, WANG Longfei²

(1. Dehongzhou Company of Yunnan Tobacco Company, Mangshi 678400, Yunnan, China;

2. School of Logistics and Management Engineering, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)

Abstract: Driven by globalization and information technology, modern logistics industry is becoming a key link connecting developed and developing countries. Modern logistics improves efficiency and optimizes supply chain management through information technology, networking, and intelligent means. The purpose of cigarette logistics is to ensure that cigarette products can be delivered to their destination quickly, safely and accurately. Delivery path optimization is the core of cigarette logistics, which improves service efficiency and customer satisfaction by reducing delivery time. Ant colony algorithm, as a heuristic algorithm, was widely used in fields such as TSP, scheduling and path planning. The application of ant colony algorithm in optimizing the distribution path of cigarette logistics was explored. Firstly, the concepts related to cigarette logistics and distribution path optimization was introduced, and then the theory and implementation process of ant colony algorithm were deeply analyzed. Next, an ant colony algorithm model was constructed to solve the problem of cigarette logistics distribution, and the algorithm performance was evaluated through simulation analysis. Finally, taking DH Tobacco Company in Yunnan Province as a case study, the optimization strategy of its cigarette logistics distribution path was explored. Using Matlab simulation modeling, research has shown that ant colony algorithm can significantly optimize cigarette logistics distribution paths, reduce costs, improve efficiency, and provide technical support for the industry.

Keywords: green economy; green logistics of cigarettes; optimization of delivery routes; MATLAB