

文章编号: 2095-2163(2023)11-0088-07

中图分类号: TP18

文献标志码: A

# 基于改进蚁群算法的农村运输路径规划

黄二强, 代永强, 刘欢

(甘肃农业大学 信息科学技术学院, 兰州 730000)

**摘要:** 随着中国的经济发展,农村的农产品收购和运输越来越重要,如何科学合理地规划运输农产品的路线,是商贸企业亟需解决的一大问题。企业收购商收购农产品时,运输车辆需要规划好到各农村收购农产品的最优路径,用最少的运输成本和时间成本完成收购工作。本文中通过改进的蚁群算法为商贸企业规划运输路径。首先,简要介绍了原始的蚁群算法、退火算法、蜜獾算法;其次,对模型构建及求解做了详细分析;最后,结合实际给出到甘肃省部分农村运输路径规划的一些安排,为今后农产品的运输给出一些运输路径规划方案以供参考,对现实的运输路径规划也有一定的实际意义。

**关键词:** 运输路径; 蚁群算法; 退火算法; 蜜獾算法; 最优路径

## Rural transportation route planning based on ant colony algorithm

HUANG Erqiang, DAI Yongqiang, LIU Huan

(College of Information Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** With the economic development in China, the purchase and transportation of agricultural products in rural areas are becoming more and more important. How to scientifically and reasonably plan the route of transporting agricultural products is a major problem that commercial enterprises need to solve urgently. When an enterprise purchaser purchases agricultural products, transportation vehicles need to plan the optimal path to each rural area to purchase agricultural products, and complete the purchase with the least transportation cost and time cost. In this paper, the improved ant colony algorithm is used to plan the transportation path for commercial enterprises. Firstly, the original ant colony algorithm, annealing algorithm and honey badger algorithm are introduced briefly; Secondly, the model construction and solution are analyzed in detail; Finally, some arrangements for the planning of some rural transportation routes in Gansu Province are given based on the actual situation, which provides some transportation route planning schemes for the future transportation of agricultural products for reference, and also has some practical significance for the actual transportation route planning.

**Key words:** transportation route; ant colony; annealing algorithm; honey badger algorithm; optimal path

## 0 引言

随着国家对环境保护的重视,农业得到了飞速发展,农产品的产量也有了全面提升,需要良好的交通运输路径来激活农村经济。因为国内地形地貌复杂多样,各地的农村之间相距较远、且农产品种类和产量也不相同,所以需要规划运输路径的软件,来帮助规划路径,车辆运输路线规划已经变得越来越重要。相对于常规的路径规划算法,首先,本文中的算法弥补了在运输的整个环节中花费在农村收购点

等待农产品的时间,因为地理原因,收购商到达农村收购点后,因为不同地区的果园或农田距生活区较远,有的地势陡峭、有的地质松散、比较危险,农民也会在不同的时间去采摘农产品,造成收购商额外花费的时间不同。而常规的路径规划算法中只注重车辆调度花费的时间。其次,本文中改进的蚁群算法融合退火算法后,提高了蚁群算法跳出局部最优的能力和收敛速度。再次,通过融合蜜獾算法,在计算2个收购点之间的距离时,本文考虑到农村地形影响因素,引入蜜獾算法在挖掘阶段的心形模型来计

**基金项目:** 甘肃农业大学青年导师基金(GAU-QDFC-2019-02); 甘肃省高等学校创新基金(2022B-107,2019A-056); 甘肃省自然科学基金(20JR10RA510,1506RJZA007)。

**作者简介:** 黄二强(1989-),男,硕士研究生,主要研究方向:智能算法; 刘欢(1990-),男,博士研究生,讲师,主要研究方向:演化计算及其应用、农业物联网。

**通讯作者:** 代永强(1981-),男,博士,副教授,主要研究方向:计算智能及其工程应用、信息智能处理。Email: dyq@gsau.edu.cn

收稿日期: 2022-11-16

哈尔滨工业大学主办 ◆ 学术研究与应用

算两点间的距离,此模型更适合计算农村收购点之间的距离,其距离与实际路程更接近。而常规算法是计算连点间直线距离,在计算山区中 2 个农村之间的距离时,计算的直线距离与实际路程比本文中的要差。本文选择甘肃省若干个村镇进行路径规划,利用改进的蚁群算法帮助收购商寻找一条最佳的运输路径。运输路径规划问题可归于 TSP<sup>[1]</sup> (traveling salesman problem) 问题,在解决 TSP 问题上,可用精确算法<sup>[2]</sup>或启发式搜索算法<sup>[3]</sup>,如分层递进的改进聚类蚁群算法<sup>[4]</sup>或者人工智能算法,如模拟退火算法<sup>[5]</sup>、蚁群算法<sup>[6]</sup>、禁忌搜索算法<sup>[7]</sup>、鸡群算法<sup>[8]</sup>、粒子群算法<sup>[9]</sup>、蜂群算法<sup>[10]</sup>、麻雀搜索算法<sup>[11]</sup>以及遗传算法<sup>[12]</sup>等。在本文中用改进的蚁群算法来规划车辆运输路径。基于原始蚁群算法中跳出局部最优的能力低<sup>[13]</sup>、收敛速度慢<sup>[14]</sup>、优化效率低<sup>[15]</sup>的问题,改进的算法中,首先增加蚂蚁体重突变的因素,可以提高蚁群的多样性,从而提高蚁群算法跳出局部最优的能力。在蚂蚁体重突变的过程中,通过结合退火算法的概率计算方法来得到当前运动蚂蚁的体重;其次,增加目标地点的时间权重参数,可通过设置目标地点的时间权重值更快、更准确地找出下一个地点,提高了蚁群算法的收敛速度。实验结果表明,改进的蚁群算法有更好的寻优能力。

## 1 蚁群算法

蚁群算法是 Dorigo 等学者<sup>[16]</sup>在二十世纪九十年代提出的一种新型的模拟进化算法<sup>[17]</sup>。通过研究发现蚂蚁之间传递信息是通过一种称为信息素的物质,当蚂蚁在寻找食物时通过这种物质进行信息交互的。蚂蚁在觅食的过程中会在经过的路径上留下信息素,并且蚂蚁也能够感受到信息素,蚂蚁会通过判断信息素来指导自己运动的方向:若无信息素则按照随机性前进,若有信息素,则根据信息素的强度来确定自己的运动方向。蚂蚁会选择信息素、浓度高的方向运动。由于大量蚂蚁组成的蚁群集体行为表现出一种信息正反馈现象,在某一路径上走过的蚂蚁越多,则后来者选择该路径的概率就越大。蚁群算法相对于其他的一些算法很有优势,文献<sup>[18]</sup>中利用 Matlab 对蚁群算法和遗传算法对 TSP 的求解进行了研究对比,研究发现,在若干个城市里,无论两地之间距离多远,蚁群算法比遗传算法更优。在文献<sup>[19]</sup>中设计了一种包含改进 PRM (probabilistic road map) 算法和蚁群算法的一种融合算法,可以一次规划出多个目标点的路径,但是所规

划出来的路径具有随机性。文献<sup>[20]</sup>中将蚁群算法和粒子群算法对比,蚁群算法的可靠性和精确度高、适应性强。在该算法中,将  $m$  只蚂蚁随机性地放在了  $n$  个城市里,全部的路径  $(i, j)$  上信息素的初始值  $\Delta\tau_{ij}(0) = \text{常数}(C)$ ,之后蚂蚁  $k(1, \dots, m)$  在  $t$  时刻就按照其转移概率  $p_{ij}^k(t)$  来选择出下一个节点。

## 2 模拟退火算法

模拟退火算法 (Simulated Annealing, SA) 最早的思想是由 N. Metropolis 等学者<sup>[21]</sup>于 1953 年提出<sup>[21]</sup>。1983 年, Kirkpatrick<sup>[22]</sup>成功地将退火思想引入到组合优化<sup>[23]</sup>领域。这是基于 Monte-Carlo<sup>[24]</sup>迭代求解策略的一种随机寻优算法<sup>[25]</sup>。王光等学者<sup>[26]</sup>提出的算法进行可靠性模型参数求解,具有解的全局性好、收敛速度快等优点。其出发点是基于物理中固体物质的退火过程与一般组合优化问题之间的相似性。本质思想为以概率接受新状态:在温度为  $T$  时,设当前状态为  $i$ ,新状态为  $j$ ,若  $E_j < E_i$ ,则接受  $j$  为当前状态;否则,若概率  $p = e^{-(E_j - E_i)/KTp}$  大于  $[0, 1)$  区间的随机数,则仍接受状态  $j$  为当前状态;若不成立,则保留状态  $i$  为当前状态。 $p = e^{-(E_j - E_i)/KTp}$ ;在高温下,可接受与当前状态能量差较大的新状态;在低温下,只接受与当前状态能量差较小的新状态。该式中的  $K$  为玻尔兹曼常量,是热力学的一个基本常量,数值为  $1.380\ 649 \times 10^{-23}$  J/K。

## 3 蜜獾算法

蜜獾算法 (Honey Bavidger Algorithm, HBA) 是 2022 年提出的一种元启发式优化算法。该算法的灵感来源于蜜獾的觅食行为,蜜獾会通过挖掘阶段和采蜜阶段寻找食物,还会根据气味强弱接近猎物捕食。该算法具有开发能力强、收敛速度快等特点,但探索能力有所不足。研究发现,蜜獾算法的挖掘阶段的心形模型类似于农村收购点之间的路线形状,故而将蜜獾算法融合到农村收购点路径优化算法中。

## 4 改进的蚁群算法

针对蚁群算法收敛速度慢的问题,先提出对原始蚁群算法<sup>[27]</sup>的信息素优化方法,其次讨论了改进的蚁群算法的原理。

### 4.1 信息素的优化

首先,在改进的蚁群算法中对参数信息素重要

程度  $\alpha$  和信息素启发式因子  $\beta$  进行多次实验得到的最优值并将其参数值都设置为最优值 2。其次,根据蚁群生物学<sup>[28]</sup>了解到蚁群中由工蚁、兵蚁、雄蚁、蚁后等组成,其中在工蚁或兵蚁或雄蚁中的蚂蚁的个体大小和体重并不一样,而其中更重的蚂蚁对信息素时的释放量比更轻的蚂蚁释放得更多,由此引入蚂蚁的体重突变因素不仅增加了蚁群的多样性,而且间接地影响了蚂蚁释放信息素的量;在原始蚁群算法中,信息素的释放量是一个常量,而在改进的蚁群算法中将其信息素改为可变的量。当一只蚂蚁从  $i$  点到  $j$  点,若从  $i$  点到  $j$  点的路径不是最优路径时,由于越来越多的蚂蚁的移动将由信息素来进行导向,那么从  $(i, j)$  路径上走过的蚂蚁就越来越多,导致蚁群算法跳出局部最优的能力越差。根据下文函数(8)可以看出,可以通过蒙特卡洛准则中的概率公式得到蚂蚁体重突变概率  $F$ ,进而可以得到该蚂蚁的体重,因为下一个农村点的时间权重值越大,则该地点需要等待的时间越长,而两地时间权重值的差值越大,则函数(8)得到的概率值  $F$  就越小,再通过下文函数(5)可以看出,  $F$  越小、则蚂蚁体重突变的概率越小,进而该蚂蚁释放的信息素就越少,反之则释放的信息素越多,最终提高了蚁群算法跳出局部最优的能力,加快了算法的收敛速度。

## 4.2 算法介绍

将  $m$  只蚂蚁随机性地放在了  $n$  个城市里,路径  $(i, j)$  上信息素的初始值  $\tau_{ij}(0) = 0$ , 蚂蚁  $k(1 \cdots 48)$  在  $t$  时刻按照其转移概率  $p_{ij}^k(t)$  来选择出下一个节点。通过多次实验测试得出,信息素重要性  $\alpha$  的值和启发式因子  $\beta$  的值分别设置为 2 和 2,将蚂蚁的体重突变作为影响启发式因子的因素,蚂蚁的体重越大,且当前路径的距离越短,启发信息越大,则选择此路径的可能性越大;实验测试得出,改进蚁群算法的收敛速度更快、得到的解更优。由此推得的公式为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{s \in n_k} \tau_{is}^\alpha(t) \eta_{is}^\beta(t)}, & j \in \text{allowed}_k \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $p_{ij}^k(t)$  的含义为:第  $k$  只蚂蚁在  $t$  时刻从城市  $i$  到城市  $j$  的转移概率,是与此路段  $(i, j)$  的长度和此路段的信息素含量的多少有关的概率;  $\tau_{ij}^\alpha(t)$  表示边  $(i, j)$  在  $t$  时刻的信息素浓度;  $\eta_{ij}^\beta(t)$  表示边  $(i, j)$  在  $t$  时刻的道路顺畅度;参数  $\alpha$  表示信息素相对重要性,设置为 2;  $\beta$  表示道路顺畅度,设置为 2;  $n_k = \{1, 1, \dots, 48\}$  指的是蚂蚁  $k$  在下一步可以选择的

地点(不可以选择已经访问过的地点)。当经过了时间  $t$  后,全部蚂蚁即可到达目的地。  $\eta_{ij}(t)$  表示城市  $i$  到城市  $j$  的道路顺畅度函数,可由如下公式计算求出:

$$\eta_{ij}(t) = \frac{1}{L_{ij} * s}, \quad s \in [0, 1.5] \quad (2)$$

其中,  $L_{ij}$  表示通过蜜獾算法的挖掘模式计算得到农村山区路段  $(i, g, j)$  的距离,  $s$  表示蚂蚁通过体重突变后的体重。函数(2)中考虑到山区地形因素,引入了车辆体重因素对道路顺畅度的影响:车体越重的、主要考虑路线长短的因素,次要考虑时间长短的因素。

各个路径所含的信息素更新公式为:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}, \quad \rho = 0.6 \quad (3)$$

其中,  $1 - \rho$  表示信息素残留因子,  $\rho \in (0, 1)$ 。

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad (4)$$

其中,  $\Delta \tau_{ij}$  表示在本次所有蚂蚁运动到目的地时,路径  $(i, j)$  上蚂蚁的信息素总量;在初始时刻  $\Delta \tau_{ij}(0) = 0$ ,  $\Delta \tau_{ij}^k$  指的是第  $k$  只蚂蚁在此次循环时留在路径  $(i, j)$  上的信息素总量。此处需用到如下公式:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{q}{p L_{ij}^k}, & \text{当蚂蚁 } k \text{ 在此次运动时经过路径 } (i, j) \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (5)$$

首先,从函数(5)中可以看出在信息素释放量的影响因素中添加了车辆重量因素,其车重超出标准越多、且路程越长时,路段  $(i, j)$  上释放的信息素就越少,选中该路段的概率就越小,反之则概率越大。其次,  $L_{ij}^k$  是通过蜜獾算法中挖掘阶段的心形模型计算两点之间的路程,通过该模型得到的路程更符合实际情况:

$$p = s^k - w \quad (6)$$

$$s^k = w(F + 1) \quad (7)$$

$$F = e^{-\frac{(r_1 - r_2)}{r_{\text{avg}}}} \quad (8)$$

在实际情况中考察得知,农村收购点之间需要翻过山丘或者大山,其路程是弧形的、与蜜獾算法的挖掘阶段的心形模型类似,在蚂蚁搜寻的初始阶段按照蜜獾算法中的挖掘阶段的模型找到一个随机产生的坐标  $(x_g, y_g)$ ,可以通过该模型计算 2 个农村收购点  $(i, j)$  之间的实际距离为  $(i, g, j)$ ,算法如下:

$$x_g = \sin(x_i) + \tau_{ij} \times x_i + F \times r_0 \times \alpha \times d_{ij} \times |\cos(2\pi r_1) \times [1 - \cos(2\pi r_2)]| \quad (9)$$

$$x_{angle} = x_g(180/\pi) \quad (10)$$

$$y_g = \sin(y_i) + \tau_{ij} \times x_i + F \times r_0 \times \alpha \times y_{ij} \times | \cos(2\pi r_1) \times [1 - \cos(2\pi r_2)] | \quad (11)$$

$$y_{angle} = y_g(180/\pi) \quad (12)$$

其中,  $x_g$  为模型在经度上的弧度;  $y_g$  为模型在纬度上的弧度;  $\alpha, r_0, r_1, r_2$  为  $(0, 1)$  的随机数。

在此基础上, 又推得数学模型公式具体如下:

$$x_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2} \quad (13)$$

$$y_{ij} = \sqrt{(y_i - y_j)^2} \quad (14)$$

$$L_{ig} = \sqrt{(x_i - x_g)^2 + (y_i - y_g)^2} \quad (15)$$

$$L_{gj} = \sqrt{(x_g - x_j)^2 + (y_g - y_j)^2} \quad (16)$$

$$L_{ij} = L_{ig} + L_{gj} \quad (17)$$

$$L_{总}^k = \sum_{k=1}^m L_{ij} \quad (18)$$

$$T_{总}^k = \sum_{k=1}^m \frac{L_{ij}^k}{24 V_{ij}^k} + Q_{ij} \quad (19)$$

其中,  $L_{总}^k$  指的是第  $k$  只蚂蚁经过全程路径的总长度;  $T_{总}^k$  指的是第  $k$  只蚂蚁经过全程路径所花费的总时间;  $V_{ij}^k$  指的是蚂蚁在路径  $(i, j)$  上运动的速度,

设置其速度  $V = 50 \text{ km/h}$ ;  $T_{ij}$  指的是在路径  $(i, j)$  上农村  $j$  的时间权重值;  $x_{ij}$  指的是第  $k$  只蚂蚁在路径  $(i, j)$  上经度上的距离;  $y_{ij}$  指的是第  $k$  只蚂蚁在路径  $(i, j)$  上纬度上的距离;  $L_{ij}^k$  指的是第  $k$  只蚂蚁在路径  $(i, g, j)$  三点的距离;  $q$  为常数 1 000;  $p$  指的是蚂蚁的突变体重与蚂蚁标准体重的差;  $s^k$  指的是第  $k$  只蚂蚁通过体重突变后的体重;  $w$  是蚂蚁的标准体重。当路径  $(i, j)$  上的时间权重越大时, 蚂蚁选择此路径的可能性越小。  $\Delta\tau_{ij}(t)$  指的是在本次运动中路径  $(i, j)$  上蚂蚁的信息素增量, 在初始时刻  $\Delta\tau_{ij}(0) = 0$ ;  $\Delta\tau_{ij}^k(t)$  指的是第  $k$  只蚂蚁在此次循环时留在路径  $(i, j)$  上的信息的增量;  $F$  为通过模拟退火算法的概率算法得到的蚂蚁体重的突变概率;  $T_i$  指的是农村  $i$  的时间权重值;  $T_j$  指的是农村  $j$  的时间权重值;  $T_{avg}$  指的是全部农村点时间权重值的平均值。

## 5 模型构建及求解

### 5.1 选取 48 个农村点

在甘肃省内选择 48 个农村种植区的经纬度作为坐标, 通过改进的蚁群算法进行路径规划。选取的农村种植区的坐标见表 1。

表 1 农村坐标表

Tab. 1 Rural coordinates

排序	地点名称	经纬度坐标									
1	平凉.焦庄村	106.68, 35.51	13	张掖.高庙村	100.46, 38.93	25	永靖.永红村	103.34, 35.97	37	清水.南峡村	106.12, 34.73
2	泾川.太平镇	107.38, 35.31	14	天祝.东坪乡	102.84, 37.24	26	临夏.马集村	103.22, 35.62	38	秦安.叶堡村	105.69, 34.89
3	安西.大坪村	95.77, 40.51	15	景泰.兴水村	104.05, 37.14	27	碌曲.阿拉乡	102.50, 34.60	39	武山.下街村	104.88, 34.69
4	金塔.红光村	98.92, 39.97	16	古浪.新民村	102.86, 37.43	28	迭部.花园乡	103.23, 34.08	40	礼县.固城乡	105.15, 34.22
5	敦煌.杨家桥村	94.71, 40.13	17	民勤.苏武乡	103.08, 38.62	29	卓尼.康多乡	103.54, 34.61	41	徽县.未子村	106.11, 33.78
6	酒泉.祁家沟	98.50, 39.71	18	武威.永丰村	102.61, 37.94	30	下河.刘家马村	102.46, 35.21	42	天水.石滩村	105.69, 34.60
7	玉门.东渠村	97.58, 39.81	19	积石山.居集乡	102.85, 35.74	31	玛曲.欧拉乡	102.04, 33.97	43	宁县.太昌镇	107.94, 35.17
8	肃南.上井村	99.57, 38.86	20	岷县.茶埠镇	104.04, 34.41	32	舟曲.曲瓦乡	104.38, 33.81	44	合水.吉岷乡	108.02, 35.81
9	高台.新坝乡	99.84, 39.14	21	东乡.龙泉乡	103.39, 35.68	33	临潭.店子乡	103.35, 34.69	45	环县.七里墩村	107.33, 36.57
10	山丹.东乐乡	101.19, 38.79	22	广河.陈家村	103.54, 35.46	34	甘谷.谢家湾乡	105.35, 34.70	46	镇原.富塘村	107.22, 35.70
11	临泽.川东村	100.17, 39.14	23	康乐.八丹乡	103.68, 35.39	35	西和.十里镇	105.28, 34.02	47	会宁.中川乡	108.43, 35.50
12	民乐.王家村	100.85, 38.43	24	和政.新营乡	103.31, 35.43	36	两当.兴化乡	106.28, 33.90	48	华池.范台村	108.00, 36.44

### 5.2 问题分析

商贸企业在经营过程中以效益为首, 需要开源节流, 而运输过程中消耗的时间和资源是商贸企业支出的重要的一部分, 通过对商贸企业运输车辆的路径规划可以让商贸企业减少开支。商贸企业在采购农产品时, 首先, 为了减少不必要的车程开销, 假设运输车辆从一个农村点出发, 从所有农村点只经过一次。直至到达最后一个农村点的前提下, 规划

出路程最短的最优路径, 类似旅行商问题。本文利用改进的蚁群算法求解运输路线的最优路径。其次, 以收购农产品为例, 计算所需天数。不妨假设从平凉.焦庄村出发, 经过所有农村点, 直到最后一个农村点, 花费的时间包括运输车辆在路上的时间和在农村点等待收购所花费的时间; 根据前面求解出的最佳运输路径, 计算出所需的天数, 并且对运输过程做具体的安排。

### 5.3 求解实例与仿真

改进的蚁群算法给参数设定的值可以应用到农产品运输路径规划中,首先在时间权重  $T = 1$  时对运输路线进行规划,其次时间权重  $T$  的值分别按3种方案对运输路线进行规划。通过实验得到各地点在3种时间权重情况下的运输路径规划结果。

#### 5.3.1 算法对比

首先,绘制出48个农村点的坐标,如图1所示。其次,当时间权重值  $T = 1$  时,求出原始蚁群算法和改进的蚁群算法在200次测试中每一次得到的最优路径长度,如图2所示。最后,通过对表2中的2种算法在最优解、平均解和耗时三方面做对比,可以看出改进的蚁群算法收敛速度更快,跳出局部最优的能力更强,得到的解更优,并绘制出改进的蚁群算法求解得到的最优路径图,并进行2种不同的展示,如图3、图4所示。

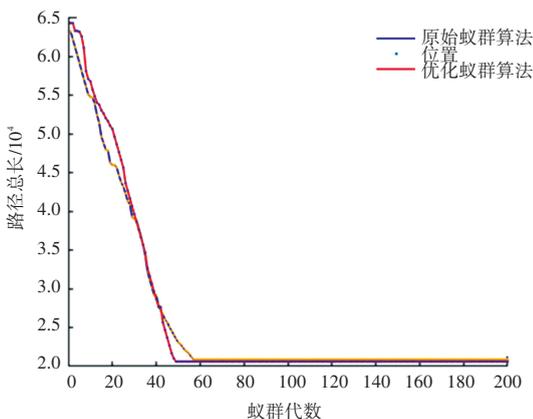


图2 各地时间权重  $T=1$  时的路径曲线图

Fig. 2 Path curve when time weight  $T=1$

表2 算法比较

Tab. 2 Comparison of algorithms

蚁群最优 路径算法	原始蚁群算法			本文的蚁群算法		
	最优解	平均解	耗时/s	最优解	平均解	耗时/s
	21 943	40 667	18.5	20 607	30 342	15.3

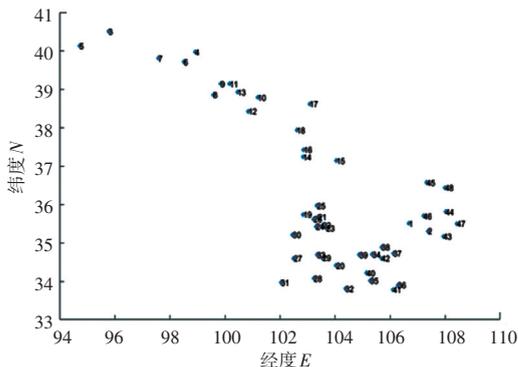


图1 48个地点分布图

Fig. 1 Distribution of 48 sites

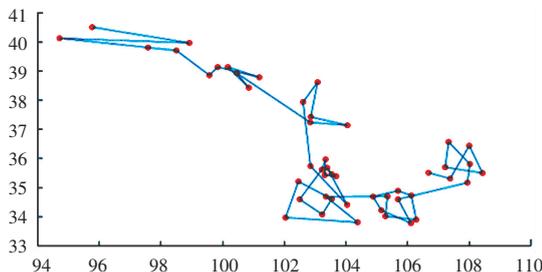


图3 无经纬度的最优路径

Fig. 3 Optimal path without longitude and latitude

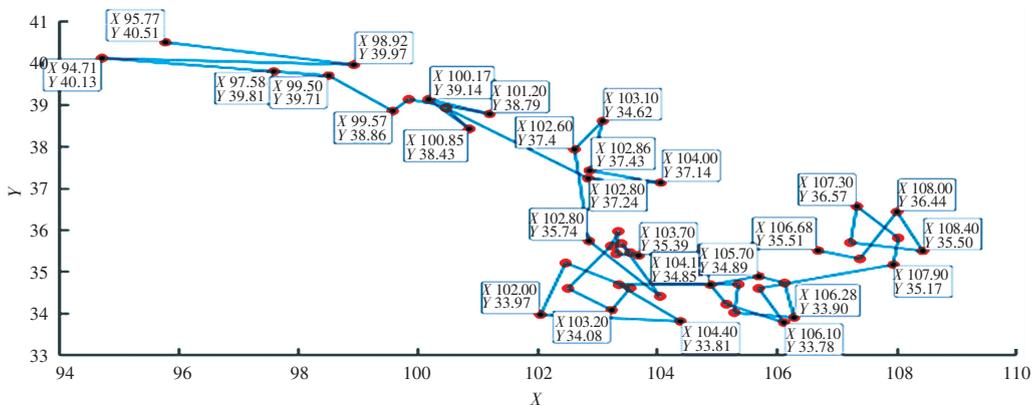


图4 有经纬度的最优路径

Fig. 4 Optimal path with longitude and latitude

#### 5.3.2 设置时间权重表

从往年的收购花费时间的记录中可以预估两地之间从出发到完成农产品收购需要花费的天数,即时间权重,在3种不同的天气给48个农村点设置时

间权重值  $T$ ;  $T=1$  指的是运输车辆到达农村时,可以立即开始收购农产品,值为1.5,表示需要等待0.5天才可以收购农产品,其余值依此类推。

### 5.3.3 求最优路径

在改进的蚁群算法中,根据表 3~表 5 三个方案的时间权重值分别求出对应的最优路线。经过 200 次测试,得到运输车辆的 3 种最优路径,如图 5~图 7 所示。

3 种策略得到的曲线如图 8 所示。根据图 8,可以看出 3 条路线的收敛速度、及最优路径的路径总长。车辆央最优路径上花费的时间的结果曲线如图 9 所示。根据图 9,可以看出每辆车经过全程所花费的时间。

表 3 方案一的各地的时间权重值

Tab. 3 Time weight value of each region in scheme I

坐标序号	时间权重 $T$											
	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	第 11	第 12
01~12	1.5	2.5	1.0	1.5	1.5	3.0	4.0	3.0	4.0	1.5	1.5	1.5
13~24	1.5	3	1.5	1.5	2.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5.0	4.0	2.0
25~36	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	4.0	1.5	1.5
37~48	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	4.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

表 4 方案二的各地的时间权重值

Tab. 4 Time weight values of different regions in scheme II

坐标序号	时间权重 $T$											
	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	第 11	第 12
01~12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
13~24	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25~36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
37~48	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0

表 5 方案三的各地的时间权重值

Tab. 5 Time weight values of different regions in scheme III

坐标序号	时间权重 $T$											
	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	第 11	第 12
01~12	1.0	2.5	1.0	1.5	1.5	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0
13~24	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	4.0	2.0
25~36	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
37~48	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0

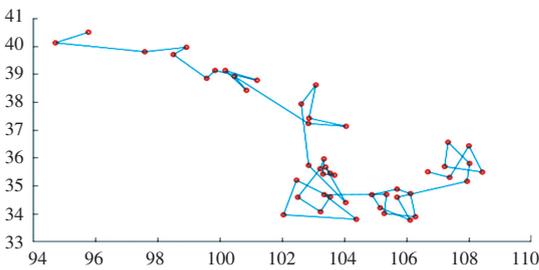


图 5 根据表 2 得到的最优路径

Fig. 5 The optimal path obtained according to Table2

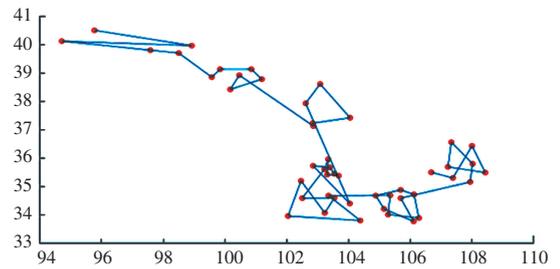


图 7 根据表 4 得到的最优路径

Fig. 7 The optimal path obtained according to Table4

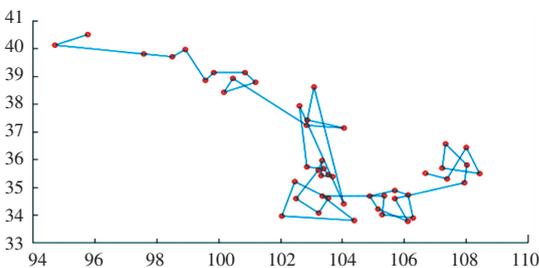


图 6 根据表 3 得到的最优路径

Fig. 6 The optimal path obtained according to Table3

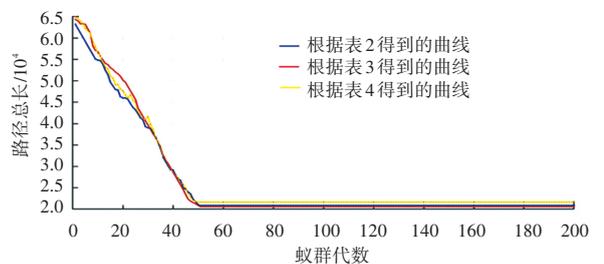


图 8 3 种策略得到的曲线

Fig. 8 Curves obtained by three strategies

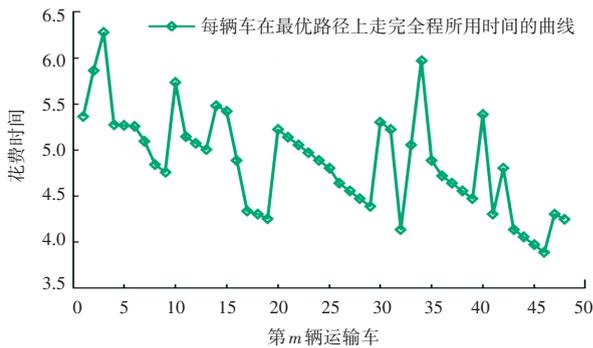


图9 车辆在最优路径上花费时间的曲线

Fig. 9 Curve of time spent by vehicles on the optimal path

### 5.3.4 规划路径的建议

从图5~图8看出,可以通过设置时间权重来规划出路径方案,该方案可以在花费最少的时间、农产品价格最低、成熟度最好时,到达各农村收购和运输农产品,通过这种方法可以消耗最少的资源来得到最大的收益。从图8中可以看出红色曲线的运输规划路径在地理顺序和路程总长两方面是最优的运输路径。经过这48个农村的最佳运输路路径为:2—1—3—4—5—6—7—10—8—9—11—15—13—14—12—16—18—17—21—20—19—22—23—26—25—27—28—30—29—33—36—30—31—32—34—35—39—37—47—42—44—38—45—48—46—43—41—40。花费总时间:3.8889天,实际上就是需4天。

行程安排:要完成这些村镇的农产品的收购工作,总共需要4天。如果企业安排收购任务的时间比较宽裕,可以在符合时间范围内的规划路径中将天气等因素考虑其中,如此就可以更完美地规划运输路径了。

## 6 结束语

本文提出了一种改进的蚁群算法,并将其应用到农村运输路径的优化求解。首先,在基本蚁群算法中引入了模拟退火算法的随机概率作为蚂蚁体重突变的策略的参数和时间权重参数,使算法更快地跳出局部最优;采用蚂蚁体重突变策略增强了种群的多样性,提高了全局搜索能力和算法的收敛速度。其次,根据农村运输的环境建立模型,并建立目标函数。最后,通过Matlab进行仿真实验,结果表明优化蚁群算法能够更快速地找出最优路径以及在运输过程中花费的时间,有效提高了运输路径规划的效率。运输路径规划受环境的影响较大,本文开展的研究未考虑天气、高山等环境因素的影响,在以后的研究工作中将增加其他影响运输路径规划因素进行系统研究。

## 参考文献

[1] 胡银厚. 求解 TSP 算法的研究与改进[D]. 郑州:郑州大学,

- 2012.
- [2] 蒋华伟,郭陶,杨震. 车辆路径问题研究进展[J]. 电子学报, 2022,50(2):480-492.
- [3] 郭石军,罗挺,卿太平. 一种新的最短路径启发式搜索算法的研究[J]. 中国储运, 2011(9):119-121.
- [4] 冯志雨,游晓明,刘升. 分层递进的改进聚类蚁群算法解决 TSP 问题[J]. 计算机科学与探索, 2019,13(8):1280-1294.
- [5] 温晓玲,孙智孝,姜梦岑,等. 基于改进模拟退火算法的软件可靠性模型参数估计方法[J]. 测控技术, 2022,41(8):66-70, 103.
- [6] 杨岱川,文成林. 基于蚁群和改进 PRM 算法的多目标点路径规划[J]. 杭州电子科技大学学报, 2017,37(3):63-67.
- [7] 郎茂祥,胡思继. 车辆路径问题的禁忌搜索算法研究[J]. 管理工程学报, 2004,18(1):81-84.
- [8] 韩斐斐,赵齐辉,杜兆宏,等. 全局优化的改进鸡群算法[J]. 计算机应用研究, 2019,36(8):2317-2319,2327.
- [9] 张剑宗. 基于粒子群算法下的物流配送路径优化机制[J]. 物流工程与管理, 2015,37(11):119-12..
- [10] 毕晓君,王艳娇. 改进人工蜂群算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2012,33(1):117-123.
- [11] 王玉. 基于优化麻雀搜索算法的入侵检测应用研究[D]. 兰州:甘肃政法大学, 2022.
- [12] 蔡延光,李永生,林灼强,等. 带中转点的联盟运输调度的遗传算法研究[J]. 计算机应用研究, 2007,24(11):82-84.
- [13] 姜文波. 蚁群算法局部最优解决机制的探讨[J]. 智能计算机与应用, 2014,4(3):36-40.
- [14] 段海滨,王道波. 蚁群算法的全局收敛性研究及改进[J]. 系统工程与电子技术, 2004(10):1506-1509.
- [15] 孙莹,连民杰. 基于改进蚁群算法的地下矿车辆生产调度路径优化研究[J]. 金属矿山, 2010(2):51-54.
- [16] DORIGO M, MANIEZZO V, COLORNI A. Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 1996, 26: 29-41.
- [17] 彭锦. 进化算法综述[C]//中国运筹学会第六届学术交流会议论文集(上卷). 长沙:中国运筹学会, 2000:61-70.
- [18] 邓慧允,张清泉. 蚁群算法与遗传算法在 TSP 中的对比研究[J]. 山西师范大学学报, 2017,31(3):34-37.
- [19] 杨岱川,文成林. 基于蚁群和改进 PRM 算法的多目标点路径规划[J]. 杭州电子科技大学学报, 2017,37(3):63-67.
- [20] 张宇,姚海霞,唐丹洋. 蚁群算法、遗传算法及微粒群算法在 TSP 中的对比研究[J]. 数码世界, 2019(12):255-256.
- [21] 姜兰兰,王峰. 基于 Metropolis 模拟退火算法的实现[J]. 中国科技信息, 2007(13):266-267.
- [22] KIRKPATRICK D. Optimal search in planar subdivisions [J]. SIAM Journal on Computing, 1983,12(1):28-35.
- [23] 段文英,岳琪. 模拟退火求解组合优化问题的研究[J]. 森林工程, 2004(4):26-27,69.
- [24] 马海峰,刘宇熹. 基于 Monte-Carlo 方法计算定积分的算法研究[J]. 计算机与现代化, 2011(11):15-17.
- [25] 张雨萌,管光华. 基于数值仿真的单目标多变量渠道控制参数寻优算法研究[J]. 灌溉排水学报, 2020,39(12):78-86.
- [26] 王光,金嘉毅. 融合折射原理反向学习的飞蛾扑火算法[J]. 计算机工程与应用, 2019,55(11):46-59.
- [27] 李树嵩. 蚁群算法及应用研究[J]. 科技创新导报, 2017,14(6):2.
- [28] 杨沛. 蚁群社会生物学及多样性[J]. 昆虫知识, 1999(4):243-247.