

# 混合蚁群优化在粮食紧急调运问题中的应用

张秋闻,甄彤,马志

ZHANG Qiu-wen,ZHEN Tong,MA Zhi

河南工业大学 信息科学与工程学院,郑州 450001

College of Information Science and Engineering,Henan University of Technology,Zhengzhou 450001,China

E-mail:zhangqwen@sohu.com

ZHANG Qiu-wen,ZHEN Tong,MA Zhi.Hybrid ant colonies algorithm for grain urgency transportation.Computer Engineering and Applications,2009,45(15):219-222.

**Abstract:** Models and handwork algorithms of the grain urgency transportation have been studied before,but when the problems become complex,it will take lots of time to get the answer if you work them out by hand,and you can't ensure the answer is right.Aiming at this limitation,a hybrid ant colony system of high search efficiency is put forward,the basic principle is summarized and the steps for solving grain urgency transportation problem are described as well.The result shows that hybrid ant colony system is effective for solving grain urgency transportation problem.

**Key words:** grain urgency transportation;ant colony algorithm;dynamic sweep;optimization

**摘要:**粮食紧急调运问题的数学模型和手工算法过去已有研究,但是当问题较为复杂时,手工算法就要花费大量时间而且准确性也难以保证。针对这一缺陷,提出一种搜索效率较高的混合蚁群算法,阐述了混合蚁群算法的基本原理,给出了求解粮食紧急调运问题的具体步骤。计算机实验结果表明,混合蚁群算法在求解粮食紧急调运问题是有效的。

**关键词:**粮食紧急调运;蚁群算法;动态扫描;优化

**DOI:**10.3778/j.issn.1002-8331.2009.15.064 **文章编号:**1002-8331(2009)15-0219-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP182

## 1 引言

建国以来,我国已经多次出现粮食(储备粮)紧急调运的情况,特别是2003年10月~2004年上半年东北粮食紧急调运到江浙地区,凸现了人们必须认真研究全国的粮食紧急调运系统。

整个粮食紧急调运系统的优化主要包括两个方面:一是路径优化,即路径最短;二是流量优化,即单位时间内的粮食通过量最大。路径最短,就是合理选择粮食运输路径,即调出系统和调入系统对接最短。显然,费用省、速度快的调运方式应优先考虑;二者不能兼顾时速度优先,并且满足相关其他具体的约束条件<sup>[1]</sup>。在过去的几十年中,人们结合各种优化算法去解决这一难题,比如图上作业法,表上作业法等<sup>[2-3]</sup>。提出一种混合的蚁群算法,针对以前算法在求解大规模粮食调运问题中存在的不足,利用动态扫描方法在区域选择方面的实用性和蚂蚁算法在局部优化方面的优点,并对蚁群算法的进行改进,提出综合两种方法的混合算法,并考虑粮食调运线路最短以及地理信息的约束条件。算例表明了该算法的有效性和实用性。

## 2 粮食紧急调度的数学模型

粮食紧急调运应遵循的原则:

(1)快速。紧急调运系统的基础是解决事发突然性行为的,只有整个系统的运营是以快速为首要任务和原则,才显示出该系统的“紧急”特性。

(2)准确性。准确性不仅反映在粮食运达地和运出地的准确性还要求粮食运量的准确性品种的准确性和品质的准确性。

(3)流程短。在考虑流程短的时候,必须充分考虑陆路运输方式的实际距离,因为水运往往速度较慢,而空运不仅价格高,而且运量也小。

(4)高效率。既要满足技术效率适度超前又要满足经济效率的要求客观实际。

(5)低成本。也就是技术成本低,经济成本低和社会成本低。

粮食紧急调运系统优化的模式,调入子系统多个库点需要粮食的紧急调运,而调出子系统中的库点就能满足,称为“一对多模式”。本文就选择“一对多模式”进行研究。

**基金项目:**国家“十一五”科技支撑计划重点项目(The 11th Five Years Key Programs for Science and Technology Development of China No. 2008BADA8B03, No.2006BAD08B01);河南省高校新世纪优秀人才支持计划(Henan Program for New Century Excellent Talents in University No.2006HANCET-15)。

**作者简介:**张秋闻(1982-),男,硕士研究生,主要研究方向为粮食物流及计算机应用技术;甄彤(1964-),男,博士,教授,主要从事系统工程研究;马志(1981-),男,硕士研究生,主要研究方向为计算机应用技术。

**收稿日期:**2008-03-26 **修回日期:**2008-06-24

### 2.1 不考虑时间因素的粮食调运优化模型

根据约束条件,可以表示如下:

记  $G=(V,E)$  为赋权图<sup>[4]</sup>;  $E$  为边集,各粮库间的(距离)权值为  $d_{ij}$ .  $V$  为粮库集合  $V=\{i,i=1,\dots,n$ ,且  $i=0$  指出粮库; $M$  为调粮车辆集合,  $M=\{k,k=1,\dots,m$ , (调粮车辆数);  $q_i$  为粮库  $i$  的粮食需求量,  $i \in V$  ( $i=0$  时  $q_0=0$ );  $d_{ij}$  为粮库  $i$  到粮库  $j$  的距离;  $Q_k$  为调粮车辆的载重量,  $Q_k \geq \max\{q_i, i \in V\}$ .

$$\text{令 } \Delta x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{如果调粮车辆 } k \text{ 在访问粮仓 } i \text{ 之后立即访问粮仓 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$\text{令 } y_i^k = \begin{cases} 1, & \text{如果调粮车辆 } k \text{ 在访问粮仓 } i \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

根据以上假设,可建立模型如下:

$$\min F = \left\{ \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ij}^k \right\} \quad (1)$$

$$\sum_i q_i y_i^k \leq Q_k, \forall k \quad (2)$$

$$\sum_i y_i^k = 1, i \in v \quad (3)$$

$$\sum_i x_{ij}^k = y_j^k, j \in v, \forall k, \sum_j x_{ij}^k = y_j^k, i \in v, \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{i,j \in S \times S} \sum_k x_{ij}^k \leq |S| - 1, S \subseteq v, 2 \leq |S| \leq n-1$$

$$x_{ij}^k \in (0,1), y_{ij}^k = (0,1) \quad (5)$$

这里式(1)为目标函数,即粮食调运路径最短;约束式(2)为调粮车辆限制;约束式(3)保证每个调粮车辆对每个定点访问一次;约束式(4)、(5)为能形成回路。 $|S|$ 为图  $G$  的定点个数。

### 2.2 考虑时间因素后的粮食紧急调运模型

在实际粮食紧急调运中必须考虑时间问题,只有粮食必须在规定的时间内到达,才能保证政治、社会稳定、人民生活 and 心态稳定、社会预期稳定、整个国家的生产生活没有因粮食的紧急调运出现大范围的恐慌。

与一般粮食调运问题相比,粮食紧急调运问题需要增加如下变量:  $s_k$  和  $e_k$ , 指到达调入粮库  $i$  的时间和离开时间;  $t_i = e_i - s_i$  表示车辆在调入粮库  $i$  停留时间;  $t_{ij}$  代表车辆从调入粮库  $i$  到调入粮库  $j$  所花费的时间。增加如下约束条件成立:

$$e_i + t_{ij} \leq s_j, i, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

根据粮食紧急调运遵循的原则,粮食紧急调运问题的目标函数与一般粮食调度问题的目标函数不同,需要增加目标函数,一般的粮食调运模型的目标函数只要求粮食调运路径最短,这只考虑到了粮食紧急调运应遵循的原则的第一点,第二点和第三点,而第四点,第五点的高效率和低成本没有考虑进去,可以要求把运粮汽车数量最少、运输距离最小,这两个条件考虑进去则达到了粮食紧急调运遵循的原则。这样增加约束目标函数:

$$\min M = \sum_{k=1}^m \frac{q_i}{Q_k} \quad (7)$$

$$\min N = \left\{ \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ij}^k q_i \right\} \quad (8)$$

这里式(7)、(8)为目标函数,即使用散粮汽车数量最少,运输距离最小。这样就三个目标函数式(1)、(7)、(8),对于粮食紧

急调运问题的多个目标优化顺序为:首先最小化运粮车辆的行驶路径,即尽量减少到达所需的车辆数目;然后在所需运粮车的最少的规模上优化车辆总的行驶路程及等待时间。为解决问题的需要,需将上述的多目标问题转化为单目标问题。由多目标问题转化为单目标问题的方法由多种。对于粮食紧急调运问题选取如下目标函数形式:

$$Z = \min(W_1 * F + W_2 * M + W_3 * N) = \min(W_1 * \sum_{k=1}^m \frac{q_i}{Q_k} + W_2 * \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ij}^k + W_3 * \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ij}^k) \quad (9)$$

其中,  $W_1$ 、 $W_2$  和  $W_3$  是控制因子,不同的值代表对不同目标的关注程度,应用中将根据粮食紧急调运实际情况来确定。

### 3 基于混合蚁群算法的粮食紧急调运

本优化算法是利用动态扫描(Dynamic Sweep,DS)和蚁群算法(Ant Colony Algorithm,ACA)组成的混合算法(DS-ACA)进行粮食紧急调运模型的优化,以便优化结果全局最优。

蚁群算法是一种智能的全局优化算法。大量的观察数据表明,蚂蚁在自己已走过的路径上总能留下一定的信息素,并通过感知当前行进路径上的信息素大小来决定后续路径的行进轨迹。这样通过蚁群整体协作的工作方式,最终总能使其沿着一条从蚁穴到食物源的最短路径行进。但是蚁群算法有自身的缺点是易陷入局部最优解,爬山能力差,而且其求解最优解的速度比较慢。根据这两点缺陷,在进行蚁群算法之前对粮食紧急调运模型分组,即引入动态扫描算法对全局进行分组,动态扫描路径是不是满足粮食调运模型中公式(2)得要求,解决蚁群算法易陷入局部最优解问题。之后在进行蚁群算法计算,并针对爬山能力差和求解速度比较慢,对蚁群算法中的信息素浓度更新规则改进和更新系数  $Q$  及更新策略的改进。从而应用于粮食紧急调运。

#### 3.1 动态扫描算法设计

动态扫描是模仿军事中雷达扫描演化而来的一种搜索方法,它利用一般的扫描原理,按照系统要求动态地选择扫描起点完成对目标扫描。利用这种原理,对粮食紧急调运中需要调粮粮库的需求和位置进行扫描,然后按照调出粮库的资源合理划分配送区域。

动态扫描规则:即以调出粮库到某一点的射线为初始起点,进行逆时针(或者顺时针)扫描,在扫描的过程中,每遇到一个掉入粮库就根据当前车的容量判断是否将该粮库分派给当前的这辆车,如果不违背容量的限制;如果违反,就重新另用一运粮车辆来到达这个粮库,用公式(2)进行判断。如此反复进行,直至所有的调入粮库都被安排到各个运粮车辆上,如图1所示。

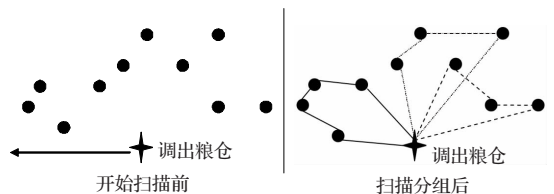


图1 动态扫描实例

(图中圆点代表调入粮库,十字星代表调出粮库;不同线型连接的调入粮库代表不同分组)

上述的算法,可能因为调入粮库的分派不合理,使得该运粮车所属的调入粮库无法得到满足时间约束的任何解,这样就做了大量的无用计算。为了减少这种无用的计算,必须在使用动态扫描算法时对分组结果进行检查,如果发现若干个调入粮库的到达时间无法满足,则该分组要重新来扫描。车辆  $k$  所分派的车辆集合表示为  $V_k$ ,如果调入粮库  $i$  和调入粮库  $j$  满足如下条件:

$$\begin{cases} (EL_i - EL_j) > t_{ij}, i, j \in V_k \\ EL_i > EL_j, i, j \in V_k \\ EL_x > EL_i \text{ 或者 } EL_x < EL_j, i, j \in V_k, \forall x \in V_k \end{cases} \quad (10)$$

将从  $V_k$  中去掉调入粮库  $i$  和调入粮库  $j$ ,直到  $V_k$  中所有的调入粮库都不满足式(10)。 $EL_i$  和  $EL_i$  代表调入粮库设定的允许的最早到达时间和允许的最晚到达时间,被去掉的调入粮库需要继续执行动态算法直到所有调入粮库都被分配到运粮车辆。

### 3.2 改进蚁群算法的设计

蚁群算法是人们受自然界中真实蚁群集体行为启发,由意大利学者 M.Dorigo, V.Maniezzo 和 A.Colormi 提出的一种基于群体的模拟进化算法<sup>[5-6]</sup>。

在粮食紧急调运中,先采用动态扫描算法对调入粮库进行分组,之后用蚁群算法对每个车所分派的调入粮库进行访问排序。这样定义如下参数: $m$ :蚁群中蚂蚁的数量; $\eta_{ij}$ :路径  $(i, j)$  的能见度; $\tau_{ij}$ :  $t$  时刻在路径  $ij$  上的信息量; $\Delta\tau_{ij}^k$ : 蚂蚁  $k$  在本次循环中留在路径  $ij$  上的信息量; $p_{ij}^k(t)$ : 蚂蚁  $k$  在  $t$  时刻由位置  $i$  转移到位置  $j$  的概率; $\alpha$ : 轨迹的相对重要性( $\alpha \geq 0$ ); $\beta$ : 能见度的相对重要性( $\beta \geq 0$ ); $\rho$ : 信息素的持久性( $0 \leq \rho < 1$ ),  $1-\rho$  表示信息素的衰减度。初始时刻,设所有路径上的信息素都相等,  $\tau_{ij}(0) = C$  ( $C$  是一个常数)。蚂蚁  $k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) 在运动过程中,根据各条路径上的信息素的大小以一定的概率  $p_{ij}^k(t)$  决定转移方向,  $p_{ij}^k(t)$  表示为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in allowed_k} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta} & j \in allowed_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$allowed_k = \{0, 1, \dots, n-1\} - tabu_k$  表示  $t$  时刻蚂蚁  $k$  下一步允许选择的点。在蚁群算法中,假设人工蚁群系统有记忆功能,用  $tabu_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) 记录蚂蚁  $k$  已走过的节点。当一个周期结束,进入  $t+1$  时刻,对各路径上的信息素进行调整,即:

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \quad (12)$$

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (13)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} Q/L_k & \text{若蚂蚁 } k \text{ 在本次循环中经过路径 } ij \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (14)$$

其中  $Q$  是常数,表示蚂蚁循环一周所释放的总信息量。 $L_k$  表示第  $k$  只蚂蚁在本次循环中所走路程的长度,它体现了全局范围内的最短路径,能够提高系统搜索的收敛速度。参数  $Q, C, \alpha, \beta, \rho$  可以用实验方法确定其最优组合。

#### 3.2.1 信息素浓度更新规则改进

基于在真实世界中,信息素浓度越高,挥发越快,信息素浓度越低,挥发越慢,这样有效防止了一些路径上信息素浓度无

限制地增长,而一些路径上信息素减小到零,减小陷入局部最优的可能。在这样情况下挥发因子由常数变成以  $\tau_{ij}$  为变量的函数因此,采用如下全局更新规则:

$$\tau_{ij}(t+N_{\max}) = (1-\rho \cdot \tau_{ij}(t)) \cdot \tau_{ij}(t) + (\rho \cdot \tau_{ij}(t)) \cdot \Delta\tau_{ij}(t, t+N_{\max}) \quad (15)$$

$$\Delta\tau_{ij}(t, t+N_{\max}) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t, t+N_{\max}) \quad (16)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k(t, t+N_{\max}) = \frac{Q}{L_{ki}} \quad (17)$$

其中: $N_{\max}$  二为完成一次循环所需的最大时间,设定一个单位时间蚂蚁前进; $L_{ki}$  代表车辆路径  $k$  的总的行驶路程。

#### 3.2.2 更新系数 $Q$ 及更新策略的改进

更新系数  $Q$  会影响算法的收敛速度,  $Q$  过大会使算法收敛于局部最小值,过小又会影响算法的收敛速度。同样在更新策略上,存在多种方式,如果对人工蚂蚁走过的所有路径上的信息素进行更新,则容易导致算法获得结果的振荡,不易收敛,若只是更新人工蚂蚁目前搜索到最优边上的信息素,则进一步加强了蚁群算法的正反馈作用,导致搜索过程迅速陷入局部最优解。随着问题规模地增大,为了加快收敛速度,同时又兼顾增大搜索范围,在蚁群循环时,在不同阶段(循环次数),采用不同的更新系数  $Q$ ,同时,在不同的循环阶段选择更新不同的路径数目。在初始时采用较小的更新系数  $Q$ ,选择蚂蚁走过的所有路径为更新路径,这样使得各条路径上信息素变化较慢,在搜索过程中蚂蚁选择其他路径的概率比较大,扩大搜索范围。在即将结束时,采用较大更新系数,选择本次循环中蚂蚁走过的最短路径作为更新路径,这样仅对最佳路径包含的路段增强信息素能够正确指导蚂蚁的下一个搜索,消除了计算信息素更新时非最佳路径对这些路段信息素的影响,从而避免了大量无效搜索,明显提高搜索效率。

### 3.3 混算法实现过程合蚁群

基于混合蚁群算法实现粮食紧急调运的主要过程先采用动态扫描算法对调入粮库进行分组,之后用蚁群算法对每个车所分派的调入粮库进行访问排序,之后评价再进行扫描,直到满足终止条件。具体实现步骤如下所述。

(1)根据粮食紧急调运中调出粮库以及地理信息因素对运粮路线进行动态线扫描,用极坐标表示每一个调入粮库,车站为原点  $o$ , 任选一个节点  $i$  为  $0^\circ$  位置,每个调入粮库  $j$  坐标为  $(\theta_j, \delta_j)$ ,  $\theta_j$  为角度,  $\delta_j$  为射线长度,对于所有调入粮库按  $\theta_j$  升序排列。

(2)选择未用运粮车辆  $k$ , 在未指派的调出粮库中从角度最小的开始为车辆  $k$  指定到达点,其访问顺序按  $\theta_j$ , 升序排列,直到容量限制不满足为止,即满足公式(2)的限制。

(3)如果所有调出粮库都指定了到达的车辆,则停止扫描;否则,重复步骤(2)直到所有调入粮库都已经安排车辆。

(4)检验可能因为调入粮库的分派不合理,使得该运粮车所属的调入粮库无法得到满足时间约束的任何解,如果发现若干个调入粮库的到达时间无法满足,则该分组要重新来扫描。根据公式(10)判断。可行,进入下一步,无法满足,从新返回到步骤(2)。

(5)用动态扫描分组以后,对各组内利用蚂蚁算法求解最优方法。对每个运粮车粮分得的调入粮库进行如下操作来安



排到达点访问顺序。车辆  $k$  所分派的调入粮库集合为  $V_k$ , 且  $|V_k|=m$ 。设定有  $m$  只蚂蚁, 设  $NC_{\max}$  是定义最大循环次数。

**步骤 1** 初始化: Set  $t=0, NC=0$ , 每条边上的  $\tau_{ij}(0)=C$ , 并且  $\Delta\tau_{ij}=0$ , 随机放置  $m$  个蚂蚁到  $n$  调入粮库上;

**步骤 2** 令  $s=1$  ( $s$  是 tabu list 的下标)

For  $k=1$  to  $m$  do 把第  $k$  个蚂蚁的第一次到的粮库号码放置到  $tabu_k(s)$  中;

**步骤 3** 重复本步骤直到 tabu list 被填满 (这个步骤重复  $n-1$  次)

Set  $s=s+1$

For  $k=1$  to  $m$  do

根据概率式  $p_{ij}^k(t)$  (式(11)) 来选择下一步应该到达的粮库  $j$ 。在时刻  $t$  蚂蚁  $k$  在粮库  $i=tabu_k(s-1)$ , 将第  $k$  个蚂蚁移到粮库  $j$ , 并将  $j$  插入到  $tabu_k(s)$  中;

**步骤 4** For  $k=1$  to  $m$  do

将第  $k$  个蚂蚁从粮库  $tabu_k(n)$  移到粮库  $tabu_k(1)$ , 计算第  $k$  个蚂蚁的总路径长度  $L_k$ , 更新找到的最短路径。

For  $k=1$  to  $m$  do 根据公式(16)、(17), 更新边上的信息素浓度  $\Delta\tau_{ij}$ ;

**步骤 5** 根据公式(15), 对每一条边计算  $\tau_{ij}(t+n)$

Set  $t=t+n$  Set  $NC=NC+1$  Set  $\tau_{ij}=0$

**步骤 6** 如果 ( $NC < NC_{\max}$ ) 并且 (不是所有的蚂蚁选择同一条路径) 那么清空所有的 tabu list, 转到步骤 2; 否则转步骤 7;

**步骤 7** 打印出最短路径, 终止整个程序, 记录该次目标函数数值最小且满足时间约束的解。

(6) 按照各调入粮库的极坐标中角度的大小依次和车场来确定  $n$  条初始扫描线, 重复  $n$  次步骤(1)、(2) 得到  $n$  中调度方案, 比较得到目标函数最小的方案就是问题的解。

## 4 仿真算例与结果分析

将混合蚁群算法用于粮食紧急调运的数学模型, 并结合 Matlab 进行仿真实验, 采用了 Solomon<sup>[7]</sup> 给出的标准数据 R102 作为粮食紧急调运问题的实验数据。其计算量比较大, 任务点比较多, 符合粮食紧急调运的仿真条件。数据格式如表 1 所示, 具体数据可以从文献[7]获得。R102 数据中共有 100 个等待调入粮食的粮库, 每个运量车辆的容量为 200 单位, 每个调入粮库对粮食的需求量均不超过用于服务的车辆的载重量 (即非满载)。问题可以描述为: 假设一个调出粮库为 100 个位于不同地

表 1 粮食紧急调运数据

粮库 $i$	粮库坐标	运输量	运粮时间要求	装卸时间
调出粮库	(35, 35)	0	(0, 230)	0
调入粮库 1	(41, 49)	10	(0, 204)	10
调入粮库 2	(35, 17)	7	(0, 202)	10
调入粮库 3	(55, 45)	13	(0, 197)	10
调入粮库 4	(55, 20)	19	(149, 159)	10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
调入粮库 100	(18, 18)	17	(185, 195)	10

理位置、且对送粮时间有不同要求的粮库提供运输。其中这个调出粮库所有用于运粮车辆都是同质的、且具有相同的载重量, 均为 200 单位, 运粮车辆在所有调入粮库的装卸时间为 10 个单位。

运用本文提供的混合蚁群算法对上述问题进行求解, 以 Matlab 7.0 为工具, 在 P-4 PC 机运算, 出示参数设置为:  $\alpha=1; \beta=1; \rho=0.2; NC=1000$  得最终的粮食紧急调运优化结果为: 使用运粮车安排: 车辆数 17, 总运粮路程 1503.8, 总等待时间是 747.9。出车安排如下:

车辆 1 路径: 0, 63, 11, 19, 49, 7, 52, 0; 车辆 2 路径: 0, 27, 69, 76, 68, 24, 80, 12, 0; 车辆 3 路径: 0, 1, 33, 30, 51, 9, 66, 50, 0; 车辆 4 路径: 0, 92, 37, 98, 91, 16, 86, 85, 93, 59, 0; 车辆 5 路径: 0, 28, 29, 78, 34, 35, 3, 77; 车辆 6 路径: 0, 21, 73, 22, 72, 54, 0; 车辆 7 路径: 0, 48, 47, 82, 18, 0; 车辆 8 路径: 0, 14, 44, 38, 43, 100, 95, 0; 车辆 9 路径: 0, 65, 71, 81, 20, 32, 70, 0; 车辆 10 路径: 0, 87, 57, 2, 0; 车辆 11 路径: 0, 83, 45, 61, 84, 60, 89, 0; 车辆 12 路径: 0, 40, 53, 0; 车辆 13 路径: 0, 42, 15, 41, 75, 56, 74, 58, 0; 车辆 14 路径: 0, 62, 88, 8, 46, 17, 5; 车辆 15 路径: 0, 36, 64, 90, 10, 31, 0; 车辆 16 路径: 0, 96, 99, 6, 94, 97, 13, 0; 车辆 17 路径: 0, 39, 23, 67, 55, 4, 25, 26, 0。

对于 100 个调入粮库, 且有一定的时间要求的大规模粮食紧急调运问题, 如果仅仅根据决策者的经验或直觉是很难在较短时间内做出合理的配送调度方案的。而本文所提出的基于动态扫描算法和蚁群算法能在较为合理的时间内求出较为满意的解。

## 5 结论

在求解粮食紧急调运问题的混合蚁群算法中, 先对以往的调运模型进行改进, 然后用动态扫描算法进行分组, 并用改进的蚁群算法对每组内路径进行优化, 既有效提高了优化搜索速度, 又保证了全局优化性能。算例结果验证了本文方法的粮食紧急调运的有效性和实用性。

## 参考文献:

- [1] 李义伦. 我国储备粮紧急调运系统的经济优化分析[J]. 中国粮食经济, 2005(1): 38-40.
- [2] 王涛. 粮食运输路线的计算机模拟技术研究[J]. 粮油食品科技, 2000(2): 22-23.
- [3] 范艳峰, 余汉印. 利用计算机实现最优粮食调运方案[J]. 平原大学学报, 2000, 7(3): 75-76.
- [4] Colomi A, Dorigo M, Maniezzo V. Distributed optimization by ant colonies[C]//European Conference on Artificial Life, France, Elsevier, 1991. 134-142.
- [5] Dorigo M, Caro G D. Ant algorithms for discrete optimization[J]. Artificial Life, 1999, 5(3): 137-172.
- [6] Marco Dorigo. Ant colonies for the traveling salesman problem[J]. Biosystems, 1997, 43: 73-81.
- [7] Solomon M M. Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints[J]. Operations Research, 1987(35): 254-265.