

基于蚁群算法的多重交通网络运输调度问题研究

■ 广东工业大学 程明君

摘要:在多重交通网络下求解运输调度优化问题具有十分重要的经济意义和社会意义。蚁群算法在许多相当困难的优化问题的求解中体现出极强的寻优能力和较好的性质。本文提出了一种利用蚁群算法来求解多重交通网络环境下运输调度问题的新方法,并用 MATLAB 语言编程进行算法的实现和仿真。结果表明,蚁群算法在求解多重交通网络下的运输调度问题是可行的。

关键词:信息化;蚁群算法;多重交通网络;信息素

一、引言

在现代物流运输系统中,常用的运输方式有铁路、公路、水路、航空、管道等,如何联合使用这几种运输方式,降低货物运输成本是企业所要解决的问题。多重交通网络就是由公路、铁路、水运、空运、管道等运输方式构成的现代化交通运输网络系统。时间问题与成本问题是运输调度问题的两个重要指标。近年来,人们对运输调度问题进行了大量的研究,目前采用的方法多数为禁忌搜索算法、遗传算法等,这些算法存在着搜索能力较弱和“早熟”等问题。

蚁群算法是一种模拟自然界蚂蚁寻径的启发式算法,该算法不依赖于具体的数学描述,具有全局优化能力和本质上的并行性、较强的鲁棒性、求解时间短、易于计算机实现等优点,同时该算法在求解其他组合优化问题(如分配、作业调度等)方面也取得很好的效果。本文基于蚁群算法,提出一种运输调度成本最优模型,并用 MATLAB 语言编程进行算法的实现和仿真,试验仿真结果表明蚁群算法在求解多重交通网络下的运输调度问题方面是可行的和有效的。

二、蚁群算法的基本原理

20 世纪 90 年代初,意大利学者 M.Dorigo 等人通过模拟自然界中蚂蚁群体寻优的行为提出了蚁群优化算法(AntColony Optimization, ACO)。相互协作的一群蚂蚁很容易找到从蚁穴到食物的最短路径,而单个蚂蚁则不能,其原因在于蚂蚁在所经过的路径上留下一一种称为信息素的挥发性分泌物,蚂蚁在觅食过程中能够感知这种物质的存在及其强度,并以此来指导自己的运动方向,倾向于朝着这种物质强度高的方向移动。信息素强度越高的路径,选择它的蚂蚁就越多,则在该路径上留下的信息素的强度就越大,而强度大的信息素又吸引更多的蚂蚁,从而形成一种正反馈。通过这种正反馈,蚂蚁最终可以发现最佳路径,导致大部分的蚂蚁都会走此路径。蚁群算法就是受这种行为启发,以人工蚂蚁模拟真实蚂蚁行为来求解组合优化问题的方法。它是继模拟退火算法、遗传算法、禁忌搜索算法、人工神经网络算法等启发式搜索算法之后的一种新型的、基于群体智能的启发式仿生类进化算法。下面结合运输调度问题介绍其基本原理。

设 τ_{ij} 是边 (ij) 上的信息素轨迹强度, $\Delta\tau_{ij}^k$ 是蚂蚁 k 在边 (ij) 上留下的单位长度轨迹信息素量, P_{ij}^k 是蚂蚁 k 从城市 i 转移到城市 j 的状态转移概率, j 是尚未访问的城市, 则状态转移概率:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{j \in allowed_k} \tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)} & j \in allowed_k \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

式中, $allowed_k = (0, 1, 2, 3, n-1)$, 表示蚂蚁 k 下一步允许选择的的城市。 α 和 β 为两个参数, 分别反映了蚂蚁在运动过程中积累的信息和启发信息在蚂蚁选择路径中的相对重要性。为每只蚂蚁设计一个禁忌表记录在 t 时刻蚂蚁 k 已走过的城市, 不允许该蚂蚁在本次循环中重复经过。本次循环结束后禁忌表被清空。蚂蚁完成一次循环, 对整个路径上的信息素进行更新:

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t, t+1) \quad (2)$$

$$\Delta\tau_{ij}(t, t+1) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t, t+1) \quad (3)$$

式中 $\Delta\tau_{ij}^k(t, t+1)$ 表示第 k 只蚂蚁在 $(t, t+1)$ 时刻留在边 (ij) 上的信息素的量, $\Delta\tau_{ij}(t, t+1)$ 表示本次循环边 (ij) 的信息素增量, ρ 为信息素轨迹的衰减系数。

三、问题描述

假设一个物流企业将一批货物从起始地 O 运送到目的地 D , 中途经过 n 个城市, 任意相邻的两个城市之间都有 m 种运输方式可以选择; 相邻的两个城市之间各种运输方式的运输时间、运输费用和运输能力不同。当从一种运输方式转换到另一种运输方式时, 需要一定的中转时间和中转费用, 在运输过程中运输方式 g 的选择服从正态分布规律, 而且在整个运输过程中的总时间不能超过运输期限 T 。综合考虑各种因素, 确定最优的运输方式组合, 使运输成本最低。

四、模型建立

(一)模型描述

假设在任一个城市的运输方式只能转换 1 次, 并且两个相邻城市之间只能采用 1 种运输方式, 将相关变量作如下定义:

$C_{i,i+1}^m$ 为货物以 m 种运输方式从 i 城市到 $i+1$ 城

市的运输费用; $t_{i,i+1}^m$ 为货物以 m 种运输方式从 i 城市到 $i+1$ 城市所需的运输时间; $x_{i,i+1}^m$ 为货物以 m 种运输方式从 i 城市到 $i+1$ 城市的运输方式参数。当从 i 城市到 $i+1$ 城市的运输方式为 m 时, $x_{i,i+1}^m = 1$, 否则 $x_{i,i+1}^m = 0$; y_i^m 为货物在 i 城市由 m 种运输方式转换到 l 种运输方式的转换参数, 发生转化时, $y_i^m = 1$, 不发生转化时, $y_i^m = 0$; d_i^m 为货物在 i 城市由 m 种运输方式转换到 l 种运输方式的中转费; t_i^m 为货物在 i 城市由 m 种运输方式转换到 l 种运输方式的中转时间; τ 为送达时间限制以外的时间价值系数; Q 为待运货物的总量; T 为送达时间限制; n 为途经城市个数; g 为运输方式的种类数。用 $\tau(\sum_{m=1}^g \sum_{i=1}^n t_{i,i+1}^m + \sum_{i=1}^g \sum_{m=1}^n t_i^m)$ 把运输时间也作为成本考虑。

(二)模型建立

$$\min Z = C_{i,i+1}^m x_{i,i+1}^m + \sum_{l=1}^g \sum_{m=1}^n d_i^m y_i^m + \tau(\sum_{m=1}^g \sum_{i=1}^n t_{i,i+1}^m + \sum_{i=1}^g \sum_{m=1}^n t_i^m) \quad (4)$$

$$\text{s.t. } C_{i,i+1}^m x_{i,i+1}^m \geq Q (i=1, 2, \dots, n-1; m=1, 2, \dots, g) \quad (1)$$

$$\sum_{m=1}^g x_{i,i+1}^m = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad (2)$$

$$\sum_{l=1}^g \sum_{m=1}^n y_i^m = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad (3)$$

$$\tau > 0 \quad (4)$$

$$\sum_{m=1}^g \sum_{i=1}^n t_{i,i+1}^m + \sum_{l=1}^g \sum_{m=1}^n t_i^m \leq T \quad (5)$$

$$x_{i,i+1}^m = 1 \text{ 或 } 0, y_i^m = 1 \text{ 或 } 0 \quad (6)$$

其中将时间也转化为价值成本考虑后, 目标函数转化成以整个运输过程中的运输成本最小为目标, 从而, 运输成本由运输费用、中转费用、时间费用和补偿费用四个部分组成。式①要求运输货物的运量不能超过运输工具的运能; 式②要求在任两个相邻城市之间只能选择一种运输方式; 式③要求在任一城市运输方式只能转换一次; 式④要求满足送达时间限制的时间价值系数是正的; 式⑤要求运输时间不能超出送达时间期限限制; 式⑥要求运输方

式的参数只能选择0或1。

五、算例与算例分析

假设某一物流公司有一批货物要从O城市运输到D城市,中经过A和B两个城市,在运输过程中每相邻两个城市之间都有铁路、公路、航空、海运构成的多重交通网络,运输方式可以任意选择,如图1所示。



图1 货物运输网络图

货物在整个运输过程中不同运输工具的运输费用(元/吨)、运输时间(小时)和运输能力(吨)各不相同,见表1。

表1 不同运输工具的运输费用、运输时间和运输能力表

	汽车 运费/时间/运力	火车 运费/时间/运力	飞机 运费/时间/运力	轮船 运费/时间/运力
O-A	0.5/5.5/700	0.3/10/1000	175/1.5/500	0.25/17/1500
A-B	0.38/4.2/600	0.23/8.5/800	100/1.2/450	0.19/13/1500
B-D	0.57/6.3/800	0.35/9.4/9000	150/1.8/550	0.29/19/1500

各种运输工具之间转换的时候需要一定的中转时间(小时)和中转费用(元/吨),见表2。

表2 各种运输工具之间的中转费用和表中转时间表

	汽车 运费/时间	火车 运费/时间	飞机 运费/时间	轮船 运费/时间
汽车	0/0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0
火车	1.0/2.0	0/0	1.5/5.0	1.5/5.0
飞机	1.0/2.0	1.5/5.0	0/0	1.8/8.0
轮船	1.0/2.0	1.5/5.0	1.8/8.0	0/0

设满足送达时间限制的时间价值系数 τ 为100元/吨,待运货物的总量 Q 为400吨,送达时间限制为24小时。用基本蚁群算法求解步骤如下。

第一步:初始化。时间 $t=0$,循环次数 $N_c=0$,设置最大循环次数为 N_{cmax} , $\Delta\tau_{ij}(0)=0$ 。

第二步:将一定数目的蚂蚁置于起始节点0,对所有蚂蚁根据(5)计算转移概率:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{s \in allowed_k} \tau_{is}^\alpha(t)\eta_{is}^\beta(t)} & j \in allowed_k \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

根据(6)、(7)更新所选择路径上的信息素。

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}(t, t+1) \quad (6)$$

$$\Delta \tau_{ij}(t, t+1) = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k(t, t+1) \quad (7)$$

第三步:重复执行第二步,直到所有蚂蚁都到达终点城市D。

第四步:如果已经达到最大循环次数,循环结束,输出最优结果,否则返回第二步。

通过用MATLAB语言对蚁群算法进行仿真计算得到的最优结果为:从城市O到城市D整个运送过程都选择汽车运输方式会达到成本最低。

六、结论

本文通过在多重交通网络下求解总运输成本最优来建立数学模型,利用蚁群算法的优势对运输过程中的各种相关参数进行定量分析,使得城市之间在多重交通网络的选择上具有一定的规律可循,从而使运输结果达到最优。

参考文献:

- [1] 唐连生,程文明,张则强,等.基于改进蚁群算法的车辆路径仿真研究[J].计算机仿真,2007.
- [2] 张志霞,邵必林.基于改进蚁群算法的运输调度规划[J].公路交通科技,2008.
- [3] 王旭,崔平远,陈阳舟.基于蚁群算法求路径规划问题的新方法及其仿真[J].计算机仿真,2005.
- [4] 邓江沙,姚刚.改进的蚁群算法在求解旅行Agent问题中的应用[J].计算机技术与发展,2006.
- [5] 靳凯文,李春葆,秦前清.基于蚁群算法的最短路径搜索方法研究[J].公路交通科技,2006.

(责任编辑:王彬彬)

基于蚁群算法的多重交通网络运输调度问题研究

作者: [程明君](#)
作者单位: [广东工业大学](#)
刊名: [华南金融电脑](#)
英文刊名: [FINANCIAL COMPUTER OF HUANAN](#)
年, 卷(期): 2009, 17 (6)

参考文献(5条)

1. 靳凯文;李春葆;秦前清 [基于蚁群算法的最短路径搜索方法研究](#)[期刊论文]-[公路交通科技](#) 2006 (3)
2. 邓江沙;姚刚 [改进的蚁群算法在求解旅行Agent问题中的应用](#) 2006
3. 王旭;崔平远;陈阳舟 [基于蚁群算法求路径规划问题的新方法及仿真](#)[期刊论文]-[计算机仿真](#) 2005 (7)
4. 张志霞;邵必林 [基于改进蚁群算法的运输调度规划](#)[期刊论文]-[公路交通科技](#) 2008 (4)
5. 唐连生;程文明;张则强 [基于改进蚁群算法的车辆路径仿真研究](#)[期刊论文]-[计算机仿真](#) 2007 (4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hnjrdn200906040.aspx