

中转联盟运输调度的遗传算法研究

李永生,蔡延光,丁志勇,林灼强

(广东工业大学 自动化学院,广东 广州 510090)

摘要:介绍中转运输调度问题的优越性。在此基础上建立了优化确定运输调度问题中转点的数学模型,并构造了求解该模型的遗传算法,算法中针对城市货物运输的具体特点,采用较新的交叉算子。实例计算表明:文中提出的模型和算法能够有效地解决 AVRP 中转点的确定问题。

关键词:中转点;运输调度;优化;遗传算法

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)06-0194-03

Research of Genetic Algorithm on Allied Vehicle Routing Problems with Transfer Stations

LI Yong-sheng, CAI Yan-guang, DING Zhi-yong, LIN Zhuo-qiang

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The advantages and characteristics of the vehicle routing problem with transfer stations is analyzed. On the basis of which an optimized mathematical model to solve the problem is established and the effective genetic algorithm for the model is constructed. Considering the characteristics of urban freight transportation, the new crossover operator is designed in this algorithm. Numerical calculation results indicate that the proposal model and the algorithm can effectively solve the vehicle routing problem with transfer stations.

Key words: transfer station; allied vehicle routing problem; optimization; genetic algorithm

0 引言

随着社会的不断进步和发展,城市货物运输的需求不断地增长,它在满足社会需求的同时也给城市的交通带来了很多问题,诸如部分运输路段载荷过大、城市交通拥挤严重、交通设施使用不均衡,因此有必要在城市中心区与外部区之间优化选择一定数目的位置,设置具有一定作业能力的货物中转点,以迫使由城市外部区去往中心区的货物运输需求分流为两个以上的运输路径进行运送,从而减轻城市内一些路段的车流载荷,在一定程度上缓解了城市交通拥挤现状。但是,在编制运输计划时不能简单地指定某个中转点为某些固定的需求点服务。因此如何在运输费用最省的前提下为每一次运输合理地选择中转点就成为带中转运输调度问题的一个关键。遗传算法是模拟生物在自然环

境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法。与传统的优化算法相比具有搜索过程灵活、搜索效率高以及隐含并行性等特点,是一类可用于复杂系统优化计算的搜索算法。文中针对带中转点的运输调度问题的特点,构造了优化确定中转点的遗传算法,并通过实例计算分析了该算法的有效性。

1 问题的描述及数学模型的建立

联盟运输调度问题^[1](Allied Vehicle Routing and Scheduling Problem, AVRP & AVSP)是指在满足运输要求的前提下,快速组织多种交通工具,允许车辆中转,设计物流运输工具组合、时间组合、线路组合等最优策略,并为每一次运输设计最优的行车线路和时间表,追求经济效益的最大化和实现过程的最优化。

文中针对允许车辆类型不同、允许中转、允许使用多层次交通网络的 AVRP,在建立选取最优中转点的数学模型的基础上,用改进的遗传算法进行求解。以确定最优的中转点。对讨论的问题进行如下说明^[2]:

(1) 中心区:即城市中集土地混合使用、行政、文化、商业、旅游以及市民居住于一体,具有人口密度高、商业发达、行政化水平高、文化活动频繁以及路网密度

收稿日期:2006-08-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60374062);广东省自然科学基金资助项目(04009488);广东省科技计划项目(2005B10101015)

作者简介:李永生(1980-),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生,研究方向为组合优化、系统优化与控制;蔡延光,博士,教授,主要研究方向为组合优化、智能优化、智能系统。

高、车流流量大等特征的区域。

(2) 外部区:即远离或邻近城市并与城市产生往返货流的地点:如港口、火车站、航空站、工厂、仓库等生产与保管设施。

(3) 中转点:位于城市中心区与外部区之间,具有一定作业能力的基础设施。

对所讨论的运输调度问题说明如下:

①只考虑一个供应点经一定数量中转点为需求点提供配送服务。

②外部区与中转点之间的货物运输车辆为单一卡车类型。

③中转点的数目已知且能够随时提供所需的中转服务。

④中转点内小货车作业能力不受限制,即中转点能够满足卡车货物换装要求。

⑤每个需求点的配送服务仅经过一个中转点。

AVRP的网络模型描述如下^[3,4]:

设 $G = (V, E)$ 是一个边赋权的连通网络, V 是顶点集即需求点的个数(共 n 个), E 为(无向)边集。定义 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_m)$ 为 m 个可供选择的中转点的个数; p 是供应点的最大货物供应能力。研究的问题是为各需求点选取合理的中转服务点,从而分别将 n 个需求点所需求的货物分成不同的组合运达选定的中转点,然后经过合理换装配送到各个需求点。该问题的优化求解的数学模型如下:

$$\text{Min} \sum_{i \in I} c_i x_i y_i + \sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in J} h_{ijk} d_{ijk} z_{ijk} \quad (1)$$

s. t.

$$\sum_{i \in I} x_i \leq p; \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} z_{ij} = 1; \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} z_{ij} \leq M_i; \quad (4)$$

$$x_i \geq 0; \quad (5)$$

$$y_i = 0, 1; i \in I, \quad I = 1, 2, \dots, m; \quad (6)$$

$$z_{ij} = 0, 1; i \in I, \quad I = 1, 2, \dots, n; j \in J, \quad J = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

其中 I 表示备选中转点的集合; J 表示需求点的集合; c_i 表示供应点运达第 i 个中转点的单位运输费用; x_i 表示由供应点运达第 i 个中转点的货物运输量; f_i 表示在第 i 个中转点的中转费用; h_{ijk} 表示第 i 个中转点到第 j 个需求点的单位运输费用; d_{ijk} 表示第 i 个中转点到第 j 个需求点的货物运输量; y_i 表示第 i 个中转点是否被选中,如果被选中其值为1,否则为0; z_{ij} 表示需求点 j 是否由中转点 i 提供中转服务,如果是,其值为1,否则其值为0;式(1)中各部分顺序表示为将货物运

达选定中转点的费用、选定中转点的中转费用、由中转点到达需求点的运输总费用;式(2)表示从供应点运往选中的中转点的货物量不超过供应点的供应能力 P ;式(3)保证每个需求点只能由一个中转点提供服务;式(4)表示由第 i 个中转点提供中转服务的各个需求点的货物需求量不能超过中转点 i 的容量 M_i ;式(5)表示供应点必须向选中的中转点分配货物;式(6)表示第 i 个中转点是否被选中;式(7)表示第 i 个中转点与第 j 个需求点之间是否建立服务关系。

2 问题的遗传算法

从建立的数学模型可知,确定中转点就是一个优化的问题,遗传算法在解决优化问题方面具有一定的优势。根据问题的数学模型构造遗传算法如下。

2.1 染色体的结构

为了提高搜索效率和表达的方便,采用自然数编码^[5]。可供选择中转点的个数为 m ,从 m 个中转点中可重复随机地选取 n 个中转点分配给 n 个需求点作为一个初始解,在求解的运输调度问题中表示为各需求点提供中转服务的中转点组合,并按需求点编号顺序排列,该组合是一种可能的中转点分配方案。染色体中允许有相同的基因位,在求解的运输调度问题中则表示多个需求点的货物可以在一个中转点进行中转作业。例如,城市的外部区和中心区之间有3个中转点可供选择,城市中心区6个需求点并顺序编号,则位串 {2 3 2 3 1 2} 表示第1个需求点在第2个中转点中转换装,第2个需求点在第3个中转点中转换装,第3个需求点在第2个中转点中转换装,依次类推。

2.2 适应度函数

适应度的计算按照个体目标值 $\text{Obj}V$ 由小到大的顺序进行排列,并返回一个包含对应个体适应度值 $\text{Fitn}V$ 的列向量。

2.3 自然选择

这里采用轮盘赌选择法,并在轮盘赌选择法的基础上采用了最佳个体保存选择策略,就是用适应度值最大的染色体代替下一代适应度最低的染色体。这样可以保证最优个体可以生存到下一代,避免了最优个体的中途丢失,并且加速算法向最优解收敛。

2.4 染色体的交叉

带中转点的运输调度问题具有组间无序、组内无序的特性,如果单纯地使用一般的交叉算子往往会使一些优秀的子串被破坏,并且在两父个体相同时,无法再产生新的个体。在此采用一种有效的多点交叉算子,在多点交叉中由 m 个交叉位(特别当 $m = 1$ 时为单点交叉), $k_i \in \{1, 2, \dots, n-1\}$, 这里 k_i 是交叉点, n

是染色体的长度,这 m 个交叉点是通过随机数选择的、没有重复、按升序排列的。父染色体中在两个相连的交叉位间的基因进行交换,产生两个新的子代,个体第一个基因位到第一个交叉点之间的位并不进行交换。

2.5 染色体的变异

在自然变化中,变异是一种随机的过程,是基因上的一个等位基因被另一个替代而产生的新的遗传结构,在遗传算法中,变异采用任意的小概率,典型值在 0.001~0.1 之间。在本问题求解过程中采用 2-交换作为变异算子,即在每代群体中随机选取染色体上的两点,然后将选定的两点的基因码进行交换,从而完成变异。

3 实验计算与结果分析

为了验证文中针对带中转点的联盟运输调度所设计的遗传算法的实际运行效果,以 15 个需求点,8 个中转点为例进行了求解。问题的具体描述如下:某城市中心区内有 15 个需求点需要配送服务,在该城市中心区和外部区之间共有 8 个中转点可以提供足够的中转服务,应用文中设计的遗传算法为本次配送服务选取最优的中转服务点。实例计算所需要的基本数据如表 1、表 2 所示。

表 1 15 个需求点的需求量

需求点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15
需求量	29	58	34	56	78	90	34	56	78	90	34	23	56	78	43

表 2 供货点到中转点的单位运输成本

中转点	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
单位运输费用	12	15	17	16	13	14	16	14

以 Matlab6.5 为平台,在 sheffield 大学开发的遗传算法工具箱的基础上,对该实例进行了仿真求解,各项参数设置如下:

(上接第 193 页)

灰色-马尔可夫模型的预测结果是由区间和相应转移概率组成的预测范围,而不是具体数值。以区间和概率组合的方式提高了预测结果的可靠性。

用文中的思路还可以对其它既具有趋势性又有一定波动性的对象进行模拟和预测。

参考文献:

[1] 刘思峰,邓聚龙. GM(1,1)模型的适用范围[J]. 系统工程理论与实践,2000,20(5):121-124.
[2] 李 群,潘晨光. 高精度灰色模型研究及 2005 年 GDP 总量

个体数量 NIND=40;最大遗传代数 MAXGEN=50;使用代沟为 GGAP=0.9;染色体的长度为 15,交叉概率为 $P_c=0.5$,变异概率为 $P_m=0.1$ 。经优化计算可得如下结果:即最优中转点分配方案,如表 3 所示。

表 3 分配方案表

需求点编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
中转点编号	5	7	7	3	7	4	1	7	4	7	6	3	8	1	4

4 结束语

中转点的优化确定是带中转的联盟运输调度问题(AVRP)的核心问题之一。文中在建立中转点优化确定数学模型的基础上,构造了求解该问题的遗传算法,实验的结果表明该算法简单有效,但由于运输调度问题还可以衍生出很多更为复杂也更贴近实际应用的问题^[6],如多个供应点、多车队、时间窗、多重运输需求、多种运输环节、多重交通网络、多重约束条件、客户需求多样性等,这些都是带中转点联盟运输调度问题必须综合考虑的问题。也是今后进一步研究的方向。

参考文献:

[1] 师 凯,蔡延光,邹谷山,等. 分段蚁群算法在运输调度问题中的应用[J]. 广东工业大学学报,2006,23(1):72-76.
[2] 朱 强,卜 雷. 城市货物换装站非约束选址模型及其遗传算法[J]. 华南理工大学学报,2005,33(7):92-95.
[3] 吴 坚,史忠科. 基于遗传算法的配送中心选址问题[J]. 华南理工大学学报,2004,32(6):71-74.
[4] 蒋忠中,汪定伟. B2C 电子商务中配送中心选址优化的模型与算法[J]. 控制与决策,2005,20(10):1125-1128.
[5] 王小平,曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2005.
[6] 蔡延光,钱积新,孙优贤. 多重运输调度问题的模拟退火算法[J]. 系统工程理论与实践,1998(10):11-15.

预测[J]. 财经问题研究,2005(8):11-13.

[3] 罗 党,刘思峰,党耀国. 灰色模型 GM(1,1)优化[J]. 中国工程科学,2003,5(8):50-53.
[4] 王梓坤. 随机过程论[M]. 北京:科学出版社,1965.
[5] 李裕奇. 随机过程[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
[6] 孟宪宏,宋玉普. 灰色马尔可夫链在混凝土疲劳寿命预测中的应用[J]. 混凝土,2004(2):3-13.
[7] 赵利民,周西利. 马尔可夫链在大白菜年景预报中的运用[J]. 西北农业学报,2003,12(4):139-142.
[8] 陈有孝,林晓言. 灰色-马尔可夫链改进的预测方法[J]. 统计与决策,2005(16):36-38.