

基于遗传算法的物流配送路径优化问题研究

易荣贵, 罗大庸

(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410075)

摘要:遗传算法是一种基于自然进化原理的全局搜索随机算法。遗传算法在选址问题、配送问题、调度问题、运输问题、布局问题方面意义重大。在建立物流配送路径优化问题数学模型的基础上,构造了求解该问题的遗传算法。该遗传算法采用常用的二进制编码,在个体选择上结合使用最优个体保留策略和轮盘赌法。最后以这种方法进行了实验计算,通过计算结果表明,用遗传算法进行物流配送路径优化,可以方便有效地求得问题的最优解或近似最优解。

关键词:物流配送;遗传算法;优化

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)06-0013-03

Study of Optimizing of Physical Distribution Routing Problem Based on Genetic Algorithm

YI Rong-gui, LUO Da-yong

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Genetic algorithm is a kind of random search algorithm for global, which based on nature evolutionary principle. It is useful in dealing with the location problem, the delivery problem, the scheduling problem, the transportation problem and the layout problem, etc. On the basis of establishing the optimizing model on physical distribution routing problem, presents a genetic algorithm for solving this problem. The genetic algorithm uses usual binary encodings as encoding method and uses combination of elite keeping and roulette wheel as selection method. On the end of the paper make some experimental calculations using this algorithm. The experimental calculations results demonstrate that the optimal or nearly optimal solutions to the physical distribution routing problem can be easily obtained by using genetic algorithm.

Key words: physical distribution; genetic algorithm; optimizing

0 引言

物流配送车的调度问题可以这样描述^[1]:一个配送网点,对于物流中心分派下来的一张订单,要用 m ($1 \leq m \leq M$, M 为最大允许的车辆数)辆车把订单上的货物送到指定的送货点,车辆从配送网点出发,分别旅行一条路线,使得每个送货点有且仅有一辆车作一次访问,最后回到配送网点。问题的关键是如何合理安排车辆数目和车辆路线,使得总的旅行路程最短。当前在解决配送车辆调度问题上有很多种算法,如神经元网络、蚁群算法(Ant Colony Optimization)等,但运用最多的是启发式算法,其中又有遗传算法、模拟退火

算法、爬山算法、禁忌搜索算法等。启发式搜索算法是目前关于复杂优化问题求解的一类有效方法,不需要或只需很少关于问题的先验信息。其次,该类算法具有很强的鲁棒性,即能适应不同领域的优化问题求解,并在多数情况下都能得到比较满意的解。

遗传算法(Genetic Algorithms,简称GA)就是J. Holland^[2]于1975年受生物进化论的启发而提出的。遗传算法是一种以自然选择和遗传理论为基础,将生物进化过程中适者生存规则与同一群染色体的随机信息变换机制相结合的一种高度并行、随机和自适应的优化算法,它将问题的求解表示成“染色体”的适者生存过程,通过“染色体”群的一代代不断进化,包括复制、交叉和变异等操作,最终收敛到“最适应环境”的个体,从而求得问题的最优解或满意解。

1 问题的分析

为便于讨论,对问题做几点假设^[3]:

收稿日期:2007-09-10

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(05JJ30121);湖南省科学技术与科技计划(2006GK3130)

作者简介:易荣贵(1981-),男,湖南衡阳人,硕士研究生,研究方向为软件工程、人工智能等;罗大庸,教授,博士生导师,研究方向为综合自动化系统智能控制、信息融合技术及应用等。

- 1) 被配送的是已知的同一种物资;
- 2) 各用户的所在地已知;
- 3) 各用户的需求量已知;
- 4) 从配送网点到各用户之间的运输距离已知;
- 5) 配送网点有足够的资源可以供应配送, 并且拥有足够的配送能力。

另外, 配送计划中的最优发车路线, 必须符合下列约束条件:

- (1) 配送必须满足所有用户的需求;
- (2) 对每一辆发送车的装载量有一定的限制, 不允许超载运行;
- (3) 对发送车每天的总运行时间(或总运行距离)有预定的上限;
- (4) 必须满足用户提出的到货时间要求。

对一个具体的问题, 上述约束条件可能全部存在, 也可能只存在一部分。解决配送问题就是在以上约束条件下应如何派送车辆, 给出车辆数、型号和各车辆的具体行车路线。订单上的货物全部送到即可完成当日的运输任务, 又可以使总运输公里数最小。

物流配送路径的优化可以描述为: 从配送中心用多辆汽车向多个客户送货, 每个客户的位置和需求量一定, 每辆汽车的载量一定, 要求合理安排汽车路线, 使总运距离最短, 并满足以下条件:

- ① 每条配送路径上各个客户的需求量之和不超过汽车载量;
- ② 每条配送路径的长度不超过汽车一次配送的最大行驶距离;
- ③ 每个客户的需求必须满足, 且只能由一辆汽车送货。充分考虑上述问题的约束条件和优化目标。建立优化物流配送路径的数学模型。

设配送中心有 K 辆汽车, 每辆汽车的载量为 $Q_k (k = 1, 2, \dots, K)$, 其一次配送的最大行驶距离为 D_k , 需要向 L 个客户送货, 客户 i 的货物需求量为 q_i , 配送中心到客户 i 的距离为 d_{oi} , 客户 i 和 j 间的运距为 $d_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, L)$ 。又设 n_k 为第 k 辆汽车配送的客户数 ($n_k = 0$ 表示第 k 辆汽车未使用), 用集合 R_k 表示第 k 条路径, 其中的元素 r_{ki} 表示客户 r_{ki} 在路径 k 中的顺序为 i (不含配送中心), 令 $r_{ki} = 0$ 表示配送中心, 则可建立优化物流配送路径的数学模型:

$$\min Z = \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{n_k} d_{r_{k(i-1)} r_{ki}} + d_{r_{k n_k} r_{k0}} \text{sign}(n_k) \right] \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^{n_k} q_{r_{ki}} \leq Q_k \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K d_{r_{k(i-1)} r_{ki}} + d_{r_{k n_k} r_{k0}} \text{sign}(n_k) \leq D_k \quad (3)$$

$$0 \leq n_k \leq L \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K n_k = L \quad (5)$$

$$R_k = \{r_{ki} \mid r_{ki} \in \{1, 2, \dots, L\}, i = 1, 2, \dots, n_k\} \quad (6)$$

$$R_{k_1} \cap R_{k_2} = \emptyset (\forall k_1 \neq k_2) \quad (7)$$

$$\text{sign}(n_k) = \begin{cases} 1 & (n_k \geq 1) \\ 0 & (\text{其它}) \end{cases} \quad (8)$$

2 优化物流配送路径的遗传算法

2.1 遗传算法的基本思想

遗传算法是一种“生成 + 检测”的迭代搜索算法。它以种群中的所有个体为操作对象, 每个个体对应问题的一个解。选择、交叉和变异是其 3 个主要操作。它处理问题的基本过程如图 1 所示。

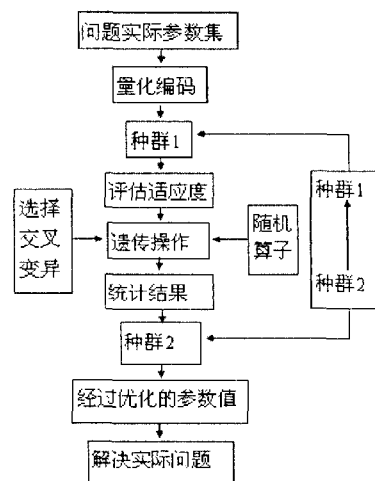


图 1 遗传算法处理过程

该算法包括以下 6 个基本要素^[4]:

(1) 编码: 遗传算法不能直接处理解空间的数据, 必须通过编码将它们表示成基因型串数据。常对参数采用二进制编码, 编码当作一条染色体, 编码前应先量化。

(2) 生成初始种群: 初始种群的个体通过随机方法产生, 且对应研究问题的一个解。

(3) 评估适应度: 遗传算法在搜索过程中用适应度来评估个体的优劣。并把它作为遗传操作的依据。适应度函数常取非负数, 且适应度增大的方向与目标函数的优化方向一致。

(4) 选择: 根据“适者生存”的选择原理。从当前种群中选择生命力强的个体(即适应度高的个体), 产生新的种群。适应度越高的个体, 被选择的机会就越大。但并不意味着适应度高的个体一定会被选择。

(5) 交叉: 将选择出的个体存入配对库(matching pool), 用随机的方法进行配对, 以产生新一代的个体。

(6)变异:在交叉过程中可能丢失一些重要的遗传信息(特定位置的0或1),必须引入适度的变异,即按一定的概率改变染色体基因位。

2.2 优化算法优化物流配送路径遗传算法的构造

针对优化物流配送路径的特点,文中构造了求解该问题的遗传算法。

2.2.1 编码方法的选定

文中采用二进制编码,用0表示配送中心,用1表示某个客户(L 个1表示有 L 个不同的客户)。由于配送中心有 K 辆汽车,则最多存在 K 条配送路径,每条配送路径都始于配送中心,也终于配送中心。这样, L 个1或 $K-1$ 个0随机排列成一条染色体($N+K-1$ 位),对应于一种配送路径方案。

例如,对于一个有6个客户,用3辆汽车完成配送任务,则可用6个1和2个0(第一辆汽车出发的配送中心0缺省,因为汽车总是从配送中心出发)这8个字符随机排列,构成一种物流配送方案。如染色体11011011表示的配送路径方案共有3条配送路径:路径a:(0)-1-1-0,路径b:0-1-1-0,路径c:0-1-1-0。

2.2.2 初始种群的生成

随机产生一个 L 个1和 $K-1$ 个0的序列,形成一条染色体(个体位串), M 条不同的染色体构成初始种群(设种群大小为 M)。

2.2.3 适应度评估

要评判某条染色体所对应的配送路径方案,既要看看其能否满足配送的约束条件,又要计算其目标函数值^[5](即各条配送路径的长度之和,见式(1))。文中所使用的编码方法,能够保证每个客户都得到配送服务(式(5))及每个客户仅由一辆汽车配送(式(7))的约束条件,但不能满足每条路径上各客户需求量之和不超过汽车载量(式(2))及每条配送路线的长度不超过汽车一次配送的最大行驶距离(式(3))的约束条件。所以,对于每条染色体所对应的配送路径方案,要对各条路径逐一进行判断,看其能否满足约束条件;如果不满足,则该条路径为不可行路径,并计算其目标函数值。对于某条染色体,设其对应的配送路径方案的不可行路径数为 M_i ($M_i=0$ 表示该个体对应一个可行解),其目标函数值为 Z ,则该个体的适应度可以用下式表示:

$$F_j = 1/(Z_j + M_j G)$$

式中: G 为权重因子,取一个较大的正数(G 值太小则会影响适应度的比较)。

2.2.4 选择操作

文中结合使用最优个体保留策略和轮盘赌法^[6]。

将每代种群中的 N 条染色体按适应度从大到小排列。适应度最高的染色体,复制直接进入下一代。然后,根据种群的 N 条染色体的适应度。采用轮盘赌法产生下一代种群的另 $N-1$ 条染色体。方法为计算出种群中所有染色体适应度的总和($\sum F_i$);再计算每条染色体的适应度所占的比例($F_i/\sum F_i$),作为其被选中的概率 P_{si} 。

这方法既可保证最优个体生存至下一代,又能保证适应度较大的个体以较大的机会进入下一代。

2.2.5 交叉操作

选择操作产生的新种群,除第一条染色体外,另 $N-1$ 条染色体要根据交叉概率 P_c 进行交叉配对。文中采用了一种改进的两点交叉法,例如:随机在染色体 A 、 B 中选择一个交配区域,假如选定为: $A = 10 \mid 1011 \mid 11$, $B = 10 \mid 111 \mid 011$,交换 A 、 B 的交配区域。且 A 交配区域前面的数与 B 交配区域后面的数交换。 A 交配区域后面的数与交配区域前面的数交换,得: $A' = 011 \mid 111 \mid 10$, $B' = 11 \mid 1011 \mid 10$ 。相对于别的交叉法,这种方法既能产生一定程度的变异效果,又能保持种群内个体的多样性。

2.2.6 变异操作

适度的变异,既能保持种群内个体的多样化,又能提高遗传算法的效率。文中采用一种新的变异方法^[7]。根据变异概率 P_{mi} 一旦染色体的某基因片段需要发生变异,则染色体上的另一片段也要同时发生变异。例如染色体10101101的最后位‘1’发生变异,则相应地有1个位‘0’也会发生变异(具体看哪一个‘0’是随机的)。

3 实验与计算

根据上述遗传算法编出了VC语言程序,且用实验计算了下面的实例。

例如某配送中心用2辆汽车对8个客户配送货物。设汽车的载量为 $8 \times 10^3 \text{kg}$ 。每次配送的最大行驶距离为40km,配送中心与客户、客户与客户之间的距离及各客户的需求量见表1。在实验中采用了以下参数值:种群大小 M 取50,交叉概率 P_c 取0.65,变异概率取0.005,终止代数 T 取100。权重因子取100km。文中用程序随机求解10次,计算结果见表2。

从表中数据可以看出,运行10次得出的结果都优于节约法所求得的结果(79.5km)。且第5次还得到了最优解67.5km,其对应的配送路径方案为:1-1-1-0-1-1-1-1-0(具体配送路径为4-7-6-0-2-8-5-3-1)。

可见,利用遗传算法可以快速有效地求得优化物

(下转第19页)

循环的方式从列表中挑选一个服务节点分配给上传请求节点,从 1 至 N 分配,然后重新开始。实验由 5 台普通的 PC 机组成了服务器集群,其中一台 CUP 为 2.4G、内存为 512M 作为负载均衡分配器,其它 PC 的 CPU 为 2.0G、内存为 256M 的作为接收服务器节点。对上传请求的平均响应延迟进行测试,测试结果及分析如图 3 所示。

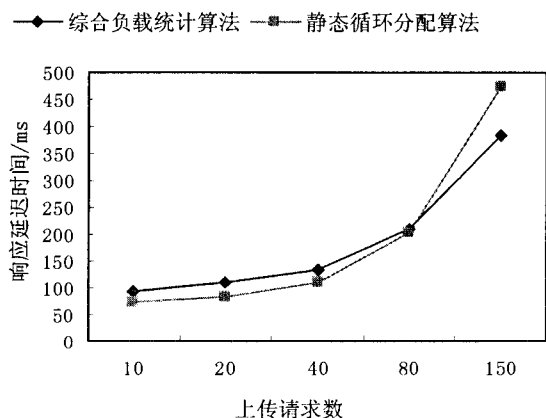


图 3 平均响应延迟对比

从图 3 可以看出,当上传请求数很少时,由于静态分配不需要分配器做复杂运算,响应速度快于综合负

载统计算法。当请求数达到 150 时可以看出综合负载统计算法明显优于静态算法。

参考文献:

- [1] Trinitis C, Walter M, Leberecht M. Balanced High Availability in Layered Distributed Computing Systems[C]//Proceeding of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DESA03). Prague, Czech Republic: IEEE Computer Society, 2003: 713 - 717.
- [2] Hou Z, Huang Y, Zheng S, et al. Design and Implementation of Heartbeat in Multi-machine Environment[C]//Proceedings of the 17th International Conference on Advanced Information Networking and Applications 2003. Xi'an, China: ISTP, 2003: 583 - 586.
- [3] 薛军, 李增智, 王云岚. 负载均衡技术的发展[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(12): 2100 - 2103.
- [4] Zaki M J, Li W, Parthasarathy S. Customized Dynamic Load Balancing for a Network of Workstations[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 1997, 43(2): 156 - 162.
- [5] 田绍亮, 左明, 吴绍伟. 一种改进的基于动态反馈的负载均衡算法[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(3): 572 - 573.
- [6] 裴尔明. 网络环境下海量数据处理若干关键问题研究[D]. 北京: 中国科学院高能物理研究所, 2007: 72 - 75.

(上接第 15 页)

流配送路径的最优解或近似最优解。

表 1 配送中心与客户之间的距离/km 及各客户的需求

i	j								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0.4	6.0	7.5	9.0	20.0	10.0	16.0	8.0
1	4.0	0	6.5	4.0	10.0	5.0	7.5	11.0	10.0
2	6.0	6.5	0	7.5	10.0	10.0	7.5	7.5	7.5
3	7.5	4.0	7.5	0	10.0	5.0	9.0	9.0	15.0
4	9.0	10.0	10.0	10.0	0	10.0	7.5	7.5	10.0
5	20.0	5.0	10.0	5.0	10.0	0	7.0	9.0	7.5
6	10.0	7.5	7.5	9.0	7.5	7.0	0	7.0	10.0
7	16.0	11.0	7.5	9.0	7.5	9.0	7.0	0	10.0
8	8.0	10.0	7.5	15.0	10.0	7.5	10.0	10.0	0
$q_j(t)$		1	2	1	2	1	4	2	2

表 2 物流配送路径优化问题的遗传算法计算结果计算次序

计算次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
配送总距离(Z/km)	72.0	72.0	76.5	70.0	67.5	70.0	73.5	75.0	71.5	69.0

4 结束语

实验表明,先建立优化物流配送路径的数学模型,

然后用遗传算法优化求解,这是一种性能优良的启发式搜索方法。可以快速有效地求得优化物流配送路径的最优解。

文中所使用的编码方法、适应值的求法以及选择、交叉和变异算子,对求解类似的组合优化问题具有参考价值。

参考文献:

- [1] 蔡希贤, 夏士智. 物流合理化的数量方法[M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1985.
- [2] Holland J. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 李敏强译. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 李军, 郭耀煌. 物流配送车辆优化调度理论与方法[M]. 北京: 中国物资出版社, 2001.
- [4] 赵刚. 物流运筹[M]. 成都: 四川人民出版社, 2002.
- [5] 陈国良, 王煦法, 庄镇泉, 等. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [6] 姜大立, 杨西龙, 杜文, 等. 车辆路径问题的遗传算法研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(6): 40 - 44.
- [7] 米凯利维茨 Z. 演化程序——遗传算法和数据编码的结合[M]. 北京: 科学出版社, 2000.