

一类带时间窗口的定位-路径问题的启发式算法

A Heuristic Algorithm for Location-routing Problems with Time Windows

马小伟/MA Xiao-wei

复旦大学管理学院, 上海 200433

School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

[摘要] 考虑了一种车辆和仓库都有能力约束、顾客有 hard 时间窗口限制的多仓库选址和运输优化问题;给出了一个组合的两阶段启发式算法,第一阶段在考虑客户需求点时间窗口的情况下将其分配给合适的仓库备选点,第二阶段再用改进的节约算法对每个仓库及其相应的客户群优化路线;最后通过实例进行了实验计算分析。

[关键词] 定位-路径问题;时间窗口;启发式算法

[中图分类号] O224,F530.55

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0072-04

Abstract: This paper considers a multi-depot location-routing problem with hard time windows for the customers, and capacity restrictions for the vehicles and the depots. And we propose a two-phase heuristic algorithm to solve this complex model. In the first phase, we allocate customer nodes to some appropriate depots, considering the time windows; and in the second phase, we optimize the routing problem for every depot and its related customers by improved C-W algorithm. At last, we give an analysis about this algorithm through an example.

Key Words: location-routing problem; time window; two-phase heuristic algorithm

CLC Numbers: O224, F530.55

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)05-0072-04

收稿日期: 2005-11-26

作者简介: 马小伟,男,上海市武川路 78 弄 29 号 601 复旦大学管理学院运筹学专业,硕士生,主要从事物流和供应链优化研究;

E-mail: 042025043@fudan.edu.cn

些功能要尽可能分布实现,并靠近终端。通过全网设备的相互配合,保证业务的 QoS,具体对各层设备的要求如下:① NGN 各部件设备要求支持优先级标识,终端设备可以支持 802.1p/q;边缘设备 L2 要求支持流分类和优先级重标识功能,以及接入控制和基于优先级的队列调度等,对语音报文的优先级进行绝对的保证;② 汇聚层设备 L3 要求支持 802.1P 到 TOS/DSCP 域的映射、CAR、拥塞控制,最好支持 LLQ(低延迟队列)等;③ 骨干层设备要求支持 DiffServ 模型、DiffServ-aware 的流量工程、LLQ、多个队列以及 MPLS 快速重路由等。

不同 NGN 业务流的 QoS 要求是不同的,针对不同的业务设置不同的 QoS 策略,语音、视频、信令、数据等业务流应分为不同优先级。NGN 初期业务中主要需解决语音的 QoS。语音主要对时延和抖动比较敏感,对带宽和误码率的要求不很高,所以要尽量减少端到端路由器跳数,保证语音质量(时延、抖动)。目前路由器的性能提高很快,基于硬件转发,转发时延约为 1~2 ms。开展多媒体业务后,网络上的流量增大,对网络的 QoS 保证提出了更高的要求,不过由于视频

业务本身对 QoS 的要求不如语音那么高,如包的延迟、抖动、丢包率等各项指标都会比语音流的要求低一些,因此除了在流量带宽上需求更大外,对 NGN 承载网络影响不是很大,现在骨干网络设备都支持多个优先级队列(上 NGN 后,网络主要的流可分为以下 5 类:RTP 流、信令、视频、有优先级要求的数据包和尽力而为的转发包),一般都满足此要求。除了骨干网设备外,对软交换也应有一定的要求,由于多媒体业务所需带宽大,软交换应具备一些简单的控制功能,从而可以控制同时接入的业务数。

3 小结

本文着重讲述了利用软交换体系实现 3G-324M 的无线多媒体终端与 SIP/H.323 节点互通问题,其中详细介绍了多媒体的互通设计、NGN 设备相关设计及带宽需求和保证服务质量的设计。在应用中,同样可以利用 NGN 网络架构,使用软交换技术实现远程无线多媒体终端之间的通信。从未来发展的角度考虑,SIP 协议以其简单、灵活等特点正在得到越来越多开发者的认同,发展 SIP 是大势所趋。通过对 3G-324M

与 H.323 的互通研究不仅可以解决目前移动多媒体网络与软交换网络的互通问题,还可以为将来的 3G-324M 与 SIP 互通研究提供重要参考,这也是 NGN 网络需要解决的一个核心问题。

参考文献 (References)

- [1] ITU-T Recommendation H.324:Terminal for Low Bit Rate Multimedia Communication[S]. ITU-T, 2002.
- [2] ITU-T Recommendation H.223:Multiplexing Protocol for Low Bit Rate Multimedia Communication [S]. ITU-T, 1996.
- [3] 3GPP Technical Specification 3GPP TS26: Modifications to H. 234 [S]. Release 5. 3GPP, 2003.
- [4] 通信标准参考性技术文件 YDC003-2001: 软交换设备总体技术要求[S]. 信息产业部科技司, 2001.
- [5] 赵慧玲,叶华. 以软交换为核心的下一代网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2002.
- [6] Clarie Bazin. Prototype for Service Architecture for Next Generation Network [M]. Alcatel Software Techniques for Network Intelligence, 2001.

(责任编辑 李向荣)

1 引言

定位-路径问题(location-routing problem, LRP)是指在给定顾客位置和仓库可能位置的情况下,确定仓库的数量、位置和车辆的运输路线,使总成本最小。总成本包括仓库建造和使用成本、车辆运输成本等。与车辆路线问题(vehicle routing problem, VRP)不同,LRP是个物流系统规划问题,配送中心(DC)或仓库布局与车辆路径问题结合,能使整个物流系统总成本降低,提高对客户的物流服务水平,两者相比较,LRP更贴近目前的物流系统的实际特征,所以对其研究更有现实的意义。

2 研究背景

关于LRP的研究开始于20世纪70年代,Watson-Gandy和Dohrn(1973)^[1]最先真正将运输车辆多点停留特性与定位-运输网络结合起来开展了研究。20世纪70年代后期至80年代初期,Or与Pierskalla(1979)、Jacobsen与Madsen(1979)、Harrison(1979)、Laporte与Nobert(1981)及Madsen(1983)等学者对LRP作了一些比较深入的研究,但由于LRP问题的难度很大,对该类问题的研究进展缓慢。

从考察问题的特征方面来看,Hokey Min等学者对LRP进行了详细的分类^[2],其分类标准十分详尽,几乎包含了LRP的各个方面。目前,关于LRP的文献资料主要是研究物品单向的、供需确定的、设施无容量约束的、计划周期是静态的,基本上属于最简单的初级模型,很多实际约束还没有加入。在已有的文献中仅有不到16%^[2]的学者研究过设施无容量约束的带时间窗口的LRP,有较多的学者做过随机需求的LRP,Laporte与Dejax(1989)作过关于多动态LRP问题的论述,Golden与Baker(1985)研究了多目标函数的LRP。

与VRP类似,求解LRP的算法分为精确算法和启发式算法两大类。精确算法主要有4类:直接树搜索算法^[3]、线性规划^[3,6]、整数规划^[5-6]和非线性规划^[7]。由于VRP和LA问题都是NP-hard问题,所以LRP问题也是NP-hard的,而且要比前两种更复杂(如Rajesh Srivastava, W. C. Benton (1990)^[8]的算例)。

在很多情况下,精确的优化算法仅仅是作为一种参照的基准,在研究LRP时比较各种启发式算法的优劣。而在解决实际规模问题时,一般要采用启发式算法。目前解决LRP的启发式算法多采用以下4种方法或是它们的组合:①先解决定位-配给(location-allocation first)问题,然后解决运输路线安排(routing second)问题^[9-10];②先解决运输路线安排问题,然后解决定位-配给问题^[11];③节约费用/插入算法^[12-13];④路线扩展/交换算法。另外,还有些学者在LRP的算法方面做了一些新的研究,Srivastava(1993)^[14]提出了解决复杂LRP的3种启发式算法(SAV1、SAV2、CLUST),Dilek Tuzun与Laura I Burke(1999)^[15]提出了解决LRP的两阶段禁忌搜索算法。人工智能算法(TS、GA、SA、NN)在处理LRP问题上有着广阔的前景,有待进一步的研究。

本文在总结前述文献的基础上,构造了仓库和车辆都有容量约束的LRP问题,模型中的每个客户节点都有时间窗口限制;提出了基于①和③两种启发式算法的改进算法,使其能够适合时间窗口约束;给出了具体的算法流程和应用说明;最后讨论了未来LRP算法研究的改进方向。笔者希望通过本文的研究,为LRP提供新的解决方案,推动此类问题的研究进程。

3 模型假设和构造

3.1 模型假设

按照Hokey Min等的分类方法,本文所研究的模型是基于以下特征假设建立的:①物品在各仓库点是单向流出(delivery);②有多个相同容量的仓库点和多辆相同装载量的运输车辆;③单级仓库分层且是静态计划;④带硬时间窗口和基于假设数据的

算法;⑤是单目标函数,要求满足仓库建造和使用成本、车辆运输成本总和最小化。

3.2 混合整数规划模型

设 $G=\{r|r=1,2,\dots,R\}$ 是 R 个候选仓库点的集合; $H=\{i|i=R+1,\dots,R+N\}$ 是 N 个客户点集合; $s=\{G\}\cup\{H\}$; $V=\{V_k|k=1,2,\dots,k\}$ 是所有候选仓库点和客户点的集合; $V=\{V_k|k=1,2,\dots,k\}$ 是从仓库出发的 K 辆可用车辆; C_{ij} 是 i 到 j 节点的行车费用; $T_{ij}=P\{t_{ij}|i,j\in H\}$ 是 i 节点到 j 节点的时间, $i,j\in S$; C_k 是每辆车的使用成本; F_r 在第 r ($r=1,\dots,R$)个候选仓库点建造仓库的固定成本; q_j 客户 j 平均需求量, $j\in H$; Q 表示汽车的装载量; W 表示仓库的容量。 d_{ij} 是从节点 i 到节点 j 的距离; $S_{ik}=\{s_{ik}|i\in H\}$ 是汽车 k 在节点 i 的开始服务时间, T_i^k 是第 k 辆汽车在 i 客户节点的卸货时间, $[a_i, b_i]$ 为 i 客户节点的接受服务时间窗口。

据此,可以建立混合整数规划模型如下:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} \sum_{k \in V} C_{ij} X_{ijk} + \sum_{k \in V} (C_k \sum_{r \in G} \sum_{j \in H} X_{ijk}) + \sum_{r \in G} F_r Z_r \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{k \in K} \sum_{i \in S} X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in H \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in H} \sum_{i \in S} q_j X_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in V \quad (2)$$

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in H} Q X_{ijk} \leq W \quad \forall r \in G \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} X_{ipk} - \sum_{j \in S} X_{pjk} = 0 \quad \forall k \in V, p \in S \quad (4)$$

$$\sum_{r \in G} \sum_{j \in H} X_{rjk} \leq 1 \quad \forall k \in V \quad (5)$$

$$\sum_{k \in V} X_{rmk} + Z_r + Z_m \leq 2 \quad \forall m=1, \dots, R, r \in G \quad (6)$$

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in H} X_{rjk} - Z_r \geq 0 \quad \forall r \in G \quad (7)$$

$$\sum_{j \in H} X_{rjk} - Z_r \leq 0 \quad \forall k \in V, r \in G \quad (8)$$

$$\begin{aligned} R_i - R_j + (R+N) \sum_{k \in V} X_{ijk} &\leq R+N-1 \\ \forall i, j \in H, i \neq j \end{aligned} \quad (9)$$

$$a_i \leq S_{ik} \leq b_i \quad \forall k \in V, i \in H \quad (10)$$

$$S_{ik} = \max\{S_{ik} + T_i^k + t_{ij}, t_{ij}\} \quad \forall k \in V, i, j \in H, r \in G \quad (11)$$

$$X_{ijk} = 0 \text{ or } 1, \forall i, j \in S, k \in V \quad (12)$$

$$Z_r = 0 \text{ or } 1, \forall r \in G \quad (13)$$

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{如果第 } k \text{ 辆车从节点 } i \text{ 到节点 } j, \\ & i \in S, j \in S, k \in K, i \neq j, \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

$$Z_r = \begin{cases} 1 & \text{如果仓库建在候选点 } r \text{ 处}, r \in G \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

在该模型中,式(1)保证了每个顾客仅被1个车辆服务;式(2)确保第 k 条路线的所有客户需求量不超过该线路车辆的最大装载量;式(3)保证从1个仓库出发的车辆总装载量不大于该仓库的容量;式(4)确保每个节点是由同一辆车进入,同一辆车驶出的;式(5)保证每一辆车最多只能从1个仓库出发;式(6)保证2个仓库之间没有连接;式(7)、(8)保证只有当1个仓库开放时,才能有车从该仓库出发;式(9)保证每条路线都是从1个仓库开始并结束于该仓库节点;式(10)、(11)保证每个客户节点都能在其时间窗口内接受服务。

Rajesh Srivastava 和 W C Benton^[8]给出的一个有 3 个潜在的
中心点、8 个分布的客户点、3 条行车路线的物流系统，如果用整
数规划来解决，要涉及的变量就达到 333 个。而实际上，以上的物
流系统是十分小的，在实践中遇到的系统规模往往会远超过它。
因此，上面的这个混合整数规划一般需要引入启发式算法解决。

4 算法设计
4.1 算法原理

上面介绍的几种启发式算法，在使用过程中，一般是几种方
法结合在一起，尤其是节约算法和路线交换主要是用于解决 LRP
的子问题。本文介绍的算法是将第 1 种和第 3 种结合在一起的方式，
可分为两个阶段，即，第一阶段先将客户需求点分配给合适的
仓库备选点；第二阶段再用改进的节约算法对每个仓库及其相应
的客户群进行路线优化。

在第一阶段中，传统的定位-分配方法 (location-allocation
first)是将各点直接分配到最近的仓库，没有考虑过这些点的服务
时间可能很接近。将距离和各节点的时间窗口综合考虑，设计了一
种比较适合带时间窗口的 LRP 的算法。令 $t_i=(a_i+b_i)/2$ ，然后按 t_i
值降排序，再依次将各节点分配到其距离最近的仓库。若该仓库
中无节点，则直接将其分配到该仓库区域；如该仓库已有节点（设
上一个被分配到该仓库的节点 n_i 时间窗口为 $[a_i, b_i]$ ）。目前待分配
的节点 n_j 时间窗口为 $[a_j, b_j]$ ），如果 $(b_i-a_i) \geq \lambda(b_j-a_j)$ ， $0 \leq \lambda \leq 1$ ，其中
 λ 的取值越小则时间窗口约束越容易满足，则将 n_j 加入该仓库，
否则将 n_j 分配到次近的仓库；如果最终没有满足条件的仓库，则
将 n_j 加入最近的仓库。

在第二阶段中，传统的 C-W 节约算法仅考虑了距离的节约
值 $s(i,j)=C_{i0}+C_{j0}-C_{ij}$ ，不考虑距离和时间窗口的约束。在处理容量约
束时，只需一条路线上的各任务货运量之和不大于车辆的容量即
可。当按 C-W 算法连接点 i 和点 j 时，可能会使后面的任务的执
行时间不满足时间窗口的要求。如果车辆到达 j 点的时间比原来
 j 点任务的开始时间提前（或推迟），则车辆在 j 后面的任务处可能
需要等待（延迟）。因此每考察一个点对，还需要检验两点连接后
的、整条路线的时间窗口约束。设 D_j 表示连接 i 和 j 点之后车辆
到达 j 点比原来 j 点任务开始时间的延迟量（或提前量），则 $D_j=S_i+$
 $T_i+t_{ij}-S_j$ 。

4.2 算法步骤

整个算法步骤如下。

1) 分配节点：

确定仓库个数 $N_f=\left\lceil \frac{\sum_{i \in H} q_i}{W} \right\rceil$ 。

步骤 1：在候选仓址中选出一个含 N_f 个仓库的组合；

步骤 2：计算 t_i ，令 $T=\{t_i\}$ ；

步骤 3：在 T 内降排序；

步骤 4：若 $T=\emptyset$ ，则终止，否则考察 T 内第一项 t_i 对应的节点，
转步骤 5；

步骤 5：考察离 t_i 的最近仓库如果 t_i 加入该仓库后仓库的容
量约束仍然满足则转步骤 6；否则转步骤 8；

步骤 6：如果该仓库集无节点转步骤 7，若已有节点加入，则
如果 $(b_i^{last}-a_i) \leq \lambda(b_i-a_i)$ ，转步骤 7，否则转步骤 8；（其中 $[a_i, b_i]$ 为加
入节点的时间窗口， b_i^{last} 为上一个加入节点的最迟服务时间）；

步骤 7：将 n_i 加入该仓库集中，转步骤 10；

步骤 8： $N_f=N_f-1$ ；

步骤 9：如果 $N_f=0$ ，将 n_i 加入离其最近的仓库，转步骤 10；否
则将离 n_i 次近的仓库视为最近仓库，转步骤 5；

步骤 10：令 $T=T/t_i$ ；转步骤 4。

2) 对每个仓库及其客户群进行路线优化。

步骤 1：对每个仓库及其所属节点，计算 $s(i, j)$ ，令 $M=\{S(i, j)|s$
 $(i, j)>0\}$

步骤 2：在 M 内按 $s(i, j)$ 降序排列。

步骤 3：若 $M=\emptyset$ ，则终止，否则对 M 内第 1 项 $s(i, j)$ ，考察对应
的 (i, j) ，若满足下述条件之一，则转步骤 4，否则转步骤 7：① 点 i
和 j 均不在已构成的路线上；② 点 i 或点 j 在已构成的路线上，但
是在路线的末尾或则开始；③ 点 i 或点 j 位于已构成的不同
线路上，且一个是起点，一个是终点。

步骤 4：考察点 i 和点 j 连接后的线路上总装载量是否大于
 Q ，若小于，则转步骤 6，否则转步骤 7。

步骤 5：计算 D_j ，如果 $D_j \leq 0$ ，则转步骤 8；如果 $D_j > 0$ ，则考察 j
节点及其以后的节点汽车开始服务时间 S_k 是否满足时间窗口，
如果满足，则转步骤 6，否则，转步骤 7。

步骤 6：连接点 i 和点 j ，更新各节点汽车开始服务时间 $S_k=$
 $\max\{S_k+D_j, S_k\}$ 。

步骤 7： $M=M/S(i, j)$ ，转步骤 3。

每次算法结束后记录总的成本值，选择另外一个含 N_f 个仓
库的组合，计算成本。最后取总成本最小的那个仓库组合及其对
应路线规划。

4.3 应用举例

为方便起见，我们假设仓库数目和位置已定，主要做客户点
分配和每个仓库集的路线规划算法。

假设有 20 个客户点，编号为 1, ..., 20，各任务的货运量为 q_i
(单位：t)。卸载时间为 T_i (单位：h)以及时间窗口为 $[a_i, b_i]$ (单位：
时刻)，由表 1 给出。这些任务由 2 个容量为 30 t 的车场 D1, D2
发出的容量为 8 t 的车辆完成，车场与各任务点的距离(单位：kg)

表 1 客户节点特征																				
Tbl. 1 Characteristics of customer nodes																				
客户 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
q_i	2	1.5	4.5	3	1.5	4	2.5	3	1	1.5	1.5	2	3	4.5	2.5	3.5	2.5	2	4	1.5
T_i	1	0.8	3	2	0.8	2.5	1.5	2	0.5	0.8	0.8	1	2	3	1.5	2.3	1.5	1	3	0.8
a_i	1	4	1	4	3	2	5	1.5	2	3	1.5	2	6	6	2	1	4.5	3.5	3	2
b_i	4	6	2	7	5	5	8	4	4	4.5	3	4	8	9	4	3	6	7	6	3

表 2 点对之间距离(对称矩阵)																						
Tbl. 2 Distance between nodes(symmetry)																						
	D1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	D2
D1	0																					
1	90	0																				
2	20	70	0																			
3	80	30	60	0																		
4	30	90	25	75	0																	
5	85	65	55	70	75	0																
6	95	25	70	15	85	60	0															
7	45	70	65	75	35	45	65	0														
8	35	80	20	85	40	65	70	65	0													
9	80	35	85	20	75	60	20	90	70	0												
10	40	85	45	85	25	60	80	20	35	75	0											
11	90	20	65	60	65	20	65	20	75	75	60	0										
12	95	65	65	70	55	15	60	25	65	65	45	35	0									
13	20	80	20	80	25	60	75	75	20	80	80	75	75	0								
14	95	20	80	15	85	60	15	75	75	20	80	60	60	80	0							
15	85	20	80	20	85	60	20	65	75	10	80	60	80	80	15	0						
16	25	85	25	85	40	60	75	75	40	85	60	65	30	25	85	895	0					
17	60	80	55	80	40	45	65	15	45	80	20	45	45	45	65	65	45	0				
18	90	20	85	20	95	60	25	75	80	25	80	60	80	80	25	25	80	80	0			
19	60	70	45	80	40	55	65	15	45	80	20	45	45	45	65	75	45	15	80	0		
20	55	80	45	85	40	60	80	20	45	85	20	60	40	40	80	80	20	85	20	80	0	
D2	55	60	90	60	20	95	85	25	95	90	45	80	35	45	95	85	30	80	20	90	80	0

由表 2 给出。

取 $\lambda=2/3$, 假设车辆的行驶时间与距离成正比, 每辆车的平均速度为 50 km/h, 则从点 i 到点 j 的时间 $t_{ij}=d_{ij}/50$, 另外把点对之间的距离看成费用, 则按照算法在 vc6 编译环境运行结果如下。

1) 节点分配结果:

D1: (16, 20, 8, 10, 5, 19, 17, 4, 13);

D2: (3, 1, 11, 9, 12, 15, 6, 2, 18, 7, 14)。

2) 配送路线结果:

D1 共有 5 条: D1-20-10-17-D1, D1-5-19-D1, D1-16-13-D1, D1-8-D1, D1-13-D1;

D2 共有 5 条: D2-9-15-14-D2, D2-11-7-D2, D2-3-2-D2, D2-1-6-18-D2, D2-12-D2。

5 算法分析

5.1 时间窗口的进一步讨论

本文讨论的是硬时间窗口问题, 但实际中硬时间窗口基本不存在。当不满足时间窗口时, 在允许等待和延迟的情况下, 将等待时间和延迟时间加上惩罚因子, 这时可对原费用节约值 $s(i, j)$ 进

行修正, 得到 $s'(i, j)=s(i, j)-\alpha \sum_{k \geq j} D_k-\beta \sum_{k \geq j} E_k$, 其中 α, β 分别为车辆

在 k 节点延时和等待的费用系数。 D_k, E_k 分别为连接 i 和 j 时 k 节点任务的延迟时间和提前等待时间, 但这种惩罚只是简单线性的。实际上模糊时间窗才反映了物流活动中客户对服务快速的、真实的处理方法。当客户的服务被推迟时, 惩罚并不会马上产生, 只有当客户可容忍的时限被超过时, 惩罚才出现, 而且惩罚量与延迟的时间不是线性关系。而服务的提前, 很多时候不会给服务商带来损失。因此, 应建立一套模糊规则来衡量上述惩罚或损失。

5.2 约束增广

算法还可以加入其它的约束条件, 如车辆到达顺序要求, 在到达 i 点之前要求先到达 j 点; 总时间限制, 每条路线总的长度或总耗时不超过一个事先定下的数值。

5.3 算法改进

精确求解算法大多是针对特定的 LRP 而设计出来的, 当问题的条件和客观情况发生变化后, 原有的方法就不适用了。启发式算法是解决 LRP 的有效方法, 但也存在一些问题, 在算法的计算速度和规模以及解的最优化方面还有很多要改进的地方。因此, 以后 LRP 问题的研究应更多集中在人工智能算法的研究上。

目前, 引人注目的有禁忌搜索(TS)、模拟退火法(SA)和遗传算法(GA)。TS 算法的解最接近最优解, 但其运算时间最长, 是 GA 算法的 2~3 倍, SA 算法的近 20 倍; 由于 GA 算法也能很好地逼近最优解, 同时运算时间大大缩短, 所以 GA 算法能兼顾时间和效率, 是具有很好发展前途的算法; 另外, 3 种算法也可以在细节上结合在一起使用, 各取长处。

6 结论

LRP 所讨论的问题和实际物流系统更为接近, 但目前对 LRP 研究还处于初级阶段, LRP 相对于 VRP 有着更大的发展空间, 不仅是 LRP 的变形问题研究, LRP 的算法研究也需要得到重视。由

于 LRP 是十分复杂的问题, 具有动态性、实时性和随机性等特点, 寻求适用于所有 LRP 的算法是不可能的。而是应当根据 LRP 的分类, 针对各类 LRP 的特点, 在已有算法的基础上, 寻求适用于每一类 LRP 问题的普遍算法。

参考文献 (References)

- [1] WATSON-GANDY C, DOHRN P. Depot location with van salesmen—a practical approach[J]. Omega, 1973, 1(3):321-329.
- [2] HOKEY MIN, VAIDYANATHAN JAYARAMAN, RAJESH SRIVASTAVA. Combined location-routing problems: a synthesis and future research direction [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 108 :1-15.
- [3] GILBERT LAPORTE. The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms[J]. European Journal of Operational Research, 1992, 59 :345-358.
- [4] AVERBAKH I, BERMAN O. Routing and location-routing p-delivery man problems on a path [J]. Transportation Science, 1994, 28 (2) :162-166.
- [5] REVELLE C, COHON J, SHOBRY D. Simultaneous siting and routing in the disposal of hazardous wastes[J]. Transportation Science, 1991, 25(2) :138-145.
- [6] LAPORTE G, NOBET Y, ARPIN D. An exact algorithm for solving a capacitated location-routing problem [J]. Annals of Operations Research, 1986, 6 :293-310.
- [7] STOWERS C L, PALEKER U S. Location models with routing considerations for a single obnoxious facility [J]. Transportation Science, 1993, 27(4): 350-362.
- [8] RAJESH SRIVASTAVA, BENTON W C. The location -routing problem: considerations in physical distribution system design [J]. Computers & Operations Research, 1990, 17:427-435.
- [9] HOKEY MIN, VAIDYANATHAN JAYARAMAN, RAJESH SRIVASTAVA. Combined location-routing problems: a synthesis and future research direction [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 108: 1-15.
- [10] BOOKBINDER J H, REECE K E. Vehicle routing considerations in distribution system design [J]. European Journal of Operational Research, 1988, 37: 204-213.
- [11] PERL J, DASKIN M S. A warehouse location-routing problem[J]. Transportation Research, 1985, 19B(5) :381-396.
- [12] CHINE T W. Heuristic procedures for practical-sized uncapacitated location-capacitated routing problems [J]. Decision Sciences, 1993, 24(5): 995-1 021.
- [13] HANSEN P H, HEGEDAH B, HJORTK S, OBEL B. A heuristic solution to the warehouse location-routing problem [J]. European Journal of Operational Research, 1994, 76: 111-127.
- [14] SRIVASTAVA R. Alternate solution procedures for the location-routing problem [J]. Omega International Journal of Management Science, 1993, 21(4): 497-506.
- [15] DILEK TUZUN, LAURA I BURKE. A two-phase tabu search approach to the location routing problem [J]. European Journal of Operation Research, 1999, 116: 87-99.

(责任编辑 胡春华)

·科技动态·

我社和中国科技期刊编辑学会联合举办 2006 中国科协年会科技出版与科技创新专题分会

2006 中国科协年会将于 2006 年 9 月 16-20 日在北京召开。期间, 我社和中国科技期刊编辑学会将联合举办主题为“科技出版与科技创新”的专题分会, 着重对科技出版中的有关创新问题进行学术研讨和交流。为此, 特向全国从事科技类期刊、图书和电子出版物、网络出版物的编辑、出版、管理等人员征集会议论文并望参会。征文截止日期: 2006 年 6 月 30 日; 论文电子文档请发专用信箱: nhlw@cast.org.cn。有关会议详情也请通过此电子信箱与我社联系获取。

(本刊编辑部)