需求未知的配送车辆在线调度优化研究

罗 娇

(西南交通大学 希望学院，成都 610400)

摘要:将现实生活中经常遇到未来需求未知的车辆配送问题抽象为一个局内配送车辆调度的问题。首先利用复位策略分析得到配送车辆的竞争比为 $2k + f_{(x)}$;然后利用在线问题与竞争策略的理论与方法对配送车辆、配送中心点以及需求点三者之间不确定的数量关系分别展开讨论,并计算出不同情况下各自的竞争比;最后以 A 公司的物流配送数据为例,对模型的可行性进行验证,解决了需求未知情况下配送车辆的在线调度问题。

关键词:车辆配送;复位策略;在线策略;竞争比

中图分类号:[U-9] **文献标志码:**A **文章编号:**1671－1807(2023)07－0193－06

随着电子商务的快速发展,2018 年国务院办公厅提出《推进电子商务与快递物流协同发展的意见》,意见中明确提出优化调度、减少车辆空载和在途时间的必要性与重要性。以第三方物流完成需求的配送过程为研究背景,并将它的配送过程假设为 k 辆货车在有 S 个 配送中心的有限网络图上进行配送服务。事先知道所有要求服务的需求序列后再对车辆进行调度的是局外问题;只知道现有需求而对后面可能出现的需求一无所知而对车辆进行调度的是局内问题。如何调动车辆使得服务的总时间最少呢? 前者可以通过运筹学中的动态规划求得最优解,但后者却难以处理。事实上,需求序列对调度方案有至关重要的影响,随着需求出现的不同,最优调度方案也会随之发生变化。

对于局内问题的研究最早可以追溯到 1966 年 Gaham[1] 用竞争分析方法解决并行机器调度问题。Yuan 和 Liu[2] 研究了并行批处理机上等长不相容族作业的在线调度问题。Yang[3] 提出在智能调度中如何应用预测结果使得现有调度方案更加优化。直到 1991 年著名学者堵丁柱先生[4] 提出 k 服务器猜想才向国内学术领域介绍了这一研究方向,也吸引了一批国内学者开始这方向的研究。徐寅峰和王刊良[5]、马卫民等[6]、衣方磊等[7] 对出租车,卡车,军车等的调度问题展开了深入研究。魏明探索了一系列基于不确定信息环境下的贴近公交企业实际生产的公交调度模型和算法[8]。张珺[9] 借鉴生产与配送联合调度理论,深入研究了 B2C 电子商务订单分批拣选与配送联合调度的问题。刘畅[10] 基于共享单车需求量预测,研究了共享单车调度问题。郑斐峰等[11] 探讨了两台平行批处理机的在线调度决策问题。韩雯雯[12] 对易逝品的定制生产与在线调度问题进行了深入研究。王银玲等[13] 研究了带运输机的单机在线调度问题。曾强等[14] 针对多车型、单配送中心车辆调度问题,分析了以综合成本最低和平均客户满意度最大为优化目标的物流配送车辆调度问题。

基于国内外学者已有的相关研究,在考虑到车辆的载重量和路况对于车辆行驶速度的影响后,利用在线问题与竞争策略的相关理论研究需求未知情况下配送车辆应如何调度才能使其完成需求序列所需时间最短。这对于思考在需求未知情况下应如何调度配送车辆才能最大限度地降低运输成本、缩短运输时间,具有一定的理论意义和现实价值。

1 数学模型

图 1 所示图 $G = (V, E)$ 是第三方物流公司的网络运行图,其中 V 为顶点集合,E 为边集合。$u, v, w \in V$,边之间的权满足三角不等式,即 $d(u,v) + d(v,w) \geqslant d(w,u)$,其中 $d(x,y)$ 表示顶点 x, y 间边的权。假设一共有 k 辆车在网络图上为客户提供配送服务,且一次配送即能满足一位客户的需求,有 S 个 配送中心(图 1 中,b_i 为配送中心)可为顾客供货。需求序列 $R = \{r_1, r_2, \cdots, r_m\}$ 由有先后顺序的 m 个需求组成,其中 $r_i = a_i$,其实际含义是有客

收稿日期:2022-11-18

作者简介:罗娇(1996—),女,重庆人,西南交通大学希望学院,助教,硕士,研究方向为交通运输经济。

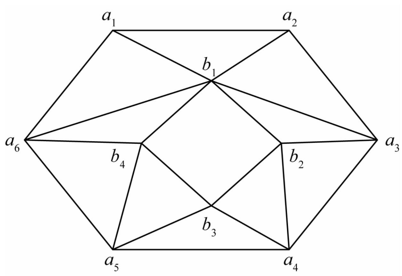

图 1　网络运行图

户在 a_i 处发出配送需求。后文研究均基于以下基本假设：

1)图 G 是连通的。

2)当新的需求出现时，k 辆车均处于闲置状态。

3)车辆在处于 j 路况的 i 路段上空载行驶的速度为 v_{ij}($j=1,2,3,4,5$，分别表示道路处于畅通、基本畅通、轻度拥堵、中度拥堵、严重拥堵)，$\mu_{ij}=v_{ij}/v_{i1}$，$\mu_{ij}\leqslant 1$，$\mu_{i1}=1$ 。

4)车辆载重量为 x 时行驶在畅通路段上的速度为 $v_{i1}f_{(x)}$，其中 $f_{(x)}$ 表示车辆的载重量为 x 时的行驶速度与空载时的行驶速度之比。

利用在线问题与竞争策略的理论与方法分析配送问题时，第三方物流公司需要设计一个在线策略 A 来应对未来需求未知的情形。需求 r_i 只有在发出后才能知道。现用 $T_{\text{opt}}(R)$ 表示已知需求序列 R 后完成需求序列 R 所需的离线最短时间；$T_A(R)$ 表示利用在线策略 A 完成需求序列 R 所需的总时间。对于在线策略 A，如果存在与需求序列 R 无关的常数 α 和 β 满足

$$T_A(R)\leqslant \alpha T_{\text{opt}}(R)+\beta \tag{1}$$

且式(1)对任何的服务需求序列 R 都成立，那么则称在线策略 A 的竞争比为 α。竞争比的现实意义可理解为当未来需求未知时，在最坏情形下按照在线匹配策略 A 完成需求序列 R 所需的时间与离线情况下按照离线最优匹配策略完成需求序列 R 所需时间的比值，同时竞争比的大小可以衡量在线策略 A 执行效果的好坏。竞争比越大，即竞争比与 1 的偏离程度越大，说明策略 A 设计得越差，越远离对应离线问题的最优解，策略的执行效果越差；竞争比越小，即竞争比与 1 的偏离程度越小，说明策略 A 设计得越好，越接近对应离线问题的最优解，策略的执行效果越好。

对于需求序列 $R=(r_1,r_2,\cdots,r_m)$ 中任一需求 $r_i=a_i$，都对应有到达需求点 a_i 处所花时间最短的配送中心 b_i，令 $d(a_i,b_i)$ 为 $a_i\sim b_i$ 的距离，那么以下不等式成立：

$$\sum_{i=1}^{m}\frac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}v_{i1}}\leqslant T_{\text{opt}}(R) \tag{2}$$

证明：因为每完成一个需求，车辆行驶的距离至少应为 $d(a_i,b_i)$，即完成一个需求车辆的行驶时间至少为 $\dfrac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}v_{i1}}$，所以式(2)成立。

对于需求 $r_i=a_i$，车辆从配送中心运货配送到需求点 a_i 的过程为重载，从需求点回到配送中心的过程称为空载。若对所提出的需求序列 R 无限制，那么它所对应的局内配送货车调度问题为 P；若 $r_i=a_i$，a_i 均是需求点，那么它所对应的配送车辆在线调度问题为 P_1；若 $r_i=a_i$，a_i 均是配送中心点，那么它所对应的配送车辆在线调度问题为 P_2。

2　利用在线策略分析竞争比

2.1　P_2 问题

在 P2 问题中，因为发出需求的均是配送中心，故此时的需求又称为退化需求，所以 P_2 问题又称为局内 k 服务器问题，而局内 k 服务器问题早在 1990 年由 Manasse 首次提出并已得到相应结论，具体过程参见文献[5]。

定理 1：局内 k 服务器问题存在竞争比为 $(2k-1)$ 的竞争算法。

2.2　P_1 问题

2.2.1　复位策略

对于需求 $r_i=a_i$，需要调配送中心 b_i 的一辆车载货行驶到 a_i 完成需求 r_i 后，在下一个需求 r_{i+1} 到来之前，将在 a_i 的车辆移回 b_i，然后再对 r_{i+1} 进行服务，即让系统处于一个稳定的状态[10]。

令 $R=(r_1,r_2,\cdots,r_m)$ 为任一已知需求序列，$P=(b_1,b_2,\cdots,b_m)$；$T_{\text{opt}}(R)$ 表示已知需求序列 R 后完成需求序列 R 所需的离线最短时间，$T_{\text{opt}}(P)$ 表示已知需求序列 P 后完成需求序列 P 所需的离线最短时间。有如下不等式成立：

$$T_{\text{opt}}(P)\leqslant T_{\text{opt}}(R) \tag{3}$$

证明：因为完成需求序列 R 的同时也完成了需求序列 P，所以上述结论成立。

对于需求序列 R 和需求 P 来说，令在线策略 online 为：对于服务要求 $r_i=a_i$，首先利用在线策略 online 来满足服务要求 b_i(即调动一辆车到达 b_i)，再利用复位策略完成 r_i，则按照在线策略 online完成配送的总时间为

$$T_{\text{online}}(R)=\sum_{i=1}^{m}r_i(a_i)=$$

$$\sum_{i=1}^{m}\left[P_i(b_i)+\frac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ba)v_{i1}}+\frac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ab)v_{i1}}\right]\leqslant$$
$$CT_{\mathrm{opt}}(P)+\sum_{i=1}^{m}\left[\frac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ba)v_{i1}}+\frac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ba)v_{i1}}\right]+\beta \tag{4}$$

式中:$\mu_{ij}(ba)$ 中的 ba 表示车辆从配送中心 b_i 行驶到需求点 a_i。根据式(2)和式(3)可得

$$T_{\mathrm{online}}(R)\leqslant CT_{\mathrm{opt}}(P)+f_{(x)}T_{\mathrm{opt}}(R)+$$
$$T_{\mathrm{opt}}(R)+\beta\leqslant(C+f_{(x)}+1)T_{\mathrm{opt}}(P)+\beta F \tag{5}$$

式中:C、β 为与需求序列及算法无关的常数。

定理 2:复位策略的竞争比为 $2k+f_{(x)}$。

2.2.2 限定情况分析

问题 P_1 的限定情况主要是指配送车辆、配送中心点和需求点三者之间不确定的数量关系,而这种数量关系共有 3 种。

2.2.2.1 $|V|=n,k\geqslant s$

由于此时 $k\geqslant s$,故可以保证让每一个配送中心都至少配备一辆车。若最初这 k 辆车并不是分布在各个配送中心处,也可通过不超过 S 次的移动后让每一个配送中心都至少配备一辆车,这个移动过程所花的时间对竞争比的计算没有影响。

对于需求序列 R 给出在线策略 online,首先找到一个到达需求点 a_i 所花时间最少的配送中心 b_i,由 b_i 处的车辆载货行驶到 a_i 处来完成需求 r_i,而车辆需要在下一个需求 r_{i+1} 到来前返回 b_i 处。此时既完成了需求 r_i 也保证了每个配送中心还是至少有一辆车,而完成上述过程所花的时间为 $\dfrac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ba)v_{i1}}+\dfrac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_{i1}}$。

定理 3:在线策略 online 的竞争比为($f_{(x)}+1$)。

证明:由式(2)可知

$$T_{\mathrm{online}}(R)=\sum_{i=1}^{m}\left[\frac{d(c_i,a_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ba)v_{i1}}+\frac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_{i1}}\right]+$$
$$\beta\leqslant(f_{(x)}+1)T_{\mathrm{opt}}(R)+\beta \tag{6}$$

2.2.2.2 $|V|=n,k\geqslant n-s$

因为 $k\geqslant n-s$,故可通过不超过 $n-s$ 次的移动后让每一个需求点都至少配备一辆车,这个移动过程所花的时间对竞争比的计算没有影响。

对于需求序列 R 给出在线策略 online,首先找到到达需求点 a_i 所花时间最少的配送中心 b_i,但由于此时 b_i 处没有车辆可以完成配送,故需要先让 a_i 处的车空载行驶到 b_i 处,再由 b_i 处的车载货行驶到 a_i 处。此时既完成了需求 r_i 也保证了每个需求点还是至少有一辆车,而完成上述过程所花的时间为 $\dfrac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_{i1}}+\dfrac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ba)v_{i1}}$。

定理 4:在线策略 online 的竞争比为($f_{(x)}+1$)。证明方法类似于定理 4 的证明。

2.2.2.3 $|V|=n,k<n-s$ 且 $k<s$

当 $k<n-s$ 且 $k<s$ 时既不能保证每个需求点均配备车辆也不能保证每个配送中心均配备车辆,为了方便配送过程尽早地实现便只能尽可能多地让配送中心配备车辆,在经过不超过 k 次的移动后可以让每个配送中心最多配备一辆车,这个移动过程所花的时间对竞争比的计算没有影响。

对于网络图 $G=(V,E)$ 可以令 $d_{\max}=\max d(V_i,V_j)$,$d_{\min}=\min d(V_i,V_j)$,$i\neq j$,V_i,$V_j\in V$,则令

$$\lambda=\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \tag{7}$$

对于需求 $r_i=a_i$,首先找到到达需求点 a_i 所需时间最少的配送中心 b_i,但配送中心 b_i 处却不一定有车,故将这个问题分为配送中心 b_i 处有无车辆两种情况分别进行讨论。

1) b_i 处有车。对于需求序列 R 给出在线策略 online,首先找到到达需求点 a_i 所花时间最短的配送中心 b_i,先由 b_i 处的车辆载货行驶到 a_i 处,然后车辆在下一个需求 r_{i+1} 到来前返回到 b_i。此时既完成了需求 r_i 也保证了每个配送中心最多配备一辆车,而完成上述过程所花的时间为 $\dfrac{d(a_i,b_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ba)v_{i1}}+\dfrac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_{i1}}$。

定理 5:在线策略 online 的竞争比为($f_{(x)}+1$)。证明方法类似于定理 4 的证明。

2) b_i 处无车。对于需求序列 R 给出在线策略 online,首先找到到达需求点 a_i 所花时间最短的配送中心 b_i,但此时配送中心 b_i 处没有货车,故需要找到到达 a_i 所花时间最短的有车辆的配送中心(设为 c_i),先由 c_i 处的车辆载货行驶到 a_i 处,然后车辆需要在下一个需求 r_{i+1} 出现前回到 b_i。此时既完成了需求 r_i 也保证了每个配送中心最多有一辆车,而完成上述过程所花的时间为 $\dfrac{d(c_i,a_i)}{f_{(x)}\mu_{ij}(ca)v_{i1}}+\dfrac{d(a_i,b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_{i1}}$。

定理 6:在线策略 online 的竞争比为 $\dfrac{\sum_{i=1}^{m}\mu_{ij}}{\mu_{i5}}(\lambda+f_{(x)})$。

证明:由式(2)和式(4)可知

$$T_{\text{online}}(R) \leqslant \sum_{i=1}^{m} \frac{d_{\max}}{f_{(x)}\mu_{ij}(ca)v_1} + \sum_{i=1}^{m} \frac{d(a_i, b_i)}{\mu_{ij}(ab)v_1} +$$

$$\beta \leqslant \frac{\sum_{i=1}^{m}\mu_{ij}}{\mu_{i5}}(\lambda + f_{(x)})T_{\text{opt}}(R) + \beta \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \tag{8}$$

式中：$\sum_{i=1}^{m}\mu_{ij} \leqslant m, j = 1,2,3,4,5$。

根据上述分析可知 P_1 问题中配送车辆、配送中心点和需求点三者之间数量关系不确定的情况下在线竞争策略的竞争比，见表 1。

3 案例分析

以 A 公司 2021 年 7 月份的物流配送数据为例，根据这些数据可以得到各个配送中心点与需求点之间的距离、载货行驶速度（此处的速度是需求点到配送中心之间的距离与公司在接到订单后处理订单、备货、配送以及卸货的总时间的比值），具体数据见表 2。A 公司的网络图如图 2 所示。

表 1 限定情况的竞争比

情形	$\lvert V \rvert = n, k \geqslant s$	$\lvert V \rvert = n, k \geqslant n - s$	$\lvert V \rvert = n, k < n - s$ 且 $k < s$	
			b_i 处有车	b_i 处无车
竞争比	$f_{(x)} + 1$	$f_{(x)} + 1$	$f_{(x)} + 1$	$\frac{\sum_{i=1}^{m}\mu_{ij}}{\mu_{i5}}(\lambda + f_{(x)})$

表 2 配送中心到需求点的距离和速度

需求点	重庆		江苏		北京		哈尔滨	
	距离/km	速度/(km•h^{-1})	距离/km	速度/(km•h^{-1})	距离/km	速度/(km•h^{-1})	距离/km	速度/(km•h^{-1})
贵州	556.7	24.2	2 749.4	38.2	3 884	38.6	—	—
广西	1 135.1	22.1	—	—	—	—	3 614	23.2
广东	1 735.2	28.2	1 371.8	20.3	—	—	3 875.5	25
湖南	1 062.9	30.7	1 544.4	34.9	1 793.8	25.3	3 144.7	22.2
福建	1 890.1	24.9	1 240	14.93	2 437.8	25.3	3 553.6	38.7
江西	1 533.9	19.5	846.7	28.5	1 876.3	22.8	2 877.8	34.2
湖北	834.1	26.9	843.8	21.6	1 448.5	26.2	2 679.8	29.8
浙江	1 805.9	21.2	447.2	21.2	1 640.4	24.6	2 802	25.2
安徽	1 376.1	22.9	498.7	26.4	1 191.2	28.1	—	—
河南	1 274.7	22.4	835.8	28.1	973.9	28.4	2 259.6	20.5
河北	1 887.9	23.9	1 176.6	19.2	296.6	14.6	1 611	15.1
辽宁	2 677.3	26.5	—	—	786.8	18.6	—	—
吉林	3 025.8	31.2	—	—	1 245.1	23.5	—	—

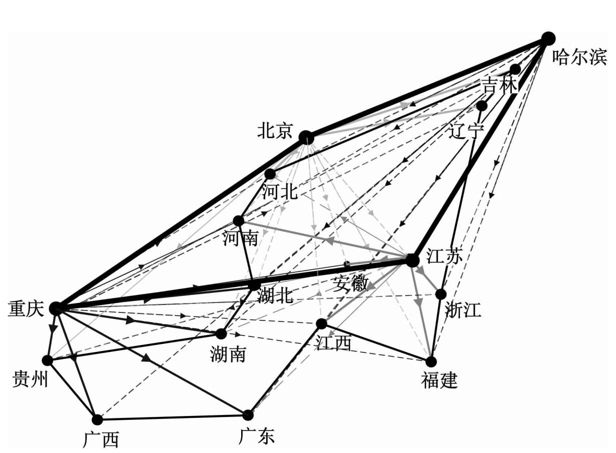

图 2 A 公司网络图

重庆、江苏、北京、哈尔滨等地为配送中心所在城市；安徽、广西、广东、河南、河北、湖南、湖北、辽宁、吉林、福建、浙江、贵州、江西等地为需求点所在省区，现共有 k 辆车在该网络图上完成配送服务。讨论车辆数量变化时针对不同需求点下达订单后的配送方案分别应该是什么，以及其竞争比是多少（车辆空载行驶速度为 v=50 km/h）。

对于需求 r_i（i=1,2,…,13），分别表示发出需求的需求点在安徽、广西、广东、河南、河北、湖南、湖北、辽宁、吉林、福建、浙江、贵州、江西），由表 2 可以计算出车辆从各个配送中心到需求点的时间见表 3。

3.1 $\lvert V \rvert = 17, k \geqslant 4$

此时车辆数大于配送中心个数，所以能保证在有需求发生时每个配送至中心至少有一辆车可用于配送工作。对于需求 r_i 给出调度方案 C1，先由表 3 中的数据通过计算可以得到完成 r_i 所需的最短时间以及其所分别对应的配送中心，再按照式(8)计算出竞争比，见表 4。

表 3　不同配送中心完成 r_i 所需的时间

需求点	时间/h			
	重庆	江苏	北京	哈尔滨
贵州	23.00	71.97	100.62	—
广西	51.36	—	—	155.77
广东	61.53	67.57	—	155.02
湖南	34.62	44.25	70.90	141.65
福建	75.91	83.05	96.35	91.82
江西	78.66	29.71	82.29	84.14
湖北	31.05	39.06	55.28	89.92
浙江	85.18	21.09	66.68	111.19
安徽	60.09	18.89	42.39	—
河南	56.91	29.74	34.29	110.22
河北	78.99	61.28	20.31	106.69
辽宁	101.03	—	42.30	—
吉林	96.98	—	52.98	—

表 4　调度方案 C1 所对应的竞争比

需求点	竞争比	需求点	竞争比
贵州	1.484	浙江	1.424
广西	1.442	安徽	1.528
广东	1.564	河南	1.562
湖南	1.614	河北	1.292
福建	1.498	辽宁	1.372
江西	1.570	吉林	1.469
湖北	1.538		

3.2　$|\boldsymbol{V}| = 17, \boldsymbol{k} \geqslant 13$

此时车辆数大于需求城市个数,所以能保证在有需求发生时每个需求城市至少还有一辆车可用于配送工作。对于需求 r_i 给出调度方案 C2,同样可以先由表 3 中的数据计算出完成 r_i 所需的最短时间以及其所分别对应的配送中心,然后在利用式(8)可计算出完成需求 r_i 所对应的竞争比,结果同表 4。

3.3　$|\boldsymbol{V}| = 17, \boldsymbol{k} < 4$

这种情况下,有需求出现时每个配送城市最多有一辆车,由前文可知对于需求 $r_i = a_i$,可将这个问题分为配送中心 b_i 处有无车辆两种情况。

1) b_i 处有车。当配送中心 b_i 处有车时,对于需求 r_i,其调度方案以及竞争比同 2.2.2 节中所述。

2) b_i 处无车。当配送中心 b_i 处有车时,对于需求 r_i 给出调度方案 C3。首先找到完成 r_i 所需时间最短的配送中心(设为 x),但 x 处没有车这就需要另外找到一个有车的配送中心(设为 y),由 y 派车载货行驶到需求点 i,而车辆需要在下一个需求出现前回到 x 处,而最差的情况就是只有到达需求点 i 花费时间最长的配送中心才有车,其他配送中心均没有车。此时对于需求 r_i,根据表 2 中的数据按照式(8)计算出完成需求 r_i 所需的时间以及其竞争比,见表 5。

表 5　调度方案 C3 所对应的竞争比

需求点	贵州	广西	广东	湖南	福建	江西	湖北
竞争比	5.00	3.45	3.05	4.63	1.77	3.46	3.47
需求点	浙江	安徽	河南	河北	辽宁	吉林	
竞争比	5.73	3.67	4.19	5.55	2.84	3.37	

4　结论

针对以配送车辆服务总时间最短为目标的调度问题,在考虑了载重量、路况对于车辆行驶速度的影响后,对于发出需求的需求点数量一定,而车辆数、配送中心点与需求数量三者之间的 3 种不同的数量关系,分别设计了具有竞争性的在线调度策略,并通过计算得到各自的竞争比,最后通过一个实际案例验证其可行性。研究结论有利于物流公司在面对之后的未知需求时能选择合适的调度方案在最短时间内完成需求 r_i,这对于提高物流公司的服务效率和顾客满意度等均有重要的现实作用。后续研究将会考虑把该模型拓展到实现配送车辆服务时间与服务成本综合最优的目标,针对于实现多目标情况下的如何设计新的有效在线算法。

参考文献

[1] GAHAM R L. Bounds for certain multiprocessor anomalies[J]. Bell System Technical Journal, 2006, 45: 1563-1581.

[2] YUAN J J, LIU, Q J. Online scheduling of incompatible family jobs with equal length on an unbounded parallel-batch machine with job delivery[J]. Asia-pacific Journal of Operational Research, 2018, 35(4): 303-308.

[3] YANG S B. Price-responsive early charging control based on data mining for electric vehicle online scheduling[J]. Electric Power Systems Research, 2019, 167: 113-121.

[4] 堵丁柱. k 车服务问题与竞争算法[J]. 数学的实践与认识, 1991(4): 6-40.

[5] 徐寅峰, 王刊良. 局内出租车调度与竞争算法[J]. 西安交通大学学报, 1997(1): 56-61.

[6] 马卫民, 徐寅峰, 王刊良. 局内 k-卡车调度问题的竞争策略[J]. 西北大学学报, 1999(29): 255-258.

[7] 衣方磊, 徐寅峰, 辛春林. 局内动态配送车调度管理及其竞争策略[J]. 管理科学学报, 2007, 10(4): 1-8.

[8] 魏明. 不确定信息环境下的区域公交车调度问题建模和算法[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[9] 张珺. B2C 电子商务订单分批拣选与配送联合调度[D]. 大连: 大连理工大学 2017.

[10] 刘畅. 共享单车需求预测及调度研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.

[11] 郑斐峰, 靳凯媛, 张娥, 等. 考虑订单类型的两台平行批处理机在线调度模型研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(5): 173-179.

[12] 韩雯雯. 基于学习效应的易逝品定制生产和运输调度问题研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2022.

[13] 王银玲,韩鑫,邵欣欣.关于带运输的单机调度在线问题的研究[J].运筹学学报,2022,26(1):125-133.

[14] 曾强,林凯,王科峰.物流配送车辆精细化多目标调度方法[J].物流工程与管理,2022,44(1):44-46.

Research on Online Dispatching Optimization of Distribution Trucks Based on Competitive Strategy

LUO Jiao

(Hope College,Southwest Jiaotong University,Chengdu 610400,China)

Abstract: The problem of vehicle distribution, which often meets unknown future demand in real life, is abstracted as a problem of vehicle scheduling for internal distribution. Firstly, the competitive ratio of distribution vehicles is obtained by reset strategy analysis as $2k+f_{(x)}$. Then, using the theory and method of online problem and competition strategy, the uncertain quantity relationship among distribution vehicles, distribution centers and demand points is discussed respectively, and the respective competition ratios under different circumstances are calculated. Finally, the feasibility of the model is verified by taking A company's logistics distribution data as an example, and the online scheduling problem of distribution vehicles when the demand is unknown is solved.

Keywords: vehicle distribution; reset strategy; online strategy; competitive ratio