

文章编号: 1009-6744 (2012) 06-0119-08

# 城市货运交通管制情景下城市 配送多目标优化效益研究

胡云超<sup>1</sup>, 申金升<sup>\* 2</sup>, 黄爱玲<sup>1</sup>

(1. 北京交通大学 交通运输学院 北京 100044; 2. 北京市商务委员会 北京 100010)

**摘要:** 城市配送是城市赖以存在和发展的基础条件,同时也是造成城市环境和社会问题的主要原因之一。政府交通管理部门为了减少货运车辆对城市交通的干扰和缓解交通拥堵,对驶入城区的货运车辆实行交通管制政策。城市货运交通管制政策包括限行时间窗和限行区域两个表征指标。本文在分析城市货运交通管制条件下城市配送优化问题主要因素和问题界定的基础上,构建了城市货运交通管制情景下城市配送多目标优化模型,并对模型目标做了单一化处理。最后,本文给出模拟案例分析,对不同城市货运交通管制情景下的城市配送优化综合效益进行了对比分析。通过研究发现,城市货运交通管制政策可以有效降低货运车辆对城市中心购物环境和城市交通的干扰,具有较好的社会效益,但也会增加城市配送成本和环境污染,降低企业的经济效益和城市环境效益。

**关键词:** 物流工程; 货运交通管制; 配送路径优化; 城市物流; 可持续发展; 综合效益  
**中图分类号:** U 121 **文献标识码:** A

## Multi-Objective Optimization for City Distribution under Urban Freight Restriction

HU Yun-chao<sup>1</sup>, SHEN Jin-sheng<sup>2</sup>, HUANG Ai-ling<sup>1</sup>(1. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;  
2. Beijing municipal commission of commerce, Beijing 100010, China)

**Abstract:** With the sustainable development of urban traffic, authority issues urban traffic restriction for freight vehicles entering the city center to reduce the interference of freight vehicles on urban traffic and alleviate traffic congestion. There are two indicators of urban traffic restriction: the areas of restriction and the time window of restriction. Based on analyzing related factors of restrictions, main goals and activities of stakeholders, a multi-objective distribution optimization model is developed considering the urban traffic restriction, and a single processing for goals of the model is proposed. Finally, a simulation case study is conducted, and logistics optimization results between different scenarios of urban traffic restriction are

收稿日期:2012-09-13

修回日期:2012-10-20

录用日期:2012-11-01

基金项目:北京市科技计划项目纯电动物流车示范运营(Z111109073511001)。

作者简介:(1981-)男,吉林吉林人,博士生。

\* 通讯作者:shenjsheng@mail.bjtu.edu.cn

compared and analyzed.

**Key words:** logistics engineering; urban freight restriction; vehicle route optimization; urban logistics; sustainable development; optimization performance

**CLC number:** U121

**Document code:** A

## 1 引言

城市物流是现代城市赖以存在和发展的基础,在城市经济发展中占有重要地位。但是,城市物流对城市社会与环境具有明显的外部不经济性,是威胁城市居民生活环境及社会问题的主要原因。城市配送是城市物流的重要组成部分,探讨如何合理组织优化城市配送以减轻对城市社会和环境的影响,成为城市物流可持续发展研究领域的核心问题之一<sup>[1,2]</sup>。

为了减少城市配送活动对城市环境污染和交通干扰,国内外政府管理部门通常对驶入城区特别是中心城区的城市配送货运车辆实施交通管制政策。国内外大部分学者认为城市货运交通管制政策是降低城市配送社会外部不经济性的有效措施之一<sup>[3]</sup>。城市交通管理政策主要难题在于制定政策的目的往往相互矛盾,如 Browne and Allen 所说“制定一个可以减轻城市配送环境影响的政策可能增加经济成本负担”<sup>[4]</sup>。

从1959年到现在,近50年的时间里,VRP模型得到了迅猛的发展,已经派生出很多其他配送路径优化模型。主要有带能力约束的车辆路径问题(Capacitated Vehicle Routing Problems, CVRP);带时间窗的车辆路径问题(Vehicle Routing Problems with Time Windows, VRPTW);多配送中心的车辆路径问题(Multiple Depot Vehicle Routing Problem, MDVRP);周期车辆路径问题(Periodic Vehicle Routing Problem, PVRP);分开配送车辆路径问题(Split Delivery Vehicle Routing Problem, SDVRP);随机车辆路径问题(Stochastic VRP, SVRP);带有收集和配送的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivering, VRPPD);带卫星设施的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem with Satellite Facilities, VRPSF);动态车辆路径问题(Dynamic Vehicle Routing Problems, DVRP);客

户可退货的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem with Backhauls, VRPB)。

本文认为城市交通管制政策是影响城市配送优化结果最重要的指标之一,但从国内外研究文献中可以发现,研究学者和企业在对城市配送进行优化时,很少将城市交通管制政策作为重要因素加以考虑,使得目前关于城市配送优化问题研究不能很好地与实际情况相适,难以对实践给以正确指导与借鉴。同时,国内外对以促进城市配送可持续发展为目的的城市货运交通管制政策综合效果与适用环境缺乏关注与研究,特别是国内对其研究还处于空白。

## 2 问题阐述与假设

### 2.1 问题描述

为了减少城市配送活动对城市环境污染和交通干扰,政府通常对驶入城区特别是中心区的配送货运车辆实施货运交通管制政策。交通管制政策包括管制地点和管制时间窗两个表征指标,其中管制地点包括限行路段和限行区域。因此城市货运交通管制情景下的配送路径优化问题,如图1所示。

城市货运交通管制情景下的配送车辆路径优化问题(VRPTWR)可以认为是带时间窗配送路径优化问题(VRPTW)的扩展。在VRPTWR问题中,一个配送中心对 $|D|$ 个需求客户进行配送; $R$ 为受交通管制政策影响点集合,有 $R \in D$ , $|R|$ 个客户位于交通管制区域内;交通管制禁行时间窗为 $[R_b, R_e]$ ,即配送车辆必须在禁行时间窗以外时间段对管制区域内客户点进行配送,配送车辆不得违反城市货运交通管制政策。

基于此,本文将建立改进的多目标VRPTWR模型,在传统的配送成本最小化为目标的基础上,兼顾总配送时间最短化和使用车辆数目最少化目标。

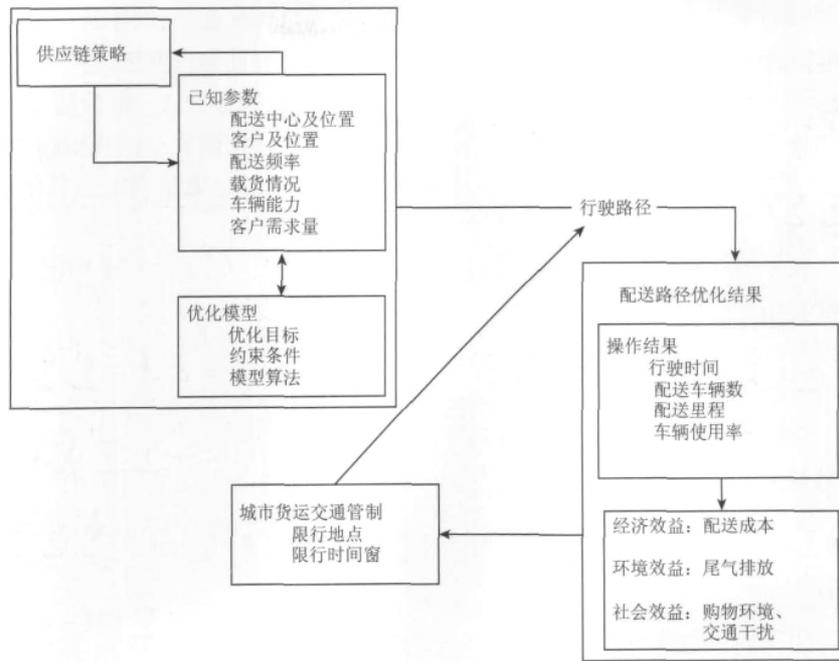


图 1 考虑限行时间窗配送路径优化问题结构和要素

Fig. 1 Research framework: constructs and their dimensions

### 2.2 假设条件

现实中的带限行时间窗的多点配送线路选择问题(VRPTWR)十分复杂,假设条件不同,问题就不相同.为了方便构建模型和求解,对现实问题进行一些抽象和简化就非常重要.本文所研究的VRPTWR问题有如下假设.

(1) 从一个配送中心向多个客户送货,配送中心和客户的位置确定,配送中心供应的货物,能够满足所有客户的需求.

(2) 各个客户需求(或供应)的货物需要可以相互混装,每个客户的货物需求量(或供应量)不超过配送车辆的最大载重量,所有车辆的装载量可以不相同,每个客户组仅需要一辆非满载车来配送.

(3) 配送区域受限行时间窗限制:限行时间段和限行区域确定且已知,部分位于政府限行区域内客户的数量和位置已知,配送车辆将需求(或供应)货物送到(或取走)的时间,必须在限行时间窗以外完成,不允许违反政府限行政策.

(4) 不考虑配送客户要求的时间窗.

(5) 车辆完成配送任务后要返回配送中心.

(6) 配送中心与客户之间及两两客户之间的最优配送线路未知,需要通过计算确定.

### 3 城市货运交通管制情境下城市配送多目标优化模型

本文综合已有的带时间窗的车辆路径问题(VRPTW)和时间依赖车辆路径问题(TDVRP)的两个经典模型<sup>[4]</sup>,考虑城市货运交通管制政策因素,构建了新的多目标VRPTWR模型.并对多目标优化模型做目标单一化处理.

#### 3.1 符号设置

设数据集包括: $S$ 为所有顶点集合; $|S|$ 为顶点个数; $D$ 为需求客户点集合; $R$ 为受交通管制政策影响点集合; $F$ 为不受交通管制政策影响点集合,有 $R + F = D$ .

常量主要包括: $d_{ij}$ 为客户点 $i$ 到客户点 $j$ 的距离, $i, j = 1, 2, \dots, |S|$ ;  $d_{i0}$ 为客户点 $i$ 到配送中心的距离; $f$ 为单位距离配送成本; $p_i$ 为配送点 $i$ 单位货物处理成本; $W_k$ 为第 $k$ 辆车的最大载重量, $i = 1, 2, \dots, K$ ;  $c_i$ 为每个客户的需求量; $Tb_{ik}$ 为车辆 $k$ 到达客户点 $i$ 时刻; $Te_{ik}$ 为车辆 $k$ 离开客户点 $i$ 时刻; $T_{ik}$ 为车辆 $k$ 在客户点 $i$ 处所需要的服务时间, $T_{ik} = Te_{ik} - Tb_{ik}$ ;  $t_{ijk}$ 为车辆 $k$ 从客户 $i$ 到客户 $j$ 的行驶时间; $v$ 为车辆行驶恒定速度; $B$ 为一个适当的较大的数; $[R_b, R_e]$ 为交通管制时间窗.

决策变量  $X_{ijk} = 1$ , 当车辆 $k$ 从 $i$ 出发驶向 $j$ 时;

$X_{ijk} = 0$  否则.

### 3.2 VRPTWR 多目标优化模型

(1) 目标函数.

① 总配送费用最小

$$\min z_1 = \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{k=1}^K f d_{ij} X_{ijk} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} X_{ijk} c_i P_i \quad (1)$$

② 总配送时间最短

$$\min z_2 = \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{i=1}^{|S|} t_{ijk} X_{ijk} + \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{k=1}^K (T b_{ik} - T e_{ik}) \quad (2)$$

③ 使用车辆数最少

$$\min z_3 = \sum_{j=1}^{|S|} \sum_{k=1}^K X_{0jk} \quad (3)$$

(2) 约束条件.

① 从配送中心出发的车辆数不超过  $K$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{|S|} X_{0jk} \leq K \quad (4)$$

② 每个配送点只能由一辆车来配送且每个配送点都能服务到

$$\sum_{k=0}^K \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{i \neq j} X_{ijk} = 1, \quad (i = 1, 2, \dots, |S|) \quad (5)$$

③ 所有车辆都是从配送中心出发,且最终回到配送中心

$$\sum_{j=1}^{|S|} X_{ijk} = \sum_{j=1}^{|S|} X_{jik} \leq 1, \quad i = 0, \forall k \in [1, K] \quad (6)$$

④ 配送车辆载重约束

$$\sum_{i=0}^{|S|} c_i \sum_{j=0}^{|S|} X_{ijk} \leq W_k \quad (7)$$

⑤ 每辆车配送的客户点总数不超过总客户数目

$$\sum_{j=0}^{|S|} \sum_{i=0}^{|S|} X_{ijk} \leq |S|, \forall k \in [1, K] \quad (8)$$

⑥ 交通管制时间窗约束

$$T b_{ik} \leq R_b, T e_{ik} \leq R_b, \quad i \in R \quad (9)$$

$$T b_{ik} \geq R_e, T e_{ik} \geq R_e, \quad i \in R \quad (10)$$

对于交通管制区域内的客户点,可以将管制时间窗  $[R_b, R_e]$  视为禁止操作时间,其配送车辆必须在  $R_b$  时刻之前或  $R_e$  时刻之后到达或离开.

### 3.3 多目标 VRPTWR 模型的处理

多目标 VRPTWR 模型处理主要是将多目标函

数简化为单目标函数,以往对于多目标函数通常都是直接运用线性加权方法,将多个目标简单相加转化单目标,但这种方法一般只适用于转化无量纲或统一量纲的目标函数.对于量纲不统一的多目标转化问题,必须经过无量纲的或者量纲统一处理,之后再求解.

借鉴文献 [6],本文对 VRPTWR 目标函数做如下进一步变换

$$\max z'_1 = Z_{1\text{MAX}} - \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{k=1}^K f d_{ij} X_{ijk} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} X_{ijk} c_i P_i \quad (11)$$

$$\max z'_2 = z_{2\text{MAX}} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{i=1}^{|S|} t_{ij} X_{ijk} + \sum_{i=0}^{|S|} (T b_{ik} - T e_{ik}) \quad (12)$$

$$\max z'^*_3 = z_{3\text{MAX}} - \sum_{j=1}^{|S|} \sum_{k=1}^K X_{0jk} \quad (13)$$

通过无量纲化,将式(11)~式(13)进一步变换为

$$\max z^*_1 = \frac{Z_{1\text{MAX}} - \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{k=1}^K f d_{ij} X_{ijk} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{|S|} \sum_{j=0}^{|S|} X_{ijk} c_i P_i}{Z_{1\text{MAX}}} \quad (14)$$

$$\max z^*_2 = \frac{z_{2\text{MAX}} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{|S|} \sum_{i=1}^{|S|} t_{ij} X_{ijk} + \sum_{i=0}^{|S|} (T b_{ik} - T e_{ik})}{z_{2\text{MAX}}} \quad (15)$$

$$\max z^*_3 = \frac{z_{3\text{MAX}} - \sum_{j=1}^{|S|} \sum_{k=1}^K X_{0jk}}{z_{3\text{MAX}}} \quad (16)$$

根据多目标函数优化方法中的评价函数法,按照各目标的权重程度,分别赋予三个目标权重向量  $M = (\alpha, \gamma, \lambda)$ ,且有  $\alpha + \gamma + \lambda = 1$ ;  $\alpha, \gamma, \lambda \in [0, 1]$ .

如果将三个权重值与式(14)~式(16)中的目标值向量  $Z^T = (z^*_1, z^*_2, z^*_3)$  与权重向量相乘,以得到评价函数值

$$f(z) = M \times Z = \alpha z^*_1 + \gamma z^*_2 + \lambda z^*_3 \cdot 10^{-1} \quad (17)$$

经过多次试验模拟发现,  $z^*_1$  的数量级通常为  $10^{-1}$ ,  $z^*_2$  的数量级通常为  $10^{-2}$ ,  $z^*_3$  的数量级通常为  $10^{-1}$ ,  $z^*_2$  和  $z^*_1, z^*_3$  相差十倍,所以取权重向量  $M = (\alpha, \gamma, \lambda) = (0.1, 0.8, 0.1)$ . 本文建立的多目标优化问题中,目标之间往往都是互相冲突的,

因此能满足所有约束条件且使所有目标函数都能达到全局最优解往往不存在,只是存在一组 Pareto 最优解或非劣解。

本文选取文献 [6] 提出的元胞蚂蚁算法对提出的城市货运交通管制情境下城市配送多目标 (VRPTWR) 优化模型进行求解。

#### 4 不同城市货运交通管制情况下城市配送综合效益分析

##### 4.1 基础数据

对于 VRPTWR 问题,可以采用 Solmono 提出的 56 个测试用案例。这 56 个案例中的每一个都包含多个配送点和一个配送中心,并规定了车辆载重限制、客户的时间窗和运行时间限制。本文选取的基础数据如表 1 所示。

##### 4.2 不同城市货运交通管制情景设计

本文通过改变城市交通管制的管制区域与允许通行时间窗,设计了六种不同的城市交通管制情景,不同城市交通管制情景具体介绍如下。

###### 情景 0 基础情景

在基础情景中,货物直接由配送中心配送到客户点,客户点不受任何货运管制政策的影响,货车可以自由进行配送。基础情景作为基准,通过与其进行对比,可以得出不同城市货运交通管制情境下城市配送优化的综合效益。

###### 情景 1 增加城市货运交通管制措施压力

通过增加管制政策影响区域内客户点数量和减少允许通行时间窗两个指标来增加城市货运交通管制措施压力。本文将情景 1 分为 15 个子情景,如表 2 所示。

表 1 案例模拟数据

Table 1 Date of computer case

车辆数	车辆负载(吨)		需求量 (t)	是否受限 行影响	所需服务 时间( min)	单位运距的 费用(元/km)	单位货物装卸 费用(元/t)
	7	3					
客户号	X 坐标	Y 坐标					
0	0	0	0.2	否	0	0	0
1	-15	35	0.3	否	8	5	5
2	-18	20	0.1	否	8	5	4
3	-18	35	0.4	否	8	5	3
4	-20	30	0.2	否	8	5	1
5	-20	35	0.2	否	8	5	2
6	-22	25	0.2	否	8	5	4
7	-25	25	0.1	否	8	5	3
8	-25	30	0.2	否	8	5	2
9	-30	-15	0.3	否	8	5	5
10	-30	-10	0.4	否	8	5	4
11	-32	-10	0.2	否	8	5	5
12	-32	-5	0.2	否	8	5	1
13	-35	-45	0.3	是	8	5	1
14	-35	-40	0.2	是	8	5	5
15	-38	-35	0.2	是	8	5	2
16	-40	-35	0.3	是	8	5	5
17	-40	-45	0.2	是	8	5	2
18	4	-25	0.4	否	8	5	5
19	2	-40	0.1	否	8	5	3
20	2	-35	0.2	否	8	5	3

注:表中 0 点 X 坐标和 Y 坐标为(0,0),其它坐标为相对于点 0 的相对坐标,单位为 km。

表 2 增加城市交通管制政策压力

Table 2 Increasing pressure of urban traffic control policies

允许通行时间窗	管制区内配送点比重					
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
06:00 - 12:00	C1	C2	C3	C4	C5	C6
06:30 - 11:00	B1	B2	B3	B4	B5	B6
07:00 - 10:00	A1	A2	A3	A4	A5	A6

情景 2 当前城市交通管制情景

当前,国内外大城市对主要城市中心区或购物步行街实行城市货运交通管制政策。情景 2 以北京当前城市交通管制政策为依据进行设计。配送车辆允许通行时间窗为 [7:00 - 11:00],管制区域为北京市四环及以内,并假设配送企业严格遵守城市交通管制政策。根据配送客户调查,受城市货运交通管制影响的客户占总客户的 45%。

情景 3 梯度城市交通管制情景

在该情景中,对不同的城市区域实施不同的允许通行时间窗,以北京市为例,四环及以外不实行城市货运交通管制,四环至三环通行时间窗为 [6:00 - 12:00],三环至二环通行时间窗为 [7:00 - 11:30],二环及以内允许通时间窗为 [7:00 - 10:00],通行时间窗长和客户分布如表 3 所示。

表 3 限行时间窗长和客户分布

Table 3 Location of customer and length of time window restriction

	二环及以内	二环至三环	三环至四环	四环及以外
通行时间窗长(h)	3	4.5	6	24
客户分布比例(%)	10	20	30	50

情景 4 夜间配送情景

在该情景中,本文设定配送车辆对商场配送必须在夜间进行,通行时间从 24:00 - 6:00,限行时间窗为 [6:00 - 24:00],并假定配送企业实施夜间配送的客户占总客户的 100%。

情景 5 车流高峰交通管制情景

情景 5a 中,城市货运车辆禁止在 12:00 - 20:00 时间段内通行,同时配送企业不愿意在夜间进行配送,选择白天对客户进行配送,所以配送企业进行配送的时间为 6:00 - 12:00 之间的 6 个小时。

情景 5b 与 5a 较为相似,城市货运车辆禁止在 12:00 - 20:00 时间段内通行,只是配送企业选择白天和晚间对客户进行配送,配送企业在 6:00 - 12:00 之间的 6 个小时内对 50% 客户进行配送,同时,有 50% 的客户接受夜间配送。

4.3 结果分析

4.3.1 增加城市交通管制压力

图 2 显示了在增加城市货运交通管制压力情景下,城市配送优化后各构成指标变化情况。图 3 和图 4 分别显示在增加城市货运交通管制压力情景下,配送成本和尾气排放值的变化曲线。

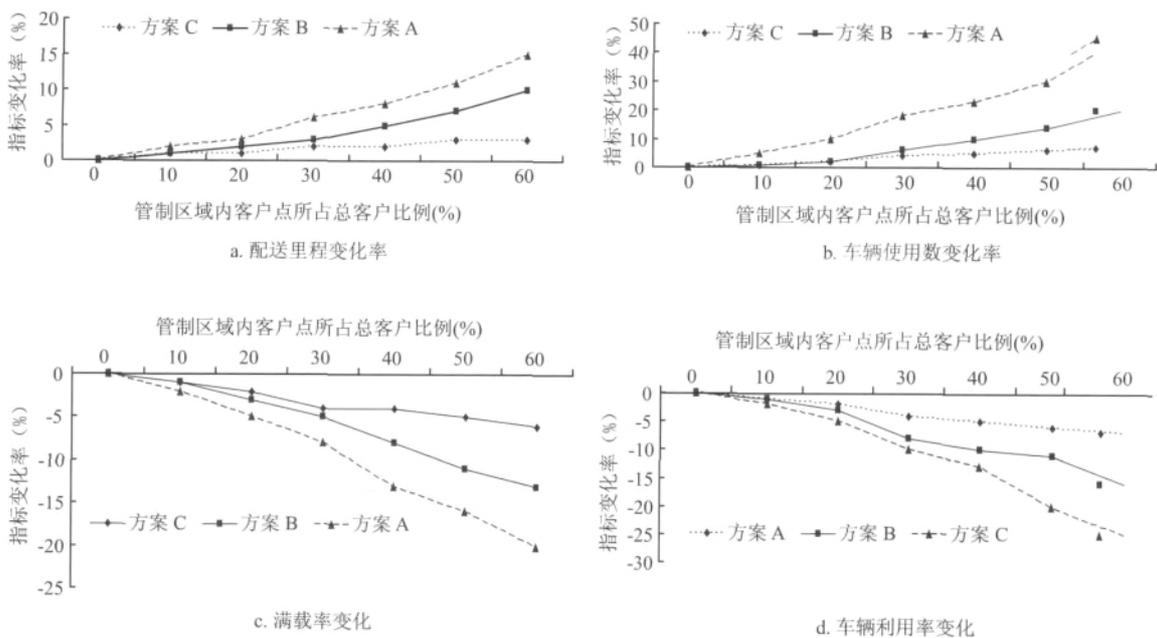


图 2 增加城市管制政策压力城市配送优化各构成要素变化率

Fig. 2 Impacts of varying urban traffic restriction pressure on operational performance

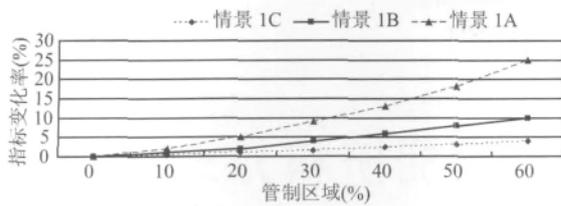


图 3 增加城市管制政策压力配送成本变化率

Fig. 3 Impacts of varying urban traffic restriction pressure on financial performance

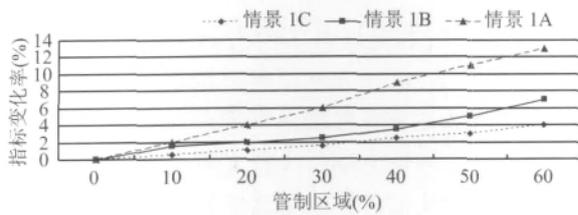


图 4 受限行政策压力变化影响城市配送尾气排放变化率

Fig. 5 Impacts of varying urban traffic restriction pressure on Environmental performance

很明显 随着城市交通管制政策压力的增加 无论是限行时间窗长度 还是限行区域面积 都会增加配送企业的经济成本和社会环境负担(如图 3 和图 4 所示) 这主要是因为城市交通管制政策会增加城市配送的车辆使用数、总配送时间和配送里程等直接影响配送成本和尾气排放的城市配送构成指标。

#### 4.3.2 不同城市交通管制情景

为了使不同城市货运交通管制情景下城市配送优化结果的综合效益比较结果更加直观 本文没有比较配送成本和尾气排放值的不同 而是比较了配送成本和尾气排放的变化率的不同. 本文首先讨论不同城市货运交通管制情景下的城市配送优化结果的经济效益(图 5), 其次是环境效益(图 6) 最后是社会效益(表 4).

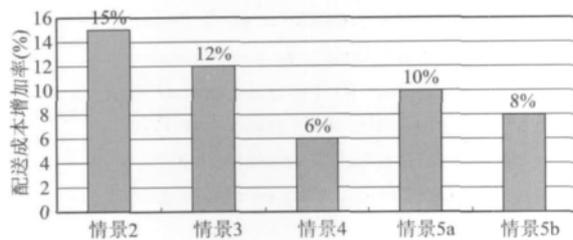


图 5 不同城市交通管制情景下配送优化结果较基础情景的配送成本增加率

Fig. 5 Percentage costs increase of time-window affected store compared to non-affected store for scenarios 2,3,4 and 5

图 5 显示了不同城市交通管制情景下城市配送成本的增加率 就经济效益而言 在情景 2 ~ 情景 5 中 情景 4 城市配送成本增加率最小 其中 情景 5b 配送成本低于情景 5a. 同时 情景 2 配送成本增加量最高. 情景 2 和情景 3 中配送成本增加率变化差别较小.

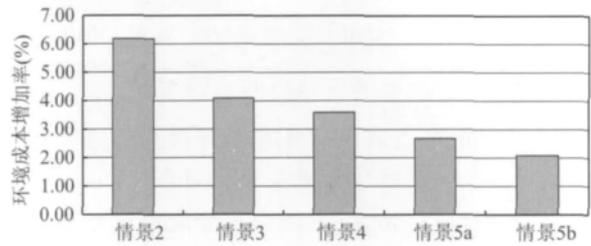


图 6 不同城市交通管制情景下配送优化结果环境成本增加率

Fig. 6 Environmental impacts for different schemes

图 6 显示了不同城市交通管制情景下城市配送环境成本增加率 情景 5 下的城市配送环境成本增长率在所有情景下环境成本增长率中最低. 当前交通管制情景下城市配送环境效益最差 其次是梯度城市交通管制情景. 夜间配送情景城市配送环境效益居中.

表 4 显示了不同情景下城市配送社会效益的五个表征指标 其分别为城市中心购物环境的改善、对消费者的干扰、噪声、安全和对商场正常运营的干扰. 在表 4 中, “+”表示比基础情景有所改善, “-”表示比基础情景有所降低, 变化范围从非常好( + + + )、无影响( 0 )到非常差( - - - ).

表 4 不同城市交通管制情景下城市配送社会效益

Table 4 Social performance for different urban traffic control schemes

情景	城市中心购物环境的改善	对消费者购物的干扰	噪声	安全	对商场正常运营的干扰
情景 2	++	+	+	+	-
情景 3	++	+	+	+	++
情景 4	+++	+++	---	+++	++
情景 5a	++	+	+	+	++
情景 5b	++	+	-	+	++

实施夜间配送可以使大载重量货车有效避开城市交通拥堵在城市中心区进行配送. 一方面, 从

(下转第 144 页)

流均衡性进行定量分析,在此基础上为客运组织计划制定提供依据,为全路网的客流均衡性分析提供了一种新的思路。

#### 参考文献:

- [1] 郭平. 城市轨道交通客流特征及预测相关问题[J]. 城市轨道交通研究, 2010, 13(1): 58-62. [GUO P. On characteristics and prediction of urban rail transit passenger flow [J]. Urban Mass Transit, 2010, 13(1): 58-62.]
- [2] 王修志, 宋建业. 断面客流不均衡条件下的地铁行车组织方法[J]. 铁道运营技术, 2009, 15(1): 16-19. [WANG X Z, SONG J Y. The train operation organization method under the subway passengers disequilibrium [J]. Railway Operation Technology, 2009, 15(1): 16-19.]
- [3] 何祚豪, 范炳全, 董洁霜, 等. 基于基尼系数的公路网分布均衡性评价研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10(6): 163-168. [HE Y H, FAN B Q, DONG J S, et al. Highway network distribution equilibrium based on Gini coefficient [J]. Transportation Systems Engineering and Information, 2010, 10(6): 163-168.]
- [4] 周清华. 基尼系数的基本算法总结[J]. 统计教育, 2002(1): 12-13. [ZHOU Q H. The summary of basic Gini coefficient algorithms [J]. Statistical Education, 2002(1): 12-13.]
- [5] 李睿睿. 计算基尼系数的算法研究及其应用[J]. 广东工业大学学报, 2005, 22(2): 125-129. [LI C R. Study on the computing of Gini coefficient and its application [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2005, 22(2): 125-129.]

(上接第125页)

商场与顾客的角度,夜间配送可以有效降低配送车辆对商场顾客的干扰,有利于优化商场环境。另一方面,夜间配送车辆通行和装卸作业造成噪声污染,影响城市居民夜间休息,所以从噪声角度而言,夜间配送增加社会噪声成本。

## 5 研究结论

城市货运交通管制措施的实施会增加城市配送里程、配送时间和车辆使用数,从而导致城市配送经济和环境成本的增加,降低了企业的经济效益,加重城市空气污染。但是,城市货运交通管制政策可以有效降低配送车辆对商场顾客的干扰,增加了城市中心的可达性,有利于优化商场环境,具有较好的社会效益。考虑城市货运交通管制要素的配送优化问题具有较大的理论和实践意义,也将成为城市物流可持续发展领域研究的核心问题之一。

#### 参考文献:

- [1] T Yamada, E Taniguchi, M Noritake, et al. Attitudes of companies towards introducing co-operative freight transport systems [M]. Taniguchi, R G Thompson (eds), City Logistics I Kyoto: Institute of System Science Research, 1999: 219-232.
- [2] Hayashi Katsuhiko, Yano Yuji. Future city logistics in Japan from the shippers and carriers view [C]// Logistics System for Sustainable Cities, Proceeding of 3rd International Conference on City Logistics, Elsevier, Madeira, Portugal, 2003: 431-440.
- [3] Toshinori Nemoto. Experiment on co-operative parcel pick-up system using the Internet in the central business district in Tokyo [C]// Logistics System for Sustainable Cities, Proceeding of 3rd International Conference on City Logistics, Elsevier, Madeira, Portugal, 2003: 243-254.
- [4] H Ieda, A Kimura, Y Yin. Why don't multi-carrier joint delivery services in urban areas become popular—gaining simulation of carrier's behavior [M]. City Logistics, 2001: 155-167.
- [5] 朱海英. 基于节能减排的车辆路径问题及优化算法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2010. [ZHU H Y. Model and optimization methods for vehicle route problem based on reducing fuel consumption [D]. Chongqing: Chongqing jiaotong University, 2010.]
- [6] 盛丽俊. 带有时间窗的车辆路径问题优化研究[D]. 上海: 上海海事大学, 2006. [SHENG L J. Studies on vehicles route problem with time window [D]. Shanghai: shanghai maritime university, 2006.]