

# 共享汽车网点选址模型构建 ——以武汉市洪山区为例

卢 婷<sup>1</sup>, 黄 靖<sup>2</sup>, 姜 文<sup>2</sup>

(1. 华中师范大学 城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079;

2. 武汉理工大学 计算机学院, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 为解决共享汽车的选址难题, 提出一个新的停车网点选址方案, 并以武汉市洪山区为例进行验证。首先, 利用供需平衡法、出行方式比例法和万人拥有率法对2020年武汉市共享汽车总量进行预测, 据此估算洪山区的网点需求量; 然后, 从个人、企业和政府三个角度考虑选址影响因素, 确定相关假设及约束条件, 并以造价总成本最低、出行总距离最短、网点覆盖率最广、满足需求量最大、政府满意度最高为目标函数, 建立网点选址的数学模型; 最后, 依据官方数据确定模型各参数, 采用非支配排序的遗传算法求解选址模型, 得出10组可行解。以各目标函数作为评价指标, 在给定的权重下, 从中筛选出最优解作为唯一的选址结果。研究结果表明, 该方法对共享汽车网点选址可提供有效的决策支持。

**关键词:** 共享汽车; 选址规划; 多目标函数; 非支配排序的遗传算法; 评价体系

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-9931(2017)04-0008-08

## Construction of Siting Model of Car-Sharing: Taking Hongshan District of Wuhan City as an Example

LU Ting<sup>1</sup>, HUANG Jing<sup>2</sup>, JIANG Wen<sup>2</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2. School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of the parking site selection of car-sharing, a new scheme was proposed, which was applied in Hongshan district of Wuhan city. Firstly, the total amount of car-sharing of Wuhan city in 2020 was predicted by using the balance of supply and demand method, the travel proportion method and the population ownership method separately. Based on the estimated result, the parking sites number demanded was evaluated. Secondly, taking the perspectives of individuals, enterprises and government into consideration, some related assumptions and constraints were determined. A model was set up with the object function which is based on the lowest cost, the shortest travel distance, the biggest overall coverage of the network, the highest demand and the highest degree of government satisfaction. Finally, parameters of the model were determined according to the official data, and NSGA II (Nondominated Sorting Genetic Algorithms II) was utilized to solve the location model, resulting in ten groups of feasible solutions. Taking each objective function as the evaluation index and considering the given weight, the optimal solution was selected as the unique site solution. The results show that the pro-

收稿日期: 2017-08-03

作者简介: 卢婷(1997—), 女, 江西赣州人, 专业为地理科学。E-mail: 2541792393@qq.com。

posed model can provide effective decision-making support for the parking site selection of car-sharing.

**Key words:** car-sharing; siting scheme; multiple objective function; NSGA II (Nondominated Sorting Genetic Algorithms II); evaluation system

## 0 引言

近年来,“供给侧”的概念首次被提出,旨在解决产能过剩、供给成本过高的经济发展问题,由此催生出“共享经济”。在交通行业,城市交通拥堵是目前一大严峻问题,很大程度上制约着人们的生活质量及城市发展。作为一种创新型的交通产品服务系统,共享汽车的推出被誉为个体交通方式的革命<sup>[1]</sup>。据统计,每增加1辆共享汽车,可相应减少11辆私家车,对于全国1.94亿辆汽车保有量而言,共享汽车无疑是缓解道路交通拥堵的一剂良药。然而,共享汽车行业前景虽好,但受制于停车位等基础设施的数量和布局,致使共享汽车目前无法大规模投入使用。因此,制订合理有效的选址方案,将带动共享汽车的投入并提高共享汽车的使用率,同时对于提升整体共享服务水平,优化城市交通基础设施资源配置,都具有重要意义<sup>[2]</sup>。

截至目前,国内外学者就网点选址方面的研究取得了较多成果。Fateme等<sup>[3]</sup>提出一种基于模糊数确定评价指标权重的工厂选址模型,并采用模拟退火算法进行求解。Milorad等<sup>[4]</sup>提出一种非危险品回收站的二级选址模型,采用启发式算法进行求解。Rui等<sup>[5]</sup>提出了一种混合遗传算法来解决容量限制的选址问题。付德强等<sup>[6]</sup>针对应急储备库选址问题,综合考虑两种灾害风险下存储库的成本费用、覆盖效率及对重点地区备用覆盖情况,建立了多目标选址模型并用遗传算法进行求解。朱广宇等<sup>[7]</sup>基于Voronoi图,以公交系统和公交乘客总出行成本最小为目标建立了一种公交站点的选址模型。王两全<sup>[8]</sup>针对出租车站点选址问题,以出租车服务需求、土地限制、乘客出租车需求为约束,构建了多约束选址模型。侯帅等<sup>[9]</sup>从重大突发事件选址问题的现状和影响因素出发,将影响因素转化为可量化目标,建立了适用于煤矿应急救援站选址的多目标决策模型。

整体而言,少有学者对新兴的共享汽车网点选址问题展开研究。为此,本文将从武汉市洪山区的

发展现状出发,综合考虑覆盖率、汽车出行率、环境污染和资金成本等影响因素,建立一个多目标、多约束的共享汽车网点选址模型,并利用带精英策略的非支配排序遗传算法(Nondominated Sorting Genetic Algorithms II,简称NSGA II)进行求解,旨在推动未来共享汽车的普及。

## 1 共享汽车发展规模的预测

研究表明,共享汽车发展与城市GDP、人口、政策等因素息息相关,整个发展趋势符合“三步走”成长路线,即“萌芽期-成长期-成熟期”。共享汽车成长规律曲线如图1所示,其中 $t_1$ 之前为萌芽期; $t_1 \sim t_2$ 期间为成长期; $t_2$ 之后为成熟期。武汉市共享汽车行业起步晚,截至2017年4月,投入运营的共享汽车总量为880辆,处于“三步走”中的萌芽期。在现状调查结果的基础上,结合武汉市未来综合交通规划与总体规划,分别采用供需平衡法<sup>[10]</sup>、出行方式比例法<sup>[11]</sup>和万人拥有率法<sup>[12]</sup>对2020年武汉市共享汽车发展规模进行预测。

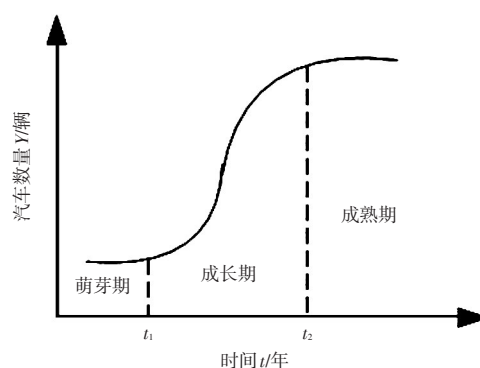


图1 共享汽车成长规律曲线

### 1.1 供需平衡法

与市场规律一样,共享汽车的供与求是一种辩证的关系:若供大于求,则势必加剧空置资源浪费、尾废气环境污染、品牌公司间恶性竞争等情况;若供小于求,则会出现用车难、用户体验不佳等问题。为此,供需平衡法考虑城市居民人口及日

均出行量,结合出行方式分担率,对共享汽车总量进行计算,公式如下:

$$N = 10^4 \times \frac{(\frac{R \cdot A \cdot P}{S}) \cdot D}{\delta \cdot t \cdot v} \quad (1)$$

式(1)中:  $N$  为预测的共享汽车总量(辆);  $R$  为城市居民人口总量(万人);  $A$  为城市居民人均日出行次数(次·人<sup>-1</sup>·日<sup>-1</sup>);  $P$  为共享汽车所占出行比率;  $D, S, t, v$  分别是共享汽车一次出行的平均行驶距离(km/次)、载人数(人/次)、行驶时间(h)和行驶速度(km/h);  $\delta$  为共享汽车正常运营百分比。以上指标值可采用问卷调查或查阅武汉市综合交通规划资料获取<sup>[13]</sup>。

通过查阅统计年鉴<sup>[14]</sup>和武汉市总体规划<sup>[15]</sup>可知,2020年武汉市区居民人口规模为1 100万人,居民人均日出行次数2.65次,共享汽车出行所占比率为2%,平均行驶距离8km/次,平均载人数2.75人次,平均行驶时间4h,平均行驶速度29.5km/h,共享汽车正常运营的百分比为90%。带入式(1),可估算出2020年武汉市共享汽车总量  $N$  约为16 000辆。

## 1.2 出行方式比例法

出行方式比例法从出行量的角度出发,对共享汽车规模进行预测,如下式:

$$N = \frac{R \cdot A \cdot P}{\beta} \quad (2)$$

式(2)中:  $R$  为城市居民人口规模(万人);  $A$  为城市居民人均日出行次数(次·人<sup>-1</sup>·日<sup>-1</sup>);  $P$  为共享汽车所占出行比率;  $\beta$  是共享汽车日均客运量(次·日<sup>-1</sup>·车<sup>-1</sup>)。

查阅文献<sup>[14-15]</sup>得到  $R, A, P$  的值分别为1 100万人,2.65次/(次·人<sup>-1</sup>·日<sup>-1</sup>)和2%,另外共享汽车日均客运量  $\beta$  为30~40次·日<sup>-1</sup>·车<sup>-1</sup>,带入式(2),计算出共享汽车需求量规模为14580~19430辆。

## 1.3 万人拥有率法

该方法依据武汉市每万人拥有的共享汽车量,结合人口发展规模,预测未来共享汽车数量,如下式:

$$N = R \cdot \alpha \quad (3)$$

式(3)中:  $R$  为城市居民人口规模(万人);  $\alpha$  为万人拥有率(辆/万人)。

为得到2020年武汉市共享汽车万人拥有率,统计国内部分一、二线城市共享汽车规划数据,取平均万人拥有率作为武汉市的指标  $\alpha$ ,然后利用式(3)可计算出共享汽车需求量。各参数及预测结果如表1所示。

表1 基于万人拥有率法的共享汽车总量预测值

城市	北京	上海	广州	武汉
人口总量/万人	2 200	2 500	1 400	1 100
共享汽车总量/辆	25 000	20 000	20 000	12 330
万人拥有率/(辆·万人 <sup>-1</sup> )	11.36	8.00	14.28	11.21

以上分别采用供需平衡法、出行方式比例法和万人拥有率法对2020年武汉市共享汽车总量进行了预测。其中,供需平衡法从城市居民的交通需求出发,基于最新调查数据进行预测,其预测值为16 000辆,结果较为准确;出行方式比例法从宏观角度出发,粗略地估算共享汽车的规模为1 4580~1 9430辆;万人拥有率法通过与其他城市比较,在宏观上揭示了居民对共享汽车的需求量,但未来经济发展和交通结构具有不可调控性,其预测值为12 330辆,结果的准确性相对较差。经综合考虑,选用供需平衡法的预测值16 000辆作为最终2020年武汉市共享汽车的预测总量。

## 2 共享汽车网点选址模型的建立

前文预测2020年武汉市共享汽车总量大致为16 000辆,按照《城市道路公共交通站、场、厂工程设计规范》(CJJ/T 15—2011)<sup>[16]</sup>每辆车应配有1.2~1.5个停车位,假定每个停车网点设45个泊车位,则武汉市停车网点需求量约为427~533个。为方便计算,将建设共享汽车网点的地域范围缩小至武汉市洪山区。如图2所示,洪山区作为武汉市的7个中心城区之一<sup>[14]</sup>,其GDP、面积及人口分别占武汉市的6.7%、6.8%和14.5%。假设武汉市各区的网点需求量仅与GDP、面积及人口三个指标相关,且这三个指标的影响权重相同,均为0.33,据此计算洪山区的网点需求量为40~50个。接下来,对网点选址的基本原则和影响因素进行分析,然后建立洪山区共享汽车网点选址模型,最后采用NSGA II遗传算法进行求解。

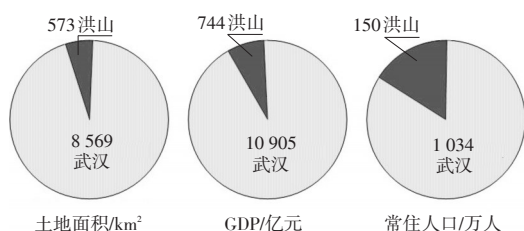


图2 洪山区面积、GDP和人口在武汉市的占比饼图

## 2.1 选址的基本原则与影响因素

共享汽车网点建设是一项规模大、投资高、涉及面广的系统工程。网点一旦建成就很难改变,为使停车网点效益最大化,进行网点布局规划工作时应遵循以下几项原则<sup>[17]</sup>:

(1) 坚持以人为本,提供方便快捷的出行系统,提高居民的出行质量;

(2) 深入分析交通实况和城市总体规划,保证土地资源利用与城市用地相一致,保证网点布局规划与城市总体规划相一致;

(3) 确保可实施性和科学性,既要满足现实需求,又要进行适度的超前规划。

鉴于共享汽车网点选址是受多因素影响的决策过程<sup>[18]</sup>,现分别从出行者、企业、政府三个角度进行考虑。显然,出行者希望停车网点距离出发点最近,以最小的步行代价取车,同时希望停车网点的覆盖率大,可以随时随地还车,因此停车网点一般选择居民区、广场、学校等人口密度较大的地方。企业注重建造成本和利润,希望将停车网点建在地价便宜且用户需求量大的地方。政府则从环保以及交通枢纽协调性角度出发,考虑尾气和噪声的影响,将网点设在远离景区、公园的地方,旨在减少汽车尾气和噪声对城市带来的污染,同时顾及与地铁站、火车站、公交停车场等交通枢纽的协调性。

## 2.2 模型描述及定义

基于以上分析,对选址模型提出如下假设:

假设1: 候选网点仅包含小区、大学、商场、医院、景区、地铁站点和公交停车场7种类型临近地段,且仅包含地理位置、人口密度、地皮单价、污染系数4个属性;

假设2: 各网点之间以欧氏距离近似代替真实距离;

假设3: 同种类型网点的人口密度、地皮单价

和污染系数值应保持一致,但存在小范围内上下波动;

假设4: 网点造价仅为地皮费用,即网点面积乘以地皮单价,其中各网点面积一致,均为100m²;

假设5: 每个网点的服务范围为定值2km;以网点服务范围内需求点总量除以100,即得网点覆盖率。

基于上述假设,可将网点选址的问题描述为:在满足一定约束条件下,从共计 $J$ 个候选网点中选取 $N$ 个网点( $N < J$ )作为需求网点,使得“总造价最少、政府总满意度最大、总覆盖率最广、总距离和最短、满足需求量最大”,具体可用数学公式表示为:

目标函数:

$$\begin{cases} \min f_1 = \sum_{j \in J} y_j \cdot h_j \\ \min f_2 = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} y_j \cdot d_{ij} \\ \max f_3 = 0.01 \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} y_j \cdot x_{ij} \\ \max f_4 = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} y_j \cdot x_{ij} \cdot p_i \\ \max f_5 = \sum_{j \in J} y_j \cdot (\theta_1 \cdot p_j + \theta_2 \cdot \sum_{i \in I, j \in J} 0.01 x_{ij} + \theta_3 \cdot c_j) \end{cases} \quad (4)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \sum_{j \in J} y_j \cdot h_j \leq M \\ N_{\min} \leq \sum_{j \in J} y_j \leq N_{\max} \\ \sum_{i \in I} y_j \cdot x_{ij} \geq 1 \\ y_m \cdot y_n \cdot d_{mn} \leq d_{mn} \\ y_j = \begin{cases} 1 & \text{当 } j \text{ 是网点} \\ 0 & \text{当 } j \text{ 不是网点} \end{cases} \quad \forall j \in J \\ x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当 } d_{ij} \leq d_0 \\ 0 & \text{当 } d_{ij} > d_0 \end{cases} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \end{cases} \quad (5)$$

式(4)、式(5)中: $j$ 为单个候选点, $J$ 为候选点的集合; $i$ 为单个需求点, $I$ 为需求点的集合; $y_j$ 为标识量,若候选点 $j$ 为停车网点,则 $y_j=1$ ,否则 $y_j=0$ ; $x_{ij}$ 为标识量,若候选点 $j$ 能够覆盖需求点 $i$ ,则 $x_{ij}=1$ ,否则 $x_{ij}=0$ ; $p_i, c_j, h_j, d_{ij}$ 分别为需求点 $i$ 的人口密度(人/100m²)、污染度、建造成



本（百万元）及需求点  $i$  到候选点  $j$  的距离（km）； $M$  为总造价上限（百万元）； $N_{\max}, N_{\min}$  为网点数量上、下限； $d_{\min}$  为任意两个网点间的距离下限（km）； $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  分别为人口密度、覆盖密度、污染因素等占政府满意度的权重系数； $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5$  为五个目标函数，其中  $f_1$  表示网点的地皮造价最小， $f_2$  表示网点到需求点的总距离最短， $f_3$  表示覆盖率最大， $f_4$  表示满足需求量最大， $f_5$  表示政府满意度最大。约束条件中， $\sum_{j \in J} y_j \cdot h_j \leq M$  约束表示方案的总造价成本不得高于  $M$ （百万元）； $N_{\min} \leq \sum_{j \in J} y_j \leq N_{\max}$  约束表示网点总量范围； $\sum_{i \in I} y_j \cdot x_{ij} \geq 1$  约束表示每个需求点至少有一个网点为其服务； $y_m \cdot y_n \cdot d_{mn} \leq d_{mn}$  约束表示两个网点之间不能小于一定的距离。

### 2.3 模型求解步骤

上述多目标多约束问题是一个 NP 难问题，常用求解算法有粒子群算法、遗传算法和模拟退火算法等。在本文所建选址模型中，候选点数量庞大且目标函数复杂，为提高运行速度，考虑用改进的 NSGA II 遗传算法进行求解。截至目前，NSGA II 遗传算法在实际优化及调度工程中已得到广泛应用，但在解决选址问题方面的研究很少，本文首次将该算法用于解决共享汽车网点选址问题。该模型的求解步骤如下。

#### (1) 染色体编码

设向量  $L=(y_1, y_2, \dots, y_j)$  表示染色体，其中决策变量  $y_1, y_2, \dots, y_j$  表示候选点是否被选为网点： $y_i=1$  表示该候选点为停车网点； $y_i=0$  表示该候选点不是停车网点。染色体长度和候选点的数量一致，每一个染色体对应一个选址方案。

#### (2) 种群初始化

设初始种群有  $N$  条染色体，其中每条染色体初始化为一个仅包含 0 和 1 的数组序列；遗传代数  $Z$ ；交叉概率为  $p_1$ ；变异概率为  $p_2$ 。

#### (3) 非劣排序

对每个染色体进行解码，计算 5 个目标函数值，两两比较得到非支配解。首先将非支配解划分为等级 1，剔除上述非支配解的个体。然后，

在剩余个体中寻找新的非支配解，划分为等级 2。重复以上操作，直至所有个体均被设定相应等级。

#### (4) 选择、交叉和变异操作

首先对非劣排序后的种群，用转盘式选择的方法产生下一代群体；然后以概率  $p_1$  相互交换某两个个体之间的部分染色体；最后在  $[0,1]$  内生成随机数，当该数小于变异概率  $p_2$  时，对染色体进行变异操作。

#### (5) 精英保留

将产生的子种群和父种群进行合并，对其进行非劣排序，选择前  $N$  条染色体作为下一代的父种群。

#### (6) 终止条件

当迭代次数达到最大遗传代数  $Z$  时，终止迭代。

依据“天地图·武汉”时空信息云平台，找到洪山区所有小区、大学、商场、医院、景区、地铁站点、公交停车场共计 350 个共享汽车候选网点，如图 3 所示。同时根据《武汉统计年鉴 2016》<sup>[14]</sup>，《武汉市城市总体规划》<sup>[15]</sup>，《武汉市中心城区社区布点规划（2012—2020）》<sup>[18]</sup> 等文件，获取每个候选点的人口密度、地皮单价、污染系数等属性。表 2 所示为部分候选点的属性数据。设定选址模型中的参数：总造价成本上限  $M=120$  百万元，网点数量上限  $N_{\max}=40$ 、下限  $N_{\min}=50$ ，网点最小间距  $d_{\min}=4\text{km}$ ，网点最大服务距离为  $2\text{km}$ ， $\theta_1=0.25$ ， $\theta_2=1$ ， $\theta_3=0.5$ 。为了计算距离矩阵  $d_{ij}$ ，需将候选点的经纬度坐标转换为二维平面坐标。表 3 所示为部分候选点到需求点的距离数据。



图3 350个候选点在洪山区的分布图

表2 部分候选点属性表

编号	网点名称	类型	地皮单价 (万元·m <sup>-2</sup> )	人口密度 (人/100m <sup>2</sup> )	覆盖密度 /个	污染指数	需求量 /辆	政府满意度
1	中央花园	1	1.63	10.46	0.90	3	794.45	4.62
2	保利花园	1	1.75	10.04	1.21	3	1 026.43	5.00
3	锦绣龙城	1	1.74	9.22	1.69	3	1 430.19	5.50
4	松涛苑	1	1.79	10.87	1.01	3	894.57	5.01
5	光谷中心	1	1.78	10.18	1.62	3	1 358.70	5.82
6	恒大华府	1	1.74	9.65	0.51	3	422.29	3.53
7	万科城市	1	1.74	11.07	1.34	3	1 127.50	5.71

表3 部分候选点到需求点的距离(单位: km)

需求点	候选网点							
	中央花园	保利花园	锦绣龙城	松涛苑	光谷中心	恒大华府	万科城市	清江山水
中央花园	0.00	9.15	6.57	0.34	7.50	11.82	8.42	7.88
保利花园	9.15	0.00	2.58	8.82	1.66	2.67	0.73	1.27
锦绣龙城	6.57	2.58	0.00	6.24	0.92	5.25	1.85	1.31
松涛苑	0.34	8.82	6.24	0.00	7.16	11.48	8.08	7.54
光谷中心	7.50	1.66	0.92	7.16	0.00	4.32	0.92	0.38
恒大华府	11.82	2.67	5.25	11.48	4.32	0.00	3.40	3.94
万科城市	8.42	0.73	1.85	8.08	0.92	3.40	0.00	0.54
中央花园	7.88	1.27	1.31	7.54	0.38	3.94	0.54	0.00

利用 Matlab R2015 编程实现 NSGA II 遗传算法, 算法中设定种群规模  $N=100$ , 遗传代数  $Z=200$ , 交叉概率  $p_1=0.9$ , 变异概率  $p_2=0.1$ 。经过计算得出 10 组 Pareto 解, 导出每组最优解中  $y_j=1$  的候选点编号, 即为对应的选址方案, 如表 4 所示。

表4 10组选址方案求解结果

方案编号	网点编号序列	网点数量 /个	总造价 /百万元	政府满意度	总覆盖率 (%)	总距离 /km	总需求量 /辆
3	{6 8 13 16 19 23 25 31 34 38 41 43 48 50 51 54 58 60 62 66 68 72 75 77 78 82 84 86 88 91 94 98 102 105 107 110 112 114 116 118 123 125 126 131 133 138 140 143 145}	49	102	66	22	66 239	18 946
36	{3 8 12 13 16 19 25 27 29 34 38 41 44 48 54 57 60 66 67 73 74 76 78 81 83 87 90 92 95 97 100 102 105 107 109 111 113 114 116 122 124 127 128 129 130 134 135 136 139 141 142 144}	52	112	57	21	79 148	17 985
2	{3 5 7 8 13 16 17 19 22 25 29 33 38 40 41 43 48 52 54 58 59 61 62 66 70 73 77 79 83 91 92 95 101 103 108 111 117 118 123 125 127 129 132 135 137 141 145}	47	105	71	20	71 760	17 911
8	{1 3 9 10 12 13 18 25 26 29 31 42 47 48 52 54 55 59 60 63 64 66 72 74 76 79 80 83 84 89 94 96 97 100 102 106 108 112 120 121 124 126 128 131 135 136 141 146 149}	49	103	99	22	65 178	20 416
91	{5 7 8 10 16 19 20 27 32 36 39 44 47 49 51 53 55 57 61 63 67 68 71 77 79 82 86 90 92 94 98 100 103 111 115 116 121 124 126 127 132 135 136 139 140 142 144 146}	48	113	72	21	81 319	17 846
1	{1 7 10 11 14 15 18 19 22 24 29 30 34 37 39 44 46 49 52 56 58 59 61 63 68 71 72 75 78 82 87 91 94 96 100 102 105 107 111 113 114 116 118 120 124 127 128 132 136 139 141 143 147 148}	54	104	79	21	71 497	18 255
4	{3 4 7 12 15 16 22 25 29 33 35 39 40 42 44 48 50 56 59 62 64 67 71 74 78 80 83 85 89 91 94 97 104 109 115 117 118 125 127 129 132 136 137 143 147}	45	105	83	21	71 679	18 293

表4 (续)

方案编号	网点编号序列	网点数量/个	总造价/百万元	政府满意度	总覆盖率(%)	总距离/km	总需求量/辆
100	{5 9 10 15 20 22 26 30 36 38 39 41 43 48 51 52 56 57 59 62 64 67 69 72 74 78 82 84 86 91 92 94 97 101 103 105 107 111 114 117 120 122 124 127 132 136 142 144 146 148}	50	111	77	22	75 441	19 215
	{1 5 7 9 10 14 20 22 26 29 31 36 45 47 49 51 53 58 60 62 66 70 76 78 81 84 85 88 91 95 97 101 107 109 116 119 121 122 126 128 129 131 136 137 141 143 145 147}	48	110	74	22	71 105	19 299
	{2 5 7 9 11 14 17 20 23 31 34 37 39 41 46 47 49 52 56 59 62 64 67 70 71 75 77 79 81 83 86 88 90 92 94 97 100 102 106 108 110 111 115 119 122 124 127 133 136 141 143 144 146 148}	54	111	91	23	75 057	20 532

表6 各选址方案的综合得分

选址方案编号	指标1得分	指标2得分	指标3得分	指标4得分	指标5得分	综合得分
3	88	66	70	87.5	79.5	78.2
36	78	57	65	61.7	69.9	66.3
2	85	71	60	76.5	69.1	72.2
8	87	99	70	89.6	94.2	88.0
91	77	72	65	57.4	68.5	68
1	86	79	65	77	72.6	76
4	85	83	65	76.6	72.9	76.4
100	79	77	70	69.1	82.2	75.4
99	80	74	70	77.8	83	77
98	79	91	75	69.9	95.3	82

由表6可以看出,方案8的综合得分最高,为88.0分,因此作为最终的选址方案。另参照表4,查询该选址方案包含49个网点、方案总造价为103百万元、政府满意度为99分、总覆盖率为22%、总距离为65 178km、满足需求量20 416辆。选址方案各网点在洪山区的分布情况如图4所示。



图4 选址方案各网点在洪山区的分布图

### 3 共享汽车网点选址方案评价

对于采用NSGA II算法求出的10组Pareto解,需要经过评价,从中筛选出最优解作为最终的选址方案。以选址模型的5个目标函数——总造价、政府满意度、总覆盖率、总距离及满足需求量作为评价指标,参照表5所示得分标准,计算各选址方案的综合得分。为简化计算,对每个指标赋予相同的权重0.2,得分结果如表6所示。

表5 指标分类标准

编号	得分标准				
	[0,60)	[60,70)	[70,80)	[80,90)	[90,100)
1	> 130	130 ~ 120	120 ~ 110	110 ~ 100	< 100
2	< 60	60 ~ 70	70 ~ 80	80 ~ 90	> 90
3	< 20	20 ~ 22	22 ~ 24	24 ~ 26	> 26
4	> 80000	80000 ~ 75000	75000 ~ 70000	70000 ~ 65000	< 65000
5	< 17000	17000 ~ 18000	18000 ~ 19000	19000 ~ 20000	> 20000

### 4 结语

本文在共享经济的时代背景下,对交通领域的选址问题展开研究,并以武汉市洪山区共享汽车网点为例加以应用。首先,依据“三步走”发展趋势,考虑城市GDP、人口、政策等因素,预测出共享汽车网点规模。然后,综合考虑网点成本费用、出行距离及覆盖率等因素,建立了一个多目标多约束的选址模型并利用遗传算法进行求解。最后,依据评价体系确定最优解作为选址方案。实例

表明,选址方案结果较为合理有效,该方法具有一定的应用价值。现实中,影响选址的因素较为复杂,本文仅考虑了共享汽车网点的自身属性,没有结合其他现有的公共服务设施;另外,本文采用NSGA II遗传算法求解模型,结果的准确性有待进一步验证,未来将针对选址模型优化和算法求解展开研究。

### 参考文献

- [1] 易观. 中国互联网出行分时租赁市场专题研究报告 2016 [EB/OL]. (2017-01-14) [2017-06-23]. <http://www.useit.com.cn/thread-14423-1-1.html>.
- [2] 罗兰贝格. 2018年中国汽车共享出行市场分析预测报告 [EB/OL]. (2017-03-15) [2017-06-23]. <http://b2b.toocle.com/detail-6388902.html>.
- [3] TORFI F, FARAHANI R Z, MAHDAVI I. Fuzzy MCDM for Weight of Object's Phrase in Location Routing Problem[J]. Applied Mathematical Modelling, 2015, 40(1): 526-541.
- [4] MILORAD V, BRANISLAVA R, NENAD B, et al. A Two-echelon Location-Routing Model for Designing Recycling Logistics Networks with Profit: MILP and Heuristic Approach[J]. Expert Systems with Applications, 2016, 51(C): 34-48.
- [5] RUI B L, FERREIRA C, SANTOS B S. A Simple and Effective Evolutionary Algorithm for the Capacitated Location-routing Problem[J]. Computers & Operations Research, 2016, 70(C): 155-162.
- [6] 付德强, 王旭, 张伟. 基于NSGA-II的应急储备库多目标选址决策模型及算法研究[J]. 运筹与管理, 2014 (4): 64-69.
- [7] 朱广宇, 张文犀, 魏婧, 等. 一种基于Voronoi图的公交站点选址模型研究[J]. 交通运输研究, 2015, 1(3): 25-30.
- [8] 王两全. 福州市区出租车服务网点规划研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [9] 侯帅, 王汉斌, 王亚阳. 基于NSGA-II的煤矿矿区应急救援站选址研究[J]. 中国煤炭, 2015 (12): 115-119.
- [10] 金春良. 基于供需平衡的城市出租汽车数量确定方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [11] 宋金鹏. 出租汽车拥有量确定方法研究述评[J]. 综合运输, 2017 (2): 69-74.
- [12] 刘佳. 城市公共自行车系统需求预测研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.
- [13] 武汉市国土资源和规划局. 武汉市综合交通规划(2009-2020)[R]. 武汉: 武汉市城市综合交通规划设计研究院, 2010.
- [14] 武汉统计局. 武汉统计年鉴2016[M]. 武汉: 中国统计出版社, 2016.
- [15] 武汉市国土资源和规划局. 武汉市城市总体规划(2010-2020)[R]. 武汉: 武汉市城市综合交通规划设计研究院, 2010.
- [16] 武汉市交通科学研究所. 城市道路公共交通站、场、厂工程设计规范: CJJ/T15-2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [17] 武汉市国土资源和规划局. 武汉市城市设计编制与管理技术要素库[R]. 武汉: 武汉市城市综合交通规划设计研究院, 2014.
- [18] 武汉市国土资源和规划局. 武汉市中心城区社区布点规划(2012-2020)[R]. 武汉: 武汉市城市综合交通规划设计研究院, 2013.