

共享单车停车站点选址研究

朱晓杨,干宏程,刘 勇,张沁莞
(上海理工大学 管理学院,上海 200082)

[摘要]为提高共享单车服务质量,建立混合整数线性规划选址模型,实现最小化企业及用户成本的站点选址。模型的目标函数考虑了地租成本和用户步行距离成本;约束条件中考虑了用户心理安全空位数等。利用MATLAB调用CPLEX编程进行仿真模拟,实验结果实现了用户需求在不同站点间的分流。最后提出政策上的整改建议,能够帮助政府和企业更有效地管理共享单车。

[关键词]共享单车;停车站点;站点选址;混合整数线性规划

[中图分类号]F224.0;U484

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2019)06-0074-05

Study on Site Selection of Shared Bicycle Parking Area

Zhu Xiaoyang, Gan Hongcheng, Liu Yong, Zhang Qinwan

(School of Management, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200082, China)

Abstract: In this paper, in order to improve the service quality of the shared bicycles, we established a mixed integer linear programming site selection model to minimize the cost of the shared bicycle enterprises and users. The objective function of the model considered the cost of land lease and the walking distance of the users while the user's psychological safety vacancy was included in the constraint conditions. Next, the CPLEX of MATLAB was used to simulate the model, the result of which succeeded in allotting the users with different demands among different parking points. At the end, relevant suggestions for policy improvement were put forward, aiming to help the government and enterprises to more effectively administer the shared bicycles.

Keywords: shared bicycles; parking points; site selection; mixed integer linear programming

1 引言

近日,共享单车融资热逐渐衰退,ofo的现状足以证明,单凭融资和市场扩张,是不能获得长久稳定发展的。不管是作为代步工具,还是用作传播媒介(APP页面广告),只有庞大的用户量才能保证企业获得丰厚利润。影响用户使用量的最直接因素就是自行车获取的便利性,即用户能否在可接受的范围内获得可使用的自行车。陈传红^[1]通过对市民使用共享单车意愿的影响因素分析,发现自行车的获取便利性正向显著影响潜在用户的使用意愿。这说明,因为某些地段共享单车不易获取,影响了大量有使用意愿的潜在用户。

随着近两年共享单车迅猛扩张,与其相关的文献也逐步多元化。越来越多的文献开始探究共享单

车的融资手段、企业竞争以及发展前景等。Tomita Y^[2]对日本火车站自行车Ekirin-kun进行了调查,发现站点是否易于寻找、开通时间长短、车辆租赁费用对成功企业的运营非常重要。作为可持续交通系统,站点的位置会影响公共自行车系统的成功运营。在选址研究方面,国内外学者一般是建立数学模型,并结合Lingo^[3-6]、图像处理法^[7-9]、聚类算法^[10]以及近似算法^[11]等求解模型最优解。

本文在以往研究的基础上,引入地租和用户心理安全空位数,从用户、企业以及站点容量三个方面来进行共享单车电子围栏的选址研究。以最小化企业日均固定成本和用户日均步行成本为目标,根据高峰期需求量和用户心理安全空位数,选择合适的站点开放。为避免需求被“单一覆盖”^[12],采用混合整数线性规划实现需求分流,并通过MATLAB编程求

[收稿日期]2019-04-02

[作者简介]朱晓杨,女,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向:物流管理。

得模型最优解。

2 模型构建

2.1 问题描述

如图1所示,用户使用共享单车的过程可以简述为如下流程:

- (1)用户产生使用需求;
- (2)用户寻找附近车辆;
- (3)评价车辆距离;
- (4)决定是否使用共享单车;
- (5)执行决定。

决定用户是否使用自行车的影响因素为在一定距离(可接受距离)内是否有可用自行车。若建立共享单车电子围栏站点,站点的位置会决定用户步行的距离。若距离近,企业则需要花费更多成本建设更多设备;若距离远,则会使得用户数量减少。因此,站点位置的选址非常重要。

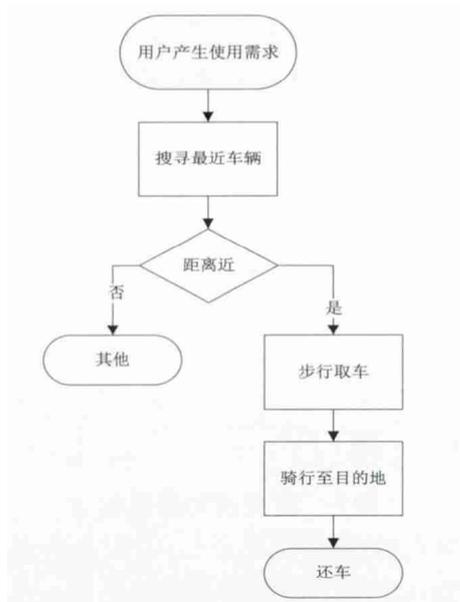


图1 共享单车使用流程图

2.2 选址目标

(1)减少用户步行距离。对于用户来说,最重要的是当他们产生需求时,附近是否有可用车辆、距离是否在可接受程度内以及目的地是否有停车站点,站点内是否有空位。

(2)降低企业固定成本。对于企业来说,设备、

地租等费用是固定的,通过使单个站点需求覆盖最大化能够降低需建立设备的个数,能够减少企业的固定成本。

2.3 模型假设

(1)考虑以上选址目标,在建模时需将用户步行距离成本化,假设用户步行速度为4km/h,时间成本为80元/h,那么步行距离成本为0.02元/m。即用户每多步行1m,步行距离成本增加0.02元;

(2)模型不考虑单车的投放量,假设只要能够满足需求容量的站点开设,站点内可容纳的单车数量就能满足用户对自行车的需求;

(3)商区地段每单个地标设备覆盖面积的地租都为13万元/年,非商区地段每单个地标设备覆盖面积的地租为9万元/年;

(4)假设需求点附近的用户步行至备选站点的距离等于图2中所给的需求点至备选站点的距离;

(5)假设不考虑地标的占地面积。处于中间位置的单个地标设备能够覆盖 $6 \times 2.5\text{m}^2$ 范围内的车辆,每平方米可存放3辆自行车,单个地标设备的射频范围内可容纳45辆自行车^[13]。

2.4 模型建立

根据以上选址目标,以最小用户步行距离成本和企业固定成本为目标,再综合以往的选址模型^[14],建立如下数学模型:

设置:

I 为需求点, $\{i \in I, i=1, 2, \dots\}$;

J 为备选共享单车停车区, $\{j \in J, j=1, 2, \dots\}$;

输入变量:

d_{ij} 表示需求点 i 到共享单车取存点 j 的距离;

y 表示一年的天数;

a_i 表示 i 需求点日平均到达量;

r_i 表示 i 需求点日平均出行量;

a_{im} 表示 i 需求点高峰时段到达量;

r_{im} 表示 i 需求点高峰时段出行量;

θ 表示用户步行距离成本,单位:元/m;

v 为单个存放站点的固定年运维费用;

f 为单个地标设备的固定费用;

w 表示地标设备的使用寿命(年);
 N_j 为 j 存放点设置地标设备的个数;
 S_j 为备选站点 j 处单个地标存取库的年租金;
 T 为单个地标站点的容量;
 ρ 表示用户心理安全空位数,单位:辆;
 U_{Jmin} 表示最小开放站点数量;
 U_{Jmax} 表示最大开放站点数量;
 决策变量:

X_j , 如果未在备选点建立共享单车存取点为 0;
 否则为 1;
 Y_{ij} , 如果需求点未被共享单车存放点覆盖为 0;
 否则为非 0 实数。

两个目标函数:
 企业:

$$Z_1 = \min \frac{1}{y} \sum_{j \in J} (\frac{f}{w} + v + S_j) N_j X_j \quad (1)$$

用户:

$$Z_2 = \min \theta \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (a_i + r_i) \cdot d_{ij} Y_{ij} \quad (2)$$

约束条件:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1, i \in I \quad (3)$$

$$U_{Jmin} \leq \sum_{j \in J} X_j \leq U_{Jmax}, j \in J \quad (4)$$

$$Y_{ij} \leq X_j, i \in I, j \in J \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} Y_{ij} \cdot |a_{im} - r_{im}|_{max} + \rho \leq T \cdot N_j \cdot X_j \leq \sum_{i \in I} Y_{ij} \cdot |a_{im} - r_{im}|_{max} + \rho', \forall j \in J \quad (6)$$

$$X_j \in \{0, 1\}, j \in J \quad (7)$$

$$Y_{ij} \in [0, 1], i \in I, j \in J, Y_{ij} \in R \quad (8)$$

目标函数式(1)是最小化企业设置共享单车存放站点的地标设备的数量以及固定运行维护费用,成本中考虑不同地段的地租,目的是降低企业的日均固定成本。目标函数式(2)为使得用户从需求点到共享单车站点之间的日均步行距离成本最小,该目标函数已将步行距离成本化。

约束条件(3)和(8)确保每个需求点都能被至少一个取存站点覆盖;式(4)限制开放的取存点数量;式(5)确保了只有在备选点建设开放之后需求点才能被站点覆盖;式(6)是为了确保任意开放的站点的

容量可满足被其覆盖需求点的最高需求量,根据以往研究,站点的空余位置必须至少占 25%,因此,本文将用户心理安全空位数 ρ 设为 15,其中 ρ' 为 $2(T-\rho)-1$ 是为了确保当站点容量不足 15 时,多设立一个地标设备,以保证用户的正常使用以及适应未来短时间内的用户增长^[9];式(7) X_j 为 0 和 1 两个数值,表示站点建立或者不建立。

3 模型证明

3.1 实验场景

实验选取上海杨浦区五角场附件地段进行模拟。据统计,共享单车主要有三类用户:上班族、学生、旅游者。该地区有学校、住宅、商区、车站等基础设施,故该地区的研究具有一般普遍性。如图 2 所示,该片区域的用地功能用黑色虚线划分为 9 块, D1-D5 分别代表其土地功能, D1 区块为校园, D2 表示住宅区, D3 为公交车站, D4 为地铁口, D5 为商圈。图 2 中标注了 9 个需求点(圆点 $i1-i9$), 围绕需求点(I), 随机生成 15 个不同容量的备选共享单车地标电子围栏 J(圆点 $j1-j15$)。

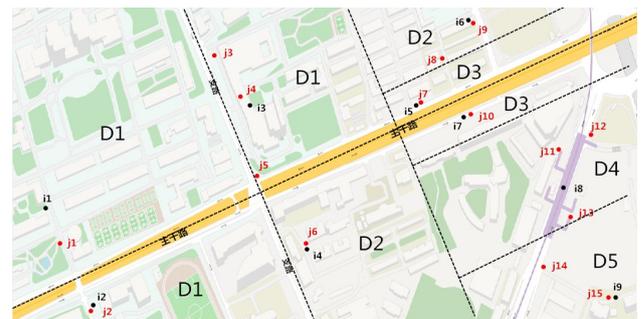


图 2 需求点和备选站点

需求点(I)到备选站点(J)的距离见表 1,行为 9 个需求点($i1-i9$),列为 15 个备选站点($j1-j15$)。例如,表中 $i4, j5$ 对应的元素 265,表示需求点 $i4$ 到备选站点 $j5$ 间的距离为 265m。

3.2 实验结果

现有的研究表明,共享单车站点与重要需求点间的距离应该在 300-500m 范围内,为保证能够发掘更多潜在需求,本文将用户可接受的最大距离设为 300m。根据上一部分建立的模型,利用 MATLAB 编

表1 需求点至备选站点的距离(m)

| | j1 | j2 | j3 | j4 | j5 | j6 | j7 | j8 | j9 | j10 | j11 | j12 | j13 | j14 | j15 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| i1 | 109 | 323 | 714 | 733 | 727 | 894 | 1314 | 1416 | 1546 | 1474 | 1759 | 1873 | 1792 | 1707 | 1937 |
| i2 | 205 | 18 | 804 | 764 | 664 | 746 | 1251 | 1373 | 1513 | 1393 | 1646 | 1763 | 1648 | 1541 | 1760 |
| i3 | 725 | 786 | 184 | 41 | 196 | 426 | 584 | 669 | 795 | 754 | 1061 | 1167 | 1137 | 1097 | 1334 |
| i4 | 843 | 757 | 622 | 479 | 265 | 17 | 562 | 701 | 844 | 672 | 903 | 1020 | 904 | 809 | 1038 |
| i5 | 1275 | 1247 | 703 | 600 | 577 | 536 | 18 | 157 | 299 | 188 | 501 | 602 | 610 | 623 | 844 |
| i6 | 1525 | 1519 | 873 | 806 | 840 | 829 | 279 | 138 | 18 | 260 | 471 | 524 | 645 | 728 | 903 |
| i7 | 1422 | 1381 | 868 | 764 | 724 | 641 | 151 | 178 | 261 | 26 | 336 | 437 | 457 | 495 | 702 |
| i8 | 1726 | 1649 | 1246 | 1131 | 1046 | 892 | 540 | 546 | 549 | 376 | 107 | 174 | 85 | 229 | 340 |
| i9 | 1903 | 1792 | 1524 | 1396 | 1270 | 1068 | 856 | 887 | 900 | 708 | 453 | 457 | 270 | 261 | 24 |

程,调用CPLEX混合整数线性规划进行求解,模拟结果如图3所示。五角星表示从15个备选站点中选出适合建立的7个站点。



图3 开设的站点

各个需求点的需求与站点间的分配见表2,站点状态表示是否开设列对应站点,1代表开设,0表示不开设。j1-j15为15个备选站点,i1-i9代表9需求点,非0数字表示该行对应需求点的需求量被其列所对应的站点满足的比例,1表示全部满足,而0表示未被满足。

表2 站点和需求点的分配

| | j1 | j2 | j3 | j4 | j5 | j6 | j7 | j8 | j9 | j10 | j11 | j12 | j13 | j14 | j15 |
|------|--------|--------|----|----|----|----|--------|----|----|--------|-----|-----|--------|-----|--------|
| 站点状态 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| i1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i2 | 0.0816 | 0.9184 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3824 | 0 | 0 | 0.6176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| i8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| i9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1346 | 0 | 0.8654 |

实验结果中,i1-i9对应行元素之和都为1,即每一个需求点的需求都被所开设的站点全部满足。例如,站点状态、i1与j1对应元素都为1,表示站点j1开放,需求点i1的全部需求量能够被站点j1满足。i2和j1对应元素0.0816,表示j1站点开放后能够满足

i2需求点8.16%左右的需求量。j2的站点状态为1,i2和j2对应元素0.9184,表示站点2开放,并且能够满足i2需求点91.84%左右的需求量。因此,i2需求点的用户可以选择使用j1或者j2站点。实验结果显示,该片区域内用户日平均步行成本为2248元,企业日平均运营成本(不包含自行车成本)为3963元。

3.3 政策建议

当地政府与企业积极沟通,出台一系列应对政策,携手建设“自行车友好城市”。例如,在市区内建立共享单车地标电子围栏,划定禁停区,推行黑名单制度。将车违规停放在禁停区内的用户划入黑名单,并禁止其再次使用共享单车。另外,共享单车企业为竞争市场,投放大量自行车,造成车辆冗余。政府应限制共享单车企业进入门槛,严格控制企业的单车市场投放量,鼓励共享单车企业走出去。

企业间形成良性合作竞争关系,最大程度发挥共享单车的便民优势。在自行车投入市场后,企业的主要花销在运行和维护上。建立电子围栏并不会影响企业的市场竞争力,能否即时合理地调度车辆才是企业成功的关键。企业需要统计出各站点每天需求的变化规律,及时对车辆进行调度,满足用户需求。为使得电子围栏被广泛采纳,可在手机APP上显示电子围栏的位置和状态。如:站点容量、已被占用的车位、自行车数量、损坏率以及未来短时间内的变化趋势等信息。

4 结语

共享单车仅依靠融资扩张抢占市场的时代已经过去,要占据稳固的共享单车市场,需要高效的运营管理方法。本文创造性地引入了地租和用户心理安全空位数量。对于用户而言,站点内是否有足够的空余停车位会影响他们对自行车的正常使用。但是,空余车位太多,会造成企业资源浪费;停车位太少,用户会担心自己到达站点时车位已被抢空。另外,增加地标向导或者APP定位导航能够帮助用户寻找车辆站点。如果共享单车建立了专门停放区域,使得车辆运作更加规范,就能减少用户使用时的

不确定影响因素,从而帮助企业提升服务,提高市场竞争力,以最小的成本实现服务最大化。

未来可在校园、住宅区、地铁站等区域建立专门停车区域,企业即时进行车辆运行维护以及调度,保证各时段内用户对车辆的获得率。本文设想的环境较为理想,未考虑投放量以及其它外部影响因素,如果考虑自行车投放量还需要考虑车辆流动、调度以及竞争者投放量等因素。未来的研究如果能够加入进投放数量、车辆调度时间、调度点位置以及实际需求弹性等,会使得研究更加全面合理。

[参考文献]

[1]陈传红,李雪燕.市民共享单车使用意愿的影响因素研究[J].管理学报,2018,15(11):1 601-1 610.
 [2]Tomita Y,Nakayama A.Demand and cost structure analyses on Japanese successful bicycle sharing system called “Ekirin-kun” to install cycle ports at railway stations[J].Transportation Research Procedia,2017,25:3 412-3 420.
 [3]Hu S R,Liu C T.An optimal location model for a bicycle sharing program with truck dispatching consideration[A].ITSC[C].2014.
 [4]Duan C-Y,Hu D-W,Chen X.Optimizing the layout of bike-sharing rental stations based on the hierarchical model[A].CICTP[C].2016.
 [5]Chen Q,Sun T.A model for the layout of bike stations in public bike-sharing systems[J].Advanced Transportation,2015,49

(8):884-900.
 [6]Jenn-Rong Lin,Ta-Hui Yang.Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints[J].Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review, 2011,47(2):284-294.
 [7]García-Palomares J C,Gutiérrez J,Latorre M.Optimizing the location of stations in bike-sharing programs:A GIS approach[J].Applied Geography,2012,35(1-2):235-246.
 [8]Frade I,Ribeiro A.Bike-sharing stations:A maximal covering location approach[J].Transportation Research Part A:Policy and Practice,2015,82:216-227.
 [9]耿雪,田凯,张宇,等.巴黎公共自行车租赁点规划设计[J].城市轨道交通,2009,7(4):21-29,77.
 [10]Guo T,Zhang P,Shao F,et al.Allocation optimization of bicycle-sharing stations at scenic spots[J].Journal of Central South University,2014,21(8):3 396-3 403.
 [11]Ling-Chieh Kung,Wei-Hung Liao.An approximation algorithm for a competitive facility location problem with network effects[J].European Journal of Operational Research, 2018,267(1):176-186.
 [12]刘慧,杨超,张宗祥.基于选址效益的联合覆盖模型研究[J].运筹与管理,2017,26(5):95-101.
 [13]刘虎,陈伟.基于智能终端的共享单车电子围栏系统[J].电子技术与软件工程,2018,(6):122-123.
 [14]Alireza Boloori Arabani,Reza Zanjirani Farahani.Facility location dynamics:An overview of classification and applications[J].Computers& Industrial Engineering,2012,62(1):408-420.

(上接第39页)

表2 应届毕业生求职的主要渠道

| 选项 | 小计 | 比例 |
|----------|-----|--------|
| A、学校招聘会 | 49 | 30.82% |
| B、政府招聘会 | 0 | 0% |
| C、人才市场 | 5 | 3.14% |
| D、招聘网站 | 98 | 61.64% |
| E、学校发布信息 | 4 | 2.52% |
| F、自主创业 | 3 | 1.89% |
| 本题有效填写人次 | 159 | |

有32名同学在调查的时点前已经有了离职经历,而对我们给出的离职原因选项,只有不到一半的同学选择了待遇不满意,87.5%的同学选择了离职是因为在工作中有压抑感,而针对工作中压抑感的来源分析,最主要的是企业办公文化。在对毕业生的访谈中,很多同学表达了对弹性工作时间的向往,在交通

拥堵严重的大中型城市,早上上班的时间限制了很多同学对工作的选择,如果能够将工作时间延后一个小时将大大节约上班途中的交通时间;在对没有离职的同学的访谈中,有很多人表达了对企业文化的认可,企业领导人的魅力也是吸引年轻人留下的重要原因,有活力能变通的年轻经理能够更好的引导和鼓励新进员工,也能够更好的带领团队应对正在经历快速变化的行业。

[参考文献]

[1]余绍军,吴向东,刘灵犀.我国物流人才需求现状调查与分析[J].中国管理信息化,2010,(5).
 [2]魏庄品.基于现代学徒制的冷链物流人才培养模式研究[J].物流技术,2019,(2).
 [3]孙元花.“一带一路”背景下物流管理专业人才培养探讨[J].大陆桥视野,2019,(2).