

共享单车的分配与调度

摘要

共享单车的出现与迅猛发展为人民的生活带来十分大的便利，在人们的生活中到处都有着共享单车的身影。但是在我国城市共享单车的资源配置存在着不合理性，由此引申出的关于共享单车的分配与调度问题值得我们深入探究。本文根据题目初步解决了共享单车的分配与调度问题。

第（1）问要求给出合理的指标来分析不同时空的共享单车资源的需求量。我们在参考“定桩公共自行车”的调度问题下，定义了新的“区域桩”概念，将一个范围内的自行车简化为一个定点。在我们收集到的数据中的经纬度的基础上，利用 K-means 聚类将“区域桩”的范围界定出来，并根据一些人的心理常识筛选错误的聚类点。并定义每一个小时为一个时间段，在这种情况下考虑自行车的时空分布。对于指标问题，则是定义了需求系数 K 来表示某区域某时间段的共享单车资源需求量。

第（2）问则要求我们给出不同地区的共享单车的分配方法，使得共享单车的数目能够趋于稳定性。由于共享单车的使用是一种“随机性”的过程，于是利用在“区域桩”范围内的数据，运用具有马尔科夫性的“生灭过程”分析，将空闲的共享单车当做“生”的过程，使用中的共享单车当做“灭”的过程，来计算得到一天内一个“区域桩”内合理的共享单车数目，从而达到对于区域的共享单车资源的分配。

第（3）问要求我们设计一个合理的共享单车的调度方案。我们共享单车的调度问题归类于 VRP 问题，这是 TSP 问题的一个特例。我们先取第（2）问中聚类结果的每一类的聚类中心作为代表“区域桩”的定点——“区域桩点”。使用历史数据和 BP 神经网络算法来预测未来一段时间的“区域桩”需求量，并以区域桩点作为节点，建立以“粒子群算法”作为计算方式的解决 VRP 问题的规划模型，以数据为基础给出合理的调度方案，实现了调度车辆数量和调度时间最短的两个目的。

第（4）问我们参考摩拜单车与 OFO 的经营方式，给出了更加合理而高效的经营方式，并成功论证其合理性。

关键词：共享单车、“区域桩”、K-means 聚类、“生灭过程”、BP 神经网络算法、VRP 问题、粒子群算法

一、 问题重述

共享经济给人们的工作和生活带来了前所未有的便利，极大地提升了消费体验和资源的使用效率。随着共享经济的到来，共享单车在我国发展迅速，在很大程度上方便了人们的出行，共享单车目前已经成为居民出行的重要交通工具之一。目前，我国城市共享单车资源配置还存在一定的不合理性，请基于我国共享单车行业现状，搜集相关数据，回答以下问题：

- (1) 建立合理的指标，分析不同时空共享单车资源的需求量。
- (2) 给出不同地区共享单车的分配方法，使得共享单车的数量能够趋于合理性。
- (3) 依据以上问题的研究成果，尝试建立适当的数学模型，设计出共享单车的调度方案。
- (4) 如果你是某家共享单车公司的主要负责人，请你设计出一套合理的经营方案，并论证其合理性。

二、 问题的分析

我们采集到的数据包括共享单车租借时间、出发点、目的地还有使用时间的数据。

现在学术界中对于公共自行车的分配与调度问题一般几种于定桩公共自行车的讨论，也就是具有固定停车点的公共自行车。那么对于非定桩的公共自行车，也就是题中的共享单车，我们就需要使用“划归”的思想，将一个区域内的共享单车当做一个点的共享的单车，进而将非定桩公共自行车的问题转化为定桩公共自行车的问题。

于是在第(1)问中我们就提出了“区域桩”的定义，并给出了“区域桩”的划分方式，并用 **k-means** 聚类方法，在我们收集到的数据的基础上，将每个“区域桩”划分出来。并根据人们的心理常识——太短的路程不会采用自行车出行的方式，筛除了一部分“区域桩”。从而将非定桩公共自行车的问题转化为定桩公共自行车的问题。并给出以每一个小时为时间节点的划分方式，运用非定桩自行车的解决思路，通过比例法定义出需求系数 K 来表示某区域某时间段的共享单车资源需求量。

在第(2)问中，考虑到共享单车的使用是一种“随机性”的过程，于是运用具有马尔科夫性的“生灭过程”分析，将使用中的共享单车和空闲的共享单车看成“生、“灭”两种状态，导出微分方程来计算出每个“区域桩”内合理的共享单车资源分配数目。

第（3）问在前面的转化下，自然而然的成为一个典型的 VRP 问题，这是 TSP 问题的一个特例。选取聚类中心作为代表“区域桩”的定点，建立起具有约束条件和目标函数的规划问题。显然这是个 NP-Hard 问题，需要借助“蚁群算法”才能够较为迅速的得出结果。

第（4）问我们探讨了经营、营销手段等问题，并结合摩拜单车和 OFO 的经营方式，给出了更加合理而高效的经营方式，并成功论证其合理性。

三、 模型假设

1. 收集到的数据真实可靠。
2. 调度过程中不考虑道路拥挤的可能性。
3. 调度过程中不考虑街道的曲折，仅使用直线距离作为两点的距离。

四、 符号与约定

序号	符号	含义
1	A_i	“区域桩” i
2	$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$	待聚类数据集
3	k	聚类数目
4	$Z_j(I)$	聚类中心、“区域桩” i 的“区域桩点” i
5	$D(x_i, Z_j(I))$	$Z_j(I)$ 与数据集中数据的欧氏距离
6	K	需求系数
7	N	区域内总共享单车数量
8	α_i	加权系数
9	P	停车点的集合
10	K 为	使用的车辆数
11	T	站点之间所需要花的时间
12	n	停车场的数量

五、模型的建立和求解

5.1 问题一模型的建立与求解

5.1.1 “区域桩”的定义

“区域桩”是为了将非定桩公共自行车问题转化为定桩公共自行车问题所提出的转化概念，一般是基于心理学常识。一般人们如果出发地和终点地相距太远或者是太近，都不会选择使用自行车这种交通工具：因为太短的距离步行即可，太长的具体自行车也不能快速地到达，不如选择出租车或公交车。

于是就有了一下定义：“区域桩”是一个区域，这个区域的边界与区域中心的距离，必须大于人们在出行时恰好会放弃步行选择自行车的最短出发地和目的地之间距离，但是又远小于放弃自行车而选择出租车或公交车的距离。

“区域桩” i 被记作 A_i 。

5.1.2 K-means 算法与“区域桩”的划分

K-means 算法是一种聚类算法，他能将数据集中的数据以欧氏距离的大小分成给定种类的数据集。

假定我们要进行聚类的对象一共有 n 个，构成一个样本数据集

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。我们的目标是将这 n 个对象分为 k 个类。具体算法步骤如下：

①先把原始数据输入进去，为 k 个聚类选取 k 个初始聚类中心，每个聚类中心记为 $Z_j(I)$ ， $j=1, 2, \dots, k$ 。

②计算数据集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 中每个数据与聚类中心的距离 $D(x_i, Z_j(I))$ ， $i=1, 2, \dots, n$ ， $j=1, 2, \dots, k$ 。现在做出如下判定：如果

$D(x_i, Z_t(I)) = \min_{j=1, 2, \dots, k} \{D(x_i, Z_j(I))\}$ ，则 $x_i \in \omega_c$ 。

③将每个聚类中的样本均值作为 k 个新的聚类中心，即

$$Z_j(I+1) = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} x_k^j, \quad j=1, 2, \dots, k。$$

④现在再做一次判定，若 $Z_j(I+1) \neq Z_j(I)$ ， $j=1,2,\dots,k$ ，则 $I=I+1$ ，返回第②步；否则算法结束。

⑤最后得到的 k 个聚类中心就是我们想要的聚类结果。

对于我们采集到的数据，包含有出发地点和目的地的经纬度数据。利用这些数据做聚类分析，则可以初步划分出“区域桩”的分布。

接着我们需要筛除一些无效的区域桩，筛除条件如下：

$$\forall i,j, D(Z_i(I), Z_j(I)) > 1$$

即两个聚类中心（“区域桩点”）之间的距离必须大于人们在出行时恰好会放弃步行选择自行车的最短出发地和目的地之间距离——1km。

5.1.3 “区域桩”的划分结果

通过上述的算法和采集到的数据，我们可以得到我们采集到的数据的“区域桩”有 6 个，如下图所示。聚类中心（“区域桩点”）坐标数据由表 1 给出，经过取整处理。

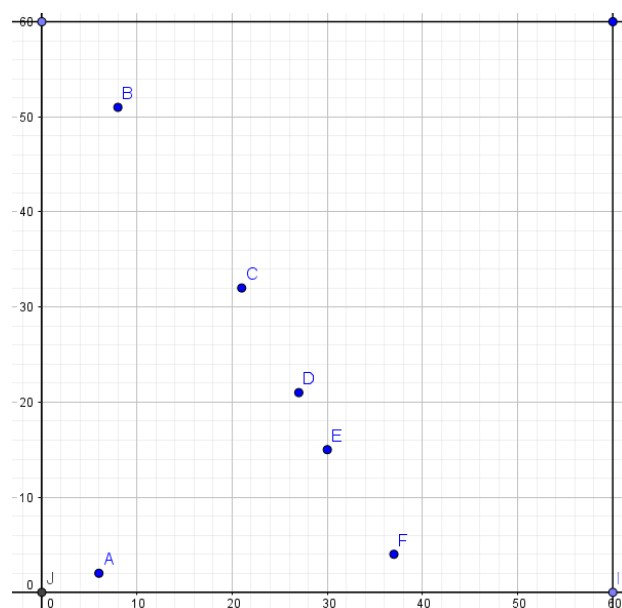


图 1 “区域桩”划分结果

表 1 聚类中心（“区域桩点”）坐标数据（取整处理）

聚类中心（“区域桩点”）	坐标
A	(6, 2)
B	(8, 51)
C	(21, 32)
D	(27, 21)
E	(30, 15)
F	(37, 4)

5.1.4 时间间隔划定

我们以每一个小时为时间间隔，这样一来数据较大，较为方便计算，也更容易展示结果。

5.1.4 各时段各“区域桩”的使用共享单车需求系数 K

各时段各“区域桩”的使用共享单车需求系数 K 是指各时段的累积接车次数与全天总接车次数的比值，计算方法如下：错误!未找到引用源。

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n L_n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m L_{ij}}$$

式子中，L 表示为接车数量，m 为“区域桩”数量，n 为时间段总数。我们就用这个需求函数 K 来衡量不同时空的共享单车的需求量问题。

5.2 问题二的模型建立与求解

5.2.1 “生灭过程”的构建^[2]

选取某个“区域桩”的来观察。在共享单车运行的过程中，共享单车处于两个状态；要么处于空闲阶段，要么就是正在使用中。将共享单车从正在使用中变为空闲状态设定为“生”状态，放过来就是“死”状态。如果在一定的时间后，事件发生的概率湘桂稳定，那么整个共享单车系统就会达到一种稳定状态。

假设 $A(t)$ 是表示在 t 时间内处于空闲状态的共享单车数量，在有限状态 i 中具有“出生率”和“死亡率”的概念。 m 表示 $A(t)$ 过程的状态数，则 $i = 1, 2, \dots, m$ 。

设该“区域桩”的共享单车系统中的自行车数量为 N ，那么就定义在 t 时间处于使用状态下的共享单车数量 $B(t) = N - A(t)$ 。当 t 时间内处于空闲状态的共享单车数量为 n 时，则有概念：

出生率： $a_n = a(N - n)$ ；死亡率： $b_n = b * n$ ； $n = 1, 2, \dots, m$ 。

式子中， a_n 表示共享单车由使用状态到空闲状态的速率； b_n 表示共享单车由空闲状态到使用状态的速率； a 表示租用共享单车的间隔时间（h）； b 表示使用的平均时间（h）。

“生灭过程”是一个随机过程它具有马尔科夫性。假设从 i 状态到 j 状态的转移概率矩阵 $\{P_{ij}(t)\}$ 是稳定的，那么对于共享单车系统的初始时刻 s ，则有：

$$\begin{cases} P_{ij}(t) = P\{A(t+s) = j | A(s) = i\}, s > 0 \\ \frac{dP_{i0}}{dt} = -a_0 P_{i0}(t) + b_1 P_{i1}(t) \\ \frac{dP_{ij}}{dt} = a_{j-1} P_{i, j-1}(t) - (a_j + b_j) P_{ij}(t) + b_{j+1} P_{i, j+1}(t) \end{cases}$$

当共享单车系统趋于稳定在状态 j 时的概率是 P_j ，则状态转移矩阵的极限值就为 P_j 。结合二项式定理和概率的基本性质可以推出 P_j 为二项分布，那么由二项分布的期望值公式则有： $E(A) = \frac{aN}{a+b}$ ， $E(B) = \frac{bN}{a+b}$ 。

由上面的推导我们可以得出，某个“区域桩”的空闲状态和使用状态的共享单车仅与共享单车总量 N 、租用共享单车的间隔时间 a 、使用的平均时间 b 有关。

5.2.3 各“区域桩”的共享单车资源分配

通过上面的分析分析，我们选取 $E(B)$ 作为我们各“区域桩”的共享单车资源分配数额。

我们在处理数据的时候，有一点需要注意，如果某一单共享单车租借记录跨过了 n 个“区域桩”，那么他的服务时间同样要均分成 n 份，加到 n 个不同的“区域桩”的数据上。

在通过计算后，我们得到以下分配结果，用区域总车数的百分比表示。

表 2 各“区域桩”的共享单车资源分配

“区域桩”	共享单车资源分配
A	23%
B	27%
C	23%
D	15%
E	9%
F	13%

5.3 问题三的模型建立与求解

5.3.1 问题的分析

关于共享单车的调度问题，显然是 VRP 问题，这是 TP 问题中的一种特殊情况。VRP 的定义是^{【3】}一直存在一些有调度需求的点，这些点可以表示各种各样的东西，如何规划合理的车辆配送形式路径，使得在完成调度任务、不超过调度单车容量范围以及时间要切等一系列约束下，从中心店出发，按照规划的路线顺序服务个点，最后回到中心，达到行程总距离最小、形成总时间最短等目标。

我们要完成这个调度任务的设计，就必须提前预知未来一定时间各个“区域桩”的需求量，这一步我们决定用 BP 神经网络来实现。在得到未来的预测数据之后，我们就用规划问题的方式来解决题中出现的 VRP 问题。

5.3.2 BP 神经网络与数据预测

神经网络是具有适应性的简单单元组成的广泛并行互连网络，他的组织能够模拟生物神经系统对于真实世界物体所做出的交互反应。训练神经算法有大量的方式，其中误差逆传播（BP）是一个较为优秀的方法。

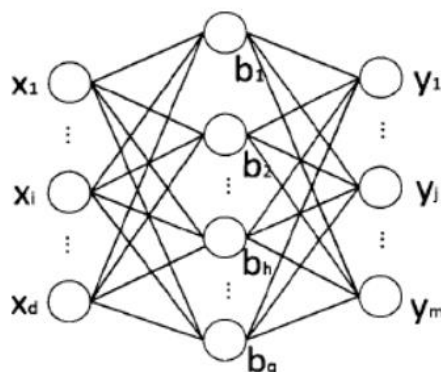


图 2 一个三层的神经网络

神经网络一般分为输入层、隐含层、输出层三个层，同层不发生谅解，不同层相互连接。在本题中，输入层数据选择的是要预测的“区域桩”的该时刻的历史数据和当天与该“区域桩”相邻的其他“区域桩”的接近的时刻的租赁共享单车和归还共享单车的数据，输出层要得到的是我们想要预测所得的数据。

这一次我们采用的是用 17 年 9 月 11-15 号的数据预测 16 号的数据，以“区域桩”C 为例，可以列出下边的关系“”

表 3 本题神经网络的输入层与输出层

输入层	输出层
17/9/11 13:00-14:00 C 租借/归还	17/9/16 14:00-15:00 C 租借/归还
17/9/12 13:00-14:00 C 租借/归还	
17/9/13 13:00-14:00 C 租借/归还	
17/9/14 13:00-14:00 C 租借/归还	
17/9/15 13:00-14:00 C 租借/归还	
17/9/16 13:00-14:45 B 租借/租借	
17/9/16 13:00-14:45 E 租借/租借	

在神经网络的构造时，我们设置隐含层为三层，学习率为 0.1. 使用 Matlab 自带的神经网络工具实现对于数据的预测。得到以下结果。

表 4 BP 神经网络预测 17/9/16 日 14:00-15:00 租还车数据的结果

“区域桩”	租借	归还
A	207	212
B	387	375
C	164	168
D	107	298
E	98	115
F	140	351

5.3.3 VRP 问题的解法与“粒子群算法”

在引文【3】中给出了一种 VRP 问题的调度时间和调度车辆数最少的规划模型【3】：

$$\min z = \alpha_1 \cdot K + \alpha_2 \cdot \left(\sum_{i \in S} st_i + \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} \sum_{k=1}^K T_{ij} \cdot x_{ij}^k + \sum_{i \in P} \sum_{j \in S} \sum_{k=1}^K T_{ij} \cdot x_{ij}^k + \sum_{i \in S} \sum_{j \in P} \sum_{k=1}^K T_{ij} \cdot x_{ij}^k \right)$$

s.t.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j \in S} x_{ij}^k = 1, \quad i \in S \cup P$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in S} x_{ij}^k = 1, \quad j \in S \cup P$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in S} x_{ij}^k \cdot \sum_{i \in S} \sum_{j \in P} x_{ij}^k = 1, \quad k=1, \dots, K$$

$$\sum_{j \in S \cup P} x_{ij}^k - \sum_{v \in S \cup P} x_{vi}^k = 0, \quad i \in S, k=1, \dots, K$$

$$0 \leq q_{ik} \leq Q_k, \quad i \in S$$

$$x_{ij}^k \cdot (q_{ik} + q_i) = x_{ij}^k \cdot q_{jk}, \quad i \in S, j \in S$$

$$\sum_{i \in SC} \sum_{j \in SC} x_{ij}^k \leq |SC| - 1, \quad SC \in S$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad i, j \in S \cup P, k=1, \dots, K$$

其中， α_i 为加权系数、P 为停车点的集合，K 为使用的车辆数，Q 为车辆的载重量，T 为站点之间所需要花的时间、n 为停车场的数量。

这是一个混合整数规划模型，显然这是一个 NP-Hard 问题，如果采用精确算法是难以在有限的时间内获得正确答案。于是我们考虑使用 PSO 粒子群算法来进行求解。

粒子群是模拟群鸟觅食的模型，它在寻找全局最优的应用上具有十分广泛的作用。在群鸟觅食的模型中。我们把每一只鸟儿都看作一个粒子，那么整个鸟群可以被看成一个粒子群。设在某一个 D 维的目标搜索空间中，有 m 个粒子所组成的粒子群，其中第 i ($i=1,2, \dots, m$) 个粒子正处于位置 $x_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^D)$ ，这个位置可能正好是一个最优解，将 X_i 带入目标函数就可以得出其适应值，通过适应值的大小可以判断出这个位置的优劣。假设个体粒子经过的最好位置是 $P_i = (p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^D)$ ，整体粒子群所经过最好的位置是 $P_g = (p_g^1, p_g^2, \dots, p_g^D)$ 。第 i 粒子的速度记为

$$S_i = (s_i^1, s_i^2, \dots, s_i^D)。$$

在粒子群算法运行中，用以下公式对粒子的位置进行不断的更新：

$$s_i^d = \omega s_i^d + c_1 r_1 (p_i^d - x_i^d) + c_2 r_2 (p_g^d - x_i^d)$$

$$x_i^d = x_i^d + \alpha s_i^d$$

其中， $i=1, 2, \dots, m$ ； $d=1,2, \dots, D$ ；惯性因子 $\omega \geq 0$ ；加速常数 $c_1, c_2 \geq 0$ ；

r_1, r_2 是在 $[0,1]$ 内变化的随机数；约束因子 α 控制速度的权重。；

$s_i^d \in [-s_{\max}^d, s_{\max}^d]$ ，表明粒子的速度被最大速度做限制，这个最大速度可以人为设定。最后，粒子群位置的改变，也即迭代次数可以被人为设定。

5.3.4 问题四模型求解

为了满足上述混合整数规划的要求，我们加入一些条件：调度车的时速为 60KM/H，最大载重为 50 辆共享单车。以 A 点为中心点。

通过编程得到的最佳调度路线是 A-F-E-D-C-B-A.

但是怎样调度，在每个“区域桩”上的操作没有实现编程成功。

5.4 问题四的求解

如果我是一家共享单车的经理，我会比如 OfO 和摩拜单车虽然同样都是做单车共享，但实际上两者在最初的市场定位是有明显的差异的，导致产品方案的巨大差异

摩拜单车一开始就定位于开放市场，充分的考虑到了环境的复杂程度，人性的复杂程度，以及用户的核心痛点。因此提供产品的解决方案也主要是围绕开放市场的定位来量身打造的。

开放市场的几个特点：

1. 空间范围大：很难在短时间形成网络效应。初期车辆供应数量少的情况下如何让用户容易快速找到车辆；
2. 环境路况复杂：不确定用户会在什么样的路况和环境中使用，极容易导致车辆损坏；
3. 用户使用场景多：开放市场的用户群体广，主要围绕哪个人群和场景展开，以及在什么地方进行车辆的投放是个问题
4. 车辆停放地点如何规范：开放市场自行车应该停放在什么位置，如果按照传统政府类似的思路去做肯定没戏，如果用户全部随意停放，是否会带来政府监管的风险。

但开放市场下人性的问题就不可能不重视比如车辆丢失或者私藏上私锁等。不光如此车身本身的问题，自行车易损坏的几个点：车胎被扎、链条断裂；也是不容忽视。

基于以上问题点，摩拜一代提供的解决方案如下：

1. 首先解决车辆质量的问题。

如果车辆已损坏，导致后续无法持续性经营，就算用户规模再大也只会带来源源不断的亏损，无法实现正向盈利。因此产品的质量问题是重中之重。因此，在产品阶段做了防爆轮胎，轴传动等手段，使其坚固耐用，进而降低维护成本。

2. 解决用户如何容易找到车辆的问题。

通过车身锁内集成了嵌入式芯片，GPS 模块和 SIM 卡，随时监控自行车在路上的具体位置。车辆投放到市场，不仅解决用户如何找到，还要解决如何进行运营和维护的问题。如果车辆无法被定位，且又无固定停车点情况，那很可能就是石沉大海。有了 GPS 一辆车在地图上就是一个点，也能形成供需关系。如果没有 GPS 就必须高密度覆盖的情况下才能形成有效的供需关系，ofo 就存在这样的问题。

3. 无桩共享，随停随取。解决了用户最大的问题。

4. 车辆投放问题：初期围绕白领用户展开，这些人群新鲜事物接受度高，且易传播。他们集中的地方主要就是写字楼和地铁。因此初期主要围绕写字楼和地铁沿线进行车辆投放。

Of0 跟摩拜相比，除了市场环境的差异以外，基本上车辆本身的问题和人性相关的问题基本都会遇到。当 Of0 开始走出校园的时候就会面临跟摩拜完全一样的问题，但 Of0 以为一个校园市场设计的产品方案去应对开放市场的环境，造成了市场产品的错位，Of0 面临的运营成本会远大于摩拜。

Of0 市场定位是校园，产品方案也是为校园市场而设计。从初期的产品来看，应该是没有想到会这么快的走出校园，直接面向开放市场，甚至是产品都没来得及迭代和升级，就直接走出去搏杀了。下面我们来分析下 Of0 的市场定位和产品方案。

校园市场的几个特点：

1. 空间相对封闭
2. 空间距离相对较小
3. 用户需求相对集中
4. 目标群体非常清楚
5. 学生对于价格敏感
6. 自行车使用率非常高

所以我建议在以下几方面深入改进。

1. 时间窗口期：开放市场的窗口期不可能一直等着 Of0，一旦摩拜覆盖密度满足了大多数的用户需求，后续再想进入的成本将会是 4~5 倍，甚至 10 倍以上。以团购为例，先进入该城市的网站会有非常大的先发优势，后续进入的获客成本将是几倍。因为最初进去做的全部都是增量市场，后续进入的除了少数增量市场以外，必须要从竞争对手那抢夺存量市场，难度可想而知。

2. 反制，以己之长攻彼之短：Of0 在校园市场没有足够深的护城河，摩拜进入很容易。而摩拜进入校园就逼的 Of0 需要快速进入开放市场，进行反制。还是以团购大战为例，美团的优势在二三四线城市，大众点评的优势是在北上广深一线城市。美团的策略是用二三四线城市的利润来补贴一线城市，在一线城市大力度补贴，抢夺点评的份额。而点评不能一味死守，进攻是最好的防守，那就是进入对方的优势领域，把对手的利润来源市场打掉。让对手首尾不相顾。这样就形成僵持，否则死守就很快就会被对手打死。

相对于 Of0，摩拜进入校园的劣势在于，价格和保证金比 Of0 高，车辆比 Of0 重，因此摩拜选择了用二代产品去打校园市场，既解决了轻，又解决了价格的问题，至少是一种均势的竞争，况且 Of0 还没占领所有校园市场，摩拜还有机会抢夺

增量校园市场，在校园跟 Of0 形成均势。反观 Of0，现在的产品无法适应开放市场的复杂环境，但为了反制对手，为自己赢得时间，也不得不硬着头皮进入了。这就是市场竞争的残酷性。

3. 市场容量：一维市场做增量，是自己跟自己抢速度；二维竞争市场既做增量又做存量，抢对方的市场，产品方案既要考虑用户，又要考虑竞争。

目前各家的产品方案都不够成熟，包括摩拜。因此都不可能短期内进行大规模的市场投放。因此，大家都还有巨大的增量市场可做。摩拜和 ofo 初期都是在各自的市场环境跑，没有竞争可以完全自己的节奏去发展，但是竞争和资本快速的催熟了这个行业，这个时候发展就不仅仅考虑自己的节奏了，还必须考虑竞争对手。在大家都还在抢夺增量市场的时候就是拼速度，拼产品，在后期就必须要考虑差异化竞争了。因此，这个时候拼的就是谁的速度快，产品迭代速度，融资速度，团队的运营等等，这一幕你们都猜到了，跟大车大战一样。

4、运营效率：Of0 通过增加车辆的投放可以达到一定的效果，但是通过上述的分析，Of0 的运营成本和维持成本会远高于摩拜。

最后，我个人还是更欣赏摩拜一些。我觉得他们的一些思路非常值得学习。摩拜单车是一家用互联网思维做硬件的科技公司。前期花了非常多的时间在供应链端的设计，充分考虑了市场环境和用户需求，进行颠覆式的创新；产品投放到市场进行验证后，又保证了快速迭代，这是非常难能可贵的。

总结起来就是几个字：“重就是轻，慢就是快，唯快不破”。

六、 模型检验

在上述建立的模型中最容易出问题的应该是 BP 神经网络对于数据的预测。我们将预测出来的数据与真实数据做了偏差对比，得出如下表达。

表 5 BP 神经网络预测 17/9/16 日 14:00-15: 00 租还车数据误差分析

“区域桩”	租借	归还
A	13%	8%
B	2%	3%
C	8%	2%
D	9%	5%
E	21%	8%
F	1%	10%

由表中可得，准确率还是比较可观的，误差基本稳定在 10%左右。

七、 模型评价

7.1 模型的优点

(1) 通过引入“区域桩”的概念，将无桩公共自行车问题化归成定桩公共自行车问题，可以参考已有文献。

(2) 使用“粒子群算法”高级算法解决 NP-Hard 问题，提高运算速度。

(3) 调度方案实现了调度时间和调度车辆最少两个目标。

7.2 模型的缺点

(1) 没有考虑调度中的交通情况，模型不够精细。

(2) 网上获得的数据难以保证正确性。

(3) 由于编程问题，没有获得具体调度操作，只获得调度路线。

参考文献

- 【1】 张建翔. 基于共享单车时空分布的优化调度模型[J]. 经贸实践, 2017, (16):226.
- 【2】 吴婷. 基于生灭过程的公共自行车数量配置模型研究[J]. 长沙大学学报, 2016, 30(05):80-82.
- 【3】 刘路美. 城市公共自行车站点需求预测及调度优化方法研究[D]. 北京交通大学, 2017.