

---

参赛密码\_\_\_\_\_

(由组委会填写)

## 2017（第五届）全国大学生统计建模竞赛

学校

南京农业大学

---

论文名称

共享经济视角下  
城市共享单车的时空调度研究

---

指导教师

唐中良

---

队员姓名

1. 刘晓聪

2. 朱康瑞

3. 吴晓婷

---

---

## 目录

一、前言	2
(一) 研究背景和目的	2
1. 研究背景	2
2. 研究目的	2
(二) 研究现状	3
(三) 研究思路与方法	3
1. 研究思路	3
2. 研究方法	4
二、研究内容	4
(一) 提出问题	4
(二) 问题假设	4
(三) 问题 1 建模	4
1. 符号说明	4
2. 模型一的建立	5
3. 模型一的求解	6
4. 结果分析	6
(四) 问题 2 建模	6
1. 符号说明	6
2. 模型二的建立	6

---

3. 模型二的求解.....	7
4. 结果分析.....	8
5. 模型修正.....	8
(五) 问题 3 建模.....	9
1. 符号说明.....	9
2. 模型三的建立.....	9
3. 模型三的求解.....	10
4. 结果分析.....	10
三、模型评价与改进.....	11
1. 模型评价.....	11
四、研究结论与建议.....	11
(一) 研究结论.....	11
(二) 建议.....	11
参考文献.....	13

---

## 表格和插图清单

图 1 2016 年共享单车行业市场占有率分布.....	2
图 2 2016 年共享单车用户使用频率.....	2
图 3 共享单车使用时段分布图.....	5
图 4 某城市 10 个区域交通状况聚类图.....	8
表 1 模型一符号说明.....	4
表 2 分时段单车使用频数.....	5
表 3 模型二符号说明.....	6
表 4 模型三符号说明.....	9
表 5 实际从 $i$ 区域到 $j$ 区域运行的共享单车数量.....	9
表 6 各区域需求数据: 从区域 $i$ 到区域 $j$ 需要共享单车的人次.....	10

---

# 共享经济视角下城市共享单车的时空调度研究

## 摘要

单车共享系统是一个复杂的管理网络，但其运维过程却相对简单。一般地，用户到达一个区域，骑走一辆单车，使用之后将其归还到另外一个区域，在这个情况下，用户会面对两种不满意的情况：第一，需要租车的用户达到一个区域，这个区域没有单车；第二，需要租车的用户在某个时间段租车，这个时间段没有单车可提供。为了减少这两种不满意情况的发生，很多共享单车公司的单车都有GPS定位，能够实现动态化地监测车辆数据、骑行分布数据，进而对单车做出全天候供需预测，为车辆投放、调度和运维提供指引。因此，在共享经济的发展形态下，研究共享单车的时空分布，如何使共享单车使用率最优化，合理对共享单车的时空调度，使用户满意程度提高是我们需要解决的重要问题。

本文基于统计概率和马尔可夫模型，以某城市（划分为10个区域）1000辆共享单车的骑行数据（出发时间、到达时间，出发区域、到达区域）和人们的骑行需求估计数据为研究对象，应用统计概率、马尔可夫模型和最优化规划模型，分别对该地区的共享单车的时间调度、空间调度以及用户使用满意度进行研究建模，并对共享单车进行优化调度，为共享单车的实际使用情况提供合理化建议。

**关键词：**共享单车 时空调度 马尔可夫模型 最优化规划 满意度

# 一、前言

## （一）研究背景和目的

### 1. 研究背景

共享单车是指企业在校园、地铁站点、公交站点、居民区、商业区、公共服务区等提供自行车单车共享服务，用户打开共享单车 APP，就可以查看附近可租用自行车的分布图、可以进行预约等。找到自行车后，用手机扫二维码即可开锁骑车，可随时随地找到并骑乘，骑行结束后将车辆停放在道路两侧可以停放自行车的区域，锁车即可完成使用，是一种分时租赁模式。共享单车是一种新型共享经济，共享单车已经越来越多地引起人们的注意，由于其符合低碳出行理念，政府对这一新鲜事物也处于善意的观察期。

第三方数据研究机构比达咨询日前发布的《2016 中国共享单车市场研究报告》<sup>[1]</sup>显示，截至 2016 年底，中国共享单车市场整体用户数量已达到 1886 万，预计 2017 年，共享单车市场用户规模将继续保持大幅增长，年底将达 5000 万用户规模，这对于社会共享经济的发展起到十分重要的作用。随着移动互联网和大数据的快速发展，以 OFO 为首的互联网共享单车应运而生，更加便捷的无桩单车开始取代有桩单车。报告显示，目前，中国共享单车市场中 OFO 和摩拜两家企业优势比较明显，如图 1 所示，OFO 单车投放量最多，达到 80 万台，市场占有率 51.2%；摩拜单车 60 万台，市场占有率 40.1%。如图 2 所示，使用频率中，每周使用 3 次—4 次的用户最多。

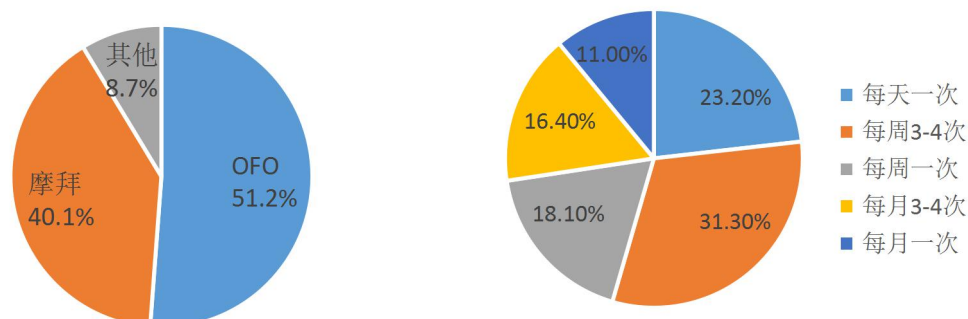


图 1 2016 年共享单车行业市场占有率分布 图 2 2016 年共享单车用户使用频率  
注：数据来源于比达咨询数据中心《2016 中国共享单车市场研究报告》

面对庞大的社会消费群体和投放数量非常大的共享单车，共享单车的区域和时间段投放与用户实际所需存在很大的不平衡，那么如何优化共享单车的投放、时空调度、运维，使共享经济社会能够持续有序发展的问题非常值得我们去探索。

### 2. 研究目的

单车共享系统是一个复杂的管理网络，但其运维过程却相对简单。一般地，用户到达一个区域，骑走一辆单车，使用之后将其归还到另外一个区域，在这个情况下，用户会面对两种不满意的的情况：第一，需要租车的用户达到一个区域，这个区域没有单车；第二，需要租车的用户在某个时间段租车，这个时间段没有

---

单车可提供。为了减少这两种不满意情况的发生,很多共享单车公司的单车都有GPS定位,能够实现动态化地监测车辆数据、骑行分布数据,进而对单车做出全天候供需预测,为车辆投放、调度和运维提供指引。因此,在共享经济的发展形态下,研究共享单车的时空分布,如何使共享单车使用率最优化,合理对共享单车的时空调度,使用户满意程度提高是我们需要解决的重要问题。

## (二) 研究现状

目前,全球只少有49个国家的535多个城市推行了共享单车系统,其中在中国大城市(例如北京、上海、广州、杭州、武汉等)的快速发展也引起了国际的高度关注。为此,国内外许多学者对共享单车系统展开了详细的分析。

在国内研究中,2015年朱玮、何京洋、王德<sup>[2]</sup>学者实证研究了巴黎和里昂公共自行车系统,建立回归模型分析了站点数量、车桩数量与人口、土地使用等要素之间的关系。2016年李泉林、樊瑞娜、李娜<sup>[3]</sup>提出了一种基于大数据驱动的大型自行车共享系统的平均场极限理论,利用平均场理论建立了非时齐的排队系统,计算出每个站点稳态平均自行车数,用数值算例建模分析了每个站点稳态平均自行车数是如何依赖于自行车共享系统中的一些关键参数。2017年李琨浩<sup>[4]</sup>从共享单车发展现状入手,运用PEST模型和SWOT-PEST矩阵对共享单车内部因素和外部因素进行了全面分析。

在国外研究中,2009年DeMaio<sup>[5]</sup>回顾了国际上自行车共享系统的发展历程、支持模式,并展望了公共交通中的自行车共享系统在21世纪的发展前景。2011年特拉维夫大学工业工程系Dr.Tal Raviv和Prof.Michal Tzur<sup>[6]</sup>教授利用软件数学模型发现了不完善的公共自行车流动问题,测验如何科学地将自行车移动到城市不同的位置。2014年Bocconi University<sup>[7]</sup>对共享自行车系统的使用以及流动影响进行了评估,考察了共享自行车对于用户不同的邻近效应和能见度影响,同时利用计量经济学分析了共享自行车被执行时系统收集的数据和共享自行车位置的GIS信息,进而优化共享自行车的分布领域。

综上所述,现有文献通过回归、数值算例、PEST等模型对共享单车系统的运维、投放因素、优化区域分布等进行了分析。但存在一些不足:一是国内外的大部分研究都是针对站点固定、带车桩的共享自行车模式,对真正意义的“共享经济”无车桩模式的研究欠缺,且对无站点的使用研究意义不大,毕竟无车桩模式的共享单车系统的停车和提车都存在着较大不确定性因素,实际中为了提高用户的共享单车使用满意度,我们应该以区域作为类站点的研究对象;二是部分研究只是对共享单车系统的空间分布最优化实现了调度,并没有对时间分布的共享单车进行优化,例如在白天和夜晚、上班时间和工作时间、节假日等是否应该进行合理化调度,以此满足用户的使用满意程度呢?我们觉得这个问题值得提出调度参考方案。

## (三) 研究思路与方法

### 1. 研究思路

基于以上的研究目的和研究现状,本研究提出以下研究思路:以某城市(划分为10个区域)1000辆共享单车的骑行数据(出发时间、到达时间,出发区域、到达区域)为研究对象,应用统计概率、马尔可夫模型和最优化规划模型,分别对共享单车的时间调度、空间调度以及用户使用满意度进行建模,为共享单车的

实际使用情况提供合理化建议。

## 2. 研究方法

马尔科夫原理：某一系统在已知现在情况的条件下，系统未来时刻的情况只与现在有关而与过去的历史无直接关系。共享单车的情况恰好适用这一模型（简单说明为什么符合即可）马尔科夫预测的操作流程是，先统计转移次数（简单交代什么叫转移次数），由此得到转移概率矩阵，这样我们就得到了在下一个时刻，单车驶往每一个地区的概率，但是单车所在地的变化是一个长期的过程，所以我们还要研究极限的情况，这里引入正则的概念，然后求解马尔科夫的极限情况，得到当实验次数足够多地时候，单车驶往每一个地区的概率。

## 二、研究内容

### （一）提出问题

- 1.根据某城市 1000 辆共享单车的骑行数据，对共享单车的出发时间和到达时间进行统计，运用合理的统计方法和概率模型，找出一天当中，共享单车使用的高峰时间(以 0 时刻为参考时间)。
- 2.根据某城市 1000 辆共享单车的骑行数据，对出发区域和到达区域的相关信息，针对共享单车的调度问题建立数学统计模型给出合理的优化调度建议。
- 3.根据人们的实际骑行需求估计数据，建立人们对各区域所需共享单车满足程度的度量指标模型。

### （二）问题假设

- 1.假设市民使用共享单车的时刻近似服从正态（事实上确实如此，首先是根据社会经验，人们用车多集中在白天特点的时间段，而凌晨或夜晚用车则较少，其次，即使白天市民的用车有一定的随机性，但中心极限定理告诉我们，大量的随机分布近似服从正态分布）。
- 2.假设题目中的统计数据具有代表性，即不存在节假日堵车之类的问。
- 3.假设每辆车之间不存在明显的差异，即车的质量对其将要出现在哪一区域没有影。

### （三）问题 1 建模

#### 1. 符号说明

对市民选择使用单车的时刻和时间段进行统计建模，对下列和时间统计有关的符号进行说明：

表 1 模型一符号说明	
$\mu$	需要要估计的正态总体的期望（均值）
$\bar{X}$	样本的平均值
$\alpha$	显著性水平
$n$	样本容量
$S$	样本的方差
$S^*$	修正样本方差



## 2. 模型一的建立

根据骑行数据，我们设定共享单车的出发时刻是市民开始使用单车的时刻，分时段对单车使用的次数进行统计，利用 MATLAB 软件编写程序对骑行数据进行数据提取，其统计结果如下表 2：

表 2 分时段单车使用频数

时段	次数	时段	次数	时段	次数
360-390	269	840-870	309	1320-1350	148
390-420	269	870-890	365	1350-1380	106
420-450	345	900-930	340	1380-1410	95
450-480	442	930-960	337		
480-510	565	960-990	307		
510-540	439	990-1020	291		
540-570	465	1020-1050	272		
570-600	511	1050-1080	270		
600-630	468	1080-1110	268		
630-660	484	1110-1140	250		
660-690	486	1140-1170	247		
690-720	442	1170-1200	200		
720-750	475	1200-1230	195		
750-780	409	1230-1260	191		
780-810	404	1260-1290	153		
810-840	401	1290-1320	154		

根据上表，可以形象地绘制分时段单车使用次数图，如下图 1 所示：

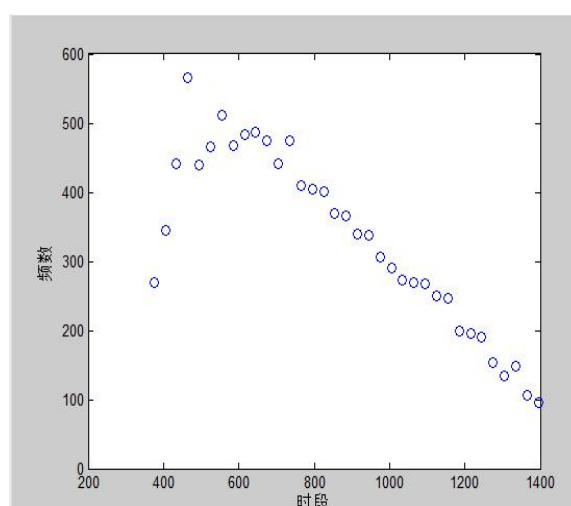


图 3 共享单车使用时段分布图

从图中我们可以较为直观地看出用车高峰出现在 600-800 之间，下面我们用概率统计的方法对这一高峰做具体说明。

由假设可知市民选择共享单车的时刻服从正态分布，我们对这一正态分布标准化，使其成为标准正态分布：

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{S^2/(n-1)}} = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{\sqrt{nS^2/(n-1)}} = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{S^*} \quad (1)$$

显然  $T$  服从  $t$  分布，由下式可以计算  $\mu$  的置信区间：

$$P(|T| \leq t_{1-\alpha/2}(n-1)) = 1 - \alpha \quad (2)$$

置信区间为：

$$\left[ \bar{X} - t_{1-\alpha/2}(n-1) \frac{S^*}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{1-\alpha/2}(n-1) \frac{S^*}{\sqrt{n}} \right] \quad (3)$$

### 3. 模型一的求解

我们取  $\alpha = 0.2$ ，即置信水平为 **0.8**，来估算  $\mu$  的置信区间，因为在一般情况下，置信水平取 **0.75** 这个数字在要求不那么严格的情况下经常使用，而在一些要求精密的实验中，一般取 **0.95**，所以我们取 **0.8** 介于两者之间，置信水平越高，置信区间必然越长，置信区间越端，置信水平必然越低，我们希望的结果是置信区间不那么长，置信水平又比较高，所以对比下来，置信水平为 **0.8** 比较合适。为求解模型问题，我们对模型公式编写 **MATLAB** 程序，根据程序运行结果，共享单车使用时间置信水平为 **0.8** 的置信区间为[782,788.33]。

### 4. 结果分析

由模型一的求解结果，我们可以知道共享单车的使用高峰期大致在时间段 [782,788.33] 之间，因此，关于共享单车在时间上的调度问题，可以选择在时间区间 [782,788.33]（以 0 时刻为参考时间）增派单车数量。

## （四）问题 2 建模

### 1. 符号说明

表 3 模型二符号说明

$p_{ij}$	单车从区域 $i$ 转移到区域 $j$ 的概率
$p_i$	单车最终转移到 $i$ 地区的概率

### 2. 模型二的建立

由于共享单车下一时刻将会往哪个区域转移只取决于当前其所在的区域，而与过去在哪个区域无关，因此可以用马尔可夫预测其转移情况，进而为共享单车的宏观调度提供建议。

首先对共享单车转移到不同区域的情况进行统计，例如单车从区域 **1** 转移到区域 **10** 的次数约为 **960** 次，在这些统计数据的基础上，我们得到转移概率矩阵

如下：

11	235	109	111	146	112	102	127	95	105
1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153
131	3	232	2	125	44	131	131	2	146
1281	427	1281	21	1281	427	1281	1281	21	1281
124	134	9	238	105	4	119	126	152	124
1247	1247	1247	1247	1247	43	1247	1247	1247	1247
117	107	148	9	259	30	123	128	121	123
1285	1285	1285	1285	1285	257	1285	1285	1285	1285
63	70	60	58	21	259	139	65	53	125
641	641	641	641	1282	1282	1282	641	641	1282
144	137	138	140	126	9	226	130	135	118
1303	1303	1303	1303	1303	1303	1303	1303	1303	1303
121	133	1	141	123	13	11	119	54	12
1250	1250	10	1250	1250	125	1250	625	625	125
138	159	128	145	136	20	142	8	250	19
1379	1379	1379	1379	1379	197	1379	1379	1379	197
109	125	38	128	116	145	1	125	7	241
1221	1221	407	1221	1221	1221	11	1221	1221	1221
133	102	124	135	125	110	146	235	125	12
1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247

为了方便下文的说明，不妨记上述概率转移矩阵为  $\mathbf{A}$ ，我们知道共享单车的转移是一个长时间的动作，因此我们有必要对上述矩阵进行考量，即当  $n$  增大时， $\mathbf{A}^n$  是否会趋于一个固定的矩阵。根据马尔可夫预测的基础理论，我们知道有如下定义：

**定义：**一个马尔可夫链的转移矩阵是正则的，当且仅当存在正整数  $k$ ，使得的每一个元素都是正数。

根据这一定义，显然上述矩阵  $\mathbf{A}$  是正则矩阵，若状态转移矩阵是正则的，则极限概率存在，解方程组：

$$\begin{cases} p_1 = a_{1,1}p_1 + a_{1,2}p_2 + \cdots + a_{1,10}p_{10} \\ p_2 = a_{2,1}p_1 + a_{2,2}p_2 + \cdots + a_{2,10}p_{10} \\ \vdots \\ p_{10} = a_{10,1}p_1 + a_{10,2}p_2 + \cdots + a_{10,10}p_{10} \\ p_1 + p_2 + \cdots + p_{10} = 1 \end{cases} \quad (4)$$

求解上述方程组得到的解即为极限概率，通过这些概率的大小，我们便可以了解到共享单车的空间分布情况。

### 3. 模型二的求解

由上述模型方程组，利用 MATLAB 软件求解出  $p_1, p_2, \dots, p_{10}$  的值均为  $1/10$ ，即该 10 个区域的共享单车等概率转移，每个区域存在的单车数量几乎相等。

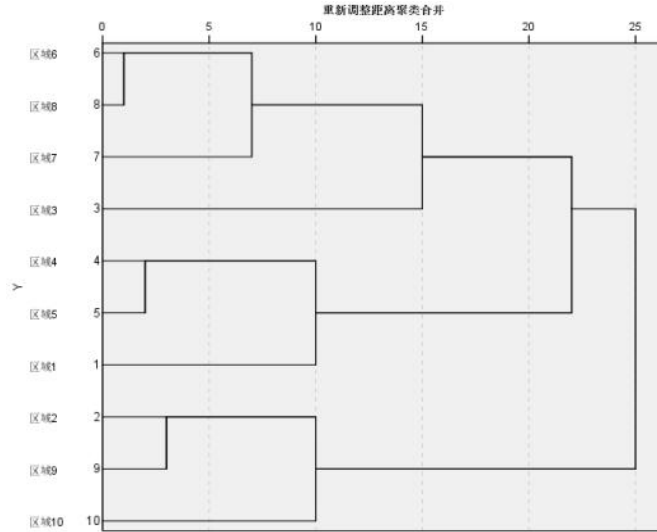


图 4 某城市 10 个区域交通状况聚类图

#### 4. 结果分析

图 4 是对某城市 10 个区域交通状况的一个聚类（包括路况信息等），我们以时间信息来代替路况信息，所以有必要假设每辆单车的速度一样或大致一样，只有速度差别不太大，我们才能用时间代距离。

这里 10 个区域就是变量，附件一中的时间信息是样本，聚类分析分为样本聚类和变量聚类，我们这里采用的是变量聚类，将 10 个地区中，情况相似的聚类在一起，则同一类下的区域在分配单车时可以相互之间作为参考。

#### 5. 模型修正

0	$\frac{235}{1153}$	$\frac{109}{1153}$	$\frac{111}{1153}$	$\frac{146}{1153}$	$\frac{112}{1153}$	$\frac{102}{1153}$	$\frac{127}{1153}$	$\frac{95}{1153}$	$\frac{105}{1153}$
131	0	$\frac{232}{1281}$	$\frac{2}{1281}$	$\frac{125}{1281}$	$\frac{44}{427}$	$\frac{131}{1281}$	$\frac{131}{1281}$	$\frac{2}{1281}$	$\frac{146}{1281}$
1281		0	$\frac{21}{1247}$	$\frac{1281}{1247}$	$\frac{427}{1247}$	$\frac{1281}{1247}$	$\frac{1281}{1247}$	$\frac{21}{1247}$	$\frac{1281}{1247}$
124	$\frac{134}{1247}$		$\frac{238}{1247}$	$\frac{105}{1247}$	$\frac{4}{43}$	$\frac{119}{1247}$	$\frac{126}{1247}$	$\frac{152}{1247}$	$\frac{124}{1247}$
1247		$\frac{1247}{1247}$	0	$\frac{1247}{1247}$	$\frac{43}{1247}$	$\frac{1247}{1247}$	$\frac{1247}{1247}$	$\frac{1247}{1247}$	$\frac{1247}{1247}$
117	$\frac{107}{1285}$	$\frac{148}{1285}$	0	$\frac{259}{1285}$	$\frac{30}{257}$	$\frac{123}{1285}$	$\frac{128}{1285}$	$\frac{121}{1285}$	$\frac{123}{1285}$
1285				0	$\frac{259}{1282}$	$\frac{139}{1282}$	$\frac{65}{1282}$	$\frac{53}{1282}$	$\frac{125}{1282}$
63	$\frac{70}{641}$	$\frac{60}{641}$	$\frac{58}{641}$			$\frac{139}{641}$	$\frac{65}{641}$	$\frac{53}{641}$	$\frac{125}{641}$
641				0	$\frac{1282}{1282}$	$\frac{1282}{1282}$	$\frac{641}{1282}$	$\frac{641}{1282}$	$\frac{1282}{1282}$
144	$\frac{137}{1303}$	$\frac{138}{1303}$	$\frac{140}{1303}$	$\frac{126}{1303}$	0	$\frac{226}{1303}$	$\frac{130}{1303}$	$\frac{135}{1303}$	$\frac{118}{1303}$
1303						$\frac{1303}{1303}$	$\frac{1303}{1303}$	$\frac{1303}{1303}$	$\frac{1303}{1303}$
121	$\frac{133}{1250}$	$\frac{1}{1250}$	$\frac{141}{1250}$	$\frac{123}{1250}$	$\frac{13}{125}$	0	$\frac{119}{625}$	$\frac{54}{625}$	$\frac{12}{125}$
1250							$\frac{625}{625}$	$\frac{625}{625}$	$\frac{125}{625}$
138	$\frac{159}{1379}$	$\frac{128}{1379}$	$\frac{145}{1379}$	$\frac{136}{1379}$	$\frac{20}{197}$	$\frac{142}{1379}$	0	$\frac{250}{1379}$	$\frac{19}{197}$
1379						$\frac{1379}{1379}$		$\frac{1379}{1379}$	$\frac{197}{1379}$
109	$\frac{125}{1221}$	$\frac{38}{407}$	$\frac{128}{1221}$	$\frac{116}{1221}$	$\frac{145}{1221}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{125}{1221}$	0	$\frac{241}{1221}$
1221									$\frac{1221}{1221}$
133	$\frac{102}{1247}$	$\frac{124}{1247}$	$\frac{135}{1247}$	$\frac{125}{1247}$	$\frac{110}{1247}$	$\frac{146}{1247}$	$\frac{235}{1247}$	$\frac{125}{1247}$	0
1247									

根据共享单车在区域与区域之间转移的真实情况，我们对模型的转移概率矩

阵进行修正，修正矩阵的对角线数值均为 0，但由于马尔科夫是一个长期的过程，矩阵对角线的微小变动，对最终的极限概率感觉不会产生影响，10 个区域的极限概率仍然均为 1/10。

## （五）问题 3 建模

### 1. 符号说明

根据共享单车使用的实际意义，对用户使用共享单车的满意程度进行建模，其模型符号说明如下表：

表 4 模型三符号说明

$x_{ij}$	实际从 $i$ 区域到 $j$ 区域运行的共享单车数量
$y_{ij}$	从 $i$ 区域到 $j$ 区域需要共享单车的人次
$\lambda$	人们使用共享单车满意程度的度量指标
$\bar{\lambda}$	人们使用共享单车不满意程度的度量指标

### 2. 模型三的建立

根据调查，得到该城市人们期望的骑行需求估计数据如表 5 所示，并且由某城市 1000 辆共享单车实际的骑行数据如表 6 所示。

表 5 实际从  $i$  区域到  $j$  区域运行的共享单车数量

区域	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	235	109	111	146	112	102	127	95	105
2	131	0	232	122	125	132	131	131	122	146
3	124	134	0	238	105	116	119	126	152	124
4	117	107	148	0	259	150	123	128	121	123
5	126	140	120	116	0	259	139	130	106	125
6	144	137	138	140	126	0	226	130	135	118
7	121	133	125	141	123	130	0	238	108	120
8	138	159	128	145	136	140	142	0	250	133
9	109	125	114	128	116	145	111	125	0	241
10	133	102	124	135	125	110	146	235	125	0

表 6 各区域需求数据：从区域*i*到区域*j*需要共享单车的人次

区域	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	240	119	123	145	126	115	127	112	102
2	135	0	225	129	120	126	139	127	121	140
3	125	132	0	251	110	117	126	137	158	126
4	116	115	148	0	261	144	132	141	124	119
5	128	133	124	116	0	273	138	120	103	132
6	158	128	143	140	144	0	244	132	140	116
7	129	140	125	146	135	138	0	237	116	135
8	134	168	145	134	142	139	145	0	244	128
9	105	122	129	138	123	143	114	119	0	237
10	138	108	131	136	121	113	144	243	134	0

根据实际情况，建立市民对各区域所需共享单车满足程度的度量指标模型，我们在这里对不满意度进行建模：

$$\bar{\lambda} \leq \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} \frac{|x_{ij} - y_{ij}|}{y_{ij}} \quad (5)$$

定义不满意度公式如上，其中  $x_{ij}$  表示实际安排的从*i*地区到*j*地区运行的单车数（所以模型二计算出 10 个区域的共享单车等概率转移，即每个区域存在的单车数量几乎相等是合理的，10 区域必须是等概率概率，只有每个区域之间跑的单车数量一致，这里才好定义  $x_{ij}$ ，否则这个定义没有意义）。 $y_{ij}$  表示该地区人们期望的车辆数，分子上的差值可以理解为现实和人们理想之间的差距，这部分表现的就是人们的不满意情况。我们希望的是满意度越大越好，也就是上述的不满意程度越小越好。

### 3. 模型三的求解

利用 lingo 软件求解上述规划模型，求解结果如下：

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-1.000000

可以看出影子价格为-1, 由此可知当每个区域之间共享单车增加一个单位时，能使目标函数即不满意度增加-1, 亦即用户使用满意度增加 1。

### 4. 结果分析

根据结果显示，我们选择一个临界满意度，因为在马尔科夫不断调和的过程中，人们的满意度肯定是不递减的（因为最初的规划类模型把满意度做到了最大，改变单车数目只能是降低满意度），减到一定程度最好就不要再减了，比如

---

规定在满意度到 50% 的时候派出车辆进行搬运（即不等到马尔科夫转运完成了，因为满意度已经不容乐观了，不能再等），至于这个临界的满意度到底取多少？我们计算出马尔科夫系统完成之后的满意度，这时候的满意度肯定是最差的，我们选取的临界满意度肯定要比这个最差的满意度要好，除了这点，这个临界满意度只能主观地人为给定了。

临界满意度标定之后，还是要一次一次地乘一次转移概率矩阵，每转移一次得到一个新的分布，对应的也就有新的满意度，就这样一次一次地找，即一个统计实验的过程。

## 三、模型评价与改进

### 1. 模型评价

针对模型一，我们采用最简单最基本的概率统计（正态分布）方法对共享单车的时间调度问题进行分析研究，模型简单明了，但由于我们的数据是来源于没有对准确的时间点描述，只是以 0 时刻作为参考时间点，对实际的研究应用存在一些取样误差。

针对模型二，由于共享单车下一时刻将会往哪个区域转移只取决于当前其所在的区域，而与过去在哪个区域无关，因此可以用马尔可夫预测其转移情况，进而为共享单车的空间宏观调度进行建模。根据共享单车在区域与区域之间转移的真实情况，我们对模型的转移概率矩阵进行修正，但由于马尔科夫是一个长期的过程，矩阵对角线的微小变动，对最终的极限概率感觉不会产生影响，区域的极限概率即为长期概率仍然相等。但实际情况区域与区域之间一开始肯定是没有达到共享单车的区域平衡的，因为马尔科夫类似于一个自调节系统，在这个问题中，无论开始的分配情况如何，经过一段时间的马尔科夫调节之后，最终还是变成平均分配的情况，所以模型分析没有考虑到马尔可夫调节系统的周期问题。

针对模型三，建立最优化线性规划，对不满意度进行建模进而对满意程度进行度量，模型合理明了，但是对于满意度还受到其他因素的影响这个问题，需要我们真实对市民的共享单车使用满意度进一步分析，考虑其他因素对满意度的影响。

## 四、研究结论与建议

### （一）研究结论

### （二）建议

#### 1. 政府方面

要真正从根本上解决城市共享单车的使用调度问题，尽可能使市民的使用达到最优化，政府应该尽快制定相关使用规定，以及市民对单车的摆放问题，健全使用机制，使全市的共享单车都能真正意义上实现共享，减少共享单车的停放浪费以及市民使用单车紧缺的问题。例如，深圳市交通运输委员会明确提出 2017 年的自行车道建设规划，全年力争完成 100 公里自行车道的新建、改造提升。

#### 2. 企业方面

一是企业要积极配合政府，落实各项举措，建立信用积分系统、设置信用制度来激励用户规范骑行并举报违规行为，例如，把用户初始信用规定为 100 分，

---

如果由于乱停放被其他用户举报，则扣除相应信用分数，分数低于一定程度就无法继续使用共享单车。二是探寻利用技术手段解决用户乱停车等问题，利用 GPS 定位，获取用户停车的具体位置，从而判断是否是规范停车点等。如果用户多次未按照规定停车，对违规行为严重的用户进行列入“黑名单”等处罚。三是完善管理措施，在用户信用信息共享、宣传引导等方面多做努力，将促进市民规范停车。四是借鉴国外共享单车发展经验，探索适合企业自身的赢利模式，对城市里面每个区域的共享单车时空分布情况及时关注并且制定相关科学可行的调度措施，实现市民使用共享单车的最大满意度。

### 3.用户方面

共享单车使用者应当充分发扬主人翁意识，不当局外人，善待共享单车。在文明使用的同时，对身边的不文明行为进行监督举报。



---

## 参考文献

- [1]比达网.2016 年中国 共 享 单 车 市 场 研 究 报 告[EB/OL].[2017-02-10].  
[http: //www.bigdata-research.cn/content/201702/383.html](http://www.bigdata-research.cn/content/201702/383.html).
- [2]朱玮, 何京洋, 王德.法国公共自行车系统布局方法与实证研究—以巴黎和里昂为例[J].国际城市规划, 2015,64(7):64-70.
- [3]李泉林, 樊瑞娜, 李娜.大数据驱动的大型自行车共享系统及其站点车辆再平衡研究[J].应用概率统计, 2016,32(5):499-518.
- [4]李琨浩.基于共享经济视角下城市共享单车发展对策研究[J].城市交通, 2017(2):66-69.
- [5]DeMaio P.Bike-sharing:history,impacts,models of provision,and future[J].J. Public Transport.2009,12(4):41-56.
- [6]American Friends of Tel Aviv University.The science of bike-sharing[J].ScienceDaily, January 31,2011.
- [7]Bocconi University.Optimizing the Position of Bike Sharing Stations[J].IEFE Centre for Research on Energy and Environmental Economics and Policy,June 30,2014.