

西安电子科技大学 2017 年数学建模校内赛

承 诺 书

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权西安电子科技大学 2017 年数学建模校内赛竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号是（从 A/B/深圳杯 A、深圳杯 B、深圳杯 C、深圳杯 D 中选择一项填写）： B

参赛报名队号为 计算机 028

报名时所属学院（请填写完整的全名）： 计算机学院

参赛队员姓名与学号（打印，用二号字，并签名）：

1. 宋康 15030120070

2. 康玉卓 15040510065

3. 王宣棋 15160299001

日期： 2017 年 5 月 1 日

西安电子科技大学 2017 年大学生数学建模校内赛

评 阅 专 用 页

	评阅人 1	评阅人 2	评阅人 3	总评
成绩				

西电共享单车分析与前景预测

摘要

本文研究了“互联网+”时代共享单车现状与前景预测问题，通过建立合理的数学模型，对西电校园里的交通方式进行了优劣比较，并对其进行了分析与预测，基于西电现存的人为破坏等问题提出了合理的投放方案。

针对问题一，通过收集数据对各场所人群的出行时间、人员流动密度和时长等方面进行量化分析，确定出需求量、便捷度、安全性、成本、环保和道路交通指数这六个指标，运用TOPSIS逼近理想解法建立模型，从而得出共享单车、电瓶车（小蓝）、小轿车、私人自行车、步行的相对接近度分别为：0.8918, 0.3066, 0.1823, 0.7753, 0.6164，进而分析出西电校园内最优交通方式为共享单车，最劣为小轿车。

针对问题二，通过问卷综合人员流动密度确定了西电校园里 24 个主要需求点，运用Flody算法得到各需求点之间的最短距离。采用就近分组的搜索方法，逐步优化，最终得到最少需要设立 6 个投放点。建立以最短各地点对所有投放点的总距离 s 为目标函数，再在最少投放点数的约束条件下利用matlab软件确定投放点的位置分别是地点 2、5、8、11、12、22。利用公式 M/m 求得总投放量，并根据各投放点需求量比例得出其投放量（辆）分别是 304、376、261、372、252、211。结合西电共享单车骑行时长等现状，可以得出收费应以每 15 分钟计算，并得到最高收费标准为 0.16 元/15 分钟。

针对问题三，根据人为破坏、丢失等问题对投放公司效益和管理的影响来计算出这些问题对共享单车投放量的间接影响。选定成本、收入、管理难度、消费者满意度这四个指标。首先依托偏大型柯西分布隶属函数确定权重，借助模糊综合评价法建立评价模型，得出这些问题对公司造成的不利的影响，且其中影响最大的为成本。然后对投放方案做出修正得出结论：在损耗率较大的投放点应减少投放量；春秋季时增加投放总量，同时增强维修管理体系，并且适当降低收费标准以吸引用户使用。

针对问题四，通过选取共享单车的搜索热度和用户规模为参考变量，对共享单车发展前景进行预测，由于共享单车市场受多方面因素的影响，本文通过收集到的数据，在灰色预测基础上，引入BP神经网络，建立了共享单车发展前景的GM(1,1)和BP神经网络组合模型，并由此对共享单车市场的中短期和长期趋势做出预测，得出结论：未来中短期内，共享单车有良好的发展趋势，对于我校共享单车的投放量及使用具有重大参考意义。

关键词：TOPSIS 单目标优化 模糊综合评价 BP神经网络 共享单车前景

一、 问题重述

1.1 问题资料与条件

随着智能共享单车逐渐落户于各大城市，许多市民开始享受随时随地还车、低碳智能骑车出行的便利。自 17 年以来，西电校园也开始出现了共享单车，目前校园有电瓶车和共享单车解决师生员工在园里的交通问题。

1.2 需要解决的问题

问题 1：针对目前西电人群的工作，生活，出行等基本情况，根据对目前校园内各场所人群的出行时间，人员流动密度和时长等的量化分析，选择合适的指标，量化分析并比较目前已有的交通方式的优劣。

问题 2：结合第一问的结果，假定在西电校园范围内只投放一种共享单车。建立数学模型，来确定合理的投放方案，其中应该包括投放地点（固定地点或随机地点等）和投放量，收费标准等。

问题 3：从投放公司的效益和管理角度，请建立模型，评估单车使用中可能存在的人为破坏、丢失等问题对上述单车投放方案的影响。并据此修正模型，来得到在不同情形下的投放和维修情况等。

问题 4：请预测近几年我校共享单车的使用前景。

二、 问题分析

2.1 问题一的分析

问题一要求对目前西电校园内已有的交通方式进行量化分析并比较优劣，根据校园内各场所人群的出行时间。人员流动密度和时长等进行量化分析后得到车辆需求量这一指标的评判数据，再选择便捷度、安全性、成本、环保和道路交通指数五个指标，共得到六个评判指标。

运用TOPSIS逼近理想值排序法，根据六个指标对共享单车、电瓶车、小轿车、私人自行车以及步行四个对象的数据得到其决策矩阵，从而得到理想解 Z^+ 通过与理想解进行比较，其与理想解相差越小，则这种交通方式越好；相差越大，此交通方式越差。

2.2 问题二的分析

问题二要求结合问题一的结果确定合理的共享单车投放方案，通过调查发现人群对共享单车的投放问题最为关心的是能否快速找到并使用共享单车。本文通过统计校园内的共享单车数量得到需求量及共享单车密度较大的多个地点，运用Flody算法得到各需求点之间的最短距离，根据查询与计算确定寻找车辆时间，按照平均步行速度和步行寻找时间限制，得到投放点与相应区域的点的距离限制。先采用单目标优化模型，以投放点的个数的和为目标函数，保证每个地点至少被覆盖以此，其他地点到投放点的最小距离小于等于 265 米，通过编程后得到投放

点个数。再利用 0-1 变量列出目标函数为所有地点到最近投放点的距离总和，以此得到投放点。

2.3 问题三的分析

问题三要求从公司效益和管理角度评估人为破坏和丢失等问题对于投放方案的影响，因为这些问题只会对现有车辆造成影响，而投放方案不会受到直接影响，即问题三为通过人为破坏和丢失等问题对公司效益和管理的影响来判断投放方案受到的影响。本文采用综合评价法，因为各指标的权值无法直接确定，故可采用模糊综合评价法进行评估。然后根据其评价结果对单车投放方案模型进行修正。

2.4 问题四的分析

问题四要求对我校共享单车的使用前景进行预测，首先，本文选择共享单车的用户规模和搜索热度两个方面来预测我校共享单车的前景，其次，由于共享单车的运行多方面因素的影响，使得其具有很大程度的复杂性与非线性性，因此本文建立BP神经网络预测模型进行研究。最后，通过数据收集与分析，预测 2017 年 3 月之后的共享单车的用户规模和搜索热度并计算误差，得到合理结果。

三、 模型假设

- (1) 假设共享单车只是指 ofo 共享单车。
- (2) 假设所求得人员流动密度为全校平均值。
- (3) 假设私人自行车和共享单车自身性能相同。
- (4) 假设两个地点之间的道路近似认为是直线，把校园地图抽象成点和线的无向网络赋权图。
- (5) 不考虑车辆行驶过程中的违规行为。
- (6) 问题四中，因我校共享单车兴起时间太短，故采用全国数据。
- (7) 假设数据真实可靠。

四、 符号说明

符号	说明
S	制动距离
v	车速
L_0	车长
N	平均载客量

P	道路交通指数
V	人员流动速度
ρ	人员流动密度
M	消费成本
z	总投放点个数
s	所有地点到最近投放点的总距离
Q	全校车辆总需求量

注：其他符号在文中说明。

五、模型的建立与求解

5.1 问题一的模型建立与求解

5.1.1 指标确立

1、需求量

需求量是指某一时间段人群对某种交通方式的需求量，其值越大，说明在此时这一类交通方式更受欢迎。其值通过人员流动密度来计算，人员流动密度是指人员流动情况下单位面积的平均人数。

2、道路交通指数 P

道路交通指数是指在确定的距离内，载客量与所需时间的比值，反应在单位时间内每种交通工具载客的能力。经过查阅和分析各种资料，本文从制动距离 S 、车速 v 、车长 L_0 、平均载客量 N 出发，建立一个函数，求得 P ，其值越大，在单位时间内交通工具的载客能力越大，道路通行能力也就越大。

根据道路交通指数 P 的定义，可写出其表达式为：

$$P = \frac{\frac{L}{L_0 + S} * N}{\frac{L}{v}} = \frac{vN}{L_0 + S}$$

3、便捷度

便捷度在本文中是指从使用此交通方式的想法的提出到真正用到这类方式所需的时间，其值越小，则这类交通方式越优。

4、安全性

在行车交通过程中，安全性必不可少，因此本文选择安全性作为一个指标。

5、成本

本文中成本是指在各交通方式中，使用方（即人群）的花销，以使用方的角

度来看，其值越小越好。

6、环保

共享单车的问世很大程度上解决了碳排放环境污染，因此本文选择环保，根据各种交通方式所存在及可解决的环保问题，对其进行比较。

5.1.2 模型一的建立

1、需求量的确定

通过进行调查问卷的形式，得到以下数据：

高峰时期，你会优先选择的交通方式？

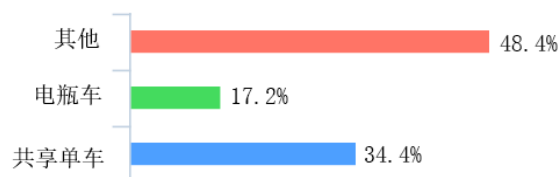


图1 高峰时期交通方式的选择

低峰时期，你会优先选择的交通方式？

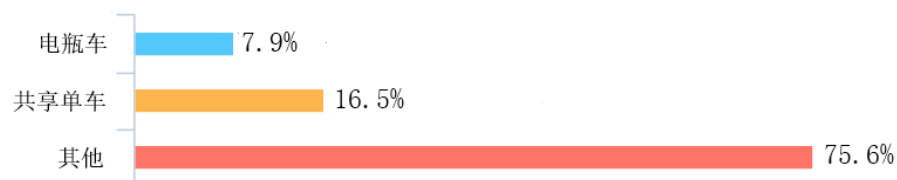


图2 低峰时期交通方式的选择

车辆需求量在我们调查及查阅资料后，以高峰期和低峰期作为代表计算得到这两个时期的车辆需求量。其中，经调查出行时长得出：周一至周五每天上午 8:00-8:20，中午 11:55-12:05，以及下午 13:45-14:00，5:25-5:35 分别是人员流动的高峰时期，其余时间在本文中都认为为低峰时期。

人员流动密度定义为人员流动情况下单位面积的平均人数。现通过我校每个年级的上课位置，估算具体地点的人员流动密度，具体计算公式如下：

$$\rho = \frac{N}{t * s}$$

其中，大一，大二年级主要在 A，B，E 楼上课，通过对各个班级课表的统计，带入具体数据，可计算出 A，B，E 楼的各个门口的单位时间内，单位面积的平均人数： $\rho = 2.04$ （人/平方米）

现对观测数据进行拟合分析，得到时间压力作用下（即人员流动时），平直通道上人员流动密度与人员流动速度之间关系为：

$$V = -0.0057\rho^4 + 0.0744\rho^3 - 0.2745\rho^2 - 0.0142\rho + 1.567$$

计算得到其平均人员流动速度为 $v = 0.93m/s$ ，带入平均的流动速度，可得高峰时期的人员流动密度： $\rho = 2.06$ （人/平方米），其值与所求值近似相等，故取

人员流动密度为： $\rho = 2.05$ （人/平方米）。

根据图表可得电瓶车和共享单车比例为，高峰期时 17.2:34.4，低峰期时 7.9:16.5，得到其平均需求量比例为 12.55:25.45。

2、道路交通指数 P

表 1 小轿车行驶速度与制动距离的关系

小轿车行驶速度 (公里/小时)	制动距离 (米)	小轿车行驶速度 (公里/小时)	制动距离 (米)
5	1.18	35	14.48
10	2.23	40	17.33
15	4.39	45	20.76
20	6.42	50	24.48
25	8.72	55	28.48
30	11.31	60	32.75

将表 1 数据利用 MATLAB 进行拟合后得到：

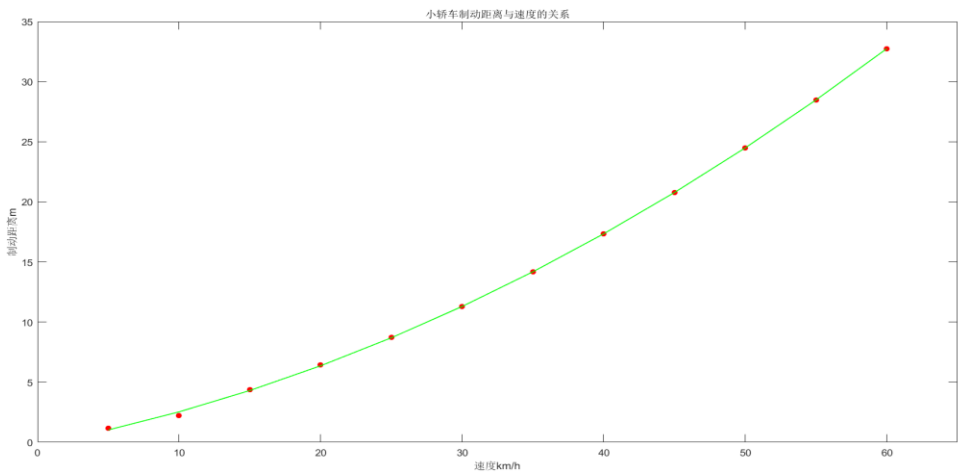


图 3 小轿车制动距离与速度的关系

其函数表达式为： $S = 0.004881x^2 + 0.1023x + 0.1525$

表 2 自行车/共享单车行驶速度与制动距离的关系

自行车/共享单车行驶速度 (公里/小时)	制动距离 (米)	自行车/共享单车行驶速度 (公里/小时)	制动距离 (米)
5	0.8	13	2.34
7	1.1	15	2.79
9	1.45	17	3.3
11	1.85	19	3.85

将表 2 数据利用 MATLAB 进行拟合后得到：

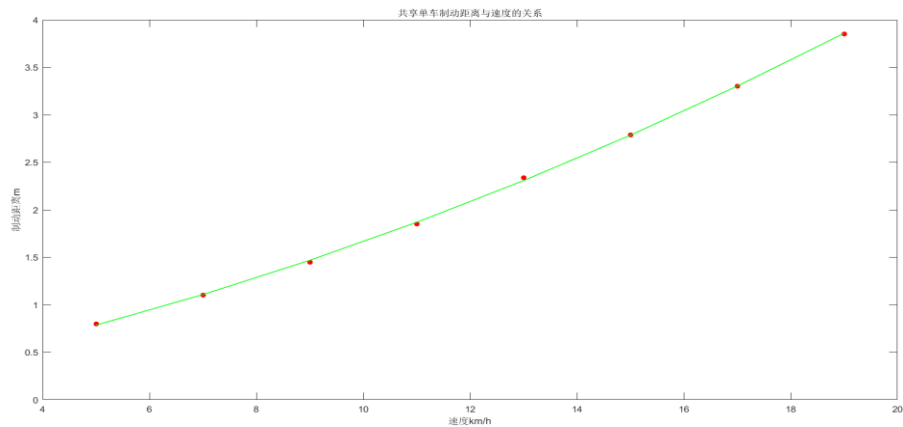


图 4 共享单车制动距离与速度的关系

其函数表达式为: $S=0.0055256x^2+0.21745x-0.19705$

查询资料以及结合西电校园现有情况(如限速 20 公里/小时)通过计算后得,在西电校园中各交通方式平均速度分别为:步行 5.12 公里/小时,共享单车/私人自行车 10.62 公里/小时,电瓶车 14.48 公里/小时、小轿车 19.02 公里/小时。平均车长分别为:步行 1 米,共享单车/私人自行车 1.5 米,电瓶车 3.4 米,小轿车 4.1 米。平均载客量分别问:步行 1 人,共享单车/私人自行车 1 人,电瓶车 8 人,小轿车三人。代入各数据可得:

表 3 各指标数值

	共享单车	私人自行车	步行	电瓶车	小轿车
制动距离(米)	2.735	2.735	0	2.01	3.864
道路交通指数 P	2.508	2.508	5.12	21.412	7.165

3、便捷度、安全性和环保的确定

表 4 环保有关数据

	噪声污染指数	人均耗能	尾气排放
共享单车	0.476	0.038	0
私人自行车	0.476	0.038	0
步行	0.102	0.003	0
电瓶车	1.357	1.430	0
小轿车	3.400	3.506	1.359

表 5 指标值

	共享单车	私人自行车	步行	电瓶车	小轿车
便捷度	0.8	1	1	0.4	1
安全性	0.934	0.934	0.915	0.981	0.986
环保	0.97	0.97	1	0.95	0.4

4、成本的确定

(1) 本文以 ofo 为代表对共享单车进行分析。在西电中，对于校园用户：每日首单免费，5 元包月，其余情况 0.5 元/小时，周末免费，对于学生，不收取押金，故平均所有学生一年所花的费用为：

$$M1=5\times 10\times 0.08+0.92\times 0.5\times 3\times 40=59.2 \text{ (元)}$$

(2) 本文考虑到轮胎更换、修车、被偷后，得到平均所有学生一年所花的费用为： $M2=97$ (元)

(3) 由调查问卷可知，学生平均使用电瓶车的频率为：一周 2 次，考虑到放假等特殊情況，一年大约花费： $M3=84$ (元)

(4) 查询数据可知，汽车的百公里油耗是 7.875L，市场的油价为 6.33L/元，在西电校园中以小轿车做为一种交通方式的主要为教职工，故通过调查和计算得到其平均每次行驶路程为 3 公里，每周平均进入学校 4 次，可得：

$$M4=7.875\times 6.33\times 3\times 4\times 2\times 40\div 100=478.54 \text{ (元)}$$

(5) 据资料显示，2016 年西安市月平均工资为 5872 元，根据每月的收入除以一个月的总时间得出出行时间每分钟的时间成本为 0.1359 元，计算得出步行平均成本为 $M5=50$ (元)

5.1.3 模型一的求解

(1) 设这一问题决策矩阵为 A ，由 A 可以构成规范化的决策矩阵 Z' ，其元素为 Z'_{ij} ，且有

$$Z'_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n f_{ij}^2}}, i=1,2,\sim,5, j=1,2,\sim,6;$$

式中， f_{ij} 由决策矩阵 A 给出。其中 f_{ij} 为第 i 个对象对于第 j 种指标的评判值，5 个对象分别为：共享单车、私人自行车、步行、电瓶车、小轿车，6 个指标分别为：需求量、道路交通指数、便捷度、安全性、环保、成本。

表 6 初始各指标值

	需求量	道路交通指数	便捷度	安全性	环保	成本
共享单车	25.45%	2.508	0.8	0.934	0.97	59.2
私人自行车	23.65%	2.508	1	0.934	0.97	97
电瓶车	12.55%	21.412	0.4	0.981	0.95	84
小轿车	6.76%	7.165	1	0.986	0.4	478.54
步行	25.4%	5.12	0.2	0.915	1	50

在原始数据中，需求量、道路交通指数、便捷度、安全性、环保为低优指标，成本为高优指标，故对成本这一指标采用倒数法进行转化得到如下数据：

表 7 转化后各指标值

	需求量	道路交通指数	便捷度	安全性	环保	成本
共享单车	0.2545	2.508	0.8	0.934	0.97	1.6891
私人自行车	0.2365	2.508	1	0.934	0.97	1.0309
电瓶车	0.1255	21.412	0.4	0.981	0.95	1.1905
小轿车	0.0676	7.165	1	0.986	0.4	0.2090
步行	0.2540	5.12	0.2	0.915	1	2.0000

根据数据可得其决策矩阵为：

$$A = \begin{pmatrix} 0.2545 & 2.508 & 0.8 & 0.934 & 0.97 & 1.6891 \\ 0.2365 & 2.508 & 1 & 0.934 & 0.97 & 1.0310 \\ 0.1255 & 21.412 & 0.4 & 0.981 & 0.95 & 1.1905 \\ 0.0676 & 7.165 & 1 & 0.986 & 0.4 & 0.2090 \\ 0.2540 & 5.12 & 0.2 & 0.915 & 1 & 2.0000 \end{pmatrix};$$

(2) 代入公式得到其规范化的决策矩阵：

$$Z' = \begin{pmatrix} 1.2382 & 0.0046 & 0.2817 & 0.2068 & 0.2459 & 0.1801 \\ 1.1506 & 0.0046 & 0.3521 & 0.2068 & 0.2459 & 0.1100 \\ 0.6106 & 0.0390 & 0.1408 & 0.2172 & 0.2409 & 0.1270 \\ 0.3289 & 0.0131 & 0.3521 & 0.2183 & 0.1014 & 0.0223 \\ 1.2358 & 0.0093 & 0.0704 & 0.2026 & 0.2535 & 0.2133 \end{pmatrix};$$

本文根据调查发现人们对于各指标的关心程度相同，因此其权重都相等，故近似认为其加权后的矩阵为：

$$Z = Z' = \begin{pmatrix} 1.2382 & 0.0046 & 0.2817 & 0.2068 & 0.2458 & 0.1801 \\ 1.1506 & 0.0046 & 0.3521 & 0.2068 & 0.2461 & 0.1100 \\ 0.6106 & 0.0390 & 0.1408 & 0.2172 & 0.2409 & 0.1270 \\ 0.3289 & 0.0131 & 0.3521 & 0.2183 & 0.1014 & 0.0223 \\ 1.2358 & 0.0093 & 0.0704 & 0.2026 & 0.2535 & 0.2133 \end{pmatrix}$$

(3) 因为在方案中，各指标值越大越好，因此得到其理想解和负理想解分别为：

$$Z^+ = (1.2382 \quad 0.03090 \quad 0.3521 \quad 0.2183 \quad 0.2535 \quad 0.2133)$$

$$Z^- = (0.3289 \quad 0.0046 \quad 0.0704 \quad 0.2026 \quad 0.1014 \quad 0.0223)$$

(4) 距离的测量及相对接近度的求解。

从任意可行解 Z_i 到 Z^+ 的距离为

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (Z_{ij} - Z_j^+)^2}$$

从任意可行解 Z_i 到 Z^+ 的距离为

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (Z_{ij} - Z_j^-)^2}$$

任意可行解对于理想解的相对接近度定义为

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, \text{ 其值越大越好}$$

表 8 不同交通方式指标值与最优值的相对接近程度及排序结果

	S^+	S^-	C^*	排序结果
共享单车	0.1113	0.9173	0.8918	1
私人自行车	0.2270	0.7832	0.7753	2
电瓶车	0.2628	0.1162	0.3066	4
小轿车	0.3570	0.0796	0.1823	5
步行	0.5489	0.8820	0.6164	3

得出结果如排序结果所示,即西电校园内已有交通方式优劣排序由高到低为:共享单车、私人自行车、步行、电瓶车(小蓝)、小轿车。

5.1.4 模型一的结果分析

由以上结果可以看出,在校园里最好的交通方式为共享单车,共享单车虽然道路交通指数较低,但具有环保的优点并且同时兼顾到安全性、便捷度,虽然其成本并无很大的优势,但综合其他各项指标仍有很大的需求量。而对于小轿车,因本文是对于校园里的交通方式进行分析,故拥有小轿车的人群多为教职工,相对于学生来说比例略低,因此小轿车的需求量最少,同时结合其余指标得出小轿车为校园里最劣的交通方式。

这五个对象中除共享单车、私人自行车和步行外,其余两种交通方式差距较大,根据结果可知在校园里较好的交通方式为:共享单车、私人自行车、步行,较差的为:电瓶车和轿车。

5.2 问题二的模型建立与求解

通过查阅文献及比较计算得出快速找到并使用共享单车是确定投放点时最重要的一项因素,因此本文以此为目标来确定其投放方案。

5.2.1 模型二的建立

在问题一中已知步行平均速度为 5.12 公里/小时,以此将时间约束 3 分钟转化为距离约束即 $d = 3\text{min} \times 5.12\text{km/h} = 256\text{m}$,因为此时并不知道所需投放点的个数,

因此本文先以投放点的个数为目标函数为: $z = \sum_{i=1}^{24} y_i$ 。

(1) 确定投放个数

每个地点仅被一个投放点所覆盖，即： $\sum_{i=1}^{24} z_{ij} = 1$ ；投放点 i 到各地点 j 的最短距离小于等于 $d = 256m$ ，即： $d_{ij} z_{ij} \leq 256$ ；而只有在地点 i 设立投放点，它才可能覆盖地点 j ，即： $z_{ij} - y_i \leq 0$ 。

综上所述，得到其单目标优化模型：

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i=1}^{24} y_i ; \\ s.t. &\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{24} z_{ij} = 1 \\ d_{ij} z_{ij} \leq 256 \\ z_{ij} - y_i \leq 0 \end{array} \right. ; \end{aligned}$$

(2) 确定投放点

求得投放点个数后，本文建立所有地点到最近投放点的总距离最小的目标函数，即：

$$s = \sum_{i=1}^{24} \sum_{j=1}^{24} d_{ij} * z_{ij} * w_j ;$$

其中 w_j 的值通过调查计算得到(见附录图 1)

根据上文所建模型可以得到其投放点为 n 个，得到约束条件： $\sum_{i=1}^{24} y_i = n$ ；

只有在 i 地点设立了投放点， j 地点才有可能被 i 地点所覆盖，即： $z_{ij} \leq y_i$ ；

综上所述，得到其单目标优化模型：

$$\begin{aligned} \min s &= \sum_{i=1}^{24} \sum_{j=1}^{24} d_{ij} * z_{ij} * w_j ; \\ s.t. &\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{24} z_{ij} = 1 \\ d_{ij} z_{ij} \leq 256 \\ z_{ij} \leq y_i \\ \sum_{i=1}^{24} y_i = n \end{array} \right. ; \end{aligned}$$

5.2.2 模型二的求解

(1) 确定地点

根据西电现有情况及调查分析得到以下 24 个地点（具体位置见附录图 2）。

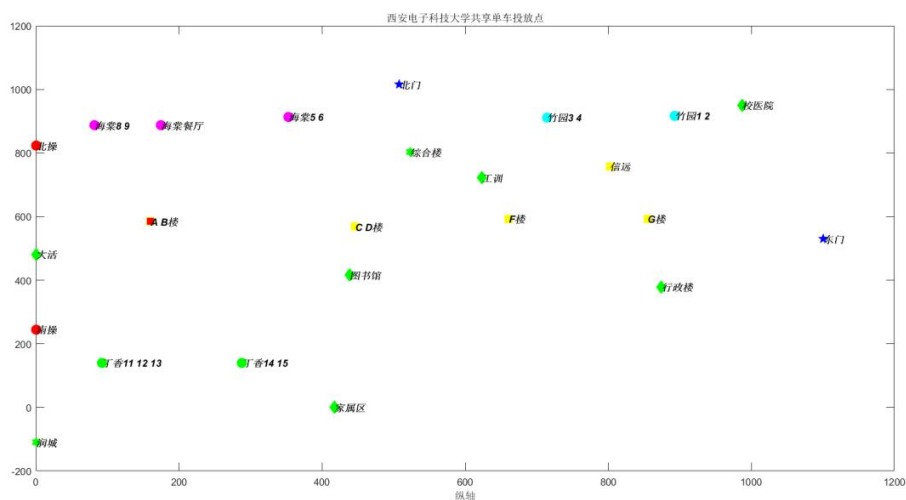


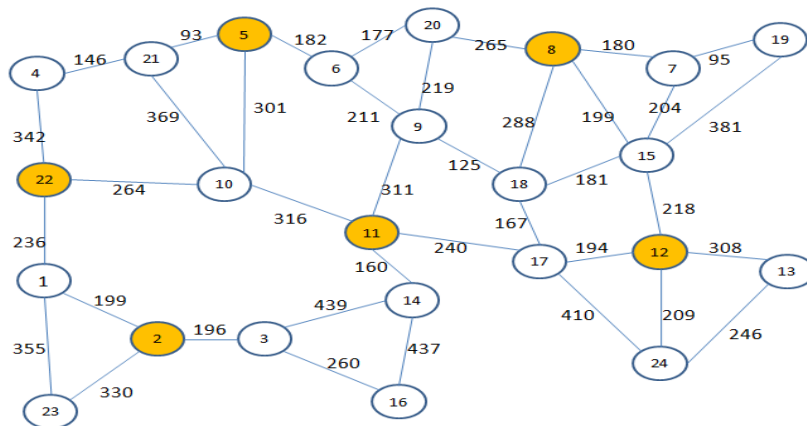
图 5 共享单车需求点简化位置

(2) 求解投放点个数

利用 matlab 编程可知在距离约束下，设立的最少投放点数为 6 个。

(3) 求解投放点

给出任意两个地点之间的直线距离，如果这两个地点之间没有直接的路，则 将这两个地点的距离定为 ∞ ，再将这些距离写成矩阵的形式，记为 a ，其中矩阵 a 中的元素 a_{ij} 表示地点 i 到地点 j 的距离。在 matlab 软件中用 Flody 算法算出每两个居民点之间的最短距离矩阵 d （见附录图 3、4）和 最短路径矩阵 PATH。其中 $PATH_{ij}$ 表示从地点 i 到地点 j 沿图 1 中所示连接线所经过的第一个点。把距离矩阵 d 代入建立的规划模型中，该模型建立的方程是以所有地点之间的平均距离最短为最优，得到投放点结果如下：地点 2（丁香 11 12 13）、地点 5（海棠餐厅）、地点 8（竹园 3 4）、地点 11（C D 楼）、地点 12（G 楼）地点 22（大活），即：



(4) 求解投放量

根据调查问卷平均每天使用单车的次数为：

	每天一次	每天两次	每天三次及以上	偶尔骑一次	不骑
所占比例	8.8%	6%	2%	49.1%	34.1%

计算得出平均每天每人使用共享单车次数为：

$$q = 1 \times 0.088 + 2 \times 0.06 + 4 \times 0.02 + 0.3 \times 0.491 + 0 \times 0.341 = 0.3553 \text{次};$$

学校总人数为 25000 人左右，故平均每天全校使用共享单车的次数为：

$$p = 25000 \times 0.3553 = 8882.5 \text{次}$$

通过共享单车平台数据得到每辆单车平均每天被使用的次数 m 为 5 次，则全校总投放量为：

$$Q = \frac{p}{m} = \frac{8882.5}{5} = 1776.5 \approx 1777 \text{辆};$$

根据各投放点附近人流量和需求，得到各点投放量分别为：

表 9 各投放点投放量

	地点 2 丁香 11 12 13	地点 5 海棠餐厅	地点 8 竹园 3 4	地点 11 C D 楼	地点 12 G 楼	地点 22 大活
投放量	304 辆	376 辆	261 辆	372 辆	252 辆	211 辆

(5) 求解收费标准

目前 ofo 共享单车的收费标准为 0.5 元/小时，由于西电校园的特殊情况，其单次骑行时长有所规律，因此本文通过调查问卷的方式对校园里的单次骑行时长做了分析，即：

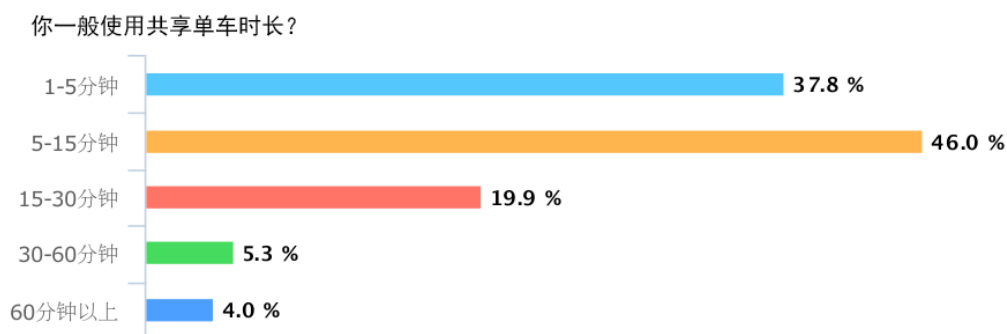


图 9 一般使用时长

根据调查结果可以得出西电人群单次骑行时间集中在 1-15 分钟，一部分人群为 15-30 分钟，极少部分为 30 分钟以上，因此本文认为在校园里以每 15 分钟进行收费最为合理，根据目前收费标准（0.5 元/小时）计算后制定以下收费情况：0.10 元/15 分钟、0.15 元/15 分钟、0.20 元/15 分钟、0.25 元/15 分钟，在此情形下得到如下数据：

你能接受共享单车的最高价格？

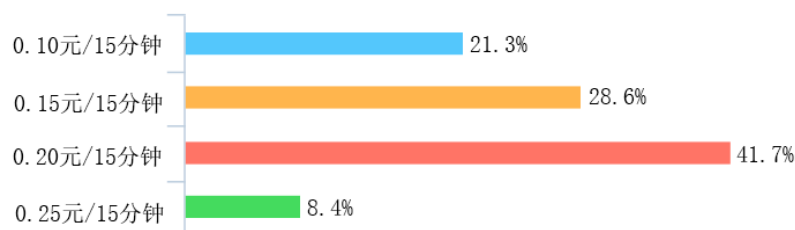


图 10 所能接收的最高价格

进行计算得到：

$$f_{\max} = 0.10 \times 0.213 + 0.15 \times 0.286 + 0.20 \times 0.417 + 0.25 \times 0.084 = 0.1686 \approx 0.16 \text{元/15分钟}$$

即 ofo 共享单车收费标准不得高于 0.16 元/15 分钟。因为 ofo 共享单车是一公益项目，服务于人民，因此大家认为只要收费标准比所能接收最高价格低就会使用，所以对于其收费标准，只要不高于 0.16 元/15 分钟即可。

5.2.3 问题二的结果分析

问题二得到的 6 个投放点中有 3 个位于宿舍区域，2 个位于教学楼，1 个位于大活，在以后使用共享单车时可以前往这六个投放点去寻找车辆，且各点投放量差距较大。

5.3 问题三的模型建立与求解

5.3.1 问题三指标的确立

(1) 成本

对于公司来说成本关乎到其效益，且随着认为破坏程度、丢失程度的不同其值会有很大的变化，只有当公司能够负担得起运营成本时，才会取得效益，因此要考虑到公司的运营成本。

(2) 收入

直接关系到公司效益的是收入，因此选择该指标。

(3) 管理难度

问题三中要求从投放公司的效益和管理角度进行分析，因此管理难度会对投放公司造成影响。

(4) 消费者满意度

消费者满意度会影响到用户对投放公司的信誉及热度等造成影响。

5.3.2 问题三模型的建立

根据所确定的指标，可以对人为破坏、丢失等问题出现前后进行比较，因为各项指标对公司效益和管理影响的权重不同，因此，本文采用模糊综合评价法进行分析。首先，利用模糊综合评价法求出模糊评价矩阵 R ，然后运用偏大型柯西分布函数求出权重向量 A ，最后，利用矩阵的模糊乘法 $B = A \odot R$ 得到综合模糊评价向量 B ，对 B 进行归一化处理后按最大隶属原则得出结论。

综合四项指标可得：

u_1 = “成本”， u_2 = “收入”， u_3 = “管理难度”， u_4 = “消费者满意度”；

则 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$ 为因素集。

评语集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ ，其中 v_1 = “很好”， v_2 = “好”， v_3 = “一般”， v_4 = “差”，对应的取值为 5, 4, 3, 2。根据公司效益和管理有关数据可分别得到 u_1 ， u_2 ， u_3 ， u_4 的单因素评价向量 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 ，他们组成评判矩阵 R （其中 R_{ij} 表示此方案在第 i 个目标处于第 j 级评语的隶属度）。

取偏大型柯西分布函数（如下）作为该评价的隶属函数

$$f(x) = \begin{cases} [1 + a(x-b)^{-2}]^{-1}, & 1 \leq x \leq 3 \\ c \ln x + d, & 3 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (1)$$

据此得到 a 、 b 、 c 、 d 的值，带入方程（1）中得到其权重向量 A 。

5.3.2 问题三模型的求解

（1）评估对投放方案的影响影响

根据调查及计算可得：

$$\text{不考虑人为破坏、丢失等问题时的评判矩阵 } R = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.6 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix};$$

$$\text{考虑人为破坏、丢失等问题时的评判矩阵 } R = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.2 \end{pmatrix}。$$

由（7）偏大型柯西分布函数确定 a ， b ， c ， d 得

$$A = (0.31 \quad 0.28 \quad 0.25 \quad 0.16);$$

作模糊变换令 $B = A \odot R$ ，进一步归一化处理后，按最大隶属原则得到结论
不考虑人为破坏、丢失等问题时：

$$B = A \odot R = (0.457 \quad 0.212 \quad 0.203 \quad 0.128);$$

考虑人为破坏、丢失等问题时：

$$B = A \odot R = (0.247 \quad 0.260 \quad 0.321 \quad 0.172).$$

由最大隶属度原则可以得出人为破坏、丢失等问题出现前的投放公司效益和管理会产生很大的影响。而对公司的影响又会造车投放量总数的波动，当其成本升高时，可能会采取减少投放点及投放总量的措施，并且可能会增加收费标准以

此来提高收益，这种情况下人群的出行会受到很大的影响。

(2) 修正模型

据资料显示，假设一辆共享单车没有遭受人为破坏和丢失等问题，投入使用后三个月可以挣 450 元，刚赚回车辆成本，这说明其中 250 元是损耗、丢失成本，换句话说，一辆单车的年运维成本达到了 1000 元左右，因此其维修成本非常高，影响了公司的效益和管理，故考虑到成本问题的严重影响，对问题二中投放模型做出修正，即减小其维修成本。

由调查可知各投放点的单车损耗率如下表所示：

	丁香 11 12 13	海棠餐厅	竹园 3 4	C D 楼	G 楼	大活
损耗率	18.5%	19.2%	18.9%	16.8%	24.3%	20.6%

在人为破坏的情况下得到：

表 10 修正后各投放点投放量

	地点 2 丁香 11 12 13	地点 5 海棠餐厅	地点 8 竹园 3 4	地点 11 C D 楼	地点 12 G 楼	地点 22 大活
投放量	308 辆	378 辆	269 辆	355 辆	254 辆	213 辆

5.3.3 问题三模型的结果分析

可以看出在 G 楼的共享单车损耗率最大，为降低其维修及运营成本，若在总投放量不变的情况下，应先降低 G 楼和大活的投放量，其余投放点根据前两个的变化按照损耗率之比做出适当改变。

除人为破坏、丢失等问题外，随着季节的更换，骑车人群也会有变化，根据调查数据给出可以在冬季及夏季时减少投放量，而在春季和秋季是增加投放量，并同时增加维修人员数目。

5.4 问题四的模型建立与求解

问题四要求预测近几年我校共享单车的使用前景，因我校共享单车兴起时间过短，因此本文以全国共享单车发展结合我校情况进行前景预测。本文选取了共享单车的搜索热度和用户规模来预测共享单车的前景。

通过对共享单车市场影响因素的分析，可以知道其受多方面因素的影响，这些影响因素使得共享单车市场具有很大的复杂性和非线性，因此采用具有很强的非线性映射能力和柔性网络结构的 BP 神经网络模型进行预测。

5.4.1 建立 BP 神经网络预测模型

(1) 通过对于各种数据的综合考虑，本文拟定了如下六个因素作为共享单车用户规模的影响因子：大学生人均月消费、出行用车服务行业渗透率、有效使用次数、手机渗透率、中国移动网民数量、全国共享单车总量。因共享单车在我校兴起时间很短，故采用全国数据。

(2) 已知 N 个月的影响因子的历史统计数据 and N 年的共享单车用户规模值及搜索热度，以第 1 个月至第 N 个月的数据作为网络的训练样本，第 N - t 个月至第 N 个月的为训练样本和测试样本的输入向量和输出向量。

(3) 构建 BP 网络，通过 matlab 编程对网络进行训练，通过对测试样本的输

入向量的仿真，得出网络的预测数据，将其与测试样本的目标向量进行误差分析，达到要求，证明网络预测可行。

(4) 利用训练好的网络和已知的目标月的影响因子数据，进行预测。

5. 4. 2 神经网络预测模型图

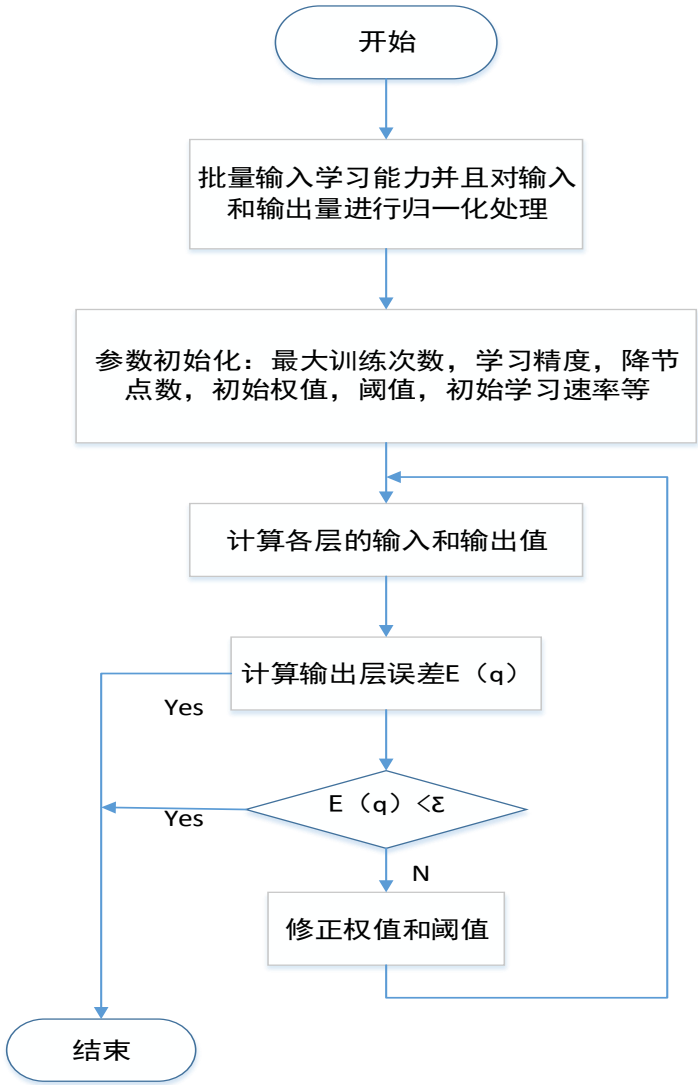


图 11 神经网络预测模型图

5. 4. 3 模型的检验和运行结果

表 11 初始数据

月份	大学生 人均月 消费/元	出行用 车服务 行业渗 透率	月有效 使用次 数/万 次	智能手 机渗透 率	中国移 动网民 数量/ 亿	全国共 享单车 总数目 /万	共享单 车搜索 热度/ 万次	共享单 车用户 规模/ 万
2016. 08	1095. 38	2. 21%	627. 9	77. 23%	6. 58	21	96	527. 8
2016. 09	1138. 57	2. 83%	892. 2	78. 04%	6. 65	46	289	797. 6
2016. 10	1124. 73	5. 49%	1472. 5	78. 82%	6. 73	103	333	1089. 4
2016. 11	1257. 60	6. 30%	1702. 8	79. 58%	6. 81	104	421	1592. 8

2016.12	1082.54	10.58%	2601.6	80.29%	6.95	216	526	1886.4
2017.01	1070.76	12.46%	2786.9	81.10%	7.05	304	680	2235.6
2017.02	1091.28	13.80%	3754.9	81.81%	7.12	380	1266	2564.3
2017.03	1123.82	14.56%	4695.4	82.49%	7.18	496	2304	2892.7

首先，建立一个 BP 神经网络来预测这些影响因子在未来 8 个月的值。预测值如下表所示：

表 11 预测数据

预测月份	大学生人均月消费/元	出行用车服务行业渗透率	月有效使用次数/万次	智能手机渗透率	中国移动网民数量/亿	全国共享单车总数目/万
2017.04	1146.78	24.88%	5096.4	82.86%	7.23	586
2017.05	1179.25	27.65%	5289.4	83.34%	7.28	679
2017.06	1165.43	30.86%	5433.6	83.46%	7.30	743
2017.07	1253.86	32.58%	5766.8	83.67%	7.35	886
2017.08	1149.83	35.41%	6048.3	83.89%	7.42	998
2017.09	1234.65	38.66%	6237.8	84.37%	7.47	1064
2017.10	1278.36	41.02%	6548.9	84.64%	7.81	1123
2017.11	1357.41	45.46%	6836.8	84.71%	7.88	1189

在这 6 个因素的影响下，共享单车的神经网络训练图如下：

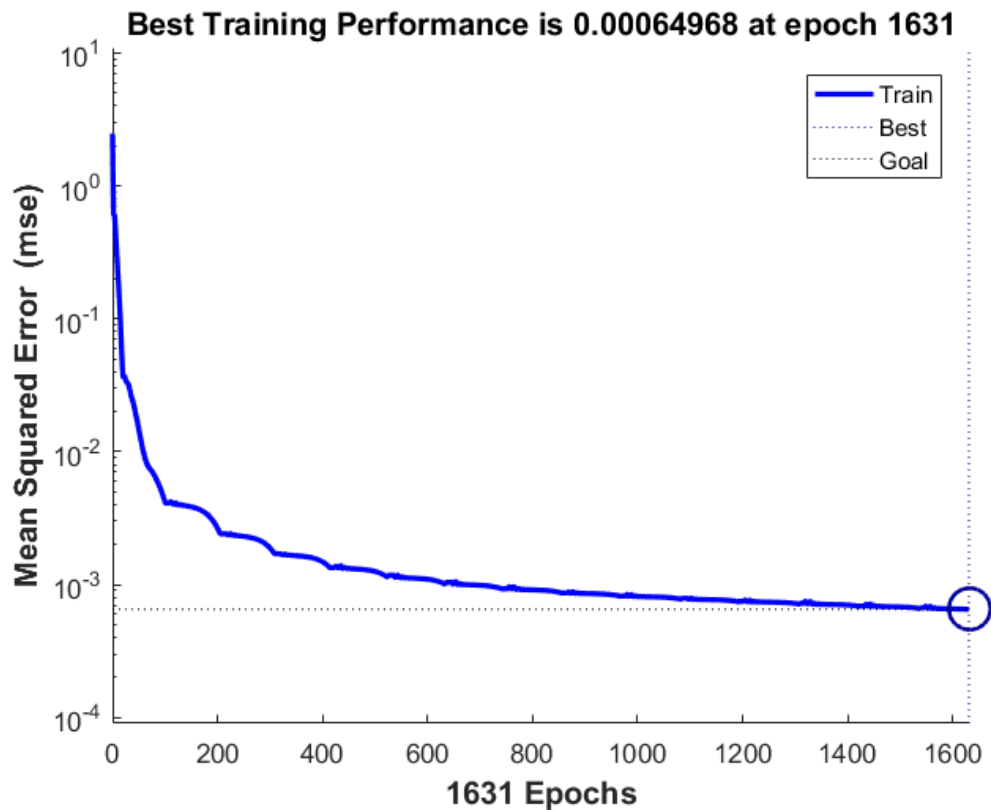


图 12 共享单车的神经网络训练图

如图所示，训练在第 1631 次迭代过程达到均方误差最小此时训练结束。

然后对神经网络预测结果进行分析如下表：

表 12 共享单车用户规模对比

月份	实际值	预测值	相对误差	误差均值
2016.08	527.8	522.6	-0.00985	0.00038
2016.09	797.6	791.7	-0.00739	
2016.10	1089.4	1097.6	0.00753	
2016.11	1592.8	1628.5	0.02241	
2016.12	1886.4	1863.1	-0.01235	
2017.01	2235.6	2246.2	0.00474	
2017.02	2564.3	2576.7	0.00483	
2017.03	2892.7	2862.9	-0.01030	

表 13 共享单车搜索热度对比

月份	实际值	预测值	相对误差	误差均值
2016.08	96	95.2	-0.00833	-0.03641
2016.09	289	277.9	-0.0381	
2016.10	333	324.1	-0.02672	
2016.11	421	404.5	-0.03919	
2016.12	526	558.9	0.06254	
2017.01	680	698.7	0.0275	
2017.02	1266	1189.5	-0.06042	
2017.03	2304	2410.7	0.04631	

利用matlab分别做出共享单车用户规模和搜索热度的实际值和预测值趋势对比图（见附录图 5、6）。

表 14 用户规模和搜索热度预测值

预测月份	用户规模 /万	搜索热度 /万次
2017.04	3146.8	2789
2017.05	3468.9	3124
2017.06	3779.5	3689
2017.07	4123.8	4058
2017.08	4369.5	4546
2017.09	4588.7	4789
2017.10	4890.5	4966
2017.11	5369.7	5236

5.4.4 结果分析

根据预测值可以看出在接下来的 11 个月，共享单车的用户规模和搜索热度将继续增加，但增长率较之前有所减少。共享单车在近几年将会继续发展，只是发展变慢，也许在若干年后会停止增长，甚至有所衰减。

六、 模型的评价与优化

6.1 模型的优点

(1) TOPSIS 法可以提高决策的科学性, 客观的对各决策进行评价, 使用灵活简单

(2) 模糊综合评价模型可以作出比较科学、合理、贴近实际的量化评价, 选用偏大型柯西分布函数确定权重, 贴近现实。

(3) 神经网络模型具有较强的自组织、自学习能力、泛化能力, 可以充分逼近共享单车用户规模和搜索热度这一复杂的网络系统, 通过训练可以不断地进行实时修正。

6.2 模型的缺点

(1) 对模糊综合评价模型而言, 由于资料数据的不全面性, 评判矩阵的确立带有一定的主观性。

(2) 对于神经网络模型, 由于其构建与训练要求样本点容量较大, 而本文所利用的原始数据较少, 所以不能更加精确的拟合出所需的数据。

6.3 模型的改进

因为共享单车兴起时间短, 所以本文数据准确度不够高, 可以将数据的处理更加合理化; 在问题二中对各交通方式进行评价时, 权重向量的确定含有主观因素, 故可以再提高客观因素所占的比例。问题四中预测前景的指标只有两个较单一, 可以在此基础上增加预测指标, 并确定其各指标权值是预测更加准确。

6.4 模型的推广

1、TOPSIS法能够更加科学客观的得到各决策的排序, 对多指标的问题能够很好的对各决策评价, 可以根据其排序对西电校园里的各交通方式所占比例做出改变, 以更好地符合西电现有情况。

2、神经网络预测模型具有很强的拓展性, 对由多种因素影响的、数据量大的研究量均可预测, 且效果较好, 可以此来调整未来共享单车的投放量及运营管理的方法。

七、 参考文献

- [1] 张培红 鲁韬 宝智 卢兆明 时间压力下人员流动状态的观测和分析
2005. 03. 28
- [2] 2017 年中国共享单车行业研究报告
http://www.199it.com/archives/574440.html?_t=t 2017. 03. 23
- [3] 选址问题 <http://www.docin.com/p-581513382.html> 2013. 01. 15
- [4] 综合评价与决策方法

<https://wenku.baidu.com/view/05a44b63af1ffc4ffe47aca0.html> 2012. 12. 26

[5] 地下公共空间的群集流动规律研究——以上海市徐家汇地铁商城为例
<http://ad.wanfangdata.com.cn/warning/sorry.html?aspxerrorpath=/view/地下公共空间的群集流动规律研究——以上海市徐家汇地铁商城为例.aspx>
2008. 09. 20

[6] 李小燕 灰色神经网络预测模型的优化研究
http://kns.cnki.net/kns/brief/Default_Result.aspx?code=SCDB&kw=灰色神经网络预测模型的优化研究 2009. 05. 01

[7] 张景阳 潘光友 多元线性回归与 BP 神经网络预测模型对比与运用研究
2013. 12. 15

八、 附录

第一问：曲线拟合及topsis

Code1：小轿车制动距离与速度的关系

```
x0=5:5:60;
y0=[1.18,2.23,4.39,6.42,8.72,11.31,14.18,17.33,20.76,24.48,28.48,32.75];
plot(x0,y0,'r.','MarkerSize',20);
[a,p]=polyfit(x0,y0,2)
hold on
y1=polyval(a,x0)
plot(x0,y1,'g','LineWidth',1);

hold on; xlabel('速度km/h');ylabel('制动距离m');

title('小轿车制动距离与速度的关系');axis([0 65 0 35]);

ye=y0-polyval(a,x0);
ye2s=sum(ye.^2)
disp(sprintf('wucha',ye2s))
```

Code2：共享单车制动距离与速度的关系

```
x0=5:2:19;
y0=[0.8,1.1,1.45,1.85,2.34,2.79,3.3,3.85];
plot(x0,y0,'r.','MarkerSize',20);
[a,p]=polyfit(x0,y0,2)
hold on
y1=polyval(a,x0)
plot(x0,y1,'g','LineWidth',1);
hold on

xlabel('速度km/h');

ylabel('制动距离');

title('共享单车制动距离与速度的关系');

axis([4 20 0 4]);
ye=y-polyval(a,x);
ye2s=sum(ye.^2);
```



```
disp(sprintf('wucha',ye2s));
```

Code3: topsis

```
x=[0.2545,2.508,0.8,0.934,0.97,1.6891;  
    0.2365,2.508,1,0.934,0.97,1.031;  
    0.254,5.12,0.2,0.915,1,2.000;  
    0.1255,21.4,0.4,0.981,0.95,1.1905;  
    0.0676,7.165,1,0.986,0.4,0.209];  
[m,n]=size(x);  
for i=1:n  
    y(:,i)=x(:,i)/sum([x(:,i).^2])  
end  
for i=1:n  
    wmin(i)=max(y(:,i)); %最大指标  
    wmax(i)=min(y(:,i)); %最小指标  
end  
d1=zeros(m,1);  
d2=zeros(m,1);  
for i=1:m  
    for j=1:n  
        diszy(i,j)=(y(i,j)-wmin(j))^2 %计算到最优值距离  
        diszl(i,j)=(y(i,j)-wmax(j))^2 %计算最虐值距离  
        d1(i,1)=d1(i,1)+diszy(i,j);  
        d2(i,1)=d2(i,1)+diszl(i,j);  
    end  
    d1(i,1)=sqrt(d1(i,1)); %求d+  
    d2(i,1)=sqrt(d2(i,1)); %求d-  
end  
for i=1:m  
    c(i)=d2(i,1)/(d1(i,1)+d2(i,1)); %求c值  
end  
第二问：图论（最短路），目标规划  
A=xlsread('lingjiejuzhen.xlsx');  
[D,path]=floyd(A)
```

%%最短路求最短路径

```
function [D,path]=floyd(A)
n=size(A,1);
D=A;
path=zeros(n,n);
for i=1:n
for j=1:n
if D(i,j)~=inf
    path(i,j)=j;
end
end
end
for k=1:n
for i=1:n
for j=1:n
if D(i,k)+D(k,j)<D(i,j)
    D(i,j)=D(i,k)+D(k,j);
    path(i,j)=path(i,k);
end
end
end
end
end
```

! 选几个投放点;

```
model:
sets:
p/1..24/:c;
m(p,p):v,x;
endsets
data:
v=@ole('F\pip.xlsx','distance');
enddata
min z=@sum(p:c);
@for(p(i): @sum(p(j):x(i,j))=1);
@for(m(i,j):v(i,j)*x(i,j)<=25);
@for(m(i,j):x(i,j)<=c(j));
@for(m: @bin(x));
```

```

@for(p:@bin(c));
End

%%求投放点:

clc;clear all;close all;
n=24;
a=a+a';
M=max(max(a))*n^2;
d=a+((a==0)-eye(n))*M;
path=zeros(n);
for k=1:n
for i=1:n
for j=1:n
if d(i,j)>d(i,k)+d(k,j)
d(i,j)=d(i,k)+d(k,j);
path(i,j)=k;
end
end
end
end
L=[];L1=[];L2=[];S=[];
c=1;
for x=1:24
for y=1:24
for z=1:24
for n=1:24
L(1)=d(n,x);
L(2)=d(n,y);
L(3)=d(n,z);
L1(n)=min(L);
end
b=1:n;
if (L1(b)<=25)
L2(1)=x;
L2(2)=y;
L2(3)=z;
wz{c}=L2;
S(c)=sum(L1);
c=c+1;

```

```

end
end
end
end
c=find(S==min(S));
wz=wz{c(1)};
fprintf(' toufangdidian:');disp(wz)

%%简化待投放点地图

clc;clear all;close all;
x=xlsread('data.xlsx','Sheet1','A1:A24');
y=xlsread('data.xlsx','Sheet1','B1:B24');
axes('linewidth',1,'box','on','FontSize',16);
plot(x(1),y(1),'ro','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','r')
);hold on;
text(x(1),y(1),'nancao','fontsize',10,'fontWeight','Bold',
'fontAngle','italic')
plot(x(2),y(2),'go','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','g')
);hold on;
text(x(2),y(2),'¶;Ïã11 12
13','fontsize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','itali
c')
plot(x(3),y(3),'go','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','g')
);hold on;
text(x(3),y(3),'¶;Ïã14
15','fontsize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','itali
c')
plot(x(4),y(4),'ro','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','r')
);hold on;
text(x(4),y(4),'±±²Ü','fontsize',10,'fontWeight','Bold',
'fontAngle','italic')
plot(x(5),y(5),'mo','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','m')
);hold on;
text(x(5),y(5),'°£ÏÄ²íÛü','fontsize',10,'fontWeight','Bo
ld','fontAngle','italic')
plot(x(6),y(6),'mo','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','m')
);hold on;
text(x(6),y(6),'°£ÏÄ5
6','fontsize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','italic

```

```

')
plot(x(7),y(7),'co','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','c'
);hold on;
text(x(7),y(7),'ÖñÔ°1
2','fontSize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','italic'
')
plot(x(8),y(8),'co','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','c'
);hold on;
text(x(8),y(8),'ÖñÔ°3
4','fontSize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','italic'
')
plot(x(9),y(9),'gh','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','g'
);hold on;
text(x(9),y(9),'xÛ°İÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bold'
','fontAngle','italic')
plot(x(10),y(10),'ys','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
r');hold on;
text(x(10),y(10),'A
BÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','ital
ic')
plot(x(11),y(11),'ys','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
y');hold on;
text(x(11),y(11),'C
DÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','ital
ic')
plot(x(12),y(12),'ys','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
y');hold on;
text(x(12),y(12),'GÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bold'
','fontAngle','italic')
plot(x(13),y(13),'bp','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
b');hold on;
text(x(13),y(13),'Œ«ÃÅ','fontSize',10,'fontWeight','Bold'
','fontAngle','italic')
plot(x(14),y(14),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(14),y(14),'Í¼Êé¹Ý','fontSize',10,'fontWeight','Bo
ld','fontAngle','italic')
plot(x(15),y(15),'ys','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
y');hold on;

```

```

text(x(15),y(15),'ĐẢÔ¶','fontSize',10,'fontWeight','Bold',
'fontAngle','italic')
plot(x(16),y(16),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(16),y(16),'¼ÒÊÔÇø','fontSize',10,'fontWeight','Bo
ld','fontAngle','italic')
plot(x(17),y(17),'ys','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
y');hold on;
text(x(17),y(17),'FÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bold'
,'fontAngle','italic')
plot(x(18),y(18),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(18),y(18),'¹¤Ñµ','fontSize',10,'fontWeight','Bold
','fontAngle','italic')
plot(x(19),y(19),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(19),y(19),'Đ£Ò¼Ô°','fontSize',10,'fontWeight','Bo
ld','fontAngle','italic')
plot(x(20),y(20),'bp','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
b');hold on;
text(x(20),y(20),'±±ÃÃ','fontSize',10,'fontWeight','Bold
','fontAngle','italic')
plot(x(21),y(21),'mo','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
m');hold on;
text(x(21),y(21),'°£İÄ8
9','fontSize',10,'fontWeight','Bold','fontAngle','italic
')
plot(x(22),y(22),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(22),y(22),'´ó»î','fontSize',10,'fontWeight','Bold
','fontAngle','italic')
plot(x(23),y(23),'gh','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(23),y(23),'ÈÓ³Ç','fontSize',10,'fontWeight','Bold
','fontAngle','italic')
plot(x(24),y(24),'gd','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','
g');hold on;
text(x(24),y(24),'ĐĐÕþÂ¥','fontSize',10,'fontWeight','Bo
ld','fontAngle','italic')

```

```

xlabel('°áÖá')
xlabel('×ÝÖá')
title('î÷°²µç×Ó¿Æ¼´óÑ$¹²říµ¥³µíŦ·Åµã')

%%人口饼形图

x0=1:1:24;
y0=[6.2 16.7 11.3 11.5 14.1 12.4 10.4 14.5 15.6 36.8 22.7 9.8
6.3 22.6 23.5 8.5 10.6 7.7 2.3...
6.5 12.7 13.9 2.8 7.2];figure(1)
b = bar(data,'b');hold on
ch = get(b,'children');hold on
set(gca,'XTickLabel',{'1','2','3','4','5','6','7','8','9',
'10','11','12','13','14','15','16','17','18','19','20','21',
'22','23','24'});hold on
set(ch,'FaceVertexCData',[0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1
1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0
1;0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1
1;1 1 1;1 0 1;0 0 1;0 1 1;1 1 1;1 0 1;])

%%第四问灰色预测

clc;clear all;close all;
t0=[21 46 103 104 216 304 380 496]';
t1=cumsum(t0);
n=length(t1);
lamda=t0(1:n-1)./t0(2:n);
range=minmax(lamda)
[exp(-2/(n+1)) exp(2/(n+2))]
B=[-0.5*(t1(1:end-1)+t1(2:end)),ones(n-1,1)];
Y=t0(2:end);
r=B\Y
y=dsolve('Dy+a*y=b','y(0)=y0');
y=subs(y',{'a','b','y0'},{r(1),r(2),t1(1)});
yucel=subs(y,'t',[0:n+8]);
vpa(yucel)
a = zeros(1, n+8);a(1) = yucel(1);
for i = 2:n+8
    a(i) = yucel(i)-yucel(i-1);
end
a;

```

```

figure, plot(1:8,t0,'b',8:16,[t0(end) a(9:end)],'r')
digits(9),y=vpa(y)
yuce=diff(yuce1); yuce=[t0(1),yuce]
epsilon = (t0' - a(1:8))./t0'
avg_e = 1/(n-1)*sum(abs(epsilon))
p=(1-avg_e)

%%bp神经网络1

Clc;clear all;close all;
x=xlsread('bp.xlsx','Sheet1');
x=x(1:8,1:6);

p=x';%输入矩阵

y=xlsread('bp.xlsx','Sheet1');
y=y(1:8,7);t=y';
[pn,minp,maxp,tn,mint,maxt]=premnmx(p,t);

dx=[-1,1;-1,1;-1,1;-1,1;-1,1;-1,1]; %归一化处理

%BP 网络训练

net=newff(dx,[6,5,1],{'tansig','tansig','purelin'},'train
gdx'); %建立模型，梯度下降法

net.trainParam.show=10000; %1000轮回显示一次结果

net.trainParam.Lr=0.05; %学习速度为0.05

net.trainParam.epochs=50000; %最大迭代次数 50000

net.trainParam.goal=0.065*10^(-2); %均方误差

net=train(net,pn,tn); %开始训练

an=sim(net,pn); %用训练好的模型进行仿真

a=postmnmx(an,mint,maxt);
pnew=xlsread('yuceshuju1.xlsx','Sheet1');
pnew=pnew(9:16,1:6);
pnew=pnew'
pnewn=tramnmx(pnew,minp,maxp);
anewn=sim(net,pnewn);

```



```

anew=postmnmx(anewn,mint,maxt)  %神经网络单因子
a=a';

bp神经网络单因子

clearall,clc;
x=xlsread('bp.xlsx','sheet1','A1:A8');

lag=3;    %自回归阶数

iinput=x; %x为原始序列(行变量)
n=length(iinput);

%准备输入和输出数据

inputs=zeros(lag,n-lag);
for i=1:n-lag
    inputs(:,i)=iinput(i:i+lag-1)';
end
targets=x(lag+1:end);

%创建网络

hiddenLayerSize = 5; %隐藏层神经元个数 通过K-means算法确定神经
元个数
net = fitnet(hiddenLayerSize);

% 避免过拟合，划分训练，测试和验证数据的比例

net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;

%训练网络

[net,tr] = train(net,inputs,targets);

%%根据图表判断拟合好坏

yn=net(inputs);
errors=targets-yn;

figure, ploterrcorr(errors)%绘制误差的自相关

figure, parcorr(errors) %绘制偏相关情况

%[h,pValue,stat,cValue]= lbqtest(errors)

```

```

figure,plotresponse(con2seq(targets),con2seq(yn))
%figure, ploterrhist(errors)
%figure, plotperform(tr)

%% 下面预测接下来几个时间段

fn=8; %预测步长

f_in=iinput(n-lag+1:end)';

f_out=zeros(1,fn); %预测输出

% 循环输出
for i=1:fn
    f_out(i)=net(f_in)
end

```

图 1

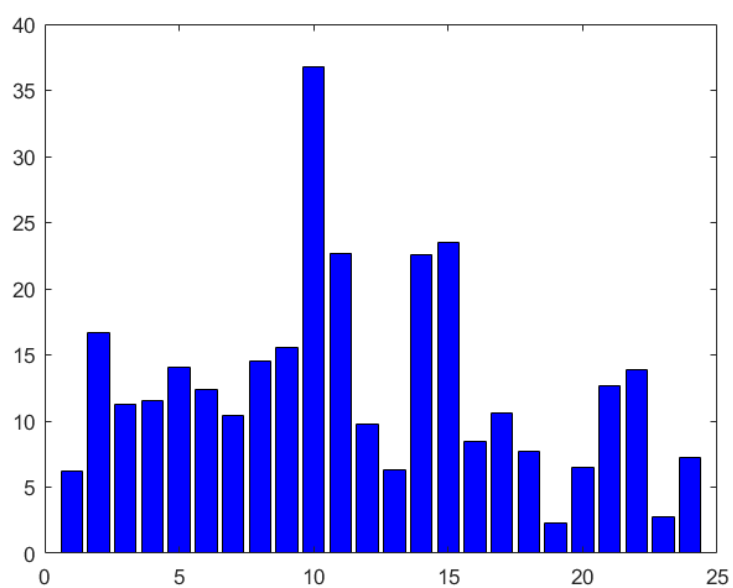


图 2



图 3

199	395	578	801	983	1605	1425	1127	500	816	1250	1558	834	1404	655	1056	1223	1700	1160	724	236	355	1459
0	196	777	1000	1182	1587	1490	1106	699	795	1229	1537	635	1383	456	1035	1202	1682	1325	923	435	333	1438
196	0	973	1196	1121	1391	1294	910	895	599	1033	1341	439	1187	260	839	1006	1486	1129	1119	631	529	1242
777	973	0	239	421	1043	863	632	515	831	1118	1426	991	938	1233	924	757	1138	598	146	342	933	1327
1000	1196	239	0	182	804	624	393	301	617	879	1187	777	699	1214	685	518	899	359	93	565	1156	1088
1182	1121	421	182	0	622	442	211	483	522	697	1005	682	517	1119	503	336	717	177	275	747	1338	906
1587	1391	1043	804	622	0	180	510	1105	792	422	730	952	204	1389	552	385	95	445	897	1369	1920	631
1490	1294	863	624	442	180	0	413	925	695	602	910	855	384	1292	455	288	275	265	717	1189	1780	811
1106	910	632	393	211	510	413	0	627	311	486	794	471	306	908	292	125	605	219	486	891	1439	695
699	895	515	301	483	1105	925	627	0	316	750	1058	476	904	913	556	723	1200	660	369	264	855	959
795	599	831	617	522	792	695	311	316	0	434	742	160	588	597	240	407	887	530	685	580	1128	643
1229	1033	1118	879	697	422	602	486	750	434	0	308	594	218	1031	194	361	517	705	972	1014	1562	209
1537	1341	1426	1187	1005	730	910	794	1058	742	308	0	902	526	1339	502	669	825	1013	1280	1322	1870	246
635	439	991	777	682	952	855	471	476	160	594	902	320	748	437	400	567	1047	690	845	740	968	803
1383	1187	938	699	517	204	384	306	904	588	218	526	748	0	1185	348	181	299	525	792	1168	1716	427
456	260	1233	1214	1119	1389	1292	908	913	597	1031	1339	437	1185	0	837	1004	1484	1127	1282	891	789	1240
1035	839	924	685	503	552	455	292	556	240	194	502	400	348	837	0	167	647	511	778	820	1368	403
1202	1006	757	518	336	385	288	125	723	407	361	669	567	181	1004	167	0	480	344	611	987	1535	570
1682	1486	1138	899	717	95	275	605	1200	887	517	825	1047	299	1484	647	480	0	540	992	1464	2015	726
1325	1129	598	359	177	445	265	219	660	530	705	1013	690	525	1127	511	344	540	0	452	924	1515	914
923	1119	146	93	275	897	717	486	369	685	972	1280	845	792	1282	778	611	992	452	0	488	1079	1181
435	631	342	565	747	1369	1189	891	264	580	1014	1322	740	1168	891	820	987	1464	924	488	0	591	1223
333	529	933	1156	1338	1920	1780	1439	855	1128	1562	1870	968	1716	789	1368	1535	2015	1515	1079	591	0	1771
1438	1242	1327	1088	906	631	811	695	959	643	209	246	803	427	1240	403	570	726	914	1181	1223	1771	0

图 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	199	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	236	355	inf
2	199	0	196	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	333	inf	inf
3	inf	196	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	439	inf	260	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
4	inf	inf	inf	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	146	342	inf	inf
5	inf	inf	inf	inf	0	182	inf	inf	inf	301	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	93	inf	inf	inf
6	inf	inf	inf	inf	182	0	inf	inf	211	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	177	inf	inf	inf	inf
7	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	180	inf	inf	inf	inf	inf	inf	204	inf	inf	inf	95	inf	inf	inf	inf	inf
8	inf	inf	inf	inf	inf	inf	180	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	288	inf	265	inf	inf	inf	inf	inf
9	inf	inf	inf	inf	inf	211	inf	inf	0	inf	311	inf	inf	inf	inf	inf	125	inf	219	inf	inf	inf	inf	inf
10	inf	inf	inf	inf	301	inf	inf	inf	inf	0	316	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	369	264	inf	inf
11	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	311	316	0	inf	inf	160	inf	inf	240	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
12	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	308	inf	218	inf	194	inf	inf	inf	inf	inf	inf	209	inf
13	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	308	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	246	inf
14	inf	inf	439	inf	inf	inf	inf	inf	inf	160	inf	inf	inf	437	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
15	inf	inf	inf	inf	inf	inf	204	inf	inf	inf	inf	218	inf	inf	0	inf	181	381	inf	inf	inf	inf	inf	inf
16	inf	inf	260	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	437	inf	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
17	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	240	194	inf	inf	inf	inf	0	167	inf	inf	inf	inf	inf	inf	410
18	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	288	125	inf	inf	inf	inf	inf	181	inf	167	0	inf	inf	inf	inf	inf	inf
19	inf	inf	inf	inf	inf	inf	95	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	381	inf	inf	inf	0	inf	inf	inf	inf	inf
20	inf	inf	inf	inf	inf	177	inf	265	219	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	inf	inf	inf	inf
21	inf	inf	inf	146	93	inf	inf	inf	inf	369	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	inf	inf	inf
22	236	inf	inf	342	inf	inf	inf	inf	inf	264	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	inf	inf
23	355	333	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0	inf
24	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	209	246	inf	inf	inf	410	inf	inf	inf	inf	inf	inf	0

图 5

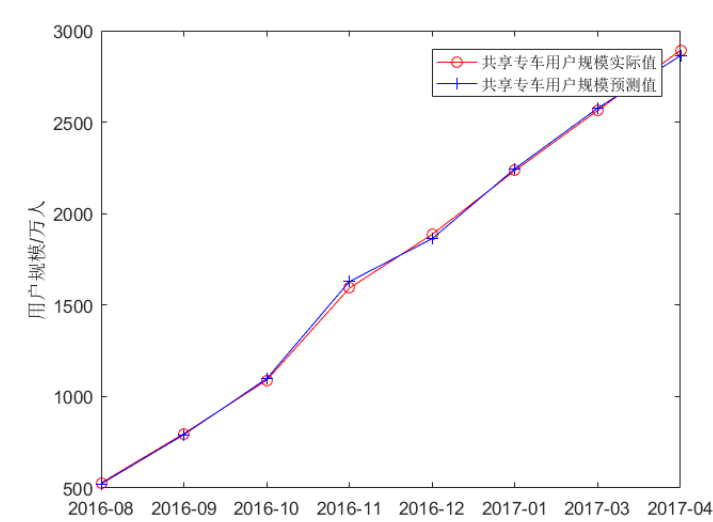


图 6

