
报名号：2016029477

Youth 游乐场的游客疏导方案研究及皇冠假日酒店预订量预测

摘要

作为我市建有最多过山车的游乐园—Youth 即将开园，吸引大量游客前来游园。在此背景下也带来了游客引导和住宿安排两个问题。本文利用系统动力学仿真，多重非线性回归模型和神经网络模型，无约束非线性优化等多种方法来对这两个问题进行处理，并成功地得到了较优的启发式游客引导决策方案，以及 2016 年 1-3 月的每日房间预定情况。

针对问题一，我们做出了一些合理假设，然后定义出游客满意度的函数，认为其与游客在游乐园内的逗留时间成反比。接着给出四种不同的启发式疏导方案，也即游客路线的决策方案。与此同时，为了解决其中涉及到的游园最短路线问题，我们通过求解 Tsp 模型得到游园最短环游路线。为了适应不同的游客密度条件，我们设置了四种不同密度的游客进园分布，分别对其在四种决策方案下的情况进行仿真模拟，得到当天游乐场的开放状态和游客的整体游览情况数据。最后比较数据，确认我们改进过的 D 方案是四种方案中的最佳方案。

针对问题二，我们首先对题目所给的数据进行了平滑和图形化表达，发现了少量的极端数据，对其进行了分析和处理。之后我们分离出四种对酒店预订量有影响的指标，分别为季节，周末/工作日，法定节假日，暑假。然后我们建立了多重非线性回归和神经网络两个模型，运用 MATLAB、minitab 等软件，分别得到两个模型中，每日预订量与上述四个指标因素之间的映射关系。最后我们通过这两个模型分别得出对 2016 年 1-3 月每日预订量的预测结果，并进行了比较分析。

之后，我们分别对两个问题中的模型进行了评价，明确的改进的方向。

关键词：游乐场，系统仿真，启发式方案，多重非线性回归模型，神经网络模型，预测

一. 问题重述

1.1 引言

随着本市拥有最多的过山车游乐园 Youth 的开园，众多青少年前来参观，为了缓解届时预计的 10000 人/天的大客流，及时分流游客并为他们提供游园向导，同时保证游客的游园体验，显得尤为重要。

此外，由于在游乐园建立了一个皇冠假日酒店，为游客提供住宿便利，由于酒店的预定情况与季节，假期，法定假日等多个因素有关，即开园通过本年度全年预定数据预测出下年度的酒店预订情况。

1.2 问题的提出

围绕着疏散人群，为游客提供游园向导，并保证他们的游园体验以及游乐园内皇冠假日酒店的下年度预定情况预估，本文提出了下列问题：

(1) 如图 1 是 Youth 游乐场的规划图及每个游乐项目的安排，结合每个每个游乐项目的安排，在保证所有游客体验游乐设施的前提下，设计出每个游乐项目的等待游客的游览提醒和疏导的模型。

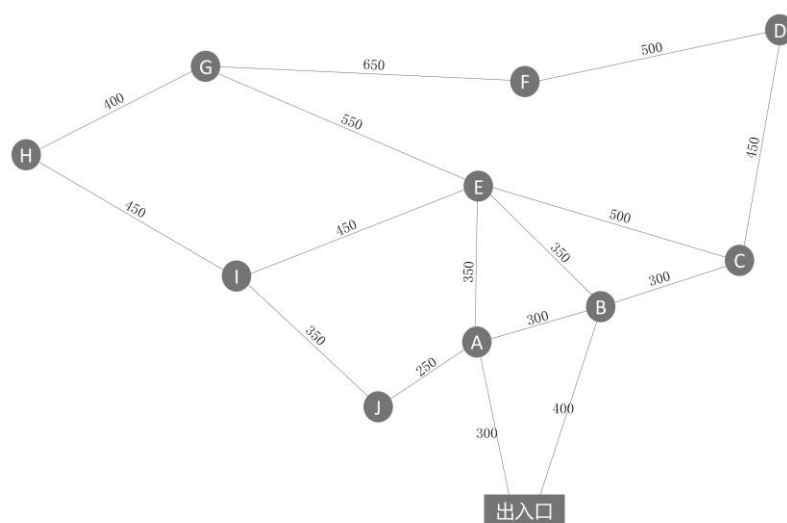


图 1 游乐场地点示意图

(2) 给定皇冠假日酒店 2015 年全年预定信息，综合考虑影响房间预定量的主要因素，建立数学模型预测 2016 年 1-3 月每天预定的房间数。

二. 模型假设

1. 游客以个体（而非小团体）形式在游乐场中活动。
2. 所有游客均玩遍游乐园中的所有项目才离开游乐场。

3. 假设游乐园不准通车，并且所有游客步速恒定，为 $v = 3\text{km/h}$ 。
4. 每个游客在一次游览中，从进入游乐园到走出游乐园，可以经过同一个景点，但不会再次游览。
5. 不考虑皇冠假日酒店接客能力上限问题（包括酒店的预定人数上限和收容能力上限）。

三. 问题分析

3.1 问题一分析

我们需要给出对园区游客进行疏导的方案，以使游客的满意度最高。在衡量游客满意程度时，我们假定每位游客在游乐场中均游玩遍所有项目，然后直接离开游乐园，以游客在游乐场内的逗留总时间的倒数评价该游客的满意程度。然后我们将给出一些启发式的游客路线决策方案，通过游乐场系统的计算机仿真，得到不同决策方案影响下的游客及场馆设施的统计数据。进行分析，评价决策方案的优劣。

3.2 问题二分析

我们需要根据酒店 2015 年整年的订房和入住信息预测 2016 年 1-3 月顾客的预定和入住情况，在分析影响顾客订房和入住的因素中，我们将季节，节假日等多种因素独立出来研究他们对顾客订房与入住的影响，最后通过神经网络和多重回归两种不同的模型，得出这些因素综合后对顾客订房和入住的映射关系，进而预测出 2016 年 1-3 月顾客订房和入住。

四. 符号说明

Loc_i	项目点 i
N	当日进入游客的总人数
v	游客在游乐园中行走的速度
tick	仿真的时间序列间隔长
λ	每次生成游客的数量满足的泊松分布的参量
s_i	第 i 个游客在游乐场内逗留的时长
Sat	评价总体游客满意度的指标
d_{ij}	地点 i 、 j 之间的最短行走距离
α	对最短环游路径上前后两点的增幅因子
V_r	游客尚未游览过的项目点
W	季节（周）因素的时间序列
D	周末/节假日因素的时间序列
H	法定节假日因素的时间序列
S	暑假因素的时间序列

五. 模型建立和解决

5.1 问题一的模型建立和解决

5.1.1 模型的建立

Youth 游乐园内共有 10 个项目点($Loc_1 \sim Loc_{10}$), 包括出入口(Loc_{11})共 11 个地点。将每个地点视为一个服务台[1][5], 每个地点均可建立排队论模型。

容易发现, 项目点($Loc_1 \sim Loc_{10}$)的服务台满足 $X/D/1/\infty/N/FCFS$ 的排队论模型, 但由于游客出现的分布 X 难以得到且受不同的疏导策略的影响, 无法直接得到理论平均队长、等候时间等参数。故我们选择计算机仿真的手段得到不同的启发式策略的效果。

在仿真中, 采取离散时间的仿真手段, 每隔一个固定时间间隔 $tick$ 更新一次系统状态。出入口服务台符合 $M/M/1/\infty/N/FCFS$ 的排队论模型, 但由于此处不针对出入口处的排队问题, 故将顾客进入游乐园的过程简化为, 每隔一个 $tick$ 在出入口处生成 K 位游客, $K \sim P(\lambda)$ 。则每次生成游客数量的期望也为 λ , 通过改变 λ 的数值可模拟不同入场密集程度条件下的系统状态。

为了便于建立模型的满意度评价函数, 认为各项目点从时刻 $t=0$ 时开始不间断运营, 则总体游客满意度为,

$$Sat = 1000 / \frac{\sum_{i=1}^N s_i}{N} = \frac{1000 * N}{\sum_{i=1}^N s_i}$$

其中, Sat 为总体游客满意度, N 为游客总数, s_i 为第 i 个游客在游乐场的逗留时间。

在得到总体满意度的定义函数后, 我们设置四种不同的决策方案, 通过计算机仿真得到四种不同决策方案下游客的游园平均耗时和平均满意度, 来判断四种决策方案度优劣:

- 方案一: 对游客不提供任何的疏导和游园意见, 游客游览各个景点的顺序完全随机;
- 方案二: 在游客进入游乐园之前, 就制定出一条总路径最短的路线, 游客在进入游乐园后, 或者延最短环游路径顺时针方向游玩, 或者延相反逆时针方向游玩;
- 方案三: 游客在游览完一个景点后, 实时监控其他景点的排队情况, 通过综合分析所需排队时间和走路时间, 决策出游客能在最短时间内玩到下一个项目的景点;
- 方案四: 游客在玩完某个景点后, 计算剩余每个景点对游客对吸引程度, 其中在最短环游路径上前后两点的影响力得到较大的权重, 综合判断得出前往哪个地点的决策。

5.1.2 求解游客游玩所有景点的最短路径

游客必须游玩所有项目, 所以我们需要先计算出游客从出入口出发, 到达所有景点最终回到出入口的最短路径。在 Youth 游乐场中的任意两个地点间不都存在直接路径, 通过计算这些点的两点间最短间接距离 (经由其他点抵达), 可将上述提到的最短路径

问题问题归纳为城市数量为 11 的经典 TSP 问题，或者返回出发点的哈密顿回路问题，规模较小。11 个点间的两两距离如表 1 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	出入口
A	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	300	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	600	300	M	-	-	-	-	-	-	-	-
D	1050	750	450	M	-	-	-	-	-	-	-
E	350	350	500	950	M	-	-	-	-	-	-
F	1550	1250	950	500	1200	M	-	-	-	-	-
G	900	900	1050	1150	550	650	M	-	-	-	-
H	1050	1250	1400	1550	900	1050	400	M	-	-	-
I	600	800	950	1400	450	1500	850	450	M	-	-
J	250	550	850	1300	600	1800	1150	800	350	M	-
出入口	300	400	700	1150	650	1850	1200	1350	900	550	M

表 1 游乐场中任意两个地点间最短距离

两点距离在表对称，故只列出一半。为避免仿真时游客在同一个地点陷入死循环，设置各地点与自身的距离为大数 M。

王继强[4]提出 TSP 问题的混合整数规划数学模型如下：

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

$$st. \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i = 1, 2, \dots, n & \text{①} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j = 1, 2, \dots, n & \text{②} \\ u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1, & i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; i \neq j & \text{③} \\ x_{ij} = 0, 1 \\ i, j = 1, 2, \dots, n \\ u_i \geq 0, & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

其中， d_{ij} 表示地点 i、j 之间的最短行走距离，数值如上表所示； x_{ij} 表示旅行商从地点

i 前往地点 j 的事件变量， $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{旅行商从地点 i 前往地点 j} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ 。 u_i 为不小于 0 的合适

实数。约束①②保证旅行商一定抵达每一个城市且不重复，约束③使得求出的解不会出现“分割”现象，最终路径不会出现多个孤立的环。

本问题中 n=11。利用 matlab 的混合整数规划求解器解得最优路径为：

出入口 \leftrightarrow B \leftrightarrow E \leftrightarrow C \leftrightarrow D \leftrightarrow F \leftrightarrow G \leftrightarrow H \leftrightarrow I \leftrightarrow J \leftrightarrow A \leftrightarrow 出入口

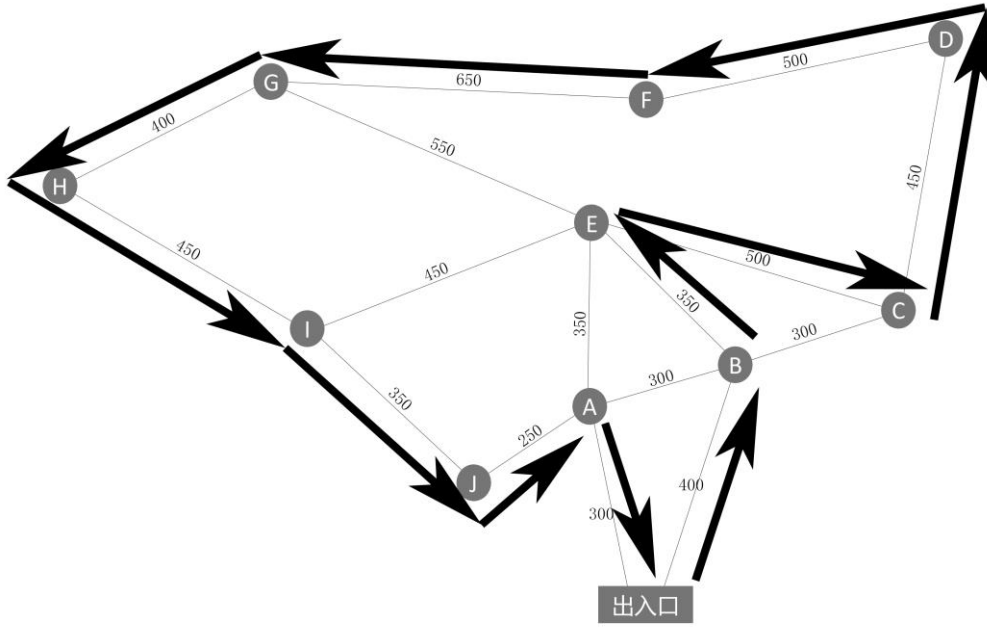


图 2 最短环绕轮径

最短总路程长为 4600 米。

5.1.3 方案三及方案四的分流方案

为了能有效结合游乐场内的实时拥堵情况，以做出最佳的疏导决策，我们需要借助人工，或包括传感器节点、射频标签、APP、PDA 在内的一些软硬件设施[6][11][12]获得每个地点的人员排队情况，然后针对每位游客，计算其尚未游玩的项目中，理论最快能玩到的项目，并指引其前往。针对实时分流问题，郑天翔[7]提出了一套基于动态实时调度的分流导航方案，我们将其结合游乐场项目分批开放的特点，制订出方案三。

设游乐园项目点及其之间的路线之和为无向图 $G = \{V, E\}$ 。当前时间为 T ，对于位于项目点 Loc_a 的游客 A 而言，其尚未游玩的项目集合为 V_r ，对于 V_r 中每个元素(地点) Loc_p ，计算假定从 Loc_a 立即出发前往 Loc_p ，最早能参与项目的时刻 T_{early} 。

游客 A 从 Loc_a 前往 Loc_p 的路程长度为 d_{ap} ，则移动时间

$$t_{move} = \frac{d_{ap}}{v}$$

Loc_p 地点的当前队列长度根据监控显示为 q_p ，该项目每轮开放的容量为 R_p ，每轮时间为 t_p ，下一轮开放时刻为 $T_{next} = \text{ceil}(T/t_p)$ ，则

$$T_{early} \geq \max \left\{ T_{next} + \text{floor} \left(\frac{q_p + 1}{R_p} \right), \text{ceil} \left(\frac{T + t_{move}}{t_p} \right) \right\}$$

仅当在这段移动过程中内新加入到 Loc_p 地点的队列中人数不多(不足以使游客 A 被分配到入场批次延后)时等号成立。认为 Loc_p 地点对 Loc_a 地点的吸引力为

$$F_{pa} = 1 / \min(T_{early})$$

于是可得到游客 A 尚未游玩的所有地点对 Loc_a 的吸引力 F_{ia} ($i \in V_r$)，取其最大值，作为其下一步移动的目的地。

针对方案三的一些不足，我们提出了方案四。

经过仿真过程，我们发现，当 λ 较大时，及游客的到来比较密集，游乐园面临访问高峰，游乐场的一些设施长时间处于满负荷状态。考虑到假设 2 的约束，游客必须游玩完所有景点后才能离开。那么上述分流措施只能让游客暂时避开排队时间相对长的项目，最终仍然需要回到跳过的地点进行排队，无法显著降低排队时间，但同时却损失了更多时间用于移动，导致游客的逗留总时间反而有所提升，满意度有所下降。因此，我们选择吸取最短环游路径能有效缩短移动时间的优势。具体方法如下：

游客 A 处于 Loc_a 点，其在最短环游路径上的前后两点为 Loc_f 和 Loc_l ，人为增大 Loc_f 和 Loc_l 这两点对 Loc_a 的吸引度值，以使其获得一定量沿最短环游路径的趋势。即

$$\begin{cases} F'_{fa} = F_{fa} \times \alpha \\ F'_{la} = F_{la} \times \alpha \end{cases}$$

α 为描述增大程度的因子。当 $\alpha \rightarrow \infty$ 时游客完全按照最短环绕路径游览，当 $\alpha = 1$ 时游客按方案三进行游览。

经多次仿真实验，得到 α 在 1.1 附近取值时效果最好，故方案四中取 $\alpha = 1.1$ 。

5.1.4 仿真实验及结论

设置仿真时间序列的间隔为 $tick=0.25$ 分钟，游客总数 $N=10000$ 。

我们给出 4 种不同密集程度的游客入场人数随机分布 ($\lambda = 3, 5, 10, 20$)。对于每种随机分布，对四种不同的决策方案分别 100 次计算机仿真实验，共 $4 \times 4 \times 10 = 160$ 次实验，得到每位游客的游园平均耗时及其他参考数据，如表 2 所示。

λ	分流策略	策略A	策略B	策略C	策略D
		随机前往任意一个景点	最优路径（双向）	根据实时拥堵情况决策	根据实时拥堵情况决策，最短路线的下一点有加权因子 $\alpha=1.1$
3	开园时间(分钟)	1127	1008.7	1022.3	1023
	平均耗时(分钟)	267.5	180.6	198.3	201.7
	平均等待时间(分钟)	30.2	34.9	43	42.9
	平均行走距离(米)	9174.4	4600	5075.5	5251.2
5	开园时间(分钟)	1028	935.7	924.3	924.3
	平均耗时(分钟)	427.5	375.7	336.7	336.5
	平均等待时间(分钟)	189.9	229.9	150.6	151.5
	平均行走距离(米)	9191.7	4600	6615.1	6561.4
10	开园时间(分钟)	985.7	920.3	897.9	891.2
	平均耗时(分钟)	583.6	551	509.9	508.4
	平均等待时间(分钟)	345.1	405.2	303.8	303.9
	平均行走距离(米)	9236.5	4600	7617	7533.7
20	开园时间(分钟)	962	920.3	867.9	865.2
	平均耗时(分钟)	676.3	625.8	603.9	601
	平均等待时间(分钟)	436.5	480	390.4	388.6
	平均行走距离(米)	9301.5	4600	7986	7927.8

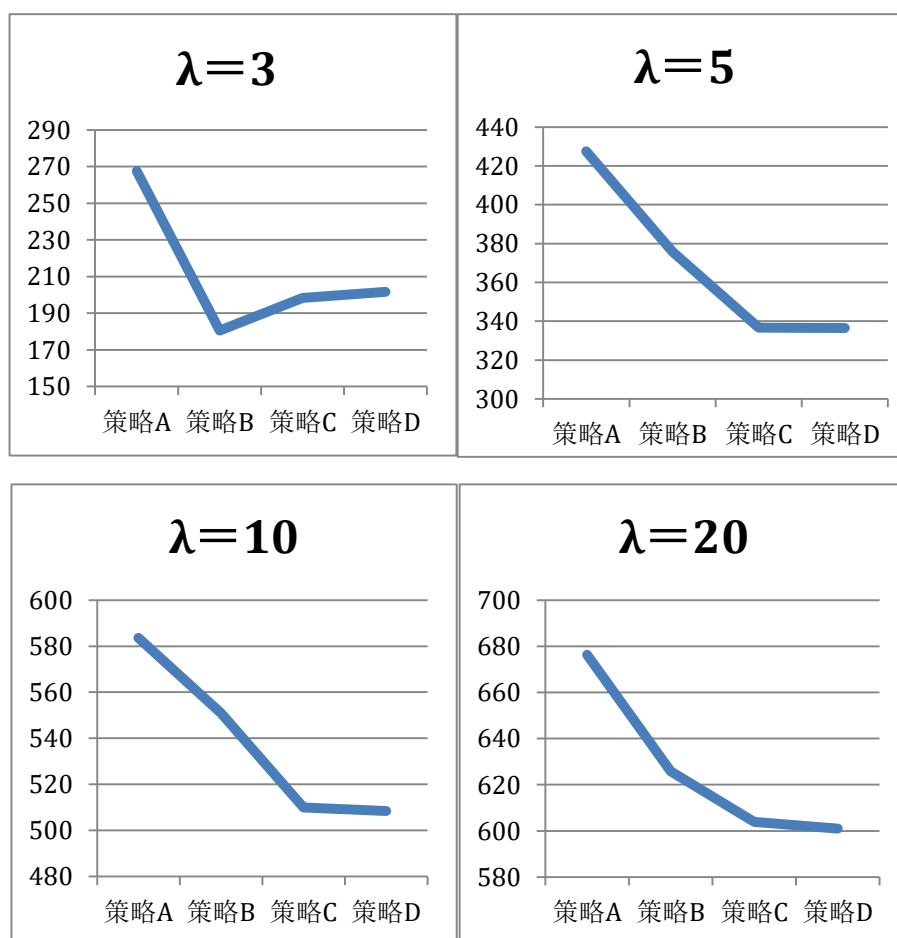


表 2 在四种疏导策略下不同游客密度时游客的平均状态

由此计算出不同 λ 及分流策略的条件下，所有游客的总体满意度值Sat，如表 3 所示。

λ	策略A	策略B	策略C	策略D
3	3.738317757	5.53709856	5.042864347	4.957858205
5	2.339181287	2.661698163	2.97000297	2.971768202
10	1.713502399	1.814882033	1.961168857	1.966955153
20	1.478633742	1.597954618	1.655903295	1.663893511

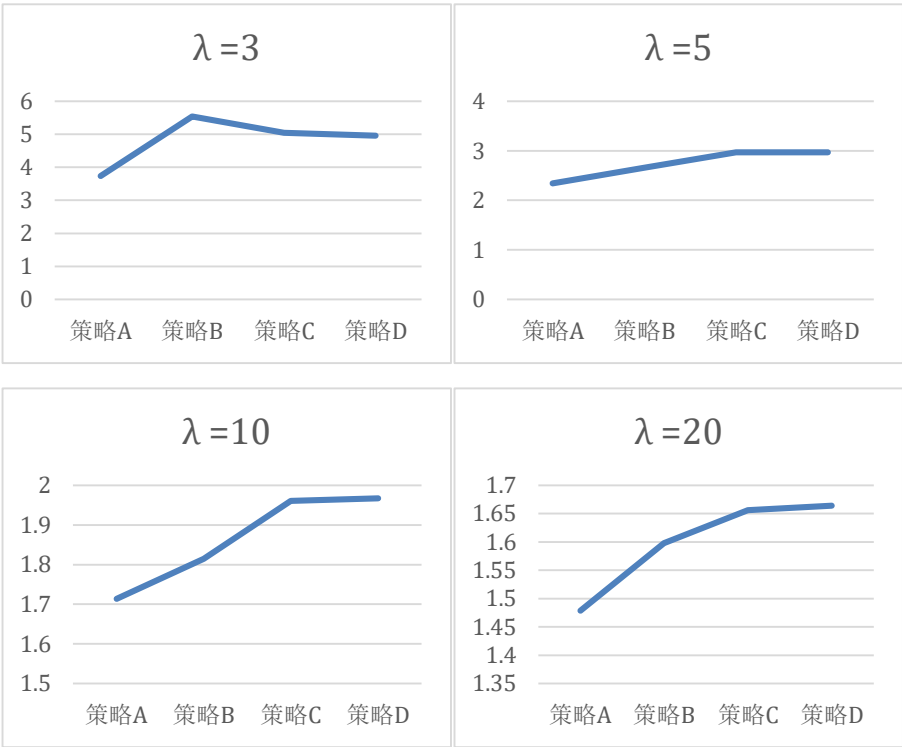


表 3 在四种疏导策略下不同游客密度时游客的满意度

通过比较不同密集程度和不同疏导策略下，游客的满意度及其他数据，可以发现，策略 D 在游客密度较高的情况下效果最优，在游客密度很低时，策略 B 效果最优，它能提供一条最短路径，使得游客的移动距离和移动时间大幅缩短，从而提高满意度。但由于 Youth 游乐场处于高负荷运转的情况，我们建议其选择 D 策略进行游客疏导。

5.2 问题二的模型建立和解决

5.2.1 数据分析

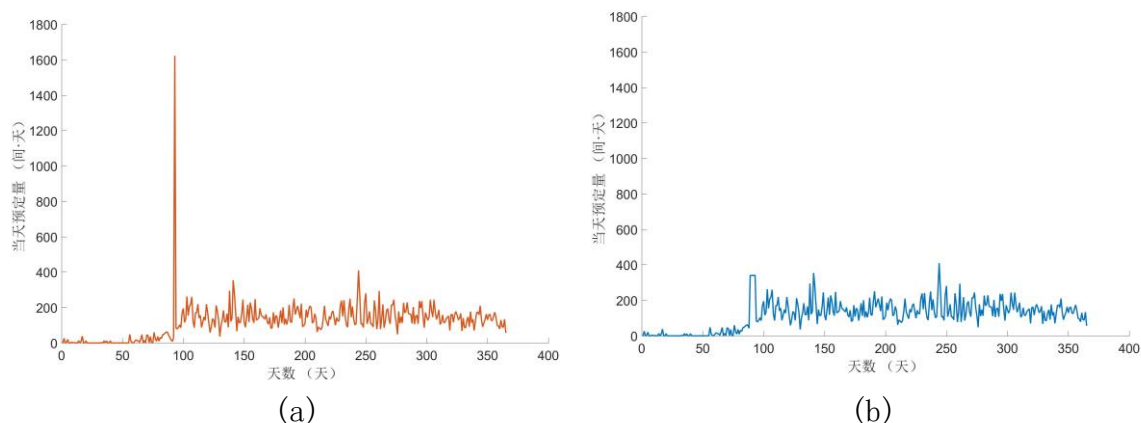


图 3 2015 年全年预订量大小

根据皇冠假日酒店 2015 年全年的预订量如图 3(a)所示。其中容易发现，在第 93 天（2015/4/3），出现了一个极大的异常值 1622，即这一天的预订量为 1622 间·天。为了防止该异常数据对后续预测过程造成误导，将其与前后几天的数据进行平滑，得到图 3(b)的预订量曲线。

分析 2015 一年中每天的预订量，我们归纳出 4 个对预订量影响较为显著的指标：季节，周末/工作日，法定节假日，暑假。季节因素对预订量的影响最为明显，春季属于预定淡季，预订量大幅低于夏秋季节，为细化季节因素的影响，按周为单位描述季节因素；其余三个因素影响在短期内造成预订量的波动。我们建立了两个模型，用两种方式处理这四个因素与预订量之间的关系，并进行预测。

5.2.2 多重非线性回归模型

季节因素（周）[9][14]。从数据中判断出，预订量存在阶段性的变化，若将全年按周分成 53 个阶段，那么某日的预订量与所处周数存在关系。为表示这一关系，可以计算当日所处周数的平均日预订量，即表现当周这一小范围内预订量的平均水平。用 W 来表示这一因子序列。

周末/工作日因素。预订量与一周中的每一天都存在着特定的关系。假设预测的日期为周一，则可通过计算全年中周一的平均日预订量来表示周一的因子，总共可以计算出七个因子。用 D 来表示这一因子序列。

法定节假日因素。预订量与假日与否密不可分。从生活经验得出，假期当天酒店房间通常很难预定，因此需要提前预定。因此我们用是否处于假日前，来判断假日对预订量的影响，是的话以“1”表示，否的话以“0”表示。用 H 来表示这一因子序列。

暑假因素。假日中存在一个比较特殊的情况，即暑假。因为其时间跨度长，且对象为学生群体（游乐园重要的顾客），所以单独作为一个因素讨论。这里我们将 7 月 1 日至 8 月 31 日作为暑假的时间。处于暑假中用“1”表示，不处于暑假中用“0”表示。用 S 来表示这一因子序列。

以上四个因子对 2015 年每一天的具体数值附于附件 1 中。由于周阶段（季节）对预订量的影响最为明显，我们构造回归模型方程如下：

$$Z = W \cdot (a \cdot D + b \cdot H + c \cdot S)$$

（其中 a 、 b 、 c 分别为 D 、 H 、 S 的相关系数）

该模型与实际数据(用 O 表示)的方差和方程如下：

$$Var = \sum_{i=1}^{365} (W_i(a \cdot D_i + b \cdot H_i + c \cdot S_i) - O_i)^2$$

为求出该回归方程的未知系数 a 、 b 、 c ，须找到最优组合 (a,b,c) 使方差和 Var 最小，也即求解下面的无约束最优化问题。

$$\min f(x_1, x_2, x_3) = \sum_{i=1}^{365} (W_i(x_1 \cdot D_i + x_2 \cdot H_i + x_3 \cdot S_i) - O_i)^2$$

我们使用梯度法对此问题进行求解，初始搜索位置为 $x_0 = (0,0,0)$ ，得到最优解为 $x_{min} = (0.3618, 0.3422, 0.0328)$ ，目标函数值最小为 $f(x_{min}) = 2.1887 \times 10^5$ 。2015 年全年时间序列的平均拟合标准差为 $sd = 24.4874$ 间·天。每一天的拟合误差如图 4 所示。

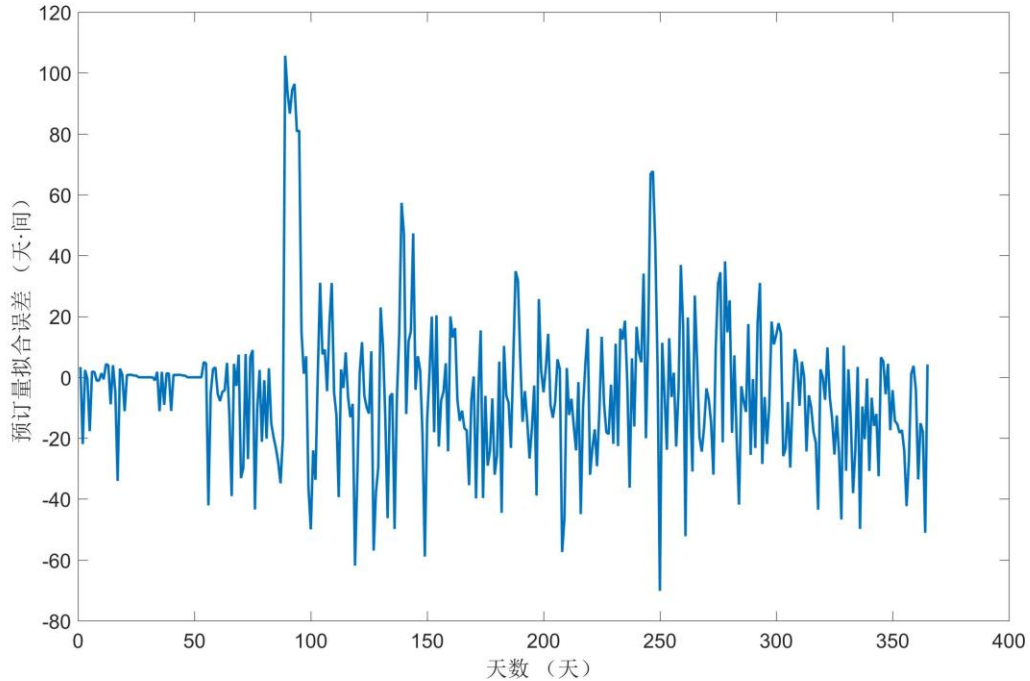


图 4 多重回归模型对 2015 年数据的拟合误差

多重非线性回归方程为：

$$Z_i^{2016} = W_i^{2016} \cdot (0.3618 \cdot D_i^{2016} + 0.3422 \cdot H_i^{2016} + 0.0328 \cdot S_i^{2016})$$

其中 $i=1,2,\dots,366$ 。2016 年的影响因子序列 W^{2016} 、 D^{2016} 在数值上按照周数和位于该周第几天继承 2015 年的数据， H^{2016} 、 S^{2016} 根据 2016 年的节假日寒暑假日期按 2015 年的同样规则人为给定。

利用该模型预测 2016 年 1 月 1 日-2016 年 3 月 31 日的每日预订量，预测结果如表 4 所示。

时间	预订量	时间	预订量	时间	预订量
2016/1/1	3	2016/2/1	2	2016/3/1	8
2016/1/2	2	2016/2/2	2	2016/3/2	7
2016/1/3	2	2016/2/3	2	2016/3/3	8
2016/1/4	2	2016/2/4	2	2016/3/4	8
2016/1/5	2	2016/2/5	2	2016/3/5	5
2016/1/6	2	2016/2/6	1	2016/3/6	5
2016/1/7	2	2016/2/7	1	2016/3/7	10
2016/1/8	2	2016/2/8	1	2016/3/8	9
2016/1/9	1	2016/2/9	1	2016/3/9	9
2016/1/10	1	2016/2/10	1	2016/3/10	9
2016/1/11	4	2016/2/11	1	2016/3/11	10
2016/1/12	4	2016/2/12	1	2016/3/12	7
2016/1/13	4	2016/2/13	1	2016/3/13	7
2016/1/14	4	2016/2/14	1	2016/3/14	13
2016/1/15	4	2016/2/15	0	2016/3/15	11
2016/1/16	3	2016/2/16	0	2016/3/16	11
2016/1/17	3	2016/2/17	0	2016/3/17	12
2016/1/18	1	2016/2/18	0	2016/3/18	12
2016/1/19	1	2016/2/19	0	2016/3/19	8
2016/1/20	1	2016/2/20	0	2016/3/20	8
2016/1/21	1	2016/2/21	0	2016/3/21	25
2016/1/22	1	2016/2/22	5	2016/3/22	22
2016/1/23	1	2016/2/23	5	2016/3/23	21
2016/1/24	1	2016/2/24	4	2016/3/24	23
2016/1/25	0	2016/2/25	5	2016/3/25	23
2016/1/26	0	2016/2/26	5	2016/3/26	16
2016/1/27	0	2016/2/27	3	2016/3/27	16
2016/1/28	0	2016/2/28	3	2016/3/28	135
2016/1/29	0	2016/2/29	8	2016/3/29	123
2016/1/30	0			2016/3/30	116
2016/1/31	0			2016/3/31	124

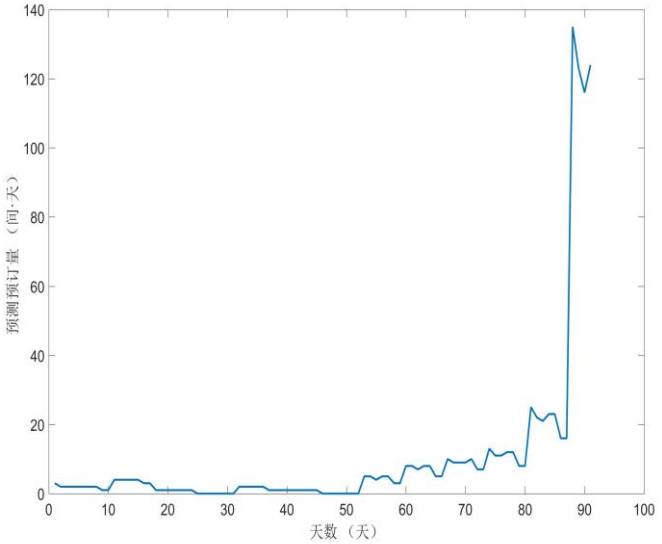


表 4 多重回归模型对 2016 年 1-3 月每日预订量的预测结果

5.2.3 基于神经网络的预测模型

考虑到上述多重非线性回归方程在对现有数据的拟合精度不高，考虑采取基于 Levenberg-Marquardt 学习方法的多层神经网络模型进行预测。由于多层神经网络结构理论上可以逼近任何非线性函数，故此处的季节因子 W 和周末/工作日因子 D 不再通过估算得到，而是直接以周数和在一周中为第几天来衡量 W 和 D 。如 2015 年 2 月 3 日为第 6 周星期二，则 $W_2 = 6$ ， $D_2 = 2$ 。法定节假日因子 H 及暑假因子 S 依然由 5.2.2 中方式人工设定。

因此可建立如下三层神经网络模型：

输入层

隐含层

输出层

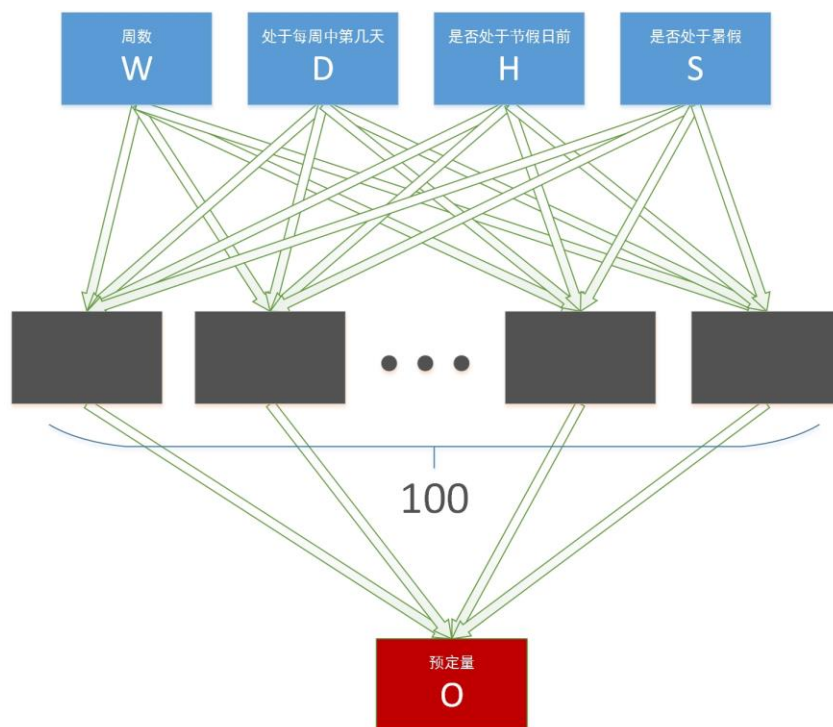


图 5 神经网络结构图

其中，输入层神经元个数为 4，隐含层为 100，输出层为 1。借助 MATLAB 神经网络工具箱进行学习，学习算法为 LM 算法，输入层与隐含层之间激活函数为 logsig 函数，隐含层与输出层之间激活函数为线性函数 $f(x)=x$ 。学习次数为 10000 次，学习结果如图 6 所示。

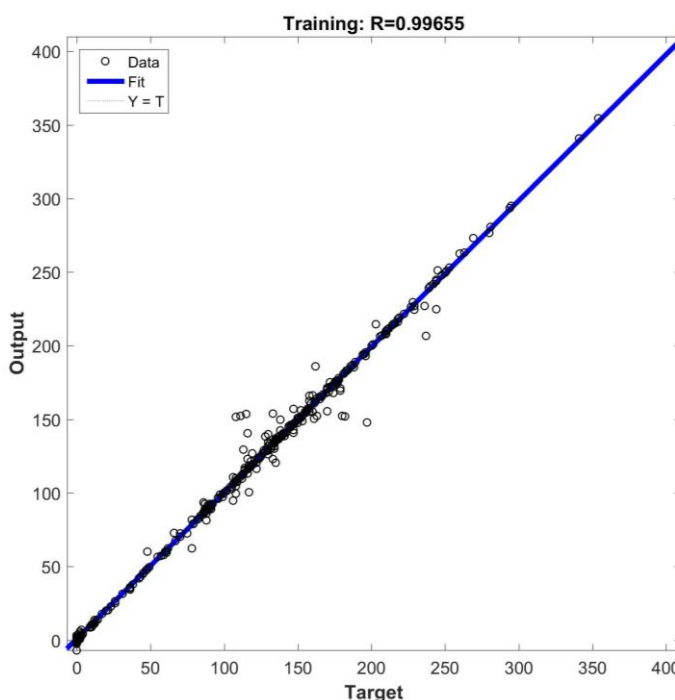
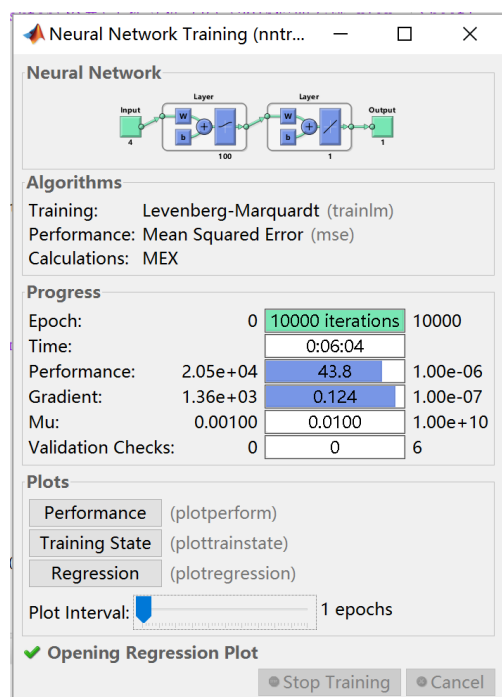


图 6 神经网络的学习结果

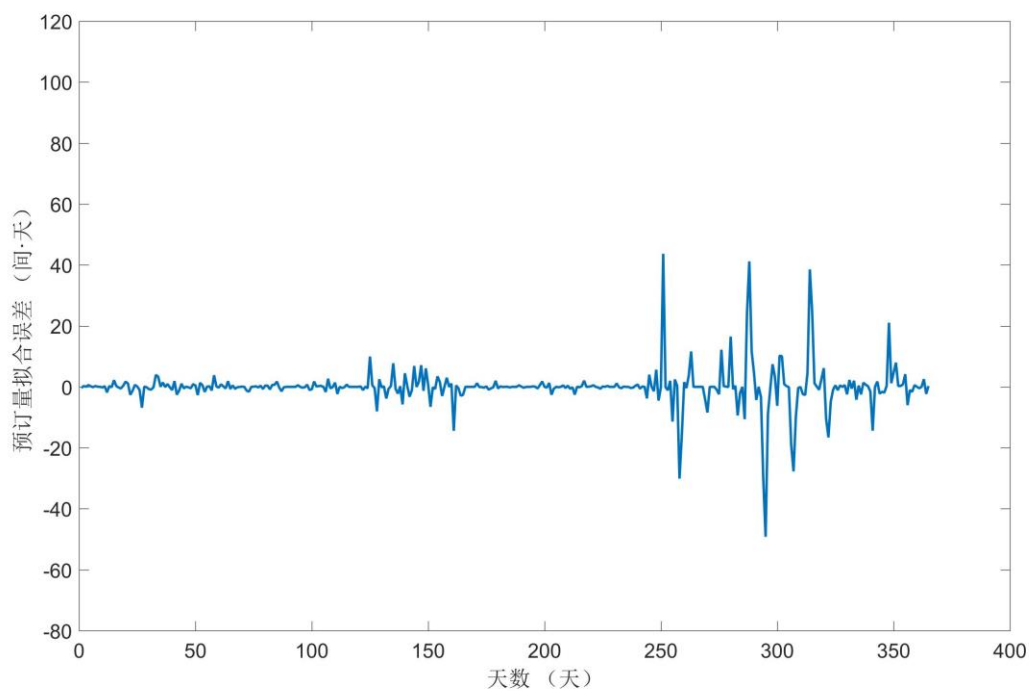


图 7 神经网络模型对 2015 年全年预订量数据的拟合误差
拟合精确程度明显高于多重回归模型。利用此模型预测 2016 年 1 月 1 日至 2016 年 3 月 31 日的每日预订量，结果如表 5 所示。

时间	预订量	时间	预订量	时间	预订量
2016/1/1	27	2016/2/1	3	2016/3/1	9
2016/1/2	0	2016/2/2	0	2016/3/2	10
2016/1/3	0	2016/2/3	5	2016/3/3	15
2016/1/4	21	2016/2/4	0	2016/3/4	9
2016/1/5	0	2016/2/5	3	2016/3/5	39
2016/1/6	1	2016/2/6	9	2016/3/6	5
2016/1/7	3	2016/2/7	1	2016/3/7	8
2016/1/8	3	2016/2/8	12	2016/3/8	25
2016/1/9	1	2016/2/9	0	2016/3/9	28
2016/1/10	5	2016/2/10	9	2016/3/10	43
2016/1/11	0	2016/2/11	0	2016/3/11	13
2016/1/12	0	2016/2/12	4	2016/3/12	35
2016/1/13	15	2016/2/13	0	2016/3/13	0
2016/1/14	1	2016/2/14	0	2016/3/14	13
2016/1/15	8	2016/2/15	8	2016/3/15	35
2016/1/16	38	2016/2/16	0	2016/3/16	30
2016/1/17	0	2016/2/17	0	2016/3/17	20
2016/1/18	0	2016/2/18	0	2016/3/18	31
2016/1/19	12	2016/2/19	5	2016/3/19	19
2016/1/20	0	2016/2/20	0	2016/3/20	31
2016/1/21	0	2016/2/21	2	2016/3/21	25
2016/1/22	2	2016/2/22	5	2016/3/22	49
2016/1/23	0	2016/2/23	0	2016/3/23	44
2016/1/24	1	2016/2/24	47	2016/3/24	60
2016/1/25	0	2016/2/25	0	2016/3/25	58
2016/1/26	0	2016/2/26	7	2016/3/26	60
2016/1/27	2	2016/2/27	7	2016/3/27	42
2016/1/28	0	2016/2/28	4	2016/3/28	72
2016/1/29	2	2016/2/29	5	2016/3/29	341
2016/1/30	0			2016/3/30	341
2016/1/31	0			2016/3/31	341

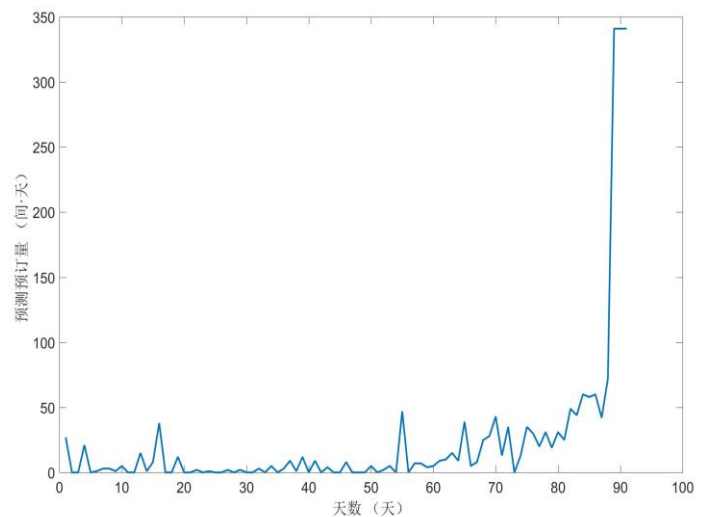


表 5 神经网络模型对 2016 年 1-3 月每日预订量的预测值

六. 模型评价及改进

6.1 问题一模型评价

我们给出了评价游客满意度的函数，并提出四种启发式策略，针对不同游客密度的条件，运用系统动力学仿真的手段判断其优劣。

优点：

- 通过要求游客必须游玩所有项目的假设，避免了讨论游客离开游乐园的触发条件，使得游客满意度函数的选取直接、有效、清晰。
- 提出的启发式策略包含了目前已经存在的疏导方式，以及一些理论上较好且可以实现的疏导方式，思路比较广泛。
- 针对不同游客密度进行了讨论，模型具有较好的健壮性。

缺点：

- 假设较多，与实际情况符合度低。
- 游客满意度仅与游客在场内的逗留总时间挂钩，没有考虑到排队、行走对游客满意度的不同程度影响。

6.2 问题二模型评价

问题二中，我们设置了季节（周数），周末/工作日，法定节假日、暑假这四个影响因素，选用了神经网络和多重非线性回归两种模型分别进行预测，最后进行比较。

优点：

- 对 4 个因素采取不同的处理方式，建立了两个模型，互相结合印证，一方面弥补了多重回归模型的精度不高问题，另一方面防止神经网络的过拟合。
- 因素的挑选较全面，能更好地解释预订量的波动。

缺点：

- 法定节假日及暑假对入住时间的影响是直接影响，而对预定时间的影响是间接影响，我们的模型直接跳过了对入住时间的分析，导致这两个因素的分析不够深入，没有揭示 4 个因素与预订量的内在联系。
- 没有解释 2015/4/3 日的极端预定高峰。

6.3 总结与反思

针对问题一，我们可以设置更符合实际情况的假设条件，以便获得的数据能更贴合实际。同时应该考虑到游客对不同事件（排队、行走、项目时长等）的区分。

针对问题二，我们应当加深对入住时间和退房时间的研究，从而获得对订房分布的更本质的理解。

七. 参考文献

- [1] 侯楠楠, 图论视角下景区游览线路优化服务提升, 经济研究导刊, 2010 年第 32 期; 第 87-88 页, 2010 年
- [2] 肖雄辉, 戈鹏, 朱虹明, 任佩瑜, 郑伟民, 章小平, 旅游高峰期景区游客引力流分流调度模型研究——以九寨沟风景区为例, 旅游科学, 第 27 卷第 6 期; 2013 年
- [3] 张宇山, 多元线性回归分析第实例研究, 科技信息, 2009 年第 9 期; 2009 年
- [4] 王继强, 基于 LINGO 的旅行商问题的建模方法, 计算机工程与科学, 第 36 卷第 5 期; 2014 年
- [5] 王仁志, 基于 M/M/n 排队论的旅游景区内部排队管理研究, 成都; 电子科技大学, 2012 年
- [6] 薛燕妮, 五台山生态旅游的客流有序疏导模式研究, 太原; 山西大学, 2013 年
- [7] 郑天翔, 基于动态实时调度的主题公园游客时空分流导航管理研究, 旅游科学, 第 26 卷第 4 期; 第 8-16 页, 2012 年
- [8] 丁明, 王磊, 毕锐, 基于改进 BP 神经网络的光伏发电系统输出功率短期预测模型, 电力系统保护与控制, 第 40 卷第 11 期; 第 93-99 页, 2012 年
- [9] 赵建有, 周孙锋, 崔晓娟, 王高青, 基于模糊线性回归模型的公路货运量预测方法, 交通运输工程学报; 第 12 卷第 3 期; 第 80-85 页, 2012 年
- [10] 饶亚玲, 基于客流疏导的景区游览线路优化研究, 福建; 华侨大学, 2015 年
- [11] 邵振峰, 章小平, 马军, 邓贵平, 基于物联网的九寨沟智慧景区管理, 地理信息世界, 第 8 卷第 5 期; 第 12-16 页, 2010 年
- [12] 王文斌, 马捷, 九寨-黄龙核心景区游客分流体系构建研究, 特区经济, 第 224 卷第 9 期; 第 169-171 页, 2007 年
- [13] 陈文兰, 戴树贵, 旅行商问题算法研究综述, 滁州学院学报, 第 8 卷第 3 期; 第 1-6 页, 2006 年
- [14] 李莹, 基于时间序列与多元线性回归综合模型的农村卷烟销量预测, 昆明; 云南大学, 2015 年
- [15] 江丽芳, 游客排队管理研究, 上海; 华东师范大学, 2012 年

附件一 多重回归模型的因子估计

时间	W	D	H	S	时间	W	D	H	S	时间	W	D	H	S
2015/1/1	7.25	1.28	0	0	2015/5/25	142.00	1.40	0	0	2015/10/16	152.14	1.30	0	0
2015/1/2	7.25	1.30	0	0	2015/5/26	142.00	1.28	0	0	2015/10/17	152.14	0.91	0	0
2015/1/3	7.25	0.91	0	0	2015/5/27	142.00	1.20	0	0	2015/10/18	152.14	0.91	0	0
2015/1/4	7.25	0.91	0	0	2015/5/28	142.00	1.28	0	0	2015/10/19	167.29	1.40	0	0
2015/1/5	4.00	1.40	0	0	2015/5/29	142.00	1.30	0	0	2015/10/20	167.29	1.28	0	0
2015/1/6	4.00	1.28	0	0	2015/5/30	142.00	0.91	0	0	2015/10/21	167.29	1.20	0	0
2015/1/7	4.00	1.20	0	0	2015/5/31	142.00	0.91	0	0	2015/10/22	167.29	1.28	0	0
2015/1/8	4.00	1.28	0	0	2015/6/1	164.86	1.40	0	0	2015/10/23	167.29	1.30	0	0
2015/1/9	4.00	1.30	0	0	2015/6/2	164.86	1.28	0	0	2015/10/24	167.29	0.91	0	0
2015/1/10	4.00	0.91	0	0	2015/6/3	164.86	1.20	0	0	2015/10/25	167.29	0.91	0	0
2015/1/11	4.00	0.91	0	0	2015/6/4	164.86	1.28	0	0	2015/10/26	166.86	1.40	0	0
2015/1/12	8.57	1.40	0	0	2015/6/5	164.86	1.30	0	0	2015/10/27	166.86	1.28	0	0
2015/1/13	8.57	1.28	0	0	2015/6/6	164.86	0.91	0	0	2015/10/28	166.86	1.20	0	0
2015/1/14	8.57	1.20	0	0	2015/6/7	164.86	0.91	0	0	2015/10/29	166.86	1.28	0	0
2015/1/15	8.57	1.28	0	0	2015/6/8	165.00	1.40	0	0	2015/10/30	166.86	1.30	0	0
2015/1/16	8.57	1.30	0	0	2015/6/9	165.00	1.28	0	0	2015/10/31	166.86	0.91	0	0
2015/1/17	8.57	0.91	0	0	2015/6/10	165.00	1.20	0	0	2015/11/1	166.86	0.91	0	0
2015/1/18	8.57	0.91	0	0	2015/6/11	165.00	1.28	0	0	2015/11/2	159.71	1.40	0	0
2015/1/19	1.71	1.40	0	0	2015/6/12	165.00	1.30	0	0	2015/11/3	159.71	1.28	0	0
2015/1/20	1.71	1.28	0	0	2015/6/13	165.00	0.91	0	0	2015/11/4	159.71	1.20	0	0
2015/1/21	1.71	1.20	0	0	2015/6/14	165.00	0.91	0	0	2015/11/5	159.71	1.28	0	0
2015/1/22	1.71	1.28	0	0	2015/6/15	127.29	1.40	1	0	2015/11/6	159.71	1.30	0	0
2015/1/23	1.71	1.30	0	0	2015/6/16	127.29	1.28	1	0	2015/11/7	159.71	0.91	0	0
2015/1/24	1.71	0.91	0	0	2015/6/17	127.29	1.20	1	0	2015/11/8	159.71	0.91	0	0
2015/1/25	1.71	0.91	0	0	2015/6/18	127.29	1.28	1	0	2015/11/9	127.57	1.40	0	0
2015/1/26	0.00	1.40	0	0	2015/6/19	127.29	1.30	1	0	2015/11/10	127.57	1.28	0	0
2015/1/27	0.00	1.28	0	0	2015/6/20	127.29	0.91	0	0	2015/11/11	127.57	1.20	0	0
2015/1/28	0.00	1.20	0	0	2015/6/21	127.29	0.91	0	0	2015/11/12	127.57	1.28	0	0
2015/1/29	0.00	1.28	0	0	2015/6/22	126.57	1.40	0	0	2015/11/13	127.57	1.30	0	0
2015/1/30	0.00	1.30	0	0	2015/6/23	126.57	1.28	0	0	2015/11/14	127.57	0.91	0	0
2015/1/31	0.00	0.91	0	0	2015/6/24	126.57	1.20	0	0	2015/11/15	127.57	0.91	0	0
2015/2/1	0.00	0.91	0	0	2015/6/25	126.57	1.28	0	0	2015/11/16	151.71	1.40	0	0
2015/2/2	3.86	1.40	0	0	2015/6/26	126.57	1.30	0	0	2015/11/17	151.71	1.28	0	0
2015/2/3	3.86	1.28	0	0	2015/6/27	126.57	0.91	0	0	2015/11/18	151.71	1.20	0	0
2015/2/4	3.86	1.20	0	0	2015/6/28	126.57	0.91	0	0	2015/11/19	151.71	1.28	0	0
2015/2/5	3.86	1.28	0	0	2015/6/29	139.29	1.40	0	0	2015/11/20	151.71	1.30	0	0

2015/2/6	3.86	1.30	0	0	2015/6/30	139.29	1.28	0	0	2015/11/21	151.71	0.91	0	0
2015/2/7	3.86	0.91	0	0	2015/7/1	139.29	1.20	0	1	2015/11/22	151.71	0.91	0	0
2015/2/8	3.86	0.91	0	0	2015/7/2	139.29	1.28	0	1	2015/11/23	116.43	1.40	0	0
2015/2/9	1.71	1.40	0	0	2015/7/3	139.29	1.30	0	1	2015/11/24	116.43	1.28	0	0
2015/2/10	1.71	1.28	0	0	2015/7/4	139.29	0.91	0	1	2015/11/25	116.43	1.20	0	0
2015/2/11	1.71	1.20	0	0	2015/7/5	139.29	0.91	0	1	2015/11/26	116.43	1.28	0	0
2015/2/12	1.71	1.28	0	0	2015/7/6	177.57	1.40	0	1	2015/11/27	116.43	1.30	0	0
2015/2/13	1.71	1.30	0	0	2015/7/7	177.57	1.28	0	1	2015/11/28	116.43	0.91	0	0
2015/2/14	1.71	0.91	0	0	2015/7/8	177.57	1.20	0	1	2015/11/29	116.43	0.91	0	0
2015/2/15	1.71	0.91	0	0	2015/7/9	177.57	1.28	0	1	2015/11/30	122.14	1.40	0	0
2015/2/16	0.00	1.40	0	0	2015/7/10	177.57	1.30	0	1	2015/12/1	122.14	1.28	0	0
2015/2/17	0.00	1.28	0	0	2015/7/11	177.57	0.91	0	1	2015/12/2	122.14	1.20	0	0
2015/2/18	0.00	1.20	0	0	2015/7/12	177.57	0.91	0	1	2015/12/3	122.14	1.28	0	0
2015/2/19	0.00	1.28	0	0	2015/7/13	149.57	1.40	0	1	2015/12/4	122.14	1.30	0	0
2015/2/20	0.00	1.30	0	0	2015/7/14	149.57	1.28	0	1	2015/12/5	122.14	0.91	0	0
2015/2/21	0.00	0.91	0	0	2015/7/15	149.57	1.20	0	1	2015/12/6	122.14	0.91	0	0
2015/2/22	0.00	0.91	0	0	2015/7/16	149.57	1.28	0	1	2015/12/7	150.00	1.40	0	0
2015/2/23	9.86	1.40	0	0	2015/7/17	149.57	1.30	0	1	2015/12/8	150.00	1.28	0	0
2015/2/24	9.86	1.28	0	0	2015/7/18	149.57	0.91	0	1	2015/12/9	150.00	1.20	0	0
2015/2/25	9.86	1.20	0	0	2015/7/19	149.57	0.91	0	1	2015/12/10	150.00	1.28	0	0
2015/2/26	9.86	1.28	0	0	2015/7/20	165.86	1.40	0	1	2015/12/11	150.00	1.30	0	0
2015/2/27	9.86	1.30	0	0	2015/7/21	165.86	1.28	0	1	2015/12/12	150.00	0.91	0	0
2015/2/28	9.86	0.91	0	0	2015/7/22	165.86	1.20	0	1	2015/12/13	150.00	0.91	0	0
2015/3/1	9.86	0.91	0	0	2015/7/23	165.86	1.28	0	1	2015/12/14	142.86	1.40	0	0
2015/3/2	16.29	1.40	0	0	2015/7/24	165.86	1.30	0	1	2015/12/15	142.86	1.28	0	0
2015/3/3	16.29	1.28	0	0	2015/7/25	165.86	0.91	0	1	2015/12/16	142.86	1.20	0	0
2015/3/4	16.29	1.20	0	0	2015/7/26	165.86	0.91	0	1	2015/12/17	142.86	1.28	0	0
2015/3/5	16.29	1.28	0	0	2015/7/27	100.43	1.40	0	1	2015/12/18	142.86	1.30	0	0
2015/3/6	16.29	1.30	0	0	2015/7/28	100.43	1.28	0	1	2015/12/19	142.86	0.91	0	0
2015/3/7	16.29	0.91	0	0	2015/7/29	100.43	1.20	0	1	2015/12/20	142.86	0.91	0	0
2015/3/8	16.29	0.91	0	0	2015/7/30	100.43	1.28	0	1	2015/12/21	124.57	1.40	0	0
2015/3/9	20.14	1.40	0	0	2015/7/31	100.43	1.30	0	1	2015/12/22	124.57	1.28	0	0
2015/3/10	20.14	1.28	0	0	2015/8/1	100.43	0.91	0	1	2015/12/23	124.57	1.20	0	0
2015/3/11	20.14	1.20	0	0	2015/8/2	100.43	0.91	0	1	2015/12/24	124.57	1.28	0	0
2015/3/12	20.14	1.28	0	0	2015/8/3	139.86	1.40	0	1	2015/12/25	124.57	1.30	0	0
2015/3/13	20.14	1.30	0	0	2015/8/4	139.86	1.28	0	1	2015/12/26	124.57	0.91	0	0
2015/3/14	20.14	0.91	0	0	2015/8/5	139.86	1.20	0	1	2015/12/27	124.57	0.91	0	0
2015/3/15	20.14	0.91	0	0	2015/8/6	139.86	1.28	0	1	2015/12/28	92.75	1.40	0	0

2015/3/16	24.86	1.40	0	0	2015/8/7	139.86	1.30	0	1	2015/12/29	92.75	1.28	0	0
2015/3/17	24.86	1.28	0	0	2015/8/8	139.86	0.91	0	1	2015/12/30	92.75	1.20	0	0
2015/3/18	24.86	1.20	0	0	2015/8/9	139.86	0.91	0	1	2015/12/31	92.75	1.28	0	0
2015/3/19	24.86	1.28	0	0	2015/8/10	140.43	1.40	0	1					
2015/3/20	24.86	1.30	0	0	2015/8/11	140.43	1.28	0	1					
2015/3/21	24.86	0.91	0	0	2015/8/12	140.43	1.20	0	1					
2015/3/22	24.86	0.91	0	0	2015/8/13	140.43	1.28	0	1					
2015/3/23	48.57	1.40	0	0	2015/8/14	140.43	1.30	0	1					
2015/3/24	48.57	1.28	0	0	2015/8/15	140.43	0.91	0	1					
2015/3/25	48.57	1.20	0	0	2015/8/16	140.43	0.91	0	1					
2015/3/26	48.57	1.28	0	0	2015/8/17	169.71	1.40	0	1					
2015/3/27	48.57	1.30	0	0	2015/8/18	169.71	1.28	0	1					
2015/3/28	48.57	0.91	0	0	2015/8/19	169.71	1.20	0	1					
2015/3/29	48.57	0.91	0	0	2015/8/20	169.71	1.28	0	1					
2015/3/30	266.86	1.40	10	0	2015/8/21	169.71	1.30	0	1					
2015/3/31	266.86	1.28	10	0	2015/8/22	169.71	0.91	0	1					
2015/4/1	266.86	1.20	10	0	2015/8/23	169.71	0.91	0	1					
2015/4/2	266.86	1.28	10	0	2015/8/24	162.29	1.40	0	1					
2015/4/3	266.86	1.30	10	0	2015/8/25	162.29	1.28	0	1					
2015/4/4	266.86	0.91	0	0	2015/8/26	162.29	1.20	0	1					
2015/4/5	266.86	0.91	0	0	2015/8/27	162.29	1.28	0	1					
2015/4/6	127.29	1.40	0	0	2015/8/28	162.29	1.30	0	1					
2015/4/7	127.29	1.28	0	0	2015/8/29	162.29	0.91	0	1					
2015/4/8	127.29	1.20	0	0	2015/8/30	162.29	0.91	0	1					
2015/4/9	127.29	1.28	0	0	2015/8/31	209.14	1.40	0	1					
2015/4/10	127.29	1.30	0	0	2015/9/1	209.14	1.28	0	0					
2015/4/11	127.29	0.91	0	0	2015/9/2	209.14	1.20	0	0					
2015/4/12	127.29	0.91	0	0	2015/9/3	209.14	1.28	0	0					
2015/4/13	187.57	1.40	0	0	2015/9/4	209.14	1.30	0	0					
2015/4/14	187.57	1.28	0	0	2015/9/5	209.14	0.91	0	0					
2015/4/15	187.57	1.20	0	0	2015/9/6	209.14	0.91	0	0					
2015/4/16	187.57	1.28	0	0	2015/9/7	143.57	1.40	0	0					
2015/4/17	187.57	1.30	0	0	2015/9/8	143.57	1.28	0	0					
2015/4/18	187.57	0.91	0	0	2015/9/9	143.57	1.20	0	0					
2015/4/19	187.57	0.91	0	0	2015/9/10	143.57	1.28	0	0					
2015/4/20	151.57	1.40	0	0	2015/9/11	143.57	1.30	0	0					
2015/4/21	151.57	1.28	0	0	2015/9/12	143.57	0.91	0	0					
2015/4/22	151.57	1.20	0	0	2015/9/13	143.57	0.91	0	0					

2015/4/23	151.57	1.28	0	0	2015/9/14	163.57	1.40	0	0
2015/4/24	151.57	1.30	0	0	2015/9/15	163.57	1.28	0	0
2015/4/25	151.57	0.91	0	0	2015/9/16	163.57	1.20	0	0
2015/4/26	151.57	0.91	1	0	2015/9/17	163.57	1.28	0	0
2015/4/27	132.57	1.40	1	0	2015/9/18	163.57	1.30	0	0
2015/4/28	132.57	1.28	1	0	2015/9/19	163.57	0.91	0	0
2015/4/29	132.57	1.20	1	0	2015/9/20	163.57	0.91	0	0
2015/4/30	132.57	1.28	1	0	2015/9/21	149.29	1.40	2	0
2015/5/1	132.57	1.30	0	0	2015/9/22	149.29	1.28	2	0
2015/5/2	132.57	0.91	0	0	2015/9/23	149.29	1.20	2	0
2015/5/3	132.57	0.91	0	0	2015/9/24	149.29	1.28	2	0
2015/5/4	130.29	1.40	0	0	2015/9/25	149.29	1.30	2	0
2015/5/5	130.29	1.28	0	0	2015/9/26	149.29	0.91	0	0
2015/5/6	130.29	1.20	0	0	2015/9/27	149.29	0.91	0	0
2015/5/7	130.29	1.28	0	0	2015/9/28	166.86	1.40	2	0
2015/5/8	130.29	1.30	0	0	2015/9/29	166.86	1.28	2	0
2015/5/9	130.29	0.91	0	0	2015/9/30	166.86	1.20	2	0
2015/5/10	130.29	0.91	0	0	2015/10/1	166.86	1.28	0	0
2015/5/11	129.29	1.40	0	0	2015/10/2	166.86	1.30	0	0
2015/5/12	129.29	1.28	0	0	2015/10/3	166.86	0.91	0	0
2015/5/13	129.29	1.20	0	0	2015/10/4	166.86	0.91	0	0
2015/5/14	129.29	1.28	0	0	2015/10/5	168.14	1.40	0	0
2015/5/15	129.29	1.30	0	0	2015/10/6	168.14	1.28	0	0
2015/5/16	129.29	0.91	0	0	2015/10/7	168.14	1.20	0	0
2015/5/17	129.29	0.91	0	0	2015/10/8	168.14	1.28	0	0
2015/5/18	204.00	1.40	0	0	2015/10/9	168.14	1.30	0	0
2015/5/19	204.00	1.28	0	0	2015/10/10	168.14	0.91	0	0
2015/5/20	204.00	1.20	0	0	2015/10/11	168.14	0.91	0	0
2015/5/21	204.00	1.28	0	0	2015/10/12	152.14	1.40	0	0
2015/5/22	204.00	1.30	0	0	2015/10/13	152.14	1.28	0	0
2015/5/23	204.00	0.91	0	0	2015/10/14	152.14	1.20	0	0
2015/5/24	204.00	0.91	0	0	2015/10/15	152.14	1.28	0	0