

同济大学数学建模校内竞赛赛题 B 论文

参赛人

姓名:

学号: 1

学院:

专业:

联系方式:

姓名:

学号:

学院: 交通运输工程学院

专业: 交通工程

联系方式:

姓名:

学号:

学院: 交通运输工程学院

专业: 交通工程

联系方式:

游乐园客流疏导解决方案及酒店预订预测模型

摘要

问题一：

本文建立了引导游客选择最优下一游览点的模型，运用弗洛伊德算法，给出在不同客流情况下，游客在某一点开始其他项目所需的时间，供游客选择。最后使用了 VB 软件在不同条件下进行模拟与最优解的求证。

思路是利用实时的局部最优达到整体最优。基于游乐园对各个项目点的实时人数统计，我们结合实时人数、设施情况、最短路径等信息建立图论模型，并用弗洛伊德算法来计算路径长短。进行合理的假设之后，计算出游客从当前点出发，到开始进行下一个项目所需的时间，这其中包括行程时间和下一个项目开始前的排队等待时间。根据所需时间对可选项目进行排序，供游客根据自身实际情况进行选择。再以新的项目点为当前点，进行新一轮计算与排序，重复此过程，直至游览完所有项目。

最后，用 VB 编写程序验证，模拟出一个完全遵循引导的游客的整个游园过程，并将结果与十万次随机路径模拟结果进行对比，得出本引导模型提供路径所耗时间近似于理论最短消耗时间的结论。

问题二

本文对所给数据进行了分类统计，运用移动平均法分析，建立了 ARIMA 模型，利用 Eviews 软件进行向前多步预测，并根据时间序列分析预测法的乘法模型，对数据进行分析，利用 MATLAB 软件进行拟合，预测出了未来三个月的数据。

我们将目标定为预测具体每天的入住人数，用 Excel 的 If 语句进行分类统计和筛选，从 6000 多组数据中得到 200 多个样本点；用移动平均法对数据再次进行处理，对样本数据精确地进行趋势分析。接下来，再根据时间序列分析理论，调用 ARIMA 模型，利用 Eviews 软件进行拟合。通过白噪声检验后，进行回溯预测和向前多步预测。由于 ARIMA 模型本身的局限性，向前多步预测的点数过多时，得到的数据会失去波动性。因而，我们将样本点从天改为月，利用向前多步预测模拟出月的整体水平，再按照时间序列分析预测法的乘法模型，对数据进行季节分析、节假日分析，并用 MATLAB 软件进行拟合，将筛选后不足的样本点进行合理延伸，最终得到预测结果。

关键词 游客引导 预订预测 弗洛伊德算法 ARIMA 模型

一、 问题重述

1.1 问题背景

Youth 游乐园即将盛大开园，作为本市建有最多过山车的游乐园，受到了青少年的热捧。预计届时园区将迎来每天 1 万的大客流。如何根据客流情况，及时分流人群，为顾客提供游园线路引导，保障游客的游园体验显得尤为重要。

1.2 需要解决的问题

- (1) 附件 1 为 Youth 乐园的规划图，共设 A-J 共 10 个项目点，游客可沿着图中标出的线路往返下个游乐项目。在保障每位游客体验游乐设施的前提下，建立对每个游乐项目的等候游客进行游览提醒和疏导的模型，以达到游园体验最优。
- (2) 皇冠假日酒店是游乐园内的酒店，目前已开业，为有需要的游客提供住宿便利。请根据该酒店历史预订数据信息,综合考虑影响房间预定量的主要因素(比如季节,工作日/周末,法定假日,暑期等)建立数学模型。并根据酒店 2015 年全年预定数据(附件 2),预测 2016 年 1 月至 3 月每天预定房间数。

表 1. 每个游乐项目的时间安排

游乐项目	每场容纳游客数	每场持续时间
A	400	33分
B	30	1分15秒
C	50	2分30秒
D	30	2分30秒
E	100	5分
F	50	2分30秒
G	30	2分
H	30	1分30秒
I	20	1分30秒
J	50	2分



二、 问题分析

2.1 问题一的分析

题目要求建立对等候的游客进行游览提醒和疏导的模型，因此我们需要针对游客个体设计相应的解决方案，而作为一名游客，其最希望在游乐园用得到的体验必然是能够在最短时间内游览完所有感兴趣的项目。因此，如何使游客最快的进行下一个项目便是本次建模的研究重点，随着现代信息技术的广泛应用，各大游乐园均已能够掌握各项目内的实时游客人数。因而我们可以结合实时人数、设施情况、最短路径等信息建立图论模型，利用 VB 计算出游客开始各项目所需的时间，并对进行排序，使游客可以根据自身实际情况进行选择。

2.2 问题二的分析

此问题是希望用 2015 年的酒店预定量历史数据，预测出 2016 年 1 至 3 月的每日房间预定量。问题的核心是对历史数据的分类统计、相应处理和趋势预测，并用时间序列分析等方法得到模型，运用 Eviews、MATLAB 等软件进行拟合，并合理外推。需要注意的是季节性和节假日的影响因素，以及星期、月份等的周期性影响。

三、 模型假设

3.1 问题一假设	3.2 问题二假设
1、各游客的行走速度恒定且相同，统一为 1.3 米每秒	1、假设同一季节对其间各个月份的影响相同
2、道路容纳能力极大	2、该酒店房间预定量仅受寒暑假、节日、工作日和季节的影响
3、各项目运行情况良好，不存在意外中断	3、酒店正常营业

四、 符号说明

为了便于编程计算，我们将出入口, A, B, ..., I, J 分别表示为 0, 1, 2, ..., 9, 10

符号	含义	符号	含义
x_i	i 项目的人数	$F(x)$	季节影响函数
k	弗洛伊德算法计算最短路径时的媒介节点	H_i	节假日指数
$dis(i, j)$	节点 i 到节点 j 的距离矩阵	W_i	寒假周中指数
$mindis(i, j)$	节点 i 到节点 j 的最小距离矩阵	W_{ei}	寒假周末指数
M	极大正数	PW_i	平日周中指数

T_{ij}	i, j 两点间行走最短时间	PW_{ei}	平日周末指数
T_i	i 点排队时间	q	日平均预定量
t_i	开始新项目 i 所需时间	q_w	周平均预定量
m_i	i 项目持续时间	Y	最终预测结果
n_i	i 项目容纳人数		
v	游客的移动速度		

五、模型建立与求解

5.1 问题一的模型建立与模拟

5.1.1 模型的准备

为了方便计算行走时间和等候时间，现引入下列符号：

k：弗洛伊德算法计算最短路径时的媒介节点

i：游客所在节点

j：游客目的节点

dis (i, j) :节点 i 到节点 j 的距离矩阵

mindIs (i, j) :节点 i 到节点 j 的最小距离矩阵

M:极大正数，代表两点无法直接到达

t：两点间行走最短时间

5.1.2 模型的建立

为了对游客进行合理有效的引导，我们需要依据游客从开始一个新项目所需的时间来对各个项目进行排序以供游客选择。游客从一个项目到另一个项目开始所需的时间分为两部分，第一部分是行走过程中所消耗的时间，另一部分则是排队等候的时间。首先进行两项目之间的最短距离求解，这里我们运用弗洛伊德算法来计算最短路径矩阵。

为便于计算，我们将图中各点之间的距离转化为矩阵如下：

$$\text{dis}(i,j) = \begin{pmatrix} 0 & 300 & 400 & M & M & M & M & M & M & M & M \\ 300 & 0 & 300 & M & M & 350 & M & M & M & M & 250 \\ 400 & 300 & 0 & 300 & M & 350 & M & M & M & M & M \\ M & M & 300 & 0 & 450 & 500 & M & M & M & M & M \\ M & M & M & 450 & 0 & M & 500 & M & M & M & M \\ M & 350 & 350 & 500 & M & 0 & M & 550 & M & 450 & M \\ M & M & M & M & 500 & M & 0 & 650 & M & M & M \\ M & M & M & M & M & 550 & 650 & 0 & 400 & M & M \\ M & M & M & M & M & M & M & 400 & 0 & 450 & M \\ M & M & M & M & M & 450 & M & M & 450 & 0 & 350 \\ M & 250 & M & M & M & M & M & M & M & 350 & 0 \end{pmatrix}$$

运用弗洛伊德算法：

$$\text{dis}(i,j)=\min\{\text{dis}(i,k)+\text{dis}(k,j),\text{dis}(i,j)\}$$

k 从 1 开始，i, j 遍历所有值，然后 k 加 1，直到 k 等于 10 为止。通过使用 VB 软件编程计算（见附录 8.1.1）我们得到了最短路径的矩阵：

$$\text{mindis}(i,j)= \begin{pmatrix} 0 & 300 & 400 & 700 & 1150 & 650 & 1650 & 1200 & 1350 & 900 & 550 \\ 300 & 0 & 300 & 600 & 1050 & 350 & 1550 & 900 & 1050 & 600 & 250 \\ 400 & 300 & 0 & 300 & 750 & 350 & 1250 & 900 & 1250 & 800 & 550 \\ 700 & 600 & 300 & 0 & 450 & 500 & 950 & 1050 & 1400 & 950 & 850 \\ 1150 & 1050 & 750 & 450 & 0 & 950 & 500 & 1150 & 1550 & 1400 & 1300 \\ 650 & 350 & 350 & 500 & 950 & 0 & 1200 & 550 & 900 & 450 & 600 \\ 1650 & 1550 & 1250 & 950 & 500 & 1200 & 0 & 650 & 1050 & 1500 & 1800 \\ 1200 & 900 & 900 & 1050 & 1150 & 550 & 650 & 0 & 400 & 850 & 1150 \\ 1350 & 1050 & 1250 & 1400 & 1550 & 900 & 1050 & 400 & 0 & 450 & 800 \\ 900 & 600 & 800 & 950 & 1400 & 450 & 1500 & 850 & 450 & 0 & 350 \\ 550 & 250 & 550 & 850 & 1300 & 600 & 1800 & 1150 & 800 & 350 & 0 \end{pmatrix}$$

求得最短路径后我们便可以得到按正常速度行进的人在两点间行走所需最短时间

$$T_{ij} = \frac{\text{mindis}(i,j)}{v}$$

之后我们进行游客到达新项目后所需排队时间的计算

$$T_i = \left\lfloor \frac{x_i}{n_i} \right\rfloor * m_i$$

所以只需将二者相加便可得出游客开始下一个新项目所需花费的时间

$$t_j = T_{ij} + T_j$$

于是我们只需要根据 t_j 来对其他项目进行排序以供游客选择即可。

5.1.3 模型的模拟

我们利用 VB 编写程序（见附录 8.1.2），以一名游客的视角对其整个游园过程进行了模拟，这里我们取正常人的步行速度 1.3m/s 作为游客的游园速度，并认为他们是严格按照引导行进以实现用最短时间逛完游乐园的游客。

由于游乐园的一万人流量不是集中在同一时间内并且有很多游客会进行购物或休息等活动而没在各项目处排队，因此游乐场内各项目人数的正常不超过其容纳人数的五倍，而游乐园各项目的热门程度不同且未知，因此我们估设各项目排队等候人数在项目的容纳人数的五倍之内随机取得，模拟多位游客后其结果如下：

游客编号	出发点	等候人数	消耗时间	游览路线
1	出入口	5106	4.08h	入→B→J→I→H→F→D→C→G→E→A→出
2	出入口	2146	3.64h	入→B→C→E→I→J→H→G→F→D→A→出
3	出入口	3487	4.69h	入→C→B→J→I→H→G→F→D→E→A→出
4	出入口	1026	1.54h	入→A→B→C→D→F→H→I→J→E→G→出
5	出入口	1085	1.60h	入→A→J→I→H→G→F→C→B→E→D→出

从模拟结果我们发现按照引导进行游园的游客及时在园内人数极为拥挤的情况下也有很宽裕的时间在白天玩完所有的项目，从而证明了我们的模型得出的结论是合理的。

之后我们通过编写 VB 程序的方式对模型的最优性进行了检验，在预设相同园内人数分别的前提下，将模型与十万次随机移动所消耗的时间进行了对比，并计算模型计算的结果与理论最优的结果的差值百分比。这里我们认为十万次随机移动后的最小耗时近似为理论上最优的移动方式所得到的耗时。

等待人数	移动方式	平均耗时	最小耗时	比值
2000	模型引导	3.20h		100.95%
	随机移动	4.01h	3.17h	
3000	模型引导	3.98h		100.76%
	随机移动	4.69h	3.95h	

从表中我们发现，根据模型引导所消耗的时间与理论的最小耗时相差均在 1%之内，因此我们有理由认为模型引导所消耗的时间近似与理论上的最小耗时。

5.2 问题二的模型建立与求解

5.1.1 模型的准备

1. 时间序列

按时间顺序排列起来的一系列观测值我们称之为时间序列。酒店预订房间数明显是随时间变化的，而且有明显的时间先后顺序，它们按时间排列的一系列观测值就是时间序列。这类时间序列与其他普通统计数据的不同之处在于：它的先后顺序是不能忽视的，更关键的是数据之间不独立。

按照时间序列分析预测法，任一时间序列可表示为几种变动的不同组合的总结果，且可分解为：

加法模型： $Y=T+S+C+I$

乘法模型： $Y=T \cdot S \cdot C \cdot I$

其中，T 表示趋势项：总体上持续上升或下降的总变化趋势，其间的变动幅度可

能有时不等。

S 表示季节项：以一年为周期，四个季节呈某种周期性，各季节出现波峰和波谷的规律类似。

C 表示周期项：决定于系统内部因素的周期性变化规律，又分短周期、中周期、长周期等几种。

I 表示不确定项：包括突然性和随机性变动两种。

而时间序列模型多用于平稳时间序列预测，所谓平稳时间序列，就是指该序列的均值、方差等特征值不随时间变化。所以在建立时间序列模型之前，必须先对所获得的数据进行平稳性、动态性、独立性、周期性和趋势性检验，目的是确保建立随机序列的可靠性和置信度

2. 移动平均法

移动平均法是对所有的数据每次取一定数量周期的数据进行平均，依时间顺序逐期移动，没移动一个周期舍去前一个周期的前一个数据，增加一个新周期的前一个数据，再进行平均。一次移动平均法的计算公式为：

$$M_t^{(n)} = \frac{y_t + y_{t-1} + \cdots + y_{t-n+1}}{n}$$

其中 t 是周期序号，Mt (1) 是第 t 周期的一次移动平均数，yt 是第 t 周期的实际值，n 是计算移动平均数所选定的数据个数。

5. 1. 2 模型的建立

• 数据处理与分析

题中所给数据是酒店每天所接预订电话数以及每个订单的入住日期、离店日期。相减可得每个订单持续时间。

图 1

由表中数据可得，预定日期和入住日期之间并无规律。例如，2015 年 1 月 17 号

	A	B	C	D	E
1	预订日期	到店日期	离店日期	预订房间数	天数
2	2015/1/2	2015/3/23	2015/3/26	5	3
3	2015/1/2	2015/3/30	2015/3/31	1	1
4	2015/1/2	2015/3/30	2015/4/1	2	2
5	2015/1/2	2015/3/30	2015/4/2	2	3
6	2015/1/4	2015/1/7	2015/1/10	1	3
7	2015/1/5	2015/1/24	2015/1/25	1	1
8	2015/1/5	2015/2/28	2015/3/1	1	1
9	2015/1/5	2015/3/20	2015/3/26	3	6
10	2015/1/8	2015/1/9	2015/1/11	1	2
11	2015/1/8	2015/1/11	2015/1/12	1	1
12	2015/1/9	2015/1/9	2015/1/10	3	1
13	2015/1/11	2015/1/11	2015/1/12	2	1
14	2015/1/14	2015/3/23	2015/3/26	1	3
15	2015/1/14	2015/3/23	2015/3/27	2	4
16	2015/1/14	2015/4/12	2015/4/14	1	2
17	2015/1/16	2015/4/10	2015/4/16	1	6
18	2015/1/16	2015/4/13	2015/4/16	1	3
19	2015/1/17	2015/1/17	2015/1/19	1	2
20	2015/1/17	2015/4/7	2015/4/9	3	2
21	2015/1/17	2015/4/7	2015/4/10	5	3
22	2015/1/17	2015/4/13	2015/4/16	5	3
23	2015/1/20	2015/4/12	2015/4/16	3	4
24	2015/2/2	2015/4/5	2015/4/8	1	3
25	2015/2/4	2015/2/4	2015/2/17	1	13
26	2015/2/6	2015/2/7	2015/2/18	1	11
27	2015/2/9	2015/3/21	2015/3/27	2	6

预定的订单中，有当天入住的，也有直到 4 月份才入住的，持续时间也从 1 到 47 天不等。

我们有理由认为，对于酒店来说，重要的是某一天实际入住的房间数，而不是某一天接到的订单数。

所以，我们将对数据进行处理，算出某一天具体入住的数量，包括当天入住和之前就已经入住并且并未离开的人，比如某人预定了一个星期的房间，她将会在接下来的一个星期中占用一个房间。

由于数据较多，有 6150 条，直接统计工作量会很大，我们用 Excel 软件进行统计。将每条记录展开，长度为预定的天数，起止日期分别为入住日期和离店日期，再将纵向坐标变为相应日期，纵向求和，可得到每天入住人数。

在 Excel 表格中用 If 语句，通过拖动格子的方式将函数扩展到整个表格，语句为：G2=IF(G\$1>=\$B2, IF(G\$1<\$B2+\$E2, \$D2, 0), 0)

其中\$来固定相应相应行或者列。

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The formula bar at the top displays the formula:
$$=IF(H\$1>= \$B9, IF(H\$1< \$B9+ \$E9, \$D9, 0), 0)$$
 The worksheet contains a table with columns labeled with dates from 2015/1/7 to 2015/1/23. The rows contain numerical data, likely representing the number of rooms occupied on each date. The interface includes the standard Excel ribbon with tabs for File, Start, Insert, Layout, Formulas, Data, Review, and View. The status bar at the bottom indicates the file name as '附件2 酒店预订历史数据' and the current sheet as 'Sheet1'.

图 2

再每一列纵向求和，可得每一天的记录。由原来数据的特征可知，2014 年 12 月份会有 2015 年 1 月的订单，但是因为缺乏 2014 年的数据，因而 2015 年的数据是部分统计数据，可信度不够高。

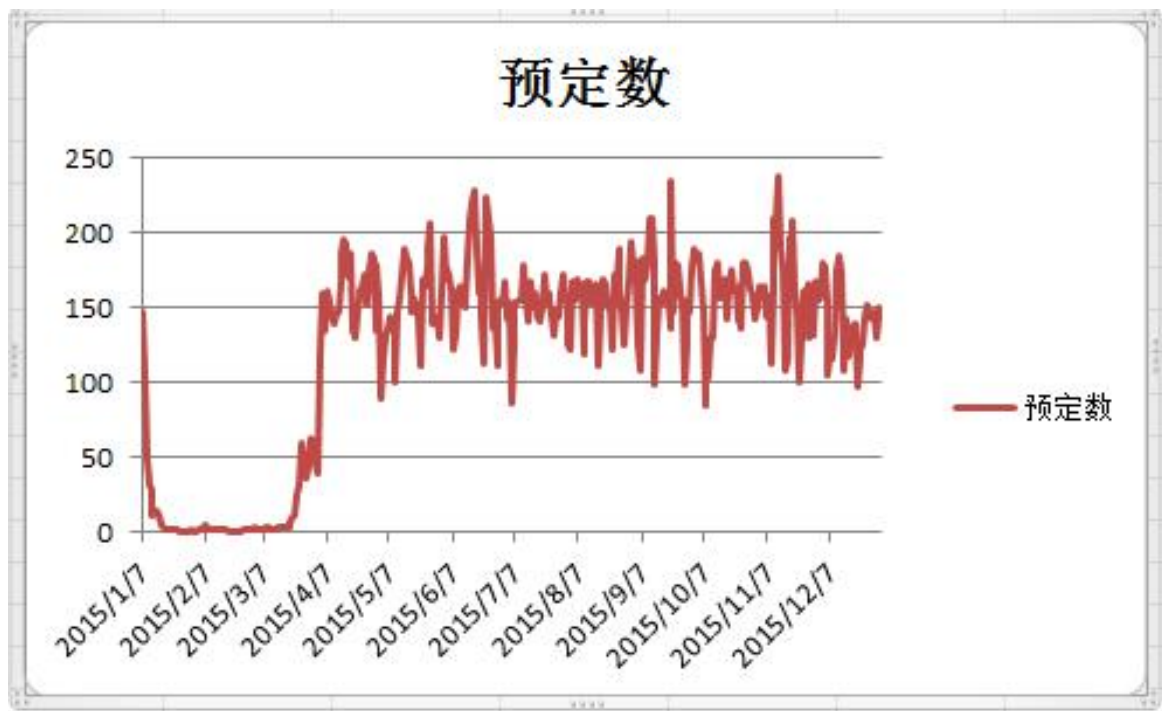


图 3

由 Excel 表中绘出的折线图可知，统计所得 1 至 3 月份的数据跟其他月份数据相比，明显低了不少。因此我们决定在后期的拟合及回归预测中，舍弃 1 到 3 月份的数据。在接下来，我们将对数据进行时间序列分析。

经过我们统计的数据比较离散，用 Eviews 软件绘出的图形如图所示：

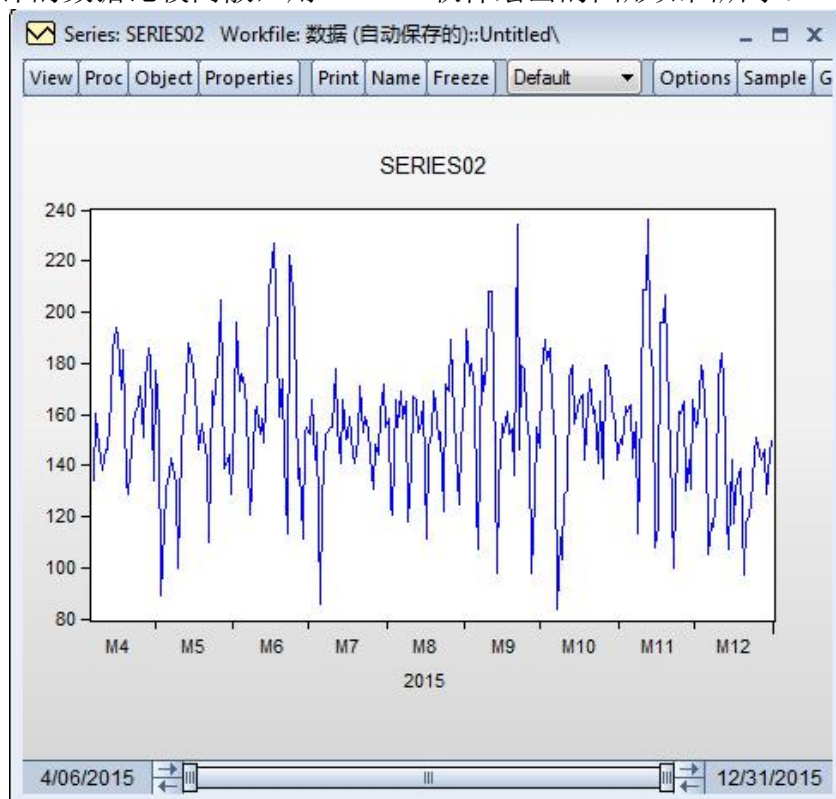


图 4

为清楚地分析数据的趋势性，我们用移动平均法对统计的数据再次进行处理：因为旅游受时间影响，而日期的自然周期为 7 天（一个星期），故取 $n=7$ 。这样， $M7(1)$ 、 $M8(1)$ 、 $M9(1)$ 、 \dots 、 $M273(1)$ 又构成了一个新的时间序列，跟原序列相比，新序列具有更加平稳的特性。移动平均法平滑了数据之后，用 Eviews 分析可知，

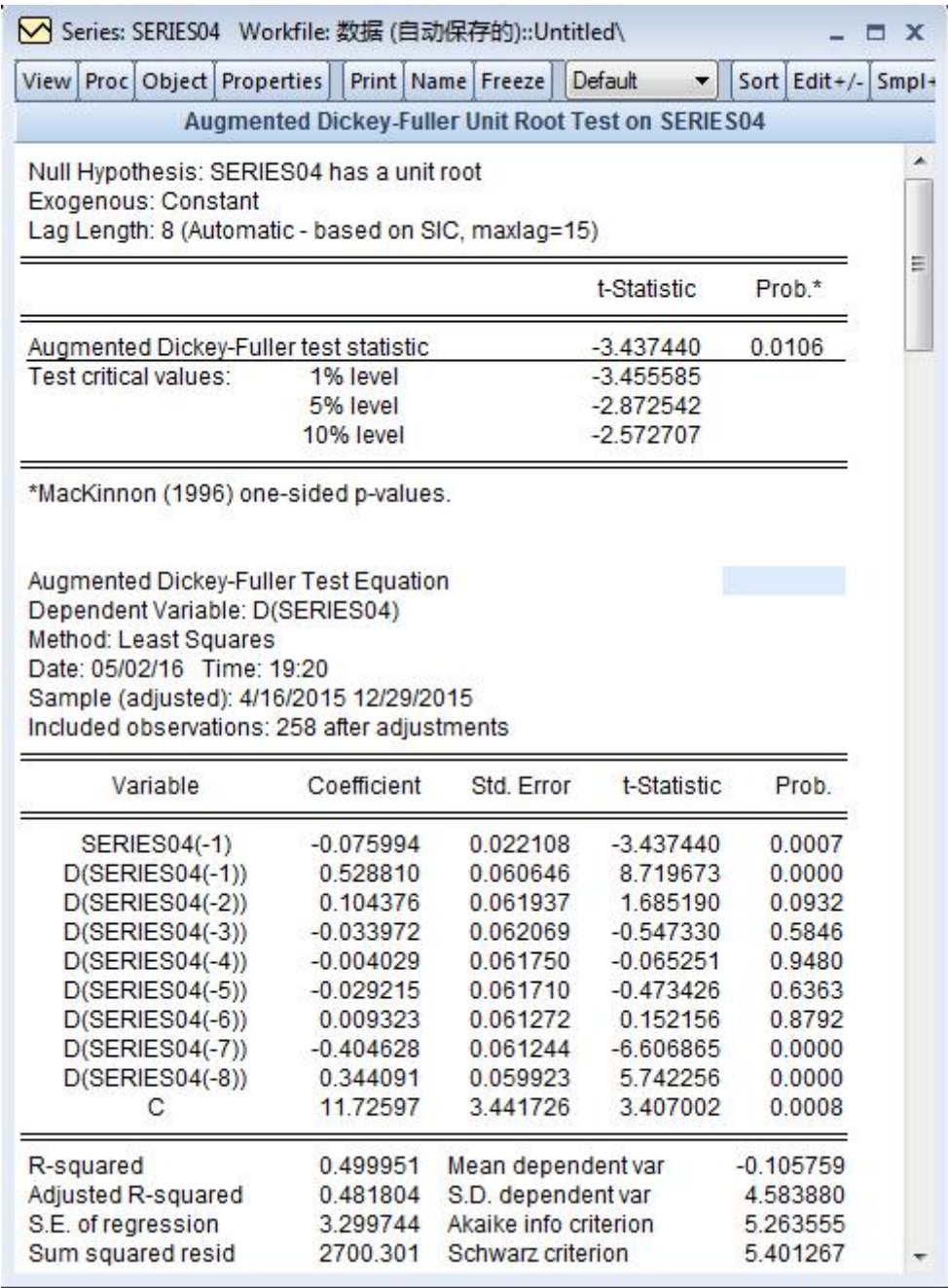


图 5

其平稳性的置信区间在 1%到 5%之间，接近 1%：

上图说明在百分之一等级上存在单位根，所以我们认为该时间序列为平稳性时间序列拟合的趋势线近似为一条水平线，线高 159.64。

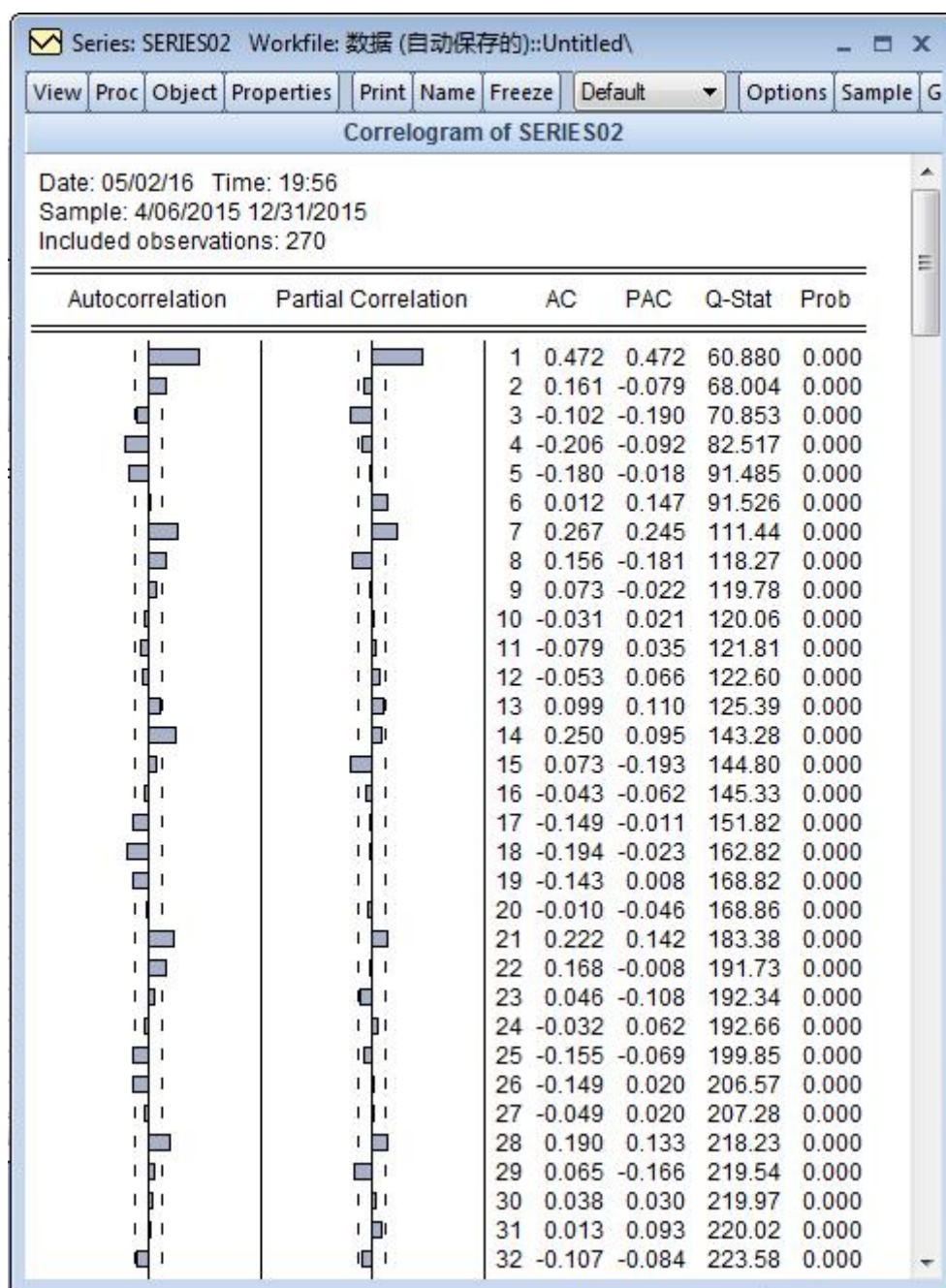


图 6

用 Eviews 分析原数据，得如下自相关图。分析自相关图可知，该组数据可用 AR 模型进行模拟，且 $p=3$ 。

5.1.3 模型的模拟

用 Eviews 进行拟合，得到

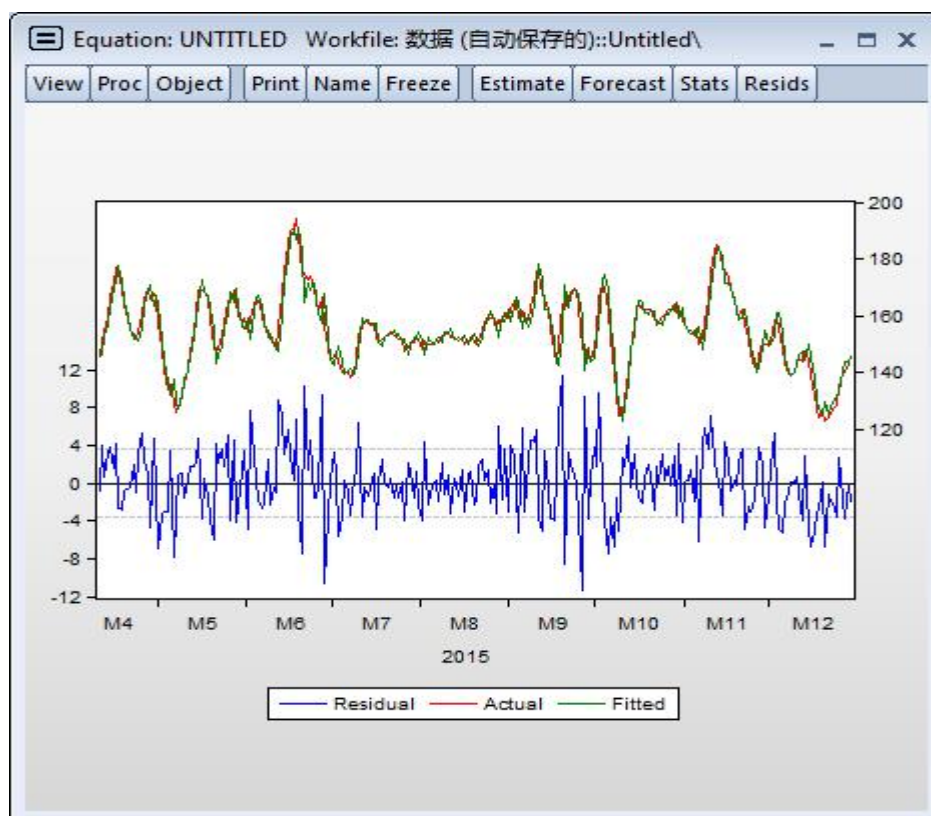


图 7

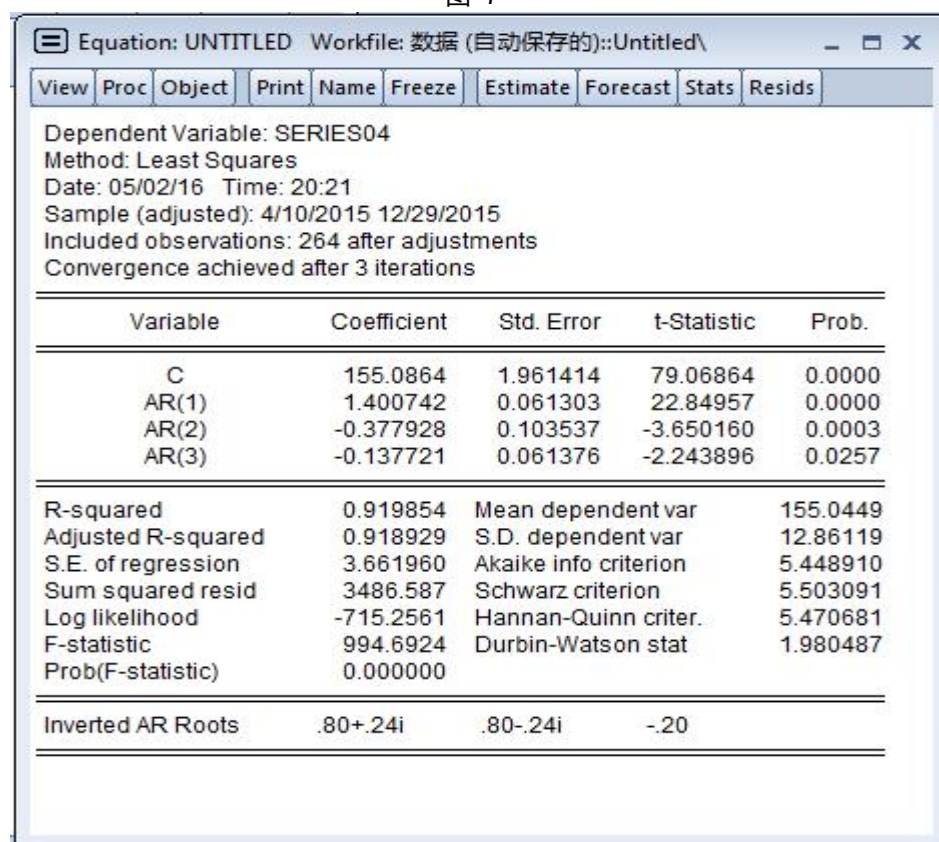


图 8

可以看出， $R^2=0.91$ ，残差比较小，拟合度还是比较高的。通过白噪声检验后，做回溯预测，得

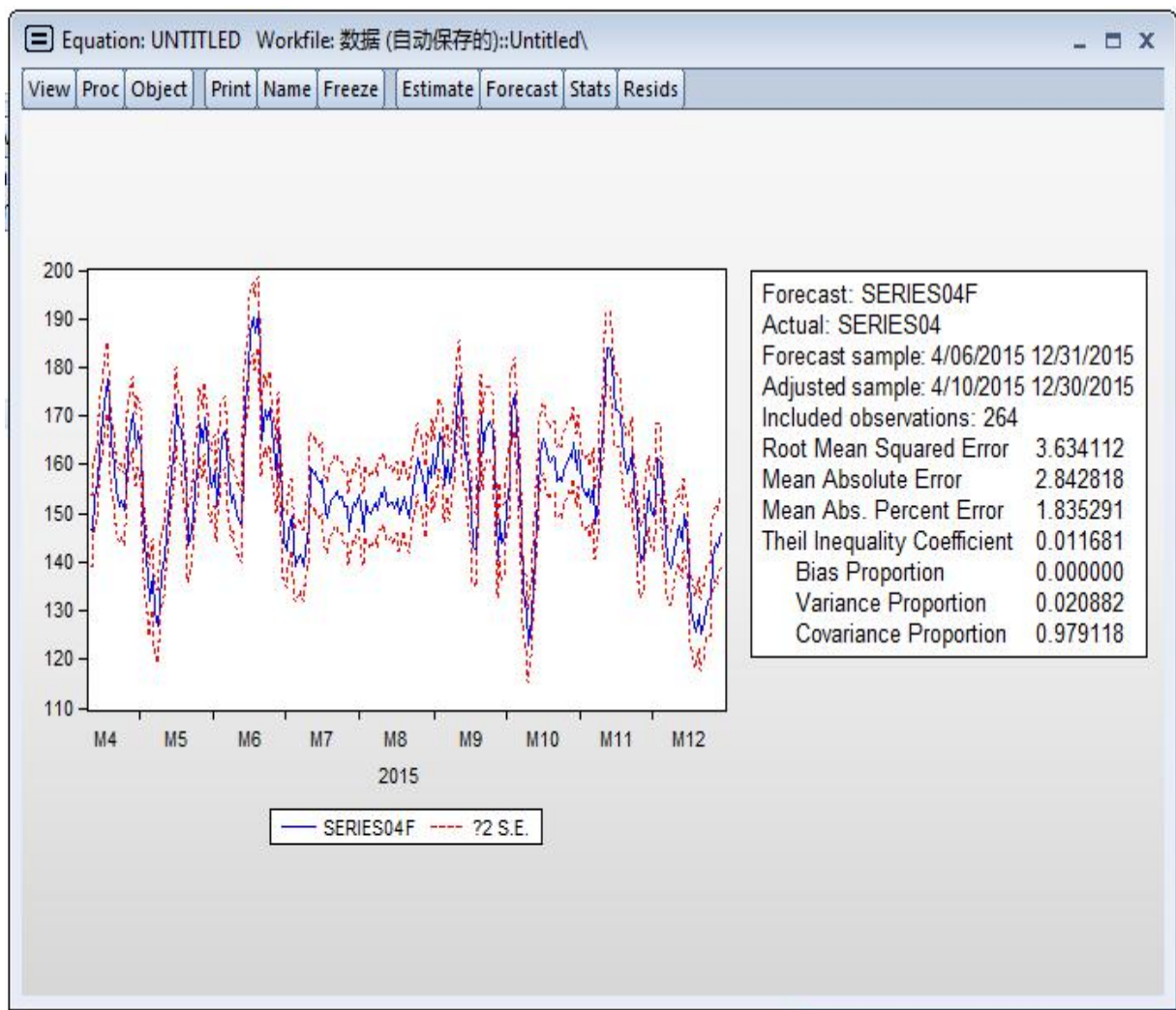


图 9

其结果还是比较符合的。

再做向前多步预测，发现后面的数据趋于平稳，这是 ARMA 模型的局限性所致。ARMA 模型只能做短期预测，当预测时间过长时，数据就没有了波动性。



图 10

因而，我们舍弃直接多步预测的方法，再按照时间序列分析预测法的乘法模型： $Y=T \cdot S \cdot C \cdot I$ 。

并将数据点的意义从每日预定数扩展为每月预定数，这样通过减少样本点的数量，来预测 2016 年的 3 个月的预定房间总数，作为上述乘法模型中的一个因子。

在 Eviews 的表格中可以看到预测的数据和走向图。

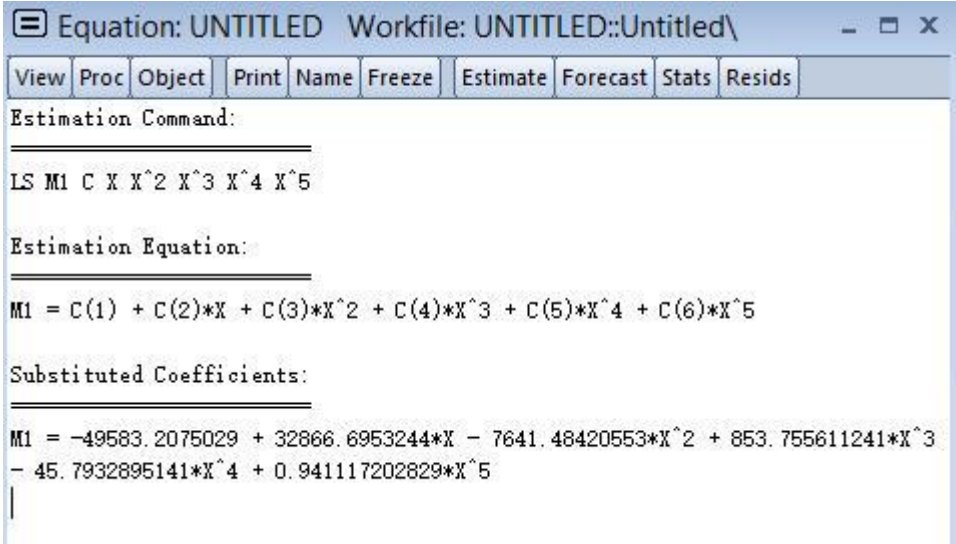


图 11

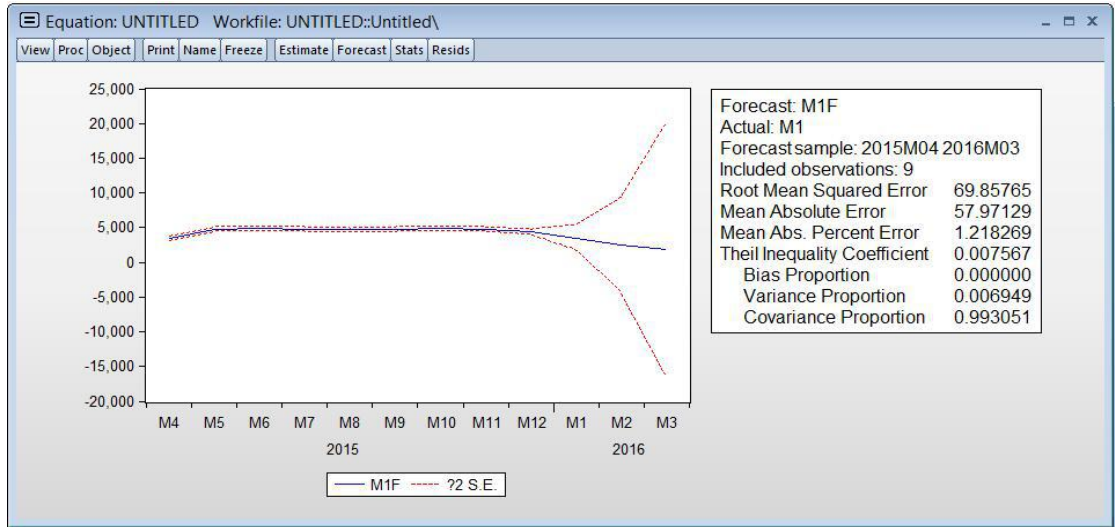


图 12

根据图 12 的公式：

$Q = -49583.21 + 32866.70 \times X - 7641.48 \times X^2 + 865.76 \times X^3 - 45.79 \times X^4 + 0.94 \times X^5$
预测出 2016 年 1 至 3 月各个月的入住总量为：

$Q1=3503$ 、 $Q2=2492$ 、 $Q3=3410$

现在再去考虑除去大体水平之后其他因素的影响。

• 季节性分析

在 Excel 中，我们统计年平均日预定量和月平均日预定量。将二者做比值，可得季节性水平影响因子。

由影响因子和月份的图易得，预定量水平具有明显的季节性。在冬天有明显的降低，刚入夏的六月有明显的升高。

季节的主要影响因素在于气候。例如冬天温度较低，游客稀少，梅雨季节来

临时，出游不便等等。

据此，现作一基本假设：假设同一季节对其间月份的影响相同。比如，仅仅夏天的因素，对 7 月和 8 月的影响应该是一样的。

因而，我们可以将 1 到 3 月按季节分为两个部分：冬天部分和春天部分。而同处于冬天的有 12 月份，同处于春天的有 4 月份。

自然地，冬天的季节因素我们可以用 12 月份的来模拟，春天部分我们可以用 4 月份的来模拟。

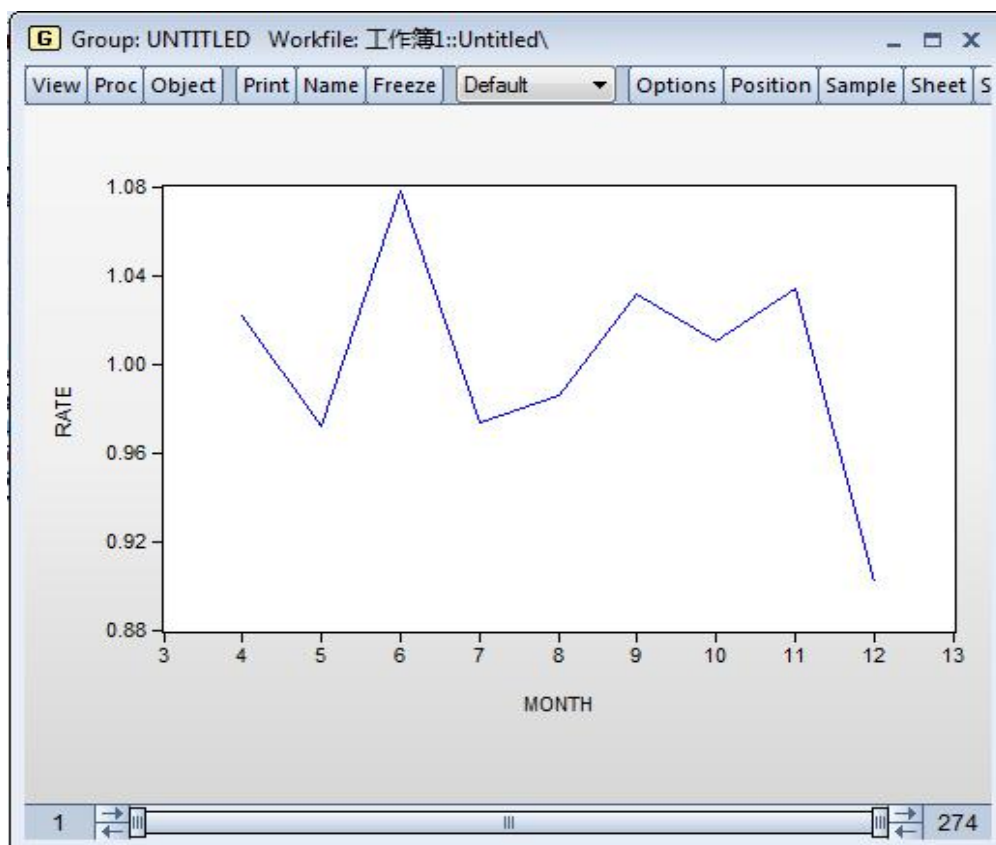


图 13

为了反应预订量在均值附近的波动，我们将 12 月份的图像减去均值水平线。再将周末和节日的数据去除，用 matlab 得到了图 14。由于没有了节假日和周末因素的干扰，该图反应了“冬季”这一因素对房间预订量的影响。

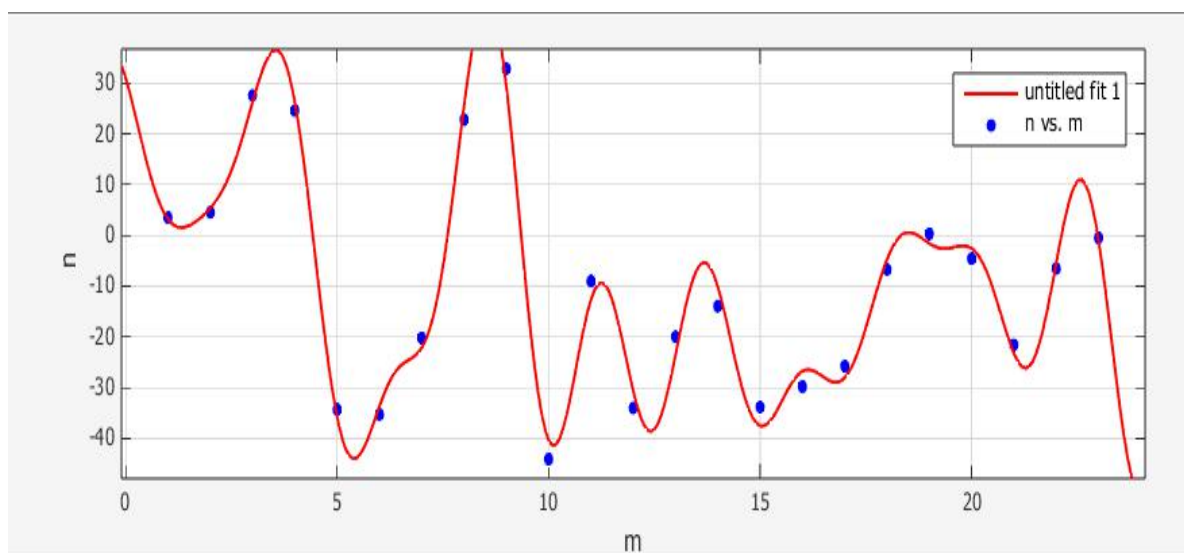


图 14

根据假设，图 14 反应的季节影响波动曲线可以运用在 1 月和 2 月。

公式为：

General model Sin7:

$$f(x) = a_1 \sin(b_1 x + c_1) + a_2 \sin(b_2 x + c_2) + a_3 \sin(b_3 x + c_3) + a_4 \sin(b_4 x + c_4) + a_5 \sin(b_5 x + c_5) + a_6 \sin(b_6 x + c_6) + a_7 \sin(b_7 x + c_7)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$a_1 = 21.41$ (9.138, 33.69)
 $b_1 = 0.1602$ (0.07253, 0.2478)
 $c_1 = 2.333$ (1.355, 3.311)
 $a_2 = 12.98$ (0.1345, 25.82)
 $b_2 = 1.085$ (0.7864, 1.384)
 $c_2 = -1.506$ (-6.113, 3.102)
 $a_3 = 15.37$ (1.11, 29.64)
 $b_3 = 1.347$ (0.9671, 1.726)
 $c_3 = 2.892$ (-2.945, 8.73)
 $a_4 = 11.27$ (-1.471, 24)
 $b_4 = 0.6901$ (0.465, 0.9152)
 $c_4 = 1.253$ (-1.738, 4.243)
 $a_5 = 10.78$ (-0.6974, 22.26)
 $b_5 = 2.671$ (2.488, 2.855)
 $c_5 = -2.959$ (-5.617, -0.3005)
 $a_6 = 8.456$ (-8.603, 25.52)
 $b_6 = 1.67$ (1.136, 2.204)
 $c_6 = 1.193$ (-6.575, 8.962)
 $a_7 = 10.2$ (-1.783, 22.18)
 $b_7 = 2.279$ (2.06, 2.497)
 $c_7 = 0.913$ (-2.131, 3.957)

同样的，图 15 是 4 月的季节影响线，运用在 3 月份。

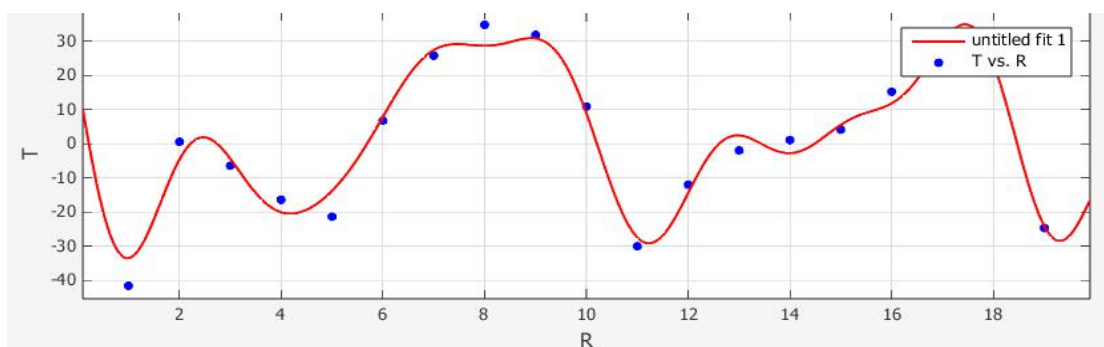


图 15

公式为:

General model Sin6:

$$f(x) = a1*\sin(b1*x+c1) + a2*\sin(b2*x+c2) + a3*\sin(b3*x+c3) + a4*\sin(b4*x+c4) + a5*\sin(b5*x+c5) + a6*\sin(b6*x+c6)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$\begin{aligned} a1 &= 22.9 \quad (-70.68, 116.5) \\ b1 &= 0.7171 \quad (-1.466, 2.9) \\ c1 &= 2.259 \quad (-16.53, 21.04) \\ a2 &= 9.821 \quad (-108.8, 128.5) \\ b2 &= 1.297 \quad (-8.277, 10.87) \\ c2 &= 3.426 \quad (-86.58, 93.44) \\ a3 &= 338.5 \quad (-6.024e+007, 6.024e+007) \\ b3 &= 2.036 \quad (-2066, 2070) \\ c3 &= -5.855 \quad (-2.211e+004, 2.21e+004) \\ a4 &= 796.4 \quad (-1.182e+008, 1.182e+008) \\ b4 &= 2.074 \quad (-5691, 5695) \\ c4 &= 3.174 \quad (-5.843e+004, 5.844e+004) \\ a5 &= 468.3 \quad (-1.784e+008, 1.784e+008) \\ b5 &= 2.1 \quad (-3572, 3576) \\ c5 &= 6.052 \quad (-3.59e+004, 3.591e+004) \\ a6 &= 6.979 \quad (-87, 101) \\ b6 &= 0.2198 \quad (-2.632, 3.072) \\ c6 &= -0.5521 \quad (-23.45, 22.35) \end{aligned}$$

根据上述公式，我们获得了 2016 年 1 至 3 月的季节影响线。计算出：

$$F_i(x) = f_i(x) + avg_i(q)$$

$$x = 1, 2, \dots, 31$$

$$i = 1, 2, 3$$

其中 $F_i(x)$ 为各个月仅仅在季节的影响下的函数， $avg_i(q)$ 为预测的各个月的日平均值。

$$avg_1(q) = Q_1 \div 31$$

$$avg_2(q) = Q_2 \div 29$$

$$avg_3(q) = Q_3 \div 31$$

• 节假日的影响

跟季节类似，我们将节假日的影响做成节假日指数。节假日指数反应了节假日的当天入住量与当月的日平均值的比。综合考虑所有节日，去平均值。

$$H_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{avg_j(q)}$$

其中 n 为节假日的次数，avg_j(q) 为当月日平均，q_i 为节假日预订量
由于节假日的第一天、第二天、第三天的影响各不相同，所以，计算三种节假日指数。

• 寒假周中，周末指数

周中指的是周一至周五，由于寒假和暑假具有假期长，学生为主的共性，暑假的周中波动可以运用到寒假中去。

周中指数指的是周中预订量与该周所在月的周平均预订量的比
公式：

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{i=1}^5 q_i}{avg_j(q_w)}$$

周末同理：

$$W_{e_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{i=1}^2 q_i}{avg_j(q_w)}$$

• 平日的周中、周末指数

由于 1 至 3 月不仅仅只有寒假，还有一部分平日。所有，依照寒假周中和周末指数的算法，可以计算出平日的周中、周末指数。只不过所取的周平均值为全年平日的周平均值。

公式：

$$PW_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{i=1}^5 q_i}{avg_j(q_w)}$$

$$PW_{e_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{i=1}^2 q_i}{avg_j(q_w)}$$

• 春节预测

由于春节是一年中最特殊的日子，考虑到特殊性，很难用别的假日来进行推算。

查阅相关文献，从中获得了定性的结论：春节期间人们住酒店的需求将大大降低。因此需要对预测出来的数字进行削峰填谷的操作，来更好的拟合实际情况。削峰系数为 0.6 。

• 最终预测模型：

$$Y_i = F_i(x) \times (d \times H_i) \times W_i$$

$$x = 1, 2, \dots$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$d = \{0, 1\}$$

$$W = \{W_i, W_{e_i}, PW_i, PW_{e_i}\}$$

上式中：若预测该日是节假日则 d 取 1，Hi 取对应的节日指数，若不是节假日，d 取 0；W 是各种周中周末指数的集合，对应实际情况取值。最终预测数据见图 16

2016/1/1	127	2016/2/1	97	2016/3/1	77
2016/1/2	119	2016/2/2	100	2016/3/2	106
2016/1/3	89	2016/2/3	122	2016/3/3	106
2016/1/4	141	2016/2/4	122	2016/3/4	91
2016/1/5	78	2016/2/5	56	2016/3/5	100
2016/1/6	80	2016/2/6	58	2016/3/6	98
2016/1/7	92	2016/2/7	56	2016/3/7	139
2016/1/8	140	2016/2/8	72	2016/3/8	140
2016/1/9	148	2016/2/9	75	2016/3/9	142
2016/1/10	60	2016/2/10	51	2016/3/10	120
2016/1/11	101	2016/2/11	81	2016/3/11	84
2016/1/12	83	2016/2/12	62	2016/3/12	99
2016/1/13	90	2016/2/13	68	2016/3/13	93
2016/1/14	104	2016/2/14	66	2016/3/14	109
2016/1/15	80	2016/2/15	54	2016/3/15	116
2016/1/16	90	2016/2/16	66	2016/3/16	123
2016/1/17	71	2016/2/17	64	2016/3/17	142
2016/1/18	114	2016/2/18	89	2016/3/18	134
2016/1/19	117	2016/2/19	92	2016/3/19	89
2016/1/20	116	2016/2/20	90	2016/3/20	81
2016/1/21	95	2016/2/21	55	2016/3/21	87
2016/1/22	113	2016/2/22	88	2016/3/22	49
2016/1/23	116	2016/2/23	93	2016/3/23	144
2016/1/24	52	2016/2/24	40	2016/3/24	144
2016/1/25	120	2016/2/25	95	2016/3/25	42
2016/1/26	140	2016/2/26	115	2016/3/26	172
2016/1/27	163	2016/2/27	136	2016/3/27	139
2016/1/28	147	2016/2/28	97	2016/3/29	145
2016/1/29	90	2016/2/29	65	2016/3/30	156
2016/1/30	140				
2016/1/31	119				

图 16

六、模型的评价与推广

6.1.1 问题一模型评价与推广

问题一模型建立的是图论模型，用简单的方法解决了复杂的游客引导问题，具有较高的实际应用价值，适用性强，对于规划游客路径有着较好的引导作用，但由

于游客行为的难以控制，所以只能起到提示作用。

本模型对于各大人流密集场所的疏导指引都有一定的借鉴意义，并且可以应用于货物组织等运输问题。

6.2.1 问题二模型评价

问题二的模型运用了移动平均法分析数据，建立了 ARIMA 模型和时间序列分析预测法的乘法模型，并且利用 Eviews 软件和 MATLAB 软件进行拟合，求解过程严谨，并根据实际意义指出了季节性、节假日波动，说服力强。

七、参考文献

- [1] 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[J]. 旅游科学, 2012, v. 26;No. 13104:8-16.
- [2] 孟利锋. 随机波动模型及其建模方法研究[D]. 天津大学, 2004.
- [3] 李志瑶. 基于活动的出行需求预测模型研究[D]. 吉林大学, 2006.
- [4] 蒋小亮, 蒋传文, 彭明鸿, 林海涛, 李子林. 基于时间连续性及季节周期性的风速短期组合预测方法[J]. 电力系统自动化, 2010, v. 34;No. 44515:75-79.
- [5] 张瑞荣, 王济民, 申向明. 肉鸡产品价格预测模型分析[J]. 农业技术经济, 2013, No. 22008:23-31.
- [6] 倪冬梅, 赵秋红, 李海滨. 需求预测综合模型及其与库存决策的集成研究[J]. 管理科学学报, 2013, v. 16;No. 11109:44-52+74.
- [7] 邱文. 旅游业的季节性及其分析方法与模型构建研究[D]. 中国海洋大学, 2008.
- [8] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型, 北京: 高等教育出版社, 2011.1。

八、附录

8.1 问题一的附录

8.1.1 弗洛伊德算法 VB 编程代码

```
For i = 0 To 10
    For j = 0 To 10
        If (dis(i, j) = 0) Then
            dis(i, j) = 100000
        End If
    Next
Next
Next
' 将无路径的项目间距离用很大的数来代替
For k = 0 To 10
    For i = 0 To 10
        For j = 0 To 10
            If (dis(i, j) > (dis(i, k) + dis(k, j))) Then
                dis(i, j) = dis(i, k) + dis(k, j)
            End If
        Next
    Next
Next
Next
```

8.1.2 单游客模型引导游园模拟 VB 编程代码

```
For mystep = 1 To 10
    For ii = 1 To 10
        aim(ii) = ii
    Next
    '为各目的地输入序号
    For ii = 1 To 10
        alltime(ii) = dis(pos, ii) / v + Int(people(ii) / num(ii)) * time(ii)
    Next
    '为总时间赋值
    For ii = 1 To mystep
        For jj = 1 To 10
            If (sumaim(ii) = aim(jj)) Then
                aim(jj) = 10000 + mystep
                alltime(jj) = 10000 + mystep
            End If
        Next
    Next
    '筛选,通过惩罚数的形式筛掉已经去过的项目
    For ii = 1 To 9
        For jj = 1 To 10 - ii
            If alltime(jj) > alltime(jj + 1) Then
                x = alltime(jj + 1)
                y = aim(jj + 1)
                alltime(jj + 1) = alltime(jj)
                aim(jj + 1) = aim(jj)
                alltime(jj) = x
                aim(jj) = y
            End If
        Next
    Next
    '排序
    sumtime = sumtime + alltime(1)
    sumaim(mystep) = aim(1)
    pos = aim(1)
Next
'模拟一位游客根据引导,走出的路线以及所用时间
For ii = 1 To 10
    ListBox1.Items.Add(sumaim(ii))
Next
```

8.1.3 多游客随机移动游园模拟 VB 编程代码

```
For n = 1 To CInt(TextBox11.Text)
    pos = 0
    Randomize()
```

```

        For i = 0 To 9
1:            a(i) = 9 * Rnd() + 1
            For j = i - 1 To 0 Step -1
                If a(i) = a(j) Then
                    GoTo 1
            End If

            Next
        Next
        '随机生成步行路线
        For mystep = 1 To 10
            aim(mystep) = a(mystep - 1)
            alltime(mystep) = dis(pos, aim(mystep)) / v + Int(people(mystep) /
num(mystep)) * time(mystep)
            pos = a(mystep - 1)
            sumtime = sumtime + alltime(mystep)
        Next
        '单人随机走一轮
        For i = 1 To 10
            y(n) = y(n) + alltime(i)
        Next
    Next
    min = 1000000
    For i = 1 To CInt(TextBox11.Text)
        If y(i) < min Then
            min = y(i)
        End If
    Next i

```

8.1.4 VB 编程全部代码

```

Public Class Form1
    Dim num(10) As Integer '各项目容纳人数
    Dim time(10) As Integer '各项目持续时间
    Dim people(10) As Integer '各项目实时人数
    Dim dis(10, 10) As Integer '各项目之间距离
    Dim aim(10) As Integer '排序后的目的地
    Dim alltime(10) As Integer '步行加上排队总时间
    Dim v = 1.3 '游客移动速度
    Dim pos As Integer '游客所在点
    Dim sumtime As Integer '游客一轮总游览所用时间
    Dim sumaim(10) As Integer '游客路线记录
    Dim rush As Integer '园内人数

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        num(1) = 400 : num(2) = 30 : num(3) = 50 : num(4) = 30 : num(5) = 100 : num(6) =
50 : num(7) = 30 : num(8) = 30 : num(9) = 20 : num(10) = 50
    End Sub

```

```

time(1) = 1980 : time(2) = 75 : time(3) = 150 : time(4) = 150 : time(5) = 300 : time(6)
= 150 : time(7) = 120 : time(8) = 90 : time(9) = 90 : time(10) = 120
' 为每个项目容纳人数和持续时间赋值
dis(0, 1) = 300 : dis(0, 2) = 400 : dis(1, 10) = 250 : dis(1, 2) = 300 : dis(2, 3)
= 300 : dis(9, 10) = 350 : dis(1, 5) = 350 : dis(2, 5) = 350 : dis(5, 9) = 450 : dis(3, 4)
= 450 : dis(5, 7) = 550 : dis(8, 9) = 450 : dis(7, 8) = 400 : dis(6, 7) = 650 : dis(4, 6)
= 500 : dis(3, 5) = 500
dis(1, 0) = 300 : dis(2, 0) = 400 : dis(10, 1) = 250 : dis(2, 1) = 300 : dis(3, 2)
= 300 : dis(10, 9) = 350 : dis(5, 1) = 350 : dis(5, 2) = 350 : dis(9, 5) = 450 : dis(4, 3)
= 450 : dis(7, 5) = 550 : dis(9, 8) = 450 : dis(8, 7) = 400 : dis(7, 6) = 650 : dis(6, 4)
= 500 : dis(5, 3) = 500
' 定义二维数组表示项目间距离
For ii = 0 To 10
    For jj = 0 To 10
        If (dis(ii, jj) = 0) Then
            dis(ii, jj) = 100000
        End If
    Next
Next
' 将无路径的项目间距离用很大的数来代替
For k = 0 To 10
    For ii = 0 To 10
        For jj = 0 To 10
            If (dis(ii, jj) > (dis(ii, k) + dis(k, jj))) Then
                dis(ii, jj) = dis(ii, k) + dis(k, jj)
            End If
        Next
    Next
Next
' 运用弗洛伊德算法计算各项目间的最短路径
End Sub
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
    Dim x, y As Integer
    people(1) = TextBox1.Text : people(2) = TextBox2.Text : people(3) = TextBox3.Text :
people(4) = TextBox4.Text : people(5) = TextBox5.Text : people(6) = TextBox6.Text : people(7)
= TextBox7.Text : people(8) = TextBox8.Text : people(9) = TextBox9.Text : people(10) =
TextBox10.Text
' 输入各项目排队人数
pos = ComboBox1.Text
For ii = 1 To 10
    aim(ii) = ii
Next
' 为各目的地输入序号
For ii = 1 To 10

```



```

        alltime(ii) = dis(pos, ii) / v + Int(people(ii) / num(ii) * time(ii))
Next
' 为总时间赋值
For ii = 1 To 9
    For jj = 1 To 10 - ii
        If alltime(jj) > alltime(jj+1) Then
            x = alltime(jj + 1)
            y = aim(jj + 1)
            alltime(jj + 1) = alltime(jj)
            aim(jj + 1) = aim(jj)
            alltime(jj) = x
            aim(jj) = y
        End If
    Next
Next
' 排序
For ii = 1 To 10
    If (aim(ii) <> pos) Then
        ListBox1.Items.Add(aim(ii))
        ListBox1.Items.Add(alltime(ii))
    End If
Next
' 展示
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    Dim x, y As Integer
    num(1) = 400 : num(2) = 30 : num(3) = 50 : num(4) = 30 : num(5) = 100 : num(6) =
50 : num(7) = 30 : num(8) = 30 : num(9) = 20 : num(10) = 50
    time(1) = 1980 : time(2) = 75 : time(3) = 150 : time(4) = 150 : time(5) = 300 : time(6)
= 150 : time(7) = 120 : time(8) = 90 : time(9) = 90 : time(10) = 120
    ' 为每个项目容纳人数和持续时间赋值
    dis(0, 1) = 300 : dis(0, 2) = 400 : dis(1, 10) = 250 : dis(1, 2) = 300 : dis(2, 3)
= 300 : dis(9, 10) = 350 : dis(1, 5) = 350 : dis(2, 5) = 350 : dis(5, 9) = 450 : dis(3, 4)
= 450 : dis(5, 7) = 550 : dis(8, 9) = 450 : dis(7, 8) = 400 : dis(6, 7) = 650 : dis(4, 6)
= 500 : dis(3, 5) = 500
    dis(1, 0) = 300 : dis(2, 0) = 400 : dis(10, 1) = 250 : dis(2, 1) = 300 : dis(3, 2)
= 300 : dis(10, 9) = 350 : dis(5, 1) = 350 : dis(5, 2) = 350 : dis(9, 5) = 450 : dis(4, 3)
= 450 : dis(7, 5) = 550 : dis(9, 8) = 450 : dis(8, 7) = 400 : dis(7, 6) = 650 : dis(6, 4)
= 500 : dis(5, 3) = 500
    ' 定义二维数组表示项目间距离
    For ii = 0 To 10
        For jj = 0 To 10
            If (dis(ii, jj) = 0) Then

```

```

        dis(ii, jj) = 100000
    End If
Next
Next
' 将无路径的项目间距离用很大的数来代替
For k = 0 To 10
    For ii = 0 To 10
        For jj = 0 To 10
            If (dis(ii, jj) > (dis(ii, k) + dis(k, jj))) Then
                dis(ii, jj) = dis(ii, k) + dis(k, jj)
            End If
        Next
    Next
Next
Next
' 运用弗洛伊德算法计算各项目间的最短路径
people(1) = TextBox1.Text : people(2) = TextBox2.Text : people(3) = TextBox3.Text :
people(4) = TextBox4.Text : people(5) = TextBox5.Text : people(6) = TextBox6.Text : people(7)
= TextBox7.Text : people(8) = TextBox8.Text : people(9) = TextBox9.Text : people(10) =
TextBox10.Text
' 输入各项目排队人数
pos = ComboBox1.Text
For mystep = 1 To 10
    For ii = 1 To 10
        aim(ii) = ii
    Next
    ' 为各目的地输入序号
    For ii = 1 To 10
        alltime(ii) = dis(pos, ii) / v + Int(people(ii) / num(ii)) * time(ii)
    Next
    ' 为总时间赋值
    For ii = 1 To mystep
        For jj = 1 To 10
            If (sumaim(ii) = aim(jj)) Then
                aim(jj) = 10000 + mystep
                alltime(jj) = 10000 + mystep
            End If
        Next
    Next
Next
' 筛选, 通过惩罚数的形式筛掉已经去过的项目
For ii = 1 To 9
    For jj = 1 To 10 - ii
        If alltime(jj) > alltime(jj + 1) Then
            x = alltime(jj + 1)
            y = aim(jj + 1)

```

```

        alltime(jj + 1) = alltime(jj)
        aim(jj + 1) = aim(jj)
        alltime(jj) = x
        aim(jj) = y
    End If
Next
Next
' 排序
sumtime = sumtime + alltime(1)
sumaim(mystep) = aim(1)
pos = aim(1)
Next
' 模拟一位游客根据引导，走出的路线以及所用时间
For ii = 1 To 10
    ListBox1.Items.Add(sumaim(ii))
Next
ListBox1.Items.Add(sumtime / 3600)
' 展示
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button3.Click
    ListBox1.Items.Clear()
End Sub

Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button4.Click
    Dim min, y(TextBox11.Text) As Integer
    Dim a(9) As Integer
    people(1) = TextBox1.Text : people(2) = TextBox2.Text : people(3) = TextBox3.Text :
people(4) = TextBox4.Text : people(5) = TextBox5.Text : people(6) = TextBox6.Text : people(7)
= TextBox7.Text : people(8) = TextBox8.Text : people(9) = TextBox9.Text : people(10) =
TextBox10.Text
    ' 输入各项目排队人数
    ' people(1) = Int(Rnd() * rush) + 1 : people(2) = Int(Rnd() * rush) + 1 : people(3)
= Int(Rnd() * rush) + 1 : people(4) = Int(Rnd() * rush) + 1 : people(5) = Int(Rnd() * rush)
+ 1 : people(6) = Int(Rnd() * rush) + 1 : people(7) = Int(Rnd() * rush) + 1 : people(8) =
Int(Rnd() * rush) + 1 : people(9) = Int(Rnd() * rush) + 1
    ' For ii = 1 To 9
    ' people(10) = people(ii) + people(10)
    ' Next
    ' people(10) = rush - people(10)
    ' While (people(10) <= 0)
    ' Randomize()
    ' people(1) = Int(Rnd() * rush) : people(2) = Int(Rnd() * rush) : people(3) = Int(Rnd()
* rush) : people(4) = Int(Rnd() * rush) : people(5) = Int(Rnd() * rush) : people(6) = Int(Rnd()

```

```

* rush) : people(7) = Int(Rnd() * rush) : people(8) = Int(Rnd() * rush) : people(9) = Int(Rnd()
* rush)
    ' For ii = 1 To 9
    ' people(10) = people(ii) + people(10)
    ' Next
    ' people(10) = rush - people(10)
    ' End While
    ' 随机得各项目排队人数

For n = 1 To CInt(TextBox11.Text)
    pos = 0
    Randomize()
    For i = 0 To 9
1:        a(i) = 9 * Rnd() + 1
        For j = i - 1 To 0 Step -1
            If a(i) = a(j) Then
                GoTo 1
            End If
        Next
    Next
    ' 随机生成步行路线
    For mystep = 1 To 10
        aim(mystep) = a(mystep - 1)
        alltime(mystep) = dis(pos, aim(mystep)) / v + Int(people(mystep) /
num(mystep)) * time(mystep)
        pos = a(mystep - 1)
        sumtime = sumtime + alltime(mystep)
    Next
    ' 单人随机走一轮
    For i = 1 To 10
        y(n) = y(n) + alltime(i)
    Next
Next
min = 1000000
For i = 1 To CInt(TextBox11.Text)
    If y(i) < min Then
        min = y(i)
    End If
Next i
ListBox1.Items.Add(sumtime / CInt(TextBox11.Text) / 3600)
ListBox1.Items.Add(min / 3600)
sumtime = 0
' 展示
End Sub

```