车位分布的优化设计与评价

摘要

随着现代社会经济的快速发展，居民楼已经逐步向高层住宅发展，对于小区住宅的居民，小区内汽车停车位的分布对于他们的上下班出行影响很大。本文主要研究如何通过设计小区内汽车停车位分布来减小对居民出行的影响。

在问题 1 中，先通过建立 0-1 模型来求解车位对住宅中单元的最优分配，然后对最优分配与实际分配中的每位居民到自己车位的距离采取 Kruskal-Wallis 检验是否具有一致性，并以 Kruskal-Wallis 统计量 K 值作为指标 1，即吻合度指标。若 K 值越接近于 0，P 值大于 0.05，说明实际分配越好。在指标 2 中，结合楼层高度、人流量等因素，计算出每位居民从家抵达车位的总时间，并以总时间的标准差作为指标 2，即总时间的离散度指标。离散度指标值越大，则说明每位居民抵达车位的时间相差悬殊。

在问题 2 中，根据附件 1 中单元与车位的分配与最优分配进行一致性检验，计算出指标 1 的 K 值为 21.162，且检验的 P 值为 4×10^{-5}。另外在指标 2 中，我们分别在高峰期和平时的情况计算指标 2 的离散度值，发现在两种情况下，附件 1 的车位分配下的指标 2 的值都远大于最优分配下指标值。两个指标都说明了附件 1 中的车位分配的不合理性。

在问题 3 中，主要是结合附件 1 中数据，使指标 1 和指标 2 达到最优的条件下，计算出最优车位分配方案。结果表明，即使在上班高峰期时，抵达车位的最长时间也能控制在 141.1 秒左右。

关键字：0−1 模型　非参数检验　车位分配　高峰期

目录

一、 问题重述

随着现代社会经济的快速发展，房地产成为国家经济发展中重要的经济增长点之一。而小区内汽车停车位的分布对于小区居民的上下班出行影响很大。请建立数学模型，解决下列问题：

1) 汽车停车位分布对于住户出行非常重要，需要构建和分析评判小区汽车停车位分布是否合理的几个关键指标，建立评判车位分布合理的数学模型。
2) 通过附件 1 中某小区的汽车停车位分布方案，用问题 1 的模型评价此种车位分布的合理性，为什么？
3) 请根据你们关于车位分布合理性的指标和评判模型，重新为附件 1 中的小区车位进行分配，给出最优分配方案。

二、 模型假设

- 假设每栋楼只包含 2 个单元，每个单元配置独立的电梯（电梯位置见附表）。
- 假设上班高峰期低楼层用户（一到四层）会主动走楼道去地下车库，且正常成年人下一层楼耗时 12s。
- 假设各层住户的步行速度相等，下楼速度相等，电梯上升和下降的速度相等，电梯开闭停滞时间固定为 10S 且忽略启动和制动时间。
- 假设每层楼 2 户，每个家庭住户在上班高峰期平均出门人数为 2 人，且同时出门。
- 假设电梯的载重量为 12 人。

三、 符号说明

序号	符号	含义
1	x_{ij}	第 i 单元中的电梯到 j 车位的路程
2	$T_{总}$	抵达车位总时间
3	T	等待电梯时间
4	T_0	电梯下降时间
5	T_1	电梯开闭滞留时间
6	T_2	地下车库行走时间
7	$E(n)$	停滞期望
8	K	Kruskal-Wallis 统计量
9	N	总车位数
10	a_{ij}	0-1 变量
11	R_{ij}	所有 x_{ij} 混合后的秩
12	t_{ij}	最优分配下第 i 车位到 j 单元的行走时间
13	t'_{ij}	实际分配下第 i 车位到 j 单元的行走时间
14	F	楼层数
15	$D_1(T_{总})$	高峰期时每位车主抵达车位所花时间的方差
16	h	楼的高度

四、　模型的建立与求解

4.1 问题一

1.1 指标一 车位与单元的最优分配吻合度

我们根据 0-1 规划模型计算出车位最终属于哪一单元，以该分配方案为最优单元分配，让最优分配与实际分配中达到车位所需时间进行 Kruskal-Wallis 检验两者的吻合程度，所以我们不妨可以让 Kruskal-Wallis 检验统计量来刻画车位最优分配吻合度。

我们假定每位居民都是按最短路经走到自己的车位和每栋楼只有 2 个单元，并考虑到每一个车位到 2 个单元电梯的需要行走的路程都不一样，因此为达到所有居民走的路径总和最小，而且满足能按每单元平均分配车位等情况，我们可以通过如下构建 0-1 规划模型进行合理分配车位。

基于实际情况与满足已知条件，我们总结出模型必须满足如下条件：

a) 必须使每个车位到被配到的单元中的电梯所行走的路程之和最小

b) 每个车位只能分给某一个单元，第 i 单元或者第 j 单元(i≠j)。

c) 由于房屋建筑的相似性，最终分配到每个单元的车位数量相等，假定共有 N 个车位。也即每个单元都能被分配到 $\frac{N}{2}$ 个车位（N 为偶数）。

设 x_{ij} 为第 i 单元中的电梯到 j 车位的路程， a_{ij} 表示第 j 个车位属于第 j 单元。

， z 为每个车位到被配到的单元中的电梯所行走的路程之和。并建立 0-1 规划模型的方程如下：

$$\min z = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{N} a_{ij}x_{ij}$$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{i=1}^{2} a_{ij} = 1,\ j = 1,2\ldots N \\ \sum_{j=1}^{N} a_{ij} = \frac{N}{2}, i = 1,2 \\ a_{ij} = 0\text{或者}1,\ \ i = 1,2,\ j = 1,2\ldots N \end{cases} \tag{1}$$

假定每位车主行走的速度为v米/秒，可以计算每个单元到每个车位的所需要的行走时间。根据表 1 中单元分配方案，设为第 i 车位到 j 单元的行走时间为t_{ij}，i取1、$2\ldots\ldots N$， $j=1,2$。根据实际单元分配方案，设为第 i 车位到 j 单元的行走时间为t'_{ij}。考虑到两者的分布函数并不知道，我们采用非参数中 Kruskal-Wallis 检验对最优分配中所耗时间t_{ij}和实际分配中所耗时间t'_{ij}进行检验（见参考文献[1]）。设 Kruskal-Wallis 检验统计量为 K：

$$K=\frac{12}{n(n+1)}\sum_{j=1}^{2}n_j(R_{j\cdot}-\frac{n+1}{2})^2, \qquad (2)$$

其中$n=1,2\ldots 2N$， $R_{ij}, i=1,2\ldots N, j=1,2$两组数据的秩。K 也即就是车位车位与单元的最优分配吻合度。在显著性水平为α的情况下，拒绝域为$K\geq c$：

- 当 H 不在拒绝域内，则接受原假设，认为实际分配与最优分配并无差异。
- 当 H 在拒绝域内，则拒绝原假设，认为实际分配与最优分配存在差异。

并且 K 越大说分配的吻合度越差，当超过c时，则拒绝。

1.2 指标二 抵达车位时间的离散度

1） 上班高峰期总体耗时离散程度

在上班高峰期，假设抵达车位时间为等待电梯时间，电梯下降时间，电梯开闭滞留时间和地下车库行走时间的总和。公式表达为

$$T_{总}=T+T_0+T_1+T_2 \qquad (3)$$

一般的，单台电梯有如下的经验公式可供参考

$$T=K\times\frac{\lambda\times\theta\times\beta\times\varepsilon}{\delta\times\alpha\times\varphi\times\rho} \qquad (4)$$

其中：

T---高楼层（5 楼以上）上下班高峰期平均候梯时间；

K---经验修正系数，取 60；

λ---建筑功能系数，酒店、机场、商务取 5，办公、写字楼取 4，住宅取 1；

θ---建筑物的总客流量人数；

δ---人流结构系数，家庭用户取 5，公共场所取 2，专用场所如宾馆、机场取 1；

α---电梯的载重量，按人数计算，630Kg 取 7,800Kg 取 10,1000Kg 取 14；

β---层高系数，10 层以下取 1，每增加 5 层加 1；

ε---集选模式，下集选取 1、全集选取 5；

φ---群控模式系数，单控 1、两台并联取 4、三台以上群控取 8；

ρ---电梯速度系数，1.0m/s 取 1,1.75m/s 取 6,2m/s 取 12

在电梯下降过程中，假定电梯速度是均匀的，设为 $v_{梯}$，则

电梯下降时间：$T_0=\dfrac{F\times h}{V_{电梯}}$。

电梯开闭滞留时间：$T_1=10(\mathrm{F}-5)\times k'(k'$为（4）式中表示所有参数)。

考虑到高峰期满载情况下的电梯停滞情况 ，假定电梯载重量为 12 人，至少停滞 3 次（每次进来同一层的 2 户），至多停滞 6 次（每次进来同一层的某一户），认为停滞 3、4、5、6 次概率均等为 1/4 。认为楼层越高的住户在电梯中遇到电梯停滞可能性越大，停滞期望：

$$E(n)=1/4\times[(F-5)\times 3/30+(F-5)\times 4/30+（\mathrm{F}-5)\times 5/30+(\mathrm{F}-5)\times 6/30]=(\mathrm{F}-5)\times k'$$

地下车库行走时间：$T_2=\dfrac{X}{V_{人}}$。

综上所述,在上班高峰期，高楼层抵达车位时间：

$$T_{总}'=T+F\times h/2+(F-5)\times 3/2+\mathrm{X}/V_{人}\quad。$$

一到四楼抵达车位时间：

$$T_{总}''=12\times F+\mathrm{X}/V_{人}\ \mathrm{T}_{总}=12\mathrm{F}+\mathrm{X}/\mathrm{V}_{人}\ 。$$

$T_{总}'$ 和 $T_{总}''$ 即为 $T_{总}$ 在楼层中的某位车主所花的时间，在高峰期时，再将不同楼层，不同单元的所有车主的数据进行统计，计算出方差 $D_1(T_{总})$ 来描述高峰期时车位分配后每位车主抵达车位时间的离散程度，也即是我们在高峰期所求的指标 2。

2） 非高峰期总体耗时离散程度

在非上下班高峰期,假设所有楼层人乘坐电梯可忽略额外的电梯开闭滞留时间（只有在车主所在层会由于电梯开闭会产生时间），等待电梯时间为电梯从基层（默认为地下一层）升到该层时间，此时

抵达车位时间为等待电梯时间，电梯下降时间，电梯开闭滞留时间和地下车库行走时间的总和。公式表达为 $T_{总}=T+T_0+T_1+T_2$

等待电梯时间：T=0,

电梯下降时间：$T_0=\frac{F\times h}{V_{电梯}}$,

电梯开闭滞留时间：T_1=10s,

地下车库行走时间：$T_2=\frac{X}{V_{人}}$,

将 T、T_0、T_1、T_2 代入到（3）式中可以得到：

$$T_{总}=F\times h+\frac{X}{V_{人}}+10$$

其中 $T_{总}$ 在楼层中的某位车主所花的时间，在平时情况下，再将不同楼层，不同单元的所有车主的数据进行统计，计算出方差 $D_2(T_{总})$ 来描述平时车位分配后每位车主抵达车位时间的离散程度，也即是我们在平时所求的指标 2。

3） 下班高峰期耗时离散程度

由于每个人工作性质的差异，同一单元住户的下班时间的离散程度比上班时间的离散程度大得多，并且人们下班后普遍没有强制固定时限到家要求，所以下班高峰期从车位到家所用时间没有明显指数意义，略去讨论。

4） 理想车位分配下的总体耗时离散程度

在车位与单元的最优分配下，所有住户在地下车库行走的时间 T_2 总和达到最小,若楼层和东西户主确定，则对应的 T_2 为某一固定值，而 $T+T_0+T_1$ 与车位的楼层分配无关，记 $T_f=T+T_0+T_1$ 可视为电梯逗留时间，所有住户电梯逗留时间

只与住户所住楼层有关。假设对不同工作日来说，上班高峰期一个单元所有用户电梯逗留时间总和不变。

根据排序不等式的定义，设有两组数 $a_1,a_2\ldots\ldots a_n,b_1,b_2\ldots\ldots b_n$ 满足

$a_1\le a_2\le\ldots\ldots a_n$，$b_1\le b_2\le\ldots\ldots b_n$，则

$$a_1\times b_n+a_2\times b_{n-1}+\ldots\ldots+a_n\times b_1\le a_1\times b_1+a_2\times b_2+\ldots\ldots+a_n\times b_n$$

式中$t_1,t_2\ldots\ldots t_n$是$1,2\ldots\ldots n$的任意一个排列，当且仅当 $a_1{=}a_2{=}\ldots\ldots{=}a_n$，

$b_1=b_2=\ldots\ldots=b_n$ 时，才取等号。

则 $\sum_{i=1}^{N}T_f^i$ 与 $\sum_{i=1}^{N}T_2^i$ 中的 T_f^i 表示楼层中 i 户居民所花的下楼总时间，和 T_2^i 表示从电梯到第 i 个车位的时间。由于 $D(T_{总})=f(\sum_{i\ne j}^{N}T_f^i\times T_2^j)$ 的关系，所以我们可以让 $\left\{T_f^1,T_f^2\ldots\ldots T_f^N\right\}$ 和 $\left\{T_2^1,T_2^2\ldots\ldots T_2^N\right\}$ 该可按照排序不等式配对想加使 $D(T_{总})$ 达到最小。也即当且仅当逗留时间降序排列后的户主与车库步行时间升序排列后的车位一一配对，可以使得 $D(T_{总})$ 达到最小。这是最优的车位分配方案，再同样计算实际的车位分配方案，比较与最优车位分配方案的一致性。

4.2 问题二

2.1 车位与单元的最优分配吻合度计算：

根据附件 1 中停车位分布图，我们可以得知 N=136 个车位，我们已经假定了每位车主都按最短路经走到车位，这样我们设定车位到电梯所有路径，如图 1 所示。例如 2-173 车位到电梯的路径和 2-165 到电梯 2 的路径。根据一般情况，假定车位的实际长度为 6m，按照这个尺度的比例可以计算所有路径的实际长度，并且我们考虑路径中有一些障碍物的情况。如车主要达到 1-1337 车位则会遇到中间其他停车位的影响，一般路径越长，受障碍物的影响越大，所以在图 1 中设定了 1、2、3 环，车位所在位置每增加一环，需要增加 5 秒的绕行时间。

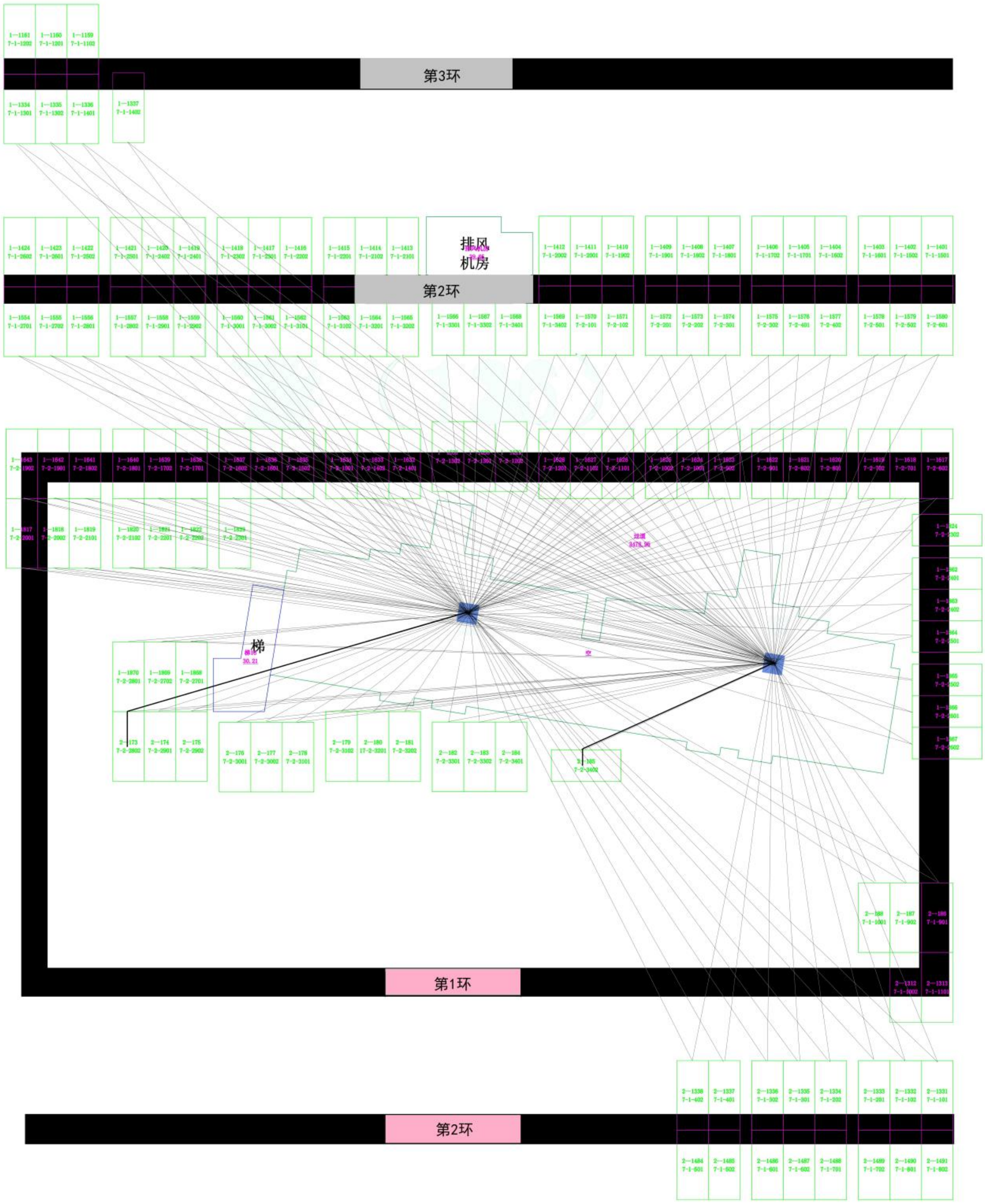

图 1 车位与电梯距离的计算图

根据得到的数据，根据问题一中的 0-1,模型，我们通过 Matlab 软件（程序见附录中程序 1）进行模型的求解，计算出最小的总路程路程为 4616.167 米（比例尺为 6:1000），最优分配结果如表 1 所示：

表 1 车位对 1、2 单元的分配表

车位号码	单元	车位号码	单元	车位号码	单元	车位号码	单元
1617	2	174	1	1418	1	1862	2
1618	2	175	1	1417	1	1863	2
1619	2	176	1	1416	1	1864	2
1620	2	177	1	1415	1	1865	2
1621	2	178	1	1414	1	1866	2
1622	2	179	1	1413	1	1867	2
1623	2	180	1	1412	1	173	1
1624	2	181	1	1411	2	1578	2
1625	2	182	1	1410	2	1579	2
1626	2	183	1	1409	2	1334	1
1627	2	184	2	1408	2	1335	1
1628	2	185	2	1407	2	1491	2
1629	2	186	2	1406	2	1424	1
1630	1	187	2	1405	2	1423	1
1631	1	188	2	1404	2	1422	1
1632	1	1870	1	1403	2	1421	1
1633	1	1869	1	1402	2	1420	1
1634	1	1868	1	1401	2	1419	1
1635	1	1312	2	1554	1	1580	2
1636	1	1313	2	1555	1	1161	1
1637	1	1338	2	1556	1	1336	1
1638	1	1337	2	1557	1	1337	1
1639	1	1336	2	1558	1	1571	2
1640	1	1335	2	1559	1	1572	2
1641	1	1334	2	1560	1	1573	2
1642	1	1333	2	1561	1	1574	2
1643	1	1332	2	1562	1	1575	2
1823	1	1331	2	1563	1	1576	2
1822	1	1484	2	1564	1	1577	2
1821	1	1485	2	1565	1	1160	1
1820	1	1486	2	1566	1	1159	1
1819	1	1487	2	1567	2	1489	2
1818	1	1488	2	1568	2	1490	2
1817	1	1570	2	1569	2	1824	2

另外我们假定每位车主行走的速度v为 1 米/秒，可以计算出最优分配和实际分配下的每个单元到每个车位所需要的行走时间。根据附件 1 中车位对单元的实际分配情况，通过 SPSS 软件对最优分配中所耗时间和实际分配中所耗时间计算 Kruskal-Wallis 统计量，如表 2 所示：

表 2 Kruskal-Wallis 检验

	结果
K值（Kruskal-Wallis统计量）	21.162
自由度	1
渐近显著性（P值）	0.00004

从表 2 中 K 值（车位与单元的最优分配吻合度）和 P 值，在显著性水平 0.05 的情况下，拒绝原假设，我们有充分的理由说明附件 1 中车位对单元的分配不合理。

以上 Kruskal-Wallis 统计量是对分布不假定的情况下做出的检验，并得到分配不合理的结论，另外我们采用在分布假定情况下的检验进一步检验。

我们采用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 统计量（见参考文献[2]）对最优分配中所耗时间和实际分配中所耗时间分别进行了正态性检验，通过 SPSS 软件可以计算得出表 2 中的结果，

表 3 单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验

		最优距离时间	实际距离时间
数字		136	136
正态参数	平均值	36.9226	45.8849
	标准偏差	14.30719	15.88871
检验统计		0.054	0.058
渐近显著性	（双尾P值）	0.200	0.200

在显著性水平0.05的情况下，通过表3中，发现P值>0.05说明不能拒绝原假设，最优分配中所耗时间和实际分配中所耗时间服从正态分布。通过R软件（程序见附录中程序2），画出正态分布密度图，如图2所示。并进行配对检验，发现P值为 5.5×10^{-14}，小于0.05的显著性水平下的P值，在正态分布的假定下，也说明了附件1中的车位分配不合理。

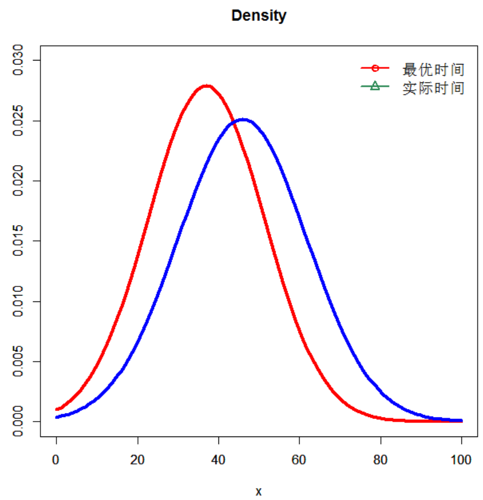

图2 最优时间和实际时间的正态密度图

2.2 抵达车位总时间离散度计算

按照问题一中对下楼时间指标的构建，并结合比例尺关系。在查找相关信息资料后，我们不妨假设该楼栋建筑信息如图3所示（以2016年五一数学建模联赛A题附件1、附件2和附件3中的数据为例）

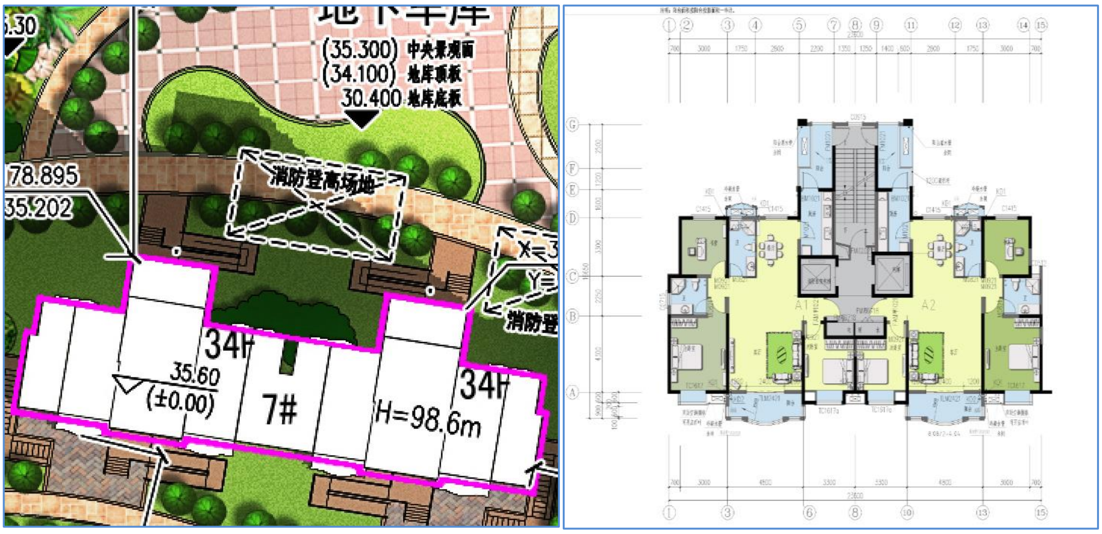

图3 房屋结构图

上班高峰期人流量以每户2人出行为标准，5楼以上包括五楼住户搭乘电梯，1到4楼住户走楼道抵达地下车库电梯口不计入乘电梯总人流量。则每个单元早高峰期总人流量为$\theta=(34-4)\times2\times2=120$人；人流结构系数取家庭住宅形式，即为5，群控模式系数单控取1；集选模式以下集选取1；建筑功能系数以住宅为例取1；电梯的载重量取 14；楼高 h=98.6 米；电梯速度系数，以 2m/s 运行速度取 12 代入（3）式，可计算得：

$$\text{T}=60\times\frac{120\times5\times1\times1}{5\times14\times1\times12}\approx42.8\text{s}$$

将数据代入到问题一的指标 2 中，可以计算$T_f=T+T_0+T_1$，即在为从家里抵达电梯底时所花的时间，我们可以分别考虑高峰期，平时 1-4 楼走下楼梯和平时 1-4 楼坐电梯的情形，通过给定的数据可以计算出 3 种情况下的T_f，如图 4 所示。

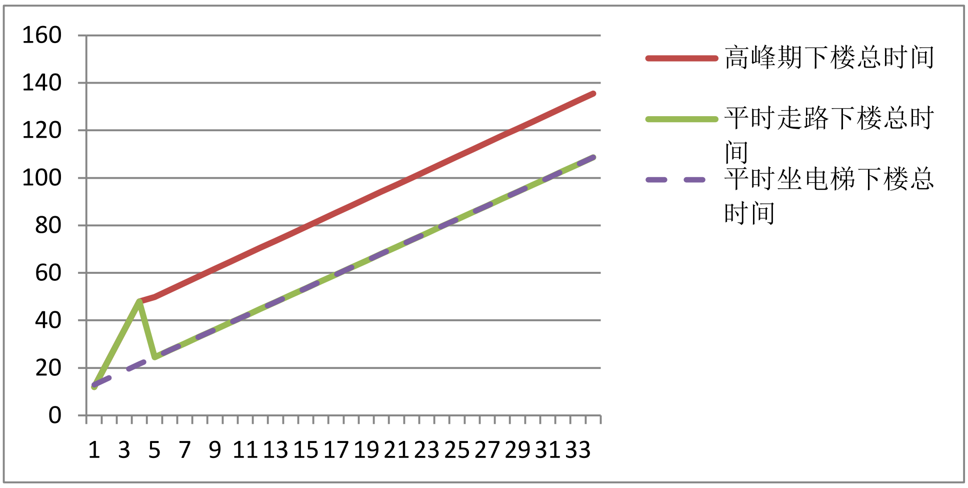

图4 不同楼层的电梯逗留时间

从图4中发现，高峰期显然会需要更多时间在电梯中，这也与实际情况相符。并且发现平时的时候，1-4的居民会更愿意坐电梯下楼，因为走电梯所耗费的时间会更长，也即在计算平时的离散度时，此时我们要考虑到与高峰期时，1-4的居民选择会有差异。

2.2.1 高峰期时的离散度

在高峰期时，我们分别对最优分配情况的总时间指标和附件1中实际分配情况下的离散度进行计算。并计算得到的均值和方差如下：

表4 最优分配下和实际分配情况下总时间的离散度

最优分配情况	均值(秒)	124.65
	标准差	16.25
实际分配情况	均值（秒）	130.79
	标准差	33.82

从表4中清晰地发现最优分配情况下的标准差是实际分配情况下的1/2，附件1中分配方案明显大于最优分配方案。并且我们做出在高峰时最优分配和实际分配的所有位车主抵达车位的总时间频率分布图，如下图3和图4， 可以直观的看出附件1中的实际分配在高峰期时明显不合理。

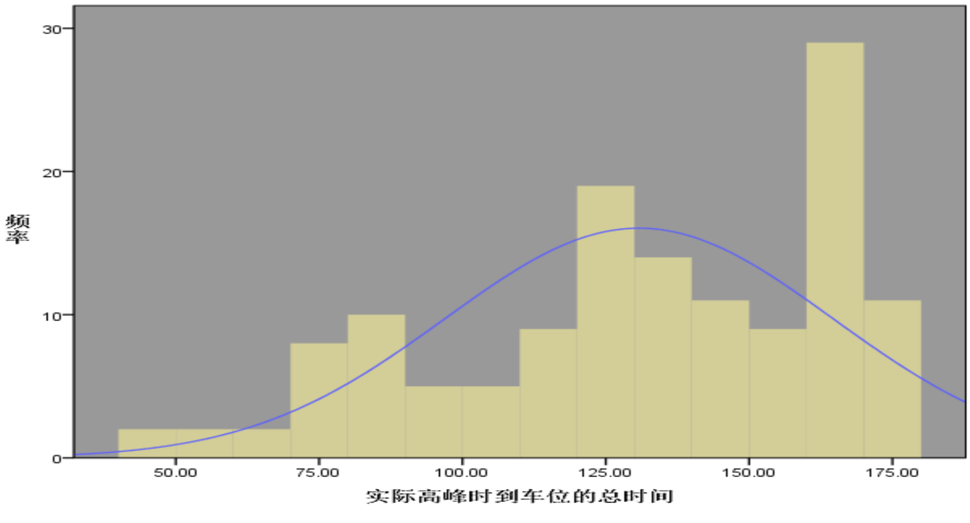

图5 实际分配在高峰时抵达车位的总时间频率分布图

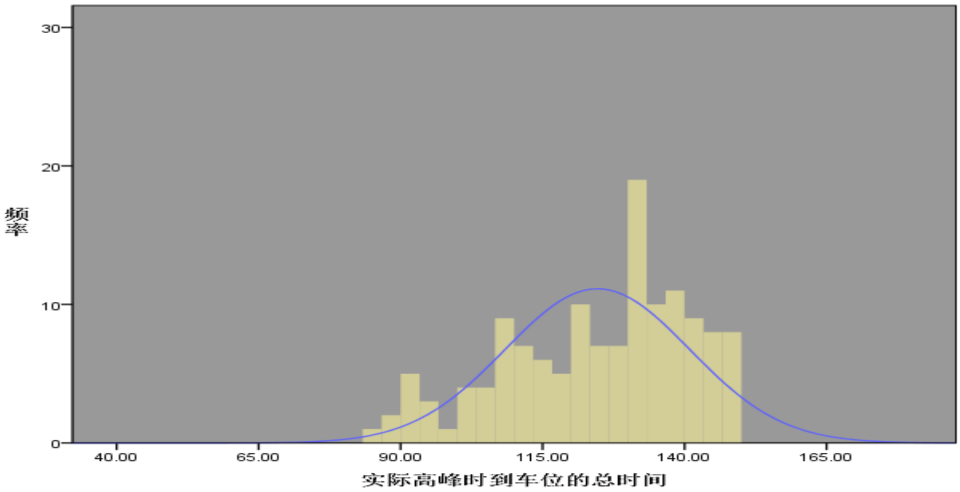

图6 最优分配在高峰时抵达车位的总时间频率分布图

2.2.2平时下的离散度

在平时，我们分别对最优分配情况的总时间指标和附件1中实际分配情况下的离散度进行计算。并计算得到的均值和方差如下：

表5 最优分配下和实际分配情况下总时间的离散度

最优分配情况	均值(秒)	100.67
	标准差	12.77
实际分配情况	均值（秒）	106.66
	标准差	30.29

从表5中根据标准差的大小，实际情况的标准差已经比超过了最优分配实际情况的2倍，可以明显的发现最优分配情况与实际情况相差较大，并且我们对两组分配下通过Kolmogorov-Smirnov检验是否服从均匀分布，检验的结果如表6所示。通过表中的P值，在显著性水平为0.05的情况下，时不能拒绝原假设，也即说明最优分配下，平时每位车主所花的总时间服从均匀分布，离散度较大。从而再一次说明附件1中在平时的情况也是不合理的。

表6 Kolmogorov-Smirnov的均匀分布检验

		平时实际	平时最优
数字		136	136
统一参数	最小值	77.14	50.84
	最大值(X)	122.96	153.04
最极端差分	绝对	0.073	0.121
	正	0.035	0.054
	负	-0.073	-.121
Kolmogorov-Smirnov Z		0.848	1.410
渐近显著性（双尾）P值		0.469	0.038

4.3 问题三：

结合问题1中的指标、模型、附件1中的数据和给定一般情况下的参数可以得出最优分配方案，如表7所示。

表 7 最优分配方案

车位号码	单元	楼层	车位号码	单元	楼层	车位号码	单元	楼层
183	1	34	1420	1	5	1401	2	12
182	1	34	1488	2	5	1405	2	11
181	1	34	1484	2	5	1336	2	11
1630	1	34	1489	2	5	1406	2	11
1631	1	33	1490	2	4	1417	1	11
1632	1	33	1555	1	4	1335	2	10
180	1	33	1411	2	4	1337	2	10
1865	2	33	1421	1	4	1558	1	10
1864	2	32	1491	2	3	1334	2	10
1866	2	32	1554	1	3	1338	2	9
1863	2	32	1422	1	3	1333	2	9
1633	1	32	1423	1	3	1407	2	9
1867	2	31	1424	1	2	1332	2	9
179	1	31	1336	1	2	1418	1	8
1862	2	31	1337	1	2	1567	2	8
1622	2	31	1159	1	2	1557	1	8
1621	2	30	1335	1	1	1331	2	8
1634	1	30	1334	1	1	1408	2	7
1623	2	30	1160	1	1	1410	2	7
1620	2	30	1161	1	1	1419	1	7
1624	2	29	1579	2	16	1409	2	7
185	2	29	1413	1	16	1556	1	6
1824	2	29	1817	1	15	1486	2	6
1619	2	29	1414	1	15	1487	2	6
1625	2	28	1571	2	15	1485	2	6
178	1	28	1643	1	15	1637	1	25
1635	1	28	1560	1	14	184	2	25
1618	2	28	1580	2	14	186	2	25
1626	2	27	1415	1	14	1628	2	24
177	1	27	1570	2	14	175	1	24
1617	2	27	1568	2	13	1868	1	24
1636	1	27	1559	1	13	1822	1	24
1823	1	26	1569	2	13	174	1	23
188	2	26	1403	2	13	1869	1	23
1627	2	26	1416	1	13	1638	1	23

187	2	26	1402	2	12	1821	1	23
176	1	25	1404	2	12	1629	2	22
1870	1	22	1577	2	18	1312	2	22
1820	1	21	1642	1	17	1639	1	22
1313	2	21	1573	2	17	1819	1	20
173	1	21	1578	2	17	1564	1	20
1640	1	21	1572	2	17	1563	1	19
1566	1	20	1561	1	16	1641	1	19
1565	1	20	1412	1	16	1818	1	19
1576	2	18	1562	1	18	1575	2	19
1574	2	18						

五、 模型评价

模型优缺点：

5.1 优点

本文引入非参数检验和参数检验的方法，对最优分配下和附件 1 中实际分配进行一致性检验，使结果更具有说服力。在指标 2 中能考虑到上班高峰期和平时的差异，并且综合其他指标讨论，使问题考虑更加全面。

5.2 缺点

在根据附件 1 的数据和给定的参数虽然可以计算出从自己家门口抵达车位的时间，但是其中存在许多随机因素。但是我们可以尽量控制随机因素，使它服从某个分布。

六、 参考文献

[1] 王静龙 梁小筠 非参数统计分析[M] 北京：高等教育出版社 2006.4
[2] 张文彤 统计分析基础教程[M]. 2 版 北京：高等教育出版社 2004.9
[3] 宗群,程义菊,宋军远.马尔可夫网络排队模型在电梯配置中的应用[J].中国工程科学,2003,5(10):69-72
[4] 宗群,牙淑红,王振世.基于排队论的上高峰电梯群控调度的研究[J].系统工程与电子技术,2003, 25(6): 722-725
[5] 宋军远.基于马尔可夫网络排队论的电梯优化配置方法的研究[D].天津:天津大学硕士论文,2003
[6] 胡运权.运筹学教程[M].北京:清华大学出版社,2012
[7] 黄缨宁,黄瑞吟,车文婷 丁炜杰电梯调度中的人流模拟[J] 中国科技博览 2011(36) 386-389
[8] 姜启源 谢金星 叶 俊，数学建模[M]（第三版），北京：高等教育出版社，2003 年；
[9] 卓金武，MATLAB 在数学建模中的应用[M] 北京：北京航空航天大学出版社，2011 年。
[10] 朱德文,付国江.电梯群控技术[M].北京：中国电力出版社，2006.
[11] Shunji T,Yukihiro U Mituhiko A.Dynamic optimization of the operation of single-car elevator system with destination hall call registration[J].European Journal of Operational Research，2005，

167：550-587.
[12] Kulkarni A B.Energy consumption analysis for geared elevator modernization：upgrade from DC ward leonard system to AC vector controlled drive[C]//Proceedings of IAS Annual Meeting.[S.l.]：IEEE Industry Applications Society，2000.

七、 附录

程序 1：

```
clear all
clc
load('f.txt');
A=zeros(1,272);
B1=[];
for i=1:136
    D=A;
    D([i,i+136])=1;
    B1(i,:)=D;
end
B21=[ones(1,136),zeros(1,136)];
B22=[zeros(1,136),ones(1,136)];
q=[B1;B21;B22];
bq=[ones(136,1);68;68];
[x,fv,ex]=bintprog(f,[],[],q,bq);
```

程序 2：

```
curve(dnorm(x,36.9226,14.30719),ylim=c(0,0.03),xlim=c(0,100),lwd=4,col="red",main="Density")
par(new=TRUE)
curve(dnorm(x,45.8849,15.88871),lwd=4,col="blue",ylim=c(0,0.03),xlim=c(0,100))
legend("topright", legend=c("最优时间","实际时间"),cex = 1.2, lty = 1, lwd = 2, pch = c(1, 2),
col = c("red", "seagreen"), inset = 0.01, horiz = F, box.col = "white")
```