

# 基于模拟退火算法的订单分配优化模型的研究

李佳乐

(天津大学 建筑工程学院, 天津市, 300354)

**摘要:** 随着互联网的快速发展, 面向大众的服务类型手机应用越来越多, 为降低企业经营成本、增强企业的服务效率和提升服务质量, 需要平台不断优化内部订单和服务人员的分配算法, 本文章主要研究“58到家”上门服务平台的订单和家政服务人员的匹配优化问题。首先, 本文针对订单服务平台的离线批量派单模式, 对实际问题进行了一定简化, 利用运筹学、数学规划的知识建立了优化模型, 针对优化模型的求解, 本文采用了模拟退火的启发式算法, 利用 Matlab 编程首先生成一个初始解, 作为当前的最优解, 紧接着对当前解加一个随机扰动, 得到一个新解, 然后利用蒙特卡洛判断准则判断是否接受该解, 接着规定迭代次数, 当达到迭代次数后, 如果达到指定的目标值, 则输出结果, 该模型的特点在于结合数学线性规划和模拟退火算法进一步增强了算法的可靠性和稳定性, 该算法可用于求解更加复杂的非线性优化问题, 但当面对原始数据过大的问题时, 可能出现收敛速度过慢, 执行时间较长的问题。

**关键词:** 模拟退火算法; 优化模型; Matlab 编程; 线性规划

**中图分类号:** O93      **文献标识码:** A

## 一、引言

随着互联网技术的不断发展, 我国涌现出了诸如美团外卖、滴滴打车和 58 同城等一大批手机服务平台, 这些手机 APP 极大地便捷了城市居民的日常生活。对于这些企业而言, 订单与服务单元之间的合理分配一直是相关领域的重点问题, 所以采取合适的匹配机制对降低企业经营成本、增强企业的服务效率和提升服务质量等方面意义重大。

“58 到家”就是“58 同城”旗下的高质量上门家政服务平台, 为用户提供包括保洁、保姆、月嫂等众多生活领域的服务, 解决了城市居民的生活问题, 缓解了人们的生活压力。在平台运行过程中, 平台旨在将订单与阿姨进行一对一的匹配任务, 阿姨在任务规定的时间内到达指定服务地点完成固定时间的服务工作, 服务完成后再由平台进行新的任务分配。但是在实际运行过程中, 平台分配还需要考虑到包括阿姨的服务质量、客户和阿姨的地理位置、订单量过多时的压单情况等各种问题, 因此需要通过优化系统的分配算法, 提高平台的求解效率, 实现提升客户体验和节省阿姨时间的目的。

本次优化主要有两个目标: 一方面, 为提升对客户的服务质量, 尽可能分配服务分较高的阿姨 (阿姨的服务分是基于阿姨历史订单的评价得到的, 取值为 $[0, 1]$ , 值越大表明阿姨的服务质量越高); 另一方面, 为节省阿姨时间, 提高阿姨的接单量, 尽可能缩短阿姨两单之间的通行时间。

## 二、数据获取

### 2.1 原始数据集介绍

本次问题材料统计了“58同城”平台一天内、一个地区的所有订单和所有阿姨的信息，包括订单的下单时间、订单服务开始的最早时间、订单服务开始的最晚时间、订单的服务时长、订单的坐标、阿姨的服务分和阿姨的初始坐标等信息。原始数据的具体字段名和含义如下：

表 2.1 原始数据及字段名说明

字段名	字段符号	字段含义
下单时间	createTime	客户在平台的下单时间，单位秒
最早服务时间	serviceFirstTime	客户接受的服务开始的最早时间，单位秒
最晚服务时间	serviceLastTime	客户接受的服务开始的最晚时间，单位秒
服务时长	serviceUnitTime	客户预约的服务时长，单位分钟
服务地点横坐标	x	服务地点横坐标，单位米
服务地点纵坐标	y	服务地点纵坐标，单位米
服务分	serviceScore	阿姨服务分由顾客评价求得，取值为[0, 1]值越大越好
阿姨横坐标	auntx	阿姨初始地点横坐标，单位米
阿姨纵坐标	aunty	阿姨初始地点纵坐标，单位米

## 2.2 数据可视化处理

平台一天内、一个地区的所有订单数量超过两千，平台签约保洁阿姨数目接近三千，数量较大，导致订单产生的包括下单时间、最早服务时间、最晚服务时间、阿姨的地理位置和阿姨的服务分等各项数据总量巨大，无法直观地看出数据的规律和特点，因此我们对数据进行了可视化处理。

我们首先对订单的下单时间、最早服务时间和最晚服务时间进行可视化处理，绘制如下的订单时间信息折线图，我们可以看出订单的序号是根据订单的下单时间顺序确定的，订单下单得越早，相应的订单 id 越小，并且随着时间的推移，单位时间内订单的下单数量也越大。所有订单的最早服务时间与最晚服务时间相近，差别不大。

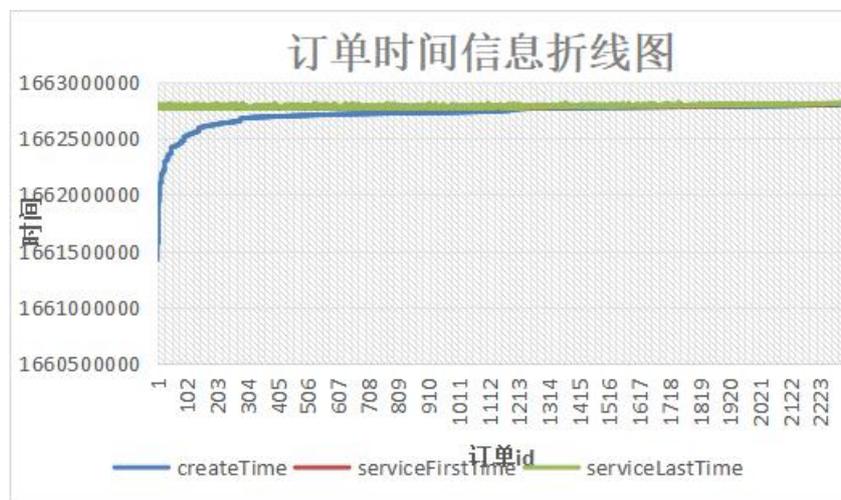


图 2.1 订单时间信息图

接着我们对订单的服务时长进行可视化处理，绘制出如下的统计图，由该图可以看出所有订单的服务时长都为60mins, 90mins和120mins。

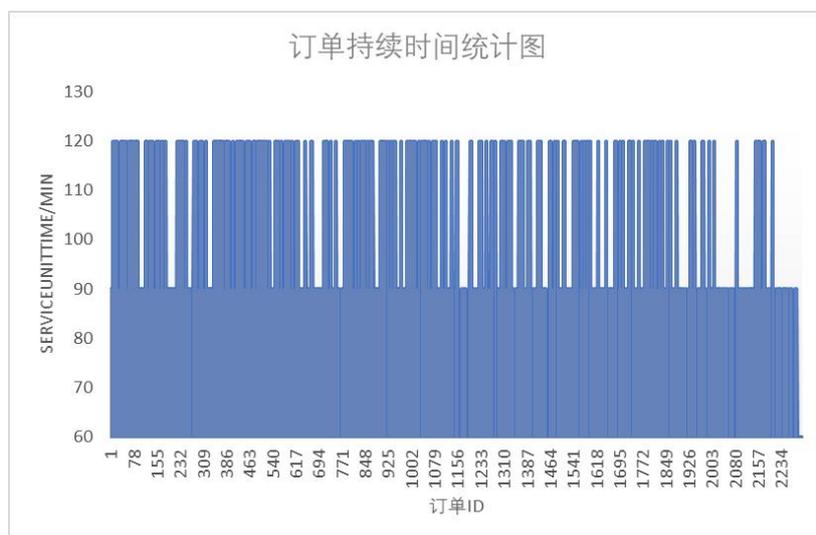


图 2.2 订单服务时长统计图

订单分配问题中订单的地理位置信息是影响分配的重要因素，通过订单 x、y 坐标的统计整理，我们对订单的服务位置进行可视化处理绘制出如下的散点图：

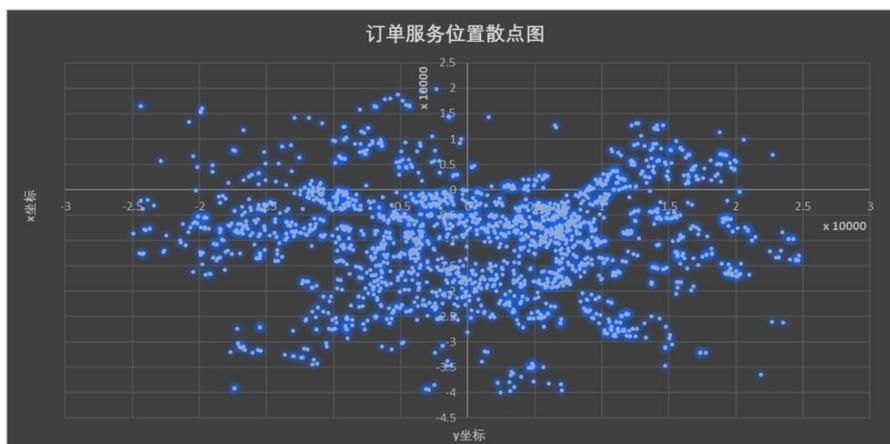


图 2.3 订单服务位置散点图

阿姨的服务分是基于阿姨历史订单的评价获得，取是 0 到 1 之间的四位小数，值越高越好，通过对阿姨服务分的可视化我们可以分析得出，阿姨的 id 是根据服务分的大小排序的，服务分越高，阿姨的 id 序号越小，阿姨服务分最大为 0.9998，最小为 0.5002。

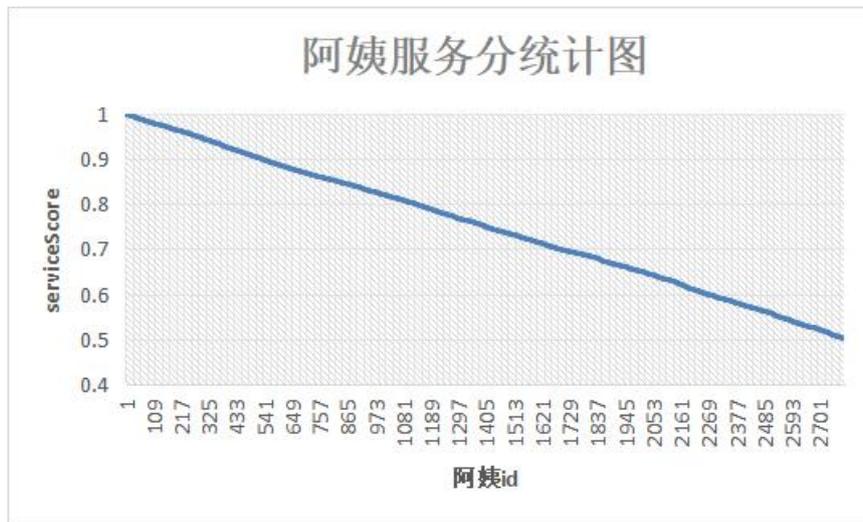


图 2.4 阿姨服务分统计图

阿姨的初始位置也是订单分配的重要考虑因素，通过阿姨初始位置的 x、y 坐标的统计整理并进行可视化处理后绘制出如下的散点图：

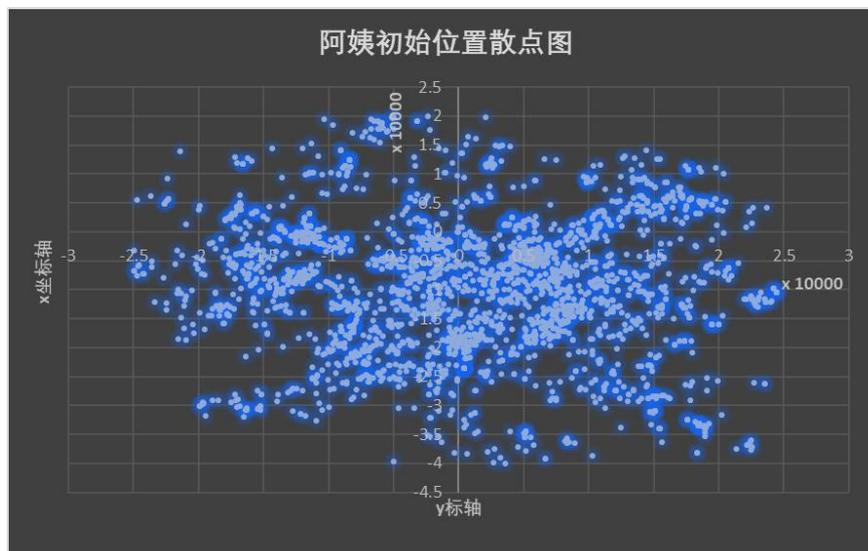


图 2.5 阿姨初始位置散点图

### 三、模型假设及优化目标

#### 3.1 模型假设

假设一：假设所有订单都要分配一个且只能有一个阿姨；

假设二：假设每个订单都需要指定一个服务开始时间，这个时间的取值范围为[最早时间，最晚时间]，并且取半点的整数倍；

假设三：假设一个阿姨同一时间只能服务一个订单；

假设四：假设所有阿姨需要在其分配订单的服务开始时间之前到达客户位置；

假设五：假设阿姨每天开始任务时必须从其初始点位置出发；

假设六：假设任意两点的距离为欧式距离， $d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ ；

假设七：假设阿姨的行驶速度为 15 千米/小时。

### 3.2 优化目标

将订单匹配阿姨时，优化的目标是：

目标一：所有订单匹配阿姨的服务分的平均值  $A$  尽可能大；

目标二：最小化阿姨每单的平均通行距离  $B$ ，其中一个订单的通行距离指的是阿姨上一个地点与本单地点之间的距离(欧式距离)，注意阿姨第一个订单的通行距离等于阿姨的初始点与第一个订单位置之间的距离，单位是千米；

目标三：最小化所有阿姨服务订单的平均间隔时间  $C$ ，其中一个订单的间隔时间是指阿姨从上一个单服务结束时刻到本单服务开始时刻的时间间隔，单位是小时，注意阿姨第一个订单的间隔时间设定为 0.5 小时(阿姨首单需要做基本的准备工作，不考虑阿姨从初始点到第一个订单的通行时间)；

总体目标：各个目标的加权和： $\alpha A - \beta B - \gamma C$ ，其中  $\alpha = 0.78$ 、 $\beta = 0.025$ 、 $\gamma = 0.195$ ，将得分四舍五入取 6 位小数，加权目标值越大越好。

## 四、符号定义与说明

表 4.1 字符定义及说明表

符号	符号说明
id	订单唯一标识
createTime	订单下单时间，单位秒
serviceFirstTime	服务开始时间的最早时间，单位秒
serviceLastTime	服务开始时间的最晚时间，单位秒
serviceUnitTime	服务时长，单位分钟
x	服务地点横坐标，单位米
y	服务地点纵坐标，单位米
auntId	阿姨唯一标识
serviceScore	阿姨服务分
auntx	阿姨初始点横坐标，单位米

aunty	阿姨初始点纵坐标, 单位米
serviceStartTime	服务开始时间, 单位秒
currentTime	当前决策时间, 单位秒
serviceStartTime	服务开始时间, 单位秒
I	订单 id 集合
J	阿姨 id 集合
K	按照 0.5 小时离散后的时间点集合, 订单上下限分别为所有订单能接受的最早最晚时间
$K'_i (i \in I)$	订单 $i$ 的时间窗集合
$N_1$	订单的服务地点集合
$N_2$	阿姨的初始位置集合
$P_j (j \in J)$	阿姨 $j$ 所分配的订单集合
$F_{ij} (i \in I) (j \in J)$	对于确定了匹配关系的 $i$ 与 $j$ , 在 $i$ 之前被服务的订单集合为 $i$ 的前序订单集合
$B_{ij} (i \in I) (j \in J)$	对于确定了匹配关系的 $i$ 与 $j$ , 在 $i$ 之后被服务的订单集合为 $i$ 的后序订单集合
$x_{ij}$	决策变量, 表示订单 $i$ 与阿姨 $j$ 之间的匹配关系
$k_{ij}$	决策变量, 表示订单 $i$ 与阿姨 $j$ 匹配后, 阿姨 $j$ 的服务时间
$S_{(j)}$	阿姨 $j$ 对应的服务分, 与 $j$ 一一对应且为常数
$A$	订单匹配的阿姨的服务分的平均值, 取值区间为 $[0, 1]$
$D_{(j)}$	表示 $P_j$ 中所有订单按照阿姨 $j$ 服务顺序排序过后, 从订单 $i=-1$ 开始走完所有订单路程的和, 单位为千米
$B$	所有阿姨完成所有订单的平均通行距离, 单位为千米
$C$	所有阿姨完成所有订单的平均时间间隔
$Z$	最终目标函数值
$Kn$	线上批量派单时每次派单的时间点, 单位秒
$Q_i$	每半小时内的产生的订单的集合
$D_{ij}$	距离矩阵

## 五、模型建立与求解

### 5.1 求解思路

平台是离线批量派单模式，并且需要将规定数量的订单进行分配，为使得阿姨分配的服务分尽可能大，所以尽量采用服务分较高的阿姨；为使得阿姨的平均通行距离尽可能小，所以需要考虑到阿姨的初始位置到服务地点的位置之间的距离和阿姨完成订单后的位置到下一个订单的位置之间距离，尽量为阿姨分配距离其当前位置较近的订单，减少阿姨的通行时间；为使得阿姨的服务订单的平均间隔时间尽可能小，所以应该考虑到阿姨完成订单的时间和订单所接受的最早最晚服务开始时间，尽量减小阿姨的服务时间间隔，提高阿姨的工作效率。

该问题实质上是对订单和阿姨的分配优化问题，因此我们需要找到该优化问题的三要素即决策变量、约束条件和目标函数来构建模型，考虑到该问题的数据较大，求解困难，所以我们决定结合模拟退火启发式算法求解。

模拟退火算法属于启发式算法，可以分解为解空间、目标函数和初始化三部分，首先由一个产生函数从当前解产生一个位于解空间的新解，一般由当前新解经过简单地变换即可产生新解的方法；接着计算与新解所对应的目标函数差；随后判断新解是否被接受，判断的依据是一个接受准则；最后当新解被确定接受时，再用新解代替当前解，这需将当前解中对应于产生新解时的变换部分予以实现，并修正目标函数值即可求解。

### 5.2 模型构建

决策变量：

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{订单}i\text{与阿姨}j\text{匹配} \\ 0, & \text{订单}i\text{与阿姨}j\text{不匹配} \end{cases}$$

$$k_{ij} = \begin{cases} \text{开始服务时间}, & \text{订单}i\text{与阿姨}j\text{匹配} \\ 0, & \text{订单}i\text{与阿姨}j\text{不匹配} \end{cases}$$

约束条件：

(1) 所有订单都要分配有且只有一个阿姨：

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (5-1)$$

(2) 每个订单都需要指定一个服务开始时间，这个时间的取值范围为[最早时间，最晚时间]，并取半点的整数倍，即 $k_{ij}$ 的取值范围要在规定的时间内：

$$k_{ij} \in \{0\} \cup K_i', \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (5-2)$$

(3) 一个阿姨在同一时间只能服务一个订单，不发生时间冲突：

$$k_{ij} + E_{(i)} \leq k_{i'j} \quad (5-3)$$

$$\forall i \in I, \quad \forall i' \in B_{ij}, \quad \forall j \in J$$

$$k_{ij} + E_{(i')} \leq k_{ij} \quad (5-4)$$

$$\forall i \in I, \forall i' \in F_{ij}, \forall j \in J$$

其中,  $i'$  表示订单  $i$  的前序订单或者后序订单,  $E_{(i)}$  为订单  $i$  被服务的时间。

(4) 所有阿姨需要在其分配订单的服务开始时间之前到达客户位置, 即阿姨在完成上一单后有足够的时间从当前位置赶到下一单的服务地点:

$$k_{ij} - (k_{ij} + E_{(i)}) \geq \frac{|N_{1(i)}, N_{1(i')}|}{V} \quad (5-5)$$

$$\forall i \in I, \forall i' \in B_{ij}, \forall j \in J, \forall N_{1(i)} \in N_1, \forall N_{1(i')} \in N_1$$

其中  $|a, b|$  表示  $a, b$  两点之间坐标的欧氏距离, 具体计算公式如下:

$$|N_{1(i)}, N_{1(i')}| = \sqrt{(y_{i'} - y_i)^2 + (x_{i'} - x_i)^2} \quad (5-6)$$

$$N_{1(i)} = (x_i, y_i), N_{1(i')} = (x_{i'}, y_{i'})$$

$V$  为保洁阿姨的行驶速度, 为常数,  $V=15\text{km/h}$ 。

(5) 阿姨每天开始任务时从其初始点位置出发, 初始位置在附件二中规定, 假设阿姨的初始位置为一个虚拟订单  $i=-1$ , 阿姨每天先完成初始订单然后前往系统分配的订单进行服务, 阿姨  $j$  到订单  $i=-1$  的距离始终为零:

$$-1 \in P_j$$

$$x_{-1j} = 1 \quad (5-7)$$

$$\forall j \in J$$

目标函数建立:

(1) 使所有订单匹配的阿姨的平均分  $A$  尽可能大:

$$A = \max \frac{\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} S_{(j)} * x_{ij}}{|I|} \quad (5-7)$$

其中  $|I|$  为集合  $I$  中元素的个数,  $S_{(j)}$  为阿姨  $j$  的服务分, 与  $j$  一一对应。

(2) 使所有订单与阿姨匹配后阿姨的平均通行距离  $B$  尽可能小, 一个订单的通行距离指阿姨从上一个订单到本订单的欧氏距离:

$$B = \min \frac{\sum_{j \in J} D_{(j)}}{|I|} \quad (5-8)$$

$$D_{(j)} = \sum_{i \in P_j} \sqrt{(y_{i'} - y_i)^2 + (x_{i'} - x_i)^2} \quad (5-9)$$

$$N_{1(i)} = (x_i, y_i), N_{1(i')} = (x_{i'}, y_{i'})$$

其中  $D_{(j)}$  表示  $P_j$  中的所有订单按照阿姨  $j$  的服务顺序走过后, 从  $i=-1$  开始完成所有订单的路程的和, 单位为千米。

(3) 使所有订单与阿姨匹配后阿姨服务订单之间的平均间隔时间 C 尽可能小, 订单的间隔时间指阿姨从上一个订单服务结束开始到本订单服务开始时刻的时间间隔, 单位为小时, 其中阿姨第一个订单的间隔时间设定为 0.5h。

$$C = \min \frac{\sum_{j \in P_{ij}} \sum_{i \in I} (k_{ij} - k_{ij} - E_{(i)})}{|I|} \quad (5-10)$$

$$V_i \in B_{ij}$$

其中  $E_{(i)}$  为订单 i 被服务的时间。

(4) 考虑以上三个目标函数, 通过求三个函数的加权和的方式得到整体的目标函数, 该目标值越大说明模型优化结果越正确。

$$Z = \max (\alpha A - \beta B - \gamma C) \quad (5-11)$$

其中  $\alpha = 0.78, \beta = 0.025, \gamma = 0.195$

### 5.3 模型求解

第一步将数据文件的 txt 文件转换为 xlsx 文件并导入 matlab 即得到所有的订单信息为 7\*2304 的矩阵, 阿姨信息为 4\*2795 的矩阵。

将所有的订单的坐标与所有阿姨初始位置进行计算, 得到一个 2304\*2795 的距离矩阵, 通过距离矩阵可以计算出时间矩阵, 具体公式如下:

$$D_{ij} = \sqrt{(y_j - y_i)^2 + (x_j - x_i)^2} \quad (5-12)$$

其中  $D_{ij}$  表示第 i 个订单到第 j 个阿姨的距离, 阿姨 j 的坐标为  $(x_j, y_j)$ , 订单 i 的坐标为  $(x_i, y_i)$ 。

时间矩阵如下:

$$T_{ij} = \frac{D_{ij}}{V} \quad (5-13)$$

其中  $T_{ij}$  表示第 i 个订单到第 j 个阿姨的通行时间, V 为阿姨的行驶速度 15km/h。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.9681e+04	1.3432e+04	1.7956e+04	1.4208e+04	1.6875e+04	8.3311e+03	7.9719e+03	9.8238e+03	1.1745e+04	1.8646e+04
2	1.4259e+04	1.1542e+04	1.9774e+04	1.4538e+04	2.2377e+04	1.2996e+04	1.1392e+04	1.0204e+04	1.5115e+04	2.0406e+04
3	2.0385e+04	5.5772e+03	1.3632e+04	8.3282e+03	1.7456e+04	8.5512e+03	1.5236e+04	4.1915e+03	9.6281e+03	2.5389e+04
4	1.5574e+04	1.0573e+04	1.8520e+04	1.3360e+04	2.0978e+04	1.1598e+04	1.1339e+04	8.9360e+03	1.3743e+04	2.0834e+04
5	1.9510e+04	7.7129e+03	1.7208e+04	1.1819e+04	2.3316e+04	1.5135e+04	1.9845e+04	9.7935e+03	1.5296e+04	2.8816e+04
6	2.5472e+04	4.8525e+03	1.2758e+04	8.1515e+03	2.0595e+04	1.4289e+04	2.3715e+04	8.7781e+03	1.3020e+04	3.3505e+04
7	1.7907e+04	7.8825e+03	1.7327e+04	1.1819e+04	2.2476e+04	1.3793e+04	1.7357e+04	8.8820e+03	1.4498e+04	2.6407e+04
8	1.8160e+04	9.7948e+03	1.9288e+04	1.3900e+04	2.5301e+04	1.6929e+04	2.0110e+04	1.1724e+04	1.7279e+04	2.8544e+04
9	2.7092e+04	1.3335e+04	1.3340e+04	1.1824e+04	9.5993e+03	4.0291e+03	1.4494e+04	9.3517e+03	7.1087e+03	2.4737e+04
10	1.7876e+04	1.8880e+04	2.3513e+04	1.9866e+04	2.1294e+04	1.3660e+04	2.8192e+03	1.5436e+04	1.7196e+04	1.3182e+04
11	3.1421e+04	1.0458e+04	6.1200e+03	7.0070e+03	5.6920e+03	4.9760e+03	2.1128e+04	7.9992e+03	2.3847e+03	3.1687e+04
12	3.0729e+04	2.5982e+04	2.5800e+04	2.4819e+04	1.8717e+04	1.7009e+04	1.4998e+04	2.1920e+04	1.9967e+04	2.0693e+04
13	2.8244e+04	2.0753e+04	2.0799e+04	1.9577e+04	1.4586e+04	1.1764e+04	1.2964e+04	1.6693e+04	1.4804e+04	2.1108e+04
14	2.7760e+04	1.3195e+04	1.2705e+04	1.1454e+04	8.8103e+03	3.7659e+03	1.5290e+04	9.2785e+03	6.5722e+03	2.5536e+04
15	4.3899e+04	2.4162e+04	1.6242e+04	2.0287e+04	8.2835e+03	1.7534e+04	3.0840e+04	2.1876e+04	1.6269e+04	4.0224e+04
16	1.3929e+04	2.4866e+04	3.0723e+04	2.6587e+04	2.8946e+04	2.1101e+04	4.9065e+03	2.1974e+04	2.4552e+04	6.0480e+03
17	1.8129e+04	1.1755e+04	1.7592e+04	1.3227e+04	1.7953e+04	8.7842e+03	8.8754e+03	8.6137e+03	1.1786e+04	1.9380e+04
18	2.6850e+04	7.3649e+03	8.3912e+03	5.5852e+03	9.9693e+03	2.2475e+03	1.7539e+04	3.8403e+03	2.4155e+03	2.8212e+04
19	2.6743e+04	1.0445e+04	1.0854e+04	8.8648e+03	9.3123e+03	1.0537e+03	1.5655e+04	6.5480e+03	4.4462e+03	2.6212e+04
20	2.0189e+04	7.1425e+03	1.6605e+04	1.1250e+04	2.2884e+04	1.4857e+04	2.0190e+04	9.4315e+03	1.4873e+04	2.9294e+04

图 5-1 阿姨 J 与订单 I 生成的距离矩阵（部分）

然后运用模拟退火算法进行迭代求解，首先生成一个初始解，作为当前的最优解，紧接着对当前解加一个随机扰动，得到一个新解，然后利用蒙特卡洛判断准则判断是否接受该解，其判断准则如下：

$$P = \begin{cases} 1, & E_{t+1} < E_t \\ e^{-\frac{E_{t+1}-E_t}{kT}}, & E_{t+1} \geq E_t \end{cases} \quad (5-14)$$

其中，P 为接受新解的概率，当前解的目标函数为  $E_t$ ，新解的目标函数为  $E_{t+1}$ 。

从上式我们看出当新解对应的目标函数值小于当前解的目标函数值的时候，接受新解的概率为 1，则一定接受；反之则以一定的概率接受新解，此外当其他变量一定的情况下，新解对应的目标函数值超过当前解目标函数值越多，则接受这个新解的概率越小，并且接受新解的概率还受初始温度 T 和降温系数 k 的影响。

接着规定迭代次数，当达到迭代次数后，如果达到指定的目标值，则输出结果，反之需要改变目标值重新进行以上步骤。

求解流程图：

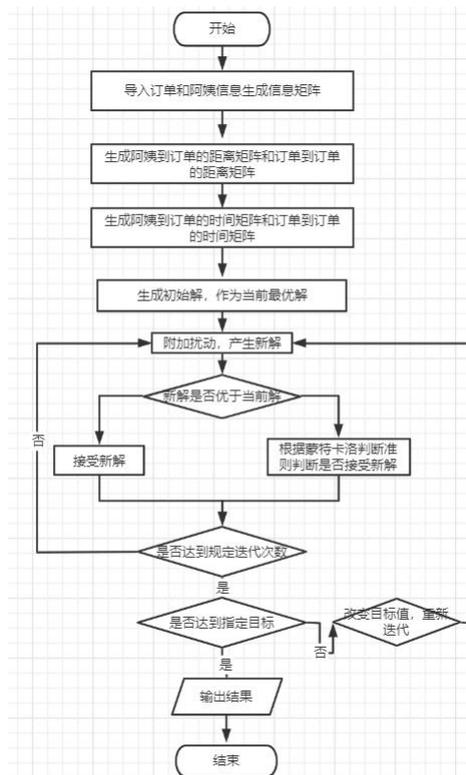


图 5-2 模拟退火算法求解流程图

通过以上步骤，我们得出了订单的匹配方式如下：

表 5-1 订单匹配结果表（部分）

订单 id	服务开始时间	服务阿姨 id
0	1662787800	475

1	1662769800	350
2	1662773400	437
3	1662791400	1878
4	1662802200	11
5	1662777000	2235
6	1662773400	979
7	1662769800	622
8	1662773400	1997

#### 5.4 简化数据模型求解

为更直观地展现该算法的优化能力,我们选取了订单数据中的前五十个订单和阿姨数据中前二十名阿姨地信息进行订单匹配,因此只需要在原本的算法上重新导入初始数据并进行模拟退火算法的运算即可。

通过 matlab 运算得出订单和阿姨、订单和订单的距离矩阵:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.9681e+04	1.3432e+04	1.7956e+04	1.4208e+04	1.6875e+04	8.3311e+03	7.9719e+03	9.8238e+03	1.1745e+04	1.8646e+04	1.3671e+04	2.5328e
2	1.4259e+04	1.1542e+04	1.9774e+04	1.4538e+04	2.2377e+04	1.2996e+04	1.1392e+04	1.0204e+04	1.5115e+04	2.0406e+04	1.5090e+04	2.9038e
3	2.0385e+04	5.5772e+03	1.3632e+04	8.3282e+03	1.7456e+04	8.5512e+03	1.5236e+04	4.1915e+03	9.6281e+03	2.5389e+04	2.0052e+04	2.3149e
4	1.5574e+04	1.0573e+04	1.8520e+04	1.3360e+04	2.0978e+04	1.1598e+04	1.1339e+04	8.9360e+03	1.3743e+04	2.0834e+04	1.5486e+04	2.7695e
5	1.9510e+04	7.7129e+03	1.7208e+04	1.1819e+04	2.3316e+04	1.5135e+04	1.9845e+04	9.7935e+03	1.5296e+04	2.8816e+04	2.3545e+04	2.7262e
6	2.5472e+04	4.8525e+03	1.2758e+04	8.1515e+03	2.0595e+04	1.4289e+04	2.3715e+04	8.7781e+03	1.3020e+04	3.3505e+04	2.8157e+04	2.2671e
7	1.7907e+04	7.8825e+03	1.7327e+04	1.1819e+04	2.2476e+04	1.3793e+04	1.7357e+04	8.8820e+03	1.4498e+04	2.6407e+04	2.1116e+04	2.7273e
8	1.8160e+04	9.7948e+03	1.9288e+04	1.3900e+04	2.5301e+04	1.6929e+04	2.0110e+04	1.1724e+04	1.7279e+04	2.8544e+04	2.3364e+04	2.9343e
9	2.7092e+04	1.3335e+04	1.3340e+04	1.1824e+04	9.5993e+03	4.0291e+03	1.4494e+04	9.3517e+03	7.1087e+03	2.4737e+04	2.0277e+04	1.8693e
10	1.7876e+04	1.8880e+04	2.3513e+04	1.9866e+04	2.1294e+04	1.3660e+04	2.8192e+03	1.5436e+04	1.7196e+04	1.3182e+04	8.5610e+03	3.0317e
11	3.1421e+04	1.0458e+04	6.1200e+03	7.0070e+03	5.6920e+03	4.9760e+03	2.1128e+04	7.9992e+03	2.3847e+03	3.1687e+04	2.6907e+04	1.2092e
12	3.0729e+04	2.5982e+04	2.5800e+04	2.4819e+04	1.8717e+04	1.7009e+04	1.4998e+04	2.1920e+04	1.9967e+04	2.0693e+04	1.8752e+04	2.8298e
13	2.8244e+04	2.0753e+04	2.0799e+04	1.9577e+04	1.4586e+04	1.1764e+04	1.2964e+04	1.6693e+04	1.4804e+04	2.1108e+04	1.7911e+04	2.4294e
14	2.7760e+04	1.3195e+04	1.2705e+04	1.1454e+04	8.8103e+03	3.7659e+03	1.5290e+04	9.2785e+03	6.5722e+03	2.5536e+04	2.1075e+04	1.7895e
15	4.3899e+04	2.4162e+04	1.6242e+04	2.0287e+04	8.2835e+03	1.7534e+04	3.0840e+04	2.1876e+04	1.6269e+04	4.0224e+04	3.6434e+04	1.0102e
16	1.3929e+04	2.4866e+04	3.0723e+04	2.6587e+04	2.8946e+04	2.1101e+04	4.9065e+03	2.1974e+04	2.4552e+04	6.0480e+03	910.1143	3.7931e
17	1.8129e+04	1.1755e+04	1.7592e+04	1.3227e+04	1.7953e+04	8.7842e+03	8.8754e+03	8.6137e+03	1.1786e+04	1.9380e+04	1.4155e+04	2.5763e
18	2.6850e+04	7.3649e+03	8.3912e+03	5.5852e+03	9.9693e+03	2.2475e+03	1.7539e+04	3.8403e+03	2.4155e+03	2.8212e+04	2.3204e+04	1.6472e
19	2.6743e+04	1.0445e+04	1.0854e+04	8.8648e+03	9.3123e+03	1.0537e+03	1.5655e+04	6.5480e+03	4.4462e+03	2.6212e+04	2.1441e+04	1.7443e
20	2.0189e+04	7.1425e+03	1.6605e+04	1.1250e+04	2.2884e+04	1.4857e+04	2.0190e+04	9.4315e+03	1.4873e+04	2.9294e+04	2.4006e+04	2.6664e
21	2.7609e+04	2.4479e+03	7.1063e+03	1.8920e+03	1.4326e+04	8.9554e+03	2.1961e+04	4.5865e+03	6.9370e+03	3.2451e+04	2.7174e+04	1.7160e
22	2.6850e+04	7.3649e+03	8.3912e+03	5.5852e+03	9.9693e+03	2.2475e+03	1.7539e+04	3.8403e+03	2.4155e+03	2.8212e+04	2.3204e+04	1.6472e
23	2.6850e+04	7.3649e+03	8.3912e+03	5.5852e+03	9.9693e+03	2.2475e+03	1.7539e+04	3.8403e+03	2.4155e+03	2.8212e+04	2.3204e+04	1.6472e

图 5-3 阿姨与订单生成的距离矩阵 (部分)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	8.2977e+03	8.7306e+03	7.2800e+03	1.4956e+04	1.7294e+04	1.2668e+04	1.5961e+04	7.4782e+03	5.6603e+03	1.3295e+04	1.4630e
2	8.2977e+03	0	6.2127e+03	1.3990e+03	8.5301e+03	1.3201e+04	6.0599e+03	8.7286e+03	1.4399e+04	1.1022e+04	1.7366e+04	2.2766e
3	8.7306e+03	6.2127e+03	0	5.0881e+03	6.9043e+03	8.6264e+03	5.2581e+03	8.4950e+03	1.1395e+04	1.3769e+04	1.1999e+04	2.2688e
4	7.2800e+03	1.3990e+03	5.0881e+03	0	8.5359e+03	1.2671e+04	6.0555e+03	9.0612e+03	1.3068e+04	1.0624e+04	1.5982e+04	2.1873e
5	1.4956e+04	8.5301e+03	6.9043e+03	8.5359e+03	0	6.0231e+03	2.4876e+03	2.0821e+03	1.8268e+04	1.9114e+04	1.7636e+04	2.9381e
6	1.7294e+04	1.3201e+04	8.6264e+03	1.2671e+04	6.0231e+03	0	7.6869e+03	7.7713e+03	1.8125e+04	2.2384e+04	1.5042e+04	3.0588e
7	1.2668e+04	6.0599e+03	5.2581e+03	6.0555e+03	2.4876e+03	7.6869e+03	0	3.3604e+03	1.6588e+04	1.6655e+04	1.6880e+04	2.7206e
8	1.5961e+04	8.7286e+03	8.4950e+03	9.0612e+03	2.0821e+03	7.7713e+03	3.3604e+03	0	1.9883e+04	1.9665e+04	1.9634e+04	3.0538e
9	7.4782e+03	1.4399e+04	1.1395e+04	1.3068e+04	1.8268e+04	1.8125e+04	1.6588e+04	1.9883e+04	0	1.1718e+04	7.4499e+03	1.2996e
10	5.6603e+03	1.1022e+04	1.3769e+04	1.0624e+04	1.9114e+04	2.2384e+04	1.6655e+04	1.9665e+04	1.1718e+04	0	1.8506e+04	1.3088e
11	1.3295e+04	1.7366e+04	1.1999e+04	1.5982e+04	1.7636e+04	1.5042e+04	1.6880e+04	1.9634e+04	7.4499e+03	1.8506e+04	0	1.9680e
12	1.4630e+04	2.2766e+04	2.2688e+04	2.1873e+04	2.9381e+04	3.0588e+04	2.7206e+04	3.0538e+04	1.2996e+04	1.3088e+04	1.9680e+04	0
13	1.0194e+04	1.8492e+04	1.7689e+04	1.7450e+04	2.4493e+04	2.5399e+04	2.2421e+04	2.5778e+04	7.7652e+03	1.0433e+04	1.4703e+04	5.2554e
14	8.1982e+03	1.4897e+04	1.1598e+04	1.3548e+04	1.8426e+04	1.8019e+04	1.6829e+04	2.0093e+04	800.8845	1.2516e+04	6.7450e+03	1.3420e
15	2.4351e+04	3.0514e+04	2.5737e+04	2.9117e+04	3.1528e+04	2.8411e+04	3.0752e+04	3.3534e+04	1.6873e+04	2.8024e+04	1.3901e+04	2.1839e
16	1.2807e+04	1.4531e+04	1.9347e+04	1.4865e+04	2.3024e+04	2.7527e+04	2.0578e+04	2.2912e+04	1.9371e+04	7.6544e+03	2.6025e+04	1.7996e
17	2.6753e+03	5.7085e+03	6.5726e+03	4.6204e+03	1.2401e+04	1.5196e+04	1.0062e+04	1.3324e+04	9.1038e+03	7.2007e+03	1.3683e+04	1.7304e
18	9.5670e+03	1.2744e+04	7.4864e+03	1.1364e+04	1.3620e+04	1.2217e+04	1.2559e+04	1.5520e+04	6.2764e+03	1.5130e+04	4.6274e+03	1.9253e
19	7.8873e+03	1.3225e+04	9.1824e+03	1.1833e+04	1.5892e+04	1.5271e+04	1.4440e+04	1.7635e+04	2.9762e+03	1.3030e+04	5.4770e+03	1.5957e
20	1.5064e+04	8.9446e+03	6.7982e+03	8.8547e+03	700.6861	5.3255e+03	2.8900e+03	2.6973e+03	1.8089e+04	1.9371e+04	1.7197e+04	2.9400e
21	1.4410e+04	1.3655e+04	7.4944e+03	1.2581e+04	1.0103e+04	6.2699e+03	1.0326e+04	1.2183e+04	1.2980e+04	2.0015e+04	8.8130e+03	2.5910e
22	9.5670e+03	1.2744e+04	7.4864e+03	1.1364e+04	1.3620e+04	1.2217e+04	1.2559e+04	1.5520e+04	6.2764e+03	1.5130e+04	4.6274e+03	1.9253e
23	9.5670e+03	1.2744e+04	7.4864e+03	1.1364e+04	1.3620e+04	1.2217e+04	1.2559e+04	1.5520e+04	6.2764e+03	1.5130e+04	4.6274e+03	1.9253e

图 5-4 订单与订单生成的距离矩阵 (部分)

经过运算后,我们得出了新的匹配方式如下:

表 5-2 简化数据订单匹配结果表

订单 id	服务开始时间	服务阿姨 id
0	1662787800	6
1	1662769800	13
2	1662773400	19
3	1662791400	19
4	1662802200	13
5	1662777000	6
6	1662773400	6
7	1662769800	2
8	1662773400	13
9	1662777000	19
10	1662795000	6
11	1662769800	2
12	1662773400	15
13	1662773400	13
14	1662784200	13
15	1662769800	2
16	1662798600	19
17	1662769800	6
18	1662791400	15
19	1662802200	13
20	1662777000	15
21	1662802200	13
22	1662787800	6
23	1662795000	13
24	1662769800	6
25	1662787800	15
26	1662787800	19
27	1662795000	19
28	1662777000	19
29	1662769800	15
30	1662769800	2
31	1662795000	6
32	1662773400	2
33	1662784200	2
34	1662787800	19
35	1662769800	19
36	1662787800	13
37	1662802200	15

38	1662787800	2
39	1662769800	19
40	1662805800	15
41	1662802200	13
42	1662773400	6
43	1662795000	13
44	1662787800	6
45	1662777000	13
46	1662777000	13
47	1662773400	19
48	1662773400	13
49	1662795000	19

在得到匹配结果后，我们通过 matlab 的绘图功能将阿姨的行动轨迹进行可视化处理如下：

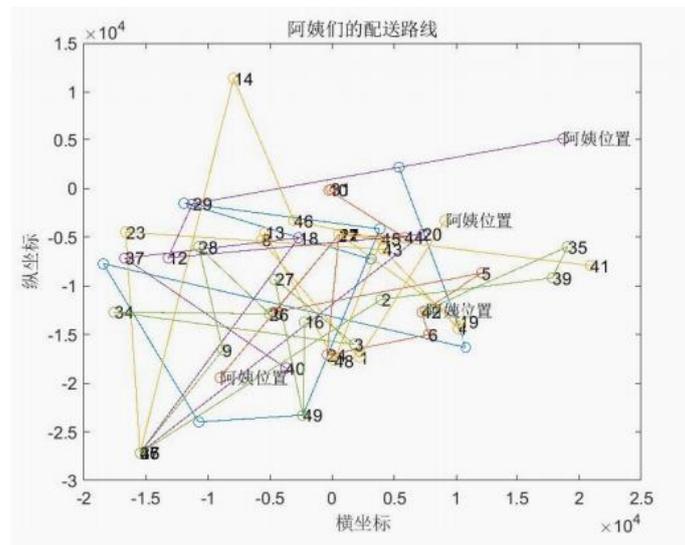


图 5-5 阿姨的行动轨迹图

## 六、模型评价

本次数学建模主要运用到的数学模型是模拟退火算法，主要功能是以一定的概率来接受一个比当前解要差的解，因此有可能会跳出这个局部的最优解，达到全局的最优解。

模拟退火算法的优点是它的计算过程非常简单，通用，鲁棒性强，也可适用于并行处理，可用于求解复杂的非线性优化问题；但其缺点也十分明显：它的收敛速度很慢，执行时间长，如果提高降温速度，可能导致得不到全局最优解。

为缓解退火模型的缺陷，我们可以考虑到通过在算法中增加升温速度、增加记忆功能、采用多次搜索策略或者结合其他搜索机制的算法进行优化改进。

### 参考文献

- [1] 李军红, 周天瑞, 郑荣. 模拟退火—改进遗传算法及其应用[J]. 南昌大学学报(理科版), 2005(04).
- [2] 宋锦河. 基于模拟退火算法的生产调度问题[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2004(01).
- [3] 张智珍; 刘慧汇; 韩海涛. 基于变分辨率网格的模拟退火算法在形状优化问题上的应用研究[J]. 数学建模及其应用, 2020(02).

## Research on order allocation optimization model based on simulated annealing algorithm

Li Jiale

(School of Architecture and Engineering, Tianjin University, Tianjin, 300354)

**Abstract:** With the rapid development of the Internet, there are more and more service type mobile applications for the general public. In order to reduce the operating cost, enhance the efficiency and improve the quality of service, the platform needs to continuously optimize the internal order and service personnel allocation algorithm. This paper focuses on the optimization of the matching between orders and domestic helpers in the "58 Home Delivery" platform. Firstly, this paper simplifies the actual problem for the offline batch order distribution mode of the order service platform, and establishes an optimization model by using the knowledge of operation research and mathematical planning. Monte Carlo judgment criterion to determine whether to accept the solution, followed by specifying the number of iterations, and outputting the result when the number of iterations is reached, if the specified target value is reached. We solved the optimal matching result using Matlab programming. The model established in this paper is characterized by the combination of mathematical linear programming and simulated annealing algorithm to further enhance the reliability and stability of the algorithm, which can be used to solve more complex nonlinear optimization problems, and may suffer from slow convergence and long execution time when facing problems with too large original data alone.

**Keywords:** simulated annealing algorithm; optimization model; Matlab programming; linear planning