

# 基于现场服务排队近似 $M/G/m$ 模型的 CSR 配置\*

曹永荣<sup>1</sup>, 胡伟<sup>2</sup>

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200052 ; 2. 上海交通大学 国际与公共事务学院, 上海 200030)

**摘要** 科学的人员配置是提供优质售后服务的必要条件,传统的方法是根据最少成本费用原则配置服务代表,从而忽略了客户的时间满意度。每个客户都希望获得最快捷的售后服务以降低设备故障造成的损失,所以响应时间是售后现场服务最为重要的评估指标。本文以某设备销售公司为例,首先根据其客户拥有的设备数量对距离矩阵加权处理,获得任意客户到达其他客户的  $N$  维加权距离和向量,结合距离矩阵的聚类分析结果,获得该公司的服务中心和子服务中心。其次统计公司拥有客户的设备故障发生分布和服务时间分布,利用售后现场服务排队近似  $M/G/m$  仿真模型,确定满足某服务承诺的最少服务代表数量。最后将服务代表配置在不同的驻扎地点,形成多种配置策略,通过仿真结果选择最优的配置策略。该人员配置策略基本可以实现其对客户的服务承诺,并与模拟公司的运营策略相吻合。

**关键词** 售后现场服务; 服务代表; 员工配置

中图分类号: O226

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2010)04-0036-05

完善的售后服务是企业获取用户信任、提高客户满意度和获取市场份额的关键因素<sup>[1]</sup>。有文献研究客户时间满意度与服务时间的关系,发现随着平均响应时间和平均停机时间的增加客户时间满意度会大大降低<sup>[2-3]</sup>。因此对于服务业的客户,时间是非常重要的价值因素,提高客户的时间满意度,对赢得客户青睐和保持客户忠诚有着重要作用<sup>[3]</sup>。因此拥有一支技术精湛、业务熟练、数量稳定、行动迅捷的服务队伍是服务供应商提高客户时间满意度的必要条件。

服务过程涉及客户排队,传统人员配置方法主要是实现成本费用最小<sup>[4]</sup>;杨光辉等建立以平均等待时间为目标的维修人员需求愿望模型,用来解决专业维修人员的实际需求<sup>[5]</sup>;王恺等用实体关系模型,给出了人员配置的耦合算法,将其运用到维修机构中的维修人员配置<sup>[6]</sup>;赵茜等用模拟法来分析设备维修人员配置问题<sup>[7]</sup>。售后现场服务涉及服务代表(Customer service representative, CSR)的旅行问题,Tang 等提出现场服务支持系统的状态相关排队近似系统(State-dependent queuing approximation of field service support system),借此研究客户服务代表配置计划<sup>[8]</sup>。曹永荣等在文献[8]基础上建立售后

现场服务排队近似  $M/G/m$  模型,该模型比较准确地获得  $M/M/3$ 、 $M/G/3$  模型的近似值<sup>[9]</sup>。售后现场服务环境下,服务代表需要驻扎在外地,本文定义的人员配置包括两个方面:一方面是满足某服务承诺所需的最少服务代表数量;另一方面是制定服务代表的外驻决策。

## 1 模型介绍

### 1.1 售后现场服务排队近似 $M/G/m$ 仿真模型

售后现场服务环境下,服务代表往返于客户间,如果忽略服务过程的空间特性,将服务代表旅行和现场服务看作流程的一部分,那么该问题依然可用  $M/G/m$  模型处理<sup>[8]</sup>。通常服务代表的旅行时间可以根据客户的地理位置明确确定,设有  $N$  个客户,服务代表的办公地点只有 1 处,则形成  $(N+1) \times (N+1)$  距离矩阵  $CD$ ,如果任两客户间往返距离相等,对角线上距离则为零, $CD$  为对称方阵,模型中涉及的变量名及意义见表 1。

假设第  $i$  期客户出现设备故障,其总服务时间为服务代表从上一客户(或公司)到达下一客户旅行用时间和现场服务时间

\* 收稿日期 2009-10-17 修回日期 2009-12-20

作者简介:曹永荣,男,博士研究生,研究方向为管理科学与决策科学,通讯作者:胡伟, E-mail: who@sjtu.edu.cn

表 1 变量名表及其说明(部分)

变量名	意义	变量名	意义
$N$	拥有的客户数量	$S(i)$	$S$ 仿真次数 $i$ 表示第 $i$ 期仿真
$AT(i)$	第 $i$ 客户设备故障出现时刻	$M(k)$	$M$ 为服务代表数量, $k$ 为其中某个
$FT(i)$	第 $i$ 客户服务完毕时刻	$DT(i)$	第 $i$ 客户的停机时间
$ST(i)$	第 $i$ 客户的总服务时间	$RT(i)$	第 $i$ 期服务代表的响应时间
$FST(i)$	第 $i$ 客户现场服务时间	$CD(o, p)$	$o$ 与 $p$ 客户间距离 $p$ 与 $p$ 为客户
$FRT(i)$	服务代表最快到达时间	$CSRI(k, i)$	第 $i$ 期第 $k$ 服务代表服务完成时间

$$ST(i) = CD(o, p) + FST(i)$$

第  $i$  期服务代表的响应时间是该客户出现设备故障到服务代表到达客户现场所花费时间

$$RT(i) = \max\{0, CSRI(k, i-1) - AT(i)\} + CD(o, p)$$

服务代表平均响应时间(  $E[W]$  )为

$$E[W] = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S RT(i) \quad i = 1, 2, \dots, S$$

设备停机时间为服务代表完成服务离开时刻减去设备出现故障时刻

$$DT(i) = FT(i) - AT(i)$$

设备平均停机时间(  $E[DT]$  )为

$$E[DT] = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S DT(i) \quad i = 1, 2, \dots, S$$

$Q(i)$  是第  $i$  期排队队长, 平均排队队长(  $E[L]$  )为

$$E[L] = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S Q(i) \quad i = 1, 2, \dots, S$$

如果  $Q(i) = 0$ , 令  $\alpha(i) = 1$ , 可能延迟的概率(  $\Pi$  )可以由下式得到。

$$\Pi = 1 - \sum_{k=0}^{m-1} p_k = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S \{\alpha(i)\}}{S} \quad i = 1, 2, \dots, S$$

采用时钟推进事件发生法设计程序, 初始化阶段产生设备故障到达间隔(服从泊松分布), 现场服务时间(服从负指数分布), 设备所属客户(均匀分布)等随机数矩阵, 服务方式为先到先服务(FCFS)。为简化仿真过程, 同时考虑 CSR 空闲时通常会在公司待命, 故设定 CSR 空闲时返回公司或驻地, 返回时间不作考虑, 仿真程序运行流程见图 1。

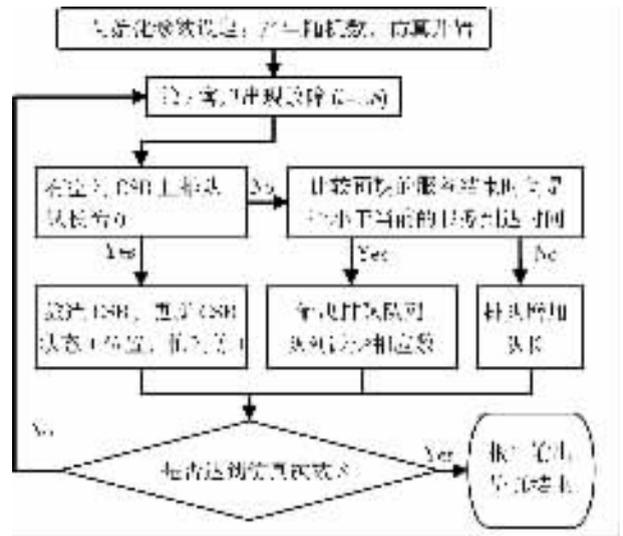


图 1 仿真程序运行的流程图

### 1.2 类中心分析

设备销售后通常遍布一个国家或地区的不同角落, 为提供必要的售后服务, 服务代表需要花费一定时间旅行, 如果在某地区, 某设备的市场占有率达到一定份额, 就意味着该地区的服务形成一定规模, 设备销售公司就可能需要派遣服务代表长期驻扎在该地区, 如果该地区的业务持续增加, 甚至会考虑在该地设立办事处等。选择合适的外驻点能够部分解决客户长时间等待问题。曹永荣引进星型网络拓扑结构, 对客户距离矩阵加权处理, 结合聚类分析寻找最佳的服务中心和子服务中心(或驻扎地)<sup>[10]</sup>。

设  $N$  个客户形成欧氏空间中的  $N$  个点, 两两客户之间有特定的距离, 所有客户之间形成一个非负实数元素的  $N \times N$  距离矩阵  $CD$  (即二维数组), 令任两个客户之间往返距离相等, 对角线上距离为零, 则有  $\frac{N \times (N-1)}{2}$  个独立元素, 其形式如下

$$CD = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1n} \\ D_{21} & D_{22} & \dots & D_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{n1} & D_{n2} & \dots & D_{nn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$$

$$D_{ij} = \begin{cases} D_{ij} & \text{若 } i \neq j \\ 0 & \text{若 } i = j \end{cases}$$

由于不同客户拥有的设备数量不同, 为不同客户提供服务的概率也将不同, 某一时刻服务代表从客户  $i$  到客户  $j$  或从客户  $j$  到客户  $i$  的概率完全取决于这两个客户各自拥有的设备数量, 为此本文采用加权距离矩阵  $DW_{ij}$ , 它表示客户  $i$  与客户  $j$  之间的距

离  $D_{ij}$  除以客户  $i$  和客户  $j$  拥有的设备数量倒数之和  $(\frac{1}{EN_i} + \frac{1}{EN_j})$ , 记为  $DW_{ij} = (\frac{1}{EN_i} + \frac{1}{EN_j}) \times D_{ij}$ 。

又由于服务提供商需要靠近顾客群, 因此客户服务中心通常会选择距离每个客户最近, 而且设备较多的某客户或客户群体附近。假设任一客户为服务中心, 此客户与其他个  $N - 1$  客户形成星型拓扑网络结构, 令  $DW_j$  或  $DW_i$  ( $DW_j = DW_i$ ), 为该中心到其他客户的加权距离和, 表示为服务中心到其他  $N - 1$  个客户加权距离和。

$$DW_j = DW_{j1} + DW_{j2} + \dots + DW_{jn} = \sum_{i=1}^n DW_{ij} \quad J = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$DW_i = DW_{1j} + DW_{2j} + \dots + DW_{nj} = \sum_{j=1}^n DW_{ij} \quad J = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$MIN\_DW$  则为选择某客户所在地作为服务中心时, 服务中心距离其他客户的加权距离最短。

$$MIN\_DW = \min\{DW_1, DW_2, \dots, DW_n\}$$

如果服务中心不能满足服务要求, 则需要进一步寻找子服务中心, 对距离矩阵进行聚类分析, 按其远近关系划分为不同群体, 结合(1)、(2)式加权距离和向量和与  $CD$  的聚类结果, 寻找到合适的子服务中心。

## 2 仿真实验与结果分析

### 2.1 调查数据收集

本文以某设备销售公司的售后现场服务为例, 2003 年底该公司的服务中心建设在 G 处(如图 2 的客户布局图所示), 有 4 名服务代表从事某项服务工作, 并且 4 名全部驻扎在 G 处服务中心。收集该公司现场服务的历史数据, 得到设备的故障出现时间间隔服从  $\lambda = \frac{1}{10}$  的泊松分布, 服务代表的现场服务时间服从  $\frac{1}{T_{service}} = \frac{1}{25}$  的负指数分布(单位: 次/h)。

该公司在某地区拥有 23 家客户(客户名分别为 B 到 X), 客户间的距离矩阵为  $CD$ , 用 SAS 软件 PROC MDS 命令生成客户距离  $CD$  的车程布局图(图 2), 图中客户布局与其地理分布基本一致。23 客户共有 100 台设备, 假设每台设备出现故障的概率相等, 且故障出现后会重复出现。

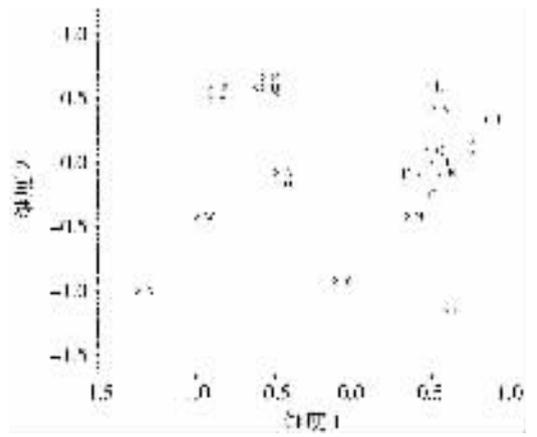


图 2 客户布局图(车程计算)

### 2.2 服务中心和子中心(或驻扎地点)的选择

从  $N$  个客户中任意选择 1 个客户作为服务中心, 应用(1)式或(2)式求得 23 个备选客户服务中心到其他客户的加权距离和(见表 2)。结果显示当客户服务中心选择在客户 B 附近的时候, 客户服务中心到其他客户的加权距离和最短, 仅为 16.411 3, 因此在客户 B 附近建设服务中心是比较理想的选择。

表 2 虚拟客户中心到客户的加权距离和

备选服务中心位置	加权距离和	备选服务中心位置	加权距离和	备选服务中心位置	加权距离和
B	16.411 3	J	21.708 3	R	41.907 1
C	31.068 5	K	22.901 2	S	48.061 9
D	29.268 5	L	36.618 5	T	38.611 9
E	31.232 7	M	38.163 7	U	31.811 3
F	32.800 6	N	32.160 7	V	27.853
G	18.133 9	O	18.431 5	W	28.778 6
H	34.671 4	P	23.811 3	X	70.663 1
I	35.004 8	Q	23.998 8		

如果服务十分繁忙, 一个服务中心可能无法满足客户的需求, 导致响应时间过长, 此时企业会考虑建立子服务中心或者办事处等。用 SAS 软件 PROC CLUSTER 命令的平均距离法对客户距离矩阵  $CD$  进行聚类分析, 将原始距离矩阵按其距离远近划分为不同的客户群体, 原始距离矩阵聚类结果见图 3。

如果将客户群体分成两类: 第一类包括 B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M, 共有 41 台设备; 第二类包括 N、O、P、Q、R、S、T、U、V、W、X, 共有 59 台设备。结合表 1 此时 B 为总服务中心, G 点到其他客户的加权距离和为 18.133 9, 但 G 属于第一客户聚类, 因此第二客户聚类的服务中心最好选择在客户 O 附近。

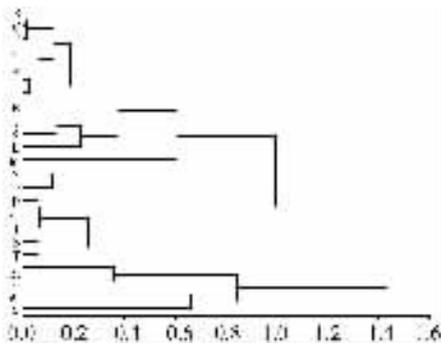


图 3 客户聚类图

如果将客户进一步划分为 3 类:第一类包括 B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M,共有 41 台设备;第二类包括 N、O、P、Q、R、S、T,共有 34 台设备;第三类包括 U、V、W、X,共有 26 台设备。那么 B 应当为第一客户聚类的服务中心,O 为第二客户聚类的服务中心,V 应为第三客户聚类的服务中心。

### 2.3 获得服务代表的数量

上节确定了服务中心应该选择在公司 B 附近,本节将该服务中心记为 A,运行 1.1 的售后现场服务排队近似  $M/G/m$  仿真程序 10 次,每次的模拟次数 20 000 次,取各个特征描述的平均值(表 3)。

表 3 不同服务代表人数的仿真结果

人员数	4	5	6	7
$E[L]$	1.082 1	0.357 3	0.109 6	0.035 7
$E[W]$	9.018 5	3.621 6	2.237 5	1.873 4
$E[DT]$	34.055 2	28.722 3	27.225 9	27.003 0
$\Pi$	0.375 0	0.169 1	0.061 0	0.022 8

表 4 同外驻策略下的仿真结果

驻地	6 个服务代表的驻地选择								
	AAAAAA	AAAAAO	AAAAAV	AAAAOO	AAAAVV	AAAAOV	AAAAOO	AAAAOV	AAAAVV
$E[L]$	0.109 6	0.114 0	0.110 6	0.100 0	0.114 8	0.119 2	0.098 5	0.111 3	0.108 7
$E[W]$	2.237 5	2.216 2	2.319 7	2.150 3	2.368 1	2.339 9	2.106 4	2.228 9	2.302 2
$E[DT]$	27.225 9	27.072 2	27.228 9	27.071 5	27.606 8	27.508 4	27.036 2	27.253 5	27.245 5
$\Pi$	0.061 0	0.062 5	0.064 0	0.058 2	0.065 2	0.066 3	0.058 6	0.062 4	0.063 2

由表 4 可知,当该公司有 6 名服务代表从事某项服务时,在 O 点驻扎 1 名、2 名或 3 名服务代表,其他员工驻扎在公司,都会减少平均响应时间和设备平均停机时间。在此情况下,该公司应该在 O 点筹建办事处,统筹管理在 O 点驻扎的服务代表。

## 3 结语

本文模拟公司成立于 1985 年左右,由于受到 SARS 的冲击,2003 年末该公司有 4 名服务代表从

由表 3 所示,当有 4 名服务代表的时候,其平均响应时间为 9.018 5 h,当有 5 名服务代表的时候其平均响应时间为 3.621 6 h,当有 6 名服务代表的时候,其平均响应时间为 2.237 5 h,当有 7 名服务代表的时候,其平均响应时间为 1.873 4 h。如果该公司向客户提出“3 h 响应时间”的服务承诺,最低的服务代表数量要求 6 名。如果提出“2 h 响应时间”的服务承诺,则需要 7 名服务代表才能兑现其对客户提出的服务承诺。

### 2.4 确定服务代表的外驻策略

为了进一步确定服务代表的外驻策略,根据 2.2 的分析结果,除了 A 可以选作服务中心外,客户 O 和客户 V 都是子服务中心(外驻地点)的备选地点。因此 6 名服务代表可以形成多种的外驻策略如下。

1)所有的服务代表都驻扎在服务中心 A,服务代表的驻地表示为 AAAAAA。

2)5 名服务代表驻扎在服务中心 A,1 名服务代表外驻 O 公司,用 AAAAAO 表示驻地。

3)4 名服务代表驻扎在服务中心 A,2 名服务代表外驻 O 公司,用 AAAAOO 表示驻地等。

更多外驻策略见表 4,本文设定服务代表完成服务后,如果没有其他服务请求,服务代表回到驻扎地点待命。为每名服务代表设定好驻点位置后,依各外驻策略各运行程序 10 次,取平均值,得到不同外驻策略下的服务指标(表 4)。

事某项服务,全部驻扎在公司(G 处)。由于存在服务代表出行成本高,服务代表的响应时间过长等问题,造成客户满意度较低和部分客户流失现象。随后该公司重新规划其服务运营策略,具体措施如下。

1)将公司服务中心从公司 G 附近搬到公司 B 所在的科技园区,建设服务中心 A;

2)在 O 地招募新的服务代表,新服务代表驻扎在 O 地;

3)在 O 地筹建办事处;

4)对客户提出“2 h 响应时间”的服务承诺。

截止 2004 年 9 月,公司在 O 地先后招募 2 名常驻服务代表,并成立办事处,此后该公司服务代表的响应速度、客户满意度大幅提升,该公司的外驻决策和本文模型的分析结果基本吻合。在制定服务代表人员配置方案时,除了考虑服务质量、时间满意度等外,成本是最被重视的因素,而旅行费用是服务费用中的重中之重。服务代表的响应时间反映服务代表从一客户或公司到达另一客户所花费的时间,通常这段时间的长短与交通费用的高低成正比,减少响应时间在某种程度上反映出服务代表旅行费用的降低,然而它却不能完全代表总体服务费用。针对本文的研究方法做一些调整可以解决上述问题:1)从多个方案中选择几个较好的备选方案;2)计算各方案的整体服务费用(包括人力资本费用、差旅费用、开设办事处费用等);3)比较计算结果,选择最优外驻方案。

参考文献:

[1] 陈子侠. 考虑售后服务和配送成本的选址问题系统的建模仿真[J]. 计算机工程, 2003, 29(7): 23-24.

- [2] Ma Y, Zhang M, Dong P. Time satisfaction based maximal covering location problem and the adaptation of Lagrangean algorithm[J]. Harbin: Proceedings of 2005 International Conference on Management Science & Engineering, 2005.
- [3] 刘勇, 马云峰, 杨超. 基于时间满意的电信服务网点选址优化模型[J]. 工业工程与管理, 2008, 13(2): 64-68.
- [4] 《运筹学》教材编写组. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] 杨光辉, 宋建社, 屈晓荣. 基于排队论的装备维修人员数量需求模型[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(2): 116-121.
- [6] 王恺, 高崎, 王登山, 等. 基于实体关系模型的维修人员配置方法[J]. 物流科技, 2007, 11: 113-115.
- [7] 赵茜, 赵奕. 设备维修人员配置的优化法[J]. 纺织器材, 2001, 28(2): 120-123.
- [8] Tang Q H, Wilson G R, Perevalov E. An approximation manpower planning model for after-sales field service support[J]. Computers & Operations Research, 2007, 35(11): 3479-3488.
- [9] 曹永荣, 韩传峰. 售后现场服务排队近似  $M/G/m$  模型仿真[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(5): 103-107.
- [10] 曹永荣. 设备维护现场服务中心、子中心选址研究[J]. 工业工程与管理, 2010, 15(1): 37-41.

## Customer Service Representative Staffing Based on After-sales Field Service Queuing Approximation $M/G/m$ Model

CAO Yong-rong<sup>1</sup>, HU Wei<sup>2</sup>

(1. Antai College of Economics & Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052;

2. School of International and Public Affairs, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Providing qualified after-sales service without scientifically staffing is impossible. Based on the principle of least cost, traditional methods for staffing ignore customers' time satisfaction. Each customer would like to obtain the most efficient after-sales service in order to reduce the losses caused by equipment failure, so response time is the most important performance appraisal index in after-sales field service. In this paper, take an equipment sales company for example, firstly, we weight the customer distance matrix based on the amount of customer-owned equipment, calculate the n dimensional cumulative weighted distance vector, combine it with the distance matrix cluster analysis, and obtain the company's service center as well as the sub-service center. Secondly, we analyze the distribution about equipment failure and service time, use after-sales field service queue approximate  $M/G/m$  model to determine the minimum amount of customer service representatives so as to keep the committed service promise. Finally, the customer service representatives are assigned to service center and sub-service center respectively, and form a variety of allocation strategy, choose the best configuration strategy according to the simulation results. The final staffing policy can be basically achieved its customer service commitment and coincided with the company's operation strategy.

**Key words:** after-sales field service; customer service representative(CSR); staffing