

考虑回呼服务的呼叫中心排队模型

任丽珍, 戴 韬

东华大学旭日工商管理学院, 上海

收稿日期: 2021年12月13日; 录用日期: 2022年1月13日; 发布日期: 2022年1月24日

摘 要

呼叫中心提供回呼服务可以满足不愿意或没时间在线等待的顾客需求, 且提供回呼服务可以改善呼叫中心的的服务水平, 但在不考虑呼叫中心自身条件的情况下盲目地向顾客提供回呼服务并不是正确或必要的运营决策。在考虑顾客放弃行为的情况下建立了有无回呼服务的排队模型, 研究分析出了呼叫中心在什么场景下提供回呼服务对于改善服务水平是有意义的。

关键词

呼叫中心, 回呼服务, 服务水平

A Queuing Model of Call Center with a Call-Back Option

Lizhen Ren, Tao Dai

Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai

Received: Dec. 13th, 2021; accepted: Jan. 13th, 2022; published: Jan. 24th, 2022

Abstract

The call center can provide call-back option to meet the needs of customers who are unwilling or have no time to wait online, and providing call-back option can improve the service level of the call center. However, blindly providing call-back option to customers without considering the conditions of the call center is not a correct or necessary operation decision. Considering the customer abandonment behavior, this paper establishes a queuing model with or without call-back option, and studies and analyzes what scenario the call center provides call-back option in order to improve the service level.

Keywords

Call Center, Call-Back Option, Service Level

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 背景

呼叫中心作为许多企业的重要组成部分, 为企业接近顾客、了解顾客需求起到了非常重要的作用, 也在不同的行业扮演了不同的角色: 保险公司、急救中心、银行、信息中心、电话营销等。近年来, 呼叫中心通过向顾客提供电子邮件、聊天、告知预计等待时间、提供回呼服务的方式提高服务水平。呼叫中心提供回呼服务不仅可以缓解实时服务队列排队拥挤的情况, 还可以改善呼叫中心服务水平。

2. 文献综述

Alexander Dudin 等人[1]研究了一个具有有限和无限缓冲的马尔可夫到达过程的多服务器排队系统, 该系统用于一个具有回呼服务呼叫中心的建模和优化, 得到了选择实时服务和回呼服务顾客的虚拟逗留时间和等待时间分布的主要性能度量公式, 研究分析出收到队列排队信息或等待时间信息的顾客比没有这些信息的顾客耐心多 1.5~2 倍。Sandjai Bhulai 等人[2]研究了混合呼叫中心的带平均等待时间约束的后台作业调度问题, 目标是使后台流量的吞吐量最大化的同时, 满足前台流量的响应时间约束。研究结果表明, 最优调度总是为到达的前台作业保留部分空闲的服务容量。Gans 等人[3]进一步说明了阈值策略是所有优先入站呼叫策略中最优的, 但计算最佳阈值所需的计算量很大。Francis de Véricourt 等人[4]分析了排队系统的路由问题, 当顾客的问题没有被呼叫中心的坐席完全解决时, 顾客会回访, 针对回访的顾客引入了呼叫分辨概率的概念。Benjamin Legros 等人[5]研究了混合呼叫中心限制入站呼叫等待时间的最大化回呼顾客数, 主要关注回呼服务的路由优化问题, 开发了一个用于将回呼服务路由到坐席的带有两个参数(一个参数控制调用之间的路由, 另一个参数控制调用内部的路由)的通用框架。Guodong Pang 等人[6]考虑了呼叫混合在同时服务入站和出站呼叫的操作优势, 提出了对数安全人员配置规则, 并结合阈值控制策略, 确保坐席的利用率在任何时候都非常接近于 1, 研究表明了回呼混合在非平稳环境中是有用的。Armony 等人[7]考虑了提供回呼服务的单池呼叫中心, 该呼叫中心被建模为一个有顾客回避的两类单池排队系统, 并在质量和效率驱动多服务器重流量限制下对系统进行分析, 结果表明当回呼顾客数低于某一阈值时给予入站呼叫优先级的阈值策略是渐近最优的, 并且同时还可以满足选择回呼服务顾客在保证等待时间。

3. 无回呼服务的排队模型

3.1. 问题描述

研究的模型是一个仅具有实时服务队列的呼叫中心排队模型, 呼叫中心只向顾客提供实时服务。顾客到达系统后全部进入实时服务队列, 进入实时服务队列后可选择接受服务或直接放弃。通过建立无回呼服务的排队模型为第 4 部分有回呼服务排队模型的研究提供支持。

3.2. 问题假设

到达系统的顾客全部进入实时服务队列, 不考虑直接退出队列的情况; 实时服务队列考虑顾客放弃行为; 只要有坐席空闲, 新到达系统的顾客可以立即接受服务。

3.3. 符号说明

本节模型涉及到的参数及定义如表 1 所示。

Table 1. Parameters and definitions under queuing model of call center without call-back option

表 1. 无回呼服务呼叫中心排队模型下的参数及定义

符号	定义
λ_{only}	进入系统的顾客总到达率
λ_{only}^0	实时服务队列愿意等待至接受服务的顾客到达率
θ	顾客等待不耐烦程度
N	排队系统坐席数
μ	坐席服务率
P_{only}^0	实时服务队列顾客中途放弃率
σ_{only}^0	实时服务队列坐席服务强度
ε_{only}^0	所有坐席都繁忙的概率
WT_{only}^0	实时服务队列顾客平均等待时间
R_{only}^0	实时服务队列顾客对服务的不满意权重
Q_{only}^0	实时服务排队系统的顾客对服务的不满意程度

3.4. 模型建立

顾客以 λ_{only} 的到达率泊松过程到达系统, 顾客中途放弃率:

$$P_{only}^0 = \frac{\lambda_{only}\theta}{(N\mu + \theta)(N\mu + \theta - \lambda_{only})} \quad (3.1)$$

愿意等待至接受服务的顾客到达率 λ_{only}^0 为:

$$\lambda_{only}^0 = \lambda_{only}(1 - P_{only}^0) \quad (3.2)$$

坐席服务强度 σ_{only}^0 :

$$\sigma_{only}^0 = \lambda_{only}^0 (N\mu + \theta)^{-1} \quad (3.3)$$

所有坐席都繁忙的概率用 ε_{only}^0 表示:

$$\varepsilon_{only}^0 = \left(\frac{\lambda_{only}^0}{N\mu + \theta} \right)^{\sqrt{2(N+1)}-1} \quad (3.4)$$

顾客平均等待时间:

$$WT_{only}^0 = \varepsilon_{only}^0 \left[N\mu(1 - \sigma_{only}^0) \right]^{-1} \quad (3.5)$$

4. 有回呼服务的呼叫中心排队模型

4.1. 问题假设

顾客选择进入实时服务队列和回呼服务队列的概率是已知的; 实时服务队列和回呼服务队列的服务速率相同; 客户一旦进入系统后就固定服务队列, 不考虑中途更换服务队列的情况; 实时服务队列考虑顾客放弃行为, 回呼服务队列中顾客拒接回呼电话和重试的概率忽略不计; 实时服务队列和回呼服务队列共享同一批坐席, 且实时服务队列顾客的优先级优于回呼服务队列顾客的优先级, 当有坐席空闲时, 坐席才可服务回呼队列的顾客, 且坐席不可中断正在服务的回呼服务队列顾客去处理实时服务队列的顾客。

4.2. 符号说明

本节模型涉及到的参数及定义如表 2 所示。

Table 2. Parameters and definitions under queuing model of call center with call-back option
表 2. 有回呼服务呼叫中心排队模型下的参数及定义

符号	定义
λ_{double}	进入系统的顾客总到达率
λ_{double}^i	实时(回呼)队列愿意等待至接受服务的顾客到达率, $i=1,2$
α	选择进入实时服务队列的顾客比例
θ	顾客等待不耐烦程度
N	排队系统坐席数
μ	坐席服务率
P_{double}^1	实时服务队列顾客中途放弃率
σ_{double}^i	实时(回呼)服务队列坐席服务强度, $i=1,2$
ε_{double}^1	所有坐席都繁忙的概率
WT_{double}^i	实时(回呼)服务队列顾客平均等待时间, $i=1,2$
R_{double}^i	实时(回呼)服务队列顾客对服务的不满意权重, $i=1,2$
Q_{double}^1	实时服务排队系统的顾客对服务的不满意程度

4.3. 顾客排队过程描述

模型是一个考虑有回呼服务但系统不公布任何排队信息的呼叫中心排队模型, 允许顾客选择进入实时服务队列或者回呼服务队列, 在实时服务队列中等待的顾客可以中途放弃。顾客在该排队系统中的排队过程如图 1 所示, 顾客以 λ 的到达率泊松过程到达系统, 假设 α 比例顾客选择进入实时服务队列、 $1-\alpha$ 顾客选择进入回呼服务队列, 因此实时服务队列顾客到达率为 $\lambda_{double}\alpha$ 、回呼服务队列顾客到达率为 $(1-\alpha)\lambda_{double}$ 。实时服务队列的顾客等待一段时间后可以退出队列, 没有退出队列的将在线等待接受服务, 回呼服务队列的所有离线等待接受服务。

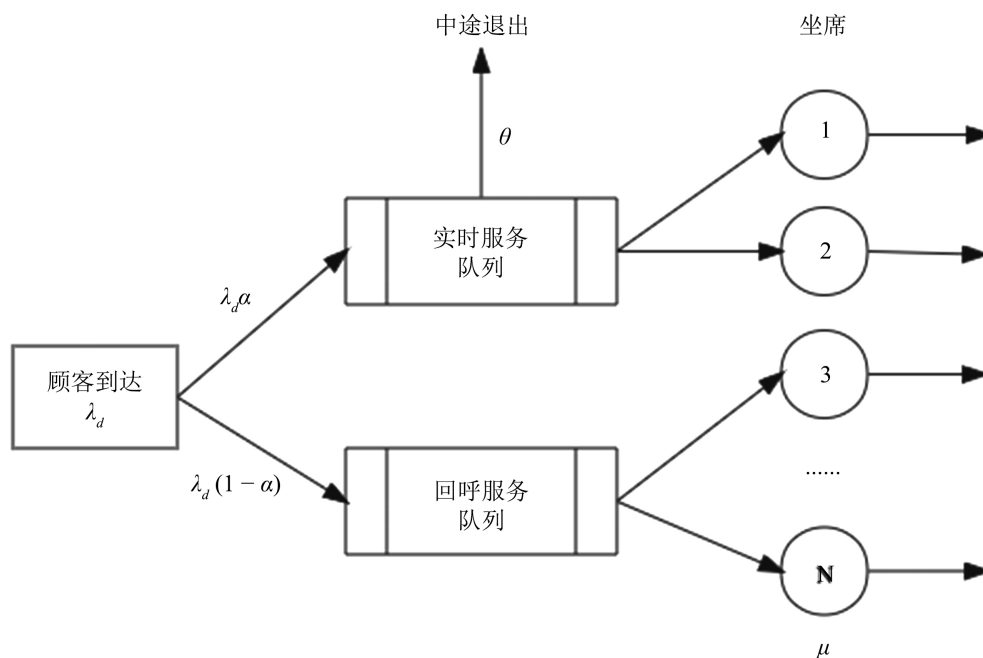


Figure 1. Customer queuing process
图 1. 顾客排队过程

4.4. 模型建立

实时服务队列顾客中途放弃率记为 P_{double}^1 :

$$P_{double}^1 = \frac{\lambda_{double} \alpha \theta}{(N\mu + \theta)(N\mu + \theta - \lambda_{double} \alpha)} \quad (4.1)$$

实时服务队列愿意接受完服务的顾客到达率 λ_{double}^1 为:

$$\lambda_{double}^1 = \lambda_{double} \alpha (1 - P_{double}^1) \quad (4.2)$$

回呼服务队列顾客到达率 λ_{double}^2 为:

$$\lambda_{double}^2 = \lambda_{double} (1 - \alpha) \quad (4.3)$$

实时服务队列的服务强度 σ_{double}^1 和回呼服务队列的服务强度 σ_{double}^2 :

$$\sigma_{double}^1 = \lambda_{double}^1 (N\mu + \theta)^{-1} \quad (4.4)$$

$$\sigma_{double}^2 = (\lambda_{double}^1 + \lambda_{double}^2) (N\mu + \theta)^{-1} \quad (4.5)$$

所有坐席都繁忙的程度 ε_{double}^1 :

$$\varepsilon_{double}^1 = \left(\frac{\lambda_{double}^1}{N\mu + \theta} \right)^{\sqrt{2(N+1)}-1} \quad (4.6)$$

实时服务队列顾客平均等待时间和回呼服务队列顾客平均等待时间:

$$WT_{double}^1 = \varepsilon_{double}^1 [N\mu(1 - \sigma_{double}^1)]^{-1} \quad (4.7)$$

$$WT_{double}^2 = \varepsilon_{double}^1 \left[N\mu(1 - \sigma_{double}^1)(1 - \sigma_{double}^2) \right]^{-1} \tag{4.8}$$

在呼叫中心中, 顾客是否会对服务产生不满, 受其所在队列的类型、以及接受等待时间的影响。考虑到在实时服务队列等待的顾客需在线等待, 相对于在回呼服务队列离线等待, 在线等待更容易使顾客产生更高的不满意程度, 因此两类队列相等待时间下, 实时服务队列顾客不满意程度应该高于回呼服务队列顾客不满意程度, 因此, 可以推出顾客不满意程度 Q_{double}^1 的表达式为:

$$Q_{double}^1 = \frac{R_{double}^1 * \lambda_{double}^1 * WT_{double}^1 + R_{double}^2 * \lambda_{double}^2 * WT_{double}^2}{\lambda_{double}^1 + \lambda_{double}^2} \tag{4.9}$$

其中, $R_{double}^1 > R_{double}^2$ 。

5. 算例实验

5.1. 有无回呼服务的呼叫中心效果分析

无回呼服务的呼叫中心排队系统的顾客不满意程度模型 Q_{only}^0 :

$$Q_{only}^0 = \frac{R_{only}^0 * \lambda_{only}^0 * WT_{only}^0}{\lambda_{only}^0} \tag{5.1}$$

其中, $R_{only}^0 > R_{double}^1 > R_{double}^2$ 。

在给定 $\lambda_{double} = 70$ 人/小时, $\lambda_{only} = 70$ 人/小时, $\mu = 13$ 人/小时, $\theta = 10$, $N = 9$ 人, $R_{only}^0 = 7$, $R_{double}^1 = 5$, $R_{double}^2 = 2$ 下展开计算。

从图 2 可以看出, 当 $N = 9$ 时, 在有回呼服务的排队系统中, 无论进入实时服务队列的顾客多或少, 有回呼服务排队系统的顾客不满意程度和实时服务队列顾客中途放弃率都优于无回呼服务排队系统, 在这种情况下提供回呼服务可以改善呼叫中心的服务水平。但对于在呼叫中心坐席规模为多大或者实时服务队列排队到什么程度时提供回呼服务更有价值, 还需对呼叫中心的坐席规模和进入实时服务队列的顾客比例进一步研究分析。

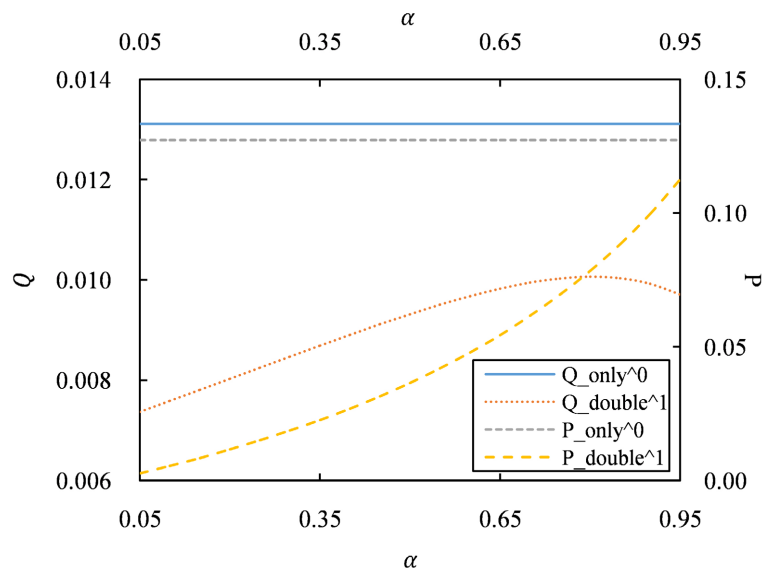


Figure 2. Service effect analysis of call center providing call-back option

图 2. 提供回呼服务的呼叫中心服务效果分析

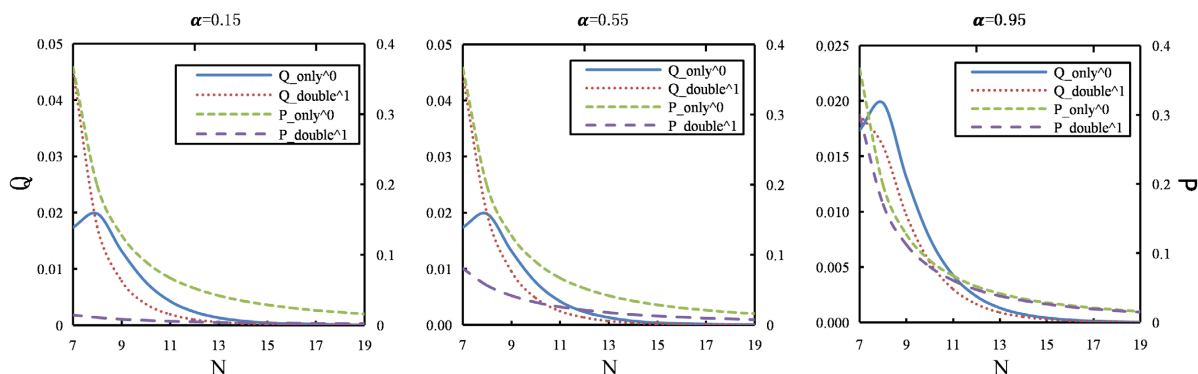


Figure 3. Effect of N on call center providing call-back option
图 3. N 对提供回呼服务呼叫中心效果的影响

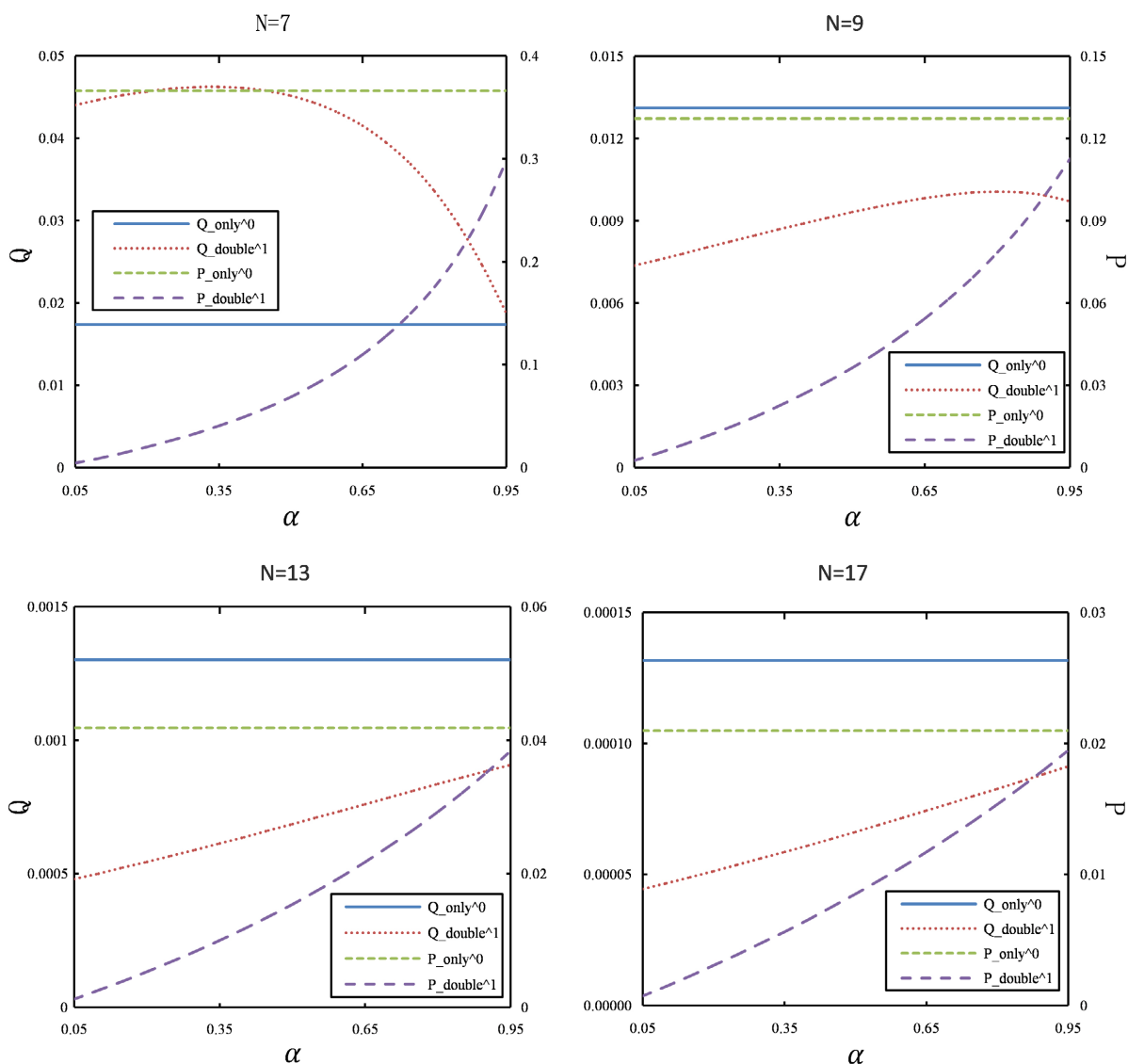


Figure 4. α Influence on the effect of call center providing call-back option
图 4. α 对提供回呼服务呼叫中心效果的影响

5.2. 坐席规模对提供回呼服务呼叫中心的服务效果的影响

从图 3 可以看出: 从顾客不满意程度和实时服务队列顾客中途放弃率来看, 在带回呼服务的排队系统中, 当坐席规模较小时, 呼叫中心期望有更多的顾客选择进入实时服务队列; 当坐席规模中等时, 呼叫中心期望有更多的顾客选择进入回呼服务队列; 当坐席规模较大时, 顾客进入实时服务队列或回呼服务队列对呼叫中心而言都可以。

从分析也可以看出, 当实时服务队列的坐席非常繁忙时, 提供回呼服务是有意义。因坐席的繁忙程度也和进入实时服务队列顾客比例 α 有关, 所以初步判断进入实时服务队列顾客比例 α 对顾客不满意程度等呼叫中心的服务指标也有影响。

5.3. 顾客选择行为对提供回呼服务呼叫中心的服务效果的影响

在现实生活中, 呼叫中心受投资成本的影响, 很大一部分呼叫中心没有资金能力或空间能力等扩大坐席规模以保证能够服务大量到达系统的顾客, 因此通过分析不同的坐席规模下呼叫中心可以处理多少进入实时服务队列的顾客保证系统的服务水平。

从图 4 可以看出: 当进入实时服务队列顾客比例很小时, 不管坐席规模为多大, 提供回呼服务都有利于改善服务水平, 该情况下坐席能较快处理实时和回呼服务队列的顾客, 又因为回呼队列顾客的不满意权重低, 因此提供回呼服务有一定的价值; 当进入实时服务队列顾客比例中等水平且坐席规模较小时, 提供回呼服务不利于改善服务水平, 主要是因为该情况下坐席仍可以较快处理实时服务队列的顾客, 实时服务队列顾客放弃率也不高, 但回呼服务队列的顾客需等待较久才可以接受服务, 使得顾客不满意程度高; 当进入实时服务队列顾客比例较高时, 坐席的繁忙程度高以至于不能较快处理实时服务队列的顾客, 导致实时服务队列的顾客放弃率高, 相当于减轻了坐席的服务量, 回呼服务队列顾客的等待时间相应减少, 因此该情况下提供回呼服务对改善服务水平有利。

从结果还可以看出, 当 α 接近于 1 时, 有回呼服务排队系统的顾客不满意程度接近于无回呼服务排队系统的顾客不满意程度。在带回呼服务排队系统中, α 接近于 1 说明几乎所有到达的顾客都选择进入实时服务队列, 此时回呼服务队列所起的作用微乎其微, 因此, 当前有回呼服务排队系统中坐席的繁忙程度、实时服务队列顾客中途放弃率都接近于无回呼服务排队系统的表现。

6. 结论

验证了提供回呼服务可以改善顾客对服务的不满意程度, 也可以改善实时服务队列顾客中途放弃率, 同时也验证出了提供回呼服务是否有价值受进入实时服务队列顾客比例 α 和呼叫中心坐席规模 N 的影响。坐席在实时服务队列的繁忙程度比较高时, 提供回呼服务有价值, 可以在一定程度上改善呼叫中心的服务水平。但在给定进入实时服务队列顾客比例的情况下验证提供回呼服务是否可以改善系统服务水平与真实场景下顾客以不定的概率进入实时服务队列可能存在差距, 且有回呼服务排队模型的近似放弃率有进一步近似的空间, 因此, 在不给定顾客比例、精确放弃率近似公式方面仍有进一步研究的空间。

参考文献

- [1] Dudin, A., Kim, C., Dudina, O., *et al.* (2016) Multi-Server Queueing System with a Generalized Phase-Type Service Time Distribution as a Model of Call Center with a Call-Back Option. *Annals of Operations Research*, **239**, 401-428. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1626-2>
- [2] Bhulai, S. and Koole, G. (2003) A Queueing Model for Call Blending in Call Centers. *IEEE Transactions on Automatic Control*, **48**, 1434-1438. <https://doi.org/10.1109/TAC.2003.815038>
- [3] Gans, N. and Zhou, Y.P. (2003) A Call-Routing Problem with Service-Level Constraints. *Operations Research*, **51**,

175-342. <https://doi.org/10.1287/opre.51.2.255.12787>

- [4] De Véricourt, F. and Zhou, Y.P. (2005) Managing Response Time in a Call-Routing Problem with Service Failure. *Operations Research*, **53**, 968-981. <https://doi.org/10.1287/opre.1050.0230>
- [5] Legros, B., Jouini, O. and Koole, G. (2018) Blended Call Center with Idling Times during the Call Service. *IIEE Transactions*, **50**, 279-297. <https://doi.org/10.1080/24725854.2017.1387318>
- [6] Pang, G. and Perry, O. (2015) A Logarithmic Safety Staffing Rule for Contact Centers with Call Blending. *Management Science*, **61**, 73-91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.2019>
- [7] Armony, M. and Maglaras, C. (2004) On Customer Contact Centers with a Call-Back Option: Customer Decisions, Routing Rules, and System Design. *Operations Research*, **52**, 165-336. <https://doi.org/10.1287/opre.1030.0088>