

# 餐厅排队过号顺延策略的仿真及优化

李清如, 唐加山

南京邮电大学理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年5月22日; 录用日期: 2026年6月15日; 发布日期: 2026年6月22日

## 摘要

环境雅、菜品好、服务佳的餐饮门店经常出现排队就餐的现象, “过号”顺延是一种常规的折中做法, 对于究竟顺延几桌却没有统一规定, 本研究以某实际餐饮门店为背景, 通过问卷调查和实地调研方式获取餐饮门店的真实数据进而确定排队模型的参数, 再通过仿真方式对于过号顺延问题进行研究, 结果表明随着客流强度的增加, 减少顺延的桌数可以达到最佳的效果, 特别的, 如果将客流划分为低、中、高三种强度, 则对应顺延的桌数应分别为5桌、3~4桌、1~2桌。对于该店某晚间中等强度的客流数据, 若把顺延桌数从3桌改为4桌, 则服务人数可以提升12%。本研究的结果为餐厅动态过号管理提供量化依据, 弥补了经验化决策的不足。

## 关键词

餐厅排队系统, 离散事件仿真, 过号顺延策略, 客流强度

# Simulation and Optimization of Delayed Strategy for a Queueing System in Restaurants

Qingru Li, Jiashan Tang

College of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: May 22, 2026; accepted: June 15, 2026; published: June 22, 2026

## Abstract

Popular restaurants with pleasant environments, delicious food and good service often experience long waiting queues. Postponing missed queue numbers is a common compromise, yet there is no unified standard for how many units should be postponed. Taking real catering outlets as the research context, this study obtains actual operational data through questionnaire surveys and field investigations to determine parameters of the queuing model, and then conducts simulation experiments to explore the optimal delayed strategy. The results show that reducing the number of delayed units achieves the best performance as customer flow intensity increases. Specifically, when

customer flow is divided into low, medium and high intensity, the optimal number of delayed units should be 5, 3~4 and 1~2 respectively. For one evening with medium customer flow in the restaurant, increasing the number of delayed units from 3 to 4 raises the number of customers served by 12%. This study provides a quantitative basis for dynamic queue management in restaurants and remedies the limitations of empirical decision-making.

## Keywords

Restaurant Queuing System, Discrete-Event Simulation, Missed-Number Postponement Strategy, Arrival Intensity

Copyright © 2026 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. 引言

随着餐饮行业数字化水平不断提升,线上线下融合的取号模式已被热门餐厅广泛采用。这一模式下,“过号”现象随之增多,而大多数餐厅在处理过号问题时,主要依赖经验设定顺延桌数,缺少定量的分析依据。

学者们对此开展了研究,李雅楠[1]以 W 餐厅为例,构建餐位组合优化模型并仿真,提升了高峰期资源利用率和顾客等待时间,提出最优餐位方案;邢聪聪[2]运用工业工程方法与 Flexsim 仿真,优化高校餐厅设施布局与作业流程,提高服务能力与效率,缓解排队拥挤;潘韵茹[3]以成都 H 餐厅为例,用 ExtendSim 构建取号排队模型,分析过号、拼桌、预订、线上关号等策略的影响,提出可落地的运营优化建议;刘焰焰[4]基于非抢占式 M/M/1 排队模型,结合线上线下取号场景与异质性顾客行为,提出收取出号费、战略延迟等策略,协同优化餐厅收益与顾客体验。相比之下,针对过号顺延规则的研究较为有限。

本文以 B 餐厅为具体案例,通过实地调研收集不同时段的客流数据、餐桌配置以及餐厅原有的过号处理规则,结合问卷调查获取顾客耐心时间等个性化行为特征,构建符合实际运营的离散事件仿真模型。以优化该餐厅的过号策略为目标,对比不同顺延方案的实际运行效果。同时,将客流强度划分为低、中、高三个阶段,设计控制变量仿真实验,分析不同客流强度下最优顺延策略的变化规律,为餐饮门店制定灵活、合理的过号管理规则提供实际参考。

## 2. 模型

就餐排队本质上就是一个排队论的问题,其中涉及顾客的到达、取号、等待,顾客的耐心程度、餐厅餐桌数量和布局,过号顺延策略等,相关内容介绍如下。

### 2.1. 模型假设

A1: 顾客相继到达餐厅的间隔时间是随机的,且顾客到达行为相互独立。本文假设顾客到达餐厅的输入过程服从参数为  $\lambda$  的泊松过程,其中  $\lambda$  表示平均到达率,即单位时间内平均进入餐厅的顾客数[5]。

A2: 对于不同的顾客,用餐服务时间具有不确定性,且呈现集中分布特征。本文假设餐厅内各餐桌的服务时间服从正态分布[6],即  $DiningTime \sim N(\mu, \sigma^2)$ ,其中  $\mu$  表示就餐时长均值,  $\sigma^2$  表示方差。

A3: 为使仿真模型更贴近现实场景,本文考虑顾客等待耐心存在差异,且过号后返回行为具有随机性。本文假设顾客排队耐心时间服从三角分布[7],即  $PatientTime \sim triangular(\min, \max, mode)$ ,其中  $\min$  表示最小耐心时间,  $\max$  表示最大耐心时间,  $mode$  表示平均耐心时间。

A4: 假设餐厅排队服务规则整体遵循先到先服务(FIFO), 不考虑会员等级等优先级对普通顾客排队顺序的影响, 仅过号返回顾客在顺延规则下享有一定优先权, 每个队列内部都遵循 FIFO 原则[8]。

A5: 假设餐厅餐桌资源固定, 小桌与中桌服务相互独立, 同一餐桌同一时间仅服务一批顾客, 且无拼桌、临时加桌等情况。

## 2.2. 餐厅排队规则

顾客取号后进入普通等待区, 若有空桌且被叫号则进入就餐区。若等待时间超过耐心时间则因顾客短暂离开导致过号。若过号顾客选择返回则进入过号优先区, 按顺延规则等待再次叫号, 完成就餐后离店, 如图 1。

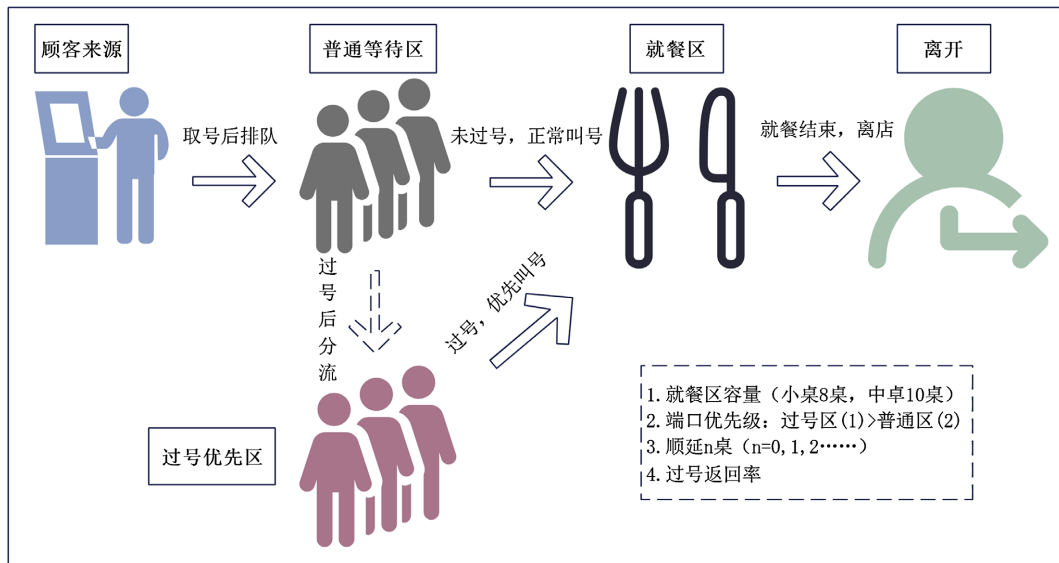


Figure 1. Schematic diagram of dining queue registration in a restaurant

图 1. 餐厅取号就餐示意图

顾客进入排队系统后有三种离店情况, 如图 2:

- (1) 直接就餐后离店: 顾客取号后进入普通等待区, 在未过号的情况下被叫号, 分配餐桌后正常就餐, 结束后离店。
- (2) 过号后返回就餐离店: 顾客在等待过程中因等待时间超过耐心时间而短暂离开造成过号, 但选择返回继续排队。返回后进入过号优先区, 按顺延规则等待再次叫号, 成功入座就餐后离店。
- (3) 过号后放弃直接离店: 顾客过号后不再返回, 直接离开系统。

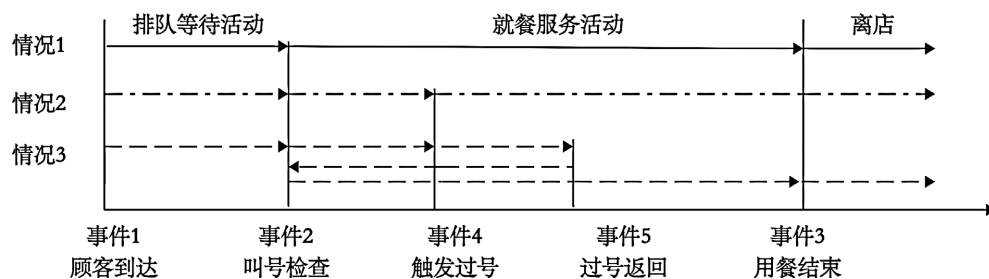


Figure 2. Complete service and missed queue return process

图 2. 顾客完整服务与过号返回进程

## 2.3. 离散事件仿真核心机制

模型采用事件调度法这一仿真策略, 以最小堆管理事件队列。按事件发生时间顺序, 每次取出堆顶事件处理, 仿真时间并非连续变化而是直接跳跃到该事件的发生时刻, 同一时刻发生的事件按特定规则排序[9]。事件队列中每个元素为三元组(*event\_time*, *event\_type*, *event\_data*), 其中 *event\_type* 包括顾客到达事件“*arrive*”、过号返回事件“*return*”和用餐结束事件“*finish*”。

### 2.3.1. 顾客到达事件

顾客到达事件是仿真系统的起始事件, 当事件触发时, 模型依次执行以下步骤:

#### Step 1: 创建顾客对象

系统创建一个新的顾客对象, 记录顾客编号、到达时间、排队桌型等基本信息, 并按照桌型分配对应的排队号码, 小桌与中桌独立排队。

#### Step 2: 计算预期等待时间

系统根据当前排队队长计算其预期等待时间, 该时间是判断顾客是否过号的重要依据。

#### Step 3: 加入等待队列

根据顾客所选桌型, 将顾客分别加入对应普通等待队列。等待队列采用先进先出的数据结构, 但考虑到过号与返回机制, 实际服务顺序与初始序号可能不一致。

#### Step 4: 更新排队号码

加入队列后, 系统立即更新排队号码计数器, 为下一位到达顾客分配新的排队号码。

#### Step 5: 触发叫号检查

调用叫号检查函数, 尝试为顾客分配空闲餐桌。若有空闲餐桌, 顾客可直接入座; 若没有, 则进入排队等待状态。

### 2.3.2. 过号返回事件

在实际餐厅排队场景中, 部分顾客在叫号时可能因短暂离开而未能及时应答被系统判定为过号, 随后返回并继续排队时触发顾客返回事件。

#### Step 1: 获取顾客信息

模型首先读取该顾客的历史信息, 包括原排队号码、桌型、已等待时长及过号次数等。

#### Step 2: 加入返回队列

返回的顾客进入过号优先队列, 该队列的优先级高于普通等待队列, 在叫号时会被系统优先检查。这一设计体现了餐厅对过号顾客的顺延策略。

#### Step 3: 触发叫号检查

顾客加入返回队列后, 系统再次调用叫号检查函数, 按照顺延规则判断是否可以立即为其分配餐桌。由于返回队列优先级更高, 返回顾客通常能够比部分普通等待队列中的顾客更快获得服务。

### 2.3.3. 用餐结束事件

用餐结束事件模拟顾客完成就餐、释放餐桌资源的过程, 是系统持续运行的关键事件。

#### Step 1: 释放餐桌资源

当用餐结束事件被触发时, 系统将对应餐桌的状态从“占用”修改为“空闲”, 为下一个顾客提供餐桌资源。

#### Step 2: 记录用餐时长

系统记录该顾客的实际用餐时长, 并更新餐桌累计占用时间, 用于后续统计分析平均用餐时长、餐

桌利用率等信息。

### Step 3: 触发叫号检查

餐桌释放后, 系统再次调用叫号检查函数, 优先为过号优先队列中的顾客分配餐桌, 若无等待顾客, 则按顺序为普通队列顾客分配座位, 使系统保持连续服务状态。

#### 2.3.4. 叫号检查与顺延规则实现

叫号检查由顾客到达、返回和用餐结束事件触发, 包含三个步骤:

##### (1) 清理过号顾客

遍历等待队列, 将实际等待时间超过耐心时间的顾客标记为过号并移出队列, 部分过号顾客会生成返回事件。

##### (2) 优先处理返回队列

每次叫号时, 先取返回队列队首顾客, 将其已跳过次数加 1:

(i) 若跳过次数  $\leq$  顺延桌数  $n$ , 则将该顾客放回队首, 先服务普通等待队列的队首顾客;

(ii) 若跳过次数  $> n$ , 则直接为该过号返回顾客分配空闲餐桌。

该机制实现了将返回顾客插入普通队列的第  $n$  与  $n+1$  位顾客之间, 如下图 3 所示。

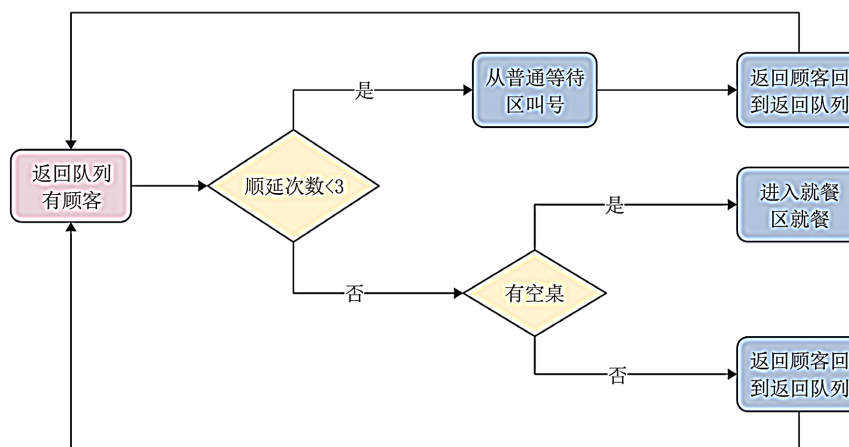


Figure 3. Queue postponement strategy

图 3. 过号顺延策略

##### (3) 处理普通队列

当返回队列为空或返回顾客仍需让位时, 按排队号码顺序从普通队列中查找顾客, 分配空闲餐桌。若对应号码的顾客已过号, 则号码递增继续查找。

#### 2.4. 评价指标体系与综合得分函数

评价指标的选取需要同时兼顾餐厅实际运营效率、经营收益水平以及顾客排队体验与满意度。综合以上两方面考量, 最终确定的评价指标如下:

(1) 服务顾客数( $NumServed$ ): 成功就餐的顾客总人数。

(2) 餐桌利用率( $AvgUtil$ ): 小桌与中桌被占用时间占仿真总时长比例的平均值。

(3) 不公平感知比例( $UnfairRate$ ): 实际等待时间超过预期等待时间的顾客占比[10]。

(4) 综合得分( $Score$ ): 参考 Zhao 等[11]提出的多目标服务优化思路, 选取客流量、顾客满意度与餐桌利用率构建评价体系, 并根据餐饮运营实际情况设定权重。评价指标定义如下:

$$Score = 0.4 \times \frac{NumServed}{\max(NumServed)} + 0.4 \times (1 - UnfairRate) + 0.2 \times \frac{AvgUtil}{\max(AvgUtil)}$$

### 3. 实验内容

#### 3.1. 数据来源

本研究数据来源于实地调研与问卷调查两部分。

##### (1) 实地调研

选取 B 餐厅晚餐 16:40~20:00 为观测时段, 通过现场记录采集顾客到达时间、就餐人数、桌型选择及用餐时长等运营数据, 共获得有效样本 93 组。

① 餐厅布局: 根据工作人员访谈, 该餐厅共有小桌 8 张, 可供 1-2 人用餐; 中桌 10 张, 可供 3-4 人用餐。

② 用餐时间: 根据观测结果, 小桌用餐时间服从均值为 55 分钟、标准差为 5 的正态分布, 中桌用餐时间服从均值为 60 分钟、标准差为 5 的正态分布。为避免仿真中出现不合理的负时长, 统一设置最小就餐时间为 30 分钟。

③ 餐桌类型占比: 根据现场统计显示, 餐厅各类桌型的占比存在明显差异, 其中中桌占比 50.5%, 小桌占比 37.6%, 大桌占比 11.9%。由于大桌顾客占比极低且基本不存在过号情况, 对系统核心指标影响可忽略, 为简化模型, 在后续仿真中暂不考虑大桌。

④ 到达时间间隔: 在排队系统中, 顾客到达通常被认为服从泊松过程, 对应的到达时间间隔服从指数分布[12]。根据到达率变化特征, 将晚餐时段划分为三个子时段。

(i) 时段 1 为晚高峰前时段, 到达率  $\lambda_1 = 22.15$  人/小时。此时客流无明显集中到达现象, 较为平缓;

(ii) 时段 2 为晚高峰时段, 到达率  $\lambda_2 = 48.36$  人/小时。此时是顾客就餐的核心时段, 客流集中到达;

(iii) 时段 3 为晚高峰后时段, 到达率  $\lambda_3 = 14.75$  人/小时, 就餐人数逐渐减少, 顾客到达节奏趋于平缓。

##### (2) 问卷调查

通过发放问卷获取顾客耐心时间等行为参数, 剔除无效问卷后获得有效问卷 98 份。顾客耐心时间整体呈现右偏特征, 在 41~50 分钟区间占比最高, 存在明显峰值, 经计算与卡方检验, 确定耐心时间服从三角分布, 即  $PatientTime \sim triangular(19.33, 48.09, 84.76)$ 。

#### 3.2. 基于真实数据的最优策略验证

以实地调研获得的 93 组顾客到达序列为输入, 保持所有参数不变, 仅改变顺延策略  $k=1, 2, 3, 4, 5$  依次进行仿真, 输出各策略下的服务顾客数量、餐桌利用率、不公平感知比例与综合评分, 仿真结果如下表 1 所示。

**Table 1.** Comprehensive scores of different postponement strategies

**表 1.** 不同顺延策略的综合得分

| 顺延策略  | 服务顾客数量 | 不公平感知比例 | 小桌平均利用率 | 中桌平均利用率 | 综合得分  |
|-------|--------|---------|---------|---------|-------|
| 1     | 71     | 49.30%  | 61.30%  | 55.47%  | 0.829 |
| 2     | 70     | 44.29%  | 55.62%  | 58.73%  | 0.824 |
| 3(当前) | 65     | 33.85%  | 46.35%  | 58.71%  | 0.792 |
| 4     | 73     | 31.51%  | 61.44%  | 58.30%  | 0.883 |
| 5     | 66     | 28.79%  | 52.25%  | 55.83%  | 0.846 |

顺延 4 桌策略服务顾客数最多, 比当前餐桌顺延 3 桌策略服务人数提升 12.3%; 其不公平感知比例为所有策略中最低; 小桌利用率与中桌利用率均处于较优水平。因此, 针对该餐厅当晚客流特征, 顺延 4 桌为最优过号策略。

### 3.3. 不同客流强度下的策略规律

真实餐厅客流动态变化, 而非恒定到达率。为揭示普适性规律, 本研究基于调研中三个时段的典型到达率及扩展覆盖范围, 将客流强度划分为低客流( $\lambda \leq 20$ )、中等客流( $20 < \lambda < 40$ )、高峰客流( $\lambda \geq 40$ )。

针对每个客流强度  $\lambda$  从 16 到 54, 步长为 2, 独立重复仿真 20 次, 取各性能指标的均值, 基于均值计算一次综合得分以确定该  $\lambda$  下的最优顺延桌数, 结果如下图 4 所示。

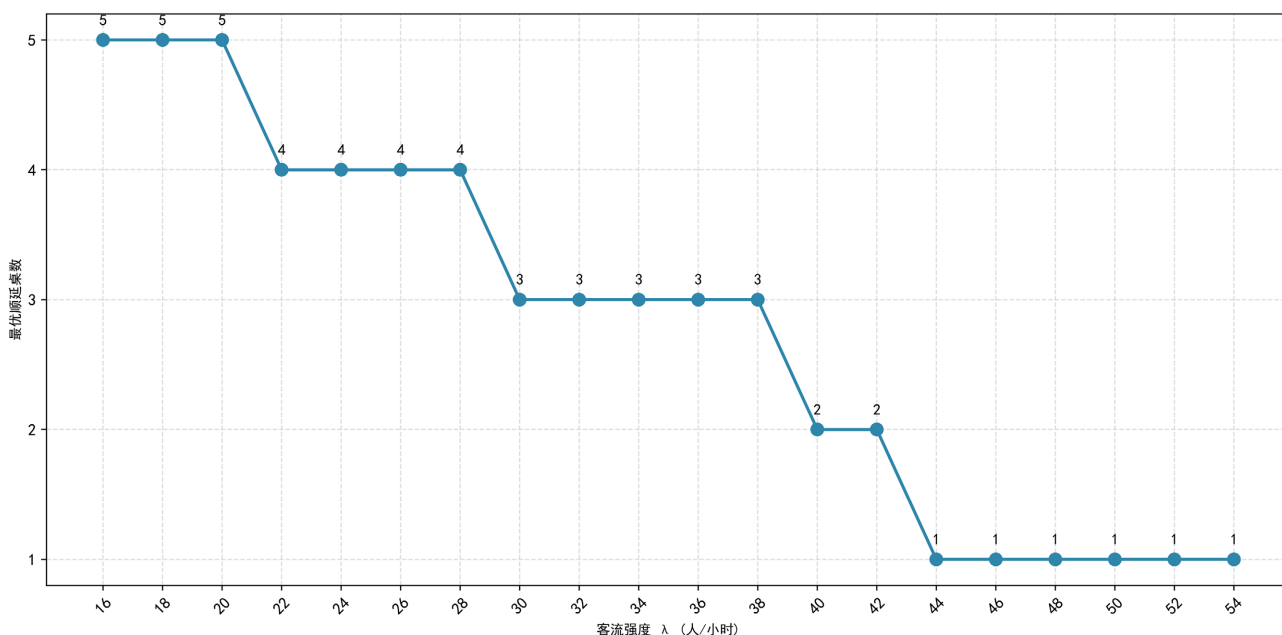


Figure 4. Optimal postponement strategy varied with customer flow intensity

图 4. 最优顺延策略随客流强度变化图

仿真结果表明, 随着客流强度  $\lambda$  的上升, 最优顺延桌数整体呈现下降趋势。三个客流强度区间下的策略分析如下:

(1) 低强度客流( $\lambda \leq 20$ ): 餐厅资源充足, 排队长度较短, 顾客几乎无需等待即可直接入座, 过号现象极少发生。此时顺延桌数对系统影响弱, 综合得分差异不显著。仿真结果表明顺延 5 桌策略在低强度客流下综合得分略高于其他策略。由于顾客平均等待时间较短, 顺延 5 桌更有利于维护排队秩序, 且不会对顾客体验造成明显负面影响。

(2) 中强度客流( $20 < \lambda < 40$ ): 随着  $\lambda$  增加, 等待队列开始积压顾客, 过号现象增多。仿真结果表明, 采用 3~4 桌的中等顺延策略效果最优。在该客流区间内, 顾客整体等待时间处于可接受范围, 若顺延过多会导致过号返回顾客等待时间过长, 二次流失率上升; 顺延过少普通顾客容易因频繁“被插队”而产生不公平感, 降低就餐体验。

(3) 高强度客流( $\lambda \geq 40$ ): 当客流进入高峰阶段, 顾客到达远远超过餐厅服务能力, 排队队列持续积压, 顾客过号现象大规模出现。小顺延能够显著缩短过号返回顾客的等待时间, 最大程度挽留回流客源, 有效降低顾客流失比例, 同时也有助于缓解普通顾客对排队公平性的负面感知。

为了便于餐厅管理者实际操作, 本文将抽象的客流强度  $\lambda$  转化为现场可直接观测的“队列长度”。基于仿真得到的拐点数据计算平均队列长度, 制定如下动态顺延规则, 见表 2。

**Table 2.** Dynamic deferral decision table based on queue length

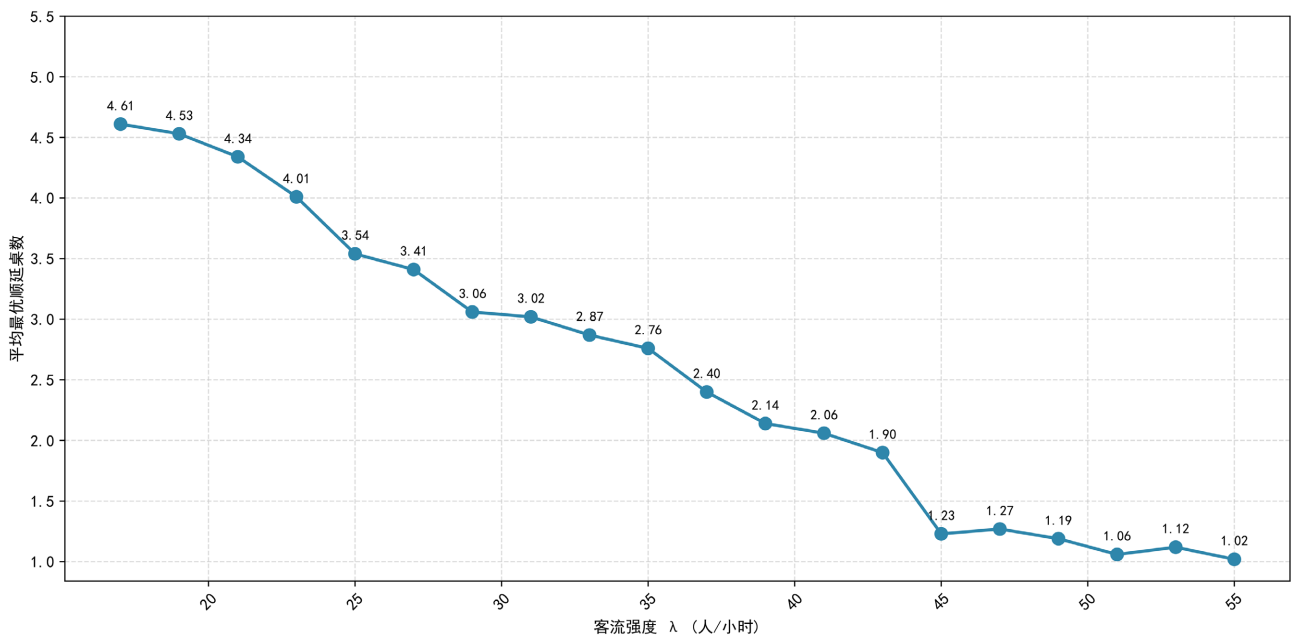
**表 2.** 基于队列长度的动态顺延决策参考表

| 队列长度 $k$         | 顺延规则               |
|------------------|--------------------|
| $k < 6$          | 5 (若队列长度小于 5 则排队尾) |
| $6 \leq k < 21$  | 4                  |
| $21 \leq k < 35$ | 3                  |
| $35 \leq k < 41$ | 2                  |
| $k \geq 41$      | 1                  |

该决策表将抽象的客流参数转化为现场可观测的队列长度, 使管理者无需复杂计算即可实时调整顺延桌数, 在减少过号流失与维持排队公平性之间实现动态平衡, 极大提升了研究的实用价值。

### 3.4. 最优顺延桌数的统计稳定性分析

为进一步验证模型结论的稳定性与可靠性, 本研究重复仿真 200 次。对每个客流强度  $\lambda$  均独立重复运行 200 次完整仿真流程。每次仿真中, 根据服务人数、不公平感知比例和餐桌利用率计算一次综合得分, 确定该次运行下的最优顺延桌数; 最终对同一  $\lambda$  下得到的最优顺延桌数求均值得到各客流强度对应的平均最优顺延桌数, 结果如下图 5 所示。



**Figure 5.** Trend of the average optimal deferral table count under different passenger flow intensities

**图 5.** 不同客流强度下的平均最优顺延桌数变化曲线

结果表明, 200 次重复仿真的结果与前期结论一致。随着客流强度的提升, 平均最优顺延桌数整体呈现明显单调下降趋势。

(1) 低强度客流的平均最优顺延桌数稳定在 4~5 桌附近。在客流宽松、排队压力小的场景下, 较高的顺延桌数是兼餐厅收益与秩序稳定的最优选择。

(2) 中强度客流的平均最优顺延桌数从 4 桌逐步下降至 2 桌左右, 在 3~4 桌区间波动。此时中等幅度的顺延策略既能有效挽留过号顾客, 又不会因过度插队引发大量顾客不满, 实现了运营效率与顾客体验的平衡。

(3) 高强度客流平均最优顺延桌数快速收敛至 1 桌。高峰客流下, 仅保留 1~2 桌的小幅顺延规则, 能吸引大量过号顾客回流, 降低顾客负面感知, 保障系统整体稳定运行。

为检验综合得分函数中权重分配对结论的稳健性, 包含原始方案, 本文共选取了四组不同权重组合 (0.4, 0.4, 0.2)、(0.4, 0.3, 0.3)、(0.2, 0.4, 0.4)、(0.4, 0.2, 0.4), 分别计算各客流强度下不同顺延桌数的综合得分并确定最优策略。结果表明, 不同权重组合下平均最优顺延桌数虽在数值上略有差异, 但总体趋势高度一致。随客流强度增大, 平均最优顺延桌数均呈现明显的单调下降特征。可见, 本文提出的动态顺延规则对权重选择不敏感, 结论具有较强鲁棒性。

#### 4. 结论

本研究以餐厅排队过号顺延策略为主要研究对象, 结合当下餐饮排队管理的实际现状, 针对现有研究假设单一、排队策略依赖于经验等问题, 构建了兼顾餐厅运营与顾客体验的双视角仿真分析框架。融合顾客耐心时间、返回意愿等异质性特征, 建立基于离散事件仿真的餐饮排队模型; 对于某餐厅实际的到达规律, 经过多组仿真对比后发现顺延 4 桌优于原 3 桌的经验策略, 服务顾客数提升 12%; 对比分析不同客流强度下顺延 1 到 5 桌策略的运营差异, 揭示了客流强度与顺延策略的匹配规律。研究结果表明, 随着客流强度的增加, 减少顺延桌数, 能够在避免排队秩序混乱、减少顾客不满情绪的基础上, 最大程度挽留过号回流客源、降低顾客流失率, 同时提升餐桌资源利用效率、增加服务顾客总数, 最终实现餐厅收益最大化与顾客满意度最高的双重目标。

本研究后续可以进一步扩大调研范围, 结合不同类型餐厅开展实际验证, 同时优化模型算法, 设计可以随实时客流变化的自适应顺延规则, 让研究结论具备更强的实用性与参考价值。

#### 参考文献

- [1] 李雅楠. W 餐厅餐位配置与布局优化研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.
- [2] 邢聪聪. H 高校餐厅设施布局及作业优化研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北科技大学, 2021.
- [3] 潘韵茹. H 餐厅排号系统仿真模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2020.
- [4] 刘焰焰. 考虑餐饮业顾客流失的机制设计与取号费用研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2023.
- [5] 王念社. 大型餐厅服务系统离散仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.
- [6] 何恒, 胡钟敏, 张项立. 基于 Flexsim 仿真的快餐厅系统改进研究[J]. 广西科技大学学报, 2019, 30(3): 70-75.
- [7] 魏伟. 基于离散事件仿真门诊检查排队策略对比研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2016.
- [8] 赵江东. 不同抢占策略下的顾客优先级排队模型研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2024.
- [9] 韩聪. 基于离散事件仿真的注塑生产调度软件研发[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2019.
- [10] 贾兆帅, 王顺洪. 不同排队方式下服务公平感知差异研究[J]. 西南交通大学学报(社会科学版), 2017, 18(4): 88-93.
- [11] Zhao, W.S. and Liu, D. (2024) Multi-Objective Service Improvement Based on Sentiment Analysis of Online Reviews across Multiple Groups. 2024 the 7th International Conference on Information Management and Management Science (IMMS 2024), Beijing, 23-25 August 2024, 431-436.  
<https://doi.org/10.1145/3695652.3695667>
- [12] 李伟伟, 王铮, 陶阳. 基于 Flexsim 的高校餐厅排队仿真[J]. 价值工程, 2019, 38(22): 26-29.