

Research on the Design of College Cafeteria in China: Review of Literature

—Research on Design of Cafeteria Based on Mathematical Model

Yuchun Gao, Kai Yin, Tian Luo, Yang Li, Hui Zhang

Ocean University of China, Qingdao Shandong
Email: 879560833@qq.com

Received: May 9th, 2019; accepted: May 24th, 2019; published: May 31st, 2019

Abstract

At present, the design mode of canteen in domestic colleges and universities is mostly the same. The university canteen has certain difference with the ordinary restaurant because of its own nature and the group-oriented special. The time of the meal is concentrated and almost all of customers are college students. These features make it that when doing the design of the canteen, we need to take many aspects into consideration. In this paper, the domestic literature on this subject is reviewed, the factors that need to be considered in the design of canteen, the existing problems and the existing research results are summarized, and the corresponding comments are made and some suggestions on some details are put forward.

Keywords

Design of College Canteen, Theory of Queuing, Shortest Path

关于国内高校食堂设计的研究：文献综述

——基于数学模型的食堂设计研究

高渝淳, 尹楷, 罗添, 李阳, 张慧

中国海洋大学, 山东 青岛
Email: 879560833@qq.com

收稿日期: 2019年5月9日; 录用日期: 2019年5月24日; 发布日期: 2019年5月31日

摘要

目前国内高校的食堂设计模式大都相同, 高校食堂由于其自身的性质与面向群体的特殊性, 与普通餐厅

有一定的差别。就餐时间集中、面向群体几乎都为大学生等特点使得在设计高校食堂时，要从不同层面仔细考量。本文就国内研究与此题有关的文献，综述在食堂设计方面需要考量的因素、存在的问题及目前已有的研究结果，对之进行相应的评述并就某些细节提出建议。

关键词

高校食堂设计，排队论，最短路

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

食堂是高校中非常重要的一个部门，目前国内高校发展模式大致相同，而国内外的各方面仍存在很大差异，国外能够借鉴的经验不多。国内高校需要从不同的角度来入手、发展和解决，而有了数学工具的帮助，这会使得设计方案更加科学，但目前而言还未有较为完整的设计、调整方案。

高校食堂要满足大学生这一广大青年群体的需求，必然要同时具备美观性与实用性。关于美观性和创新性，有许多高校建成了各种主题餐厅，环境十分怡人。但是在实用性方面，还存在很多问题，尤其是在提高就餐者的就餐感受方面，还有许多可以改进之处。

影响就餐感受的因素有很多，包括餐厅的自主特色服务创新、餐厅工作人员的素质、点餐过程是否快捷舒适、菜品是否能适应众多学生的口味以及是否能对就餐者的反馈做出快速应答等[1]。

值得一提的是，目前高校的食堂以两层建筑为主，因为两层建筑既能保证在就餐高峰期人流量的承载，也不会消耗太多成本。

食堂舒适度是食堂设计需要考量的最重要的因素，而食堂舒适度又可以细化为很多方面。目前对于食堂的设计，大多偏重于体验感与服务质量，较少从数学角度量化分析如何能够降低食堂的拥堵程度。目前与食堂规划有关的文章多集中在排队论与对函数的检验和对实际数据的模拟方面，较少研究规定面积的设计规划问题。

2. 原因

已有一些文献对食堂出现拥挤情况的原因做出了分析，可以主要概括为两类因素：服务与设施。服务包括卫生条件、服务人员素质与效率等；设施包括窗口设计、桌椅摆放是否合理，餐厅面积大小是否与在校人员数目相适应等。除此之外，就餐者个人的行为也对食堂的拥挤程度产生影响。影响因素很多，关于如何确定主要因素这一问题，已有文献使用 ISM 法进行处理[2]，分析食堂产生拥挤情况的原因，提出合理规划建议。

3. 起点：窗口 - 排队论

3.1. 基本模型

就餐过程包括排队过程、寻找座位的过程、就餐过程及离去。对食堂用数学方法进行整体规划主要从顾客就餐的两个大的步骤入手，其中之一是排队打饭过程，目前的研究表明：单队多服务台的服务效果要明显好于多个单队单服务台，但由于菜品各不相同，人力安排也有其限制等原因，食堂并不能完全

采用单队多服务台的模式。单队单服务台的情况较为简单，本文主结合文献给出目前现有的队长无限制的单队多服务台的基本模型[3]。可以先应用队长无限制的模型看是否可以，再根据实际情况改变为队长有限制的模型。

此系统具有这样的特点：系统的服务速率与系统中的顾客数有关。当系统中的顾客数不大于服务台的个数，系统中的顾客全部在服务台中。而在现实情况中，用户在点餐完成后，即使顾客数并没有大于服务台的个数，也有可能需要在一旁等候取餐，而在这一模型中忽略了此种情况。

该模型中用到的几个字符与指标如下

L ：平均队长；

L_q ：平均等待队长；

W ：平均逗留时间；

W_q ：平均等待时间；

λ ：顾客到达的平均速率，即单位时间内平均到达的顾客数；

$\frac{1}{\lambda}$ ：平均到达时间间隔；

μ ：平均服务速率，即单位时间内服务完毕离去的顾客数；

$\frac{1}{\mu}$ ：平均服务时间；

s ：系统中的服务台个数；

ρ ：服务强度，即每个服务台单位时间内的平均服务时间，一般有 $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ ；

$P_n = P\{N = n\}$ ：稳态系统任一时刻状态 n 的概率；特别当 $n = 0$ 时， $P_n = P_0$ ，即稳态系统所有服务台全部空闲的概率。

该系统的系统状态 $0, 1, \dots, s, \dots, n$ 的稳态概率方程为

$$\begin{aligned} \lambda P_0 &= \mu P_1 \\ \lambda P_0 + 2\mu P_2 &= (\lambda + \mu) P_1 \\ &\vdots \\ \lambda P_{s-1} + s\mu P_{s+1} &= (\lambda + s\mu) P_s \\ &\vdots \\ \lambda P_{n-1} + s\mu P_{n+1} &= (\lambda + s\mu) P_n \end{aligned}$$

解之得

$$P_0 = \left[\left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} \right) + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{\mu^s n!} P_0, 1 \leq n \leq s \\ \frac{\lambda^n}{\mu^s s! s^{n-1}} P_0, n > s \end{cases}$$

随后可以得到 $M/M/s/\infty$ 的运行指标

$$L_q = \frac{\lambda^s \rho P_0}{\mu^s s! (1-\rho)^2}$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$W = \frac{L}{\lambda}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

3.2. 实际应用情况

可以将排队模型对应到食堂的排队情况中，不同的情况对应着不同的模型。

排队过程主要是分为单服务台单队系统、多服务台单队系统、多服务台并联、多服务台串联等多种。各个高校的食堂情况大致属于这几种情况的组合，以中国海洋大学的食堂为例，包括几乎无差别的打饭窗口，以及位于同一层的、他人经营的各种外包风味窗口。与此同时，还有很多特别的餐饮(如：火锅)。

排队系统的多服务台单队模型被应用到很多领域，如医院或银行的叫号系统，实际上就是一种多服务台单队的模型[4] [5]，这实际上相当于食堂里有多人同时提供服务的一个窗口；而单服务台单队的模型相当于一个普通窗口。食堂中的情况目前普遍是这两种情况，或单一，或组合。

4. 终点：座位 - 最短路

二是打完饭菜寻找座位就餐的过程。这一过程可看做将不同的人向各个座位上分配的过程，像此类问题通常选择用最短路算法或网络流来解决，但食堂就餐过程又十分复杂，找到一个好的解决方案十分困难，其中不乏要考虑各个座椅的种类以及人们的个性需求，在座位充足的环境下，很少有人会选择已有他人的桌椅，而在一座难求的情形下，大家就会降低自己的要求，看到空位便会去就座。而除此之外，值得注意的是，人们在选择座位时，往往会根据自己心目中的倾向进行选择，而不是依据所规划出来的最短路算法进行选择。所以，对这一现象的研究不宜采用常规的方法，应当加以改进。同时，占座现象的存在也让人们的选择更加难以捉摸，也使得个体的行为更加复杂，在先去打饭和先去占座之间的权衡在座位不富裕的情况下也成为需要考虑的因素。

现下的规划算法有很多种，如 Dijkstra 算法、人工势场法、Floyd 算法、鲁棒最短路算法、遗传算法、蚁群算法等。每一种路径规划算法都有自身的优缺点，适用的范围也不尽相同，以蚁群算法来说，餐厅问题中，就餐者本身自己做出了选择，规划者应当根据人群的选择来做出规划和改良，提出建议，而蚁群算法更倾向于给出一条最优路径。还有文献使用“ECRS 四原则”及模特排时法对整个过程进行处理，主要是提高工作人员服务效率，从流程上入手分析，减少过程中的移动距离，从而减少时间[6]。目前解决此类问题最为普遍使用的是 Dijkstra 算法，但由于在食堂就餐活动的复杂性(如：排队系统同时输出多个就餐者，他们会同时选择就餐路径)，这些算法很难直接应用，要根据实际问题挑选最适当的算法并加以一定的改善才能解决好目标问题[7]。

4.1. 瓶颈路段

瓶颈路段的识别是解决食堂拥挤问题的重要一环。瓶颈路段的识别大都通过直接观察人流量的大小这一传统方法实现，但在面对复杂的问题时，可能也需要从其他角度重新考虑这一问题。一是可根据某路段所处位置的重要性来分析与判断，在食堂中可体现为进出口附近的路段以及餐具附近的路段等；二是，从路段的稳定性角度来考虑，即道路的鲁棒性，指道路受到干扰时对人流量的影响。基于后者，已经有文献提出了相应的算法。以上两点均可在识别并消除瓶颈路段时予以考量。识别瓶颈路段是解决食堂拥挤问题的一个重要研究方面，由于就餐者的自我选择，使得每一位就餐者都会在内心进行决策从而选择自己的行走路线，虽然单个个体的行为是难以确定的，但是可以寻找集体的共性，结合上述指标，

从而找出容易发生堵塞的路段，对其进行优化。

4.2. 座位与窗口数量的匹配

同时从座位和窗口的匹配度也是需要关注的重点。在队长有限的情况下，可将队长人数的限制理解为顾客的最大容忍排队等待的平均队长窗口数，即可应用队长有限的模型计算出不同窗口数条件下的各项指标，对指标进行分析即可知道最佳的窗口数量，从而进行相应的调整。由于国家对高校的就餐位置的数目有一定的限制，所以可以通过调整窗口数量来实现效率的提高。

由文献[8]中知，设食堂中的系统有效服务窗口数为 n ，平均服务时间为 t ，食堂现有座位数为 N ，顾客平均就餐时间为 T 。把每个窗口合作为都看成 2 个独立的服务台，则每个窗口的服务速率是 $1/T$ ，每个座位的人流速率是 $1/T$ ，当系统处于稳定状态时，两处的流动速度应该相适应，即

$$n \times (1/t) = N \times (1/T)$$

通过这方面的考量和改进，可以使窗口数量与座位数量相匹配，使窗口和座位被充分利用。

4.3. 占座现象

对于占座的人和不占座的人，他们承担的成本是不同的。占座者要承担的成本包括在窗口打饭所需要的等待时间、用物品占座所导致的物品丢失的风险等。未占座者则要承担窗口打饭与寻找座位的时间成本与饭菜变凉这一影响就餐体验的因素。一般地，未占座者所承担的成本要高于占座者[9]。在寻找座位的过程中基本上不会出现几个就餐者端着盘子等待另一个就餐者吃完的排队现象。基于前人的研究，现已有几种在特定区域中搜寻空位的模型，在食堂寻找座位的时间与空座位的数量与就餐人员的到达率都有关系，根据食堂的现状，应当作出适当地改进并加以应用。

5. 其他角度

从学生角度进行对菜品选择的考量，定义排队等候的耐心值，前面的人多，就会缩减耐心值。设耐心值为 m ，前面每有一个人等待就减少一点耐心值，当耐心值为零时，等待者会离开此队伍。

若学生选多种菜品，假设学生对于每一个窗口的菜品无差异，且菜品对于学生而言的效用水平相同，即无差异曲线为斜向下方的曲线。

预算约束线为 $y = b - x$ ，两者相切点即为最优的数量选择，在切点处 $U_1/P_1 = MU/P_2$ 即花在每一产品上的每一块钱效用都相等。学生用餐的效用等于用餐时拥有的效用 U_1 减去等待用餐时间内损失的效用 U_2 ，即 $U = U_1 + U_2$ 。而等待时间内耐心值的降低会导致负效用的增加即 U 会减少， $U_2 = m - k_1 \times t$ ， k_1 是系数， t 是时间，而时间又和排队人数相关，设人数为 n ，则消耗时间为 $t = k_2 \times n$ ， k_2 为系数，整理可得 $U_2 = m - k_1 \times k_2 \times n$ ， $U = U_1 + m - k_1 \times k_2 \times n = U_1 + m - k \times n$ ，($k = k_1 \times k_2$) 该系数取决于窗口的打饭效率和学生配合的效率(图 1)。

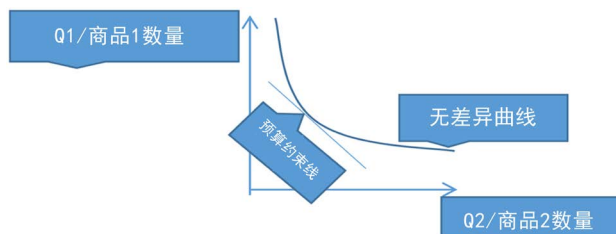


Figure 1. Schematic diagram
图 1. 示意图

6. 外延评述与建议

现下的高校食堂运营模式大致相同,从对问题的分及其社会背景的考量中我们能够发现其中仍有一些问题还没有被很好地解决,简而言之,食堂暂时可以做出以下的一些简单改善:

统计各个窗口提供的各种饭菜种类的销售量,根据其数目分配,从模型上分析,从而进行人员的合理分工使每个窗口的效率达到最高,进而改善食堂的就餐环境;注重细节做出一些小的改动,例如将餐具位置设置在各个窗口就可以减少就餐者的往返,这能够使就餐人流的拥挤现状得到改善。

尽量使用户能够在就餐前明确自己的就餐窗口从而减少自己的停滞时间,使人流更加通畅。这一点并不是很难实现,学校和商家可以通过线上的平台(如:公众号)将商品信息(菜品、档口)传达给学生,但为了保证信息的准确与及时更新并不容易,很好的推广与普及也有一定难度。这同时也可以使得建立模型时的假设——用户没有犹豫时间,一到达目的地便可立即选择窗口——成为一个很贴合实际的假设。同时利用线上的平台,可以建立反馈评价体系,相比于传统的餐后书写留言反馈的方式,线上平台让就餐者更易于接受,也更方便快捷。

最后,线上平台的发展也是高校餐饮未来的重要一步,信息化可以使就餐过程更加高效,在食堂推广外卖模式也是一个很有效但也很有难度的降低食堂拥挤程度、提高就餐体验的方法。已有的在线外卖平台,按照运营模式来分类,大致可以分为四大类型,分别是以麦乐送、HI 捞送、吉食为代表的自建自营型在线外卖平台;以美团外卖、口碑外卖为代表的第三方轻平台;以生活半径、到家美食为代表的第三方重平台;以饿了么、百度外卖为代表的第三方轻重平台结合。而近几年,随着新的生活方式的出现,大学生在外卖消费中所占比重越来越大。大学生的数量是庞大的,这也就促使他们成为了我国经济发展的重要动力和消费结构的重要组成部分。

大学生无疑是社会潮流的引导者,他们在一定程度上带动了产业的发展,如果能够引导他们的消费力量,产业就会有巨大的发展空间。然而,若想在这样特殊的消费群体中占据稳定、庞大的市场份额,就必须全面了解他们的消费行为、消费喜好。而大学生与大学食堂结合起来,必将成为新型的、健康的外卖平台。这也是我们研究这一问题的意义所在。

致 谢

感谢高翔老师的指导、组内成员们的努力以及出版社编辑的细心指导。

参考文献

- [1] 董健. 高校餐厅服务设计研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2017.
- [2] 汪汪勃, 石淑君, 杨柳. 基于 ISM 法的高校食堂拥挤的原因分析[J]. 信息系统工程, 2017(10): 104-107.
- [3] 周华任, 马亚平. 随机运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [4] 刘阳, 梅丹, 王兰, 等. 基于排队理论优化门诊药房窗口服务的探讨[J]. 中国药房, 2009(31): 2474-2475.
- [5] 石芳玉. 基于排队论的银行网点顾客排队优化管理研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2016.
- [6] 徐梦宇. 基于流程程序分析的餐厅布局及就餐路线的改进[J]. 科技创新导报, 2018, 15(4): 96-97.
- [7] 陈庆瑜, 袁文波, 杜文学, 等. 一种最短路算法在路径规划中的仿真应用[J]. 电子世界, 2019(3): 20-20.
- [8] 程钊, 潘越, 郝洵, 等. 学生食堂就餐动态过程的数学模型及仿真研究[J]. 武汉理工大学学报, 2008, No. 185(6): 153-155.
- [9] 唐启鑫, 田琼. 存在占座情况的食堂均衡[C]//江苏大学管理学院. 管理科学与工程学会 2016 年年会.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-7991，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aam@hanspub.org