

Evaluation and Optimization of Takeout Platforms Based on Fuzzy AHP

Dexin Meng*, Jiacheng Dai, Jiayi Han, Tao Xu, Liqun Wang

China University of Petroleum (Beijing), Beijing
Email: *mdx3118@163.com

Received: Nov. 15th, 2019; accepted: Nov. 28th, 2019; published: Dec. 5th, 2019

Abstract

Takeout market is very competitive in China, and there are more and more takeout platforms, including Meituan, Hungry and Baidu. Based on the fuzzy analytic hierarchy process, this paper evaluates the delivery service of the three takeout platforms in order to improve the delivery efficiency, strengthen the service quality, ensure the food quality and reduce the delivery cost.

Keywords

Takeout Platforms, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

基于模糊AHP方法的外卖平台评价与优化

孟得新*, 戴佳成, 韩佳艺, 许 韬, 王立群

中国石油大学(北京), 北京
Email: *mdx3118@163.com

收稿日期: 2019年11月15日; 录用日期: 2019年11月28日; 发布日期: 2019年12月5日

摘 要

我国外卖市场的竞争相当激烈, 外卖平台也越来越多, 其中主要的三大平台为美团, 饿了么和百度三大外卖平台。本文基于模糊层次分析法对三大外卖平台的送餐服务进行评价, 以期达到提高配送效率, 强化服务质量, 保证食品品质, 降低配送成本等目的。

*通讯作者。

文章引用: 孟得新, 戴佳成, 韩佳艺, 许韬, 王立群. 基于模糊 AHP 方法的外卖平台评价与优化[J]. 运筹与模糊学, 2020, 10(1): 1-13. DOI: 10.12677/orf.2020.101001

关键词

外卖平台, 模糊层次分析法

Copyright © 2020 by author(s) 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. 研究目的与研究内容

随着中国经济的高速发展、生活节奏的加快, 外卖食品已经成为人们生活中不可或缺的饮食方式。2016 年中国外卖市场整体交易额超过 250 个亿, 是国民经济的一个新的增长点。外卖的繁荣, 极大地拉动了餐饮业的发展, 促进了人们的生活。同时, 送餐平台如何在评价标准的基础上做出改进, 达到提高配送效率、强化服务质量、保证食品品质、降低配送成本的目的, 是本文研究的核心内容。

2. 模型 1 的建立: 模糊层次分析法——模糊综合评价模型

2.1. 模型背景

当今, 外卖的竞争相当激烈, 外卖市场一片火热, 其中主要的三大平台为美团外卖, 饿了么外卖, 百度外卖三大平台。

一方面, 外卖市场的需求旺盛, 但另一方面, 外卖成本居高不下, 导致外卖带来的效益不高, 服务效果也差强人意, 即没有给商家带来更多盈利, 还会降低顾客的满意程度。如何客观评价外卖平台的送餐服务水平, 对于消费者, 是做出选择的重要依据; 对于越来越以顾客为中心的外卖平台, 是改进的基本依据[1]。

实际上, 关于外卖平台评价的问卷调查结果非常充分, 如《2017 中国网民网络外卖服务调查报告》, 提供了大量的可视化数据。但是仅仅局限于对结果的简单分析, 如在上文提到的报告中, 人们对于三大外卖平台的不同指标都打出了分数, 但是各个指标在消费者心中的权重却没有整合进入一个综合指标。

理论上, 对于如何客观定量的评价外卖平台的问题, 王倩影从外卖配送的时效性, 可靠性, 质量上建立了模糊评价模型[2], 陈晓曼从: 消费者因素、线下商家因素、O2O 移动餐饮外卖平台因素、移动客户端因素和外部因素共五个因素构建信任评价体系[3], 但是由于评价的多元性, 对于外卖平台的评价仍然有改进的空间。受到他们的启发, 本文进一步构建出 FAHP-FSEM 模型。

2.2. 模糊层次分析法的建立

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP), 是将定量与定性相结合的多目标决策法, 是一种使用频率很高的办法, 在经济管理、诚实规划等许多领域得到了广泛应用。由于其结果受主观思维影响较大, 许多科研工作者对其进行了深入的研究, 将模糊理论与层次分析法相结合, 提出了模糊层次分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)。

为客服层次分析法中判断矩阵一致性与人类思维的一致性存在显著差异, 我们引入了模糊抑制矩阵。为解决解的精度以及收敛问题, 我们使用幂法来求排序向量, 减少迭代次数, 提高收敛速度, 满足计算精度的要求。FAHP 同样需要构建目标层、准则层和子准则层, 在这里只介绍 FAHP 与 AHP 的不同的步骤:

1) 建立优先关系矩阵, 既模糊互补矩阵 $F = (f_{ij})_{n \times n}$ 。每一层次重的因素针对上层因素的相对重要性建立矩阵, 一般由专家打分。这种矩阵是模糊互补矩阵。矩阵中的值用 0.1~0.9 标度确定(如表 1 所示), 这种标度计算简单, 单相比较的两个元素之间的重要程度表现很模糊。为了能够准确的描述任意两个因素关于某准则的相对重要程度, 这里采用如表 1 所示的 0.1~0.9 标度给予数量标度。

Table 1. 0.1~0.9 scale table

表 1. 0.1~0.9 标度表

标度	定义	说明
0.5	同等重要	两元素相比较, 同等重要
0.6	稍微重要	两元素相比较, 一元素比另一元素稍微重要
0.7	明显重要	两元素相比较, 一元素比另一元素明显重要
0.8	重要得多	两元素相比较, 一元素比另一元素重要得多
0.9	极端重要	两元素相比较, 一元素比另一元素极端重要
0.1, 0.2, 0.3, 0.4	反比较	若元素 a_i 与元素 a_j 相比较得到判断 r_{ij} , 则元素 a_j 与元素 a_i 相比较得到判断 $r_{ji} = 1 - r_{ij}$

2) 将优先关系矩阵改造成模糊一致矩阵 $K_{n \times n}$

对模糊互补矩阵按行求和, 记为进行如下数学变换, 得到模糊一致矩阵。

$$k_{ij} = \frac{k_i - k_j}{2n} + 0.5$$

其中 $k_i = \sum_{j=1}^n f_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$ 。

3) 计算排序向量 W^0

一般而言, 计算方法有行归一法, 方根法, 排序法, 本文中采用了行归一法

$$W^{(0)} = \left[\frac{\sum_{j=1}^n r_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n r_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^n r_{nj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}} \right]^T$$

4) 利用幂法求精度更高的排序向量 A

将互补判断矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$ 转化为互反矩阵 $E = (e_{ij})_{n \times n}$, 其中 $e_{ij} = r_{ij} / r_{ji}$ 。

排序向量 $W^{(0)}$ 作为初始向量 $V^{(0)}$, 利用公式 $V^{(k+1)} = EY^{(k)}$, $Y^{(k)} = \frac{V^{(k)}}{\|V^{(k)}\|}, k = 1, 2, \dots$ 进行迭代。若

$$\|Y^{(k+1)}\| - \|Y^{(k)}\| < \varepsilon$$

ε 为给定误差, 则 $\|Y^{(k+1)}\|$ 即为最大特征值

$$A = \left[V_{k+1,1} / \sum_{i=1}^n V_{k+1,i}, \dots, V_{k+1,n} / \sum_{i=1}^n V_{k+1,i} \right]^T$$

为排序向量。其中 A 就是下一级对上一级的更高精度的权向量。

2.3. 模糊评价模型

利用模糊综合评价可以有效的处理人们在评价过程中本身带有的主观性, 以及客观所遇到的模糊性现象。模糊综合评价一般的步骤为:

1) 根据评价目的确定评价指标集合

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

2) 确定各评价指标的权重, 这个指标就是 FAHP 中所确定的权重

$$w = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m\}$$

其反映各评价指标在综合评价中的重要性程度, 且

$$\sum \mu_i = 1$$

3) 确定评价矩阵 R

请 n 位该领域专家, 分别对此项成果每一因素进行单因素评价, 构建评价矩阵 R

$$R = (r_{ij})$$

其中 r_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$) 是评价等级标准(如: 满意, 一般, 不满意)。评价元素可以是定性的, 也可以是量化的分值。

4) 单因素模糊评价

通过权系数矩阵 W 与评价矩阵 R 的模糊变换得到模糊评判集 S 。设 $W = (\mu_j)_{1 \times m}$, $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 那么

$$S = w \circ R = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m) \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} = (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

其中“ $\circ$ ”为模糊合成算子。进行模糊变换时要选择适宜的模糊合成算子, 模糊合成算子通常有四种。

算子 1: $M(\wedge, \vee)$: 主因素决定型算子

$$s_k = \bigvee_{j=1}^m (\mu_j \wedge r_{jk}) = \max_{1 \leq j \leq m} \{ \min(\mu_j, r_{jk}) \}, k=1, 2, \dots, n$$

符号“ $\wedge$ ”为取小, “ $\vee$ ”为取大。

运算过程为首先对每个下标 j 求出 μ_j 与 r_{jk} 的最小值, 然后从这些最小值里面取最大值。其评判结果至取决于在总评价中起主要作用的那个因素, 其余因素均不影响评判结果, 比较适用于单项评判最优就能作为综合评判最优的情况。这个方法只考虑了 r 中起最大作用的因素, 忽略了其他次要的因素。要求因素集内因素相互独立, 各因素之间不能相互补偿; 因素集中单因素满意度在综合评价中的作用不能超过其权重比例。

算子 2: $M(\cdot, \vee)$: 主因素突出型算子

$$s_k = \bigvee_{j=1}^m (\mu_j \cdot r_{jk}) = \max_{1 \leq j \leq m} \{ \mu_j \cdot r_{jk} \}, k=1, 2, \dots, n$$

结果和要求与 $M(\wedge, \vee)$ 相近, 单比其更为精细, 不仅突出了主要因素, 也兼顾了其他因素。此模型适用于模 $M(\wedge, \vee)$ 失效(不可区分)的情况下。

算子 3: $M(\wedge, \oplus)$ 算子: 取小上界和型算子

“ $\oplus$ ”是有界和运算, 即在有界限制下的普通加法运算。对 t 个实数 $x_1, x_2, \dots, x_t$ 有

$$x_1 \oplus x_2 \oplus \cdots \oplus x_t = \min \left\{ 1, \sum_{i=1}^t x_i \right\}$$

利用 $M(\wedge, \oplus)$ 算子, 有

$$s_k = \min \left\{ 1, \sum_{j=1}^m \min(\mu_j, r_{jk}) \right\}, k = 1, 2, \dots, n$$

算子 4: $M(+, \cdot)$ 算子: 加权平均型算子

$$s_k = \sum_{j=1}^m (a_j \cdot r_{jk}), k = 1, 2, \dots, n$$

在这个算子中, 每一个因素对评判结果都有一定的贡献, 只是轻重不同而已。因素集中各因素之间允许以优补劣, 相互补偿; 当因素集中各因素权重分布比较平衡时, 可信度较高。以上四个算子在综合评价中的特点是如表 2 所示。

Table 2. Fuzzy operators

表 2. 模糊算子

特点	算 子			
	$M(\wedge, \vee)$	$M(\cdot, \vee)$	$M(\wedge, \oplus)$	$M(+, \cdot)$
体现权数作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
利用 R 的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素决定型	主因素突出型	取小上界和型	加权平均型

5) 得出综合结论: 最大隶属原则

模糊评判集 $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ 中 S_i 为等级 v_i 对模糊评判集 S 的隶属度, 也可以理解为: 其值越大, 评判集中为该等级的概率越大。按最大隶属度原则作出综合结论, 即 $M = \max(S_1, S_2, \dots, S_n)$, M 所对应的元素为综合评价结果。

6) 多级模糊综合评判

有些情况因为要考虑的因素太多, 而权重难以细分, 或因各权重都太小, 使得评价失去实际意义, 为此可根据因素集中各指标的相互关系, 把因素集按不同属性分为几类。可先在因素较少的每一类(二级因素集)中进行综合评判, 然后再对综合评判的结果进行类之间的高层次评判。如果二级因素集中有些类含的因素过多, 可对它再作分类, 得到三级以至更多级的综合评判模型, 注意要逐级分别确定每类的权重。以二级综合评判为例给出其数学模型:

设第一级评价因素集为

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

各评价因素相应的权重集为

$$W = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m\}$$

第二级评价因素集为

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik}\}, i = 1, 2, \dots, m$$

相应的权重集为

$$W_i = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ik}\}$$

相应的单因素评判矩阵为

$$R_l = [r_{lj}]_{k \times n}, \quad l = 1, 2, \dots, k$$

二级综合评判数学模型为

$$B = W \circ \begin{pmatrix} W_1 \circ R_1 \\ W_2 \circ R_2 \\ \vdots \\ W_m \circ R_m \end{pmatrix}$$

其中 B 值为最终判断矩阵决定。

2.4. 评价模型的求解

2.4.1. FAHP 层次的构建

进行外卖平台评估最关键的问题是确定评估指标问题，即通过什么因素来确定外卖平台的效果，这样的因素有很多，它们分别从不同的角度，不同的层面出发反映外卖平台的效果。为了尽可能的反应这些因素，根据系统性，科学性，可行性原则，为做到全方位，多角度的评价，本文构建了两级结构：

第一级，由于大众对于外卖平台的评价是基于不同的对象的，其中主要的三方为：商家，物流和软件(一般为手机端)，故本文将这三方设为第一级指标，便于子指标的归类。

第二级，根据不同的评估主体，分别为各个主体设立有代表性的子指标。基于问卷调查，《2017 中国网民网络外卖服务调查报告》等有关资料结果，经过整合我们对每个一级指标分别提出了四个有代表性的第二级指标。模型 1 所构建的 FAHP 层次如表 3 所示：

Table 3. Construction of FAHP level
表 3. FAHP 层次的构建

指标		指标解释	
外卖平台评价指标体系(A)	商家(B1)	食品价格 (C11)	商家食品价格
		食品安全 (C12)	食品的安全卫生情况
		食品口味 (C13)	食品的风味，口味
		商家态度 (C14)	商家客服的态度
	物流(B2)	配送速度 (C21)	配送时长
		配送准时 (C22)	能够在约定时间内送达
		配送价格 (C23)	配送食品的价格
		配送态度 (C24)	外卖员的态度
	软件(B3)	优惠力度 (C31)	平台给出优惠的力度
		使用方便 (C32)	平台使用的便捷性
		搜索广度 (C33)	搜索到商家/食品的数量
		意见反馈 (C34)	投诉功能的有效性

2.4.2. FAHP 指标权重的计算

一般而言，FAHP 构建优先关系矩阵是需要专家打分的，但是在外卖行业中很难定义何人能成为具有代表性的专家，因此本文通过问卷调查的形式，统计出了不同指标在消费者心中的权重，用这样一个比较具有代表性的进行评价。比如在第一级指标中，200 位受访者分别给出了表 4 这样的结果：

Table 4. Voting results
表 4. 投票结果

指标	一级指标	票数 1	二级指标	票数 2
(A)	商家 (B1)	99	食品价格 (C11)	9
			食品安全 (C12)	110
			食品口味 (C13)	61
			商家态度 (C14)	20
	物流 (B2)	81	配送速度 (C21)	60
			配送准时 (C22)	98
			配送价格 (C23)	12
			配送态度 (C24)	30
	软件 (B3)	20	优惠力度 (C31)	12
			使用方便 (C32)	40
			搜索广度 (C33)	60
			意见反馈 (C34)	88

值得注意的是，本文所构建的指标具有个体差异性，对于不同的消费者，这样的权重是不一致的，本文调查的群体主要为白领，因此软件因素所占的权重较小。在以自身为单位的时候，需要以自身的喜好重新定义优先关系矩阵。为了构建出合乎要求的优先关系矩阵，本文采用如下办法：

优先关系矩阵 $F_{n \times n}$ 中：下标 i, j 分别代表对应的指标 i ，指标 j ； $n(i)$ ， $n(j)$ 分别代表指标 i ，指标 j 的票数，则：

$$F_{ij} = \begin{cases} 0.5 + \frac{0.5}{e} & \text{当 } n(i) > n(j) \\ 0.5 - \frac{0.5}{e} & \text{当 } n(i) \leq n(j) \end{cases}$$

其中 $e = \max[n(i), n(j)] / \min[n(i), n(j)]$ 。

构建出的矩阵和结果为如表 5，表 6 所示。

2.4.3. FSEM 部分的求解

本文依照大多平台评价模式，将评价集划分为五个等级(一星，二星，三星，四星，五星)，在整理 200 位受访者的对三大平台的评价后，得到相应的隶属度。每个等级的隶属度等于该等级受访者人数占总受访者人数的总百分比，对于三大平台的比重统计结果如表 7 所示。

在 FAHP 中确定的权重的基础上，利用公式：

$$S = w \circ R = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m) \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} = (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

得到第一级模糊评价结果。为了获得更为准确的结果，本文将模糊评价中常用到四个算子全部使用，

以对美团外卖为例，在四个不同的算子下，三个第一级指标：商家(B1)，物流(B2)，软件(B3)的第一级模糊评价结果如表 8 所示。

Table 5. Evaluation matrix and index weight
表 5. 评价矩阵和指标权重表

评价矩阵 F					指标权重 W			
$\begin{bmatrix} A & B1 & B2 & B3 \\ B1 & 0.5000 & 0.9091 & 0.6010 \\ B2 & 0.0909 & 0.5000 & 0.6235 \\ B3 & 0.3990 & 0.3765 & 0.5000 \end{bmatrix}$	A	B1	B2	B3	[0.4572 0.2657 0.2771]			
	B1	0.5000	0.9091	0.6010				
	B2	0.0909	0.5000	0.6235				
	B3	0.3990	0.3765	0.5000				
$\begin{bmatrix} B1 & C11 & C12 & C13 & C14 \\ C11 & 0.5000 & 0.4591 & 0.4262 & 0.2750 \\ C12 & 0.5409 & 0.5000 & 0.7773 & 0.5909 \\ C13 & 0.5738 & 0.2227 & 0.5000 & 0.6639 \\ C14 & 0.7250 & 0.4091 & 0.3361 & 0.5000 \end{bmatrix}$	B1	C11	C12	C13	C14	[0.2088 0.3044 0.2428 0.2440]		
	C11	0.5000	0.4591	0.4262	0.2750			
	C12	0.5409	0.5000	0.7773	0.5909			
	C13	0.5738	0.2227	0.5000	0.6639			
	C14	0.7250	0.4091	0.3361	0.5000			
$\begin{bmatrix} B2 & C21 & C22 & C23 & C24 \\ C21 & 0.5000 & 0.1939 & 0.6000 & 0.7500 \\ C22 & 0.8061 & 0.5000 & 0.5612 & 0.6531 \\ C23 & 0.4000 & 0.4388 & 0.5000 & 0.3000 \\ C24 & 0.2500 & 0.3469 & 0.7000 & 0.5000 \end{bmatrix}$	B2	C21	C22	C23	C24	[0.2518 0.3206 0.2052 0.2224]		
	C21	0.5000	0.1939	0.6000	0.7500			
	C22	0.8061	0.5000	0.5612	0.6531			
	C23	0.4000	0.4388	0.5000	0.3000			
	C24	0.2500	0.3469	0.7000	0.5000			
$\begin{bmatrix} B3 & C31 & C32 & C33 & C34 \\ C31 & 0.5000 & 0.3500 & 0.4000 & 0.4318 \\ C32 & 0.6500 & 0.5000 & 0.1667 & 0.2727 \\ C33 & 0.6000 & 0.8333 & 0.5000 & 0.1591 \\ C34 & 0.5682 & 0.7273 & 0.8409 & 0.5000 \end{bmatrix}$	B3	C31	C32	C33	C34	[0.2079 0.1983 0.2559 0.3379]		
	C31	0.5000	0.3500	0.4000	0.4318			
	C32	0.6500	0.5000	0.1667	0.2727			
	C33	0.6000	0.8333	0.5000	0.1591			
	C34	0.5682	0.7273	0.8409	0.5000			

Table 6. Weight table
表 6. 权重表

指标	一级指标	权重 A1	二级指标	权重 A2
(A)	商家 (B1)	0.4572	食品价格 (C11)	0.2088
			食品安全 (C12)	0.3044
			食品口味 (C13)	0.2428
			商家态度 (C14)	0.244
	物流 (B2)	0.2657	配送速度 (C21)	0.2518
			配送准时 (C22)	0.3206
			配送价格 (C23)	0.2052
			配送态度 (C24)	0.2224
	软件 (B3)	0.2771	优惠力度 (C31)	0.2079
			使用方便 (C32)	0.1983
			搜索广度 (C33)	0.2559
			意见反馈 (C34)	0.3379

Table 7. Evaluation form of respondents
表 7. 受访者评价表

指标		美团评价等级比重					饿了么评价等级比重					百度外卖评价等级比重				
		很理想	比较理想	理想	不太理想	不理想	很理想	比较理想	理想	不太理想	不理想	很理想	比较理想	理想	不太理想	不理想
商家 (B1)	食品价格 (C11)	0.12	0.205	0.34	0.2	0.135	0.145	0.2	0.355	0.195	0.105	0.165	0.2	0.29	0.2	0.145
	食品安全 (C12)	0.15	0.5	0.2	0.1	0.05	0.12	0.39	0.3	0.13	0.06	0.13	0.35	0.4	0.07	0.05
	食品口味 (C13)	0.03	0.2	0.27	0.4	0.1	0.02	0.19	0.28	0.4	0.11	0.02	0.19	0.29	0.4	0.1
	商家态度 (C14)	0.05	0.1	0.2	0.45	0.2	0.04	0.09	0.2	0.46	0.21	0.07	0.11	0.2	0.42	0.2
物流 (B2)	配送速度 (C21)	0.09	0.1	0.2	0.4	0.21	0.1	0.1	0.21	0.39	0.2	0.08	0.1	0.19	0.4	0.23
	配送准时 (C22)	0.03	0.07	0.21	0.45	0.24	0.04	0.08	0.24	0.4	0.24	0.04	0.09	0.25	0.4	0.22
	配送价格 (C23)	0.1	0.3	0.4	0.15	0.05	0.12	0.46	0.3	0.07	0.05	0.11	0.32	0.4	0.11	0.06
	配送态度 (C24)	0.2	0.29	0.27	0.2	0.04	0.21	0.31	0.32	0.11	0.05	0.19	0.33	0.22	0.2	0.06
软件 (B3)	食品价格 (C11)	0.25	0.21	0.32	0.18	0.04	0.3	0.25	0.33	0.09	0.03	0.29	0.22	0.32	0.12	0.05
	食品安全 (C12)	0.45	0.31	0.23	0.01	0	0.46	0.32	0.21	0.01	0	0.45	0.29	0.24	0.02	0
	食品口味 (C13)	0.41	0.32	0.2	0.05	0.02	0.39	0.29	0.19	0.1	0.03	0.4	0.3	0.19	0.11	0
	商家态度 (C14)	0.2	0.38	0.22	0.16	0.04	0.16	0.33	0.24	0.2	0.07	0.19	0.36	0.24	0.16	0.05

Table 8. First level fuzzy evaluation of Meituan takeout
表 8. 美团外卖一级模糊评价

		一级模糊综合评价				
		一星	二星	三星	四星	五星
算子 1	B1	0.135486	0.249963	0.249963	0.200362	0.164225
	B2	0.156644	0.183316	0.20611	0.264307	0.189622
	B3	0.24519	0.323694	0.229928	0.153286	0.047902
算子 2	B1	0.09441	0.254181	0.290493	0.244492	0.116425
	B2	0.106553	0.185066	0.207062	0.323431	0.177887
	B3	0.272231	0.323453	0.215635	0.143757	0.044924
算子 3	B1	0.113327	0.236785	0.281403	0.222778	0.145707
	B2	0.125177	0.184069	0.257878	0.262993	0.169883
	B3	0.266429	0.312664	0.261448	0.128192	0.031266
算子 4	B1	0.095956	0.221273	0.301525	0.262672	0.118574
	B2	0.097792	0.193089	0.259007	0.296009	0.154103
	B3	0.316095	0.301659	0.243834	0.111124	0.027288

在第二级计算中, 和第一级类似, 同样分别使用了四个算子, 因此共有 16 个不同的评价向量。本文在这里提出复合算子的概念, 如在第一级中使用了算子 1, 第二级中使用了算子 2, 则复合算子为: 算子 1-算子 2。对于美团外卖的最终评价结果和统计图如表 9 所示:

Table 9. Final evaluation results of Meituan takeout
表 9. 美团外卖最终评价结果

复合算子	二级模糊综合评价				
	一星	二星	三星	四星	五星
算子 1-算子 1	0.199967	0.225967	0.20386	0.215558	0.154648
算子 1-算子 2	0.146672	0.246729	0.246729	0.19777	0.1621
算子 1-算子 3	0.181934	0.240521	0.232277	0.209237	0.13603
算子 1-算子 4	0.171504	0.252681	0.232758	0.204312	0.138744
算子 2-算子 1	0.212112	0.215883	0.226341	0.20706	0.138603
算子 2-算子 2	0.154107	0.237425	0.271343	0.228375	0.10875
算子 2-算子 3	0.1634	0.247353	0.246273	0.225832	0.117142
算子 2-算子 4	0.146906	0.255007	0.24758	0.237559	0.112947
算子 3-算子 1	0.211825	0.220286	0.22373	0.209093	0.135066
算子 3-算子 2	0.154051	0.22591	0.268478	0.212546	0.139015
算子 3-算子 3	0.170332	0.235435	0.270114	0.207112	0.117007
算子 3-算子 4	0.158896	0.2438	0.269622	0.207258	0.120424
算子 4-算子 1	0.217222	0.217222	0.236394	0.208345	0.120816
算子 4-算子 2	0.174849	0.201964	0.275212	0.23975	0.108227
算子 4-算子 3	0.162009	0.237922	0.276783	0.220067	0.103218
算子 4-算子 4	0.157438	0.236056	0.274241	0.229542	0.102723

依照最大隶属度原则，对于不同的复合算子，所得出的结果是不一样的。即使如此，在这 16 个算子中最倾向发生的评价中：二星占 10 个，三星占 4 个，四星占 2 个；对于饿了么外卖，二星占 8 个，三星占 5 个，四星占 1 个；对于百度外卖：二星占 4 个，三星占 12 个。本文为了做出直接的对比，将星级和其对应个数的乘机作为最终评判的标准，结果为：

NO.1 百度外卖：44	NO.2 美团：41	NO.3 饿了么：35
--------------	------------	-------------

三大外卖平台最终评价结果对比图如图 1 所示。

需要强调的是，上述结果仅对于受访的 200 名对象有参考作用，不同的用户群体需要根据自身的需求调节参数，以得到不同的排名。

2.5. 模型的优缺点

- 优点：**
- 1) FAHP-FSEM 模型有机结合了模糊层次分析法和模糊综合评价法，既将诸多不便于量化的因素以权重，评价矩阵的形式有效表示，又克服了一般 AHP 方法难以构建合乎要求的矩阵的问题。
 - 2) 在 FAHP-FSEM 模型中，FAHP 仅用于求出各级指标的权重，在求出总指标的过程中，不再使用 AHP 的多级权重相乘。
 - 3) 模型能做到因人而异，消费者可以根据自身的喜好在 FAHP 模型中设定权重，然后根据 FSEM 中根据与自己环境，喜好相似的群体评价，得出适合于自己的外卖平台排序。同理，对于商家，也可以根据对周围环境的调研，对商家自身的改进有很大的参考意义。

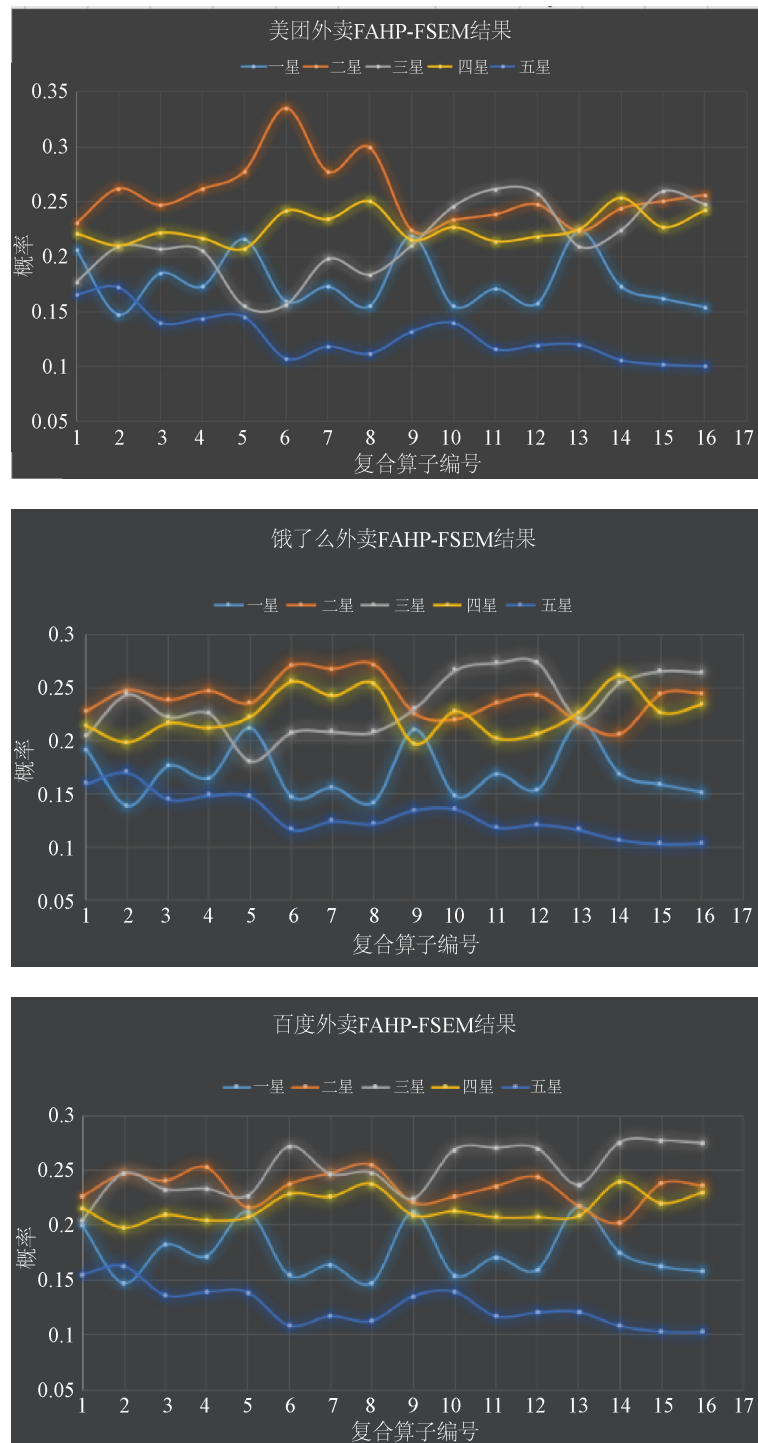


Figure 1. Final evaluation results

图 1. 最终评价结果

缺点:

1) 在 FAHP 模型中, 考虑到的因素及其仍可以增多, 可以设定更高一级的层次, 使得最终结果更有说服力。

2) 在 FSEM 模型中, 我们使用了最大隶属原则来评定不同平台的评价在不同算子下对应的星级, 实际上, 最大隶属原则由于只考虑了概率最大的星级, 而过滤去了很多信息。在今后的进一步研究中, 可以采用平均值法等其他原则。

3. 关于外卖平台送餐的优化问题讨论

3.1. 问题背景和研究思路

基于模型 1, 我们可以得出, 送餐的及时性和准时性是决定外卖平台排名的重要因素, 由于食品制作的速度一般而言是固定的, 则提升送餐及时性和准时性的办法有二: 增多外卖员的数量和改善算法, 提升送餐的效率。其中增加外卖员的数量, 是一种行之有效的办法, 但是雇佣过多的外卖员, 一方面将减少企业的利润, 随着外卖越来越大的需求, 这种方法是不足以解决问题的。

在送餐的早期, 外卖员从哪家商家取餐, 送到哪个客户的手上, 是由人工确定的: 调度员在接到订单后, 根据自身的经验来做出决策, 告知骑手, 这样的简单模式在外卖单数较小的时候可以满足需求。但是, 随着外卖的普及, 在外卖订单高峰期间热点地区所产生的大量订单是难以用人工指派的, 调度员自身的信息处理操作速度和准确性有限, 相应的替代办法——以自动算法为核心、人工处理为辅助的送餐方式就必然地出现了。如何通过技术手段, 让外卖平台数以万计的骑手高效工作, 在用户满意度持续提升的同时, 降低配送成本、提高骑手满意度、驱动配送系统的自动化和智能化成为了急需解决的问题。

学术上, 对于短途外卖配送的研究多为定性研究, 主要是对当前外卖市场的现状分析, 业务流程的描述和定性优化, 定量研究集中在如何使送餐路径最短上, 如林伟滨、柯含[4]利用集合覆盖模型和 EXCEL 线性求解得出的最优送餐模型。在这类问题上可以引入更好的模型进行优化。

商业上, 各个外卖平台已经在机器学习、运筹优化、仿真技术等方面有了完善的系统。以美团外卖为例, 系统首先通过优化设定配送费以及预计送达时间来调整订单结构; 在接收订单之后, 考虑骑手位置、在途订单情况、骑手能力、商家出餐、交付难度、天气、地理路况、未来单量等因素, 在正确的时间将订单分配给最合适的骑手, 并在骑手执行过程中随时预判订单超时情况并动态触发改派操作, 实现订单和骑手的动态最优匹配; 同时, 系统派单后, 为骑手提示该商家的预计出餐时间和合理的配送线路, 并通过语音方式和骑手实现高效交互; 在骑手送完订单后, 系统根据订单需求预测和运力分布情况, 告知骑手不同商圈的运力需求情况, 实现闲时的运力调度。通过上述技术和模式的引入, 持续改善了用户体验和配送成本。本文认为, 随着大数据和机械学习的不断深入, 外卖的送餐方式将朝着更快, 更有效的方向发展。

目前外卖常出现的问题, 不仅仅是客户等待外卖员, 同时也有大量的外卖员因为相关规定(大多 CBD 地区公司不允许送餐入楼)无法直接将外卖送到客户手中, 因等待客户取餐而不得不延误为下一位客户送餐的现象。同样是物流行业, 快递行业中使用到了自助快递柜, 这种柜子设立在公众场合, 由收件人按照时间自取, 受到自助快递柜(如图 2 所示)的启发, 本文提出了自助外卖柜的概念。

自助外卖柜是一种用于临时外卖储存的柜子, 外卖员只需要将外卖送至规定的外卖柜中, 客户接受到消息后自取外卖, 这样一来, 就减少了外卖员等待客户的时间, 进一步地提升了效率。实质上, 自助外卖柜就是取代了外卖员在等待客户过程中的作用。技术上, 外卖员载具上的保温箱已经很好地实现了保温、保质的作用, 自助外卖柜在技术上是完全可以实现的技术。

本文所探讨的问题是, 如何科学合理地设定自助外卖柜的位置和容量, 针对此提出了几条合理的建议, 为今后相关技术的出现提供一定的指导。



Figure 2. Self service takeout counter

图 2. 自助外卖柜

3.2. 建模讨论

上文中说, 临时外卖柜起到取代了外卖员在等待客户过程中的作用。于此同时, 我们也可以将临时外卖柜理解为另一种形式的“配送中心”。

配送中心是快递行业中的一个概念, 一般有省级、市级、区级等由大到小的分级配送中心, 快递的发出实际上是从一个配送中心到另一个配送中心的过程, 快递员从最后一级配送中心送货到客户手中。而临时外卖柜等同于最后一级配送中心, 并由客户自取。其要求有二:

- 1) 客户取餐时间控制在较小的区间: 如果只设立一个临时外卖柜, 外卖员的工作量的确可以大大减小, 但是客户取餐的时间上升将会导致对外卖的需求量大幅下降。
- 2) 将成本控制于合理的区间: 如果在区域内设立过多的临时外卖柜, 则加重了外卖员的负担, 在经济上也是不合理的。但是在实际的商业运作中, 在外卖需求旺盛的区域, 尤其是核心商圈的每一栋大楼下都设定一个外卖柜是可行的。

在本文中, 我们仅探讨在外卖柜数量有限的情况下, 如何最优地设置外卖柜放置地点, 因此本模型的实质是一个选址问题。

基金项目

2019 年高等学校大学数学教学研究与发展中心教学改革项目(CMC20190412); 中国石油大学(北京)教学改革项目(21G16016 & 29G17006)。

参考文献

- [1] 伍景琼, 韩春阳, 贺瑞. 生鲜食品冷链配送相关理论研究综述[J]. 华东交通大学学报, 2016(1): 45-54.
- [2] 王倩影. 外卖 O2O 行业配送模式选择研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [3] 陈晓曼. O2O 移动餐饮外卖顾客信任评价体系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [4] 林伟滨, 柯含. 学校外卖配送点选址研究[J]. 物流工程与管理, 2017, 39(2): 84-87.