

无人机外卖配送中心布局优化研究

肖 倩,赵沛婷,唐 澜,郑 琪
(上海工程技术大学管理学院,上海 201620)

摘要:利用无人机进行消杀、巡视及物资投递可以降低人员间的接触,提高工作效率。但无人机在外卖领域的应用还未被推广。基于此,本文提供一种新的无人机配送视角。首先,分析现有外卖配送模式存在的问题和无人机外卖物流的应用。接着,通过重心法,对无人机外卖配送中心选址并制定备选方案;利用数据包络分析法,对备选方案做出决策。最后,以松江大学城为例,对配送中心选址和布局进行了验证。

关键词:无人机外卖配送;数据包络分析法;重心法;中心布局优化

[DOI]10.12231/j.issn.1000-8772.2020.29.217

1 引言

随着互联网+时代的到来,以及智能识别的广泛应用,餐饮行业与互联网的联系越来越紧密,网上订餐已成为趋势,外卖配送服务应运而生。根据2019年《互联网发展统计报告》,截至2018年12月,我国网上外卖用户人数已达4.06亿,较2017年底增长了18.2%,继续保持较高增速。手机网上外卖用户规模达3.97亿,增长率为23.2%,使用比例达48.6%,外卖市场“两分天下”竞争格局已然清晰,在市场变化和平台战略调整背景下,新的行业趋势正在形成。一是外卖业务在本地生活服务生态体系中的重要性日趋凸显,逐步成为各平台在生活服务领域竞争的胜负关键;二是行业生态进一步开放,协同实现多赢。

现有外卖众包配送模式是由顾客在外卖平台点单、商家接单并准备食材、骑手接单配送构成^[1]。但在配送高速发展的今天,在配送过程中骑手的安全、顾客隐私泄露等问题等仍然频繁发生。未来即时配送要持续健康发展,需完善行业法律法规,更重要的是与目前的配送新技术、新模式进行有机结合,优化末端配送网络。无人机在外卖配送行业的应用在未来发展空间是不可估计的,在日益注重效率的大背景下,无人机将是未来外卖配送行业的发展趋势。

2 文献综述

无人机外卖配送是一个新兴的产业,但自该想法提出后,科研人员不断加大科研投入,不断地开发与试点,这预示着在物联网不断发展的今后,无人机外卖配送或将成为发展未来智慧城市的一项重要技术。许多公司已经利用无人机外卖进行试点。在2017年,饿了么未来物流团队打造的中国首个外卖机器人“万小饿”。在2018年5月29日,饿了么宣布获准开通一批无人机即时配送航线,此次开通的航线共17条,这标志着无人机送餐正式进入商业领域。在无人机外卖送餐模式下,本地及时送餐时效将至少减少10分钟^[2]。并且,根据2018年民航资源网《中国首批无人机送餐航线获批准》,无人机配送可节省40%~60%的配送时间,待航线扩充形成空中物流网后,规模化运营的配送成本可降低50%。

目前,关于无人机应用的研究主要集中在农业、医疗、物流运输等方面,在外卖配送方面的研究甚少。廖力钢在《无人机应用于餐饮快递浅析》中提出了以高端餐饮为对象,利用无人机中转站,结合传统人力配送的无人机餐饮快递模式^[3]。

任新惠、岳一笛等人《无人机车辆组合物流配送路径规划探讨》的研究中论述了日前车辆和无人机组运行的4种模式,探究了包括无人机自身因素、运输包裹的数量以及时间窗因素在内的无人机和车辆组合路径规划方案^[4]。该研究主要分为3类,包括考虑最短配送时间、最小总成本和多目标规划,为无人机物流配送提供了可行性路线规划。

此外,任新惠在《基于多因素的城市即时创新配送模式研究》一文中以城市即时配送环境以及无人机联合配送模式为研究对象,针

对无人机与卡车、无人柜、无人仓联合配送模式进行研究,以配送成本、碳排放量和配送效率为对比依据进行计算分析,得出无人机与无人仓相结合模式因其配送距离短而费用低、成本低、速度快的结论^[5]。由此可见未来无人机配送模式的发展趋势。

3 问题描述及模型建立

3.1 问题描述

本文提出了无人机外卖配送模式,以松江大学城及周边为例,选取无人机布局中心并进行配送模拟。在无人机外卖配送的模式中,顾客通过手机APP家接单后并对订单开始处理,同时将信息传递给无人机停放布局中心,无人机接收到信息后对外卖进行配送,此时商家通过定位系统对无人机进行实时监控,无人机抵达目的地后,顾客通过扫描机身上的二维码取出自己的外卖,确认收货后无人机返航。基于此,提出如图1所示配送策略:

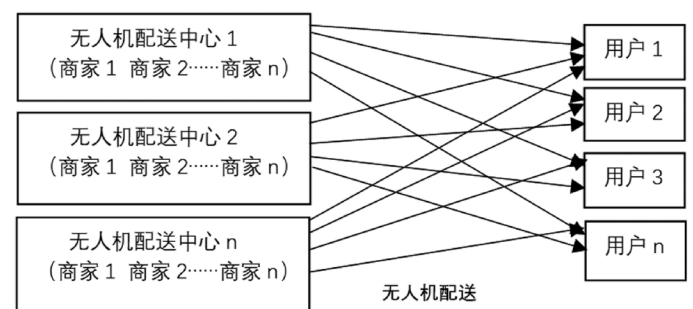


图1 无人机配送模式图

在该配送策略中,假设商家围绕无人机配送中心进行营业,接下来将选取任意一个无人机配送中心的进行研究。

3.2 模型建立

3.2.1 符号说明

符号	符号定义
k_i	从配送中心到各需求点的单位运费
m_i	每个需求地的需求量
(x_i, y_i)	需求点的坐标数值
ce	成本效率
os	输出松弛度
is	输入松弛度

3.2.2 模型建立

重心法(The centre-of-gravity method)是把一种具体的问题抽象成数学表达式,经由过程求解建立模型中的数学公式找出最优方案的方法。在该方法中,物流体系中的需求点和资源点看成是分布在某一平面范围内的物流体系,各点的需求量和资源量分别看成是

物体的重量,物体体系的重心作为外卖配送网点的最优点⁶。

重心法的模型计算公式如下:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i m_i x_i}{\sum_{i=1}^n k_i m_i} \quad (1)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i m_i y_i}{\sum_{i=1}^n k_i m_i} \quad (2)$$

式中, (X_0, Y_0) 为需要确定点的坐标, (X_i, Y_i) 为各个需求点的坐标数值, k_i 表示从配送中心到各需求点的单位运费, m_i 表示的是各需求地的需求量。

数据包络分析法 (the Data Envelopment Analysis) 是以相对效率观点为基础发展起来的一种新的评价方式, 大致可以分为 CCR、BCC、FG、ST 四个经典模型。根据研究的目的, 本文选择 CCR-DEA 模型, 即不变规模报酬的 DEA 模型⁷。原理如下所示:

假设有 n 个方案或单位并且具有可比性, 且这 n 个方案或单位中有 m 种输入指标 a_j 和 s 种输出指标 b_j , $A_j = (a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots, a_{mj})^T$; $B_j = (b_{1j}, b_{2j}, b_{3j}, \dots, b_{sj})^T$; 其相对应的权向量记作 v 和 u , $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$, $U = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$ 则其中一个方案或单位的效率计算如下:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r b_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i a_{ij_0}}$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^s u_r b_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i a_{ij}}$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0, r=1, 2, \dots, s; i=1, 2, \dots, m$$

3.2.3 联合采用重心法与 DEA 法的选址研究

重心法描述的是在理想状态下求出的位置, 但假设条件在实际生活中会受到一定的限制。因此本文将在重心法计算中简化处理。假设条件包括以下几方面:

- (1) 将现实生活中分散于各区域内的多个消费点的需求量集中于一点。
- (2) 模型忽略各地修建仓库所需的成本和各地不同的经营成本, 只考虑运输成本。
- (3) 运费和运输距离是线性比例关系。
- (4) 模型中心与其他节点之间的线路为直线。
- (5) 模型忽略未来收入和成本的变化只考虑现有的某一时间段。

数据包络分析法中所运用的变量来自实际的数据, 因此所得结果避免了人为因素的干扰。单一使用数据包络分析法用于选址仅能得出有效的选址方案, 无法获得最优点。因此, 本文尝试将重心法与 DEA 两者结合, 使计算结果更具有科学性与可行性。这个过程主要分为两个阶段: 第一阶段运用重心法进行计算得到理论中最合理的地点, 但实际情况中可能有所偏差, 因此还需把在理想选址地点附近的可用地址罗列出来作为备选方案。第二阶段运用数据包络分析法的模型计算出结果进行决策, 降低主观性对选址结果的影响, 从



图 2 选取点坐标分布图

而得出最优点。

4 数值仿真

以上海市松江大学城及周边为例, 从统计学的角度来说, 每个选取点的外卖需求量与该点的人数比为 48.6%, 假设每个人同样时间内所需外卖数都为 1, 因此可以用每个点所占人数来代替每个选取点的外卖需求量数。

4.1 基于重心法进行初步选址

首先构建参照坐标并简化, 在谷歌卫星平面地图上建立相对坐标系, 相关参数作四舍五入处理。如图 2 所示, 用圆点标出每栋宿舍楼的中心位置, 以新松江路与滨湖路交界点为坐标原点, 以米为单位刻度, 建立参照坐标系。每个选取点的坐标如表 1 所示。

利用重心法模型的计算公式, 将表 1 中的数据代入公式(1)、(2), 得 $X_0=95, Y_0=1320$, 故重心坐标为(95, 1320), 如图 2 中 B 点所示。

运用重心法选址模型确定了最优点, 基于现实生活中各种因素的影响, 还需考虑理想选址点是否有足够空间、在运作过程中成本是否经济以及对周边居民及消费者是否便利等情况。所以在运用重心法模型计算出坐标后, 以该坐标为参考, 再结合实际情况选出几个备选地址。

按照松江大学城及其周边的特点, 将大部分行人经过的日常通勤路线及原有建设的基础上, 把可用的地址罗列出来作为备选方案, 然后在基于数据包络分析法对备选方案进行评估。

经过实地考察, 选出了三种备选方案: 第一种在重心坐标点 B 处设置配送中心, 本例中是现有美食广场; 第二种是在重心坐标直线距离约为 200m 的 C 点处设置配送中心, 本列中是另一个现存的

表 1 坐标与需求量基本情况

选取点	A1	A2	A3	A4	A5
坐标 (c_i, y_i)	(330, -90)	(1830, 60)	(700, 2100)	(-810, 1350)	(940, 1360)
需求量 (m_i)	400	850	800	14300	12900
单位运费 ¹⁸ (k_i)	5	5	5	5	5

表2 相关数据

选址方案	输入					输出
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	
B	129	6.2	1.26	3.4	64	310
C	61	2.4	3.84	8.2	163	119
D	101	5.9	2.61	6.2	81	98

表3 各选址方案综合评价指数

选址方案	te	os	is
B	1.000	0.000	0.000
C	0.992	0.000	159.527
D	0.404	0.000	37.098



图3 备选点分布图

美食广场；第三种是在距离重心坐标约为1500m的D处设置配送中心，此处为一个商场，如图3所示。

4.2 基于数据包络分析法对备选方案进行决策

为了简洁明了说明DEA模型在配送中心选址中的适用性，本文选用了文献[9]中的选址数据以及联系现实情况进行实证分析，主要将选址指标简化为六个指标。指标中，土地价格(P_1)、输出成本(P_2)、距交通主干道距离(P_3)、交通条件(P_4)与对生态环境的影响(P_5)属于输入指标，城市规划用地要求(P_6)属于输出指标。相关数据如表2所示。

通过DEAP Version2.1最后求出三个选址方案的各评价指数如表3所示。

其中ce(cost efficiency)代表成本效率，os(Output Slacks)代表输出的松弛度，is(Input Slacks)代表输入的松弛度。

根据上表中的数据分析，B方案te=1且不存在输入和输出的松弛度，所以方案B是最优的。通过使用数据包络分析法得出的结果与单独采用重心法得出的结果一致可以理解为一种巧合。但如果单一使用重心法得到的选址可能会受到限制，如计算出来的点刚好是道路或是居民区等。在使用重心法计算出理论点后，再运用数据

包络分析法联系实际生活加以分析，这无疑为选取最优点增加了可靠性。

5 结束语

无人机的应用范围随着技术的变化越来越广泛，在实现农业、医疗方面的有效运用后，无人机随着现代人生活方式的变化有了新的用途。无人机外卖配送中心布局优化问题是随着电子商务发展而出现的新问题，本文将重心法与数据包络分析法相结合，应用到现实生活中无人机外卖配送中心的选址决策中。该方法计算过程简便明了，具有较高的科学性和可行性。在无人机快递技术的参考下，利用无人机实现外卖配送，实现无人机的外卖配送后，将大幅度提高配送效率以及减少安全事故的发生。最终可以帮助智慧城市战略这一目标的实现。

参考文献

- [1]陆丹,徐国虎.基于“众包”的企业创新模式研究[J].物流科技,2013,36(08):127-129.
- [2]杨烁萍.饿了么获批中国首条外卖无人机航线[J].金融科技时代,2018(06):93.
- [3]廖力钢.无人机应用于餐饮快递浅析[J].物流技术,2017,36(03):35-38.
- [4]任新惠,岳一笛,尹晓丽,等.无人机车辆组合物流配送路径规划探讨[J].飞行力学,2020,38(02):88-94.

[5]任新惠,王柳,邹心彤.基于多因素的城市即时配送创新模式研究[J].商业经济研究,2020(11):133-136.

[6]汤云峰.基于重心法和层次分析法的高校快递智能柜选址布局问题研究[J].山东科学,2019,32(03):65-72.

[7]黎恒,樊辉.基于CCR-DEA的省域全要素能效评估[J].价值工程,2019,38(06):15-18.

[8]汪芸芳,刘粉.无人机配送中心布局优化研究[J].中国储运,2017(12):122-123.

[9]李爽,潘秀.基于DEA/AHP模型的物流配送中心选址研究[J].企业经济,2017,36(06):44-48.

作者简介:肖倩(1998-),女,四川眉山人,主要研究方向:供应链管理;赵沛婷(1999-),女,四川宜宾人,主要研究方向:供应链管理。