

考虑顾客自提需求的社区团购城市配送网络设计

钱春杏

江南大学商学院, 江苏 无锡

收稿日期: 2024年2月20日; 录用日期: 2024年3月11日; 发布日期: 2024年4月26日

摘要

针对社区团购平台面对多个团长点申请时如何选择申请通过的问题, 考虑到团长点服务范围需要覆盖所有顾客点, 结合顾客在面对多个团长点可自提取货时, 往往会优先选择接受最近的团长点的服务的现实情况, 构建了基于联合覆盖思想的团长点选址模型, 以团长点服务覆盖程度最大化、顾客自提效用最大化为目标, 运用非支配遗传算法对模型进行求解, 从46个团长点中选出了35个开放服务, 解决了平台在面对众多团长申请时如何决策的问题, 帮助平台开拓城市网点服务。此外, 以网格仓运输成本最小化为目标, 优化生成网格仓配送路径, 优化结果建议使用6辆车辆对团长点进行配送, 车辆行驶总距离为502.19, 总配送成本为622.19。

关键词

联合覆盖、非支配遗传算法、选址 - 配送

Urban Distribution Network Design for Community Group Purchases Considering Customer Self-Pickup Demand

Chunxing Qian

School of Business, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu

Received: Feb. 20th, 2024; accepted: Mar. 11th, 2024; published: Apr. 26th, 2024

Abstract

For the community group-buying platform to face the problem of how to choose to apply for the

application when more than one group leader point application, taking into account that the service scope of the group leader point needs to cover all customer points, combined with the fact that customers in the face of more than one group leader point can pick up the goods, often give priority to accepting the services of the nearest group leader point, constructed a group leader point location model based on the idea of joint coverage to maximize the degree of coverage of the service of the group leader point and maximize the utility of the self-pickup of the customer as the goal. With the maximization of self-pickup utility as the goal, the model is solved by using non-dominated genetic algorithm, and 35 open services are selected from 46 head points, which solves the problem of how to make decisions when the platform is facing many applications from the head, and helps the platform to develop the service of urban outlets. In addition, with the goal of minimizing the transportation cost of the grid warehouse, the optimization generates the distribution path of the grid warehouse, and the optimization result suggests the use of 6 vehicles to distribute to the headman points, and the total distance traveled by the vehicles is 502.19, and the total distribution cost is 622.19.

Keywords

Joint Coverage, Non-Dominated Genetic Algorithms, Site Selection-Distribution

Copyright © 2024 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

随着互联网的普及和电子商务的发展，线上零售成为新的出口。社区团购作为短途零售应运而生，据 QuestMobile 统计，社区团购 28.1% 的用户来自三线及以下城市，21.8% 的用户来自四线及以下城市，这代表着电商业务从线下走到线上再回归线下，以门店加盟的方式进一步接触下沉市场，扩大消费者群体。社区团购弥补了低线城市线下超市空缺的问题，并拥有近距离取货的便利性优势，用户规模从 2017 年的 2.12 亿人上升至 8.76 亿人，且未来将保持持续增长趋势。

社区团购背景下，传统的实体零售从原来的中心化购物场景转变为以社区为单位的小中心购物场景，消费人群在社交和内容的影响下有了初步的结构化聚集，用户之间的社交分享、推荐是以节点型的网络形态呈现，每一个社区之间有交叉范围，用户的使用反馈往往能在社群内直接快速的分享和传播。社区团购模式发展期，平台往往面临着团长点选择问题，在一定的服务区域内，开放过少的团长点会需要一些顾客走较远的距离自提取货，开放过多的团长点是一种资源浪费，会使得订单分散化管理，不仅增加网格仓的分拣工作量和配送的效率，还会稀释团长收益、增加顾客提货点选择困难，造成团长和顾客服务与购买积极性下降，不利于社区团购长远化发展。因此，对团长点的位置进行选址并生成网格仓配送路径，兼顾顾客自提需求的同时整合末端资源，贴合社区团购未来的发展需求。

配送中心的选址和配送路径决策往往会影响物流效率，学者对选址问题的研究主要集中在供应链配送中心的选址上，分别结合研究对象对运输的需求进行分类研究。Liu [1] 收集商品偏好数据，对商品进行分组并赋予权重，在山东四个城市中选择最优方案对综合物流配送中心进行选址。Yazdani [2] 开发了两阶段决策模型，在第一阶段以数据包络分析对备选区域进行评价，在第二阶段评估备选区域的性能，最终选择出合适的物流中心位置。张子卿 [3] 综合考虑粮食产量的不确定和服务中心的多功能性，要求在满足粮食产后服务需求和相关能力约束的前提下，以成本最小化为目标对服务中心进行选址决策。易海

燕[4]根据调研发现的社区团购供应链特征,构建考虑顾客粘性的新鲜度损失的社区团购配送中心选址模型,采用配送数量中心约束降低配送总成本。在选址决策中,若想覆盖所有需求点将会导致过高的建设成本,因此在现实选址问题中,往往会限制设施点数量,使得覆盖的总需求点总价值最大化[5]。传统的覆盖模型假设需求点在设施范围内才能被覆盖且只能被最近的服务点覆盖,逐渐覆盖和联合覆盖思想松弛这两个假设[6],完善覆盖选址的运用。

在覆盖选址算法研究方面,Calvao [7]为最大覆盖位置问题设计了拉格朗日启发式方法,Maximo [8]研究开发新的智能引导自适应搜索元启发式算法来解决最大覆盖选址问题的大规模实例问题。在覆盖选址建模优化方面,He [9]引入均值偏移算法优化最大化覆盖模型,用于处理大规模平面最大化覆盖选址决策。Berman [10]分析随机变量范围信息,运用逐渐覆盖理论旨在找到最小最大遗憾覆盖值,从而最大限度地减少最坏情况下覆盖损失。

车辆配送路径的选择往往受到多重因素影响,例如路况,配送成本、客户需求、车辆类型等,将这些因素纳入路径规划中,可以帮助降低车辆的配送成本,提高货物运输效率。末端配送往往需要和客户接触,客户满意度是衡量配送效果的一个重要指标。Barkaoui [11]认为客户满意度水平于服务质量水平密切相关,顾客需要经历过多次低质量服务才会出现明显的不满意,因此满意度会在初始数值基础上之后随被服务次数不断更新。刘畅[12]将顾客满意度和社区团购终端配送服务水平结合,客户满意度与当前阶段的配送服务密切相关。

综合上述文献可以看出,国内外学者对选址问题和路径优化进行了大量的研究,取得了显著的成果,为本文研究提供了大量理论和方法指导。虽然已有一些学者在传统的选址模型基础上优化,将其运用于社区团购,但是,对社区团购区域团长点选址问题的研究较少,所以,以社区团购为背景,对其模式涉及的选址-配送问题进行研究是值得的。现阶段对选址问题的研究主要配送中心选址问题上,而对末端网点特别是社区团购背景下的团长点选址研究较少。如何通过合理安排社区团长点数量和间隔距离,减少不必要的团长点设施浪费,提升顾客自提满意度是有待进一步深化的问题。

2. 研究问题

社区团购的城市仓配链条组成为“网格仓-团长点-顾客”,见图1,目前许多小店店主愿意申请

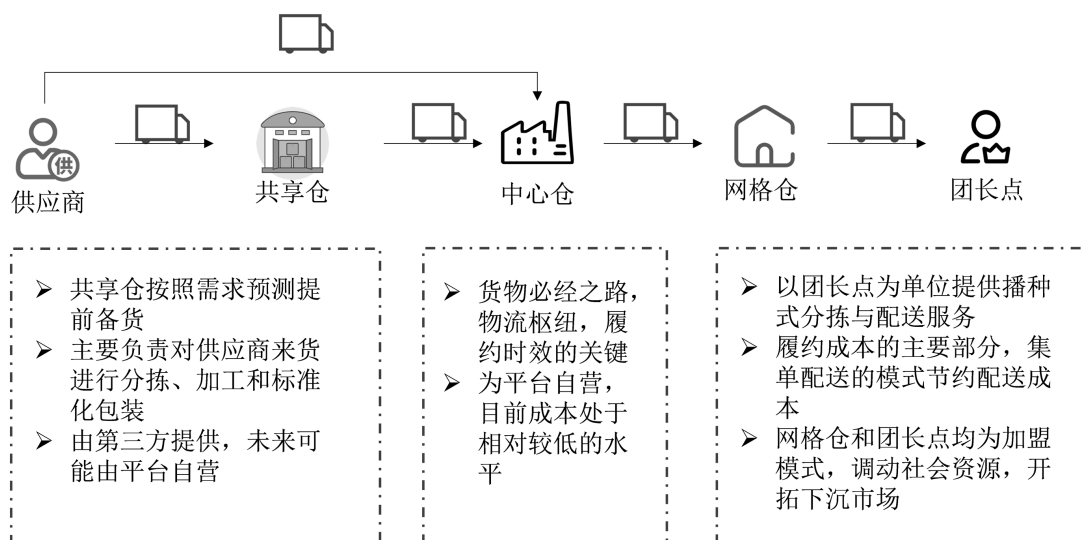


Figure 1. The network structure of community group-buying

图 1. 社区团购网络结构

成为社区团购的团长点，一方面能拓宽小店业务范围，提高店主收入，另一方面能增加小店客流量，挖掘潜在顾客。门店店主从社区团购软件上报名申请成为团长点，平台同意其申请并将其纳入配送目的地。在经营过程中，平台面对众多店主申请，往往面临着团长点选址决策困境，不仅需要根据周边订单需求情况决定团长点开放数量，还需要系统性地从成本、配送效率以及经营效益等多方面综合考量开放的团长点位置。

社区团购的城市末端配送网络由 N 个网格仓， i 个团长点和 j 个顾客点组成，其中已有 I 个门店申请成为团长点，需要从中选出 i 个作为最终开放服务的团长点。顾客下单时会根据团长点的远近选择合适的团长点作为次日自提点，若团长点设置的离顾客点过远，可能会因取货繁琐使得顾客满意度下降。因此，在满足顾客提货需求的前提下，平台会合理安排团长点数量和位置，将顾客点分配到对应的团长点，尽可能缩短顾客自提距离，从而提高顾客取货满意度。基于此，生成网格仓配送路径，实现社区团购城市末端配送。

3. 模型构建

3.1. 模型假设

为了便于问题的研究，本文做出如下假设：

- 1) 目前有的城市团长会提供送货上门和自提两种服务，但本文研究只供顾客自提的情况。
- 2) 尽管团长点会因店面大小不同而有处理容量的限制，但在实际经营中，团长并不会因货物量超限而拒绝接受订单，周边顾客的货物也不会自动转移到另外的网点，因而本文不考虑团长点的容量限制。
- 3) 由于团长点对顾客的吸引力受到多种影响，且本文描述的是不同顾客对同一团长点服务质量的认知偏差，为方便研究，故将团长点吸引力因子定为一个固定数值。
- 4) 平台会提前统计顾客需求，每个团长点每天仅由一个网格仓的一辆车进行一次服务，车辆服务完成后将返回网格仓。

3.2. 模型符号

本文所用到的模型参数见表 1。

Table 1. Model parameters

表 1. 模型参数

符号	含义
I	社区团购团长点的网点集合
J	社区团购顾客点的网点集合
D_{ij}	团长点 i 到顾客点 j 的距离
R_m	团长点能够提供服务的最大覆盖半径
R	团长点服务能够完全覆盖团长点的最大半径
$f_j(D_{ij})$	团长点对顾客点的覆盖程度
R_{\min}	顾客感到非常满意时所能接受的最短自提取货距离
R_{\max}	顾客感到不满意时所能接受的最长自提取货距离
β	顾客对自提距离的敏感系数

续表

$f(D_{ij})$	顾客对取货距离的满意度
U_{ij}	顾客 j 对团长点 i 的效用
A_j	团长点 i 的吸引力因子
τ_j	顾客 j 的需求弹性系数
Q_{ij}	顾客 j 在团长点 i 的取货量
M	一个足够大的正整数
C_k	车辆单位运输费用
E_k	每辆车辆固定成本
d_i	每辆车的运载量
d_{ij}	网格仓 i 到团长点 j 的距离

决策变量:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{团长点 } i \text{ 开放服务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{顾客 } j \text{ 接受自提点 } i \text{ 的服务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$Z_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 辆车从节点 } i \text{ 驶向节点 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{网格仓 } i \text{ 服务团长点 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

3.3. 模型构建

3.3.1. 联合覆盖模型

考虑到社区团购的每个顾客都要接受到团长点服务，即顾客点需要满足团长点最低覆盖水平，本文采用刘嘉文等(2020)提出的考虑两点之间距离建立的覆盖程度函数[13]，则团长点 i 对顾客点 j 的覆盖程度模型为:

$$f_j(D_{ij}) = \begin{cases} 1, & D_{ij} \leq R \\ \frac{R_m - D_{ij}}{R_m - R}, & R < D_{ij} \leq R_m \\ 0, & D_{ij} > R_m \end{cases} \quad (1)$$

其中 D_{ij} 表示团长点 i 到顾客点 j 之间的距离， R_m 表示团长点能够提供服务的最大覆盖半径， R 表示团长点服务能够完全覆盖顾客点的最大半径。当顾客点 j 位于团长点 i 的完全服务覆盖半径内时，团长点 i 对 j 的覆盖程度为 1，反之，当顾客点 j 位于团长点 i 的服务最大覆盖范围外时，团长点 i 对 j 的覆盖程度为 0。

3.3.2. 顾客取货满意度模型

杨聚平等(2014)认为要将提货地点设置在顾客期待范围内,可以减轻顾客取货负担并增加顾客满意度[14],考虑到顾客大都是步行取货,取货距离的远近是关键,影响顾客效用[15],本文设置了顾客满意度随取货距离变化的线性递减函数,当自提距离在一定范围内时,顾客到团长点越近其满意度越大;当自提距离超过一定范围时,客户满意度为零,则顾客满意度隶属函数为:

$$f(D_{ij}) = \begin{cases} 1, & 0 \leq D_{ij} \leq R_{\min} \\ 1 - \left(\frac{D_{ij} - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \right)^\beta, & R_{\min} < D_{ij} < R_{\max} \\ 0, & R_{\max} \leq D_{ij} \end{cases} \quad (2)$$

其中, R_{\min} 表示顾客感到非常满意时所能接受的最短自提取货距离, R_{\max} 表示顾客感到不满意时所能接受的最长自提取货距离, β 表示顾客对自提距离的敏感系数。当 $\beta < 1$ 时,顾客自提距离满意度为凹函数,当 $\beta > 1$ 时,顾客自提距离满意度为凸函数,当 $\beta = 1$ 时,顾客自提距离满意度为线性函数。

3.3.3. 顾客效用函数

社区团购的顾客群体呈现区域化聚集特征,特有的社区属性使得顾客能快速并相对信任地接受熟人的评价与反馈,当顾客满意时,其正向评价可以带动周围人消费,刺激需求,当顾客不满意时,其负向评价会抑制需求[12],因此,关注顾客服务,提升顾客效用对提升社区团购顾客需求是有现实意义的。以顾客到团长点的距离描述团长点的可达性,并参考竞争选址思想,构建顾客 j 选择团长点 i 的效用函数:

$$U_{ij} = A_{ij} f(D_{ij}) \quad (3)$$

其中, U_{ij} 表示顾客 j 对团长点 i 的效用函数, A_{ij} 表示团长点 i 的吸引力因子,在此模型下,顾客选择团长点的效用与团长点的吸引力成正比,与团长点到顾客点的距离成反比,因此,当团长点离顾客点的距离够近时,顾客的效用将会趋于无穷大。

3.3.4. 选址 - 配送模型

考虑到目前的团长点大都是在已有的门店基础上,不再需要过多投入建设和经营资金,因此本文不考虑团长点的运营成本。由于团长点的选址问题不仅与团长有关,还与顾客息息相关,因此,分别从团长和顾客两个利益角度出发,在优化社区团购城市配送系统的同时,使得顾客自提满意度最大化。

社区团购平台做的团长点选址决策模型如下所示:

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J A_{ij} f_j(D_{ij}) Y_i \quad (4)$$

$$\max Z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{ij} \quad (5)$$

St:

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1, \forall j \in J \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_i \leq p \quad (7)$$

$$X_{ij} \leq Y_i, i \in I, j \in J \quad (8)$$

$$Q_{ij} q_{ij} X_{ij} \leq M Y_i \operatorname{sgn}(f_j(D_{ij})) \quad (9)$$

$$D_{jn} \geq X_j X_n D_{\min}, \forall j, n \in J \text{ 且 } j \neq n \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^I f_j(D_{ij}) Y_i \geq 1, \forall i \in I \quad (11)$$

式(4)表示所有顾客点被覆盖的程度之和最大化；式(5)表示顾客效用最大化；式(6)表示每个顾客仅由一个团长点服务；式(7)表示团长点的个数不能超过 p 个；式(8)表示只有开设团长点才能提供服务；式(9)表示只有顾客点 j 在团长点 i 的服务覆盖范围内时，顾客才可以到团长点取货；式(10)表示任意两个团长点的距离不得小于最小值；式(11)表示每个顾客点都被团长点覆盖。

参考刘嘉文对非线性约束的处理方法，将式(10)改为：

$$D_{jn} \geq (X_j + X_n - 1) D_{\min}, \forall j, n \in J \text{ 且 } j \neq n \quad (12)$$

网格仓加盟商做的团长点配送决策模型如下所示：

$$\min = \sum_{i \in N} \sum_{j \in I} \sum_{k \in K} D_{ij} C_k Z_{ijk} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in I} \sum_{k \in K} E_k Z_{ijk} \quad (13)$$

St:

$$\sum_{i \in N} M_{ij} = 1, \forall j \in (I' \subsetneq I) \quad (14)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} Z_{ijk} \leq 1, \forall j \in I \quad (15)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in I} Z_{ijk} d_i \leq Q_k, k \in K, i \neq j \quad (16)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} Z_{ijk} \leq |S| - 1, \forall S \in I, \forall k \in K \quad (17)$$

$$\sum_{j \in I} Z_{ijk} = \sum_{j \in I} Z_{ijk}, i \in N \text{ 且 } k \in K \quad (18)$$

式(13)表示网格仓运营成本最小化；式(14)表示每个团长点仅由一个网格仓服务；式(15)表示车辆从开设的网格仓出发，每个团长点有且只能被一辆车访问一次；式(16)表示从网格仓出发的车辆的实际运输量小于其最大容量；式(17)用于消除网格仓之间的子回路；式(18)表示从网格仓出发的车辆必须返回网格仓。

4. 非支配遗传算法

本文求解的为多目标优化问题，各个目标之间相互制约，某一目标函数的改善可能会损坏另一目标函数的结果，难以存在一个目标解使得所有结果最优，所以多目标优化问题的解集往往是一个集合，即 Pareto 集合。目前求解多目标问题的方法众多，其中较为典型的为非支配遗传算法 NSGA-II。

NSGA 是在传统的遗传算法上对个体进行了快速非支配排序，但存在计算量大，需要人为地指定共享半径等缺点，而 NSGA-II 在使用快速非支配排序法的同时，引入精英策略与拥挤度排序方法对生成的种群进行优化筛选，提升了优秀个体的留存率，有利于个体能够在整个区间内进行选择、交叉和变异[16]。

4.1. 非支配遗传算法设计

1) 初始种群形成

本文采用二进制编码的方式，其中 0 代表未选中的团长点，而 1 代表选中的团长点，个体的适应度是衡量个体是否能保存进入下一代的指标。根据轮盘赌选择方式，计算每个个体的适应度值 $f(x_i)$ ，将生成的种群中所有个体的适应度相加，并把每个个体的适应度值与整体的适应度总和相比，得到一个介于 0~1 的随机数 $p(x_i)$ ，根据 $p(x_i)$ 的大小， $p(x_i)$ 越大，选中进入下一代的概率越高。

$$p(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{j=1}^N f_j} \quad (19)$$

随后，模拟自然界中染色体的交叉换位和基因变异，对生成的染色体进行交叉变异处理，生成新的染色体可供选择，具体变化形式见图 2。

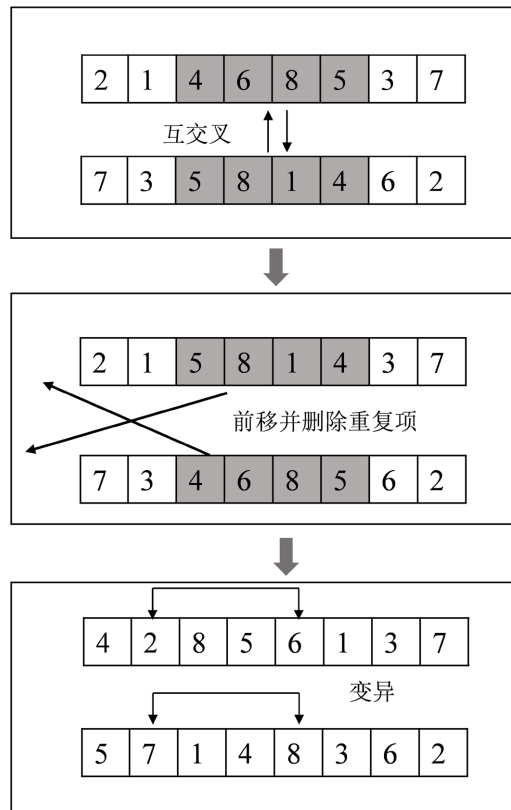


Figure 2. Chromosome crossovers and mutations
图 2. 染色体交叉和变异

2) 快速非支配排序

对于最小化多目标优化问题，对于 n 个目标函数 $f_i(x), i=1, \dots, n$ ，若 a 为 i, \dots, n 中的任意整数， b 为 i, \dots, n 中的任意整数，且 $a \neq b$ ，若对于 $\forall i \in 1, 2, \dots, n$ ，都有 $f_i(x_a) \leq f_i(x_b)$ 成立，或 $\exists i \in 1, 2, \dots, n$ ，使得 $f_i(x_a) < f_i(x_b)$ 成立，那么则称 x_a 支配 x_b 。若对于任意决策变量来说，不存在其他变量能够支配它，则称该决策变量为非支配解。

种群中支配个体 i 的个体数量为 n_i ，将种群中所有 $n_i = 0$ 的个体赋予其支配等级为 1，并将其存入非支配集合 $rank 1$ 中；对 $rank 1$ 中的每个个体的 n_i 都减去 1，若 $n_i - 1 = 0$ ，则赋予其支配等级为 2，并将其存入非支配集合 $rank 2$ 中；对 $rank 2$ 中所有的个体重复上述操作，直至所有的个体都被赋予非支配等级。

3) 拥挤度计算

对某等级中个体进行拥挤度计算，设 $I[i+1] \cdot m$ 和 $I[i-1] \cdot m$ 分别是解 i 后一个与前一个解在 m 函数上的函数值， f_m^{max} 和 f_m^{min} 分别是第 m 个函数的最大值与最小值，则拥挤度 $I_{distance}$ 的计算公式为：

$$I_{distance} = (I[i+1] \cdot m - I[i-1] \cdot m) / (f_m^{max} - f_m^{min}) \tag{20}$$

如果个体 i 所处非支配层优于个体 j 所处非支配层，即 $i_{rank} < j_{rank}$ ；如果个体 i 所处非支配层和个体 j 所处非支配层相同，且个体 i 比个体 j 的拥挤度更大，即 $i_{rank} = j_{rank}$ 且 $i_d > j_d$ 。若个体 i 满足上述任意条件，

则称个体 i 得以保留，进入下一个操作。

4) 精英策略

NSGA-II 引入精英策略，将父代与子代个体混合形成一个新的种群并对新种群进行非支配排序，扩大筛选种群范围，达到保留优秀个体淘汰劣质个体的目的。将所有的 Pareto 等级按照 $1 \cdots m$ 排列，若等级 k 中所有个体放入新的父代集合中，个体数为 h ($h < n$)，则对等级 $k+1$ 中全部个体按照拥挤度降序排列，并依次选出 $n-h$ 个个体，最终形成父代集合中所需的 n 个个体数。

4.2. 非支配遗传算法步骤

通过上述描述，NSGA-II 算法的主要步骤见图 3：

步骤一：生成初始种群，并运用非支配排序、选择、交叉、变异生成子代种群。

步骤二：合并父代与子代种群，判断是否生成新的父代种群，若没有则计算种群个体的目标函数值并对种群进行非支配排序、拥挤度计算和精英策略操作，生成新的父代种群。

步骤三：对生成的新的父代种群进行选择、交叉、变异，生成新的种群。

步骤四：判断是否达到最大迭代数，若没有则重复步骤二、三，若达到则算法结束。

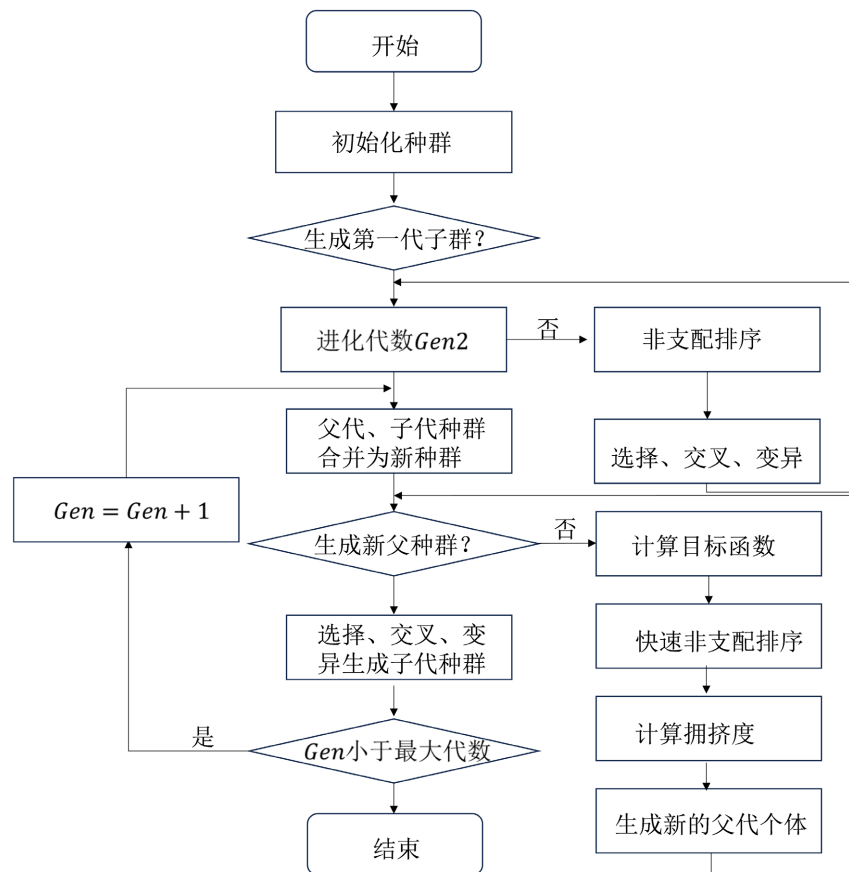


Figure 3. Flowchart of non-dominated genetic algorithm

图 3. 非支配算法流程图

5. 案例分析

电商公司 A 是一个新做社区团购的平台公司，通过对市场调查和城区居民小区住所调查，挑选了 78

个顾客点作为未来主要服务对象。平台在后端接收到 46 个门店店主自愿申请成为团长点，在考虑到门店服务范围、顾客群体自提取货满意度的前提下，挑选通过适量的团长申请，同意其开设团长点，为服务范围内的顾客提供自提服务。平台在通过团长点开设申请时，设定每个团长点服务周围 3~5 公里的顾客，顾客愿意到周围 0.8~1.2 公里内的团长点自提取货。顾客对自提距离的敏感系数 β 为 1，团长点 i 对顾客 j 的吸引力因子 A_{ij} 服从均匀分布 $U(1,5)$ ，自提距离敏感系数 β 服从均匀分布 $U(0.5,1.5)$ 。网格仓配备的最大可使用车辆数为 3，车辆的固定使用成本为 20 元/辆，最大载重为 100 件，单位运费为 1 元。

5.1. 结果分析

运用 matlab2020b 软件进行编程求解，经过多次实验，运用非支配遗传算法(NSGA-II)求解团长点选址模型的相关参数设置如下：初始种群大小 200，最大迭代次数 20，交叉概率 0.8，变异概率 0.4；运用改进的非支配遗传算法(NSGA-II)求解网格仓配送模型的相关参数设置如下：初始种群大小 100，最大迭代次数 500，交叉概率 0.9，变异概率 0.5。基于此，首先运用非支配遗传算法(NSGA-II)求解团长点选址的结果，并对网格仓配送路径进行设计。

在相关参数设置下，非支配遗传算法(NSGA-II)建议平台通过团长点 1、2、3、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、31、33、34、35、37、38、40、41、43、45、46 的申请，在这种情况下，团长点的覆盖程度为 79.36%，顾客取货效用为 47.456。

算法形成的初始种群随机值结果为：使用 6 辆车辆对团长点进行配送，总的车辆行驶距离为 1538.72，经过 500 次迭代优化后获得最优解见图 4：使用 6 辆车辆对团长点进行配送，车辆行驶总距离为 502.19，总配送成本为 622.19。尽管车辆使用数量没有下降，但是车辆行驶距离降低了 67.36%，其中 500 次迭代优化的网格仓配送成本变化趋势见图 5，形成的具体车辆配送路径见表 2。

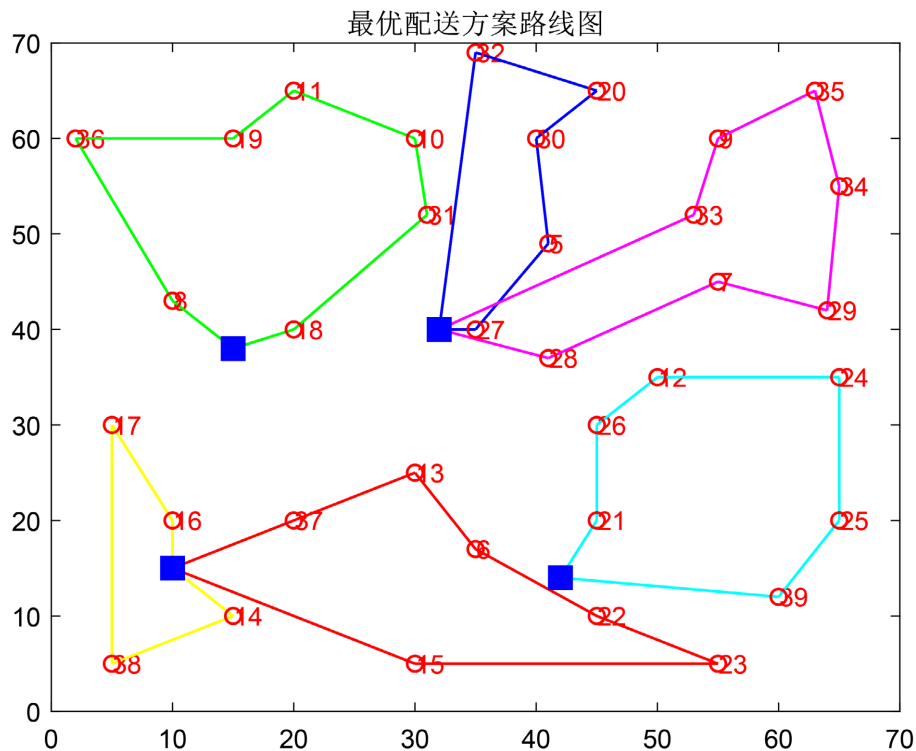


Figure 4. Optimized grid warehouse distribution routes
图 4. 优化的网格仓配送路线

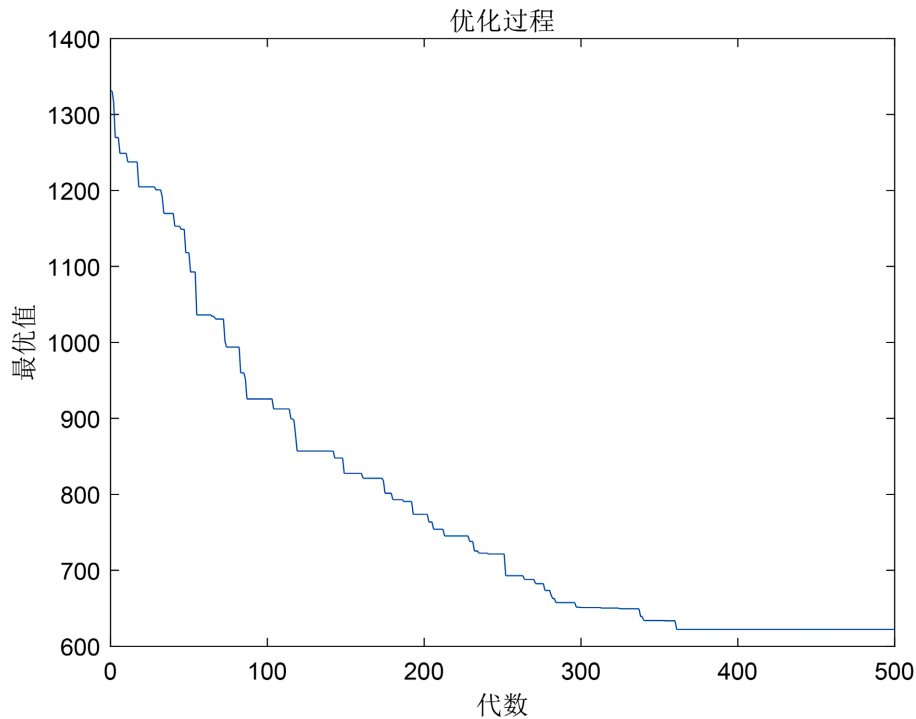


Figure 5. Trends in grid warehouse distribution costs
图 5. 网格仓配送成本变化趋势

Table 2. Grid warehouse distribution routes
表 2. 网格仓配送路线

车辆序号	载重率	路线
1	93%	1-11-19-18-2-9-33-1
2	57%	1-12-13-34-10-1
3	98%	2-4-32-15-7-6-27-14-2
4	87%	3-35-21-20-8-22-17-3
5	79%	4-23-1-26-16-28-4
6	87%	4-29-5-31-30-25-3-24-4

5.2. 结论与意义

本文从联合覆盖思想下，考虑顾客自提满意度的团长点选址和考虑网格仓运营的集单配送成本对网格仓配送的影响两方面展开研究，从社区团购实际应用出发对城市末端物流网络进行设计，并优化了网格仓对团长点的配送路径。本文取得了以下研究成果：

- 1) 针对本文提出的考虑顾客自提取货效用的团长点选址问题，建立了以网格仓联合覆盖范围最大化、顾客取货效益最大化为目标的选址模型。针对该问题，本文选取了非支配遗传算法对其求解，通过种群的交叉变异等手段优化选址结果为网格仓的配送设计打好了基础。
- 2) 针对本文提出的网格仓配送问题，以网格仓配送成本最小化为目标建立模型。研究结果表明优化后的非支配遗传算法能有效地优化网格仓配送成本，研究成果丰富了多配送中心的城区配送问题的相关理论研究，可以为社区团购以及其他物流、电商企业制定配送方案提供理论依据。

为了提升传统选址方案与社区团购的适用性,解决目前未获得过多关注的团长点和网格仓配送问题,本文结合社区团购的特征,主要研究了团长点与网格仓节点的作用,考虑到现有的文章大都研究配送中心选址,少有对末端网点选址的研究。文章根据社区团购消费者特殊的聚集方式,设计团长服务周围顾客,顾客就近取货的团长点选址模型,将联合覆盖思想用于其中,提升团长点对消费者需求点的覆盖范围与顾客取货满意度。

本文的研究对社区团购团长点运营具有理论与实践指导意义,在理论上,考虑到社区团购背景下,传统的实体零售从原来的中心化购物场景转变为以社区为单位的小中心购物场景,消费人群在社交和内容的影响下有了初步的结构化聚集,每一个社区之间有交叉范围。由于社区团购的顾客更倾向于选择附近的团长点,本文建立了顾客取货距离满意度函数,量化顾客随着取货距离变远使得满意度下降的情况,从而优先将顾客分配给就近的团长点。在此基础上,基于联合覆盖思想对网络社区团长点服务覆盖进行研究,可以有效拓宽联合覆盖思想的应用范围,从而进一步丰富社区聚集型的选址方法。在实践意义上,整合末端资源,从顾客自提的现状出发,优化团长点位的选址,兼顾顾客自提需求的同时整合末端资源,贴合社区团购未来的发展需求。通过对网格仓配送路径进行设计,满足下沉市场对团长点服务的需求,并提升末端配送效率,为社区团购产业的末端发展提供行之有效的建议。

6. 展望

社区团购的运营是一个复杂的问题,本文在进行团长点选址时仅仅考虑了服务覆盖范围和顾客取货效用,并没有对团长点配备的资源以及团长点的服务水平进行考量,后续研究可以将团长服务水平、团长点是否配备冷藏冷冻服务、团长点门店大小等因素考虑在内,更为全面地考量团长点选址。

参考文献

- [1] Liu, P. and Li, Y. (2020) Multiattribute Decision Method for Comprehensive Logistics Distribution Center Location Selection Based on 2-Dimensional Linguistic Information. *Information Sciences*, **538**, 209-244. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.131>
- [2] Yazdani, M., Chatterjee, P., Pamucar, D., et al. (2020) Development of an Integrated Decision Making Model for Location Selection of Logistics Centers in the Spanish Autonomous Communities. *Expert Systems with Applications*, **148**, Article ID: 113208. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113208>
- [3] 张子卿, 王林, 王思睿, 张金隆. 考虑两种服务功能的粮食产后服务中心选址问题及 Benders 分解算法[J/OL]. 中国管理科学: 1-10. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.0939>, 2024-04-20.
- [4] 易海燕, 章玗璇. 基于新鲜度损耗的社区团购电商配送中心选址研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2020, 18(2): 59-67.
- [5] 彭大江, 宁爱兵, 尚春剑, 张惠珍. 最大覆盖选址问题的一种降阶回溯算法[J]. 系统管理学报, 2020, 29(2): 346-353.
- [6] 刘慧, 杨超, 张宗祥. 基于选址效益的联合覆盖模型研究[J]. 运筹与管理, 2017, 26(5): 95-101.
- [7] Galvao, R.D. and Revelle, C. (1996) A Lagrangean Heuristic for the Maximal Covering Location Problem. *European Journal of Operational Research*, **88**, 114-123. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00159-6](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00159-6)
- [8] Maximo, V.R., Nascimento, M.C.V. and Carvalho, A.C.P.L.F. (2017) Intelligent-Guided Adaptive Search for the Maximum Covering Location Problem. *Computers and Operations Research*, **78**, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.08.018>
- [9] He, Z., Fan, B., Cheng, T.C.E., et al. (2016) A Mean-Shift Algorithm for Large-Scale Planar Maximal Covering Location Problems. *European Journal of Operational Research*, **250**, 65-76. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.09.006>
- [10] Berman, O. and Wang, J. (2011) The Minmax Regret Gradual Covering Location Problem on a Network with Incomplete Information of Demand Weights. *European Journal of Operational Research*, **208**, 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.016>
- [11] Barkaoui, M., Berger, J. and Boukhtouta, A. (2015) Customer Satisfaction in Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Applied Soft Computing Journal*, **35**, 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.06.035>

-
- [12] 刘畅, 姚建明. 社区团购场景下供应链末端配送资源整合优化研究[J]. 管理学报, 2022, 19(8): 1231-1239.
- [13] 刘嘉文, 代颖, 杨斐, 马祖军. 共享单车停放点联合覆盖选址及车辆配置模型[J]. 工业工程与管理, 2020, 25(1): 127-135.
- [14] 杨聚平, 杨长春, 姚宣霞. 电商物流中“最后一公里”问题研究[J]. 商业经济与管理, 2014(4): 16-22+32.
- [15] 陈义友, 张锦, 罗建强, 蹇萍. 顾客有限理性对最后一公里配送服务系统的影响[J]. 系统管理学报, 2020, 29(1): 149.
- [16] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., *et al.* (2002) A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6, 182-197. <https://doi.org/10.1109/4235.996017>